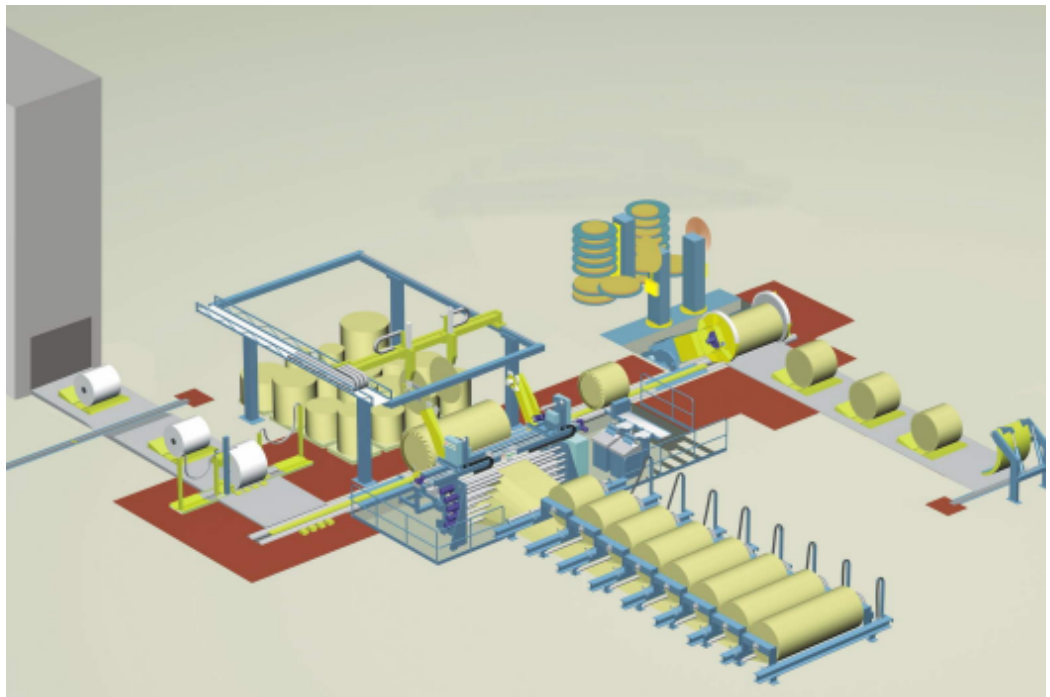


Timo Malm, Vesa Hämäläinen & Maarit Kivipuro

Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus



Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus

Timo Malm, Vesa Hämäläinen & Maarit Kivipuro

VTT Automaatio



ISBN 951-38-5926-6 (nid.)

ISSN 1235-0605 (nid.)

ISBN 951-38-5927-4 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Copyright © Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT) 2001

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Vuorimiehentie 5, PL 2000, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 456 4374

Statens tekniska forskningscentral (VTT), Bergsmansvägen 5, PB 2000, 02044 VTT
tel. växel (09) 4561, fax (09) 456 4374

Technical Research Centre of Finland (VTT), Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
phone internat. + 358 9 4561, fax + 358 9 456 4374

VTT Automaatio, Turvallisuustekniikka, Tekniikankatu 1, PL 1307, 33101 TAMPERE
puh. vaihde (03) 316 3111, faksi (03) 316 3782, (03) 316 3493

VTT Automation, Säkerhetsteknik, Tekniikankatu 1, PB 1307, 33101 TAMMERFORS
tel. växel (03) 316 3111, fax (03) 316 3782, (03) 316 3493

VTT Automation, Safety Engineering, Tekniikankatu 1, P.O.Box 1307, FIN-33101 TAMPERE, Finland
phone internat. + 358 3 316 3111, fax + 358 3 316 3782, + 358 3 316 3493

Toimitus Leena Ukoski

Otamedia Oy, Espoo 2001

Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit. Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus [The safety and reliability of roll handling in paper mills]. Espoo 2001. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2117. 68 s. + liitt. 12 s.

Avainsanat paper roll handling, accident reduction, safety, reliability, paper mills

Tiivistelmä

Paperitehtaiden koneautomaatio on muuttumassa yhä automaattisemmaksi. Ihmiselle on kuitenkin monissa sovelluksissa vielä tehtäviä painavia paperirullia käsittelevien koneiden lähellä. Tämä julkaisu keskittyy paperin jälkikäsitteilyyn, jossa kuljetetaan ja pakataan paperirullia. Selvityksessä etsittiin aluksi kirjallisuudesta ja tapaturmaselostusrekisteristä syitä tapaturmien syntyyn. Tämä oli tärkeää, jotta nähtiin vaarallisimmat koneet ja työvaiheet sekä olennaisimmat tapaturmien syyt. Tapaturmien syitä verrattiin lisäksi paineilmalla toteutetun automaation tapaturmien syihin, jotta saatiin selville paperirullien käsittelylle tyypillisiä tapaturmia. Tavallisimpia tapaturmien syitä ovat olleet odottamaton käynnistys, puutteellinen suojaus ja vaarallinen työmenetelmä. Eniten tapaturmia on sattunut häiriönpoistotilanteissa, joissa koneen käyttäjä on havainnut virheellisen toiminnan ja mennyt itse poistamaan häiriötä.

Yhteistyöyrityksiltä valittiin sovelluskohteita, joita analysoitiin, ja yhteistyössä yritysten kanssa mietittiin turvallisuutta parantavia muutoksia. Samalla saatiin tietoa erilaisten ratkaisujen syistä käyttäjiltä ja valmistajalta. Automaattikoneille ei pakkausjärjestelmissä ole toteutettu konekohtaista vaaratekijöiden poistamista, vaan turvallisuus perustuu siihen, että ihminen ei mene vaarallisten koneiden alueelle. Tähän liittyen tutkittiin vaarallisen automaatiojärjestelmän sisälle pääsyä kuljetinta pitkin. Ihmisen erottamiseen paperirullasta on paljon erilaisia keinoja, joiden soveltuvuutta selvitettiin haastattelulla, laskelmin ja käytännön kokein. Mikään keino ei ole kaikkiin paikkoihin sopiva, vaan menetelmä pitää valita tapauskohtaisesti. Tähän valintaan etsittiin nyrkkisääntöjä.

Tapaturmatilastojen mukaan odottamaton käynnistys on osoittautunut automaattisille koneille ongelmaksi. Odottamaton käynnistys voidaan helpoimmin välttää käyttämällä sähkömekaanisia komponentteja energian syötön katkaisussa. Muilla tekniikoilla tehtävä on vaikeampi. Varsinkin paineilmajärjestelmissä usein unohdetaan riittävät turvallisuustekniset toimenpiteet vaaran välttämiseksi. Myös sellaisten järjestelmien suunnittelussa ja ohjeiden laatimisessa pitää olla tarkkana, joissa pysäytystilanteessa järjestelmään jää energiaa. Odottamatonta käynnistystä varten hankkeessa laadittiin tarkistuslista, jonka avulla suunnittelija voi varmistaa, että odottamattomaan käynnistykseen johtavat tekijät on minimoitu.

Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit. Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus [The safety and reliability of roll handling in paper mills] Espoo 2001. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 2117. 68 p. + app. 12 p.

Keywords paper roll handling, accident reduction, safety, reliability, paper mills

Abstract

The report is about the safety of large automated paper roll handling systems. In paper mill the area under study is from the head box to the warehouse. Usually there are plenty of conveyors, robots and manipulators and the area can be e.g. 150 m long and 50 m wide. The paper rolls can weight from about 50 kg up to 10 tons. The hazards are concentrated on restricted area, but there can be several tasks also for persons depending on the level and nature of the automation.

The accidents caused by roll handling automation in paper mills were studied and classified according to their causes. The motivation to this study was to find from accident histories the most significant reasons to accidents in order to define the most effective methods how to reduce accidents. The accidents were gathered from Finnish accident history data (TAPS) by using appropriate keywords. All accidents did have several causes. In all cases if one cause could have been removed before the accident, most probably, it would not have happened. It can be seen that the most common reasons are unexpected start-up, inadequate safeguarding and dangerous working method. Another result is that over 60 % of accidents did happen during troubleshooting. The results were also compared to accidents in pneumatic automation. Most of the results were relatively similar but there were some differences, which can be explained.

It was found from accident study that unexpected start-up is a permanent problem in automated machines. A checklist for designers was made to evoke the designer to find the critical points in their plans. Also some guidelines for choosing safeguarding were made. Some experiments how to distinguish a person from paper roll in the entrance to the automation system were made. In case studies two different paper roll handling and packing systems were analysed and some technical means to avoid hazards were proposed.

Alkusanat

Tähän julkaisuun on kerätty ”Paperitehtaiden koneautomaation turvallisuus ja luotettavuus” -tutkimuksen tuloksia. Hankkeeseen ovat osallistuneet Timo Malm, Vesa Hämäläinen ja Maarit Kivipuro VTT Automaatiosta, Petri Komonen, Eero Mielonen ja Harri Lindberg Metso Paper Oy:n Rullankäsittelystä, Pertti Penttinen UPM-Kymmene Oy:n Tervasaaren tehtaalta, Mikko Mattila Myllykoski Paper Oy:stä, Jari Väänänen Paperiliitto Ry:stä, ja Pentti Blomberg Hämeen työsuojelupiiristä. Vesa Hämäläinen on kirjoittanut kohdat 6.2 ja 6.3, ja Maarit Kivipuro on osallistunut luvun 2 kirjoittamiseen. Muista luvuista vastaa Timo Malm. Kiitämme hankkeeseen osallistuneita yhteistyöstä ja avusta. Hankkeen päärahoittaja on Työsuojelurahasto.

Tämä raportti julkaistaan Työsuojelurahaston avustuksella.

Tampereella 27.4.2001

Tekijät

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Abstract.....	4
Alkusanat.....	5
1. Johdanto.....	7
2. Tapaturmat.....	8
3. Vaatimuksia paperirullan käsittelyn automaatiolle.....	13
3.1 Yleiset vaatimukset.....	13
4. Turvallisuusteknisiä keinoja.....	15
4.1 Odottamattoman käynnistyksen estäminen.....	15
4.2 Anturitekniikka.....	20
4.2.1 Suojat ja koneen toimintaan kytketyt suojat.....	20
4.2.2 Optiset turva-anturit.....	21
4.2.3 Kosketusanturit.....	25
5. Sovellusesimerkit.....	27
5.1 Myllykoski Paper.....	27
5.1.1 Yleistä.....	27
5.1.2 Järjestelmän käyttöön liittyviä vaaratekijöitä.....	28
5.2 UPM-Kymmene Tervasaari.....	39
5.2.1 Yleistä.....	39
5.2.2 Järjestelmän käyttöön liittyviä vaaratekijöitä.....	41
5.3 Paperirullien jälkikäsitteilyjärjestelmien vertailua.....	46
5.3.1 Havainnot UPM-Kymmene Rauman pakkauskoneesta.....	46
5.3.2 Järjestelmien vertailu.....	49
5.4 Vaara-alueelle kuljetinta pitkin.....	50
5.4.1 Valokennot automaatiojärjestelmän kulkuaukoissa.....	51
5.4.2 Ristikkäin sijoitettujen valokennojen mittaukset.....	58
5.4.3 Erilaisia ratkaisuja kulkuaukkoihin.....	61
6. Paperirullan käsittelyn turvallisuus.....	64
Lähdeluettelo.....	66
Liitteet	
Liite A: Tarkastuslistoja odottamattoman käynnistyksen välttämiseksi	
Liite B: Asiaankuuluvien vaatimusten valinta	

1. Johdanto

Materiaalisiirtoja tehdään paperitehtaissa yleensä siltanostureilla, kuljettimilla, siirtovaunuilla ja trukeilla. Taakat ovat yleensä painavia, kuten paperirullia, teloja ja kone-rullia. Lähinnä taakkojen suuren painon vuoksi tapaturmat ovat keskimäärin vakavampia kuin muussa teollisuudessa. Massapaperin ja paperituotteiden valmistuksessa sattuneiden tapaturmien osuus kaikista työtapaturmista Suomessa on n. 9 % [Työtapaturma- ja ammattitautitilasto 1994].

Vaikka automaatiolla pystytään parantamaan turvallisuutta ja luotettavuutta, (esim. järjestys ja tarkkuus paranevat ja ihminen saadaan kauemmas vaarakohdasta), automaatio tuo myös uusia vaaroja. Perusautomaatio toteuttaa liikkeit sokeasti ehtojen täytyttyä, vaikka edessä olisi esteitä tai ihmisiä. Tämän vuoksi tarvitaan turvalaitteita ja -järjestelmiä turvallisen toiminnan ja luotettavuuden takaamiseksi. Aina ei ole myöskään mahdollista rajata automaation käyttämää tiettyä aluetta mm. siksi, että alueella on ahdasta tai alueen läpi menee kulkuteitä. Kohteissa, joissa ihmisiä liikkuu paljon, on automaation toteuttaminen erityisen hankalaa, koska ihminen pitää havaita riittävän ajoissa, jotta törmäystä ei ehdi syntyä.

Monissa kohteissa joudutaan materiaalisiirtoja tekemään tavalla, jossa turvallisuus on pelkästään ihmisen huomiokyvyn varassa. Työnkulun muuttuessa yhä nopearytmisemmäksi korostuu turvajärjestelmien merkitys. Lisäautomaatiolla, kuten automaattipaikoituksella, taakan heilunnan estolla, pehmeällä tartunnalla tai täysautomaattisilla siirroilla, pystyttäisiin joissain tapauksissa välttämään törmäyksissä syntyviä materiaali- ja henkilövahinkoja.

Tässä julkaisussa selvitetään paperin jälkikäsitelyssä sattuneita tapaturmia ja arvioidaan, mitä niistä voidaan oppia. Teollisuudessa tutkittiin yhteistyöyritysten hie-man eri-ikäisiä paperirullien käsittelyjärjestelmiä ja arvioitu mm. automaation vaikutusta turvallisuuteen. Tyypillisesti automaatiojärjestelmien turvallisuuden perustana on pitää ihminen poissa automaattisten koneiden luota. Tähän liittyviä keinoja tutkittiin ja keskityttiin ristikkäin asennettujen valokennojen käyttöön. Odottamaton käynnistys on tapaturmatilastojen ja haastattelujen perusteella yksi merkittävimmistä tapaturman syistä paperikoneautomaatiossa. Tähän kiinnitettiin erityistä huomiota ja tehtiin ohjeita ja tarkastuslista odottamattoman käynnistyneen välttämiseksi ja sen todentamisen helpottamiseksi.

2. Tapaturmat

Työsuojeluhallinnon tapaturmaselostusrekisteristä etsittiin ja luokiteltiin paperitehtaissa vuosina 1985–1998 sattuneita vakavia tapaturmia (38 kpl). Tapaturmat rajattiin sellaisiin, jotka olivat sattuneet pituusleikkurilla ja sen edustalla (10 kpl), siirtovaunuilla (4 kpl), lajittelurampistolla (1 kpl) ja automaattisilla pakkaus- ja jälkikäsitteilykoneilla (23 kpl). Pakkaus- ja jälkikäsitteilykoneilla käsiteltiin myös muita tuotteita kuin paperirullia, kuten esim. paperi- ja kartonkiarkkeja.

Eniten tapaturmia sattui häiriönpoistotilanteissa (61 %), jolloin koneen käyttäjä havaitsee virheellisen toiminnan ja menee itse poistamaan häiriötä. Tapaturmista 29 % sattui normaalin tuotannon aikana ja 10 % korjauksen aikana, jolloin huoltomies on ollut korjaamassa koneessa ollutta vikaa.

Tapaturmien luokittelu tehtiin tarkastelemalla selostuksia ja poimimalla yleisimmät selostuksissa mainitut syyt. Kaikkiin tapaturmiin oli useita syitä. Toimintamuodot, joissa tapaturmia sattui, jaettiin kolmeen ryhmään: tuotantoon, häiriönpoistoon ja korjaukseen. Kukin tapaus kuului yhteen toimintamuotoon.

Seuraavassa on otteita tapaturmista:

20876 Vahingoittunut oli tullut poistamaan häiriötä rullien siirtojärjestelmässä. Hänen poistaessaan irtonaisia paperiroskia rullien pystyynnostajan läheisyydestä ko. laite teki paluuliikkeen, jolloin vahingoittunut jäi laitteen ja lattian väliin.

- Odottamaton käynnistys
- Puutteellinen suojaus
- Työntekijän vahinko

8399 Vahingoittunut korjasi häiriötä rullaradalla, jolla liikkui kaksi siirtovaunua, joista toinen oli miehittämätön ja toisessa oli kuljettaja. Tällöin hänen vasen jalkansa puristui rullaston pään ja siirtovaunun väliin. Seurauksena oli jalkavammoja.

- Puutteellinen suojaus
- Puutteelliset varoitukset

20091 Paperitehtaan rullapakkaamossa sattui tapaturma, jossa työnjohtajan oikea käsi jäi rullakääreen katkaisuteräpalkkien väliin. Tapaturmatilannetta oli edeltänyt vaurio, jonka korjauksen jälkeen pakkauskoneen ollessa jo käynnissä vahingoittuneella oli tarkoitus selvittää pakkaamonhoitajalle vaurion syy ja näyttää kohde. Osoittaessaan vauriokohtaa hänen kätensä oli joutunut

automaattisesti toimivan katkaisuteräpalkin liikeradan muodostamalle vaara-alueelle ja jäänyt teräpalkin ja vastateräpalkin väliin puristuksiin.

- Puutteellinen suojaus
- Työntekijän vahinko
- Odottamaton käynnistys

21082 Vahingoittunut oli käynyt valvomossa, josta palattuaan meni suoraan piti-leikkurille ja avasi portin tarkoituksenaan avata pulpperiin johtava luukku. Samaan aikaan oli työtoveri antanut luovutuskäskyn konerullille. Vahingoittuneen pää jäi puristuksiin ahtaaseen rakoon.

- Puutteellinen suojaus
- Työntekijän vahinko

Puutteellinen suojaus on ollut syynä 47 %:ssa kaikista tapaturmista ja odottamaton käynnistys 39 %:ssa tapaturmista. Näihin kumpaankin tekijään pystytään vaikuttamaan ohjausjärjestelmällä, turvalaitteilla ja suojuksilla. Vaarallinen työmenetelmä (47 %), huono suunnittelu (esim. paljon häiriöitä)(39 %) ja huono näkyvyys (11 %) ovat kaikki syitä, joihin voidaan vaikuttaa suunnittelulla ja ohjeilla. Taulukko 1 esittää tapaturmien syitä eri tilanteissa.

Taulukko 1. Paperin käsittelyssä sattuneiden tapaturmien syitä ja osuuksia eri toimintamuodoissa.

	Kpl tapauksia eri toimintamuodoissa				
	Yht. %	Yht. kpl	Häiriönpoisto	Korjaus	Tuotanto
Puutteellinen suojaus	47	18	11	0	7
Vaarallinen työmenetelmä	47	18	10	2	6
Odottamaton käynnistys	39	15	10	4	1
Huono suunnittelu	39	15	11	1	3
Työntekijän vahinko	29	11	8	1	2
Puutteellinen työkokemus	13		3	0	2
Huono näkyvyys	11	4	2	1	1
Puutteelliset varoitukset	5	2	2	0	0
Vika	3	1	1	0	0
Yhteensä kpl		38	23	4	11
Yhteensä %		100	61	10	29

Häiriönpoistotilanteissa ovat merkittävimminä syinä olleet puutteellinen suojaus ja huono suunnittelu. Usein on ollut syynä myös odottamaton käynnistys. Koska tapaturmia sattuu eniten juuri häiriötilanteissa, olisi myös häiriöiden vähentämisellä suuri vaikutus tapaturmien määrään. Vaarallinen työmenetelmä ja työntekijän vahinko ovat olleet ta-

vallisia tapaturmien syitä häiriönpoistossa. Niiden ero on siinä, että ”vaarallinen työmenetelmä” on ollut jatkuva ”normaali” työtapana, kun taas ”työntekijän vahinko” on ollut vahinko tai juuri sillä kerralla käytetty ainutkertainen menetelmä. Näistä erityisesti ”vaaralliseen työmenetelmään” voidaan vaikuttaa koulutuksella ja tiedottamisella.

Tuotannon aikaisiin tapaturmiin ovat vaikuttaneet erityisesti puutteellinen suojaus ja vaarallinen työmenetelmä. Näiden osalta ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä, koska otos on ollut niin pieni.

Tapaturmia on korjaustilanteissa sattunut niin vähän, että prosenttiluvut ovat viitteellisiä. Luvuista kuitenkin nähdään, että korjauksen aikaisiin tapaturmiin ovat vaikuttaneet erityisesti odottamaton käynnistys ja vaarallinen työmenetelmä.

Tapaturmien vertailu paineilmalla toteutetun automaation tapaturmiin

Paineilmasyylinterien aiheuttamia tapaturmia selvitettiin yhdessä osatehtävässä vuonna 1997 päättyneessä hankkeessa ”Pneumatiikalla toteutetun kappaletavara-automaation turvallisuus”. Tässä yhteydessä tarkasteltiin ainoastaan automaattikoneita ja niissä sylinterin liikkeen aiheuttamia tapaturmia. Tapaturmia oli yhteensä 28 kpl, ja ne luokiteltiin samalla tavalla kuin tässä hankkeessa selvitetty tapaturmat. Taulukko 2 esittää tapaturmien vertailun tiivistettynä. Prosenttilukujen ristiinvertailu ei taulukossa anna absoluuttista lukua siitä, miten hyvin jokin vaaratekijä on poistettu paperiteollisuudessa. Tapaturmamääriä vertailtaessa pitää tarkastella ainoastaan saman sarakkeen lukuja, koska tutkitut tapaukset ovat ainoastaan otoksia tietyistä tapaturmista ja ne eivät kata kokonaisuutta.

Taulukosta on jätetty pois paineilmatapaturman syistä koneen epätavallinen liike (14 %) ja pysäytystilanteet, joissa sähkö on katkaistu mutta paineilmaa ei (18 %), koska näitä syitä ei havaittu paperiteollisuudessa (Malm 1998).

”Työntekijän vahinko” ja ”vaarallinen työmenetelmä” ovat tapaturman syinä samankaltaisia ja ne poikkeavat toisistaan (tässä yhteydessä) siis toistuvuuden perusteella. Toisaalta useimmissa työtapaturmissa työntekijä on tehnyt jotain vaarallisella tavalla, koska tapaturma on syntynyt. Näiden tekijöiden summa on noin 71–78 %, joten lopuissa tapaturmissa inhimillisellä tekijällä ei ole ollut välitöntä merkittävää osuutta tai tätä inhimillistä tekijää ei ole pystytty määrittelemään tapaturmaselostusten perusteella.

Taulukko 2. Paperiteollisuuden koneautomaation ja paineilmalla toteutetun automaation aiheuttamien tapaturmien vertailu.

