



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# SUURSÄKITYSKONEEN SÄHKÖ- JA AUTOMAATIO- SUUNNITTELU

TEKIJÄ:       Aleksi Forsman

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Aleksi Forsman			
Työn nimi Suursäkityskoneen sähkö- ja automaatio suunnittelu			
Päiväys	2.6.2020	Sivumäärä/Liitteet	46/5
Ohjaajat Lehtori Pasi Lepistö ja Lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja Erkomat Oy, Automaatioinsinööri Tuomo Rantanen			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyö tarkoituksena oli luoda Erkomat Oy:n sähkö- ja automaatio suunnittelijoiden käyttöön tietokantaa hyödyntävät CADS kuvat, joita voidaan jatkossa käyttää projektien suunnittelun pohjana. CADS kuvien lisäksi työnaikana luotiin pohjaa valmiille I/O ja automaatio tag listalle. Näin ollen suunnittelussa päästään enemmän vakioituihin kokonaisuuksiin, joka helpottaa jatkossa suunnittelua sekä automaatio-ohjelman tekemistä.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsitellään ensin Erkomat Oy:n pääasiallisesti valmistama ja suunnittelema suursäkityskone ja sen toiminta sekä eri koneen osat. Toisena asiana työssä käsitellään koneturvallisuus standardin vaikutusta sähkö- automaatio suunnittelussa sekä miten valittujen turvajärjestelmien suoritustasot todennetaan SISTEMA-ohjelmistossa.</p> <p>Kolmantena asiana perehdytään suursäkityskoneen automaatiojärjestelmän rakenteeseen sekä käytössä oleviin komponentteihin. Lisäksi käydään läpi perusteet PROFINET väylästä, joka on laajasti käytössä erilaisissa automaatiojärjestelmissä.</p> <p>Lopuksi työssä esitellään projektissa syntyneet CADS-pohjakuvat sekä käytettävät I/O ja tag listat sekä miten ne ovat vaikuttaneet yrityksen sähkö- ja automaatio suunnitteluun.</p>			
Avainsanat automaatiojärjestelmä, koneturvallisuus, turvallisuusluokka, suursäkityskone			
Julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Aleksi Forsman			
Title of Thesis Electrical and automation engineering of automatic big bag filling machine			
Date	2 June 2020	Pages/Appendices	46/5
Supervisor(s)			
Client Organisation /Partners Erkomat Oy, Mr. Tuomo Rantanen, Automation Engineer			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to create CADS documents which use the database to help electrical and automation engineers in Erkomat Oy to control projects and use documents as a start layout when designing electrical drawings. In addition to CADS documents I created also I/O and automation tag listing to be used in the automation software designing. The purpose of that was to make constant I/O and tag lists to be used in future projects.</p> <p>First the automatic big bag filling machine manufactured by Erkomat Oy was familiarized with. Thesis went through main components and how these components are integrated in the machine and its automation system were studied. Secondly in this thesis, machine safety standards and how they regulate electrical and automation designing when working with machines were studied. It was also told how to confirm that safety system components meet performance level requirements of machine safety inspections with the SISTEMA software. The automation system of the big bag filling machine and its main automation components were studied as well as the basics of the PROFINET bus system which is widely used in different kind of automation systems and applications.</p> <p>As a result of this thesis, CADS documents and I/O and tag lists were created. In addition, it was also described how these documents have affected electrical designing at the company.</p>			
Keywords Automation system, machine safety, safety level, big bag filling machine			
Public			

## ESIPUHE

Tämän opinnäytetyön suorittaminen osoittautui raskaaksi kokemukseksi. Olin henkilökohtaisesti ali-arvioinut työnlaajuuden sekä sen kirjoittamisprosessin. Opinnäytetyön aikana henkilökohtainen osaamisen taso automaatiosta sekä sen laitteista kehittyi paljon. Kiitokset työnantajalleni, joka antoi joustavasti tehdä omaan tahtiini tämän työn valmiiksi. Lisäksi kiitos myös työkavereille, jotka jaksivat vastata kysymyksiini ja auttaa minua kehittymään automaatioinsinööriksi.

Kotkassa 2.6.2020

Aleksi Forsman

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	ERKOMAT OY .....	8
3	SUURSÄKITYSAUTOMAATTIKONE.....	8
3.1	Aukirullain/noutopöytä .....	9
3.2	Asetinlaite .....	10
3.3	Täyttökone .....	11
3.4	Suljenta yksikkö.....	12
3.5	Nostokoukku .....	13
3.6	Säkkitasain .....	13
4	KONETURVALLISUUS.....	14
4.1	Turvallisuustasot.....	15
4.2	SIL luokat.....	19
4.3	Ohjausjärjestelmien turvallisuus sekä toimintavarmuus .....	20
4.4	Koneen ohjaus, käynnistäminen ja pysäyttämien .....	21
4.5	SISTEMA-ohjelmisto.....	22
5	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ SUURSÄKITYSKONEESSA.....	27
5.1	Automaatiojärjestelmän rakenne.....	27
5.2	Automaatiojärjestelmän pääkomponentit .....	28
5.2.1	Turvalogiikka .....	29
5.2.2	Digitaalinen tulokortti .....	30
5.2.3	Digitaalinen lähtökortti .....	33
5.2.4	Festo hajautus I/O .....	33
5.3	Turvakomponentit.....	37
5.3.1	Turvatulokortti .....	37
5.3.2	Turvalähtökortti .....	39
5.4	Väylärakenne.....	41
5.4.1	PROFINET .....	41
6	SUUNNITTELUN YHTENÄISTÄMINEN ERKOMAT OY:SSÄ.....	42
6.1	Tag-listat.....	43
6.2	CADS-pohjat suunnitteluun.....	44
7	YHTEENVETO.....	45

8	LÄHDELUETTELO.....	46
9	LIITTEET .....	48

Sähkö- ja automaatio suunnittelua erilaisiin koneisiin tekevien suunnittelijoiden on tänä päivänä ymmärrettävä koneturvallisuuden asettamat vaatimukset käytettäville komponenteille ja suojalaitteille. Koneen valmistaja tekee turvallisuusarviot ja näiden arvioiden perusteella kone kokonaisuus antaa vaadittavan turvallisuustason ja sitä myötä sähkösuunnittelija valitsee kohteeseen soveltuvat komponentit. Turvallisuusvaatimukset kasvavat jatkuvasti ja se vaatii suunnittelijan pysymistä ajan hermoilla.

Tekniikan kehittyessä siirrytään koko ajan enemmässä määrin käyttämään mekaanisten suojien lisäksi automaatiojärjestelmiin kytkettyjä suoja. Erilaiset automaatiojärjestelmällä tehdyt koneiden turvajärjestelmät kehittyvät ja laitteet parantuvat koko ajan, mikä osaltaan mahdollistaa aiemmin vaikeina tai kalliina pidettyjä turvaratkaisuja. Koneissa käytetyllä turvalogiikan komponenttien sekä turvaohjelman avulla saadaan rakennettua laajoja kokonaisuuksia, jotka ovat turvallisia käyttäjälle. Turvalogiikalla pystytään saavuttamaan suhteellisen kevyellä kaapelointimassalla I/O hajautuksen ansiosta kattava ja turvaluokat täyttävä järjestelmä. Turvakomponentteja on saatavilla monilta eri valmistajilta, mutta tässä työssä tarkastellaan Siemensin tarjoamia turvalogiikan osia.

Työssä käsitellään koneturvallisuuden asettamia vaatimuksia sähkö- ja automaatio suunnittelulle, Erkomat Oy:n valmistaman suursäkkikoneen toimintaa ja koneen automaatiojärjestelmän rakennetta ja sen komponentteja. Lisäksi työssä käydään lyhyesti läpi SISTEMA- ohjelmalla tehty koneturvallisuuden arviointi sähköisten komponenttien osalta sekä arvioinnista saatu turvallisuusraportti. SISTEMA- ohjelmasta esitellään raportin luonti yhdestä suursäkituskoneen turvapiiristä. Työssä käydään myös läpi suursäkituskoneen automaatiojärjestelmässä käytössä olevat pääautomaatiokomponentit ja tarkastellaan niiden ominaisuuksia. Lisäksi käydään läpi PROFINET väylän rakenne ja hajautetut I/O pisteet. Lopuksi työssä tutustutaan sähkö- ja automaatio suunnittelun yhtenäistäminen Erkomat Oy:ssä ja sen perusteella kehitetyt suunnittelupohjat.

Erkomat Oy:lle tuotan sähkö- ja automaatio suunnittelua helpottavia sekä yhtenäistäviä suunnittelupohjia, niin CADS kuin TIA Portal ympäristöön. Näiden syntyvien suunnitteludokumenttien pohjalta pyritään nopeuttamaan ja parantamaan sähkö- ja automaatio suunnittelua.

TIA Portalista esimerkkiohjelmasta on tarkoitus luoda yrityksen käyttöön I/O lista, jonka avulla saatisiin yrityksen päätuotteen suursäkitysautomaatin inputit ja outputit vakioitua. Tällä tavoin pyritään helpottamaan uusien suunnittelijoiden perehtymistä laitteeseen ja yksinkertaistaa vian hakua. Nykyisellään yrityksessä on jokaisella suunnittelijalla ollut oma käytäntö I/O osoitteiden suhteen, joka halutaan nyt muuttaa.

## 2 ERKOMAT OY

Erkomat Oy on vuonna 1977 perustettu yritys, joka valmistaa sekä toimittaa laitteita ja automaattisia järjestelmiä jauhemaisten aineiden säkitykseen ja lavaukseen. (Erkomat Oy, 2019)

Erkomatin toimittamia pakkauslaitteita on vuosien saatossa toimitettu asiakkaille kaikilla mantereilla. Laitteita on toimitettu muun muassa Australiaan ja Brasiliaan. Viime vuosina kotimaa on ollut hyvin pieni markkina yritykselle.

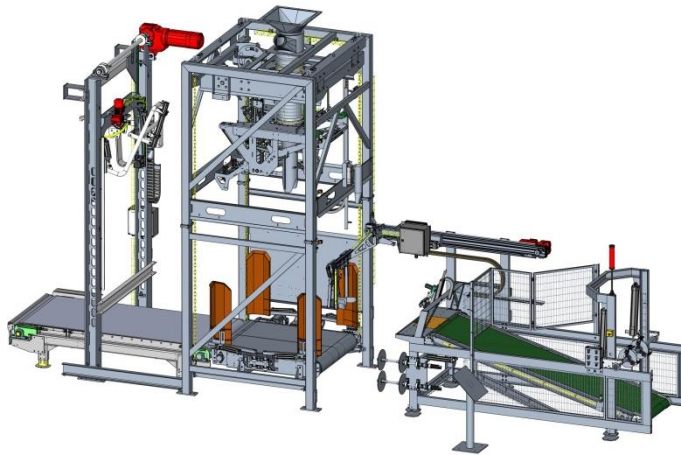
Erkomat Oy on täysin yksityishenkilöiden omistuksessa. Yrityksessä on noin 30 henkilöä töissä tällä hetkellä. Yrityksen vuotuinen liikevaihto on noin 6 miljoonaa euroa. Erkomat Oy:n liikevaihdosta noin 90 % koostuu viennistä ulkomaille.

Yrityksen asiakkaita ovat mm. kemianteollisuus, rakennusteollisuus ja elintarviketeollisuus. Yrityksen erityisosaamista on suursäkkien ja venttiilisäkkien täyttöjärjestelmät, sekä säkkien lavausjärjestelmät. Erkomat Oy suunnittelee ja valmistaa laitteet Kotkassa omalla konepajallaan. Yrityksessä on vahva osaaminen kyseisten laitteistojen osalta ja moni vanhempi työntekijä on ollut mukana kehittämässä laitteita.

Yrityksen vahvuuksina voidaan pitää kykyä palvella asiakasta ja räätälöidä asiakkaan tilaamat koneet asiakkaille sopiviksi. Kaikki tilatut säkityskoneet räätälöidään asiakkaan tarpeisiin sopiviksi. Jokaisella pakattavalla aineella on omat ominaisuutensa, jotka täytyy ottaa huomioon uutta linjaa suunniteltaessa sekä muuttuvat asennusympäristöt aiheuttavat omat haasteensa suunnitteluun. Lisäksi yrityksen päätuotteelle automaattiselle suursäkityskoneelle ei löydy maailmalta varteenotettavaa kilpailevaa valmistajaa.

## 3 SUURSÄKITYSAUTOMAATTIKONE

Erkomat Oy:n suursäkitysaunomaattikone on kone, joka on rakennettu jauhemaisten- ja granulaattien pakkaamista varten. Säkityskone on täysin automatisoitu ja sillä saavutettavat pakkaus kapasiteetit ovat omaa luokkaansa markkinoilla. Kuvassa 1 on yksi suursäkityskoneen 3D-mallista otettu kuva.



Kuva 1. Suursäkityskone (Erkomat Oy, 2019)

Suursäkityskone laaja kokonaisuus, joka koostuu pienemmistä yksiköistä, joilla on omat tehtävänsä koneen toiminnassa. Koneella tehtävät liikkeet on toteutettu paineilmalla käyttämällä erilaisia sylintereitä ja sähkökäyttöjä, joita ohjataan ja säädetään ohjelmoitavalla logiikalla.

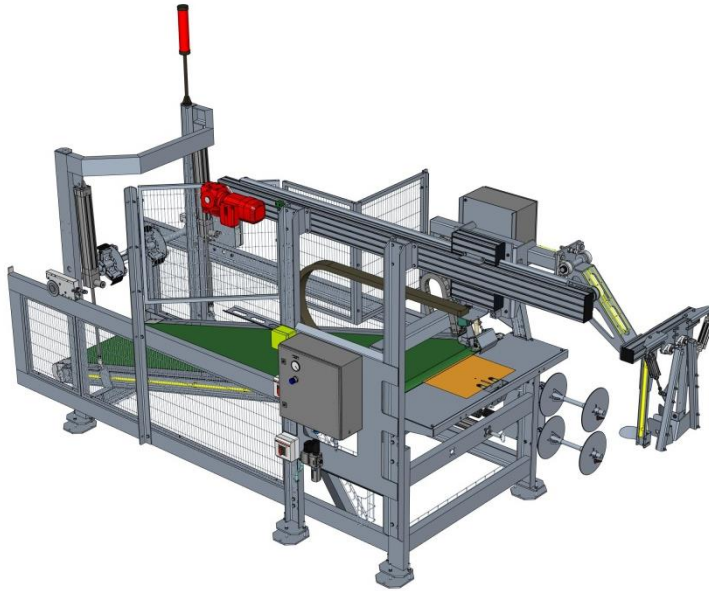
Sähkökäytöt ovat tärkeässä osassa koneen toiminnassa. Kaikki tyhjän suursäkkirullan purkamisesta aina valmiiden täysien säkkien päätymiseen asiakkaan varastoon tapahtuvat siirrot on toteutettu sähkökäyttöisillä kuljettimilla. Lisäksi suursäkityskoneessa on muutama nostotoiminto ja paikoituskäyttö. Paikoituskäytöllä saavutetaan suursäkityskoneessa riittävä tarkkuus jokaisessa säkityksen vaiheessa ja yleensä virhemarginaali käytöillä on noin 20 mm.

Jokainen Erkomatin suursäkityskone valmistetaan Kotkan konepajalla ja sillä tehdään kattavat testaukset automaatio-ohjelman sekä mekaanisten liikkeiden säätöjen osalta. Suursäkityskoneen kylmätestauksen valmistuttua koneet puretaan osiin ja pakataan asiakkaalle toimitusta varten.

Koneen lopullinen liikkeiden optimointi tapahtuu aina asiakkaan luona säkityskonetta käyttöönotettaessa. Käyttöönotosta vastaa automaatioinsinööri, jonka täytyy tuntea laitteisto ja sen toiminta perinpohjaisesti, jotta hän voi suoriutua tehtävästä.

### 3.1 Aukirullain/noutopöytä

Suursäkityskoneen toiminta alkaa siitä, että rullalla olevat suursäkit puretaan rullalta. Koneessa tätä ensimmäisen vaiheen suorittavaa yksikköä kutsutaan aukirullaimeksi. Aukirullain purkaa säkit suurilta säkkikeloilta, jolloin ne voidaan kuljettaa noutopöydälle yksi kerrallaan odottamaan omaa vuoroaan. Aukirullaimen kuljetin on hihnakuljetin, joka on taajuusmuuttajalla ohjattu. Tällä saavutetaan helposti haluttu hinnan ajonopeus. Moottorina kyseisessä hihnakuljettimessa käytetään 3-vaihe rumpumoottoria. Aukirullaimen kuljetinta voidaan ajaa käsiohjauksella tai automaattijolla. Tällöin säkkirullan pyöriessä syntyvä lanka keriyytynä narunkerimiin. Käsiohjausta tarvitaan vain uuden säkkirullan asentamisen jälkeen, jolloin säkit ajetaan noutopöydälle odottamaan automaattijonon aloittamista. Kuvassa 2 on aukirullain, noutopöytä ja asetinlaite esitettynä kokoonpanossa.



Kuva 2. Aukirullain, noutopöytä ja asetinlaite (Erkomat Oy, 2019)

Noutopöytä on laitteen osa, josta tyhjat suursäkit noudetaan asetinlaitteella. Noutopöydän tehtävä on pysäyttää aukirullaimen kuljetin, kun säkki saapuu sinne. Säkin tunnistuksessa käytetään materiaalista heijastavia valokenno antureita. Noutopöydällä myös säkinsuu avataan noutopöydän pohjassa ja päällä olevan avauslaitteen tyhjiöpumppujen avulla, joilla alipainetta käyttämällä saadaan säkin suusta kiinni ja avattua, jotta asetinlaitteen koura pystyy hakemaan säkin pakkausprosessin seuraavaan kohteeseen.

### 3.2 Asetinlaite

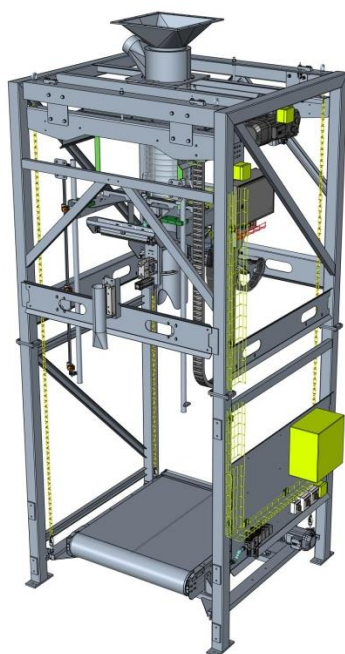
Asetinlaite on suursäkityskoneen laite, jonka tehtävänä on hakea tyhjat säkit noutopöydältä ja viedä esiavauspuhalluksen kautta täyttöpiipulle. Asetinlaite nähdään kuvasta 2. Asetinlaitteen ajomoottorilla ajetaan ohjelmoituihin kohtiin, jotka ovat noutopöytä, esiavaus ja täyttöpiippu. Moottorin liikkumista seurataan pulssianturin lähettämällä pulsseilla ja niistä ohjelmoitava logiikka laskee laitteen kulloisenkin sijainnin. Yksi pulssianturin lähettämä pulssi vastaa noin 2 mm laitteen liikettä. Kalibroimiseen käytetään referenssirajaa, johon laite ajetaan käynnistämisen yhteydessä ja siitä saadaan tarvittava lähtötieto sijainnista. Referenssirajana toimii asetinlaitteen kiskossa oleva induktiivinen lähestymiskytkin. Kytkimen aktivoituessa ohjelma tietää asetinlaitteen olevan referenssirajalla. Asetinlaite liikkuu johteessa ja sitä ajetaan hammashihnakäytöllä, jolloin moottorin vetopään rullan halkaisija on tiedettävä taajuusmuuttajaa konfiguroitaessa tarkkuuden lisäämiseksi.

