

Santeri Toivonen

TELAHIOMAKONEEN MODERNISOINNIN SUUNNITTELU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2016

TELAHIOMAKONEEN MODERNISOINNIN SUUNNITTELU

Toivonen, Santeri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Joulukuu 2016
Ohjaaja: Suvela, Timo
Sivumäärä: 106
Liitteitä: 6

Asiasanat: koneturvallisuus, modernisointi, työstökone

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella vanhan telahiomakoneen modernisointi. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi UPM Paper ENA Oy ja työ tehtiin Rauman paperitehtaalla.

Opinnäytetyössä perehdyttiin voimassa oleviin koneturvallisuussäännöksiin ja standardeihin ja selvitettiin, mitä turvallistamistoimenpiteitä telahiomakoneelle vaaditaan tehtäväksi, jotta sitä koskevat turvallisuusvaatimukset täytettäisiin. Kaikki opinnäytetyössä esitetyt koneturvallisuuteen liittyvät ratkaisut perustuivat voimassa oleviin koneturvallisuussäännöksiin ja standardeihin.

Opinnäytetyössä myös mitoitettiin ja valittiin uudet sähkökäytöt telahiomakoneen nykyisten sähkökäyttöjen tilalle sekä suunniteltiin nykyisen ohjausjärjestelmän tilalle logiikkaohjausratkaisu. Lisäksi modernisoinnin toteutusta varten tehtiin kattava dokumentaatio, johon kuului telahiomakoneen toiminnankuvaus ja sen oheismateriaalit, piirikaaviot uudistettavasta sähkö- ja ohjausjärjestelmästä sekä luettelo telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmän komponenteista.

PLANNING OF A ROLL GRINDING MACHINE'S MODERNIZATION

Toivonen, Santeri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

December 2016

Supervisor: Suvela, Timo

Number of pages: 106

Appendices: 6

Keywords: safety of machinery, modernization, machine tool

The purpose of this thesis was to design a modernization of an old roll grinding machine. This thesis was commissioned by UPM Paper ENA Oy and it was done at the Rauma paper mill.

This thesis focused on the machinery safety regulations and standards to find out the procedures the old roll grinding machine requires to meet the valid safety requirements that are applied to it. All of the decisions that were presented in this thesis relating to the safety of the machine were based on the valid machinery safety regulations and standards.

In this thesis there were also dimensioned and selected new drives to replace the existing drives as well as planned a logic control solution to replace the existing control system. In addition an extensive documentation was made for modernization's implementation which included a description of the roll grinding machine's operation, circuit diagrams of the electrical and control system and a list of roll grinder machine's electrical and control system components.

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	KONETURVALLISUUDEN PERUSTEITA.....	7
2.1	Direktiivit lainsäädännön taustalla.....	7
2.2	Valtioneuvoston asetukset koneille.....	10
2.3	Standardit	12
3	MODERNISOINNIN LÄHTÖKOHDAT	15
3.1	Telahiomakone.....	15
3.2	Koneen modernisointi.....	17
4	TURVALLISTAMINEN	20
4.1	Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi.....	20
4.2	Telahiomakoneen riskien arviointi	23
4.3	Turvallistamisessa sovellettavat standardit.....	26
4.4	Toimenpiteet riskien pienentämiseksi.....	26
4.4.1	Telan ja kardaaniakselin aiheuttamat riskit	28
4.4.2	Hiomakelkan riskit	36
4.4.3	Hiomanauhakotelon riski.....	39
4.4.4	Turvalliset pysähtymistoiminnot	40
5	TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS	44
5.1	Vaadittavan suoritustason määrittäminen	46
5.2	Suoritustason muodostuminen	48
5.2.1	Vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika	49
5.2.2	Diagnostiikan kattavuus	50
5.2.3	Yhteisvikaantuminen	51
5.2.4	Luokat	52
5.3	SISTEMA-ohjelmistotyökalu	56
5.3.1	Turvatoimintojen mallintaminen	58
5.4	Telahiomakoneen SISTEMA-analyysi	60
5.4.1	Lohkokaaviot	60
5.4.2	Turvatoiminnot	61
5.4.3	Alajärjestelmät.....	64
5.4.4	Raportti	71

6	SÄHKÖKÄYTTÖJEN JA OHJAUSJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN.....	72
6.1	Sähkökäyttöjen mitoittaminen ja valinta	72
6.1.1	Telan pyöritys	73
6.1.2	Hiomanauhan pyöritys.....	83
6.1.3	Z- ja U-akseli	90
6.1.4	Hiomalaitteen sisäänsyöttö.....	93
6.1.5	Servomoottorien ohjaus.....	95
6.2	Logiikkaohjauksen komponenttivalinnat.....	97
6.3	Apulaitteet.....	100
6.3.1	Johteiden voitelujärjestelmä	100
6.3.2	Tukipylkkä	100
6.3.3	Lineaarianturi	101
6.4	Suunnittelun dokumentit.....	101
7	YHTEENVETO	102
	LÄHTEET.....	104
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä suunnitelma vanhan telahiomakoneen modernisoinnista. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii UPM Paper ENA Oy ja työ tehdään Rauman paperitehtaalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, mitä turvallistamistoimenpiteitä vanhalle telahiomakoneelle vaaditaan tehtäväksi modernisoinnin yhteydessä, jotta sitä koskevat turvallisuusvaatimukset täytettäisiin. Kaikki opinnäytetyössä esitetyt koneturvallisuuteen liittyvät ratkaisut perustellaan voimassa olevien koneturvallisuussäännösten ja -standardien avulla.

Koneturvallisuuteen liittyvän selvityksen lisäksi opinnäytetyön tavoitteena on mitoitaa telahiomakoneen nykyisten sähkökäyttöjen tilalle uudet sähkökäytöt sekä suunnitella telahiomakoneen nykyisen ohjausjärjestelmän tilalle logiikkaohjausratkaisu.

Modernisoinnin toteutusta varten tehdään kattava dokumentaatio, johon kuuluu telahiomakoneen toiminnankuvaus ja sen oheismateriaalit, piirikaaviot uudistettavasta sähkö- ja ohjausjärjestelmästä sekä luettelo telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmän komponenteista.

2 KONETURVALLISUUDEN PERUSTEITA

Koneturvallisuuden huomioon ottaminen on tärkeä osa koneiden suunnittelua ja valmistusta. Koneturvallisuusvaatimusten tunteminen saattaa yrityksissä kuitenkin olla melko kyseenalaisella tasolla. Yrityksissä saatetaan päätyä erilaisiin turvallisuusratkaisuihin ”musta tuntuu” menetelmillä tai tavoilla, joita yrityksessä on perinteisesti totuttu käyttämään. Tällaisia menetelmiä käyttämällä päästään harvoin koneturvallisuusvaatimusten edellyttämälle tasolle ja koneiden turvallisuuteen saattaa jäädä merkittäviäkin puutteita. (Siirilä 2009, 17)

Koneiden turvallisuusratkaisuja suunniteltaessa tiedon hankkiminen ja sen oikea tulkinta on tärkeässä roolissa. Oikeaoppisten turvallisuusratkaisujen suunnitteleminen koneisiin vaatiikin syvää perehtymistä koneita koskevaan lainsäädäntöön sekä koneturvallisuuden standardeihin. Seuraavissa kappaleissa esitetään koneturvallisuuden keskeisimpiä asioita, jotka tulee ottaa huomioon etenkin koneen modernisoinnin yhteydessä.

2.1 Direktiivit lainsäädännön taustalla

Koneen modernisointia aloittaessa ensimmäinen selvitettävä asia on, mitä koneturvallisuutta koskevia säädöksiä tulee kyseiseen koneeseen soveltaa. On olennaista huomata, että työturvallisuutta ja koneiden turvallisuutta koskevat säädökset ovat uusiutuneet 2000-luvulla. Koneiden turvallisuuslähtökohdat voivat vaihdella työpaikan sisällä paljonkin, koska eri koneiden välinen ikähaarukka saattaa olla useita kymmeniä vuosia. Koneita on rakennettu eri säädösten aikakausina eikä niitä välttämättä ole saatettu nykyisten vaatimusten tasolle.

Suomen lainsäädännön taustalla ovat Euroopan unionin direktiivit, jotka ovat kansalliselle lainsäätäjälle tarkoitettuja toimintaohjeita. Euroopan unionin direktiiveissä esitetään tavoitteellisia vähimmäisvaatimuksia, jotka kansallisella tasolla tulee saavuttaa. Kansallisella lainsäädännöllä määritellään menetelmät direktiivien vaatimusten saavuttamiseksi. Suomessa direktiivit on saatettu voimaan lainsäädännöllä ja sen nojalla annetuilla valtioneuvoston päätöksillä ja asetuksilla. Kun samat direktiivit

ovat käytössä kaikissa Euroopan talousalueen maissa, on tavaroiden vapaa liikkuminen ja kaupankäynti maiden välillä mahdollista. (Työsuojeluhallinto 2013, 11; Työsuojeluhallinto 2007, 5)

Suomessa koneturvallisuuden perustana toimii vuonna 2006 uusittu EU:n konedirektiivi 2006/42/EY. Siinä esitetään koneiden turvallisuuden perusvaatimukset. Konedirektiivin ulkopuolelle jäävät vain ne koneet, joita koskee jokin erikoisdirektiivi. Erikoisdirektiivien alaisia koneita ovat muun muassa traktorit, hissit, potilaaseen koskeuksissa olevat lääkintälaitteet sekä puhtaasti sotilaalliseen käyttöön tarkoitettut koneet. Euroopan talousalueella markkinoille asetettavan tai käyttöön otettavan koneen tulee täyttää kaikkien sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Esimerkiksi sähkölaitteita sisältävän koneen tulee täyttää konedirektiivin lisäksi myös pienjännitedirektiivin sekä sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevan direktiivin vaatimukset. Yhtä konetta voi siis samanaikaisesti koskea useampikin direktiivi. Alkuperäinen konedirektiivi 89/392/ETY on laadittu vuonna 1989 ja se korvattiin EU:n konedirektiivillä 98/37/EY vuonna 1998, jolloin EU kirjoitti aikaisemmat konedirektiivin muutokset osaksi alkuperäistä konedirektiiviä. (Siirilä 2008a, 19 - 21; Siirilä 2008b, 27 - 28)

Suomessa alkuperäistä konedirektiiviä vastasi valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta 1410/1993. Valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta uusittiin 1994 Suomen liittyttyä Euroopan talousalueeseen. Tämä valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta on tunnukseltaan 1314/1994 ja se tunnetaan nimellä konepäätös. Vuonna 1994 voimaan tuli myös valtioneuvoston päätös työvälineiden turvallisesta käytöstä 1403/1993, joka vuonna 1998 korvattiin valtioneuvoston päätöksellä koneiden ja muiden työvälineiden hankinnasta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta eli ns. käyttöpäätöksellä 856/1998. (Siirilä 2008, 19 - 21; Malm & Hämäläinen 2006, 14)

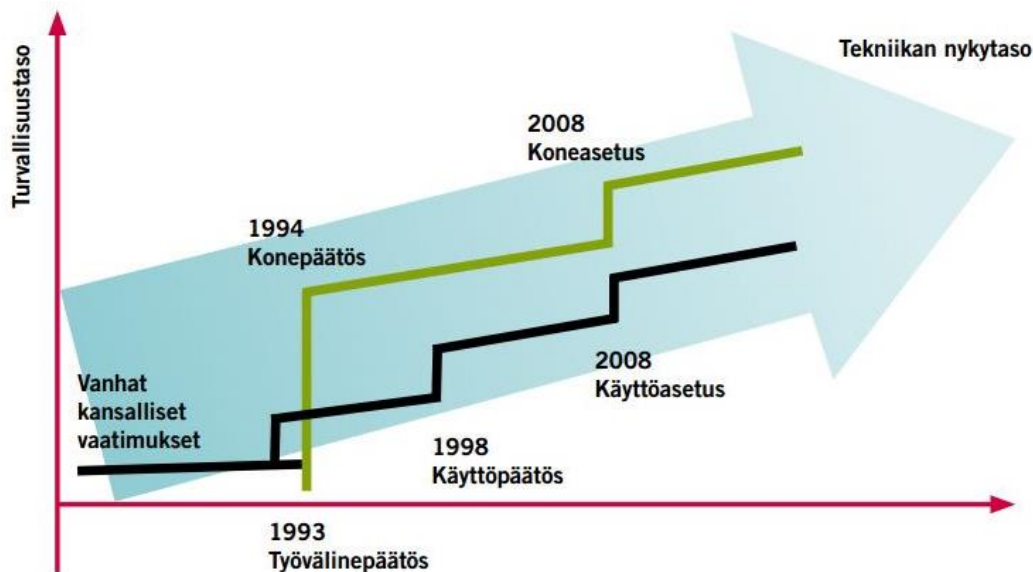
Yksi uuden konepäätöksen merkittävimmistä vaikutuksista oli CE-merkinnän pakolliseksi tuleminen vuoden 1995 alusta lähtien koskien uusia konepäätöksen soveltamisalaan kuuluvia koneita. Konepäätöksen voimaan tulon jälkeen käyttöön otettujen koneiden on oltava konepäätöksessä esitettyjen olennaisten terveys- ja turvallisuusvaatimusten mukaisia. Ennen vuotta 1995 käyttöön otetut koneet on pitänyt saattaa

käyttöpäätöksen mukaisiksi vuoteen 1998 mennessä. (Malm & Hämäläinen 2006, 10 - 14; Työsuojeluhallinto 2013, 32)

Vuonna 2006 konedirektiivin uusiutumisen myötä myös suomalainen valtioneuvoston päätös koneiden turvallisuudesta sekä valtioneuvoston päätös koneiden hankkimisesta, turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta korvattiin uusilla asetuksilla vuonna 2008. Nämä uudet konedirektiivin uusinnan myötä laaditut asetukset olivat valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 ja valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta 403/2008. Uudet asetukset tunnetaan nimillä koneasetus ja käyttöasetus ja niillä kumottiin aikaisemmat konepäätös ja käyttöpäätös. Uusi konedirektiivi, koneasetus ja käyttöasetus tulivat voimaan vuoden 2009 alusta. Säädösten uusinnan myötä uusien koneiden turvallisuusvaatimukset ovat tiukentuneet ja vanhoilta käytössä olevilta koneilta vaaditaan niiden riskien pienentämistä riittävän alhaiselle tasolle riskinarviointien perusteella. Säädösten tiukentuminen johtuu yleisesti ottaen turvallisuusajattelun ja tekniikan kehittymisestä. (Siirilä 2008a, 19 - 21; Siirilä 2009, 25 - 26)

Merkittävä uudistus 2000-luvulla on ollut myös vuodelta 1958 peräisin olevan työturvallisuuslain korvaaminen uudella työturvallisuuslailla 738/2002 vuonna 2002. Vanhasta työturvallisuuslaista siirrettiin koneiden valmistajia, maahantuoja ja myyjiä koskeneet säädökset lakiin eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta 1016/2004 eli ns. konelakiin. Konelaille varmistetaan koneen, työvälineen, henkilön suojaimen tai muun teknisen laitteen vaatimustenmukaisuus ja turvallisuus. Konelaille varmistetaan myös, että valmistettu kone voidaan esteettä luovuttaa käyttöön tai markkinoille. (Siirilä 2009, 25 - 26; Konelaki 1016/2004, 1 §)

Tekniikan kehittyessä turvallisuustason vaatimukset ovat uusien säännösten myötä tiukentuneet. Käytännössä säännöksiä sovelletaan kuitenkin niin, että tekniikan suomien mahdollisuuksien mukaan turvallisuustasoa on parannettava, vaikka säännökset olisivatkin pysyneet muuttumattomina. (Työsuojeluhallinto 2013, 32 - 33)



Kuva 1. Musta viiva kuvaa käytössä olevien koneiden turvallisuusvaatimusten kehitystä ja vihreä viiva uusien koneiden. (Työsuojeluhallinto 2013, 32)

2.2 Valtioneuvoston asetukset koneille

Koneiden valmistuksen, markkinoille saattamisen, käyttöön ottamisen sekä turvallisen käyttämisen kannalta koneturvallisuussäädöksistä keskeisimmässä roolissa ovat koneasetus 400/2008 ja käyttöasetus 403/2008.

