

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Ville Peräkylä

**TUOTANTOKONEIDEN RISKIEN ARVIOINTI JA EHDOTUKSET KORJAAVIKSI
TOIMENPITEIKSI**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 2008

Lehtori Marko Mäkilouko
Trafotek Oy, valvojana kehityspäällikkö Markku Noroaho

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Peräkylä, Ville

Tuotantokoneiden riskien arviointi ja ehdotukset korjaaviksi toimenpiteiksi

Tutkintotyö

64 sivua

Työn ohjaaja

Lehtori Marko Mäkilouko

Työn teettäjä

Trafotek Oy, valvojana kehityspäällikkö Markku Noroaho

Toukokuu 2008

Hakusanat

koneturvallisuus, riskin arviointi, korjaava toimenpide

TIIVISTELMÄ

Nykypäivänä eri koneita ja laitteita koskevat tekniset vaatimukset sekä niiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen on yhdenmukaistettu konedirektiivillä koko Euroopan talousalueella. Direktiivin tarkoituksena on varmistaa, että käytettävät koneet ja laitteet ovat turvallisia. Konedirektiivi sisältää olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Suomessa sovelletaan valtioneuvoston päätöstä koneiden turvallisuudesta (1314/1994) eli konepäätöstä.

Tässä työssä on kartoitettu Trafotek Oy:n vanhojen tuotantokoneiden turvallisuustaso riskin arvioinnin avulla ja pyritty löytämään korjaavat toimenpiteet, joilla tuotantokoneet voidaan saattaa nykypäivän vaatimusten mukaiselle tasolle. Osa yrityksen tuotantokoneista on vanhoja, ja niissä on paljon mekaanisia koneenosia, joiden liikkeet aiheuttavat erilaisia vaaroja tuotantoprosessin yhteydessä. Tästä syystä on selvitetty koneisiin liittyvät riskit ja laadittu ehdotelma korjaavista toimenpiteistä, joiden avulla koneiden turvallisuustasoa saadaan nostettua.

Työssä on käytetty sekä riskin arviointiin liittyvää koneturvallisuuden standardia SFS-EN 1050 että konepäätöstä, joita hyväksi käyttäen on tehty riskin arvioinnin pohja juuri Trafotek Oy:n tuotantokoneita varten. Pääpaino on mekaanisten ja liikkeistä johtuvien vaarojen selvittämisessä ja poistamisessa.

Tehtyjen riskin arviointien ja korjaavien toimenpide-ehdotusten pohjalta Trafotek Oy:ssä on aloitettu koneiden modernisoiminen nykypäivän turvallisuustasoa vastaaviksi.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Mechanical and Production engineering

Machine automation

Peräkylä, Ville

Risk assessment of production machinery and a proposal for corrective actions

Engineering Thesis

64 pages

Thesis Supervisor

Lecturer Marko Mäkilouko

Commissioning Company

Trafotek Oy, Supervisor: Development Manager Markku Noroaho

June 2008

Keywords

safety of machinery, risk assessment, corrective action

ABSTRACT

Nowadays technical specifications and addressing of compliance with the requirements for machines has been standardized with Machinery Directive in the economic zone of Europe. The main reason for this is to make sure that all machines and devices are safe to operate. Machinery Directive represents essential health and safety requirements relating to the design and construction of machinery.

The purpose of this thesis is to check the safety level of the old productions machinery in Trafotek Oy and to find solutions, how machinery can be changed to fill demanded requirements. Old productions machinery consist lots of moving mechanical parts which can cause different kind of risks. Therefore the risks in machinery have been analyzed and a proposal for corrective actions has been made.

Main purpose in risk assessment was to find risks which are related to mechanical motion. The risk assessment was made to Trafotek's needs with a help of standard SFS-EN 1050 and Machinery directive.

Trafotek has begun modernize production machinery to respond demanded requirements based on risk assessments and proposals for corrective actions.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYSLUETTELO	4
1 JOHDANTO	6
2 TRAFOTEK OY	7
2.1 YRITYKSEN HISTORIA JA LIKEVAIHDON KEHITYS	7
2.2 TOIMIALA JA TÄRKEIMMÄT TUOTTEET	7
2.2.1 Tuotteiden yleispiirteitä	8
2.2.2 Muuntajat	8
2.2.3 Kuristimet	9
2.2.4 Erikoistuotteet	9
2.3 TRAFORYHMÄ	10
2.4 YRITYKSEN HENKILÖSTÖRAKENNE	10
2.5 OMA TYÖURANI YRITYKSESSÄ	11
3 TYÖTURVALLISUUSLAKI	11
3.1 TYÖTURVALLISUUSLAIN TARKOITUS JA SOVELTAMISALA	11
3.2 TYÖNANTAJAN YLEISET VELVOLLISUUDET	12
3.3 KONEIDEN, TYÖVÄLINEIDEN JA MUIDEN LAITTEIDEN TURVALLISUUS	14
3.4 TYÖN TURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVIEN HENKILÖIDEN VELVOLLISUUDET	15
3.5 TYÖTURVALLISUUSLAIN LAIMINLYÖMINEN	15
4 TAPATURMATILASTOT	16
4.1 TAPATURMAVAKUUTUSLAITOSTEN LIITTO (TVL)	16
4.2 TILASTOTIETOJA TYÖPAIKOILLA SATTUNEISTA TAPATURMISTA	17
4.2.1 Palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit	17
4.2.2 Kuolemaan johtaneet palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit	18
4.2.3 Teollisuuden toimialan yleisimmät tapaturman aiheuttajat	19
5 KONEDIREKTIIVI	21
5.1 KONETURVALLISUUDEN LAIT JA KONEDIREKTIIVI	22
5.2 VASTUUN JAKAUTUMINEN VALMISTAJAN JA TYÖNANTAJAN VÄLILLÄ	23
5.3 KONEPÄÄTÖKSEN SOVELTAMINEN	24
5.4 KONEPÄÄTÖS RISKIN ARVIOINNIN TUkena	25
5.4.1 Koneen käyttämiseen ja toimintaan liittyvät velvoitteet	25
5.4.2 Eriolaisten vaaraa aiheuttavien tekijöiden huomioonottaminen	26
6 STANDARDIT SUUNNITTELUN APUNA	27
6.1 STANDARDIT EUROOPASSA	27
6.2 STANDARDIEN HIERARKIA	28
7 RISKIN ARVIOINTI	29
7.1 RISKIN ARVIOINNIN PERUSTEET	29
7.2 RISKIN ARVIOINNIN VAIHEET	30
7.2.1 Prosessin kulku ja arviointiin tarvittavat tiedot	30
7.2.2 Raja-arvojen määrittäminen	32
7.2.3 Vaaratekijöiden tunnistaminen	32
7.2.4 Riskin suuruuden arviointi	32
7.2.5 Riskin merkityksen arviointi	35
7.2.6 Vaadittavien turvallisuustoimenpiteiden määräytyminen	36
7.2.7 Riskin pienentäminen	37

7.3 ERILAISIA RISKIN PIENENTÄMISEN KEINOJA	37
7.4 RISKIN ARVIOINNIN MENETELMÄT	41
7.5 TRAFOTEK OY:N TUOTANTOKONEIDEN RISKIEN ARVIOINNEISSA KÄYTETTY MENETELMÄ	43
7.5.1 Menetelmän kuvaus.....	43
7.5.2 Määritetyt raja-arvot	44
7.5.3 Arvioinnissa tunnistetut vaaratekijät	44
7.5.4 Riskien todennäköisyyden arviointi.....	46
7.5.5 Seurausten vakavuuden arviointi	47
7.5.6 Riskiluokan määräytyminen.....	48
7.5.7 Tarvittavien toimenpiteiden määräytyminen.....	48
7.5.8 Jäännösriskin selvittäminen.....	49
8 TUOTANTOKONEET	49
8.1 LEVYNLEIKKURIT	50
8.2 LANKAKÄÄMIKONEET	50
8.3 FOLIOKÄÄMIKONEET	50
8.4 ROBOTTISOLUT.....	50
9 LEVYNLEIKKURI.....	51
9.1 KONEEN KÄYTTÖTARKOITUS JA KONEEN KÄYTTÖ.....	51
9.1.1 Raaka-aine ja valmistettavat tuotteet.....	51
9.1.2 Koneen toiminta	52
9.1.3 Automaattiajo.....	53
9.1.4 Käsitäjo.....	55
9.2 KONEEN OSAT JA NIIDEN TOIMINTA	55
9.2.1 Aukirullaaja	55
9.2.2 Lävistinyksikkö.....	56
9.2.3 Syöttölaite	57
9.2.4 Leikkuri	57
9.2.5 Hissi	58
9.2.6 Vastaanottoasema.....	59
9.2.7 Hihnakuuljetin	59
9.2.8 Käyttöpaneeli	59
10 TUOTANTOKONEIDEN RISKIEN ARVIOINTI JA KORJAAVIEN TOIMENPITEIDEN EHDOTELMA.....	60
11 TYÖN ARVIOINTI.....	62
12 YHTEENVETO.....	63
LÄHDELUETTELO.....	64

1 JOHDANTO

Teollisuudessa käytettävistä laitteista ja koneista suurin osa on vanhoja, ja niihin on saatettu lisätä erilaisia laitteita tai niiden käyttötarkoitusta on saatettu muuttaa. Joskus tuotannon tehokkuus on laitettu turvallisuuden edelle, jolloin koneet ja laitteet eivät täytä tarpeellisia terveys- ja turvallisuusvaatimuksia. Työnantaja on kuitenkin velvollinen huolehtimaan riittävästä turvallisuudesta, jolloin ratkaisuksi käy hyvin vanhan koneen päivittäminen nykypäivän tasolle eli koneen modernisoiminen.

Trafotek Oy:ssä on vanhoja tuotantokoneita ja jatkuvasti kehittyvä tuotanto. Jotta yrityksessä voidaan tuotannon kehittyessä varmistua turvallisista työmenetelmistä, täytyy yrityksen varmistua koneiden riittävästä turvallisuustasosta. Vanhojen koneiden ongelmana ovat hyvin usein erilaiset mekaanisten liikkeiden aiheuttamat vaaratekijät. Muina suurina vaaratekijöinä voidaan pitää säätöön liittyviä ja prosessissa tarvittavia käsin tehtäviä toimenpiteitä, jotka uudemmissa koneissa on pitkälti automatisoitu.

Tämän tutkintotyön yhteydessä on kartoitettu Trafotek Oy:n vanhemmissa koneissa esiintyviä varsinkin mekaanisiin liikkeisiin liittyviä vaaroja ja pyritty löytämään näihin sopivat korjaavat toimenpiteet, joilla riskit voidaan poistaa tai niitä voidaan vähintään pienentää alemmalle tasolle. Tässä kirjallisessa analyysissä on selvitetty prosessi, jolla kartoitus on tehty. Itse riskin arvioinnit ja ehdotelmat korjaaviksi toimenpiteiksi on tehty Trafotek Oy:n käyttöön. Kartoituksessa on käytetty apuna riskin arviointia ja konepääöstä, jolloin varsinkin suurimmat vaaratekijät on voitu havaita ja niihin on voitu löytää sopivat ratkaisut. Taustatietona on käytetty hyväksi myös tapaturmatilastoja teollisuudesta, jolloin on saatu kuva suurimmista tapaturmien aiheuttajista.

2 TRAFOTEK OY

Trafotek Oy on Kaarinassa sijaitseva viime vuosina voimakkaasti kasvanut yritys. Yritys toimittaa kuristimia, tehomuuntajia ja muita induktiivisia erikoistuotteita maailmanlaajuisesti telakka- ja tehoelektroniikkateollisuuteen.

2.1 Yrityksen historia ja liikevaihdon kehitys

Trafotek Oy:n historia ulottuu reilun 20 vuoden päähän. Perustamisen taustalla oli 1970-luvun puolessa välissä kehitysyhtiö Sponsor, joka osti Suomen suurimmat pienmuuntajatehtaat. Trafotek Oy syntyi, kun turkulainen Sähkösepät Ky ja helsinkiläinen Me-Ra Oy yhdistettiin. Toimintoja keskitettiin 1980-luvulla Sponsorin luopuessa komponenttiteollisuudesta, ja yhtiö jaettiin useammaksi yritykseksi eri erityisosaamisalan mukaan. Trafotek Oy keskittyi tuolloin tehomuuntajien valmistukseen. Trafotek Oy on toiminut itsenäisenä perheyrityksenä jo vuodesta 1983./8/ Varsinkin viime vuosina yrityksen liikevaihdon kehitys on ollut voimakkaasti nousujohteista.

2.2 Toimiala ja tärkeimmät tuotteet

Trafotek Oy toimittaa tehomuuntajia, kuristimia ja muita induktiivisia erikoistuotteita lähinnä tehoelektroniikka- ja telakkateollisuudelle ympäri maailmaa. Tuotteet tehdään yksilöllisesti ja tapauskohtaisesti kokonaisratkaisuinasiakkaiden tarpeiden mukaan. Yrityksen tavoitteena on keskittyä asiakkaiden tehokkaaseen ja kokonaisvaltaiseen palveluun panostamalla tuotteiden laatuun ja toimitusvarmuuteen. Vuodesta 1995 lähtien yrityksellä on ollut sertifioitu ISO9001-toimintajärjestelmä, jonka jatkuva kehittäminen ja ylläpitäminen kuuluvat yrityksen jokapäiväiseen toimintaan.

Yrityksen tuotekehitys panostaa asiakaslähtöiseen toimintaan. Tavoitteena on luoda asiakkaaseen pitkä ja kiinteä suhde, joka hyödyttää molempia osapuolia. Tuotteet pyritään optimoimaan aina asiakkaan senhetkisen tarpeen mukaan. Tämä kaikki otetaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa, jolloin lähtökohtina sähköisten

suoritusarvojen lisäksi voivat olla esimerkiksi tuotteen paino, hinta, mitat ja erilaisten häviöiden minimointi.

Yrityksellä on erilaisia muuntaja- ja kuristinsuunnitelmia yli 20 000 kappaletta. Tuotteiden suunnittelu tapahtuu nykyaikaisten 3D-mallinnusohjelmien ja erityisesti Trafotek Oy:lle suunniteltujen laskentaohjelmien avulla. Nopean vastausajan asiakkaalle takaavat suunnittelussa käytettävät standardoidut rakenteet. Tuotteiden jatkuvaa kehittämistä auttaa myös yrityksen oma tuotekehityslaboratorio.

Yrityksellä on osaava henkilökunta, laaja koko ajan uusiutuva konekanta sekä jatkuvasti kehittyvät menetelmät. Nämä seikat takaavat tehokkaan tuotannon ja laadukkaat tuotteet. Laajan konekannan avulla saadaan varmistettua myös keskeytymättömät toimitukset. Yritys investoi voimakkaasti myös tuotannon tehostamiseen ja erilaiseen tutkimustyöhön. Omana osana kehitystä on myös jatkuvan parantamisen ohjelma, joka palkitsee henkilökuntaa aloitteellisuudesta. /8/

2.2.1 Tuotteiden yleispiirteitä

Trafotek Oy valmistaa tuotteita 1- ja 3-vaiheisina. Muuntajien ja kuristimien johdinmateriaalina käytetään alumiinilankaa, kuparilankaa, alumiinifoliota tai kuparifoliota. Jokainen tuote käy koosta riippumatta läpi tyhjöhartsausprosessin, jossa tuotteen sekä mekaaniset että sähköiset ominaisuudet paranevat huomattavasti. Tuotteet on suunniteltu ja valmistettu haluttuun lämpöluokkaan, esimerkiksi F (155 °C) tai H (180 °C). Kotelointiluokka voi olla asiakkaan tarpeen mukaan IP00–IP55. Tuotteisiin on saatavana myös lisävarusteita, kuten erilaisia sähköisiä ja termisiä suojuksia, kytkimiä tai pyöriä. Ennen asiakkaalle toimitusta jokainen kuristin ja muuntaja testataan. /8/

2.2.2 Muuntajat

Trafotek Oy valmistaa muuntajia tehoalueelle 1 kVA–10 MVA. Erikoissovelluksissa muuntajia valmistetaan aina 15 kV:iin saakka. Asiakkaan

tarpeiden mukaan muuntajat voidaan valmistaa eri luokituslaitosten normien ja määräysten mukaan. Trafotek Oy:n tuotteisiin kuuluu myös UL-hyväksytyjä muuntajia. /8/

2.2.3 Kuristimet

Trafotek Oy:n valmistamat kuristimet voivat olla joko rauta- tai ilmasydämissä käyttötarkoituksen mukaan. Ilmasydämissä kuristimissa käämin sisällä kulkeva magneettivuo kulkee ilmassa säilyttäen induktanssin kaikilla virroilla. Ilmasydämiset kuristimet sopivat hyvin moottoreiden käynnistyksen yhteyteen ja taajuusmuuttajien lähtöihin.

Haluttaessa käyttää suurempia induktanssin arvoja on rautasydäminen kuristin oikea ratkaisu. Kuristimessa käämien sydämet on valmistettu raudasta. Tällä tavalla saadaan tehoonsa nähden pienempi koko sekä pienemmät häviöt. Ratkaisun etuina ovat myös helpommin huomioitavat harmoniset yliaallot ja virran huiput.

Trafotek Oy:n valmistamat kuristimet täyttävät standardit IEC76 ja IEC289 ja haluttaessa kuristimia saa myös UL-hyväksytyinä. /8/

2.2.4 Erikoistuotteet

Trafotek Oy valmistaa myös monipuolisesti erikoistuotteita. Taajuusmuuttajakäytöt asettavat erikoisvaatimuksia muuntajille. Yritys valmistaa juuri tähän tarkoitukseen sopivia muuntajia, joissa on erillinen syöttömuuntaja ja lähtömuuntaja. Syöttömuuntajan tehtävänä on erottaa taajuusmuuttaja galvaanisesti verkosta, sovittaa taajuusmuuttaja verkkoon ja suojata verkkoa häiriöiltä.

Laivat ja raskas prosessiteollisuus käyttävät vettä jäähdytykseen. Ratkaisuksi on luonnollista valita myös vesijäähdytteinen muuntaja, jonka etuna on tulevien lämpöhäviöiden tehokas siirtäminen pois sähkötiloista. Vesijäähdytteisissä

muuntajissa sisäilma jäähdytetään erillisellä lämmönvaihtimella. Vesijäähdytteisiä tuotteita löytyy myös erilaisista kuristinsovelluksista.

Oikosulkumoottoreiden yhteydessä on mahdollista käyttää käynnistysmuuntajia ja -kuristimia. Niiden tarkoitus on pienentää käynnistyksen yhteydessä moottorin ottamaa suurta virtaa.