Asetinlaitteessa on "koura", joka ottaa säkin suusta kiinni levittämällä metallilevyt. Sen jälkeen, kun säkki on tunnistettu asetinlaitteessa, voidaan koura ajaa ylöspäin ja viedä säkki esiavaukseen. Asetinlaite pysähtyy esiavauksen kohdalle ja esiavauspuhallus käynnistyy. Ilmaa puhalletaan säkkiin hieman, jotta säkki asettuisi paremmin täyttöpiippuun. Puhallusilma ohjataan säkkiin puhallusputkiston venttiilejä ohjaamalla. Puhallusputkistossa on haara esiavaukseen sekä täyttöpiipulle, jolloin saadaan yhdellä puhaltimella hoidettua säkin esiavaus sekä täyttökoneessa tapahtuva avaaminen.

Esiavauksen jälkeen asetinlaite ajaa täyttöpiipulle, jos siellä ei ole täytettävää säkkiä. Täyttöpiipulla asetinlaite pitää säkistä kiinni siihen asti, että piippu laskeutuu alaspäin ja siinä olevat säkin pitimet saavat säkistä kiinni. Tämän jälkeen asetinlaite ajetaan takaisin noutopöydälle ja käytetty sekvenssi säkin noutamiseksi noutopöydältä käynnistyy uudelleen.

### 3.3 Täyttökone

Täyttökone on suursäkityskoneen pääkomponentti, jossa tapahtuu itse tuotteen säkitys. Laite koostuu koneen rungosta, materiaalisilosta, sektoriluokkuannostelijasta, täyttöpiipusta ja säkin keskittimistä. Lisäksi koneessa on kaksi vaakaa, ensimmäinen on annosteluvaaka ja toinen tarkistusvaaka. Näistä annosteluvaaka ohjaa nimensä mukaan materiaalin annostelua ja tarkistusvaakan tehtävä on tarkistaa valmistuneen säkin paino ja sitä myöten säätelee annostelua seuraavaan säkkiin tarvittaessa. Kuvassa 3 on esitettyä täyttökoneesta rakennekuva.



Kuva 3. Täyttökone (Erkomat Oy, 2019)

Erkomat valmistaa koneita käyttäen kahdenlaisia annostelu tyyppejä. Koneita on brutto- ja nettovaa'alla. Nämä eroavat siten, että bruttokoneessa materiaali annostellaan suoraan säkkiin ja vaaka säätelee luokkuannostelijaa säkissä mitatun painon perusteella.

Annostelussa on käytössä karkeasyöttö ja hienosyöttö. Karkeasyötöllä annostellaan esimerkiksi 700 kg vetoisuudellaan olevaan säkkiin ensimmäiset 600 kg ja hienosyöttö annostelee säkin viimeisen 100 kg. Näin saadaan hyvä tarkkuus materiaalin annosteluun, kun vaaka säätelee materiaalin virtaamia ja siinä on monipuolisia parametreja annostelun tarkkuuden säätelyyn.

Nettovaa'allisessa koneessa vaaka sijaitsee materiaalisilossa, johon punnitaan koko säkkiin haluttu materiaalmäärä ja tiputetaan silon alla olevaan välisiilon, josta koko materiaali tiputetaan säkkiin kerralla. Nettokoneella päästään suurempiin säkityskapasiteetteihin ja sitä käytetään laajasti

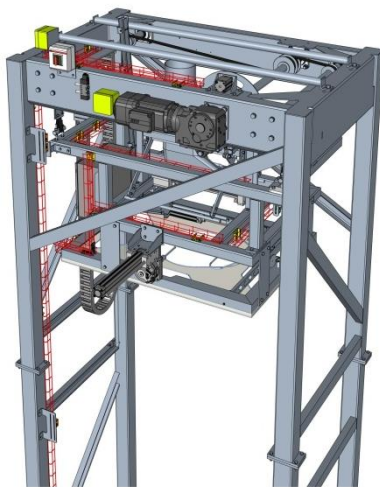
lannoitteiden pakkauksessa. Koneen pakkauskapasiteetti on nettokoneella noin 180 säkkiä/tunnissa, joissain tapauksilla suotuisilla materiaaleilla päästään yli 200 säkkiin tunnissa. Nettokoneen etuna on materiaali annoksen tekeminen välisiiloon verrattuna bruttokoneen materiaalin annosteluun suoraan suursäkkiin sekä lisäksi sen tarkkuus on parempi kuin bruttokoneella. Vaakojen tulee täyttää niille asetetut vakaus tarkkuusvaatimukset, jotka on säädetty OIML standardissa. Säkin täyttöä ohjataan Siwarex vaakakortin avulla. Koneen annosteltua oikean määrän materiaalia säkkiin siirtyä säkki seuraavaksi suljettavaksi.

### 3.4 Suljenta yksikkö

Suljenta yksiköitä on suursäkkikoneessa kaksi eri tyyppiä. Säkit voidaan sulkea joku kuumasauauksella tai niin kutsutulla joutsenkaulasuljennalla, jossa säkin venttiili käännetään nippuun ja niitataan kiinni. Erkomatin koneissa useammin käytetään kuumasauausta, johtuen sen yksinkertaisemmasta rakenteesta ja sen soveltuvuudesta yleisesti käytössä olevaan yksi henkseli säkkiin.

Kuumasaumaus on yksinkertainen prosessi. Säkin ollessa suljentapaikalla kuumasauausleuka ottaa säkin venttiilistä kiinni ja sulkee säkin sulattamalla säkin venttiiliin sauman. Suljentaleuassa käytetään vastuslankoja tuottamaan muovin sulattamiseen tarvittava lämpö. Vastuslangat on päällystetty teflon teipillä, jonka tehtävänä on estää vastuslangan tarttuminen säkkiin kiinni. Tämä tekee säkistä ilmatiiviin ja näin kasvattaa varastoitavan tuotteen kestoa kosteutta ja muita ulkoisia tekijöitä vastaan.

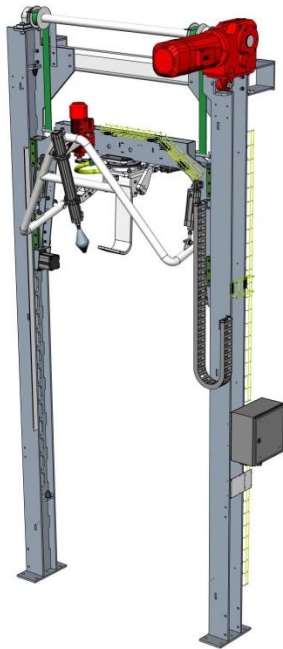
Joutsenkaulasuljennassa suljentaprosessi on erilainen ja laite on esitetty kuvassa 4. Aluksi säkki ajetaan suljentapaikalle kuljettimilla ja se paikoitetaan oikein käyttämällä valokenno antureita. Kun säkki on asemoitu suljentapaikalle, käynnistyy suljenta sekvenssi. Joutsenkaulasuljennalla säkkiin tehdään "nuttura" taittamalla säkin venttiili ja niittaamalla se sitten kiinni. Tämän onnistumiseksi vaaditaan käytettävältä suursäkiltä erilaisia ominaisuuksia kuin kuumasauamattavalta säkiltä.



Kuva 4. Joutsenkaulasuljenta (Erkomat Oy, 2019)

### 3.5 Nostokoukku

Suljennan jälkeen valmis suursäkki ajetaan vielä nostokoukulle. Koukku on esitettyä kuvassa 5. Koukun tehtävänä on nostaa valmis säkki ja kääntää se tarvittaessa 90°. Kääntötarve säkille tulee yleensä siitä, että varastossa käytettävä nostolaite, trukki tai vastaava, pääsee käsiksi säkkeihin vain tietyistä suunnasta. Silloin on helpompi kääntää kaikki säkit siten, että nostokorvakkeet ovat linjassa keskenään. Näin ollen trukkipuski saa nostettua useita säkkejä tarvittaessa kerralla pois kuljettimelta, kun kaikki säkkien nostokohdat ovat samoin päin.



Kuva 5. Nostokoukku ja työnnin (Erkomat Oy, 2019)

Noston yhteydessä painetaan erillisellä laitteella myös säkin suljettu venttiili suursäkin sisälle. Tällä toiminnolla on tarkoituksena saada säkit siistimmiksi ja näin ne eivät myöskään puhkea niin helposti, kun ulompi vahvasta kuidusta valmistettu säkki suojaa sisempää muovista säkkiä.

### 3.6 Säkkitasain

Säkkitasaimen tehtävä on tasoittaa täytetyn säkinpinta säkin täyttämisen jälkeen. Tätä toimintoa käytetään lähinnä vain silloin kun rakennetulla koneella pinotaan kaksi suursäkkiä päällekkäin täyttöprosessin yhteydessä. Kuvassa 6 on esitetty säkkitasain.

Tasain on tarpeellinen laite, jotta kahden säkin päällekkäin pinoaminen onnistuu hyvin. Tasattu pohjimmainen säkki tarjoaa huomattavasti vakaamman alustan sen päälle aseteltavalle toiselle säkille. Täyttöprosessin aikana materiaali ei kasaudu tasaisesti säkkiin, joten sen levittäminen tasaiseksi kerrokseksi on tarpeen. Jos säkkejä pinottaisiin ilman tasaamista, se voisi aiheuttaa säkkitornin epätasapainon ja liikuteltaessa mahdollisen kaatumisen.



Kuva 6. Säkkitasain (Erkomat Oy, 2019)

#### 4 KONETURVALLISUUS

Koneturvallisuuden läpikäyminen opetuksen yhteydessä on hyvin vähäistä ja sen ymmärtäminen sekä mitä vaatimuksia se asettaa sähkösuunnittelijalle on jokaisen itse opiskeltava. Sähkösuunnittelija, joka työskentelee erinäisten koneiden parissa ja suunnittelee sähkö- ja ohjausjärjestelmiä niihin, tulee kohtaamaan koneturvallisuuden asettamia vaatimuksia sähkö- ja ohjausjärjestelmille. Näistä tärkeimpinä ovat muun muassa ohjausjärjestelmien saavuttama turvallisuustaso sekä sen vaikutus komponenttien valintaprosessiin ja turvalaitteiden turvallisuuden eheystason varmistaminen sekä erinäisten ohjausjärjestelmien muodostaman kokonaisuuden turvallisuuden arviointi.

Sähkösuunnittelijan on tehtävä yhteistyötä koneen mekaanisensuunnittelun kanssa, joka tekee rakennettavista koneista riskianalyysin, jonka perusteella määritellään jäännösriski ja arvioidaan, onko kyseinen riski siedettävällä tasolla. Tämän riskiarvioinnin lopputuloksen perusteella sähkösuunnittelija voi alkaa tekemään sähkö- ja komponenttisuunnittelua. Riskiarvioinnin lopputuloksesta suunnittelija saa tarvittavan tiedon rakennettavan koneen turvallisuudesta vastaavien komponenttien turvallisuustaso vaatimuksista ja näin ollen pystyy valikoimaan koneeseen sopivat turvakomponentit, jotka täyttävät vähimmäisturvallisuustason.

Monissa tapauksissa koneissa käytetään turvallisuuteen liittyvää sähköistä ohjausjärjestelmää osana koneen turvatoimintoja. Nämä sähköiseen ohjausjärjestelmään liitetyt laitteet ja anturit on lisätty koneeseen sen riskien pienentämiseksi. Automaatiossa koneen toiminnan aikaansaamiseksi käytettävä sähköinen ohjausjärjestelmä auttaa usein osaltaan turvallisuuden saavuttamista pienentämällä niitä riskejä, jotka johtuvat suoraan sähköisen ohjausjärjestelmän vikaantumista johtuvista vaaroista. (SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS, 2005 s. 10)

Koneen turvallisuuteen liittyvän sähköisen, elektronisen ja ohjelmoitavan elektronisen sähköisen ohjausjärjestelmän suunnittelussa lähdetään konesuunnittelun ja riskiarvioinnin lopputuloksesta. Konesuunnittelussa tehty riskienarviointi antaa koneelle vaadittavan suoritustason, Performance Level Required. Riskiarvioinnin lopputuloksen vaatima suoritustaso määrittää sähkösuunnittelussa valitta-

vien komponenttien tason. Valittavien ohjauskomponenttien on täytettävä vähintään riskinarvioinnissa saavutettu taso. Usein kuitenkin valittavat komponentit ovat askeleen paremman suoritustason, että komponenttien soveltuvuus säilyisi, jos turvaluokitukseen tulisi muutos.

Standardeissa ryhmitellään ohjausjärjestelmiä ja niiden osia tasoihin ja luokkiin sen perusteella, miten epätodennäköiseksi vaaraa aiheuttava vika saadaan. Oikean suoritustason ja luokan valinta tehdään sen perusteella, miten merkittävä osa on ohjausjärjestelmällä koneen riskienhallinnassa. (Siirilä, 2009 s. 103)

Standardi SFS-EN 62061 määrittää vaatimuksia ja suosituksia sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien suunnittelulle, yhdistämiseen koneeseen sekä kelpuutukselle. Sitä voidaan soveltaa, joko erilliseen ohjausjärjestelmään tai ohjausjärjestelmien yhdistelmään muissa kuin työn aikana käsin kannateltavissa koneissa.

Standardi myös esittää toiminnallisen turvallisuuden vaatimukset, jotka on tarkoitettu koneen välittömässä läheisyydessä oleskelevien henkilöiden tapaturman tai terveydellisen haitan riskin pienentämiseen. Standardi SFS-EN 62061 koskee vain koneiden sähköisiä ohjausjärjestelmiä. (SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS, 2005 s. 16)

Turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon inhimilliset kyvyt ja rajoitukset, koskien myös ennakoitavissa olevaa väärinkäyttöä. Lisäksi toteutuksen on oltava sopiva toiminnoille, jotka osoitetaan niiden käyttäjien, huoltohenkilöiden ja muiden tehtäväksi, jotka ovat vuorovaikutuksessa turvallisuuteen liittyvän sähköisen ohjausjärjestelmän kanssa. Suunnittelun tavoitteena olisi oltava kohtuullisesti ennakoitavissa olevat virheet, joita käyttäjät voisivat tehdä, olisivat estetty tai poistettu suunnittelun avulla. Jos tämä ei ole mahdollista, olisi sovellettava myös muita menetelmiä pienentämään käyttäjän virheen todennäköisyyttä ja varmistamaan, että ennakoitavissa olevat virheet eivät johda riskin kasvamiseen. (SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS, 2005 s. 50)

#### 4.1 Turvallisuustasot

Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien kyky suorittaa turvatoiminto ennakoitavissa olosuhteissa osoitetaan yhdellä viidestä tasosta, joita kutsutaan suoritustasoiksi, Performance Level. Nämä suoritustasot määritellään vaarallisen vian todennäköisyydellä tuntia kohden. Turvatoiminnon vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys riippuu monista eri tekijöistä. Näitä voivat olla laitteiston ja ohjelmiston rakenteet, vikojen paljastamismekanismien laajuus, komponenttien vikaantumistaajuus MTTFd, Yhteisvikaantuminen CCF, käyttökuormitus ja ympäristön olosuhteet. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015 s. 7)

Koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien suunnittelulla aikaan saatava riskin pienentäminen on osa koneen yleistä suunnittelumenettelyä. Turvalaitteilla aikaan saatavat turvatoiminnot sellaisella suoritustasolla, jolla saavutetaan vaadittu riskin pienentyminen. Turvatoimintojen

suunnittelu on osana toimintaan kytketyn suojuksen tai suojalaitteen ohjausta ja on osana turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien suunnittelua.

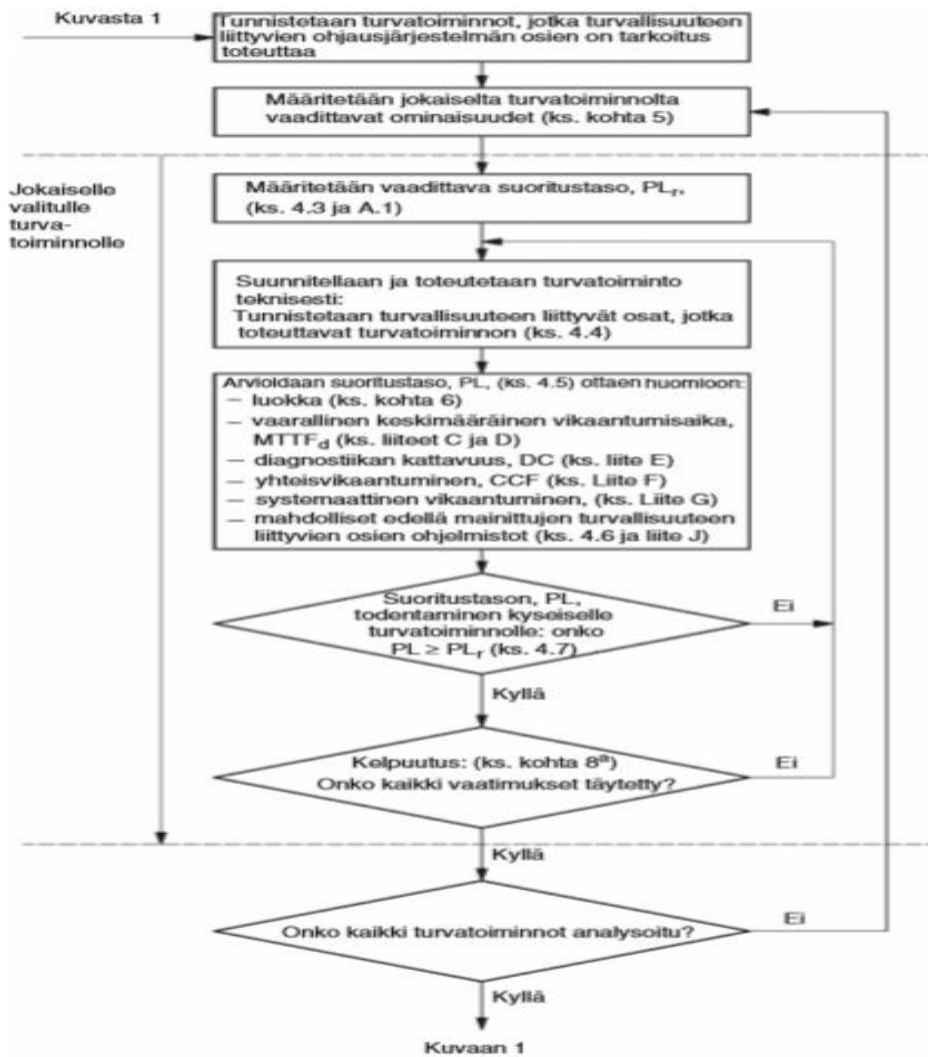
Jokaiselle turvatoiminnolle on eriteltävä sen ominaisuudet ja siltä vaadittava suoritustaso sekä ne on dokumentoitava.

