



# **Turvallisen ja joustavan robottisolun rakentaminen**

Mikko Raitinpää

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2016  
YAMK  
Automaatioteknologia

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto  
Automaatioteknologian suuntautumisvaihtoehto

RAITINPÄÄ, MIKKO:

Turvallisen ja joustavan robottisolun rakentaminen

Opinnäytetyö 64 sivua, joista liitteitä 6 sivua  
Toukokuu 2016

---

Robottien käyttö teollisuudessa lisääntyy jatkuvasti. Tuotantoa pyritään kasvattamaan ja samalla henkilöstökuluja pyritään karsimaan. Erilaisien komponenttien tarjonta lisääntyy ja robottien avulla pystytään tekemään muutakin kuin kappaleiden vaihtoa. Robotteja käytetään nykyään hyödyksi myös kokoonpanotyössä sekä laadunvarmistustehtävissä. Työntekijän turvallisuuteen on kiinnitettävä yhä enemmän huomiota, sillä robottien kehittyessä myös niiden nopeus ja monipuolisuus lisääntyvät. Tämän työn tarkoitus on luoda toimintamalli turvallisen ja joustavan robottisolun rakentamisesta. Olen teettänyt kyselytutkimuksen pirkanmaalaisilla metallialan yrityksillä. Tutkimuksessa selvitin, miten yritykset kokevat joustavuuden ja ovatko koneiden ja laitteiden dokumentointi kunnossa.

Tutkimuksessa selvisi, että usea yritys rakentaa robottisolun itse, eikä osta valmista kokonaisuutta avaimet käteen -periaatteella. Myös robottisoluun liittyvä dokumentointi unohtuu herkästi. Tutkimuksen mukaan kaikkien yritysten robottisoluissa ei ole CE-merkintää. Automaation lisääntyessä joskus jopa yrityksen avainhenkilö toimii työnjohtajana, asentajana ja myöhemmin käyttäjänä, jolloin vastuualueiden jakaminen unohtuu. Huonon suunnittelun takia yritys kärsii myös myöhemmin robottisolua käytettäessä. Suuri osa työtapaturmista sattuu edelleen kappaleen käsittelystä tai henkilön liikkumisesta tai putoamisista johtuen. Tämän vuoksi riskien kartoitus on tehtävä monen eri osapuolen toimesta.

Robottisolun toteuttaminen kannattaakin aloittaa huolellisella tarpeiden kartoituksella. Mitä toimintoja soluun halutaan, sillä se vaikuttaa suoraan työntekijän työtehtäviin. Lisäksi layout-suunnittelu on oltava huolellista, sillä työntekijän kulku pitää olla mahdollisimman esteetöntä. Jatkuva seuranta pitää robottisolun joustavana ja turvallisena.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences, Master`s Degree  
Degree programme in Automation Technology

**RAITINPÄÄ, MIKKO:**  
Construction of Safe and Flexible Robot Cell

Bachelor's thesis 64 pages, appendices 6 pages  
May 2016

---

The use of robots in industry is steadily increasing. The production aims to increase and at the same time personnel costs are intended to be cut down. The supply of the various components is increasing and robots make it possible to do more than the exchange of pieces. Robots are now used for the benefit of the assembly work and quality assurance tasks. To the employees` safety more and more attention should be paid as in development of robots both their speed and versatility increases. The purpose of this work is to create an operating model of how a secure and flexible robot cell is constructed. I carried out a survey in the local metal industry companies. The study examines how companies are experiencing the flexibility and whether the documentation of machinery and equipment is in order.

The study revealed that many attempt to build a robot cell themselves, rather than buy the complete system of turnkey principle. Also documentation related to the robot cell is forgotten easily. According to the survey of all the companies` robot cells do not have CE-marking. Automation increases, sometimes even company executives work as foremen, fitters and later as users, so that sharing of responsibilities is forgotten. Because of bad design the company also suffers later when the robot cell is in use. Much of the work accidents continue to happen in the workpiece handling or movement of a person or due to falls. Therefore, risk assessment should be carried out by several different parties.

Implementation of the robot cell should start with a careful mapping of the needs. What are the features of a desired cell, as it directly affects employee`s duties. In addition, the layout design must be careful, because the employee`s movement needs to be as barrier-free. Continuous follow-up keeps the robot cell as flexible and safe.

---

Key words: robot, robot cell, safety, CE-marking

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ROBOTTIEN KÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA .....	8
2.1	Robottien määritelmä.....	8
2.2	Robottityypit ja määritelmät .....	8
2.3	Robottien käyttökohteet teollisuudessa .....	11
2.4	Teollisuusroboteilla tapahtuneet tapaturmat .....	11
3	KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET .....	16
3.1	Robottien käyttö.....	16
3.2	Robottisolun joustavuus.....	18
3.3	Robottisolun turvallisuus .....	23
4	RISKIEN ARVIOINTI.....	25
4.1	Riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen strategia .....	25
4.2	Vaarojen tunnistaminen .....	27
4.3	Riskin suuruuden arviointi.....	28
4.3.1	Vahingon vakavuus.....	28
4.3.2	Vahingon esiintymistodennäköisyys.....	28
4.4	Riskin merkityksen arviointi.....	29
5	ROBOTTISOLUN SUUNNITTELU.....	30
5.1	Robottisolun direktiivit ja standardit .....	30
5.2	Suojusten ja turvalaitteiden yleiset vaatimukset.....	31
5.3	Pysäytystoiminnot.....	32
5.4	Käynnistys ja uudelleenkäynnistys .....	33
5.5	Energian erottaminen ja purkaminen .....	33
5.6	Hallintaelimet.....	33
5.7	Robotin turvaetäisyydet .....	34
5.8	Turva-aidan vaatimukset.....	35
5.9	Turvalogiikan vaatimukset .....	35
5.9.1	Käsiäjotila .....	36
5.9.2	Etäkäyttötila .....	36
5.9.3	Turvakytkimet.....	37
5.9.4	Laserskanneri .....	37
5.9.5	Turvakamera .....	38
5.9.6	Turvavaloverhot .....	39
5.9.7	Turvamatto .....	39
5.9.8	Työstökone osana turvapiiriä .....	40
5.10	Materiaalinkäsittely .....	40

5.10.1	Manuaaliset latausasemat.....	40
5.10.2	Materiaalivirta turva-alueelle.....	41
5.10.3	Operaattorin ja robotin yhteinen työtila.....	41
5.11	Turvallisuusvaatimusten todentaminen ja vahvistaminen.....	42
5.12	Ergonomian merkitys.....	43
6	ROBOTTISOLUN TOTEUTUS.....	44
6.1	Projektin aikatoteutus.....	44
6.1.1	Tehtäväluetteloiden laatiminen.....	45
6.1.2	Tehtävien työmäärien arviointi.....	46
6.1.3	Tehtävien riippuvuuksien selventäminen.....	46
6.1.4	Aikataulutekniikat.....	46
6.1.5	Paikka-aika -kaaviot.....	48
6.1.6	Aikataulun valvonta.....	48
6.2	Projektin epäonnistumisen syitä.....	49
7	DOKUMENTOINTI.....	50
7.1	Vaatimustenmukaisuusvakuutus.....	50
7.2	CE-merkintä.....	50
8	ROBOTTISOLUN PILOTOINTI.....	52
8.1	Lähtötilanne.....	52
8.2	Robottisolun toteutusvaihe.....	53
8.3	Robottisolun tilanne opinnäytetyön valmistuessa.....	54
9	POHDINTA.....	56
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET.....	58

**ERITYISSANASTO**

riski	vahingon esiintymistodennäköisyyden ja kyseisen vahingon vakavuuden yhdistelmä
vaara	vahingon mahdollinen lähde
vahinko	fyysinen vamma tai terveyshaitta
vaaravyöhyke	koneen ympärillä oleva tila, jossa henkilö voi altistua vaaralle
suojaus	koneen osaksi suunniteltu suojauksesta huolehtiva fyysinen este
turvalaite	muu suojaustekninen laite, kuin suojus
odottamaton käynnistyminen	mikä tahansa käynnistymien, joka aiheuttaa vaaraa henkilöille
mykistäminen	turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien aikaansaama turvatoiminnon (-toimintojen) tilapäinen automaattinen keskeyttäminen
operaattori	henkilö, joka työskentelee robottisolussa

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on luoda toimintamalli turvallisen ja joustavan robottisolun rakentamiseen. Aihe valikoitui työnantajan tarpeiden mukaan. Sastamalan koulutuskuntayhtymä omistaa kappaleenkäsittelyrobotin, jonka kiinteää asennusta on mietitty jo vuodesta 2012 lähtien.

Projektin toteuttaminen tuli ajankohtaiseksi, kun robotille hankittiin työstökeskus, jolle robotti syöttää aihioita. Oppilaitoksella ei ollut suoraa osaamista vaadittavan CE-merkin-täytön tekemiseen. Tämän työn lopputuotoksena on vaatimustenmukaisuusvakuutuksen antamiseen vaadittavien dokumenttien laatiminen.

Työssä selvitetään konedirektiivin 2006/42/EY vaatimuksen robottisolujen turvallisuuden liittyen. Samalla selvitetään, mitä standardeja noudattamalla valmistaja voi vakuuttaa, että robottisolu on direktiivin mukainen. Riskien arviointi on oleellinen osa robottisolujen rakentamista, joten siihen kiinnitetään erityistä huomiota.

Työssä teetettiin kyselytutkimus pirkanmaalaisille kone - ja metallialan yrityksille, joissa käytetään teollisuusrobotteja. Kyselytutkimuksen tulokset analysoitiin. Lisäksi analysoin tapaturmavakuutuslaitosten liiton tapaturmatilastoja.

Yleensä robottisolun rakentaminen on projekti, joka viedään alusta loppuun. Tässä työssä esitellään aikatoteutetun projektin vaiheet. Sastamalan koulutuskuntayhtymän robottisolun rakentaminen oli jo alkanut, kun tämän työn aloitin. Toteutusmallin käyttöönotto projektin ollessa jo käynnissä on haasteellista. Tämän vuoksi robottisolun toteutus pitää aloittaa projektin suunnittelulla. Tämän työn lopputuloksena on toimintamalli, miten robottisoluprojekti kannattaa toteuttaa.

## **2 ROBOTTIEN KÄYTTÖ TEOLLISUUDESSA**

### **2.1 Robottien määritelmä**

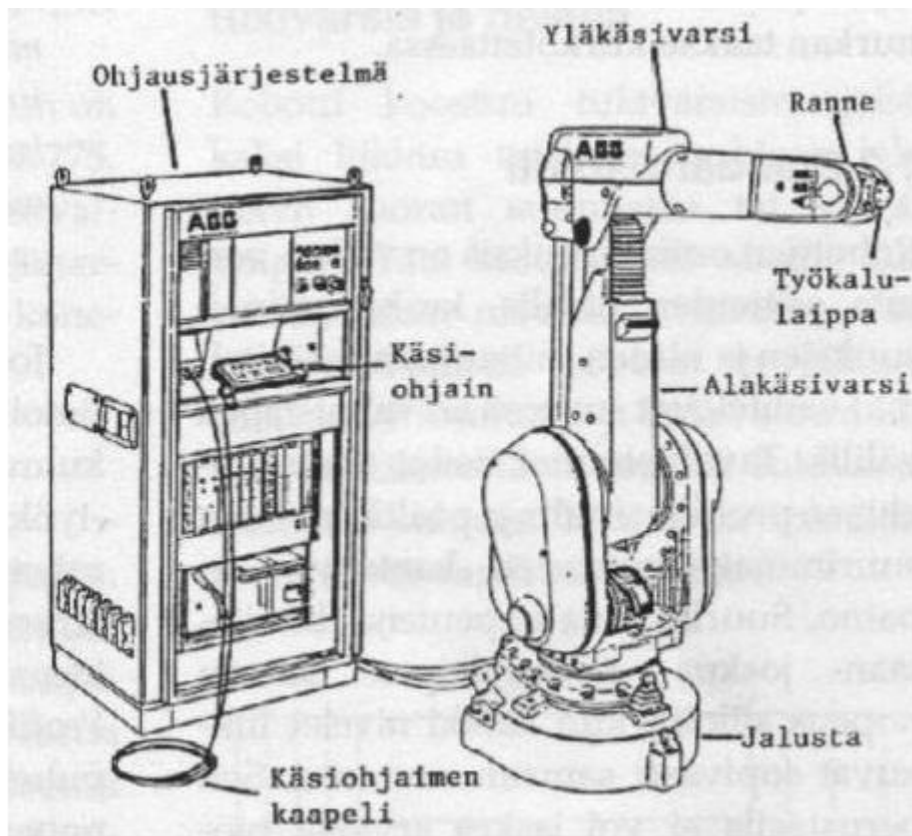
Kansainvälisen robottiyhdistyksen määritelmän mukaan robotti on uudelleen ohjattavissa oleva monipuolinen vähintään kolminivelinen mekaaninen laite, joka on suunniteltu liikuttamaan kappaleita, osia, työkaluja tai erikoislaitteita ohjelmoitavin liikkein monenlaisien tehtävien suorittamiseksi teollisuuden sovelluksissa. Uudelleen ohjelmoitavuus on siis olennaista, mutta nykyaikaisessa aistinohjatussa robottisovelluksissa pelkkä uudelleen ohjelmoitavuus ei riitä, vaan robotit on saatava muodostamaan tuotteiden suunnittelutiedoista ja ympäristömallista liikeratansa, jota päivitetään prosessia tarkkailevien antureiden avulla. (Kuivanen 1999, 13.)

### **2.2 Robottityypit ja määritelmät**

Teollisuusrobotteja valmistaa useampi sata yritystä ja niiden valikoimaan kuuluu useampia robottimalleja, joten erilaisia teollisuusrobotteja on suunniteltu useita tuhansia. Standardi ISO 8373 määrittelee teollisuusrobottien sanastoa ja myös yleisimmät robottimallit mekaanisen rakanteen mukaan.

Yksinkertaistettuna teollisuusrobotti on mekaaninen kone, joka siirtää työkalun kiinnitys-laippaa halutulla tavalla. Liikerata voi olla kokonaan etukäteen määritelty, toimintaympäristön tapahtumien perusteella valittava tai antureiden perusteella liikkeiden aikana luotu. Robotin jalustan ja työkalun välissä on tukivarsia, joita nivelet liittävät toisiinsa. Niveleitä liikuttavat takaisinkytketysti ohjattavat servotoimilaitteet. Kuvassa 1 on tyypillinen teollisuusrobotti ja sen tärkeimmät komponentit. (Kuivanen 1999, 12–13.)





KUVA 1 Teollisuusrobotti ja tavallisimmat komponentit (Kuivanen 1999, 13.)

Robotti koostuu tukivarsista, joista kaksi liikkuu toistensa suhteen joko tiedetyn suoran suunnassa tai suoran ympäri. Tätä käsitteellistä akselia kutsutaan usein niveleksi. Nivelten avulla tukivarret muuttavat keskinäisiä asentoja ja asemiaan. Yhtä robotin perusliikettä eli niveltä sanotaan vapausasteeksi. Vapausasteet ovat teollisuusroboteissa kiertyviä tai suoraa. (Kuivanen 1999, 15.)

Vakiintuneita robottityyppejä ovat:

- Suorakulmaiset robotit
  - Suorakulmaisten robottien kolme ensimmäistä vapausastetta ovat lineaarisia.
- Scara-robotit
  - Scara-robotin kolmella kiertyvällä nivelellä työkalu saadaan tasolla oikeaan kohtaan ja kiertymäkulmaan. Neljäs lineaarinen pystyliike on työtason normaalin suuntainen. Scara-robotti muistuttaa ihmisen vaakatasossa liikkuvaa käsivartta, mutta ranteeseen on asennettu pystyjohde.
- Kiertymäniveliset robotit
  - Kiertymänivelisessä robotissa kaikki vapausasteet ovat kiertyviä ja näitä ovat tavallisimmat teollisuusrobotit

- Sylinterirobotit
  - Sylinterirobotin nimitys on luonnollisesti peräisin sylinterikoordinaatiosta
- Napakoordinaatistorobotit
  - Pallomainen, sisältää kaksi kiertyvää ja yhden lineaarisen akselin
- Rinnakkaisrakennerobotit
  - Kytkemällä mekaanisia vapausasteita eritavalla yhteen saadaan lukuisia erilaisia robotteja.
- (Kuivanen 1999, 16–17.)

Nimitys pääakseleiden mukaan	Rakenne	Kinemaattinen kaavio	Työalue
Suorakulmainen robotti			
Sylinterirobotti			
Napa-koordinaatistorobotti			
Scara-robotti			
Kiertyvänivelinen robotti			
Rinnakkaisrakenteinen robotti			

Kuva 2 Yleisimpien robotityyppien rakenne-esimerkkejä (ISO 8373) (Kuivanen 1999, 12.)

### 2.3 Robottien käyttökohteet teollisuudessa

Robottien käyttökohteet laajenevat jatkuvasti. Tuotantoa pyritään tehostamaan, jolloin robotiikka tulee ajankohtaiseksi. Jokaisessa tapauksessa työn robotisointi ei ole kannattavaa. Siksi etukäteen suunnittelu on ehdottoman tärkeää. Teollisuusrobottien yleisimmät käyttökohteet ovat:

- työstökoneen panostus
- lavaus
- kappaleiden siirrot
- hionta, kiillotus ja jäysteenpoisto
- viimeistely
- kokoonpano
- hitsaaminen
- kappaleiden tarkastus
- laadunvarmistus
- pintakäsittely

### 2.4 Teollisuusroboilla tapahtuneet tapaturmat

Suomisen ja Kuivasen (1992) mukaan niin moni työvaihe on sijoitettava robottisolun ulkopuolelle, kuin mahdollista. Myös robotin vaara-alue on pidettävä mahdollisimman pienenä. Vaaroja, joita robotti aiheuttaa ovat:

- robotit ovat voimakkaita
- roboteilla on laaja liikealue
- roboteilla on pitkä pysähtymismatka.

Suominen ja Kuivanen (1992) toteavat myös, että robottisolua suunniteltaessa on huomioitava erityisesti järjestelmän käyttöönottokoulutus. Tässä tärkeänä osana he pitävät turvallisuuskoulutusta.

Tuoreimmat teollisuusrobottien käytöstä aiheutuneet tapaturmatilastot, jotka löysin, olivat vuodelta 2003 ja 2004. Malm (2008) on kirjassaan käyttänyt Tapaturmavakuutuslaitosten liiton tilastoja hyödyksi. Robottien käyttöön liittyvien tapaturmien etsiminen am-

mattiryhmittäin tai toimialoittain on Malmin (2008) mukaan mahdotonta. Hän oli käyttänyt hakusanaa ”robotti”. Hänen mukaansa vuosina 2003 ja 2004 sattui 72 tapaturmaa (taulukko 1). Näistä teollisuudessa tapahtui 67 ja rakennusalalla 4 sekä maa-, riista- ja metsätaloudessa 1. Hän on kirjassaan poistanut tapaturmat, joiden kuvauksien mukaan tapaturmaa ei voinut olettaa aiheutuneen robotin tai sen käytön takia. Täten hänen mukaansa kaikista tapaturmista 0,12 % on robottitapaturmia.