Yritys valmistaa myös suurvirtaisia 1-vaiheisia muuntajia aina 7000 A:iin asti. /8/

2.3 Trafo-ryhmä

Trafotek Oy kuuluu Trafo-ryhmään, joka koostuu kolmesta oman alan johtavasta yrityksestä. Yrityksille on ominaista monipuolinen tietotaito omalta alalta ja asiakaskohtainen toiminta. Ryhmään kuuluvat Trafotekin lisäksi tehoelektroniikkateollisuutta edustava Halikossa sijaitseva Ellego Powertec Oy ja valaistuselektroniikkaan erikoistunut Teknoware Oy Lahdesta. Perustan Trafo-ryhmän johtavaan asemaan elektroniikan alalla on mahdollistanut voimakas investoiminen tuotannon tehostamiseen ja panostaminen tuotekehitykseen sekä tuotteiden korkeaan laatuun. Yritykset tarjoavat joustavia asiakassovelluksia, ja toimivat useiden asiakkaiden pitkäaikaisina päätoimittajina. /8/

2.4 Yrityksen henkilöstörakenne

Trafotek Oy:ssä on työntekijöitä yli 200 ja toimihenkilöitä noin 35. Toimihenkilöt sijoittuvat eri tehtäviin, kuten tuotekehitykseen, myyntiin, ostoon, tuotannon ohjaukseen, laadun valvontaan ja tuotannon kehitykseen ja sen ylläpitoon. Työntekijät taas sijoittuvat tuotannossa eri ryhmiin esimerkiksi tuotannon vaiheen tai tuoteryhmän mukaan.

2.5 Oma työurani yrityksessä

Olen aloittanut työt Trafotek Oy:ssä vuonna 2003, jolloin toimin sekä kuristimien kokoonpano- että kytkentätehtävissä. Seuraavat kaksi kesää sujuivat samanlaisissa työtehtävissä. Neljäntenä vuonna työskentelin lähinnä tuotannon kunnossapidon puolella erilaisissa tuotannon kunnossapito- ja kehitystehtävissä. Vuonna 2007 työtehtäväni liittyivät kokonaan tuotannon kehitystehtäviin, joiden parissa olen työskennellyt myös opintojen ohessa ammattikorkeakoulun viimeisellä vuosikurssilla.

3 TYÖTURVALLISUUSLAKI

Tällä hetkellä voimassa olevan työturvallisuuslain pohjana on ollut vuonna 1958 säädetty työturvallisuuslaki. Nykyinen työturvallisuuslaki (738/2002) on tullut voimaan 1. päivänä tammikuuta 2003. Työturvallisuuslaki on yksi tärkeimmistä työelämän laeista, sillä se velvoittaa sekä työnantajaa että työntekijää lähes kaikenlaisessa työssä. Työturvallisuuslaki korostaa erityisesti työolosuhteiden turvallisuutta aina käytettävistä koneista ja laitteista koko työympäristöön. /10/

3.1 Työturvallisuuslain tarkoitus ja soveltamisala

Työturvallisuuslain tarkoituksena on parantaa työympäristöä ja työolosuhteita, jotta työntekijöiden työkyky voidaan turvata. Lain avulla pyritään myös ennalta ehkäisemään ja torjumaan työtapaturmia, ammattitauteja sekä muita työssä ja työympäristössä esiintyvien tekijöiden aiheuttamia fyysisiä ja henkisiä terveyshaittoja.

Työturvallisuuslakia sovelletaan lähes kaikenlaiseen työhön, ja se onkin yksi tärkeimmistä työelämän laeista. Laki velvoittaa sekä työnantajaa että työntekijää, ja lain ulkopuolelle jäävät vain harrastus- ja urheilutoiminta sekä puolustusvoimien ja rajavartiolaitoksen toiminta tietyin ehdoin. Laissa on myös erillisiä pykäläitä, joissa säädetään tarkemmin tiettyä henkilöä tai työnantajaa koskevista määräyksistä.

Näitä ovat esimerkiksi suunnittelijaa, koneen tai laitteen asentajaa, tavaroiden lähettäjää tai tarkastuksia suorittavaa henkilöä koskevat erityismääräykset, joiden taustalla on turvallisuus. Työturvallisuuslaki on työnantajan väline, joka antaa yleisen ohjeen turvallisuuden saavuttamiseksi. Laki ei anna mitään tiettyä kaavaa turvallisuuden saavuttamiseksi, vaan työnantajan on itse valittava menetelmä, jolla tarpeellinen turvallisuustaso saavutetaan.

Mikäli työnantaja tai työturvallisuuslaissa erikseen mainittu henkilö tai näiden edustaja tahallaan tai huolimattomuudesta laiminlyö laissa säädettyjä ehtoja, tuomitaan henkilö työturvallisuusrikkomuksesta. Työturvallisuuslaki velvoittaa lähes kaikkia ihmisiä, jolloin sen osaamisen pitäisi kuulua kaikkien velvollisuuksiin. /10/

3.2 Työnantajan yleiset velvollisuudet

Työnantajalla on vastuu huolehtia työntekijöiden turvallisuudesta työpaikalla kokonaisvaltaisesti. Työnantajan on otettava huomioon erilaiset seikat työympäristössä sekä muussa työhön ja sen tekemiseen liittyvissä seikoissa huolehtimalla turvallisuudesta ja terveydestä. Työnantajan ei kuitenkaan tarvitse ottaa huomioon epätavallisia ja ennalta arvaamattomia olosuhteita, joihin ei pysty varautumaan etukäteen tai joita ei pystyttäisi välttämään varotoimista huolimatta. Seuraavissa kappaleissa on esitelty tarkemmin tärkeitä työturvallisuuslain velvoittavia työnantajan velvollisuuksia.

Työnantajalla on velvollisuus tehdä tarvittavat toimenpiteet turvallisuuden varmistamiseksi. Vaaratekijät tulee ensisijaisesti poistaa, mutta mikäli tämä ei ole mahdollista, vaaraa tulee vähentää jollakin toisella menetelmällä. Vaarojen poistossa on otettava huomioon saatavilla olevien keinojen kehitys. Yleiset työsuojelutoimenpiteet ovat ensisijaisia yksilöllisiin verrattuina. Työnantajan on myös jatkuvasti tarkkailtava toteutettuja toimenpiteitä ja niiden vaikutusta turvallisuuteen ja terveyteen. On myös huolehdittava siitä, että turvallisuus otetaan huomioon koko organisaatiossa ja kaikessa toiminnassa.

Työnantajalla tulee olla ohjelma turvallisuuden ja terveellisuuden edistämiseksi sekä työkyvyn ylläpitämiseksi. Tätä kutsutaan työsuojelun toimintaohjelmaksi. Toimintaohjelman tarkoitus on ylläpitää ja kehittää työpaikan turvallisuutta ja terveellisuutta, minkä takia ohjelmaa on käsiteltävä myös työntekijöiden tai heidän edustajiensa kanssa.

Riippuen työn tai toiminnan luonteesta on työnantajan selvitettävä ja tunnistettava järjestelmällisesti paitsi työstä ja työympäristöstä aiheutuvat vaara- ja haittatekijät, myös se, milloin näitä tekijöitä ei voida poistaa ja minkälainen vaikutus tekijöillä voi olla työntekijöiden terveydelle ja turvallisuudelle. Työturvallisuuslain viidennessä luvussa on eritelty vaara- ja haittatekijöitä, joihin työnantajan on erityisesti kiinnitettävä huomiota. Mikäli työnantajalla ei ole asiantuntemusta kyseisistä asioista, tulee työnantajan käyttää ulkopuolista asiantuntijaa. Työnantajalla pitää olla ajantasainen selvitys sekä arviointi työssä aiheutuvista haitoista ja vaaroista, ja työnantajan on tarkistettava se olosuhteiden muuttuessa.

Työnantajan tulee ottaa huomioon uusia työ- tai tuotantomenetelmiä, työvälineitä tai muita laitteita suunniteltaessa tai ottaessa käyttöön, että niiden vaikutukset työntekijän terveydelle ja turvallisuudelle on otettu huomioon ja että ne ovat tarkoitukseensa sopivia. Suunnittelijalle on annettava riittävän tarkat tiedot suunnittelukohteesta, jotta vältetään virheelliseltä toiminnalta ja mahdollisilta vaaratilanteilta.

Työnantajan tulee antaa työntekijälle riittävät tiedot työssä ja työpaikalla esiintyvistä haitta- ja vaaratekijöistä sekä huolehtia siitä, että työntekijällä on riittävä ammatillinen koulutus kyseiseen työhön. Työnantajan on näin huolehdittava työntekijän riittävästä koulutuksesta kyseiseen työtehtävään ja tiedotettava työssä esiintyvistä haitta- ja vaaratekijöistä. Työntekijälle pitää antaa opetus tarvittaviin huolto-, säätö- ja korjaustoimenpiteisiin erityisesti vikatilanteiden varalta. Tarvittaessa koulutusta ja ohjausta tulee täydentää.

Työnantaja on velvollinen hankkimaan tarvittavat henkilösuojaimet, apuvälineet ja muut laitteet työn suorittamiseksi turvallisesti ja terveyttä vaarantamatta. /10/

Kokonaisuutena voidaan sanoa, että työnantajan on pystyttävä huomioimaan turvallisuus- ja terveysseikat kokonaisvaltaisesti työpaikalla ja valvottava, että niitä noudatetaan ja kehitetään jatkuvasti.

3.3 Koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden turvallisuus

Eräitä työssä tapahtuvien vaaratilanteiden aiheuttajia ovat työssä käytettävät erilaiset tuotantokoneet ja -laitteet. Työturvallisuuslaki antaa työnantajalle perusvelvollisuudet ja ohjeet, joita noudattamalla saavutetaan tietty perusturvallisuustaso. Koneille, työvälineille ja laitteille on annettu vähimmäismääräykset, joiden noudattamisesta työnantajan on huolehdittava ja joita on ylläpidettävä. Laki koskee kaikkia koneita, työvälineitä ja laitteita niiden iästä riippumatta.

Työnantajan on huolehdittava sähköturvallisuudesta ja fysikaalisten tekijöiden aiheuttamien vaarojen ja haittojen minimoimisesta. Tällaisia vaaroja voivat aiheuttaa muun muassa lämpö, melu, paine, värinä tai jokin muu fysikaalinen tekijä. Sähkölaitteista tai sähkön käytöstä aiheutuvat vaaratekijät tulee saada alennettua vähäisimmälle tasolle.

Työssä käytettävien koneiden, työvälineiden ja muiden laitteiden tulee täyttää niitä koskevat määräykset, ja niiden täytyy olla kyseiseen työhön suunniteltuja ja sopivia. Niiden pitää olla myös asianmukaisesti asennettu sekä tarvittavilla suojalaitteilla ja merkinnöillä varustettu. Mahdollista pääsyä koneen tai laitteen vaara-alueelle on rajoitettava sopivien turvalaitteiden avulla. Koneen tai laitteen käyttö, huolto ja säätö on aina suoritettava asianmukaisesti. Lisäksi on huolehdittava siitä, että kyseiset toimenpiteet eivät aiheuta vaaraa työntekijän terveydelle tai turvallisuudelle.

Useimmat koneet, laitteet ja työvälineet aiheuttavat jonkinlaisen turvallisuusriskin. Jotta koneiden, laitteiden ja välineiden turvallisuustaso säilytetään, tulee niille suorittaa tarkastuksia. Ennen käyttöönottoa sekä koneen tai laitteen uudelleenasetuksen jälkeen on suoritettava aina käyttöönottotarkastus. Tarkastus on suoritettava myös säännöllisin väliajoin ja poikkeuksellisten tilanteiden jälkeen. Jotta tarkastus suoritetaan asianmukaisesti, on työnantajan huolehdittava tarkastajan pätevyydestä tehtävään. /10/

3.4 Työn turvallisuuteen vaikuttavien henkilöiden velvollisuudet

Tietyllä henkilöllä voi olla suuri vaikutus työssä ja työympäristössä esiintyviin vaaroihin ja turvallisuuteen. Työturvallisuuslaissa on eritelty tiettyjä henkilöitä koskevia vaatimuksia. Tällöin kysymykseen tulee esimerkiksi suunnittelija, laitteen tai koneen asentaja sekä käyttöönotto- tai määräaikaistarkastuksen tekijä. Erityisesti suunnittelijalla on suuri vastuu, kun suunnitellaan jotain uutta tai parannetaan vanhaa. Suunnittelijalla on mahdollisuus poistaa vaarat jo suunnitteluvaiheessa, tai mikäli tämä ei ole mahdollista, alentaa ne alimmalle mahdolliselle tasolle. Uuden tai vanhan laitteen tai koneen asennusvaiheessa on taas huolehdittava siitä, että kone tai laite saatetaan suojalaitteineen sellaiseen kuntoon, kuin se on tarkoitettu. Käyttöönotto- tai määräaikaistarkastajan tulee taas varmistaa, että kone tai laite on kunnossa ja siinä ei esiinny turvallisuutta alentavia puutteita. Samalla on myös varmistuttava siitä, että mahdolliset viat ja puutteet korjataan tai poistetaan tai niistä tiedotetaan ja annetaan ohjeet niiden poistamiseksi. /10/

3.5 Työturvallisuuslain laiminlyöminen

Työturvallisuuslain rikkomisesta tai laiminlyömisestä voidaan tuomita sakkoon, mikäli jokin muu laki ei säädä ankarampaa rangaistusta. Rangaistus voi esimerkiksi koskea työnantajaa, työnantajan palveluksessa olevaa yksittäistä henkilöä, kuten suunnittelijaa tai asentajaa, tai työnantajan edustajaa, mikäli kyseinen henkilö jollain tapaa laiminlyö vahingossa tai tahallaan työturvallisuuslaissa määriteltyjä

säädöksiä. Jokaisella ihmisellä on vastuu tuntea työturvallisuuslain vaatimukset ja varsinkin ne, jotka koskevat laissa tarkemmin määriteltyä henkilöä. /10/

4 TAPATURMATILASTOT

Työelämässä sattuvilta tapaturmilta ei voida ikinä välttyä. Vaikka nykyisin työturvallisuutta pidetään tärkeänä asiana jokaisessa yrityksessä, pitää sitä pyrkiä parantamaan jatkuvasti. Hyvän apuvälineen ennalta ehkäisevään toimintaan antavat tapaturmatilastot aiemmilta ajoilta. Tilastoiden avulla voidaan keskittyä varsinkin niiden vaarojen torjuntaan, joita on aiemmin sattunut enemmän. Kun lähdetään poistamaan vaarojen merkittävimpiä aiheuttajia, voidaan ennalta ehkäistä suurin osa tulevista tapaturmista. Myös työpaikkakohtaiset tapaturmatilastot tarjoavat arvokasta tietoa siitä, mihin yrityksen tulee paneutua työturvallisuuden parantamisessa.

4.1 Tapaturmavakuutuslaitosten liitto (TVL)

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto on lakisääteisen tapaturmavakuutuksen keskuselin. Sen tehtävänä on koordinoida lakisääteisen tapaturmavakuutuksen toimeenpanoa. TVL:n jäseniä ovat kaikki Suomessa lakisääteistä tapaturmavakuutusta harjoittavat vakuutusyhtiöt. TVL:llä on monia tehtäviä, joista tärkeimpiä ovat toiminta vakuutuslaitosten yhteistyöelimenä, työtapaturmien ja ammattitautien ennalta ehkäisy sekä lakisääteisen tapaturmavakuutuksen ja sen toimeenpanojärjestelmän kehittäminen. Yksi sen tärkeistä tehtävistä on myös työtapaturmien ja ammattitautien tilastointi niiden syyt ja seuraukset mukaan lukien. Näin saadaan arvokasta tietoa työtapaturmien ja ammattitautien aiheuttajista ja voidaan kehittää menetelmiä näiden poistamiseksi tulevaisuudessa. /7/

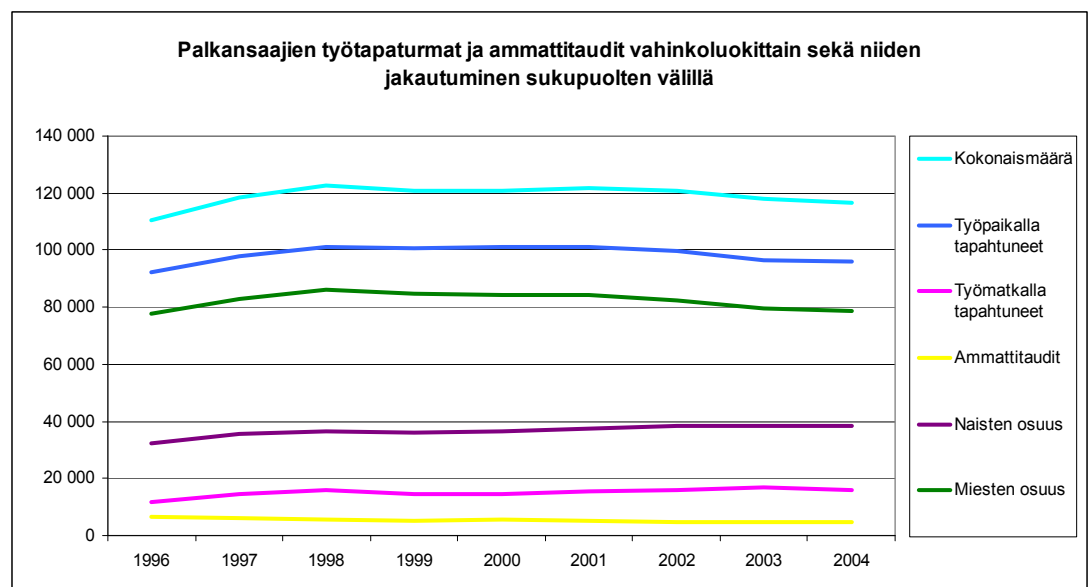
4.2 Tilastotietoja työpaikoilla sattuneista tapaturmista

Työssä tapahtuvat tapaturmat ja työstä johtuvat ammattitaudit ovat valitettavia tosiasioita nykymaailmassa. Työtapaturman sattuminen työntekijälle on aina ei-toivuttu tapahtuma, olkoon kyse sitten pienestä tai suuresta tapaturmasta. Kärsijäosapuolena on kuitenkin myös yritys. Yhdenkin henkilön poissaolo töistä voi vastata isoa työpanosta esimerkiksi tuotannossa. On siis ymmärrettävää, että nyky-yhteiskunnassa halutaan panostaa työntekijöiden turvallisuuteen. Työnantajaa auttavat tällöin tilastotiedot, joista voi olla hyötyä, kun pyritään poistamaan työtapaturmien ja ammattitautien aiheuttajia.

