

# KONETURVALLISUUS MODERNISOINNISSA

Hydrauliikkapuristimen turvallistaminen modernisaation yhteydessä



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Sähkö- ja Automaatiotekniikka, insinööri (AMK)

kevät 2023

Tatu Aallonvuori

Sähkö- ja Automaatiotekniikka

Tekijä Tatu Aallonvuori

Työn nimi Koneturvallisuus modernisoinnissa

Ohjaaja Mika Oinonen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

---

Opinnäytetyössä tarkasteltiin Granlund Häme Oy:n toimeksiantajayrityksen, C.P.E. Production Oy:n hydraulikkakonetta. Konetta käytetään vain käsiohjauksella. Koneen ominaisuuksia, käytettävyyttä ja turvallisuutta ei ole vuosien kuluessa kehitetty tai parannettu. Opinnäytetyössä tarkastellaan modernisoitavan koneen kehitys- ja parannustarpeita. Pohditaan, mitä rajoituksia tai määräyksiä koneen modernisoinnissa on otettava huomioon. Tehdään esisuunnittelua, tarkastellen minkälaisia tehtäviä sähkösuunnittelijan modernisoinniprojektin sisältämä työ saattaa sisältää ja miten moninaista sähkösuunnittelijan työ saattaa olla. Opinnäytetyössä huomioitiin ja tarkasteltiin koneen modernisaation suunnittelutyöhön liittyvää lainsäädäntöä sekä standardeja.

Koneen modernisointia aloitettaessa sen riskejä arvioidaan standardien tarjoamin riskienarviointimenetelmin. Riskien arviointien yhteydessä opinnäytetyössä luotiin riskienarviointilomake, jota Granlund Häme Oy:n toimeksiantajayritys voi käyttää muissakin kohteissa riskien arviointiin. Riskien arvioinnissa ja modernisaation suunnittelussa huomioitiin koneturvallisuus sekä mekaanisin että sähköisin suojausmenetelmin.

Riskien arvioinnin tulosten jälkeen modernisoitavaan koneeseen tehtiin esisuunnitelma, miten konetta ja sen käyttöympäristöä on kehitettävä koneen käytettävyyden ja turvallisuuden osalta. Esisuunnitelma tarjoaa sähkösuunnitteluun vaihtoehtoja, joista Granlund Häme Oy:n toimeksiantajayritys voi halutessaan valita heille sopivimman suunnittelu- ja toteutusvaihtoehdon. Valitsemalla heille sopivimman vaihtoehdon, koneen toimintaikää voidaan saada pidennettyä kehittämällä koneen nykyisiä järjestelmiä toimintavarmemmaksi, turvallisemmaksi sekä käyttö- että huoltoystävällisemmiksi.

Avainsanat modernisaatio, tuotanto, turvallisuus

Sivut 36 sivua ja liitteitä 2 sivua

This thesis examined the hydraulics machine of Granlund Häme Oy's commissioning company, C.P.E. Production Oy. This machine is operated only by manual control. The features, usability and safety of the machines have not been developed or improved over the years. This thesis examines the development and improvement that need to be taken into consideration in modernizing the machine. What restrictions or regulations must be considered in the process of modernizing the machine were considered. As part of this project, pre-engineering was carried out, what kind of tasks the work included in the electrical designer's modernization project might include and how diverse the work of an electrical designer might be were looked at. This thesis reviewed the legislation and standards related to the design work of the modernization of the machine.

When starting the modernization of a machine, its risks are assessed using standardized risk assessment methods. In connection with the risk assessments, a risk assessment form was created that Granlund Häme Oy's commissioning company can use for risk assessment in other objects as well. In the risk assessment and modernization plan, machine safety was considered in terms of both mechanical and electrical protection methods.

After the results of the risk assessment, a preliminary plan was made for the machine to be modernized, detailing how the machine and its operating environment needs to be developed in terms of the usability and safety of the machine. The preliminary plan offers alternatives to electrical design, from which Granlund Häme Oy's commissioning company can choose the most suitable design and implementation option for them. By choosing the most suitable option for them, the service life of the machine can be extended by developing the machine's current systems to be more reliable, safer and more service-friendly.

Keywords modernization, production, safety

Pages 36 pages and appendices 2 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Koneen määritelmä .....	2
3	Koneturvallisuuden lainsäädäntö ja standardit .....	3
3.1	EU:n ja Suomen koneturvallisuus .....	4
3.2	Lainsäädäntöä koneturvallisuuden osalta .....	5
3.3	Koneiden turvallisuuteen liittyviä standardeja .....	6
4	Riskien arviointi ja hallinta .....	7
4.1	Riskien tunnistaminen.....	9
4.2	Riskien suuruuksien arviointi .....	12
4.3	Riskien pienentäminen .....	13
5	Koneen modernisaation suunnittelu.....	16
6	Koneen modernisaation dokumentointi .....	19
6.1	Modernisoimattoman koneen toiminnot.....	20
6.2	Modernisoidun koneen dokumentointi.....	23
7	Hydrauliikkapuristimen modernisaation toteutus.....	24
7.1	Riskien arviointi toteutuksessa .....	25
7.2	Toteutuksen suunnittelu.....	26
7.3	Puoliautomaattiohjaus.....	29
8	Yhteenveto .....	32
	Lähteet.....	33

## Liitteet

- Liite 1 Riskienarviointilomake (OSA 1)  
Liite 2 Riskienarviointilomake (OSA 2)

## 1 Johdanto

Granlund Häme Oy on osa Granlund Oy:n Suomen yksi tytäryhtiöistä. Granlund Oy on koko Suomen alueen laajuinen asiantuntijakonserni. Granlund Oy toimii pääosin kiinteistö- ja rakennusaloilla, mutta yhtiöllä on toimintaa myös esimerkiksi teollisuuden kiinteistöjen ja prosessien erilaisissa asiantuntijatoiminnoissa. Opinnäytetyön kirjoittamisen aikaan Granlund Oy:llä on 27 toimipistettä, joissa työskentelee noin 1200 asiantuntijaa. (Granlund, n.d.)

Opinnäytetyö toteutettiin Granlund Häme Oy:n asiakasyritykselle, C.P.E Production Oy:lle, josta käytetään tässä opinnäytetyössä nimitystä toimeksiantajayritys.

Toimeksiantajayrityksellä on useita vanhoja hydraulikkapuristimia, joiden sähkötekniikka ja toiminnallinen turvallisuus eivät vastaa uuden vastaavan koneen sähkötekniisiä mahdollisuuksia, toiminnallisen turvallisuuden sekä ominaisuuksien osilta. Etenkin turvallisuus on tärkeä huomioida, sillä tilastokeskuksen mukaan vuonna 2019 Suomessa tapahtui yli 33 000 työtaturmaa, joista noin 10 % johtui puristumisesta tai ruhjoutumisesta. (Tilastokeskus, 2021)

Toimeksiantajayritys toimii ISO 9001, ISO 14 001 ja AQAP 2110 sertifikaattien mukaisesti haluaa kehittyä toiminnoissaan paremmaksi, turvallisemmaksi ja ketterämmäksi.

Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksellä tavoitteena on kehittyä erityisesti tuotevalikoimissaan. Tuotevalikoimaan panostamalla toimeksiantajayritys panostaa samalla oman tuoteportfolion monipuolisuuteen ja käytettävyyteen sekä prosessissa käytettävien työvälineiden kehittämistyöhön. Tämänkaltainen toiminta auttaa heitä pysymään nopeasti mukautuvana ja luotettavana toimijana toimintaympäristössään. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä nykyisiin määräyksiin, vaatimuksiin sekä ohjeisiin, jotka jokainen yhdessä ja erikseen vaikuttavat koneturvallisuuden määritettyyn lopputulokseen. (C.P.E. Production Oy, n.d.)

Opinnäytetyöhön modernisoitavaksi otetaan monista koneista yksi, joka halutaan modernisoida vastaamaan nykypäivän sähkötekniisiä mahdollisuuksia ja toiminnallisen turvallisuuden sekä ominaisuuksien tarpeita, että vaatimuksia. Koneen modernisaatiota

suunniteltaessa tarkastellaan sekä kone- että työturvallisuutta, jotta modernisoiva kone ja sen lähiympäristö olisivat sekä riittävän turvallisia että mahdollisimman tuottavia käyttöä ja ylläpitää. Opinnäytetyössä olevan koneen modernisoinnin tulosta voidaan hyödyntää toimeksiantajayrityksen muiden vastaavin koneiden modernisoinnin pohjana. Lisäksi opinnäytetyössä valmistui riskienarviointilomake, jota toimeksiantaja yritys voi käyttää omissa toimissaan.

## 2 Koneen määritelmä

Euroopan Unionin konedirektiivissä 2006/42/EY, jota täydennetään valtioneuvoston asetusta koneiden turvallisuudesta 400/2008, määritetään kone. Kone määritellään erilaisten komponenttien tai osien yhdistelmäksi tai kokoonpanoksi, joka toimii muulla kuin välittömällä eläin- tai ihmisvoimalla. Koneessa voi olla yksi tai useampi voimanlähde tai se voi hyödyntää toisen laitteen tuottamaa energiaa. Koneen voimanlähteinä voidaan käyttää mekaanista-, sähköistä-, pneumaattista-, hydraulista- tai lämpöenergiaa. Valtioneuvoston koneiden turvallisuutta määrittävässä asetuksessa 400/2008 § 4 täydennetään Euroopan Unionin konedirektiivin määritelmää vielä siten, että kone on kokoonpantu erityistä toimintoa varten ja ainakin yksi sen osa tai komponentti on liikkuva. Koneiksi voidaan määritellä joko tuotantovälineitä tai kuluttajatuotteita, laajoja konelinjoja tai kädessä pidettäviä, liikkuvia tai kiinteäksi asennettuja. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 §4)

Samassa asetuksessa määritetään teknisiä laitteita, joihin asetusta sovelletaan. On huomioitavaa että, tämän opinnäytetyön modernisoitavaan koneeseen liitettäviä osia sovelletaan tämän asetuksen mukaisesti, koska ”asetusta sovelletaan seuraaviin teknisiin laitteisiin: koneet, vaihdettavat laitteet, turvakomponentit, sekä osittain valmiit koneet.” Laki edellyttää tarkastelemaan tätä modernisoitavaa konetta tämän asetuksen kautta, vaikka se on osittain valmis tai toiminnoiltaan karsittu. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 §2)

Tietyt vähimmäisvaatimukset koskevat jokaista valmista konetta. Näitä vähimmäisvaatimuksia ovat, että kone on oltava suunniteltu ja rakennettu koneasetuksessa

määriteltyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Valmiissa koneessa pitää olla tietyt, koneasetuksessa määritellyt merkinnät. Näitä merkintöjä ovat valmistajan nimi ja osoite, koneen nimi ja yksilöintimerkinnät sekä CE-merkintä. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES), n.d.)

Valtioneuvoston asetuksessa koneiden turvallisuudesta 400/2008 löytyy myös määritelmiä, mihin kyseistä asetusta ei sovelleta.

Asetusta ei sovelleta esimerkiksi tivoleissa tai huvipuistoissa käytettävät erikoiskoneet, aseisiin erityisesti sotilaalliseen tai poliisin käyttöön suunniteltuihin ja rakennettuihin koneisiin sekä tietyt sähkö- ja elektroniikkatuotteet, kuten kotikäyttöön tarkoitetut kodinkoneet, audio- ja videolaitteet, tietotekniikan laitteet, tavanomaiset toimistokoneet, pienjännitteiset kytkin- ja ohjauslaitteet sekä sähkömoottorit.