	Paine- ilma yht. %	Paperi yht. %	Kommentteja
Puutteellinen suojaus	43	47	Puutteellinen suojaus on edelleen merkittävä tapaturmiin vaikuttava tekijä, vaikka monenlaiset turvalaitteet ovatkin kehittyneet.
Odottamaton käynnistys	50	39	Odottamaton käynnistys on kaikenlaisessa automaatiossa merkittävä tapaturman syy.
Työntekijän vahinko	46	29	Työntekijän vahinko on ollut merkittävämpi tekijä paineilmajärjestelmissä, kun taas vaarallinen työmenetelmä on ollut paperiteollisuudessa merkittävämpi tekijä. ”Työntekijän vahingossa” työmenetelmä on ollut kertaluonteinen, kun taas ”vaaralliseksi työmenetelmäksi” on katsottu jatkuvasti käytetty menetelmä.
Vaarallinen työmenetelmä	25	47	Paperiteollisuuteen tarvittaisiin siis turvallisempia työmenetelmiä. Nämä luvut kuvaavat myös sitä, että tietyt tilanteet toistuvat usein paperiteollisuudessa.
Huono suunnittelu	36	39	Huono suunnittelu on mainittu tapaturmien yhteydessä melko usein. Huono suunnittelu on ilmennyt häiriöinä, huonoina teknisinä ratkaisuinä ja turhina vaaratekijöinä.
Vika	21	3	Paperiteollisuudessa ”vika” mainitaan tapaturman syynä selvästi harvemmin kuin paineilmalla toteutetussa automaatiossa. Tähän saattaa vaikuttaa paperiteollisuuden laitteiden luotettavuus.
Puutteellinen työkokemus	18	13	Puutteellinen työkokemus mainitaan silloin tällöin tapaturmaan vaikuttaneena tekijänä ja epäilemättä riski on suurimmillaan juuri työn alussa varsinkin silloin, kun olennaisista vaaratekijöistä ei ole kerrottu uudelle työntekijälle.
Huono näkyvyys	14	11	Huono näkyvyys mainitaan myös silloin tällöin tapaturmaselostuksissa ja se liittyy usein odottamattomaan käynnistykseen.
Puutteelliset varoitukset	14	5	Puutteelliset varoitukset mainitaan tapaturmaan vaikuttaneena tekijänä silloin tällöin.
Tuotanto	11	29	Sujuvan tuotannon aikana tapaturmia sattuu harvoin. Tosin paperiteollisuudessa huomattavasti useammin kuin paineilmalaitteilla. Tähän lienee syynä se, että paperiteollisuudessa ei kulkua varten haluta pysäyttää rullien käsittelyä ja toisaalta järjestelmien laajasta pinta-alasta johtuen vaara-alueen kierto saattaa vaikuttaa työläältä. Toisin sanoen paperiteollisuudessa käynnissä olevien automaattisten koneiden alueella liikkuu enemmän ihmisiä kuin paineilma-automaation läheisyydessä.
Häiriönpoisto	54	61	Häiriönpoistotilanteissa sattuu automaatiossa eniten tapaturmia.
Korjaus	36	10	Korjaustilanteissa sattuu paperiteollisuudessa selvästi vähemmän tapaturmia kuin paineilmalaitteilla. Tähän on saattanut vaikuttaa se, että luotettavuus on erittäin merkittävä tekijä paperiteollisuudessa ja siksi korjauksia on vähän. Yksi syy lienee myös se, että paperiteollisuudessa korjaustapahtumat on todennäköisesti ohjeistettu paremmin kuin paineilma-automaatiossa.

Unto Varosen mukaan mekaanisessa metsäteollisuudessa vakavia tapaturmia olisi voitu estää työntekijöiden käyttäytymiseen liittyvillä toimenpiteillä 69 % tapaturmia ja työympäristön turvallisuuteen vaikuttavilla toimenpiteillä 65 %. Vastaavat luvut kaikilla alan tapaturmilla ovat 53 % ja 52 % [Varonen 1997]. Luvut kuvaavat tapaturmien syitä ja sitä, että tapaturmiin löytyy yleensä useita syitä. Luvut kuvaavat myös sitä, että tapaturmien syntyyn pystytään vaikuttamaan monenlaisin keinoin.

Joustavalle tuotantoautomaatiolle tehdyssä tutkimuksessa todettiin, että 2 %:ssa häiriötilanteista sattui lievä tapaturma [Kuivainen 1988]. Tämä luku kuvastaa häiriötilanteiden vaarallisuutta, vaikkakaan sitä ei välttämättä voida soveltaa suoraan paperiteollisuuteen.

Kemiallisen puunjalostuksen tapaturmat

Tähän kohtaan on kerätty tietoja julkaisusta: ”TOT-raportit vuosilta 1985–1998 – Kemiallinen puunjalostus”. Kemiallisessa puunjalostuksessa tapaturmataajuus (vakuutuksen korvaamia) on keskimäärin 50 kpl miljoonaa työtuntia kohden. Laskettaessa yli 3 päivän poissaoloja luku on 30 kpl miljoonaa työtuntia kohden. Erityisesti vakavat tapaturmat ovat olleet vähenemässä. Eräs huomionarvoinen tekijä on myös se, että kuolemantapauksista 43 % sattui ulkopuolisen urakoitsijan palveluksessa oleville henkilöille. Kuhunkin tapaturmaan on ollut useita tekijöitä, jotka ovat yhdessä vaikuttaneet tapaturman syntyyn. Tapaturmista 32 % sattui kuljetus- ja nostolaitteilla, jotka ovat siis olleet vaarallisimpia koneita, kun taas muilla koneilla sattui 16 % tapaturmista. Muita merkittäviä tapaturmien aiheuttajia olivat muut laitteet (11 %), aineet ja säteily (11 %), kappaleet ja esineet (11 %) sekä työympäristö 11 %). Tapaturmatyypeistä tavallisimpia olivat esineiden väliin jääminen (38 %), sähkö ja vahingolliset aineet (21 %), putoava esine (18 %) sekä putoaminen (16 %). [Anon. 2000]

Edellä mainituista luvuista nähdään, että yhtä selvää tapaturmaan vaikuttavaa tekijää ei ole, vaan tapaturmiin on vaikuttanut monenlaiset tekijät. Raportissa korostetaan, että yritysten johdon sitoutumisella tapaturmien torjuntaan on ollut merkittävä vaikutus tapaturmien vähenemiseen. Tämä on heijastunut työpaikoilla monenlaisilla mm. työympäristöön, toimintatapoihin, luotettavuuteen ja turvallisuuteen heijastuvilla toimenpiteillä.

3. Vaatimuksia paperirullan käsittelyn automaatiolle

3.1 Yleiset vaatimukset

Koneiden markkinoille tuontiin vaikuttavat monet eurooppalaiset direktiivit eli lainsäädäntövelvoitteet. Asiaankuuluvien direktiivien ja niihin kuuluvien standardien valintaa kuvataan tarkemmin liitteessä B. Tärkeimpiä koneautomaatioon liittyvien direktiivien mukaisia säädöksiä ovat konepäätös (Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta 314/94, vastaa konedirektiiviä), käyttöpäätös (VNp 856/98, vastaa direktiiviä työvälineiden turvallisesta käytöstä), pienjännitedirektiivi (93/68/ETY) ja EMC-direktiiviin (89/336/EEC) liittyvät kauppa- ja teollisuusministeriön päätökset [MET 1993, MetHelp]. Konepäätös määrittelee ne turvallisuusvaatimukset ja toimintatavat, joilla koneen osoitetaan täyttävän olennaiset turvallisuusvaatimukset. Valmistajan arvioija varmistaa ensisijaisesti itse sen, että hänen tuotteensa täyttää olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, ja kiinnittää koneeseensa CE-merkinnän. Tällöin kone voidaan saattaa markkinoille koko Euroopan talousalueella (ETA).

CE-merkinnän käyttö osoittaa sen, että valmistaja on ottanut omien arvioidensa mukaan huomioon olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset (konedirektiivin liite 1). Konedirektiivin liitteessä 4 mainitaan koneet, joille on tehtävä tyyppitarkastus ennen koneen saatamista markkinoille ETA-alueella. [Konepäätös 1994, MET 1997]

Yhdenmukaistetuissa eurooppalaisissa standardeissa on esitetty tekninen turvallisuustaso, joka vastaa konedirektiivin liitteen 1 olennaisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Jos yhdenmukaistettua standardia ei ole käytettävissä, voidaan käyttää apuna muita vastaavia standardiehdotuksia tai muita ohjeita. Nämä eivät kuitenkaan takaa koneen vaatimustenmukaisuutta. Yhdenmukaistetut standardit ovat ohjeellisia, mutta toisaalta niistä poikkeamiseen voi viranomainen vaatia hyvät perustelut. Riskin arvioinnissa käytetään yleensä yhdenmukaistettua standardia SFS-EN 1050 (Riskin arviointi), sillä se esittää vaaratekijät selkeässä muodossa ja kattaa useimmissa koneissa ilmenevät vaaratekijät.

Hyvällä suunnittelulla luodaan perusta turvalliselle konejärjestelmälle. Suunnittelija tuntee tekemiensä komponenttivalintojen ja suunnittelemiensa rakenteiden perusteet. Tämän vuoksi juuri suunnittelijan tulee kirjata valintojensa turvallisuuteen vaikuttavat perusteet ja tehdä riskin arviointi [MET 1997]. Koska suunnittelijan oletetaan tietävän paljon koneen turvallisuudesta, hänelle on jätetty myös paljon vastuuta. Suunnittelijan vastuusta on säädetty jo vuoden 1987 (27/87) työturvallisuuslain muutoksessa (40 b §).

Laaja koneautomaatiojärjestelmä muodostuu useista koneista, jolloin järjestelmää tarkastellaan kokonaisuutena. Koneet lasketaan koneyhdistelmäksi, jos ne on yhdistetty

toisiinsa mekaanisesti (esim. kuljettimet, putket), sähköisesti (ohjaussignaalit) tai muulla tavoin kiinteästi toimimaan yhtenä kokonaisuutena. Koneyhdistelmä voi muodostua CE-merkityistä koneista (valmistajan 2 A -vakuutus), puolivalmiista koneista (valmistajan 2 B -vakuutus) tai vanhoista koneista. Puolivalmiille koneelle ei yleensä pystytä tekemään kattavaa riskinarviointia, ja siksi valmistaja julistaa tuotteen puolivalmisteksi, jota ei sellaisenaan saa käyttää. Jos vanhaa konelinjaa uudistetaan, niin riippuen konelinjan muutoksista siihen saatetaan tarvita CE-merkintä ja siihen liittyvä dokumentointi. Esim. koneen vaihtaminen uuteen ei välttämättä johda koko konelinjan CE-merkintään. Toisaalta järjestelmän käytölle on yleensä eduksi, että sille on tehty tarvittava dokumentointi ja että se on tallella. [Anon. 1997]

Koneyhdistelmäkokonaisuudelle tehdään riskin arviointi, samoin järjestelmän epätäydellisille koneille, kokonaisuuden turvallisuus varmistetaan ja lopuksi kokonaisuus CE-merkittään. Yksi osapuoli ottaa kokonaisvastuun koneyhdistelmästä ja hoitaa asiapaperit kuntoon. Menettelyn tarkoituksena on se, että koneiden rajapinnoillekin löytyy aina vastuunkantaja. Kokonaisvastuunottaja voi olla esim. pääurakoitsija, suurin toimittaja tai, jos muuta ei ole sovittu, työpaikan työnantaja. Kokonaisvastuunottaja kannattaa sopia jo kaupantekovaiheessa. [Anon. 1997]

Käyttöpäätöksessä on automaatiojärjestelmiin liittyen vaatimuksia mm. vaaravyöhykkeelle pääsyn estämisestä, osien vikaantumisen aiheuttavien vaaratilanteiden estämisestä ja hallintalaitteiden käytöstä [VNp 856/1998]. Käyttöpäätös koskee vanhoja koneita.

Paperiteollisuuden koneille on tulossa standardeja sarjaan EN 1034. Näistä on valmiina mm. ”EN 1034-1 Safety of machinery – Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines – Part 1: Common requirements”. Standardi esittelee mm. vaaratekijälistan, monia eri suositusarvoja ja rakenteisiin liittyviä yleisiä sääntöjä [EN 1034-1].

4. Turvallisuusteknisiä keinoja

4.1 Odottamattoman käynnistyksen estäminen

Odottamaton käynnistys liittyy tilanteisiin, joissa ihminen joutuu menemään vaara-alueelle esim. työtehtävän vuoksi. Tässä kohdassa tarkastellaan tapauksia, joissa koneet on pysäytetty ja koneen käynnistyminen aiheuttaa vaaratilanteen. Odottamattoman käynnistyksen vaikutus kohdistuu harvemmin kohteeseen, jota pidetään turvallisena (esim. kone tulee aidan läpi). Koneautomaatiassa käsitteiden ”pysähtyneenä” ja ”lepo-tilassa” määrittely on käynyt entistä vaikeammaksi. Automaattinen kone saattaa lähteä liikkeelle automaattisesti, vaikka se on aluksi pysähtyneenä. Tämän vuoksi odottamaton käynnistys on merkittävä tapaturman syy juuri automaattisissa koneissa.

Tyypillisiä odottamattoman käynnistyksen syitä ovat

- ulkoinen vaikutus tai ohjausjärjestelmän vikaantuminen
- tarkoitukseton vaikuttaminen
- energiansyötön palaaminen
- koneen osiin kohdistuva vaikutus (tuuli, painovoima, kokoon puristunut jousi tms.).

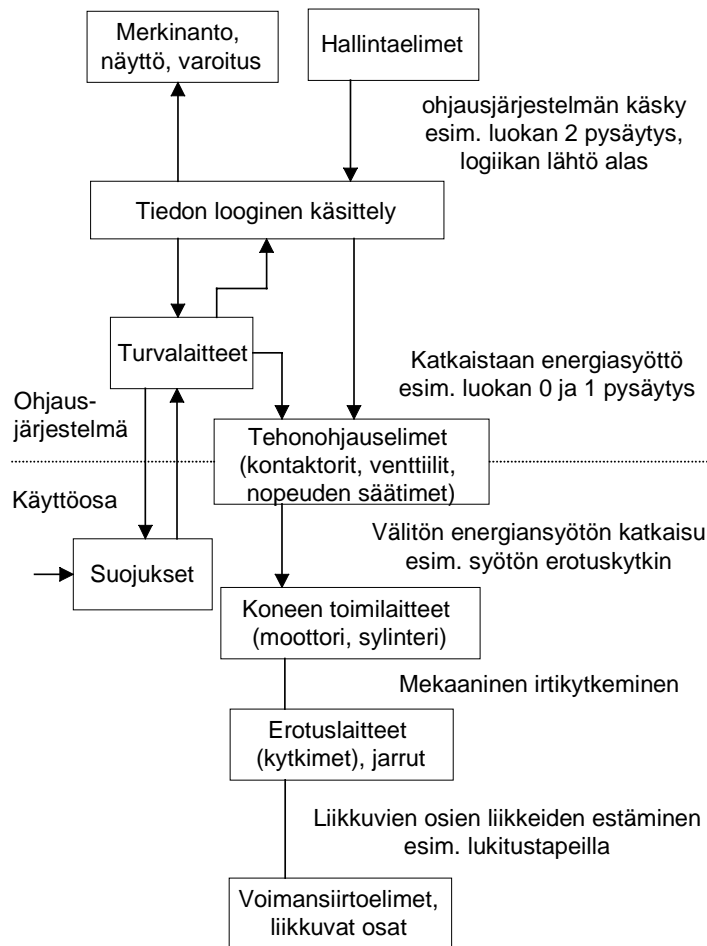
Kaikista edellä mainituista odottamattoman käynnistyksen syistä on olemassa tapaturmaesimerkkejä. Käyttäjän kannalta odottamaton käynnistys on myös normaaliin toimintaan liittyvä automaattinen käynnistys, vaikka se ei kuulukaan standardin SFS-EN 1037 määritelmän piiriin. Tavallinen tapaturman syy on myös se, että kone käynnistetään tietämättä, että vaara-alueella on henkilö. Normaalin käynnistyksen aiheuttamilta riskeiltä pyritään välttämään turvalaitteilla ja turvallisilla toimintatavoilla.

Energian varastoituminen voi aiheuttaa yllättävän vaaratilanteen silloin, kun energiansyöttö on katkaistu. Varastoitunut energia voi olla esim. seuraavissa muodoissa: hitausvoimat, painovoima, sähkövaraus (kondensaareissa, akuissa) tai paine (paineenalaiset kaasut ja nesteet esim. paineakuissa, sylintereissä, letkuissa, jousissa tai jännityksessä olevassa materiaalissa.

Pääsääntöisesti odottamaton käynnistys pyritään estämään erottamalla energiansyöttö ja purkamalla varastoitunut energia. Käytännössä tämä tarkoittaa mm. sähkön katkaisemista myös servomootoreilta ja toisaalta paineen purkua sylintereistä ja paineakuista. Tämän lisäksi tarvitaan myös mahdollisuus lukita energiansyöttö pois päältä. Lukinnaksi katsotaan mm. riippulukko, siirtoavain ja lukittavissa olevat kotelot.

Koneessa tarvitaan laitteet varastoituneen energian purkamiseksi tai energian pidättämiseksi, jos energia voi aiheuttaa vaaraa. Energian purkamiseen tarkoitetut laitteet olisi vaältävä siten, että energian purkaminen tai pidättäminen tapahtuu itsestään ilman vaaraa. [SFS-EN 1037]

Energian purkamisen todentamista varten tarvitaan laitteet tai testauskohdat todentamiseen (esim. painemittari tai mittauspiste). Myös käyttöohjeissa pitää kuvata turvallinen todentamismenetelmä. Jos energia voi varastoitua järjestelmään, tarvitaan pysyvät varoitusmerkinnät. Kuva 1 esittää odottamattoman käynnistyksen estämisen periaatteita energiansyötön kannalta. Taulukko 3 esittää suunnittelun ja käytön aikaisia keinoja odottamattoman käynnistymisen estämiseksi.



Kuva 1. Kuvassa odottamattoman käynnistyksen estämisen periaatteita energiansyötön kannalta (vrt. SFS-EN 1037).

Aina ei kuitenkaan ole mahdollista purkaa nopeasti ja turvallisesti kaikkea energiaa koneesta. Päätös energian jättämisestä voidaan tehdä riskinarvioinnin perusteella. Tällöin muiksi keinoiksi standardi SFS-EN 1037 esittää tarkoittamattoman käynnistyksen estämistä (vrt. luvun alun ranskalaiset viivat) ja automaattista pysäyttämistä, ennen kuin vaaraa ehtii syntyä. Erääksi mahdolliseksi keinoksi standardi esittää luokan 2 (SFS-EN 60204-1) pysäytyksen (esim. servovirta voi olla päällä) valvontaa turvalaitteilla ja luokan 0 pysäytystä (kaikki virrat katkaistu kontaktorilla), jos odottamaton käynnistys ha-

vaitaan. Edellä mainituilla keinoilla ei kuitenkaan saa korvata energian erottamista ja purkamista.

Taulukko 3. Odottamattoman käynnistyksen estämisen periaatteet.

Suunnittelu	<p>Pyritään suunnittelemaan järjestelmä sellaiseksi, että ihmisen mennessä automaattikoneen alueelle kaikki energiansyötöt on katkaistu ja varastoitunut energia purettu automaattisesti (SFS-EN 1037 kohdat 4.2 ja 5.3.1.3). Syötönerotuskytkimen vaatimukset on kuvattu standardissa SFS-EN 60204-1 kohdassa 5.3, hydrauliiikan laitteet standardissa SFS-EN 982 kohdassa 5.1.6 ja pneumatiikan laitteet standardissa SFS-EN 983 kohdassa 5.1.6.</p> <p>Annetaan käyttäjälle/huoltomiehelle mahdollisuus lukita energiansyöttö mahdollisen vaaratilanteen ajaksi (SFS-EN 60204-1 kohta 5.3.3, SFS-EN 1037 kohta 5.2 ja EN 1034-1 kohta 5.8).</p> <p>Jos energiaa ei pureta automaattisesti,</p> <ul style="list-style-type: none"> - tarvitaan menettely, jolla energian purku voidaan toteuttaa; huom! hätäpysäytyksessä laite pyritään pysäyttämään nopeasti ja siten energian purku on siinä vain toissijainen tavoite; hätäpysäytin-tä ei ole tarkoitettu varsinaisesti odottamattoman käynnistyksen estämiseen, - varoita varastoituneesta energiasta (SFS-EN 1037 kohta 5.3.1.4). <p>Jos varastoitunutta energia ei voida purkaa,</p> <ul style="list-style-type: none"> - suunnitellaan menettely, jolla ihminen voi mennä turvallisesti automaattikoneen alueelle, - varoita varastoituneesta energiasta; irrotettavissa osissa, joissa on vaaraa aiheuttavaa energiaa, tarvitaan pysyvät varoitusmerkinnät, - suunnitellaan menettely, jolla varastoitunut energia voidaan purkaa luotettavasti, - suunnitellaan menettely, jolla voidaan varmistaa, että järjestelmässä ei ole energiaa (esim. painemittari) (SFS-EN 1037 kohta 5.4.3).
-------------	---

Suunnittelu	<p>Jos energiansyöttöä ei voida katkaista:</p> <ul style="list-style-type: none"> - tee riskin arviointi ja päätä, mihin kohtiin pysäytystilanteessa pitää tulla energiaa ja mihin energia saa varastoitua - minimoi toisen henkilön aiheuttama odottamaton käynnistys järjestämällä hyvä näkyvyys käyttöpaikalta, tekemällä tahaton käynnistys vaikeaksi (esim. siirtoavain, sopiva käynnistysproseduuri, kaulus käynnistyspainikkeen ympärillä, suoja putoavia esineitä vastaan jalkapolkimen päällä tms.), käyttämällä sopivia varoituksia (esim. käynnistysvaroitusta, varoituskilvet) - minimoi yksittäisten vikojen aiheuttama odottamattoman käynnistysriskin ottamalla huomioon esim. seuraavia tekijöitä: käynnistyspainikkeen jumiutuminen, käynnistyskäsky ei saa olla yksikanavaisen logiikan varassa (SFS-EN 1037 kohta 6.2.2) - sovelta turvallisuuteen liittyvissä ohjausjärjestelmän osissa standardia SFS-EN 954-1 ja turvallisuuteen liittyvissä ohjelmoitavissa osissa soveltuvaa standardia (esim. IEC 61508 tai standardiluonnos IEC 62061). - valvo pysäytyksen toteutumista ja katkaise energiansyöttö, jos pysäytys ei toteudu määräajassa; sähköjärjestelmässä valvo luokan 2 pysäytyksen (SFS-EN 60204-1) toteutumista ja vastaavasti siirry luokan 0 pysäytykseen vikatilanteessa (vrt. SFS-EN 1037 kohta 4.2, 6.1 ja 6.4 ja SFS-EN 60204-1) - Ota huomioon EMC. Häiriöt saattavat aiheuttaa käynnistyskäskyn. <p>Muita huomioitavia asioita:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Järjestä hätäpoistumistie vaara-alueelta, - Turvalaitteen kuittaus toteutetaan eri hallintalaitteella kuin käynnistys (SFS-EN 954-1 kohta 5.4), - Käynnistyshälytys tarvitaan silloin, kun käynnistyspaikalta ei nähdä koko vaara-alueelle SFS-EN 1037 kohta liite B, - jos riskin arvioinnin perusteella päädytään siihen, että kuittaus ei ole riittävän turvallinen keino vaara-alueen tyhjänä olon varmistamiseen, tarvitaan aluevalvontaa, jossa antureilla valvotaan koko aluetta (Siirilä 1999, s. 236)
Käyttö	<p>Käynnistettäessä varmistetaan, että vaara-alueella ei ole ketään.</p> <p>Käyttäjän tulee varoa mahdollisesti käynnissä olevalla viereisellä alueella olevia koneita ja niiltä tulevaa materiaalia.</p> <p>Aloitettaessa käyttöä varmistetaan, että järjestelmä on käyttökunnossa käyttämällä esim. valmistajan antamaa tarkastuslistaa.</p> <p>Lukitaan energiansyöttö mahdollisen vaaratilanteen ajaksi. Joissain tapauksissa voi varoitusmerkintä olla riittävä.</p>

Sähkön syötön erottaminen

Sähkön syöttö erotetaan pääsääntöisesti syötön erotuskytkimellä (vrt. pääkytkin SFS-EN 60204-1). Syötönerotuskytkin on oltava koneen jokaisessa syötössä, jokaisessa koneeseen sijoitetussa teholähteellä toteutetussa syötössä. Käytännössä on tarkoituksenmukaista käyttää moottorikohtaisia syötönerotuskytkimiä. Syötön erotuskytkimen tyypit on mainittu standardissa SFS-EN 60204-1 ja niitä ovat tietyt kuormanerottimet ja katkaisijat sekä pienille koneille (virta alle 16 A ja teho alle 3 kW) pistokytkimet. Vaatimuksia ovat mm. seuraavat: kyky katkaista suurimman moottorin oikosulkuvirta, kun muut moottorit ovat normaalikäytössä, erottaa kaikki jännitteiset syöttöjohdot, omaa asennosoituksen, joka näyttää AUKI-asentoa ainoastaan, jos kaikkien koskettimien avausväli on riittävä (EN 60947-3 mukaan).

Syötön erotuskytkimen ei kuitenkaan tarvitse erottaa huollon ja korjauksen aikana tarvittavia valaisinpiirejä, korjaustyökaluille tarkoitettuja pistorasioita, alijännitesuojaukseen käytettäviä virtapiirejä (käyttö vain vikatilanteissa), lukituspiirejä ja piirejä, joiden pitää olla jännitteisiä toiminnan ylläpitämiseksi (esim. muistipiirit).