4.2.1 Palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit

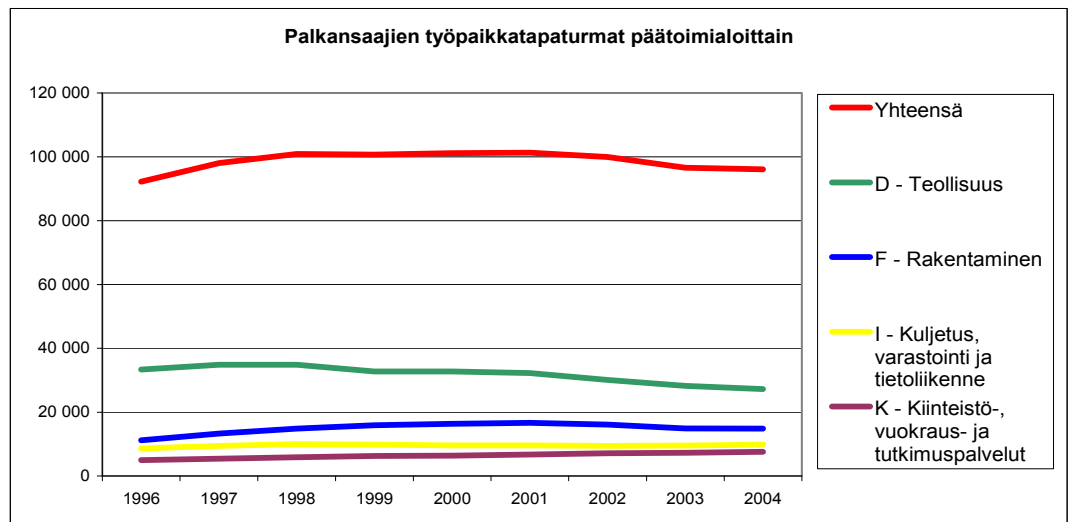
Palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit voidaan jakaa vahinkoluokittain. Tällöin jako tapahtuu ammattitautien ja sekä työpaikalla että työmatkalla sattuneiden työtapaturmien välillä (kaavio 1). Usein kyseisissä tilastoissa on esitetty tietoja tiettyjen vuosien väliltä.

Kaavio 1 Palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit vahinkoluokittain 1996–2004 /7/



Kaaviosta (kaavio 1) nähdään työtapaturmien ja ammattitautien suuri vuotuinen lähes 120 000 vahingon määrä. Nykyisin trendinä on kokonaismäärän pienoinen lasku. Kaaviossa näkyvät myös eriteltyinä naisten ja miesten osuudet koko määrästä. Kokonaismäärästä naisten osuus on huomattavasti miehiä pienempi, mutta tällä hetkellä kasvussa. Mikäli vertaillaan työtapaturmien määrää toimialojen välillä, nousee teollisuus selkeästi muita suuremmaksi tapaturmatoimialaksi (kaavio 2). Osasyynä tähän voi olla teollisuudessa käytössä olevien koneiden ja laitteiden suuri määrä ja niiden käyttöön kiinteästi liittyvät riskit.

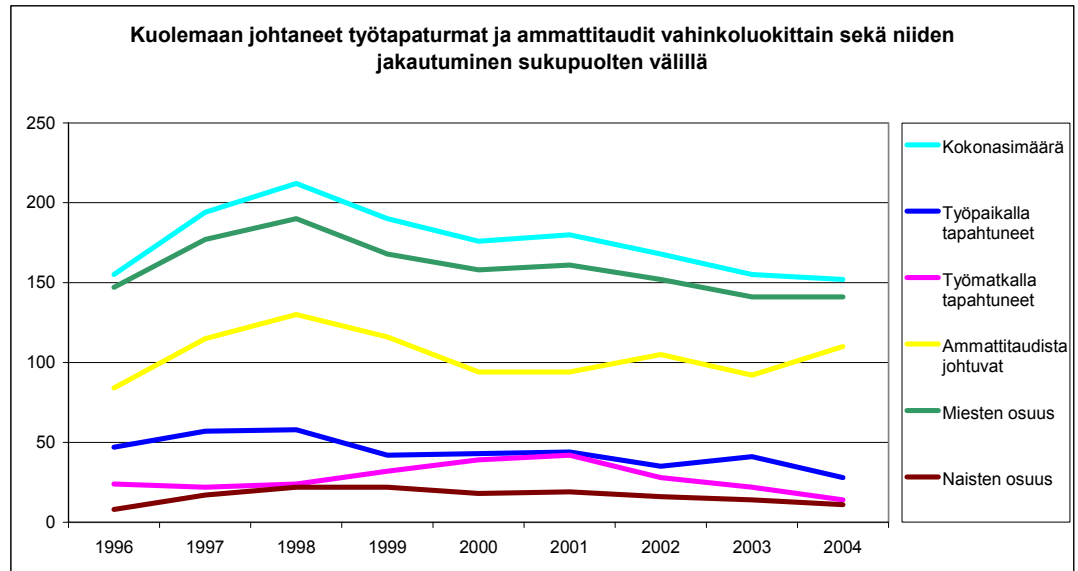
Kaavio 2 Palkansaajien työpaikkatapaturmat päätoimialoittain 1996–2004 /7/



4.2.2 Kuolemaan johtaneet palkansaajien työtapaturmat ja ammattitaudit

Toisinaan työtapaturmat ja ammattitaudit johtavat pahimpaan mahdolliseen seuraukseen, kuolemaan. Viimeisten noin kymmenen vuoden aikana kuolemaan johtaneiden tapaturmien määrä on ollut keskimäärin alle 0,2 % tapaturmien kokonaismäärästä (kaavio 3).

Kaavio 3 Kuolemaan johtaneet työtapaturmat ja ammattitaudit vahinkoluokittain 1996–2004 /7/

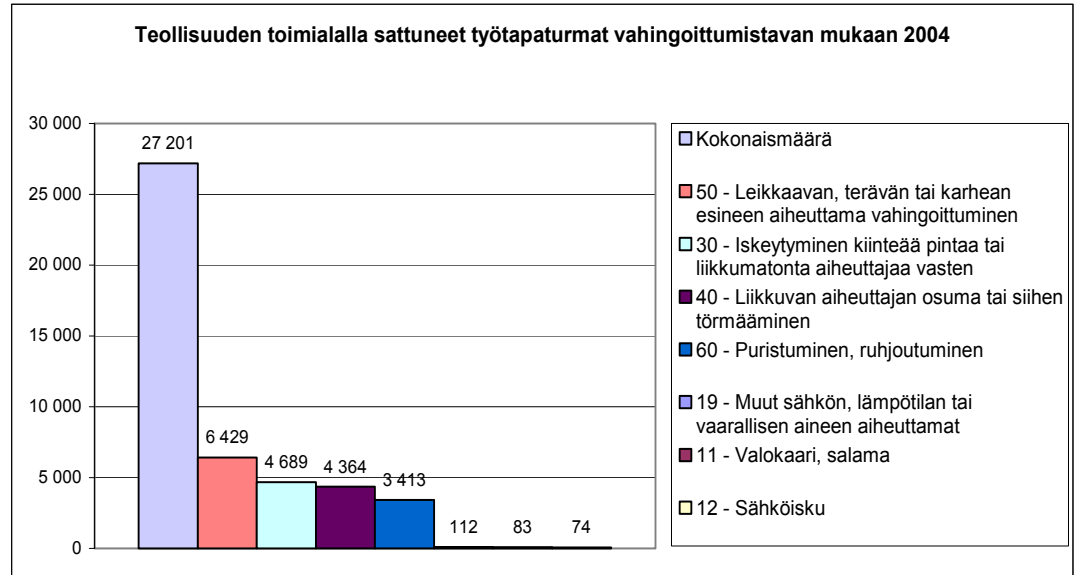


Kaaviosta (kaavio 3) nähdään selvästi, kuinka kuolemantapaukset ovat vähentyneet vuodesta 1998 lähtien. Tämän voi osaltaan selittää tuolloin voimaan tullut käyttöpäätös, joka velvoittaa työnantajaa huolehtimaan paremmin koneiden ja laitteiden turvallisuudesta ja niiden turvallisesta käytöstä. Kaaviosta nähdään myös se, että noin 90 % kuolemantapauksista sattuu miehille. Tämä taas voi johtua miesten suuntautumisesta vaarallisempiin ja raskaampiin töihin. Eniten kuolemia taas aiheuttavat ammattitaudit, ja niiden määrä on varmasti nousemassa suurten ikäluokkien lähestyessä eläkeikää.

4.2.3 Teollisuuden toimialan yleisimmät tapaturman aiheuttajat

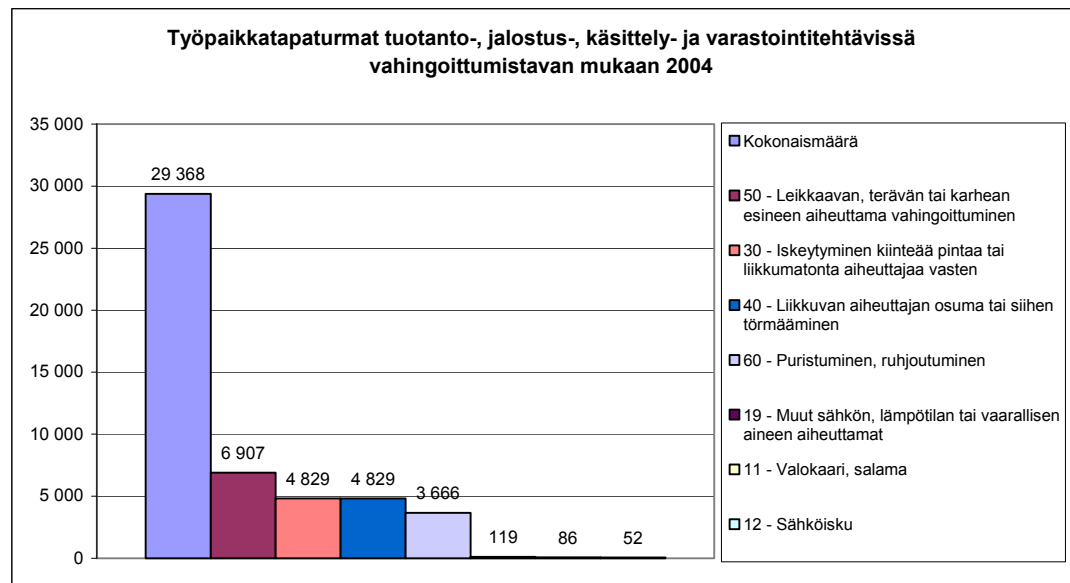
Työtapaturmat johtuvat aina jostain tietystä tekijästä. Työtapaturmat voivat antaa arvokasta tietoa siitä, minkälaisiin asioihin on erityisesti paneuduttava turvallisuuden parantamiseksi. Esimerkiksi teollisuuden alalla sattuvissa työtapaturmissa aiheuttajana on usein jokin laite tai kone tai niiden aiheuttamat liikkeet (kaavio 4).

Kaavio 4 Teollisuuden toimialalla sattuneet tapaturmat vahingoittumistavan mukaan 2004 /7/



Kaaviosta (kaavio 4) käy hyvin ilmi, että erilaiset mekaaniset vaaratekijät ovat aiheuttaneet suuren osan työtapaturmien kokonaismäärästä. Sähköstä johtuvia tapaturmia sattuu myös, mutta niiden osuus on verrattain pieni. Teollisuus jakautuu monenlaisiin eri tehtäviin ja osa-alueisiin. Tiettyjen teollisuuden alojen tapaturmat ovat hyvin samantapaisia, sillä usein työtehtävät tai -menetelmät voivat pitkälti muistuttaa toisiaan. Esimerkiksi tuotanto-, jalostus-, käsittely- ja varastointitehtävissä sattuneiden tapaturmien aiheuttajat ovat pitkälti samankaltaisia (kaavio 5).

Kaavio 5 Työpaikkatapaturmien vahingoittumistapoja tietyissä tehtävissä 2004 /7/



Kaaviosta (kaavio 5) näkyy, että tuotantotehtävissä tapaturmia aiheuttavat pitkälti mekaaniset vaarat. Edellä esitettyjen kaavioiden perusteella voidaan todeta, että teollisuuden ala aiheuttaa paljon tapaturmia. On myös hyvin selvää, että erilaiset mekaaniset vaarat ovat hyvin usein vahingonaiheuttajia, kun puhutaan teollisuuden tuotantokoneista ja -laitteista. Paneutumalla näiden vaarojen poistamiseen lisätään turvallisuutta entisestään sekä parannetaan samalla yritykselle tärkeitä arvoja ja turvataan yritykselle tärkeän voimavaran, henkilöstön, hyvinvointi.

5 KONEDIREKTIIVI

Koneita ja laitteita koskevat tekniset vaatimukset ja niiden vaatimustenmukaisuuden osoittaminen on yhdenmukaistettu Euroopan talousalueella. Koneiden valmistajia ja markkinoille saattajia koskee valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta eli konepäätös. Kyseisessä päätöksessä on määritelty koneita ja laitteita koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Työnantajan velvollisuudeksi jää koneiden turvallisuustason ylläpitäminen ja kehittäminen koneen käyttöönoton jälkeen. /4/

5.1 Koneturvallisuuden lait ja konedirektiivi

Työssä käytettäviin koneisiin vaikuttavat lait. Se, mitä lakia pitää noudattaa, riippuu pitkälti koneen valmistus- tai käyttöönottovuodesta. Yleisiä koneturvallisuutta koskevia päätöksiä ovat:

– valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta (konepäätös 1314/1994)

– työturvallisuuslaki (738/2002)

– valtioneuvoston päätös työssä käytettävien koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (käyttöpäätös 856/1998) /9/

Konedirektiivi 89/392/ETY on tullut voimaan Suomessa vuonna 1994. Tällöin se on pantu kansalliseen lainsäädäntöön valtioneuvoksen päätöksellä koneiden turvallisuudesta 1314/1994. Päätös on tullut voimaan 1. päivänä tammikuuta 1995. Nykyinen konedirektiivi 98/37/EY on saatettu voimaan konepäätöksellä ja sen muutoksilla VNp 1104/1999 ja VNa 765/2000. Nykyisen konedirektiivin tulee korvaamaan kokonaan konedirektiivi 2006/42/EY, joka julkaistiin 9.6.2006. Tätä direktiiviä on sovellettava 29.12.2009 alkaen. /6/

Tällä hetkellä käytössä olevia koneita koskevat siis työturvallisuuslaki, käyttöpäätös ja konepäätös. Työturvallisuuslaissa on jo edellä mainitut yleiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset, jotka koskevat sekä uusia että vanhoja koneita.

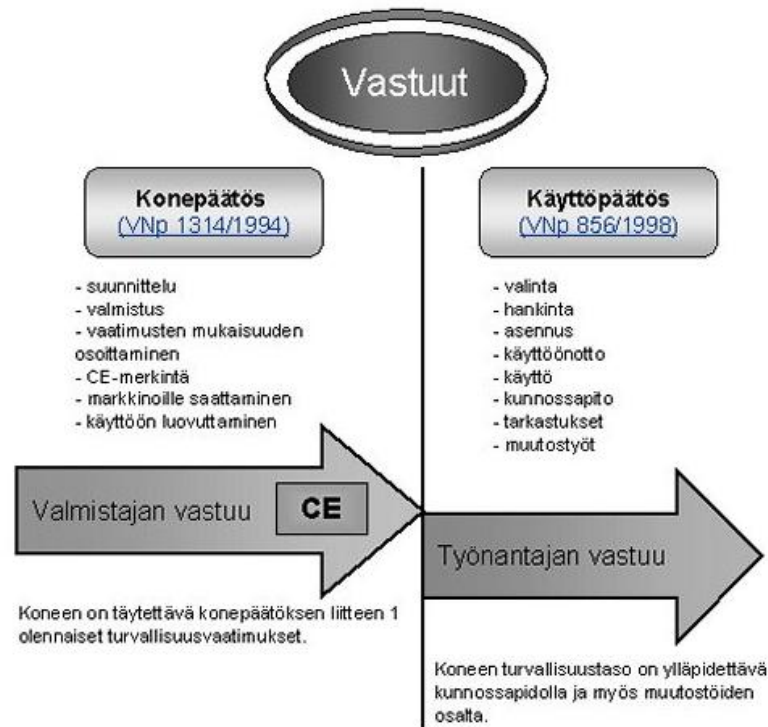
Konepäätöstä sovelletaan aina uuteen koneeseen, ja se koskee lähes kaikkia koneita yksittäisistä sarjavalmisteesiin. Siinä on määritelty valmistajan velvollisuudet ja koneita koskevat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Konepäätöksessä on myös lueteltu erikseen kone- ja laiteryhvät, joita päätös ei koske.

Käyttöpäätös koskee kaikkia koneita ja työvälineitä valmistumisvuodesta riippumatta, ja se velvoittaa työnantajaa varmistamaan, että käytettävät laitteet ja koneet täyttävät niille asetetut turvallisuusmääräykset. Käyttöpäätös koskee myös

koneita, jotka jäävät konepäätöksessä esitettyjen vaatimusten soveltamisalan ulkopuolelle. Myös vanhan koneen on täytettävä käyttöpäätöksen luvussa 2 esitetyt turvallisuusvaatimukset, jotka ovat lähinnä koneen rakenteellisia vaatimuksia. Käyttöpäätöksessä esitetyt vaatimukset ovat osittain samansisältöisiä kuin konepäätöksessä uusille koneille määrätyt terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Käyttöpäätöksessä olevat vaatimukset ovat kuitenkin yleisluontoisempia ja niitä on vähemmän. Modernisoimalla vanha kone konepäätöksen vaatimusten tasolle voidaan varmistaa riittävien terveys- ja turvallisuusvaatimusten täytyminen. /6/

5.2 Vastuun jakautuminen valmistajan ja työnantajan välillä

Vastuu koneen tai laitteen turvallisuudesta sen koko elinkaaren ajan jakautuu lähinnä valmistajan ja työnantajan välille. Valmistajaa koskee konepäätös. Valmistajan on pystyttävä osoittamaan, että kone tai laite täyttää kaikki terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Vakuudeksi tästä valmistaja kiinnittää koneeseen tai laitteeseen pysyvän CE-merkinnän. Kun kone tai laite on siirtynyt työnantajan käyttöön, se siirtyy käyttöpäätöksen alaisuuteen, jota työnantajan on noudatettava. Tällöin työnantaja on velvollinen pitämään yllä koneen tai laitteen turvallisuustasoa ja tarpeen mukaan sekä tekniikan kehittyessä parantamaan turvallisuutta. Vastuun jakautuminen voidaan esittää kuvallisesti (kuva 1). Kuvasta nähdään selkeästi työnantajan ja valmistajan sekä konepäätöksen ja käyttöpäätöksen välinen ero.



Kuva 1 Vastuun jakautuminen valmistajan ja työnantajan välillä /9/

5.3 Konepäätöksen soveltaminen

Valtioneuvoksen päätöksessä koneiden turvallisuudesta (konepäätös) on koneelle annettu tietty määritelmä:

”Koneella tarkoitetaan tässä päätöksessä toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja jossa on tarvittavat hallintalaitteet sekä ohjaus- ja energiansyöttöpiirit. Kone on kokoonpantu tiettyjä toimintoja, kuten materiaalin työstöä, käsittelyä, siirtämistä tai pakkaamista varten.” /11/

Konepäätöstä sovelletaan lähes kaikkiin koneisiin, jotka on otettu käyttöön tai saatettu markkinoille päätöksen voimaantulon jälkeen. Päätöksessä on erikseen ilmoitettu, mitä koneita päätös ei koske. Päätöksen liitteessä 1 on esitetty terveys- ja turvallisuusvaatimukset, jotka koneen tulee täyttää. Valmistajan tehtävänä on tunnistaa valmistamaansa konetta koskevat vaarat ja suunniteltava ja rakennettava kone tämä arviointi huomioiden. /11/

5.4 Konepäättös riskin arvioinnin tukena

Koska työnantaja on velvollinen ylläpitämään koneen turvallisuustasoa koko koneen elinkaaren ajan, ovat konepäättöksen turvallisuusvaatimukset hyvä lähtökohta riskien arvioinnissa. Tässä työssä on käytetty apuna päättöksen liitettä 1 niin, että sen avulla on pyritty etsimään juuri tiettyä konetta koskevat vaarat ja pyritty arvioimaan niiden vaikutus mahdollisimman hyvin. Samalla on tarkastettu konetta koskevia velvoitteita lähinnä paneutumalla mekaanisiin ja odottamattomasta käynnistyksestä aiheutuviin vaaroihin. Seuraavissa kappaleissa on esitelty konepäättöksen liitteessä 1 esitettyjä vaatimuksia, joihin on kiinnitetty erityistä huomiota tämän työn riskin arviointia tehtäessä.