Konedirektiiviin perustuva ja konelain 1016/2006 nojalla annettu koneasetus koskee koneiden valmistajia. Koneasetuksen voimaan tulon jälkeen käyttöön otettujen koneiden on täytettävä koneasetuksessa esitetyt olennaiset terveyst- ja turvallisuusvaatimukset. Kun uusi kone otetaan käyttöön tai saatetaan markkinoille Euroopan talousalueella, koneen valmistaja vastaa siitä, että se täyttää kaikki konedirektiivin sekä muiden sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Koneen valmistajalta vaaditaan muun muassa valmistetun koneen vaatimustenmukaisuuden osoittamista koneen mukana toimitettavalla vaatimustenmukaisuusvakuutuksella sekä koneen varustamista CE-merkinnällä. Koneasetuksella säännellään siis koneen valmistajan vastuuta koneiden turvallisuudesta. (Työsuojeluhallinto 2013, 32; Siirilä & Sundquist 2009, 4)

Käytössä oleviin koneisiin sovelletaan työturvallisuuslain nojalla laadittua käyttöasetusta. Sen säännökset koskevat ensisijaisesti työpaikan työnantajaa ja sen soveltami-

nen perustuu täysin työturvallisuuslakiin. Käyttöasetusta sovelletaan kaikessa työturvallisuuslaissa tarkoitettussa työssä, kaikissa työpaikan työvälineissä sekä kaikessa niihin liittyvässä toiminnassa. Työvälineitä ovat käyttöasetuksen mukaan työssä käytettävät koneet, välineet, muut tekniset laitteet sekä niiden yhdistelmät. Työvälineeseen liittyvää toimintaa ovat esimerkiksi sen valinta, asentaminen, kuljetus, käynnistäminen, pysäyttäminen, puhdistus, käyttö, huolto, korjaus sekä muutosten tekeminen. Asetusta sovelletaan riippumatta siitä, ovatko työpaikan työvälineet otettu käyttöön ennen asetuksen voimaan tuloa vai sen jälkeen. Sitä siis sovelletaan niin vanhoihin kuin uusiinkin käytössä oleviin työvälineisiin. (Työsuojeluhallinto 2013, 9; Käyttöasetus 403/2008, § 1)

Vanhan käytössä olevan koneen modernisoinnin kannalta olennaisia käyttöasetuksessa 403/2008 esitettäviä velvoitteita ovat:

”Työnantajan on huolehdittava, että koneen asennuksessa, käytössä, kunnossapidossa, tarkastuksessa ja muussa siihen liittyvässä toiminnassa otetaan huomioon valmistajan antamat ohjeet. Jos valmistajan ohjeet eivät ole riittävät tai niitä ei ole saatavilla, niitä tulee täydentää tai laatia tarvittaessa uudet ohjeet.” (Käyttöasetus 403/2008, § 3)

”Työnantajan on järjestelmällisesti selvitettävä ja arvioitava työvälineen turvallisuus. Jos työvälineen käyttö aiheuttaa vaaraa tai haittaa, työnantajan on ryhdyttävä vaaran tai haitan poistamiseksi tarvittaviin toimenpiteisiin välittömästi.” (Käyttöasetus 403/2008, § 4)

”Työväline on pidettävä säännöllisellä huollolla ja kunnossapidolla turvallisena sen käyttöänsä ajan. Vikaantumisen, vaurioitumisen tai kulumisen aiheutuva vaara tai haitta tulee poistaa. Ohjausjärjestelmän ja turvalaitteiden tulee toimia virheettömästi. Työvälineen oikea asennus ja turvallinen toimintakunto tulee erityisesti selvittää ennen käyttöönottoa ja turvallisuuteen vaikuttavan muutoksen jälkeen.” (Käyttöasetus 403/2008, § 5)

”Käyttöönottotarkastus on tehtävä ennen työvälineen ensimmäistä tai turvallisuuden kannalta merkittävän muutoksen tai uuteen paikkaan asentamisen jälkeistä käyttöö-

ottoa tai jos laite otetaan uudelleen käyttöön sen oltua pitkään käyttämättömänä.”
(Käyttöasetus 403/2008, § 33)

Yleisesti ottaen käyttöasetus velvoittaa työnantajaa jatkuvasti huolehtimaan työvälineiden turvallisuudesta. Työvälineiden turvallisuuden on perustuttava riskien arviointiin, joissa havaittuja riskejä on pyrittävä pienentämään ja poistamaan kokonaan. Työturvallisuuslakiin ja käyttöasetukseen vedoten turvallisuutta on parannettava sitä mukaa kun tekniikan kehittyminen ja käytettävissä olevat keinot tekevät sen mahdolliseksi. Työpaikoilla saattaa olla käytössä monia sellaisia vanhoja koneita, joiden turvallistamista käyttöasetuksen vaatimusten noudattaminen edellyttää. (Työsuojeluhallinto 2013, 31 - 33)

2.3 Standardit

EU direktiivit ja kansalliset asetukset antavat yleisiä, melko tulkinnan varaisia vaatimuksia koneiden turvallisuudelle. Näiden vaatimusten tulkinnan helpottamiseksi on laadittu standardeja. Standardeissa täsmennetään direktiiveissä annettuja vaatimuksia ja ne toimivat ohjeena annettujen vaatimusten täyttämiseksi. Standardit eivät ole pakollisia, mutta käytännössä niitä on lähes aina noudatettava, jotta vaatimukset täyttyvät. Standardien noudattaminen helpottaa huomattavasti myös vaatimustenmukaisuuden osoittamista, koska standardeista poikettaessa voi esimerkiksi vaatimuksia vastaavan turvallisuustason todistaminen olla erittäin vaikeaa. Standardeja kannattaa siis noudattaa aina, kun se on mahdollista. (Siirilä 2008a, 58)

Koneturvallisuuden vaatimusten täyttämässä tärkeitä standardeja ovat ns. yhdenmukaistetut standardit. Kaikilta osin yhdenmukaistettujen standardien mukaisesti suunnitellun ja rakennetun koneen katsotaan täyttävän konedirektiivin ja perusteella annettujen kansallisten asetusten vaatimukset. Yhdenmukaistettujen standardien mukaan valmistetulle koneelle taataan vaatimustenmukaisuusolettamus eli sen oletetaan täyttävän konetta koskevien EU:n direktiivien sekä siihen sovellettavien standardien kattamat olennaiset terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Yhdenmukaistetuilla standardeilla tarkoitetaan eurooppalaisten standardisointijärjestöjen vahvistamia eurooppalaisia standardeja, jotka on laadittu Euroopan komission standardisointimandaattiin

perustuen. Kaikki julkaistut eurooppalaiset standardit eivät saa vahvistusta yhdenmukaistetuksi standardiksi. Tällöin standardi jää ns. tavanomaiseksi standardiksi eikä sitä käyttämällä voida saavuttaa vaatimustenmukaisuusolettamusta. (Siirilä 2008a, 58; Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry:n www-sivut 2016)

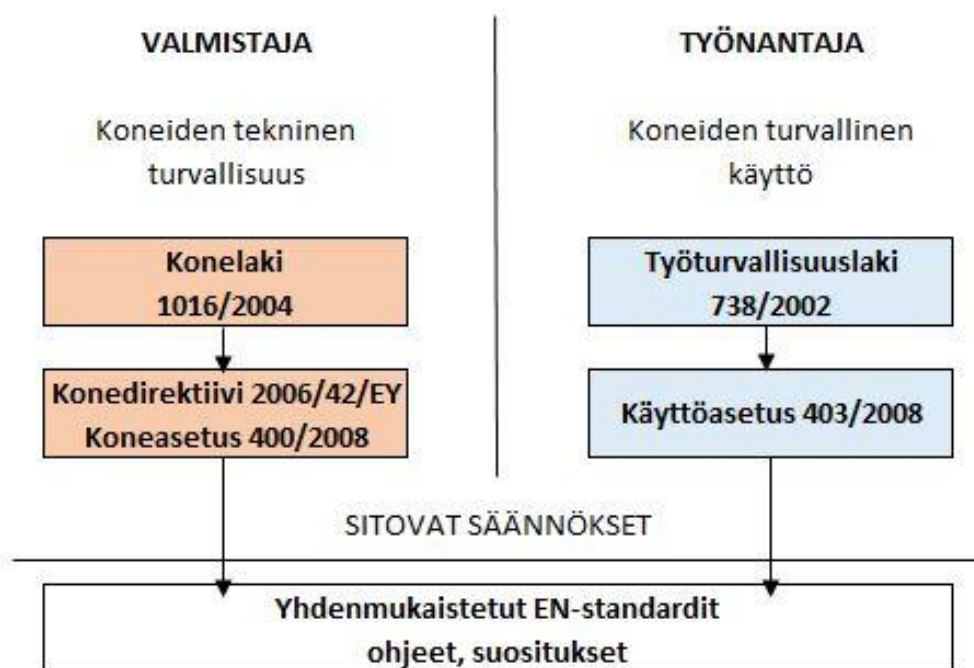
Euroopan standardisoimisjärjestöjen (CEN, CENELEC ja ETSI) jäsenmaissa voimassa olevat eurooppalaiset standardit ovat EN-standardeja. Standardit vahvistetaan jäsenmaissa maan omiksi standardeiksi lisäämällä standardin tunnuksen eteen maan oman standardisoimisjärjestön tunnus. Suomessa standardisoimisjärjestönä toimii Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Suomessa vahvistetut eurooppalaiset standardit ovat tunnukseltaan SFS-EN. Jos esimerkiksi kansainvälinen ISO- tai IEC-standardi on hyväksytty eurooppalaiseksi standardiksi, se on tunnukseltaan EN-ISO tai EN-IEC. Samalla periaatteella on annettu tunnus myös niille eurooppalaisille standardeille, jotka ovat vahvistettu sisällöltään samanlaisena sekä EN- että kansainväliseksi standardiksi. (Siirilä 2008a, 58 - 59)

Koneturvallisuuden standardeilla on kolmiportainen hierarkia, joka muodostuu A-, B- ja C-tyyppin standardeista. A-tyyppin standardit ovat ns. turvallisuuden perusstandardeja. Ne esittävät koneiden turvallisuudessa sovellettavat perusteet, suunnitteluperiaatteet ja yleiset näkökohdat. B-tyyppin standardit käsittelevät turvallisuusnäkökohtia tai suojausteknisiä laitteita, joita voidaan soveltaa useissa koneryhmissä. C-tyyppin standardit ovat konekohtaisia standardeja ja niissä käsitellään tietyn koneen tai koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. Jos tietylle koneelle tai koneryhmälle on laadittu oma C-tyyppin standardi, jossa poiketaan yhdestä tai useammasta A- tai B-tyyppin standardeissa esitetyistä teknisistä vaatimuksista, noudatetaan C-tyyppin standardia ensisijaisesti. Suunnittelua aloitettaessa tulisikin selvittää, onko suunnittelun kohteena olevalle koneelle olemassa C-tyyppin standardia. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry:n www-sivut 2016)

Koska standardit ovat direktiivien ja niiden perusteella laadittujen kansallisten säädösten vaatimusten täyttämiseen laadittuja ohjeita, ne toimivat ensisijaisesti uusien koneiden suunnittelijoiden apuna. Käytössä oleviin koneisiin sovellettavaan käyttöasetukseen ei liity vastaavia standardeja. Standardien käyttäminen esimerkiksi käytössä olevan koneen modernisoinnin yhteydessä on kuitenkin hyvin suositeltavaa.

Standardeja ja niissä esitettyjä turvallistamisratkaisuja noudattamalla, voidaan varmistaa nykyisten turvallisuusvaatimusten täytyminen. (Työsuojeluhallinto 2013, 11)

Kuvassa 2 on esitetty lyhyesti koneturvallisuussäännösten riippuvuudet toisiinsa. Se toimii yhteenvetona siitä, mitkä säännökset koskevat koneen valmistajaa ja mitkä työnantajaa. Siitä käy ilmi myös, että standardeja käytetään ohjeina niin koneen valmistus vaiheessa kuin myöhemmin koneen käyttöön liittyvässä toiminnassakin.



Kuva 2. Koneturvallisuussäännösten riippuvuudet toisiinsa. (Kuva muokattu alkupe- räisestä Siirilä & Sundquist 2009, 5)

Voidaan todeta, että vanhan koneen modernisoinnin yhteydessä on turvallisuusvaatimusten osalta noudatettava käyttöasetusta. Tavallisesti käyttöasetuksen vaatimusten toteutuminen voidaan parhaiten osoittaa kun modernisoinnin yhteydessä tehtävät turvallistamisratkaisut toteutetaan standardeja noudattaen. Tässä opinnäytetyössä keskitytään siis käyttöasetuksen ja koneturvallisuuteen liittyvien standardien soveltamiseen. Kaikki telahiomakoneeseen tässä opinnäytetyössä suunnitellut turvallistamisratkaisut perustuvat työturvallisuuslakiin, käyttöasetukseen sekä koneturvallisuusstandardeihin.

3 MODERNISOINNIN LÄHTÖKOHDAT

3.1 Telahiomakone

SAFOP Leonard-40/R telahiomakone on paperitehtaan superkalantereilla käytettävien kuitutelojen hiontaan käytettävä työstökone. Sen on valmistanut italialainen, maailmanlaajuisesti tunnettu, työstökoneisiin erikoistunut yritys SAFOP S.P.A. Telahiomakoneen valmistusvuosi on 1986 ja se on siitä lähtien toiminut Rauman paperitehtaalla telahuollon verstaatioissa. Tässä opinnäytetyössä kyseessä olevasta Leonard-40/R telahiomakoneesta puhutaan yleisnimityksellä telahiomakone.



Kuva 3. SAFOP Leonard-40/R telahiomakone.

Telahiomakone on toimintaperiaatteeltaan kuin iso sorvi. Erona perinteiseen sorviin on kuitenkin se, että kappaleen työstäminen toteutetaan hiomanauhalla. Sen pääkomponentteja ovat työstettävän telan suuntaisesti liikkuva hiomakelkka, hiomalaite sekä karalaatikko. Telahiomakoneen toiminnot rakentuvat viiden sähkökäytön ympärille, joiden ohjauksen määrittelee telahiomakoneen käyttäjä. Telahiomakoneen ohjausjärjestelmä sisältää manuaalisesti ohjattavien toimintojen lisäksi myös automaattisia toimintoja.

Hionnan tarkoituksena on kunnostaa käytössä kulunut tai vaurioitunut tela uudelleen käyttökelpoiseksi. Tyypillisiä kuitutelan pintaan tulleita vaurioita ovat erilaiset painumat ja urat. Lisäksi telan pinta saattaa kulua epätasaisesti, jolloin sen profiili muuttuu. Kuitutelan pinta myös kovettuu käytössä korkean lämpötilan ja telaan kohdistuvan paineen seurauksena. Edellä mainittujen kulumien tai vaurioiden esiintyminen teloissa vaikuttaa superkalanteroinnilla saavutettavaan laatuun. Vaurioita ja kulumia syntyy käytössä melko helposti, koska kuitutelojen pintamateriaali on pehmeää.

Kuitutelan pinnoite muodostuu ohuista suurella paineella yhteen puristetuista rengasmaisista arkeista. Pinnoite on nimeltään denim-kangasta, joka on verrattavissa farkkukankaaseen. Pinnoitteen materiaalissa käytetäänkin muun muassa aitoa puuviljaa. Kuituteloista voidaan kuulla käytettävän myös nimitystä paperitela.

Telahiomakoneella on kokonaisleveyttä lähes 15 metriä. Työstettävien kuitutelojen vaipan, eli telan pinnoitetun osuuden, pituus on 9620 mm ja niiden kokonaispituus päästä päähän on 10900 mm. Vasta pinnoitetun telan halkaisija on 765 mm ja se on pinnoitettava uudelleen halkaisijan pienennyttyä 630 mm:iin. Kuitutela painaa 17000 kg, mikä asettaa myös omat vaatimuksensa työstökoneelle.

Leonard-40/R telahiomakone on toiminnaltaan melko yksinkertainen telahiomakone, koska työstettävän telan mittaukset hoidetaan käsin käyttäjän toimesta ja telalle haluttu profiili eli bombeeruksen säätö tapahtuu mekaanisesti käsin säädettävällä epäkeskopyörällä.

Yksinkertaistettuna telan hionta tapahtuu seuraavasti:

Hionta aloitetaan nostamalla työstettävä tela siltanosturilla telahiomakoneen tukipylkille, jonka jälkeen telan toinen pää kiinnitetään karalaatikon kardaniakseliin. Kiinnittämisen jälkeen tela on linjattava telahiomakoneen rungon suuntaiseksi, jotta hionnan lopputuloksena saavutettaisiin molemmista päistään yhtä paksu tela.

Käyttäjä määrittelee mikrometrillä tekemiensä mittausten ja silmämääräisen arvioinnin perusteella, kuinka paljon telan pinnasta hiotaan pois. Arvioinnin jälkeen käyttäjä

asettelee telahiomakoneelle telan pinnasta pois hiottavan määrän. Hiottava määrä ei perustu mittayksiköihin, vaan hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin ottamien kierrosten määrään. Käyttäjät osaavat kokemuksen perusteella määrittellä, kuinka paljon telan pinnasta hioutuu pois sisäänsyötön eri tavoitearvoilla.

Käyttäjä asettelee halutut arvot telan pyörimisnopeudelle, sivuttain liikkuvan hiomakelkan nopeudelle sekä hiomanauhan pyörimisnopeudelle. Hiottavaa telaa pyöritetään käyttäjän asettelemalla nopeudella tavallisesti hiomanauhan pyörimissuunnan vastaisesti. Hionta tapahtuu telan suuntaisesti sivuttain liikkuvassa hiomakelkassa olevalla hiomalaitteella, jossa hiomanauha pyörii. Kun käyttäjä on asetellut halutut nopeudet ja käynnistänyt hionnan, hionta tapahtuu automaattisesti. Hiomakelkka liikkuu telan suuntaisesti sivulta toiselle hiomalaitteen ohjautuessa telaa kohti aina vähän kerrallaan.