Tätä ei tarvitse ottaa opinnäytetyössä huomioon, koska kone tai sen osat eivät kuulu näihin määriteltyihin kategorioihin. Opinnäytetyön modernisaation kohteena oleva kone on kokoonpantu erityistä toimintoa varten. Silloin tämän koneen yksittäiset osat kuuluvat koneeseen ja täten tämän asetuksen vaikutusalueeseen. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 §3)

### **3 Koneturvallisuuden lainsäädäntö ja standardit**

Koneiden lainsäädännöksi voidaan lukea tämän opinnäytetyön luvussa kaksi mainitut EU:n konedirektiivi 2006/42/EY ja valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008. Näitä lakitekstejä mukailleen on luotu paljon muita määrittelyjä, vaatimuksia ja ohjeita. Tämän vuoksi on huomioitavaa, että nämä sekä EU:n konedirektiivi että valtioneuvoston asetus eivät ole ainoat koneisiin ja koneturvallisuuteen vaikuttavat määritelmät, joiden huomioiminen on tärkeää koneen modernisaation suunnittelussa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2021. -a)

Edellä mainittujen lainsäädännöllisten vaatimusten lisäksi, koneiden suunnittelemiseen, rakentamiseen, käyttämiseen, huoltamiseen, modernisoimiseen ja turvallistamiseen

vaikuttavat monet erilaiset standardit. Vaikka standardeja on paljon on olemassa olevien standardien avulla mahdollista löytää erilaisiin koneisiin yhteisiä linjauksia, jotka nivoutuvat yhteen toinen toistaan tukien. Tätä kuvastaa hyvin Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n luetteloitu Koneturvallisuuden standardit 2021-kirjanen. Tämän kirjasen avulla koneiden parissa suunnittelua, rakentamista, käyttämistä, huoltamista ja modernisointia tekevät henkilöt löytävät helpommin toimintaperiaatteet ja -ohjeistukset. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, 2021)

### **3.1 EU:n ja Suomen koneturvallisuus**

EU:n konedirektiivi 2006/42/EY on otettu käyttöön vuonna 2006. Se ei ole ensimmäinen koneisiin liittyvä määräyksellinen toiminta. Samaan aikaan 1980-luvulla, kun konedirektiiviä ryhdyttiin valmistelemaan, aloitettiin koneiden turvallisuusstandardien valmistelu. Huomioitavaa kuitenkin on, että EU ei laadi standardeja, vaan tilaa ne eurooppalaisilta standardijärjestöiltä. Yhteisen pohjan, EU:n konedirektiivin avulla, standardoinnit pysyvät Euroopan alueella yhtenäisinä. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry, n.d.)

Direktiivi on käytännössä pakollinen lainsäädäntöohje. EU:n konedirektiivissä 2006/42/EY määritellään, että koneiden pitää olla EU:n konedirektiivin vaatimusten mukaisia. Vaatimukset ovat samat koko EU:n alueella. Eräs tunnetuimmista vaatimuksenmukaisuus merkinnöistä EU:n alueella on CE-merkintä. Vaatimusten yhdenmukaistamisella pyritään turvaamaan tietty turvallisuustaso, joka mahdollistaa ja helpottaa samalla tuotteiden vapaamman liikkuvuuden EU:n alueella. (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES), n.d.)

EU:n konedirektiivi on pantu Suomessa kansallisesti toimeen valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008. Tätä kyseistä asetusta kutsutaan niin sanotusti koneasetukseksi. Kuten Euroopan tasoisesti, myös kansallisesti Suomessa päätöksiä voidaan täydentää ja täsmentää erilaisin lainsäädäntötoimin, standardein tai ohjeistuksin. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 §1)



### 3.2 Lainsäädäntöä koneturvallisuuden osalta

Opinnäytetyössä tarkasteltiin kahta asetusta, joita on noudatettava koneiden suunnittelemisessa, rakentamisessa, käyttämisessä, huoltamisessa, modernisoimisessa ja turvallisamisessa. Nämä asetukset ovat koneasetus 400/2008 ja valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta kertovaa asetusta kutsutaan myös käyttöasetukseksi. Käyttöasetuksessa velvoitteiden tarkoituksena on turvata henkilöiden terveys ja työkyky, jotka työskentelevät koneilla. (Sarlin Oy Ab, n.d.)

Voimakkaasti koneturvallisuuteen ja koneen modernisaatioon liittyvänä alueena nykypäivän koneisiin kuuluu koneiden sähköistys. Koneen sähköisiä laitteita, kuten moottoreita, antureita sekä ohjaus- että säätökomponentteja ohjaavat omat lainsäädäntönsä. Koneisiin tulee soveltaa monilta osin myös sähköturvallisuuslakia 1135/2016. Sähköturvallisuuslakiin 1135/2016 on kirjattu, että sitä ei sovelleta ”sähköllä toimivien koneiden markkinoille saattamiseen eikä käyttöön ottamiseen siltä osin kuin niistä säädetään koneiden turvallisuudesta annetussa valtioneuvoston asetuksessa 400/2008.” Näin ollen koneen modernisaatiossa tulee huomioida sekä koneturvallisuutta että lisäksi myös sähköturvallisuutta. (Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 §4)

Huomataan, että vain koneiden turvallisiksi tekeminen suunnittelun, rakentamisen tai modernisoinnin yhteydessä ei aina riitä takaamaan riittävää turvallisuustasoa. Koneita käytäviä, huoltavia, korjaavia, säätäviä ja muissa poikkeusoloissa koneiden kanssa olevia henkilöitä varten on määritelty Suomen työturvallisuuslaki 738/2002. Jo aiemmin tässä luvussa todettujen koneasetuksen, käyttöasetuksen sekä sähköturvallisuuslain lisäksi Suomen työturvallisuuslaissa 738/2002 määritetään työssä käytettävien koneiden turvallisuudesta. ”Työssä saadaan käyttää vain sellaisia koneita, työvälineitä ja muita laitteita, jotka ovat niitä koskevien säännösten mukaisia sekä kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin sopivia ja tarkoituksenmukaisia. Myös niiden oikeasta asennuksesta sekä tarpeellisista suojalaitteista ja merkinnöistä on huolehdittava. Näiden lisäksi pääsyä koneen tai työvälineen vaara-alueelle on rajoitettava niiden rakenteen, sijoituksen, suojusten tai turvalaitteiden avulla tai muulla sopivalla tavalla. Huolto-, säätö-, korjaus-, puhdistus-, häiriö-

ja poikkeustilanteisiin on varauduttava siten, että ne eivät aiheuta vaaraa tai haittaa työntekijöiden turvallisuudelle tai terveydelle.” Ottaen nämä huomioon koneen modernisaatiossa on koneesta mahdollista tehdä vaatimusten mukainen. (Työturvallisuuslaki 738/2002 §41)

### 3.3 Koneiden turvallisuuteen liittyviä standardeja

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry julkaisee standardeja, joita Suomessa on käytössä yli 29 000 kappaletta. Kuten opinnäytetyössä aiemmin on mainittu, että standardeja valmistelevat eri alojen asiantuntijaorganisaatiot. Sähkötekniikan alan standardoinnista vastaavan Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry SESKO:n mukaan Suomessa käytetyistä sähköalan noin 10 000 standardista noin 97 % on identtisiä EU-alueen EN-standardien kanssa. Näistä standardeista noin 10 % on käännetty suomeksi. Standardeja uusitaan ja päivitetään oman aikataulunsa mukaisesti. Uusimis- ja päivitystyötä tehdään koska, työelämän vaatimukset tekniikan ja turvallisuuden osalta kehittyvät jatkuvasti. Kehityksen takia uusien standardien luominen sekä vanhempien standardien päivittäminen on äärimmäisen tärkeää, jotta standardit pysyisivät vaatimusten mukaisina. (Sesko, n.d.-a)

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry METSTA vastaa muun muassa kuuluvan kone- ja metallituoteteollisuuden standardoinneista. Kone- ja metalliteollisuuden alan turvallisuuden standardit ovat suurelta osin konedirektiivin 2006/42/EY mukaisesti yhdenmukaistettuja standardeja. Eräs EU:n konedirektiivin mukaisesti toimitettu standardi on SFS-EN ISO 12100. Kyseinen koneturvallisuusstandardi käsittelee termistöä, riskien arvioinnin periaatteita, riskien arviointia, riskien pienentämistä ja yleisiä turvallistamisperiaatteita. (Metsta, n.d.-a) (Metsta, n.d.-b)

Koneisiin liittyviä sähkötekniikan alan standardeja ovat esimerkiksi SFS-EN 60204-1, SFS-EN IEC 62046 sekä SFS-EN 62061. Standardi SFS-EN 60204-1 käsittelee koneiden sähkölaitteiston yleisiä vaatimuksia koneturvallisuuden osalta. Tämän standardin avulla koneiden sähkölaitteistoista voidaan suunnitella ja rakentaa EU:n konedirektiivin vaatimuksen mukaisia. Standardissa SFS-EN IEC 62046 on henkilöiden turvallisuutta turvalaitteiden näkökulmasta. Standardin esittää turvalaitteiden valintaa, koostumusta, sijoittamista ja

käyttöönottoon liittyviä vaatimuksia turvaamaan henkilöitä, jotka työskentelevät koneiden vaarallisten osien toimintaympäristössä. SFS-EN 62061 käsittelee koneturvallisuutta erilaisten ohjausjärjestelmien toiminallisen turvallisuuden kautta. Standardia soveltaen, sitä voidaan käyttää erilaisten ohjausjärjestelmien yhdistelmänä tai yksin toteutettujen turvatoimintojen suunnitteluun ja toteutukseen. (SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf, n.d.-b)

Kuten opinnäytetyössä on todettu, että lainsäädäntö ja standardit ovat toisiaan tukevia, vaikka samalla myös eroavaisia. Niiden noudattamisen oikeanlaisuudessa tai tulkinnoissa saattaa olla eroja. Standardeihin saatetaan kuitenkin toisinaan tehdä viittauksia myös lainsäätäjän toimesta. Lainsäädännöllisen viittauksen takia seuraa tilanne, jolloin standardin soveltaminen saattaa tulla pakolliseksi tai standardin soveltamisesta saa muuta lisähyötyä. Tämä muu lisähyöty voisi olla esimerkiksi vaatimustenmukaisuusolettamus. Mikäli kone on suunniteltu ja rakennettu standardien mukaisesti voidaan todeta että, tällöin vaatimustenmukaisuusolettamus on voimassa. Tämä siirtää vastuun koneesta suunnittelijalta ja valmistajalta omistajalle tässä opinnäytetyössä luvussa 3.1 mainitun asetuksen 400/2008 määräyksen mukaisesti. (Metsta n.d.-c)

#### **4 Riskien arviointi ja hallinta**

Riskien arvioinnilla tarkoitetaan työhön liittyvien jokaisen riskin tunnistamista. Riskin tunnistamisen yhteydessä riski määritellään sekä suuruudeltaan, taajuudeltaan että todennäköisyydeltään. Riskin löytymisen jälkeen riskiä tarkastellaan pienentämisen, välttämisen tai vähentämisen mahdollisuuksien näkökulmasta. Riskien arviointi tehdään aina riski- ja toimintokohtaisesti ja se kannattaa tehdä aina kun se nähdään tarpeelliseksi. Riskien arvioinnin tarpeellisuus korostuu erityisesti, jos koneeseen tai työtappoihin tehdään muutoksia. Uuden tai muuttuneen työtavan lisäksi riskejä suositellaan arvioitavan, mikäli työalueen laajuus on suuri tai kohteessa tehtävä työaika on pitkä. Riskien arviointiin koneen modernisoinnin yhteydessä voi käyttää koneturvallisuusstandardia SFS-EN ISO 12100. Standardi sisältää riskien arviointiin turvallistamisperiaatteiden mukaista ohjeistusta. Standardissa riskien arviointi menetelmien suhteen pysyy periaatetasolla. Tämä antaa riskien arvioijalle mahdollisuudet soveltaa millä tavoin riskien arviointi suoritetaan. Riskien arvioija

voi valita tapauskohtaisesti minkäläisen menetelmän ja dokumentoinnin hän luo. (Metsta, n.d.-b)

Koneturvallisuusstandardissa SFS-EN ISO 12100 mainitaan useita tarkasteltavia riskejä. Riskit ovat ryhmitelty aihealueittain. Riskien arvioinnissa käytettäviä vaaran tunnistamisen aihealueita koneturvallisuusstandardissa on yhteensä 10.