*Taulukko 1 Teollisuuden tapaturmien luokittelu toiminnan luonteen, tapaturmaan johtaneen syyn tai seurauksen mukaan. (Malm, 2008)*

Tapaturmien luokittelu toiminnan luonteen mukaan	Lukumäärä	% kaikista
Tuotanto	9	13
Käytön tukitehtävät: asetukset/ säätö/ ohjelmointi, - Koneen käyttäjän tekeminä	22	33
Häiriön poisto	10	15
Huolto, kunnossapito, ulkopuolinen huoltomies	4	6
Työvaihe tuntematon	22	33
<b>Tapaturmien luokittelu syyn tai seurauksen mukaan</b>		
Robotin liike tai toiminta	14	21
Esineiden ja työkalujen käsitteleminen	26	39
Liikkuminen, liukastuminen, nyrjähdykset	19	28
Hitsausrobotilla työskennellessä silmät	3	4,5
Muut	5	7,5

Päätin selvittää Tapaturmavakuutusten liiton (TVL) yhteyshenkilöltä palkansaajille sattuneet tuoreimmat robottitapaturmat. Sain heiltä tapaturmahaun tulokset hakusanalla ”robo” vuosilta 2003- 2012. Taulukossa 2 ovat tilastot toimialoittain.

*Taulukko 2 Tapaturmapakkiaineiston tilanne toimialoittain 1.7.2015, (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, TVL/Janne Sysi-Aho)*

TOIMIALA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
A Maa-, metsä- ja kalatalous	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	4
B Kaivostoiminta ja louhinta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
C Teollisuus	36	43	54	45	42	46	43	40	39	35	423
D Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto, jääh	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
F Rakentaminen	3	1	1	3	1	3	0	1	4	1	18
G Tukku- ja vähittäiskauppa	3	5	3	6	8	6	3	3	3	3	43
H Kuljetus ja varastointi	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3
J Informaatio ja viestintä	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M Ammatill., tiet. ja tekn. toiminta	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3
N Hallinto- ja tukipalvelutoiminta	1	0	0	2	3	2	0	1	2	2	13
O Julk. hall. ja maanp., pl. kuntas.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
P Koulutus	0	0	0	2	0	0	0	1	3	0	6
S Muu palvelutoiminta	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z Kuntasektori	2	2	0	4	2	6	7	8	11	16	58
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

Saamieni tilastojen mukaan vuosina 2003- 2004 sattui yhteensä 98 robottien käyttöön liittyvää tapaturmaa. Näin ollen Malm (2008) on kirjassaan jättänyt tilastoinnissaan osan tapaturmista pois, koska hän ei pitänyt suoranaisesti robotin tai sen käytön aiheuttamana. Pidän omat saamani tilastot alkuperäisinä, sillä turvallisen robottisolun yksi ominaisuus on, että siellä sattuisi nolla tapaturmaa, oli sen aiheuttanut syy mikä tahansa.

Tarkastelen vuotta 2012, joka on otannan tuorein vuosi. Silloin palkansaajille on sattunut teollisuuden toimialalla 35 tapaturmaa, jonka tilannekuvauksessa on käytetty kirjainyhdistelmää robo. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2012 palkansaajille sattui teollisuuden toimialalla yhteensä 8383 työpaikkatapaturmaa. Näin ollen prosentuaalinen osuus on noin 0,42 %.

Pyysin Tapaturmavakuutuslaitosten liitolta tapaturmatilastot eri näkökulmista. Kaikki näkökulmat löytyvät liitteestä 1. Ohessa on kuitenkin vielä muutama, joihin kiinnitin erityisesti huomiota. Seuraavassa taulukossa 3 on eritelty tapaturmat työsuoritusten mukaan.

*Taulukko 3 Tapaturmapakkiaineiston tilanne työsuoritteina 1.7.2015, (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, TVL/Janne Sysi-Aho)*

TYÖSUORITUS	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
työsuorit. ei tietoa vahinkoselvityksessä	3	4	0	2	0	1	2	1	0	2	15
koneen käyttäminen	10	19	20	20	15	18	15	12	12	10	151
käsi- ja työkaluilla työskenteleminen	5	5	4	7	2	3	1	2	6	5	40
kulkun. tai siirtol. ohjaus tai matkustam.	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	5
esineiden käsittelyminen	7	12	17	16	17	20	15	15	18	15	152
taakan käsivoimin siirtäminen	3	3	7	5	7	8	4	3	7	3	50
henkilön liikkuminen	13	8	10	6	11	11	16	18	15	16	124
paikallaan oleminen työpisteessä	3	1	2	2	2	2	0	1	1	2	16
muut luettelemattomat työsuoritukset	0	1	1	5	3	1	2	3	5	4	25
<b>YHT</b>	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

Taulukosta voidaan päätellä, että suurin osa tapaturmista aiheutuu koneen käytöstä ja esineiden käsittelystä. Myös henkilön liikkuminen on yksi merkittävä tekijä. Näiden tietojen perusteella robottisolua suunniteltaessa on kuvattava huolellisesti työntekijän tehtävät; Minkälaisia nostotöitä hän työpäivän aikana tekee ja toisaalta minkälaisessa ympäristössä hän liikkuu? Kompastumisen vaara ja putoamisen vaara pitää ottaa työaluesuunnittelussa huomioon.

Taulukko 4 käsittelee kyseiset tapaturmat työntekijän iän mukaan luokiteltuna.

Taulukko 4 Tapaturmapakkiaineiston tilanne ikäryhmittäin 1.7.2015, (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, TVL/Janne Sysi-Aho)

IKÄ	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
15-19	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	16
20-24	8	8	6	13	14	8	11	5	5	6	84
25-29	5	12	10	8	8	13	10	5	14	11	96
30-34	10	7	11	12	7	14	4	5	7	4	81
35-39	10	8	6	4	8	7	3	7	11	3	67
40-44	5	5	10	12	6	8	10	6	8	10	80
45-49	2	7	5	7	4	2	4	13	5	7	56
50-54	1	3	8	3	2	5	5	5	7	7	46
55-59	2	2	2	2	6	6	4	4	4	7	39
60-64	1	0	2	0	2	0	1	4	1	2	13
<b>YHT</b>	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

Eniten tapaturmia sattuu alle 30- vuotiaille henkilöille. Nämä henkilöt ovat yleisesti ottaen kokemattomampia, kuin vanhemmat. Tätä taulukkoa voisi analysoida enemmän, jos olisi tilastotietoa robottien kanssa työskentelevien työntekijöiden iästä. Yleinen oletamus on, että vanhemmat työntekijät välttelevät robottien käyttöä. Mutta onko niin oikeasti?

Taulukossa 5 on esitetty tapaturmat vakavuuden mukaan.

Taulukko 5 Tapaturmapakkiaineiston tilanne vakavuusasteittain 1.7.2015, (Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, TVL/Janne Sysi-Aho)

VAKAVUUS	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
kuollut	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
tuntem.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
180+ tai eläke	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
91-180 pv	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	6
31-90 pv	1	3	4	3	5	5	0	5	4	2	32
15-30 pv	3	5	3	0	5	5	6	7	3	3	40
7-14 pv	9	8	8	10	11	10	10	6	12	8	92
4-6 pv	9	11	10	18	8	9	8	9	11	11	104
0-3 pv	21	26	34	32	28	33	30	27	35	34	300
<b>YHT</b>	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

Taulukosta voidaan päätellä, että vakavat tapaturmat ovat merkittävästi vähentyneet. Viimeisin kuolemaan johtanut tapaturma on sattunut vuonna 2006. Tapaturmavakuutuslaitosten liiton TOT- raportissa kerrotaan seuraavasti:

”18/06 Laitosmies NN (21-v.) oli selvittämässä kuljetinjärjestelmän häiriötä. Ilmeisesti hän meni pinontarobotin vaara-alueelle kulkuaukosta, mutta robotin toiminta ei pysähtynyt. Häiriön poistuttua robotti jatkoi ohjelman mukaista työkiertoa, jolloin NN jäi puristuksiin kuljetinrataa vasten.”

Nämä tilastot, jotka sain, eivät ole täysin aukottomia, sillä esimerkiksi yrittäjien vakuutuksen ottaminen on vapaaehtoista. Näin ollen tutkin vielä vakavimpia tapaturmia, joista on tehty TOT- raportti. Sieltä löytyi vielä yksi tuoreempi kuolemantapaus. TOT- raportin kuvauksessa sanotaan seuraavasti:

”7/09 Puuseppäteollisuuden yrittäjä NN (49-v.) oli tehnyt robottisolun viimeistelysäästöjä. Solun palakoneen poistokuljettimeen oli tullut häiriö, jolloin NN meni turvaportin kautta solun sisälle. NN oli kammennut hirrenpätkällä poistokuljettimen päätyvastetta. Tällöin NN oli aktivoinut kuljettimen päässä olleen valokennon, joka aikaansai robotin työliikkeen. NN jäi puristuksiin robotin alipainetarttujan ja kuljettimen rakenteiden väliin. NN menehtyi saamiinsa vammoihin viiden päivän kuluttua.”

Huomionarvoista on, että molemmissa kuolemaan johtavissa tapaturmissa kuolinsyy oli puristuminen. Tämä pitää huomioida robottisolua suunniteltaessa. Koneen odottamaton käynnistys täytyy tehdä mahdottomaksi huolellisen riskien kartoitusten avulla.

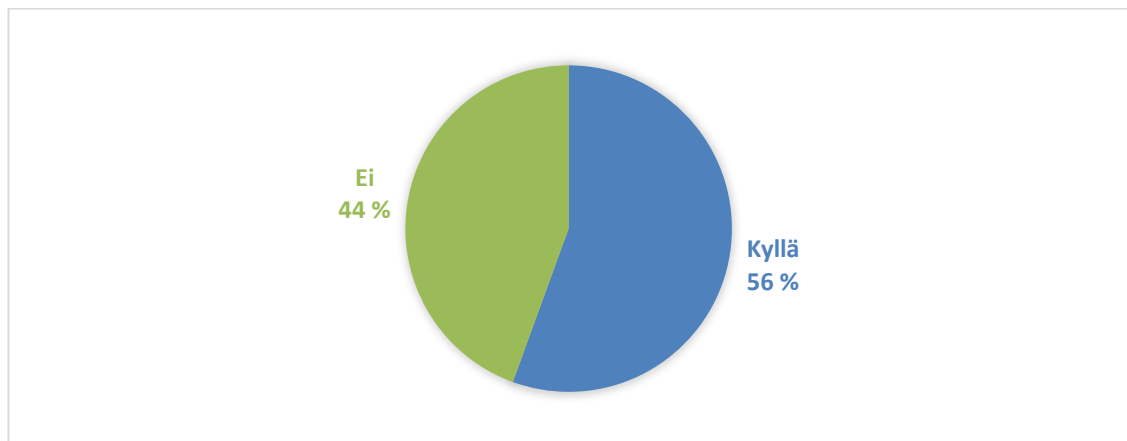
### 3 KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET

Tein tutkimuksen yhdessä toisen ylempää ammattikorkeakoulututkintoa käyvän opiskelijan kanssa. Tutkimuskysymyksemme käsitteli robottien käytön ja turvallisuuden lisäksi myös koneistajan työtehtäviin liittyviä kysymyksiä.

Lähetimme kyselytutkimuksen vastattavaksi 30 pirkanmaalaiseen yritykseen. Määräaikaan mennessä vastauksia saimme yhteensä 18 yrityksestä. Otanta on melko laaja, sillä vastaajien joukossa on useita satoja työllistävästä yrityksestä 10 henkilöä työllistävään yritykseen. Analysoinnissa paljastuikin mielenkiintoisia asioita.

#### 3.1 Robottien käyttö

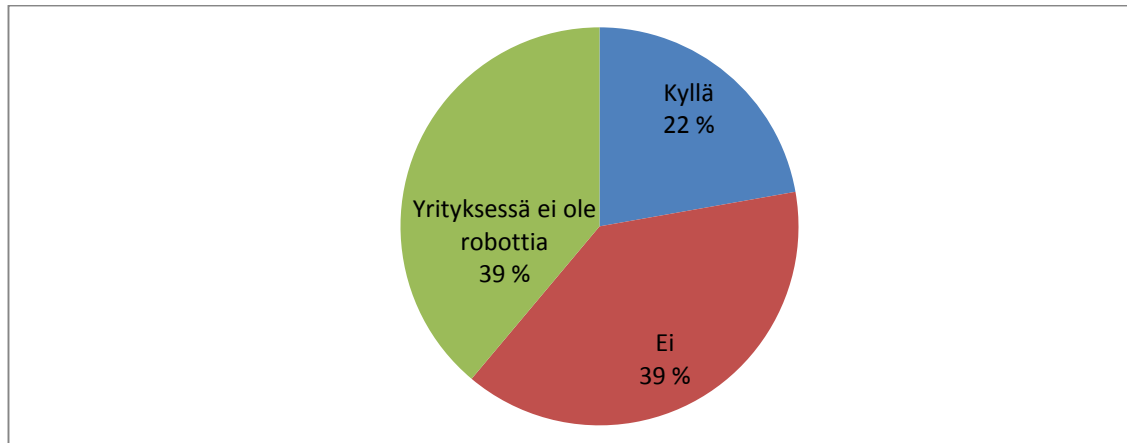
Ensimmäisenä kysymyksenä oli, että onko yrityksessänne käytössä teollisuusrobotteja. 56 % vastaajista oli käytössä yksi tai useampi teollisuusrobotti. Kysymys on kuviossa 1.



KUVIO 1 Onko yrityksessänne käytössä teollisuusrobotteja?

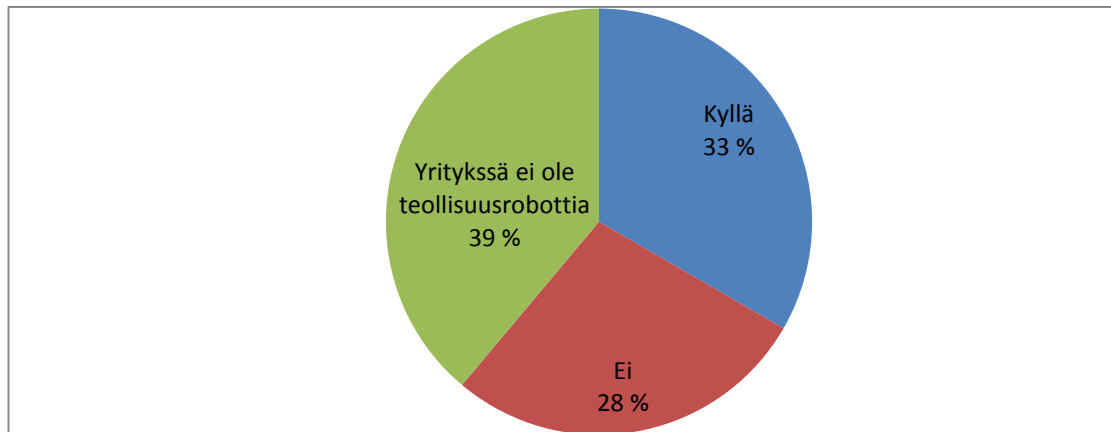
Robottisolun suunnitteluvaiheessa täytyy kuvata toiminnot, joita solussa tapahtuu. Yksi kuvattava asia onkin koulutustaso ja työtehtävät, joita koneen solun operaattorilla täytyy hallita. Yksi tutkimuksen kysymys olikin, että täytyykö työntekijän osata lukea robotin ohjelmointikieltä (kuviot 2). Vastaus hieman yllätti, sillä 39 % vastaajista oli sitä mieltä, että ei tarvitse. Eri merkkisillä roboteilla on eri kieli käytössä. Olisiko niin, että tämä vaatimus vaihtelee eri merkkisien robottien välillä? Tuntuu oudolta, että yövuorossa työskennellessä robotin ohjelmaan tulee vika, joka pitää korjata, niin työntekijä ei sitä pysty tekemään. Varsinkin ajettavan kappaleen vaihdon yhteydessä täytyy jo olemassa oleva ohjelma tarkastaa. Esimerkiksi kappaleen tartuntapiste saattaa olla pielessä millin osia, jolloin robotti saattaa törmätä ja se aiheuttaa tuotannossa katkoksia.





*KUVIO 2 Täytyykö työntekijän osata lukea robotin ohjelmointikieltä.*

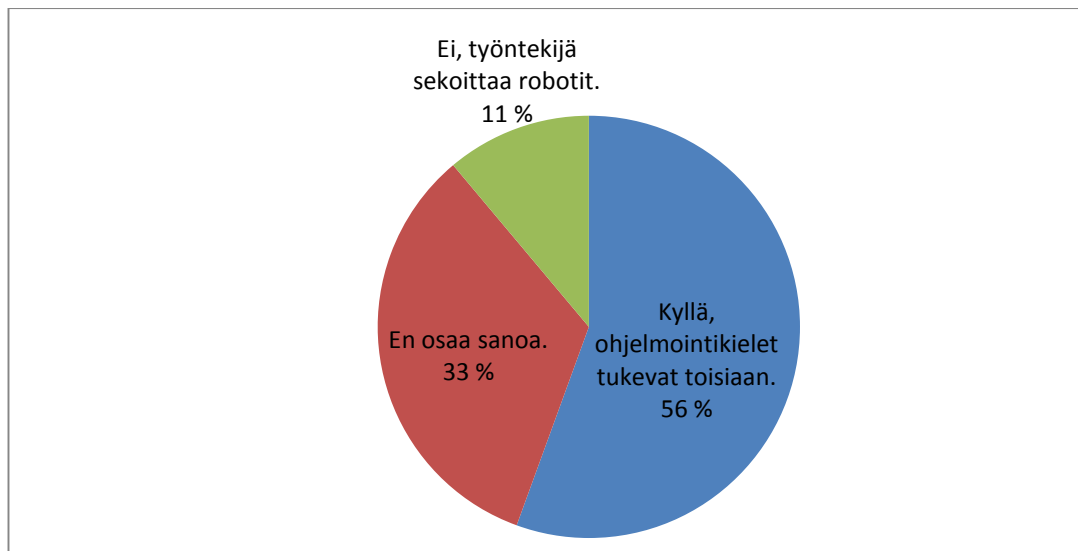
Seuraava kysymys käsitteli robotin käyttöä; Täytyykö työntekijän osata ohjelmoida robottia? Vastausjakauma on oheisessa kuviossa 3.



