

Rauno Tirkkonen

OPETUSLAITE KONETURVALLISUUTEEN

Automaatioteknologian koulutusohjelma

2012

## OPETUSLAITE KONETURVALLISUUTEEN

Tirkkonen, Rauno  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatioteknologian koulutusohjelma  
Marraskuu 2012  
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri  
Sivumäärä: 46  
Liitteitä: 6

Asiasanat: koneturvallisuus, riskien arviointi, turvalaitteet, opetuslaite

---

Opinnäytetyön aiheena oli opetuslaite koneturvallisuuteen. Ammatillisen koulutuksen perustutkintojen perusteissa sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmasta ei löydy mainintaa koneturvallisuuden opettamisesta. Siksi Turun ammatti-instituutin automaatiotekniikan opetukseen oli syytä suunnitella ja rakentaa opetuslaite, jonka avulla voidaan koneturvallisuuden opettaminen konkretisoida.

Suunnittelutyön pohjaksi oli haettava tietoa direktiiveistä, laista, standardeista, kirjallisuudesta ja aiheeseen liittyvistä koulutuksista.

Tuloksena rakennettiin opetuslaitteeksi tölkinmurskain, jonka rakennetta ja tekniikkaa esitellään tässä työssä. Laite soveltuu sellaisenaan opetukseen, mutta on jatkokehitykseen helposti muokattavissa, kun turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmät vaihdetaan eri laitevalmistajien tuotteisiin.

## EDUCATIONAL DEVICE SAFETY OF MACHINERY

Tirkkonen, Rauno

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Technology

November 2012

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 46

Appendices: 6

Keywords: safety of machinery, risk assessment, safety, educational device

---

The topic of the thesis is an educational device safety of machinery. Teaching machine safety is not included in the grounds of the study program for vocational qualification in electrical and automation engineering. Therefore it was motivated to design and construct such a device for teaching students machine safety in automation engineering in Turku Vocational Institute.

For the design work background information had to be gathered from different sources: from directives, legislation, standards, literature as well as from courses on machine safety.

As a result a teaching device, a can crusher, was built. The construction and technique of it are presented in this thesis. The device is suitable for training as such, but it can also be easily developed further when the control systems connected to machine safety are replaced by the products of different manufacturers.

## Sisällys

1	JOHDANTO.....	6
2	KONETURVALLISUUS.....	7
2.1	Yleistä .....	7
2.2	Koneturvallisuuden direktiivi, lait ja asetukset sekä standardit.....	7
2.2.1	Direktiivi .....	9
2.2.2	Standardi .....	9
2.2.3	Työturvallisuuslaki ja konelaki .....	11
2.2.4	Käyttöasetus .....	11
3	KONEEN DOKUMENTIT, CE- MERKINTÄ JA MARKKINA- VALVONTA ....	12
3.1	Tekninen rakennetiedosto .....	12
3.2	Asennus- käyttö- ja kunnossapito-ohjeet .....	13
3.3	Vaatimustenmukaisuus .....	13
3.4	CE- merkintä .....	14
3.5	Markkina- valvonta.....	15
4	KONEEN ARVIOINNISTA RISKIN PIENENTÄMISEEN .....	16
4.1	Yleistä.....	16
4.2	Strategia riskin arvioinnille ja pienentämiselle .....	17
4.2.1	Koneen raja- arvojen määrittäminen.....	17
4.2.2	Vaarojen tunnistaminen.....	18
4.2.3	Riskin suuruus.....	18
4.2.4	Riskiluokittelu ja mahdollinen päätös riskin vähentämiseksi .....	20
4.2.5	Vaarojen poistaminen tai niihin liittyvien riskien pienentäminen .....	21
4.3	Jäännösriskin hyväksyttävyyys ja dokumentoinnit .....	23
5	OPETUSLAITTEEN TURVALLISUUS .....	24
5.1	Yleistä.....	24
5.2	Opetuslaitteen raja- arvojen määrittäminen .....	25
5.2.1	Käyttörajat.....	25
5.2.2	Tilarajat .....	26
5.2.3	Aikarajat.....	26
5.3	Opetuslaitteen vaarojen tunnistaminen .....	26
5.3.1	Palautushihna .....	27
5.3.2	Murskain .....	27
5.3.3	Poistohihna.....	28
5.3.4	Hakulinja.....	29

5.3.6	Sähkö.....	31
5.3.7	Paineilma.....	32
5.4	Opetuslaitteen riskien arviointi .....	33
5.5	Opetuslaitteen riskien pienentäminen .....	36
5.5.1	Yleistä .....	36
5.5.2	Tölkinmurskaimen suojukset.....	36
5.5.3	Hakulinjan turvatoiminto.....	39
5.5.4	Muita seikkoja opetuslaitteen riskien pienentämiseen .....	42
6	JATKOKEHITYS .....	43
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44
	LÄHTEET.....	45
	LIITTEET .....	46

## 1 JOHDANTO

Ammatillisen koulutuksen perustutkintojen perusteissa sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelmasta ei löydy mainintaa koneturvallisuuden opettamisesta. Kone- ja metallitekniikan perustutkintojen perusteista automaatiotekniikan ja kunnossapidon koulutusohjelmasta löytyy maininta, että tutkinnon osan suorittaja osaa automaatiolaitteiden rakentamista koskevien koneturvallisuusdirektiivien keskeiset määräykset ja ohjeet. (Opetushallituksen määräys 39/011/2010, 67)

Mielestäni on selvä puute, että automaatiotekniikan koulutusohjelman perustutkinnon perusteissa ei ole mainintaa koneturvallisuuden opettamisesta. Koulukohtaisiin toteutussuunnitelmiin asia voidaan viedä, mutta tällöin se jää yksittäisten opettajien kiinnostuksen varaan. Turun ammatti-instituutin automaatiotekniikan koulutusohjelman toteutussuunnitelmaan koneturvallisuuden opettaminen tullaan lisäämään, koska erilaisten koneiden huolto- ja kunnossapitotehtävissä automaatioasentaja tarvitsee tuntemusta koneturvallisuuden yhteydessä käytettävistä, turvatoimintoja toteuttavista turvalaitteista ja ohjausjärjestelmistä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa opetuslaite Turun ammatti-instituutin sähköalan automaatiotekniikan opetukseen. Laitteen suunnittelun lähtökohtana on, että siihen sisällytetään turvatoimintoja toteuttavia turva- ja ohjauslaitteita. Samalla käydään läpi niitä direktiivejä, standardeja, lakeja ja asetuksia, jotka kohdistuvat ja ohjaavat laiterakentajaa. Laitteita on tällä hetkellä tarkoitus rakentaa vain yksi kappale oppilaitoksen omaan käyttöön. Mahdollinen myöhempi lisärakentaminen huomioidaan laitteen dokumentoinnissa niin, että myöhempi kaupallinen hyödyntäminen olisi mahdollista. Laitteen rakentamisessa hyödynnetään olemassa olevia ja yhteistyökumppaneilta saatuja komponentteja. Näiden taustojen ohjaamina laitteeksi tuli tölkinmurskain.

## 2 KONETURVALLISUUS

### 2.1 Yleistä

Koneiden turvallisuuspuutteet ovat syynä suurimmassa osassa vaikeista ja kuolemaan johtavista tapaturmista, jotka sattuvat teollisuudessa. Usein vasta tapaturman satuttua ryhdytään korjaaviin toimenpiteisiin koneen saattamiseksi turvalliseksi. Vakaviin vammoihin ja kuolemantapauksiin johtaneista konetapaturmista suurin yksittäinen ryhmä on nykyisin koneen odottamaton käynnistyminen. (Sundqvist 2011.)

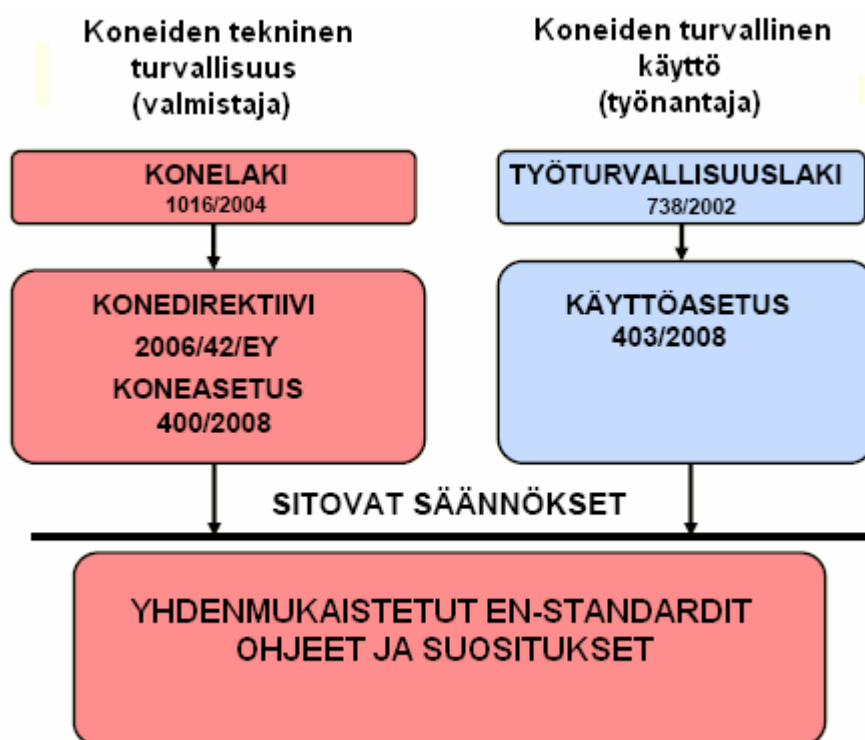
Koneiden turvallisuuspuutteiden poistaminen niiden suunnitteluvaiheessa olisi edullisinta kaikille osapuolille. Näin koneiden markkinointiin, myyntiin ja käyttöpaikoille saataisiin EU:n lainsäädännön mukaisia koneita. EU:n lainsäädäntö antaa vankan säädösperustan eri osapuolille huolehtia omista turvallisuusvelvollisuuksista. Ennakoiva koneturvallisuuden ymmärtäminen auttaa eri osapuolia ennakoivaan työtöteeseen ja siten tapaturmien ennaltaehkäisyyn. (Sundqvist 2011.)

Edellä esitetty kannanotto ennakoivaan koneturvallisuuden ymmärtämiseen on tärkeää opetuksessa. Koneen rakentajaa ohjaavat lakivelvoitteet ja koneen turvallisuutta lisäävät suojaukset sekä turvalaitteet konkretisoituvat tämän opinnäytetyön tuloksena tuotetussa opetuslaitteessa.

### 2.2 Koneturvallisuuden direktiivi, lait ja asetukset sekä standardit

Koneiden valmistajaa, kuten myös koneen ostanutta työnantajaa velvoittavat erilaiset direktiivit, lait, asetukset ja standardit. Opetuslaitteen valmistuksessa oppilaitoksen edustaja on laitteen valmistaja ja myös työnantaja silloin, kun laitetta käytetään. Valmistajan ominaisuudessa koneen rakentaminen lähtee työturvallisuuslaista 738/2002, jonka seurauksena on laadittu laki eräiden

teknisten laitteiden vaatimuksenmukaisuudesta eli konelaki 1016/2004. EU:n tasolla valmistajaa ohjaa konedirektiivi 2006/42/EY. Siitä on olemassa suomalainen valtioneuvoston asetus eli koneasetus (VnA 400/2008), jossa käsitellään turvallisuusvaatimuksia. Työnantajan ominaisuudessa opetuslaitteen käyttöä ohjaa em. työturvallisuuslaki, josta konepuolelle on johdettu käyttöasetus (VNa 403/2008), jossa selvitetään yleisiä perusvaatimuksia työvälineille.



Kuvio 1. Koneturvallisuussäädökset. (Sundqvist 2011.)

Näiden lisäksi opetuslaitteen valmistusta ohjaavat tarkentavat direktiivit ja standardit laitteen kokoonpanosta riippuen.

Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen SFS-EN ISO 12100.

Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa1: Yleiset suunnitteluperiaatteet SFS-EN ISO 13849-1.

Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet SFS-EN ISO 13850.



Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset SFS-EN 60204-1.

Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen es-tämiseksi vaaravyöhykkeille SFS-EN ISO 13857.

Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet SFS-EN 953+A1.

Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valin-ta SFS-EN 1088 +A2.

Pneumaattinen tehonsiirto. Järjestelmiä sekä niiden komponentteja koskevat yleiset periaatteet ja turvallisuusvaatimukset SFS-EN ISO 4414.

Pienjännitedirektiivi LVD 2006/95/EY.

Painelaitedirektiivi PED 97/23/EY.

EMC- direktiivi 2004/108/EY.

### 2.2.1 Direktiivi

Direktiivi on yksi oikeudellisista välineistä, joita unionin toimielimet voivat käyttää Euroopan unionin (EU) politiikan toteuttamisessa. Sitä käytetään pääasiassa jäsenvaltioiden lainsäädännön lähentämiseen. Direktiiville on tunnusomaista sen joustava käyttö, sillä se velvoittaa saavutettavaan tulokseen nähden, mutta valtiot voivat vapaasti valita keinot täyttääkseen kysei-sen veloitteen. (Tiivistelmät EU:n lainsäädännästä [www-sivut](http://www.sivut) 2011.)

Niinpä aikaisemmin mainittu konedirektiivi 2006/42/EY saatetaan Suomessa voimaan koneasetuksella VnA 400/2008 ja käyttöasetuksella VnA 403/2008.

### 2.2.2 Standardi

Käytännössä standardit ovat tärkeitä, vaikka ne eivät ole muodollisesti pakol-lisia. Standardit ovat direktiivejä huomattavasti yksityiskohtaisempia ja ku-vaavat muuttuvan ja kehittyvän tekniikan nykytasoa (state of art), jonka mu-

kainen turvallisuustaso vaaditaan direktiiveissä. EU teettää standardit jo vanhaan olemassa olleilla Euroopan standardisoimisjärjestöillä, joista ETSI toimii telealan standardeissa, CENELEC tekee sähköön liittyviä ja CEN kaikkia muita standardeja. CENiä vastaa maapallon laajuisella tasolla ISO ja CENELECiä IEC. ISO-tai IEC-työryhmät uusivat käytännössä EN-standardit, jotta saataisiin samansisältöiset eurooppalaiset ja kansainväliset standardit. (Siirilä 2008, 25- 26)

Käytännössä EU tilaa standardeja CEN:ltä tai CENELEC:ltä tietyn direktiivin aiheesta. EU rahoittaa ja valvoo valmistelutyötä, että standardin sisältö vastaa direktiivin turvallisuustasoa. Standardin yhdenmukaistamisen jälkeen se julkaistaan EU:n virallisessa lehdessä, jolloin standardin mukainen ratkaisu vastaa myös direktiivin tätä aihetta koskevia vaatimuksia.

Yhdenmukaistetuistakin standardeista voi poiketa, jolloin täytyy voida osoittaa, että poikkeava ratkaisu täyttää direktiivin vaatimukset eli on turvallisuustasoltaan standardia (ja direktiiviä) vastaava. (Siirilä 2008, 26)

Esimerkiksi SFS-EN ISO 12100 on suunnittelun perusstandardi, joka on perusta standardiryhmälle, jolla on seuraava hierarkia.