1. mekaaniset vaarat
2. sähköstä johtuvat vaarat
3. lämpötilasta johtuvat vaarat
4. melusta johtuvat vaarat
5. värinästä johtuvat vaarat
6. säteilystä johtuvat vaarat
7. materiaaleista tai aineista johtuvat vaarat
8. ergonomiasta johtuvat vaarat
9. koneen käyttöympäristöön liittyvät vaarat
10. vaarojen yhdistelmät

Standardissa jokaisen kymmenen aihealueen alle on merkitty riskin alkuperä ja mahdolliset seuraukset. Varsinkin aihealueen numero 10, vaarojen yhdistelmät, alla on paljon mahdollisia riskien alkuperiä eli juurisyytä. Tätä myöten seuraukset voivat olla mitä monimuotoisimpia ja poikkeavimpia. Tämän takia riskien arviointia voi olla hyvä tehdä useamman asiantutijan kokoonpanolla, jotta kaikki riskit tulevat huomioiduiksi. (SFS-EN ISO 12100, ss. 60–61)

Tämän opinnäytetyössä valmistuneessa riskienarviointilomakkeessa on otettu huomioon eurooppalaista sekä suomalaista lainsäädäntöä, standardeja ja ohjeita. Pääosin riskienarviointilomakkeessa riskien arviointimenetelmänä sekä riskien että vaarojen tunnistamisen lähteenä on käytetty koneturvallisuusstandardia SFS-EN ISO 12100. Riskien arvioinnissa voidaan mukailia myös sähköalan standardia SFS-EN 62061. Standardi SFS-EN 62061 tukeutuu koneturvallisuusstandardiin SFS-EN ISO 12100. Riskien ja vaarojen seurauksien arvioinnissa standardi SFS-EN 62061 on tarjonnut tämän opinnäytetyön

riskienarvioitilomakkeessa käytetyn vaihtoehdon. Riskien ja vaarojen seuraukset määritellään riskienarviointilomakkeessa altistumisen keston tai tiheyden, todennäköisyyden sekä vakavuuden mukaisesti. Opinnäytetyössä riskien arviointia tehdessä otettiin huomioon se, että yhden standardin menetelmä ei välttämättä suoraan eheyttä koneen kaikkia riskejä, vaan riskien arviointi voi vaatia monen eri standardin mukailemista. (SFS-EN IEC 62061, s.29)

Koneeseen tehdyn riskien arvioinnin jälkeen, koneturvallisuusstandardia SFS-EN ISO 12100 mukailleen on silti mahdollista että, koneeseen voi jäädä vielä riskejä jäljelle. Tässä tapauksessa jäljelle jäävien riskien eheytyä suoritetaan standardia SFS-EN IEC 62061 mukailleen. Standardin SFS-EN IEC 62061 avulla määritetään riskien arvioinnin seuraukset ja seurauksista syntyvät matemaattiset tulokset erilaisiin vaaraluokituksiin niiden vakavuuden mukaisesti. Näistä luokista käytetään nimitystä SIL-luokat. SIL tulee englannin kielen sanoista Safety Integrity Level. Luokat ovat SIL 1 – SIL 4. SIL 1-luokassa vakavuus voi olla pieni ensiavun tarve tai muu toimenpide. Vastaavasti luokassa SIL 3 suuri vakavuus on silmän tai käden menetys sekä kuolema. SIL 4 luokkaa ei käytetä tavallisissa konesovelluksissa, jollainen tämä opinnäytetyö on. Standardien tarjoamia periaatteita on hyödynnetty tämän opinnäytetyön lopputuloksena syntyneen riskienarviointilomakkeen (liite1 ja liite 2) suunnittelussa. (SFS-EN IEC 62061, s. 59)

#### **4.1 Riskien tunnistaminen**

Riskien arviointi ja niiden tunnistaminen on loogisesti eteneviä sarja, jossa on eri vaiheita. Tämän sarjan iteroiminen eli toistaminen useaan kertaan on tarpeellista, jotta tunnettuja riskejä sekä vaaroja pienennetään tai mieluummin poistetaan kokonaan.

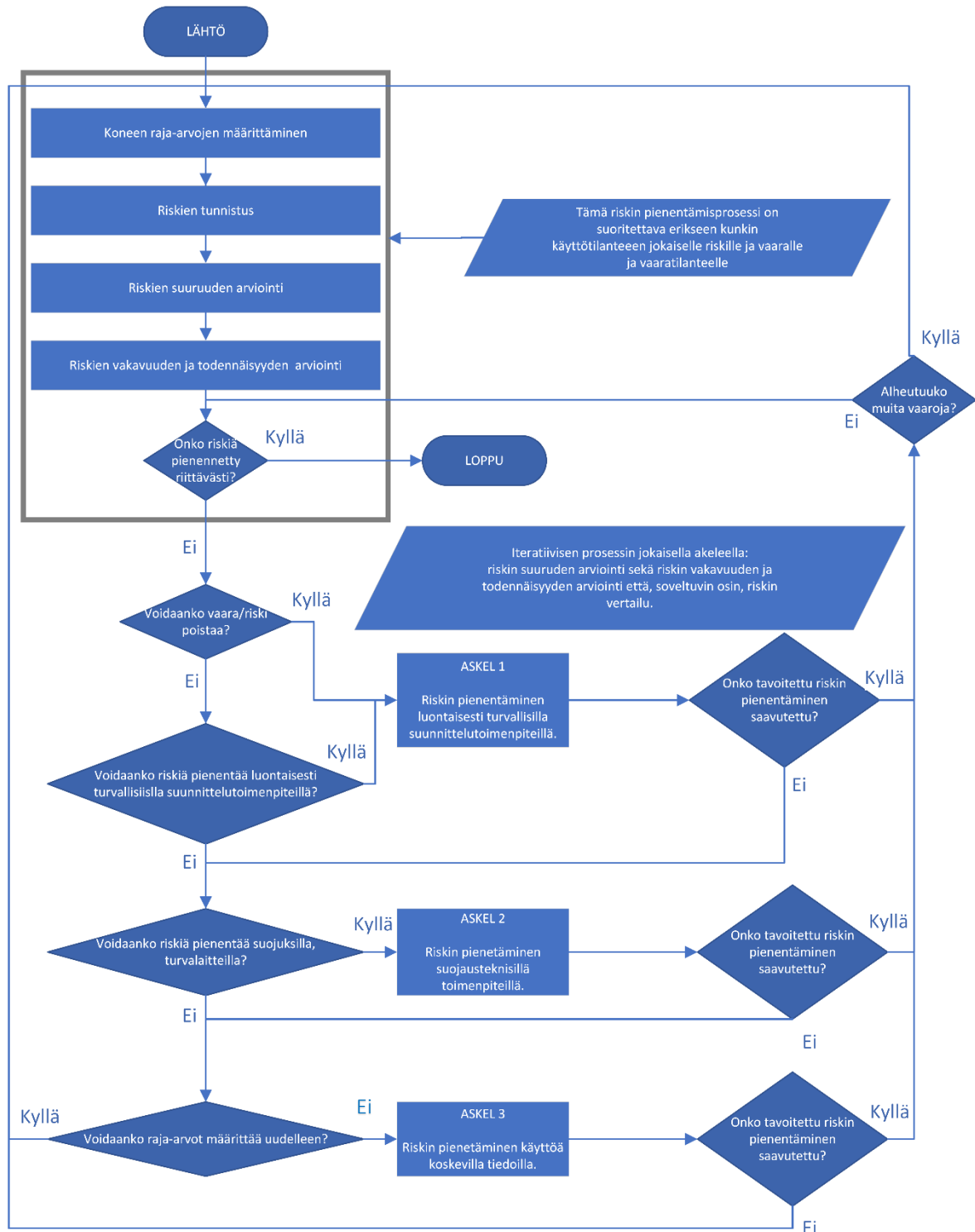
Riskien arviointia tehdessä seuraavat toimenpiteet voidaan toteuttaa koneturvallisuusstandardin SFS-EN ISO 12100 riskien arviointikaavion (Kuva 1) osoittamassa järjestyksessä. Osoitetussa järjestyksessä tehtävässä riskien arvioinnissa on tunnistettava

1. koneen raja-arvot normaalissa käytössä sekä ymmärrettävä mahdollisen virheellisen käytön raja-arvot kohtuullisessa määrin
2. vaaratilanteet ja niihin liittyvät riskit sekä vaarat

3. arvioitava jokaisen tunnistetun riskin suuruus
4. arvioitava jokaisen riskin vakavuus ja todennäköisyys
5. osattava tehdä johtopäätös tunnettujen riskien pienentämiseksi
6. poistettava tai pienennettävä riskejä tai vaaroja oikeilla suojaustoimenpiteillä.

Riskien arvioinnin kohdassa kuusi eli riskien poistamisessa tai pienentämisessä on kolme askelta. Ensimmäinen askel on oikeanlainen suunnittelu. Toinen askel on suojaustoimenpiteiden rakentaminen. Kolmas askel on oikeanlainen ohjeistus tai käyttörajoitukset. Askelittaisen etenemisen jälkeen huonosti saavutettu turvallisuus voi johtaa lopulta koneen raja-arvojen uudelleen määrittämiseen, mukaan lukien normaalit ja virheelliset toiminnot. Tämä johtuu siitä, koska riskin arviointi on iteroiva prosessi, jolloin jokaisen riskiä pienentävän askeleen jälkeen, on tehtävä riskien arviointi uudelleen. Tällöin pohditaan, onko riskiä pienennetty riittävästi aiheuttamatta muita vaaroja. Riskien arvioinnin tärkeys korostuu etenkin silloin, mikäli arvioitavassa kohteessa on käytössä ihmisen toimista riippumatonta ulkopuolista energiaa. Nämä ulkopuoliset energiat saattavat aiheuttaa odottamattomia toimintoja esimerkiksi vian tai häiriön yhteydessä. (SFS-EN ISO 12100, s. 14)

Kuva 1. Riskien arviointikaavio (SFS-EN 12100, s. 15)



Riskien arvioinnin ja käyttöön otettujen suojaustoimenpiteiden jälkeen tulee huomioida, että koneessa oleva mahdollisesti piilevä riski tai vaara voi johtaa ennemmin tai myöhemmin

vahinkoon. Vahingon riski kasvaa, mikäli suunniteltuja ja tarvittavia suojoitoimenpiteitä ei toteuteta oikein tai niitä ohitetaan.

## 4.2 Riskien suuruuksien arviointi

Riskien arvioinnin iteroivassa prosessissa jokaisen riskin vakavuus ja suuruus tulee arvioida erikseen. Ensin tulee arvioida riskien vakavuudet ja suuruudet. Suuruuksia voidaan arvioida kuvassa kaksi (Kuva 2) olevalla standardin SFS-EN 62061 mukaisella matriisitaulukolla. Vakavuus, joka merkitty matriisitaulukossa S-kirjaimella, voi pahimmillaan olla kuolettavan vakavaa ja johtaa peruuttamattomaan eli kuolemaan. Pienimmillään vahingon vakavuuden sattuessa riittää omatoiminen pieni ensiapu. Suuruuteen vaikuttavia tekijöitä ovat riskin todennäköisyys (F), altistumisen tiheys ja keston pituus (W) sekä mahdollisuudet välttää riskiä (P). Kuten riskien arviointia toteutetaan iteroivalla prosessilla, myös riskien suuruuksien arviointi pitää tehdä jokaisella toistamisen kerralla ja jokaisella askeleella uudestaan. Samoja määrittämiä voidaan käyttää turvallisuutta parantavien sähköisten turvalaitteiden oikeaan SIL-luokituksen löytymiseen. (Pilz Skandinavian K/S, n.d.)



Kuva 2. Riskien suuruuksien määrittäminen standardin 62061 mukaan (Pilz Skandinavian K/S, n.d.)