Standardin ISO 13848 osassa eri suoritustasot määritellään viisi suoritustasoa alimmasta suoritustasosta PLa aina korkeimpaan PLe asti. Jokaiselle tasolle on määriteltyä standardissa tietyt vaihtelualueet vaarallisen vikaantumisen todennäköisyydelle tuntia kohden, joiden perusteella määräytyy kyseinen turvallisuustaso. Taulukossa 1 on esitettyä suoritustasojen määräytyminen standardin SFS EN ISO 13849-1 mukaan.

Taulukko 1. Suoritustasojen määräytyminen (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015 s. 19)

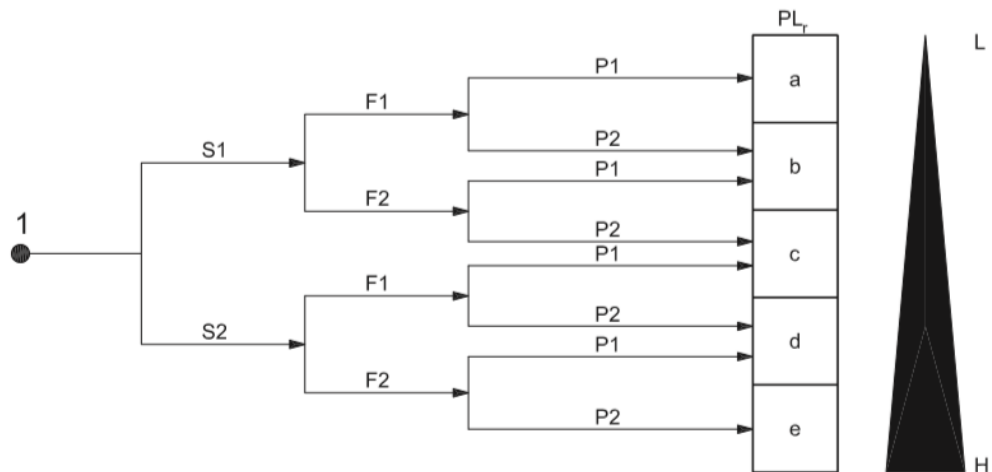
PL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaian todennäköisyys tuntia kohden (PFHD) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

Kuvassa 7 on esitettyä ohjausjärjestelmän turvatoimintojen suunnittelun iteratiivinen prosessi. Prosessia toistetaan niin pitkään, että vaadittu turvallisuustaso on saavutettu arvioinnin lopputuloksena.



Kuva 7. Ohjausjärjestelmän suunnittelun iteratiivinen prosessi (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015 s. 21)

Valituille ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvillä osilla on määriteltävä vaadittu suoritustaso (PL<sub>r</sub>). Tämä saadaan konesuunnittelun riskinarvioinnista ja määrittää käytettyjen sähköisten ohjausjärjestelmien vaatimuksia. PL<sub>r</sub> suoritustaso on sitä korkeampi, mitä suurempi on vaadittava ohjausjärjestelmien riskin pienentäminen. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015) (s.22)



**Selite**

- 1 Aloituskohta turvatoiminnon osuudenarvioimiseksi riskin pienentämisessä
- L Osuus riskin pienentämisessä pieni
- H Osuus riskin pienentämisessä suuri
- $PL_r$  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
- 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

Kuva 8. Vaaditun turvallisuustason määrittämisen kulku ja selityksen riskimuuttujille (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015 s. 55)

Kuvasta 8 nähdään, kuinka vaadittu suojaustaso muodostuu arviointiprosessin edetessä vamman vakavuuden, altistumistaajuuden sekä vamman toteutumisen todennäköisyyden perusteella.

Tämän vaaditun turvallisuustason toteutumista pitää aina arvioida ja tarkastella turvalaitteiden valintojen jälkeen. Toteutuneen turvallisuustason PL on oltava sama tai parempi kuin  $PL_r$ . Kun on saavutettu vaadittu turvallisuustaso, silloin koneen valmistaja on tehnyt vaaditut toimenpiteet, jotta koneen jäännösriski on siedettävällä tasolla.

Turvatoiminto voidaan toteuttaa useiden eri turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien osien yhdistelmällä. Esimerkiksi tuloyksikkö F-DI, CPU ja lähtöyksikkö F-DO, josta jokainen voi kuulua samaan turvallisuustasoon tai sitten niin, että niillä jokaisella on oma turvallisuustasonsa. Niiden yhdistelmälle voidaan määrittää oma turvallisuustaso. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015)

Näiden perusteella laite, jossa on heikoin turvallisuustaso jää sen osakokonaisuuden määrääväksi tasoksi. Tämän määrittämiseen on hyvä käyttää SISTEMA-ohjelmistoa, joka laskee kohteen turvallisuustason siihen syötettyjen komponenttien pohjalta. Valmistajat antavat turvallisuustaso luokituksen valmistamilleen turvalaitteille, joten niiden arvojen syöttäminen SISTEMA:an on yksinkertaista.

## 4.2 SIL luokat

Standardin EN IEC 62061 sisällössä on määritelty koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien toteutuksen ja suunnittelun ohjeita. Prosessi käsittää laitteiston koko elinkaaren suunnittelusta koneen romutukseen. Standardissa käsitellään riskienarviointia riskigraafin avulla. Riskinarviointi ja SIL:n määrittäminen pitäisi tehdä jokaiselle vaaralliselle toiminnolle, jossa on tarve pienentää ohjausjärjestelmän avulla riskiä. (Pilz, 2020)

Suunniteltavan laitteiston turvallisuuden eheysvaatimukset koostuvat seuraavista kohdista:

- Rakenteelliset rajoitukset laitteiston turvallisuuden eheydelle
- Vaaraa aiheuttavien laitteistojen todennäköisyydelle asetetut vaatimukset
- Systemaattiselle turvallisuuden eheystasolle asetetut vaatimukset, vikaantumisen välttäminen ja systemaattisen virheen hallinta

(Pilz, 2020)

SIL-tasot kuvaavat vähimmäistä turvallisuuden eheyden tasoa, joka saavutetaan arvioimalla ja määrittelemällä käytettävän laitteiston tai koneen aiheuttamien riskien ja vahingon suuruus. SIL- luokitus määritellään yleisesti käytettävälle turvatoiminnoille eikä koko järjestelmälle ja SIL- luokitus määritellään jokaiselle käytettävälle turvatoiminnolle erikseen. Tässä päästään siihen, että mikä koneen turvatarkastelussa on saavutettu riittävä riskinpienentäminen ja sen aiheuttama vaatimustaso automaatiojärjestelmälle. Turvatarkastelun lopputuloksessa arvioidaan turvalaitteiden ja automaatiojärjestelmälle jäävä riskinvähentäminen, mitä suurempi on jäännösriski, sitä parempi on oltava automaatiojärjestelmän kyky poistaa riski. (Metropolia, 2015)

SIL-luokat eli diskreettitasot ovat sähköisille, elektronisille tai ohjelmoitaville elektronisille turvallisuuteen liittyville järjestelmille osoitettavien turvatoimintojen turvallisuuden eheyden vaatimusten määrittämiseksi annettava taso. SIL-luokitus määritellään koneessa käytettävälle yksilölliselle turvatoiminnolle tai sen osa komponentille. SIL-taso määritellään mahdollisen vammien ja sen vakavuuden perusteella. SIL-tasoa on 4 eritasoa, niistä korkein on SIL 4 ja matalin taso taas on SIL 1. Näitä tasoa voidaan vertailla turvallisuuden suoritusasteiden kanssa vastaavuus taulukossa, mutta koneen turvajärjestelmässä voidaan käyttää arviointikriteerinä joko PL tai SIL-tasoa. Turvajärjestelmälle asetetaan vaatimukset, joko PL tai SIL- tasoina.

SIL-tasot kuvaavat automaatiojärjestelmän komponenttien vaarallisen vikautumisen mahdollisuutta tunnin aikana. Näissä määrittely menee siten, että SIL 1 tasolla komponentti vikaantuu vaarallisesti tunnin aikana todennäköisesti harvoin ja tasolla 4 vaarallisen vikaantumisen mahdollisuus on suuri.

Turvakomponenttien valintaa tehdessä on hyvä selvittää valmistajan datalehdistä kyseisen laitteen saavuttama turvallisuuden eheystaso. Yleisesti itse olen huomannut tarkastelevani komponentin saavuttamaa turvallisuustasoa PL ja sen käyttökelpoisuutta koneen turvajärjestelmässä. Kun valitaan sopiva komponentti koneen turvajärjestelmään, on varmistuttava, että kyseinen komponentti täyttää riskianalyysin vaatimukset turvakomponentteina käytetyistä laitteista.

SIL-tasoa voidaan verrata PL tasoihin, mutta rakennettava turvajärjestelmä rakennetaan käyttämällä yhtä arviointikriteeriä. Esimerkiksi suursäkityskoneessa käytettävän turvajärjestelmän on saavutettava PLd tason suojaus. Taulukossa 2 on esitettyä PL ja SIL tasojen vastaavuus toisiinsa.

Taulukko 2. PL ja SIL vastaavuus (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015 s. 24)

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

#### 4.3 Ohjausjärjestelmien turvallisuus sekä toimintavarmuus

Koneissa käytettävät ohjausjärjestelmät on suunniteltava ja rakennettava siten, että ne estävät vaaratilanteiden syntymisen. Ennen kaikkea ne on suunniteltava ja rakennettava sellaisiksi, että järjestelmät kestävät tarkoitetut käyttörasitukset ja ulkoisten tekijöiden aiheuttaman vaikutuksen. Ohjausjärjestelmän laitteisto- tai ohjelmistovika ei saa aiheuttaa vaaratilanteita ja virheet ohjausjärjestelmän logiikassa eivät aiheuta vaaratilanteita käyttäjälle. Lisäksi kohtuudella ennakoitavissa oleva käyttäjän inhimillinen virhe käytön aikana ei saa aiheuttaa vaaratilannetta. (Siirilä, 2009 s. 91)

Järjestelmää suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota muutamiin seikkoihin. Koneen ollessa pysähdyksissä se ei saa käynnistyä odottamattomasti. Koneen liikkuvan osan pysäyttäminen automaattisesti tai käsikäytöllä ei saa estyä. Koneen turvalaitteiden on pysyttävä täysin toimintakykyisinä tai vikaantuessaan annettava pysäytyskäsky. Lisäksi koneessa käytettäviä turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmän osia on käytettävä yhtenäisellä tavalla kone kokonaisuudessa. (Siirilä, 2009 s. 91)

Ohjausjärjestelmällä aikaan saatavien turvatoimintojen toteuttamiseen osallistuu suuri joukko komponentteja ja osajärjestelmiä. Ketjuun kuuluvat komponentit alkavat turvalaitteiden antureista ja päättyvät toimilaitteisiin vaikuttaviin tehonohjaus komponentteihin. Sähköinen ohjaus voi tapahtua kontaktorin koskettimilla tai sitten taajuusmuuttajan erottamisella kuormasta. Muu mekaaninen voima erotetaan esimerkiksi ohjaamalla venttiili kiinni asentoon. Tarvittaessa koneessa on myös jarruja, joilla liike saadaan pysäytettyä ja pidettyä pysähdyksissä. Järjestelmässä on myös vikaantumisen havaitsemiseksi valvonta. (Siirilä, 2009 s. 92)

Turvatoimintoihin osallistuvien komponenttien ja osajärjestelmien sekä niiden yhdistelmän täytyy muodostaa luotettava kokonaisuus niin, että turvatoiminnon toteutumatta jäämisen riski on riittävän alhaisella tasolla. (Siirilä, 2009 s. 92)

Toiminnallinen turvallisuus on sitä, että ohjattava kone toimii turvallisuusvaatimusten mukaisesti eikä konejärjestelmä tee sellaisia toimintoja, joita ei toivota.

#### 4.4 Koneen ohjaus, käynnistäminen ja pysäyttämien

Käytettäessä koneessa useita ohjauspaikkoja on ohjauspaikat suunniteltava siten, että yhden ohjauspaikan käyttäminen estää toisten ohjauspaikkojen käytön samanaikaisesti. Ohjauspaikalta täytyy silti pystyä käyttämään pysäytys- ja hätäpysäytyslaitteita.

Kaikki koneen ohjauspaikat täytyy varustaa kaikilla vaadituilla ohjauslaitteilla ja varmistettava, että käyttäjä ei voi häiritä toista samanaikaista käyttäjää eri ohjauspaikalla. (Siirilä, 2009 s. 257)

Koneen käynnistämisestä ja pysäytyksestä on säädettyä myös tietyt vaatimukset. Nämä vaatimukset ottamalla huomioon koneen ohjausjärjestelmää suunnitellessa lopputuloksesta tulee loppukäyttäjälle turvallinen.

Koneen käynnistäminen saa olla mahdollista vain kun, käyttäjä tarkoituksen mukaisesti vaikuttaa asianomaiseen ohjauslaitteeseen. Vaatimus koskee koneen uudelleenkäynnistystä pysähdysten jälkeen. Automaattisessa toimintatilassa olevan koneen käynnistäminen, uudelleenkäynnistäminen pysäytyksen jälkeen tai sen toimintaolosuhteiden muuttaminen voi olla mahdollista ilman koneen toimintaan puuttumista, mutta silloin edellytetään sitä, että vaaratilannetta ei pääse syntymään.

Jos koneessa on useita käynnistykseen tarkoitettuja ohjaimia ja niillä voi aiheuttaa tilanteen, jossa käyttäjä voi asettaa toisen henkilön vaara-alueelle, niin silloin pitää toimintaan yhdistää valvovia turvalaitteita, jotka estävät koneen käynnistymisen. (Siirilä, 2009 s. 259)

Koneen pysäyttäminen turvallisesti pitäisi olla jokaisella suunnittelijalla mielessä konetta suunniteltaessa. Koneessa pitäisi olla suunniteltuna normaali pysäytys, toiminnallinen pysäytys ja hätäpysäytys. Lisäksi erilaisia pysäytyksiä saadaan aikaan ohjelmallisesti ja turvalaitteiden omien pysäytyskäskyjen kautta.

Normaalin pysäytyksen toteuttamiseen koneesta täytyy löytyä ohjauslaite, jolla kone voidaan pysäyttää turvallisesti. Jokainen ohjauspaikka täytyy varustaa koneen pysäyttämiseen tarvittavilla painikkeilla tai muilla toiminnoilla, joilla kone saadaan pysäytettyä. Pysäytyslaitteen antama käsky on oltava ensisijainen, käynnistyslaitteisiin nähden. Koneen vaarallisten toimintojen pysähdyttyä, niiden sähkönsyöttö on katkettava. (Siirilä, 2009 s. 271)

Toiminnallisessa pysäytyksessä, jossa tietyistä syistä tarvitaan pysäytyslaitetta, joka ei katkaise sähkönsyöttöä toimilaitteisiin, on sen tilaa valvottava sekä ylläpidettävä. (Siirilä, 2009 s. 271)

Koneen hätäpysäytys on voitava toteuttaa koneen yhteyteen asennetulla yhdellä tai useammalla hätäpysäytystoimilaitteella. Hätäpysäytyksen avulla voidaan torjua todellinen tai uhkaava vaaratilanne.

Hätäpysäytyslaite on varustettava selvästi tunnistettavilla ja näkyvillä ohjaimilla, jotka ovat nopeasti käytettävissä. Lisäksi hätäpysäytyslaitteen on pysäytettävä vaarallinen prosessi mahdollisimman nopeasti aiheuttamatta muita riskejä. Joissain tapauksissa hätäpysäytyksen aktivoimisen on käynnistettävä tiettyjä suojausliikkeitä tai sallittava niiden käynnistyminen. Hätäpysäytyslaite on jätävä aktiiviseksi käyttäjän vapautettua otteensa laitteesta. Toiminto on kuitattava tarkoituksen mukaisesti juuri kyseistä painikkeesta eikä se saa käynnistää laitetta suoraan uudelleen. Aina kun hätäpysäytyspainike aktivoidaan, sen täytyy aiheuttaa pysäytyskäsky. Hätäpysäytyksellä ei voida korvata muita suojausteknisiä toimenpiteitä. (Siirilä, 2009 s. 272)

#### 4.5 SISTEMA-ohjelmisto

SISTEMA-ohjelmisto on saksalaisen IFA:n kehittämä koneen turvallisuustason arviointi työkalu. Työkalun avulla voidaan todentaa laitteiston saavuttama turvallisuustaso mallintamalla laitteiston turvalaitteet ja turvatoiminnot ohjelmaan. Ohjelman avulla voidaan määrittellä riskit ja niiden vakavuus, turvalaitteiston vaadittu suoritustaso ja komponenttien vikaantumistaajuus. Ohjelmistolla pystytään määrittämään graafisen taulukon mukaan laitteen todelliset riskit ja sen perusteella saadaan lopputuloksena riskitaso ja sen vaatima koneturvallisuuden taso. Turvatarkastelun lopputuloksesta saadaan raportti, josta nähdään käytetyn laitteiston saavuttama turvallisuudentaso sekä käytetyt turvalaitteet. (IFA, 2019)

Ohjelman käyttäminen alkaa siitä, että luodaan tarkasteltavasta kohteesta uusi projekti. Sen jälkeen määritellään projektista yksittäiset turvapiirit, joista jokaisesta määritellään riskiarvioinnin perusteella kyseisen piirin vaatima turvallisuudentaso. Kuvassa 9 on esitetty yhden turvapiirin riskinarviointi kuvaaja, jonka lopputuloksena on päästy vaatimusluokkaan d.

The screenshot shows the SISTEMA risk assessment interface. At the top, there are tabs for 'Documentation', 'PLr', 'PL', and 'Subsystems'. Below the tabs, there are two radio buttons: 'Enter PLr value directly' (unselected) and 'Determine PLr value from risk graph' (selected). Underneath, there is a field for 'Required Performance Level:' with the value 'd' entered. The main part of the interface is a risk tree diagram on the left and a legend on the right. The risk tree shows a hierarchy of risk factors: S1, S2, F1, F2, P1, and P2. A red line highlights the path from S2 to F2 to P1, which corresponds to the required performance level 'd'. The legend on the right defines the severity of injury (S), frequency and/or exposure times to hazard (F), and possibility of avoiding hazard or limiting harm (P).

Severity of injury (S)	
S1	Slight (normally reversible injury)
<input checked="" type="checkbox"/> S2	Serious (normally irreversible injury or death)

Frequency and/or exposure times to hazard (F)	
F1	Seldom to less often and/or exposure time is short
<input checked="" type="checkbox"/> F2	Frequent to continuous and/or exposure time is long

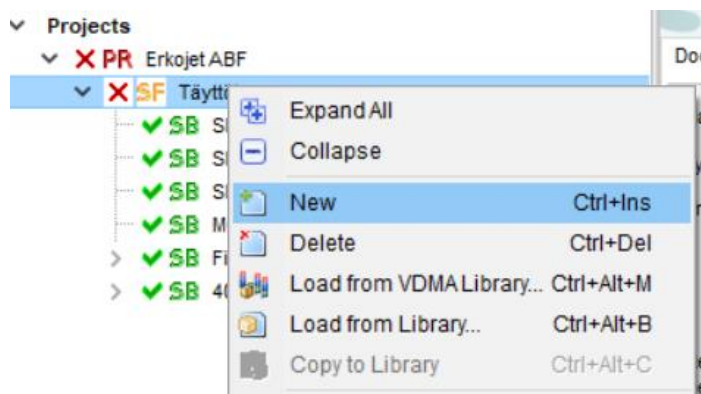
Possibility of avoiding hazard or limiting harm (P)	
<input checked="" type="checkbox"/> P1	Possible under specific conditions
P2	Scarcely possible

Kuva 9. SISTEMAN riskinarviointi turvapiiristä

Riskinarviointi voidaan myös ohittaa, jos tiedetään laitteiston vaatima turvallisuuden suoritustaso. Tällöin voidaan syöttää vaadittu luokka kohdasta "Enter PLr value directly". Tällöin ohjelmaan syötettävien komponenttien yhdistelmän on täytettävä vaaditun suoritustason vaatimukset.