*KUVIO 3 Täytyykö työntekijän osata ohjelmoida robottia?*

Kysymykseen vastanneista joka kolmas oli sitä mieltä, että pitää. Oletin, että tähän kaikki vastaajat olisivat vastanneet kyllä. Teollisuuden suunta on jatkuvasti automatisoitumassa, jossa työntekijät pärjäävät monipuolisella osaamisella.

Seuraavaksi kysyimme eri robottimerkkien vaikutusta työntekijän työsuoritteeseen. Eli miten yhden robottimerkin käytön osaaminen vaikuttaa, jos työntekijä esimerkiksi vaihtaa työpaikkaa ja uudessa työpaikassa on käytössä eri merkinen robotti. Vastausjakauma löytyy oheisesta kuvioista 4.



*KUVIO 4 Jos työntekijä osaa käyttää robottimerkkiä X. Onko siitä hyötyä, jos yrityksessänne on käytössä toisen merkkinen robotti?*

Suurin osa vastaajista, 56 %, oli sitä mieltä, että minkä tahansa robotin käytön osaaminen tukee käyttäjää toisen robotin käytön opettelussa. Tosin 11 % vastaajista oli sitä mieltä, että työntekijä menee robottien käytössä sekaisin.

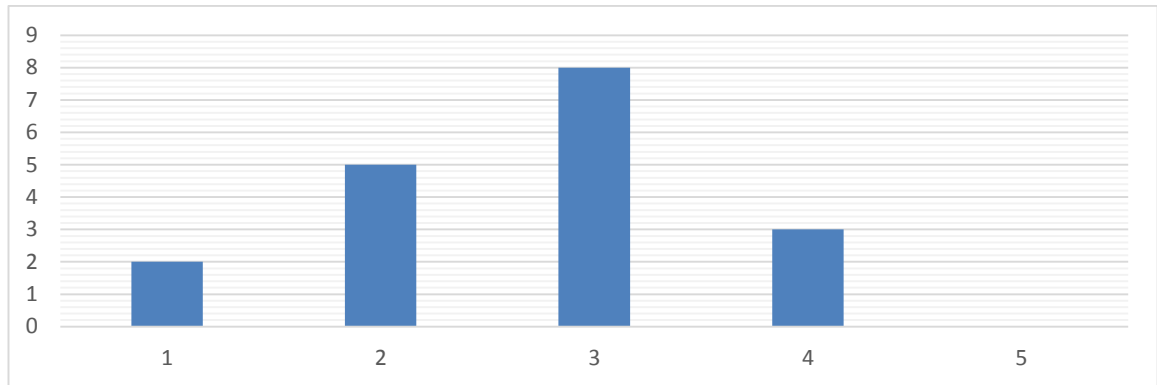
Robottisolua suunniteltaessa on otettava huomioon ne seikat, joita solun käyttäjältä vaaditaan. Riskien arvioinnissa kuvataan tilanteet, jolloin vaaraa aiheutuu. Yksi asia, joka pitää huomioida, on robotin ohjelmaa muokkaava henkilö. Jos robotin käyttäjä muokkaa ohjelmaa ja yrityksessä on käytössä erimerkkisiä robotteja, niin tuleeko silloin tapaturman vaara? Inhimillisen erehdyksen vaara on aina ja robottien erilaiset ohjelmointiominaisuudet kasvattavat virheiden vaaraa.

### 3.2 Robottisolun joustavuus

Seuraavaksi pyysimme vastaajia laittamaan viisi asiaa tärkeysjärjestykseen. Väite kuului: ”Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 on vähiten tärkeä.” Väittämät olivat:

- Kappaleen paletointimenetelmä
- Laadunvarmistus
- Valmistettavan kappaleen vaihtotyö
- Robotin työalue esteetön
- Turvalaitteiden huomaamattomuus

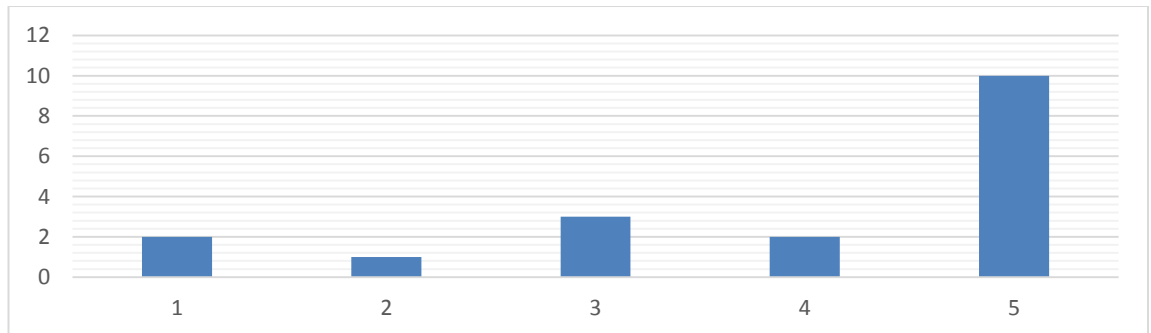
Seuraavaksi käsittelen jokaisen väitteen vastaukset erikseen. Ensimmäisenä väitteen kappaleen paletointimenetelmän saamat vastaukset. Ne ovat oheisessa kuviossa 5.



*KUVIO 5 Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 vähiten tärkeä. Kappaleen paletointimenetelmä..*

Suurin osa vastaajista (8 kpl) sijoitti kappaleen paletointimenetelmän kolmanneksi tärkeimmäksi. Kuvasta pystyy päättämään, että robottisolua suunniteltaessa pitää ottaa hyvin huomioon valmistettava kappale ja sen paletointi. Kaksi vastaajaa oli sen sijoittanut tärkeimmäksi asiaksi.

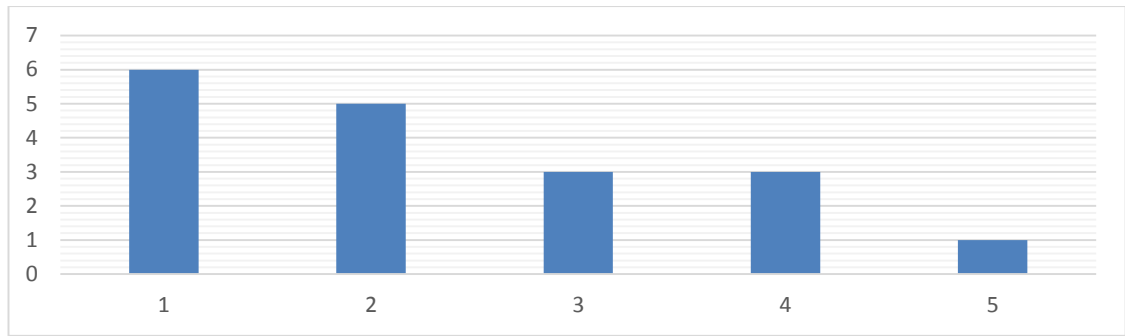
Seuraavaksi tarkastelen väitettä turvalaitteiden huomaamattomuudesta kuviossa 6.



*KUVIO 6 Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 vähiten tärkeä. Turvalaitteiden huomaamattomuus*

Suurin osa vastaajista (10kpl) piti tätä väitettä vähiten tärkeänä, kymmenen vastaajaa. Tämä on hyvä asia, sillä se kertoo sitä, että yritykset eivät välitä turvalaitteiden näkymisestä, vaan pitävät työntekijöiden turvallisuutta tärkeämpänä asiana. Diagrammista huomaa, että myös muut vaihtoehdot ovat saaneet vastauksia.

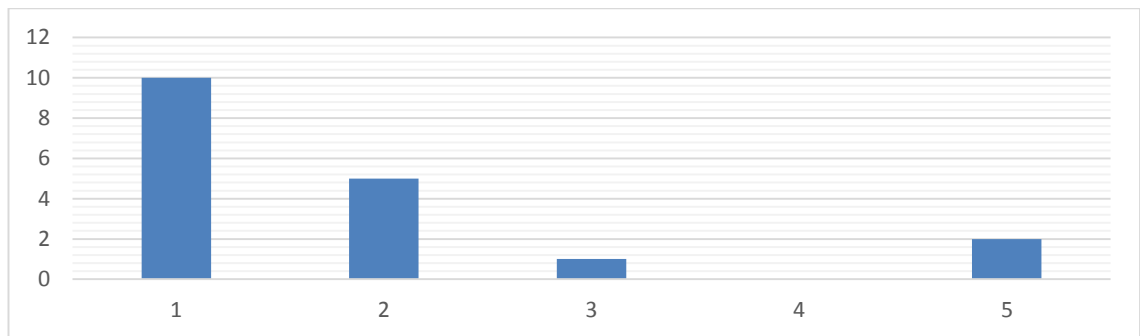
Seuraavaksi käsittelin väitteen laadunvarmistus. Tulokset ovat oheisessa kuviossa 7.



*KUVIO 7 Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 vähiten tärkeä. Laadunvarmistus.*

Laadunvarmistus koettiin tärkeimmäksi ja toiseksi tärkeimmäksi asiaksi. Suomalaiset vientiteollisuuden yritykset pystyvät kilpailemaan laadulla, joten tämä oli hyvin odotettu tulos.

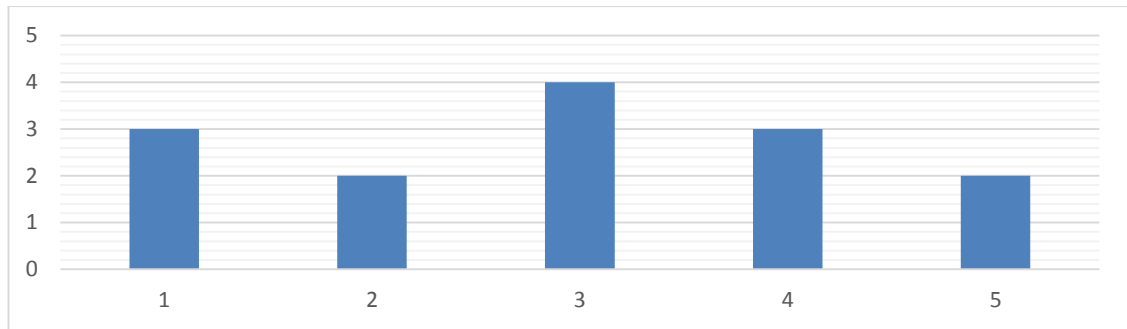
Valmistettavan kappaleen vaihtotyö -väitteen tulokset ovat kuviossa 8.



*KUVIO 8 Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 vähiten tärkeä. Valmistettavan kappaleen vaihtotyö.*

Tämä väite oli vastaajien mielestä tärkeä; Kymmenen vastaajaa asetti väitteen tärkeimmäksi ja viisi toiseksi tärkeimmäksi. Tämä hieman yllätti, sillä pidin itse laadunvarmistusta tärkeimpänä.

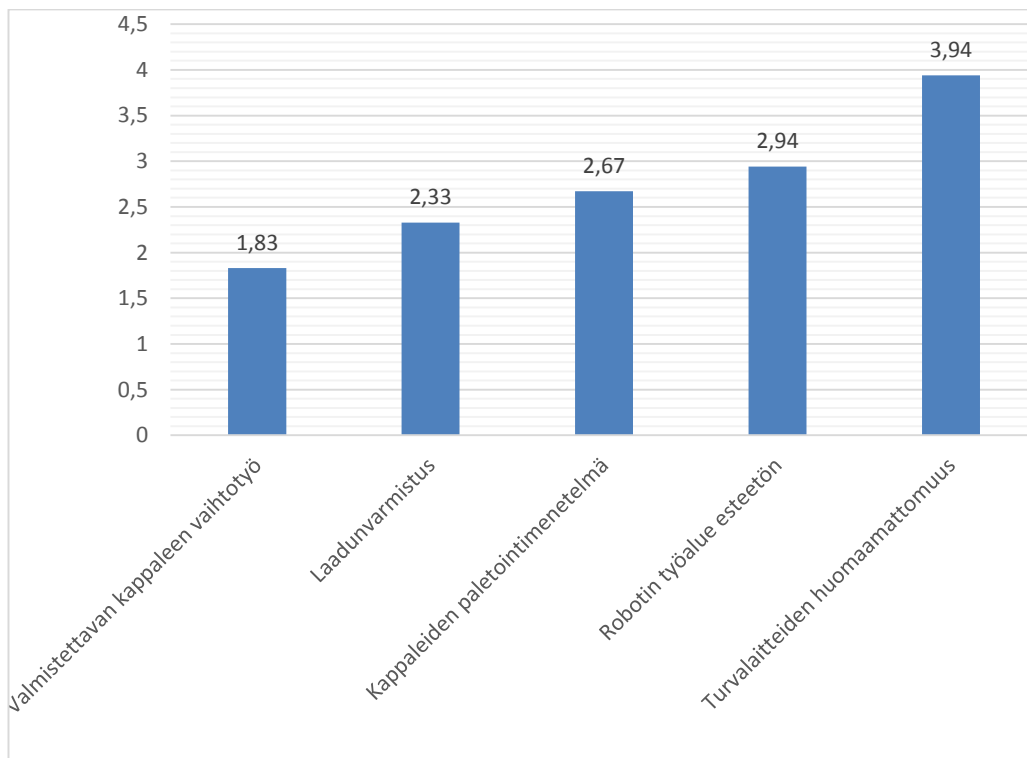
Viimeinen väite oli: Robotin työalue esteetön. Oheisessa kuviossa 9 ovat vastaukset.



KUVIO 9 Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen. 1 on tärkein ja 5 vähiten tärkeä. Robotin työalue esteetön.

Tämä väite jakoi vastaajat tasaisimmin. Eniten vastauksia sai keskimääräinen, eli kolmanneksi tärkein. Tuloksista voi päätellä, että tämä koetaan myös tärkeänä. Siksi suunnitteluvaiheessa täytyy ottaa layoutin suunnittelu tosissaan. Solun toimivuus kärsii, jos soluun pitää heti rakennusvaiheen jälkeen lisätä jokin kone tai laite. Suunnittelijan työ on silloin helpointa, kun hänellä on riittävästi tilaa ja kaikki koneet ja laitteet listattuna, kun hän aloittaa solun suunnittelun.

Jokaista väitettä yksittäin käsitellessä ei tule kokonaiskuva välttämättä tarpeeksi hyvin esille. Siksi tutkin seuraavaksi tämän kysymyksen vastauksien keskiarvot. Niin kysymyksen tuloksia on helpompi tutkia. Tulokset ovat alla olevassa kuviossa 10.



KUVIO 10 "Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen"- kysymyksen keskiarvot.

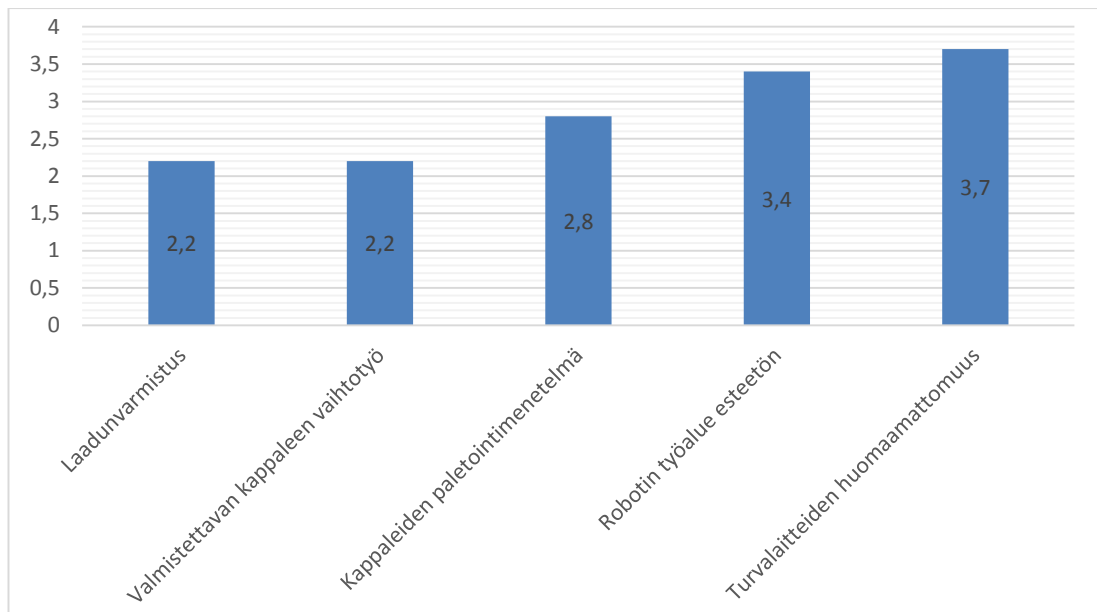
Tärkeimpänä keskiarvollisesti vastaajat pitivät valmistettavan kappaleen vaihtotyötä. Tämä oli hyvin oletettava vastaus, sillä robottisolut ovat käynnissä kolmessa vuorossa ja ne tekevät pitkiä sarjoja. Täten valmistettavan kappaleen vaihtuessa pitää asetusten teon olla sujuvaa ja vähän aikaa vievää.

Toiseksi tärkeimpänä asiana oli laadun varmistus. Tämä onkin jatkuvasti kasvussa, sillä robotille liitetty konenäkösovellus on huomattavasti tarkempi, kuin ihmisen silmä. Koneäön ja muiden erilaisten antureiden avulla valmistetun kappaleen oikeellisuus pystytään helposti todentamaan. Mitä aikaisemmassa vaiheessa valmistusta vika havaitaan, sitä aiemmin siihen pystytään reagoimaan ja siten vähentämään virheellisten kappaleiden määrää. Tämä taas säästää kallista koneaikaa.

Kolmantena oli kappaleiden paletointimenetelmä ja heti perässä oli robotin työalueen esteettömyys. Molemmat asiat ovat avainasiassa robottisolujen suunnittelussa. Suunnittelu- vaiheessa luodaan layout, johon sijoitetaan kaikki koneet ja laitteet, joita soluun tulee. Jos työalue ahdetaan liian täyteen, niin se lisää riskiä. Esimerkiksi kaapeloinnit pitää suunnitella ensisijaisesti niin, että kompastumisvaaraa ei ole. Robotin työalueelle ei myöskään saa tulla katvealuetta, mikä ei näy robottisolun käynnistyspaikalle.

Myös keskiarvoja tarkastellessa voin todeta, että vastaajien mielestä vähiten tärkeä asia robottisolun joustavuuden kannalta on turvalaitteiden huomaamattomuus. Tämä tarkoittaa sitä, että yritykset pitävät hyvin tärkeänä työntekijöidensä turvallisuutta. Joskus turvalaitteet saattavat aiheuttaa aiheettomia pysähdyksiä, mutta yritykset kokevat, että turha pysähdys on parempi asia kuin tapaturma.

Halusin tarkastella tämän kysymyksen vielä siten, että otan mukaan ainoastaan niiden vastaukset, joiden yrityksissä on käytössä robotti. Kuviossa 11 ovat tulokset.