Vakavuusluokka (S)	
Vaikutus	Vakavuus (S)
peruuttamaton: kuolema, silmän tai käsivarren menetys	4
peruuttamaton: raajojen murtuminen, yhden tai useamman sormen menetys	3
peruuntuva: vaatii lääkärin hoitoa	2
peruuntuva: vaatii ensiapua	1

Altistusmistiheys ja keston luokitus (F)		
Altistumistiheys	Kesto (F) ≤ 10 min.	Kesto (F) > 10 min.
> 1 tunnissa	5	5
< 1 tunnissa - > 1 päivässä	4	5
< 1 päivässä - > 1 joka toinen viikko	3	4
< 1 joka toinen viikko - > 1 vuodessa	2	3
< 1 vuodessa	1	2

Todennäköisyyden luokitus (W)	
Tapahtuman todennäköisyys	Todennäköisyys (W)
erittäin korkea	5
todennäköinen	4
mahdollinen	3
harvinainen	2
merkityksetön	1

Vahingon tai rajoittamisen mahdollisuus	
Välttämisen tai rajoittamisen mahdollisuus	Välttäminen ja rajoittaminen (P)
mahdoton	5
harvinainen	3
todennäköinen	1

Riskien määritettyjä suuruuksia voidaan laskea kertomalla niitä yhteen tai summaamalla, riippuen halutaanko joitain tiettyjä osia korostaa vai ei. Suuruuksien määrittämisen jälkeen tärkeintä on jokaisen riskin poistaminen tai pienentäminen riittävän pieneksi. Mikäli riski jää pieneksi, tällöin riskin tulee olla niin pieni, jonka jäljelle jäänyt vahinko eli jäännösriski voidaan hyväksyä. (Aluehallintovirasto, 2021)

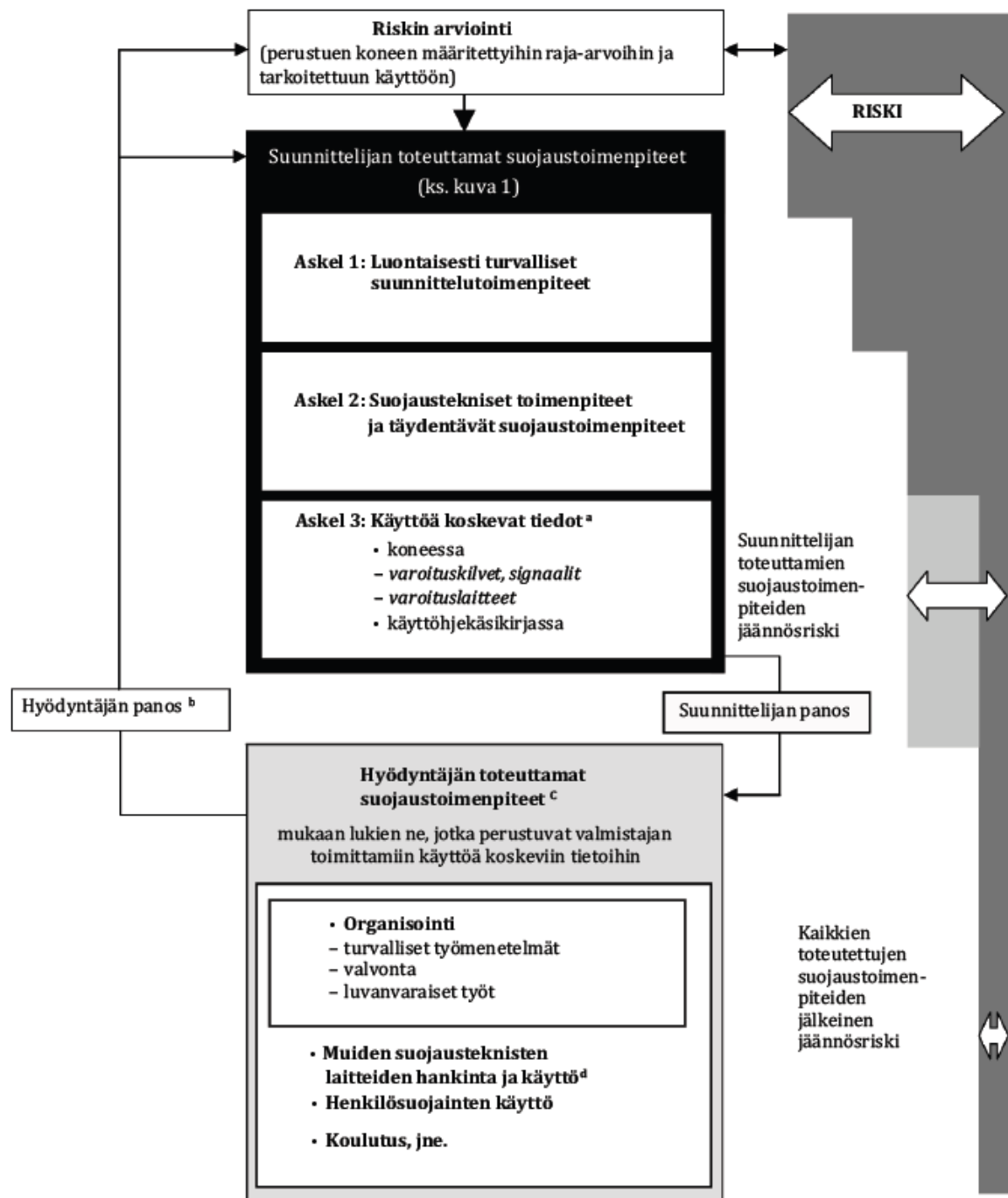
### 4.3 Riskien pienentäminen

Riskin pienentämiseen riskien arviointikaaviossa, joka on kuvassa yksi, löytyy monia mahdollisuuksia riskien pienentämiseen. Näitä mahdollisuuksia voivat olla koneen

oikeanlainen suunnittelu ja rakentaminen, mekaanisten sekä sähköisten lisäsuojauksien asentaminen tai oikeanlaisen ohjeistuksen laatiminen. (SFS-EN ISO 12100, s. 15)

Riskien pienentämistä kuvataan koneturvallisuusstandardissa SFS-EN 12100 kolmiportaisella askelluksella, joita kuvataan tarkemminkuvassa kaksi, riskien pienentämistoimenpiteet-kaaviossa. Askeleella yksi riskin pienentämistoimenpiteet, ovat luontaisesti turvalliset toimepiteet, joita voidaan toteuttaa jo koneen oikeanlaisen suunnittelun ja rakentamisen vaiheessa. Askeleella kaksi voidaan riskiä pienentää suojaustoimenpiteitä täydentämällä ja lisäämällä mahdollisesti jo käytössä olevaan koneeseen lisäsuojauksilla. Askeleella kolme voidaan riskiä pienentää laatimilla ja rakentamalla erilaisia ohjeita, varoituksia ja signaaleita. Riskien pienentämisen mahdollisuuksia ovat myös oikeanlaiset ja turvalliset työmenetelmät, henkilösuojainten käyttö, työn hyvä organisointi tai koulutus. Jokaisen askeleen jälkeen tulee aina tarkastella uudestaan onko tavoiteltu tulos saavutettu ja onko vahingon mahdollisuus jatai riski pienentynyt hyväksyttäväksi. (SFS-EN ISO 12100, s. 16)

Kuva 3. Riskien pienentämistoimenpiteet (SFS-EN 12100, s. 16)



Mikäli riskien arvioinnissa turvallistamistoimien jälkeen edelleen esiintyy jäännösriskiä, voidaan riskien pienentämiseen käyttää myös sähkötekniisiä laitteita, joiden turvatoimintojen luokkia kuvataan SIL-luvulla. Jotta osataan valita turvatoiminnoiltaan riittävä laite tulee tehdä riskien suuruuden arviointi. Tämän arvioinnin summana saadaan SIL-luku. Kuten opinnäytetyön luvussa 4.2 on jo mainittu, riskien suuruuksien arvioinnin

kuuluvat sekä vakavuus (S), altistumistiheys (F), tapahtuman todennäköisyys (W) ja rajoittamisen mahdollisuus (P). Määriteltyjen suuruuksien jälkeen saadaan summa, jonka tulos määrittää tarvittavalle sähköiselle turvalaitteelle oikean SIL-Luokan (K). (Kuva 4).

Kuva 4. SIL-luokkien matriisimäärittäminen (Pilz Skandinavian K/S, n.d.)

Vaikutukset	Vakavuus	Luokka K = F+W+P													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Kuolema, silmän tai käden menetys	4	SIL 1		SIL 2						SIL 3					
Pysyvä, sormien menetys	3	Muu toimenpide				SIL 1				SIL 2		SIL 3			
Peruuntuva, lääketieteellinen hoito	2	Muu toimenpide								SIL 1		SIL 2			
Peruuntuva, ensiapu	1	Muu toimenpide										SIL 1			

Ylläolevasta SIL-luokkien matriisimäärittämis (Kuva 4) -matriisista voidaan päätellä, että mikäli vakavuuden suuruus on enintään pientä ensiapua vaativa, riittää jokin turvallisuutta parantava toimenpide tai enintään SIL 1-luokan sähköinen turvalaite. Vastaavasti mikäli riskin suuruuden vakavuus on mahdollinen kuolema, tällöin pienimmässäkin riskissä tulee käyttää vähintään luokan SIL-1 turvatoimintoon määriteltyä sähköistä turvalaitetta.

## 5 Koneen modernisaation suunnittelu

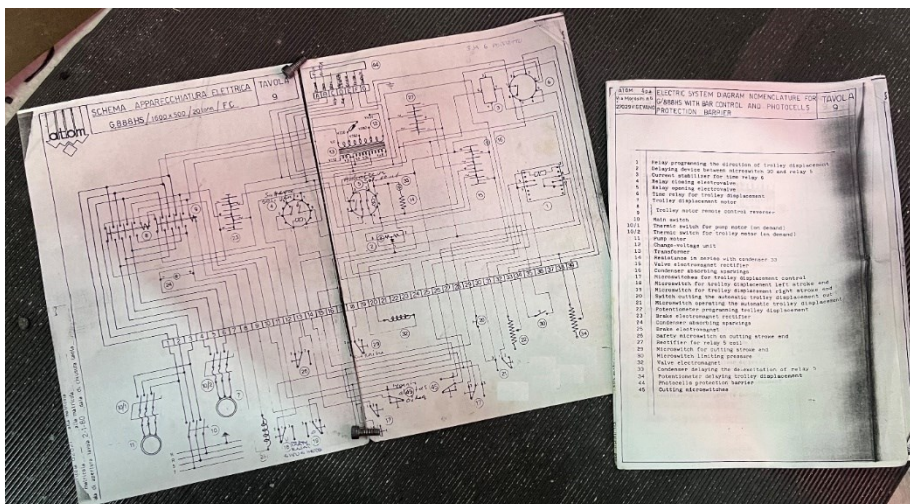
Tämän opinnäytetyön kohteena olevan koneen modernisaation suunnittelu pohjautuu tarpeisiin, joita toimeksiantajayritys edellyttää. Suunnittelu sisältää monia vaiheita tai voi olla, että toimeksiantajayrityksen tarpeet muuttuvat suunnittelun aikana, joka johtaa suunnittelun suunnan muutokseen ja jo valmiiksi saatujen vaiheiden uusimiseen. Näitä muutokseen johtavia syitä voivat olla suunnitteluvaiheessa esiin nousevat kustannusten rajat, tarve määritellä laitteita tai rakennettavan alueen muotoa, uusien toimintojen kehittämisen tarve sekä koneen modernisoinnin mukana tulevien uudistusten sisältävät mahdollisuudet. Muutos voi johtua myös koneen modernisoinnissa tarvittavien komponenttien vaatimuksista tai koneen tuotantokapasiteettiin mahdollisesti aiheutuvista positiivisista muutoksista. Voi myös käydä niin, että suunnitteluprojekti ei ikinä etene esisuunnittelua pidemmälle.

Voi olla myös niin, että sähkösuunnittelija joutuu tekemään sähkösuunnitelmia koneisiin tai laitteisiin, joita hän ei täysin tunne. Monien asetusten, standardien ja ohjeiden takia

sähkösuunnittelijan tulee perehtyä kaikkiin vaatimuksiin, jotta sähkösuunnittelija osaa suunnitella koneiden sähkölaitteet vaatimusten mukaisesti. Mikäli suunnitteluprojekti on suuri tai moniosainen, suunnittelutyössä on tärkeää ymmärtää eri suunnittelualojen yhteistyön tärkeys. Yhteistyöllä suunnitelmat saadaan toimitettua valmiiksi jokaisen suunnitteluosan ammattitaitoa hyödyntäen sekä aikataulussa että suunnitteluprojektiin laaditussa budjetissa pysyen.

Vanhemmista koneista ei välttämättä löydy kovin kattavaa dokumentaatiota. Tällöin koneen modernisaation suunnittelu voi olla haastavaa. Siinä tapauksessa suunnittelijan pitäisi tutustua koneeseen yksityiskohtaisemmin, esimerkiksi käymällä koneen luona ja tarkkailemalla konetta. Suunnittelijan tulee havainnoida ja ymmärtää miten konetta käytetään, miten kone toimii tai mitä toimintoja siinä on. Usein koneen käyttäjien haastattelu on tärkeä osa onnistunutta suunnittelua. Tässä opinnäytetyössä opinnäytetyötekijä kävi tutustumassa modernisoitavaan koneeseen ja haastatteli toimeksiantajayrityksen edustajaa, tuotekehityspäällikkö Tuomas Turkkia siitä, mitä toimintoja koneessa tulee olla ja miten konetta voisi käytettävyydeltä parantaa ja mitä tarpeita toimeksiantajayrityksellä on modernisoitavan koneen suhteen. Tämän opinnäytetyön tapauksessa haastattelu nousi melko isoon rooliin, koska konetta ja sen käyttöä koskeviin kysymyksiin ei saanut vastauksia modernisoitavan koneen dokumenttien perusteella, jotka kaikki näkyvät kuvassa viisi (Kuva 5).