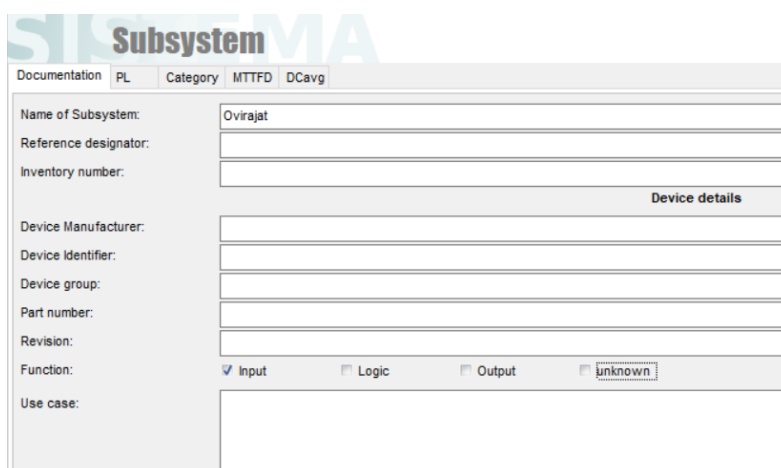
Kun on selvitetty laitteiston suoritustaso vaatimus, voidaan alkaa todentamaan toteutunutta suoritustasoa. Se tapahtuu lisäämällä ohjelmaan alajärjestelmiä, jotka ovat käytännössä turvalaitteiston komponentteja. Komponenteista on saatavilla kattava kirjasto, josta löytyy yleisimpien turvakomponentti valmistajien toimittamat laitetiedot. Näitä kirjastoja voidaan ladata suoraan SISTEMAN omilta internet sivuilta.

Uusi alajärjestelmä saadaan lisättyä projektiin klikkaamalla luotua turvapiiriä hiiren oikealla ja valitsemalla "New". Tämä on esitetty kuvassa 10.



Kuva 10. Uuden alajärjestelmän lisääminen

Uuden alajärjestelmän luomisen jälkeen määritellään alajärjestelmän nimi ja toiminnoksi input. Nimeksi on hyvä valita esimerkiksi turvalaitteen tyyppi, jotta myöhemmin on helpompi tarkastella mitä laitteita kyseisessä alajärjestelmässä on tarkasteltu. Tämä on esitetty kuvassa 11. Esimerkissä alajärjestelmän nimeksi on annettu ovirajat.

A screenshot of the 'Subsystem' configuration form in the SISTEMAN software. The form has a header with 'Subsystem' and a navigation bar with 'Documentation', 'PL', 'Category', 'MTTFD', and 'DCavg'. The form contains several input fields: 'Name of Subsystem' (filled with 'Ovirajat'), 'Reference designator', 'Inventory number', 'Device Manufacturer', 'Device Identifier', 'Device group', 'Part number', 'Revision', 'Function' (with radio buttons for 'Input', 'Logic', 'Output', and 'unknown', where 'Input' is selected), and 'Use case'. There is also a 'Device details' section with a plus sign icon.

Kuva 11. Alajärjestelmän määrittämisen aloitus

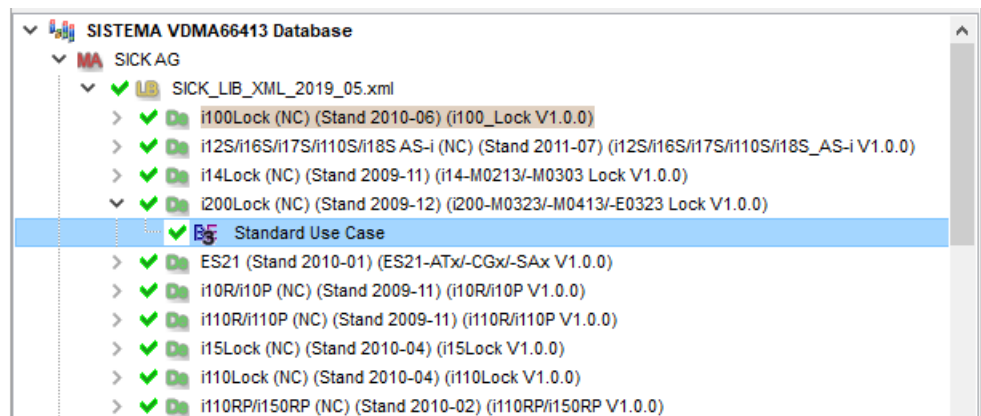
Seuraavaksi valitaan ylärivistä välilehti "PL", jossa määritetään, kuinka ohjelma laskee alajärjestelmän suoritustason. Suoritustaso voidaan määrittää manuaalisesti vakioarvoon, jolloin turvajärjestelmän rakentaja takaa, että järjestelmä saavuttaa kyseisen tason. Turvallisuudentaso voidaan myös määrittää turvalaitteen kategorian, keskimääräisen vioittumisajan ja diagnostiikan kattavuuden avulla. Tämä valinta nähdään kuvasta 12.

Kuva 12. Turvallisuustason laskennan määrittäminen

Seuraavaksi laskukriteerien määrittämisen jälkeen voidaan määrittää luotuun alajärjestelmään käytetyt komponentit. Tämä tapahtuu valitsemalla "Ovirajat" alajärjestelmä ja haluttu kanava listasta. Tämän jälkeen on aika lisätä käytetty turvakomponentti ohjelmaan. Valmistajien kirjastoja voidaan ladata suoraan SISTEMAN internet sivulta. Kirjaston lataamisen jälkeen avataan VDMA Library ja valitaan tässä esimerkissä SICK oviraja ja käytetään drag and drop menetelmää tuotteen lisäämiseen projektiin. Kuviin 13 ja 14 on esitetty kirjastoon pääseminen ja komponentin valinta.



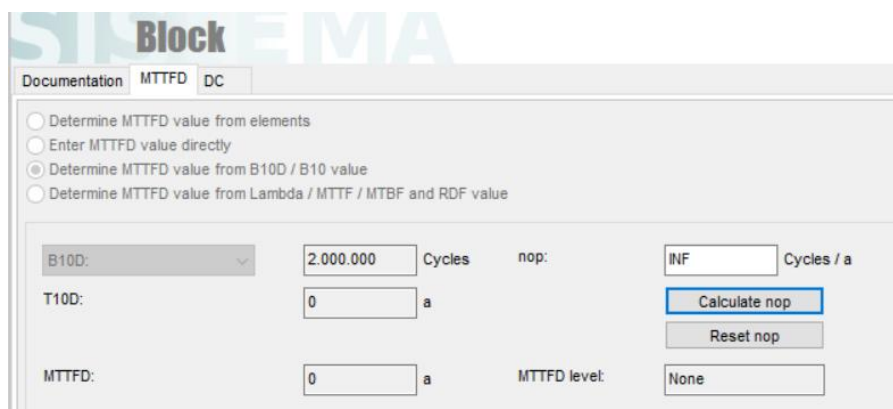
Kuva 13. Kanavan 1 näkymä ja VDMA Libraryn valinta



Kuva 14. Tuotteen valinta tuotekirjastosta

Tuotteen lisäämisen jälkeen määritetään komponentin MTTFd ja DC arvo. Tämä tapahtuu klikkaamalla lisättyä komponenttia listasta ja valitsemalla välilehden MTTFd. Tässä kohtaa määritellään

laitteen toimintataajuus laskemalla. Laskentaan päästään klikkaamalla "Calculate nop". Kuvassa 15 nähdään laitteen MTTFd määritysruutu.



Block EMA  
Documentation MTTFD DC

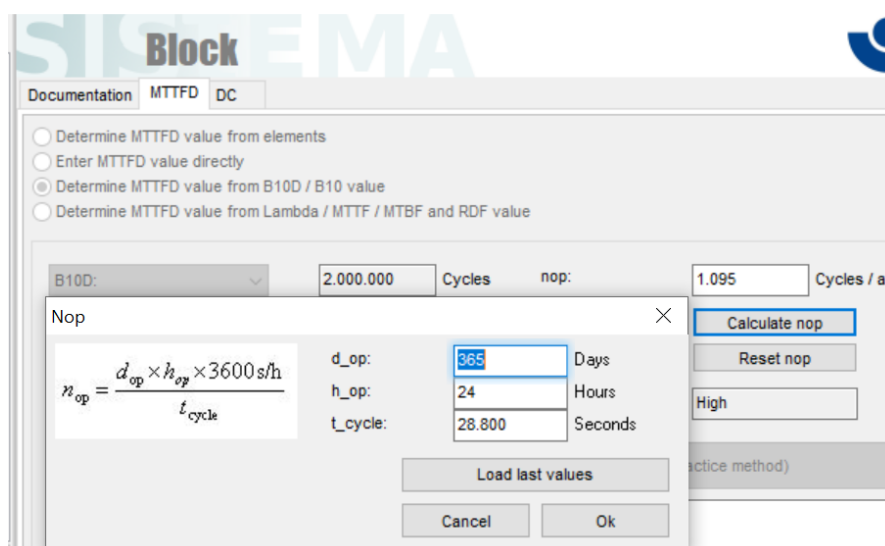
Determine MTTFD value from elements  
 Enter MTTFD value directly  
 Determine MTTFD value from B10D / B10 value  
 Determine MTTFD value from Lambda / MTTF / MTBF and RDF value

B10D: 2.000.000 Cycles nop: INF Cycles / a  
T10D: 0 a  
MTTFd: 0 a MTTFD level: None

Calculate nop  
Reset nop

Kuva 15. Blockin MTTFd määrittäminen laskemalla

Laskentaruudun avauduttua käyttäjälle avautuu kuvassa 16 näkyvä ruutu.



Block EMA

Documentation MTTFD DC

Determine MTTFD value from elements  
 Enter MTTFD value directly  
 Determine MTTFD value from B10D / B10 value  
 Determine MTTFD value from Lambda / MTTF / MTBF and RDF value

B10D: 2.000.000 Cycles nop: 1.095 Cycles / a  
T10D: 0 a  
MTTFd: 0 a MTTFD level: None

Nop

$$N_{op} = \frac{d_{op} \times h_{op} \times 3600 \text{ s/h}}{t_{cycle}}$$

d\_op: 365 Days  
h\_op: 24 Hours  
t\_cycle: 28.800 Seconds

Calculate nop  
Reset nop  
High

Load last values  
Cancel Ok

Kuva 16. Laitteen toimintasyklin ja MTTFd laskenta

Laskentakaavassa määritetään laitteen toimintapäivät vuodessa kohtaan "d\_op". "h\_op" kohtaan syötetään päivittäinen operointiaika ja lopuksi "t\_cycle" kohdassa määritellään, kuinka usein kyseisen turvalaite aktivoituu. Esimerkissäni on käytetty turvalaitteen aktivoitumisessa arviota kolme kertaa päivässä. Lopuksi hyväksytään syötetyt arvot "OK" napista. Tämän jälkeen määritetään diagnostiikan kattavuus. Diagnostiikan kattavuus määritetään välilehdestä "DC". Määrityksessä on tässä esimerkissä käytetty manuaalisesti syötettävää diagnostiikan kattavuus arvoa 99 %. Tämän määrittäminen on näytetty kuvassa 17.

Block

Documentation MTTFD DC

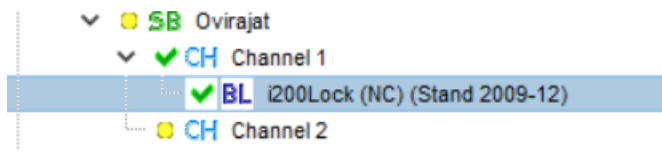
Determine DC value from elements  
 Enter DC value directly  
 Select applied measures to evaluate DC

Diagnostic coverage (DC): 99 % DC level: High

Documentation:

Kuva 17. Diagnostiikan kattavuuden määrittäminen

Lopputuloksena kaikkien vaatimusten täytyessä kanavan 1 ovirajakytkin näkyy alajärjestelmä puussa vihreällä. Tämä nähdään kuvasta 18.



Kuva 18. Laitteen määrittämisen onnistuminen

Määrittämisen onnistumisen jälkeen voidaan kanavaan 1 määritetty laite määrittää myös kanavalle 2, jos käytössä on identtiset laitteet. Viimeisenä alajärjestelmän määrittämisessä on muistettava klikata alajärjestelmää, jota ollaan konfiguroimassa ja siellä välilehdelle CCF. Välilehdellä valitaan CCF arviointiin vaikuttavat tekijät. Kaikki mahdolliset vaihtoehdot nähdään valitsemalla "Library", jossa päästään valitsemaan järjestelmään soveltuvat arviointikriteerit. Kuvassa 19 on esitetty CCF arviointikriteerit.

Subsystem

Documentation PL Category MTTFD DCavg CCF Blocks

Select applied measures to evaluate CCF  
 Enter CCF evaluation directly

Total points: 80 Minimum requirement: 65 Points: fulfilled

Type	Measure	Points
Separation / Segregati...	Physical separation betwe...	15
Design / application / e...	Protection against over-vo...	15
Design / application / e...	Components used are wel...	5
Assessment / analysis	Are the results of a failure...	5
Competence / training	Have designers / maintain...	5
Environmental	Prevention of contaminatio...	25
Environmental	Other influences. Have th...	10

Kuva 19. Alajärjestelmän CCF arviointikriteerit

Alajärjestelmän määrittämisen valmistuttua tarkastetaan, täytyykö vaadittu turvallisuustaso vaatimus. Kaikkien vaatimusten täytyttyä alajärjestelmä näkyy vihreällä, kuten kuvassa 20 nähdään.



Kuva 20. Alajärjestelmän onnistunut määrittäminen

## 5 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ SUURSÄKITYSKONEESSA

Automaatiojärjestelmä suursäkitysautomaatissa koostuu muutaman valmistajan laitteista. Pääautomaatiolaitteina käytetään Siemensin ja Feston toimittamia laitteita. Koneen ohjausjärjestelmän ydin on Siemensin ohjelmoitava logiikka, jolla koneen liikkeiden ja toimintojen ohjaus suoritetaan. Logiikka on järjestelmässä yhteydessä kenttäväylän avulla Feston toimittamiin etä-I/O kenttäkoteloihin, joihin suurin osa koneessa käytetyistä antureista on kytkettynä.

Lisäksi koneessa käytetään paljon erilaisia antureita ja sähkökäyttöjä. Sähkökäyttöjä koneessa ohjataan yleisesti taajuusmuuttajilla tai suorina käyttöinä. Suorien moottorikäyttöjen kontaktori ohjauksen hoitavat ohjelmoitavan logiikan lähtökortit, joilla ohjataan kontaktorien keloja. Koneessa käytetyt sähkömoottorit ovat pääosin pienitehoisia vaihdemoottoreita. Moottoreina käytetään ensisijaisesti SEW Eurodriven tuotteita. Asiakkaiden pyynnöstä joskus tulee tilauksia, joissa käytetään muiden valmistajien tuotteita varaosa yhteensopivuuden tai muun syyn takia.

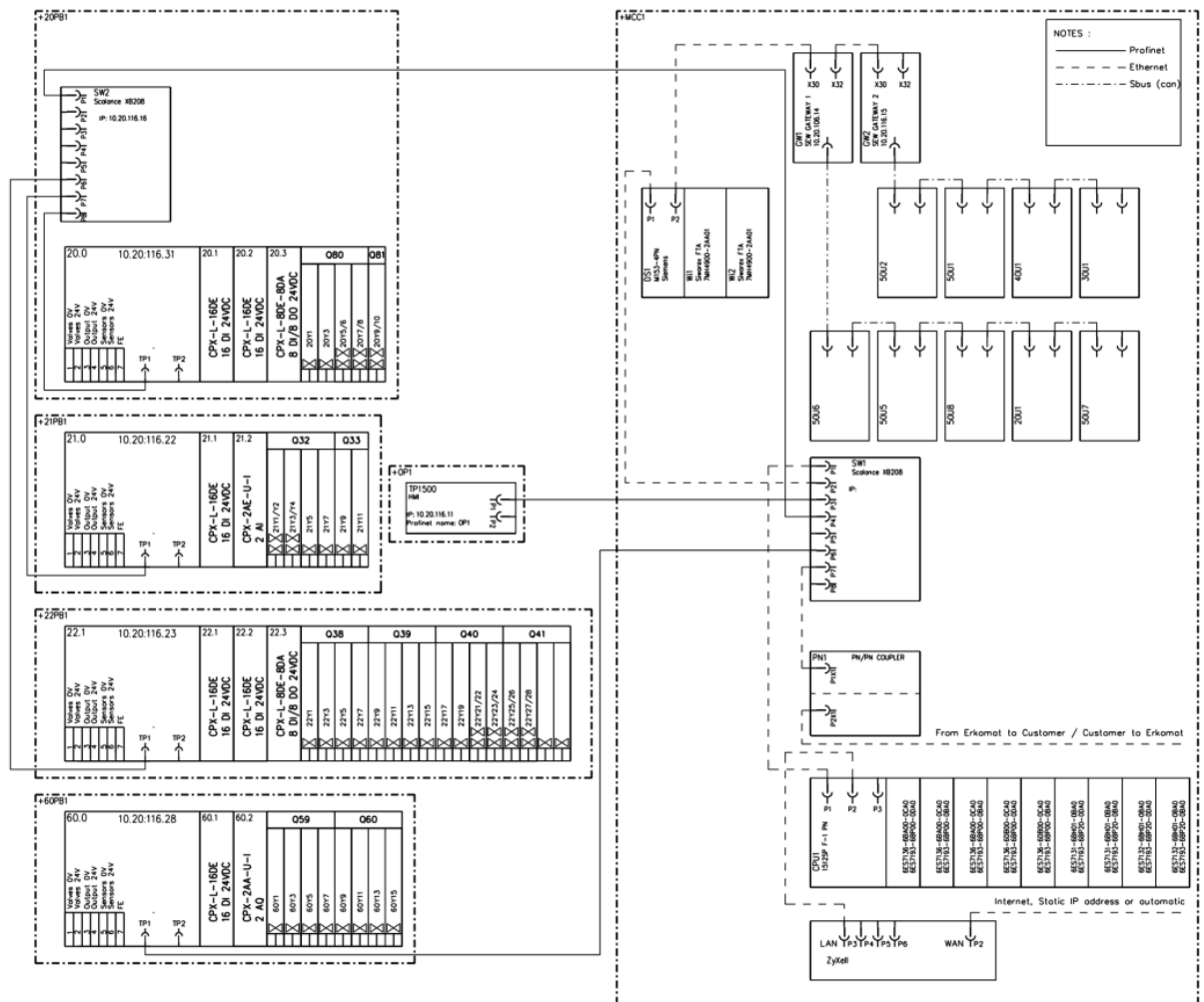
Erkomat Oy:n sähkökeskukset toimivat sekä vahvasähkö että automaatiolaitteiden sijoitus paikkana. Keskukseen sijoitetaan taajuusmuuttajat sekä niiden kytkemiseen tarvittavat kenttäväylälaitteet. Lisäksi keskus sisältää ohjauslogiikan, Siwarex vaakakortit ja osan I/O korteista.