5.4.1 Koneen käyttämiseen ja toimintaan liittyvät velvoitteet

Yleisesti ottaen koneen pitää olla käyttötarkoitukseensa sopiva. Jos suojoitomenpiteistä huolimatta koneessa voi esiintyä vaaroja, on niistä ilmoitettava aina tarpeellisella tavalla. Tällöin pitää ottaa huomioon myös kohtuudella epätavallinen koneen käyttö.

Konetta käytetään yleensä hallintaelimillä, ja siinä on hallintajärjestelmä. Hallintajärjestelmän on aina oltava sellainen, että siinä olevat virheet eivät johda vaaratilanteisiin. Hallintaelinten taas on oltava yksiselitteisiä, ja niiden on oltava helposti tavoitettavissa ja vaaravyöhykkeen ulkopuolella. Poikkeuksena tästä voi olla esimerkiksi hätäpysäytin. Pääsääntönä on, että koneen käyttäjän on pystyttävä varmistumaan, ettei vaaravyöhykkeillä ole ketään koneen käynnistyessä.

Koneen käynnistäminen saa olla mahdollista vain tarkoituksenmukaisella vaikuttamisella koneen hallintalaitteisiin myös pysäytyksen jälkeen. Kone ei saa missään mahdollisessa tilanteessa käynnistyä odottamattomasti. Tämä ei kuitenkaan koske koneen automaattista työkiertoa. Jokaiseen koneeseen on myös asennettava pysäytyslaite, jolla se voidaan pysäyttää kokonaan. Tällaisen

pysäytyskäskyn on oltava ensisijainen käynnistykseen verrattuna. Tiettyjä poikkeuksia lukuun ottamatta koneessa pitää olla myös hätäpysäytin, jolla vaara tai vaaran uhka voidaan torjua. Hätäpysäyttimien on aina oltava selkeästi tunnistettavia ja nopeasti tavoitettavia. Pysäyttimen on myös oltava lukittuva, ja lukitus saa aueta vain tarkoituksenmukaisella vaikutuksella.

Koneella voi olla aina useampia ohjaustapoja esimerkiksi säätöä ja normaaliajtoa varten. Tällöin kone on varustettava lukittavalla toimintatavan valitsimella. Jos on taas tarve käyttää konetta poistamalla turvatoimintoja, on valitsimen samalla nostettava turvallisuustasoa esimerkiksi nopeutta tai tehoa vähentämällä. /11/

5.4.2 Erilaisten vaaraa aiheuttavien tekijöiden huomioonottaminen

Koneessa on mekaanisia ja liikkuvia osia. Kone ei saa aiheuttaa vaaraa putoamisella, kaatumisella tai muulla odottamattomalla liikkeellä. Kone on aina vakavoitettava. Koneessa olevat osat eivät saa irrota, pudota tai rikkoutua, ja tällaiset vaarat pitää välttää esimerkiksi kiinteillä suojuksilla tai aidoilla. Liikkuvien osien suojaukseen pitää valita aina oikeanlainen suojuus, joka riippuu suojattavasta kohteesta. Peruseriaatteena on, että kaikki liikkuvat osat tulisi suojata kiinteillä suojuksilla. Mikäli kyseessä on kuitenkin työprosessin liikkuva osa, on sille valittava suojuus ohjeiden mukaisesti. Suojukset voivat olla esimerkiksi kiinteitä, avattavia, toimintaan kytkettyjä tai pääsyä rajoittavia suojuksia. Jokaiselle suojukselle on määritelty erikseen sitä koskevat vaatimukset.

Yksi suuri vaaratekijä on sähkö. Sähkökäyttöisessä koneessa tulee kaikki sähköstä johtuvat vaaratekijät estää, tai niiden pitää olla estettävissä. Sähkölaitteista annettuja määräyksiä on noudatettava erikseen jänniterajojen mukaisesti. Samoin muut energian lähteet, kuten hydraulikka tai pneumatiikka, voivat aiheuttaa vaaraa. Koneessa on oltava aina myös laitteet, joilla energiansyöttö voidaan katkaista ja tarvittaessa purkaa. Erityisen tärkeää on saada laite lukittua, jolloin esimerkiksi huollettaessa konetta ei saateta ketään vaaraan.

Koneista ja laitteista aiheutuu lähes aina myös melua ja tärinää. Nämä vaarat tulee vähentää alhaisimmalle mahdolliselle tasolle tekniikan kehitys huomioiden. Tällöin on paneuduttava varsinkin melu- tai tärinälähteen suojaamiseen.

Tärkeitä turvallisuutta lisääviä tekijöitä ovat oikeat opasteet, ohjeet ja varoitukset koneen käytöstä. Kaiken koneen hallintaan ja käyttöön liittyvän tiedon on oltava yksiselitteistä ja selkeää, ja jäljelle jäävistä vaaroista on tiedotettava. Koneen mukana on aina oltava myös ohjeet koneen oikeaoppisesta käyttämisestä, turvallisuudesta ja kaikesta muusta koneen käyttämisestä, joka voi johtaa vaaratilanteeseen. /11/

6 STANDARDIT SUUNNITTELUN APUNA

Standardien käyttö ei ole pakollista, mutta aina suositeltavaa. Standardien käyttämisessä on etuna varmuus siitä, että kone täyttää sille asetutut olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Valmistajan tehtävänä on päättää, mitä standardeja käytetään ja miltä osin niistä poiketaan. /4/

6.1 Standardit Euroopassa

Standardien päätarkoitus teollisuudessa on selkeyttää ja yhdistää eri käsitykset samanlaisiksi, jolloin niitä on helpompi ymmärtää ja käyttää joka paikassa. Näin eri valmistajien tuotteet saadaan samanlaisiksi, ja niiden turhat erot saadaan rajoitettua. Tällöin tuotteet saadaan sovitettua toimimaan toistensa kanssa, ja niille saadaan vapaa pääsy kansainvälisille markkinoille. Ennen kaikkea turvallisuutta ajatellen standardien ansiosta varmistutaan siitä, että toisessa maassa valmistettu laite tai kone on varmasti turvallinen eikä se aiheuta vaaraa ihmisille tai ympäristölle.

Standardisointia tehdään monella tasolla koko maailmanlaajuisista järjestöistä aina kansallisiin järjestöihin. Järjestöt voidaan jakaa karkeasti kolmeen alaan: sähkötekniiseen alaan, telealaan ja muuhun standardisointiin. Laaja-alaisin maailmanlaajuinen järjestö on ISO (International Organization for

Standardisation). Eurooppalaisia järjestöjä ovat CEN (European Committee for Standardization), CENELEC (sähkötekniinen ala) ja ETSI (teleala). CEN on kaikkien EU- ja Efta-maiden standardisoimisjärjestöjen yhteistyöelin, joka velvoittaa jäsenmaita hyväksymään eurooppalaiset standardit kansallisiksi standardeiksi. Tästä johtuen kaikissa jäsenmaissa on voimassa yhteneväiset standardit. CENin julkaisemissa standardeissa tunnuksena on EN. Suomessa toimiva järjestö on SFS, joka laatii SFS-standardeja. /6/

6.2 Standardien hierarkia

Turvallisuutta ajatellen standardit on jaettu kolmiportaiseen hierarkiaan. Tällöin puhutaan A-, B- tai C-tyyppin standardeista, jotka etenevät yleisistä standardeista aina tietyn konetyypin standardeihin.

A-tyyppin standardit eli perusturvallisuusstandardit määrittävät yleiset periaatteet ja näkökohdat, joita käytetään kaikkiin koneisiin. A-tyyppin standardeja ovat:

- SFS-EN ISO 12100-1 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 1: Peruskäsitteet ja menetelmät.
- SFS-EN ISO 12100-2 Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet.
- SFS-EN 1050 Koneturvallisuus. Riskin arvioinnin periaatteet.

B-tyyppin standardit eli ryhmästandardit koskevat eri koneissa käytettäviä turvalaitteita ja turvaolosuhteita. Ryhmä voidaan jakaa vielä B1- ja B2-tyyppin standardeihin. B1-tyyppin standardit koskevat tietynlaisia turvaolosuhteita, kuten melua, turvaetäisyyksiä tai pintalämpötiloja. B2-tyyppin standardit taas koskevat turvalaitteita, kuten suojuksia, kaksinkäsinhallintalaitteita tai lukituslaitteita.

C-tyyppin standardit ovat tiettyä konetta tai koneryhmää koskevia standardeja, ja ne määrittelevät yksityiskohtaiset vaatimukset koneelle tai koneryhmälle. /3/

7 RISKIN ARVIOINTI

Konetta valmistettaessa valmistajan tulee tehdä konetta koskeva riskien arviointi. Arvioinnin tarkoituksena on löytää kaikki koneeseen liittyvät vaarat sekä löytää ratkaisut vaarojen poistamiseen käytettävissä olevien menetelmien avulla. Arvioinnissa pitää aina ottaa huomioon vähintään vaaran esiintymistodennäköisyys ja sen vakavuus. Huomioon pitää ottaa vähintään olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset esimerkiksi käyttämällä apuna yhdenmukaistettuja standardeja. /4/

7.1 Riskin arvioinnin perusteet

Riskien arviointi on tärkeää ja oikein käytettynä se on tehokas työkalu vaarojen ja riskien poistoon ennen koneen valmistamista. Tällöin siitä on hyötyä valmistajalle. Koska työnantaja on osaltaan velvollinen jatkuvasti ylläpitämään ja tarkkailemaan työympäristön terveyttä ja turvallisuutta, voidaan riskin arviointia käyttää menetelmänä myös tässä tehtävässä. Erityisesti tästä voi olla hyötyä, kun arvioidaan tuotantokoneita ja muita laitteita uudelleen esimerkiksi modernisoinnin tai uusien komponenttien asennuksen yhteydessä. Tällöin työnantajalla voi olla arvokasta tietoa koneeseen liittyen esimerkiksi edellisten työtapaturmien tai läheltä piti -tilanteiden osalta.

Riskin arviointia varten on olemassa erillinen standardi. Standardi on alkuaan ollut SFS-EN 1050 Koneturvallisuus: Riskin arvioinnin periaatteet. Standardi on uudistunut ja on nykyisin nimeltään ISO 14121. Siihen liittyy tekninen raportti, jossa on konkreettisia esimerkkejä riskin arvioinneista eri menetelmillä. Kyseessä on A-tyyppin standardi, joka kuvaa järjestelmällisesti riskin arvioinnin menetelmän. Sen tarkoituksena on olla apuna koneen suunnittelussa, ja siinä annetaan opastus niistä tiedoista, joita tarvitaan riskin arvioinnin toteuttamiseksi. Se ei kuitenkaan anna yksityiskohtaista ohjetta, vaan opastaa ainoastaan menetelmän käyttöön. /2/

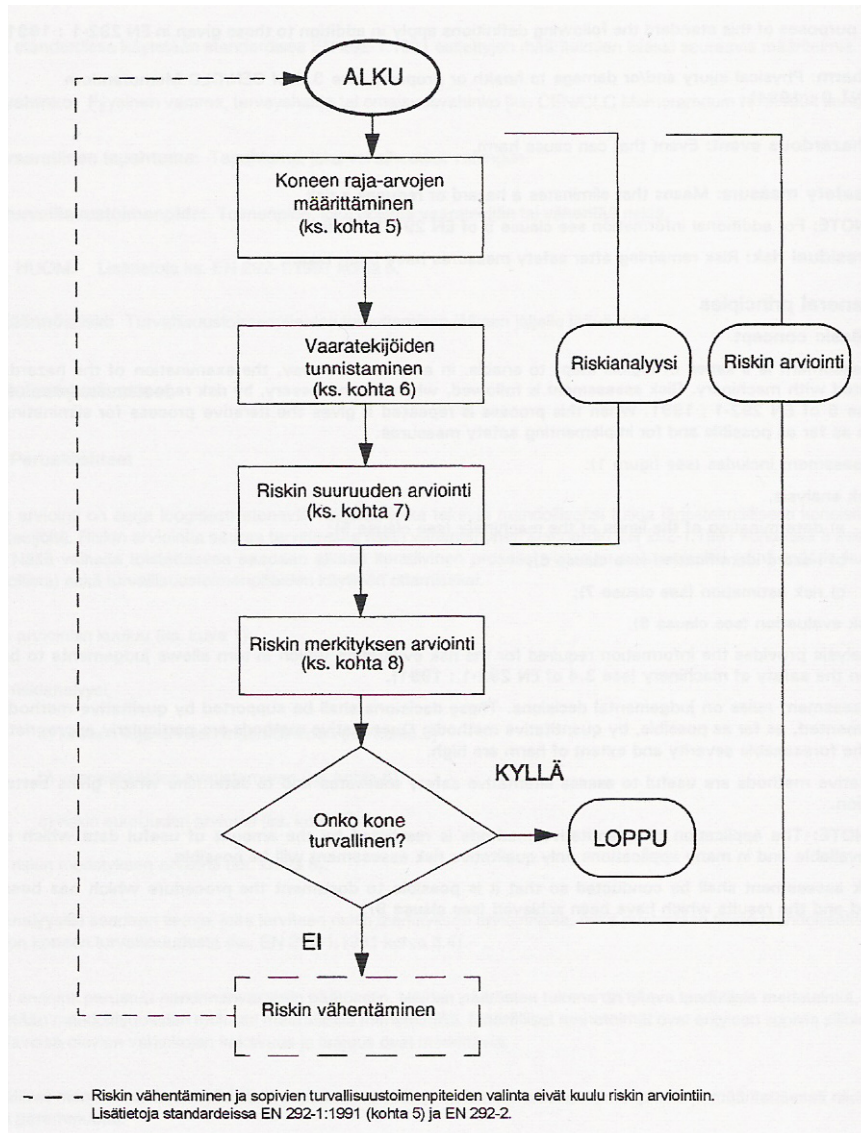
Tässä työssä on tarkoitus käyttää osittain apuna kyseistä standardia. Standardia on sovellettu Trafotek Oy:n tarpeisiin sopivaksi ja aina tietyn tuotantokoneen mukaan.

Riskin arviointi on suoritettu kuitenkin jokaiselle koneelle yhtenäisellä menetelmällä ja tietyn prosessin mukaan, jossa on kerrottu menetelmän käytöstä ja valittu sopivat arvot riskien suuruudelle, seuraukselle ja tarvittaville toimenpiteille.

7.2 Riskin arvioinnin vaiheet

7.2.1 Prosessin kulku ja arviointiin tarvittavat tiedot

Riskin arviointi voidaan ajatella loogisesti eteneväksi sarjaksi erilaisia toimintoja, joiden päätteeksi kone on saatettu järjestelmällisesti turvalliseksi. Konetta on joskus mahdoton saada täysin turvalliseksi, jolloin jäljelle jää jäännösriski eli riski, jota ei voitu poistaa. Riskin arviointi koostuu eri vaiheista, ja päävaiheet ovat riskianalyysi ja riskin merkityksen arviointi. Riskianalyysi voidaan jakaa vielä kolmeen erilliseen osaan: koneen raja-arvojen määrittämiseen, vaaratekijöiden tunnistamiseen ja riskin suuruuden arviointiin. Riskin arvioinnin prosessi voidaan esittää vuokaaviona (kuva 2).



Kuva 2 Riskin arvioinnin prosessi standardin SFS-EN 1050 mukaan /2/

Tämän työn tarkoituksena on ollut riskianalyysin ja riskin merkityksen arvioinnin avulla todeta, onko tietty Trafotek Oy:ssä käytössä oleva kone turvallinen vai ei. Mikäli konetta ei ole todettu turvalliseksi, Trafotek Oy:lle on esitetty myös mahdollinen korjaava toimenpide, jolla riskin merkitys saadaan pienennettyä tarpeeksi alhaiselle tasolle. Kyseessä on toisin sanoen ensimmäinen riskin arviointi. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen koneelle tulee tehdä vielä sama arvio uudelleen, jolloin nähdään, onko korjauksilla saavutettu riittävä turvallisuustaso.

Ennen prosessin aloittamista täytyy kerätä tiettyjä tietoja. Prosessin läpiviemiseksi on tunnettava, määriteltävä tai hankittava koneen raja-arvot, sille asetetut

vaatimukset koko koneen eliniän ajalta, suunnittelupiirustukset tai muu kuvaus koneesta sekä tiedot energiansyötöistä. /2/ Työnantajan on hyvä käyttää prosessissa apuna myös mahdollisia tapaturma- ja tapahtumatietoja sekä tietoja muista terveyshaitoista. Kokemuksen ja soveltuvuuden mukaan on myös hyvä käyttää apuna muuta hyödyllistä tietoa prosessin läpiviemiseksi.

7.2.2 Raja-arvojen määrittäminen

Koneen raja-arvot voidaan jakaa neljään osioon. Ensinnäkin on tiedettävä tiedot koneen elinkaaresta. Elinkaari koostuu usein valmistuksesta, kuljetuksesta, käytöstä ja käytöstä poistamisesta. Toiseksi on tiedettävä koneen raja-arvot, joita voivat olla koneen tarkoitettu käyttö ja ennakoitavissa oleva väärinkäyttö, koneen tila ja sen rajapinnat energiansyötön ja käyttäjän välillä sekä koneen eliniän määrittäminen. Kolmanneksi on tiedettävä koneen käyttö käyttäjien eri ominaisuudet mukaan lukien ja viimeiseksi on tunnettava koneen käyttö käyttäjien koulutustaso huomioiden. /2/

7.2.3 Vaaratekijöiden tunnistaminen

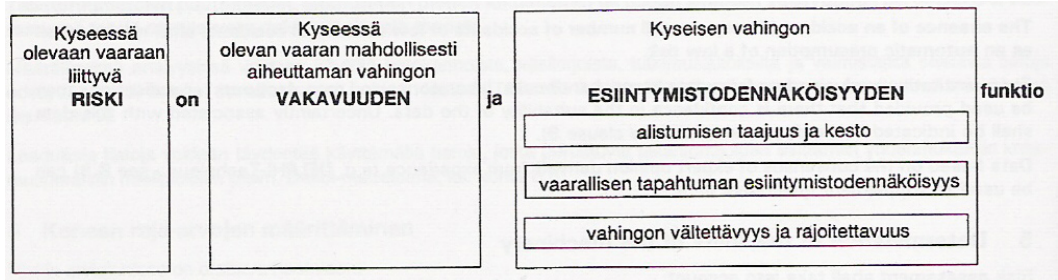
Standardin peruseriaatteena on, että kaikki koneeseen liittyvät vaaratilanteet, vaaratekijät ja muut vaaralliset tilanteet on tunnistettava. /2/ Standardin SFS-EN 1050 liitteessä A on lueteltu erilaisia vaaroja, joita koneeseen voi liittyä. Samaa liitettä on käytetty apuna tehtäessä työhön liittyvää riskin arviointia Trafotek Oy:lle.