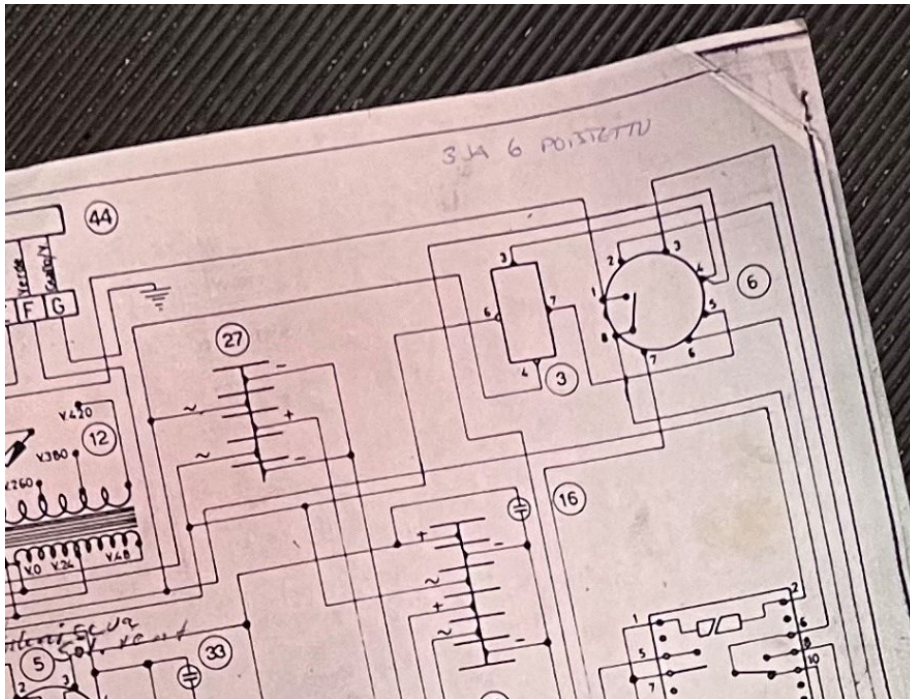
Kuva 5. Modernisoitavan koneen kaikki dokumentit



Suunnittelutyössä suunnittelun laadun hallinnassa verifiointi ja validointi ovat laadunhallintamenetelmiä. Ne ovat tärkeitä osia laadukkaan suunnittelun toteutuksessa. Verifiointi eli todentaminen on menettelytapa, jolla varmistetaan, että tehty tulos vastaa alkuperäisen vaatimuksen oikeellisuutta. Verifiointilla saadaan vastaus kysymykseen "Teemmekö suunnittelun oikein?". Validointi eli hyväksyminen tai kelpuutus on menettelytapa, jolla varmistetaan, että vaadittu tulos on tarkoituksen mukainen. Validoinnilla saadaan vastaus kysymykseen: "Teemmekö oikeanlaista suunnittelua?". Oikeanlaisen suunnittelun jatkuvuuden takaamiseksi verifiointia ja validointia on toistettava jatkuvasti. Standardeja seuraten suunnittelutyöstä tulee oikeanlaista ja oikealla tavalla suunnittelua. Näiden seurauksena sähkösuunnittelussa on mahdollista saada yhteneväisiä merkintöjä kautta maailman. Yhdenmukaiset merkinnät yksinkertaistavat sähkösuunnitelmien lukemista sekä auttavat ymmärtämään laitteen toimintaa. (Pere, 1987, s. 1.1)

Aiemmassa kappaleessa pohdittiin, että onnistuneen suunnittelun pohjana on yhdenmukaisuus eli standardien noudattamisen kautta tuleva oikeanlaisuus. Oikeanlaisten suunnittelutarpeiden tunnistaminen voi olla haastavaa. Oikeanlaiseen sähkösuunnitteluun sisältyvät piirrosmerkit sekä suunniteltavan työn tekstimuotoiset kuvaukset että ohjeistukset. On huomattava, että usein löydetään yksittäisiä tai irrallisia tarpeita, mutta saattaa olla työlästä laatia ominaisuuksista oma kokonainen luettelo, jossa olennaiset osat ovat mukana kaikiltakin osin. Tämänlaisen suunnittelutyön laadun seurauksena virheitä on opittu sietämään. Virheiden sietäminen havainnoituu opinnäytetyön kuvasta vanha muutos dokumentoituna. Kuvasta kuusi (Kuva 6) voi huomata, että dokumenttiin on tehty muutos. Muutos on kirjoitettu käsin dokumentin ylälaitaan. Dokumenttiin ei ole riittävän hyvällä tarkkuudella merkitty millä laajuudella muutoksia on tehty ja miten kyseiset muutokset ovat todella toteutettu. Tehdystä muutoksesta on todella työlästä selvittää millä tavoin ja miten ne vaikuttavat koneen käyttöön. (Pere, 1987, s. 2.4)

Kuva 6. Vanha muutos dokumentoituna



Jokainen muutos ja merkintä muutoksesta tulee tehdä dokumentteihin oikeanlaisella tarkkuudella. Dokumenttien suunnittelussa on varmistuttava riittävällä varmuudella siitä, että dokumentissa olevat tiedot ovat oikein tallessa ja niiden saavutettavuus on tehty riittävän helpoksi sekä käyttäjille että kunnossapidosta vastaaville henkilöille. Mikäli dokumentista puuttuu informaatiota, että millä tavoin tai miten muutos on vaikuttanut koneen toimintaan tai käyttämiseen, on käyttäjän tai huoltohenkilön vaikea tulkita koneen todellisia toimintoja. Mikäli kyseessä olisi koneen turvalaite, tällöin kyseessä on tahallinen turvalaitteen ohittaminen koneen käytön helpottamiseksi. Tämä puolestaan aiheuttaa vaaratilanteita, koska turvapiiri ei turvalaitteen ohittamisen jälkeen ole toiminnassa. Dokumentaatioissa tulee löytyä myös päiväys ja tekijän nimi, jotka ovat tärkeä osa laadukasta dokumentaatiota. (SFS-EN 61082-1)

## 6 Koneen modernisaation dokumentointi

Opinnäytetyön kohteena oleva kone eli hydraulikkapuristin on ollut pidemmän aikaa käytössä. Kone on otettu käyttöön arviolta 1970-luvulla. Opinnäytetyön tekijä pohti mistä johtuu, että joko koneiden täydellisten ja yksityiskohtaisten selostuksien, teknisten tietojen,

asennus-, käyttö ja huolto-ohjeiden, ennakkohuolto-ohjeiden, varaosaluetteloiden sekä toiminnallisten kuvauksien vaatimukset ovat olleet toisenlaisella tasolla tai ne ovat hävinneet vuosien kuluessa. Vastausta pohdintaan ei löytynyt.

Koneen dokumentaation ollessa puutteellinen, eivätkä kaikki toiminnot koneessa olleet käyttökuntoisia on mahdollista että, koneen modernisaatiosta tulee todella suuritöinen ja haastava. Ensin suunnittelijan tulee selvittää mitä toimintoja nykyisessä koneessa on ja miten ne vaikuttavat toisiinsa. Seuraava kysymys on, miten kyseiset toiminnot saadaan uudelleen kytkettyä käyttöön. Suunnittelu, asennustyön ja käyttöönoton jälkeen koneen turvallisuuden tulee olla nykypäivän vaatimusten tasolla, vaikka koneeseen ei tehtäisi mitään muutoksia, vaan otetaan vain poistetut ominaisuudet uudelleen käyttöön.

## **6.1 Modernisoimattoman koneen toiminnot**

Modernisoitavasta koneesta, tarkemmin sanottuna toimeksiantajayrityksen vastaavan koneen sähkökotelosta, löytyi opinnäytetyön kuvassa viisi esitelty dokumentaatio.

Dokumentaatio on nykypäivän odotuksiin nähden puutteellinen. Tämän seurauksena tulee huomioitua, että on tärkeää avata modernisoimattoman koneen toimintaa.

Modernisoimattoman koneen etuosassa kuvassa seitsemän näkyy modernisoimaton kone edestä. Koneen vasemmassa pystypalkissa, on koneen käyttö- ja säätöohjaimia.

Lattianrajassa näkyy koneen ainut turvatoiminta. Kyseessä on punainen niin sanottu kuolleen miehen kytkin. Jalalla tätä kytkintä painettaessa on mahdollista tehdä koneen käyttäjän antamat toiminnot. Mikäli kuolleen miehen kytkimestä ei paina, koneen toiminnot eivät toimi. Koneen vasemmassa pystypalkissa olevista kytkinten ja säätöpotentiometrien joukossa toimii vain virran katkaisu. Tämän takia ei kaikkien kytkinten ja säätöohjainten toiminnoista ei saatu varmuutta. Tämä aiheuttaa runsaasti haasteita tulevan modernisaation suunnitteluun, koska ihan tarkkaa tietoa ei ole miten kone on alun perin suunniteltu ja toteutettu toimimaan.



Kuva 7. Modernisoitava kone edestä



Koneeseen leikkauspöydälle asetetaan kappale koneen etuosasta, joka on oranssin värisen liikkuvan paininkelkan alla. Koneen käyttäjä leikkaa paininkelkan avulla asetetusta kappaleesta erimuotoisia irtokappaleita metallisten sapluunoiden avulla. Sapluuna siis puristaa leikattavasta kappaleesta ja oranssin värisen paininkelkan avulla halutun muotoisen irtokappaleen. Leikkauksen tehdessään koneen käyttäjä ohjaa paininkelkkaa laskeutumaan. Paininkelkan laskeutumisen seurauksena leikattavaan kappaleeseen tulee sapluunan muotoinen reikä. Tämän jälkeen koneen käyttäjä päästää paininkelkan alas-ohjauksen pois päältä. Tällöin paininkelkka nousee asetettuun korkeuteen. Seuraavaksi koneen käyttäjä pystyy ottamaan sekä sapluunan että leikatun palan pois koneesta. Tätä työtä toistetaan niin kauan, kuin asetetussa kappaleessa on sapluunan muotoisia ja kokoisia paloja mahdollista leikata tai leikattuja paloja on muuten riittävästi.

Modernisoitavan koneen takaa otetussa kuvassa (Kuva 8) on moottori, joka pyörittää kuvassa näkyvää beigen väristä rullaa. Rullan tehtävänä, alas laskettuna, on kuljettaa koneessa olevaa kappaletta eteenpäin koneen loppuosassa näkyvälle kuljetuspöydälle. Kokonaan rullan jälkeiselle kuljetuspöydälle siirtynyt kappale voidaan poistaa koneesta.

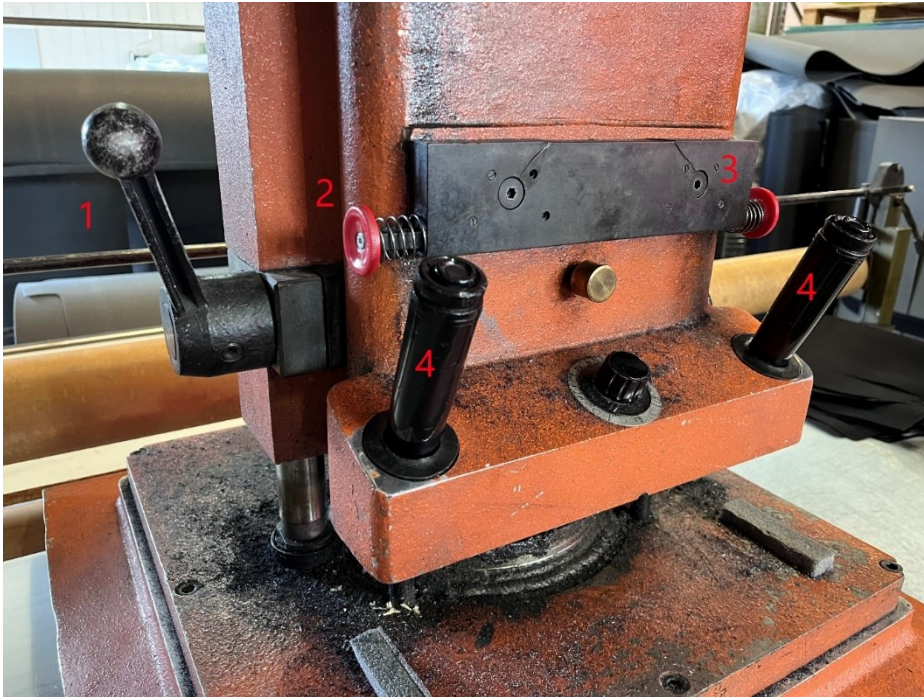
Modernisoimattomassa koneessa moottoriohjattua rullaa ei käytetä, vaan leikattavaa kappaletta liikutetaan käsin eteenpäin leikkauspöydällä.