### 5.1 Automaatiojärjestelmän rakenne

Suursäkitysautomaattikoneen automaatiojärjestelmän rakenne on seuraava. Koneessa on käytössä yksi ohjelmoitava logiikka. Logiikka sijoitetaan sähköpääkeskukseen, jossa sille on varattuna oma tila. Logiikan yhteyteen asennetaan tarvittavat turvalogiikan tulo- ja lähtökortit sekä tavalliset digitaaliset input ja output kortit.

Keskuksesta löytyy myös mahdolliset interface moduulit, joita tarvitaan asiakkaan automaatiojärjestelmään liittymistä varten. Järjestelmään liittymiseksi käytetään asiakkaan ilmoittamaa tiedonsiirtotyyliä. Erilaisia ratkaisuja voidaan toteuttaa Profibus, PROFINET ja Ethernet liittynöillä. Nykyisellään käytössä on ollut PN/PN coupler, jolla voidaan liittää kaksi eri IP-alueella sijaitsevaa PROFINET verkkoa toisiinsa ja toteuttaa tämän logiikkamoduulin avulla tiedonsiirto. PN/PN coupleria käyttöönotettaessa voidaan laitteeseen määrittää haluttu määrä tavuja, jotka lähetään toiseen järjestelmään ja vastaavasti järjestelmästä vastaanotettavat tavut. Tämän määrittäminen tapahtuu TIA Portal-ohjelmalla.

Koneen vaaka-automaatiokortti on myös sijoitettuna logiikan läheisyyteen, josta se on yhteydessä logiikkaan PROFINET väylän avulla. Vaakakortti on kytketty suoraan logiikan yhteyteen, jolla saadaan mahdollisimman pieni viive vaa'an lähettämän painotiedon saantiin logiikkaohjelmaan.



Kuva 21. Automaatiojärjestelmän väylä ja rakennekuvaus (Erkomat Oy, 2019)

Kuvassa 21 on esitetty automaatiojärjestelmän rakennetta. Kuvassa oikealla on sähkökeskus ja vasemmalla on kentällä sijaitsevia automaatiojärjestelmän osia. Keskukseen sisäisiä automaatiojärjestelmään kuuluvia komponentteja ovat CPU ja sen I/O- kortit, vaaka ala-asema, PROFINET kytkin sekä SEW gateway ja taajuusmuuttajat. Lisäksi järjestelmän VPN yhteyden kytkin sijaitsee keskuksessa, jonka avulla saadaan luotua etäyhteys koneeseen, jotta mahdollisia vikatilanteita voidaan tarkastella etäyhteyden avulla toimistolta käsin. Väylä on järjestelmässä PROFINET väylä ja sitä pitkin hoidetaan kommunikointi kentällä olevan hajautus I/O:n ja CPU:n välillä. Väylän rakenne on tähtimäinen. Väylällä on myös yhdistetty vaaka ala-asema sekä SEW gateway:t automaatiojärjestelmään.

## 5.2 Automaatiojärjestelmän pääkomponentit

Erkomat Oy:n suursäkkikoneessa käytettävät automaatiokomponentit valitaan siten, että ne soveltuvat parhaiten suunnitellun koneen ohjaamiseen. Komponenteissa myös hyvä varaosa saatavuus on keskeinen kysymys, jotta asiakkaille voidaan taata pitkäksi ajaksi varaosien saatavuus. Vanhentuvat tuotteet pyritään korvaamaan uusilla samanlaisilla tuotteilla. Logiikassa ja kenttäkoteloissa käytettävä I/O pyritään optimoimaan, jotta turhilta kuluilta vältyttäisiin. Automaatiojärjestelmässä käytettävä

logiikka on Siemensin 1512SP-F-1 PN, joka on 1500 sarjan logiikka, mutta rakennettu pienempää ET200SP hajautus I/O sarjan runkoon. Logiikan tyyppityksestä nähdään, että se on ns. Fail-safe malli, jolla voidaan siis toteuttaa turvatoimintojen ohjaus.

Automaatiojärjestelmään kuuluvat myös digitaaliset tulo- ja lähtökortit. Näihin tuloihin ja lähtöihin kytketään monia koneen tärkeitä toimintoja. Niiden avulla koneessa voidaan ohjata kulloisenkin tarpeen mukaan esimerkiksi suorien moottorikäyttöjen kontaktori kiinni tai auki.

Koneessa on tärkeässä osassa myös kenttäkoteloihin koneen toimintojen läheisyyteen sijoitettavat Feston toimittamat I/O-moduulit. Näiden avulla saadaan koneessa helposti kytkettyä anturit ja muut mittauslaitteet suoraan hajautetun I/O:n koteloon, jolloin vältytään turhalta kaapeloinnilta sähkökeskukselle asti. Feston kenttäkoteloihin sijoitetaan myös paineilmanohjaus. Paineilmaa kontrolloidaan magneettiventtiileillä, jotka on sijoitettu I/O-riman jatkoksi.

### 5.2.1 Turvalogiikka

Ohjelmoitava logiikka on koko koneen ohjauksen keskiössä. Logiikassa ohjataan koneen liikkeitä ja toimintoja ohjelmoidun logiikkaohjelman mukaisesti. Tässä kohdassa tarkastellaan Siemensin toimittamaa 1512SP F-1 PN logiikkaa. Logiikka on 1500-sarjan Fail-safe logiikka, joka siis tarkoittaa sitä, että sillä voidaan toteuttaa myös turvaohjelmointi. Tuote nimessä F-kirjan kertoo logiikan olevan turvaohjelmointiin sopiva. Lisäksi tuotenimessä viimeisenä oleva PN kertoo, että kyseessä on PRO-FINET liitännäinen logiikka. Siemens sertifioi logiikkansa ja vakuuttaa kyseisen tuotteen saavuttavan kategorian SIL 3 ja turvallisuustason PLe luokituksen. (Siemens, 2019)



Kuva 22. Siemens CPU 1512SP F-1 PN

Turvalogiikassa ei itsessään ole yhtään tuloa tai lähtöä, joihin voitaisiin kytkeä esimerkiksi hätäseis tai oviraja tieto vaan se tarvitsee turvatoimintojen lukuun ja ohjaukseen turvaluokiteltuja tulo- ja lähtökortteja. Lisäksi logiikkaan yleensä lisätään normaaleja tulo- ja lähtökortteja, joilla hoidetaan turvaohjelman ulkopuolisten toimintojen luku tai ohjaus. Turvalogiikka on esitetty kuvassa 22.

Logiikkaan täytyy myös asentaa Siemensin valmistama muistikortti. Muistikortti toimii logiikan la-  
tausmuistina, johon PC:ltä ladataan logiikkaohjelma. Muistikortin maksimi koko kyseissä logiikassa  
on 32 GB. (Siemens, 2019).

Logiikka lukee ohjelmaa muistikortilta ja käyttää tähän toimintoon omaa työmuistiaan. 1512SP F-1  
PN logiikassa työmuistin määrä on 300 kb. CPU kommunikoi samanaikaisesti siihen liitettyihin PRO-  
FINET laitteisiin ja ohjaimiin, HMI- laitteisiin ja mahdollisesti kytkettyyn ohjelmointilaitteeseen. Lo-  
giikka tukee toimintaa I/O ohjaimena, I-laitteena tai yksittäisenä CPU:na. CPU:hun on mahdollista  
liittää myös Profibus laitteita, mutta silloin logiikan yhteyteen on ostettava Profibus interface moduu-  
li, josta saadaan yhteys Profibus-väylään. Tällöin logiikka voi toimia DP- masterina tai älykkäänä DP-  
orjana. (Siemens, 2020)

Logiikkaan on mahdollista asentaa maksimissaan 128 I/O- laitetta. Logiikan yhteyteen asennettavien  
I/O-korttien maksimimäärä kytkentäkiskossa on 64. (Siemens, 2020)

Logiikan yhteyteen asennetaan myös materiaalin punnitsemisesta vastaavat Siwax FTA-  
vaakakortit. Vaakakortit on esitetty kuvassa 24. Vaakakortteihin kytketään punnitusanturit, joita  
käyttämällä toteutetaan esimerkiksi materiaalin automaattinen annostelu. Annostelussa Siwax seu-  
raa ja laskee materiaalivirtaa ja säättää tarvittaessa PID-säädintä apuna käyttäen annosteluajoja.



Kuva 23. Kaksi Siwax FTA-vaakakorttia ja IM153-4 liittymä moduuli

## 5.2.2 Digitaalinen tulokortti

Yleisimmin käytössä oleva digitaalitulokortti on Siemensin ET200SP CPU:n yhteyteen asennettava DI  
8x24VDC ST. Kortissa on kahdeksan digitaalista tuloa, jotka luetaan positiivisella pulssin muutoksel-  
la. Käytössä on myös 16x24VDC ST tulokortti kohteissa, joissa tarvitaan enemmän tuloja. Käyttämäl-  
lä 16x24VDC korttia päästään suurempaan kanavatiheyteen ja siitä on hyötyä, kun käytössä oleva ti-  
la on rajattu. Kyseiset kortit vaativat myös erillisen pohjayksikön, jonka päälle kortti asennetaan.  
Kortin pohjayksiköitä on ns. uuden potentiaalisen syöttöpohja, joka on valkoinen, sekä edellisestä poh-  
jasta ketjuuntuva jännitteensyöttö, mustapohja. Kortti on yhteydessä CPU:hun pohjayksikön pohjas-  
sa kulkevan väylän avulla.

Kuvissa 24,25 ja 26 on esitelty Siemensin pohjayksiköitä ja niihin yhdistettävä tulokortti. Pohjayksiköitä voidaan käyttää yksittäisinä tai kahden yksikön yhdistelmissä. Kahden pohjan yhdistelmä on kustannuksiltaan halvempi, mutta varaosa mielessä pohjan rikkoontuminen aiheuttaa tarpeen vaihtaa myös mahdollisesti täysin kunnossa oleva toinen pohja. Yksittäisessä pohjayksikössä on etuna se, että vain rikkiäinen pohja voidaan vaihtaa logiikasta, jolloin asiakas saattaa valita mieluummin yksittäisen pohjan.



Kuva 24. Siemens kahden pohjan yhdistelmä



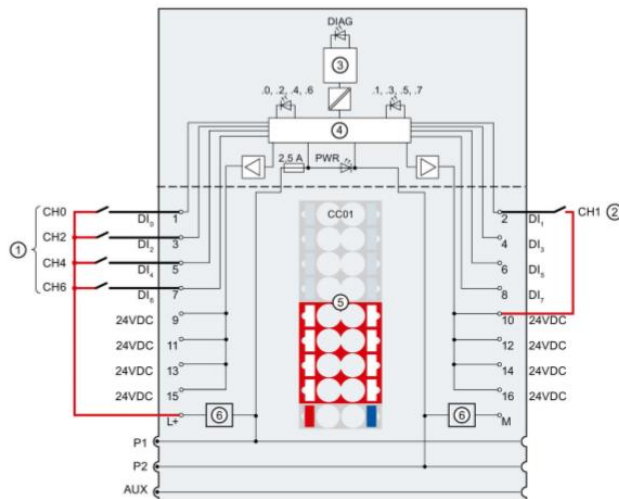
Kuva 25. Siemens yksittäinen pohja



Kuva 26. Siemens DI 16x24VDC ST input kortti

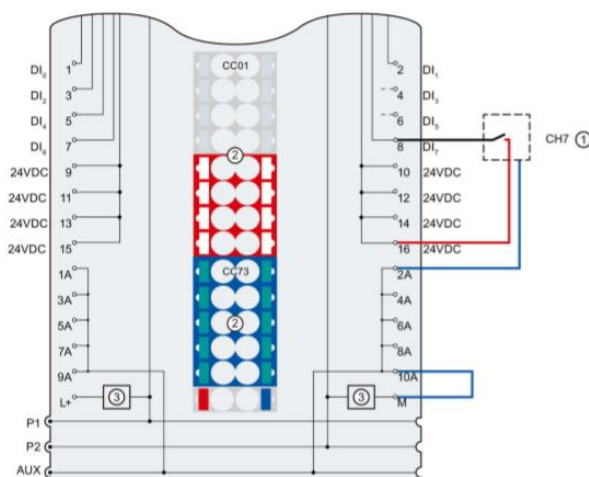
Kortissa on kahdeksan digitaalisen signaalin tuloa, joihin halutut input tiedot kytketään. Lisäksi tulo-kortin kanssa on mahdollista käyttää pidempää AUX pohjaa, jolla saadaan käyttöön kortilta -0 V jännitteen syöttö. Tämä ominaisuus on hyödyllinen esimerkiksi kytkettäessä antureita logiikkakorttiin, jotka tarvitsevat toimiakseen +24 VDC ja -0 V. Ilman tätä laajennettua pohjaratkaisua kortilta saadaan vain jännitteen syöttö +24 VDC ulos ja toisessa liittimessä luetaan kortille tuleva signaali 1 tai 0. Kortissa on myös tilan osoitus LED-indikoinnilla. Input kortissa on mahdollista käyttää myös ulkoista jännitelähdettä syöttämään tarvittava +24 VDC laitteille. Tämän konfigurointi tapahtuu ohjelmaa tehdessä, jolloin määritetään, käytetäänkö kortin omaa +24 VDC lähtöä vai ulkoista lähdettä.

Signaalin luku tapahtuu siten, että kortti huomaa, kun tulon tulee jännite, vaihtuu tulon tila 0->1. Tulon jännitteen katketessa vaihtuu kanavan tila 1->0. Tämän jälkeen tulon muutos luetaan prosessikuvaan muistiin, josta CPU lukee kanavan tilan. Kanavakohtainen tulon lukemisviive on konfiguroitavissa 0,05 ms:ta 20 ms:iin. Kortissa on myös mahdollista diagnosoida koko kortti vian sattuessa, jolloin logiikka saa tiedon missä sen järjestelmään liitetystä kortista vika sijaitsee. Kalliimmissa DI 8x24VDC HF ja DI 8x24VDC HS on myös mahdollista diagnosoida kanavakohtaisesti viallinen kanava. (SIEMENS, 2019 p. 11)



Kuva 27. Tulokortin kytkentä käyttäen 1- ja 2-johdinkytkentää (SIEMENS, 2019 s. 13)

Tulokortin kytkentäkuva 1- ja 2-johdinkytkennällä on esitetty kuvassa 27. Kortin tulojen konfiguroinnin yhteydessä on hyvä muistaa, että tulokanava sekä jännitelähtökanava ovat pareja. Kytkettäessä jokin tulotieto kanavaan 1, kytketään johtimet liittimiin 1 ja 9, joista 1 on tulokanava ja 9 on kortin sisäinen jännitesyöttökanava. Ulkoista jännitelähdettä käytettäessä riittää, että logiikkakorttiin tuodaan vain signaali johdin.



Kuva 28. Tulokortin kytkentä käyttäen 3-johdinkytkentää (SIEMENS, 2019 s. 14)

3-johdinkytkentä on esitetty kuvassa 28. 3-johdinkytkentää käytettäessä täytyy pohjayksiköksi valita AUX pohja. Tämä on tarpeellista, kun kytketään laitteita tulokortille ja laite tarvitsee toimiakseen +24 VDC ja -0 V. Tällöin koko laitteen jännitteen syöttö ja signaalin luku onnistuu yhdellä tulokortilla, eikä tarvetta ulkoiselle jännitteelle laitteen syötössä ole.

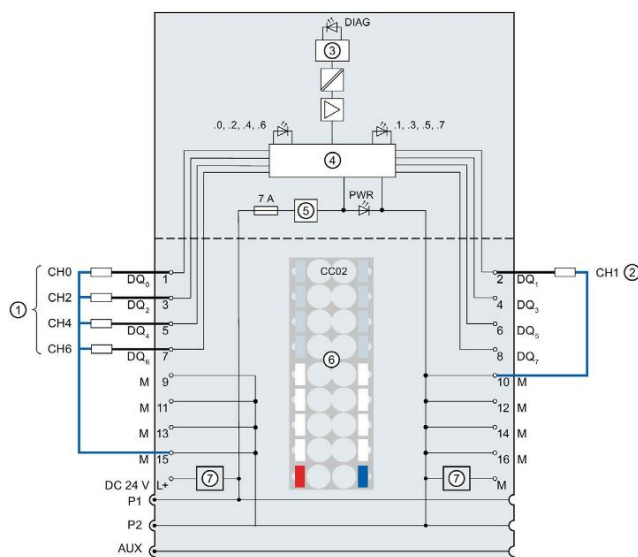
### 5.2.3 Digitaalinen lähtökortti

Automaatiojärjestelmässä käytössä olevilla digitaalisella lähtökortilla ohjataan pääasiassa koneen suorien moottorilähtöjen kontaktoreita. Erkomatilla käytössä oleva digitaalinen lähtömoduuli on Siemensin valmistama DQ 8x24VDC/0,5A ST. Kyseinen kortti on ET200SP sarjaan soveltuva ja se asennetaan samalla tavalla erilliseen pohjajyksikköön kuin digitaalitulomoduuli. Lähtökortti toimii siten, että sen digitaalista lähtökanavan toimintaa ohjataan logiikkaohjelmalla halutulla tavalla. Kun valitut ehdot täyttyvät, ohjataan lähtökortin kanava päälle. Kanavan aktivoituessa moduuli syöttää laitteelle +24 VDC ja maksimissaan 0,5 A. Tällä tavoin voidaan ohjata esimerkiksi moottorilähtöjen kontaktorin kela päälle tai pois yksinkertaisesti aktivoimalla lähtökortin kanava.

Lähtökorttien avulla voidaan myös helposti toteuttaa turvapiirien ohjausjännitteiden poiskytkentä kytkemällä lähtökorttien jännitteensyötöt katkeamaan turvapiirin avautuessa. Näin saadaan tiettyjen lähtöjen ohjaukset jännitteettömiksi keskitetysti.

Lähtökortin kytkentä voidaan toteuttaa kahdella erilaisella kytkennällä. Käytössä on yhden johtimen kytkentä ja kahden johtimen kytkentä. 1-johdinkytkennässä on ohjattaville kuormille yhteinen nollapotentiaali. Tällä tavoin ei tarvitse miettiä kanavapareja, jolloin laitetta ohjelmoitaessa täytyy muistaa käydä kaikkien kanava-asetusten kautta ja muuttaa käyttöön ulkoinen jännitelähde.

2-johdinkytkentä on taas siten, että siinä käytetään kanavapareja. Kanavaparit jakautuvat niin, että liittimet 1–8 ovat kanavien ohjattavat jännitelähdöt ja liittimissä 9–16 on niiden nollapotentiaali. Tässä on hyvä muistaa automaatio suunnittelua tehdessä kanavien merkitys ja niiden toiminta pareina. Kuvassa 29 on esitetty kortin kytkentäkuva.