Muita kuin syötönerotuskytkimiä (esim. ohjauspiirin aukaiseva kontaktori) saa käyttää, kun

- koneen osia ei merkittävästi pureta
- suoritetaan suhteellisen lyhytaikaisia säätöjä
- työ ei kohdistu sähkölaitteistoon; ei tule sähköiskun tai palovamman vaaraa, suoritettava työ ei eliminoi auki-kytkentää ja suoritettava työ on vähäinen.

Tavallisia odottamattoman käynnistyksen aiheuttavia vikoja ja vikojen syitä ovat

- maadoitusviat
- kaapelivauriot
- anturiviadat
- kosteus, tulipalo ja vieraat esineet.

Paineilman ja hydrauliiikan odottamattoman käynnistyksen estäminen

Tavoitteena on aina sulkea paineen syöttö ja poistaa varastoitunut energia (esim. paineakut, potentiaalienergia ja jousienergia). Jos tätä ei voida tehdä automaattisesti turvallisesti, suunnittelijan pitää ilmoittaa luotettava keino poistaa varastoitunut energia. Pneumatiikassa ja hydrauliiikassa saatetaan tarvita erikoisratkaisuja poistettaessa paine ohjattun vastaventtiilin takaa tai käytettäessä esiohjattuja venttiilejä. Näissä tapauksissa saatetaan tarvita ulkoista esiohjauspainetta paineen purkavan venttiilin ohjaukseen. Potentiaalienergian varmistamiseksi saatetaan järjestelmissä tarvita taakan tuentaa, jotta se ei huoltotilanteissa pääse putoamaan. Joissain kytkennöissä potentiaalienergia voi muuttua paineeksi, joka voi saada aikaan yllättävän liikkeen. Liitteessä A on tarkistuslista, joka

esittää kysymyksiä, joiden perusteella voidaan päätellä, onko tehty riittävästi toimenpiteitä vahinkokäynnistyksen minimoimiseksi.

4.2 Anturitekniikka

Markkinoilla on moniin eri fysikaalisiin periaatteisiin perustuvia ihmisen havaitsevia laitteita, joita myydään myös turvalaitekäyttöön. Monet laitteista ja fysikaalisista periaatteista sisältävät puutteita, joiden takia niiden käyttö turvalaitteissa on harkittava tapauskohtaisesti. Kaikkia laitteita ei ole suunniteltu turvallisesti vikaantuviksi, joten turvalaitekäytössä olevasta anturista on syytä varmistaa sen soveltuvuus turvalaitteeksi.

Turvakomponentti-käsite on määritelty konepäätöksessä. Turvakomponentti on lyhyesti sanottuna erikseen markkinoitava vaihdettavissa oleva laite, joka toteuttaa turvatoiminnon ja jonka vikaantuminen voi aiheuttaa vaaraa ihmiselle (ei kuitenkaan esim. jarru tai sylinteri, joita käytetään myös tavallisessa käytössä). Valmistaja määrittelee, onko myytävä tuote turvakomponentti. Tyyppitarkastettavia turvakomponentteja ovat mm. valoverhot, valokennot, tuntomatot ja kaksinkäsinhallintalaitteet. [Konepäätös]

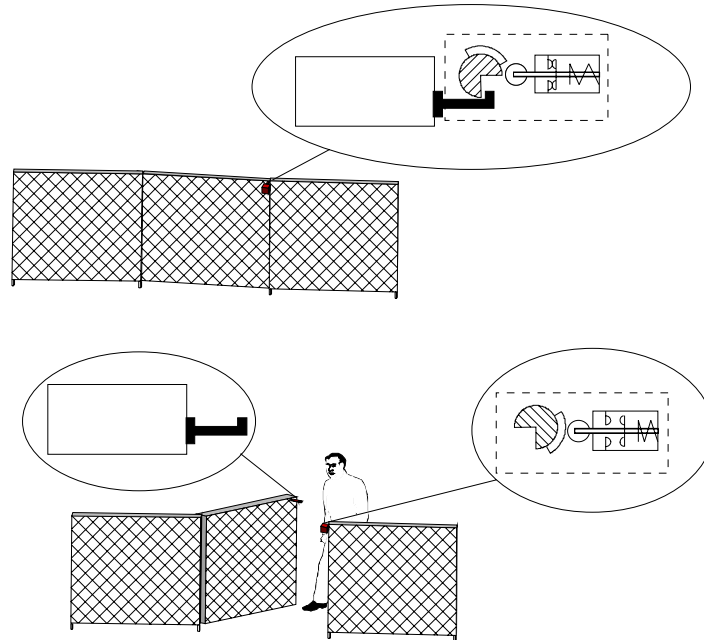
Hyväksi koettuja antureita ovat valokennot, valoverhot ja kosketusanturit. Näissäkin laitteissa on turvakäyttöön rajoitetusti soveltuvia malleja. Tavallisesti vasta, kun edellä mainittuja antureita ei ole voitu käyttää, on käytetty muita antureita.

4.2.1 Suojat ja koneen toimintaan kytketyt suojat

Koneen toimintaan kytketyt suojukset ovat yleensä rajakytkimiä tai avaimia, joita käytetään siten, että portin avautuessa vaarallisen koneen toimilaitteilta katkaistaan virta. Tällöin esim. porttiin kytketty rajakytkin katkaisee ohjausvirtapiirin. Koneen toimintaankytkentälaitetta suunniteltaessa on varmistettava, ettei ihminen pääse portin kautta liikkuvan koneen vaara-alueelle (kävelynopeudeksi oletetaan 1,6 m/s). Tämä voidaan järjestää sijoittamalla portti riittävän kauaksi vaarakohdasta, järjestämällä viive portin avaukseen tai sallimalla portin avaus vasta, kun kone on pysähtynyt. Laitteeseen voi liittyä myös tunnistimia, joilla varmistetaan, että kone on pysähtynyt, ennen kuin ihminen pääsee koneen viereen.

Kuvassa 2 esitetään erään avaintyyppisen rajakytkimen periaate. Portin ollessa kiinni oveen kiinnitetty avain on rajakytkimen sisällä ja kytkimen koskettimet ovat kiinni. Kun portti avataan, avain avaa koskettimet. Jos koskettimet hitsautuisivat kiinni, niin portti pysyy kiinni, ellei sitä avata niin suurella voimalla, että koskettimet irtoavat. Tällä periaatteella voidaan luotettavasti sanoa, että avaimen ollessa kytkimestä poissa kytkimen koskettimet ovat auki. Vaarallisia vikoja ovat kuitenkin esim. avaimen katkeaminen tai irtoaminen. Avainrajakytkimistä on olemassa myös lukollisia malleja. Lukko aukeaa vasta, kun avaaminen sallitaan sähköisesti esim. ajastinpiirillä tai moottorin pyörimisen tunnistimilla.

Tämäntyyppisiä ratkaisuja käytetään silloin, kun valvottavan järjestelmän pysähtymisaika on pitkä. Portin avaaminen sallitaan vasta, kun kone on pysähtynyt tai ihminen ei ehdi portilta vaarakohtaan ennen vaaran poistumista.



Kuva 2. Avainrajakytkimen käyttö kytkettäessä portti koneen toimintaan. Suojusta avattaessa avain vääntää vastakappaletta ja avaa pakkotoimisesti koskettimet.

Avainrajakytkimen lisäksi muita tavallisia koneen toimintaan kytkentälaitteita ovat

- siirtoavain, jossa käytössä oleva ainoa avain sopii portin oveen ja käynnistyskytkimeen,
- pistokekytkin, jonka avaaminen pysäyttää järjestelmän (kohteissa, joissa käydään harvoin),
- rajakytkin, jonka ohjainpää avaa pakkotoimisesti koskettimet, kun portti avataan.

4.2.2 Optiset turva-anturit

Optisen anturin toiminta perustuu yhden tai useamman valonsäteen tuottamiseen ja havaitsemiseen. Valonsäteen katkeaminen tai sen intensiteetin heikkeneminen saa aikaan tunnistuksen havaitsemisen. Yksisäteistä anturia kutsutaan valokennoksi ja useampisäteistä anturia valoverhoksi. Valoverho voi olla myös dynaaminen, jolloin valvonta-alueita pyyhkäistään yhden säteen avulla. Turvalaitteikäyttöön tarkoitetuissa valokennoissa ja valoverhoissa valvotaan anturin sisäistä toimintaa ja vian sattuessa estetään koneen vaarallinen toiminta. Tehokkaan itsediagnostiikan ja tarkasti rajattavan havaintoalueen ansiosta monet valokennot ja valoverhot sopivat kohteisiin, joissa vaaditaan korkeaa turvallisuustasoa.

Optisen anturin lähetinosa sisältää virtalähteen, modulaattorin, valonlähteen tai -lähteitä ja optiikan. Modulaattori tekee tarvittavan pulssimuodon, joka on tavallisesti muotoa: lähetys täysillä ja sitten moninkertainen aika lähetys pois päältä. Diodi on suurimman osan ajasta pimeänä, koska siten diodista saadaan hetkellinen suuri teho vaikka kokonaisteho jää kohtuulliseksi. Optiikalla saadaan pidempiä etäisyyksiä, ja toisaalta voidaan saavuttaa suurin herkkyys juuri tietyllä etäisyydellä. Vastaanottimeen kuuluvat vahvistin, demodulaattori sekä logiikka- ja liitäntäpiirit. Demodulaattori tunnistaa lähettimen lähettämän pulssimuodon ja muuttaa sen kytkentätiedoksi.

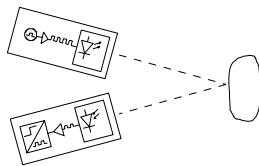
Lähetin ja vastaanotin voivat olla erillään, jolloin valonsäde muodostetaan niiden väliin, tai ne voivat olla samassa kotelossa, jolloin valonsäde heijastetaan erillisestä heijastimesta. Markkinoilla on myös kohteesta heijastuvan valonsäteen havaitsemiseen perustuvia antureita. Kohteesta heijastava anturi soveltuu rajoitetusti turvalaitekäyttöön, sillä havaintoetäisyys on usein voimakkaasti kohteen heijastusominaisuuksista riippuva (turvamallejakin on olemassa). Jotkut valmistajat määrittelevät luotettavan ja epäluotettavan havaintoetäisyyden. Kuvassa 3 esitetään optisten antureiden periaatteita.



SUORATIE PERIAATE: OPTINEN LÄHETIN JA VASTAANOTIN OVAT VASTAKKAIN



SUORAHEIJASTUSPERIAATE VALO KULKEE PRISMAPEILIIN JA PALAA SAMATIETÄ TAKAISIN, POLARIISOITUNUT VALO HEIJASTETAAN PUOLILÄPÄISEVÄLLÄ PEILILLÄ VASTAANOTTIMEEN



V-HEIJASTUSPERIAATE: VALO HEIJASTUU KOHTEESTA JA PALAA VASTAANOTTIMEEN



TUTKAPERIAATE. VALON KULKUAIKAA MITTAAMALLA SAADAAN SELVILLE ETÄISYYS

Kuva 3. Optisten antureiden toimintaperiaatteita.

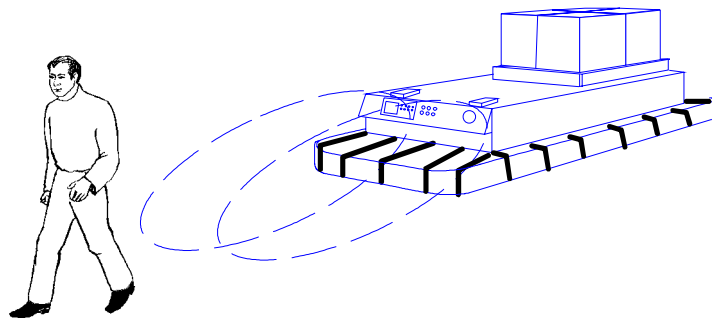
Valoverhoja käytetään yleisesti turva- ja hallintalaitteina puristimissa ja leikkureissa estämään käsivahinkoja materiaalin syötön ja poiston yhteydessä. Käsien ollessa vaarakohdassa valoverho on vaikutettuna ja estää koneen toiminnan. Valokennot ja valoverhot on sijoitettava siten, että kukaan ei voi tahattomasti päästä valvonta-alueelle sädettä katkaisematta.

Linssien likaantuminen on pölyisessä ympäristössä ongelma. Valodiodien kehityksen myötä ongelma on kuitenkin pienenemässä. Lisäksi on olemassa malleja (ei turvamalleja), joiden toimintaan ei pieni likaantuminen vaikuta. Nämä mallit ovat käyttäjän säädettävissä, ja lyhyellä etäisyydellä säde voi mennä kädenkin läpi aiheuttamatta havaintoa. Likaantuminen ei aiheuta vaarallista virhetoimintaa, mutta se pienentää tuotantojärjestelmän käytettävyyttä aiheuttamalla pysäytyksen.

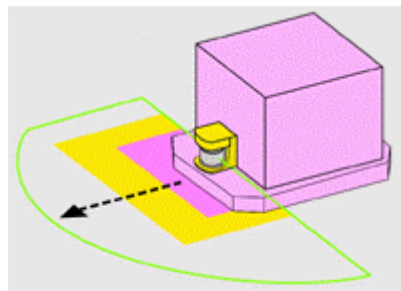
Koska tunnistimet käyttävät ihmisilmälle näkymätöntä infrapunasäteilyä, voi siitä aiheutua tahattomia pysäytyksiä. Valvonta-alueen rajat tulisikin silloin merkitä selkeillä varoitusmerkinnöillä.

Edellä on kuvattu lähinnä valokennojen ja valoverhojen toimintaa, mutta yhä useammin käytetään myös optisia lähestymiskytkimiä ja laserskannereita. Näiden toiminta perustuu valon lähettämiseen ja kohteesta palaavan säteen havaitsemiseen. Tässä toimintaperiaatteessa tulee ottaa huomioon valokennoinhin nähden uusi epävarmuustekijä, kohteen heijastusominaisuus. Jos kohde on musta, se heijastaa huonosti ja havaitsemisetaisyys saattaa lyhentyä. Jos kohde on peilimäinen, siitä ei tule lainkaan hajaheijastusta vaan säde heijastuu usein kapeana keilana normaalien heijastussääntöjen mukaan. Tässä tapauksessa kohde saattaa jäädä kokonaan havaitsematta, jos säde ei palaa vastaanottimeen.

Laserskannereissa lasersäde pyyhkii tasomaista ohjelmoitua havaintoaluetta ja tekee havainnon valon kulku-aikaan perustuen. Tällä menetelmällä saadaan etäisyys mitattua tarkasti, kun vain vastaanotin saa vastaanotettua paluusäteen. Kuva 4 esittää vihivaunuun liitettyä optista lähestymiskytkintä. Kuva 5 esittää laserskannerin periaatetta ja siihen ohjelmoituja vyöhykkeitä.



Kuva 4. Vihivauunun turvalaitteina on tuntopuskuri ja optinen lähestymiskytkin.



Kuva 5. Laserskanneri siirtovaunun turvalaitteena (Sick).

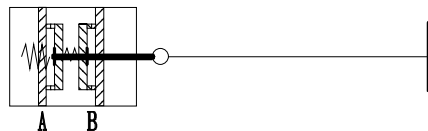
4.2.3 Kosketusanturit

Kosketusanturit ovat toiminnaltaan suhteellisen yksinkertaisia, ja niiden toiminnallisia vaatimuksia on käsitelty standardeissa EN 1760-1 ... 3 [SFS-EN 1760-1, 1998].

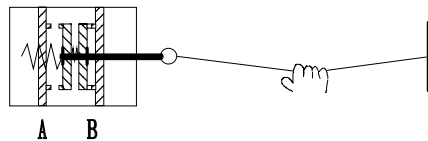
Tuntoreunoja ja tuntopuskureita käytetään yleisesti esim. nostopöydissä ja siirto- ja vihi-vaunuissa. Suojaus on järjestettävä siten, että kone ehtii pysähtyä tuntoreunan joustomatkalla, ennen kuin vaikuttava voima kasvaa vaarallisen suureksi (standardissa esitetty voiman arvo on tilanteesta riippuen 250 N). Tämä voidaan toteuttaa asentamalla tuntoelin riittävän etäälle vaarakohdeesta ja/tai käyttämällä riittävän hitaita nopeuksia puristuskohdissa. Tuntoreunat toimivat yleensä sähköllä tai valolla (nykyään harvoin paineilmalla). Sähkömekaanisissa tuntoreunoissa on kaksi johtavaa pintaa, jotka eivät tavallisesti kosketa toisiaan. Tuntoreunaa painettaessa johtavat pinnat koskettavat toisiaan ja syntyy oikosulku, jonka seurauksena rele päästää. Paineilmalla toimivassa tuntoreunassa ilma pumpataan pienellä ylipaineella painekeytkimen ohi ulos. Reunaa painettaessa painekeytkimen kohdalla paine laskee ja kytkin päästää. Valoon perustuvissa tuntopuskureissa on yleensä valokuitua sykkyrässä vahtokumin sisällä. Puskuria painettaessa valokuitu menee jyrkälle mutkalle ja valo pääsee kuidusta pois. Valon väheneminen havaitaan valodiodilla.

Köysihätäpysäytin rakentuu teräsköydestä ja erityisestä rajakytkimestä. Rajakytkin vaikeutuu, jos köydestä vedetään tai jos köysi katkeaa. Kuvassa 6 esitetään erään köysihätäpysäyttimen toimintaperiaate.

Molemmat koskettimet A ja B ovat kiinni



Kosketin A aukeaa, kun köysi kiristyy.



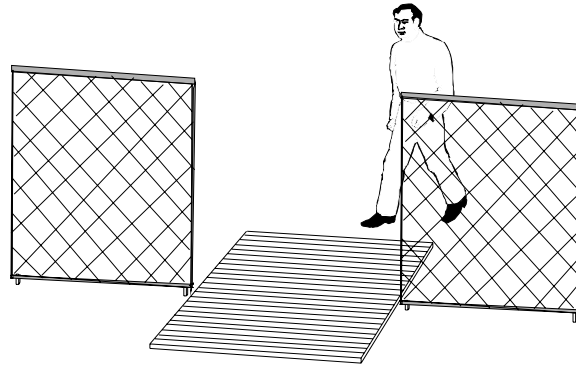
Kosketin B aukeaa, kun köysi löystyy.



Kuva 6. Erään köysihätäpysäyttimen toimintaperiaate.

Tuntomatolla havaitaan henkilön astuminen tuntomatolle. Maton toimintaperiaatin on samanlainen kuin tuntopuskurien ja -reunojen. Tuntomatto sijoitetaan yleensä joko vaara-alueelle pääsykohtaan tai valvomaan koko vaara-alueetta. Tuntomatto tulee ulottaa riittävän etäälle vaarakohdasta. Turvaetäisyyteen vaikuttavat koneen pysähtymisaika ja ihmisen

nopeus (standardin EN 999 mukaan 1,6 m/s) ja ihmisen ulottuma (standardin mukaan 1,2 m). Kuvassa 7 on tuntomatto sijoitettu aidassa olevaan aukkoon.



Kuva 7. Ihmisen pääsyä koneen toiminta-alueelle valvotaan tuntomatolla.

Kosketusantureiden käyttö on lisääntymässä, ja turvalaitteeksi tarkoitetut mallit ovat turvallisuustasonsa puolesta mm. konepajakäyttöön sopivia. Antureiden kytkentä koneen ohjaukseen ja anturielementtien sijoittelu työtilassa voivat kuitenkin vesittää oikein toimivan laitteen merkityksen. Toiminnan varmistukset on muistettava myös näissä yhteyksissä.

5. Sovellusesimerkit

Paperirullien jälkikäsittelyyn liittyviä vaaratekijöitä

Sovellusesimerkkeinä hankkeessa olivat Myllykoski Paper Oy ja UPM-Kymmene Tervasaari. Myllykoski Paper Oy:ssä tarkasteltiin paperirullien jälkikäsittelyjärjestelmää sekä sellupaalien kuljetinjärjestelmää. UPM-Kymmene Tervasaassa tarkasteltiin paperirullien jälkikäsittelyjärjestelmää. Lisäksi hankkeessa käytiin tutustumassa UPM-Kymmene Rauman jälkikäsittelyjärjestelmään, jossa on käytetty viimeisintä paperirullien jälkikäsittelyjärjestelmän automaatiotekniikkaa. Käytännön tarkastelun lisäksi tehtiin hankkeessa koejärjestely, jossa tutkittiin ristikkäin asennettujen valokennojen toimivuutta turvalaitteen passivoinnissa. Teoreettisesta tarkastelusta ja mittauksista on tarkemmin tietoa kohdassa 5.4.

Tässä luvussa tarkastellaan sovellutusesimerkkikohteissa olevien paperirullien jälkikäsittelyjärjestelmien keskeisiä vaaratekijöitä. Tarkastelussa keskityttiin ennen kaikkea vaaratekijöihin, jotka johtuivat järjestelmien teknisistä ratkaisuista. Jälkikäsittelyjärjestelmien välittömät vaaratekijät, jotka voivat johtaa tapaturman syntymiseen, liittyvät lähinnä järjestelmien työprosessin liikkuvien osien suojaukseen sekä kulkemiseen järjestelmän ympäristössä.

5.1 Myllykoski Paper

5.1.1 Yleistä

Paperirullat kulkevat kaksoisrullaimelta pakkauskoneelle kuljetinjärjestelmän kautta. Kaksoisrullaimelta paperirullat vierivät luovutuksen jälkeen lattian kaltevuuden ansiosta lamellikuljettimelle, jossa lattian vastakaltevuus pysäyttää paperirullat. Kuljetinjärjestelmässä lamellikuljettimet kuljettavat paperirullat kuljetinrataa pitkin, jossa tarvittavat kulkusuunnan muutokset toteutetaan työntimillä ja kääntöpöydillä. Lamellikuljetinjärjestelmästä paperirullat siirretään työntimellä pakkauskoneen edessä olevaan väliasemarataan, jossa paperirulla vierii radan kaltevalla pinnalla. Väliasemaradalla on pysäyttimiä, joilla rullan vierimistä jaksotetaan. Väliasemaradan ja pakkauskoneen välissä on myös rullan tunnistusasema, jossa rulla myös keskitetään. Tunnistusasemalta rulla työnnetään työntimellä varsinaiselle pakkauskoneelle. Pakkauskoneella rullaan kääretään käärintäpaperi, asetetaan sisäpäätylaput, viikataan käärintäpaperi rullan päädyistä ja liimataan ulkopäätylaput. Pakkauskoneen jälkeen paperirulla menee etiketöintiin, jossa rullaan kiinnitetään tarvittavat etiketit. Tämän jälkeen rulla viedään kuljetinjärjestelmällä tuotevarastoon.

Tässä järjestelmässä paperirullat kulkevat kaksoisrullaimelta automaattisesti pakkaus-koneen edessä olevaan rullan tunnistusasemaan. Tunnistusasemalta pakkauskoneen hoitaja käynnistää työntimen, joka työntää rullan pakkauskoneelle. Tämän jälkeen pakkauskoneen hoitaja käynnistää pakkauskoneen käärinnän ja päätylappujen puristuksen erillisinä käynnistystoimintoina. Käärintäkoneelta rulla kulkee automaattisesti etiketöinnin kautta tuotevarastoon.

Tässä paperirullan jälkikäsitteilyn järjestelmässä tapahtuvat automaattisesti kuljetinjärjestelmän toiminnot, joilla rullat siirtyvät rullaimelta pakkauskoneeseen liittyvälle tunnistuslaitteelle sekä pakkauskoneelta tuotevarastoon. Pakkauskoneen toiminta tapahtuu siten, että koneenhoitaja käynnistää pakkauskoneen eri toimintajaksot (rullan työnnön tunnistuslaitteelta, paperirullan käärinnän sekä päätylappujen puristuksen). Kuljetinjärjestelmän alueelle on käyttäjillä vapaa pääsy. Ainoastaan kuljetinjärjestelmään liittyvien työntimien ja pysäyttimien kohdalla on rullien kulkureittien aukkoihin laitettu ketjuja roikkumaan. Ketjujen tarkoituksena on herättää huomiota siitä, että alueella tapahtuu laitteiden vaarallisia liikkeitä. Työntimien vaaravyöhykkeille on kuitenkin mahdollista päästä kulkemaan muuta kautta. Pakkauskoneen alueelle (sisältäen pakkauskoneen, pakkauskoneen edustalla olevan väliasemaradan sekä pakkauskoneen takana olevan kuljetinjärjestelmän) on mahdollista kulkea vapaasti.