Kuva 8. Modernisoitava kone takaa



Hydrauliikkapuristimen ohjainlaitteiden käyttäminen tapahtuu kuvassa yhdeksän näkyvän oranssin, liikkuvan paininkelkan yhteyteen asennetuilla napeilla ja vivuilla. Paininkelkka liikkuu käyttäjän ohjauksien mukaan joko vasemmalle, oikealle sekä alas että ylös. Valmiustilassa kelkka on yläasennossa. Kuvassa yhdeksän (9) olevalla vivulla, numero yksi (1) säädetään paininkelkan valmiustilassa olevaa lähtökorkeutta eli yläasentoa. Samassa kuvassa näkyvillä painokytkimellä kaksi (2) paininkelkkaa ohjataan vasemmalle ja painokytkimellä kolme (3) paininkelkkaa ohjataan oikealle. Paininkelkan yhteyteen kytkettyjen ohjainsauvojen, jotka näkyvät kuvassa yhdeksän merkittynä numeroilla neljä (4), päissä olevia nappeja pitää painaa samanaikaisesti, jotta paininkelkka liikkuu alaspäin.

Kuva 9. Modernisoitavan koneen ohjainlaitteet



Edellisessä kuvassa olevat alas-ohjauspainikkeet ovat toteutettu siten että koneen käyttäjä joutuu pitämään molemmat kätensä ohjaimilla. Tämän avulla riskiä voidaan pienentää käsien ruhjoutumisesta tai puristumiseen joutumisesta. Tämä ei suojaa kuin koneen käyttäjää. Lähellä toimivat henkilöiden raajat ovat yhä vaarassa joutua puristuksiin.

## 6.2 Modernisoidun koneen dokumentointi

Kaikki asennusta, käyttöä ja kunnossapitoa varten tarvittavat dokumentit on sisällytettävä koneen modernisoinnin toimitukseen. Tulee myös huomata, että toimeksiantajayrityksellä saattaa olla erilaisia velvoittavia ohjeita dokumentaation valmistamiselle, toimittamiselle tai säilyttämiseksi. Dokumentoinnit voidaan vaatia laadittavan EN- ja IEC-standardien mukaisesti. Lisäksi tulee huomioida, onko toimeksiantajayrityksellä erillisiä lisäohjeita. Dokumentit voidaan vaatia toimitettavan toimeksiantajayritykselle sekä tiedostoina että paperikopioina. Standardi SFS-EN 61082-1 esittää yleisiä ohjeita ja sääntöjä informaatioiden esittämistavoille dokumenteissa sekä erityissääntöjä sähkötekniikassa käytettäville kaavioille, piirustuksille ja taulukoille. (SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf, n.d.-c)

Modernisoitavan koneen täydelliseen toimitukseen voidaan sisällyttää modernisoidusta koneesta täydelliset ja yksityiskohtaiset laiteselostukset, tekniset tiedot, asennus-, käyttö- ja huolto-ohjeet, ennakkohuoltohuolto-ohjeet sekä varaosaluettelot. Standardi SFS-EN IEC/IEEE 82079-1 on tarkoitettu kaikille osapuolille, jotka osallistuvat tuotteen käyttöohjeiden ja dokumentoinnin laadintaprosessiin. Ohjeistusta laadittaessa ja kehitettäessä on standardien lisäksi huomioitava eurooppalaisen lainsäädännön tai tuotestandardien lisävaatimukset informaatiolle ja dokumentaatiolle. (SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf, n.d.-d)

## **7 Hydrauliiikkapuristimen modernisaation toteutus**

Opinnäytetyön kuvassa viisi on modernisoitavan koneen ainoat dokumentit. Muunlaista dokumentaatiota tai toimintakuvausta koneesta ei ole. Tämän takia voidaan todeta, että koneen modernisaatio, laadukkaan suunnittelun ja dokumentoinnin kanssa on varsin perusteltua. Opinnäytetyön toimeksiantajayrityksellä oli tarve saada mekaanisesti toimintakuntoiset hydrauliikkapuristimet sähköisen ohjauksen ja käyttäjien turvallisuuden osalta uudistettua. Toimeksiantajayrityksellä on kolme samanlaista konetta. Yhden koneen kehityksellä saadaan kehitettyä kaikkien koneiden sekä huolto-, toimintavarmuutta että käyttöturvallisuutta nykypäivän vaatimusten tavoitteisiin riittäviksi. Tässä opinnäytetyössä tehtävä modernisoinnin esisuunnittelu mahdollistaa, että samaa suunnittelupohjaa on mahdollista hyödyntää muiden vastaavien koneiden modernisaatioissa.

Toimeksiantajayrityksen tuotekehityspäällikkö Tuomas Turkki kertoi keskustelussamme että, ensisijaisena tarpeena opinnäytetyön toimeksiantajayrityksellä on saada siirrettyä ohjaus- ja säätökytkimet hydrauliikkapuristimen hydrauliikkatoimisesta liikkuvasta paininkelkasta kiinteään ja erilliseen ohjauspaikkaan. Näillä toimilla saavutetaan parempi käyttöturvallisuus koneen käyttäjille. Modernisoinnin yhteydessä tulee huomioida myös muiden koneen ympäristössä työskentelevien henkilöiden turvallisuus. Tällä hetkellä koneen käyttäjän lisäksi myös koneen lähellä olevat henkilöt pääsevät koskemaan hydrauliikkapuristimen liikkuviin toimintoihin turvattomasti joko epähuomiossa tai tahallisesti. Tämä on suuri turvallisuusriski, joka voi aiheuttaa mittavia vahinkoja tai tapaturmia. (C.P.E. Production Oy, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

## 7.1 Riskien arviointi toteutuksessa

Modernisoimattomassa koneessa mahdollisesti olevien riskien vuoksi koneen riskien arviointi ja niiden pienentäminen tulee tehdä valmiin koneen rakenteiden ja toimintaympäristön ehdoilla. Pääsääntöisesti riskien arviointien iteroiva toimintaprosessi on sama, oli kyseessä vanha kone, käytössä oleva kone tai vasta suunnitteluvaiheessa oleva uusi kone. Myös riskien pienentämisen toimintaprosessi tehdään samojen toimintamallien mukaisesti. Riskien arviointia tehtäessä tulee huomioida, että jos vanhan koneen rakenne ei ole enää turvallisesti perusteltavissa tulee riskiä pienentää teknologian avulla. (SFS-EN ISO 12100, s. 14)

Opinnäytetyön aiheena olevassa koneessa on jalalla painettava niin sanottu kuolleen miehen kytkin, joka voidaan mieltää koneen ainoaksi toimivaksi turvalaitteeksi. Toinen koneen turvallisuutta lisäävä seikka on se, että paininkelkka liikkuu alas-suuntaan vain, kun kuvassa yhdeksän olevia alas-ohjauksen nappeja painetaan molemmin käsin samanaikaisesti. Näin toimimalla koneen käyttäjien raajat ovat turvatut. Koneen käyttäjän lisäksi riskien arviointia tehtäessä on tärkeä ottaa huomioon myös koneen läheisyydessä olevien henkilöiden turvallisuus. Tämä on otettu huomioon myös tämän opinnäytetyön tuotoksena syntyneessä riskienarviointilomakkeessa. (Liite 1).

Koneen turvallisuutta voidaan parantaa ja vaaratilanteita eliminoida hyvällä riskien arvioinnilla. Opinnäytetyön kirjoittaja teki riskien arvioinnin opinnäytetyön kohteena olevalle koneelle liitteen 1 mukaisesti. Riskien arvioinnissa käytettiin luvussa neljä mainittuja riskiryhmiä. Näitä ryhmiä on 10 kappaletta. Jokaisen ryhmän kohdalla riskien arvioija kävi läpi millaisia riskejä kukin ryhmä saattaa sisältää. Riskejä löytyi yhteensä seitsemän kappaletta kuudesta eri ryhmästä. Riskien suuruudet arvioitiin opinnäytetyössä luvussa 4.2 esitellyn standardin 62061 mukaisesti. Suuruuksien summasta sai SIL-luokkien matriisimääritystaulukosta (Kuva 4) kullekin riskille sopivan kohdan. Tämän jälkeen riskien arvioinnissa kirjattiin kullekin riskille korjaavat toimenpiteet (Liite 1).

Koska riskien arviointi on iteroiva prosessi riskien arviointi, tulee tehdä uudestaan niin kauan kuin riskit ovat saatu siedettävän pieniksi. Tämän jälkeen riskien arviointi tehtiin uudestaan,

ja sen tulokset näkyvät liitteessä 2. Tässä työssä riskien arviointi kaksi kertaa, koska ensimmäinen kierros ei laskenut kaikkia riskejä riittävän siedettävälle tasolle. Toisen kierroksen riskien arvioinnin seurauksena löytyi yksi jäännösriski. Kyseisen riskien suuruuksien arvioinnissa tulokseksi tuli vähäinen vaara. On hyväksyttävää todeta, että tätä jäännösriskiä voidaan sietää, kun riskistä on laadittu oikeanlainen muu toimenpide. Tällä kertaa muuksi toimenpiteeksi valikoitui ohjeistus, jota noudattamalla vaara voidaan poistaa (Liite 2).

## 7.2 Toteutuksen suunnittelu

Koneen modernisoinnin toteutuksen suunnittelua tehdessä havaittiin, että tällä hetkellä sähköiset ohjaus- ja kenttälaitteet, kuten kontaktorit ja johdotukset, ovat todella vanhat ja hankalasti saavutettavissa. Tämän takia esisuunnitelmana on asentaa uudet varaosasaatavuudelta paremmat laitteet uuteen sijaintiin saavutettavuuden helpottamiseksi. Uusien laitteiden myötä koneen sähkölaitteet tulisivat huoltovapaimmaksi ja -varmemmiksi, uusien laitteiden pidemmän käyttöiän ja varaosasaatavuuden ansioista.

Tuleva modernisaation on suositeltavaa tehdä uudistamalla sähköiset laitteet, koskien tällä hetkellä käytössä olevaa relettoimista ohjausjärjestelmää sekä kenttälaitteita.

Modernisaation yhteydessä lisätään turvalaitteet turvareleineen. Tehtävän uudistuksen myötä sähköohjausjärjestelmä pysyisi relettoimisena, jonka huoltamiseen ei tarvitsisi erikoiskoulutettua tai logiikkaosaamista omaavaa huoltohenkilöstöä. Tämänlaisen esisuunnitelma voi parhaiten palvella toimeksiantajayritystä huoltokustannusten ja huollon saatavuuden kannalta.

Tällä hetkellä käytössä olevat, kuvassa yhdeksän näkyvät ohjaus- ja säätöpainikkeet tulisi esisuunnitelman mukaan siirtää uuteen erilliseen ohjaintankoon lähtökorkeuden vipua lukuun ottamatta. Lähtökorkeuden vivulla säädettävää iskunkorkeutta säädetään todella harvoin ja sitä käytetään tällä hetkellä vain painin kelkan ollessa pysähdyksissä. Tämän vuoksi siirto ei ole riskien hallinnan kannalta välttämätöntä. Vivun käytölle tulee kuitenkin laatia erillinen ohjeistus, joka on huomioitu jo riskienarviointilomakkeessa (Liite 2). Uusi, erillinen ohjaintanko tulisi sijoittaa koneen etuosaan, irti koneesta, käyttäjälle sopivaan korkeuteen.

Tankoon voidaan myös asentaa pieni korkeudensäädön nivel, jonka avulla koneen käyttäjät voivat säätää ohjauspainikkeet omalle ergonomialle sopivaksi.