Kuva 29. Siemens DQ 8x24VDC/0,5A ST 1- ja 2-johdin kytkentä (SIEMENS, 2019)

### 5.2.4 Festo hajautus I/O

Feston hajautus I/O tarjoaa mahdollisuuden kaapeloinnin vähentämiseen, koska kaikkia antureita ei tarvitse viedä sähkökeskukseen asti. Hajautus I/O on sijoiteltuna kentälle, koneen toimintojen lähei-

syyteen, jossa suurin osa antureista sijaitsee. Pääasiassa hajautus I/O toimii antureiden kytkentä pisteinä, josta ne ovat yhteydessä logiikkaan PROFINET-väylän avulla. Hajautus I/O sisältää tulo- ja lähtökortteja sekä magneettiventtiilejä paineilman ohjaamista varten. Jokaiseen kenttäkoteloon valitaan sopivat Feston tulo- ja lähtömoduulit sekä venttiilipaketit. Erkomat käyttää koteloiissaan CPX-sarjan moduuleita. Käytössä on pääasiassa CPX-L-16DE ja CPX-L-8DE-8DA, joihin saadaan kytkettyä anturitietoja. Lisäksi käytössä on muutamissa kohteissa analogiatulo- sekä lähtömoduuleita, joita käytetään paineensäätimien lukemisessa ja säätöventtiilin ohjauksessa, jossa tarvitaan analogisen signaalin lukemista tai ohjaamista.

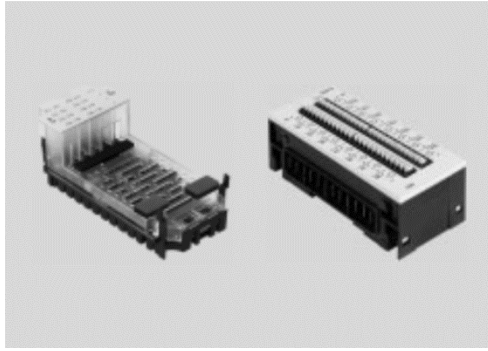
Feston I/O moduulien yhteyteen on asennettava myös "Bus node" moduuli, joka on tyyppiä CPX-FB36 ja nähdään kuvassa 30. Bus node moduulin kautta kenttälaitteet ovat yhteydessä PROFINET-väylällä ohjelmoitavaan logiikkaan, joka lukee kulloisenkin ohjelmakierron aikana tulojen tilan ja ohjaa lähtöjä ohjelmoidulla tavalla. Väyläyhteys muodostetaan kytkemällä PROFINET kaapeli D- koodatulla M12 liittimellä moduuliin. Moduulissa on kaksi PROFINET liitäntä paikkaa, joten myös väylän ketjuttaminen moduulista on mahdollista. Moduuli tukee myös PROFINET:n kautta tapahtuvaa vikojen diagnosointia ja lähettää vikadiagnostiikan Profinet:n välityksellä logiikalle, josta sitä voidaan hyödyntää paikallistamaan viat. (Festo, 2019 s. 108)



Kuva 30. Festo FB-36 moduuli (Festo, 2019 s. 108)

Festo CPX-L-16DE on input moduuli, jossa on 16 tuloa. Moduuli tukee kaksi ja kolme johtimisten anturien kytkemistä. Käytettävät anturit voivat olla esimerkiksi lähestymiskytkin, valokenno tai induktiivinen anturi. Moduulissa on +24 VDC jännitelähtöjä antureiden sähkönsyöttöä varten. Näitä on jokaisessa tulokanavassa yksi. Moduuli toimii PNP periaatteella ja sen ominaisuuksia voidaan parametroida kulloisenkin käytössä olevan sovelluksen mukaan. Tulomoduuli saa jännitesyötön elektroniikalle ja antureille liitäntämoduulista. Moduulin tulotiedot ovat logiikkaan yhteydessä FB-36 moduuliin kytketyn väyläliitännän kautta. (Festo, 2019 s. 167)

Kuvassa 31 on esitettyä Feston CPX-L-16DE moduuli. Moduulissa on erillinen pohja, jonka päälle asennetaan käytettävä 16 digitaalisentulonmoduuli.



Kuva 31. CPX-L-16DE moduuli (Festo, 2019 s. 167)

Kuvassa 32 on Festo CPX-L-16DE moduulin kanavien selitykset ja liittimien kuvaus. Kanavat on numeroitu X1-X16 ja jokaisessa kanavassa on kolme johtimen kytkentäpistettä. 0-liitin on kanavan jännitteen syöttö käytettävälle anturille, joka on vakio +24 VDC. Anturilta tuleva signaali kytketään liittimeen 1 ja anturille syötettävä 0 VDC kytketään liittimeen 2. Kanavan liittimet ovat jousiliittimiä ja kanavien tilanosoituksessa on käytetty LED-valoa, joka on päällä kanavan tulon ollessa aktiivinen.

### Terminal CPX

Technical data – Input module, digital, 16 inputs

FESTO

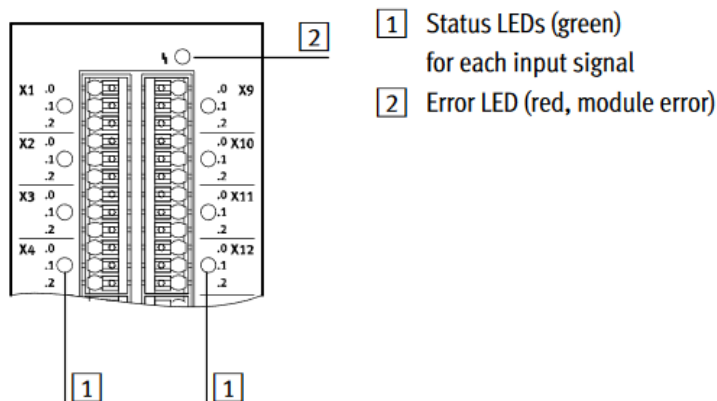
Pin allocation		CPX-L-16DE	
Connection block inputs			
		X1.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X9.0: 24 V <sub>SEN</sub>
		X1.1: Input x	X9.1: Input x+8
		X1.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X9.2: 0 V <sub>SEN</sub>
		X2.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X10.0: 24 V <sub>SEN</sub>
		X2.1: Input x+1	X10.1: Input x+9
		X2.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X10.2: 0 V <sub>SEN</sub>
		X3.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X11.0: 24 V <sub>SEN</sub>
		X3.1: Input x+2	X11.1: Input x+10
		X3.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X11.2: 0 V <sub>SEN</sub>
		X4.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X12.0: 24 V <sub>SEN</sub>
		X4.1: Input x+3	X12.1: Input x+11
		X4.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X12.2: 0 V <sub>SEN</sub>
		X5.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X13.0: 24 V <sub>SEN</sub>
		X5.1: Input x+4	X13.1: Input x+12
		X5.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X13.2: 0 V <sub>SEN</sub>
		X6.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X14.0: 24 V <sub>SEN</sub>
X6.1: Input x+5	X14.1: Input x+13		
X6.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X14.2: 0 V <sub>SEN</sub>		
X7.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X15.0: 24 V <sub>SEN</sub>		
X7.1: Input x+6	X15.1: Input x+14		
X7.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X15.2: 0 V <sub>SEN</sub>		
X8.0: 24 V <sub>SEN</sub>	X16.0: 24 V <sub>SEN</sub>		
X8.1: Input x+7	X16.1: Input x+15		
X8.2: 0 V <sub>SEN</sub>	X16.2: 0 V <sub>SEN</sub>		

Kuva 32. CPX-L-16DE kanavien liittinten selitykset (Festo, 2019 s. 171)

Festo CPX-L-8DE-8DA moduulissa on 8 digitaalista tuloa sekä lähtöä. Tulot toimivat samalla tavalla kuin aiemmin läpikäydyssä 16 digitaalisentulon moduulissa, mutta lähtöjen ohjaus ja kytkentä ovat hieman erilaiset. Moduuli on hyvä käytössä, jossa tarvitaan sekä tulojen lukua ja toimintojen ohjauksesta lähtökanavien kautta. Tällä voidaan toteuttaa esimerkiksi merkkivalopylvään ohjaus, jossa halutaan osoittaa koneen toiminnallinen tila.

Moduuliin voidaan parametroida tilamonitorointi tai kuinka moduuli käyttäytyy oikosulun jälkeen. Lisäksi on mahdollista säätää signaalin pidennys ja turvatoiminto kanava kohtaisesti. (Festo, 2019 s. 180).

Kuvassa 33 nähdään moduulin kanavakohtainen tilanosoitus LED:ien ja koko moduulin vian osoittavan punaisen LED:n sijainnit.



Kuva 33. Moduulin tilanosoitus LED:t ja vika LED

Pin allocation	
Connection block inputs	CPX-L-8DE-8DA
	<p>X1.0: 24 V<sub>SEN</sub> X1.1: Input x X1.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X2.0: 24 V<sub>SEN</sub> X2.1: Input x+1 X2.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X3.0: 24 V<sub>SEN</sub> X3.1: Input x+2 X3.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X4.0: 24 V<sub>SEN</sub> X4.1: Input x+3 X4.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X5.0: 24 V<sub>SEN</sub> X5.1: Input x+4 X5.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X6.0: 24 V<sub>SEN</sub> X6.1: Input x+5 X6.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X7.0: 24 V<sub>SEN</sub> X7.1: Input x+6 X7.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X8.0: 24 V<sub>SEN</sub> X8.1: Input x+7 X8.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X9.0: 24 V<sub>SEN</sub> X9.1: Output x X9.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X10.0: 24 V<sub>SEN</sub> X10.1: Output x+1 X10.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X11.0: 24 V<sub>SEN</sub> X11.1: Output x+2 X11.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X12.0: 24 V<sub>SEN</sub> X12.1: Output x+3 X12.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X13.0: 24 V<sub>SEN</sub> X13.1: Output x+4 X13.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X14.0: 24 V<sub>SEN</sub> X14.1: Output x+5 X14.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X15.0: 24 V<sub>SEN</sub> X15.1: Output x+6 X15.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p> <p>X16.0: 24 V<sub>SEN</sub> X16.1: Output x+7 X16.2: 0 V<sub>SEN</sub>+out</p>

Kuva 34. CPX-L-8DE-8DA kanavien liittinten selitykset (Festo, 2019 s. 183)

Kuvassa 34 on esiteltyä moduulin kanavien liittimien toiminnot. Moduulin tulot ovat kanavissa X1-X8 ja lähdöt kanavissa X9-X16. Tulojen liittinten jännitteensyöttö, signaalin luku sekä 0 VDC syötöt ovat samat kuin 16 tulon moduulissa. Lähtöjen kytkeminen on hieman erilainen. Ohjattavan lähtökanavan kautta moduuli syöttää liittimestä 1 +24 VDC jännitteen, kun kanava aktivoidaan. Tällöin ohjattava merkkilamppu kytketään moduulin liittimiin 1 ja 2, jolloin kanavan lähdön aktivoituessa merkkilampun virtapiiri sulkeutuu liittinten 1 ja 2 välissä ja merkkivalo syttyy.

## 5.3 Turvakomponentit

Ohjausjärjestelmissä käytettäviä komponentteja on markkinoilla monilta eri valmistajilta, mutta tässä käsitellään Erkomat Oy:ssä käytössä olevia turvalogiikan yhteyteen asennettavia turvaluokiteltuja tulo- ja lähtökortteja. Näitä kortteja käytettäessä on mahdollista toteuttaa turvaluokituksen täyttävä turvaohjelmointi.

Koneen turvatoimintojen lukeminen ja ohjaaminen tapahtuu käyttäen Siemensin valmistamia 8 digitaalisen turvatulon ja 4 digitaalisen turvalähdön kortteja.

### 5.3.1 Turvatulokortti

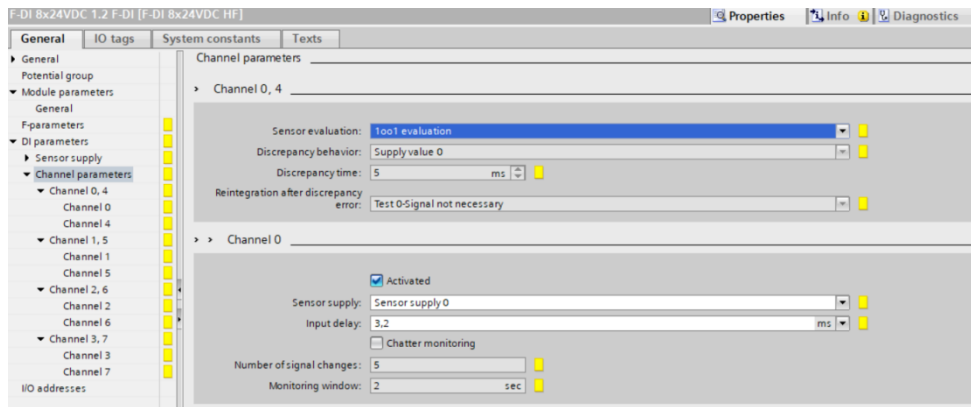


Kuva 35. 8-kanavainen turvatulokortti F-DI 8x24VDC HF

Turvatulokortti on turvaluokiteltu digitaalinen tulokortti. Kuvassa 35 on esitettyä 8-kanavainen tulokortti F-DI 8x24VDC. Kortissa on 8 turvaluokiteltua tuloa, tulot saavuttavat SIL3, Cat.4 ja PLe luokituksen. Kortin yhteydessä on myös käytettävien antureiden jännitteensyöttö mahdollisuus, mutta myös erillistä jännitteensyöttöä on mahdollista käyttää. Tällöin paras saavutettu turvallisuudentaso on PLd.

Kortissa on erilaisia kytkentämahdollisuuksia. Käytettävänä on 1oo1, 1 out of 1 kanavan tarkastelu tai 1oo2, 1 out of 2 tarkastelu. Näistä 1oo2 saavuttaa turvallisuudentason PLe. 1oo2 voidaan käyttää esimerkiksi tarkkailemaan ovirajakytkintä, jossa on kaksi avautuvaa kärkeä. 1oo2 tarkoittaa sitä, että kun tässä tapauksessa ovi aukeaa ja vain toinen koskettimista aukeaa rajakytkimen viallisuuden takia, toteutuu silti ohjelmoitu turvatoiminto. Tämä ehkäisee viallisten komponenttien aiheuttamia vaaratilanteita koskettimien toimintojen pettäessä. Tulokortin kanavat lukevat positiivisen signaalin vaihtelua, signaalin kadotessa tulokanavasta turvaohjelma havaitsee sen ja suorittaa turvatoiminnon. Kortissa on kanava kohtainen oikosulkusuojaus.


Kortin konfigurointi tapahtuu TIA Portalissa hardware konfiguroinnissa. Hardware konfiguroinnissa valitaan haluttu turvatulokortti ja valitaan kortin asetuksista kanava parametrit, jossa voidaan asettaa kanavan käyttämä tulon arviointi protokolla sekä ulkoisen jännitelähteen käyttö kanavassa. Kuvassa 36 on esitetty tulokortin kanavan konfigurointi.



Kuva 36. Turvatulon konfigurointi ikkuna

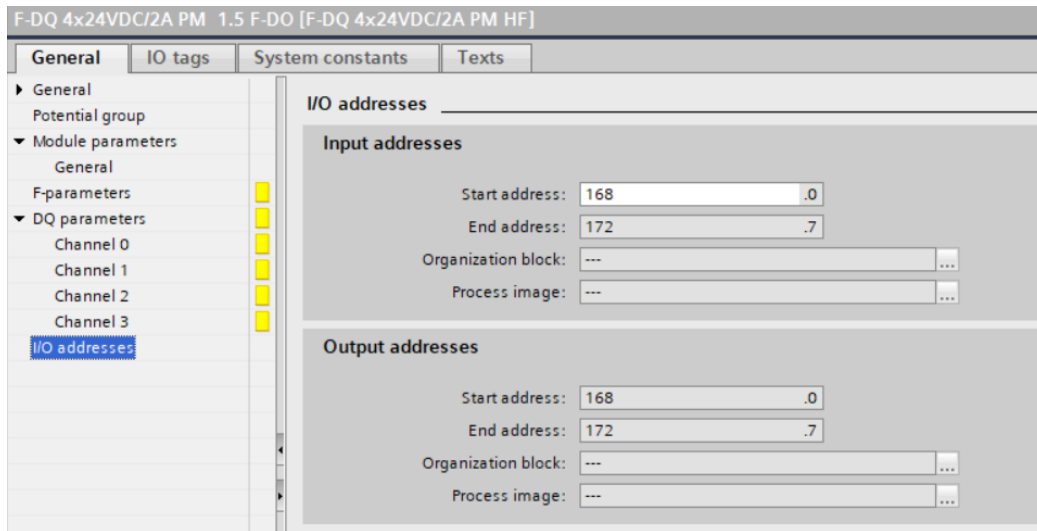
Kortissa on myös diagnostiikkaa tukevia LED:jä, joiden avulla voidaan todeta kortin kunto. Lisäksi on kanava kohtainen tilanosoitus LED. Kortti tukee myös oikosulku ja johtimen kunnan diagnostiikkaa kanavakohtaisesti, jolloin saadaan tietää tarkasti missä kanavassa on mahdollisesti johdin- tai oikosulkuvika. (Siemens, 2013 s. 10)

Kuvassa 37 on esitetty F-DI 8x24VDC kortin kanavat sekä niiden toiminnalliset selitykset. Liittimet 1–8 ovat digitaalisten tulojen lukemiseen tarkoitettut liittimet. Liittimiä 9–16 on mahdollista käyttää syöttämään 24 VDC turvalaitteille, joista saadaan signaali tiedot kytkettyä liittimiin 1–8. Käytettäessä kortin omaa jännitteen syöttöä eikä ulkoista jännitelähdettä on muistettava että, kytkettäessä turvatoiminnon signaali terminaaliin 1 on käytettävä jännitelähtöä terminaalista 9 syöttämään jännite turvalaitteeseen. Tehtäessä turvaohjelmaa TIA Portal-ohjelmistolla tämä määrittelmä on myös muistettava konfiguroida kortin yhteyteen tehtäessä hardware konfiguraatiota. Valittavana TIA Portal-ohjelmassa on ulkoinen jännitelähtö tai kortin oma jännitelähtö. Esimerkiksi hätäseis painike voidaan kytkeä suoraan turvatulokorttiin siten että, avautuvan hätäseis kärjen toiseen liitimeen tuodaan jännite liittimestä 9 ja toiselta puolen avautuvaa kärkeä tuodaan sama jännite liittimeen 1. Tällöin hätäseis aktivoitaessa, jännite katoaa tulokanavasta 1 ja turvatoiminto aktivoidaan. Liitteessä 1 on esitetty mallikuva ovirajakytkimen ja hätäseis vaijerin kytkennöistä turvatulokorttiin.