A- tyyppin standardit (turvallisuuden perusstandardit) voidaan soveltaa kaikkien koneiden suunnitteluperiaatteiksi ja yleisiksi näkökohdiksi.

B- tyyppin standardit (turvallisuuden ryhmästandardit) ovat seuraavan tason standardeja. Ne käsittelevät yhtä turvallisuusnäkökohtaa (esimerkiksi melua) tai yhtä suojausteknistä laitetta (esimerkiksi koneeseen kytkettyä suojusta):

- B1- tyyppin standardit käsittelevät tiettyjä yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia (esim. turvaetäisyydet, pintalämpötila, melu)
- B2- tyyppin standardit käsittelevät suojausteknisiä laitteita (esimerkiksi kaksinkäsinhallintalaitteet, koneen toiminnan kytkentälaitteet, kosketuksen tunnistavat laitteet, suojaukset)

C- tyyppin standardit (konekohtaiset turvallisuusstandardit) käsittelevät tiettyä konetta tai koneryhmää (esimerkiksi teollisuusrobottia). (SFS-EN ISO 12100, 10)

### 2.2.3 Työturvallisuuslaki ja konelaki

Työturvallisuuslaki (738/2002) on työnantajan velvollisuuksien kaiken perusta, jossa määritellään työnantajan yleiset työturvallisuusvelvollisuudet työn, työympäristön ja koneiden jatkuvan kunnossapidon osalta. Riskien arviointi ja todettujen riskien vähentäminen kuuluvat myös työturvallisuuslain velvoitteisiin. Työturvallisuuslaki edellyttää, että koneiden on oltava sellaisia, että niillä ei satu tapaturmia eikä aiheudu terveyshaittoja. Koneiden turvallisuudesta on Suomessa erikseen säädetty ns. konelaki (1016/2004), joka on valmistajille, maahantuojille, myyjille ja henkilöille, jotka luovuttavat koneen tai teknisen laitteen markkinoille tai käyttöön Suomessa. Tällä lailla varmistetaan, että valmistettavat, myytävät ja käyttöön luovutettavat koneet ovat vaatimusten mukaisia ja turvallisia. Konelaisissa säädetään koneiden tai teknisten laitteiden suunnittelusta, valmistamisesta ja varustamisesta. (Siirilä 2008, 27.)

### 2.2.4 Käyttöasetus

Käyttöasetuksen (403/2008) säännökset kohdistuvat ensisijaisesti työnantajaan ja vaatimuksia sovelletaan työpaikalla käytössä oleviin koneisiin, ottaen huomioon työpaikan olosuhteet. Käyttöasetuksessa esitetään mm. seuraavat yleiset velvoitteet:

- Työnantajan on valittava sopiva ja turvallinen työväline (kone).
  - Työnantajan on huolehdittava, että otetaan huomioon valmistajan antamat ohjeet.
  - Kone on pidettävä säännöllisellä huollolla ja kunnossapidolla turvallisena sen käytön ajan.
  - Koneen oikea asennus ja turvallinen toimintakunto tulee erityisesti selvittää ennen käyttöönottoa ja turvallisuuteen vaikuttavan muutoksen jälkeen.
  - Työnantajan on jatkuvasti seurattava koneen toimintakuntoa tarkastuksilla, testauksilla, mittauksilla ja muilla sopivilla keinoilla.
- (Hevosmaa 2011)

### 3 KONEEN DOKUMENTIT, CE- MERKINTÄ JA MARKKINA-VALVONTA

Koneen valmistajan velvollisuuksia, silloin kun suunnitellaan ja valmistetaan uusia koneita, on koneen dokumentointi:

- on tehtävä tarpeelliset dokumentit kuten tekninen tiedosto ja käyttäjälle toimitettavat tiedot
- on varmistettava, että tekninen rakennetiedosto on viranomaisten käytettävissä (huom. alihankintaketjut)
- huolehdittava käyttäjän tarvitsemien tietojen saatavuudesta esim. asennuskäyttö- ja kunnossapito-ohjeet

Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen:

- tehtävä vaatimustenmukaisuuden arviointi ja teetettävä tarvittaessa EY-tyyppitarkastus
- laadittava vaatimustenmukaisuusvakuutus ja toimitettava se koneen mukana
- tehtävä CE-merkintä. (Sundqvist 2011.)

#### 3.1 Tekninen rakennetiedosto

Valmistajan teknisen rakennetiedoston avulla markkinavalvontaviranomaiset voivat tarkastaa koneen vaatimustenmukaisuuden koneen markkinoille saattamisen jälkeen ja valmistaja voi osoittaa tuotteensa vaatimustenmukaisuuden. (Sundqvist 2010.)

Teknisessä rakennetiedostossa on dokumentoitava ja niistä on löydyttävä ainakin koneen piirustukset, käyttöohjeet, riskien arviointi ja koneelle tehtyjen mahdollisten testien tulokset. Viranomaisella on oikeus saada pyytäessään tekninen rakennetiedosto nähtäväkseen, jos viranomaisella herää epäilyksiä, että kone ei täytä olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Mikäli valmistaja ei pysty pyydettäessä esittämään viranomaisille teknistä rakennetiedostoa, on tämä riittävä syy epäillä koneen vaatimustenvastaisuutta. Tekni-

sen rakennetiedoston kielivaatimuksena on, että se on laadittu vähintään yhdelle Euroopan talousalueen valtion viralliselle kielelle ja tiedostoa on säilytettävä 10 vuotta viimeisen valmistetun koneen jälkeen. (Siirilä & Kerttula 2007, 19.)

### 3.2 Asennus- käyttö- ja kunnossapito-ohjeet

Koneen käyttö- ja huolto-ohjeiden tulee sisältää ohjeet koneen turvallisesta asentamisesta, käytöstä ja kunnossapidosta. Ohjeisiin pitää sisältyä kuvaus koneen käyttötarkoituksesta sekä varoitukset koneen kielletyistä käyttötavoista. Lisäksi ohjeissa on oltava muut tarpeelliset selvitykset, esim. tiedot koneen melu- ja värinäpäästöistä. Suomessa koneen ohjeiden on oltava alkupe- räisen kielen lisäksi suomen ja/tai ruotsin kielellä. (Työsuojeluhallinto 2010.)

### 3.3 Vaatimustenmukaisuus

Vaatimuksenmukaisuusolettama on kirjoitettu konedirektiivin 7. artiklan 1. osassa seuraavasti.

Jäsenvaltioiden on pidettävä tämän direktiivin säännösten mukaisina koneita, joissa on CE- merkintä ja joita seuraa EY- vaatimuksenmukaisuusvakuutus, jonka sisältö on määritelty liitteessä II olevan 1 osan A jaksossa. (Konedirektiivi 2006/42/EY, 7.artikla, kohta1.)

Vaatimuksenmukaisuusvakuutuksessa koneen valmistaja vakuuttaa , että on noudattanut koneen suunnittelussa kaikkia konetta koskevia direktiivejä luet- telemalla kaikki direktiivit ja standardit, joiden mukaan kone on suunniteltu ja tehty. Valmistaja voi mainita myös, jos on soveltanut kansallisia standardeja tai muita ohjeita, joilla on saatu vaadittu turvallisuustaso. Vaatimustenmukai- suusvakuutuksesta käyttäjät ja viranomaiset saavat tiedon, mitä direktiivejä ja standardeja on käytetty koneen suunnittelussa. Vaatimustenmukaisuusva- kuutuksen kieli on oltava sama kuin konetta koskevat ohjeet. Valmistajan on

allekirjoitettava vaatimustenmukaisuusvakuutus ja sen voi laittaa käyttöohjeeseen liitteeksi. (Siirilä & Kerttula 2007, 20.)

### 3.4 CE- merkintä

CE- merkinnän tekee koneeseen valmistaja tai tämän valtuutettu edustaja. Sitä ei saa tehdä koneeseen, johon sitä ei vaadita, esimerkiksi konetta modernisoidessa. CE- merkintä osoittaa koneen täyttävän kaikkien niiden direktiivien vaatimukset, jotka koskevat kyseistä konetta. Tällöin koneen voi vapaasti myydä tai luovuttaa käyttöön Euroopan talousalueella. CE- merkintä tehdään pysyvästi koneen valmistajan konekilpeen.

(Sundqvist 2011.)

Konekilpi yksilöi koneen ja koneen valmistajan. Koneesta tai laitteesta on löydyttävä konekilpi. Konekilpi on hyvä olla samoissa koneissa tai koneyhdistelmissä, kuin CE- merkintä. Myös osakoneiden yksilöimiseksi olisi hyvä olla konekilpi, vaikka ne eivät tarvitsisi CE- merkkiä. Konekilven tulisi sisältää ainakin tiedot valmistajan nimestä ja osoitteesta, koneen tunnistetiedoista, sarja tai tyyppimerkinnästä, sarjanumerosta tai vastaavasta koodista, valmistamisvuodesta ja muista teknisistä tiedoista. (Siirilä & Kerttula 2007, 201-202.)

Konedirektiivin artikla 2, joka käsittelee sitä, mihin konedirektiiviä ei sovelleta, sanoo mm. seuraavaa:

*h) tilapäistä laboratoriokäyttöä varten erityisesti tutkimukseen suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin*

Mielestäni opinnäytetyössä valmistuva tölkinmurskain täyttää edellä mainitun konedirektiivin kohdan, eikä tässä vaiheessa tarvitse CE- merkintää tai allekirjoitettua vaatimustenmukaisuusvakuutusta. Muutoin koneen dokumentointi on tehtävä mahdollisimman täydellisesti, erityisesti riskin arvioinnin osalta. Koneen turvallisuus ja dokumentointi on tärkeää, vaikka konedirektiiviä ei tarvitsisikaan soveltaa.

### 3.5 Markkinavalvonta

Euroopan talousalueen toimivuus edellyttää luottamusta markkinoiden toimintaan ja tasapuolisuuteen. Useimmissa vakavissa ja kuolemaan johtaneissa tapaturmissa on ollut merkittävänä syynä teknisesti vaatimustenvastainen kone, joka voi olla CE-merkitty. Tarvitaan tehokasta markkinavalvontaa. Jäsenvaltioiden viranomaisten on puututtava alueellaan myytäviin ja käyttöön otettaviin, vaatimustenvastaisiin koneisiin ja laitteisiin ja poistettava ne markkinoilta. (Sundqvist 2010.)

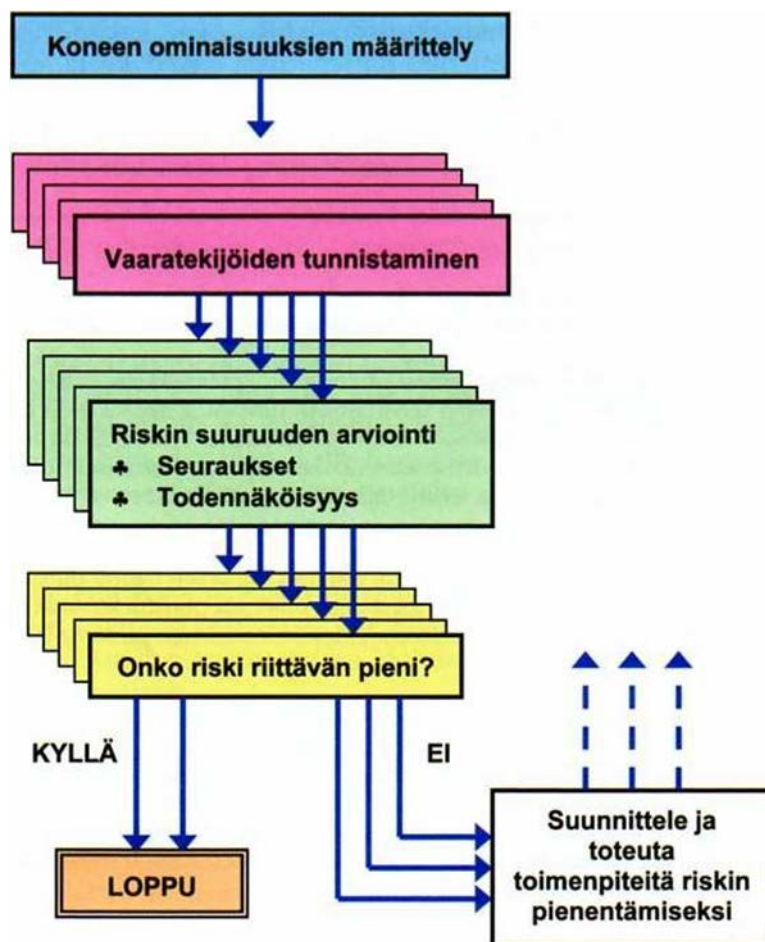
Direktiivin mukaan EU-jäsenvaltioiden on huolehdittava, että sen alueella myytävät ja käytössä olevat koneet täyttävät direktiivien säännökset eivätkä koneet vaaranna ihmisten tai eläinten terveyttä ja turvallisuutta. Suomessa työssä käytettävien koneiden turvallisuutta valvovat työsuojeluviranomaiset ja kuluttajille tarkoitettuja koneita valvovat kuluttajaviranomaiset. Sähkölaitteiden turvallisuutta ja sähkömagneettista yhteensopivuutta valvoo Turvatekniikan keskus (TUKES). Koneiden turvallisuutta valvotaan mm. työpaikkatarkastusten yhteydessä. Markkinavalvontaa voidaan tehdä myös näyttelyissä ja messuilla. Markkinavalvontaa suorittavat viranomaiset pyrkivät koneiden mahdollisia puutteita huomattuaan, että koneen valmistaja tai muu luovuttaja korjaisi puutteet tai lopettaisi koneen myynnin. Myös koneiden markkinoilta vetäminen, jota voidaan vauhdittaa uhkasakoilla, on myös viranomaisille mahdollinen toimenpide. (Siirilä & Kerttula 2007, 24.)

Vaikka opetuslaitetta ei vietäisi markkinoille, velvoittaisi oppilaitosta työturvallisuuslain yleiset velvoitteet. 10§ Työn vaarojen selvittäminen ja arviointi ulottuu myös kone- ja laitekohtaisten vaarojen selvittämiseen. Siksi opetuslaitteen rakentaminen aloittaen huolellisella riskien arvioinnilla ja sitä tukevilla käyttö-, huolto- ja puhdistusohjeilla täyttäisi työturvallisuuslain tarkoittamat työnantajan yleiset velvoitteet, vaikka laite rakennettaisiin vain omaan käyttöön.

## 4 KONEEN ARVIOINNISTA RISKIN PIENENTÄMISEEN

### 4.1 Yleistä

Edellä esitetty lainsäädäntö edellyttää, että koneet tulisi rakentaa niin turvallisiksi, ettei niillä satu tapaturmia. Käytännössä tämä toteutetaan tunnistamalla koneeseen liittyvät vaarat ja arvioidaan niihin liittyvät riskit. Liian suuriksi todettuja riskejä pienennetään lisäämällä suojuksia ja turvalaitteita tai muuttamalla koneen ominaisuuksia. Mikäli jäännösriski näistä toimenpiteistä huolimatta jää liian suureksi, on kone vaihdettava turvallisempaan. (Siirilä 2009,39.)



Kuvio 2. Riskien arvioinnin vaiheet (Siirilä & Kerttula 2007, 32.)