Turvallisuuden valvonnan kannalta koneelle on järkevää järjestää vain yksi kulkureitti, jota koneen käyttäjän on helppo valvoa käytön aikana. Tämä voidaan toteuttaa aitaamalla tai sijoittamalla kone niin lähelle seinää, että koneen luo on vain yksi kulkureitti. Tämä sama kulkureitti voidaan toteuttaa turvallisesti, mikäli kulkureitille asennetaan sähköjärjestelmään liitetty, riskien arvioinnin (Liite 2) perusteella, SIL 3-luokan turvaloverhopari (Kuva 10).

Kuva 10. Turvaloverhopari (SICK, nd.)



Turvaloverhon yhteyteen on hyvä lisätä turvarelejärjestelmä, joka on kytketty koneen muuhun releohjausjärjestelmään. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajayrityksen sähkösuunnittelija Kimmo Koivulan kanssa keskusteltaessa nousi esiin että, käytettäessä turvareleitä saadaan muun muassa turvapiirien vikaindikointi huomattavasti tavallisia relekytkentöjä korkeammalle tasolle. Turvareleitä käytettäessä saadaan myös kovimmat mahdolliset ja tarvittavat suojaustasot käyttöön. Turvajärjestelmän tarkoituksena on pysäyttää koneen toiminnot, mikäli turvajärjestelmässä havaitaan jokin turvallisuutta heikentävä tilanne. Turvallisuutta heikentävä tilanne voisi esimerkiksi olla, mikäli turvaloverhon säteen katkaisee koneen lähistöllä toimivan ulkopuolinen henkilö. Näin saadaan muidenkin kuin koneen käyttäjien turvallisuutta parannettua siedettävälle tasolle. Valoverho on tarkoitus asentaa lattiasta noin kaksi metriä ylöspäin, jotta valoverhon ala- tai yläpuolelta ei pääse koneeseen käsiksi koneen käydessä. Valoverhon asennus ja konfiguraatio tulee tehdä siten että, että valoverho ei pääse katkeamaan, uudistettujen

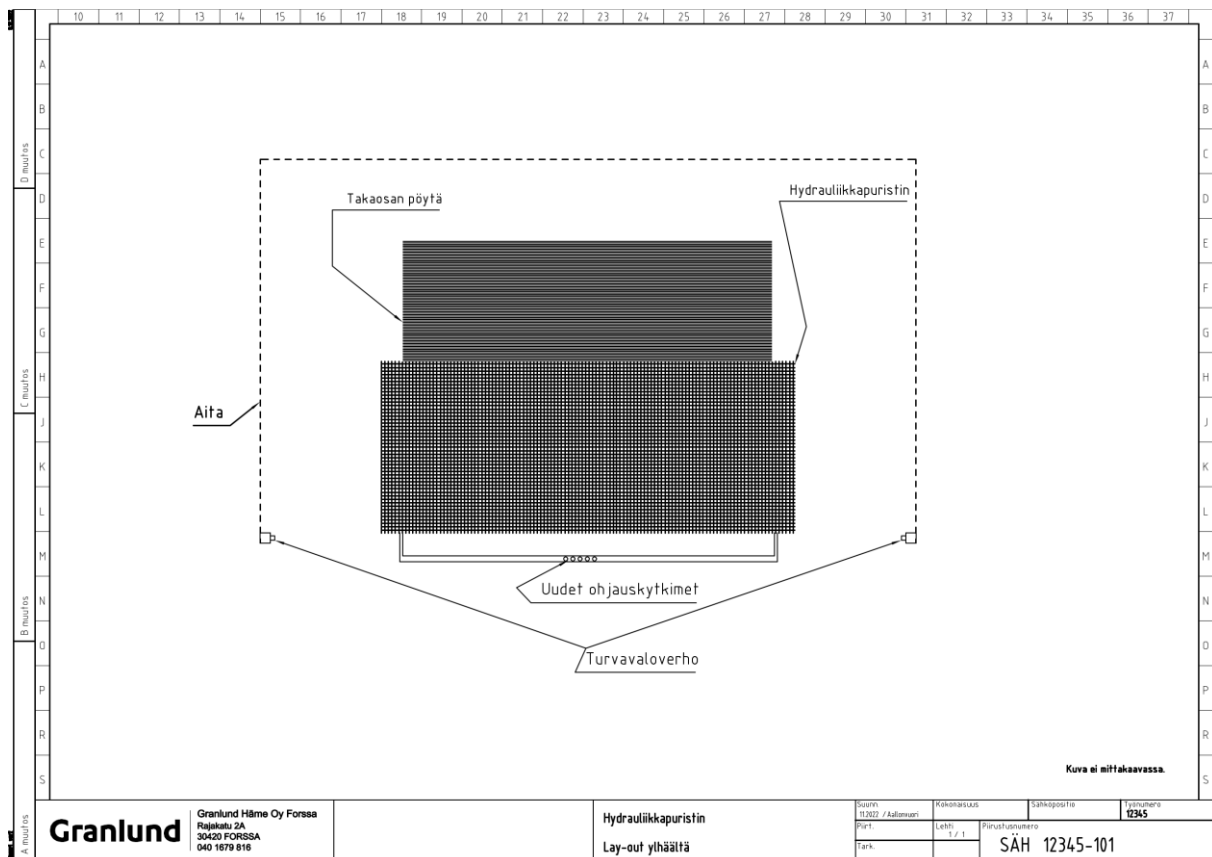
ohjain- ja säätöpainikkeiden sijainnin ja käytön takia. (Granlund Häme Oy, henkilökohtainen tiedonanto, n.d.)

Kuten opinnäytetyössä on todettu, liitteen kaksi mukaisen riskien arvioinnin pohjalta koneeseen tulee tehtyjen muutosten myötä myös uusi ohjeistus. Ohjeistuksessa selvitetään uudistetun koneen uudistettu toiminta. Ohjeistuksessa tulee korostaa huolto- ja kunnossapitotehtävissä olevaa henkilöä asettamaan liikkuvan paininkelkan sekä sivuttais-että pystysuuntaiset liikkeen mekaaniset liikkeenestot. Liikkeenestot tulee asentaa, vaikka koneen energiat olisivat pois päältä, koska hydraulikkaan saattaa jäädä potentiaalienergiaa ulkoisten energioiden katkettua.

Näiden suunnitelmien pohjalta tehtiin lay-out suunnitelman koneen yläpuolelta katsoen (Kuva 11). Siitä selviää laitteiden sijoittelu modernisoitavan koneen ympäristöön. Suunnitelmassa turvaloverhon anturipari on ympäröivässä aidassa tarkkailemassa koneen luo johtavaa reittiä. Uudet ohjauskytkimet ovat sijoitettu turvaloverhon ulkopuolelle, jota konetta voi turvallisesti käyttää.



Kuva 11. Lay-out suunnitelma



Esisuunnittelu vaiheessa voidaan suositella koneeseen relettoimista sekvenssoitua puoliautomaatiojärjestelmää, joka ohjaa konetta toimimaan tilanne tai tapahtuma kerrallaan. Tämän ansiosta koneen käyttäjän pakkoehtaisuus vähenisi.

Puoliautomaattiohjauksen avulla koneen käyttäjän mahdollista saada työstä yksinkertaisempaa, tuloksellisempaa sekä tuottavampaa. Tämä sekvenssoitu puoliautomaattiohjaus tekee yhden sekvenssin tai tapahtuman automaattisesti käyttäjän hyväksyessä edellisen toiminnon onnistumisen.

### 7.3 Puoliautomaattiohjaus

Puoliautomaattinen sekvenssitoiminta, jota on kuvailtu kuvassa 12, on mahdollista toteuttaa toimeksiantajayrityksen halutessa optiona. Näin toimimalla voidaan kehittää koneen käytön mielekkyyttä. Samalla on otettava huomioon, että puoliautomaattinen sekvenssitoiminta saattaa lisätä materiaalihävikkiä. Materiaalihävikkiä saattaa syntyä enemmän, mikäli rullan

pyörimisen ajastuksessa ei käytetä optimaalisia pyörimisaikoja tai rulla luistaa joillakin materiaaleilla. Erilaiset automaattitoiminnot tarjoavat paljon erilaisia käytännön mahdollisuuksia toimia jouhevammin ja itseohjautuvammin. Nämä mahdollisuudet vaativat kuitenkin enemmän käyttäjien ohjeistusta, että mahdollisuuksia osataan hyödyntää ja käyttää oikein.

Puoliautomaattisen sekvenssikaavion mukaan (Kuva 12.) puoliautomaatioprosessi toimisi opinnäytetyössä esiintyvän koneen kohdalla seuraavien vaiheiden mukaisesti.

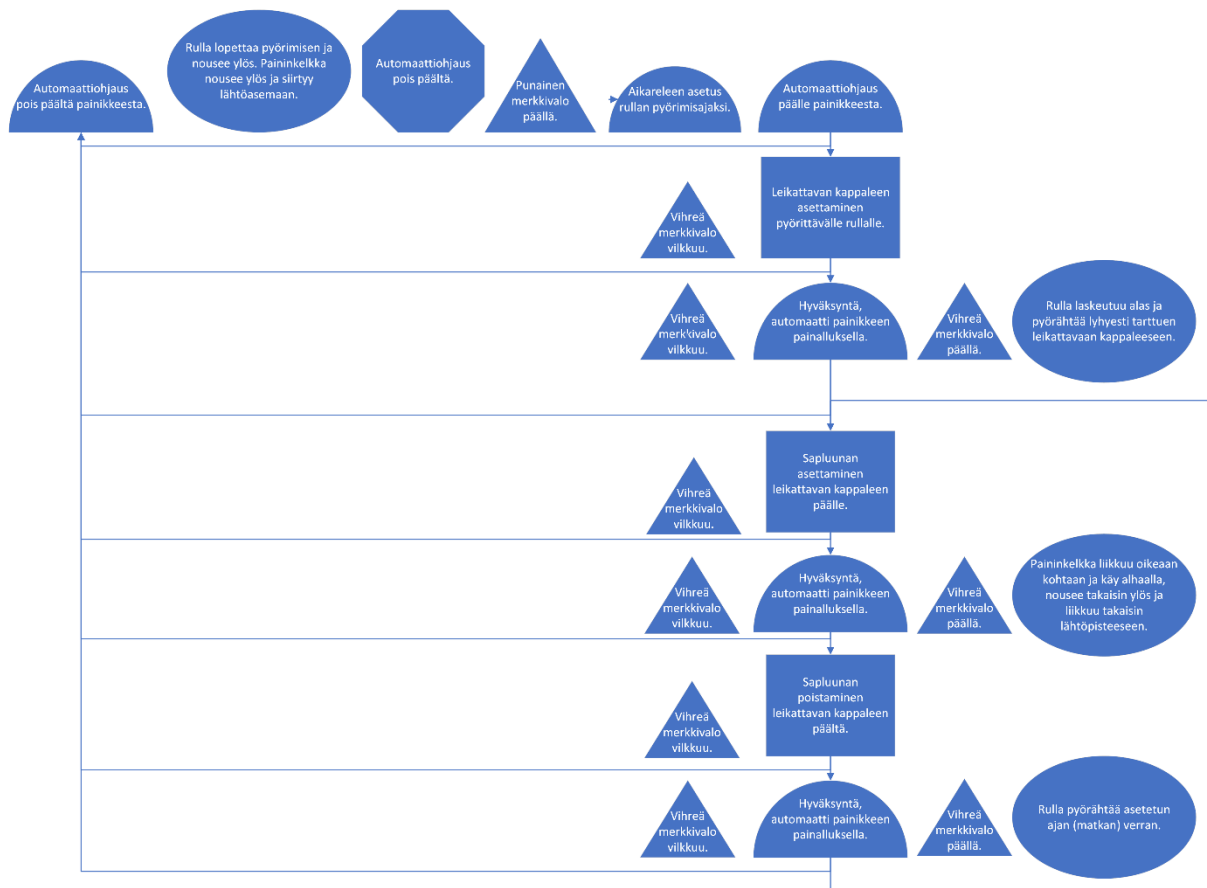
Puoliautomaatio laitetaan päälle painonapista. Tämän jälkeen leikattava kappale laitetaan rullalle, jonka jälkeen napista hyväksytään ensimmäinen tapahtuma onnistuneeksi, samanaikaisesti vihreä puoliautomaattiohjauksen merkkivalo vilkkuu. Hyväksynnän jälkeen vihreä merkkivalo palaa kiinteästi, jolloin rulla laskeutuu alas ja pyörähtää hiukan tarraten leikattavan kappaleen mukaansa.