5.1.2 Järjestelmän käyttöön liittyviä vaaratekijöitä

Kuljetinjärjestelmä

Kun kaksoisrullain luovuttaa paperirullat, koneen käyttöhenkilökuntaa on työskentelemässä rullaimen edessä osittain vielä teippaamassa rullien ”häntiä” kiinni. Jos painava rulla pääsee töytäisemään rullaimen edustalla olevan henkilön nurin, rulla vierii hänen päälleen. Painavien kovapintaisten rullien vierieessä lamellikuljettimelle kuljettimen toisella puolella olevan lattian vastakaltevuus ei riitä pysäyttämään rullaa ja rulla voi vieriiä kuljettimen yli. Rulla voi vieriiä lähistöllä olevan henkilön jalkojen päälle tai aiheuttaa puristumisvaaran rullan ja kiinteiden rakenteiden välillä. Käyttöhenkilöt ovat pyrkineet estämään rullan karkaamista asettamalla lamellikuljettimen taakse siirreltäviä pysäyttimiä (Kuva 8).



Kuva 8. Lamellikuljettimen vieressä olevat siirreltävät pysäyttimet.

Rullan liikuessa lamellikuljettimella kuljetinjärjestelmässä rulla ja lamellikuljetin eivät aiheuta suurta vaaraa, koska kuljettimen nopeus on alhainen ja rulla liikkuu lattiatasossa, joten henkilön joutuessa liikkuvan rullan eteen rulla työntää estettä edellään eikä puristumis- tai nieluvaaraa rullan ja lattian väliin pääse muodostumaan. Kuljettimen läheisyydessä olevat kiinteät rakenteet (rakennuksen tolpat tai muiden laitteiden runkorakenteet) aiheuttavat puristumiskohtia (Kuva 9). Nämä vaaratekijät aiheutuvat yleensä siitä, että rakennuksissa ei ole layoutissa alun perin otettu huomioon kuljetinjärjestelmien sijoittelua.



Kuva 9. Kuljettimen läheisyydessä olevan rakenteen aiheuttama puristumiskohta.

Kuljetinjärjestelmässä olevat työntimet ja niihin liittyvät pysäyttimet aiheuttavat mekaanisten liikkeittensä takia puristumisvaaroja, ja lisäksi niidenä kohdalla rullaa liikutetaan vierimällä ja rullan liikkeet ovat nopeampia, joten rullan liikkeet aiheuttavat myös puristumisvaaroja. Kuljetinjärjestelmään kuuluvalla jumborullakuljettimella kuljetetaan raskaampia rullia lamellikuljettimen loppuosaan ja sitä kautta pakkauskoneelle. Jumborullakuljettimelta vieritettävät rullat ja niitä vastaanottava pysäytin sijaitsevat helposti käytettävällä kulkureitillä kuljettaessa kaksoisrullaimelta pakkauskoneelle (Kuva 10). Työntimien ja pysäyttimien vaaravyöhykkeille on vapaa pääsy, ja käyttäjiä varoitetaan ainoastaan kulkuaukossa olevilla roikkuvilla ketjuilla.



Kuva 10. Jumborullakuljetin ja rullia vastaanottava pysäytin.

Kääntöpöytien yhteydessä on samoin työntimiä, joilla rulla työnnetään kääntöpöydän alueelle, sekä rullan vastaanottavia pysäyttimiä (Kuva 11). Näiden mekaanisten liikkeiden lisäksi alueella on myös kääntöpöydän pyörimisliikkeen sekä vierivän rullan aiheuttamat vaaratekijät. Käyttäjien kertoman mukaan paperirulla on joskus karannut kääntöpöydältä ja vierinyt kääntöpöydän ympärillä olevia suojakaiteita vasten. Jos alueella on tällöin käyttäjä, vierivä rulla puristaa hänet suojakaiteen väliin. Rullan karkaaminen kääntöpöydän pysäyttimeltä on mahdollista myös, jos alueella oleva henkilö astuu rullan vieressä kääntöpöydän tasossa olevaan painimeen, joka rullan vieressä ajastaa pysäytintä. Jos pysäytin saa virheellistä tietoa rullan liikkeistä ja siksi aloittaa pysäytyksen vaimennuksen liian aikaisin, pysäytin ei kykene pysäyttämään rullaa ja vierii voimalla suojakaiteisiin. Alueella olevat valokennot ja anturointiin liittyvät painimet voivat käynnistää kuljetinjärjestelmän liikkeitä.



Kuva 11. Kuljetinjärjestelmän kääntöpöytiä ja niihin liittyviä pysäyttimiä.

Trukkiliikenne aiheuttaa alueella liikkuvalla käyttöhenkilökunnalle törmäämisvaaran trukin kanssa.

Pakkauskone

Pakkauskoneen edustalla oleva kippaava kuljetin ja pysäyttimet (Kuva 12), jotka jaksoittavat rullien kulkua pakkauskoneelle, aiheuttavat vierivien rullien kanssa puristumisvaaran eritoten silloin, kun työntekijä kuljettimella liikkeessaan kompastuu eikä tämän johdosta voi väistää rullaa. Lisäksi kuljettimen kippauksen palautusliike aiheuttaa puristumisvaaran rakenteiden väliin.



Kuva 12. Pakkauskoneen edustalla oleva kuljetinjärjestelmä.

Rullan tunnistuksessa olevan keskittäjän mekaaniset liikkeet aiheuttavat puristumisvaaran keskittäjän ja paperirullan välissä sekä keskittäjän paluuliikkeessä keskittäjän ja laitteen runkorakenteiden välillä. Pakkauskoneelle rullat tulevat koneella työskentelevien käyttäjien selän takaa (Kuva 14). Rullat tulevat keskittäjälle automaattisesti järjestelmän anturoinnin ohjaamana. Tunnistusasemassa oleva rullan keskittäjä toimii myös automaattisesti rullan tullessa tunnistusasemalle. Koska käyttäjät ovat selin näihin toimintoihin nähden, he voivat huomaamattaan jäädä rullan alle tai keskittäjän mekaanisten liikkeiden puristamaksi. Alueella on myös rullan liikkeiden tunnistamista varten valokennoja, joihin käyttäjät saattavat vaikuttaa ja vaikuttaa samalla automaatiojärjestelmän toimintaan.

Pakkauskoneen toiminnot tapahtuvat puoliautomaattisesti, eli käyttäjät käynnistävät pakkauskoneen eri työvaiheita käynnistysvaihjereista (Kuva 13, Kuva 14). Käynnistysvaihjereiden vieressä on myös pakkauskoneeseen vaikuttava köysihätäpysäytin. Hätätilanteessa tavoiteltaessa hätäpysäytinvaijeria voidaan vahingossa vaikuttaa koneen toimintoja käynnistäviin käynnistysvaihjereihin.



Kuva 13. Pakkauskoneen käynnistysvaijerit ja köysihätäpysäytin.

Pakkauskoneella työskentelee yksi tai kaksi henkilöä tilanteesta riippuen. Silloin, kun kaksi henkilöä on työskentelemässä pakkauskoneella, käyttäjien turvallisuus on riippuvainen työparin yhteistyöstä. Työvaiheen käynnistävän henkilön tulee tällöin tietää, ettei työpari ole työvaiheen käynnistyshetkellä tekemässä mitään sellaisia liikkeitä, jotka aiheuttaisivat vaaratilanteen. Laitteet tekevät käynnistyksen jälkeen automaattisia toimintajaksoja, joissa on useita liikkeitä, jotka aiheuttavat puristumisvaaran. Vastaavat vaaratekijät ovat olemassa myös silloin, kun pakkauskonetta käyttää yksi henkilö. Silloin hänen täytyy käynnistäessään kiinnittää huomiota omiin liikkeisiinsä ja mahdollisesti alueelle tulleisiin muihin henkilöihin, koska pakkauskoneen vaaravyöhykkeelle pääsyä ei ole mitenkään rajoitettu.



Kuva 14. Pakkauskoneen toimintajakson käynnistäminen käynnistysvaijerista.

Pakkauskoneen käyttöön liittyvät merkittävimmät vaaratekijät ovat viikkaajien ja päätylappujen puristimien liikkeiden sekä tunnistusasemasta työnnettävän rullan aiheuttamat puristumisvaarat. Viikkaajien laskeutuminen rullan päälle aiheuttaa suurimman riskin käyttäjälle, koska liike voi käynnistyä työparina työskenneltäessä odottamattomasti (työpari ei huomaa, että toinen käyttäjä on käynnistänyt liikkeen). Lisäksi viikkaajat tekee vaaralliseksi se, että puristavan laskuliikkeen lisäksi niiden päissä on pyörivät ”ropellit”, jotka saattavat takertua vaatteisiin. Jos käyttäjä horjahtaa käärintäkoneen edustalla ja ottaa tukea paperirullasta, rullan pyörimissuunta kuljettaa kättä kohti viikkaajan ja rullan välistä nielua. Myös ulkopäätylappujen puristimien liike on vaarallinen, koska puristimen liikenopeus on melko suuri ja liike voi käynnistyä työpariin nähden odottamattomasti. Jos henkilö on lähellä pakattavaa paperirullaan, kun hän havaitsee puristusliikkeen alkamisen, tai jos hän tuntee vasta kosketuksen, hänellä on ainoastaan vähän aikaa päästä pois vaaravyöhykkeeltä tai pysäyttää liike köysihätäpysäyttimellä. Koska pakkauskoneen käyttöön liittyvät käynnistysvaijerit ja köysihätäpysäytin ovat samassa rykelmässä, käyttäjän on hätätilanteessa vaikea nopeasti löytää hätäpysäytysvaijeria, ja pahimmassa tapauksessa hän voi vaikuttaa käynnistysvaijeriin ja siten pahentaa vaaratilannetta.

Joissakin tapauksissa käyttäjät puuttuvat käsin koneen käärintätoimintoihin silloin, kun koneen liikkeet ovat käynnissä. Huonosti paikallaan olevan sisäpäätylappun korjaaminen käärintäpaperin viikkauksen korjaaminen viikkauksen aikana sekä puristimesta irronneen ulkopäätylappun korjaaminen puristimen liikkeen aikana aiheuttavat käyttäjälle suuren vaaran joutua koneen mekaanisten liikkeiden väliin.

Käärintäkoneen takana olevan etiketöinnin manipulaattorin mekaaniset liikkeet aiheuttavat puristumisvaaran. Etikettiin ruiskutettavan liiman johdosta käyttäjät altistuvat liimassa oleville kemikaaleille sekä liimausroiskeiden aiheuttamille silmävammoille. Lisäksi käärintäkoneen takana oleva välipysäyttimillä varustettu rullan vierintäramppi aiheuttaa samat tyypilliset vierivien rullien sekä pneumaattisesti liikkuvien pysäyttimien aiheuttamat vaaratekijät.

Sellupaalien kuljetinjärjestelmä

Paalien kuljetusjärjestelmässä kuljetetaan sellupaalit autojen purkupaikalta paalivarastoon tai suoraan pulpperiin. Järjestelmä koostuu kahdesta vierekkäisestä ketjukuljettimesta, joilla paalit kuljetetaan autojen purkauspaikalta varastoon. Ketjukuljettimien välissä on risteysasema ja kuljetinjärjestelmän kulmassa olevat pinopurkaajat sekä kääntöpöytä. Lisäksi järjestelmään kuuluu hihnakuljettimia joilla paaleja syötetään pulppereihin. Järjestelmä toimii automaattisesti, ja kuljettimien alueella on käynnistäviä valokennoja. Järjestelmän alueelle on vapaa pääsy muuten, paitsi pinopurkaajan kulmauksessa on suojaverkko.

Järjestelmän käyttöön liittyvät vaaratekijät

Ketjukuljettimien alueella on paikkoja, joissa kuljettimen runkorakenteiden ja kuljetettavan paalien välillä syntyy pahoja puristumiskohtia (Kuva 15). Koska alueella on käynnistäviä valokennoja, voi kuljettimien välissä oleva henkilö käynnistää itse kuljettimet ja täten aiheuttaa puristuksiin joutumisen. Kuljettimen sivulla on köysihätäpysäytin sekä varoituskilpiä, joissa kielletään meneminen kuljettimien väliin. Kuljetinjärjestelmässä olevat valokennot ovat aiheuttaneet häiriöitä, joiden poistamiseksi on tarvinnut mennä kuljettimien alueelle puhdistamaan kennoja. Häiriötilanteessa väärin toimiminen aiheuttaa kuljettimien odottamattoman käynnistymisen.



Kuva 15. Kuljettimien ja paalien väliin muodostuvia puristumiskohtia.

Pinopurkaajan kohdalla kulmauksessa on suojaverkko estämässä tahattoman kosketuksen kuljetinjärjestelmän liikkuviin osiin (Kuva 16). Pinopurkaajan alueella on myös puristumiskohtia rakenteiden ja kuljetettavien paalien välillä. Lisäksi laitteessa toimintaan kuuluvat nosto- ja laskuliikkeet aiheuttavat puristumisvaaran rakenteiden väliin. Pinopurkaajan kohdalla oleva automaatiojärjestelmän anturointi on aiheuttanut häiriöitä. Häiriöitä poistettaessa odottamaton käynnistys aiheuttaa puristumisvaaran ja laitteen ympärillä oleva suojaverkko saattaa estää liikkeiden väistämisen, joten häiriötilanteessa oikein toimiminen on erittäin tärkeää.



Kuva 16. Kuljetinjärjestelmän pinopurkaaja.

Kuljettimen kääntöpöydän kohdalla kuljetinradan kulmassa on puristumiskohtia. Kääntöpöydän ympärillä olevat kaiteet eivät estä ulottumista puristumiskohtiin vaan estävät ainoastaan paalien kaatumisen alueella liikkuvien henkilöiden päälle (Kuva 17).



Kuva 17. Kuljetinjärjestelmän kääntöpöytä.

Järjestelmän ohjauspaneeli sijaitsee kuljettimien välissä. Kuljettaessa ohjauspaikalle käyttäjä joutuu kulkemaan kuljettimien yli kohdasta, jossa pulpperien aukot ovat lähellä kuljettimien kulkusuunnassa. Kuljettaessa ohjauspaneelille kuljettimen käydessä ohjahtaminen kuljettimelle tai takertuminen kuljettimeen voi johtaa siihen, että kuljetin vie mukanaan pulpperiin.

Alueella olevat pulpperien syöttöaukot ovat puutteellisesti suojatut estämään pulpperiin putoamisen (Kuva 18).



Kuva 18. Pulpperin syöttöaukko.

Trukkiliikenne aiheuttaa alueella liikkuvalle käyttöhenkilökunnalle vaaratilanteita. Alueen käytävät ovat ahtaita, eikä näkyvyys alueella olevien esteiden vuoksi ole riittävä.

5.2 UPM-Kymmene Tervasaari

5.2.1 Yleistä

Paperirullat kulkevat pituusleikkurilta pakkaus koneelle kuljetinjärjestelmän kautta. Kuva 19 esittää yleisnäkymää pakkausautomaatiosta. Pituusleikkurilta paperirullat vievät luovutuksen jälkeen lattian kaltevuuden ansiosta lamellikuljettimelle, jossa pysäytin ja lattian muotoilu pysäyttävät paperirullat. Kuljetinjärjestelmässä lamellikuljettimet kuljettavat paperirullat kuljetinrataa pitkin, jossa tarvittavat kulkusuunnan muutokset toteutetaan työntimillä ja kääntöpöydillä. Lamellikuljetinjärjestelmästä paperirullat siir-

retään kääntyvällä lamellikuljettimella, työntimellä ja kippaavilla välipysäyttimillä rullan tunnistusasemaan. Tunnistusasemassa rullan viivakoodilapusta luetaan rullan saate-tiedot sekä rulla keskitetään. Tunnistusasemasta rulla siirretään työntimellä askelkuljet-timelle, joka siirtää rullan käärintäkoneelle. Käärintäkoneella rullaan kääritään käärintä-paperi, asetetaan sisäpäätylaput ja viikataan käärintäpaperi rullan päädyistä. Käärintä-koneen jälkeen askelkuljetin siirtää paperirullan pakkauskoneen alueelle, jonne henki-löiden kulkua on rajoitettu suoja-aidoilla. Alueella toimivat ulkopäätylappujen asettelu-robotti, ulkopäätylappujen kiinnityspuristin sekä etiketöintiin liittyvät laitteet. Tämän jälkeen rulla viedään kuljetinjärjestelmällä tuotevarastoon.

Tässä järjestelmässä paperirullat kulkevat pituusleikkurilta automaattisesti käärintäko-noon eteen. Pakkauskoneen hoitaja käynnistää käärintäkoneen kaksivaiheisesti siten, että laitettuaan rullan toiseen päähän sisäpäätylapun hän käynnistää jalkapolkimella päätylapun pitimen ja tämän jälkeen asettaa toisen pään päätylapun ja käynnistää tämän pitimen, jolloin käärintäkone käynnistyy ja suorittaa käärintän automaattisesti. Tämän jälkeen rulla siirtyy automaattisesti ulkopäätylappujen kiinnitykseen, etiketöintiin sekä kuljetinjärjestelmää pitkin tuotevarastoon.



Kuva 19. UPM-Kymmene Tervasaaren pakkauskone.

Tässä paperirullan jälkikäsitteilyn järjestelmässä tapahtuvat automaattisesti kaikki muut toiminnot paitsi käärintäkoneen käynnistäminen, jonka tekee pakkauskoneen käyttäjä. Kuljetinjärjestelmän sekä käärintäkoneen alueelle on käyttäjillä vapaa pääsy. Kuljetin-järjestelmään liittyvien työntimien, pysäyttimien sekä rullan tunnistimen ympärillä on suoja-aitoja, jotka rajoittavat pääsyä laitteiden vaaravyöhykkeelle. Pakkauskoneen alu-

eelle pääsyä on rajoitettu suoja-aidoilla, jotka kattavat automaattisesti toimivan järjestelmän erottamisen tehokkaimmin alueella olevan robotin kohdalla, mutta käärintäkonen taustalla olevalta alueelta pakkauskoneen alueelle voidaan kulkea. Alueille johtavat rullien kulkuaukot ovat vapaasti kuljettavissa (aukoissa ei ole henkilön tunnistavaa valvontaa). Kulkuaukkoihin on laitettu ketjuja roikkumaan, jotta kuljija havaitsee, että ketjujen toisella puolella laitteet tekevät vaarallisia liikkeitä (Kuva 20).



Kuva 20. Käyttäjiä varoittavia kulkuaukkoihin ripustettuja ketjuja.

5.2.2 Järjestelmän käyttöön liittyviä vaaratekijöitä

Kuljetinjärjestelmä

Kuljetinjärjestelmän kohdassa, jossa rulla luovutetaan kääntyvälle lamellikuljettimelle ja samalla rullaa aletaan siirtää vierittämällä, rullan vieriminen aiheuttaa alueella oleville henkilöille vaaran jäädä rullan alle. Alueella on myös automaation anturointiin liittyviä valokennoja sekä vierivästä rullasta vaikuttuvia painimia, jotka saattavat käynnistää joissain tilanteissa vaarallisen toiminnon. Anturointiin vaikuttaminen virheellisesti aiheuttaa kuitenkin järjestelmään häiriötilan, jonka purkaminen jossain tilanteissa aiheuttaa käyttäjille vaaratilanteen. Alueelle tulee rullia myös toiselta paperikoneelta. Näiden liike saattaa yllättää alueella liikuttaessa ja aiheuttaa rullan töytäisystä tai kuljettimen liikkeistä johtuvan putoamisen kuljettimen päässä olevaan aukkoon. Rullan tunnistusaseman kohdalla sekä askelkuljettimen kohdalla olevat pysäyttimet aiheuttavat puristumisvaaran rullan ja pysäyttimen väliin. Tunnistusasemassa oleva rullan keskittä-

jän liikkeiden johdosta henkilö voi jäädä puristuksiin keskittäjän ja rullan väliin. Alueella ei käyttäjien tarvitse liikkua, mutta alueelle on vapaa pääsy. Ainoastaan alueen sivuilla on suoja-aita rajoittamassa kulkemista, mutta rullan kulkuradan kautta alueelle pääsee vapaasti. Alueelle johtaa huoltoliikenteelle tarkoitettu ovi (Kuva 21), josta normaalin henkilöliikenteen kulkeminen on kielletty, mutta jos reittiä käytetään, se johtaa suoraan vierivien rullien aiheuttamalle vaaravyöhykkeelle.



Kuva 21. Kuljetinjärjestelmän alueelle johtava huoltoliikenteen ovi.

Kuljetinjärjestelmän alueella on pääsääntöisesti huomioitu, että liikkuvilla paperirullilla on riittävästi tilaa, etteivät ne aiheuta puristumisvaaroja rullan ja kiinteiden rakenteiden väliin. Kuljetinradan läheisyydessä oleva suoja-aita (Kuva 22) tai valokenno (Kuva 23) saattavat kuitenkin aiheuttaa puristumisvaaran silloin, kun kuljettimella siirretään kookkaimpia rullia.



Kuva 22. Suoja-aita kuljetinradan läheisyydessä.

Kuljetinjärjestelmän alueella on automaatioon liittyviä valokennoja, jotka käynnistävät kuljetinjärjestelmän liikkeitä. Esimerkiksi kuljettimen ollessa liikkeessä ja henkilön kulkiessa työntimen edustalla olevan valokennon vaikutusalueen läpi valokenno voi käynnistää työntimen toiminnan. Koska työntimen vaaravyöhykkeelle on vapaa pääsy, valokennoon vaikuttamisen jälkeen ko. alueelle kuljettaessa työntimen käynnistyvät liikkeet töytäisevät tai puristavat alueella olevaa henkilöä.



Kuva 23. Kuljetinjärjestelmän automatisointiin liittyvä valokenno.

Pakkauskone

Koska paperirullien jälkikäsittelyjärjestelmä suorittaa kaikki muut toiminnot automaattisesti paitsi rullan kääriminen, pakkauskoneen pääkäyttöpaikka on koneiden lähellä aivan käärintäkoneen kohdalla (Kuva 24). Paperirulla tulee askelkuljettimella käärintäkoneelle automaattisesti järjestelmän ohjaamana. Askelkuljettimen liikenopeus on noin 2 500 mm/s, joten se aiheuttaa pakkauskoneen käyttäjälle vaaran joutua rullan töytäisemäksi. Koska rullan tuleminen käärintäkoneelle ei ole käyttäjän hallittavissa, se saattaa yllättää käyttäjän. Käärintäkoneen viikkaajien liikkeet ja rullan kääriminen käynnistyvät automaattisesti sen jälkeen, kun molemmat sisäpäätylappujen pitimet on käynnistetty päätylappuja tukemaan. Pyörivät viikkaajat laskeutuessaan rullan pätyihin ja rullan pyöritys aiheuttavat käyttäjälle merkittävän vaaran joutua viikkaajien ja rullan väliseen nielu-puristumiskohtaan. Käärintäkoneen turvallinen käyttö edellyttää sitä, että käyttäjä tiedostaa koko ajan viikkaajien ja rullan käärimisen aiheuttamat vaarat. Täten käyttäjän tehdessä viime tingassa mahdollista päätylappujen asennon korjaamista tai käärintäpaperin korjaamista vaaratilanteen toteutumisen todennäköisyys lisääntyy huomattavasti. Paperirullan käärimisen jälkeen askelkuljetin siirtää rullan automaattisesti pakkauskoneen alueelle, jossa rullalle tehdään loput pakkaamiseen liittyvät toiminnot. Koska kuljettimen liikenopeus on suuri, käyttäjän tulee huomioida, ettei hän ole liikkeen käynnistyessä rullan edessä, koska tällöin askelkuljettimen liike heittää käyttäjän alueella olevia rakenteita päin.



Kuva 24. Pakkauskoneen pääkäyttöpaikka käärintäkoneen edustalla.