7.2.4 Riskin suuruuden arviointi

Kun riski on saatu tunnistettua, pitää sen merkitys arvioida. Ennen riskin merkityksen arviointia on arvioitava riskin suuruus. Riski jakautuu osatekijöihin, jotka yhdessä muodostavat riskin suuruuden. Päätekijät ovat riskin vakavuus ja sen esiintymistodennäköisyys. Todennäköisyyteen taas vaikuttavat monet tekijät, kuten

altistumisjakson kesto ja taajuus, tapahtuman esiintymistodennäköisyys sekä mahdollisuus välttää tai rajoittaa vahinkoa tekniikan tai henkilön taitojen mukaan.

/2/ Sama voidaan esittää kuvallisesti yhtälön tapaan (kuva 3).



Kuva 3 Riskin osatekijät standardin SFS-EN 1050 mukaan /2/

Yhtälö (1) voidaan kirjoittaa myös matemaattiseen muotoon.

$$R = S \times F \Rightarrow S \times Cl \quad (1)$$

$R = Riski$

$S = Seurausten vakavuus$

$F = Esiintymistodennäköisyys$

$Cl = Osatekijäkerroin$

Riskin vakavuutta arvioitaessa kuvataan mahdollinen pahin tapahtuma, joka tietystä vaarasta voi aiheutua altistuvalla kohteelle. Eriteltäviä tekijöitä ovat tällöin suojattava kohde, kohteen vammojen tai haittojen vakavuus ja mahdollisen vahingon laajuus. Kohteena voi olla henkilö, ympäristö tai omaisuus. Vammojen tai terveyshaittojen vakavuus tai seuraus taas voidaan jakaa useaan tasoon. Ensimmäisenä on lievä ensiavulla hoituva haitta, joka on palautuva kuten esimerkiksi haava. Tästä hieman vakavampi seuraus on palautuva sairaalahoitoa vaativa vamma. Seuraava aste on yleensä palautumaton haitta. Kyseessä voi olla esimerkiksi sormen tai kuulon menetys. Vakavin seuraus on kuolema. Vakavuuden arvioinnin tukena voidaan käyttää myös erilaisia taulukoita. Taulukoissa eriasteisille vakavuuksille voidaan antaa eri kertoimet (taulukko 1), jolloin niillä on selkeästi eri painoarvo.

Taulukko 1 Seurausten vakavuus ja kertoimet /5/

Seuraukset	Vakavuus
	Se
<i>Kuolema, näön/käden menetys</i>	4
<i>Palautumaton, sormen menetys</i>	3
<i>Palautuva, sairaalahoito</i>	2
<i>Palautuva, ensiapu</i>	1

Taulukoista voi laatia useampiasteisiakin, jolloin kertoimien määrä kasvaa. Tällöin voi kuitenkin olla hankalampaa päättää, mikä on vaaraa vastaava vakavin seuraus. Karkeammasta taulukosta on siis helpompi päätellä, mikä seurauksen vakavuusaste on.

Esiintymistodennäköisyyden osatekijöiden määrittäminen on usein vaikeaa, jolloin joudutaan vain arvioimaan osatekijöiden suuruutta. Tällöin apuna voidaan käyttää esimerkiksi taulukkoa, jolla saadaan esiintymistodennäköisyyden osatekijöille omat kertoimet (taulukko 2). Näin on helpompi saada suoraan lukuarvo esiintymistodennäköisyyden osatekijöille, ja samalla itse esiintymistodennäköisyyden arviointi helpottuu.

Taulukko 2 Esiintymistodennäköisyyden osatekijöiden jaottelu ja kertoimet /5/

Taajuus ja kesto Fr	Tapahtuman todennäköisyys Pr	Vältettävyys Av
<i>alle tunti</i> 5	<i>Hyvin suuri</i> 5	
<i>tunti – päivä</i> 5	<i>Todennäköinen</i> 4	
<i>päivä – 2 viikkoa</i> 4	<i>Mahdollinen</i> 3	<i>Mahdoton</i> 5
<i>2 viikko – vuosi</i> 3	<i>Harvoin</i> 2	<i>Mahdollista</i> 3
<i>yli vuosi</i> 2	<i>Ei huomioitava</i> 1	<i>Todennäköistä</i> 1

Saatujen kertoimien avulla voidaan määrittää esiintymistodennäköisyyden suuruus yhtälöllä (2). /5/

$$Cl = Fr + Pr + Av \quad (2)$$

Cl = Osatekijäkerroin

Fr = Taajuus ja kesto

Pr = Tapahtuman todennäköisyys

Av = Vältettävyyys

Osatekijöiden kerroin *Cl* on osatekijänä koko riskin merkityksen arvioinnissa. Taajuudella ja kestolla tarkoitetaan muun muassa tavallista käyttöä tai kunnossapitotehtäviä, joiden aikana vaaralle altistutaan. Huomioon pitää ottaa useita eri tekijöitä, kuten vaaravyöhykkeellä oloaika, alueelle menemisen taajuus ja alueelle menevien henkilöiden määrä. Tapahtuman todennäköisyyden arvioinnissa voidaan käyttää apuna esimerkiksi tapaturmatilastoja tai kokemusten kautta saatuja luotettavia tietoja. Todennäköisyydessä pitäisi ottaa huomioon myös työntekijöiden ennalta arvaamaton koneen käyttö, jolla yritetään esimerkiksi nopeuttaa koneen toimintaa tai yritetään kiertää koneen turvatoimintoja. Vältettävyyys taas voi koostua useammasta osatekijästä, jotka pitää huomioida. Eniten vältettävyyteen vaikuttava tekijä on työntekijän ammattitaito. Kokenut ihminen osaa välttää tietoisesti riskejä. Riskiä lisää myös ohjeistuksen puute koneen käyttöohjeissa tai merkinnöissä. Vältettävyyteen voi vaikuttaa myös tapahtuman ilmaantumisenopeus. Nopeat tapahtumat ovat aina vaikeita havaita. Lisäksi pitää aina ottaa huomioon paitsi inhimilliset erehdykset, joita työntekijät voivat tehdä, myös se, mitä koneelle voi tapahtua epätavallisessa tilanteessa. /2/

7.2.5 Riskin merkityksen arviointi

Kun riskin suuruuden arviointi on saatu valmiiksi, voidaan arvioida riskin merkitys. Tällöin tullaan siihen pisteeseen, jossa selvitetään, onko kone turvallinen vai ei. Vastauksen saamiseksi voidaan laatia edellä esitettyjen taulukoiden pohjalta taulukko, jossa määritellään turvallisuustoimenpiteiden (taulukko 3). Taulukosta nähdään, tarvitseeko koneelle tehdä toimenpiteitä vaaran poistamiseksi vai onko vaarat saatu alennettua riittävän alhaiselle tasolle. Taulukossa on eri tasoja, jotka vaativat toimenpiteitä tietyllä aikavälillä. Pahimmassa tapauksessa kone on laitettava käyttökieltoon (jos kyse on jo olemassa olevasta koneesta). /5/ Mikäli riskiä on vähennettävä, on valittava ja laadittava korjaavat turvallisuustoimenpiteet,

joilla riskiä alennetaan. Toimenpiteiden suorittamisen jälkeen käynnistetään arviointiprosessi uudelleen. Prosessia toistetaan niin kauan, kunnes vaara on poistettu tai vaara on niin alhaisella tasolla kuin nykypäivän menetelmillä on mahdollista saada aikaan. Tällöin voidaan myös sanoa, että jäännösriski eli toimenpiteiden jälkeenkin jäljelle jäävä riski on riittävän siedettävällä tasolla, ja sitä saadaan alennettua vielä esimerkiksi henkilösuojaimilla tai opastuksella koneen turvalliseen käyttöön. /2/

7.2.6 Vaadittavien turvallisuustoimenpiteiden määräytyminen

Turvallisuustoimenpiteiden määräytymiselle voi tehdä taulukon yhdistämällä vakavuuden kerroin (taulukko 1) ja todennäköisyyden osatekijäkerroin (taulukko 2).

Taulukko 3 Turvallisuustoimenpiteiden määräytyminen /5/

Turvallisuus- toimenpiteiden määräytyminen	Esiintymistodennäköisyys					
	Taajuus ja kesto	Tapahtuman todennäköisyys	Vältettävyys			
	Fr	Pr	Av			
alle tunti	5	Hyvin suuri	5			
tunti – päivä	5	Todennäköinen	4			
päivä – 2 vk	4	Mahdollinen	3			
2 vk – vuosi	3	Harvoin	2			
yli vuosi	2	Ei huomioitava	1			
			Mahdoton	5		
			Mahdollista	3		
			Todennäköistä	1		
Seuraukset	Vakavuus	Osatekijä CI				
	S	3 – 4	5 – 7	8 – 10	11 – 13	14 – 15
Kuolema, näön/käden menetys	4					
Palautumaton, sormen menetys	3					
Palautuva, sairaalahoito	2					
Palautuva, ensiapu	1					
Tehtävät toimenpiteet:		Turvallisuustoimenpiteitä tarvitaan				
		Turvallisuustoimenpiteitä suositellaan				
		Jäännösriski olemassa				

Aiemmin on jo esitetty, että riskin suuruus R on riskin vakavuuden S ja riskin esiintymistodennäköisyyden F tulo. Tämä voidaan laajentaa osatekijät mukaan lukien uudeksi yhtälöksi (yhtälö 3).

$$R = S \times F = S \times Cl = S \times (Fr + Pr + Av) \quad (3)$$

Tämän yhtälön tulo on esitetty (taulukko 3) punaisella, keltaisella ja sinisellä värillä, jotka kuvaavat samalla vaadittavien turvallisuustoimenpiteiden tarvetta. Näin yhden taulukon avulla pystytään pääpiirteittäin yksinkertaistetusti viemään riskin arviointi läpi. Tarvittaessa voidaan käyttää tarkempaa taulukkoa, jossa on enemmän osatekijöitä. Toisaalta edellä esitettyjä taulukoita voidaan myös yksinkertaistaa. Taulukon tarkkuus onkin valittava sen mukaan, minkälaiselle koneella riskin arviointia ollaan tekemässä ja millä menetelmällä riskin arviointi halutaan suorittaa.

7.2.7 Riskin pienentäminen

Riskin pienentäminen on riskin arvioinnin jälkeen tapahtuva prosessi. Tällöin esimerkiksi valmiin koneen ollessa kyseessä on työnantajan kartoitettava ja valittava keino tai keinot riskin arvioinnin yhteydessä löytyneen vaaran pienentämiseksi. Apuna voidaan esimerkiksi käyttää hyväksi havaittuja ja toimivia ratkaisuja, jotka eivät aiheuta lisävaaraa.

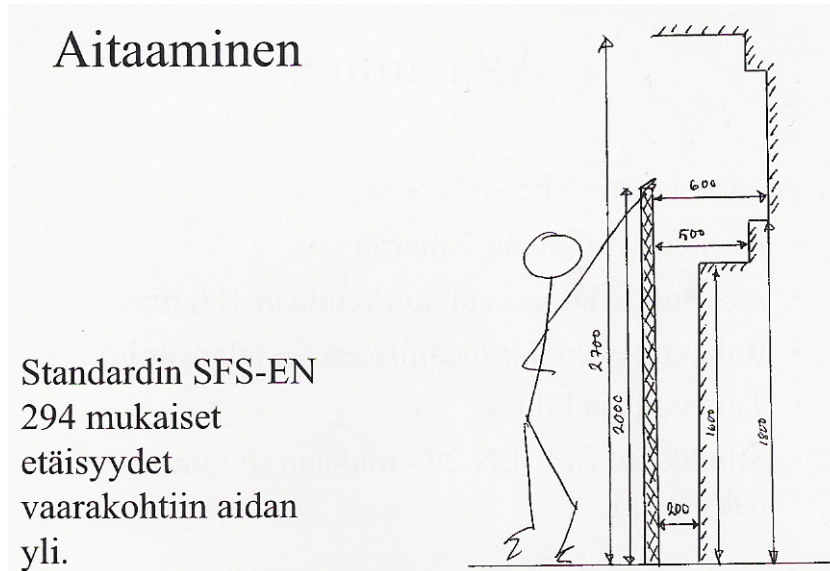
7.3 Erilaisia riskin pienentämisen keinoja

Työnantajalla tai koneen valmistajalla on yleensä useita eri vaihtoehtoja vaaratekijöiden poistoon. Usein pyritään valitsemaan paras ja toimivin ratkaisu. Seuraavaksi on esitelty yleisiä ja yksinkertaisia toimenpiteitä vaaratekijöiden poistoon.

Aitaaminen

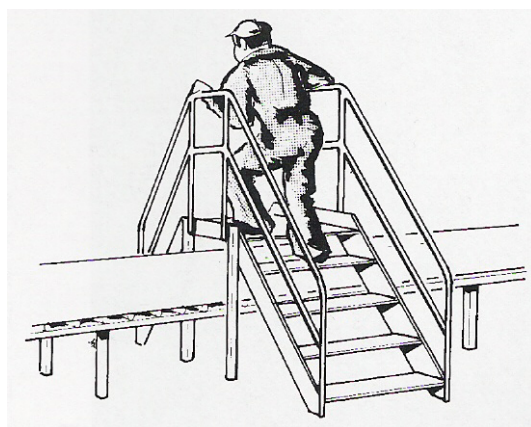
Koneen tai laitteen aitaaminen on ehkä helpoin ja varmin tapa ehkäistä erilaisten vaarojen vaikutukset. Koneita suojaavasta aidasta (kuva 4) tehdään niin korkea, että sen yli ei pääse ja niin matala, ettei sen ali pääse altistumaan vaaralliselle liikkeelle tai osalle. Aitaaminen on kuitenkin yleensä mahdollista vain suuremmilla

koneilla ja laitteilla. Kun aitaan sijoitetaan koneen toimintaa kytkettyjä ovia, voidaan myös sisäpuolelle mennä tekemään erilaisia asetus- ja säätötoimenpiteitä.



Kuva 4 Aitaamisen yhteydessä huomioon otettavia mittoja /5/

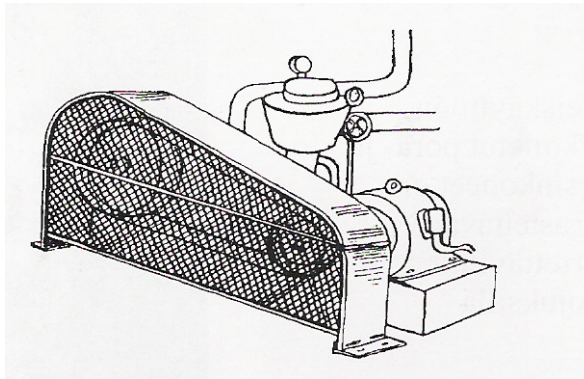
Aitaamisessa pitää ottaa huomioon eri kohtien etäisyydet vaarakohtaan (kuva 4). Etäisyyksillä varmistetaan siitä, ettei ihminen yllä aidan yli eikä ali vaaran lähteeseen. Toisinaan koneessa voi olla myös isoja kuljettimia tai muita ylitettäviä vaarallisia esteitä tai kulkuteiden varsilla olevia vaarallisia koneen osia. Näissä tapauksissa pitää huolehtia turvallisesta pääsystä kohteen yli (kuva 5).



Kuva 5 Kulkutiet on aina järjestettävä turvallisiksi /5/

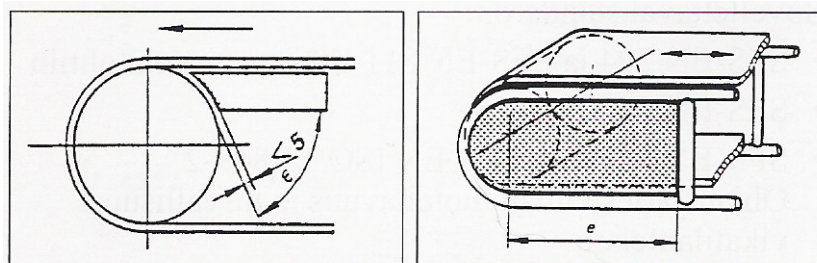
Suojukset

Koneen pienempien osien suojaamiseen sopivia ratkaisuja ovat erilaiset joko kiinteät, toimintaan kytketyt tai säädettävät ja irrotettavat suojukset. Suojuksien tarkoitus on suojata vaaralliseen osaan pääsy joko kokonaan tai rajoittamalla sitä. Riskin arvioinnin perusteella tulee valita, minkälainen suojus kohteeseen tulee.



Kuva 6 Voimansiirto tulee suojata aina kokonaan /5/

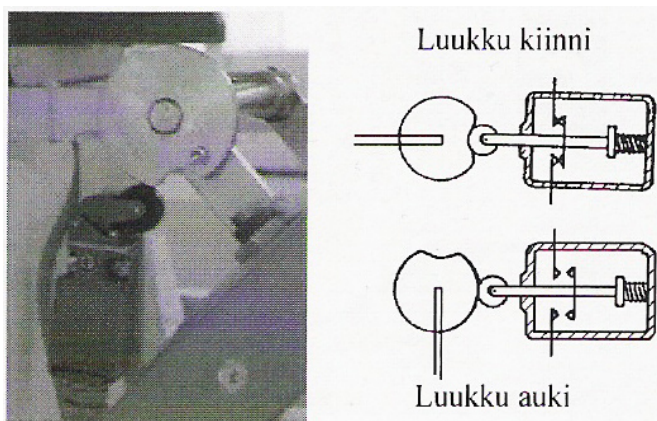
Lähes kaikissa koneissa on voimansiirto, joka on suojattava kiinteällä suojuksella (kuva 6). Suojuksessa oleva verkko sallii kohteen silmämääräisen tarkastuksen, mutta estää pääsyn kokonaan vaarakohteeseen. Suojusten suunnittelussa on otettava huomioon rakojen ja aukkojen suuruus, jotta estetään kehon eri osien pääsy vaarakohtaan (kuva 7).



Suojusten aukkojen samoin kuin suojusten ja koneen rakenteen väliin jäävien aukkojen on täytettävä turvaetäisyysstandardien SFS-EN 294 ja SFS-EN 811 vaatimukset.