Hionnan valmistuttua käyttäjä suorittaa telalle tarkistusmittaukset sekä arvioi tarvitseeko hiontaa jatkaa tai korjata. Hionnan lopputulos riippuu yleensä linjauksen onnistumisesta, käytettävästä hiomanauhasta sekä käyttäjän asettelemista nopeuksien ohjearvoista ja sisäänsyötön tavoitearvosta.

Aseteltavat nopeuden ohjearvot telan pyöriykselle, hiomakelkan sivuttaisliikkeelle sekä hiomanauhalle ovat tapauskohtaisia ja riippuvat käyttäjän tekemästä arvioinnista hiottavalle telalle. Käytettävän hiomanauhan karkeus valitaan sen mukaan, kuinka paljon telan pinnasta halutaan hiottavan vai onko kyse vain pinnan viimeistelystä. Kyseisellä telahiomakoneella käytetään pääasiassa kahta eri karkeuksista hiomanauhaa.

3.2 Koneen modernisointi

Aina jossain vaiheessa vanha käytössä oleva kone saavuttaa elinkaarensa lopun ja sille tulee uusimisen tarve. Kun vanha käytössä oleva kone halutaan uusia, tulee kysymykseen modernisoidaanko vanha kone vastaamaan nykyisiä tarpeita vai hankitaanko tilalle uusi kone. Vanhojen koneiden modernisointi on hyvin yleistä, koska modernisoinnista aiheutuvat kustannukset jäävät yleensä huomattavasti pienemmiksi

verrattuna uuden koneen hankintaan. Vanhan koneen modernisointiin johtavia syitä ovat esimerkiksi koneen tehokkuuden lisäys, automaatioasteen kohottaminen, laadun parantaminen, varaosien vaikea saanti, häiriöiden vähentäminen, ympäristö vaatimukset sekä luotettavuuden ja turvallisuuden parantaminen. (Malm & Hämäläinen 2006, 7)

Koneen modernisoinnin suunnitteluvaiheessa on tärkeää selvittää koneeseen tehtävien muutosten vaikutukset koneen käyttötarkoitukseen ja ominaisuuksiin. Koneen modernisoinnilla tarkoitetaan käytetyn tai käytössä olevan koneen uudistamista siten, että sen käyttötarkoitus pysyy samana eivätkä sen ominaisuudet muutu merkittävästi. Koneen modernisoinnista puhuttaessa, käytössä olevan koneen elinkaaren katsotaan siis jatkuvan uudistettuna. (Malm & Hämäläinen 2006, 14 - 15)

Konelain 1016/2004 pykälässä 10 määritellään, että käytössä olevaa konetta käsitellään uutena koneena siinä tapauksessa, jos siihen tehtävät muutokset ovat sen käyttötarkoituksen vastaisia tai muutokset vaikuttavat sen turvallisuuteen olennaisesti. Jos modernisoinnin seurauksena syntyy kokonaan uusi kone, on koneen täytettävä koneasetuksen vaatimukset. Tällöin kyseeseen tulee muun muassa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen laatiminen ja koneen CE-merkintä. Tätä vastoin vanhan koneen elinkaaren jatkuessa uudistettuna noudatetaan käyttöasetuksen vaatimuksia eikä uutta vaatimustenmukaisuusvakuutusta tai CE-merkintää tehdä. Tavallisesti käytössä olevan koneen muuttuminen uudeksi koneeksi tarkoittaa kuitenkin merkittäviä muutoksia sen toimintaan. Tällaisia muutoksia voivat olla esimerkiksi käsikäyttöisen koneen muuttaminen automatisoiduksi. Merkittävien toiminnallisten muutosten yhteydessä usein myös koneen alkuperäinen käyttötarkoitus muuttuu. (Sundquist 2010a, 5; Malm & Hämäläinen 2006, 14 - 15)

Käytetyn tai käytössä olevan koneen modernisoinnilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi koneen sähköistyksen ja automaation uusimista tai koneen varustamista uusilla osilla, kuten turvalaitteilla. Käytössä oleva kone voidaan varustaa uusilla ominaisuuksilla ja sen toimintakykyä voidaan parantaa monilla tavoilla niin, että sen elinkaaren katsotaan jatkuvan uudistettuna. (Sundquist 2010a, 5)

Käytössä olevan koneen modernisoinnin yhteydessä jokaisen modernisointiin osallistuvan osapuolen on kannettava omalta osaltaan vastuu siitä, että tilauksen mukainen toteutus on turvallinen. Modernisoinnin osapuolia ovat esimerkiksi modernisoinnin tilaaja, modernisoinnin suunnittelija, modernisoinnin toteuttaja, erilaiset alihankkijat sekä komponenttien toimittajat. Edellä mainittujen lisäksi modernisoinnin eri vaiheisiin voidaan käyttää erilaisia asiantuntijoita ja tarkastajia esimerkiksi turvallistamisratkaisuiden suunnittelussa. Toteuttaja on velvollinen ilmoittamaan tilauksessa havaitsemistaan turvallisuuspuutteista modernisoinnin tilaajalle ja turvallisuuspuutteisiin on löydettävä ratkaisu yhdessä. Jos joku modernisoinnin osapuolista havaitsee omaan toimeksiantoonsa kuulumattomia turvallisuuspuutteita, on hänen ilmoitettava havainnoistaan tilaajalle, jolloin tilaajan on ryhdyttävä korjaaviin toimenpiteisiin. Lopullinen vastuu modernisoinnin turvallisesta lopputuloksesta on työn tilaajalla eli tavallisesti työpaikan työnantajalla. Kaikki modernisoinnin yhteydessä tehtävät muutokset ja turvallistamisratkaisut on dokumentoitava. (Sundquist 2010a, 3 - 4; Malm & Hämäläinen 2006, 14 - 16)

Tässä opinnäytetyössä käsiteltävälle telahiomakoneelle suunnitellut muutokset ovat sähköistyksen ja automaation uusiminen sekä uusien turvalaitteiden lisääminen turvallisuuden parantamiseksi. Koneen komponentteja uusitaan, mutta koneen käyttötarkoitus ja toimintaperiaate pysyvät muutosten jälkeen täysin samana. Telahiomakoneelle suunnitellut muutokset voidaan siis katsoa koneen modernisoinniksi.

Telahiomakoneen modernisoinnin tarpeen aiheuttivat pääasiassa kunnossapidolliset syyt. Telahiomakoneen toiminnan kannalta olennaisimmat komponentit ovat sen sähkökäytöt. Ne ovat viime aikoina osoittaneet kuitenkin ikääntymisen merkkejä ja varaosien saatavuus niihin on heikentynyt. Sähkökäyttöjen lisäksi telahiomakoneen sähköjärjestelmä voidaan kokonaisvaltaisesti katsoa vanhaksi ja huonokuntoiseksi. Yksittäistä sähkökäyttöä olisi myös vaikea lähteä uusimaan täysin uudella komponentilla niin, että välttyttäisiin suurilta muutoksilta myös ohjausjärjestelmässä. Sähköjärjestelmän vanhat komponentit heikentävät koneen toimintavarmuutta huomattavasti. Vanhan komponentin hajoessa saattaa telahiomakoneen toimintaan tulla pitkiäkin katkoja, jos varaosia ei ole saatavilla. Kyseessä on telahuollon kannalta tärkeä kone, joten sen käyttökatkokset tulisi pitää lyhyinä. Koneen varaosien saantia ja huollettavuutta on siis parannettava.

Vanhojen komponenttien vaihteleva toiminta aiheuttaa ajoittain myös laadullisia ongelmia. Halutun lopputuloksen saavuttaminen vaikeutuu, jos koneen toiminnassa on häiriöitä.

Kunnossapidollisten syiden lisäksi modernisointia voidaan perustella myös koneen turvallistamisen kannalta. Voidaan helposti olettaa, että ennen 1990-lukua käyttöön otettu kone, joka on pysynyt lähes alkuperäisessä kunnossaan, ei täytä nykyisiä turvallisuusvaatimuksia. Turvallisuusajattelu ja tekniikka ovat kehittyneet valtavasti kyseessä olevan koneen käyttöönotosta tähän päivään. Vanhan turvallistamattoman koneen kohdalla kysymykseen voi tulla, onko työnantaja noudattanut työturvallisuuslaissa ja käyttöasetuksessa esitettyjä vaatimuksia käytössä oleville koneille.

Telahiomakoneen modernisoinnilla saavutetaan monia hyötyjä. Suurimpina etuina ovat varaosien saannin parantuminen huomattavasti sekä huollettavuuden helpottuminen. Sähköjärjestelmän uusinnan yhteydessä myös dokumentaatio päivitetään ajan tasalle, mikä osaltaan helpottaa koneen kunnossapitoa. Sähkö- ja ohjausjärjestelmän tekniikan uusiminen mahdollistaa myös monia toiminnallisia parannuksia, joilla voidaan parantaa koneen käytettävyyttä. Lisäksi turvallistamisen myötä koneen turvallisuustaso saatetaan nykyisten vaatimusten mukaiseksi.

4 TURVALLISTAMINEN

4.1 Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi

Käyttöasetuksen mukaan työnantajan on järjestelmällisesti selvitettävä ja arvioitava työvälineen turvallisuus. Erityisesti tämä veloitetaan tekemään tuotannon ja työmenetelmien muutosten yhteydessä, jollaiseksi esimerkiksi koneen modernisointi voidaan katsoa. Arvioinnissa on kiinnitettävä huomiota työvälineen ja sen ominaisuuksien aiheuttamiin vaaroihin ja haittoihin. Vaaratekijöitä voivat olla esimerkiksi työvälineen ulkoinen rakenne, liikkuvat osat, automaattiset toiminnot, sähkö, fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä käyttöolosuhteet. (Käyttöasetus 403/2008, § 4)

Käytössä olevien koneiden turvallisuuden tulee siis perustua vaarojen tunnistamiseen ja liian suuriksi arvioitujen riskien pienentämiseen ja poistamiseen. Käyttöasetuksen mukaan koneen turvallistamisen tulee tapahtua ensisijaisesti teknisillä toimenpiteillä, kuten vaara-alueelle pääsyn estävillä tai vaarallisten osien liikkeen ennen vaara-alueetta pysäyttävillä laitteilla. Jos riskiä ei mitenkään voida poistaa tai pienentää teknisillä ratkaisuilla, koneen turvallisuus tulee varmistaa opastuksella, varoituslaitteilla, turvamerkinnoilla sekä henkilönsuojaimilla. (Käyttöasetus 403/2008, § 4)

Kuten edelläkin on jo mainittu, riskien pienentämisessä ja poistamisessa on erittäin suositeltavaa käyttää apuna standardeja. Yhtenäistetyt standardit tarjoavat runsaasti teknisiä ratkaisuja erilaisten riskien poistamiseksi ja niitä soveltamalla voidaan varmistaa nykyisten turvallisuusvaatimusten täyttyminen. Lisäksi standardeista löytyy apua myös vaaratekijöiden tunnistamiseen ja riskien arviointiin.

Koneen turvallisuuden järjestelmällisellä selvittämisellä ja arvioinnilla tarkoitetaan, että arviointi suoritetaan sellaista arviointimenetelmää käyttämällä, jonka avulla voidaan varmistaa, että kaikki koneen vaaratekijät tulevat tunnistetuiksi ja arvioiduiksi. Arviointimenetelmän tulisi olla sellainen, että sen eri käyttäjät eri aikoihin päätyisivät sillä mahdollisimman pitkälti samoihin tuloksiin. Menetelmän on siis myös osaltaan opastettava sen käyttäjää havaitsemaan mahdollisia vaaratekijöitä, jotta kaikki vaaratekijät tulevat varmasti havaituiksi.

Standardissa SFS-EN ISO 12100 käsitellään riskien arviointia ja riskien pienentämistä. Siinä määritellään riskien arvioinnin ja riskien pienentämisen peruseriaatteen sekä annetaan opastusta vaaratekijöiden tunnistamiseen ja riskien hallintaan. Standardin kohdissa 5.1 ja 7 esitetään myös vaatimukset riskin arvioinnin ja riskien pienentämisen dokumentoinnille. Riskien arviointi ja riskien pienentämiseen käytettävät toimenpiteet tulee aina dokumentoida. Standardin mukaan dokumentoinnista tulisi käydä ilmi noudatetut menetelmät sekä saavutetut tulokset. Standardin kohdassa 7 luetelluista vaatimuksista käy ilmi, että riskin arviointi on hyvin tärkeä osa koneen turvallistamisratkaisujen suunnittelua. Lisäksi kyseisessä standardissa esitetään hyvin kattavasti ohjeita erilaisten riskien pienentämiseen. (SFS-EN ISO 12100:2010)

Kun koneen vaaratekijät on tunnistettu, tulee niiden aiheuttamien riskien suuruus arvioida. Riskin suuruuden arviointiin käytettävä menetelmä voi olla työpaikkakohtainen, mutta siihenkin löytyy opastusta muun muassa koneiden riskin arviointia koskevasta teknisestä raportista SFS-ISO/TR 14121-2. Riskin suuruus muodostuu vaaratekijästä aiheutuvien seurauksien vakavuudesta ja seuraukset aiheuttavan tapahtuman todennäköisyydestä. (Työsuojeluhallinto 2013, 41; Siirilä 2008a, 63)

Standardin SFS-EN ISO 12100 vaatimukset sekä tekninen raportti SFS-ISO/TR 14121-2 antavat hyvän pohjan koneiden kokonaisvaltaiselle riskien hallinnalle. Kun kyseistä standardia ja teknistä raporttia noudatetaan, päästään yrityksessä varmasti hyvään ja vaatimusten mukaiseen lopputulokseen koneiden riskien pienentämisessä.

Vaaratekijöiden ja riskien arviointi tulisi tehdä ryhmätyönä, koska silloin arviointi on perusteellisempaa ja tehokkaampaa verrattuna yhden henkilön tekemään arviointiin. Ryhmän koko ja sen koostumus eri henkilöistä voi vaihdella arviointi kohteesta riippuen. Ryhmässä tulisi kuitenkin olla erilaista asiantuntemusta ja kokemusta omaavia henkilöitä, jotta arviointiin saadaan eri näkökulmia. Arviointiryhmä voidaan koota esimerkiksi suunnittelijoista, koneen käyttäjistä, kunnossapitoasentajista sekä turvallisuusasiantuntijoista. (Siirilä 2009, 51)

Vaaratekijöiden tunnistamiseen ja riskien suuruuden arviointiin käytettävät menetelmät voivat siis olla työpaikkakohtaisia, mutta riskien kokonaisvaltaisen hallintaprosessin tulisi kuitenkin aina sisältää seuraavat asiat:

- Koneen ominaisuuksien määrittely
- Vaaratekijöiden tunnistaminen
- Riskien suuruuden arviointi
- Riskien hyväksyttävyyden arviointi
- Liian suuriksi arvioitujen riskien poistaminen tai riittävä pienentäminen
- Riskien poistamiseen tai pienentämiseen käytettävien toimenpiteiden arviointi ja niiden toteaminen turvalliseksi
- Jäännösriskien arviointi

(Työsuojeluhallinto 2013, 41)

Useassa kohdassa mainitaan, että liian suuriksi arvioidut riskit on poistettava tai niitä on pienennettävä riittävästi. Työnantaja on siis vastuullinen arvioimaan, milloin tunnistetut riskit ovat riittävän pieniä sallittaviksi. Tällöin on kuitenkin muistettava, että työnantaja on vastuullinen koneiden tunnistamattomista riskeistä, jäännösriskeistä sekä riskeistä, joita ei ole pienennetty tai poistettu niiden tunnistamisesta huolimatta.

4.2 Telahiomakoneen riskien arviointi

UPM Paper ENA Oy:llä on käytössään yhtiön oman standardin mukainen riskien arviointimenetelmä. Menetelmä perustuu excel-taulukkoon, jota käytetään työkaluna vaarojen tunnistamisessa ja riskien arvioinnissa. Taulukkoon valitaan riskien arviointikohteessa havaituille vaaroille sopivat vaaraluokat sekä kuvaillaan vaaroja tarkemmin. Vaaraluokille löytyy valmis valintalista, jossa mahdollisia vaaraluokkia on lueteltu lähes sata. Valmiiksi annetut vaaraluokat helpottavat riskien arviointia, koska ne osaltaan opastavat mahdollisten vaaratekijöiden tunnistamista. Kullekin vaaratekijälle valitaan mahdollinen seuraus. Mahdollisia seurauksia ovat taulukon mukaan esimerkiksi henkilövahinko tai omaisuusvahinko. Seurauksen voi halutessaan myös kuvailla itse, jos taulukon valintalistasta ei löydy sopivaa. Lisäksi taulukkoon kirjataan jokaisen vaaratekijän kohdalle, miten vaaratekijään on varauduttu tai onko siihen varauduttu ollenkaan. Jokaiselle vaaratekijälle määritellään riskitaso. Jos riskitaso arvioidaan liian suureksi, tulee taulukkoon kirjata korjaavat toimenpiteet, joilla riskiä voidaan pienentää riittävän alhaiselle tasolle tai poistaa kokonaan. Pääsääntöisesti tunnistetut riskit tulisi aina mahdollisuuksien mukaan pyrkiä poistamaan. Tämä käy ilmi muun muassa käyttöasetuksen 403/2008 pykälästä 4, jossa työnantaja veloitetaan välittömästi ryhtymään toimenpiteisiin työvälaineessä havaitun vaaran tai haitan poistamiseksi. Taulukkoon arvioidaan myös riskitaso korjaavien toimenpiteiden jälkeen. Jäännösriskien arviointi tulisi suorittaa uudelleen kun korjaavat toimenpiteet on toteutettu. Tällöin saadaan realistisempi kuva jäljelle jääneistä riskeistä ja voidaan tarkastella tarvitseeko korjaavia toimenpiteitä täydentää.