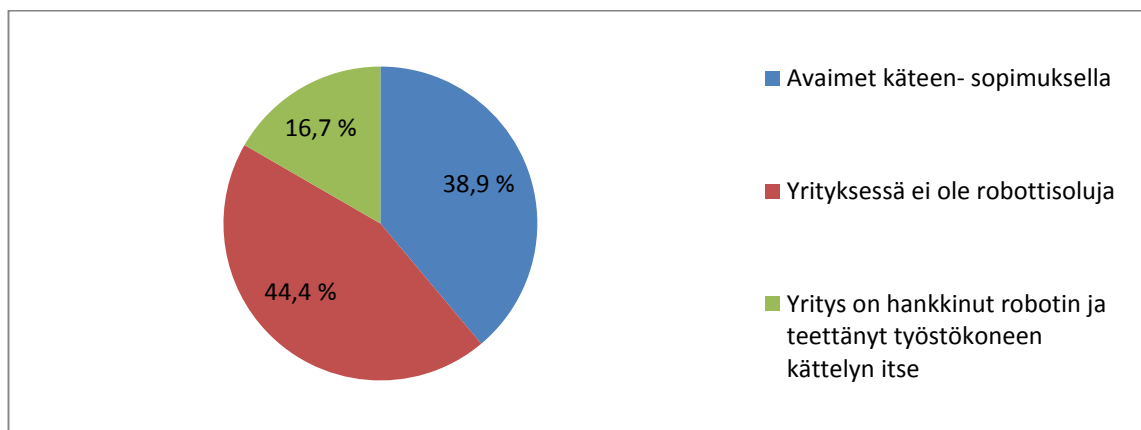


KUVIO 11 "Aseta seuraavat robottisolun joustavuuteen liittyvät väittämät tärkeysjärjestykseen" - kysymyksen keskiarvot, kun on otettu huomioon vain robotteja käyttävien yritysten vastaukset.

Kun otin robotteja käyttävät yritykset, niin ainoastaan yksi merkittävä muutos tapahtui. Vastaajien mukaan laadunvarmistus nousi yhtä tärkeäksi asiaksi, kuin valmistettavan kappaleen vaihtotyö. Tämä vahvisti omaa käsitystäni siitä, että robotteja käytetään yhä enemmän laadunvarmistuksessa erilaisten antureiden ja konenäkösovellusten avulla. Niissä yrityksissä, joissa robotteja ei käytetä tuotannossa, ei välttämättä ole ajanmukaista tietoa siitä, missä erilaisissa sovelluksissa robotteja voidaan käyttää.

### 3.3 Robottisolun turvallisuus

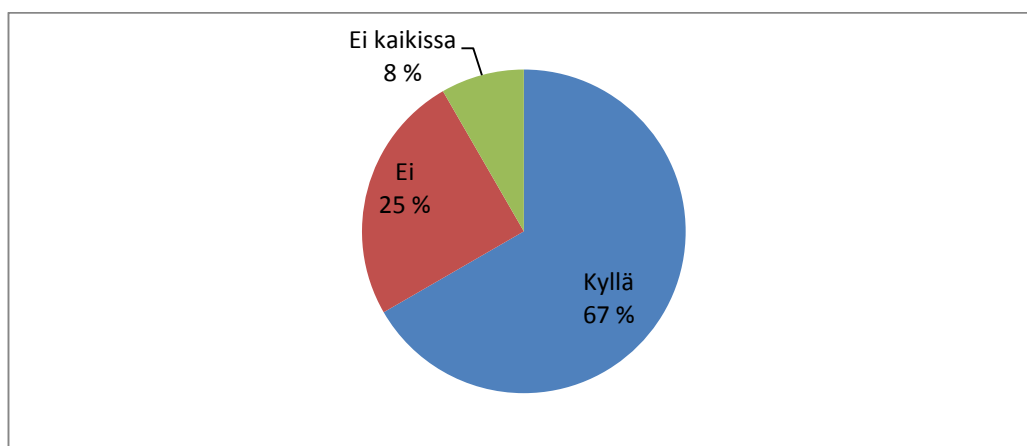
Lähetämässäni kyselyssä oli kaksi robottien turvallisuuteen liittyvää kysymystä. Ensimmäinen kysymys oli: Miten robottisolu on yrityksessäsi toteutettu? Oheisessa kuviossa 12 on tulokset.



KUVIO 12 Robottisolu yrityksessänne on toteutettu.

Vastaajista lähes 40 % on hankkinut robottisolun avaimet käteen -periaatteella. Se tarkoittaa sitä, että myyjä on toimittanut kaikki tarvittavat dokumentoinnit koneen mukana sekä kiinnittänyt koneeseen CE-merkinnän. Tämä merkintä takaa, että koneen valmistuksessa on käytetty kaikkia niitä ohjeita ja määräyksiä, joita kyseisen koneen valmistamisessa vaaditaan. 16,7 % vastaajien yritykset ovat rakentaneet robottisolun itse. Tällöin yritys on samalla valmistaja, joten heidän täytyy itse tehdä tarvittavat testaukset sekä dokumentoinnit. Myös CE-merkintä pitää kiinnittää koneeseen.

Viimeinen kysymys oli melko suora: Robottisoluissa on CE-merkintä. Tulokset ovat alla olevassa kuviossa 13.



KUVIO 13 Robottisoluissa on CE-merkintä.

Kyselyn mukaan joka kolmas yritys, joissa käytetään robotteja, on laiminlyönyt CE-merkintätyön. Avaimet käteen -periaatteella hankituissa robottisoluissa se ei ole mahdollista, sillä kaupan mukana kulkee myös CE-merkintä. Täytyy siis olettaa, että ne yritykset, joissa robotin ja toisen koneen yhdistäminen suoritetaan itse jättää tekemättä CE-merkintään vaaditun dokumentoinnin. CE-merkintä on yksi suuri tekijä turvallisuudessa, sillä siihen kuuluu kaikki asiat koneen suunnittelusta, vaarojentunnistamiseen ja riskien arviointiin.



## 4 RISKIEN ARVIOINTI

### 4.1 Riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen strategia

Suunnittelijan on toteutettava seuraavat toimenpiteet tehdäkseen riskin arvioinnin:

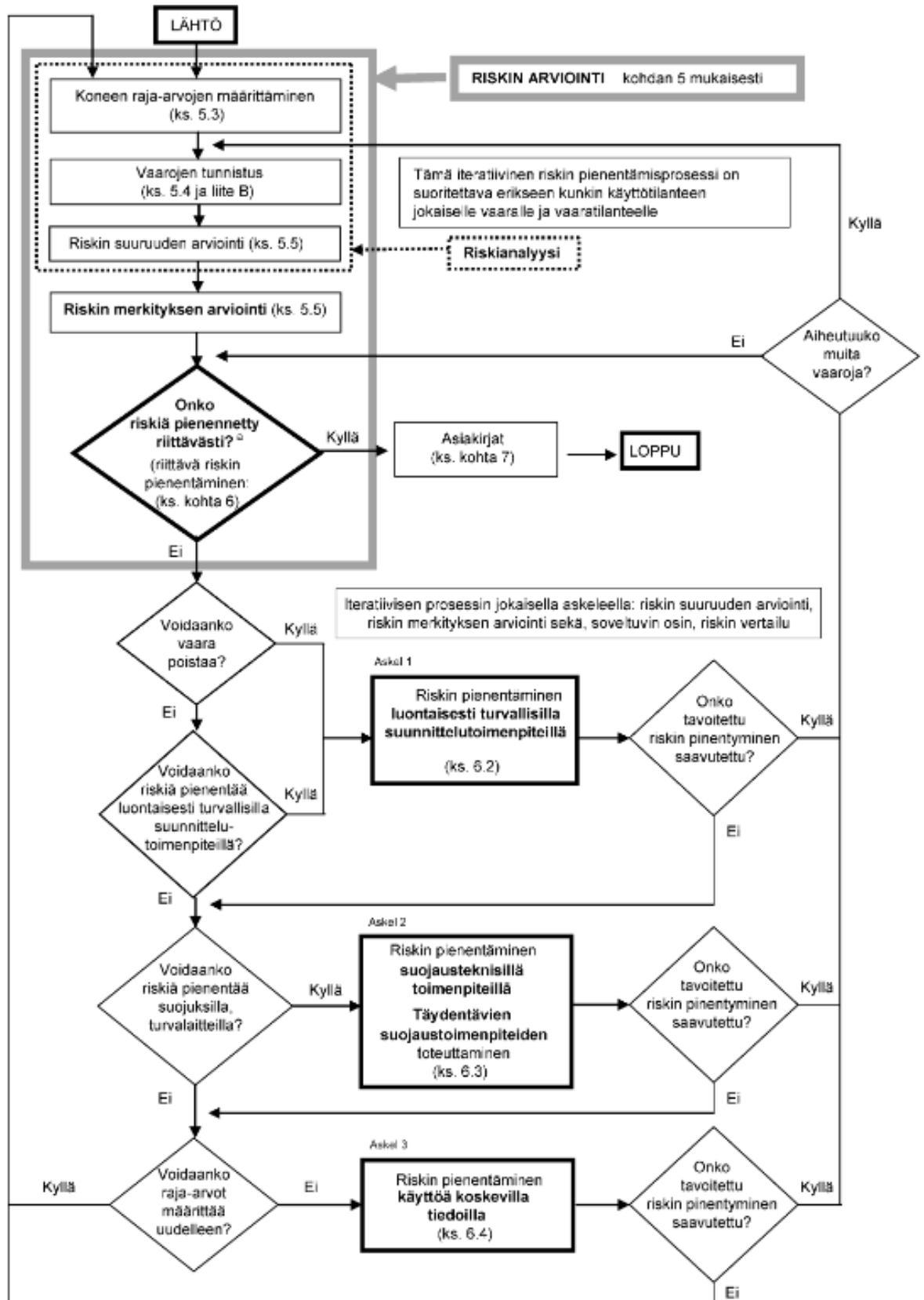
- määritettävä koneen raja-arvot, joihin sisältyvät tarkoitettu käyttö sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö
- tunnistettava vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet
- arvioitava riskin suuruus kunkin tunnistetun vaaran ja vaaratilanteen osalta
- arvioitava riskin merkitys ja tehtävä päätökset riskin pienentämisen tarpeesta
- poistettava vaara tai pienennettävä vaaraan liittyvää riskiä suojaustoimenpiteiden avulla. (SFS-EN ISO 12100)

Riski arvioidaan vahingon vakavuuden ja esiintymistodennäköisyyden funktiona. Oheisessa kuvassa 3 on esitettyä riskien eri tasot.

Tapahtuman todennäköisyys	Tapahtuman seuraukset		
	Vähäiset	Haitalliset	Vakavat
<b>Epätodennäköinen</b>	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
<b>Mahdollinen</b>	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
<b>Todennäköinen</b>	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Kuva 3 Riskien suuruuden arviointi. <http://www.pk-rh.fi/index.php?page=riskienhallintaprosessi>

Riskin arviointia seuraa riskin pienentäminen. Suojaustoimenpiteiden tavoite on pienentää riskiä. Oletettavaa on, että koneessa oleva vaara johtaa ajan kuluessa vahinkoon, jos mitään suojaustoimenpiteitä ei toteuteta. Ne suojaustoimenpiteet, jotka voidaan toteuttaa suunnitteluvaiheessa, ovat tehokkaampia, kuin ne jotka koneen hyödyntäjä toimeenpantee. Riskien arvioinnin strategia on esitetty kaaviona oheisessa kuvassa.



Kuva 4 Kaaviollinen esitys riskin pienentämisprosessista (ISO-EN SFS 12100-1, 30)

Tämän prosessin toteutuksessa on huomioitava seuraavat seikat:

- koneen turvallisuus sen kaikkien elinkaaren vaiheiden aikana
- koneen kyky suorittaa toimintonsa
- koneen käytettävyys
- koneen valmistus-, käyttö- ja purkukustannukset.

## 4.2 Vaarojen tunnistaminen

Jotta vaarat pystyttäisiin tunnistamaan, täytyy suunnittelijan tietää koneen raja-arvot. Niillä tarkoitetaan koneen liikerajoja, aikarajoja, käsiteltävää materiaalia, puhtaustasoa, käyttäjän ominaisuuksia, ketkä altistuvat koneen vaaroille ja niin edelleen. Toisin sanoen kaikki mitä koneen ympärillä tapahtuu.

Koneen vaarojen ja vaaratilanteiden järjestelmällisen tunnistamisen jälkeen voidaan suorittaa toimenpiteitä niiden poistamiseksi. Vaarojen tunnistaminen suoritetaan koneen elinkaaren kaikilla vaiheilla, eli:

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

Jotta koneen aiheuttamat vaarat voidaan suunnittelussa ottaa huomioon, on suunnittelijan tiedettävä koneen kanssa vuorovaikutuksessa olevien henkilöiden tehtävät, joita he suorittavat. Tehtäviä tunnistettaessa on huomioitava seuraavat käyttötapaukset:

- asetusten tekeminen
- testaus
- opettamalla ohjelmointi
- prosessin tai työkalun muuttaminen
- käynnistäminen
- kaikki toimintatavat
- syöttäminen koneeseen
- tuotteen poistaminen koneesta
- koneen pysäyttäminen
- koneen pysäyttäminen hätätilanteessa
- toiminnan palauttaminen jumiutumisen tai tukkeuman jälkeen

- uudelleenkäynnistäminen suunnittelemattoman pysähdyksen jälkeen
- vianetsintä tai häiriön syyn selvitys (käyttäjän puuttuminen toimintaan)
- puhdistus ja ylläpito
- ennakoiva kunnossapito
- korjaava kunnossapito.

(SFS-EN ISO 12100, 39–41.)

### **4.3 Riskin suuruuden arviointi**

Riskin suuruuden arviointi tehdään jokaiselle vaaratilanteelle, joka on tiedostettu. Vaaratilanteeseen liittyvä riski riippuu vahingon vakavuudesta ja esiintymistodennäköisyydestä.

#### **4.3.1 Vahingon vakavuus**

Vakavuuden suuruutta voi arvioida vammojen asteella (lievä, vaikea vai kuolema) ja vahingon laajuutena (yksi vai usea henkilö). Riskin arviointia tehdessä vakavuus on asetettava todennäköisimmän seurauksen mukaan, mutta myös vakavin seuraus on huomioitava, vaikka esiintymistodennäköisyys sille ei ole suuri.

#### **4.3.2 Vahingon esiintymistodennäköisyys**

Esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa henkilön vaaralle altistuminen. Sen laajuutta arvioitaessa on otettava huomioon henkilöiden vaaravyöhykkeelle pääsyn tarve, taajuus, kesto, henkilöiden määrä sekä syy vaara-alueelle menoon.

Myös mahdollisuudet välttää vahinko pienentää esiintymistodennäköisyyttä. Tästä esimerkkinä ammattitaitoinen tekee jonkin asian turvallisesti, kun ammattitaidoton voi tehdä sen hankalammin tietämättään.

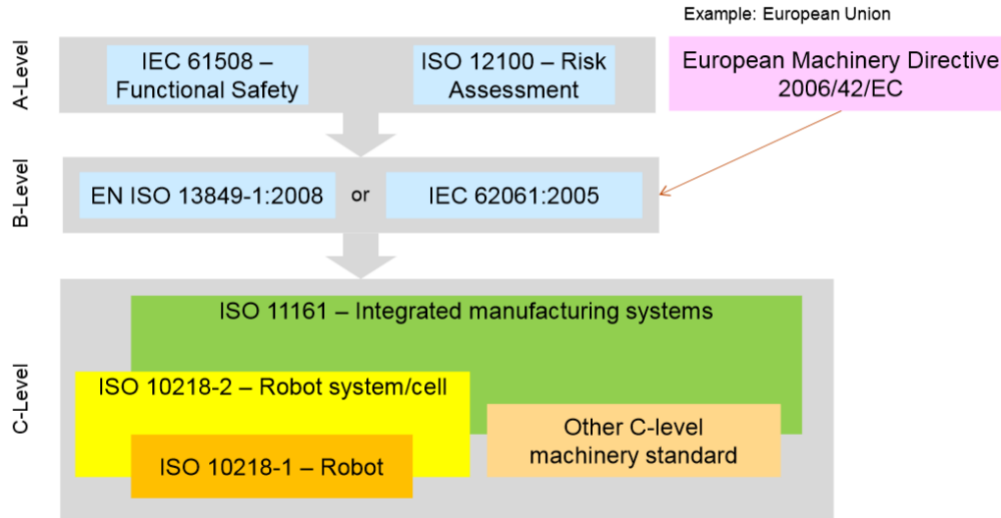
Esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa myös vaarallisten tapahtumien esiintyminen. Jos vaarallisia tapahtumia on paljon, niin joskus se saattaa aiheuttaa vahingon.

#### **4.4 Riskin merkityksen arviointi**

Riskin merkityksen arvioinnissa päätetään tarvitaanko riskin pienentämistä. Jos riskin pienentämistä tarvitaan, siinä määrätään toimenpiteet, esimerkiksi suojauksen lisääminen. Suunnittelijan on kuitenkin huomioitava seikat, jotka toimenpiteistä aiheutuu. Synnykö toisia vaaratilanteita esimerkiksi uuden suojaimen käytön takia?

## 5 ROBOTTISOLUN SUUNNITTELU

Standardit on luokiteltu kolmeen eri luokkaan. Ne on esitetty oheisessa kuvassa 5.



Kuva 5 Standardien tasot, ABB ([http://www.eu-robotics.net/cms/upload/euRobotics\\_Forum/ERF2014\\_presentations/day\\_2/Industrial\\_HRC\\_-\\_ERF2014.pdf](http://www.eu-robotics.net/cms/upload/euRobotics_Forum/ERF2014_presentations/day_2/Industrial_HRC_-_ERF2014.pdf))

A-tasolla on perusstandardit, B-tasolla on ryhmästandardit ja C- tasolla on erityiset turvallisuusvaatimukset tietyille koneryhmille.

### 5.1 Robottisolun direktiivit ja standardit

Robottisolua rakennettaessa on huomioitava, että kaikki koneet ja laitteet, jotka solun toimintaan liitetään, täyttävät konedirektiivin 2006/42/EY. Direktiivin noudattaminen on pakollista. Sen sijaan standardien noudattaminen on vapaaehtoista. Standardeja noudatetaan kuitenkin yleisesti, koska erilaisia standardeja noudattamalla voidaan todentaa, että robottisolu on direktiivien mukainen.

Teollisuusrobottien suunnitteluun on olemassa standardi; SFS-EN ISO 10218-1 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1:Teollisuusrobotit. Standardissa on hyvin kuvattu ne kohdat, joita robotin suunnittelussa pitää huomioida. Saman standardin toisessa osassa käsitellään robottisoluja sekä niiden turvallisuutta. Standardin nimi on SFS-EN ISO 10218-2 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottisolut.

Ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvät vaatimukset kuvataan standardeissa IEC 62061 sekä SFS-EN ISO 13849-1 Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Käyttämällä kumpaa tahansa näistä

kahdesta standardista voidaan olettaa ohjausjärjestelmän turvallisuusvaatimusten tulevan täytetyksi.

## 5.2 Suojusten ja turvalaitteiden yleiset vaatimukset

Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan suojukset ja turvalaitteet on suunniteltava käyttöön sopiviksi ottaen huomioon mekaaniset vaarat. Ne on myös suunniteltava niin, että niitä ei ole helppo tehdä toimimattomiksi, eli ohittaa. Suojuksien ja turvalaitteiden haitta koneen käytölle tulee olla pieni, jotta niiden toimimattomaksi tekemistä voidaan pienentää. Suojuksilta ja turvalaitteilta vaaditaan seuraavia ominaisuuksia:

- ne ovat rakenteeltaan tukevia
- ne eivät saa aiheuttaa lisävaaraa
- ne eivät ole helposti ohitettavissa tai tehtävissä toimimattomiksi
- ne sijaitsevat riittävällä etäisyydellä vaaravyöhykkeestä (ISO 13855 ja ISO 13857)
- ne estävät mahdollisimman vähän tuotantoprosessin tarkkailua
- ne sallivat työkalujen asetuksessa tai vaihdossa sekä kunnossapidossa tarvittavat olennaiset toimenpiteet sallimalla pääsyn vain sille alueelle, jossa nämä toimenpiteet on tehtävä, mahdollisuuksien mukaan siten, että suojuksia ja turvalaitteita ei tarvitse poistaa.

Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan suojuksilla aikaansaattavia toimintoja ovat pääsyn estäminen tilaan, jota suojus ympäröi tai koneen mahdollisesti sinkoavien materiaalien työkappaleiden, lastujen ja nesteiden leviämisen estäminen tai sieppaus ja koneen mahdollisten päästöjen pieneminen. Päästöjä on esimerkiksi melu, säteily, pöly, haurut ja kaasut.

Lisäksi suojuksilta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia riippuen siitä, ovatko suojukset kiinteitä, avattavia, aseteltavia tai käynnistystoiminnon omaavia toimintaan kytkettyjä.

Turvalaitteet on valittava siten, että turvatoiminnon oikea toteutuminen varmistetaan. Ne on asennettava ja yhdistettävä ohjausjärjestelmään siten, että niitä ei voi tehdä helposti toimimattomiksi.

### 5.3 Pysäytystoiminnot

Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan hätäpysäytysohjain on oltava helposti tunnistettava, selvästi näkyvillä ja helposti tavoitettavissa. Sen on pysäytettävä vaarallinen toiminto niin nopeasti kuin mahdollista aiheuttamatta lisävaaraa. Pysäytystoiminnon on ohjattava kone turvalliseen tilaan niin pian, kuin on tarpeen. Tarvittaessa hätäpysäytysohjain käynnistää tai sallii käynnistää joitain toimintoja.

Hätäpysäytyslaitteelle on oltava oma kuittaus siten, että kun hätäpysäytyslaitteen aktiivinen käyttäminen on loppunut, niin laite ei automaattisesti käynnisty uudelleen. Hätäpysäytyslaitteen kuittauskaan ei saa uudelleen käynnistää laitetta, vaan se tekee uudelleen käynnistämisen mahdolliseksi. Kuittaus toimii vain silloin, kun kaikki turvatoiminnot ja suojaustekniset laitteet ovat toimintavalmiina.

Standardin SFS-EN ISO 10218-1 mukaan robotilla pitää olla itsenäinen hätäpysäytystoiminto sekä suojauspysäytystoiminto. Nämä on oltava mahdollista yhdistää ulkopuolisiin turvalaitteisiin. Taulukossa on esitetty hätäpysäytyksen ja suojauspysäytyksen vertailu.

TAULUKKO 6 Hätäpysäytystoiminnon ja suojauspysäytystoiminnon vertailu (SFS-EN ISO 10218-1, 26.)

Parametri	Hätäpysäytys	Suojauspysäytys
Toiminnon aikaansaamisen sijainti	Käyttäjällä on nopea ja esteetön pääsy	Suojaaville laitteille sijainti on määritetty vähimmäis(turva)etäisyyden kaavoilla, jotka on esitetty standardissa ISO 13855
Toiminnon aikaan saaminen	Käsin	Käsin, automaattisesti tai turvallisuuteen liittyvällä toiminnolla automaattisesti aloitettu
Turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suorituskyky	On täytettävä kohdan 5.4 suorituskykyvaatimus	On täytettävä kohdan 5.4 suorituskykyvaatimus
Kuittaus (toimintavalmiiksi palauttaminen)	Vain käsin	Käsin tai automaattisesti
Käytön taajuus	Harvoin	Vaihtelee, voi olla joka toiminnossa tai harvoin
Tarkoitus	Hätätilanne	Suojukset ja turvalaitteet tai riskin pienentäminen
Vaikutus	Energian syötön katkaisu kaikkiin vaaroihin	Suojattavaksi tarkoitettun vaaran/vaarojen hallinta

Standardin kohdassa 5.4 läpikäydään turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän, ohjelmiston ja laitteiston, suorituskyvyn vaatimukset.

Hätäpysäytyspainikkeen väri pitää olla punainen ja taustan keltainen.



## 5.4 Käynnistys ja uudelleenkäynnistys

Käynnistystoiminnon pitää olla selkeä ja yksinkertainen. Robotin odottamaton käynnistyminen ennen käynnistystoimintoa on estettävä. Ennen uudelleenkäynnistämistä käyttäjän on kuitattava häiriöt erillisellä painikkeella. Tämän jälkeen käynnistäminen on mahdollista.

Robottisolun käynnistäminen turva-alueelta ei voi olla mahdollista. Painikkeet, joilla robottisolun käynnistetään, on oltava sellaisella paikalla, että operaattori näkee turva-alueelle. Tällöin hän voi varmistua, että toisia henkilöitä ei ole turva-alueella. Jos käynnistyksessä ei voida valvoa koko aluetta, niin silloin täytyy käyttää jotain seuraavista:

- Lukittava portti
- Turva-alueen sisällä on oltava ajalla rajattu painike. (SFS-EN ISO 10218-2)

## 5.5 Energian erottaminen ja purkaminen

Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan kone on varustettava teknisillä välineillä, joiden avulla kone saadaan erotettua tehonsyötöistä ja varastoitu energia purettua. Äkillinen tehonsyötön katkeaminen ei saa aiheuttaa vaaraa, vaan energian pitää säilyä niin kauan, että esimerkiksi kuorma saadaan turvallisesti laskettua alas. Toisaalta standardin SFS-EN ISO 10218-1 mukaan tehon syötön palaaminen ei saa aiheuttaa minkäänlaista liikettä.

Standardin SFS-EN ISO 10218-1 mukaan on oltava keino erottaa vaarallinen energialähde robotista. Tämä keino on voitava lukita tai muuten varmistaa.

## 5.6 Hallintaelimet

Hallintaelimet pitää merkitä siten, että niiden toiminta ilmenee selkeästi. Myös hallintaelimen tila pitää olla selkeästi havaittavissa. Se pitää myös sijoittaa ja rakentaa siten, että niiden tarkoitukseton käyttö on estetty. Voidaan käyttää esimerkiksi avaimella käytettäviä valintakytkimiä tai oikealla tavalla sijoiteltuja painikkeita.

Hallintaelimien valinnassa täytyy ottaa komponenttien vikaantumistaajuus. Se on suuri tekijä luotettavuutta mitattaessa.

## 5.7 Robotin turvaetäisyydet

Robotin turva-alueen korkeus on vaihteleva ja riippuu robotin asennuspaikasta. Esimerkiksi maalausrobotteja kiinnitetään kattopalkkiin, jolloin sen oma runko ei tule maalattavan tuotteen ja käytettävän maaliruiskun väliin. Yleisesti teollisuusrobotit asennetaan lattiatasoon tehdylle valetulle paikalle. Tässä tapauksessa turva-alueen korkeus vaihtelee lattiatasosta robotin ulottuvuuteen asti. ulottuvuus riippuu robotin käsivarren suorasta pituudesta. Oheisessa taulukossa 7 on standardin mukainen minimietäisyys vaaravyöhykkeeseen, kun suoja-aidan ja vaaravyöhykkeen korkeus tiedetään.

Taulukko 7 Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen. (SFS-EN ISO 13857)

Taulukko 2 Ulottuminen suojarakenteiden yli – suuri riski

Mitat millimetreissä

Vaaravyöhykkeen korkeus <sup>c</sup> a	Suojarakenteen korkeus <sup>a, b</sup> b									
	1 000	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000	2 200	2 400	2 500	2 700
Vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen, c										
2 700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 600	900	800	700	600	600	500	400	300	100	0
2 400	1 100	1 000	900	800	700	600	400	300	100	0
2 200	1 300	1 200	1 000	900	800	600	400	300	0	0
2 000	1 400	1 300	1 100	900	800	600	400	0	0	0
1 800	1 500	1 400	1 100	900	800	600	0	0	0	0
1 600	1 500	1 400	1 100	900	800	500	0	0	0	0
1 400	1 500	1 400	1 100	900	800	0	0	0	0	0
1 200	1 500	1 400	1 100	900	700	0	0	0	0	0
1 000	1 500	1 400	1 000	800	0	0	0	0	0	0
800	1 500	1 300	900	600	0	0	0	0	0	0
600	1 400	1 300	800	0	0	0	0	0	0	0
400	1 400	1 200	400	0	0	0	0	0	0	0
200	1 200	900	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1 100	500	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>a</sup> Korkeudeltaan alle 1 000 mm suojarakenteita ei ole otettu mukaan, koska ne eivät rajoita kehon liikettä riittävästi.  
<sup>b</sup> Korkeudeltaan alle 1 400 mm suojarakenteita ei suositella käytettäväksi ilman täydentäviä suojaustoimenpiteitä.  
<sup>c</sup> Yli 2 700 mm korkeudella olevien vaaravyöhykkeiden osalta ks. kohta 4.2.1.

Jos robotin ulottuvuus olisi 3000 mm ja robotin käsivarsi ylettyy myös lattiatasoon, niin tällöin vaakasuora turvaetäisyys vaaravyöhykkeeseen on oltava vähintään 300 mm. Tämä tarkoittaa, että turva-aidan ja robotin käsivarren väliin tulee jäädä 300 mm tilaa robotin käsivarren ollessa suorana.

## 5.8 Turva-aidan vaatimukset

Standardissa SFS-EN ISO 13857 käsitellään raajojen ulottumista turva-alueelle. Oheisessa taulukossa 8 on turvaetäisyydet erikokoisille turva-aidan silmäkoille.

Taulukko 8 Ulottuminen säännöllisen aukkojen läpi- vähintään 14-vuotiaat henkilöt (SFS-EN ISO 13857, 22.)

Kehon osa	Kuva	Aukko	Turvaetäisyys, $s_r$		
			Pitkänomainen	Neliö	Pyöreä
Sormenpää		$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
		$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
Sormi rystyseen asti		$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
		$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
		$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
		$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
Käsi		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^a$	$\geq 120$	$\geq 120$
		$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
Käsivarsi olkapäähän saakka		$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

Taulukon leveät viivat osoittava sen kehon osan, jota aukon koko rajoittaa.

<sup>a</sup> Jos pitkänomaisen aukon pituus on  $\leq 65$  mm, peukalo toimii rajoittimena ja turvaetäisyyttä voidaan lyhentää 200 mm asti.

Jos aidan silmäkoko on 40 mm, niin silloin turvaetäisyys aidasta robotin tarttujaan pitää olla vähintään 200 mm.

Turva-aidan vaatimukseen kuulu myös se, että se on oltava kiinteä ja sen purkamiseen tarvitaan erillinen työkalu.

## 5.9 Turvalogiikan vaatimukset

Turvalogiikan komponentin rikkoutuessa ei saa syntyä vaaratilannetta. Tilanteen täytyy olla turvallinen siihen asti, kunnes rikkoutunut komponentti on vaihdettu.

### 5.9.1 Käsiäjotila

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 mukaan robotin nopeus käsiäjotilassa ei saa ylittää nopeutta 250 mm/s.

Robottisolun huolto ja korjaustöitä varten täytyy robotin vaara-alueella toimiminen olla turvallista. Tähän käytetään käsiäjotilaa, jolloin automaattiajo ei saa olla mahdollista ja robotti toimii alennetulla nopeudella.

### 5.9.2 Etäkäyttötila

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 mukaan järjestelmää voidaan käyttää myös etänä. Tämä toteutuu silloin, kun solun käyttäjä ei ole koneen lähellä, vaan käyttää solua etänä verkko-yhteyden avulla. Standardin mukaan tällöin pitää toteutua seuraavat asiat:

- etäkäyttö sallittu vain, jos järjestelmä on manuaaliajotilassa
- vain yksi ohjauspaikka sallitaan (yhden pisteen valvonta)
- ei saa ohittaa paikallisia valintoja, eikä siten saa aiheuttaa vaaratilanteita
- etäkäytön aktivointi saa olla mahdollista vain paikallisella ohjaimella
- kaikki etäkäytön toiminnot, jotka saattavat aiheuttaa vaaraa, on ohjattavissa vain yhdestä paikasta kerrallaan
- robotin turvarajojen muuttaminen ei saa olla mahdollista
- paikallisella ohjaimella pitää näkyä, että järjestelmä on etäkäyttötilassa
- manuaalinen ajo mahdollista vain silloin, kun alennettu nopeus on käytössä
- jos turva-alue on varmistettu ja turvalaitteet ovat aktiivisia, etäkäyttötoiminnot voidaan suorittaa ilman paikallista toimintaa
- jos henkilön täytyy mennä turva-alueelle ja etäkäyttö aiheuttaa vaaraa, pitää turva-alueella olevan henkilön painaa käyttöliittymän sallintapainiketta
- laitteet, joita ei etäkäytössä tarvita, on pidettävä turvallisessa tilassa.

Robottisolun käyttöohjeissa on kerrottava koulutusvaatimukset etäkäyttö- ja paikallisena operaattorina toimimiseen.

### 5.9.3 Turvakytkimet

Turvakytkimet eivät osallistu varsinaisesti koneen toimintaan, vaan ne valvovat turvallisuutta. Robottisolun ovissa olevat turvakytkimet ovat lukkiutuvia, eli solun ollessa käynnissä ovia ei voi aukaista. Turvakytkimiä ei saa myöskään asentaa siten, että oletetun liikkeen pituuden ylittyessä laiterikko olisi mahdollista.

### 5.9.4 Laserskanneri

Läsnäoloa tunnistavia suojalaitteita käytetään tyypillisesti silloin, kun robottisolun käyttäminen vaatii usein toistuvia operaattorin ja koneen välistä vuorovaikutusta, hyvän näkyvyyden turva-alueelle tai kiinteää suojausta ei ole koneen toiminnollisuuden vuoksi mahdollista tehdä.

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 mukaan laserskanneri tai vastaava laite on asennettava oikein ja se on sijoitettava siten, että operaattori ei voi kiertää tunnistettavaa aluetta ja siten saavuttaa vaaraa aiheuttavaa laitetta. Seuraavat asiat pitää täyttyä:

- jos suojalaite aktivoituu, on suojaavan seis-toiminnon käynnistytävä
- suojalaitteet on suojaavan seis- toiminnon jälkeen nollattava, jotta robottia pystytään jälleen liikuttamaan
- suojalaitteiden nollaus ei saa aloittaa minkäänlaista liikettä, vaan se vain mahdollistaa solun toimintojen uudelleen käynnistämisen.

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaan ohjelmistopohjaisessa parametroinnissa on sovellettava seuraavia todentamistoimenpiteitä:

- todennetaan jokainen turvallisuuteen liittyvä oikea parametointi (minimi-, maksimi- ja edustavat arvot)
- todennetaan, että turvallisuuteen liittyvien muuttujien mielekkyys tarkistetaan, esimerkiksi käyttämällä ei sopivia arvoja
- todennetaan, että ilman valtuuksia tehtävien turvallisuuteen liittyvien muuttujien muuttaminen estetään
- todennetaan, että muuttujiin liittyvä data tai signaalit saadaan aikaan ja käsitellään siten, että viat eivät voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen.

Täten skannerin turva-alueen määrittäminen on suojattava salasanalla, jolloin sitä ei vahingossa päästä muuttamaan. Lisäksi standardin 10218-2 mukaan valoverhot ja muut laserkeilaintyyppiset laitteet pitää täyttää standardin IEC 61496-1 vaatimukset.



*Kuva 6 S300 Mini Standard laserskanneri (SICK)*

### 5.9.5 Turvakamera

Turvakameroiden käyttökohteet lisääntyvät. Niiden toiminta perustuu konenäköön. Turvakameroiden lähetin- ja vastaanotinyksikkö on integroituna samaan koteloon. Nykyään turvakameroita käytetään esimerkiksi särmäyspuristimilla, jolloin kone havaitsee, jos käyttäjän sormet ovat leikkaantumis- tai puristumisvaarassa. Niitä käytetään myös valvomaan aukkoja, kuten oheisessa kuvassa 7 on esitetty.

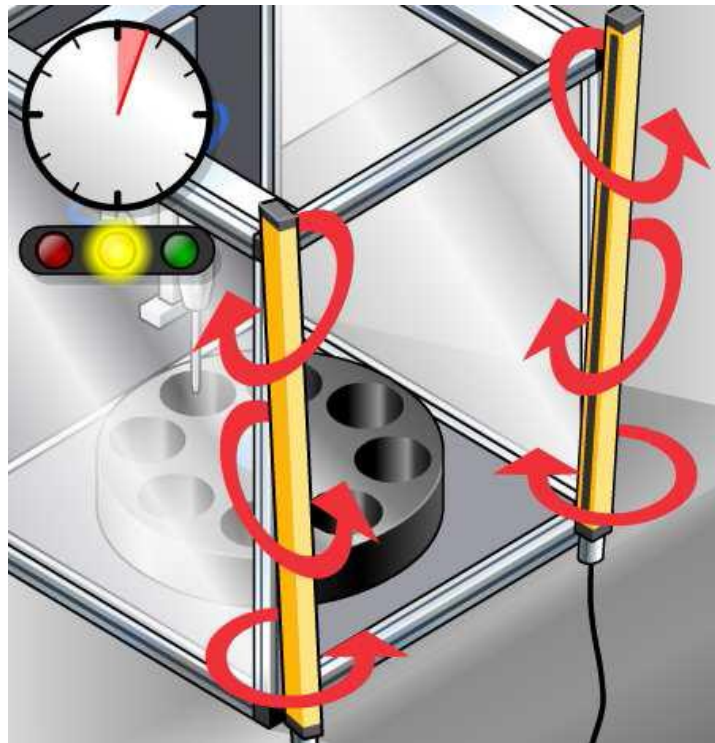


*Kuva 7 Turvakamera (Koulutusmateriaali, SICK, Pentti Rantanen. Joulukuu 2013)*

Turvakameroiden etuina on helppokäyttöisyys, automaattinen suuntaus ja turva-alueen luonti.