Kuva 7 Koneen ja sen suojusten väliin jäävän raon on oltava aina riittävän pieni /5/

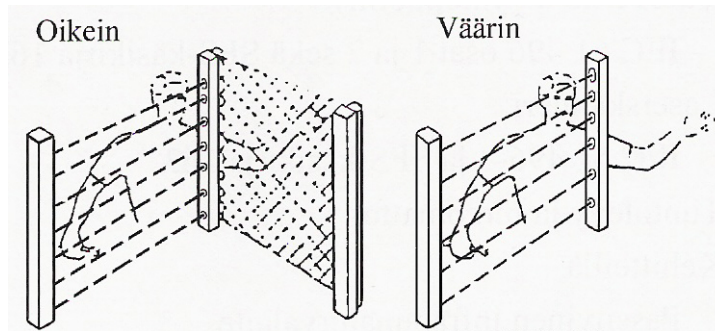
Toimintaan kytketyt suojukset ovat hyviä esimerkiksi kohteissa, joissa pitää välillä tehdä säätö- tai asetustoimenpiteitä. Tällöin on huolehdittava asianmukaisesta suojuksen kytkemisestä koneen toimintaan. Yksinkertainen esimerkki on asematuntoelimen koskettimien pakko-ohjaus avattaessa, jolloin varmistutaan siltä, että virtapiiri katkeaa (kuva 8).



Kuva 8 Koskettimien pakko-ohjaus toimintaan kytketyssä suojuksessa /5/

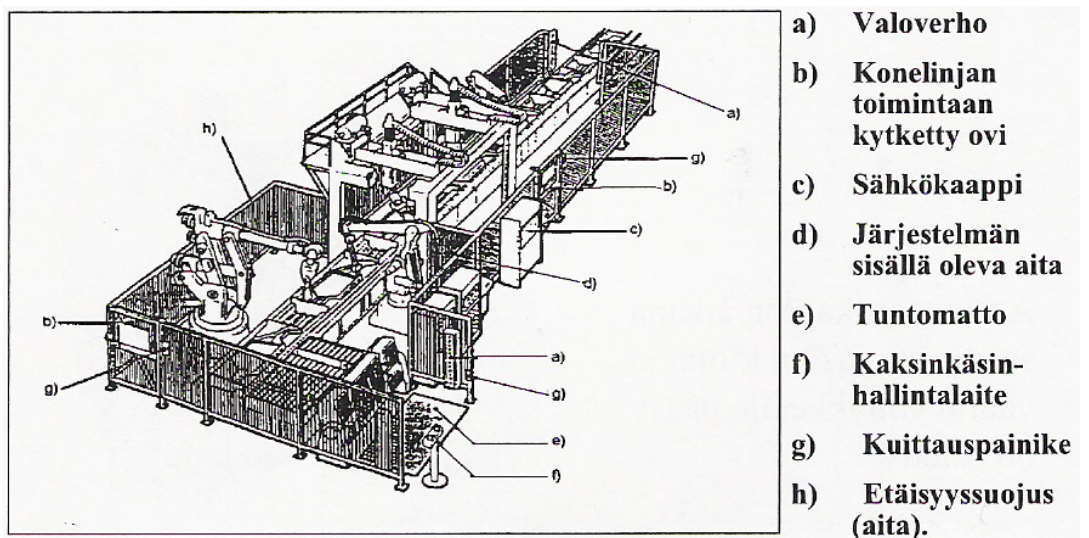
Optiset turvalaitteet

Nykypäivän kehityksen seurauksena markkinoille on tullut erinomaisia optisia turvalaitteita. Näiden laitteiden etuna on se, että kohteen eteen ei tarvita erillisiä suojuksia, vaan valvonta tapahtuu esimerkiksi valonsäteillä tai skannerilla. Optisen turvalaitteen etuna on se, että työntekijällä on hyvä näköyhteys kohteeseen, jos kysymyksessä on esimerkiksi vaarallinen ja tarkkailua vaativa tuotantomenetelmä. Usein näiden laitteiden toiminta on myös varmempaa kuin mekaanisesti toimivilla toimintaan kytketyillä suojuksilla. Valoverhojen tai laserskannereiden asennuksen yhteydessä on kuitenkin aina otettava huomioon, ettei vaaralliseen kohteeseen pääse muutenkaan käsiksi (kuva 9).



Kuva 9 Valoverhon oikeaoppinen asennus /5/

Usein yhdessä koneessa voidaan käyttää monia erilaisia vaarojen poisto- tai suojausmenetelmiä, kun kyseessä on esimerkiksi iso automaattinen valmistuslinja (kuva 10). Työnantajan tai valmistajan on itse valittava paras menetelmä kunkin yksittäisen vaaran poistamiseksi tai vähentämiseksi.



Kuva 10 Robotisoidussa linjassa olevia turvallisuuteen liittyviä laitteita /5/

7.4 Riskin arvioinnin menetelmät

Riskin arvioimiseksi on olemassa useita menetelmiä. Menetelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen eri ryhmään, induktiivisiin ja deduktiivisiin menetelmiin. Induktiivisessä menetelmässä oletetaan tilanne, jossa jokin koneen tai laitteen komponentti vikaantuu. Tämän jälkeen pohditaan, mitä kyseisestä vikaantumisesta voi seurata. Deduktiivisessä menetelmässä ajatellaan taas ensin jokin

lopputapahtuma eli vaaratilanne. Tämän jälkeen pohditaan, mitkä eri tekijät voisivat johtaa kyseiseen lopputapahtumaan. /2/ Seuraavaksi on esitelty muutama esimerkki näistä menetelmistä.

Alustava vaara-analyysi on induktiivinen menetelmä, jossa otetaan huomioon kaikki laitetta tai konetta koskevat vaaratekijät ja tapahtumat, jotka voisivat johtaa tapaturmaan. Menetelmässä arvioidaan tapaturmien mahdollisuudet ja vamman tai terveyshaitan suuruus, minkä jälkeen esitetään ehdotukset turvallisuustoimenpiteiksi.

”Entä-jos” -menetelmä on myös induktiivinen, ja sen tarkoitus on tarkastella lähinnä koneen käyttöä ja toimintaa. Menetelmässä tutkitaan ja esitetään kysymyksiä liittyen siihen, mitä tapahtuu, jos komponentti vikaantuu tai sattuu toimintavirhe. Kysymyksiin etsitään vastaus, jonka perusteella arvioidaan vaaran suuruus.

Vika- ja vaikutusanalyysi (VVA) on induktiivinen menetelmä. Menetelmässä arvioidaan komponenttien vikaantumisten taajuutta ja niistä johtuvia seurauksia. Menetelmä on usein aikaa vievä ja työläs, koska kaikki komponenttien vikaantumiset pitää ottaa huomioon.

Ohjausjärjestelmien vikojen simulointi on induktiivinen menetelmä, jossa joko testataan todellisia piirejä ja aiheutetaan vikoja todellisiin komponentteihin tai simuloidaan vikoja käyttämällä laitteiston omia simulointiohjelmia. Usein järjestelmien ollessa laajoja pitää testaus jakaa osiin eri rajapintojen tapaan.

Vikapuuanalyysi on deduktiivinen menetelmä. Menetelmän lähtökohtana oletetaan jokin epätoivottava tapahtuma. Tämän jälkeen yritetään löytää kaikki ne polut, jotka johtavat tähän tapahtumaan. Tapahtumat esitetään loogisena vikapuuna, jossa tapahtumaan yhdistetään viivoin sen aiheuttajat. Arvioimalla yksittäisten vikojen todennäköisyys voidaan arvioida vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyys.

7.5 Trafotek Oy:n tuotantokoneiden riskien arvioinneissa käytetty menetelmä

7.5.1 Menetelmän kuvaus

Tämän työn yhteydessä tehtiin kirjallinen turvallisuusarviointi Trafotek Oy:lle yhteensä yhdeksästä yrityksen koneesta. Tässä työssä on esitetty arviointimenetelmä ja kerrottu tarkemmin yhdestä arviointikohteesta. Itse arvioinnit on tehty ainoastaan Trafotek Oy:n käyttöön.

Trafotek Oy:n koneiden arvioinneissa käytetty menetelmä on yhdistelmä erilaisia menetelmiä, jolloin on saatu luotua yrityksen tarpeisiin hyvin sopiva arviointitapa, jonka avulla on pystytty arvioimaan vaarallisten tapahtumien seurauksia. Menetelmä on lähellä induktiivista menetelmää, sillä tarkoituksena on ollut etsiä vaaratilanteet, joita jokin tekijä tai tapahtuma voi aiheuttaa. Menetelmä muistuttaa myös hieman edellä mainittua alustavaa vaara-analyysiä, jossa on tarkoitus tunnistaa kaikki vaaratekijät, vaaratilanteet ja vaaralliset tapahtumat. Vaaran suhteen on arvioitu sen todennäköisyys ja seuraukset. Arviointia on selkeytetty ja yksinkertaistettu, jolloin esimerkiksi vaaran taajuutta ja kestoja ei ole otettu huomioon arviossa. Arvioinnin pääpaino on ollut kaikkien mahdollisten vaarojen tunnistamisessa ja yksityiskohtaisessa riskin suuruuden arvioinnissa.

Trafotek Oy:n käyttöön laadituissa turvallisuusarvioinneissa on kuvattu ensin arvioitava kone esittämällä koneen perustiedot. Samoin on kuvattu itse riskin arviointi ja sen lähdetiedot. Yksittäisen riskin arviointi on jaettu viiteen eri osaan. Ensin arvioidaan riskin todennäköisyys ja sen mahdolliset seuraukset eri vaaratyypeistä kunkin koneen osalta. Näiden perusteella on jokaiselle vaaralle määritelty riskiluokka tehdyn taulukon mukaan. Taulukosta saadun tiedon perusteella on mahdolliset tarvittavat korjaavat toimenpiteet esitetty vaaran poistamiseksi tai pienentämiseksi. Lopuksi on arvioitu mahdollinen jäännösriski, kun korjaustoimenpiteet on suoritettu.

7.5.2 Määritetyt raja-arvot

Ennen Trafotek Oy:lle tehdyn arvioinnin aloittamista on päädytty tiettyihin yleispäteviin raja-arvoihin. Riskin arvioinnissa keskitytään koneen elinkaaren osalta tämänhetkiseen koneen käyttöön ja käyttötarkoitukseen. Pääasiallisesti on otettu huomioon koneen tarkoitettu käyttö ja tietyiltä osin myös ennakoitavissa oleva väärinkäyttö, lähinnä erilaisten turvatoimintojen ohittamisten kannalta. Koneen käyttäjien osalta on keskitytty varsinaisiin koneen käyttäjiin eli työntekijöihin ja osittain myös erikseen huoltotyöntekijöihin. Yrityksen työntekijöiden koulutustaso on oletettu normaaliksi.

7.5.3 Arvioinnissa tunnistetut vaaratekijät

Trafotek Oy:n koneisiin liittyvien vaaratekijöiden tunnistuksessa on pyritty ottamaan huomioon pääasiallisesti koneen mekaanisia vaaroja ja mekaanisten osien liikkeestä aiheutuvia vaaroja, odottamattomasta käynnistyksestä aiheutuvia vaaroja ja yleisesti koneen käytöstä aiheutuvia vaaroja. Erilaisten vaaratekijöiden havaitsemisessa on apuna käytetty standardin SFS-EN 1050 liitettä A, jossa on lueteltu esimerkkejä vaaratekijöistä, vaaratilanteista ja vaarallisista tapahtumista. Tämän liitteen avulla on listattu ne tekijät, joita esiintyy tässä työssä arvioitavissa koneissa. Seuraavassa luettelossa on esitetty tässä työssä etsittyjen vaarojen eri muodot:

1 MEKAANISISTA OSISTA AIHEUTUVAT VAARAT:

– Koneen osien tai työkappaleiden aiheuttamat vaarat:

1. muodosta johtuvat vaarat
2. suhteellisesta asemasta johtuvat vaarat
3. massasta ja vakavuudesta (potentiaalienergiasta) johtuvat vaarat
4. massasta ja nopeudesta (kineettisestä energiasta) johtuvat vaarat
5. puutteellisesta mekaanisesta lujuudesta johtuvat vaarat.

- Koneen sisällä olevien osien aiheuttamat vaarat:
 1. voimansiirrosta aiheutuvat vaarat
 2. muista liikkuvista osista aiheutuvat vaarat.
- Erilaisista mekaanisista liikkeistä muodostuvat vaarat:
 1. puristumisesta aiheutuvat vaarat
 2. leikkautumisesta aiheutuvat vaarat
 3. viiltämisestä aiheutuvat vaarat
 4. osiin takertumisesta aiheutuvat vaarat
 5. osien väliin jäämisestä tai loukkuun jäämisestä aiheutuvat vaarat
 6. iskeytymisestä tai pistämisestä aiheutuvat vaarat
 7. hankauksen tai kitkan aiheuttamat vaarat.

2 SÄHKÖSTÄ AIHEUTUVAT VAARAT:

- Jännitteisten osien koskettamisesta aiheutuvat vaarat
- Epäsuorasti jännitteisiin osiin koskettamisesta aiheutuvat vaarat
- Korkeajännitteisten osien läheisyydestä aiheutuvat vaarat
- Staattisesta sähköstä aiheutuvat vaarat
- Erilaisesta lämpösäteilystä tai esimerkiksi sulasta metallista aiheutuvat vaarat

3 LÄMPÖOLOSUHTEISTA AIHEUTUVAT VAARAT:

- Kuuman tai kylmän aiheuttamat palo- tai paleltumavammojen vaarat
- Kuuman tai kylmän työympäristön aiheuttamat terveyshaitat

4 MELUSTA AIHEUTUVAT VAARAT:

- Melusta tai muusta äänestä aiheutuvat kuulovaurio tai muut terveyshaitalliset vaarat
- Puhe- tai muun viestiyhteyden häiriintymisestä aiheutuvat vaarat

5 TÄRINÄSTÄ AIHEUTUVAT VAARAT:

- Käsityökoneista aiheutuvat vaarat
- Koko kehoon kohdistuvasta värinästä aiheutuvat vaarat

6 ERILAISTEN AINEIDEN AIHEUTTAMAT VAARAT

7 ERGONOMIAN LAIMINLYÖMISESTÄ AIHEUTUVAT VAARAT:

- Haitallisista työasennoista tai liiallisista ponnisteluista aiheutuvat vaarat
- Ihmisen mittojen sopimattomuudesta aiheutuvat vaarat
- Henkilösuojainten käytön laiminlyönneistä aiheutuvat vaarat
- Riittämättömästä valaistuksesta aiheutuvat vaarat

- Inhimillisistä erehdyksistä aiheutuvat vaarat
- Hallintaelimissä olevista puutteista johtuvat vaarat
- Näyttölaitteiden puutteista johtuvat vaarat

8 ODOTTAMATTOMASTA KÄYNNISTYMISESTÄ AIHEUTUVAT VAARAT:

- Ohjausjärjestelmien vioista ja puutteista tai ohjelmointivioista aiheutuvat vaarat
- Energiakatkon aiheuttamat vaarat
- Sähkölaitteiden ulkopuolisesta vaikuttamisesta johtuvat vaarat
- Koneessa olevista puutteista ja käyttäjän tekemistä virheistä johtuvat vaarat

9 KONEEN PYSÄYTTÄMISESTÄ JOHTUVAT VAARAT

10 ENERGIASYÖTÖN KATKEAMISESTA JOHTUVAT VAARAT

11 MUUT VAARATEKIJÄT

Jokaisesta tämän työn yhteydessä tarkastellusta Trafotek Oy:n koneesta löytyi eri määrä erilaisia vaaroja, mutta edellä esitetyn luettelon kaikkia vaaramuotoja ei tietenkään ole joka koneessa. Jokaisen koneen kohdalla luettelo käytiin kuitenkin järjestelmällisesti läpi keskittyen pääasiallisesti koneen mekaanisiin ja sen erilaisten liikkeiden ja toimintojen aiheuttamiin vaaroihin.

7.5.4 Riskien todennäköisyyden arviointi

Konekohtaisten vaarojen selvittämisen jälkeen arvioitiin jokaisen löydetyn vaaran todennäköisyys. Tämän selvittämiseksi luotiin taulukko, jonka avulla saatiin todennäköisyydelle numeroarvo. Kyseinen taulukko (taulukko 4) on toisena osatekijänä jokaisen vaaran riskiluokan määräytymisessä.

Taulukko 4 Riskin todennäköisyys ja sen kerroin /1/

Riskin / vaaran todennäköisyys		Riskin/vaaran kerroin
1	Vaara lähes mahdoton tai mahdollista vain hyvin poikkeuksellisissa ja epätavallisissa olosuhteissa	0,1
2	Vaara on hyvin epätodennäköinen, mutta on mahdollinen	1
3	Vaara on epätodennäköinen, mutta on mahdollinen	2
4	Vaara on mahdollinen, mutta on epätodennäköinen	3
5	Vaara voi sattua tai olla sattumatta	4
6	Vaara on todennäköinen, ei yllättävä	5
7	Vaara on ilmeinen ja odotettavissa	6
8	Vaara on selvä, tapahtumatta jääminen olisi yllätys	7

Taulukkoon pyrittiin löytämään mahdollisimman sopiva ja oikea kerroin kullekin vaaran todennäköisyydelle. Koska taulukko on kahdeksanasteinen, on riskin todennäköisyyden arviointi vaikeampaa, koska todennäköisyyteen voivat vaikuttaa useat eri tekijät.

7.5.5 Seurausten vakavuuden arviointi

Löydettyjen vaarojen seurausten arviointiin käytettiin myös taulukkoa (taulukko 5), jossa jokaiselle seuraukselle on annettu oma numeroarvo eli kerroin. Tämä taulukko on toisena osatekijänä jokaisen vaaran riskiluokan määräytymisessä.

Taulukko 5 Riskin seurausten vakavuus ja sen kerroin /1/

Seurausten vakavuus		Seurauksen kerroin
1	Naarmuja, mustelmia	1
2	Haava, hankuama, huono olo	5
3	Pieni luun murtuma tai suuri haava	20
4	Suuren luun murtuma tai vaikea sairaus	30
5	Raajan, silmän tai kuulon menetys	40
6	Kahden raajan menetys tai sokeutuminen	50
7	Kuolema	100

Seurausten vakavuuden arvioinnissa on pyritty löytämään sopivin kuvaus pahimmalle mahdolliselle seuraukselle.

7.5.6 Riskiluokan määräytyminen

Kun Trafotek Oy:n koneista löytyneiden vaarojen todennäköisyys ja mahdolliset seuraukset on arvioitu, saadaan yksittäisen vaaran riskiluokka selville. Riskiluokan selvittämiseksi on laadittu taulukko (taulukko 6), joka on jaettu viiteen eri riskiluokkaan A–E.