## 4.2 Strategia riskin arvioinnille ja pienentämiselle

Koneen suunnittelijan on toteutettava seuraavat toimenpiteet riskien arvioimisessa ja pienentämisessä:

- a) määritellään koneen raja-arvot, joihin sisältyy koneeseen kohdistuva ennakoitavissa oleva väärinkäyttö
- b) tunnistettava koneen aiheuttamat vaarat ja vaaratilanteet
- c) arvioitava riskin suuruus kunkin vaaran ja vaaratilanteen osalta
- d) arvioitava riskin merkitys ja päätettävä onko riskiä pienennettävä koneidirektiivin vaatimusten täyttämiseksi
- e) poistettava tunnistetut vaarat tai pienennettävä niihin liittyviä riskejä suojaustoimenpiteiden avulla  
(SFS-EN ISO 12100,28)

### 4.2.1 Koneen raja-arvojen määrittäminen

Riskin arviointi aloitetaan koneen koko elinkaaren huomioon ottavalla raja-arvojen määrittämisellä. Raja-arvojen määrittämisessä otetaan huomioon kaikki koneen kanssa tekemisessä olevat henkilöt kaikkine toimenpiteineen, myös kohtuudella ennakoitavissa olevine väärinkäyttöineen. Tilarajojen määrittämisessä on otettava huomioon henkilöiden vaatima tila eri toiminnoissa. Liikkeen laajuus ja kone- tehonsyöttö –rajapinta on myös määriteltävä. Aikarajojen määrittämisessä on otettava huomioon koneen tai jonkin komponentin ennakoitavissa oleva elinikä normaalikäytössä ja kohtuudella oletettavassa väärinkäytössä. Koneen huoltovälille on myös arvioitava aikaraja. Muita raja-arvoja ovat käsiteltävän materiaalin ominaisuuksiin, puhtaustasoon ja ympäristön tuomaan olosuhteisiin liittyvät seikat, jotka voivat vaikuttaa koneen elinkaaren pituuteen. (SFS-EN ISO 12100,36 ja 38.)

#### 4.2.2 Vaarojen tunnistaminen

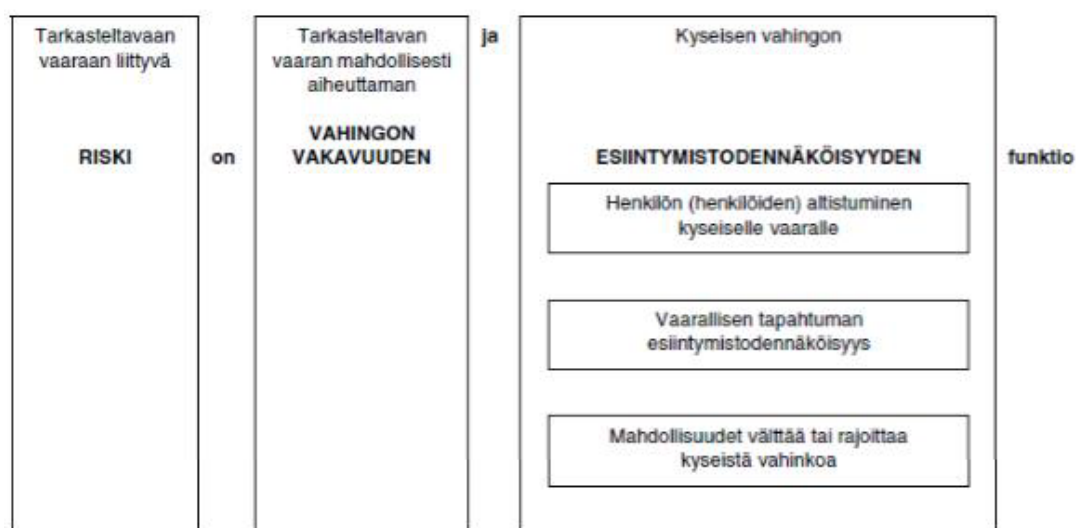
Seuraavaksi on tunnistettava vaarat ja/tai vaaralliset tapahtumat koneen elinkaaren ajalta. Koneen elinkaareen kuuluu:

- kuljetus, kokoonpano ja asennus
- käyttöönotto
- käyttö
- purkaminen, käytöstä poisto ja romuttaminen.

Koneen suunnittelijan on tunnistettava ihmisen vuorovaikutus koneen koko elinkaaren ajan, koneen erilaiset toimintatilat ja käyttäjän tarkoittamaton käyttäytyminen tai kohtuudella ennakoitavissa oleva koneen väärinkäyttö. Apuna vaarojen, vaaratilanteiden tai vaarallisten tapahtumien tunnistamiseen suunnittelija voi käyttää standardin SFS-EN ISO 12100 liitteessä B olevia luettelointia. (SFS-EN ISO 12100 38 ja 40.)

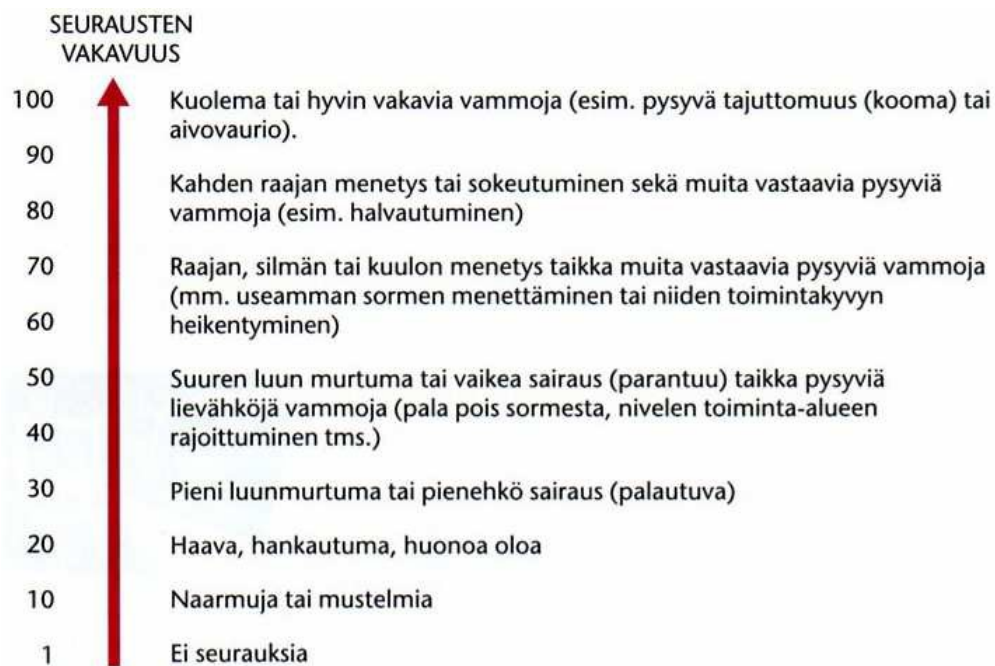
#### 4.2.3 Riskin suuruus

Riskin suuruus on arvioitava jokaiselle tunnistetulle vaaratilanteelle. Tiettyyn vaaratilanteeseen liittyvä riski riippuu oheisessa kuviossa olevista osatekijöistä.



Kuvio 3. Riskin osatekijät. (SFS-EN ISO 12100, 42.)

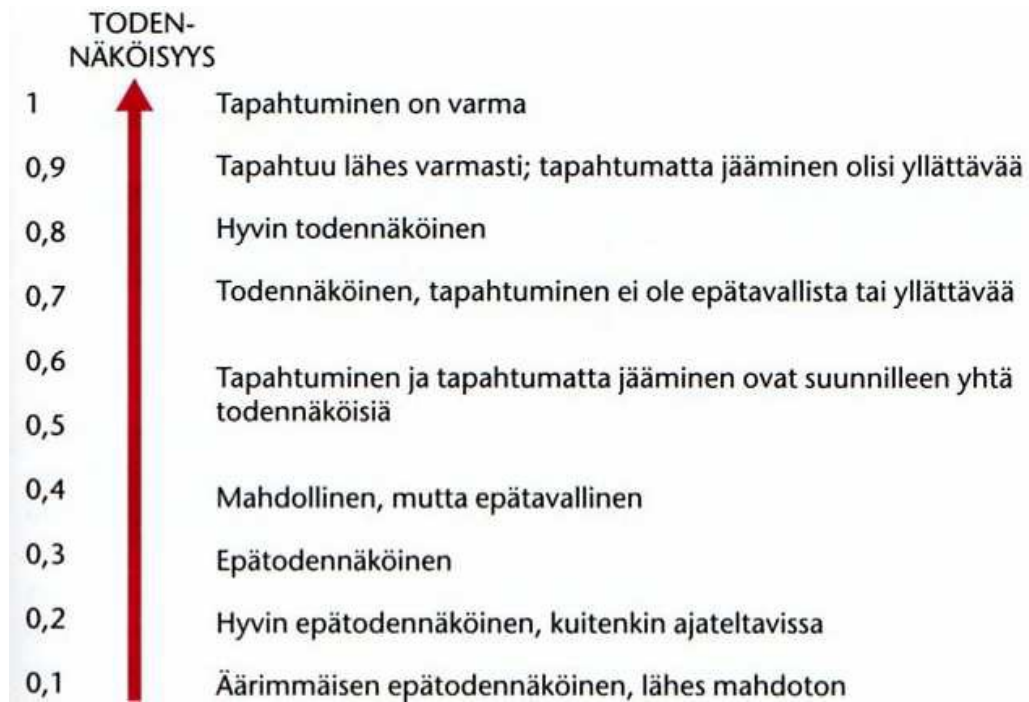
Vahinkojen vakavuuden tai todennäköisyyden arvioinnille ei ole olemassa mitään yhtä standardisoitua menetelmää. Yksi käytetty menetelmä vahinkojen vakavuuden arvioimiseksi on jako välille 1 ... 100, jossa 1 tarkoittaa ettei tapahtuneesta aiheudu seuraamuksia ja 100 tarkoittaa seuraamuksena kuolemaa tai hyvin vakavaa seuraamusta, esimerkiksi aivovauriota. (Siirilä 2009, 43.)



Kuvio 4. Seurausten vakavuuksien luokittelu (Siirilä 2008, 87.)

Luotettava arvioiminen vahinkojen toteutumisen todennäköisyydelle on hankalaa. Eri ihmisten tekemät arviot samasta koneesta voivat poiketa suuresti. Myös ihmisten käyttäytyminen konetta käytettäessä voi poiketa annetuista ohjeista tai käyttäytyminen voi olla sellaista, että sitä on mahdotonta etukäteen arvioida. (Siirilä 2009, 45.)

Vahinkojen toteutumisen todennäköisyydelle on olemassa useita erilaisia asteikkoja. Edellistä kuviota tukee asteikko, joka on välillä 0,1 ... 1.



Kuvio 5. Toteutumisen todennäköisyyden luokittelu (Siirilä 2008, 92.)

Vahinkojen toteutumisen todennäköisyyden arvioiminen mahdollisimman laajasti on toteutettavissa erilaisten luetteloiden avulla. (Siirilä 2009, 46.) (SFS-EN ISO 12100, 44 - 46.)

Seurausten vakavuudesta ja seurausten toteutumisen todennäköisyyden arviointien jälkeen voidaan arvioida riskin suuruus. Jotta riskin suuruuden arvioinnissa tulisi otetuksi huomioon kaikki näkökohdat, voi apuna käyttää standardia. (SFS-EN ISO 12100, 46 – 50.)

#### 4.2.4 Riskiluokittelu ja mahdollinen päätös riskin vähentämiseksi

Seuraavaksi tulisi määritellä esimerkiksi edellä esitettyjen numeeristen määritteiden avulla se taso, jonka alle tulisi päästä, ettei tarvitsisi tehdä lisätoimenpiteitä riskitason pienentämiseksi.

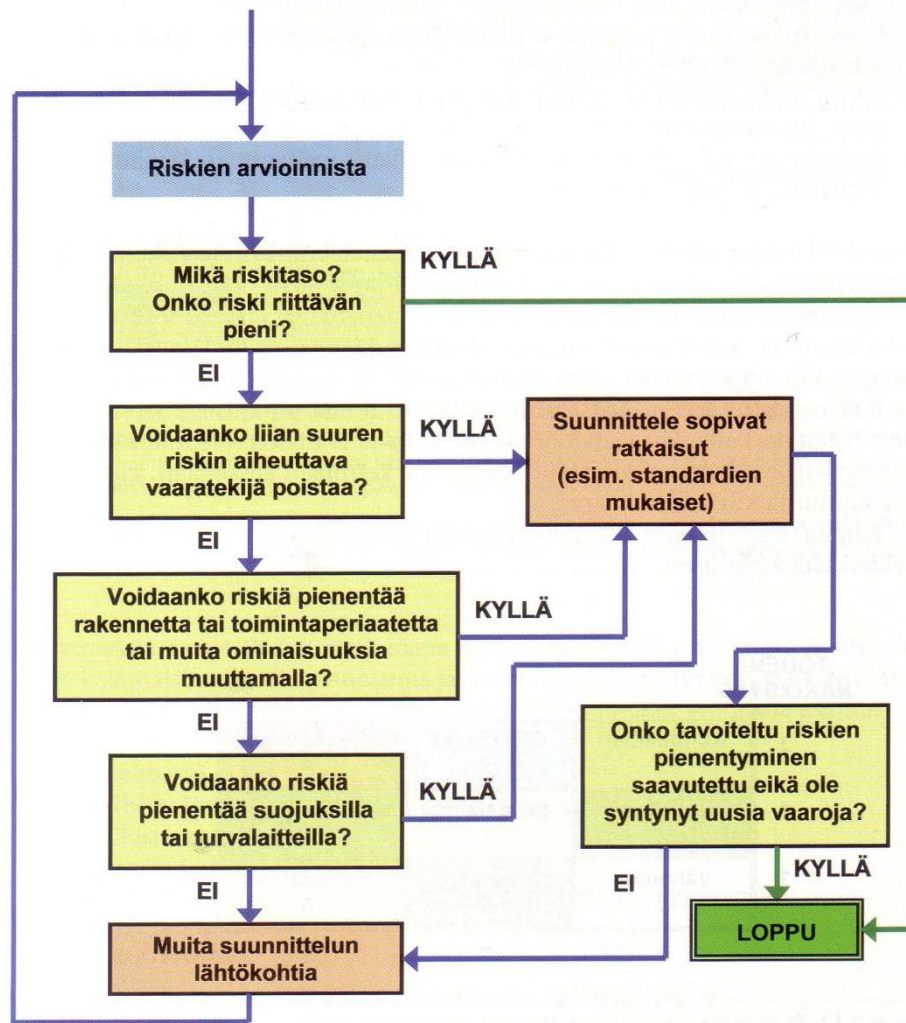
Seurausten vakavuuden ja toteutumisen todennäköisyyden lukuarvojen kerrominen keskenään antaa lukuarvon, jota voidaan verrata suomeksi julkaistuun brittistandardiin BS 8800. Standardissa on viisi numeerista riskitasoa ja kullekin tasolle on määritetty toimenpiteet konetta käytettäessä ja suunniteltaessa. (Siirilä 2009, 52.)