Pakkauskoneen alueella, jossa tapahtuu päätylappujen puristus sekä etiketöinti, on vaarallisia koneita. Alueella olevan robotin liikkeet ovat nopeita ja arvaamattomia, päätylappujen kiinnityspuristimen, rullien kuljetusjärjestelmän sekä etiketöintilaitteiden liikkeet aiheuttavat merkittäviä puristumisvaaroja. Tämän vuoksi alueelle pääsyä on estetty alueen ympärillä olevalla suoja-aidalla. Suoja-aidassa on järjestelmän toimintaan kytkettyjä portteja, joista päästään kulkemaan pakkauskoneen alueelle ainoastaan silloin, kun järjestelmä on turvallisessa tilassa. Alueelle pääsee kulkemaan kuitenkin paperirullien kulkuaukoista (aukoissa ei ole valvontaa, joka estäisi henkilön kulkemisen aukosta), etiketöintikoneen kohdalla olevista portaista sekä käärintäkoneen taustalla olevasta kulkuaukosta, joissa ei ole koneen toimintaan kytkettyä porttia (Kuva 25). Käärintäkoneen kohdalla on hallintalaitteet, joilla pakkauskonejärjestelmä saadaan turvalliseen tilaan alueelle menemistä varten, ja hallintalaitteiden vieressä olevat liikennevalot ilmoittavat, milloin kulkeminen on sallittua. Koska alueelle joudutaan menemään järjestelmään tulevien häiriöiden takia, turvallisuus perustuu siihen, että käyttäjä toimii oikein eli pysäyttää järjestelmän turvalliseen tilaan porteissa tai pääkäyttöpaikalla olevien alueelle pääsyn pyynnön hallintalaitteiden avulla. Kulkeminen pakkauskoneen toiselle puolelle pakkauskoneen vaaravyöhykkeen läpi on mahdollista tehdä siten, ettei järjestelmä ole pysäytettynä turvalliseen tilaan, mutta alueen aukoissa on ketjut ja varoituskilvet, jotka varoittavat vaarallisesta alueesta.



Kuva 25. Etiketöintilaitteille vievät portaat, josta pääsee vapaasti pakkauskoneen vaaravyöhykkeelle.

5.3 Paperirullien jälkikäsitteilyjärjestelmien vertailua

Kolmantena kohteena hankkeessa käytiin tutustumassa UPM-Kymmene Rauman paperirullan jälkikäsitteilyjärjestelmään, jossa on toteutettu jälkikäsitteilyn automatisoinnin viimeisintä tekniikkaa. Järjestelmästä tehdyt havainnot kohdistuvat jälkikäsitteilyjärjestelmän rullan pakkaamoon ja siihen läheisesti liittyvään kuljetinjärjestelmään. Tarkastelun tarkoituksena on vertailla eri jälkikäsitteilyjärjestelmiä keskenään.

5.3.1 Havainnot UPM-Kymmene Rauman pakkauskoneesta

Järjestelmässä paperirullat kulkevat kuljetinjärjestelmällä pakkauskoneelle. Paperirullien pakkaaminen tapahtuu automaattisesti, ja kuljetinjärjestelmä syöttää rullat pakkauskoneelle. Pakkauskoneelta paperirullat kuljetetaan kuljettimilla ja hissillä tuotevarastoon, joka sijaitsee eri kerroksessa. Pakkauskoneen ja siihen liittyvän kuljetinjärjestelmän kaikki toiminnot tapahtuvat täysin automaattisesti. Tämän johdosta pakkauskoneen vaaralliseksi luokiteltu alue on suojattu kokonaan suoja-aidalla. Suoja-aidattu alue käsittää myös paperirullien kuljetinjärjestelmästä rullien syöttö alueen, jossa rulla siirretään lamellikuljettimilta kippaaville välipysäyttimille sekä pakkauskoneen jälkeisen kuljetinjärjestelmän rullahissille. Kippaavien välipysäyttimien alueelle pääsyn rajoittaminen suoja-aidalla on tarpeellista, koska tässä vaiheessa rullien siirtäminen kuljetinjärjestelmässä tapahtuu vierittämällä. Ainoastaan pakkauskoneen taustalla oleva alue, jossa tapahtuvat käärintäpaperien aukirullaukset pakkauskoneella, on ilman suoja-aitaa.

Pakkausmateriaali syötetään pakkauskoneen alueelle pakkauskoneen toimintaan kytkettyjen porttien kautta (Kuva 26). Henkilöliikenteen kulkeminen pakkauskoneen sisäpuoliselle alueelle on myös mahdollista ainoastaan toimintaan kytkettyjen porttien kautta (Kuva 27).



Kuva 26. Pakkausmateriaalin syöttöaukko pakkauskoneen sisäpuoliselle alueelle.



Kuva 27. Ovi pakkauskoneen sisäpuoliselle alueelle kulkua varten.

Paperirullien syöttöaukko pakkauskoneen alueelle ei ole valvottu, ja aukosta on käyttäjien mahdollista päästä pakkauskoneen suoja-aidan sisäpuoliselle alueelle (Kuva 28). Paperirullien kulkuaukkoihin on laitettu roikkuvia ketjuja sekä varoituskilpi, joka on paperiteollisuudessa yleisesti käytetty menetelmä varoittamaan kulkuaukon takana olevista vaaroista.



Kuva 28. Paperirullien kulkuaukko pakkauskoneen suoja-aidan sisäpuoliselle alueelle.

Koska paperirullien kulkuaukoille ei ole valvontaa, on tarvittaviin kohtiin laitettu kulkuaukon viereen järjestelmän toimintaan kytketty portti, jota käyttäen vaara-alueelle on mahdollista kulkea turvallisesti (Kuva 29).



Kuva 29. Vierekkäin olevat paperirullien kulkuaukko ja henkilöliikennettä varten oleva toimintaan kytketty portti.

5.3.2 Järjestelmien vertailu

Tarkasteltavien kohteiden automaatioasteet jakaantuivat kolmeen luokkaan. Järjestelmissä tapahtuivat seuraavat toiminnot joko automaattisesti tai käyttäjien toimesta.

Myllykoski Paperin jälkikäsittelyjärjestelmä

- Rullat liikkuvat automaattisesti kuljettimilla kaksoisrullaimelta pakkauskoneen tunnistusasemaan.
- Rullan pakkaaminen tapahtuu pakkauskoneella puoliautomaattisesti siten, että pakkauskoneen käyttäjä käynnistää pakkauskoneen eri toiminnot.
- Pakkauskoneelta rulla lähtee automaattisesti etiketöintiin ja kuljetinjärjestelmää pitkin tuotevarastoon.

UPM-Kymmene Tervasaaren jälkikäsittelyjärjestelmä

- Rullat liikkuvat automaattisesti kuljettimilla pituusleikkurilta käärintäkoneen edustalle.
- Käärintäkoneella pakkauskoneen käyttäjä asettelee sisäpäätylaput ja käynnistää tämän jälkeen rullan käärintä.
- Tämän jälkeen rullan pakkaaminen ja kuljettaminen kuljettimilla tuotevarastoon tapahtuvat automaattisesti.

UPM-Kymmene Rauman jälkikäsittelyjärjestelmä

- Järjestelmässä koko jälkikäsittely toimii automaattisesti.

Jälkikäsittelyjärjestelmiin liittyvät merkittävimmät vaaratekijät

Myllykoski Paperin järjestelmässä kuljetinjärjestelmässä vaaroja aiheuttavat rullaimen edustalla karkaavat rullat sekä kääntöpöydiltä karkaavat rullat. Merkittävimpiä vaaratekijöitä aiheuttavat kuljetinjärjestelmässä olevat rullien vierintäliikkeiden pysäyttäjät, kuten esimerkiksi jumborullakuljettimelta luovutettavan rullan pysäytys lamellikuljettimelle ja pakkauskoneen taustalla paperirullan vierittäminen lamellikuljettimelle. Lamellikuljettimien osalta kuljetinradan läheisyydessä olevien kiinteiden rakenteiden aiheuttamat puristumiskohdat ovat vaarallisimpia. Pakkauskoneen käyttöön liittyvistä vaaratekijöistä rullan käärinässä viikkaajien sekä päätylappujen puristimen aiheuttamat vaaratekijät ovat pahimpia, koska työskentely alueella ei salli yhtään virheellisiä toimintoja. Lisäksi pakkauskoneen edustalla oleva rullien syöttöradasto pysäyttimiseen aiheuttaa puristumisvaran sekä syöttöradastolta vierivät rullat aiheuttavat pakkauskoneen käyttäjille vaaratilanteen, koska rullien syöttäminen tapahtuu käyttäjien selän takana.

UPM-Tervasaaren järjestelmässä käärintäkoneella on järjestelmän pääkäyttöpaikka, jossa askelkuljettimella suurella nopeudella liikkuva rulla sekä käärintäkoneen aiheuttamat vaaratekijät ovat merkittävimmät. Pakkauskoneen suoja-aidatulla alueella on vaarallisia koneita, mutta alueella ei ole automaattista henkilökulun valvontaa, vaan alue on merkitty suoja-aidoin sekä kulkuaukoissa olevin ketjuin ja varoituskilvin. Merkittävimpiä vaaratilanteita aiheuttavat kuljetinjärjestelmässä vierivät rullat syöttöradastolla ennen rullan tunnistusasemaa sekä syöttöradaston alueelle tuleva huoltoliikenne ovesta, joka johtaa suoraan vaaravyöhykkeelle.

UPM-Rauman järjestelmässä kaikki jälkikäsittelyjärjestelmän toiminnot tapahtuvat automaattisesti, jotta käyttäjien ei tarvitse puuttua toimintaan kuin häiriötilanteessa. Koska suoja-aitauksen paperirullien kulkuaukoissa ei ole valvontaa, joka estää henkilöliikenteen koneen sisäpuoliselle alueelle, henkilöt voivat päästä järjestelmän vaaravyöhykkeelle järjestelmän ollessa käynnissä. Kaikissa järjestelmissä käyttäjille aiheuttavat vaaratilanteita häiriönpoisto sekä laitteiden odottamattomat käynnistykset.

5.4 Vaara-alueelle kuljetinta pitkin

Vaatimuksia

Passivoimisen toteuttavan ohjausjärjestelmän tulee olla vähintään samaa SFS-EN 954-standardin luokkaa kuin varsinaisen turvalokennon. Passivointi toteutetaan yleensä siten, että passivoivien antureiden tulee antaa esim. 0,5 s tarkkuudella samanaikaisesti

tieto passivoimisen alkamisesta. Koska paperirullat kulkevat hitaasti, pitää tätä arvoa nostaa hieman. Jos anturit toimivat eriaikaisesti tai eivät toimi jatkuvasti, passivointia ei hyväksytä ja turva-anturi pysyy toiminnassa. Passivointiin esitetään standardissa SFS-EN 415-4 seuraavia vaatimuksia:

- Suojalaitteen passivointi saa tapahtua ainoastaan silloin, kun jokin toinen keino, kuten lava kulkuaukossa, takaa turvallisuuden.
- Passivoinnin tulee tapahtua automaattisesti (ei ihmisen toimien vaikutuksesta).
- Passivointi ei saa tapahtua yhden sähköisen signaalin perustella.
- Passivointi ei saa perustua yksinomaan ohjelmien tuottamiin signaaleihin.
- Virheellisessä järjestyksessä tulevat signaalit eivät saa aiheuttaa passivointia.
- Kosketuksettomaan tunnistukseen perustuvan laitteen toiminnan pitää palautua välittömästi lavan kuljettua sen ohi.
- Kuljettimen tukkeutuessa järjestelmä on pysäytettävä ja kuljetinta on ajettava tämän jälkeen käsiajolla.

5.4.1 Valokennot automaatiojärjestelmän kulkuaukoissa

Koneautomaatiojärjestelmissä pyritään estämään luvaton kulku järjestelmään, joten turvallisuustekniset toimenpiteet voidaan keskittää juuri kulkuaukkoihin eikä turvalaitteita tarvitse järjestää kaikille koneille. Teknisin järjestelyin estetään ihmisen pääsy käynnissä olevaan järjestelmään ja toisaalta sallitaan tavaroiden vapaa kulku. Tavallisesti laaja automaatiojärjestelmä rajataan aidoilla ja kiinnitetään erityistä huomiota kohtiin, joista tavara kulkee järjestelmään ja siitä pois, sekä kohtiin, joista ihminen kulkee järjestelmään. Ihmisen pääsy järjestelmään toteutetaan yleensä erillisellä portilla, jonka kautta kuljettaessa järjestelmän toiminta toteutuu siten, että siitä ei ole ihmiselle vaaraa, ja järjestelmä voidaan ajaa tilaan, josta toiminnan jatkaminen on helppoa. Jos ihminen menee vaara-alueelle tavaroille tarkoitettua reittiä, järjestelmä ei itsestään tiedä erikoistilanteesta, vaan tiedon saamiseksi kulkuaukkoa pitää valvoa tai muutoin varmistua siitä, etteivät ihmiset kulje väärää reittiä automaattikoneiden alueelle. Käytännössä tavaroille tarkoitetuissa kulkuaukoissa järjestelmän pitää erottaa ihminen tavaroista.

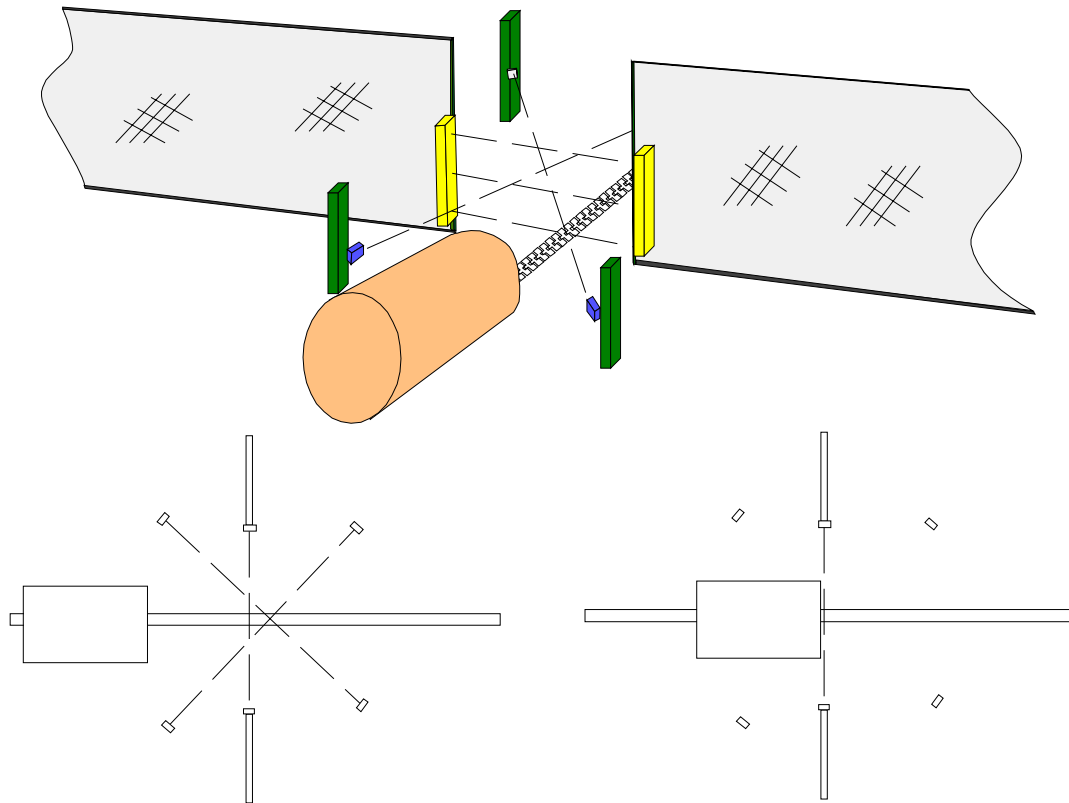
Tutkittavat ongelmat:

- Ristikkäin olevat valokennot passivoinnissa eivät sovi kaikkiin sovelluksiin.
- Ihminen voi päästä rullan vierellä automaatiojärjestelmän sisään.
- Rulla pysähtyy turvavalokennon kohdalle, jolloin uudelleenkäynnistys edellyttää erikoistoimenpiteitä.

Ristikkäin asennetut valokennot passivoinnissa

Menetelmässä on turvavaloverho (tai turvavalokennot) ja ristikkäin asennetut passivoivat valokennot. Kuva 30 esittää tyypillistä tällaista ratkaisua. Kun paperirulla on tulossa

automaatiojärjestelmään, se osuu passivoivien valokennojen säteisiin ja turvavalokenno passivoidaan. Jos ihminen menee automaatiojärjestelmään, hän ei pysty (normaalilla käyttäytymisellä) vaikuttamaan passivoiviin valokennoihin yhtäaikaisesti ja riittävän pitkän aikaa saadakseen aikaan turvavalokennon passivoinnin.



Kuva 30. Ristikkäin asennetut valokennot passivoivat turvavaloverhon.

Tässä pohdintaa menetelmän eduista ja ongelmista:

Menetelmän etuja:

- Ihminen ja paperirulla erotetaan toisistaan yksinkertaisella menetelmällä.
- Käytettävät anturit ovat luotettavia.
- Turvavalokennon passivoimiseen riittää kaksi tavallista valokennoa.
- Menetelmä mainitaan yleisellä tasolla standardiluonnoksessa.
- Menetelmä on luotettava.
- Järjestelmää on vaikea ohittaa, jos valokennot on suunnattu sopivasti.

Menetelmän ongelmia:

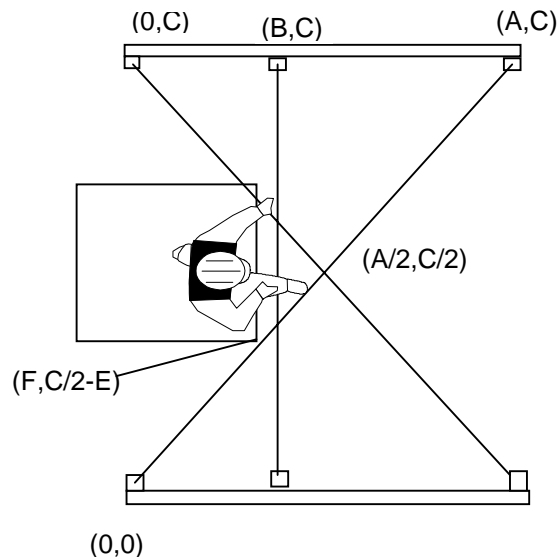
- Menetelmää on vaikea soveltaa, jos paperirullien koko, muoto tai asento vaihtelee huomattavasti.

- Jos paperirullat ovat pieniä, ei ihmistä voida luotettavasti erottaa rullasta ristikkäin olevilla valokennoilla, koska ihminen pystyy helposti vaikuttamaan molempiin passivoiviin valokennoihin.
- Rullan pysähtyminen valoverhon kohdalle voi tuoda ongelmia, koska valoverhon käynnistyminen edellyttää usein valoverhon vapaana oloa käynnistystilanteessa. Passivointi sallitaan siis vain, jos valoverho on kunnossa ja passivointikomento annetaan oikein.
- Menetelmän käyttö voi olla vaikeaa, jos tilaa on vähän.
- Menetelmän käyttö voi olla liian kallista, jos valvottavia kohteita on kymmeniä.
- Menetelmää ei voida soveltaa, jos ympäristöolosuhteet ovat liian vaikeat valoverholle ja valokennoille (esim. lika tai valo).

Valokennojen sijoittelun teoreettinen tarkastelu

Passivoivat valokennot sijoitetaan tässä tapauksessa ristikkäin siten, että paperirullan tullen valvottavaa aluetta kohti sen reunat osuvat passivoiviin säteisiin ennen turvavalokennojen säteeseen tai vain toiseen passivoivaan säteeseen; näissä tapauksissa turvavalokenno voi pysäyttää vaarallisen järjestelmän. Kuva 31 esittää koordinaatistossa ihmistä, paperirullaa, valokennoja ja niiden säteitä sekä säätötankoja, joihin valokennot on kiinnitetty. Kuvassa on myös koordinaatistoon merkitty muutamia kaavoissa tarvittavia pisteitä ja kuvassa vasemmalla on mainittu muuttujat (pisteet). Kuvassa arvo F saadaan laskettua laskemalla suorien $Y=C/A \times X$ ja $Y=C/2-E$ leikkauspisteen X-koordinaatti.

Säätötangon pituus	A=
Turvavalokennon etäisyys säätötangon päästä	B=
Säätötankojen välinen etäisyys	C=
Henkilön leveys/2	D=
Paperirullan säde = leveys/2	E=
Kohteen ja valokennon risteyskohdan X-akseli	F= $A/2-(E \cdot A/C)$
Etäisyys valokennojen risteyksestä=	G= $A/2-F=E \cdot A/C$

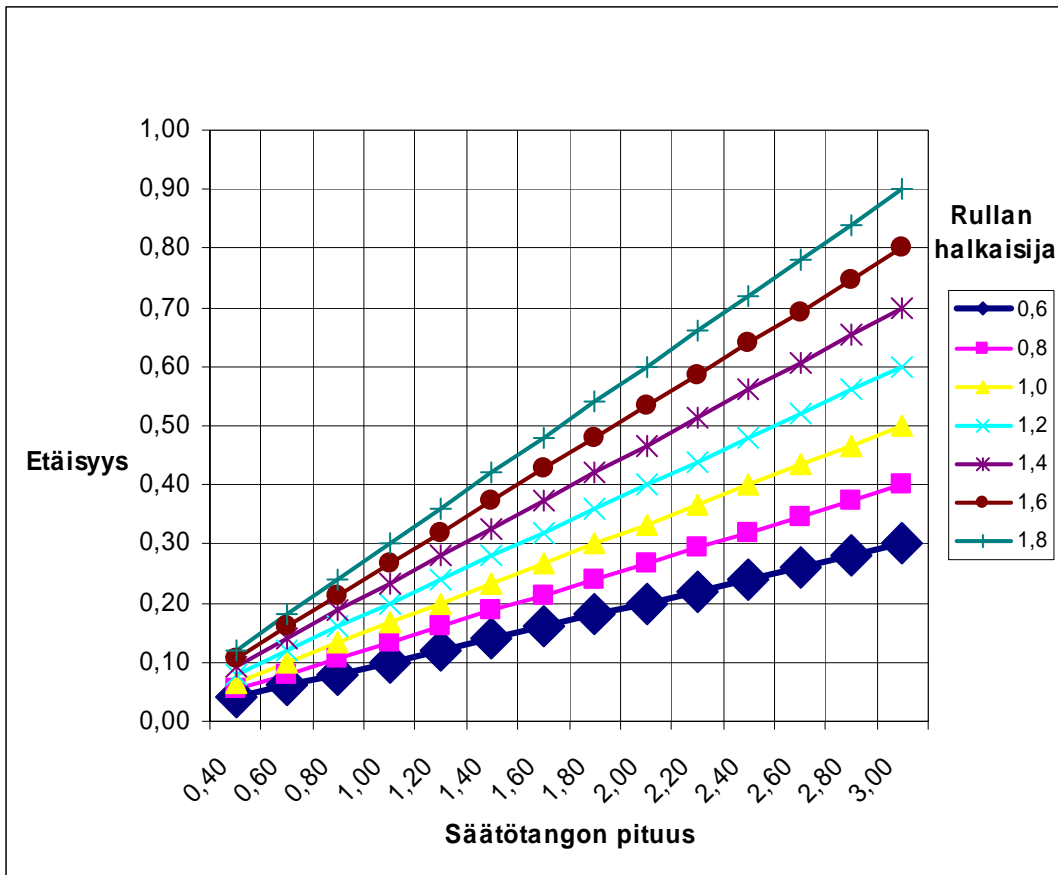


Kuva 31. Kuvan koordinaatistossa ristikkäin sijoitetut passivoivat valokennot, turvavalokennot, ihminen ja paperirulla.