Tämän jälkeen alkaa toistuva prosessi, jota jatketaan niin kauan kuin on mahdollista tai tarvetta. Toistuvassa prosessissa seuraavaksi voi huomata vihreän valon vilkkuvan jälleen. Tässä kohdin merkkivalo ilmaisee, että sapluuna voidaan asettaa sopivaan kohtaan. Sapluunan asetuksen jälkeen käyttäjä kuittaa painonapista sapluunan asettelun suoritetuksi. Tästä seuraa tilanne, jolloin puoliautomaattiohjauksen merkkivalo syttyy kiinteästi ja paininkelkka lähtee liikkeelle painaen sapluunaa oikeassa paikassa. Tapahtuman jälkeen paininkelkka nousee ylös lähtökorkeuteen ja palaa lähtöasemaansa ja vihreä merkkivalo alkaa vilkkumaan. Tässä vaiheessa koneen käyttäjä voi ottaa sapluunan ja leikattavan palan pois koneesta, kuitaten puoliautomaattiohjauksen napista tehtävän tehdyksi. Kone pyöräyttää rullaa halutun ajan määrän, jolloin automaatti toiminnan aikana vihreä merkkivalo palaa kiinteästi. Vihreä valon jälleen vilkkuessa, voidaan toistuva prosessi aloittaa alusta.

Puoliautomaatti toiminnalla leikattava kappale voi liikkua väärän matkaa. Tämä aiheuttaa materiaalihukkaa, koska sapluunoilla leikattavien kohtien väliin saattaa jäädä ylimääräistä materiaalia, jota käsikäytöllä olisi voinut käyttää kokonaisvaltaisemmin. Siksi on tärkeää rakentaa ohjeistus puoliautomaatti toiminnalle. Ohjeistuksessa tulee informoida, että ennen toistuvaa prosessia tai mieluiten jo prosessia aloittaessa on tärkeää tarkistaa, että rullan

pyörittymisen aikareleeseen on asetettu sopiva määrä aikaa. Tämä auttaa vähentämään materiaalihukkaa.

Kuva 12. Puoliautomaattinen sekvenssikaavio



Releohjausjärjestelmä voidaan asentaa ilman puoliautomaattista sekvenssiohjausta, jolloin koneen toiminnot pysyvät hyvin samankaltaisina kuin ennen modernisointia. Tehdään koneen modernisointi releohjauksella, puoliautomaattiohjauksella tai minilogiikalla, niin ehdottoman huomion arvoista on se, että koneen modernisaation esisuunnittelun toteutuksen myötä koneturvallisuus tulee parantumaan huomattavasti. Tämän opinnäytetyön kirjoittaja koki olevan koneen modernisaation tärkeyteen vaikuttava suurin yksittäinen tekijä.

## 8 Yhteenveto

Koneen modernisaatio koneturvallisuuden johdolla on ehdottoman hyvä tapa kehittää työympäristöä pitkäjänteisesti. Koneturvallisuus on pysyvää ja pitkälle näkyvää kehittämistä, koska koneiden uudistuksia tehdään melko harvoin. Se tuo nykyisille ja tuleville työntekijöille ajatuksen, että heistä välitetään ja heidän turvallisuutensa on tärkeää. Turvallisempi työympäristö on monesti miellyttävämpi työskentelyolosuhteiltaan.

Opinnäytetyössä tehty riskien arviointi ei koske vain koneen käyttäjää, vaan työturvallisuus voi kehittyä modernisoinnin myötä myös koneen lähiympäristössä työskentelevillä henkilöillä. Tämä on äärimmäisen tärkeää, että jokainen koneen käyttäjä sekä lähiympäristössä työskentelevä henkilö voi kokea heidän toimiaan arvostettavan. Tämän vuoksi riskien arvioinnissa otettiin huomioon muutakin, kuin vain koneen toiminnot.

Opinnäytetyön riskien arvioinnissa suurimmaksi riskiksi nousi puristuminen. Se voi pahimmillaan johtaa raajan menettämiseen. Näin voi todeta, että koneen käyttämisessä on selkeä vaaratekijä. Lisäksi on huomioitavaa, että koneesta ei löytynyt montaa dokumenttia tai edes käyttöohjeistusta. Näiden seikkojen pohjalta on äärettömän suositeltavaa, että modernisoitavan koneen turvalliselle käyttämiselle luodaan kirjalliset toimintaohjeet. Toimintaohjeiden laatiminen on suositeltavaa toteuttaa jo ennen modernisaation valmistumista.

Koneen modernisaation laajuus ei lopulta ole suuri sähköisesti, mutta se vaatii ehdottomasti tarkan suunnittelun. Suunnittelun tarkkuus korostuu erityisesti, koska koneessa ei juurikaan ole dokumentaatiota. Kone on myös hyvin riisuttu toiminnoiltaan. Käytännössä tämä tarkoittaa lähes uuden koneen rakentamista sähköisesti. Suunnittelutyön ja modernisoinnin alkuvaiheessa on tärkeää kerätä kasaan ryhmä, joka suorittaa riskien arvioinnin moniammatillisesti. Nämä toimet voivat tarjota yritykselle paremmat toimintaedellytykset kasvuun.

## Lähteet

Aluehallintovirasto. (2021). *Riskiarvion laatiminen*.

<https://avi.fi/documents/25266232/60926372/Riskiarvion+laatiminen-ohje.pdf/fe897c08-1610-e99e-9207-e7d617d13be5/Riskiarvion+laatiminen-ohje.pdf?t=1633974833939>

C.P.E. Production Oy. (n.d.). *Etusivu - C.P.E. Production Oy*.

<https://www.cpe.fi/>

Granlund Oy. (n.d.). *Etusivu - Granlund*.

<https://www.granlund.fi/>

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry Metsta. (n.d.-a). *Etusivu Metsta*.

<https://metsta.fi/>

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry Metsta. (n.d.-b). *Riskin arviointi*.

<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/turvallisuusstandardien-laadintaperiaatteet/riskin-arviointi/>

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry Metsta. (n.d.-c).

*Vaatimustenmukaisuusolettamus*.

<https://metsta.fi/koneturvallisuuden-standardit-metsta/yhdenmukaistetut-standardit/vaatimustenmukaisuusolettamus/>

Pilz Skandinavien K/S. (n.d.) *Toiminnallinen turvallisuus standardin IEC 62061 mukaan*.

<https://www.pilz.com/fi-FI/support/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iec-62061>

Pere, A. (1987). *Sähköpiirustus*. Offsetpiste.

Sarlin Oy Ab. (n.d.) *Koneturvallisuus on monen tekijän summa*.

<https://www.sarlin.com/koneturvallisuus-on-monen-tekijan-summa/>

SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf. (n.d.-a). *SFS-/IEC-/EN-Standardit*.

<https://sesko.fi/standardit/sfs-iec-en-standardit/>

SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf. (n.d.-b). *SFS-kasikirja 635 koneturvallisuus koneiden sähköistys*.

<https://sesko.fi/sfs-kasikirja-635-koneturvallisuus-koneiden-sahkoistys/>

SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf. (n.d.-c). *Sähkopiirustukset*.

<https://sesko.fi/standardointi/dokumentointi/sahkopiirustukset/>

SESKO Suomen Sähköteknillinen Standardoimisyhdistys ry – Finlands Elektrotekniska Standardiseringsförening rf. (n.d.-d). *Käyttöohjeet*.

<https://sesko.fi/standardointi/dokumentointi/kayttoohjeet/>

SFS-EN 61082-1 (2015). *Sähkötekniikassa käytettävien dokumenttien laatiminen. Osa 1: Säännöt*. SFS Online.

SFS-EN IEC 62061 (2021). *Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus*. SFS Online.

SFS-EN ISO 12100 (2010). *Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen*. SFS Online.

SICK. (n.d.) *Turvavaloverhot*. Älykäs turvallisuus parantaa käytettävyyttä.

<https://urly.fi/2XHs>

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2021). *Koneturvallisuuden standardit luettelo 2021*.

[https://sfs.fi/wp-content/uploads/2021/05/Koneturvallisuuden\\_standardit\\_luettelo\\_2021.pdf](https://sfs.fi/wp-content/uploads/2021/05/Koneturvallisuuden_standardit_luettelo_2021.pdf)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (n.d.). *EU ja standardointi*.

<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/eu-ja-standardisointi/>

Sähköturvallisuuslaki 1135/2016.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>

Tilastokeskus. *Työtapaturmat 2019*.

[https://www.stat.fi/til/ttap/2019/ttap\\_2019\\_2021-11-30\\_fi.pdf](https://www.stat.fi/til/ttap/2019/ttap_2019_2021-11-30_fi.pdf)

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). *Koneita koskevat vaatimukset*.

<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/koneet#39249988>

Työturvallisuuslaki 738/2002.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

## Liite 1: Riskienarviointilomake (OSA 1)

RISKIENARVIOINTILOMAKE						
<b>PÄIVÄYS:</b>	<b>ARVIOIJAT:</b>					
24.11.2022	Tatu Aallonvuori					
<b>Arviointikohde:</b>	Hydrauliikkapuristin (Sapluuna)					
<b>Arviointinnumero:</b>	1					
VAARATEKIJÄ	VAKAVUUS (S)	ALTISTUMISTIHEYS JA -KESTO (F)	TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS (W)	VAHINGON VÄLTTÄMISEN TAI RAJOITTAMISEN MAHDOLLISUUS (P)	RISKIARVION LUOKKA = F+W+P	KORJAAVA TOIMENPIDE
<b>Mekaaniset vaarat</b>						
Sapluunoiden käsittely	1	5	2	1	8	Käytetään oikeanlaisia käsineitä.
Puristuminen paininkelkaan tai takaosan rullaan	4	5	2	5	12	Estetään paininkelkaan ja rullaan pääsy niiden toimiessa ja katkaistaan toiminta, mikäli havaitaan liikettä väärässä kohdin.
<b>Sähköstä johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Lämpötilasta johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Melusta johtuvat vaarat</b>						
Koneiden melu	1	5	2	1	8	Käytetään oikeanlaista kuulonsuojausta.
<b>Tärinästä johtuvat vaarat</b>						
Ohjaimet liikkuvassa paininkelkassa	1	5	5	5	15	Ohjaimien siirto paininkelkasta kiinteiksi.
<b>Säteilystä johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Materiaaleista tai aineista johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Ergonomiasta johtuvat vaarat</b>						
Ohjaimet liikkuvassa paininkelkassa	1	5	5	5	15	Ohjaimien siirto paininkelkasta kiinteiksi.
<b>Koneen käyttöympäristöön liittyvät vaarat</b>						
Epäjärjestys (Takki roikkuu koneessa.)	1	1	1	1	3	Säilytetään tavarat oikeissa paikoissa.
<b>Vaarojen yhdistelmät</b>						
Pakkotahtisuus	1	5	4	1	10	Automatisoidaan koneen toimintoja.

## Liite 2: Riskienarviointilomake (OSA 2)

RISKIENARVIOINTILOMAKE						
<b>PÄIVÄYS:</b>	<b>ARVIOIJAT:</b>					
24.11.2022	Tatu Aallonvuori					
<b>Arviointikohde:</b>	Hydrauliikkapuristin (Sapluuna)					
<b>Arviointinnumero:</b>	2					
VAARATEKIJÄ	VAKAVUUS (S)	ALTISTUMISTIHEYS JA -KESTO (F)	TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS (W)	VAHINGON VÄLTÄMISEN TAI RAJOITTAMISEN MAHDOLLISUUS (P)	RISKIARVION LUOKKA = F+W+P	KORJAAVA TOIMENPIDE
<b>Mekaaniset vaarat</b>						
Puristuminen painikelkkaan tai takaosan rullaan	1	1	1	1	3	Kirjataan ohjeistus huolto- ja kunnossapitotoimille.
<b>Sähköstä johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Lämpötilasta johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Melusta johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Tärinästä johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Säteilystä johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Materiaaleista tai aineista johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Ergonomiasta johtuvat vaarat</b>						
-						
<b>Koneen käyttöympäristöön liittyvät vaarat</b>						
-						
<b>Vaarojen yhdistelmät</b>						
-						