Taulukko 1. Eri riskitasojen vaadittavat toimenpiteet. (Siirilä 2009, 53.)

RISKIN TASO		VAADITTAVAT TOIMENPITEET	
		Konetta käytettäessä	Konetta suunniteltaessa
<b>Sietämätön</b>	<b>49 ... 100</b>	Konetta ei saa ottaa käyttöön. Jos kone on jo käytössä, sillä tehtävä työ on keskeytettävä. Työn teon on pysyttävä kiellettyinä kunnes riskiä saadaan riittävästi vähennettyä.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
<b>Merkittävä</b>	<b>29 ... 48</b>	Konetta ei saa ottaa käyttöön ennen kuin riski on vähennetty ainakin kohtalaiseksi. Jos kone on jo käytössä, on harkittava sillä tehtävän työn keskeyttämistä. Jos työtä kuitenkin jatketaan, riskien poistamiseen on varattava riittävästi voimavaroja ja toteuttava riskien vähentäminen kiireellisesti.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
<b>Kohtalainen</b>	<b>16 ... 28</b>	Riskejä on vähennettävä. Suunniteltujen toimenpiteiden toteuttamiselle on tehtävä aikataulu.	Suunnittelua on jatkettava, kunnes riski on riittävän pieni.
<b>Siedettävä</b>	<b>6 ... 15</b>	Seuranta ja valvonta ja myöhemmin tehtävä uudelleen arviointi ovat tarpeen.	Seuranta ja valvonta ja myöhemmin tehtävä uudelleen arviointi ovat tarpeen.
<b>Vähäinen</b>	<b>0,1 ... 5</b>	Toimenpiteitä riskin vähentämiseksi ei tarvita.	Toimenpiteitä riskin vähentämiseksi ei tarvita.

#### 4.2.5 Vaarojen poistaminen tai niihin liittyvien riskien pienentäminen

Koneen suunnittelussa tai olemassa olevan koneen riskikartoituksessa vaarojen poistaminen kokonaan on yleensä mahdotonta. Tällöin täytyy miettiä keinot riskien vähentämiseen, joko koneen perusominaisuuksia muuttamalla, tai lisäämällä koneeseen turvalaitteita tai muita turvallisuusominaisuuksia. Turvalaitteiden tai turvallisuusominaisuuksien lisääminen täytyy myös olla hallittua, että ne eivät aiheuta uusia riskejä. (Siirilä & Kerttula 2007, 44 – 45.)



Kuvio 6. Riskien poistaminen tai pienentäminen toimintaa tai rakennetta muuttamalla. (Siirilä & Kerttula 2007, 45.)

Standardissa SFS-EN ISO 12100 on varsin laajasti selvitetty toimenpiteitä vaarojen poistamiseksi tai riskien pienentämiseksi. Standardin tavoite saavutetaan ns. kolmen askeleen menetelmällä, jotka ovat esitetty standardissa kaavioina. (Liitteet 1 ja 2). Askel 1 poistaa vaarat tai pienentää riskitasoa puuttamalla koneen rakenneosiin ja/tai koneen ja sitä käyttävien ihmisten vuorovaikutustapaan. Askeleessa 2 otetaan avuksi suojaustekniset toimenpiteet ja/tai täydentävät suojaustoimenpiteet. Näistä esimerkkinä ovat hätäpysäytyslaitteet ja suojukset. Askeleessa 3 selvitetään, miten jäännösriskit ovat yksilöitävä koneen käyttöä koskeviin tietoihin. (SFS-EN ISO 12100, 52.)

### 4.3 Jäännösriskin hyväksyttävyys ja dokumentoinnit

Vaikka kone suunniteltaisiin tai suojattaisiin kuinka hyvin tahansa, jää siihen jäännösriskejä. Riskien on oltava niin pieniä, että ohjeet, varoitukset, valvonta ja opastus ovat riittäviä toimenpiteitä vahinkojen estämiseksi. Esimerkiksi sähköiskun vaarasta varoittava kyltti ” huolto- ja puhdistustöiden aikana moottoreiden turvakytkimet on käännettävä off- asentoon” ei välttämättä poista koko riskiä, koska on käyttäjästä kiinni muistetaanko tai viitsitäänkö kyseinen erottaminen tehdä. (Siiriä 2009, 80-81.)

Jäännösriskit ja koko riskien arviointi kaikkine vaiheineen on dokumentoitava standardin SFS-EN ISO 14 121-1:n mukaisesti. Koneen dokumentointi ei ole lyhyt yhteenvetolomake, vaan sen tulisi sisältää seuraavat tiedot:

- koneen tekniset tiedot ja oletukset esim. kuormituksen suhteen
- tunnistettava koneen aiheuttamat vaarat ja vaaratilanteet
- riskin arvioinnin perustana olevat tiedot
- turvallisuustoimenpiteiden tavoitteet ja dokumentit, joiden avulla turvallisuustoimenpiteistä on päätetty
- turvallisuustoimenpiteet, joita on sovellettu vaarojen poistamiseksi tai riskien vähentämiseksi
- jäännösriskit
- lomakkeet, jotka olleet arvioinnin yhteydessä
- arvio koneen käytettävyydestä lopullisen riskin tuloksena  
( Siirilä 2007, 112.)



## 5 OPETUSLAITTEEN TURVALLISUUS

### 5.1 Yleistä

Lähtökohta opetuslaitteen rakentamiseen oli normaalista laitesuunnittelusta ja toteutuksesta poikkeava, koska ei ollut selvää visiota minkälaista laitetta lähdetään rakentamaan. Tavoitteena oli ainoastaan rakentaa opetuslaite koneurvallisuuden opettamiseksi automaatioasentajan osaamisalalle niin, että se sisältäisi automaatioalan näkökulmasta katsottuna opetukseen soveltuvaa, turvallisuuteen liittyviä ohjausjärjestelmiä. Lähtötilanteen haasteellisuutta lisäsi vielä tiukka taloudellinen tilanne, joka pakotti käyttämään olemassa olevia vanhoja laitteita. Yrityslahjoituksina saadut suojalaitteet ohjasivat myös laitesuunnittelua, joten lopputuloksena päädyttiin kuvan1 esittämään tölkinmurskaimen.



Kuva1. Tölkinmurskain



## 5.2 Opetuslaitteen raja-arvojen määrittäminen

Raja-arvojen määrittämiseen kuuluvat laitteen käyttötarkoitus mahdollisine kohtuudella ennakoitavissa olevine väärinkäyttöineen. Tila- ja aikarajat samoin kuin laitteessa käytettävä materiaali, laitteen puhtaanapito sekä käyttöympäristön vaatimustaso kuuluvat raja-arvojen määrittämiseen. Edellä mainitut toimenpiteet ovat tärkeä osa riskianalyysiä.

### 5.2.1 Käyttörajat

Tölkkinmurskain on tarkoitettu käytettäväksi automaatiolaboratoriotilassa. Laitte käynnistyy, kun palautushihnalle asetetaan tölkki. Tölkki kulkeutuu murskaimelle, josta se murskauksen jälkeen menee poistolinjaa pitkin laatikkoon. Laatikon täytyttyä hakulinja tuo laatikon koneelta poistettavaksi ja uuden tyhjän laatikon asetettavaksi. Normaalkäytössä ihmisen ja koneen rajapinnat ovat tölkin asettamisessa palautushihnalle ja laatikon poistamisessa ja uuden asettamisessa hakulinjalle.

Murskain on tarkoitettu automaatioalan opiskelijoiden ja opettajien käyttöön. Kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö on, että kuljettimelle laitetaan väärä kappaleita. Riskejä arvioidessa voi olla mahdotonta arvioida väärinkäytön seurauksia. Siksi on tarpeellista testata, mitä tapahtuu, kun kuljettimelle laitetaan esimerkiksi täysi juomatölkki tyhjän asemesta. Tämä voisi olla kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö. Toki raskaampiakin kappaleita voisi ajatella palautuslinjalle asetettavan, mutta se menisi jo ilkeväkään puolelle eikä voi kohtuudella olettaa tällaista tapahtuvan. Väärän kappaleen poistaminen ja mahdollisuus tehdä korjaus- ja huoltotöitä turvallisesti on suunniteltava niin, että se onnistuu. Pääsy vaara-alueelle koneen käydessä on esitettävä.

### 5.2.2 Tilarajat

Kone suunnitellaan asetettavaksi seinän viereen, jolloin eräiden liikkuvien osien suojaus on helpompaa. Myös koneen tarvitsema paineilmasyöttö ja kolmivaihepistotulppaliitännällä toteutettu sähkösyöttö ovat helpommin toteutettavissa. Koska kone muodostuu kolmesta kuljettimesta ja yhdestä lyhyellä matkalla tapahtuvasta puristusliikkeestä on koneen liikkeen laajuus helposti rajoitettavissa. Ihmisen ja koneen rajapinta on selvitetty edellä.

Laite on suunniteltu toimivan alumiinitölkkien murskaamiseksi. Laitteen puhdistamiseksi ja huollettavaksi se on voitava erottaa kaikista energioista luotettavasti. Siksi pistotulpalla erotettava sähkösyöttö ja kiinni käännettävä ja lukittava paineilmasyöttö muodostavat selkeän rajapinnan.

### 5.2.3 Aikarajat

Koneessa murskattavat alumiinitölkkien sisältämät nesteet likaavat laitteen murskainosaa sekä kuljettimia. Silmämääräisen arvion perusteella täytyy määrittellä laitteen puhdistusvälit.

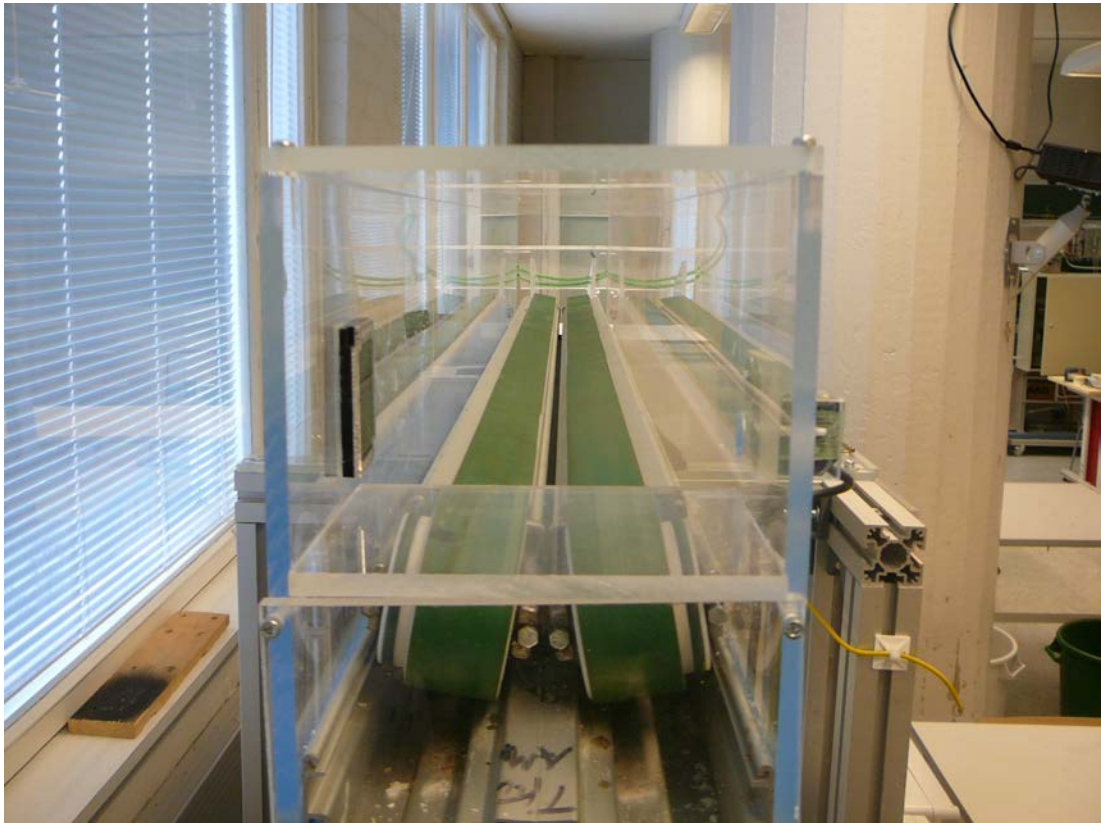
Tämä kone on suunniteltu tilapäiseen, lyhyitä ajanjaksoja sisältävään opetuskäyttöön. Tuotantoon suunniteltavan laitteen komponenteille on määriteltävä käyttöikä ja vaarallisen vikaantumisen todennäköisyys. Nämä tullaan määrittelemään myös opetuslaitteelle.

## 5.3 Opetuslaitteen vaarojen tunnistaminen

Tämän opinnäytetyön kohdassa 4.2.2 on esitetty yleisellä tasolla vaarojen tunnistamista. Opetuslaitteen rakennusvaiheen turvallisuus muodostui yleisen työturvallisuuden huomioon ottamisesta koneita ja laitteita käytettäessä. Varsinkin katkaisusahan, puikkohitsauskoneen ja kuviosahan käyttö edellyttivät suojainten ja oikeaoppisten työmenetelmien käyttöä. Seuraavaksi esitellään, mitä vaaroja koneesta on tunnistettu, riskien arvioimista varten.

### 5.3.1 Palautushihna

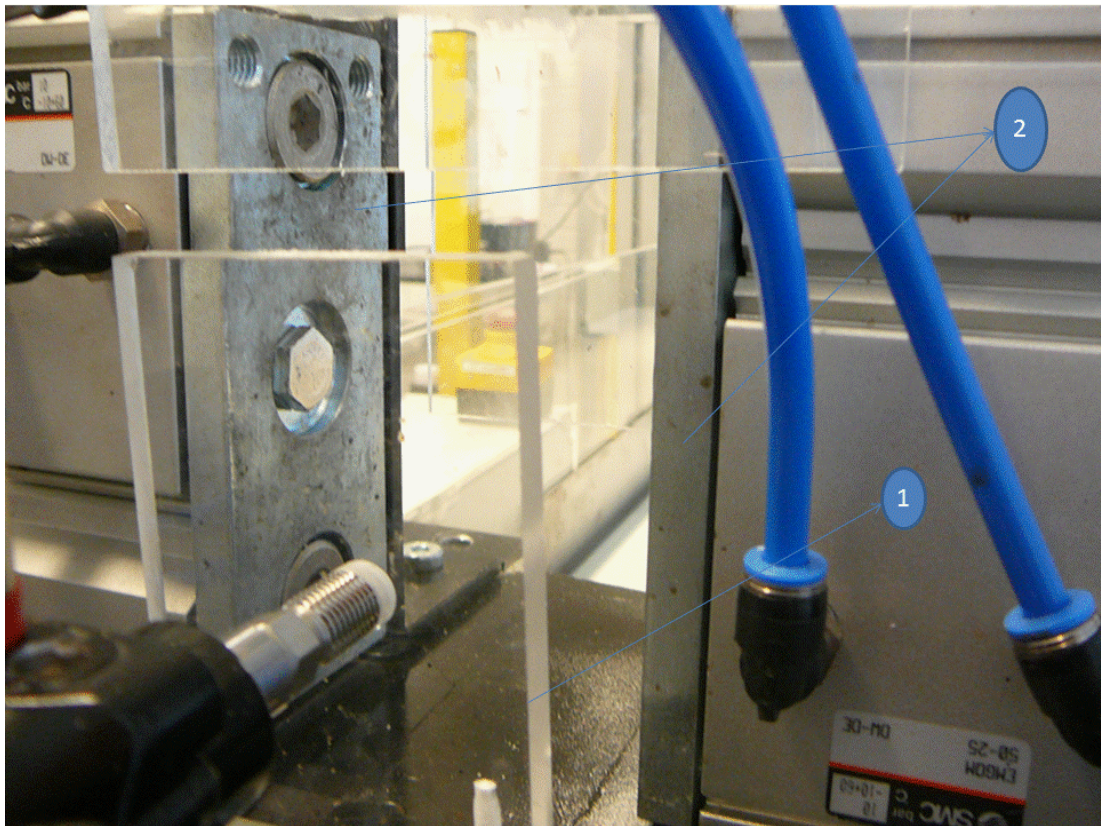
Palautushihnan vetopyörästä rullien väliin sormen jääminen on normaali-käytössä vaaran paikka. Kuvassa 2 palautushihna on jo tunneloitu pleksillä, joten riskin suuruus on jo arvioitu ja riskin pienentämiseksi on rakennettu me-kaaninen suojuus.