### 5.9.6 Turvavaloverhot

Turvakameran yleistyessä valoverhojen asema turvalaitteena pienenee. Valoverhoissa on lähetin sekä vastaanotin. Säteen täytyy kulkeutua lähettimeltä vastaanottimelle millisekuntien aikana. Jos näin ei tapahdu, niin valoverhot aiheuttavat hätä-seis toiminnon. Valoverho on kuvassa 8.



*Kuva 8 Valoverhon asentaminen (Koulutusmateriaali SICK, Pentti Rantanen. Joulukuu 2013)*

Valoverhojen heikkoutena pidetään niiden asennon herkkyyttä. Mitä pidempi lähettimen ja vastaanottimen etäisyys toisistaan on, niin sitä tarkemmin ne täytyy kohdistaa. Monta kertaa pieni osuma toiseen aiheuttaa työn keskeytymisen ja valopuomit täytyy kohdistaa uudelleen.

### 5.9.7 Turvamatto

Turvamatolla tarkoitetaan robottisolun lattialle asennettavaa turvalaitetta, joka aktivoituu, kun sen pinnalle kohdistuu tietty massa. Tällä varmistetaan käyttäjälle turvallinen työym-

päristö. Maton aktivoituessa robotin kaikki liikkeet pysähtyvät tai robotti siirtyy turvanopeuteen. Robotti voidaan uudelleen käynnistää, kun henkilö on poistunut turvamatolta. Pintamateriaali on joko alumiini tai PVC. Kuvassa 9 on eräs turvamatto.



Kuva 9 Turvamatto. (<http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/Turvamatot/Turvamatot/turvamatot/823790-861985.html>)

### **5.9.8 Työstökone osana turvapiiriä**

Robottisolua rakennettaessa on huomioitava, että kaikki koneet ja laitteet, jotka solun toimintaan liitetään, täyttävät konedirektiivin 2006/42/EY. Työturvallisuuslain 8§ mukaan työnantajan on kuitenkin tekniikan kehittyessä päivitettävä koneen turvallisuutta.

## **5.10 Materiaalinkäsittely**

### **5.10.1 Manuaaliset latausasemat**

Standardin 10218-2 mukaan materiaalien käsittelystä ei saa aiheutua operaattorille vaaraa. Manuaaliset latausasemat, joissa operaattori työskentelee vaara-alueella, on otettava suunnitteluvaiheessa huomioon.

Liikkuvissa manuaalisissa latausasemissa on otettava samat seikat huomioon. Esimerkkinä tästä on liukuva pöytätaaso, joka vedetään turva-alueelta ulos kappaleiden vaihdon ajaksi ja työnnetään takaisin turva- alueen sisäpuolelle.

Jos työtila on jaettu, niin operaattorin ollessa alueella on robotin pysähdyttävä koko sen toiminta-alueella.



### 5.10.2 Materiaalivirta turva-alueelle

Jotkin materiaalin annostelijat täytetään turva-alueen ulkopuolella ja materiaalivirta johdetaan vaara-alueelle suojauksien läpi. Tällaisia esimerkkejä ovat liukuhihnat ja tärymaljat. Kuvassa 10 on tärymalja.



*Kuva 10 Tärymalja (<http://www.vibratec.fi/sivut/pienosa.htm>)*

Jos materiaalivirta johdetaan turva-alueelle suojauksen läpi, niin silloin on huomioitava seuraavat asiat:

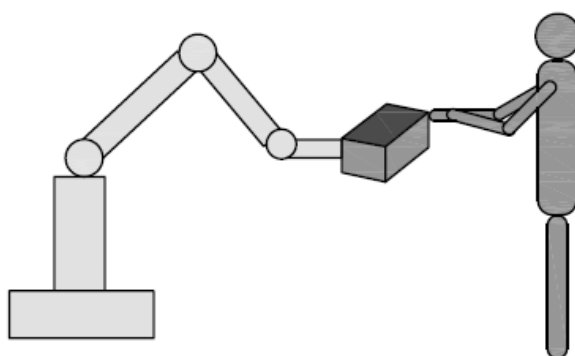
- materiaalin virtausaukko pitää olla mahdollisimman pieni
- jos operaattorin pääsy vaara-alueelle on mahdollista, on se havaittava ennen, kuin operaattori altistuu vaaralle
- leikkaantumis- ja puristumisvaarat tulee välttää mekaanisten ratkaisujen avulla, esimerkiksi lomittain saranoidut ovet.

Joskus materiaalin käsittelyn ajaksi täytyy jokin turvalaite mykistää. Tämän täytyy täyttää standardin ISO 13849-1 vaatimukset. Mykistyksen aikana turvallisuustaso ei saa heikentyä.

### 5.10.3 Operaattorin ja robotin yhteinen työtila

Robotin ja operaattorin yhteisen työtilan käyttö on lisääntymässä. Standardin 10218-2 mukaan robotin ja operaattorin fyysinen kosketus on mahdollinen, joten kaikkien suojaustoimien pitää olla aktiivisia koko jatkuvasti. Seuraavat vaatimukset tulee täyttää:

- riskien arvioinnissa on otettava yhteinen työtila huomioon, erityisesti robotin voima, nopeus ja kuorma
- robotin turvatoimintojen täytyy täyttää standardin 10218-1 vaatimukset
- läsnäoloa havaitsevien tunnistimien pitää täyttää standardin ISO 13849-1:2006 vaatimukset
- operaattorin meno liian lähelle robottia on tunnistettava, jolloin robotti lopettaa toiminnan
- operaattori ei saa päästä ei-yhteistyötilaan
- jos robotin toimintaan on liitetty muita koneita ja laitteita, on niidenkin täytettävä samat vaatimukset.



*Kuva 11 Robotin ja operaattorin yhteiskäyttötila (ROBOTS AND ROBOTIC DEVICES. SAFETY REQUIREMENTS FOR INDUSTRIAL ROBOTS PART 2: ROBOT SYSTEMS AND INTEGRATION (ISO 10218-2:2011), 33.)*

### 5.11 Turvallisuusvaatimusten todentaminen ja vahvistaminen

Robotin valmistaja huolehtii suunnittelun ja rakentamisen mukaan lukien turvalaitteet.

Todentaminen ja vahvistaminen voidaan tehdä seuraavilla menetelmillä:

- A silmämääräinen tarkastus
- B toimintakokeet
- C mittaukset
- D toiminnan tarkkailu
- E sovelluskohtaisten kaavioiden, piirikaavioiden ja suunnitteluun liittyvän aineiston tarkastelu
- F tehtäväperusteisen riskin arvioinnin tarkastelu
- G spesifikaatioiden ja käyttöä koskevien ohjeiden tarkastelu (SFS-EN ISO 10218-1, s.42).

Standardin SFS-EN ISO 10218-2 liite G käsittelee suorituskäytön vaatimuksia, jotka on tunnustettu oleellisiksi robotin turvallisuuden kannalta. Se ei ole kuitenkaan kaiken kattava tai rajoittava luettelo, vaan se saattaa sisältää ylimääräisiä todentamisvaatimuksia. Kyseistä tarkastuslistaa kannattaa hyödyntää robottisolun rakentamisessa.

## 5.12 Ergonomian merkitys

Tuotantoa robotisoimalla haetaan tuotannon tehostamista. Kuitenkin usein unohdetaan, että samalla siinä poistuu ihmisen yksitoikkoinen työ. Jos ihminen tekee pitkään toistavaa työtä, esimerkiksi toimii kappaleenvaihtajana, silloin virheiden todennäköisyys kasvaa. Automaation avulla työntekijän toimenkuva muuttuu siten, että työn epämiellyttävä toistuvuus poistuu. Ergonomian kannalta suunnittelussa pitää muistaa seuraavat seikat:

- Rajapinnan olisi annettava asianmukaista tietoa nopean yleiskuvan saamista varten
- Periaatteena on, että niiden osien, joihin on ulotuttava kaikkien useimmin, on sijoitettava helpoiten nähtävissä.
- Signaalien, näyttölaitteiden ja ohjaimien on toimittava tavalla, joka otaksuttavasti minimoi inhimillisen virheen todennäköisyyttä.
- Signaalit ja näyttölaitteet on valittava, suunniteltava ja sijoitettava siten, että ne sopivat ihmisen havaintokyvyn ominaispiirteisiin ja suoritettavaan tehtävään.
- Ohjaimet on valittava, suunniteltava ja sijoitettava siten, että ne sopivat sen kehon osan ominaisuuksiin
- Ohjaimet on valittava ja sijoitettava siten, että ne ovat sopuissa väestön stereotyyppien, ohjausprosessin dynamiikan ja prosessin tilajärjestelyistä tehdyn kuvauksen kanssa.
- Ohjainten on sijoitettava riittävän lähellä toisiaan oikean käsittelyn helpottamiseksi
- Suunnittelun on taattava sekä kehon asennon vakaus että muuteltavuus.
- Ihmisten käytettävissä on oltava mahdollisimman turvallinen, tukeva ja vakaa tukipinta, jolta käsin fyysistä voimaa kohdistetaan.
- Voimavaatimusten on oltava sopuissa työntekijän fyysisen kykyjen kanssa
- Hyvin suurta tarkkuutta edellyttäviin liikkeisiin ei saisi sisältyä suurta lihasvoiman käyttöä. (SFS-EN ISO 6385)

## 6 ROBOTTISOLUN TOTEUTUS

Robottisolun toteuttamiseen käytetään yleensä jotain seuraavista vaihtoehdoista:

- ulkopuolinen yritys toimittaa koko järjestelmän avaimet käteen -periaatteella
- yritys hankkii järjestelmän koneet ja ulkopuolinen yritys asentaa ja testaa järjestelmän
- yritys hankkii ja asentaa robottijärjestelmän itse.

Toteutuksessa on syytä muistaa, että valmistaja vastaa robottijärjestelmän vaatimustenmukaisuudesta, jolloin testaus ja dokumentointi täytyy tehdä. Kyselytutkimuksen mukaan yrityksen tehdessä itse järjestelmän asennuksen on dokumentointi vaarassa unohtua. Seuraavassa käydään läpi robottijärjestelmän toteutuksen vaiheet siinä järjestyksessä, kuin ne toteutetaan.

Tutkimuksissa on osoitettu, että huolellisella suunnittelulla voidaan lyhentää jopa kymmeniä prosentteja projektiin käytetystä ajasta. (Pelin 2011, 80.)

### 6.1 Projektin aikatoteutus

Kun yritys päättää investoida kappaleenkäsittelyrobottiasemaan, niin silloin yleensä käynnistetään projekti. Palinin mukaan investointiprojekteissa pyritään mahdollisimman lyhyeen toteutusaikaan, joten projektissa käytetään aikaohjausta.

Projektin aikatoteutuksessa on otettava seuraavat seikat huomioon:

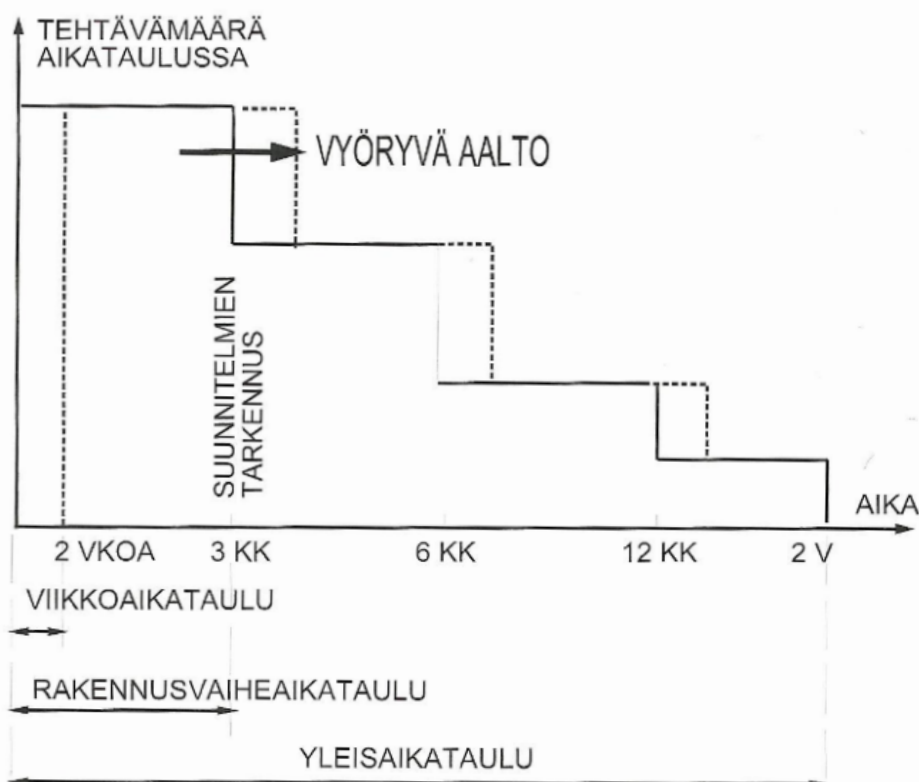
- myöhästymissakot
- sidotun pääoman korko
- tuotto projektin lopputuloksesta
- menetetty tuotto
- markkinaetu
- maine luotettavana toimittajana

Hyvin ajoitettu projekti näkyy projektin kokonaiskustannuksissa. Budjetin ylitykset ovat merkki siitä, että aikataulua on jouduttu kuromaan kiinni ylitöillä ja lisäresursseilla. (Pelin 2011, 106.)

### 6.1.1 Tehtävuluetteloiden laatiminen

Tehtävät kartoitetaan ylhäältä alaspäin. Toimitusprojekteissa on projektin valmistumisajankohta lyöty lukkoon. Projektiin on laadittava tehtäväerittely, jolloin voidaan tarkastella aikataulua kokonaisuutena. Jos etappien saavuttaminen ei ole annetussa ajassa mahdollista, niin siihen pystytään reagoimaan jo projektin suunnittelussa. (Pelin 2011, 108)

Kukin vastuhenkilö selvittää oman alueensa tehtävät ja kartoittaa ne projektin loppuun saakka. Tällöin saadaan selville kriittinen tehtäväketju sekä laskettua pelivarat. Projektin edetessä seuraavia vaiheita tarkennetaan. Oheisessa kuviossa vyöryvän aallon periaate, joka kuvaa etenemistä.



KUVIO 14 Vyöryvän aallon periaate. (Pelin 2011, 109.)

Tehtävien luetteloinnissa on oltava huolellinen, sillä unohtuneet tehtävät aiheuttavat suurimmat virheet. Tehtävät, joilla ei ole selkeää vastuuhenkilöä unohtuvat herkimmin. Tehtävän kestoa arvioitaessa tiedetään täsmällisesti mitä tehtävä tarkoittaa ja mitä työtä siihen sisältyy. (Pelin 2011, 110.)

### 6.1.2 Tehtävien työmäärien arviointi

Työmäärien arvioinnilla tarkoitetaan tehtävän koon, kustannusten, resurssien ja keston laskemista tai määrittämistä. Mitään yhtä oikeaa menetelmää ei ole, vaan projektista riippuu myös menetelmän valinta. Arvioinnin tekeminen ei ole pelkästään projektin alussa, vaan sitä täydennetään projektin aikana. Toimitusprojekteissa työmääräarviointi on tehtävä jo tarjousvaiheessa. Seuraavassa joitain syitä, miksi työmääräarviot ovat virheellisiä:

- projektin sisällön laajentuminen
- heikosti määrätty projektin tavoite
- ympäristötekijöiden muutokset
- arvioiden tekijöiden kokemattomuus
- arviointi tehty liian suurina kokonaisuuksina
- ei ole käytettävissä kokemusaineistoa aiemmista vastaavista tehtävistä
- henkilöstön vaihtuvuus
- ylhäältä sanellut arviot
- löysä projektin johtaminen.

(Pelin 2011, 114.)

### 6.1.3 Tehtävien riippuvuuksien selventäminen

Kun tehtäväluettelo on tehty, niin seuraavaksi tutkitaan tehtävien väliset riippuvuudet. Tehtävät kirjataan tehtäväluetteloon usein suoritusjärjestyksessä. Riippuvuuksia on eri tyyppisiä. Yleisin on looginen riippuvuus, eli tehtävät voidaan suorittaa vain tiedetyssä järjestyksessä. (Pelin 2011, 121.)

### 6.1.4 Aikataulutekniikat

Aikataulutekniikoissa usein on käytössä janakaavio (taulukko 9), joka tunnetaan myös Gantt-kaaviona.

Taulukko 9 Jana- eli Gantt-kaavion esimerkki.. (<http://www.idealware.org/blog/tools-gantt-charts>)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Week of...	14-Jul	21-Jul	28-Jul	4-Aug	11-Aug	18-Aug	25-Aug	1-Sep	8-Sep	15-Sep	22-Sep	29-Sep	6-Oct	13-Oct
2	Research Design Phase														
3	Kickoff														
4	Define Scope														
5	Revise														
6															
7	Data Collection Phase														
8	Schedule Interviews														
9	Conduct Interviews														
10	Survey														
11	Analysis														
12															
13	Final Report Creation														
14	Writing														
15	Copy editing														
16	Layout														
17	Report Launch														
18															

Janakaaviossa vasemmassa reunassa kuvataan jokainen tehtävä. Jokaisen tehtävän kohdalla on suorakaide, joka kuvaa tehtävän aloitusajan, keston ja päättymisajan. Janakaavion vahva puoli on selkeys ja helppolukuisuus. Työn eteneminen merkitään tummentamalla lohkoa. (Pelin 2011, 123.)

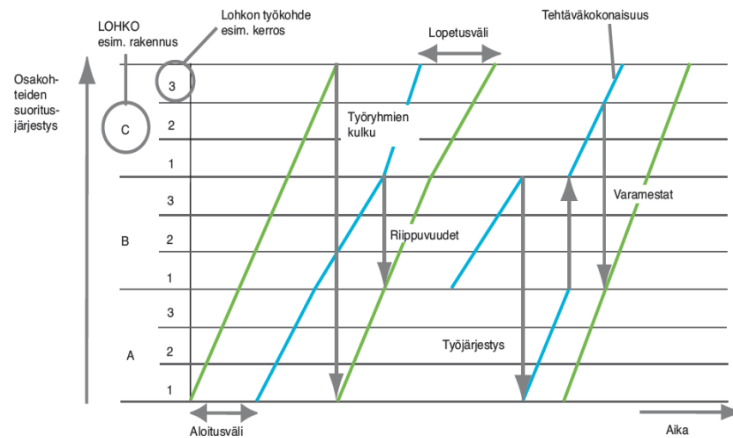
Janakaavio ei kuitenkaan kerro mitkä tehtävistä ovat kiireellisiä tai miten myöhästymiset vaikuttavat muihin tehtäviin. Muita työkaluja, joilla aikataulutus voidaan esittää, on:

- tapahtumakaaviot
- PERT-kaavio
- lohko- ja nuoliverkko
- vapaa- ja kokonaispelivara

(Pelin 2011, 126.)