Riskin arvioinnin kohde										
Ovartie:		551 Telahinta								
Kohde:		SAFOP Luomafloor telahintamaksu								
Lisä tiedot:		Santtu Tahvanainen, Petri Buitoni, Jero Saarimäki, Juhani Tahvanainen								
Päivätyy:		06/03/2021								
		Myöntötyy: Katselmalta								
		ALAP-tus								
Teema	Kohde	Tilanne	Työsuunnitelma	Voima	Ulkoinen	Luokiteltu	Luokiteltu	Luokiteltu	Luokiteltu	Luokiteltu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A TAPATURMAVAARAT										
Tulokaus	SAFOP telahintamaksu	Tulokaus	A1.4 Henkilöille parantaminen, tukentaminen, korjot ja muut toimenpiteet	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä
Tulokaus	SAFOP telahintamaksu	Tulokaus	A1.8 Turvallisuuden ja muiden väliaikallisten toimenpiteiden	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä
A2 TYÖN SUORITAMISEEN LIITTYVÄT VAARAT										
Tulokaus	SAFOP telahintamaksu	Tulokaus	A2.2 Henkilöille parantaminen, tukentaminen, korjot ja muut toimenpiteet	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä
Tulokaus	SAFOP telahintamaksu	Tulokaus	A2.2 Henkilöille parantaminen, tukentaminen, korjot ja muut toimenpiteet	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä
Tulokaus	SAFOP telahintamaksu	Tulokaus	A2.2 Henkilöille parantaminen, tukentaminen, korjot ja muut toimenpiteet	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä	Käytössä

Kuva 4. UPM Paper ENA Oy:ssä käytössä oleva riskienarviointitaulukko.

Riskien suuruuden arvioinnissa apuna käytetään matriisia, jossa riskin suuruus on pisteytetty vaaratekijästä aiheutuvien seurauksien vakavuuden ja seuraukset aiheuttavan tapahtuman todennäköisyyden perusteella. Kertomalla vakavuuden lukuarvo todennäköisyyden lukuarvolla saadaan riskin suuruutta kuvastava lukuarvo. Kuvassa 5 on riskin suuruuden arviointiin käytettävä matriisi, josta näkee, minkä suuruista riskiä mikäkin lukuarvo vastaa.

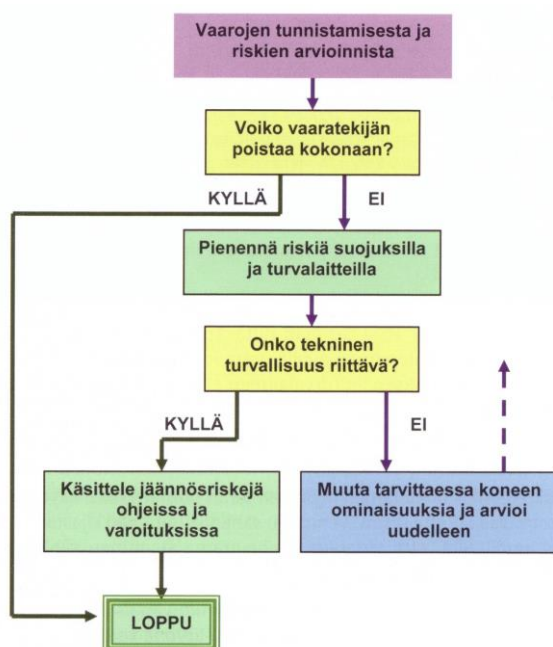
Vakavuus	Todennäköisyys				
	1 - Erittäin epätodennäköinen	2 - Epätodennäköinen	3 - Mahdollinen	4 - Todennäköinen	5 - Erittäin todennäköinen
1 - Pieni	1 - Matala	2 - Matala	3 - Matala	4 - Matala	5 - Erittäin todennäköinen
2 - Lievä	2 - Matala	4 - Matala	6 - kohtalainen	8 - kohtalainen	10 - Korkea
3 - Kohtalainen	3 - Matala	6 - kohtalainen	9 - kohtalainen	12 - Korkea	15 - Korkea
4 - Melko vakava	4 - Matala	8 - kohtalainen	12 - Korkea	16 - korkea	20 - Erittäin korkea
5 - vakava	5 - Erittäin todennäköinen	10 - Korkea	15 - Korkea	20 - Erittäin korkea	25 - Todella korkea

Kuva 5. Riskin suuruuden arviointiin käytettävä matriisi.

Telahiomakoneen turvallistamisen suunnittelu aloitettiin riskien arvioinnilla (Liite 6). Tavoitteena riskien arvioinnissa oli selvittää riskit, jotka tulisi pienentää tai poistaa teknisin turvallistamistoimin telahiomakoneen modernisoinnin yhteydessä. Riskien arvioinnissa keskityttiin siis telahiomakoneen käyttämiseen, toimintoihin sekä sen rakenteeseen liittyviin vaaratekijöihin. Riskien arviointi suoritettiin ryhmässä, johon kuului modernisoinnin suunnittelijan lisäksi kaksi telahiomakoneen käyttäjää sekä heidän esimiehensä. Ryhmässä tunnettiin koneen toiminta hyvin ja omattiin vankka

kokemus sen käyttämisestä. Lisäksi ryhmässä oli kokemusta aikaisemmista riskien arvioinneista. Suunnittelijan vähäinen kokemus telahiomakoneesta ja osallistuminen riskinarviointiin ns. uusin silmin toi mukanaan kriittisempää näkökulmaa koneen turvallisuuteen. Riskien arviointi toteutettiin käymällä läpi kaikki riskien arviointitaulukossa esitetyt vaaraluokat ja tutkimalla löytyykö kyseisiä vaaroja telahiomakoneesta. Vaaraluokista karsittiin pois ne, jotka eivät olennaisesti liittyneet telahiomakoneen käyttämiseen, toimintaan tai sen rakenteisiin. Jokaisesta jäljelle jääneestä vaaravaihtoehdosta keskusteltiin ja niistä tehtiin tarvittaessa muistiinpanot. Koska listattuja vaaravaihtoehtoja oli runsaasti ja riskien arvioinnissa edettiin listan mukaisesti, on hyvin todennäköistä, että kaikki olennaiset vaarat havaittiin.

Kun riskien arviointi on suoritettu, voidaan sen perusteella aloittaa tarvittavien turvallistamistoimenpiteiden suunnittelu riskien vähentämiseksi. Turvallistamistoimenpiteiden suunnitteluprosessia voidaan kuvata yksinkertaisella kaaviolla, joka on esitetty kuvassa 6. Kaaviosta käy ilmi riskin vähentämisen ensisijaisuusjärjestys. Samaa periaatetta käytettiin tässä opinnäytetyössä telahiomakoneen turvallistamisratkaisujen suunnittelussa.



Kuva 6. Riskin vähentämisen ensisijaisuusjärjestys. (Siirilä 2009, 75)

4.3 Turvallistamisessa sovellettavat standardit

Koneen turvallistamisratkaisujen suunnittelua aloitettaessa tulee selvittää onko kyseiselle koneelle olemassa sitä koskevaa C-tyyppin standardia. Jos kone kuuluu jonkin C-tyyppin standardin soveltamisalaan, noudatetaan sitä aina ensisijaisesti. C-tyyppin standardin tarkoituksena on esittää tietylle koneelle tai koneryhmälle mahdollisimman tarkat ja yksityiskohtaiset turvallisuusvaatimukset sekä opastaa A- ja B-tyyppin standardien vaatimusten soveltamisessa. C-tyyppin standardit osaltaan siis helpottavat suunnittelua, koska niissä esitetyt vaatimukset ovat tietyille koneelle tai koneryhmälle valmiiksi räätälöityjä. (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry:n www-sivut 2016)

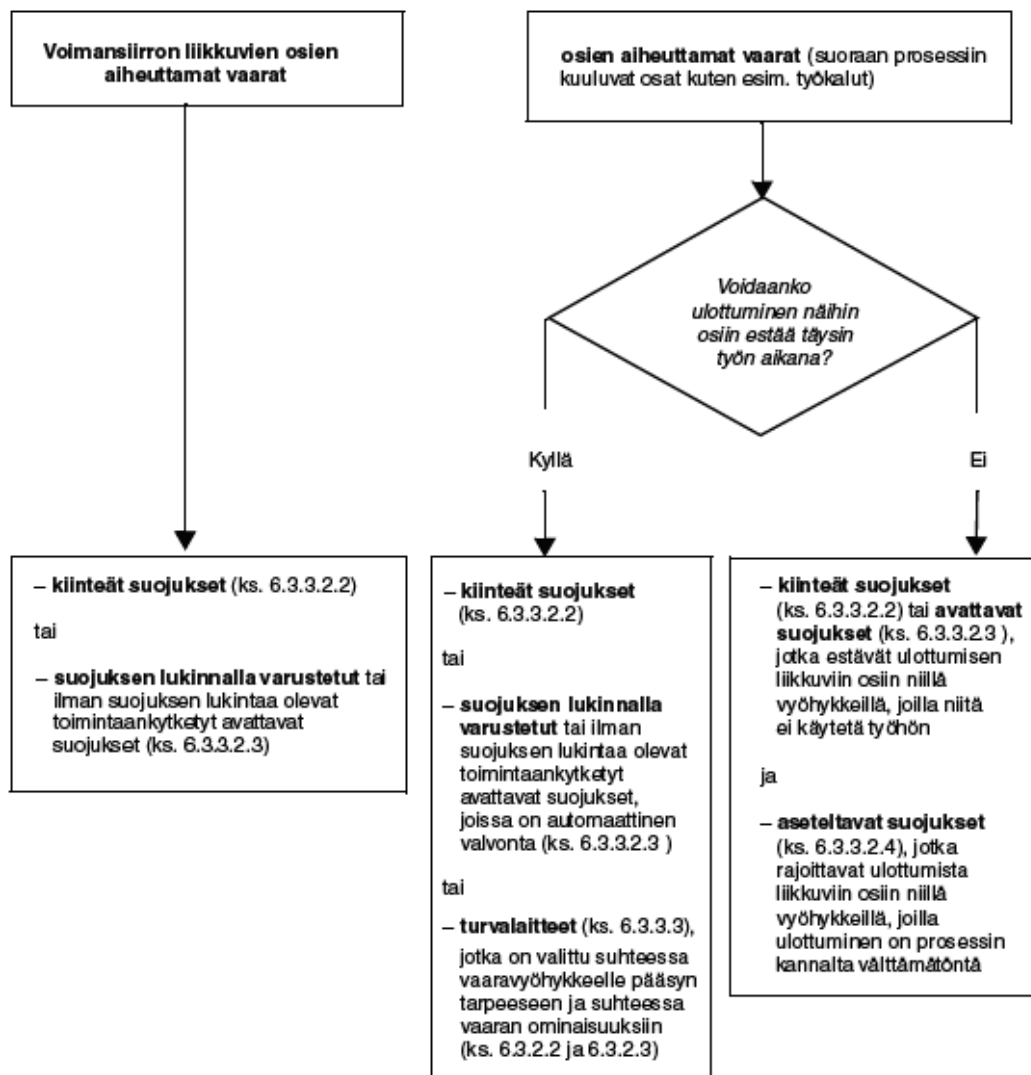
Telahiomakoneen konetyypille ei ole olemassa C-tyyppin standardia. Standardin SFS-EN ISO 16089 soveltamisalaan kuuluvat kiinteät hiomakoneet ovat lähimpänä telahiomakoneen konetyyppejä. Standardissa mainitaan kuitenkin, että sen soveltamisalaan eivät kuulu hiomakoneet, joissa hionta tapahtuu hiomanauhalla. Tässä opinnäytetyössä käsiteltävä telahiomakone ei siis kuulu tämän standardin soveltamisalaan, koska sillä tapahtuva hionta toteutetaan hiomanauhalla. Tässä tapauksessa telahiomakoneen koneturvallisuusvaatimusten täytyminen voidaan varmistaa noudattamalla A- ja B-tyyppin standardeissa esitettyjä yleisempiä vaatimuksia. Turvallistamisratkaisujen suunnittelua voidaan kuitenkin helpottaa tutkimalla muiden samanlaisia ominaisuuksia sisältävien koneiden tai koneryhmien olemassa olevia C-tyyppin standardeja ja soveltamalla niissä esitettyjä ratkaisuja. (SFS-EN ISO 16089:2015)

4.4 Toimenpiteet riskien pienentämiseksi

Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.1 esitetään suojusten ja turvalaitteiden käyttämiselle yleinen vaatimus, jonka mukaan niitä on käytettävä aina, kun vaarojen poistaminen tai riskien riittävä pienentäminen ei ole mahdollista luontaisesti turvallisilla suunnittelutoimenpiteillä. Luontaisesti turvallisilla suunnittelutoimenpiteillä tarkoitetaan suunniteltuja suojaustoimenpiteitä, joilla poistetaan vaaratekijöitä tai pienennetään riskejä koneen rakennetta tai toimintaa muuttamalla ilman, että käytetään erillisiä suojuksia tai turvalaitteita. (SFS-EN ISO 12100:2010, 74)

Käytössä oleville koneille tämä tarkoittaa usein sitä, että erillisten suojusten ja turvalaitteiden käyttäminen on ainoa vaihtoehto poistaa tai pienentää koneessa havaittuja riskejä. Siitä huolimatta voi olla mahdollista, että joitakin riskejä voidaan poistaa tai pienentää muuttamalla käytössä olevan koneen rakennetta tai toimintaa. Tällaiset muutokset koneen rakenteeseen tai toimintaan voivat olla kuitenkin varsin mittavia ja erillistä suojusta tai turvalaitetta käyttämällä saatetaan päästä samaan tai jopa turvallisempaan lopputulokseen helpommin.

Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.2 esitetään ohjeita sellaisten suojusten tai turvalaitteiden valitsemiseksi, joiden tarkoituksena on henkilöiden suojaaminen liikkuvien osien aiheuttamilta riskeiltä. Peruseriaatteena on, että tietyn koneen suojusten tai turvalaitteiden täsmällinen valinta on tehtävä kyseiselle koneelle tehdyn riskin arvioinnin perusteella. Suojuksen tai turvalaitteen valinnassa on ensisijaisesti pohdittava sitä onko koneen vaara-alueelle tarvetta päästä esimerkiksi koneen käynnin aikana. Jos koneen vaara-alueelle ei ole tarvetta päästä, on yksinkertaisinta käyttää kiinteää suojusta vaara-alueen eristämiseen. Koneen toimintaan kytketyt suojuukset ja tunnistavat turvalaitteet tulevat kysymykseen silloin kun koneen vaara-alueelle kulkeminen on tarpeellista esimerkiksi koneen käyttöön liittyvien toimenpiteiden vuoksi. (SFS-EN ISO 12100:2010, 74)



Kuva 6. Suojusten ja turvalaitteiden valintaa opastava kaavio. (SFS-EN ISO 12100:2010, 76)

4.4.1 Telan ja kardaniakselin aiheuttamat riskit

Riskin arvioinnissa todettiin, että telahiomakoneessa pyörivä tela aiheuttaa keskita-son riskin. Telahiomakoneen alueelle kulkua ei ole rajoitettu mitenkään ja telahiomakoneessa pyörivään telaan on täysin esteetön pääsy. Koska työstettävien telojen halkaisija on melko suuri, 630 mm - 765 mm, varsinaisen takertumisen riski telaan on pieni. Telan pyörivä liike voi kuitenkin viedä mukanaan ja aiheuttaa esimerkiksi puristumisen telan ja telahiomakoneen rakenteiden väliin tai sinkoutumisen lattialle. Pyörivästä telasta aiheutuvan vaaratekijän mahdollisesti aiheuttamista tapah- tumista saattaisi seurata vakavat vammat tai pahimmassa tapauksessa jopa kuolema.

Riskin suuruus kasvaa suhteessa telan pyörimisnopeuteen. Telasta aiheutuvan vaaratekijän aiheuttamat mahdolliset tapahtumat katsottiin riskin arvioinnissa kuitenkin melko epätodennäköisiksi, mikä osaltaan laskee riskin tasoa.



Kuva 7. Pyörivään telaan on esteetön pääsy.