Kuva 2. Palautushihna suojattuna.

### 5.3.2 Murskain

Murskainosan vaaranpaikka on selkeä. Pneumaattisen energian antama liike on nopea ja voimakas. Käden jääminen prässäyslevyjen väliin (kuvassa 3 numerolla 2) voi aiheuttaa jopa luiden murtumisen. Kuvassa 3 on esitetty koneen murskainosa. Kuvan etualan sylinterin varren päässä oleva pleksi (kuvassa 3 numerolla 1) työntää murskatun tölkin poistohihnalle. Sivulla olevat metallilevyt puristuvat toisiaan vasten ja murskaavat väliin tulevan tölkin.

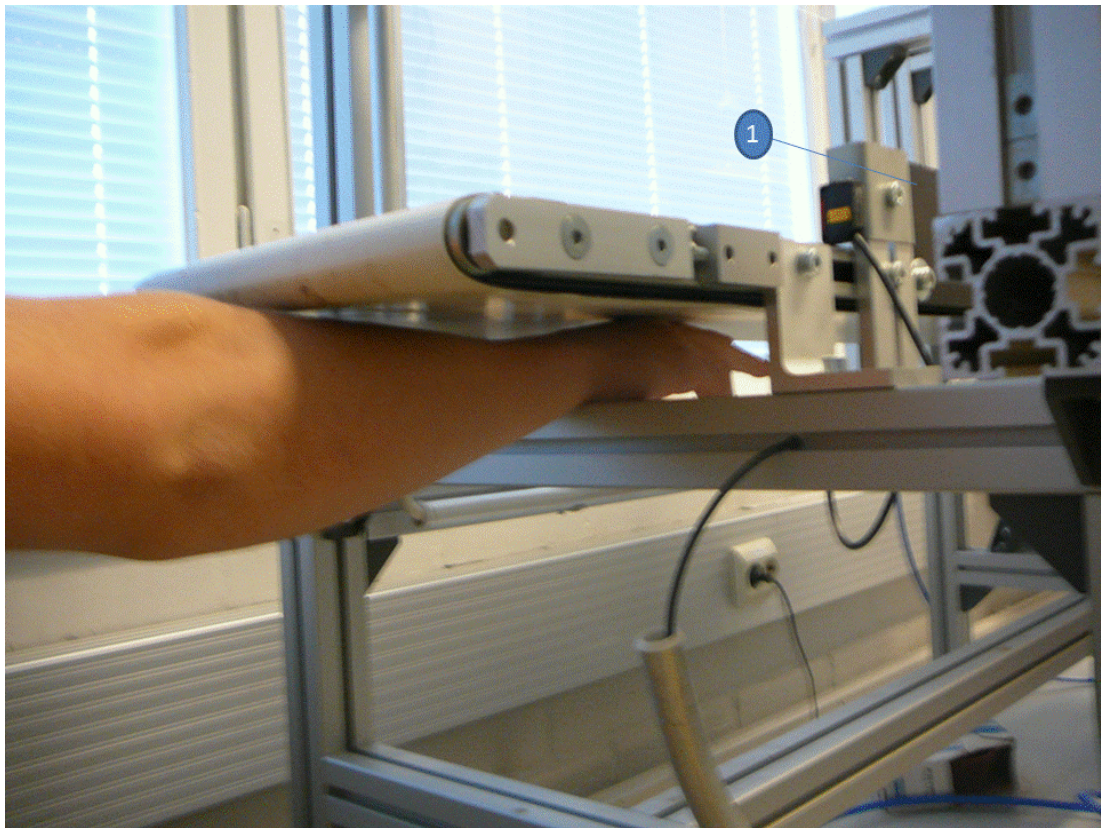


Kuva 3. Opetuslaitteen murskainosa.

### 5.3.3 Poistohihna

Suojaamattoman poistohihnan vaarakohdat olisivat hihnan ja hihnan vierellä olevien reunojen välit sekä kuvan 4 esittämä tilanne. Poistohihnalla tarvitaan reunukset, koska murskaimelta pois työnnetty tölkki saattaisi pudota hihnalta. Reunuksen toisen puolen alkuosa on esitetty kuvassa numerolla 1. Kuvan esittämä tilanne on hyvin epätodennäköinen, mutta mahdollinen. Siksi yhdessä hihnan reunojen kanssa on riskiarvioinnissa päädytty hihnan suojaamiseen osin mekaanisella suojuksella ja osin passivoivalla turvalaitteella, joka esitetään tarkemmin hakulinjan riskin pienentämisen yhteydessä.





Kuva 4. Poistohihnan loppupää.

#### 5.3.4 Hakulinja

Kuvassa 5 on esitetty hakulinja, jonka päällä on kuvaushetkellä ruskea muovilaatikko, joka on merkitty numerolla 1. Poistohihnalta numero 2, tippuvat tölkit laatikkoon ja laatikon täyttymisen jälkeen se ajetaan linjaston päähän tyhjentämistä varten. Kuvan ottamisen ajankohtana linjaa valvovia passivointiantureita ei ole asennettu oikeaan paikkaan. Numerolla 3 on esitetty yksi passivointianturi, niiden toiminta kerrotaan kohdassa 5.5.3.

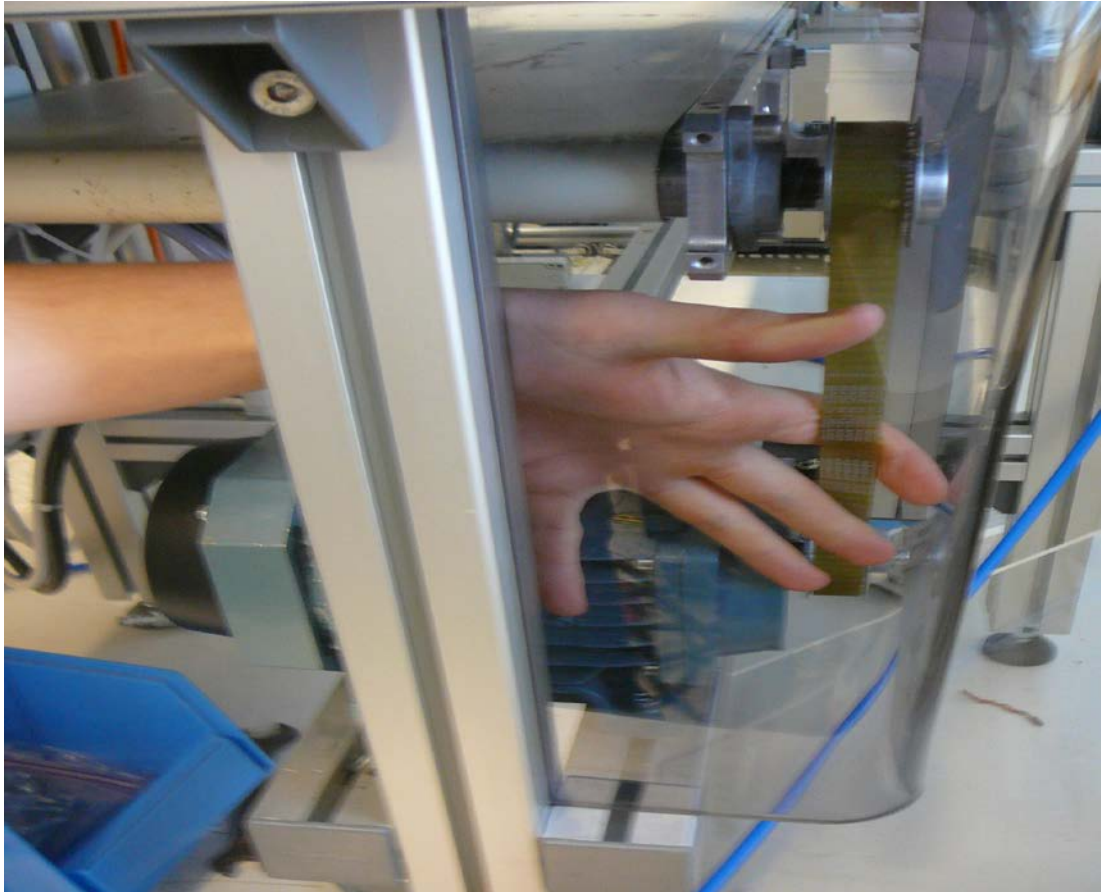


Kuva 5. Hakulinja.

### 5.3.5 Sähkömoottorin hihnapyörä

Poistohihnan sähkömoottorin välitys on toteutettu hammashihnalla. Vaaranpaikkana on käden jääminen hihnan ja hammaspyörän väliin, josta seurauksena voi tulla vähintään ruhjeita tai haavoja. Kuvassa 6 on esitetty tilanne.





Kuva 6. Sähkömoottorin hammashihna ja -pyörä.

### 5.3.6 Sähkö

Sähköiskun mahdollisuutta ei voi ohittaa, kun arvioidaan opetuslaitteen riskettä. Sähköiskun riskitaso seurausten osalta voi johtaa kuolemaan, mutta kun sähköasennukset on tehty noudattaen SFS-EN 60204-1 standardia, vaara on hyvin pieni normaalin käytön ja häiriöidenkin aikana. Huolto- ja kunnossapitotilanteiden aikana jännitteisten osien läheisyys nostaa hieman sähköiskun mahdollisuutta. Todennäköisyyttä pienentää se, että sähkökaappien avaaminen on sallittu ainoastaan koulutetuille henkilöille. Sähköasennusten käyttöönotto vaatii tarkastukset ja mittaukset. (Siirilä 2008, 221-222.)

Kuvassa 7 on opetuslaitteen turvatoimintoihin liittyvän ohjauskotelon laitteita. Kaikki sähkölaitteet ovat kuvan esittämiä kosketussuojattuja laitteita, jolloin ei ole välitöntä sähköiskun vaaraa. Automaatioalan opiskelijat ovat opastettuja

henkilöitä, jolloin esimerkiksi mittaaminen vianhakutilanteessa kuvan esittämistä laitteista on normaalia sähköalalla tapahtuvaa työskentelyä.



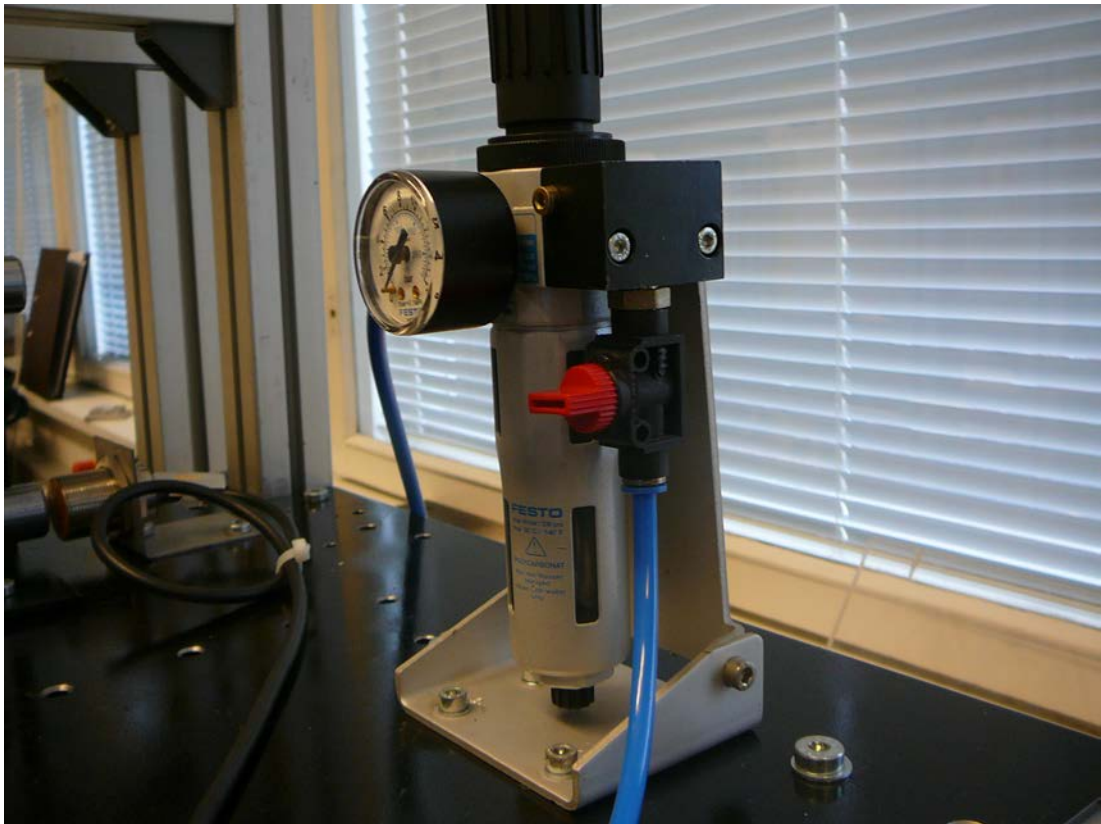
Kuva 7. Turvalaitteiden ohjauskotelo

### 5.3.7 Paineilma

Standardista ei löydy pneumaattisille rakenneosille ohjeita ylimitoitukselle. Lähtökohtaisesti ylimitoitus voisi olla kymmenkertainen laitteen valmistajan ilmoittamaan käyttöikään tai toimintaaajuuteen. Esimerkiksi sylintereillä se voisi olla valmistajan ilmoittama 3000km, jolloin koneen käyttöiän aikana arvioidaan tarvittavan enintään 300km. Paineilman arvioituja vaaratekijöitä voisi olla esimerkiksi irtoavan tai katkeavan letkun aiheuttama isku tai korkeapaineisen ilmasuihkun tunkeutuminen ihon läpi. Kuvassa 8 on esitetty opetuslaitteen paineilman säätöasema. Kuvassa punainen nappi on paineilman



avaava ja sulkeva venttiili, joka tätä kirjoitettaessa on väärä. Paineilman luotettava erottaminen vaatisi auki-asentoon lukittavan venttiilin.



Kuva 8. Paineilmasyötön säätö- ja lukitusasema.