### 6.1.5 Paikka-aika -kaaviot

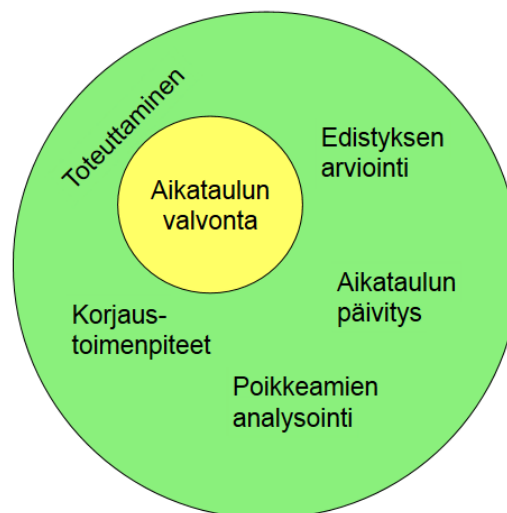
Jatkuvasti etenevien ja toisiinsa sidottujen tehtävien aikataulutukseen voidaan käyttää paikka- aikakaavioita. Kuviossa 15 on esimerkki paikka-aika -kaaviosta.



KUVIO 15 Paikka-aika -kaavion toimintaperiaate. (Koskenvesa 2011, 25.)

### 6.1.6 Aikataulun valvonta

Projektin edistymistä pitää seurata säännöllisesti. Ajallisessa valvonnassa havaitaan kohdat, joissa rupeaa muodostumaan ongelmia. Yhdessä tehtävässä tapahtunut muutos voi aiheuttaa muutoksia seuraaviin tehtäviin. Kuvassa 12 on kuvattu projektin valvontatyö.



Kuva 12 Aikataulun valvonta. (Pelin 2011, 135.)

Projektin etenemistietoja voidaan kerätä esimerkiksi:

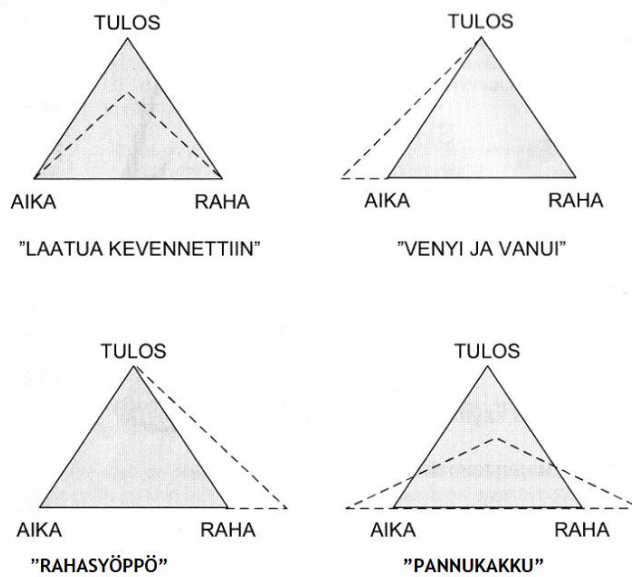
- käymällä paikanpäällä



- toisen käden tieto
- kirjalliset tilanneraportit
- valvontakokoukset
- tietoverkko

## 6.2 Projektin epäonnistumisen syitä

Projektille on alussa annettu tietty aika ja tietty resurssi, jotta haluttuun lopputulokseen päästään. Projektin aikana huomataan, että saavutettuun tavoitteeseen ei välttämättä päästä ennalta ajatellulla tavalla. Joskus voi ilmentua teknisiä ongelmia jotka lisäävät työmäärää, joten projektin kustannukset ylittyvät. Tavallisin ongelma projekteissa on aikataulun venyminen. Oheisessa kuviossa 14 on esitetty projektin lopputulos jälkikäteen tarkasteltuna.



KUVIO 16 Miten projektissa kävikään? (Palin 2011, 38.)

Asiakasprojekteissa on tärkeää pysyä aikataulussa. Tällöin yleensä tingitään katteesta. Laadun keventäminen on taas yleistä tuotekehitys- ja tutkimusprojektissa.

## **7 DOKUMENTOINTI**

Konedirektiivin 2006/42/EY mukaan valmistaja voi olla henkilö, yritys tai yhdistys. Koneen valmistamiseen voi osallistua useita henkilöitä, mutta yhden pitää ottaa vastuu siitä, että kone on direktiivin mukainen.

Koneyhdistelmän kokoava henkilö on yhdistelmän valmistaja.

### **7.1 Vaatimustenmukaisuusvakuutus**

Koneen valmistajan tai jälleenmyyjän on annettava laitteen mukana vaatimustenmukaisuusvakuutus, jossa on oltava seuraavat tiedot:

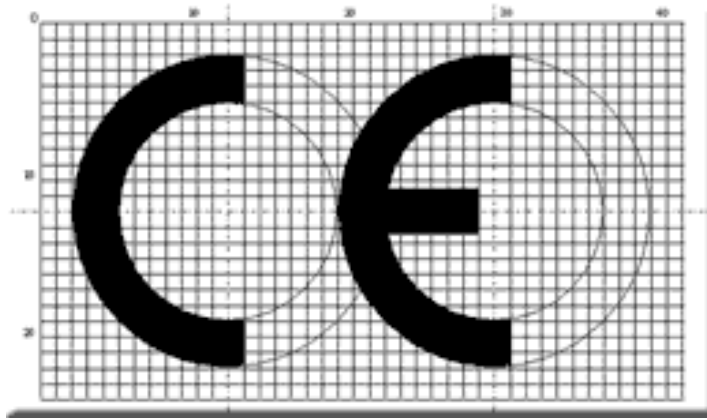
- valmistajan nimi ja osoite
- koneen kuvaus
- luettelo määräyksistä, joita kone täyttää
- tarvittaessa ilmoitetun laitoksen nimi ja osoite sekä EY- tyyppitarkastustodistuksen numero
- tarvittaessa on viitattava yhdenmukaistettuihin standardeihin
- tarvittaessa kansalliset standardit ja ohjeet, joita on sovellettu
- vastuuhenkilön yksilöinti.

Esimerkki vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta on liite 2.

### **7.2 CE-merkintä**

CE-merkinnällä koneen valmistaja osoittaa koneen täyttävän turvallisuusvaatimukset sekä muut konetta koskevat määräykset. Valmistaja kiinnittää CE- merkinnän koneeseen itse. Vain CE-merkinnällä varustettu kone voidaan saattaa markkinoille.

CE-merkin malli ja muoto on tarkkaan määritetty (kuva 13).



*Kuva 13 CE-merkin muoto. (Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite III)*

CE-merkintä täytyy asettaa koneeseen ja laitteeseen myös silloin, kun kone on käytössä yhteisellä työpaikalla ja siihen on tehty itse muutoksia.

## 8 ROBOTTISOLUN PILOTOINTI

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää robottisolun rakentamisen elinkaari. Tärkeimpänä tavoitteena oli selvittää, mitä dokumentointia täytyy tehdä, jotta CE-merkinnän kiinnittäminen soluun on mahdollista. Pilotointikohde sijaitsee Sastamalan koulutuskuntayhtymän Hämeenkyrön yksikön tiloissa.

### 8.1 Lähtötilanne

Koneistusosaston tiloihin on ollut vuosien ajan rakenteilla robottisolu, jossa on Nachi ST166-02 kappaleenkäsittelyrobotti, pyörityspöytä sekä Dyna DM2016 työstökeskus. Robottisolun layout-suunnittelu oli tehty, kun tätä opinnäytetyötä aloitettiin tekemään. Layout- suunnitelma tehtiin sillä oletuksella, että myöhemmin robotin käyttöön hankitaan myös CNC- sorvi työstökeskuksen lisäksi. Oppilaitoksen toiminnassa pitää aina ajatella turvallisuutta korostetusti, koska operaattorit eivät ole vielä ammattilaisia. Tämän vuoksi teimme robottisolusta mahdollisimman väljän ja valoisan. Solun sisällä ei ole ahdasta ja tarpeen vaatiessa robotin toimintaan voidaan lisätä uusia laitteita. Kuvassa 13 on kuva robottisolusta tämän opinnäytetyön alkaessa.



Kuva 14 Robottisolun tilanne opinnäytetyön alussa.

Robotin turvalaiteasennukset olivat suurimmalta osalta tehty. Robottisolun turvalogiikan ja siihen liittyvät kytkennät teetettiin ulkopuolisella yrityksellä. Metalliosaston opettajien kesken käydyn keskustelun perusteella määritimme tarvittavat komponentit turvallisuuden liittyen. Päätimme hankkia laser-skannerin valvomaan robottisolun sisäpuolta. Jos robotti olisi suljetussa häkissä, niin laserskanneri olisi ylimääräinen turvalaite. Päätimme, että nuorten opiskelijoiden kanssa toimiessa olemassa on riski, että opiskelijat jäävät tahallaan robottisolun sisäpuolelle. Tällöin on suuren tapaturman vaara ilmeinen. Laser-skannerilla pystytään valvomaan 270° kulmalla ja kahdeksan metrin toimintasäteellä lattiapinta-alaa. Laserskannerin ohjelmointi vaatii salasanan ja sen käyttöä ei opiskelijoille erikseen opeteta. Suunnittelimme, että jätämme laserskannerin ansiosta yhden kulkuaukon robottisoluun, jolloin robottisolusta tulee myös vetovoimaisempi ja huomiota herättävämpi. Tämä vaikutti myös robottisolun joustavuuteen.

Robottisoluun on kaksi oviaukkoa, joihin molempiin asennettiin turvalukot. Lisäksi ulos vievää oviaukkoa asennettiin valvomaan valopuomit, jotka olivat jääneet ylimääräiseksi. Kyseisen oven kahva on irrotettu, mutta avaimella ovesta pääsee kulkemaan. Riskiä ei kuitenkaan oven käytöstä muodostu, sillä valopuomin lisäksi laserskannerin valvontalue ylittää oviaukon kohdalle.

Turvalogiikan asentanut yritys ei ottanut kantaa robottisolun käyttämiseen, vaan teki ainoastaan turvallisuuteen liittyvät asennukset. Näin ollen CE-merkinnän kannalta tärkeät käyttöohjeet piti päivittää. Lisäksi turvaetäisyydet hätä-seis -toiminta ja verkkoaidan avoimen aukon konedirektiivin 2006/42/EY mukaisuus piti varmistaa.

## 8.2 Robottisolun toteutusvaihe

Robottisolun pilotoinnin alkuperäinen aikataulu on oheisessa taulukossa 10.

Taulukko 10 Projektin alkuperäinen aikatautusuunnitelma Gantt-kaaviona.

Robottisolun rakentaminen	v. 2014												v. 2015											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Robottisolun suunnittelu	■	■	■	■																				
Projektin suunnittelu		■	■	■	■																			
Komponenttien kilpailutus				■	■	■	■	■																
Alihankkijoiden kilpailutus				■	■	■	■	■																
Komponenttien tilaus								■	■	■														
Kiinteiden suojiin rakennus ja asennus								■	■	■	■	■	■											
Turvalogiikan asennus ja testaus												■	■											
Dokumentointi												■	■	■	■	■								
Käyttöönotto																■	■							
Jatkuva seuranta																								
Tarkistuspisteet:				X	X			X	X			X				X	X							





*Kuva 15 Robottisolun tilanne opinnäytetyön valmistuessa.*

Robottisolu ei ole tätä kirjoitettaessa täysin vaatimusten mukainen. Yksi seinä, joka näkyy myös kuvassa 14, on lasia ja niiden eteen pitää asentaa verkkoaita. Myös valaisimien siirto robotin yläpuolelta on vielä tekemättä. Tämä täytyy tehdä, koska robotin osuessa ja rikkoessa loisteputket, aiheutuu sähkötapaturman vaara. Kuten aiemmin tässä työssä on todettu, pelkästään robotin liikkeen rajoittaminen parametritiedoin ei riitä, vaan vaaran aiheuttaja pitää poistaa. Olemme rakentaneet robottisolua osittain opiskelijatöiden avulla ja osa viivästymisistä johtuu opiskelijatöiden aikataulujen venymisestä.

Opinnäytetyön aikana tehtiin robottisolun toimintojen kehittämistä. Robottisolun yhteyteen asennettiin Cognex DVT 535- konenäkökamera. Sillä pystytään tekemään erilaisia laadunvarmistukseen liittyviä tehtäviä. Myös pyörityspöytä saatiin kytkettyä järjestelmään. Opetuksen ja käytön parantamiseksi robottisolun käynnistyspaikan yhteyteen asennettiin näyttötaulu, johon saadaan näkyviin robotin ohjelmointiyksikön kuva. Vaihtoehtoisesti siihen saadaan näkyviin konenäkökameran näkymä. Tällä hetkellä hankinnassa on verkkokamera, jotta operaattori näkee robottisolua käynnistäessään paremmin, mitä työstökeskuksen sisällä tapahtuu. Robotin tarttujan ollessa työstökeskuksen sisällä operaattori ei näe työstökeskuksen sisälle, kuinka kappaleen vieminen ja noutaminen onnistuu. Kameran avulla operaattori pystyy näyttötaululle tulevan videokuvan avulla pysäyttämään toiminnon, mikäli siihen on tarvetta.

## 9 POHDINTA

Robottisolun hankinta kannattaa aloittaa huolellisesta tarpeiden kartoituksesta, jonka jälkeen etsitään järjestelmään soveltuvat komponentit. Myös riskien tunnistaminen kannattaa aloittaa jo suunnitteluvaiheessa. Turvallisuuteen liittyvät laitteet kehittyvät jatkuvasti ja siten solun toimintojen kannalta saattaa markkinoilta löytyä uusia innovaatioita.

Suunnitteluvaiheen alussa tila, johon robottisolua ollaan hankkimassa, pitää lyödä heti lukkoon. Kaiken joustavuuden ja sitä kautta turvallisuuden kannalta tärkeimmät toiminnot pystytään kuvaamaan layout-suunnitelmaan.

Robottisolun pilotointi ei onnistunut, kuten suunniteltiin. Suurin yksittäinen tekijä oli suunnitelman ja aikataulutuksen laadinnan ja seurannan laiminlyönti. Aikatauluun asetettiin liian suuria kokonaisuuksia, joiden toteutukseen annettiin liian pitkä aika ilman tarkistuspisteitä. Opinnäytetyötä aloittaessani arvioin resurssien ja ajan riittävän helposti kokonaisuuden valmiiksi saattamiseen. Olin kuitenkin väärässä ja tämän työn teoriaosuutta kirjoittaessani huomasin, että pelkästään projektin suunnitteluun on panostettava. Projektin aikataulua suunniteltaessa musta tuntuu- tyyppiset työkalut ovat joissain projekteissa sallittuja. Tässä projektissa se ei onnistunut, koska projektin työntekijät olivat mukana oman työn ohessa. Lisäksi opiskelijoiden työpanokseen luottaminen on haastavaa. Lisäksi kukaan projektiin osallistunut henkilö ei ollut aiemmin ollut tekemisissä vastaavassa projektissa. Tästä syystä työmäärän arviointi epäonnistui.

Kyselytutkimuksessa havaitsemani suurin yksittäinen puute oli CE-merkintöjen puuttuminen teollisuuden robottisovelluksissa. Vaikka työtaturmien määrä on pysynyt samalla tasolla robottien lisääntyessä, niin silti tähän on yritysten panostettava enemmän. CE-merkintätyön aikana koko robottisolun toiminnot tulee tarkasteltua jokaisen osapuolen näkökulmasta, jolloin epäkohtiin puuttuminen on helpompaa.

Liikenne- ja viestintäministeriön teettämässä tutkimuksessa todetaan, että robotiikassa kehityksen painopiste on liikeohjattujen laitteiden sijaan voimaohjattujen laitteiden kehityksessä. Antureiden ja erilaisten sovellusten kehittyessä järjestelmistä voidaan tehdä turvallisia sulkematta robottia häkkiin. Näin ollen tässä työssä käsiteltyä robottiturvallisuutta tullaan päivittämään direktiiveihin ja standardeihin jatkuvasti.



## LÄHTEET

1. Kuivanen, R. 1999. Robotiikka. Vantaa: Talentum Oyj/Metallitekniikka
2. Konedirektiivi 2006/42/EY
3. Pelin, R. 2011. Projektihallinnan käsikirja. Helsinki: Otavan kirjapaino Oy.
4. SFS-EN ISO 12100 Koneturvallisuus, yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen, 3. painos, vahvistettu 13.12.2010
5. SFS-EN ISO 13857 Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeelle, vahvistettu 23.6.2008
6. SFS-EN-ISO 10218-1 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Teollisuusrobotit
7. SFS-EN-ISO 10218-2 Robotit ja robotiikkalaitteet. Turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Robottisolut
8. Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, työtapaturmatilaston erillistoimitus, Tapaturmapakkiaineiston tilanne 1.7.2015, luettu 1.12.2015. Tilastoaineiston toimitus 1.12.2015 TVL/Janne Sysi-Aho
9. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu. Robotiikan taustaselvityksiä.
10. Suominen, J., Kuivanen, R. 1992. Robottiturvallisuus. Tampere: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
11. Malm, T. 2008. Vuorovaikutteisen robotiikan turvallisuus. Helsinki: Hakapaino Oy.
12. Koskenvesa, 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Tampere: Rakennustieto Oy
13. Finlex. Työturvallisuuslaki 2002/738. Luettu 1.12.2015.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
14. Tilastokeskus. Työtaturmatilastot. Luettu 3.12.2015.  
<http://www.stat.fi/til/ttap/tau.html>
15. [http://www.eu-robotics.net/cms/upload/euRobotics\\_Forum/ERF2014\\_presentations/day\\_2/Industrial\\_HRC\\_-\\_ERF2014.pdf](http://www.eu-robotics.net/cms/upload/euRobotics_Forum/ERF2014_presentations/day_2/Industrial_HRC_-_ERF2014.pdf) Luettu 3.12.2016
16. [http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_teemasivut/artikkelit/2009\\_nro\\_003.pdf](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/artikkelit/2009_nro_003.pdf). Luettu 6.5.2016
17. Konedirektiivin 2006/42/EY soveltamisopas
18. <http://www.sundcon.fi/turvallisuus/koneturvallisuus>. Luettu 6.5.2016
19. <http://www.pk-rh.fi/index.php?page=riskienhallintaprosessi>. Luettu 7.5.2016
20. <http://www.idealware.org/blog/tools-gantt-charts>. Luettu 11.5.2016

**LIITTEET**

1. Tapaturmavakuutuslaitosten liitto, Tapaturmapakkiaineiston tilanne 1.7.2015, TVL/Janne Sysi-Aho
2. Vaatimustenmukaisuusvakuutus esimerkki.