Taulukko 6 Riskiluokan määräytyminen osatekijöiden mukaan /1/

Todennäköisyys							
7	B	C	D	E	E	E	E
6	B	C	D	D	E	E	E
5	B	B	D	D	D	E	E
4	A	B	C	D	D	D	E
3	A	B	C	C	D	D	E
2	A	B	C	C	C	D	D
1	A	B	B	C	C	C	D
0,1	A	A	A	A	A	B	B
	1	5	20	30	40	50	100
Seuraukset							

Edellä esitetyssä taulukossa pystysuuntainen kerroin on vaaran todennäköisyys (taulukko 4) ja vaakasuuntainen kerroin on vaaran seurausten vakavuus (taulukko 5). Kun kyseiset luvut on kerrottu keskenään, on kullekin riskille saatu arvo väliltä 0.1–700. Tämä alue on jaettu luokkiin, joita kuvaavat kirjaimet A–E (taulukko 6). Kyseiset kirjaimet tarkoittavat riskiä välillä vähäinen–sietämätön riski. Kyseisten kirjainten arvovälit ovat seuraavat:

A	0,1..4,9	vähäinen riski
B	5..29	siedettävä riski
C	30..99	kohtalainen riski
D	100..209	merkittävä riski
E	210..700	sietämätön riski

7.5.7 Tarvittavien toimenpiteiden määräytyminen

Riskiluokan selvittämisen jälkeen voidaan kullekin luokalle määritellä velvoittava toimenpide (taulukko 7). Korjaavia toimenpiteitä on tehtävä, kun riski suurempi kuin siedettävä. Vaadittava korjaava toimenpide on pahimmassa tapauksessa

koneen käyttökielto. Mikäli Trafotek Oy:n koneista löytyneen vaaran riskiluokka on ollut suurempi kuin siedettävä, yritykselle on laadittu ehdotus eli korjaava toimenpide kunkin vaaran pienentämiseksi, jotta riski saadaan alennettua tarvittavalle tasolle.

Taulukko 7 Riskiluokan mukaan määräytyvät toimenpiteet /1/

Riskin lukuarvo	Riskin suuruus	Luokka	Toimenpiteet
0,1 ... 4,9	Vähäinen	A	Ei vaadi toimenpiteitä
5 ... 29	Siedettävä	B	Ennalta ehkäisevää toimintaa ei tarvita, seuranta
30 ... 99	Kohtalainen	C	Riskin pienentämiseen ryhdyttävä määräajassa
100 ... 209	Merkittävä	D	Vaatii kiireellistä korjausta
210 ... 700	Sietämätön	E	Käyttö kielletty ennen kuin riskiä on pienennetty

Tämän työn yhteydessä tehty riskin arviointi ja tarvittava korjaava toimenpide on saatu selville edellä mainittujen taulukoiden avulla. Jokaisen tutkituista koneista löytyneen vähintään kohtalaisen riskin pienentämiseksi on pyritty löytämään yksinkertainen ratkaisu, jolla riski voidaan alentaa vähintään siedettävälle tasolle.

7.5.8 Jäännösriskin selvittäminen

Riippumatta siitä, onko korjaavia toimenpiteitä vaadittu tai ehdotettu tai niitä ei ole tarvittu ollenkaan, on vielä arvioitu mahdollinen jäännösriski /2/. Mikäli korjaavia toimenpiteitä on vaadittu, on jäännösriski arvioitu siinä tapauksessa, kun korjaavat toimenpiteet on tehty. Kun toimenpiteitä ei ole vaadittu, on jäännösriski arvioitu nykyisen tilanteen kannalta. Joissakin tapauksissa jäännösriskiä on vaikea selvittää, jolloin jäännösriski on merkitty vähäiseksi tai olemattomaksi.

8 TUOTANTOKONEET

Trafotek Oy:n tuotanto jakautuu tällä hetkellä kahteen eri tuotantohalliin, mikä tarkoittaa karkeasti sitä, että toisessa hallissa valmistetaan lähinnä isoja muuntajia ja pienempien muuntajien ja kuristimien teko rajoittuu toiseen halliin. Itse tuotantolaitteita on yli kolmekymmentä. Niiden määrä lisääntyy jatkuvasti

tuotteiden kysynnän kasvun myötä. Seuraavaksi on esitelty yrityksen yleisimmät koneryhmät.

8.1 Levynleikkurit

Levynleikkureilla valmistetaan muuntajien ja kuristimien sydämet. Raaka-aineena käytetään ohutta metallirainaa, jonka mitat määräytyvät yksilöllisesti kunkin tuotteen mukaan. Leikkurin perusrakenteeseen kuuluvat aukirullaaja, syöttölaite, leikkaava teräpaketti ja leikattujen kappaleiden vastaanottoasema.

8.2 Lankakäämikoneet

Lankakäämikoneilla käämitään kupari- tai alumiinilankaa muuntajan sydämen tai tuurnan päälle. Kuparilangan muoto ja koko vaihtelevat tuotteiden mukaan. Lankakäämikoneeseen kuuluvat yleensä kuparirullan teline, langanohjain ja käämintäakseli, jossa muuntajan sydän pysyy tukevasti kiinni erilaisten tuurnien ja käämintäpäätyjen avulla normaalin karasorvin tapaan.

8.3 Foliokäämikoneet

Foliokäämikoneet muistuttavat jokseenkin lankakäämikoneita, mutta käämittävänä materiaalina on joko alumiini tai kupari, joka on eri paksuisena ja levyisenä rullana tuotteesta riippuen. Käämikoneessa on aina aukirullaaja, jossa foliorulla on kiinni. Folio ohjautuu rullia pitkin käämintäakselille, johon kuristimen tai muuntajan sydän puristetaan samalla tavalla kuin lankakäämikoneessa. Folio käämitään sydämen päälle. Foliokäämikoneissa on myös kylmähitsauslaite, jolla folioon hitsataan kiinni aloitus-, väliulosotto- ja lopetuskiskoja.

8.4 Robottisolut

Trafotek Oy käyttää tuotteiden valmistukseen myös robotisoituja soluja. Robotiikkaa on hyödynnetty esimerkiksi tuotteiden hitsauksessa ja sydänten

tekemisessä. Näissä sovelluksissa työntekijälle jää aina jokin tehtävä, esimerkiksi raaka-aineen syöttämisestä valmiin tuotteen poistamiseen.

9 LEVYNLEIKKURI

Levynleikkurit ovat yksi tärkeimmistä koneryhmistä Trafotek Oy:ssä. Levynleikkureilla valmistetaan jokin kokonaisuus lähes jokaiseen yrityksen tuotteeseen. Osa näistä leikkureista on vanhoja, jolloin on erityisen tärkeää huolehtia näiden laitteiden turvallisuudesta. Tässä työssä arvioitiin juuri tästä syystä useampi vanha levynleikkuri. Seuraavaksi on esitelty tarkemmin yksi näistä koneista. Yhden leikkurin tarkempi analyysi auttaa ymmärtämään paremmin riskin arviointia ja korjaavien toimenpiteiden ehdotelmaa. Kokonaisuudessaan tässä esitellyn leikkurin ominaisuudet ja mekanismit ovat pitkälti samat kuin muissakin vanhemmissa leikkureissa.

9.1 Koneen käyttötarkoitus ja koneen käyttö

Levynleikkuri on tarkoitettu erilaisten levyjen leikkaamiseen perusraaka-aineesta. Kone tuottaa kokoonpantavaa materiaalia tuotteissa olevien käämien sydämiin. Kone on tarkoitettu käytettäväksi yhdelle työntekijälle, joka voi samalla hoitaa vieressä olevaa samantapaista konetta. Nykyisin kone valmistaa myös tiettyjä erikoistuotteita, joita ei voida muilla koneilla tehdä.

9.1.1 Raaka-aine ja valmistettavat tuotteet

Levynleikkurin raaka-aineena on metalliraina. Trafotek Oy:ssä on käytössä tällä hetkellä useita eri rainavahvuuksia, joita käytetään useassa levynleikkauskoneessa. Ainevahvuus vaihtelee aina valmistettavan tuotteen mukaan. Ohuen metallirainan molemmilla puolilla on pinnoite, joka toimii eristeenä. Rainana voi olla myös ruostumaton raina, jota käytetään yleensä vain sydämen molemmille puolille tulevan liuskan materiaalina.

Myös rainaleveydet vaihtelevat suuresti valmistettavan tuotteen mukaan. Kapeimmillaan raina on parikymmentä millimetriä leveää ja normaalisti rainan leveys kuristimien yhteydessä on suurimmillaan noin 100 mm. Isojen muuntajien sydämissä käytettävät rainat voivat olla useita satoja millimetrejä leveitä.

Rainat saapuvat tehtaaseen rullina, jotka asetetaan levynleikkurin aukirullaajaan. Rainarullan sisähalkaisija on keskimäärin 500 mm ja ulkohalkaisija noin 1 000 mm. Rullien paino on keskimäärin 200–500 kg ja leveillä isoihin muuntajiin tarkoitetuilla rainarullilla vielä huomattavasti enemmän.

Levynleikkuri leikkaa materiaalia lähinnä rautasydämissä kuristimia varten. Rautasydän on tuotteessa olevien käämien sisällä. Sydän koostuu aina vähintään yhdestä pakasta. Pakka kootaan laittamalla samankokoisia leikattuja levyjä nippuun, mittaamalla pakan koko oikeaksi ja sitomalla pakka tiiviiksi teipillä. Teippinä käytetään joko lasikuitu- tai kangasteippiä tuotteen lämpöluokasta riippuen. Koneessa leikattavan pakan koko voi vaihdella suuresti leveyden, pituuden ja korkeuden suhteen. Rajoittavana tekijänä ovat koneen syöttölaite ja lävistin, jotka määräävät maksimileveyden ja -pituuden leikattavalle rainalle. Työntekijä kokoaa koneella leikatuista pakoista tuotteelle sopivan sydämen.

Erikoisuutena kyseisessä levynleikkurissa on koneen yhteydessä oleva lävistinyksikkö. Lävistimen avulla rainaan leikataan aukko. Lävistimeen vaihdetaan terä tuotteen mukaan. Samalla säädetään aukon paikka sopivaksi. Tällä hetkellä käytössä on kaksi erilaista teräprofiilia, jotka säädetään aina tietyn tuotteen mukaan.

9.1.2 Koneen toiminta

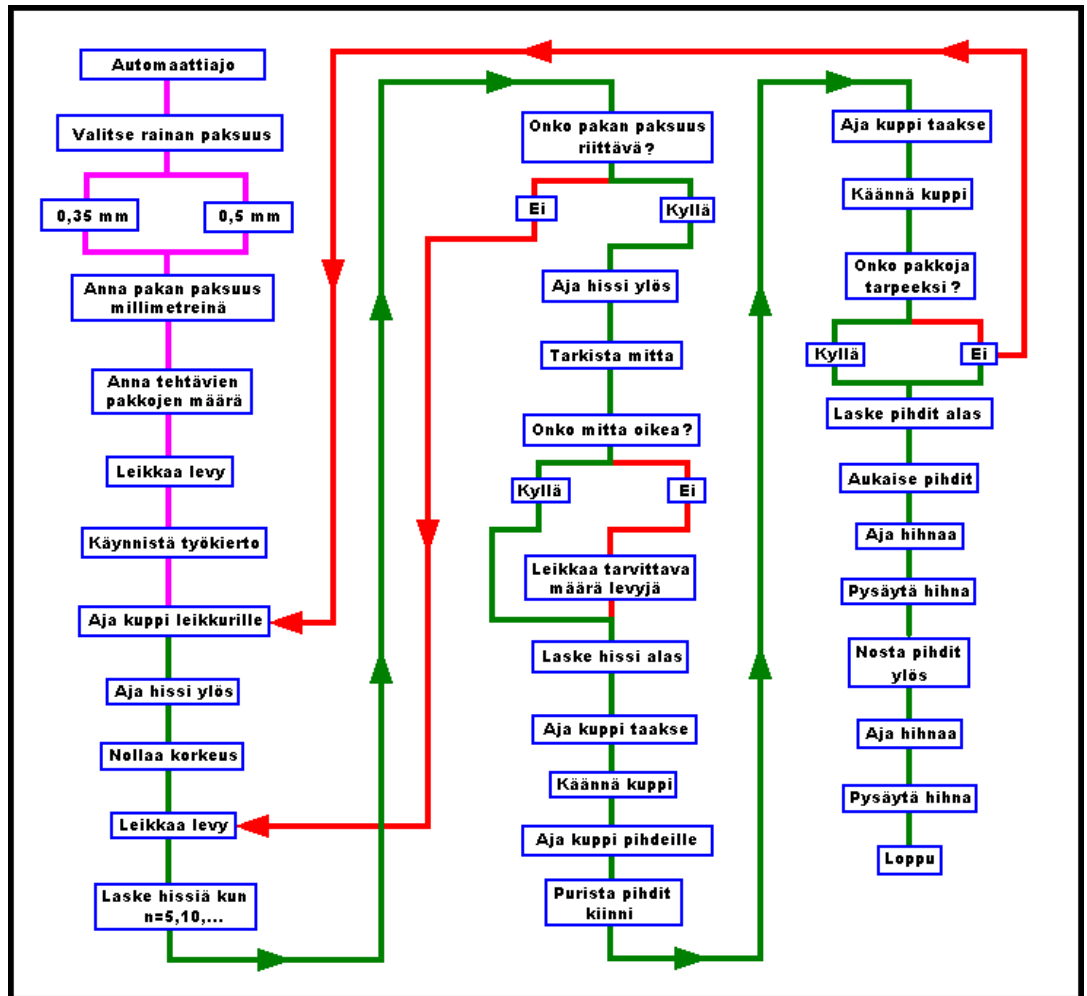
Levynleikkuri on tarkoitettu käytettäväksi automaattisesti tiettyä ohjelmakiertoa suorittaen. Ennen työkierron aloittamista täytyy suorittaa tiettyjä asetus- ja säätötoimenpiteitä. Valmistettava tuote määrää, minkälaista rainaa pitää käyttää.

Ensimmäiseksi työntekijä asettaa oikean rainarullan aukirullajaan. Rainalle on ohjainrullia koneen lävistäjässä ja syöttölaitteessa, jotka säädetään sopivalle leveydelle rainan mukaan. Raina pujotetaan aukirullaajalta koneen läpi leikkuuterän etupuolelle. Leikatut rainalevyt putoavat vastaanottokuppiin, joka valitaan sopivaksi halutun pakkakoon mukaan.

Automaattiajolla toimittaessa aukirullaaja syöttää tarvittavan määrän rainaa lävistimen ja syöttölaitteen läpi. Syöttölaitteesta säädetään haluttu rainan pituus. Syöttölaitteen jälkeen on teräpaketti, jossa olevat terät leikkaavat rainan poikki. Katkennut rainan pala putoaa vastaanottokuppiin. Vastaanottokupin täytyttyä leikkuu- ja syöttöprosessi pysähtyy, ja vastaanottokuppi liikuttaa leikatun rainapakan kuljetinhihnalle. Kuljetinhihnalta pakka siirtyy työntekijän ulottuville, minkä jälkeen työntekijä jatkaa pakan käsittelyä. Vastaanottokuppi palaa teräpaketin eteen ja työkierto jatkuu.

9.1.3 Automaattiajo

Ennen automaattiajon käynnistymistä työntekijän on annettava levynleikkurille tietyt tiedot. Ensimmäiseksi pitää antaa rainan paksuus. Seuraavaksi koneelle annetaan tieto leikattavan pakan paksuudesta. Näiden tietojen avulla kone laskee vaadittavien levyjen määrän. Pakan paksuuden jälkeen koneelle annetaan vielä tieto leikattavien pakkojen määrästä. Automaattiajon työkierto voidaan esittää tarkemmin lohkoaviomallina (kuva 11).



Kuva 11 Lohkokaaviomalli levyleikkauskoneen automaattiajon toiminnasta

Edellä esitetystä kuvasta pinkki linja kuvaa ennen automaattiajon käynnistymistä aseteltavien arvojen tallennusta. Linjan lopuksi kone leikkaa yhden leikkuun, jonka tarkoituksena on sekä tasata mahdollisesti vino tai muuten huono rainan pää että varmistaa ensimmäisen levyn oikea mitta. Vihreä linja kuvaa tapahtumaa, jossa kone leikkaa yhden levyn ja kuljettaa tämän kuljetinhihnalle. Punaiset nuolet kuvaavat automaattiajossa tapahtuvia hyppyjä sen mukaan, minkälaisia pakkoja kone on ohjelmoitu tekemään. Kun kone on leikannut tarvittavan määrän levyjä, hissien mittari tarkistaa, onko pakan koko varmasti oikea. Virheitä voivat aiheuttaa rainan paksuuden vaihtelut.

9.1.4 Käsiajo

Konetta voi käyttää myös manuaalisesti. Manuaalikäyttö on tarpeen esimerkiksi vikatilanteiden yhteydessä. Kone pitää myös saattaa tiettyyn alkutilaan ennen automaattiajon käynnistymistä. Manuaalisesti ohjattavia koneen toimintoja ovat pneumatiikalla ohjattavat liikkeet ja kuljetinhihnan toiminta. Näitä kahdeksaa eri liikettä ohjataan käyttöpaneelista.

Manuaalisesti ohjattavia liikkeitä ovat:

1. leikkurin käynnistäminen ja sammuttaminen
2. kupin kääntö oikealle ja vasemmalle
3. kupin liikuttaminen eteen ja taakse
4. hissin nosto ja lasku
5. tarttujan 1 nosto ja lasku
6. tarttujan 2 puristus ja aukaisu
7. tarttujen nosto ja lasku
8. hihnan käynnistys ja sammutus.

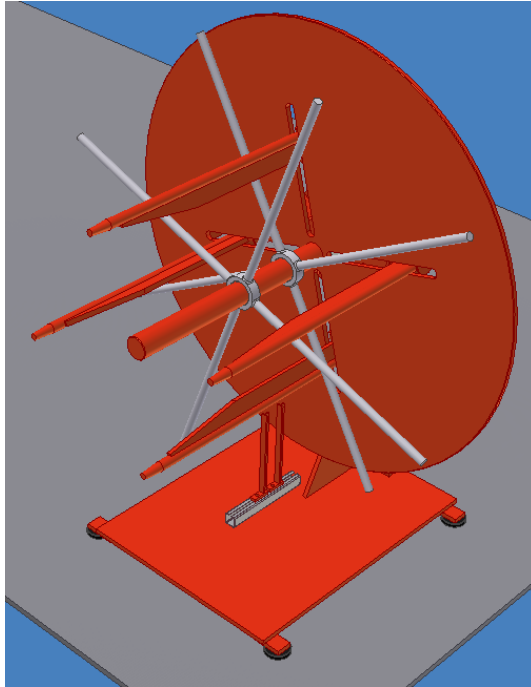
9.2 Koneen osat ja niiden toiminta

Levynleikkurissa olevat osat on esitelty seuraavaksi levynleikkurissa kulkevan materiaalin kulkusuunnassa niin, että viimeinen osa on myös osa, josta valmis tuote tulee koneen käyttäjän ulottuville.

9.2.1 Aukirullaaja

Aukirullaaja (kuva 12) on noin kahden metrin päässä muusta koneesta oleva laite, joka purkaa rainaa koneelle. Rullaajan pohjalaatta on kiinnitetty lattiaan mahdollisten liikkeiden estämiseksi. Rullaaja koostuu lähinnä kahdesta osasta, rungosta ja pyörivästä levystä, jossa rainarulla on kiinni. Manuaalisesti leviävät leuat pitävät rainarullan kiinni levyssä koosta riippumatta. Pyörimisen saa aikaan taajuusmuuttajalla ohjattu oikosulkumoottori hihnavälityksen avulla. Taajuusmuuttajan käynnistys- ja pysäytyskäsky saadaan pohjalevyssä olevalta valoanturilta. Anturi tunnistaa rainan etäisyyden ja sen perusteella syöttää rainaa

tarvittaessa lisää. Aukirullaaja toimii näin itsenäisenä koneena, joka syöttää rainaa levynleikkurin tarpeen mukaan.