#### 5.4 Opetuslaitteen riskien arviointi

Tämän opinnäytetyön kohdassa 4.2.3 on esitetty teoriapohjaa riskin arvioinnille. Siirilän kirjan pohjalta kerrottu teoria on hyvä, mutta seurausten vakaavuuden ja toteutumisen todennäköisyyden asteikko tuntui liian tiheältä. Niinpä päädyin käyttämään (kuva 9) Excel- pohjaista taulukkoa.

Riskin arviointiprosessi pohjautuu tekniseen raporttiin ISO/TR 14121-2 ja sen liitteessä A.4 esitettyyn riskigraafimenetelmään.

Vaaratekijät kirjataan Excel-taulukkoon, jossa koneen elinkaaren eri vaiheet kirjataan omille sivuilleen taulukon välilehdille.

Taulukossa vaaran kohde saa arvoja seuraavasti:

- (S) vaaran seuraukset, vakavuus 1= lievä, 2= vakava
- (F) vaaran altistumisen taajuus ja kesto 1= harvoin, 2= usein
- (O) vaaran todennäköisyys 1= epätodennäköinen, 2= mahdollinen, 3= todennäköinen
- (A) vaaran vältettävyys 1= mahdollinen, 2= mahdoton

Kun kaikkiin kohtiin (S,F,O ja A) on arvioitu lukuarvo, saadaan riskiluokitus (RI) kohtaan myös lukuarvo. Lukuarvo syntyy matemaattisen kaavan perusteella ja se saa arvon välille 1 – 6. Arvot 1 – 2 tarkoittaa vähäistä riskiä, jota ei tarvitse pienentää. Ne osoitetaan taulukossa myös vihreällä värillä. Arvot 3 – 4 tarkoittaa kohtalaista riskiä, joka on pienennettävä vähintään arvoon 2. Taulukossa arvot 3-4 on osoitettu lisäksi keltaisella värillä. Arvot 5 – 6 tarkoittaa suurta riskiä, joka on myös pienennettävä vähintään arvoon 2. Taulukossa ne on osoitettu lisäksi punaisella värillä.

Vaara kirjataan rivin ensimmäiseen sarakkeeseen. Sarakkeeseen ”*Siedettävä riski?*” kirjataan arvio siitä, tarvitaanko riskin pienentämistoimenpiteitä. Viimeiseen sarakkeeseen kirjataan mahdollinen turvallisuustoimenpide, jolla riski voidaan pienentää siedettävälle tasolle. Mikäli rivillä esitettyä riskiä pidetään siedettävänä, tähän sarakkeeseen kirjataan jäännösriski. Taulukkoon on myös lisätty sarake ”*Toimenpiteen tyyppi*”, johon myös kirjataan turvallisuustoimenpiteenä mahdollisesti käytettävän ohjausjärjestelmän osan suoritustasovaatimukselle PLr (a...e) SFS EN-ISO 13849-1 mukaisesti.

Toimenpiteen tyypit ovat seuraavat:

RM	Rakenteellinen mekaaninen toimenpide
RO	Rakenteellinen ohjausjärjestelmään liittyvä toimenpide
MTL	Mekaaninen turvalaite (luukut, portit yms.)
TL	Turvalaite (valoverhot, turvaskannerit yms.)
HSJ	Henkilösuojaimet
VAR	Varoitukset (kyltit, äänimerkit, valot yms.)
OHJ	Käyttö- ja toimintaohjeet

Varsinaisesti riskin arviointi on kaksipuolainen - riski on joko siedettävä tai ei. Jos järjestelmässä havaitaan riskejä, joita ei voida sietää, pitää järjestelmän turvallisuustasoa kasvattaa. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi sillä turvallisuustoimenpiteellä, mikä taulukossa on esitetty. Koneen suunnitteluvaiheessa riskin pienentämiseen voidaan käyttää myös muita toimenpiteitä, jotka katsotaan asianmukaisiksi.

Riski voidaan luokitella standardissa esitetyillä parametreilla riskiluokkaan 1...6. Toimenpiteen jälkeinen riskiluokka kirjataan taulukossa seuraavalle riville. Tarvittaessa numeerinen arviointi voidaan jättää tekemättä, esimerkiksi siitä syystä, että se ei helpottaisi riskin merkityksen arviointia. Erityisen huomattavaa on, että riskiluokasta saatava suhdeluku ei ole ainoa peruste riskin siedettävyydestä päätettäessä.

Toteutuksen jälkeen suoritetaan riskien seuranta-arvio. Mikäli riski on pienennetty siedettävälle tasolle joko ehdotetulla tai jollakin muulla toimenpiteellä, voidaan riskin pienentämistoimenpiteitä pitää riittävinä.

Rivi	Vaara (kohde ja -tekijä)	S	F	O	A	RI	Siedettävä riski?	Toimenpiteen tyyppi	Ehdotus mahdollisesta turvallisuustoimenpiteestä, jolla riski voidaan pienentää siedettävälle tasolle - tai jäännösriski
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Alustava riskin arvio		Seuraukset, Vakavuus (S)		Aloitumisen taajuus ja kesto (F)	
Vakava	2	Vakava	2	Usein	2
Lievä	1	Lievä	1	Havoin	1
Todennäköisyys (O)		Valtettavuus (A)		Riskin luokitus (RI)	
Todennäköinen	3	Mahdoton	2	Vähäinen riski	1..2
Mahdollinen	2	Mahdollinen	1	Kohtalainen riski	3..4
Epatodennäköinen	1			Suuri riski	5..6

Kuva 9. Excel- taulukkopohja riskien suuruuden arvioimiseksi.

## 5.5 Opetuslaitteen riskien pienentäminen

### 5.5.1 Yleistä

Opetuslaitteen suunnittelutyö ja toteutus eivät ajallisesti kulkeneet ideaalisesti. Yleensä projektia luodessa meillä on ajatus mitä rakennetaan, tehdään siitä riittävät alustavat suunnitelmat ja riskianalyysit. Tässä yhteydessä on suunniteltu myös, millä laitteilla projekti toteutetaan ja valitaan myös suojukset ja turvalaitteet.

Tämä opetuslaite on rakennettu opettajan ohjaamana ja opiskelijoiden toteuttamana päättötyönä. Laitteina on käytetty muista koneista purettuja kuljettimia ja sähköisiä komponentteja. Yritysten lahjoituksina saadut turvalaitteet ja komponentit ohjasivat myös toteutusta ja muuttivat suunnitelmia. Koneen muutostyöt ja dokumentaation ajan tasalle saattaminen ovat vielä tätä opinnäytetyötä tehdessä kesken.

Opetuslaitteen riskien pienentäminen suoritettiin edellä esitetyn taulukon avulla. Mikäli taulukon riskiluokitusarvoksi tuli yli 2, mietittiin toimenpiteen tyyppi ja ehdotus mahdollisesta turvallisuustoimenpiteestä, jolla riski saateen siedettävälle tasolle. Tämän jälkeen, kun turvallisuustoimenpiteiden vaikutukset on otettu huomioon taulukon toiselle riville, katsotaan, onko päästy riittävän pieneen riskiluokitusarvoon. Murskainosan normaaliajon riskiarviointitaulukko (Liite 3) esittää, kuinka murskainosan turvallisuudessa on päästy siedettävälle tasolle. On otettava huomioon, että taulukon alaosassa on eri välilehtiä, kuten huolto ja korjaus, puhdistus ja vianhaku tapahtumia varten. Riskit on arvioitava kaikissa laitteen käyttötapahtumissa erikseen.

### 5.5.2 Tölkinmurskaimen suojukset

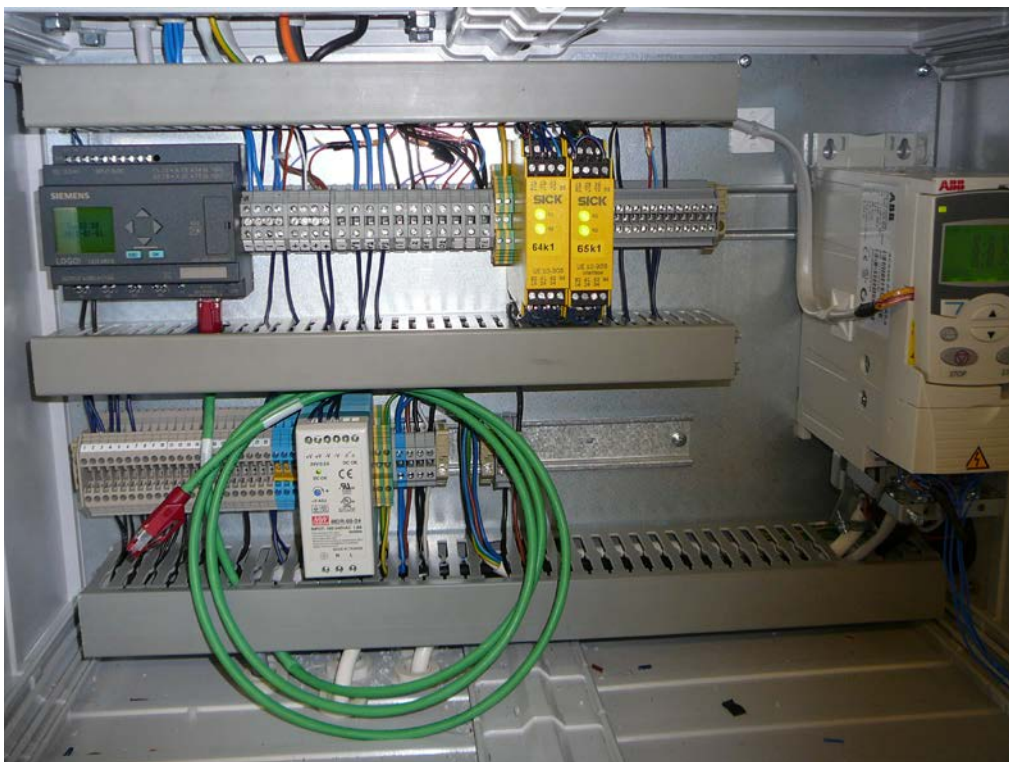
Lähtökohtaisesti yli 5 mm:n rakoja ei kuljetinkäytöissä sallita. Mikäli kuljetin sijaitsee yleisölle vapaasti päästettävässä tilassa, kuten tölkinpalautuskone, on käytettävä tätäkin pienempää mitta. (Siirilä 2008, 279.)

Tölkkinmurskaimen palautuslinja, murskainosa ja poistolinjan alkuosa sekä sitä pyörittävä sähkömoottori hammashihnoineen suojattiin akryylilevyistä eli pleksilasista valmistetuilla koteloilla ja suojilla. Kotelot kiinnitettiin tukevasti koneen alumiiniprofiilista rakennettuun runkoon. Tällä tavoin saimme koneen riskitasoa pienennettyä edellä mainittujen laitteiden osalta. Vaikka kuljettimien raot täyttävät hihnakuljetinstandardin SFS-EN 620 vaatimukset, voi ihminen horjahtaessaan joutua kiinni kuljettimen nieluun esimerkiksi hihastaan ja näin loukata itseään. Siksi pleksikoteloiden käyttö on perusteltua. Toisaalta pleksit auttavat hihnalla olevien tölkkien pysymisen hihnan päällä. Kone olisi tässä kokonaisuudessa voitu suojata kokonaan mekaanisilla suojilla. Koska kyseessä on automaatioalalle rakennettava opetuslaite, haluttiin siihen lisätä turvatoiminnon toteuttavia turvalaitteita ja koneen ohjausjärjestelmään turv ominaisuuksia. Näitä lisäyksiä saatiin lisäämällä tölkkien hakulinja, jonka kautta ihminenkin voisi joutua koneen vaaravyöhykkeelle. Lisäksi koneeseen laitettiin koneen toimintaan kytketty huoltoluukku.

Laitetta käytettäessä saattaa tölkki juuttua murskaimeen. Murskaimen ympäristö on koteloitu pleksillä, mutta siihen on asennettu huoltoluukku, joka on kytketty koneen toimintaan. Huoltoluukkuja valvotaan magneettikytkimellä (kuva 10), jonka koskettimet ovat kahdennettuja ja se ohjaa edelleen turvareleen kautta taajuusmuuttajan turvaohjausta (kuva 11), joka katkaisee energian syötön poistohihnalta. Taajuusmuuttaja tukee STO (Safe torque off) -toimintoa, joka noudattaa standardeja EN 61800-5-2; EN/ISO 13849-1:2006, IEC/EN 60204-1:1997; EN 61508:2002, EN 1037:1996 ja IEC 62061:2005 (SILCL 3). STO-toimintoa voidaan käyttää silloin, kun virran katkaisua tarvitaan estämään odottamaton käynnistyminen. Toiminto estää puolijohteita saamasta ohjausjännitettä ja estää siten vaihtosuuntaajaa luomasta moottorin pyörittämiseen tarvittavaa jännitettä. Toimintoa voidaan käyttää lyhytaikaisiin puhdistus- ja/tai huoltotöihin. Periaatepiirustus opetuslaitteen huoltoluukun kytkeytymisestä (Liite 4) taajuusmuuttajan toimintaan sekä (Liite 5) STO (Safe torque off) -toiminto.



Kuva 10. Kaksilla koskettimilla varustettu magneettikytkin.

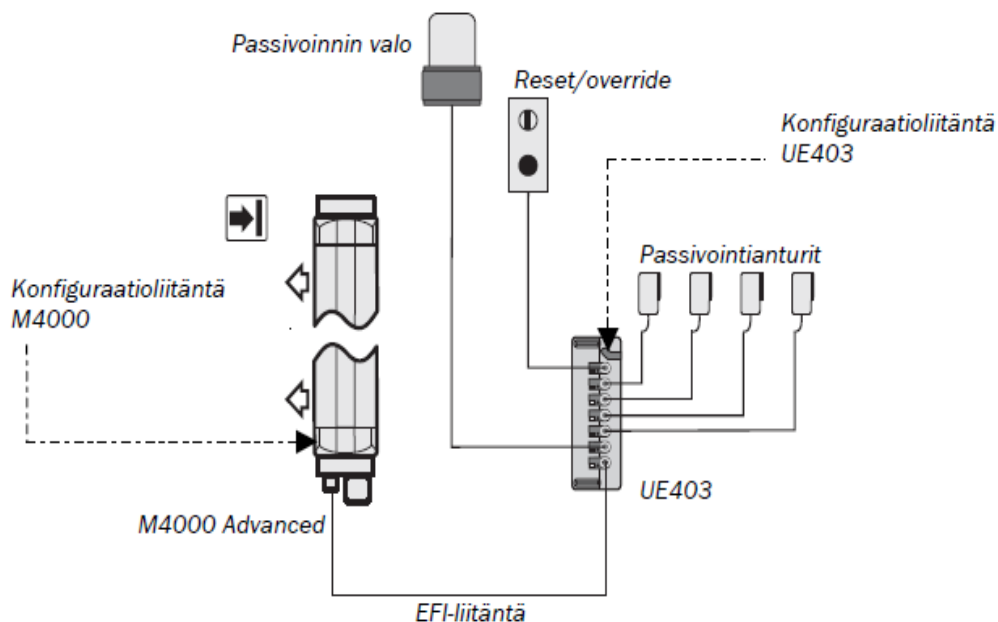


Kuva 11. Turvareleet ja turvaohjattu taajuusmuuttaja.