Tehtävänä on siis optimoida säätötankojen välistä etäisyyttä ja tankojen pituutta siten, että turvalokennot on helppo sijoittaa passivoivien valokennojen risteyskohdan ($A/2, C/2$) ja (pienimmän kuljettimella kulkevan) paperirullan ja passivoivan säteen osumakohdan ($F, C/2-E$) väliin. Kuva 32 esittää tätä etäisyyttä säätötangon pituuden funktiona erikokoisilla rullilla. Ihmisen leveydeksi on arvioitu 0,6 m, jota esittää diagrammin alin viiva. Jotta menetelmä toimisi ajatellulla tavalla, sopiva turvalokennolinjan etäisyys passivoivien valokennojen risteyskohdasta saadaan diagrammista katsomalla alimman janan (kuvaava ihmistä) ja pienintä rullaa kuvaavan janan välistä. Sopiva ratkaisu ei kuitenkaan ole kovin lähellä pienimmän rullan janaa, koska tällöin asentaminen voi tulla liian tarkaksi ja häiriöt lisääntyvät.

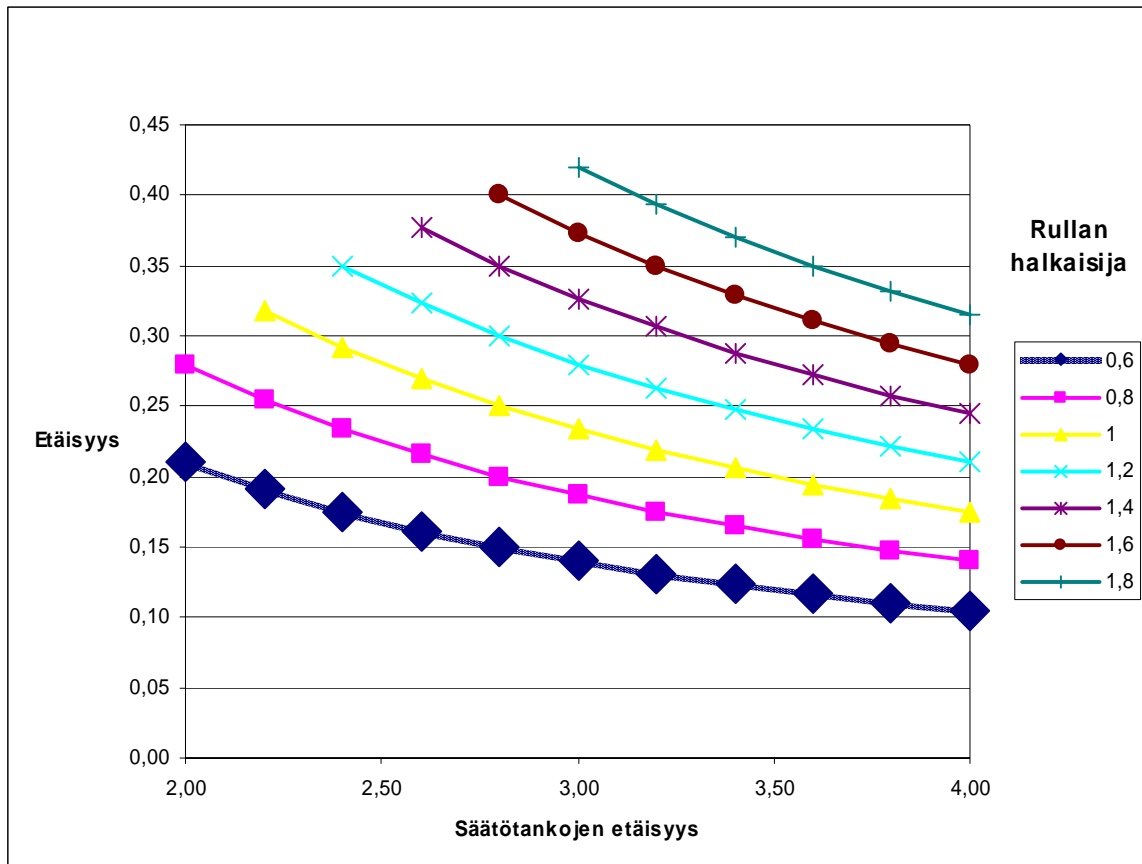
Kuva 33 esittää vastaavasti passivoivien valokennojen risteyskohdan ja passivoivan säteen ja paperirullan osumakohdan etäisyyttä säätötankojen etäisyyden funktiona. Säätötankojen pituus on tässä vakio (1,4 m). Turvalokennon sijainti valitaan diagrammista samalla tavalla kuin edellä.

Sopivaa säätötankojen pituutta rajoittavat lähinnä tila, käytännöllisyys ja passivointiajan minimointi. Mitä pidemmät ovat säätötangot, sitä laajempi on alue, jonne turvalokennot kannattaa sijoittaa, mutta toisaalta myös passivointiaika pitenee. Käytännössä tavalinen säätötankojen pituus on 1,4 m.



Kuva 32. Kuvassa kohteen etäisyys passivoivien valokennojen risteyskohdasta silloin, kun kohde osuu valokennon säteeseen laskettuna säätötangon pituuden funktiona. Säätötankojen välinen etäisyys on laskuissa 3 m.

Kuva 33:n diagrammissa käyrät lähtevät 2 m:n kohdasta etäisyydeltä, jossa saavutetaan paperirullan ja valokennojen välillä 0,5 m turvaväli. Turvavalokennon ja paperirullan välinen etäisyys pidetään siis riittävänä, jotta puristumisvaara saadaan minimoitua (SFS-EN 349). Diagrammista nähdään, että jos säätötankojen välistä etäisyyttä eli turvavalokennojen lähettimen ja vastaanottimen tai peilin etäisyyttä lisätään tarpeettomasti, kasvaa myös asennustarkkuus. Sopiva säätötankojen etäisyys on siis suurin paperirullakoko + 1 m. Näin vältetään puristumisvaara paperirullan ja turvavalokennojen välillä.



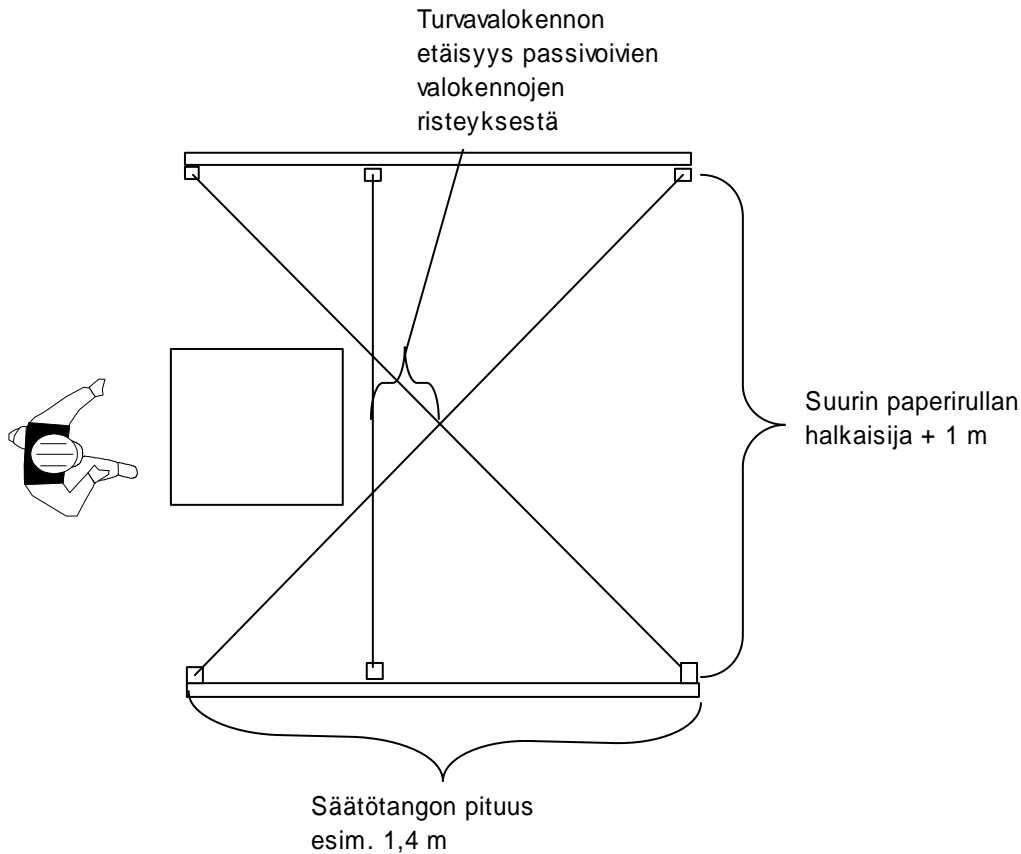
Kuva 33. Kuvassa kohteen etäisyys passivoivien valokennojen risteyskohdasta silloin, kun kohde osuu valokennon säteeseen laskettuna säätötankojen etäisyyden funktiona. Säätötankojen pituus on laskuissa 1,4 m.

Taulukko 3. Ohjeita valokennojen sijoitteluun käytettäessä ristikkäin asennettuja valokennoja turvavalokennon passivoinnissa.

Optimoitava suure	Ohje
Säätötankojen välinen etäisyys = turvavalokennon lähettimen ja vastaanottimen tai peilin välinen etäisyys	Suurin rullan halkaisija + 1 m. Etäisyys tarpeen, jotta vältetään puristumisväli (SFS-EN 349)
Poikittaisen säätötangon pituus	Tavallinen säätötangon pituus on hieman alle 1,4 m. Matkan pidentäminen lisää passivointimatkaa, ja toisaalta pitkän tilan järjestäminen voi olla myös hankalaa. Matkan lyhentäminen saattaa heikentää menetelmän toimivuutta ja lisää tarvittavaa asennustarkkuutta (risteykohdan etäisyys turvavalokennosta lyhenee).
Turvavalokennon sijoitus	Passivoivien valokennojen säteiden risteyksestä vaara-alueelta pois päin. Sopiva matka riippuu pienimmästä rullakoosta ja valokennojen sijainneista. Sopiva turvavalokennon sijainti voidaan katsoa edellä olevista diagrammeista 0,8 tai 1,0 m käyrältä. 0,8 m on jo selvästi ihmistä leveämpi arvo, ja ihmisen on vaikea hämätä valokennoja. Jos esim. säätötangon pituus on 1,4 m, etäisyys toisistaan 3 m ja pienimpien rullien halkaisija on 1,2 m, niin turvavalokenno voidaan sijoittaa n. 0,2 m päähän valokennojen risteyskohdasta.
Turvavalokennojen korkeudet	Riippuu säteiden lukumäärästä: (400, 900), (300, 700, 1 100), (300, 600, 900, 1 200)

Ristikkäin asennetut passivoivat valokennot eivät sovi kaikkiin kohteisiin. Jos esim. pienimmät rullat ovat halkaisijaltaan pieniä, niin menetelmää on vaikea soveltaa hyvin.

Jos passivoivat valokennot sijoitetaan kohtalaisen alas, ihmisen on vaikea hämätä pelkillä jaloillaan valokennoja. Lisäksi paperirullien väliset erot pienenevät mitattaessa alhaalla mutta toisaalta havainnointialue tulee kapeammaksi.

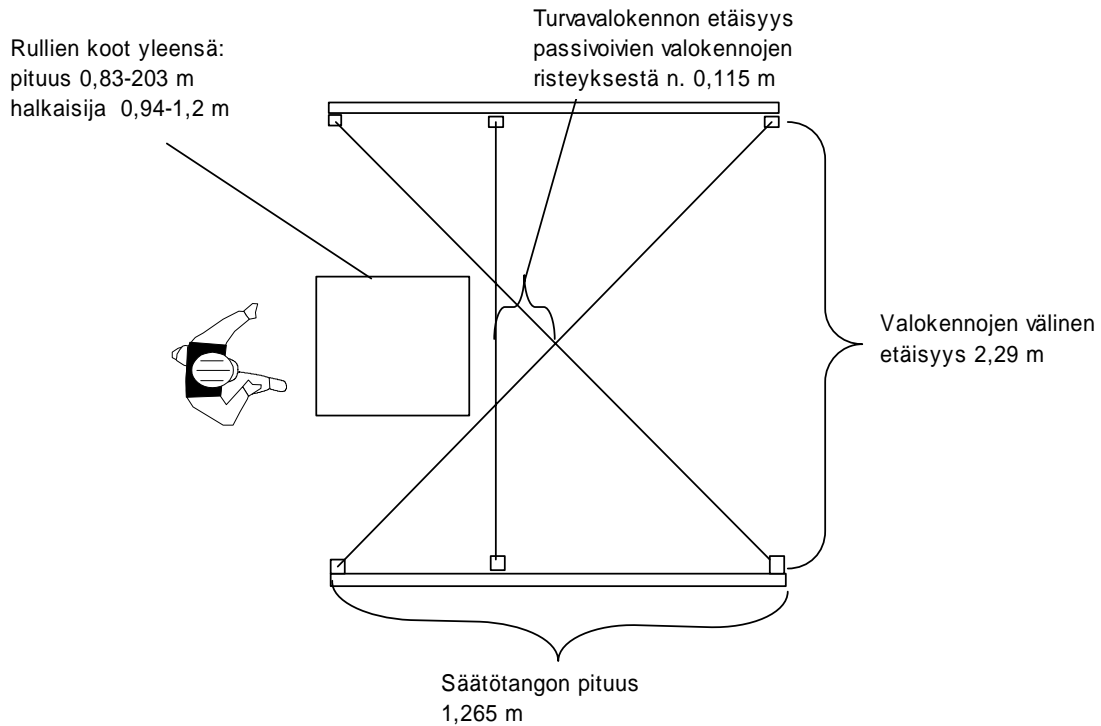


Kuva 34. Esimerkki eräiden suureiden mitoituksesta käytettäessä ristikkäin asennettuja valokennoja passivoinnissa. Turvalokkennojen etäisyys passivoivien valokennojen risteyksestä saadaan edellä olevista diagrammeista esim. 0,8 m tai 1,0 m käyrältä.

5.4.2 Ristikkäin sijoitettujen valokennojen mittaukset

Ensimmäinen mittausjärjestely

Ristikkäin asennettuja valokennoja mitattiin Valkeakoskella UPM-Kymmenen kuljettimella. Valokennot oli sijoitettu kohtaan, joka on heti mutkan jälkeen, jolloin rulla saattaa hieman heilua. Jalankulkua ei kohdasta ole. Kohteessa mitattiin ristikkäin sijoitettujen valokennojen ja turvalokkennoa vastaavan valokennon vaikuttumisaikoja toisiinsa nähden. Jalankulkua valokennojen läpi mitattiin vielä erikseen siten, että valokennoja yritettiin hämätä, ja toisaalta siten, että kulku valokennojen läpi oli normaalia. Tässä yhteydessä laskettiin, kuinka usein ihminen pystyi passivoimaan turvalokennon ja siten pääsemään järjestelmän sisälle. Kuva 35 esittää aluksi käytettyä mittausjärjestelyä.



Kuva 35. Mittausjärjestely. Valokennojen korkeus lattiasta ristikkäin asennetuilla kennoilla 0,68 m ja rullan alareunasta 0,63 m. Poikittaisvalokennon korkeus lattiasta oli 0,69 m. Radan nopeus oli 0,2 m/s.

Kuva 36 esittää mittausjärjestelyä. Mittauksissa tarvittiin 3 kpl valokennoja ja niiden peilit, tukirakenteet, joihin valokennot kiinnitetään, virtalähde, mittaustietokone ja reileitä.



Kuva 36. Valokuva mittausjärjestelyistä.

Mittaustulokset

Ihmisen kävelyä valokennojen läpi mitattiin 129 kertaa, ja näistä kahdeksan kertaa ihminen pääsi valokennojen läpi vaara-alueelle. Näistä neljässä tapauksessa alueelle meni kaksi henkilöä yhtä aikaa ja n. kolmessa tapauksessa valokennoja yritettiin hämätä pitämällä kädet valokennojen korkeudella. Tavallisella kävelyllä tai juoksulla valokennoja hämättiin siis vain n. kerran. Toisaalta valokennoja yritettiin hämätä kymmeniä kertoja ja vain muutama kerta siis onnistui.

Paperirullien kulkua valokennojen läpi mitattiin 223 kertaa ja yhtään häiriötä ei havaittu. Lähes kaikki rullat olivat pakattuja, joten niissä ei ollut roikkuvia osia. Eri rullien asentojen eroa kuvastaa se, että ristikkäin asennetut valokennojen aikaerot olivat 0:sta 0,5 s:iin ja yhdessä mittauksessa vaikuttamisjärjestys jopa vaihtui (0,03 s).

Toinen mittausjärjestely

Toinen mittausjärjestely toteutettiin ensimmäistä pienempänä. Leveys pysyi samana, mutta pituus oli 0,78 m ja poikittaisen valokennon etäisyys valokennojen risteyskohdasta oli n. 0,11 m.

Yhtään häiriötä ei havaittu. Valokenno 1 havaitsi rullan 70 kertaa ensin ja valokenno 27 kertaa. Maksimiaikaerot olivat 0,1 ja 0,03 s.

Päätelmiä

Mittauksissa paperirullat eivät aiheuttaneet turhia havaintoja, joten nämä asetukset olivat toimivia pakatuille rullille. Rullien vaikuttumisen aikaero vaihteli hieman yli 0,5 s. Samanaikaisuuden valvonnassa käytetyn ajan tulisi siis olla merkittävästi pidempi kuin 0,5 s. Aika on siis niin pitkä, että ihminen pystyy siihen satunnaisesti helposti, joten samanaikaisuudesta ei ole hyötyä ihmisen havaitsemisessa. Kuljettimen nopeus oli 0,2 m/s, joten matkaksi muutettuna vaihtelu oli noin 0,1 m (tosin merkittävä osa aikaerosta johtui kulmavirheestä). Pakkaamattomilla rullilla rullien ”hännät” saattavat lisätä valokennojen toiminnan eriaikaisuutta. Ristikkäin asennettuja valokennoja suunniteltaessa pitää siis ottaa huomioon rullien paikan 0,1 m suuruinen vaihtelu tai kiertymisestä aiheutuva paikkatiedon vaihtelu.

Ihminen pääsee automaatiojärjestelmään ristikkäin asennettujen valokennojen kautta, jos hän haluaa, mutta yritykset eivät onnistu aina. Tavallinen kävely havaitaan valokennoilla lähes aina. Kaksi henkilöä pääsee yhdessä vaara-alueelle melko helposti. Rullan kanssa samanaikaisesti kulkeva henkilö pääsee vaara-alueelle helposti. Menetelmä on siis luotettava siinä mielessä, että se aiheuttaa vain harvoin turhia pysäytyksiä. Menetelmä ei ole varma estämään ihmisen pääsyä vaara-alueelle, jos ihminen yrittää hieman hämätä turvajärjestelmää, mutta sen sijaan satunnaiset kulkijat havaitaan menetelmällä paremmin.

5.4.3 Erilaisia ratkaisuja kulkuaukkoihin

Automaatiojärjestelmän kulkuaukon valvontaan tai ihmisen luvattoman alueelle pääsyn rajoittamiseen käytettyjä menetelmiä esitetään taulukossa 4. Useimmissa tapauksissa rullan tullessa kulkuaukkoon pyritään passivoimaan varsinaista turva-anturia, mutta myös muita keinoja on olemassa. Menetelmien tarkempia kuvauksia ja kuvia on esitetty viitteessä [Malm et. al. 1998]. Menetelmien luotettavuus on erilainen, ja menetelmän valinta edellyttääkin riskin arviointia. Jos riskit ovat vähäiset, voidaan luottaa esim. kuljettimen vaikeakulkuisuuteen tai rullien muodostamaan esteeseen, kun taas kriittisemmissä kohteissa tarvitaan antureita. Menetelmiä on mahdollista myös yhdistää paremman ja varmemman toiminnan saavuttamiseksi. Esim. korkealle sijoitettu rullakuljetin ja passiivinen infrapunailmaisoin yhdessä tekevät luvattoman alueelle pääsyn hankalaksi. Käytettäessä antureita varsinaisen turvatoiminnan tekee esim. kulkuaukkoon sijoitettu turvavaloverho. Tarkoitus on, että ihmiset näkevät passivoivat valokennot ja huomaavat, että huijaaminen on vaikeaa, ja edes siksi käyttävät luvallista reittiä. Jos kulkuaukkoja on paljon, tulee turvajärjestelmä kalliiksi. Tämän vuoksi kannattaa jo suunnittelussa rajoittaa kulkuaukkojen lukumäärä tarkoituksenmukaiseksi.

Taulukko 4. Automaatiojärjestelmän kulkuaukon valvontaan käytettyjä menetelmiä.

Menetelmä	Tarvittavat laitteet	Kuvaus
Ristikkäin asennetut valokennot passivoivat turvalokennot	<ul style="list-style-type: none"> – Turvalokennot – 2 x valokenno 	Kun lava osuu yhtä aikaa passivoiviin valokennoihin, turvalokennot passivoidaan.
Vinottain asetetut valokennot	– - ” -	- ” -
Anturein toteutettu passivointi vierekkäisillä (päällekkäisillä) antureilla	<ul style="list-style-type: none"> – turvalokennot – 4 x anturi (esim. induktiivinen lähestymiskytkin, ultraääni-anturi, optinen lähestymiskytkin, valokenno) 	Passivointi alkaa, kun kaksi lähestymiskytkintä havaitsee lavan yhtä aikaa, ja passivointi päättyy, kun toiset kaksi lähestymiskytkintä eivät enää havaitse lavaa. Antureiden ei tarvitse olla samassa tasossa tai kulmassa.
Dynaaminen rullan havaitseminen valokennoilla	– 3 x (turva)valokenno [SFS-EN 415-4 1997]	Passivointi hyväksytään, jos anturit vaikuttavat oikeassa järjestyksessä sisältäpäin alkaen. Menetelmää voidaan käyttää ainoastaan poistuvien lavojen valvonnassa.
Vaunuun tai lavaan asennetun peilin tai saattomuistin käyttö passivoinnissa	<ul style="list-style-type: none"> – turvalokennot – 4 x tunnistin (saattomuistin lukulaite, induktiivinen lähestymiskytkin tai valokenno) - tunnistettava osa jokaiseen trukkiin tai lavaan (saattomuisti, peili, rautalevy) 	Passivointi hyväksytään, kun tunnistettava osa havaitaan.
Trukki tai vihivaunu tunnistetaan induktiivisilla silmukoilla	<ul style="list-style-type: none"> – turvalokennot – induktiiviset silmukat (anturit) 	
Passivoinnin toteuttaminen ohjelmatiedon ja anturin perusteella	<ul style="list-style-type: none"> – turvalokennot – anturi (valokenno, lähestymiskytkin, ultraäänianturi tms.) – tieto saapuvasta lavasta ohjausjärjestelmästä 	Passivointi hyväksytään, kun ohjausjärjestelmä ilmoittaa lavan olevan tulossa ja anturilla vahvistetaan tieto.

Menetelmä	Tarvittavat laitteet	Kuvaus
Kulkuaukon varmistaminen passiivisella infrapunailmaisimella	<ul style="list-style-type: none"> – 2 x passiivinen infrapunailmaisin – muun keinon edellyttämä laitteisto 	Passiiviset infrapunailmaisimet varmistavat muulla keinolla tavoiteltua turvallisuutta. Passiivinen infrapunailmaisin varmistaa esim. sitä, ettei ihminen yritä päästä lavojen välistä järjestelmään.
Toimilaitteella ohjattu suojus	<ul style="list-style-type: none"> – ohjattu suojus – portin avaavat anturit 	Portin avaaminen sallitaan, jos anturit vaikuttavat yhtä aikaa.
Jousella palautuva lukittu portti	<ul style="list-style-type: none"> – portti, joka aukeaa ainoastaan ulospäin – portin lukinta – portin avausmenetelmä (anturi tai mekaaninen) 	Menetelmää voidaan käyttää ainoastaan poistuvan lavan valvontaan.
Toisiinsa kytketyt portit	<ul style="list-style-type: none"> – portit – portin avaavat anturit tai tieto ohjausjärjestelmästä 	Menetelmässä toinen portti on aina kiinni ja toinen on auki.
Korkealle sijoitettu kuljetin	<ul style="list-style-type: none"> – korkealle (>1 m) sijoitettu rullakuljetin [prEN 619 1996] 	Sijoitetaan rullakuljetin niin korkealle, että ihmisen on vaikea päästä sitä pitkin järjestelmään.
Matala kulkuaukko	<ul style="list-style-type: none"> – Rajataan aidalla kulkuaukon korkeus (rullakuljettimella 500 mm) [prEN 619 1996]. 	Järjestetään niin matala kulkuaukko, että ihminen ei mahdu siitä sisään.
Rullakuljettimessa pitkät rullien välit	<ul style="list-style-type: none"> – Vaikeakulkuinen rullakuljetin 	Järjestetään rullien välit niin pitkiksi (>120 mm), että niitä pitkin on vaikea kävellä, ja toisaalta rullien väli tehdään vaikeaksi astua.
Käytetään lavoja kulkuaukon peittämiseen	<ul style="list-style-type: none"> – lavat peittävät kulkuaukon 	Järjestetään portin kohdalle tuotepuskuri, jossa on aina yksi täysi lava. Alkutilanteessa aukko täytetään käsiajolla.
Laserskanneri sijoitettuna kulkuaukon yläpuolelle	<ul style="list-style-type: none"> – laserskanneri 	Laserskanneriin liitetty ohjelma erottaa ihmisen paperirullasta.