Terminal assignment for F-DI 8x24VDC HF (6ES7136-6BA00-0CA0)						
Terminal	Assignment	Terminal	Assignment	Description	BaseUnit <sup>1</sup>	Color identification label (terminals 1 to 16)
1	DI <sub>0</sub>	2	DI <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DI<sub>n</sub>: Input signal, channel n</li> <li>VS<sub>n</sub>: Internal sensor supply, channel n</li> </ul>	A0	 CC01 6ES7193-6CP01-2MA0
3	DI <sub>2</sub>	4	DI <sub>3</sub>			
5	DI <sub>4</sub>	6	DI <sub>5</sub>			
7	DI <sub>6</sub>	8	DI <sub>7</sub>			
9	VS <sub>0</sub>	10	VS <sub>1</sub>			
11	VS <sub>2</sub>	12	VS <sub>3</sub>			
13	VS <sub>4</sub>	14	VS <sub>5</sub>			
15	VS <sub>6</sub>	16	VS <sub>7</sub>			
L+	DC24V	M	M			

Kuva 37. Tulokortin kanavat (Siemens, 2013 s. 13)






Kuva 40. I/O osoitteen asetus turvatulokorttiin

Kortti on soveltuva ohjaamaan solenoidi venttiilejä, kontaktorien keloja ja merkkilamppuja. Lisäksi sillä voidaan toteuttaa taajuusmuuttajien STO, turvapysäytyksen ohjaus syöttämällä jännite STO-liittimiin taajuusmuuttajissa. Liitteessä 2 on esitetty tämän kytkentä SEW Eurodriven taajuusmuuttajiin.

Kortissa on itsessään samanlaiset diagnostiikka ominaisuudet kuin turvatulokortissa, joilla voidaan monitoroida kanavien ja kortin yleistä tilaa. Kanavien kohdalla on tilatieto LED:it, jotka kertovat onko lähtö aktiivinen vai ei. Jos lähtö on päällä, LED on vihreä ja lähdön ollessa vikatilassa LED on punainen. Lähtökortilta voidaan myös kytkeä tilatieto turvatulokortille yksi- tai kaksikanavaisena, jolloin päästää tilatiedon osalta SIL 3 tasolle. (Siemens, 2013 s. 10)

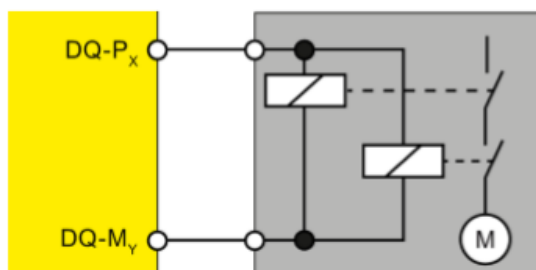
Terminal assignment for F-DQ 4x24VDC/2A PM HF (6ES7136-6DB00-0CA0)						
Terminal	Assignment	Terminal	Assignment	Description	BaseUnit <sup>1</sup>	Color identification label (terminals 1 to 16)
1	DQ-P <sub>0</sub>	2	DQ-P <sub>1</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>DQ-P<sub>n</sub>: Output signal, channel n, P-switching</li> <li>DQ-M<sub>n</sub>: Ground for output signal, channel n, M-switching</li> </ul>	A0	 CC02 6ES7193-6CP02-2MA0
3	DQ-P <sub>2</sub>	4	DQ-P <sub>3</sub>			
5	DQ-P <sub>0</sub>	6	DQ-P <sub>1</sub>			
7	DQ-P <sub>2</sub>	8	DQ-P <sub>3</sub>			
9	DQ-M <sub>0</sub>	10	DQ-M <sub>1</sub>			
11	DQ-M <sub>2</sub>	12	DQ-M <sub>3</sub>			
13	DQ-M <sub>0</sub>	14	DQ-M <sub>1</sub>			
15	DQ-M <sub>2</sub>	16	DQ-M <sub>3</sub>			
L+	DC24V	M	M			

Kuva 41. F-DQ 4x24VDC/2A liittinten selitykset (Siemens, 2013 s. 13)

Kuvassa 41 on esitettyä kortin liittimet sekä niiden selitys. Liittimet ovat aina parittaisia, jolloin laitteet on kytkettävä aina ulostulosignaalin ja sen parina olevan maan välille. Tässä tapauksessa esimerkiksi käytettäessä liittimen 1 lähtöä ohjaamaan kela, on kelan toinen puoli kytkettävä kortin liittimeen 9. Nämä kaksi ovat parit, joita ei saa sekoittaa, jotta laite toimii oikein.

Kuvassa 42 on esitettyä kahden kelan kytkeminen rinnakkain turvalähtökortin ohjaukseen. Kun ohjaus toteutetaan tällä kytkennällä, kyseinen osa järjestelmää saavuttaa PLe turvallisuudentason.

Tämä myös aiheuttaa sen, että rinnankytkettyjen kelojen johdinrikon diagnosointi ei onnistu, elleivät molemmat kelat irtoa tulokortin P tai M liittimestä.



Kuva 42. Kahden rinnankytketyn kelan ohjauskytkentä (Siemens, 2013 s. 31)

## 5.4 Väylärakenne

Kuten monissa muissakin automaatiojärjestelmissä, suursäkituskoneessa käytetään PROFINET väylää kommunikoimaan taajuusmuuttajien, kenttälaitteiden ja mahdollisesti asiakkaan prosessin ohjausjärjestelmän kanssa. PROFINET tarjoaa mahdollisuuden hajauttaa helposti käytetyt I/O-pisteet koneen toimintojen läheisyyteen. PROFINET:n avulla on mahdollista rakentaa koneen automaation hajautuspisteet joustavasti ja käyttämällä hallinnoitavia kytkimiä saadaan PROFINET-väylä jaettua kenttäkoteloille. Hallinnoitavan kytkimen avulla on mahdollista tuoda sähköpääkeskukselta kentälle yksi väyläkaapeli, joka jaetaan kytkimen avulla useille kenttäkoteloille, joista sen hetkinen tieto tulo- ja lähtökorteilta luetaan logiikan prosessimuistiin jokaisella ohjelmankierto kerralla. Tätä tulojen ja lähtöjen tietoa ohjelma hyödyntää automaatio ohjelman suorituksella.

Väylän rakenteena toimii hajautettu säteittäinen verkko. Väylässä on käytössä kytkimet, joilla väylä jaetaan kentällä useisiin eri hajautetun I/O:n kenttäkoteloihin. Kuvassa 21 on esitetty yhden koneen väylän rakenne, jossa nähdään väylän jakautuminen keskuksessa sekä kentällä olevien laitteistojen välillä. Jokaisella väylään kuuluvalla laitteella on oltava oma IP-osoitteensa, jotta ohjelmoitavan järjestelmän topologinen kommunikointi onnistuu. IP-osoitteiden määrittäminen tapahtuu laitteistoa suunniteltaessa aikaisessa vaiheessa, kun mietitään automaatiojärjestelmän rakennetta. Myöhemmin itse ohjelmaa tehtäessä ja laitteiden lisäämistä TIA Portaalin hardware konfiguraatioon täytyy muistaa asettaa myös laitteiden IP-osoitteet.

### 5.4.1 PROFINET

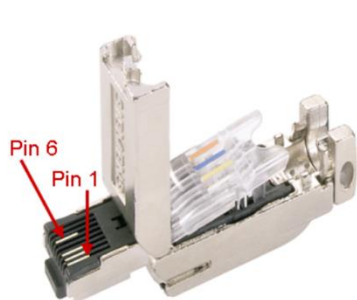
PROFINET on johtava teollisen internetin standardi automaatioosovelluksissa. PROFINETin on päämääränä lisätä automatisoitua tuotantoa kaikilla tasoilla ja käyttää resurssit parhaalla mahdollisella tavalla. PROFINET on avoin standardi, joten tulevaisuudessa tehdyt innovaatiot hyödyttävät käyttäjiä laajasti avoimuuden ansiosta. PROFINET tarjoaa joustavia ja suunnittelijalle vapaampia ratkaisuja suunniteltaessa kustomoituja laitteistoja tai tehdas konsepteja. (Siemens, 2020)

PROFINET:iä on kuvattu kaiken kattavaksi teollisuus internetiksi, sillä sitä voidaan käyttää periaatteessa lähes minkä tahansa toiminnon automatisointi tarpeisiin. PROFINET soveltuu hajautettujen järjestelmien, prosessin- ja liikkeenohjaukseen, vertaisverkkojen integrointiin, turvasovelluksiin ja

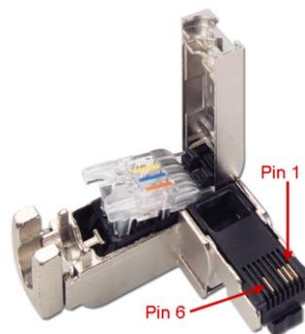
moneen muuhun tarkoitukseen. PROFINET käyttää IEEE 802.3 Ethernet standardia, joten sitä voidaan myös soveltaa langatonta verkkoa käyttävissä sovelluksissa. (Peppert Fuchs, 2020)

PROFINET on mekanismi siirtää dataa ohjaimien ja laitteiden välillä. Ohjaimia voivat olla esimerkiksi PLC tai DCS ja laitteita, joihin PLC tai DCS kommunikoivat, voivat olla I/O-kortit, moottorikäytöt, prosessi laitteet tai muut eri järjestelmän ohjaimet, joiden välille halutaan järjestää tiedonsiirto. PROFINET pystyy siirtämään dataa nopeasti ja vaadittu datan siirtonopeus vaihtelee sovelluksittain. Prosessi laitteiden tilanlukuun riittää päivitys tiheys noin 100ms välein ja toisaalta tehtaan laitteisto tarjoaa päivitystä noin 10ms välein. Liikkeenohjauksessa vaatimukset päivitys nopeudesta ovat vieläkin tiukempia joissakin sovelluksissa. (PROFINET University, 2020)

PROFINET laitteistojen kytkennässä verkkoon voidaan käyttää teollisuus ympäristöön soveltuvaa RJ45-liitintä. Liittimiä käytettäessä yhden laitevälin maksimi kaapelin pituus on 100 metriä. Kuvassa 43 on esitetty suora RJ45-liitin ja kuvassa 44 kulma RJ45-liitin.



Kuva 43. Suora RJ45-liitin (Siemens, 2011)



Kuva 44. Kulma mallin RJ45-liitin (Siemens, 2011)

Lisäksi järjestelmässä voidaan käyttää FC M12 liittintä. Liitin on helppo kytkeä ja kuorittu kaapeli voidaan kytkeä ilman työkaluja, koska liittimessä on puristin, joka painaa kaapelin johtimet kytkentä pinneihin. Kuvissa 45 ja 46 on esitetty liitin kytkemättömänä ja valmiiksi kytkettynä.



Kuva 45. M12 PROFINET-liitin (Siemens, 2020)



Kuva 46. M12 PROFINET-liitin kytkettynä (Siemens, 2020)

## 6 SUUNNITTELUN YHTENÄISTÄMINEN ERKOMAT OY:SSÄ

Keväällä työt aloitettuani Erkomat Oy:ssä tuli puheeksi sähkösuunnittelun kehitys projekti. Projektin päämääränä oli päästä eroon sähkösuunnittelijoiden harrastamasta käytännöstä piirtää, jossa jokainen suunnittelija teki kuvat ja dokumentit omalla tavallaan. Lisäksi halusimme kehittää koneen ohjelmointia siten, että ottaisimme käyttöön vakioituiden I/O-listat, joiden perusteella ohjelmat kasattai-

siin. Koneet eivät yleensä ole samanlaisia keskenään, johtuen asiakkaiden toiveista tai vaatimuksista, jolloin automaatio ohjelmissa tulee paljon sisällöllistä vaihtelua. Nyt kehitetyllä järjestelmällä idea on, että ohjelmoitsijalla on käytössä vakio I/O-listat kentälle sijoitettavista hajautetun I/O:n kytkentäpisteistä ja näin ollen saadaan vakioitua koteloidissa käytettyjen antureiden paikat. Tulevaisuudessa tavoitteena on päästä mahdollisimman moduuliseen suunnitteluun, jossa tarvittavat sähkökuvat ja ohjelman osat ovat helposti saatavilla ja niiden perusteella suunnitteluprosessi nopeutuu.

Projektin aluksi aloin tekemään yhdestä malli projektista kenttälaitteista I/O-listat. I/O-listat sain toteutettua helposti tuomalla TIA Portalista käytetyt tagit Microsoft Excel:iin ja erottelemalla siitä listasta kenttäkoteloidissa käytössä olevat tagit. Tein listat jokaisesta tällä hetkellä olemassa olevasta kenttäkotelosta sellaiseen muotoon, että ne kelpaavat suoraan tuotaviksi TIA Portalin. Nyt ohjelman tekijällä oli käytössään valmiit listat, jotka pystytään tuomaan TIA Portal ohjelmaan. Ohjelmaan pystyy nyt jatkossa tuomaan juuri oikeat tagit ja I/O osoitteet, kun rakennettavan koneen rakenne ja käytettävät laitteet ovat tiedossa ja tulossa sähkösuunnittelun alle. Listasta voidaan valita helposti tarvittavat kenttäkotelot ja hyödyntää niiden sisältöä ohjelman I/O-listausta koottaessa. Jokaisesta projektista luodaan projektikohtainen I/O-listaus, jonka pohjalta suunnitellaan käytettävä automaatio ohjelma.

Seuraavana oli vuorossa kaikkien sähkökuvien piirtäminen uudelleen ja siihen vaadittavien uusien symbolien luominen osana prosessia. Uudet sähkökuvat piirsin käyttäen myös CADs:n tietokantaa, jolloin valmiista kuvasarjasta saataisiin tulostettua tarvittavat kaapeli- ja johdinmerkit tuotannon käyttöön. Aiemmin yrityksessä ei ollut käytetty tietokantapohjaista suunnittelua ja sen tuomat hyödyt olivat jääneet käyttämättä. Kaikki tarvittavat kaapeli- ja johdinmerkit oli manuaalisesti täytetty Excelliin, josta ne oli sitten tulostettu kokoonpanon yhteydessä. Tämä aiheutti ylimääräistä työtä sähkösuunnittelijoille. Nyt uudistetuilla kuvilla saadaan tuotua tietokannasta halutut johdinmerkit sekä kaapelimerkit sähköasentajien käyttöön. Lisäksi projektin hallinta piirrettäessä sähkökuvia on muuttunut parempaan suuntaan.

Projektin tuotoksena yritykselle syntyi ensimmäiset tietokantapohjaiset sähkökuvat ja vakioidut I/O-listat. Näiden kehitystä on jatkettu yrityksen uusissa projekteissa, kun on huomattu puutteita kuvissa ja I/O-listassa. Työni kirjoitus hetkellä listauksia on päivitetty ja sähkökuvien rakennetta on muutettu toimivampaan suuntaan sekä uusien laitteiden tunnuksat ovat vakioituina listassa.

## 6.1 Tag-listat

Projektissa syntyneet tag-listat ovat suunnittelijoiden yhteiskäytössä ja niiden käyttäminen projekteissa on mahdollista. Luodut tiedostot on tallennettu yrityksen palvelimelle ja näin ollen helposti saatavilla kaikille.

Listojen teossa on muistettavat säilyttää samat kentät kuin TIA Portalista tuodussa versiossa tai muuten lista ei toimi käyttäjällä. Kun haluttu tiedoston ulkomuoto on saavutettu, voidaan aloittaa ohjelman tagien input ja output osoitteiden muokkaaminen. Listaa tehdessä valittiin input ja output

osoitteiden alkupisteeksi I20 ja Q20. Näistä absoluuttiosoitteista lähdettiin varamaan kotelokohtaisesti aina tarvittava määrä I/O-osoitteita sekä laajennusvarat tulevaisuuden varalta. Listaus luotiin yhteensä 12 koteloon, joista jokaisessa oli vaihteleva määrä hajautetun I/O:n laitteita.

Projektissa luotiin vakio input ja output osoitteet vakio rajakytkimille ja venttiileille. Liitteessä 3 ja 4 on esiteltyä osa projektissa tehdyistä Excel-listoista, jotka voidaan tuoda TIA Portalin PLC tageihin ja käyttää uuden projektin suunnittelun pohjina. Mahdollisille I/O laajennuksille on tilaa varatuissa osoitteissa.

## 6.2 CADS-pohjat suunnitteluun

Sähkösuunnittelun käyttöön projektissa tehtiin pohjakuvat, joiden perusteella voitaisiin sähkösuunnittelu aloittaa aina vakiodusta rakenteesta. Tämän osaltaan pitäisi helpottaa sekä nopeuttaa uuden koneen sähköjärjestelmien suunnittelua. Uudet sähkökuvat toteutettiin piirtämällä CADS-kuvat tietokantapohjaisesti, jolloin yrityksessä voidaan hyödyntää kaapeli- ja johdinmerkkiluetteloiden tulostus. Tässä projektissa tein yritykselle luettelopohjat, jolloin saavutetaan yhtenäinen dokumenttimuoto, jotka muodostuvat nopeasti tietokannasta.

Sähkökuvien piirtämisen aloitin opettelemalla CADS:n tarjoamia tietokantaominaisuuksia. Tietokantaa ei tällä hetkellä kuitenkaan hyödynnetä täydellisesti. Tulimme siihen tulokseen suunnittelijoiden kanssa keskustellessa, että meille ei ole hyötyä alkaa tekemään tuotemalleja laitteista, joita käytämme. Tämä johtuu osin siitä, että siitä saatu hyöty olisi käytännössä nolla ja se veisi kuitenkin aikaa suunnitellessa uutta laitteistoa. Yrityksessä on käytössä toinen tietokantapohjainen järjestelmä, jota kautta tilaukset hoidetaan, eikä CADS:n määrälaskentaa olisi voinut käyttää suoraan toisessa tietokannassa. Yksi projektissa syntynyt kotelon pohjakuva rajakytkimineen on esitetty liitteessä 5.

Tietokantaprojektista saadaan kuitenkin sähköasentajille käyttöön valmiit kaapeli- sekä johdinmerkkilistat. Näin ollen näitä ei tarvitse manuaalisesti luoda kyseiseen projektiin ja ne pystytään kopiaimaan suoraan kaapelimerkkien tulostuskoneeseen. Kuvassa 47 nähdään tehty kaapeliluettelopohja. Siinä on muuttujat projektin nimi, projektin työnumero sekä kohdetiedot ja päivämäärä. Nämä tiedot tulevat suoraan CADS:n projektiasetuksista. Samanlainen pohja dokumentointiin tehtiin myös johdinten kytkentälistalle sekä dokumenttiluettelolle.

ID	Type	From location	From	To location	To
\$Tunnus\$	\$Tyyppi\$	\$MistaSijainti\$	\$Mista\$	\$MihinSijainti\$	\$Mihin\$

Kuva 47. Kaapeliluettelopohja

Työn tarkoituksena oli kehittää sähkösuunnittelua sekä tutkia koneturvallisuuden asettamia vaatimuksia sähkösuunnittelulle. Sähkösuunnittelussa koneturvallisuus antaa selvät raamit, joiden mukaan koneiden turvajärjestelmät on suunniteltava sekä rakennettava. Koneissa käytettävien turvajärjestelmien on täytettävä asetuksissa säädetyt vaatimukset.

Koneessa käytetyt turvaratkaisut on myös pystyttävä todentamaan tarvittaessa. Järjestelmän saavuttaman turvallisuustason todentamiseen voidaan käyttää tässäkin opinnäytetyössä esiteltyä SIS-TEMA ohjelmistoa, jossa voidaan rakentaa käytetyistä turvakomponenteista järjestelmiä, joiden turvallisuus voidaan laskea ohjelmalla. Ohjelmistosta saadaan tulostettua raportit toimitettavaksi asiakkaille tarvittaessa ja näin todentaa koneen turvajärjestelmien saavuttama turvallisuustaso tarvittaessa. Tämä tietysti edellyttää sitä, että järjestelmät on mallinnettu ohjelmistoon todellisuutta vastaavalla tasolla.