### 5.5.3 Hakulinjan turvatoiminto

Hakulinjan kohdalla otettiin käyttöön Sick M4000 A/P turvapuomit, jotka estävät pääsyn vaara-alueelle, mutta sallivat passivoinnin jälkeen laatikon liikkumisen vaara-alueelle ja sieltä pois puomin säteiden lävitse. Kirjallisuudessa tätä toimintoa kutsutaan joko passivointi-, mykistys- tai mutingtoiminnoksi.

Kuvassa 12 on esitetty M4000 A/P turvapuomit sekä muut tarvittavat laitteet, jotta passivointi saadaan toteutettua.



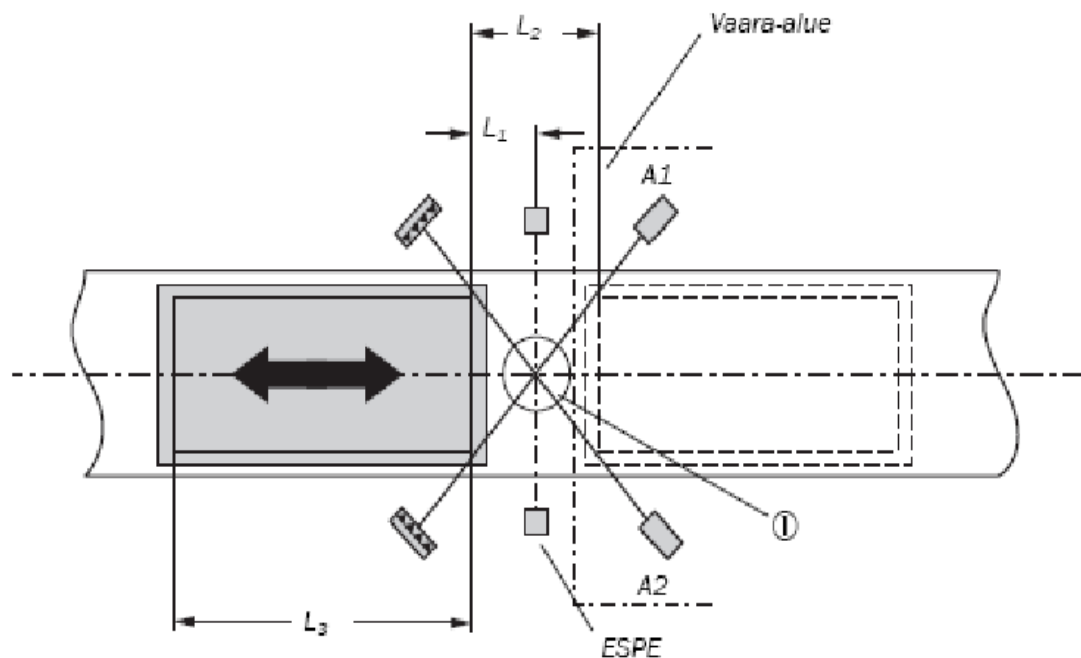
Kuva 12. Passivoinnin toteuttavat laitteet.

Kuvassa 12 olevat laitteet ja tarvikkeet ovat:

- valokennopuomit M4000 A/P
- turvaohjausyksikkö UE-403
- passivoinnin valo (integroitu aktiivi puomiin)
- reset- painike merkkivalolla
- passivointianturit
- EFI-liitäntäkaapeli
- järjestelmäliitäntä M26\*11+toiminnallinen maadoitus (Liite 6)

- konfiguraatioliitäntä M8\*4 – USB
- CDS- ohjelmisto (Configuration&Diagnostic Software)

Kuvassa 13 on esitetty opetuslaitteen passivoinnin periaate. Laatikko menee antureiden A1 ja A2 säteiden eteen samanaikaisesti, jolloin passivointitoiminto aktivoituu. Tämän jälkeen laatikko voi mennä turvapuomiston (kuvassa 13 ESPE) säteiden lävitse ilman, että aiheutuu energian syötön katkaisevaa hälytystä.



Kuva 13. Passivoinnin periaatepiirustus.

Passivointitoiminnosta on olemassa seuraavia rajoituksia:

- passivointi ei saa tapahtua ainoastaan yhden signaalin toimesta
- passivointi ei saa tapahtua hälytyksen ollessa päällä
- käytettäessä ristikkäisiä säteitä tulee säteiden toimia mahdollisimman yhtäaikaisesti n. 0.5s
- passivointiin käytettävä aika on säädettävä mahdollisimman lyhyeksi



- sähkön syötön katkaisu ja palautus ei saa johtaa passivointiin
- passivointiantureiden huijaaminen ei saa olla mahdollista (antureiden sijoittelu)
- antureiden tulee erottaa sallittu kuorma ihmisestä (antureiden sijoittelu)
- kahdensuuntaisessa liikenteessä on säteiden risteyskohta sijoitettava valopuomiston kuvan 13 ESPE- säteiden kohdalle
- vaara-alueelle mentäessä on passivoinnin loputtava mahdollisimman lähellä valopuomiston säteitä, jotta ihminen ei voi mennä kuorman perässä alueelle

Kuvassa 13 ovat mitat L1, L2 ja L3, jotka määrittelevät antureiden sijoituspaikat seuraavien kaavojen mukaan:

- $L1 = v \times (td + (tres/2) + 0,0049)$ , jossa

L1 = vähimmäisetäisyys turvapuomin säteiden ja passivointi-antureiden tunnistuskohdan välillä (m)

v = kuljetinhihnan nopeus (m/s)

td = UE-403:n tuloviive (s)

tres = M4000 A/P:n vasteaika (s)

- $v \times t > L2 + L3$ , jossa

t = asetettu passivointiaika (s)

L2 = antureiden tunnistuslinjojen välinen etäisyys

(anturit aktivoitu / anturit vapautettu) (m)

L3 = materiaalin pituus kuljetussuunnassa (m)

Esimerkki: v = 0.5 m/s, td = 0.05s, tres = 0.01s ja kappaleen pituus 0.4m ja mykistysaika 3s.

$L1 = 0.5 \text{ m/s} \times (0.05\text{s} + (0.01\text{s}/2) + 0.0049) = 0.2995\text{m}$  eli vähimmäisetäisyys turvapuomin säteiden ja mykistysantureiden tunnistuskohdan välillä on oltava 0.3 metriä.

$L2 < 0.5 \text{ m/s} \times 3\text{s} - 0.4\text{m} = 1.1 \text{ m}$  eli antureiden tunnistuslinjojen välinen etäisyys tulee olla vähintään 1.1 metriä.

#### 5.5.4 Muita seikkoja opetuslaitteen riskien pienentämiseen

Tässä kappaleessa on kuvattu opetuslaitteen riskien pienentämistä suojaus-teknisillä toimenpiteillä toteutettuna. On huomattava, että laitteen suunnittelussa on otettava huomioon lukuisia muitakin seikkoja, jotka pienentävät laitteen käytöstä syntyviä riskejä, joita en ole tarkemmin käsitellyt tässä opinnäytetyössä. Opetuslaitteen kohdalla näitä ovat

- energiansyötöstä erottaminen ja purkaminen
- laitteen käynnistäminen ja pysäyttäminen
- hätäpysäytys
- uudelleen käynnistymisen estäminen
- vikaantumisesta aiheutuvien riskien hallinta.

## 6 JATKOKEHITYS

Opetuslaitteen hakulinjan automatisointiprosessin muuhun toimintaan on seuraava kehityksen kohde. Tämänhetkinen tilanne on sellainen, että mikään muu kuin ihminen ei vahdi hakulinjalla olevan laatikon täyttymistä murskatuilla tölkeillä. Teknisiä toteutustapoja löytyy varmaan useita tämän kohdan automatisoimiseksi niin, että kun laatikko on täynnä, muu toiminto pysähtyy ja laatikko ajetaan hakulinjan toiseen päähän tyhjennystä varten.

Toisena kehityskohteena on laitteen käynnistäminen. Nyt laitteisto käynnistyy valokennosta, kun palautuslinjalle laitetaan murskattava tölkki. Jatkossa laitetta voisi kehittää niin, että olisi joko viivakoodilukulaite tai konenäköjärjestelmään perustuva laitteisto palautuslinjan käynnistämiseen. Tällä tavoin saisi poistetuksi linjalle mahdollisesti asetetut vieraat esineet.

Muita suunniteltuja kehityskohteita on turvareiden korvaaminen saman laitevalmistajan ohjelmoitavilla turvayksiköillä. Myös kosketusnäyttöisen käyttöliitännän kytkemisestä laitteeseen on ollut keskustelua. Jatkossa on myös tarkoitus rakentaa opiskelijatyönä useampia laitteita eri laitevalmistajien turvalaitteilla varustettuina. Laitteiden muutostöistä saa myös aiheita automaatioasentajan kolmannen vuosikurssin opinnäytetöiksi.

## 7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa opetuslaite Turun ammatti-instituutin sähköalan automaatiotekniikan opetukseen. Samalla oli tarkoitus käydä läpi niitä direktiivejä, standardeja, lakeja ja asetuksia, jotka ohjaavat laiterakentajaa.

Nämä tavoitteet toteutuivat, sillä nyt automaatiotekniikan opetuksessa on toimiva tölkinmurskain, johon on sisällytetty mahdollisimman paljon ohjausjärjestelmään liittyviä turvalaitteita.

Opetuslaitteen suunnittelutyöhön vaikutti ratkaisevasti, että laite on koottu muista koneista puretuista kuljettimista ja komponenteista. Yritysten lahjoituksina saadut turvalaitteet ja komponentit ohjasivat myös toteutusta ja muuttivat suunnitelmia. Laite rakennettiin opiskelijoiden opinnäytetyönä, joten laitteen rakenteelliseen suunnitteluun tuli useita näkemyksiä ja tulos oli joiltakin osin kompromissi erilaisista ajatuksista. Suunnittelutyö ei ollut lähtökohtaisesti mikään projekti, vaan se eteni ajallisesti työn edetessä saaden jatkuvia muutostarpeita. Tämän vuoksi koneen tekninen rakennetiedosto on vielä puutteellinen.

Oman oppimiseni kannalta tärkeintä oli lainsäädännön ja standardien selvitys, jotka määrittivät koneen turvallista rakentamista. Turvallisen lopputuloksen saavuttamisen edellytys oli huolellinen paneutuminen koneen riskien arviointiin.

Konetta on vielä koekäytettävä erilaisten normaalista ajosta poikkeavien tilanteiden selvittämiseksi. Tällaisia tilanteita voi tulla, jos koneeseen laitetaan väärä esineitä tai täysi juomatölkki tyhjän tilalle.

## LÄHTEET

Euroopan unioni www-sivut. Viitattu 3.6.2012. [http://europa.eu/index\\_fi.htm](http://europa.eu/index_fi.htm)

Hevosmaa, R. 2011. Koneturvallisuus. Luento Humaliston Sähkö Oy 23.11.2011.

Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas toinen painos 2010. Viitattu 16.6.2012.

[http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006\\_fi.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/mechanical/files/machinery/guide-appl-2006-42-ec-2nd-201006_fi.pdf)

Konedirektiivi 2006/42/EY 17.5.2006. Viitattu 16.6.2012. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>

Opetushallituksen www-sivut. Viitattu 3.6.2012. [http://oph.fi/download/125257\\_KoMe.pdf](http://oph.fi/download/125257_KoMe.pdf)

SFS-EN ISO 12100. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen (ISO 12100:2010). Finnish Standards Association SFS. Helsinki: SFS

Siirilä, T. 2008. Koneturvallisuus. EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. 2. uudistettu painos. Keuruu, Inspecta Koulutus Oy.

Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet, uudistettu painos. Keuruu, Inspecta Koulutus Oy.

Siirilä, T., Kerttula, T. 2007. Koneturvallisuuden perusteet. Espoo, Opiksi-Tiimi Oy.

Sundqvist, M. 2011. Uusi konedirektiivi ja sitä vastaava koneasetus. Luento Ikaalisten kylpylä 8.8.2011.

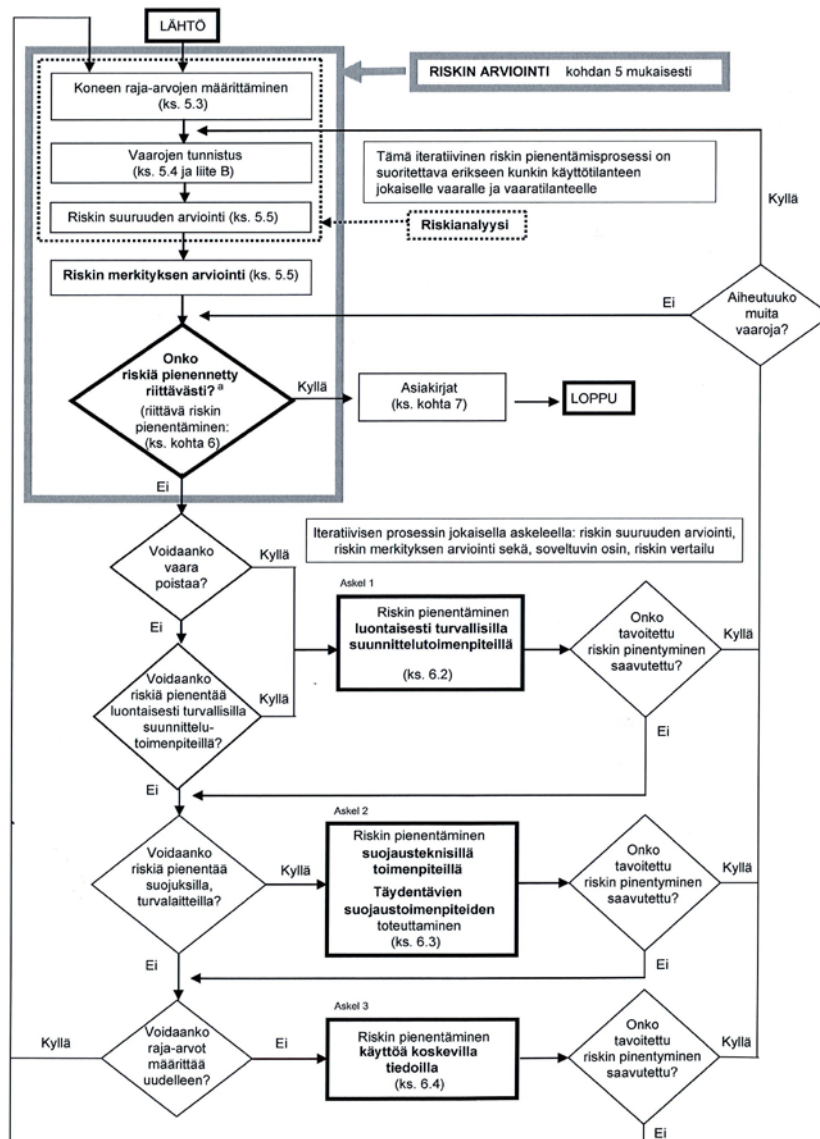
Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Viitattu 16.6.2012. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Viitattu 16.6.2012. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080403>

## LIITTEET

- Liite 1. Kaaviollinen esitys riskin pienentämisprosessin iteratiivisesta, kolmen askeleen menetelmästä.
- Liite 2. Riskin pienentämisprosessi suunnittelijan näkökulmasta.
- Liite 3. Esimerkki riskinarvioinnista murskainosan normaaliajon riskiarviointitaulukko.
- Liite 4. Periaatepiirustus opetuslaitteen huoltoluukun kytkeytymisestä taajuusmuuttajan toimintaan.
- Liite 5. Periaatepiirustus suojapiirin kytkemisestä taajuusmuuttajan STO (Safe torque off) -toimintoon.
- Liite 6. Valokennopuomien M4000 A/P kytkennät.