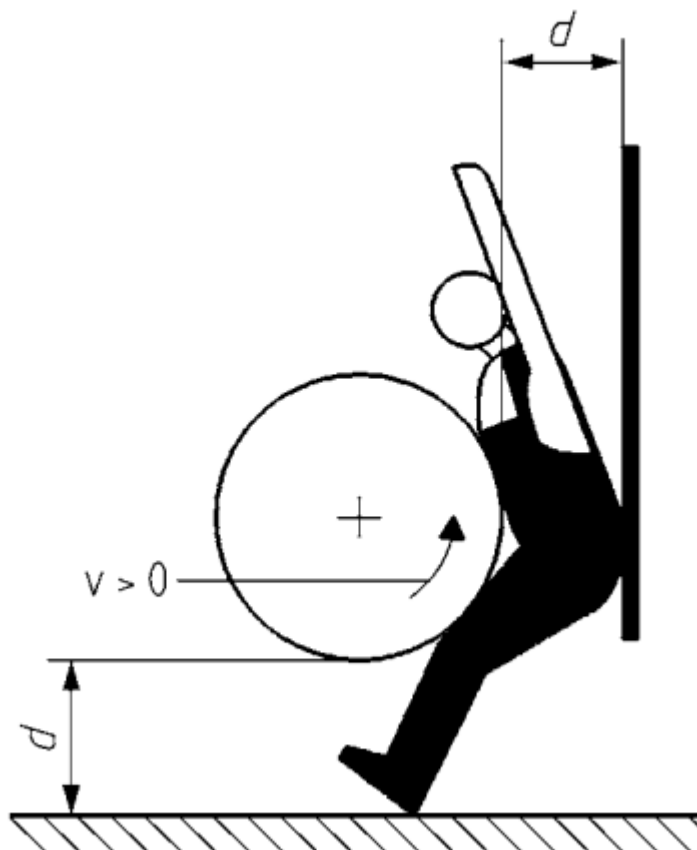
Pyörivästä telasta aiheutuvaa riskiä voidaan perustella esimerkiksi paperi- ja paperin jälkikäsitteilykoneiden yleisiä turvallisuusvaatimuksia käsittelevän standardin SFS-EN 1034-1 vaatimuksilla. Kyseisen standardin kohdan 3.7.1 mukaan nielu tarkoittaa pyörivän telan tai sylinterin muodostamaa vaarakohtaa, johon henkilöt, kehon osat tai vaatteet voivat joutua vedetyksi. Standardin mukaan tällaisia nieluja esiintyy:

- Vastakkaisiin suuntiin pyörivien osien välissä
- Pyörivän osan ja lähellä olevan kiinteän osan välissä
- Samaan suuntaan pyörivien osien välissä, kun niiden kehänopeudet ja pinnan ominaisuudet ovat erilaisia, jos turvaetäisyydet eivät ole riittäviä.

(SFS-EN 1034-1:2010, 14)

Standardin SFS-EN 1034-1 kohdassa 5.4.1 määritellään koneen osien välille nielukohdassa vähintään 500 mm etäisyys, jotta koko kehon nieluun joutumisen vaara voidaan estää. Käsivarrelle vastaavaksi vähimmäisetäisyydeksi annetaan 120 mm. Standardin mukaan käsivarrelle tarkoitettun vähimmäisetäisyyden käyttäminen on sallittua kuitenkin vain silloin, kun koko kehon ulottuminen nieluun on estetty. (SFS-EN 1034-1:2010, 24)

Kuvassa 8 on havainnollistettu esimerkki kehon nieluun joutumisen vaarasta. Etäisyyden d tulisi olla ≥ 500 mm. Telahiomakoneessa täysin vastaava nielu syntyy pyörivän telan ja telahiomakoneen rakenteiden väliin telan alapuolelle.



Kuva 8. Esimerkki nielusta. (SFS-EN 1034-1:2010, 16)

Telan pyörittämiseen liittyen, riskin arvioinnissa todettiin myös, että toinen keskita-son riski aiheutuu vaihdelaatikon kardaaniakselista, johon työstettävä tela liitetään sen pyörittämistä varten. Pyörivään kardaaniakseliin olisi hyvin mahdollista takertua sen muodon ja verrattain pienen halkaisijan vuoksi. Pyörivään kardaaniakseliin ta-kertumisen seurauksena saattaisi syntyä vakaviakin vammoja esimerkiksi yläraajoi-hin. Riskin tasoa nostaa se, että kardaaniakseliin liitetyn telan pysähtyminen kestäisi hätäpysäytystilanteessakin noin 15 sekuntia. Kyseinen riski on jo aiemmin huomioitu suojaamalla kardaaniakseli avattavalla suojuksella. Tämä suoja ei kuitenkaan ole ko-noon toimintaan kytketty suojus ja kardaaniakselia voidaan näin ollen pyörittää nor-maalilla toimintanopeudella, vaikka suojus ei olisikaan paikallaan. Suojuksen paikal-leen laittaminen ennen telan pyörittämisen aloittamista on varmistettu vain työohjeis-

tuksella. Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdan 6.3.3.2.3 mukaan voimansiirron liikkuvien osien aiheuttamilta vaaroilta suojaavien avattavien suojusten on oltava toimintaan kytkettyjä suojuksia, jotka tulee tarvittaessa varustaa lukinnalla. Lisäksi suojus on alapuolelta täysin avoin, jolloin se ei täytä suojusten turvaetäisyyksiä käsittelevän standardin SFS-EN ISO 13857 vaatimuksia. (SFS-EN ISO 12100:2010, 86)



Kuva 9. Kardaaniakselin nykyinen suojus.

Lähtökohtana telan ja kardaaniakselin muodostaman vaara-alueen suojaamiselle on se, että kulku vaara-alueelle on tehtävä mahdolliseksi, jotta työstettävä tela voidaan kiinnittää kardaaniakseliin ja jotta sille voidaan suorittaa mittauksia hiontaan liittyen. Vaara-alueelle pääseminen ei kuitenkaan ole tarpeellista hionnan aikana. Telan pyörittämisen mahdollisuus on tästä huolimatta säilytettävä myös vaara-alueella oltaessa kardaaniakselin kiinnityspulttien reikien kohdalleen hakemista varten. Telan ja kardaaniakselin muodostaman vaara-alueen suojaamiseen voidaan näin ollen soveltaa SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.2.4 esitettyä vaatimusta, jonka mukaan suojausteknisten laitteiden on varmistettava myös sellaisten henkilöiden suojaus, jotka ovat vastuussa esimerkiksi koneeseen tehtävästä asetuksesta. Mittausten tekeminen työstettävään telaan sekä telan kiinnittäminen koneeseen voidaan katsoa tällaiseksi toiminnaksi. Näillä lähtökohdilla telan ja kardaaniakselin vaara-alueen suojuksia ja turvalaitteita tulee valita sen mukaan, että vaara-alueelle menemistä on valvottava ja vaara-alueella oltaessa pyörivästä telasta ja kardaaniakselista aiheutuva riski on pienennettävä riittäväksi tasolle. Kyseeseen tulevat siis telahiomakoneen toimintaan kytkettävät suojalaitteet, joilla estetään vaara-alueelle meneminen telahiomakoneen normaalin

toiminnan aikana. Seuraavissa kohdissa on esitetty perusteluja telan ja kardaniakselin vaara-alueen suojausmenetelmän valinnalle. (SFS-EN ISO 12100:2010, 78)

Suojausteknisten laitteiden sijoittamiseen liittyvän standardin SFS-EN ISO 13855 kohdissa 6 ja 9 esitetään vaatimus toimintaan kytketyn turvalaitteen sijoitusetäisyyden laskemisesta, jos toimintaan kytkettyä turvalaitetta ei ole varustettu lukinnalla tai käytössä on koskematta tunnistava turvalaite, esimerkiksi valoverho. Koneen vaarallisten liikkeiden on ehdittävä pysähtymään ennen henkilön ulottumista vaarakohtaan. Turvalaite on tällöin sijoitettava riittävän etäälle vaarakohdasta. Turvalaitteen vähimmäisetäisyys vaarakohdasta on laskettava standardin SFS-EN ISO 13855 kohdassa 5.2 esitetyllä yleisellä laskukaavalla.

$$S = (K * T) + C$$

- S on turvalaitteen vähimmäisetäisyys millimetreinä
- K on muuttuja millimetreinä sekunnissa, joka saadaan kehon tai kehonosien liikenopeustiedoista
- T on järjestelmän kokonaispysähtymisaika sekunneissa
- C on lähestymisetäisyys millimetreissä, jonka kehon osa (tavallisesti käsi) voi liikkua suojausteknisen laitteen ohi vaarakohdan suuntaan ennen kuin turvalaite vaikuttaa.

(SFS-EN ISO 13855:2010, 24)

Standardissa on tarkemmin esitetty erilaisia esimerkkejä yleisen laskukaavan käyttämisestä käytettävästä turvalaitteesta riippuen.

Kuten kappaleessa 4.4.4 on perusteltu, telan pyöriksen turvalaitteen aiheuttamassa pysähtymisessä käytetään mekaanisista syistä samaa hidastumisnopeutta kuin normaalissakin pysähtymistoiminnossa. Telahiomakoneessa pyörivän telan pysähtymiseen kuluva aika on siis aina 15 sekuntia. Turvalaitteen vähimmäisetäisyyden yleistä laskukaavaa karkeasti käyttämällä voidaan todeta, että valoverhoa tai lukitsematonta turva-aitaa käyttämällä niiden sijoitusetäisyys tulisi olla varsin kaukana vaara-alueesta.

$$S = (K * T) = \left(1600 \frac{mm}{s} * 15 s\right) = 24 m$$

Lähestymisnopeutena laskutoimituksessa käytettiin normaalille kävelyllä annettua arvoa 1600 mm/s. Liikkuminen voisi tapahtua myös normaalia kävelyä nopeammin, jolloin vähimmäisetäisyyden tulisi olla vielä suurempi. (Siirilä 2008a, 149)

Laskutoimituksen tuloksena saadun 24 metrin vähimmäisetäisyyden toteuttaminen telahiomakoneen ympäristössä olisi käytännössä kannattamaton ajatus, koska helpompi ja vähemmän tilaa vievä ratkaisu voidaan toteuttaa turva-aidalla, jonka ovi on varustettu toimintaan kytkettävällä ja lukittavalla turvalaitteella. Toimintaan kytke- tyllä ja lukittavalla ovella varustetun turva-aidan käyttämistä telan ja kardaaniakselin suojausmenetelmänä voidaan perustella koneen toimintaan kytkettäviä suojuksia kä- sittelevän standardin SFS-EN ISO 14119 kohdalla 6.1. Siinä velvoitetaan käyttämään lukinnalla varustettua koneen toimintaan kytkettyä turvalaitetta, jos koneen vaarallisten liikkeiden pysähtymisaika on suurempi kuin henkilöltä vaaravyöhykkeelle pää- semiseen kuuluva lähestymisaika. (SFS-EN ISO 14119:2013, 44)

Kardaaniakselin suojaamiseen voidaan käyttää myös turva-aitaa, suunnittelemalla turva-aita niin, että se estää pyörivään telaan ulottumisen lisäksi myös pyörivään kardaaniakseliin ulottumisen. Tällöin kardaaniakselin nykyistä avattavaa suojusta ei tarvitse muuttaa lukittavaksi toimintaan kytketyksi suojukseksi.

Turva-aitojen korkeutta määritettäessä sovelletaan tavallisesti 2 m vähimmäisvaati- musta, joka perustuu eri C-tyyppin standardeissa tietyille koneille tai koneryhmille esitettyihin vaatimuksiin turva-aitojen korkeuksista. Kun turva-aidan korkeus on 2 m, voidaan aidan yli kiipeämistä pitää riittävän vaikeana. Yli kiipeämisen estämisen kannalta turva-aidan verkossa on käytettävä riittävän pientä silmäkokoa ja sen raken- ne on suunniteltava niin, että siinä ei ole vaakatukia, joita voisi helposti käyttää kii- peämiseen. Yleisenä vaatimuksena sovelletaan myös 180 mm suurinta sallittua etäi- syyttä turva-aidan alareunasta lattiaan, jolloin turva-aidan alta ryömiminen ei ole mahdollista. Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.3 suojusten suunnittelulle esitettyjen yleisten vaatimusten lisäksi turva-aidan korkeutta määritettäessä on otet- tava huomioon turvaetäisyyksiä koskevan standardin SFS-EN ISO 13857 taulukoissa

1 ja 2 esitetyt vaatimukset suojan sijoitusetäisyyksille sekä taulukoissa 3 ja 4 esitetyt vaatimukset turva-aidan aukkoihin liittyen. (Siirilä 2008a, 135 - 136; SFS-EN ISO 13857:2008, 16 - 18, 20 - 22)

Telahiomakoneen tapauksessa 2 metrin korkuisen turva-aidan käyttämistä saattaa rajoittaa telojen siirtämiseen käytettävän siltanosturin nostokorkeus. Kiinteitä hiomakoneita käsittelevän standardin SFS-EN ISO 16089 kohdassa 5.1.2.2 turva-aitojen korkeudeksi asetetaan kuitenkin vähintään 1,4 metriä, kun etäisyydet vaara-alueista toteutuvat standardin SFS-EN ISO 13857 vaatimusten mukaan. Tämän perusteella voidaan telahiomakoneen turva-aitojen suunnittelussa arvioida tehdäänkö turva-aitojen yleiseen 2 metrin korkeusvaatimukseen poikkeus telojen siirtämiseen käytettävän siltanosturin nostokorkeuden vuoksi. On kuitenkin varmintaa noudattaa 2 metrin yleistä korkeusvaatimusta, jos se on mahdollista. (SFS-EN ISO 16089:2015, 23)

Koska pyörivän telan pysähtyminen tapahtuu melko hitaasti, on telan ja kardaniakselin vaara-alueen suojaukseen käytettävien turva-aitojen oltava lukittuina aina telan pyöriessä. Turva-aitojen avaaminen on oltava mahdollista vain silloin kun telan pyörivä liike on pysähdyksissä. Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.2.11.9 esitetään vaatimus, jonka mukaan turvallisuus on aikaansaatava erityistä ohjaustapaa käyttämällä, jos suojuus tai turvalaite on siirrettävä tai poistettava käytöstä koneelle tehtävää asetusta, opettamalla ohjelmointia, prosessin muuttamista, vianetsintää, puhdistusta tai kunnossapitoa varten. Kuten aiemminkin mainittiin, mittausten tekeminen työstettävään telaan sekä telan kiinnittäminen koneeseen voidaan katsoa tällaiseksi toiminnaksi. Tällaista ohjaustapaa käytettäessä seuraavat standardissa esitetyt vaatimukset on täytettävä:

- Kaikki muut mahdolliset ohjaustavat poistetaan käytöstä
- Vaarallisten kone-elinten käyttö sallitaan vain vaikutettaessa jatkuvasti sallintalaitteeseen, kaksinkäsinhallintalaitteeseen tai pakkokäyttöiseen hallintalaitteeseen
- Vaarallisten kone-elinten käyttö sallitaan vain pienennetyn riskin olosuhteissa, joita ovat esimerkiksi alennettu nopeus, pienennetty teho/voima ja askelkäyttö

- Kaikki koneen antureiden tarkoituksellisen tai tarkoittamattoman vaikuttamisen aiheuttamat vaaralliset toiminnot estetään
(SFS-EN ISO 12100:2010, 70)

Edellä mainituista vaatimuksista voidaan telahiomakoneen tapauksessa nostaa esille liikkeiden salliminen vain pienennetyn riskin olosuhteissa ja pakkokäyttöiseen hallintalaitteeseen vaikuttaessa. Kun turva-aidoilla rajatulle vaara-alueelle pääsy on mahdollista, on telan pyörittäminen, tai oikeammin kardaniakselin pyörittäminen, sallittava vain alennetulla nopeudella. Ohjauksen tulee tapahtua tällöin pakkokäyttöisesti esimerkiksi keskelle palautuvalla kytkimellä tai painonapilla.

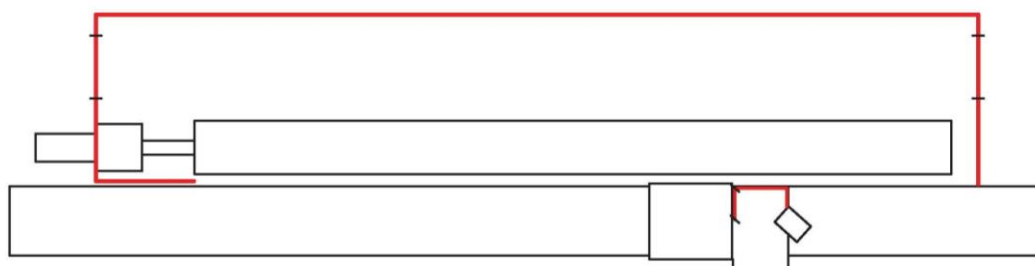
Pyörivien liikkeiden sallituille nopeuksille ei ole olemassa mitään yleistä standardissa esitettyä vaatimusta tai normia. Pyörivien liikkeiden sallitut nopeudet on usein esitetty vain konekohtaisesti C-tyyppin standardeissa. Telahiomakoneen tapauksessa alennetun nopeuden määrittäminen tulee tehdä riskin arvioinnin perusteella, mutta suuntaa antavana apuna voidaan käyttää C-tyyppin standardeissa esitettyjä nopeusvaatimuksia, jos niissä käsiteltävät koneet omaavat samoja piirteitä.