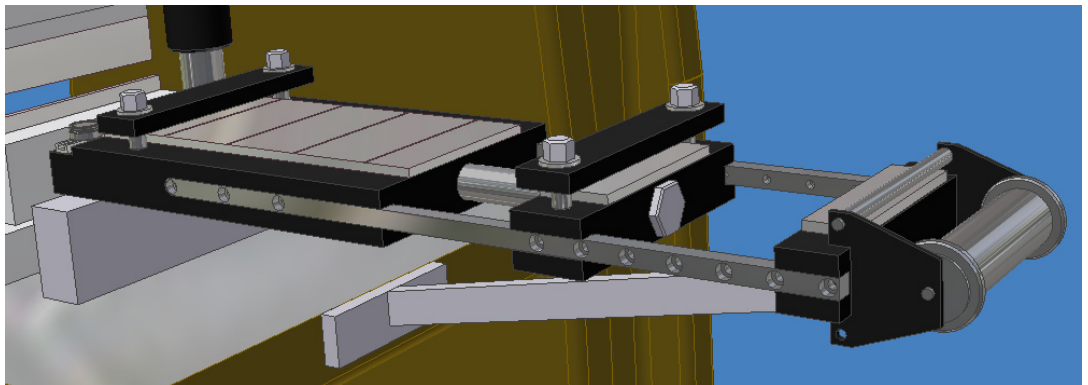
Kuva 12 Levynleikkurissa käytettävä aukirullaaja

9.2.2 Lävistinyksikkö

Lävistinyksikkö koostuu lävistimestä ja sille käyttövoiman tuottavasta hydraulikoneikosta. Lävistimen liikkeen saa aikaan lyhytiskuinen hydraulisylinteri. Sylinterin liike on synkronoitu leikkurin liikkeen kanssa. Liikkeen ajoitus tulee leikkuria liikuttavan vauhtipyörän päässä olevasta ajoituskiekosta induktiivisen anturin avulla. Lävistintä käytettäessä koneen nopeus säädetään alhaisemmaksi sylinterin hitauden vuoksi. Koneessa on kaksi eri teräpakettia lävistimelle, ja se vaihdetaan valmistettavan tuotteen mukaan. Lävistimen tekemän reiän paikka säädetään manuaalisesti teräpakettia liikuttamalla rainan pituussuunnassa ja teräpaketissa olevia ohjainrullia säätämällä leveysuunnassa.

9.2.3 Syöttölaite

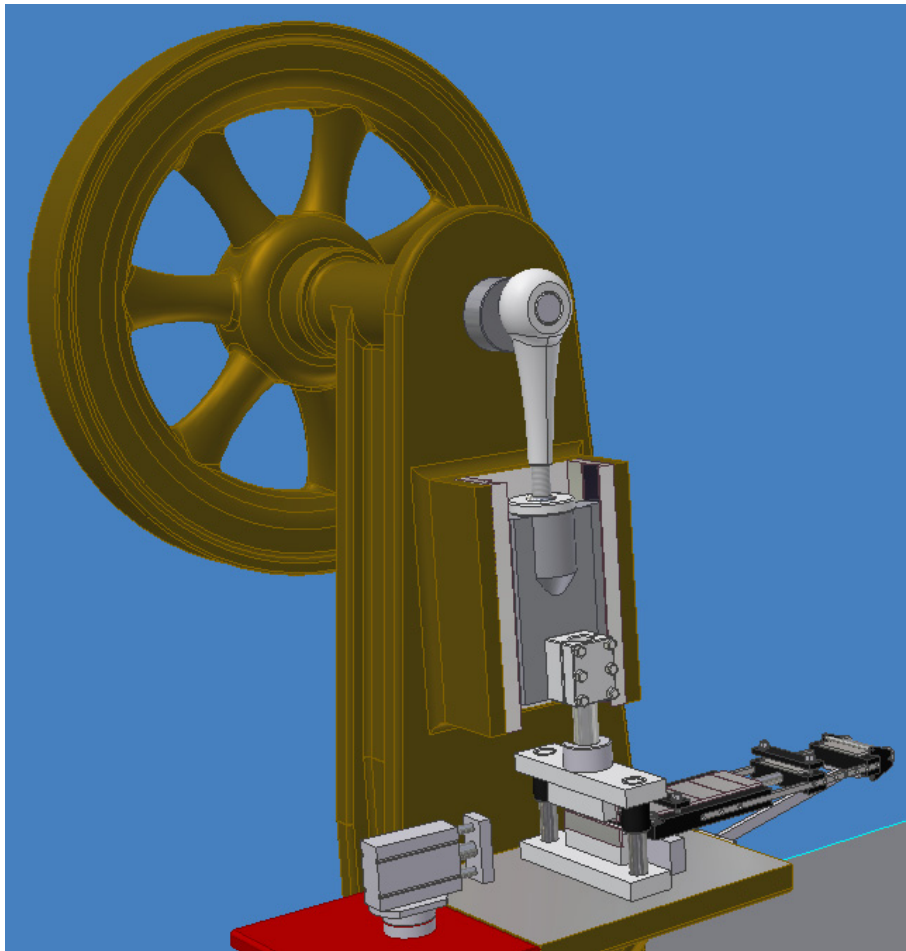
Syöttölaite (kuva 13) toimii pneumaattisesti. Siinä on kolme liikkuvaa osaa, kaksi pihtiä ja rungossa liikkuva kelkka. Toinen pihdeistä on kiinni kelkassa ja toinen rungossa. Syöttölaitteella on kaksi työvaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa rungossa oleva pihti on kiinni ja pitää rainan paikallaan. Samalla kelkka liikkuu taakse, ja siinä oleva pihti on auki. Toisessa vaiheessa rungossa oleva pihti on auki, ja kelkka liikkuu eteen samalla, kun siinä oleva pihti on kiinni. Näin raina liikkuu kelkan liikeradan verran eteenpäin. Rainan leikkuupituus saadaan säädettyä näin sopivaksi rajoittamalla kelkan liikerata halutun rainan mittaiseksi. Syöttölaitteen ajoitus saadaan aikaan lävistimen tapaan ajoituskiekolta induktiivisella anturilla. Leikkurin leikatessa syöttölaitteen kelkka on paikallaan etuasennossa, ja terän noustessa ylös kelkka tekee edestakaisen liikkeen syöttäen rainaa eteenpäin.



Kuva 13 Pneumaattisesti toimiva syöttölaite

9.2.4 Leikkuri

Leikkuri (kuva 14) koostuu isosta vauhtipyörästä, vankasta rungosta ja johteissa liikkuvasta teräpaketistä. Vauhtipyörää pyörittää hihnävälityksen avulla taajuusmuuttajalla ohjattu oikosulkumoottori. Vauhtipyörän päässä on ajoituskiekko lävistintä ja syöttölaitetta varten. Leikkuuterän edestakaisen liikkeen saa aikaan epäkesko, joka on vauhtipyörän kanssa kiinni samassa akselissa. Teräpaketti on kiinni epäkeskon toisessa päässä, jolloin pyörivä liike muuttuu edestakaiseksi leikkuuliikkeeksi.



Kuva 14 Levynleikkurin vauhtipyörä, epäkesko, syöttölaite ja osa vastaanottoasemaa

9.2.5 Hissi

Hissinä toimii pneumatiikkasyylinteri, johon on integroitu mittalaite. Sylinteri on pystyasennossa heti leikkuuterän jälkeen. Hissi liikuttaa kääntölaitteessa kiinni olevaa vastaanottokuppia, johon leikatut levyt putoavat. Ennen jokaisen pakan leikkuuta hissi liikuttaa kupin ylös kiinteää vastetta vasten ja nolaa mittarin. Pakan leikkuun aikana hissi laskee kuppia alaspäin aina tietyn levymäärän jälkeen tietyn matkan. Kun ohjelma on leikannut pakkaan kuuluvan levymäärän, liikkuu hissi ylös kiinteää vastetta vasten. Tällöin mittari mittaa todellisen pakan paksuuden, ja tarpeen mukaan leikkuri leikkaa lisää levyjä hissin laskeuduttua takaisin alas.

9.2.6 Vastaanottoasema

Vastaanottoasema koostuu useasta pneumatiikalla liikkuvasta komponentista. Hissillä ylös ja alas liikkuva kuppi on kiinteästi kiinni johdesylinterissä, joka taas liikuttaa kuppia eteen ja taakse. Johdesylinteri on kiinni pneumaattisessa kääntömootorissa, joka kääntää kuppia 90 astetta vieden kupin teräpakalta tarttujille. Tarttujassa on kaksi pihtiä 90 asteen kulmassa toisiinsa nähden. Tarttujissa olevat leuat puristavat näin kupissa olevaa pakkaa kaikilta puolilta, ja kupin liikkua taakse pakka jää tarttujiin kiinni. Molemmat tarttumat ovat kiinni pystysuunnassa liikkuvassa sylinterissä, joka laskee pakan kuljetinhihnan päälle. Hihnan päällä tarttumat avautuvat, ja hihna liikkuu hieman eteenpäin. Pakan ollessa hihnalla tarttumat nousevat ylös, ja hihnalla oleva pakka liikkuu työntekijän ulottuville.

9.2.7 Hihnakuuljetin

Hihnakuuljetin tehtävänä on kuljettaa pakka tarttujilta työntekijälle. Hihnaa pyörittää kulmavaihteella varustettu oikosulkumootori. Hihna käynnistyy pakan tultua tarttujilta ja sammuu valoanturin tunnistaessa pakan hihnan alkupäässä. Mikäli hihna tulee täyteen pakkoja, estää hihnan päässä oleva valoanturi pakkojen tippumisen maahan. Samalla anturi myös pysäyttää koko koneen siksi aikaa, kunnes hihna on taas tyhjä.

9.2.8 Käyttöpaneeli

Käyttöpaneelissa on koneen käyttämiseen tarvittavat ohjauslaitteet. Käyttöpaneeli koostuu seuraavista hallintaelimistä:

1. operointipaneeli
2. koneen käynnistys- ja pysäytyspainikkeet
3. leikkuunopeuden säätöpotentiometri
4. pääkytkin
5. ohjausjännitteen painike
6. hätäpysäytin.

Kone käynnistyy pääkytkimestä. Tämän jälkeen laitetaan ohjausjännite päälle. Käyttäjä voi valita operointipaneelista joko käsi- tai automaattiajon. Kone käynnistyy ja pysähtyy automaattiajolla käynnistys- ja pysäytyspainikkeista. Käsiäjolla liikkeitä ohjataan vain operointipaneelista lukuun ottamatta leikkuria, jonka nopeus säätyy potentiometrissa. Samasta potentiometrissa säädetään automaattiajon nopeus. Häätäpysäytin pysäyttää koneen lukuun ottamatta aukirullaajaa, jolla on oma häätäpysäytin.

10 TUOTANTOKONEIDEN RISKIEN ARVIOINTI JA KORJAAVIEN TOIMENPITEIDEN EHDOTELMA

Trafotek Oy:lle tehtyjen yksittäisten koneiden riskin arviointi ja korjaavien toimenpiteiden ehdotelma on laajuudeltaan keskimäärin noin 15–20 sivua konetta kohti. Arvioinnit on viety läpi järjestelmällisesti riskiryhmittäin aiemmin esitetyn vaaraluettelon perusteella.

Tämän työn yhteydessä arvioitiin yhteensä yhdeksän tuotantokonetta. Arvioinnit on tehty Trafotek Oy:n käyttöön, ja tässä työssä on esitetty tarkempi selostus ainoastaan yhden koneen toiminnasta. Arviointi on kohdistettu lähinnä vanhempiin koneisiin, joissa oletettiin olevan eniten riskitekijöitä. Arviointien tarkoitus oli kartoittaa olemassa olevia riskejä ja löytää yksinkertainen ratkaisu riskien poistamiseen tai vähintään pienentämiseen. Pääpaino on ollut varsinkin erilaisten mekaanisten ja liikkeistä aiheutuvien vaarojen kartoituksessa. Jokaisessa koneessa on paljon liikkuvia koneen osia, joista aiheutuu erilaisia riskejä. Arvioitavat koneet ovat kolmesta eri koneryhmästä, jotka esitellään seuraavaksi.

Hitsausautomaatti

Tämän työn yhteydessä arvioitiin yksi Trafotek Oy:n hitsausautomaatti. Hitsausautomaatti on kone, jolla hitsataan rainasta leikattu pakka kahden TIG-

hitsauskoneen avulla pakan molemmilta puolilta. Koneessa olevaan kääntöpöytään kasataan noin 5–10 pakkaa, ja ne puristetaan yhteen pneumaattisesti. Pakkojen kokoonpano ja purku tapahtuvat toisella puolella ja automaattihitsaus toisella.

Levynleikkauskoneet

Levynleikkauskoneita valittiin arvioitaviksi yhteensä viisi, jotka kaikki toimivat samalla periaatteella. Koneissa on aukirullaaja, joka syöttää rainaa. Itse katkaisevalle terälle tapahtuva syöttö on toteutettu joko pneumaattisella syöttölaitteella tai servomootorilla. Leikkausliikkeen taas saa aikaiseksi epäkeskopuristin tai hydrauliiikka koneesta riippuen. Leikattavat pakat siirretään työntekijän ulottuville, josta ne kasataan lopputuotteeksi käsin.

Foliokäämikoneet

Foliokäämikoneista arvioitiin yhteensä kolme erikokoista konetta. Koneet toimivat samalla tavalla, ja niissä käytetään samantapaisia peruskomponentteja. Käämittävä folio syötetään koneeseen aukirullaajasta, josta se kulkeutuu erilaisten telojen läpi käämintäakselille. Välissä on aina kylmähitsauslaite folion ja kiskojen liittämiseksi toisiinsa. Tuotteiden koosta riippuen työntekijä käsittelee tuotteita joko käsin tai nosturin avulla.

11 TYÖN ARVIOINTI

Tämä työ loi minulle hyvin kuvan siitä, kuinka tärkeästä asiasta koneturvallisuudessa on kyse. Se on kokonaisuudessaan hyvin laaja-alainen asia. On tiedettävä, mitä vaatimuksia jonkin koneen pitää täyttää esimerkiksi sen valmistusvuoden tai sen käyttötarkoituksen mukaan. Varsinkin vanhojen tuotantokoneiden ja -laitteiden turvallisuustason ylläpitäminen on voinut jäädä toissijaiseksi asiaksi. Toisaalta työ taas toi esiin sen, kuinka suuri ja merkittävä vastuu yksittäisellä suunnittelijalla voi olla, kun puhutaan koneen turvallisuudesta. Kun ajatellaan riskin arviointia, siitä vastuussa olevan henkilön on vaikeaa punnita ja havainnoida tiettyyn riskiin liittyviä asioita, kuten esiintymistodennäköisyyttä ja sen vakavuutta. Mikäli arvioinnissa tekee virheen, voi se vaikuttaa suuresti lopputulokseen.

Kaiken kaikkiaan koneturvallisuuden perusvaatimukset on helppo sisäistää. Samalla kävi ilmi myös se, että helpoin tapa taata vaadittu turvallisuus on käyttää hyväksi yhdenmukaistettuja standardeja. Vanhan koneen modernisoinnissa taas pitäisi pyrkiä käyttämään yksinkertaisia ja hyväksi todettuja menetelmiä. Usein vaikeankin pulmaan voi löytyä hyvin yksinkertainen ratkaisu. Koneiden turvallisuuden ylläpitämiseksi on erittäin tärkeää arvioida koneita tietyn määräajoin. Jokin koneessa tapahtuva muutos, kuten prosessiin lisätty uusi laite, voi aiheuttaa alkuperäiseen koneeseen aivan uudenlaisen vaaran. Ja kuten työturvallisuuslakikin velvoittaa, tulee työnantajan tarkkailla jatkuvasti työympäristön turvallisuutta.

Tässä työssä arvioitujen koneiden turvallisuus paranee huomattavasti korjaavien toimenpiteiden jälkeen. Vaikka kaikkia korjaavia toimenpiteitä ei tehtäisikään, voidaan turvallisuutta nostaa merkittävästi poistamalla suurimmat riskit arvioituista koneista.

12 YHTEENVETO

Tutkintotyöni aiheena oli Trafotek Oy:n vanhempien tuotantokoneiden riskien arviointi ja arviointien pohjalta laadittavat korjaavien toimenpiteiden ehdotelmät, joiden avulla vanhat tuotantokoneet saadaan muutettua nykypäivän vaatimusten mukaisiksi. Työtä helpotti suuresti se, että olin aiemmin kyseisten laitteiden ja koneiden kunnossapitotehtävissä. Tämä auttoi selvittämään riskin arvioinnin aikana monipuolisesti varsinkin liikkeistä aiheutuvia vaaroja.

Tarkoituksena oli selvittää tuotantokoneissa olevat turvallisuuteen liittyvät puutteet ja löytää korjaavat toimenpiteet turvallisuuden parantamiseksi. Aiheen laajuuden vuoksi keskityttiin pitkälti mekaanisten liikkeiden aiheuttamiin vaaroihin. Työssä tehtiin arviointi yhteensä yhdeksälle tuotantokoneelle ja samalla pyrittiin löytämään yksinkertainen ratkaisu korjaavaksi toimenpiteeksi vaarojen poistamiseksi.

Tämän työn yhteydessä tehty riskin arviointi käy hyvin pohjaksi muillekin Trafotek Oy:n tuotantokoneille. Trafotek Oy:ssä on aloitettu tuotantokoneiden modernisointi, ja tämän työn yhteydessä laadittuja riskin arviointeja ja korjaavien toimenpiteiden ehdotelmia käytetään pohjana koneiden modernisoinneissa.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Koneen valmistajan tehtävät. Esite. Omron. 18 sivua.
- 2 SFS-KÄSIKIRJA 93-1. 6.painos. Suomen standardisoimisliitto SFS. Helsinki 2005. 449 sivua.
- 3 TURVASOVELLUSTEN KÄSIKIRJA. Omron 2003. 51 sivua.
- 4 Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 16: Koneturvallisuus. Koneen vaarojen arvioinnista CE-merkintään. Työsuojeluhallinto. Tampere 2005. 23 sivua.

Painamattomat lähteet

- 5 UUSI KONEDIREKTIIVI-SELKEYTYVÄTKÖ TOIMINTATAVAT? Seminaarimateriaali. Tampere 2007.

Sähköiset lähteet

- 6 Suomen standardisoimisliitto SFS. [www-sivu]. [viitattu 28.3.2008] Saatavissa: <http://www.sfs.fi/>
- 7 Tapaturmavakuutuslaitosten liitto. [www-sivu]. [viitattu 2.4.2008] Saatavissa: <http://www.tvl.fi/>
- 8 Trafotek Oy. [www-sivu]. [viitattu 13.2.2008] Saatavissa: <http://www.trafotek.fi/>
- 9 Työsuojelutietopankki. [www-sivu]. [viitattu 10.4.2008] Saatavissa: <http://fi.osha.europa.eu/>
- 10 Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738. [www-sivu]. [viitattu 15.3.2008] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/>
- 11 Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta 21.12.1994/1314. [www-sivu]. [viitattu 20.3.2008] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/>