6. Paperirullan käsittelyn turvallisuus

Tyypillisiä keinoja automaattikoneiden aiheuttamien tapaturmien vähentämiseksi ovat olleet automaattisten toimintojen lisääminen, paremmat suojaukset ja turvalaitteet ja työntekijöiden käyttäytymiseen vaikuttaminen (esim. kouluttaminen).

Automaation lisääminen vähentää tapaturmia lähes aina, kun verrataan sattuneita tapaturmia tuotantomääriin. Verrattaessa tilannetta työtunteihin ei tilanne ole aina selvä. Monia perinteisiä painavan taakan käsittelyyn liittyviä riskejä voidaan poistaa käyttämällä täysautomaattista rullan pakkauslinjaa. Puoliautomaattisissa järjestelmissä sen sijaan monet perinteiset riskit jäävät jäljelle ja toisaalta uusia automaation aiheuttamia riskejä syntyy (esim. odottamaton käynnistys). Puoliautomaation käytön vaikutus turvallisuuteen on siis usein tapauskohtaista, ja toisaalta syy tapaturmien vähenemiseen saattaa tällöin olla vaarallisissa työtehtävissä olevien henkilöiden lukumäärän väheneminen. Koska merkittävä osa tapaturmista sattuu häiriönpoiston aikana, voidaan laskea, että täysin häiriötön järjestelmä vähentäisi tapaturmia alle puoleen nykyisestä. Täysin häiriötöntä järjestelmää ei voida (?) kehittää, mutta häiriöttömyyttä voidaan lähestyä parantamalla laitteiden luotettavuutta, ohjaamalla (työmenetelmät, koulutus yms.) ja valvomalla (esim. ohjausjärjestelmä kieltää automaattisesti tyhmit komennot) ihmisen toimintaa, poikkeavien olosuhteiden hallintaa (esim. valmiit tai jopa automaattiset menetelmät poikkeustilanteiden hallintaan) ja monenlaisia laatutekijöitä. Lähes puolet tapaturmista sattuu muulloin kuin häiriön poiston aikana, joten häiriötönkään järjestelmä ei poistaisi tapaturmia kokonaan.

Odottamaton käynnistys laajasti ymmärrettyä eli kaikenlaiset käyttäjän kannalta odottamattomat käynnistykset ovat automaattisilla koneilla merkittävä tapaturman aiheuttaja. Aihetta on käsitelty laajalti kohdassa 4.1 ja liitteessä A. Ennen automaattisia koneita odottamattoman käynnistykseen aiheuttamat tapaturmat olivat melko harvinaisia, mutta automaation lisääntyessä myös nämä tapaturmat ovat tulleet tavallisemmiksi. Odottamattoman käynnistykseen välttämiseen on olemassa paljon teknisiä keinoja ja toisaalta myös työtapoihin liittyviä keinoja. Tapaturma sattuu usein tilanteessa, jossa odottamattoman käynnistykseen välttämiseksi on tehty vain vähän, jos lainkaan, toimenpiteitä. Liitteen A tarkastuslista odottamattoman käynnistykseen välttämiseen on tehty muistutamaan suunnittelijaa erilaisista keinoista odottamattoman käynnistymisen välttämiseen. Tarkastuslistaa voi käyttää soveltuvin osin myös käyttäjä.

Turvalaitteiden puutteellinen käyttö mainitaan tapaturmaan vaikuttaneena tekijänä edelleenkin, vaikka turvalaitteiden käyttöön liittyviä ohjeita on nykyään olemassa paljon. Kohdassa 4.2 on esitelty erilaisia turvalaitteita ja antureita, joita voidaan käyttää automaatiojärjestelmän turvallisuusteknisissä ratkaisuissa.

Laajan automaatiojärjestelmän turvallisuustekniset ratkaisut pyritään keskittämään järjestelmän reunoille, jolloin järjestelmän sisällä ei tarvita niin paljon turvalaitteita. Tämä periaate toteutuu hyvin silloin, kun järjestelmä on täysautomaattinen ja luotettava ja huoltokohteet on pystytty sijoittamaan automaatiojärjestelmän ulkopuolelle. Järjestelmän kulkuaukoille tarvitaan menetelmä, joka sallii paperirullien kulun mutta estää ihmisen pääsyn käynnissä olevien automaattikoneiden luokse. Nykyään tavallisin keino on käyttää ristikkäin asennettuja valokennoja varsinaisen turvalokennon passivointiin. Tätä on käsitelty kohdissa 5.3.1 ja 5.3.2. Myös muita keinoja on olemassa [Malm et al. 1998], ja niitä pitää harkita tapauskohtaisesti. Kaikilla menetelmillä on omat puutteensa, ja ne pitää muistaa ottaa huomioon menetelmää valittaessa.

Lähdeluettelo

Anon. 1997. Koneturvallisuus. Säädökset ja soveltaminen. Työsuojeluhallinto, Tampere. 120 s.

Anon. 2000. TOT-raportit vuosilta 1985–1998 – Kemiallinen puunjalostus. Tapaturmavakuutuslaitosten liitto. 84 s. + liitt. 23 s. ISBN 951-98488-0-0

EN 1034-1 2000. Safety of machinery – Safety requirements for the design and construction of paper making and finishing machines – Part 1: Common requirements. CEN. 28 s.

ISO 11161. 1993. Industrial automation systems – Safety of integrated manufacturing systems – Basic requirements. Final draft version. ISO. 18 s.

Konepäätös 1994. Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta. N:o 1314. 21.12.1994. S. 3841–3877.

Käyttöpäätös. 1998. Valtioneuvoston päätös työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. VNp 856/1998

Kuivanen, R., Tiusanen, R. ja Lepistö, J. 1988. Joustavien tuotantojärjestelmien ja -solujen käyttövarmuus ja turvallisuus. Teoksessa: Informaatiotekniikka ja työympäristö. Osa III. Informaatiotekniikka metallituote- ja konepajateollisuudessa. Toim. J. Ranta ja P. HUUHTANEN. Espoo: Työsuojelurahasto, VTT, Työterveyslaitos.

Malm, T. ja Järvenpää, J. 1998. Pneumatiikalla toteutetun kappaletavara-automaation turvallisuus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1886. 49 s. + liitt. 23 s.

Malm, T., Kivipuro, M. ja Tiusanen, R. 1998. Laajojen koneautomaatiojärjestelmien turvallisuus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita 1938. 72 s.

MET. 1993. EMC-direktiivin soveltaminen. Sähkö- ja elektroniikkateollisuusliitto, Metalliteollisuuden Keskusliitto, Integraatitiedote 23. 39 s. + liitt. 45 s.

MET. 1997. Konedirektiivin soveltaminen ja kansallinen lainsäädäntö. 4. uudistettu painos.. Metalliteollisuuden Keskusliitto, MET Integraatitiedote 24. 120 s. ISBN 951-817-667-1

MetHelp-ohjelma 1996. Versio 3.10.425. Metalliteollisuuden Keskusliitto.

prEN 619 1996. Continuous handling equipment and systems. Equipment for mechanical handling of unit loads – Special safety requirements for design, manufacturing erection and commissioning stages. CEN/TC 148/WG 2. Final draft. 50 s.

SFS-EN 292-1. 1992. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1 Peruskäsitteet ja menetelmät. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 157, 24.6.92. 37 s.

SFS-EN 292-2. 1992. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet ja spesifikaatiot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 157, 24.6.92. 73 s.

SFS-EN 294. 1993. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään yläraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 229, 25.8.93. 15 s.

SFS-EN 349. 1993. Koneturvallisuus. Vähimmäisetäisyydet kehon osien puristumisvaaran välttämiseksi. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 229, 25.8.93. 8 s.

SFS - EN 415-4. 1997. Pakkauskoneet. Turvallisuus. Osa 4: Lavakuorman teko- ja purkulaitteet. Suomen Standardisoimisliitto. 47 s.

SFS-EN 418. 1993. Koneturvallisuus. Häätäpysäytyslaitteisto, toiminnalliset näkökohdat. Suunnitteluperiaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 229, 25.8.93. 13 s.

SFS-EN 775. 1993. Teollisuusrobotit. Turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 229, 25.8.93. 24 s.

SFS-EN 811. 1996. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet, joilla estetään alaraajojen ulottuminen vaaravyöhykkeelle. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 141, 97.05.08. 14 s.

SFS-EN 953. 1998. Koneturvallisuus. Suojukset. Kiinteiden ja avattavien suojusten suunnittelun ja rakenteen yleiset periaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 78, 98.03.13. 37 s.

SFS-EN 954-1. 1996. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 141, 97.05.08. 64 s.

SFS - EN 982. 1996. Koneturvallisuus. Hydraulisten ja pneumaattisten järjestelmien sekä niiden komponenttien turvallisuusvaatimukset. Hydraulikka. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. 28 s.

SFS - EN 983. 1996. Koneturvallisuus. Hydraulisten ja pneumaattisten järjestelmien sekä niiden komponenttien turvallisuusvaatimukset. Pneumatiikka. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto. 40 s.

SFS-EN 999. 1999. Koneturvallisuus – Turvalaitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet.. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 165, 11.6.99. 30 s.

SFS-EN 1037. 1996. Koneturvallisuus. Odottamattoman käynnistyksen estäminen. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 306, 15.10.96. 32 s.

SFS-EN 1050. 1997. Koneturvallisuus. Riskin arvioinnin periaatteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 322, 97.10.23 C 306, 15.10.96. 41 s.

SFS-EN 1088. 1996. Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ No C 306, 15.10.96. 60 s.

SFS-EN 1760-1. 1998. Koneturvallisuus. Kosketuksen tunnistukseen perustuvat turvalaitteet. Osa 1: Tuntomattojen ja tuntolattioiden suunnittelun ja testauksen yleiset periaatteet. Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu OJ N:o C 78 13.3.98. 65 s.

SFS-6002. 1999. Sähköturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. 40 s.

SFS-EN 60204-1. 1997. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteet. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto. Yhdenmukaistettu 20.5.2000. 180 s.

SFS-EN 60947-3. 1999. Pienjännitekytkinlaitteet. Osa 3: Kytkimet, erottimet, kytkinerottimet ja varokekytkinyhdistelmät. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto. 38 s.

Siirilä, T. & Pahkala, J. 1999. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. Helsinki, Fimtekno. 480 s.

Työtaturma- ja ammattitautitilasto 1994. 1996. Tapaturmavakuutuslaitosten liitto. Joensuu. 106 s.

Varonen, U. 1997. Tapaturmien torjunta mekaanisessa metsäteollisuudessa. Tampere, TTKK julkaisuja 217, väitöskirja. 183 s.

Liite A. Tarkistuslistoja odottamattoman käynnistyksen välttämiseksi

Tämä tarkistuslista on laadittu paineilma-, sähkö- tai hydraulikkakäyttöisen toimilaitteen odottamattoman käynnistyksen todennäköisyyden minimoimiseksi. Tarkistuslista on laadittu lähinnä suunnittelijoille, mutta se käsittää myös monia käyttäjille kuuluvia kohtia, jotka suunnittelijan on hyvä mainita esim. käyttöohjeissa. Odottamaton käynnistys on tässä yhteydessä ymmärretty laajasti, ja siten monet luotettavuuteen vaikuttavat tekijät ja käyttäjän toimenpiteet vaikuttavat odottamattoman käynnistyksen minimoimisessa. Tarkistuslistaa käytettäessä on tarkoitus käydä läpi aina luku ”Yleiset periaatteet” ja sitten ohjausjärjestelmän mukaan muut luvut. Kysymysten on tarkoitus antaa vinkkejä siihen, miten odottamaton käynnistys voidaan välttää. Kysymyksiä ei pidä tulkita käskyiksi. Jos johonkin kysymykseen saadaan kielteinen vastaus, on tarkistuslistan käyttäjän tarkoitus kirjata syy kielteiseen vastaukseen.

Yleiset periaatteet

Vaara-alueelle meneminen

- Tarvitseeko vaara-alueelle mennä koneiden ollessa käynnissä?
- Pääseekö käynnissä olevien automaattikoneiden alueelle (vaara-alueelle) vapaasti?
- Pysähtyvätkö kaikki vaaralliset liikkeet automaattisesti ihmisen mennessä vaara-alueelle?
- Katkaistaanko kaikki energiansyötöt (esim. erotuskytkimillä) ihmisen mennessä vaarallisten koneiden alueelle? Puretaanko varastoitunut energia automaattisesti?
- Voivatko pysäytetyn alueen vieressä toimivat koneet aiheuttaa vaaraa?
- Onko vaara-alueelle meno helpompaa menemällä portista kuin menemällä kuljettimen vierestä tai sitä pitkin järjestelmään? Ovatko usein toistuvat turvallisuustoimenpiteet riittävän helppoja? Ovatko turvalliset kulkureitit toimivia ja ”järkeviä”? Onko vaara-alueella käyntien määrä minimoitu esim. sijoittamalla usein toistuvat huoltotehtävät vaara-alueen ulkopuolelle?
- Tarvitseeko pysäytystilanteissa järjestelmään jättää energiaa? Jos tarvitsee, niin varoitetaanko varastoituneesta energiasta? Onko varastoituneen energian poistoon oh-

jeistettu menetelmä? Voidaanko energian poistuminen tarkastaa helposti esim. mitareilla tai ilmaisimilla?

- Onko potentiaalienergian varmistamiseen keinot, kuten tuenta tai säppi? Poistetaanko liike-energia esim. jarrulla ja irtikytkennällä (kytkimellä irti esim. vauhtipyörästä)?
- Onko esim. huollon tai korjauksen ajaksi käytössä menetelmä käytön estävän lukinnan tekemiseksi? Onko selkeää menetelmää kieltämään käyttö esim. huollon tai korjauksen aikana? Otetaanko huomioon tilanne, jossa vaara-alueella tehdään useita eri tehtäviä (esim. jokaisella oma lukko tai käynnistyskieltokyltti)?
- Onko käyttäjäryityksellä menetelmä tiedottaa huollosta tai korjauksesta laitteen normaalista käytöstä vastaaville henkilöille? Siirretäänkö huoltotöiden vastuu asianmukaisesti vuoron vaihtuessa?
- Ovatko vaara-alueelle pääsyn valvonnassa käytetyt turvalaitteet riittävän turvallisia (esim. konepäättöksen määrittelemiä turvakomponentteja)? Ovatko turvalaitteet valmistajan ilmoitusten mukaan sopivia sovelluskohteessa suunniteltuun käyttöön?
- Onko käyttöpaikalta riittävä näkyvyys järjestelmän kaikkiin osiin? Jos ei ole, tarvitaanko käynnistyshälytystä?

Laitteet ja ohjaukset

- Onko ohjausvivut ja painikkeet sijoitettu siten, että ihminen ei tahattomasti vaikuta niihin? Onko ohjauslaitteet merkitty selkeästi ja yksiselitteisesti?
- Onko hätäpysäytin ainakin kaikilla ohjauspaikoilla ja tarvittavissa työpisteissä? Pysäyttääkö hätäpysäytin laajoissa järjestelmissä tarkoituksenmukaisen alueen? Eihän hätäpysäytyssignaali kulje pelkästään ohjelmoitavan logiikan kautta toimilaitteisiin?
- Käytetäänkö kaikkia komponentteja valmistajan ilmoittamalla tavalla. Onko ympäristöolosuhteet huomioitu? Onko komponenttien kuormituksen kesto riittävä? Onko valmistajien ilmoittamia rajoituksia noudatettu?
- Onko koneessa ohjausjärjestelmän luotettavuudesta riippuvia vaaroja, joissa ohjausjärjestelmän osan tulee olla standardin EN 954-1 (muun kuin B-) luokan mukainen? Täytyvätö riskinarvioinnissa valitun luokan (SFS-EN 954-1) vaatimukset?
- Onko sekvenssiohjauksessa käytetty paikkaan perustuvaa tietoa ajan sijaa sellaisissa kohteissa, joissa se on mahdollista?

- Kestääkö anturointi käytön mukaiset ympäristöolosuhteet? Toimivatko anturit keskeytysten tai muutostilanteiden jälkeen oikein?
- Onko liikkeillä aika-, pituus- tai nopeusvalvontaa?



Häiriönpoisto ja huolto

- Onko häiriöiden poistoon selviä menetelmiä, jotta käyttäjän ei tarvitse keksiä itse keinoja?
- Tarvitseeko energiansyöttö irrottaa huollon ajaksi? Tarvitseeko putkia irrottaa? Tarvitaanko putkissa sokeointilevyjä?
- Tarvitaanko huoltotöiden suorittamiseen jokin lupa (esim. lupa tehdä tiettyjä sähköitä, lupa huoltaa tiettyä konetta, tulityölupa), ja miten taataan huoltohenkilökunnan riittävä ammattitaito?
- Onko viat helppo paikallistaa?
- Onko toiminta häiriötilanteissa ohjeistettu käyttöohjeisiin (huolto-ohjeisiin) ja tarpeelliset varoitukset lisätty koneeseen?
- Jos toimilaitteen liike jää kesken esteen vuoksi, niin onko esteen poisto turvallista, vai pitääkö esim. jousivoima purkaa sopivalla tavalla vai poistuuuko energia ihmisen vaikuttaessa turvalaitteeseen?.
- Onko ohjekirjoissa ohjeet järjestelmälliseen vianhakuun?
- Päästäänkö kaikkien huoltoon tarvitsevien komponenttien luo helposti tekemään huolto- ja säätötyöt?
- Onko määräaikaista huoltoa tarvitsevat komponentit selvitetty ohjekirjoissa?
- Tarvitaanko järjestelmään vikadiagnostiikka, joka nopeuttaa vian etsimistä ja korjausta ja helpottaa käyttäjän päätöksentekoa siitä, kuka kutsutaan korjaamaan ja mitä varaosia tarvitaan mukaan, sekä ennakoit tulevia huoltotarpeita?
- Höyryn sulkeminen ja erottaminen: Onko höyryn tulo estetty venttiilillä ja sulkulaitteella (sokeointilevy)? Poistetaanko höyry esim. venttiiliohjauksella?



Käyttökoulutus

- Onko käyttäjien koulutus riittävää? Onko huoltohenkilökunnan koulutus riittävää?
- Annetaanko käyttäjille tietoa riittävän selkeässä muodossa? Ovatko uudet tekniikat, kuten multimedia, videot ja WWW-sivut Internetissä, tarpeen koulutuksessa?
- Onko vaihtuvien käyttäjien riittävä koulutus varmistettu?
- Onko turvallisuus riittävä myös koeajossa, koulutuksessa yms. käytössä ennen varsinaista tuotantoa?
- Tuleeko koulutuksessa riittävästi esiin toiminta erikoistilanteissa? Kerrotaanko mahdollisista vaaroista riittävästi?
- Onko järjestelmän kriittisille osille määritelty testausväli?

Sähkö

- Onko sähkönsyötön erottaminen toteutettu syötönerotuskytkimellä (vrt. SFS-EN 60204-1)? Erotetaanko kaikki tarvittavat piirit syötöstä (esim. tiettyjä valaistus- ja muistipiirejä ei tarvitse erottaa sähkönsyötöstä)?
- Jos erotukseen ei käytetä syötönerotuskytkintä, niin voidaanko työ toteuttaa turvallisesti? Täytyvätkö tällöin kaikki seuraavat ehdot: koneen osia ei merkittävästi pureta, suoritetaan suhteellisen lyhytaikaisia töitä, työ ei kohdistu sähkölaitteistoon, työssä ei ole sähköiskun tai palovamman vaaraa ja työ ei eliminoi auki-kytkentää?
- Onko sähkötoita valvovan henkilön pätevyys riittävä?
- Ovatko käytetyt komponentit käyttöympäristöön sopivia? Onko asennukset toteutettu asianmukaisesti? Ovatko kaapelit ja laitteet riittävän suojassa mekaanisten vaurioiden varalta? Ovatko jännitteisten osien turvavälit riittävät? Onko vaarallisen oikosulun aiheuttavien osien (esim. liittimien) etäisyys riittävä?
- Onko järjestelmä oikein maadoitettu? Onko ohjausjärjestelmän tavalliset maadoitusvial otettu huomioon (maadoitusvian aiheuttama kytkentä epätodennäköistä)?

- Onko kondensaattoreiden purku automaattista (esim. vastuksella) jännitteen kytkeytyessä pois?
- Onko varauduttu suuren virran induktion aiheuttamaan jännitteeseen? Onko järjestelmä maadoitettu sopivista kohdin tämän välttämiseksi (SFS 6002)?
- Onko ohjeet sähkötöiden välttämiseen ukonilmalla? Onko ohjeet varmistaa laitteiston jännitteettömyys ennen sähkötöiden aloittamista? (SFS 6002)
- Onko EMC-direktiivi otettu huomioon? Sietääkö kone muiden koneiden aiheuttamia sähköhäiriöitä? Voiko kone aiheuttaa toisen koneen käynnistymisen aiheuttamalla itse liikaa sähköhäiriöitä? (EMC-direktiivi)
- Yli 1 kV:n jännitteet: Onko jännitteen pois-kytkentä aina turvallista? Millä ehdoilla jännitteen saa kytkeä pois? Tarvitaanko kytkennän estoa kuormitusilanteessa? Onko ohjeet työmaadoituksen tekemiseen ja oikosulkukytkentään huoltotilanteissa?

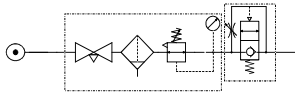
Pneumatiikka ja hydraulikka



Paineilmajärjestelmän hätäpysäytys, vahinkokäynnistyksen eston periaatteet

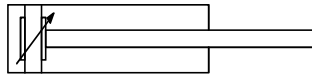
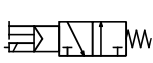
- Kun hätäpysäytintä painetaan sähköisen katkaisun lisäksi, poistuvatko paineet kaikista sellaisista järjestelmän kohdista, joissa painetta ei tarvita? Onko tarkastettu, mihin toimilaitteisiin ja komponentteihin pysäytystilanteessa jätetään paine ja mistä paine poistetaan?
- Poistetaanko järjestelmän paineet kaikista kohdista ihmisen mennessä vaara-alueelle? Paineet voidaan jättää esim. taakan ylhäälläpitoon, mutta huoltoa varten pitää kaikkialta voida poistaa paineet.
- Onko taakan pysyminen ylhäällä varmistettu? Onko käytetty ohjattua vastaventtiiliä tai jarrua? Onko mahdollisen mekaanisen tuen käyttö helppoa?
- Pneumatiikka: Ilmanpaineenerotuskeinoja eri tilanteisiin: katkaistaan paine, katkaistaan ja poistetaan paine, vapautetaan tai tuetaan kuormat, sähköisen ohjauksen erottaminen.