Työssä tutkin koneturvallisuus standardeja ja opin uusia asioita koneturvallisuudesta. Näitä tietoja olen työssäni sähkö- ja automaatio-suunnittelijana joutunut soveltamaan käytännössä tämän opinnäytetyön kirjoittamisen aikana. Koulutukseni aikana en ollut saanut tietoa erityisesti koneiden sähköjärjestelmien suunnittelusta, joten työ tarjosi mahdollisuuden tutustua kyseiseen aiheeseen ja kasvattaa tietämystäni asiasta. Työssä saatu kokemus järjestelmien rakentamisesta on hyödyttänyt minua ammatillisesti.

Automaatiojärjestelmästä on tullut työn edetessä paljon uutta. Aiemmin minulla ei ollut kauheasti automaatiosta kokemusta, mutta nyt työskenneltyäni vuoden on näkemykseni alasta kehittynyt. Ohjelmointi on osoittautunut kiinnostavaksi ja siinä riittää opiskeltavaa tulevaisuudessa.

Sähkösuunnittelua on kehitetty opinnäytetyön aikana luotujen alustavien sähkökuvien sekä symbolien pohjalta, jotka on tarkoitettu yrityksen sähkösuunnittelijoiden yhteiseen käyttöön. Lähitulevaisuudessa on nähtävissä kuvien muokkauksen kehittämistä ja toimintatapojen muutosta sähkösuunnittelussa sekä CADS-ohjelman tarjoaman tietokantaisen suunnittelun mahdollisuuksien hyödyntämisen tehostaminen.

Työlle asetetut tavoitteet CADS suunnittelupohjien luonnista yrityksen käyttöön saavutettiin ja halutut vakio I/O-listat saatiin luotua. Kokonaisuutena työ palvelee sähkö- ja automaatioinsinöörejä Erkomat Oy:llä. Olin itse tyytyväinen opinnäytetyön tuloksiin ja nyt on aika alkaa miettimään mitä voisimme kehittää työn tuloksista yrityksen sisällä. Työtä olisi voinut jatkaa paljon pidemmälle koneturvallisuus osiossa. Koneturvallisuuden edellyttämät vaatimukset sähkö- ja automaatio-suunnittelulle ovat laajat ja standardien läpikäymistä asiaan liittyen olisi voinut jatkaa vielä toisen opinnäytetyön verran.

- Erkomat Oy. 2019.** Erkomat Oy . [Online] 1. 11 2019. [Viitattu: 1. 11 2019.]  
<https://erkomat.fi/yritys/?lang=fi>.
- Erkomat Oy. 2019.** *Kuva arkisto*. Kotka : Erkomat Oy, 2019.
- Erkomat Oy. 2019.** *Projektikuvat*. Kotka : Erkomat, 2019.
- Festo. 2019.** *Modular electrical terminal CPX*. [CPX terminaalin PDF tiedosto] s.l. : Festo, 2019.
- IFA. 2019.** Software-Assistent SISTEMA: Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications. [Online] IFA, 16. 12 2019. [Viitattu: 16. 12 2019.]  
<https://www.dguv.de/ifa/praxishilfen/practical-solutions-machine-safety/software-sistema/index.jsp>.
- Metropolia. 2015.** Turvallisuuden ja eheystasojen määrittäminen TET, SIL. [Online] 22. 8 2015. [Viitattu: 19. 1 2020.] <https://wiki.metropolia.fi/pages/viewpage.action?pageId=114131171>.
- Peppert Fuchs. 2020.** What is PROFINET? [Online] 21. 3 2020. [Viitattu: 21. 3 2020.]  
<https://comtrol.com/resources/product-resources-white-papers/white-papers/what-is-profinet>.
- Pilz. 2020.** Turvallisuuden eheystaso (SIL). [Online] 2. 2 2020. [Viitattu: 2. 2 2020.]  
<https://www.pilz.com/fi-FI/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>.
- PROFINET University. 2020.** Profinet basics. [Online] 21. 3 2020. [Viitattu: 21. 3 2020.]  
<https://profinetuniversity.com/profinet-basics/definition-profinet/>.
- Siemens. 2020.** CPU 1512SP F-1 PN. [Online] 6. 1 2020. [Viitattu: 6. 1 2020.]  
[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/013/90157013/att\\_83463/v1/et200sp\\_cpu1512sp\\_1\\_pn\\_manual\\_en-US\\_en-US.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/013/90157013/att_83463/v1/et200sp_cpu1512sp_1_pn_manual_en-US_en-US.pdf).
- Siemens. 2019.** Fail-safe CPUs. [Online] 2019. [Viitattu: 6. 1 2020.]  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10255634>.
- Siemens. 2020.** IE FC M12 plug PRO 2x2 (D-coded). [Online] 1. 3 2020. [Viitattu: 21. 3 2020.]  
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/de/Catalog/Products/10029408?ActiveTab=2#>.
- Siemens. 2011.** Industry Online Support IE FC RJ45 plug. [Online] 9. 12 2011. [Viitattu: 21. 3 2020.] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/23067477/how-are-the-individual-wires-of-an-industrial-ethernet-fc-installation-cable-assigned-to-the-pins-on-the-ie-fc-rj45-plug?dti=0&lc=en-WW>.
- Siemens. 2020.** PROFINET. [Online] 21. 3 2020. [Viitattu: 21. 3 2020.]  
<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>.
- Siemens. 2019.** Simatic ET 200SP Digital input module DI 8x24VDC ST manual. *Simatic ET 200SP Digital input module DI 8x24VDC ST manual*. [Online] 02 2019. [Viitattu: 17. 11 2019.]  
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/59753552/simatic-et-200sp-digital-input-module-di-8x24vdc-st?dti=0&pnid=14040&lc=en-WW>.
- Siemens. 2019.** Simatic ET 200SP digital output module DQ8x24VDC/0,5A ST. *Simatic ET 200SP digital output module DQ8x24VDC/0,5A ST*. [Online] 02 2019. [Viitattu: 17. 11 2019.]  
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/59753588/simatic-et-200sp-digital-output-module-dq-8x24vdc-0-5a-st?dti=0&lc=en-WW>.
- Siemens. 2013.** SIMATIC ET 200SP Digital output module F-DQ 4x24VDC/2A PM HF. [Online] 07 2013. [Viitattu: 11. 1 2020.] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/78645789/simatic-et-200sp-digital-output-module-f-dq-4x24vdc-2a-pm-hf?dti=0&lc=en-US>.

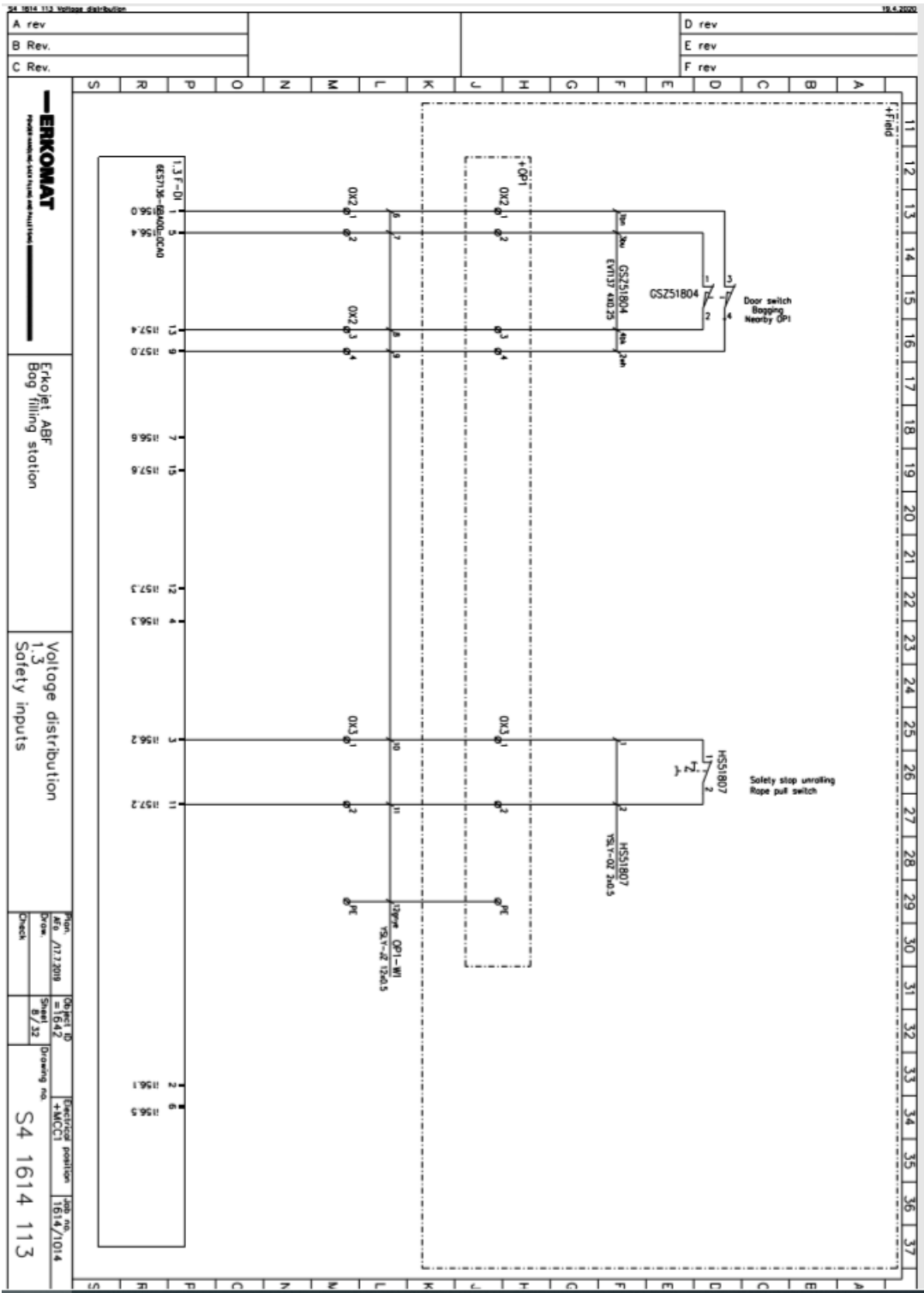
**Siemens. 2013.** SIMATIC ET 200SPDigital input module F-DI 8x24VDC HF. [Online] 07 2013. [Viitattu: 11. 1 2020.] <https://support.industry.siemens.com/cs/document/78589499/simatic-et-200spdigital-input-module-f-di-8x24vdc-hf?dti=0&lc=en-WW>.

**Siirilä, Tapio. 2009.** *Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet*. Keuruu : Otavan Kirjapaino Oy, 2009.

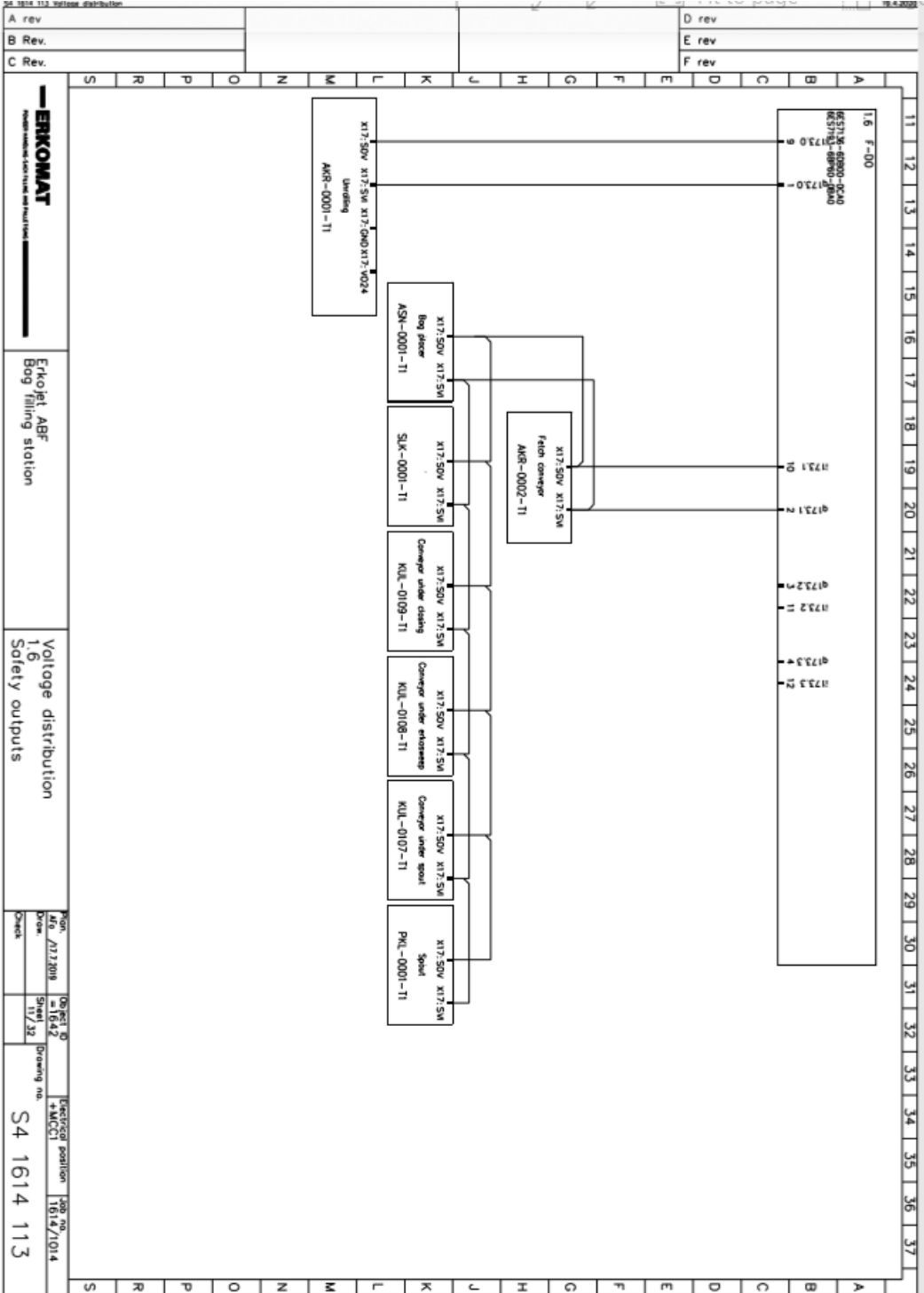
**SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS. 2005.** *KONETURVALLISUUS. TURVALLISUUTEEN LIITTYVIEN SÄHKÖISTEN, ELEKTRONISTEN JA OHJELMOITAVIEN ELEKTRONISTEN OHJAUSJÄRJESTELMIEN TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS SFS-EN 62061*. [Standardi] Helsinki : Suomen standardisoimisliitto, 2005.

**Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2015.** *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet* . [SFS-EN ISO 13849-1] Helsinki : Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2015. SFS-EN ISO 13849-1 .

LIITE 1. TURVATULOKORTIN MALLIKYTKENTÄ



# LIITE 2. TURVALÄHTÖKORTIN KYTKENTÄ TAAJUUSMUUTTAJAN STO-LIITTIMIIN



### LIITE 3. TAG-LISTA 1

Name	Path	Data Type	Logical Address	Comment	Hmi Visible	Hmi Accessible	Hmi Writeable	Typeobject ID
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">ERKOMAT</div> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">TAG LIST</div> </div> <p style="text-align: center; font-weight: bold;">BIG BAG AND SACK FILLING - PALLETISING</p>								
11S1	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.0	Band reeling ON/OFF	True	True	True	
11S2	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.1	Fetchroller UP/DOWN	True	True	True	
11S3	Default tag table	Bool	%I20.2	Fetchroller AXEL LOCKING	True	True	True	
11S4	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.3	Fetchroller FORWARD/BACKWARD	True	True	True	
11S5	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.4	Fetchroller AUTO	True	True	True	
11S6	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.5	Fetchroller MANUAL	True	True	True	
11S7	Standard-Variablentabelle	Bool	%I20.6	Fetchroller RESET	True	True	True	
12Q11	Default tag table	Bool	%I20.7	Bag placer 12M1 SAFETY SWITCH	True	True	True	
11B1	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.0	Inner liner opener BAG PRESENT	True	True	True	
11B2	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.1	Innerliner Pre-opener UP POSITION	True	True	True	
11B3	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.2	Innerliner Pre-opener MIDDLE POSITION	True	True	True	
11B4	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.3	Innerliner Pre-opener DOWN POSITION	True	True	True	
11B5	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.4	Inner liner opener BAT AT OPENING PLACE	True	True	True	
11B6	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.5	Fetchroller motor 11M1 OVERHEAT	True	True	True	
11B7	Standard-Variablentabelle	Bool	%I21.6	Fetchroller LOW AIR PRESSURE	True	True	True	
11B8	Default tag table	Bool	%I21.7	Bag roll EMPTY	True	True	True	
11B14	Default tag table	Bool	%I22.0	Unrolling conveyor down position	True	True	True	
11Q11	Default tag table	Bool	%I22.1	Fetchroller conveyor 11M1 SAFETY SWITCH	True	True	True	
11Q41	Default tag table	Bool	%I22.2	Fetchroller conveyor 11M4 SAFETY SWITCH	True	True	True	
11B9	Default tag table	Bool	%I22.3	Fetchroller conveyor 11M4 OVERHEAT	True	True	True	
11B10	Default tag table	Bool	%I22.4	Lock cylinder 1 for roll LOCK POSITION	True	True	True	
11B11	Default tag table	Bool	%I22.5	Lock cylinder 2 for roll LOCK POSITION	True	True	True	
11B12	Default tag table	Bool	%I22.6	Band reel cylinder home position	True	True	True	
11B13	Default tag table	Bool	%I22.7	Band reel cylinder out position	True	True	True	

### LIITE 4. TAG-LISTA 2

21.2_P0	Standard-Variablentabelle	Int	%IW760	Blow pressure		True	True	True
21.2_P1	Default tag table	Int	%IW762	Spare		True	True	True
21.2_P2	Default tag table	Int	%IW764	Spare		True	True	True
21.2_P3	Default tag table	Int	%IW766	Spare		True	True	True
21Y1	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.0	Inner liner holder 1 close (collar)		True	True	True
21Y2	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.1	Inner liner holder 1 open 5/2-valve		True	True	True
21Y3	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.2	Inner liner holder 2 close (indicator)		True	True	True
21Y4	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.3	Inner liner holder 2 open 5/2-valve		True	True	True
21Y5	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.4	Bag recognition air spout		True	True	True
21_Valve6	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.5	Spare		True	True	True
21Y7	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.6	Folders open 5/2-valve		True	True	True
21_Valve8	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q32.7	Spare		True	True	True
21Y9	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.0	Folder down 5/2-valve		True	True	True
21_Valve10	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.1	Spare		True	True	True
21Y11	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.2	Cleaning blow of blowing press switch		True	True	True
21_Valve12	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.3	Spare		True	True	True
21_Valve13	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.4	Spare		True	True	True
21_Valve14	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.5	Spare		True	True	True
21_Valve15	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.6	Spare		True	True	True
21_Valve16	Standard-Variablentabelle	Bool	%Q33.7	Spare		True	True	True