TOIMIALA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
A Maa-, metsä- ja kalatalous	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	4
B Kaivostoiminta ja louhinta	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
C Teollisuus	36	43	54	45	42	46	43	40	39	35	423
D Sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto, jääh	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
F Rakentaminen	3	1	1	3	1	3	0	1	4	1	18
G Tukku- ja vähittäiskauppa	3	5	3	6	8	6	3	3	3	3	43
H Kuljetus ja varastointi	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3
J Informaatio ja viestintä	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M Ammatill., tiet. ja tekn. toiminta	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3
N Hallinto- ja tukipalvelutoiminta	1	0	0	2	3	2	0	1	2	2	13
O Julk. hall. ja maanp., pl. kuntas.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
P Koulutus	0	0	0	2	0	0	0	1	3	0	6
S Muu palvelutoiminta	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Z Kuntasektori	2	2	0	4	2	6	7	8	11	16	58
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

KEHON OSA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
ei tietoa	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2
pää, aivot, selkäydinhermot ja -verisuonet	1	1	8	5	5	4	3	4	5	3	39
kasvat	0	0	3	2	1	2	2	1	1	1	13
silmä(t)	4	4	5	13	7	5	4	3	3	4	52
korva(t)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
hampaat	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	7
pää, muut kuin edellä mainitut alueet	0	2	2	1	1	3	0	2	1	0	12
niska, ml.niskan alueen selkär. ja nikamat	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	4
niska, muut kuin edellä mainitut alueet	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
selkä, ml. selän alueen selkär. ja nikamat	2	3	4	5	5	5	2	5	5	4	40
selkä, muut kuin edellä mainitut alueet	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	7
rintakehä ja kylkil., nivelet ja lapal. ml	1	2	3	3	0	2	1	3	2	3	20
rintakehä, sisäelimet mukaan lukien	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
lantion ja vatsan alue, sisäelimet ml.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
vartalo, muut kuin edellä mainitut alueet	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
olkapäätä ja olkanivel	0	1	1	0	2	1	2	3	4	1	15
käsivarsi, kyynärpäätä mukaan lukien	7	3	0	2	3	4	2	1	1	0	23
käsi	5	5	8	4	5	3	7	5	9	8	59
sormi (sormet)	8	20	12	10	9	22	14	8	15	17	135
ranne	1	1	1	3	3	3	1	2	1	1	17
yläraajat, useita vahingoittuneita alueita	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
lonkka ja lonkkanivel	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	4
jalat, mukaan lukien polvet	6	2	6	4	5	4	8	7	8	8	58
nilkka	4	4	3	1	5	2	3	4	2	2	30
jalkaterä	3	1	0	3	1	0	0	1	3	1	13
varvas (varpaat)	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	4
alaraajat, useita vahingoittuneita alueita	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
alaraajat, muut kuin em. alueet	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
useat kehon alueet	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	13
muu, yllä luokittelematon ruumiinos	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

AIHEUTTAJA	SATTUMISVUOSI											YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012		
aiheuttajasta ei tietoja vah.selvityksessä	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	10	
kulkuväylät, alustat, maa, ovet, seinät ym	4	6	4	3	7	3	5	10	6	10	58	
kiint.portaat, katot, aukot, parvekkeet ym	2	2	1	0	2	1	3	3	1	0	15	
pylväät, pilarit, jalankulkusillat, lavat	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	5	
muut maan pinnan yläp. kiinteät rakenteet	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	5	
siirrettävät tikkaat	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
pyörillä siirrettävät rakennustelineet	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
muut maanpinnan yläpuoliset rakenteet	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
putket, letkut, venttiilit, liitoskpl't, ym	1	0	2	5	0	0	1	0	0	1	10	
moottorit, voimansiirtol. energian muuntol	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3	
käsityökalut	0	4	2	2	2	5	1	1	7	0	24	
käsitökalut	0	0	1	1	1	1	3	1	3	0	11	
käsitökalut	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	5	
maa-, kallio- ja tienrak.töihin (lk)	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	
maatalous- ja puutarhanhoitotöihin (lk)	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	
rakennustyömaan töihin (liik.koneet)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	
pintojen puhdistukseen (liik.koneet)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
muut liikkuvat tai siirret. koneet ja lait	2	2	0	3	2	0	4	3	1	4	21	
maan ja kalliop.muok. ja siirtämiseen (kk)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
jauhamiseen, murskaamiseen, ym. (kk)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
kuumennukseen, lämmitykseen, kuivat. (kk)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
muut koneet ja lait. raaka-aineen käsitt.	1	2	2	1	1	0	0	0	1	2	10	
puristimet, avartimet, prässit	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
paperikoneet, mankelit, valssit	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
muotoonpurist.,muotoiluun, valamiseen (kk)	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
sorvit, jyrsimet, hiomak., höylät, porat	0	2	1	2	1	0	0	0	1	0	7	
katkaisuun, leikkaamiseen, ym (kk)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
pintakäs. (painamiseen, ym.)(kiint.koneet)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
hitsaus-, nidonta-, ja muut kokoamislaitt.	6	4	3	3	1	5	4	2	0	2	30	
palkkaus- ja täyttökoneet	1	1	4	3	2	5	1	1	2	1	21	
tarkast., koestamiseen, mittaamiseen (kk)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
muut kiinteät koneet ja laitteet	4	3	7	5	2	5	4	2	5	1	38	
kuljettimet, köysiradat	0	0	0	1	1	1	2	3	0	1	9	
alta nostavat laitteet	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	
ylhäältä nostavat laitteet	1	0	1	0	2	3	0	1	0	0	8	
tavaransiirtolaite, ei nostamista varten	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	
työntökärryt (rullakot, kottikärryt ym.)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
vetolavat, pyörillä kulk.kontit tai vaunut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
haarukkatrukit, muut laitteet kulj. ym.	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
siilot, säiliöt, altaat, sammiot jne.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
liikuteltavat säiliöt, kuljetusvaunut, ym	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
pienet säiliöt, sangot, laatikot ym.	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	3	
muut kuljetus-, siirto- ja säilytyslaite.	1	1	1	1	0	2	1	0	0	0	7	
maakulkuneuvot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
muut kulkuneuvot	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
materiaalit, esineet, tuotteet, sirpaleet	13	11	20	17	23	17	12	13	19	7	152	
kemialliset, radioakt., biologiset aineet	0	0	1	1	1	2	0	1	2	1	9	
tstn, kodin tai henk.koht tavarat	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
ihmiset, eläimet, kasvit	0	0	0	3	2	1	1	6	10	5	28	
irtojätteet	0	1	1	0	1	0	1	0	0	2	6	
melu, paine, tulipalo, valokaari, valo ym.	1	0	0	4	1	4	1	0	0	1	12	
muut luettelemattomat aiheuttajat	2	6	4	3	1	3	3	4	1	8	35	
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578	

VAMMAN LAATU	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
ei tietoa	2	1	0	0	0	0	0	0	1	3	7
haavat ja pinnalliset vammat	9	19	29	24	23	26	17	23	22	20	212
luunmurtumat	2	2	4	1	6	4	2	2	3	2	28
sijoiltaanmenot, nyrjähdykset, venähdykset	11	15	11	8	11	14	13	15	19	17	134
amputoimiset ja irti repeämiset	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
tärähdykset ja sisäiset vammat	17	14	15	25	13	14	18	15	17	13	161
palovammat, syöpymät ja paleltumat	3	1	1	1	0	3	2	0	0	0	11
myrkytykset ja tulehdukset	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2
äärilämpötilojen, valon ja säteilyn vaik.	0	0	0	3	2	0	2	0	1	0	8
useita samantasoisia vammoja	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	3
muut yllä luokittelemattomat vammat	1	0	1	2	1	2	0	0	1	3	11
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

TYÖTEHTÄVÄ	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
työteht. ei tietoja vahinkoselvityksessä	2	1	0	2	1	0	2	1	0	5	14
tuotanto, jalostus, käsittely	27	34	40	36	26	40	31	29	34	23	320
varastointi, lastaaminen, kuorman purku	2	0	2	2	4	5	2	2	1	3	23
muut tuotant. ja varast. kuuluvat tehtävät	5	5	2	1	1	1	2	2	2	3	24
maarakentaminen	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3
saneeraaminen, rakenteiden korjaaminen	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
purkaminen - kaikenlaiset rakenteet	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	4
muut rakentamiseen kuuluvat tehtävät	1	0	1	1	0	0	1	0	2	0	6
puutarhatyö	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
eläintenhoitaminen	0	2	0	2	1	2	5	8	13	12	45
muut maa- ja metsät. ja kalank. kuuluvat t.	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
palvelu- ja hoitoalantyö	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	5
opetus-, tutk-, atk-, tsto-, hallinn. työ	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	5
asennustyö, valmistelutyö	1	7	6	2	11	4	6	4	4	4	49
kunnossapito, korjaus, huolto, säätö	2	2	3	7	9	4	5	4	5	2	43
puhtaanapitotyö	0	0	1	0	3	1	0	1	1	2	9
esimiestyö, vartiointi, tarkastaminen	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
muut tukitoiminnot	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
kuljettaminen, kulkeminen, siirtäminen	3	2	4	3	1	4	1	4	0	0	22
muut työpaikalla suoritettavat tehtävät	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

TYÖSUORITUS	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
työsuorit. ei tietoa vahinkoselvityksessä	3	4	0	2	0	1	2	1	0	2	15
koneen käyttäminen	10	19	20	20	15	18	15	12	12	10	151
käsittelemätt. työkaluilla työskenteleminen	5	5	4	7	2	3	1	2	6	5	40
kulkun. tai siirtol. ohjaus tai matkustam.	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	5
esineiden käsitteleminen	7	12	17	16	17	20	15	15	18	15	152
taakan käsivoimin siirtäminen	3	3	7	5	7	8	4	3	7	3	50
henkilön liikkuminen	13	8	10	6	11	11	16	18	15	16	124
paikallaan oleminen työpisteessä	3	1	2	2	2	2	0	1	1	2	16
muut luettelemattomat työsuoritukset	0	1	1	5	3	1	2	3	5	4	25
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

POIKKEAMA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
poikkeamasta ei tietoja vah.selvityksessä	1	2	1	0	1	0	1	1	0	4	11
sähköhäiriö, räjähdys, tulipalo	2	1	0	1	1	1	0	0	1	0	7
aineen valuminen, purkaut. vuotaminen, ym.	4	4	3	11	6	4	2	2	3	3	42
aiheuttajan rikkoutuminen, putoaminen, ym.	8	5	8	11	11	11	5	6	11	3	79
lait., työk. tai eläimen hallinnan menett.	4	19	14	12	9	13	10	5	10	17	113
putoaminen, hyppääminen, kaatum., liukast.	7	9	7	6	6	7	12	10	9	11	84
terävään esineeseen astum., kolhiminen, ym	12	8	18	10	13	16	14	13	13	11	128
henkilön äkillinen fyysinen kuormittuminen	5	4	6	6	6	7	6	10	10	4	64
väkivalta, järkyt. tilanne, poik. läsnäolo	0	0	0	2	2	1	1	4	4	3	17
muut luettelemattomat poikkeamat	2	1	4	5	3	4	4	4	4	2	33
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

VAHING.TAPA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
vah.tavasta ei tietoja vah.selvityksessä	0	1	0	2	0	0	2	0	0	2	7
valokaari, salama	1	0	0	3	2	3	1	0	0	0	10
sähköisku	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
kuumuus	2	1	1	1	0	2	1	0	0	0	8
vaaralliset aineet – hengittämällä	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
vaaralliset aineet - iholle tai silmiin	2	2	1	4	1	1	0	0	2	1	14
muu sähkön, lämpöt. tai aineen aiheut. vah	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	5
iskeytyminen kiinteää pintaa vasten	8	13	16	11	7	13	11	13	12	12	116
liikk. aiheuttajan osuma tai törmääminen	9	5	11	14	17	12	9	12	6	6	101
leikkaavan, terävän ym esineen aiheut. vah	8	11	14	6	11	8	4	7	12	7	88
puristuminen, ruhjoutuminen	8	11	9	12	9	14	16	7	15	15	116
äkillinen fyys. tai psyyk. kuormittuminen	5	8	6	6	6	7	8	8	8	8	70
eläimen tai ihmisen purema, potku jne.	0	0	0	2	1	1	1	4	7	4	20
muut luettelemattomat vahingoittumistavat	2	1	3	1	4	2	0	3	1	3	20
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

SUKUPUOLI	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
<b>mies</b>	39	47	47	51	48	45	32	37	46	37	429
<b>nainen</b>	6	6	14	13	10	19	23	18	19	21	149
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

IKÄ	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
<b>15-19</b>	1	1	1	3	1	1	3	1	3	1	16
<b>20-24</b>	8	8	6	13	14	8	11	5	5	6	84
<b>25-29</b>	5	12	10	8	8	13	10	5	14	11	96
<b>30-34</b>	10	7	11	12	7	14	4	5	7	4	81
<b>35-39</b>	10	8	6	4	8	7	3	7	11	3	67
<b>40-44</b>	5	5	10	12	6	8	10	6	8	10	80
<b>45-49</b>	2	7	5	7	4	2	4	13	5	7	56
<b>50-54</b>	1	3	8	3	2	5	5	5	7	7	46
<b>55-59</b>	2	2	2	2	6	6	4	4	4	7	39
<b>60-64</b>	1	0	2	0	2	0	1	4	1	2	13
<b>YHT</b>	<b>45</b>	<b>53</b>	<b>61</b>	<b>64</b>	<b>58</b>	<b>64</b>	<b>55</b>	<b>55</b>	<b>65</b>	<b>58</b>	<b>578</b>

MAAKUNTA	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
UUSIMAA	20	12	19	12	12	13	11	11	17	8	135
VARSINAIS-SUOMI	4	9	11	6	5	13	6	5	6	5	70
SATAKUNTA	2	3	5	5	2	2	3	2	3	4	31
KANTA-HÄME	0	2	1	6	8	2	1	2	2	4	28
PIRKANMAA	3	5	6	6	5	2	7	7	6	5	52
PÄIJÄT-HÄME	3	4	4	8	6	2	2	8	6	2	45
KYMENLAAKSO	1	2	2	3	1	1	0	0	0	1	11
ETELÄ-KARJALA	2	1	2	2	0	1	2	0	1	2	13
ETELÄ-SAVO	1	1	0	0	3	3	5	0	1	4	18
POHJOIS-SAVO	2	1	3	4	2	4	6	5	3	6	36
POHJOIS-KARJALA	0	0	2	2	3	2	3	2	1	3	18
KESKI-SUOMI	1	4	3	2	2	4	0	4	2	1	23
ETELÄ-POHJANMAA	0	0	3	1	2	4	1	1	9	7	28
POHJANMAA	3	1	0	3	2	3	1	0	1	1	15
KESKI-POHJANMAA	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	4
POHJOIS-POHJANMAA	2	6	0	1	3	3	5	5	4	2	31
KAINUU	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	4
LAPPI	1	1	0	1	2	3	1	1	2	2	14
ULKOMAAT	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

VAKAVUUS	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
kuollut	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
tuntem.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
180+ tai eläke	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
91-180 pv	0	0	2	0	1	1	1	1	0	0	6
31-90 pv	1	3	4	3	5	5	0	5	4	2	32
15-30 pv	3	5	3	0	5	5	6	7	3	3	40
7-14 pv	9	8	8	10	11	10	10	6	12	8	92
4-6 pv	9	11	10	18	8	9	8	9	11	11	104
0-3 pv	21	26	34	32	28	33	30	27	35	34	300
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578

VIKONPÄIVÄ	SATTUMISVUOSI										YHT
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
SUNNUNTAI	0	3	3	1	0	1	1	2	3	4	18
MAANANTAI	9	10	16	14	11	16	12	10	7	14	119
TIISTAI	9	12	8	16	9	14	17	12	12	9	118
KESKIVIikko	7	9	14	8	12	17	13	16	15	18	129
TORSTAI	13	8	8	13	10	11	8	6	16	6	99
PERJANTAI	6	9	9	9	15	4	4	8	10	5	79
LAUANTAI	1	2	3	3	1	1	0	1	2	2	16
YHT	45	53	61	64	58	64	55	55	65	58	578



VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS KONEESTA  
(Konedirektiivi 2006/42/EY, Liite II A)

Valmistaja: Sastamalan koulutuskuntayhtymä, ammatti-instituutti Iisakki  
Osoite: Ratakatu 36, 38210 Sastamala  
Valtuutettu edustaja: Joni Liukkonen, Eino Salmelaisenkatu 20, 39500 Ikaalinen

Henkilön nimi ja osoite, joka on valtuutettu kokoamaan teknisen tiedoston:

Nimi: Mikko Raitinpää  
Osoite: Taitokuja 3, 39100 Hämeenkyrö

Vakuuttaa, että Sastamalan koulutuskuntayhtymän käyttöön saatettu järjestelmä, **kappaleenkäsittelyrobotiasema**, jossa on Nachi kappaleenkäsittelyrobotti oheislaitteineen:

Robotti	Nachi ST166-02	sarjanumero: B096X132
Ohjausyksikkö	AX20-2101	sarjanumero: B096X132
Pyörityspöytä	RP2-300	sarjanumero: 2126-9122
Työstökeskus	DM2016	sarjanumero:

Robotiaseman turvajärjestelmä

**on konedirektiivin (2006/42/EY) asiaankuuluvien säännösten mukainen. Lisäksi**

kappaleenkäsittelyrobotiasema täyttää seuraavat direktiivit:

EMC-direktiivi	2004/108/EY
pienjännitedirektiivin	2006/95/EY

Lisäksi kappaleenkäsittelyrobotiaseman suunnittelussa ja toteutuksessa on käytetty seuraavia yhdenmukaistettuja standardeja:

SFS-EN 292-1	SFS-EN 292-2
SFS-EN 45014	SFS-EN ISO 349
SFS-EN 1037	SFS-EN ISO 13849-1
SFS-EN ISO 13857	SFS-EN ISO 13855
SFS-EN ISO 12100	SFS-EN ISO 11161
SFS-EN ISO 10218-1	SFS-EN ISO 10218-2

Koneeseen on asennettu CE-merkintä.

Vakuutuksen antopaikka ja päivämäärä:

Hämeenkyrössä 7.5.2016

---

Mikko Raitinpää  
Tuntiopettaja

Sastamalan koulutuskuntayhtymä  
Ammatti-instituutti Iisakki,  
Hämeenkyrön yksikkö

Taitokuja 3, PL 23, 39101 Hämeenkyrö  
puh. (03) 345 7100, fax (03) 371 3123  
etu nimi.sukunimi@sasky.fi

www.sasky.fi  
Y-tunnus 0204964-1  
Kotipaikka Sastamala