Esimerkiksi paperi- ja paperin jälkikäsitteilykoneiden yleisiä turvallisuusvaatimuksia käsittelevän standardin SFS-EN 1034-1 kohdassa 3.4 kerrotaan ryömintänopeuden tarkoittavan nopeutta 0,25 m/s pienempää, alinta käytännössä mahdollista nopeutta. Saman standardin kohdassa 5.9.5 kerrotaan, että ryömintäajoa pidetään riskiä vähentävänä toimenpiteenä silloin, kun vaaravyöhykkeelle on päästävä esimerkiksi säädön tai asetuksen vuoksi ja kun kyseisiä toimenpiteitä ei ole mahdollista suorittaa koneen ollessa pysähtyneenä. Tämän lisäksi kiinteitä hiomakoneita käsittelevän standardin SFS-EN ISO 16089 kohdassa 5.2.7.4 sallitaan työstettävän kappaleen pyörimisnopeudeksi 1,3 m/s, jos vaara-alueelle on päästävä tekemään säätöjä, asetuksia tai mitauksia. Samassa kohdassa esitetään myös vaatimus, jonka mukaan pyörivän liikkeen ohjaus on tällöin tapahduttava pakkokäyttöisellä hallintalaitteella. (SFS-EN 1034-1:2010, 14, 44; SFS-EN ISO 16089:2015, 31)

Kun otetaan huomioon kardaniakselin pyörittämisen alennetun nopeuden käyttötarkoitus eli kardaniakselin oikean asennon hakeminen kiinnitystä varten, on kiinteitä hiomakoneita käsittelevässä standardissa esitetty 1,3 m/s nopeus varsin suuri nopeus.

Tällöin kardaaniakselin pyörimisnopeus olisi karkeasti ottaen 33 rpm, joka aiheuttaisi jo takertumisen vaaran. Paperi- ja paperin jälkikäsitteilykoneita käsittelevässä standardissa esitetty 0,25 m/s nopeus olisi sopivampi telahiomakoneessa sovellettavaksi. Tällöin kardaaniakselin pyörintänopeus olisi noin 6 rpm. Näillä perusteilla alennetuksi nopeudeksi voidaan valita 6 rpm, koska tämä nopeus sopii hyvin tarkkuutta vaativaan pyöritysliikkeeseen eikä siitä aiheudu pakkotoimisesti ohjattuna vaaraa.

Edellä esitettyjen perustelujen mukaisesti telan ja kardaaniakselin aiheuttamien riskien turvallistamisratkaisuksi valittiin turva-aita, jolla estetään pääsy vaara-alueelle telahiomakoneen normaalin toiminnan aikana. Turva-aidan kaksi ovea varustetaan telahiomakoneen toimintaan kytketyillä ja lukittavilla turvalaitteilla. Kun turva-aidan ovista toinen tai molemmat ovat auki, sallitaan telan pyöritys vain alennetulla nopeudella pakkotoimisesti ohjattuna. Lisäksi estetään hiomanauhan pyöritys sekä kaikki hiomakelkan liikkeet. Kuvassa 10 on esimerkki turva-aitojen sijoittelusta, jossa turva-aita on esitetty punaisella viivalla ja ovien paikat on merkitty mustilla viivoilla.



Kuva 10. Esimerkki turva-aitojen sijoittelusta.

Turvatoimintojen toiminnallista turvallisuutta käsitellään luvussa 5. Lisäksi turvatoiminnon toiminta käytännön tasolla esitetään toiminnankuvauksessa (Liite 1).

4.4.2 Hiomakelkan riskit

Riskin arvioinnissa otettiin lisäksi huomioon, että pyörivään telaan on täysin esteetön pääsy myös sivuttain liikkuvasta hiomakelkasta. Hiomakelkasta pyörivää telaa kohti on mahdollista esimerkiksi horjahtaa. Samoilla periaatteilla, kuin edellisessä kohdassa esitettiin telan ja kardaaniakselin vaara-alueen suojaukseen liittyen, voidaan hio-

makelkasta pyörivään telaan ulottumisen ja telaa päin horjahtamisen estämiseen käyttää turva-aitaa. Hiomakelkan turva-aidalla voidaan lisäksi estää riskin arvioinnissa keskitason riskiksi todettu hiomalaitteen ja telan väliin puristuminen. Kyseinen riski on olemassa, koska ylä- ja alaraajat ulottuvat hiomakelkasta esteettömästi hiomalaitteen ja telan väliin. On korostettava, että turva-aita on suunniteltava suojusten turvaetäisyyksiä käsittelevän standardin SFS-EN ISO 13857 vaatimusten mukaisesti. Lisäksi hiomakelkan turva-aidan suunnittelussa tulee ottaa huomioon, että myös sen on oltava avattava, jotta hiomanauhakotelon mahtuu aukeamaan esimerkiksi hiomanauhan vaihtamista varten. Tästä johtuen, myös hiomakelkan turva-aita on varustettava toimintaan kytketyllä ja lukittavalla turvalaitteella. Suojuksen valinta voidaan perustella samalla tavalla kuin telan ja kardaaniakselin suojaukseen käytettävän turva-aidan ja sen toimintaan kytketyn ja lukittavan turvalaitteen valinta. Esimerkki hiomakelkan turva-aidan sijoittelusta on nähtävissä edellä esitetystä kuvassa 10.



Kuva 11. Hiomakelkka.

Hiomakelkan sivuttainen liike kirjattiin riskin arvioissa matalan tason riskiksi. On kuitenkin mahdollista esimerkiksi seisoa liikkuvan hiomakelkan liikeradalla. Tämän vaaratekijän aiheuttamat seuraukset olisivat kuitenkin verrattain pieniä hiomakelkan alhaisen nopeuden vuoksi. Hiomakelkan sivuttaiseen liikkeeseen ei myöskään liity puristumisen vaaraa, koska tila on avointa hiomakelkan sivuilla ja takana.

Kuten jo aiemmin mainittiin pyörivien liikkeiden osalta, ei koneen sallituille liikenopeuksille ole olemassa mitään yleistä standardissa esitettyä vaatimusta tai normia. Samoin kuin pyöriville liikkeille, on koneiden muille liikenopeuksille esitetty vaatimuksia vain konekohtaisesti C-tyyppin standardeissa. Eri standardien ja muiden julkaisujen perusteella voidaan koneen tai sen osan vapaassa tilassa tapahtuvan liikkeen sallittuna nopeutena pitää 200 mm/s. Tällä nopeudella riskin oletetaan yleensä olevan siedettävä, jos koneen tai sen osan liike aiheuttaa iskun tilassa, jossa ei ole puristumisen vaaraa. Hiomakelkan sivuttaisen liikkeen suurin nopeus on kuitenkin vain 5000 mm/min, joka tarkoittaa 83 mm/s nopeutta. Näin ollen hiomakelkan nopeus jää reilusti alle yleisesti käytössä olevan sallitun nopeuden. Tämän lisäksi kiinteitä hiomakoneita käsittelevän standardin SFS-EN ISO 16089 kohdassa 5.2.7.5 aksiaalisten liikkeiden sallituksi nopeudeksi esitetään 5000 mm/min, jos vaara-alueelle on mentävä koneen automaattisen toiminnan aikana. Näillä perusteluilla voidaan hiomakelkan sivuttaisen liikkeen sallituksi nopeudeksi valita 5000 mm/min. (Siirilä 2009, 305; SFS-EN ISO 16089:2015, 32)

Hiomakelkan sivuttaisen liikkeen alueelle on kuitenkin täysin esteetön pääsy ja liikuvista osista ei varoiteta millään tavalla. Liikkeet saattavat siis tulla yllätyksenä niille, jotka eivät tunne telahiomakoneen toimintaa. Standardin SFS-EN ISO 12100 kohdan 6.4.3 mukaan näköön perustuvia signaaleja, kuten vilkkuvaloja, voidaan käyttää varoittamaan vaarallisesta tapahtumasta. Kun vilkkuvaloa käytetään varoituslaitteena, tulee suunnittelussa ottaa huomioon ”aistien ylikuormittumisen” mahdollisuus, joka voi olla seurausta liian usein toistuvista valosignaaleista. Koska hiomakelkan sivuttainen liike jatkuu tavallisesti pitkiäkin aikoja, voidaan liikkeestä varoittavana laitteena käyttää riittävän harvoin vilkkuvaa vilkkuvaloa. Liikkeestä varoittaminen voidaan katsoa tärkeimmäksi heti liikkeen alkaessa ja liikkeen suunnan vaihtuessa. Tällöin vilkkuminen tapahtuu riittävän harvoin eikä siitä aiheudu häiritsevää tekijää. (SFS-EN ISO 12100:2010, 96)

Riskin arvioinnissa hiomakelkkaan liittyväksi riskiksi tunnistettiin myös se, että hiomakelkkaa ja sen porrasaskelmia ei ole varustettu kaiteilla. Hiomakelkasta horjattaminen voisi näin ollen tapahtua myös hiomakelkan sivuille, joka voisi pahimmillaan johtaa hiomakelkan sivuttaisen liikkeen alle jäämiseen. Standardissa SFS-EN ISO 12100 kohdassa 6.3.5.6 esitetään vaatimuksia toimenpiteille koskien turvallista

pääsyä ja kulkemista koneessa. Näistä vaatimuksista käy ilmi, että koneen kulkutiet on varustettava sopivilla suojakaiteilla ottaen huomioon korkeus lattian tasosta. Hiomakelkka ei välttämättä korkeutensa puolesta ole vaarallisimmasta päästä, mutta horjahtamisen riskiä nostavat hiomakelkan liikkeelle lähdöt ja pysähtymiset sekä suunnanvaihdokset. (SFS-EN ISO 12100:2010, 92)

Edellä esitettyihin perusteluihin viitaten hiomakelkan turvallistamisratkaisuksi valittiin turva-aita sekä asianmukaiset kaiteet. Turva-aita varustetaan telan ja kardaniakselin vaara-alueen suojaamisessa käytettyjen periaatteiden mukaisesti myös telahiomakoneen toimintaan kytketyllä lukittavalla turvalaitteella. Hiomakelkan turvaaidan ollessa auki sallitaan telan pyöritys vain alennetulla nopeudella. Myös hiomalaitteen pyöritys sekä kaikki hiomakelkan liikkeet estetään. Lisäksi hiomakelkan sivuttaisen liikkeen käynnistymisestä ja suunnan vaihtumisesta varoitetaan vilkkuvalla.

Muiden turvatoimintojen lisäksi tämän turvatoiminnon toiminnallista turvallisuutta käsitellään luvussa 5. Lisäksi turvatoiminnon toiminta käytännön tasolla esitetään toiminnankuvauksessa (Liite 1).

4.4.3 Hiomanauhakotelon riski

Riskin arvioinnissa todettiin hiomanauhakotelon avaamiseen liittyvän keskitason riski, koska hiomanauhan pyörityksen käyttöä ei ole estetty hiomanauhakotelon ollessa auki. Näin ollen voi tapahtua vahinkokäynnistyminen esimerkiksi hiomanauhan vaihdon yhteydessä. Hiomanauhakotelon voidaan katsoa olevan avattava suojuus, jolloin siihen on sovellettava standardin SFS-EN ISO 12100 kohdan 6.3.3.2.3 vaatimuksia. Sen mukaan muiden kuin voimansiirron liikkuvien osien aiheuttamilta vaaroilta suojaavat avattavat suojukset on suunniteltava ja kytkettävä koneen toimintaan siten, että koneen liikkuvien osien käynnistyminen on estetty silloin, kun käyttäjä voi ulottua niihin eikä käyttäjä voi ulottua liikkuviin osiin sen jälkeen, kun ne ovat käynnistyneet. Tämän perusteella hiomanauhakotelo on varustettava toimintaan kytketyllä turvalaitteella. (SFS-EN ISO 12100:2010, 86)

Hiomanauhakotelon turvalaitteen ei tarvitse olla lukittava, koska hiomanauhan pyörittäminen estetään turva-aitojen turvakytkimillä. Hiomanauhakotelo ei voi avata ellei sen edessä olevaa hiomakelkan turva-aitaa ole käännetty pois tieltä. On kuitenkin mahdollista sulkea hiomakelkan turva-aita hiomanauhakotelon ollessa auki. Tämän vuoksi on varmistettava, että hiomanauhakotelo suljetaan.

Turvatoiminnon toiminnallista turvallisuutta käsitellään luvussa 5. Lisäksi turvatoiminnon toiminta käytännön tasolla esitetään toiminnankuvauksessa (Liite 1).

4.4.4 Turvalliset pysähtymistoiminnot

Koneiden sähkölaitteiston yleisiä vaatimuksia käsittelevän standardin SFS-EN 60204-1 mukaan koneen pysähtyminen on toteutettava riskin arvioinnin ja koneen toiminnallisten vaatimusten mukaisesti. Koneen pysähtymistoiminnot on standardissa jaettu kolmeen eri luokkaan, jotka ovat:

- Luokka 0: valvoton pysähtyminen, jossa pysäyttäminen tapahtuu katkaisemalla energiansyöttö välittömästi koneen toimilaitteilta, jonka jälkeen koneen liikkeet pysähtyvät itsekseen tai mekaanisesti toimivien jarrujen avulla.
- Luokka 1: valvottu pysähtyminen, jossa energiansyöttö säilytetään koneen toimilaitteilla pysähtymisen aikaan saamiseksi. Pysähtymisen jälkeen energiansyöttö poistetaan toimilaitteilta.
- Luokka 2: valvottu pysähtyminen, jossa toimilaitteiden energiansyöttö säilytetään liikkeiden pysähtymisen jälkeenkin.

(SFS-EN 60204-1:2006, 88)

Pysäytysluokkaa 2 käytetään tavallisesti normaalin tuotantotoiminnan yhteydessä, jolloin koneen vaaravyöhykkeille ei mennä. Koska odottamattoman käynnistymisen todennäköisyys ei ole luokan 2 pysäytyksessä riittävän pieni, on pysäytyksen muututtava luokan 0 pysäytykseksi vaaravyöhykkeelle mentäessä. Jos on perusteltua käyttää

luokan 2 pysäytystä turvalaitteen aikaan saamana pysähtymistoimintona, on laitteen pysähtyneenä olemista valvottava luotettavasti. (Siirilä 2008a, 179 - 180)

Telahiomakoneen normaalien pysähtymistoimintojen voidaan katsoa olevan luokan 2 pysäytyksiä. Normaalilla pysähtymistoiminnolla tarkoitetaan tässä yhteydessä käyttäjän suorittamaa telahiomakoneen liikkeen pysäytystä siihen tarkoitettulla tavalla, esimerkiksi seis-painiketta painamalla.