- Pneumatiikka: Voiko liikkeen suoritusnopeus vaihdella? Onko liikkeen suoritusajan automaattinen valvonta tarpeen? Ovatko vastus(vasta)venttiilit tarkoituksenmukaisissa paikoissa ja onko ilmansyöttö riittävä? Voiko liikkeen alku myöhästyä normaalista huomattavasti (alhainen paine ja liike sallitaan vasta, kun riittävä paine saavutetaan)? Ihminen saattaa turhaan aloittaa häiriönpoistoa (vaaratilanne), jos toiminta vaihtelee.
- Pneumatiikka: Saako ilman automaattisesti pois järjestelmästä? Miten huoltoa varten saadaan kaikki paineet pois (esim. ohjattujen vastaventtiilien takaa)? Pystytäänkö laite ajamaan täysin paineettomaksi (tarvitaanko ulkoista esiohjauspainetta)? Onko ilmasäiliöiden tyhjennys helppoa? Tarvitaanko ulkopuolisia tukitoimenpiteitä toimilaitteille (tuki tai kiila)?
- Hydraulikka: Puretaanko hydrauliiikan paineakut, ennen kuin ihminen menee vaara-alueelle?
- Hydraulikka: Onko taakkojen valuminen otettu huomioon hydraulisissa järjestelmissä? Onko taakat tuettu?



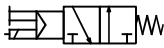
Ohjausjärjestelmä

- Onko varmistettu, ettei painetaso nouse yli sallitun esim. massavoimien johdosta (tarvitaanko varoventtiiliä)?
- Onko varmistettu, etteivät paineen lasku tai vuodot aiheuta vaaraa? Toteutuvatko liikkeet oikein?
- Pneumatiikka: Onko ilman laatu riittävä, kuten paine, paineen vaihtelu, kosteus, lika, öljy (ISO 8573, Pneurop-suositus 6611/84)? Mikäli suodatuksen heikentyminen voi aiheuttaa vaaraa tai suuria ongelmia, tarvitaan suodattimiin likaisuuden osoitus? Pitääkö paineilman tuottojärjestelmää parantaa?
- Pneumatiikka: Onko paineilman määrä riittävä (kompressorin kapasiteetti)? Riittääkö paineilma aina liikkeiden oikeaan toteutumiseen?
- Hydraulikka: Pysyykö hydraulikkaöljy riittävän puhtaana?



Komponentit

- Aiheuttaako muutokset toimintaparametreissa vaaraa, onko tarpeen antaa tästä selkeä varoitus?
- Onko ympäristöolosuhteet huomioitu, kuten pakkasen (ilman kosteus, komponenttien kesto), kuumuus, pöly, palo tai räjähdysvaaralliset tilat (mm. ex-komponentit), syövyttävät aineet ja tärinä?
- Onko kuhunkin tehtävään valittu sopivantyyppinen komponentti? Onko venttiilin tilan säilyminen sähkökatkoksissa tarpeen (bistabiilit; kaksikelaiset venttiilit)? Onko tarvittavat toiminnalliset tekijät huomioitu valinnoissa: venttiilin valinta (vuodon mahdollisuus huomioitu pystyliikkeissä), liittimien valinta (vuodon tai irtoamisen mahdollisuus huomioitu), letkun valinta (taivutuskestävyys, materiaali, suojuksen tarve)?
- Onko putkistot suojattu ennakoitavissa olevien vahinkojen varalta (riittävästi kannakkeita, käyttö tikkaina jne.)?
- Pääsevätkö kaapelit tai letkut liikkumaan jossain kohdassa? Voidaanko liikettä välttää ja onko liikkuminen otettu huomioon materiaalivalinnoissa? Ovatko letkuliitokset tarkoituksenmukaiset (liittimen ja letkun yhteensopivuus, liitoksen laatu)?
- Pneumatiikka: Onko sylinterin mitoituksessa huomioitu riittävällä varmuudella (sopivalla ylimitoituksella) voima, kohtuullinen ilmankulutus, sopiva nopeus, riittävä nurjahdusvarmuus ja se, että päätyvaimennus on riittävä käytetyillä massoilla ja nopeuksilla ja sylinteri kestää sen kiinnityksiin kohdistuvat voimat ja momentit?
- Pneumatiikka: Onko huoltoyksikössä seuraavat komponentit: paineen säädin, vedenerotin (automaatti vai käsityhjennys), suodatin, sulkuventtiili?
- Pneumatiikka: Tarvitaanko järjestelmään seuraavia komponentteja: pehmeäkäynnistysventtiili, painevahti (valvoo, että paine on riittävä), sähköohjattu sulkuventtiili, sumuvoitelulaitteet, suodattimen likaisuuden ilmaisu?



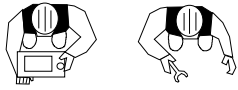
Ohjaukset

- Onko laitteen turvallinen tila sellainen, jossa venttiili asettuu turvalliseen tilaan (jouksen välityksellä) sähkön katkettua (kuitenkin esim. taakan ylhäällä pysymistä ohjataan yleensä venttiilillä, joka ei vaihda tilaansa sähkön syötön katketessa)? Toisin sanoen on päätettävä tapauskohtaisesti, onko mono- vai bistabiili venttiili turvallisempi ja luotettavampi.
- Onko tahattomat vaaralliset liikkeet estetty? Voiko alhainen paine aiheuttaa liikkeen väärään suuntaan?
- Voiko servo- tai proportionaali-ohjattu toimilaitte aiheuttaa vaaraa virhetoiminnan seurauksena? Onko olemassa keinoja pitää laite turvallisessa asemassa tai ohjata se sellaiseen? Tarvitaanko proportionaaliventtiiliin paineen takaisinkytkentää?
- Tarvitaanko painevahtia valvomaan, että paine on riittävä? Voiko liikkeen puuttuminen aiheuttaa vaikeasti purettavan häiriön?
- Pneumatiikka: Voiko käynnistyksessä syntyä yllättäviä liikkeitä (sylinterin ollessa aluksi paineeton, pitkä sylinteri)? Tarvitaanko pehmeäkäynnistysventtiiliä?
- Pneumatiikka: Onko saavutettu voima liian suuri tarpeeseen nähden? Voidaanko painetta alentaa tai valita pienempi sylinteri (vaara pienenee ja energiaa säästyy)?
- Pneumatiikka: Ovatko ilman poistoaukot riittävän isoja?



Häiriönpoisto

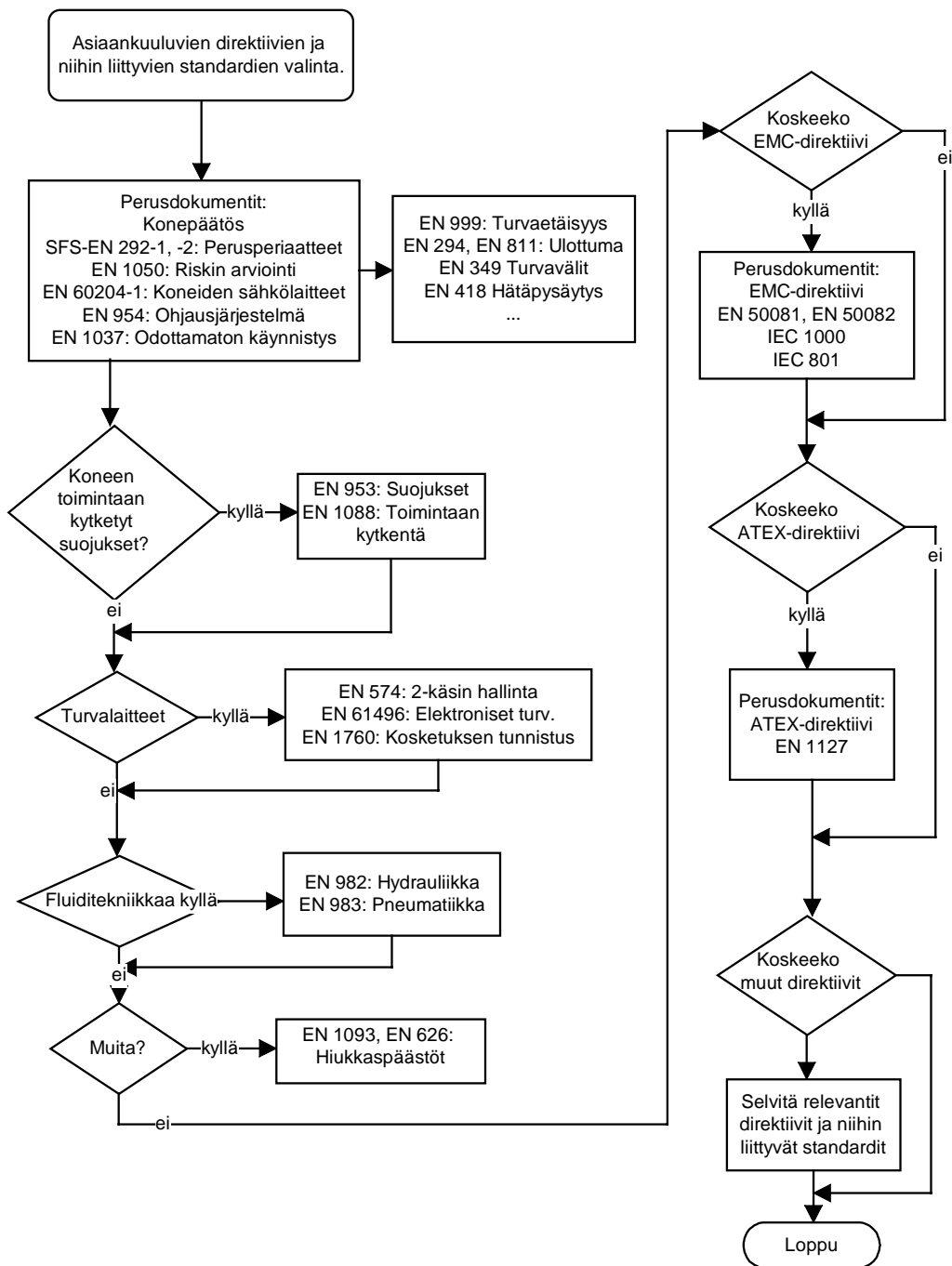
- Onko viat helppo paikallistaa? Tarvitaanko paineen ilmaisua?
- Jos sylinterin liike jää kesken esteen vuoksi, onko esteen poistaminen turvallista koneen käyttäjän saapuessa poistamaan estettä? Poistuvatko paineet automaattisesti häiriön ilmetessä, tai poistuvatko paineet ihmisen vaikuttaessa turvalaitteeseen?
- Onko liikkeillä aikavalvonta (esim. liian hidas liike poistaa paineet automaattisesti)?



Huoltotilanne, korjaus,

- Voiko pysäytystilanteessa jäädä paine johonkin järjestelmän osaan? Varoitetaanko tästä riittävästi?
- Tarvitaanko huoltotilanteita varten käsiajtoa (venttiileissä käsiajomahdollisuus)?
- Onko paineilmaisimia riittävästi?

Liite B: Asiaankuuluvien vaatimusten valinta



Kuva B1. Asiaan kuuluvien direktiivien ja niihin liittyvien standardien valinta [Guideline to the understanding and use of safety of machinery standards. 2000. IEC 57 p].

Lakeja ja valtioneuvoston päätöksiä

Tässä luetellaan lakeja, joita saatetaan tarvita paperiautomaatiojärjestelmän suunnittelussa tai käytössä. Kattavammat listat löytyvät mainituista Internet-osoitteista. Lait löytyvät Internetistä osoitteesta: <http://fi.osha.eu.int/legislation/lait.stm>.

Työturvallisuuslaki (299/1958)

Laki syöpäsairauden vaaraa aiheuttaville aineille ja menetelmille ammatissa altistuvien rekisteristä (1038/1993)

VNp työntekijäin suojelusta työssä esiintyvän melun aiheuttamilta vaaroilta ja haitoilta (1404/1993)

VNp kemikaaleista aiheutuvan suuronnettomuusvaaran torjunnasta (1705/1991)

VNp työntekijöiden suojelemisesta kemiallisille tekijöille altistumiseen liittyviltä vaaroilta (920/1992)

VNp eräitä terveydelle haittaa aiheuttavia kemikaaleja ja niitä sisältäviä tuotteita koskevista kielloista ja rajoituksista (489/1992)

VNp työhön liittyvän syöpävaaran torjunnasta (1182/1992)

VNp koneiden turvallisuudesta (1314/1994)

VNp henkilönostoista nosturilla ja haarukkatrukilla (793/1999)

VNp laserlaitteista ja niiden tarkastuksesta (472/1985)

VNp suurtaajuuslaitteista ja niiden tarkastuksesta (473/1985)

VNp työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (856/1998)

VNp työpaikkojen turvamärkeistä ja niiden käytöstä (976/1994)

VNp henkilönsuojaimista 22.12.1993(1406/1993)

VNp henkilönsuojainten valinnasta ja käytöstä työssä (1407/1993)

VNp käsin tehtävistä nostoista ja siirroista työssä (1409/1993)

Sähköön liittyviä lakeja ja päätöksiä

Sähköön liittyviä lakeja ja päätöksiä on Internetissä osoitteessa:
http://www.tukes.fi/sahkoturvallisuus/saadokset/sahko_saadokset.htm

Sähköturvallisuuslaki (410/1996, 634/1999)

Sähköturvallisuusasetus (498/1996)

Laki tiettyjen tuotteiden varustamisesta CE-merkinnällä (1376/1994)

Ktm päätös sähkölaitteiden turvallisuudesta (1694/1993, 922/1994, 1216/1995, 216/1996, 650/1996)

Ktm päätös sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta (1696/1993,

923/1994, 652/1996)

Ktm päätös sähköalan töistä (516/1996), lisäys sähkötyöturvallisuudesta (1194/1999)

Ktm päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999)

Ktm päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (517/1996)



Tekijä(t)			
Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit			
Nimeke			
Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus			
Tiivistelmä			
<p>Paperitehtaiden koneautomaatio on muuttumassa yhä automaattisemmaksi. Ihmiselle on kuitenkin monissa sovelluksissa vielä tehtäviä painavia paperirullia käsittelevien koneiden lähellä. Tämä julkaisu keskittyy paperin jälkikäsitteilyyn, jossa kuljetetaan ja pakataan paperirullia. Selvityksessä etsittiin aluksi kirjallisuudesta ja tapaturmaselostusrekisteristä syitä tapaturmien syntyyn. Tämä oli tärkeää, jotta nähtiin vaarallisimmat koneet ja työvaiheet sekä olennaisimmat tapaturmien syyt. Tapaturmien syitä verrattiin lisäksi paineilmalla toteutetun automaation tapaturmien syihin, jotta saatiin selville paperirullien käsittelylle tyypillisiä tapaturmia. Tavallisimpia tapaturmien syitä ovat olleet odottamaton käynnistys, puutteellinen suojaus ja vaarallinen työmenetelmä. Eniten tapaturmia on sattunut häiriönpoistotilanteissa, joissa koneen käyttäjä on havainnut virheellisen toiminnan ja mennyt itse poistamaan häiriötä.</p> <p>Yhteistyöyrityksiltä valittiin sovelluskohteita, joita analysoitiin, ja yhteistyössä yritysten kanssa mietittiin turvallisuutta parantavia muutoksia. Samalla saatiin tietoa erilaisten ratkaisujen syistä käyttäjiltä ja valmistajalta. Automaattikoneille ei pakkausjärjestelmissä ole toteutettu konekohtaista vaaratekijöiden poistamista, vaan turvallisuus perustuu siihen, että ihminen ei mene vaarallisten koneiden alueelle. Tähän liittyen tutkittiin vaarallisen automaatiojärjestelmän sisälle pääsyä kuljetinta pitkin. Ihmisen erottamiseen paperirullasta on paljon erilaisia keinoja, joiden soveltuvuutta selvitettiin haastattelulla, laskelmin ja käytännön kokein. Mikään keino ei ole kaikkiin paikkoihin sopiva, vaan menetelmä pitää valita tapauskohtaisesti. Tähän valintaan etsittiin nyrkkisääntöjä.</p> <p>Tapaturmatilastojen mukaan odottamaton käynnistys on osoittautunut automaattisille koneille ongelmaksi. Odottamaton käynnistys voidaan helpoimmin välttää käyttämällä sähkömekaanisia komponentteja energian syötön katkaisussa. Muilla tekniikoilla tehtävä on vaikeampi. Varsinkin paineilmajärjestelmissä usein unohdetaan riittävät turvallisuustekniset toimenpiteet vaaran välttämiseksi. Myös sellaisten järjestelmien suunnittelussa ja ohjeiden laatimisessa pitää olla tarkkana, joissa pysäytystilanteessa järjestelmään jää energiaa. Odottamatonta käynnistystä varten hankkeessa laadittiin tarkistuslista, jonka avulla suunnittelija voi varmistaa, että odottamattomaan käynnistykseen johtavat tekijät on minimoitu.</p>			
Avainsanat			
paper roll handling, accident reduction, safety, reliability, paper mills			
Toimintayksikkö			
VTT Automaatio, Turvallisuustekniikka, Tekniikankatu 1, PL 1307, 33101 TAMPERE			
ISBN		Projektinumero	
951-38-5926-6 (nid.)		A9SU00917	
951-38-5927-4 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)			
Julkaisu-aika	Kieli	Sivuja	Hinta
Marraskuu 2001	Suomi, engl. tiiv.	68 s. + liitt. 12 s.	B
Projektin nimi		Toimeksiantaja(t)	
PATU		Työsuojelurahasto	
Avainnimeke ja ISSN		Myynti:	
VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

Published by



Vuorimiehentie 5, P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland
Phone internat. +358 9 4561
Fax +358 9 456 4374

Series title, number and
report code of publication

VTT Research Notes 2117
VTT-TIED-2117

Author(s) Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit			
Title The safety and reliability of roll handling in paper mills			
Abstract <p>The report is about the safety of large automated paper roll handling systems. In paper mill the area under study is from the head box to the warehouse. Usually there are plenty of conveyors, robots and manipulators and the area can be e.g. 150 m long and 50 m wide. The paper rolls can weight from about 50 kg up to 10 tons. The hazards are concentrated on restricted area, but there can be several tasks also for persons depending on the level and nature of the automation.</p> <p>The accidents caused by roll handling automation in paper mills were studied and classified according to their causes. The motivation to this study was to find from accident histories the most significant reasons to accidents in order to define the most effective methods how to reduce accidents. The accidents were gathered from Finnish accident history data (TAPS) by using appropriate keywords. All accidents did have several causes. In all cases if one cause could have been removed before the accident, most probably, it would not have happened. It can be seen that the most common reasons are unexpected start-up, inadequate safeguarding and dangerous working method. Another result is that over 60 % of accidents did happen during troubleshooting. The results were also compared to accidents in pneumatic automation. Most of the results were relatively similar but there were some differences, which can be explained.</p> <p>It was found from accident study that unexpected start-up is a permanent problem in automated machines. A checklist for designers was made to evoke the designer to find the critical points in their plans. Also some guidelines for choosing safeguarding were made. Some experiments how to distinguish a person from paper roll in the entrance to the automation system were made. In case studies two different paper roll handling and packing systems were analysed and some technical means to avoid hazards were proposed.</p>			
Keywords paper roll handling, accident reduction, safety, reliability, paper mills			
Activity unit VTT Automation, Safety Engineering, Tekniikankatu 1, P.O.Box 1307, FIN-33101 TAMPERE, Finland			
ISBN 951-38-5926-6 (soft back ed.) 951-38-5927-4 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Project number A9SU00917	
Date November 2001	Language Finnish, Engl. abstr.	Pages 68 p. + app. 12 p.	Price B
Name of project PATU		Commissioned by The Finnish Work Environment Fund	
Series title and ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (soft back edition) 1455-0865 (URL: http://www.inf.vtt.fi/pdf/)		Sold by VTT Information Service P.O.Box 2000, FIN-02044 VTT, Finland Phone internat. +358 9 456 4404 Fax +358 9 456 4374	

VTT TIEDOTTEITA – MEDDELANDEN – RESEARCH NOTES

VTT AUTOMAATIO – VTT AUTOMATION – VTT AUTOMATION

- 1781 Hienonen, Risto, Nevalainen, Olavi, Salminen, Arto & Sorri, Eero. Ympäristötestaus, Space 2000. 1996. 39 s. + liitt. 63 s.
- 1830 Kuivanen, Risto & Hyötyläinen, Raimo (toim.). Kohti uudenlaisia yritysverkostoja. Monenkeskisen verkostoyhteistyön kehittäminen. 1997. 116 s. + liitt. 3 s.
- 1837 Seilonen, Ilkka. Distributed and collaborative production management systems in discrete part manufacturing. A review of research and technology. 1997. 99 p.
- 1894 Mäkisara, Kai. The AISA data user's guide. 1998. 54 p.
- 1910 Sibakov, Viktor & Appelqvist, Mikko. Immunity of medical electronic devices to electromagnetic field of cellular mobile phones. 1998. 29 p. + app. 25 p.
- 1976 Kuitunen, Kimmo, Räsänen, Petri, Mikkola, Markku & Kuivanen, Risto. Kehittyvä yritysverkosto. Toimittajaverkostot kilpailukyvyyn ja osaamisen lähteenä. 1999. 148 s.
- 1984 Törmäkangas, Kirsi. Geenitekniikalla muunnettujen kasvien riskinarviointi. Nykykäytäntö ja eri viranomaisten ohjeita. 1999. 67 s. + liitt. 6 s.
- 1993 Järvenpää, Jorma & Vanhala, Markku. Huoltotyö raskaiden ylösnostettujen ohjaamoiden ja konepeittojen alla. 1999. 57 s. + liitt. 2 s.
- 2006 Graeffe, Jussi, Saari, Heikki, Salminen, Arto. Survey on space applications of Finnish micro/nano technologies. 1999. 42 p.
- 2009 Reiman, Teemu. Organisaatiokulttuuri ja turvallisuus. Kirjallisuuskatsaus. 1999. 46 s. + liitt. 2 s.
- 2015 Wahlström, Björn & Kettunen, Jari. An international benchmark on safety review practices at nuclear power plants. 2000. 54 p. + app. 19 p.
- 2017 Varpula, Timo. Optimising planar inductors. 2000. 30 p.
- 2022 Malm, Timo & Kivipuro, Maarit. Safety validation of complex components – Validation by analysis. 43 p. + app. 4 p.
- 2031 Tommila, Teemu, Jakobsson, Stefan, Ventä, Olli, Wahlström, Björn & Wolski, Antoni. Ydinvoimaloiden uudet tietojärjestelmät. Sovellusalueen analyysistä käyttäjän vaatimuksiin. 2000. 152 s. + liitt. 22 s.
- 2035 Hyötyläinen, Raimo & Karvonen, Iris. Häiriöneurannan organisointi- ja analysointimenetelmät. 2000. 91 s. + liitt. 5 s.
- 2036 Parikka, Risto, Mäkelä, Kimmo K., Sarsama, Janne & Virolainen, Kimmo. Hihnakuuljettimien käytön turvallisuuden ja luotettavuuden parantaminen. 2000. 77 s. + liitt. 24 s.
- 2044 Karvonen, Iris. Management of one-of-a-kind manufacturing projects in a distributed environment. 2000. 54 p.
- 2050 Kotikunnas, Erkki & Heino, Perttu. Turvallisen prosessilaitoksen suunnittelu. STOPHAZ-projektissa syntyneet työkalut. 2000. 44 s.
- 2058 Konola, Jari. Kunnossapidon tietojärjestelmä käyttövarmuustiedon lähteenä Suomen paperi- ja selluteollisuudessa. 2000. 25 s.
- 2061 Välisalo, Tero & Rouhiainen, Veikko. Luotettavuusjohtaminen työkoneteollisuudessa. 2000. 43 s. + liitt. 15 s.
- 2066 Harju, Hannu. Ohjelmiston luotettavuuden kvalitatiivinen arviointi. 2000. 111 s.
- 2067 Baumont, Geneviève, Wahlström, Björn, Solá, Rosario, Williams, Jeremy, Frischknecht, Albert, Wilpert, Bernhard & Rollenhagen, Carl. Organisational factors. Their definition and influence on nuclear safety. Final report. 2000. 65 p.
- 2115 Luoma, Tuija, Mattila, Inga, Nurmi, Salme, Ilmén, Raija, Heikkilä, Pirjo, Salonen, Riitta, Sikiö, Teija, Lehtonen, Mari & Anttonen, Hannu. Elektroniikka- ja kemianteollisuuden suojavaatteet. Sähköstaattiset ominaisuudet ja käyttömukavuus. 2001. 92 s. + liitt. 12 s.
- 2117 Malm, Timo, Hämäläinen, Vesa & Kivipuro, Maarit. Paperiteollisuuden rullankäsittelyn turvallisuus ja luotettavuus. 2001. 68 s. + liitt. 12 s.