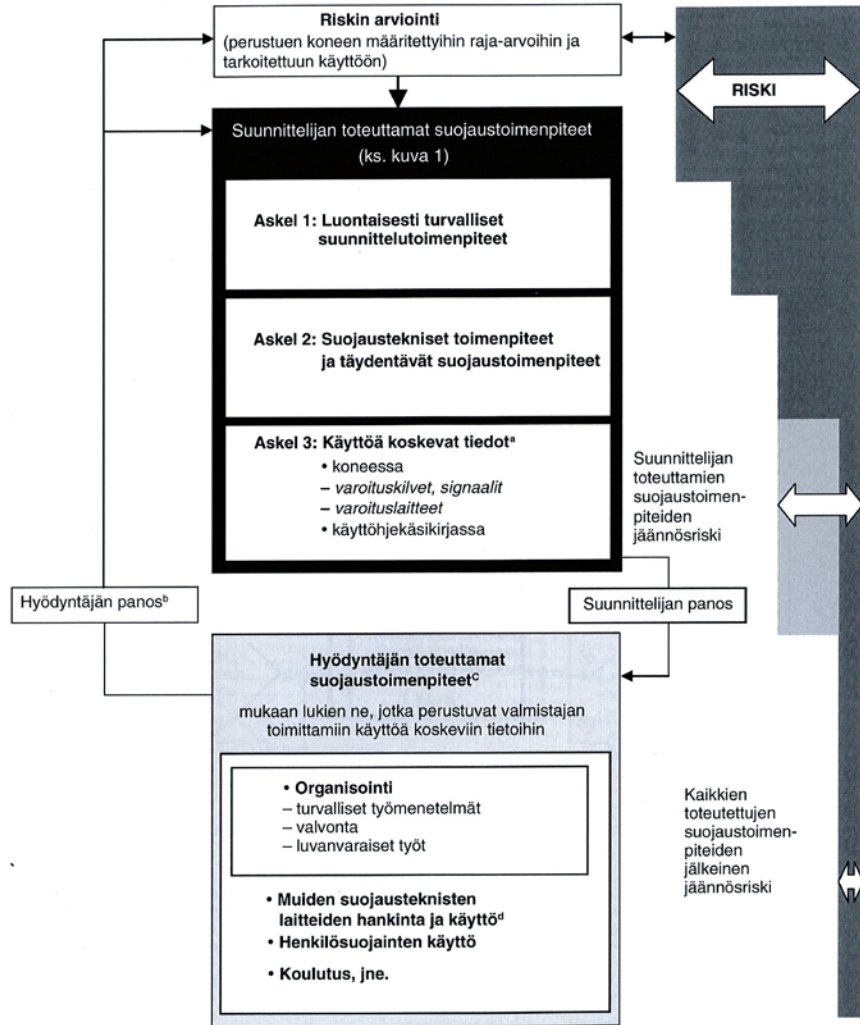
Liite 1. Kaaviollinen esitys riskin pienentämisprosessin iteratiivisesta kolmen askeleen menetelmästä.



<sup>a</sup> Kun kysymys tulee vastaan ensimmäisen kerran, siihen vastataan alustavan riskin arvioinnin tulosten perusteella.

**Kuva 1** Kaaviollinen esitys riskin pienentämisprosessin iteratiivisesta kolmen askeleen menetelmästä

Liite 2. Riskin pienentämisprosessi suunnittelijan näkökulmasta.



<sup>a</sup> Asianmukaisen käyttöä koskevan tiedon toimittaminen on osa suunnittelijan panosta riskin pienentämisessä, mutta nämä suojaustoimenpiteet vaikuttavat vasta hyödyntäjän toteuttaessa ne.

<sup>b</sup> Hyödyntäjän panos on sitä tietoa, jota suunnittelija saa käyttäjäkunnalta joko koskien koneen tarkoitettua käyttöä yleensä tai jota saadaan tietyiltä nimenomaiselta hyödyntäjältä.

<sup>c</sup> Näiden lukuisten hyödyntäjän toteuttamien eri suojaustoimenpiteiden suhteen ei ole hierarkiaa. Nämä suojaustoimenpiteet ovat tämän kansainvälisen standardin soveltamisalan ulkopuolella.

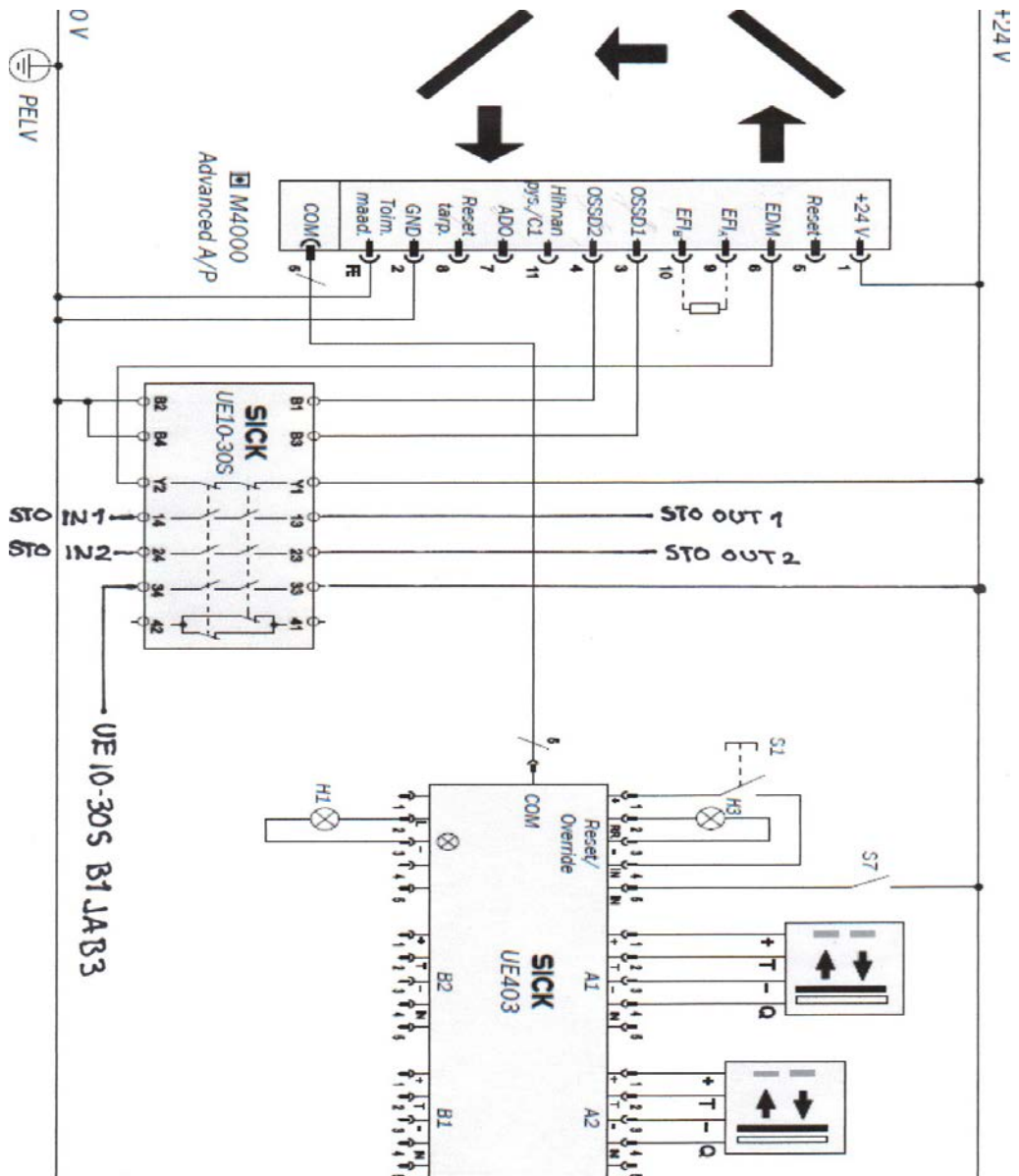
<sup>d</sup> Nämä ovat suojaustoimenpiteitä, joita tarvitaan sellaisen erityisprosessin (-prosessien) vuoksi, jota ei ole oletettu koneen tarkoitetun käytön erittelyssä tai jota tarvitaan sellaisten erityisten asennusolosuhteiden vuoksi, joihin suunnittelija ei voi vaikuttaa.

Kuva 2 Riskin pienentämisprosessi suunnittelijan näkökulmasta

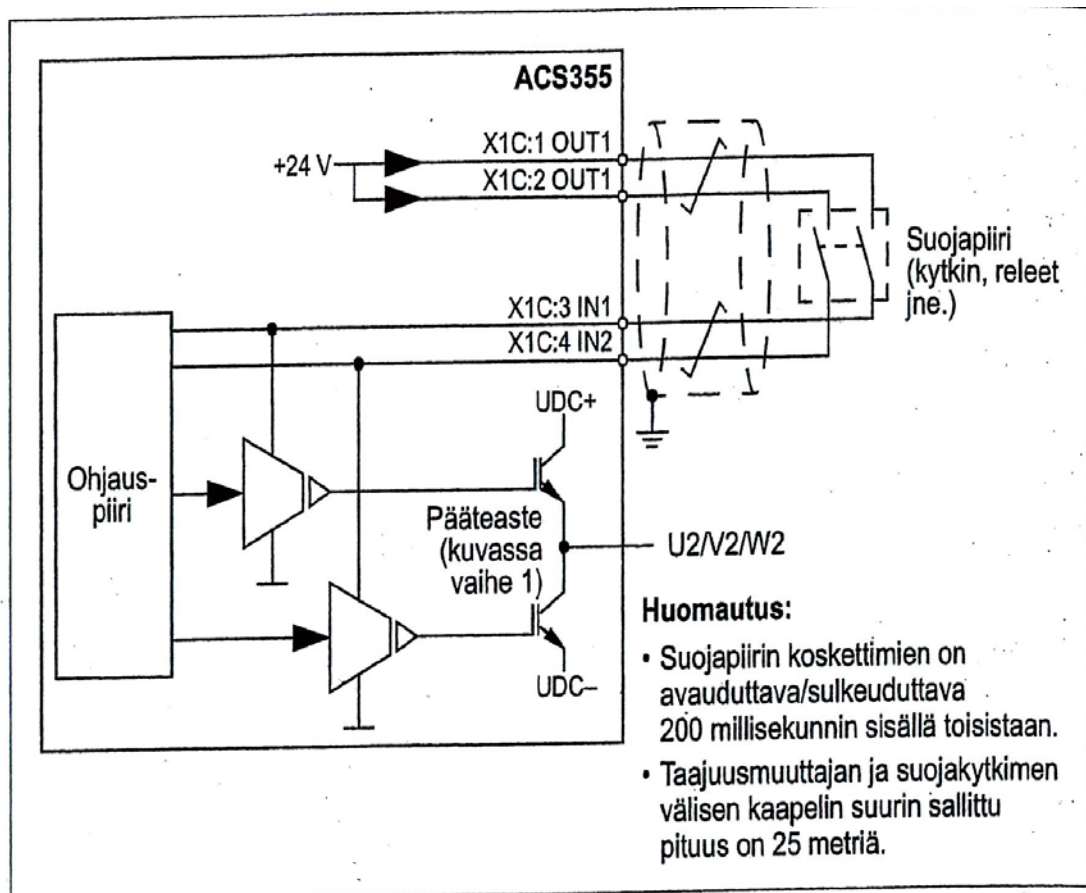




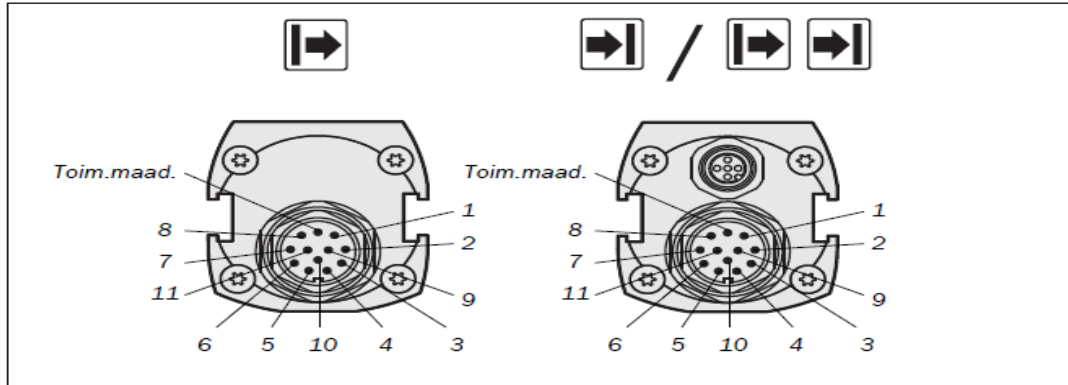
Liite 4. Periaatepiirustus opetuslaitteen huoltoluukun kytkeytymisestä taajuusmuuttajan toimintaan.



Liite 5. Periaatepiirustus suojapiirin kytkemisestä taajuusmuuttajan STO (Safe torque off) -toimintoon.



Liite 6. Valokennopuomien M4000 A/P kytkennät.



Nasta	Johdinväri	☒ Lähetin	☒ Vastaanotin tai ☒☒ M4000 Advanced A/P
1	Ruskea	Tulo 24 V DC (jännitteensyöttö)	Tulo 24 V DC (jännitteensyöttö)
2	Sininen	0 V DC (käyttöjännite)	0 V DC (käyttöjännite)
3	Harmaa	Testauksen tuloliitântä: 0 V: ulkopuolinen testi aktivoituna 24 V: ulkopuolinen testi deaktivoituna	OSSD1 (lähtö 1)
4	Vaalean- punainen	Varattu	OSSD2 (lähtö 2)
5	Punainen	Varattu	Reset/uudelleenkäynnistys tai Reset/override (yhdistetty) <sup>6)</sup>
6	Keltainen	Varattu	Kontaktorivalvonta (EDM)
7	Valkoinen	Varattu	Hälytyslähtö (ADO)
8	Punainen/ sininen	Varattu	Reset tarpeellinen
9	Musta	Laitteen kommunikaatio (EFl <sub>A</sub> )	Laitteen kommunikaatio (EFl <sub>A</sub> )
10	Violetti	Laitteen kommunikaatio (EFl <sub>B</sub> )	Laitteen kommunikaatio (EFl <sub>B</sub> )
11	Harmaa/ vaalean- punainen	Varattu	Hihnan pysähtyminen/C1 (vain yhdessä UE403:n tai sens:Control-laitteen kanssa)
Toim. maad.	Vihreä	Toiminnallinen maadoitus	Toiminnallinen maadoitus