Koneiden sähkölaitteiston yleisiä vaatimuksia käsittelevässä standardissa SFS-EN 60204-1 esitetään myös hätäpysäytyksen perusvaatimukset. Sen mukaan hätäpysäytyksen on tapahduttava joko pysäytysluokan 0 tai pysäytysluokan 1 mukaisesti aiheuttamatta muita vaaratekijöitä. Hätäpysäytyksen luokan valinta tulee tehdä koneen riskien arvioinnin perusteella. Hätäpysäytystoiminnon perusvaatimus on, että hätäpysäytyksen on ohitettava koneen kaikki muut toiminnot kaikissa tilanteissa. Hätäpysäytystoiminnon kuittaaminen ei saa missään tapauksessa aiheuttaa uudelleenkäynnistymistä. Hätäpysäytyslaitteiston tarkemmat suunnittelua ja toimintaa koskevat periaatteet on annettu standardissa SFS-EN ISO 13850. (SFS-EN 60204-1, 88)

Standardissa SFS-EN ISO 13850 hätäpysäytystoiminnon yleiset vaatimukset esitetään tarkemmin. Yleiset vaatimukset ovat, että kun hätäpysäytystoiminto käynnistetään, sen on pysyttävä käynnissä kunnes se kuitataan käsikäyttöisesti ja sen aikana minkään hätäpysäytystoiminnon pysäyttämän toiminnon käynnistyskäsky ei saa aiheuttaa uudelleen käynnistymistä. Hätäpysäytystoiminto on palautettava toiminta- valmiiksi ihmisen suorittamalla tarkoituksellisella toimenpiteellä pysäytyskäskyn synnyttäneeseen laitteeseen. Standardin SFS-EN ISO 13850 mukaan hätäpysäytystoiminnon suunnittelussa on otettava huomioon muun muassa koneen rakenteelliset rajoitteet liikkeiden hidastumisnopeuksia valittaessa, tarvittava pysähtymisloukka sekä liikkeiden mahdollinen alasajojärjestyksen tarve. (SFS-EN ISO 13850:2015, 8)

Standardissa SFS-EN ISO 13850 hätäpysäytystoiminnon suorittavien turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien vaatimukseksi asetetaan, että niiden on oltava standardien ISO 13849-1 ja/tai IEC 62061 olennaisten vaatimusten mukaisia. Lisäksi vaadittavan suoritustason PL tai turvallisuuden eheyden tason SIL määrittämisessä on otettava huomioon hätäpysäytystoiminnon tarkoitus. Hätäpysäytystoiminnon tarve

ja tarkoitus määräytyy tavallisesti koneelle tehtävän riskin arvioinnin kautta. Häätäpysäytystoiminnon suoritustason tai turvallisuuden eheyden tason vähimmäisvaatimukset ovat PLc ja SIL 1. (SFS-EN ISO 13850, 11)

Hätäpysäytystoiminnon käynnistävän hätäpysäytyslaitteen on standardin SFS-EN ISO 13850 mukaan sijaittava jokaisessa käyttäjän ohjauspaikassa, jos riskin arvioinnilla ei toisin osoiteta. Häätäpysäytyslaitteen on sijaittava myös jokaisessa riskin arvioinnin määrittämässä muussa kohdassa. Häätäpysäytyslaitteet on sijoitettava siten, että ne ovat helposti saavutettavissa eikä niiden käyttämisestä aiheudu vaaraa. (SFS-EN ISO 13850:2015, 12)

Standardissa SFS-EN ISO 13850 annetaan tarkempia esimerkkejä hätäpysäytystoiminnon mahdollisista toteutustavoista pysäytysluokilla 0 ja 1. Esimerkeissä mainitaan muun muassa, että pysäytysluokka 0 voidaan toteuttaa kytkemällä pois vääntömomentin tai voiman tuottamiseen sähkömoottorille tarvittava teho käyttämällä standardin IEC 61800-5-2 mukaista voimansiirtojärjestelmän turvallista vääntömomentin katkaisutoimintoa (Safe Torque Off, STO). Pysäytysluokka 1 voidaan toteuttaa esimerkiksi standardin IEC 61800-5-2 mukaisella voimansiirtojärjestelmän turvapysäytystoiminnolla 1 (Safe Stop 1, SS1). (SFS-EN ISO 13850:2015, 10)

Hätäpysäytystoimintoa ei saa käyttää suojausteknisten toimenpiteiden tai turvatoimintojen korvaajana vaan se on täydentävä suojaustoimenpide, jonka tarkoituksena on torjua henkilöiden käyttäytymisestä tai odottamattomasta vaarallisesta tapahtumasta johtuvat todelliset tai uhkaavat hätätilanteet. (SFS-EN ISO 13850:2015, 8)

Telahiomakoneen normaalin pysähtymistoiminnon eli luokan 2 pysähtymisen aikana turvalaitteen toiminta muuttuu pysähtymisen välittömästi luokan 0 pysähtymiseksi. Telahiomakoneen liikkeiden ollessa pysähtyneenä turvalaitteilla toteutettavat luokan 0 pysähtymiset toteutetaan taajuusmuuttajien Safe Torque Off -toiminnolla, joka vastaa standardissa SFS-EN 1037 kuvattua odottamattoman käynnistymisen estoa ja standardissa SFS-EN 60204-1 kuvattua pysäytysluokkaa 0. (ACS880-01 laiteopas 2015, 230; Sinamics S120 ohjekirja 2012, 26)

Telahiomakoneen liikkeiden ollessa käynnissä turvatoimintojen aiheuttamat pysähtymistoiminnot toteutetaan sekä luokan 0 että luokan 1 pysäytyksinä. Hiomakelkan liikkeissä voidaan käyttää luokan 0 pysäytystä eli taajuusmuuttajien Safe Torque Off -toimintoa, koska hiomakelkan liikkeet pysähtyvät kitkan ansiosta nopeasti ilman erillistä jarrutusta. Telan pyöriksen ja hiomanauhan pyöriksen turvatoiminnon aiheuttamat pysähtymistoiminnot toteutetaan luokan 1 pysäytyksinä, koska näiden liikkeiden pysähtyminen ilman jarrutusta kestäisi erittäin kauan suurista massoista ja niiden verrattain pienistä kitkoista johtuen. Luokan 1 pysäytys toteutuu telan pyöriykseen ja hiomanauhan pyöriykseen valittujen taajuusmuuttajien turvatoimintomoduulien Safe Stop 1 -toiminnolla, joka suorittaa moottorin jarruttamisen valvotusti ja käynnistää Safe Torque Off -toiminnon heti liikkeen pysähtyessä. Molemmissa pyöriysliikkeissä Safe Stop 1 -toiminnon hidastumisnopeutena käytetään samaa nopeutta kuin normaalissa pysäytyksessä, koska suurten massojen pysäyttäminen nopeasti rasittaisi voimansiirron komponentteja mahdollisesti niille suunniteltuja ominaisuuksia enemmän. Tämä koskee erityisesti telan pyöriystä, joka on varustettu vaihdelaatikolla. Vaihdelaatikon mekaanisen rasituksen rajoja ei tunneta, joten on turvallisinta käyttää alkuperäistä hidastumisnopeutta lähellä olevaa hidastumisnopeutta. Nopeasti pysäytettäessä vaihdelaatikkoon kohdistuva vääntömomentti kasvaisi moninkertaiseksi, mikä saattaisi rikkoa vaihdelaatikon.

Telahiomakoneen hätäpysäytyslaitteiksi valittiin standardin SFS-EN ISO 13850 mukaiset kämmenellä vaikutettavat painikkeet, jotka ovat varustettuja mekaanisella lukitustoiminnolla. Hätäpysäytyspainikkeet sijoitetaan standardin vaatimusten mukaisesti kaikkiin telahiomakoneen ohjauspaikkoihin sekä riskin arvioinnilla määritettyihin muihin paikkoihin. Telahiomakoneen ohjauspaikoiksi voidaan määritellä hiomakelkassa sijaitsevan ohjauspaneelin lisäksi telahiomakoneen sähkökeskus sekä karalaatikko, koska sähkökeskuksesta käsin telahiomakonetta voidaan ohjata paikallisesti ja karalaatikkoon on sijoitettu erillinen telan askellukseen käytettävä kytkin. Yksintyöskentelyyn liittyviä riskejä on jo aikaisemmin huomioitu sijoittamalla hätäpysäytyspainikkeet kahden muun telahiomossa sijaitsevan telahiomakoneen ohjauspaneeliin. Tämä katsottiin hyväksi ratkaisuksi ja sitä käytetään jatkossakin. Hätäpysäytyspainikkeisiin on tällöin merkittävä selvästi, minkä laitteen ne pysäyttävät.

Muiden turvatoimintojen lisäksi hätäpysäytystoiminnon toiminnallista turvallisuutta käsitellään luvussa 5.

5 TOIMINNALLINEN TURVALLISUUS

Turvatoimintoja sisältävien ohjausjärjestelmien suunnittelussa on otettava huomioon järjestelmän mahdollisten vikojen todennäköisyys ja järjestelmän kyky säilyttää turvatoiminnot mahdollisissa vikatilanteissa. Yksinkertaisesti ajateltuna turvatoiminnon suorittavan ohjausjärjestelmän osan mahdollinen vaarallinen vikaantuminen tulisi olla sitä epätodennäköisempää, mitä suurempaan riskiin kyseinen turvatoiminto liittyy. Turvatoimintoihin liittyvät ohjausjärjestelmän osat voivat olla yksittäisiä sähköisiä tai elektronisia laitteita tai kokonaisia ohjausjärjestelmän ohjelmistoja. Toiminnallinen turvallisuus syntyy näiden osien muodostamasta kokonaisuudesta (Siirilä 2009, 143; SFS-EN ISO 13849-1, 7)

Ohjausjärjestelmän osuutta koneen turvallisuuteen, eli toiminnallista turvallisuutta, käsitellään standardeissa SFS-EN ISO 13849-1 ja SFS-EN 62061. Kyseisissä standardeissa esitetään yleiset periaatteet koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelulle. Standardissa SFS-EN ISO 13849-1 ohjausjärjestelmän kykyä suorittaa turvatoiminto kuvataan viidellä eri suoritustasolla PL a, b, c, d, e (Performance Level), kun taas standardissa SFS-EN 62061 sitä kuvaavat turvallisuuden eheyden tasot SIL 1, 2 ja 3 (Safety Integrity Level). Molemmat luokitukset määritellään vaarallisten vikaantumisten todennäköisyydellä tuntia kohden. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien turvallisuusvaatimukset voidaan täyttää käyttämällä kumpaa tahansa näistä standardeista niiden soveltamisalojen mukaisesti. (SFS 5974:2011, 10)

Standardissa SFS-EN 62061 turvatoimintojen toiminnalle ja niiden luotettavuudelle esitetyt vaatimukset ja suunnittelumenetelmät perustuvat erilaisiin vikaantumisanalyyseihin sekä todennäköisyyslaskentaan. Tämän vuoksi kyseisen standardin soveltaminen edellyttääkin riittävää kokemusta luotettavuustekniikasta sekä todennä-

köisyyslaskennasta. Lisäksi käytettävissä on oltava riittävästi tietoa järjestelmän osien tai komponenttien vikaantumisominaisuuksista. Standardi on tarkoitettu erityisesti niille turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien sekä ohjausjärjestelmien komponenttien suunnittelijoille ja valmistajille, jotka omaavat riittävän asiantunte muksen kyseisessä standardissa käytettäviin menetelmiin liittyen. (Sundquist 2010b, 5)

SFS-EN ISO 13849-1 on yksinkertaistetumpi standardi, joka on laadittu helpottamaan turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelua sekä niiden todentamista ja kelpuutusta. Se luo selkeän perustan, jonka avulla voidaan arvioida minkä tahansa koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien rakenne ja toiminta. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 7)

Standardin SFS-EN ISO 13849-1 etuja on, että toisin kuin standardi SFS-EN 62061, se kattaa kaikilla eri tekniikoilla toteutetut ohjausjärjestelmät. Siinä esitettyjä menetelmiä voidaan soveltaa turvalaitteisiin, kuten turvakytkimiin, koskematta tunnistaviin turvalaitteisiin, esimerkiksi valoverhoihin sekä ohjausjärjestelmän ohjausyksiköihin ja tehonohjaukseen. Standardia voidaan soveltaa siis ohjausjärjestelmän kaikkiin osiin sähköisistä ja elektronisista komponenteista pneumaattisiin ja hydraulisiin komponentteihin. Lisäksi standardin SFS-EN 62061 mukaisesti suunniteltuja ohjausjärjestelmän osia voidaan suoraan käyttää ohjausjärjestelmässä, joka on suunniteltu SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti. Tämä helpottaa esimerkiksi eri standardien mukaan valmistettujen komponenttien yhdistämisessä yhdeksi ohjausjärjestelmäkokonaisuudeksi. (Sundquist 2010b, 5; SFS-EN ISO 13849-1:2015, 7)

Sovellettiin kumpaa tahansa standardia, on hyvä tietää niiden keskinäinen suhde. Tästä on hyötyä esimerkiksi turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän komponentteja valittaessa, koska eri turvalaitteet voidaan valmistaa näistä vain toisen standardin mukaisesti. Kuvassa 12 on esitetty, mikä standardin SFS-EN ISO 13849-1 suoritus taso vastaa mitäkin standardin SFS-EN 62061 mukaista turvallisuuden eheyden tasoa.

PL	SIL (IEC 61508-1, tiedoksi) tiheiden vaateiden tai jatkuvan toiminnan tapa
a	Ei vastaavuutta
b	1
c	1
d	2
e	3

Kuva 12. PL- ja SIL-tasojen vastaavuus. (SFS-EN ISO 13849-1, 24)

PL- ja SIL-tasojen välisestä vastaavuudesta huolimatta on huomattava, että turvallisuuden liittyvä ohjausjärjestelmä ja sen osat on suunniteltava joko standardin SFS-EN ISO 13849-1 tai standardin SFS-EN 62061 mukaan. Molempien samanaikaista soveltamista ei sallita. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 25)

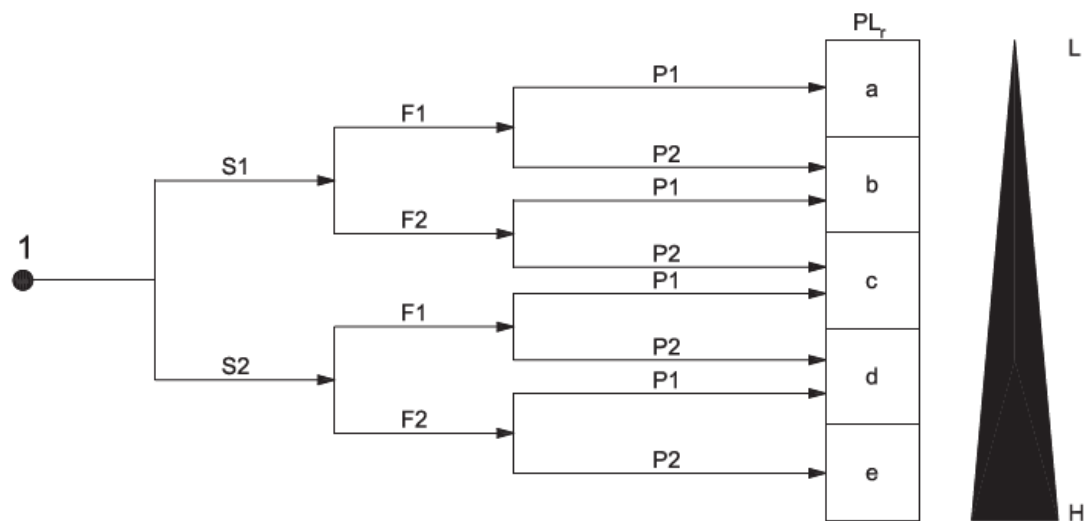
Telahiomakoneen turvatoimintojen suunnittelussa sovelletaan standardia SFS-EN ISO 13849-1. Sen vaatimuksia ja turvatoimintojen todentamista käsitellään seuraavissa kappaleissa.

5.1 Vaadittavan suoritustason määrittäminen

Riskin arvioinnin perusteella on havaituille riskeille suunnittelussa ensin valittu sopivat menetelmät niiden pienentämiseksi. Jos riskin pienentäminen toteutetaan ohjausjärjestelmän turvallisuuden liittyvillä osilla, on tällaiselle turvatoiminnolle standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaan määriteltävä vaadittava suoritustaso PLr (Required performance level). Vaadittavan suoritustason määrittäminen tehdään koneelle suoritettuna riskin arvioinnin perusteella. Mitä suurempaan riskiin ohjausjärjestelmällä toteutettava turvatoiminto liittyy, sitä suurempi tulee sen vaadittavan suoritustason olla. Lisäksi vaadittavan suoritustason määrittely ja sen todentaminen on dokumentoitava. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 22)

Telahiomakoneen riskin arvioinnissa riskeille määriteltyjen lukuarvojen muuttamiselle vaadituksi suoritustasoksi ei ole olemassa minkäänlaista siihen suunniteltua menetelmää tai työkalua. Tämän vuoksi turvatoimintojen vaadittavan suoritustason

määrittämiselle voidaan käyttää standardissa SFS-EN ISO 13849-1 esitettyä kuvaajaa.



Kuva 13. Kuvaaja vaadittavan suoritustason PLr määrittämiseksi. (SFS-EN ISO 13849-1, 55)

Kuvaajan mukaan vaadittu suoritustaso määräytyy kolmen muuttujan perusteella, joista jokainen on jaettu kahteen osaan, jotta eri riskeihin liittyvät seikat voidaan ottaa yksityiskohtaisemmin huomioon. Merkitykset kuvaajan muuttujille ovat seuraavat:

- S Vamman vakavuus
- S1 Lievä (tavallisesti palautuva vamma)
- S2 Vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)

- F Vaaralle altistumisen taajuus ja/tai kesto
- F1 Harvoin...toisinaan ja/tai lyhyt altistumisaika
- F2 Toistuvasti...jatkuvasti ja/tai pitkä altistumisaika

- P Mahdollisuus välttää vaaraa tai rajoittaa vahinkoa
- P1 Mahdollista tietyissä olosuhteissa
- P2 Tuskin mahdollista

(SFS-EN ISO 13849-1, 55)

Vaaditun suoritustason määrittäminen aloitetaan pisteestä 1 ja kaaviota seuraamalla lopputuloksen osoittama vaadittu suoritustaso on sitä suurempi, mitä suuremmasta riskistä on kyse. Mitä suurempi on ohjausjärjestelmän vaadittu suoritustaso, sen suurempi on sen osuus riskin pienentämisessä. Vaadittavan suoritustason määrittäminen tulee tehdä jokaiselle turvatoiminnolle erikseen. Turvatoiminnoille määritellyt vaadittavat suoritustasot ohjaavat turvatoimintojen suunnittelua eteenpäin. Turvatoiminnot on suunniteltava niin, että vaadittu suoritustaso saavutetaan käytännössä.

5.2 Suoritustason muodostuminen

Kuten jo aiemmin mainittiin standardi SFS-EN ISO 13849-1 asettaa turvatoimintoja suorittaville ohjausjärjestelmän osille viisi mahdollista suoritustasoa matalimmasta suoritustasosta PLa korkeimpaan suoritustasoon PLe. Suoritustasot määritellään vaarallisen vikaantumisen todennäköisyytenä tuntia kohden. Vaarallisen vikaantumisen todennäköisyydestä tuntia kohden käytetään lyhennettä PFHD (Probability of dangerous failure per hour). (SFS-EN ISO 13849-1, 19)

PL	Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan todennäköisyys tuntia kohden (PFHD) 1/h
a	$\geq 10^{-5}$ to $< 10^{-4}$
b	$\geq 3 \times 10^{-6}$ to $< 10^{-5}$
c	$\geq 10^{-6}$ to $< 3 \times 10^{-6}$
d	$\geq 10^{-7}$ to $< 10^{-6}$
e	$\geq 10^{-8}$ to $< 10^{-7}$

Kuva 14. Suoritustasojen suhde PFHD-arvoon. (SFS-EN ISO 13849-1, 19)

Turvatoiminnon suunnittelun ja suoritustason arvioinnin helpottamiseksi standardi käyttää lisäksi menetelmää, jossa tietyt suunnittelukriteerit määrittelevät turvatoiminnon luokan. Turvatoiminnon luokka vaikuttaa suoraan esimerkiksi siihen, kuinka korkea suoritustaso turvatoiminnolla on mahdollista saavuttaa. Mahdollisia luokkia on viisi ja niistä käytetään nimityksiä luokka B, 1, 2, 3 ja 4. Turvalaitteiden teknisissä tiedoissa luokasta puhutaan usein käyttäen lyhennettä Cat. (Category). (SFS-EN ISO 13849-1, 7)

Turvatoiminnon suoritustason muodostuminen on monen tekijän summa. Sen määrittelyssä on otettava huomioon seuraavat muuttujat:

- Yksittäisten komponenttien vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika, $MTTF_D$
- Diagnostiikan kattavuus, DC
- Yhteisvikaantuminen, CCF
- Ohjausjärjestelmän rakenne
- Turvatoiminnon käyttäytyminen vikatilanteessa
- Turvallisuuteen liittyvä ohjelmisto
- Systemaattinen vikaantuminen
- Ennakoitavissa olevat ympäristöolosuhteet
(SFS-EN ISO 13849-1, 23)

Seuraavissa kappaleissa käydään läpi keskeisimmät suoritustason muodostumiseen vaikuttavat tekijät.

5.2.1 Vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika

Vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika, $MTTF_D$ (Mean time to dangerous failure), on laskennallinen arvo, joka ilmaisee kanavan keskimääräistä odotettavissa olevaa aikaa vaarallisen vikaantumisen esiintymiseen. Luokkiin B, 1, 2 ja 3 kuuluville ohjausjärjestelmän osille $MTTF_D$ -arvo jaetaan kolmeen eri tasoon, joista suurimman tason enimmäisarvo on 100 vuotta. Luokkaan 4 kuuluvalla ohjausjärjestelmän osalla $MTTF_D$ -arvo voi olla enintään 2500 vuotta. Yksittäisille komponenteille voidaan käyttää korkeampia $MTTF_D$ -arvoja. Luokista ja niihin liittyvistä vaatimuksista kerrotaan lisää kappaleessa 5.2.4. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 25)

$MTTF_D$	
Kunkin kanavan merkintä	Kunkin kanavan vaihteluväli
Pieni	$3 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 10 \text{ vuotta}$
Keskitaso	$10 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 30 \text{ vuotta}$
Suuri	$30 \text{ vuotta} \leq MTTF_D < 100 \text{ vuotta}$

Kuva 15. Vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaajan tasot. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 25)

MTTF_D-arvo tulisi määrittää jokaiselle turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän yksittäiselle komponentille. Jos valmistaja ei suoraan ilmoita komponentille MTTF_D-arvoa, se voidaan laskea tai arvioida standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä C ja D esitetyillä tavoilla. Liitteessä C on esitetty myös keskimääräisiä MTTF_D-arvoja yleisimmille sähköisille komponenteille. Jos komponentin MTTF_D-arvoa ei voida määrittää, valitaan oletusarvoksi 10 vuotta. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 23, 26)

Valmistajat usein kuitenkin ilmoittavat komponenteille MTTF_D-arvon sijaan B10_D-arvon, joka ilmaisee komponentin toimintajaksojen lukumäärää siihen asti kunnes 10 % valmistajan testaamista komponenteista vikaantui vaarallisesti. B10_D-arvoa tarvitaan olennaisesti MTTF_D-arvon laskennassa. Toinen olennainen muuttuja MTTF_D-arvon laskennassa on n_{op}-arvo, joka kertoo komponentin keskimääräisen toimintajaksojen lukumäärän vuodessa. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 62)

5.2.2 Diagnostiikan kattavuus

Diagnostiikan kattavuuden, DC (Diagnostic Coverage), arvolla kuvataan turvallisuuden liittyvän ohjausjärjestelmän osan vikojen paljastamismekanismien laajuutta. Se on arviollinen arvo, joka useimmissa tapauksissa perustuu erilaisiin vika- ja vaikutusanalyysiin. Standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä E on esitetty yksinkertaistetumpi lähestymistapa diagnostiikan kattavuuden arvioimiseksi. Liitteen E taulukossa on esitetty esimerkkejä eri toimenpiteistä ja niillä saavutettavista diagnostiikan kattavuuden arvoista. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 26)

Diagnostiikan kattavuus (DC)	
Merkintä	Vaihtelualue
Ei lainkaan	DC < 60 %
Matala	60 % ≤ DC < 90 %
Keskitaso	90 % ≤ DC < 99 %
Korkea	99 % ≤ DC

Kuva 16. Diagnostiikan kattavuuden tasot. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 26)

Koska turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä voi eri osissaan sisältää eri arvoja diagnostiikan kattavuudelle, voidaan suoritustason määrittelyssä soveltaa koko ohjausjärjestelmän kattavaa keskimääräisen diagnostiikan kattavuuden arvoa, DC_{avg}.

Sen laskennassa on otettava huomioon turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän kaikki komponentit. DC_{avg} -arvon laskentamenetelmä kuvataan tarkemmin standardissa SFS-EN ISO 13849-1. (SFS-EN ISO 13849-1:2015, 72)

5.2.3 Yhteisvikaantuminen

Yhteisvikaantumisella, CCF (Common cause failure), eri kohteiden samanaikaista vikaantumista, jossa viat eivät ole toistensa seurauksia, vaan yksittäisten tapahtumien aiheuttamia. Yhteisvikaantumisen estämiseksi on standardin SFS-EN ISO 13849-1 liitteessä F lueteltu mahdollisia toimenpiteitä, jotka on pisteytetty sen mukaisesti, mikä on kunkin toimenpiteen merkitys yhteisvikaantumisen estämiselle. Vaatimuksena on noudattaa näitä toimenpiteitä niin, että niistä saatujen pisteiden yhteenlaskettu määrä on vähintään 65 pistettä maksimipistemäärän ollessa 100. Tällä menetelmällä voidaan arvioida onko yhteisvikaantumisen estämiseksi suoritettu riittävästi toimenpiteitä. Kyseistä tarkastelutapaa tulisi käyttää jokaisen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän osan kohdalla. Alla on lueteltu mahdolliset toimenpiteet ja niistä saatavat pisteet.

1. Erottelu/erottaminen 15 p.

Tällä tarkoitetaan signaalireittien fyysistä erottamista. Toimenpide voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttämällä kahdennetun kanavan signaalireittinä kahta erillistä kaapelia. Myös oikosulkujen ja avointen piirien testausmenetelmät luetaan kuuluvaksi tähän toimenpiteeseen.

2. Erilaisuus 20 p.

Tämä toimenpide voidaan toteuttaa esimerkiksi käyttämällä saman turvatoiminnon toteuttamiseen eri teknologioilla valmistettuja komponentteja. Toisena komponenttina kahdennetussa kanavassa voidaan käyttää esimerkiksi sähkömekaanista komponenttia ja toisena elektronista ohjelmoitavaa komponenttia.

3. Suunnittelu, soveltaminen ja kokemukset 15 + 5 p.

Käyttämällä suojaustoimenpiteitä ylijännitteelle, ylipaineelle, ylivirrälle, liian korkealle lämpötilalle tai muille vastaaville suureille, saadaan 15 p. Käyttämällä hyvin koeteltuja komponentteja, saadaan 5 p.

4. Arviointi ja analyysit 5 p.

Tämä toimenpide katsotaan täytetyksi, jos jokaiselle osalle on tehty vika- ja vaikutusanalyysi ja sen tulokset on otettu huomioon suunnittelussa yhteisvikaantumisen estämiseksi.

5. Pätevyys ja koulutus 5 p.

Tämä toimenpide katsotaan täytetyksi, jos suunnittelijat on koulutettu ymmärtämään yhteisvikaantumisen syyt ja seuraukset.

6. Ympäristöolosuhteet 25 + 10 p.

Jos yhteisvikaantumiseen on varauduttu estämällä sähköisten ja elektronisten laitteiden likaantuminen sekä sähkömagneettiset häiriöt asiaankuuluvien standardien mukaisesti, saadaan 25 p. Jos komponenttivalinnoissa on otettu huomioon kaikki ympäristövaikutukset asiaankuuluvien standardien mukaisesti, saadaan 10 p.

(SFS-EN ISO 13849-1:2015, 10, 73 - 74)

5.2.4 Luokat

Turvatoiminnolle valitun luokan mukaan määräytyvät ne suunnittelukriteerit, joita noudattamalla voidaan saavuttaa turvatoiminnolle määritelty vaadittava suoritustaso. Turvatoiminnon luokka ilmaisee käytännössä sen, miten hyvin ohjausjärjestelmän turvallisuus on varmistettu mahdollisissa vikatilanteissa. Valitun luokan mukaan turvatoiminnon suunnittelulle asetetaan erilaisia vaatimuksia liittyen muun muassa turvallisuusperiaatteiden ja asiaankuuluvien standardien noudattamiseen, ympäristön

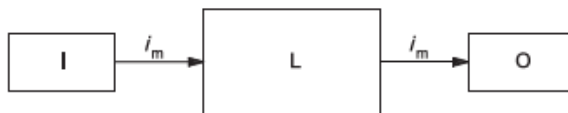
olosuhteiden huomioimiseen, hyvin koeteltujen komponenttien sekä diagnostiikan käyttämiseen. Luokkien määrittelyt ovat peräisin vanhemmasta kumotusta standardista SFS-EN 954-1. (SFS-EN ISO 13849-1, 40)

Standardissa esitetään nimetyiksi rakenteiksi kutsuttuja kaavioita, jotka on luotu vastaamaan luokkien asettamia vaatimuksia. Jokaiselle luokalle on osoitettu nimetty rakenne, jonka periaatteita noudattamalla voidaan saavuttaa luokan vaatimukset ja sitä kautta turvatoiminnolle määritelty vaadittava suoritustaso. Nimettyjä rakenteita ei tule tulkita vain piirikaavioina, vaan ne toimivat myös loogisina kaavioina. Tällä tarkoitetaan sitä, että kaikki rakenteissa esitetyt osat eivät välttämättä ole fyysisesti erilisiä, vaikka kaaviossa esitettäisiinkin esimerkiksi kaksi logiikkaa. Tällöin osan sisältämät ominaisuudet voivat olla eroteltuja niin, että vian esiintyminen osassa ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Nimetyt rakenteet toimivat niiden havainnollisuuden vuoksi erittäin hyvänä apuna turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelijalle. (SFS-EN ISO 13849-1, 41)

Luokka B on alin luokka, jossa vian esiintyminen voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Tämän luokan vaatimusten mukaan komponenttien on vastattava turvallisuuden peruseriaatteita siten, että ne sietävät odotettavissa olevat käyttö- ja ympäristöolosuhteet. Luokka B ei vaadi järjestelmältä minkäänlaista diagnostiikan kattavuutta ja toiminnallisten kanavien sallittu vaarallinen keskimääräinen vikaantumisaika voi olla pieni tai keskitasoa. Luokassa B voidaan saavuttaa enintään suoritustaso PLb. (SFS-EN ISO 13849-1, 42)

Luokassa 1 on luokan B vaatimusten lisäksi noudatettava hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita sekä käytettävä hyvin koeteltuja komponentteja. Hyvin koetelluista turvallisuusperiaatteista esimerkkejä ovat esimerkiksi komponentin ylimitoittaminen tai mekaaninen pakkotoimisuus. Hyvin koeteltuina komponentteina voidaan pitää esimerkiksi sellaisia valmistajan turvakomponenteiksi määrittelemiä komponentteja, jotka on valmistettu ja todennettu turvallisuuteen liittyvissä sovelluksissa käytettäväksi. Luokassa 1 toiminnallisten kanavien vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaikan tason on oltava korkea. Diagnostiikan kattavuudelle ei esitetä vaatimuksia, joten vian esiintyminen voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Se on kuitenkin epätodennäköisempää kuin luokassa B, koska kanavien vaarallinen keskimääräinen vi-

kaantumisaika on korkeampi. Luokassa 1 voidaan saavuttaa enintään suoritustaso PLc. (SFS-EN ISO 13849-1, 42; Siirilä 2009, 146)



Selite

i_m Liitännävalineet

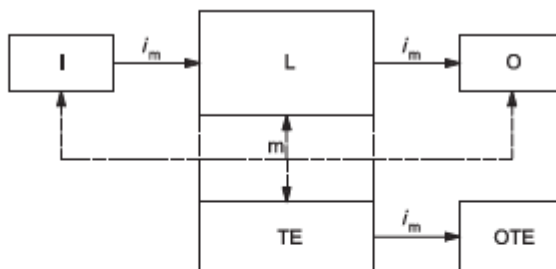
I Tuloyksikkö (esim. anturi)

L Logiikka

O Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

Kuva 17. Luokkien B ja 1 mukainen nimetty rakenne (SFS-EN ISO 13849-1, 42)

Luokassa 2 on luokan B vaatimusten lisäksi noudatettava hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita. Tämän lisäksi koneen ohjausjärjestelmän on ajoittain suoritettava turvallisuuden liittyvien ohjausjärjestelmän osien toiminnan testaus. Testauksen tarkoituksena on paljastaa mahdolliset ohjausjärjestelmän vikaantumiset. Testauksessa havaitun vian seurauksena on mahdollisuuksien mukaan käynnistettävä turvallinen tila tai varoitettava viasta. On kuitenkin huomioitava, että vian esiintyminen testauksen välillä voi johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Luokassa 2 toiminnallisten kanavien diagnostiikan keskimääräinen kattavuus on oltava vähintään matala. Kanavilta vaadittava vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaikan taso riippuu vaadittavasta suoritustasosta. Lisäksi toimenpiteitä yhteisvikaantumista vastaan on käytettävä. Luokassa 2 voidaan saavuttaa enintään suoritustaso PLd. (SFS-EN ISO 13849-1, 43 - 44)



Selite

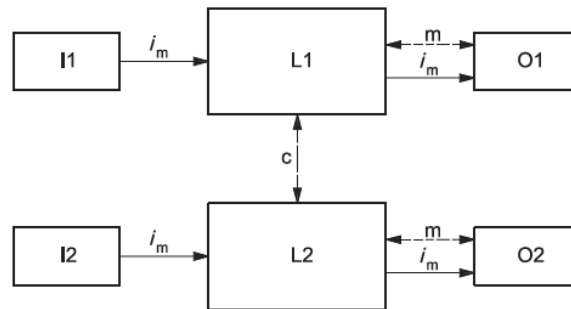
i_m	Liitännävalineet
I	Tuloyksikkö (esim. anturi)
L	Logiikka
m	Valvonta
O	Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)
TE	Testauslaitteisto
OTE	Testauslaitteiston lähdöt

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista

Kuva 18. Luokan 2 mukainen nimetty rakenne. (SFS-EN ISO 13849-1, 45)

Luokissa 3 ja 4 on luokan B vaatimusten lisäksi noudatettava hyvin koeteltuja turvallisuusperiaatteita. Kummassakin luokassa vaatimuksena on, että yksittäinen vika missä tahansa turvallisuuteen liittyvässä ohjausjärjestelmän osassa ei johda turvatoiminnon menettämiseen. Luokassa 3 havaitsemattomien yksittäisten vikojen keräytyminen voi kuitenkin johtaa turvatoiminnon menettämiseen. Ero luokkien välille syntyykin siitä, että luokassa 4 vaaditaan korkeampaa diagnostiikan kattavuutta, jotta jo ensimmäinenkin järjestelmässä esiintyvä vika havaittaisiin. Lisäksi luokassa 4 kaikkien toiminnallisten kanavien vaarallisen keskimääräisen vikaantumisaikojen taso on oltava korkea. Käytännön tasolla luokassa 4 voi olla riittävää tarkastella kahden paljastumattoman vian muodostamia yhdistelmiä. Molemmilla luokilla voidaan saavuttaa korkein suoritustaso Pl. (SFS-EN ISO 13849-1, 45 - 46)

Luokan 4 mukainen nimetty rakenne on vastaava kuin luokan 3, mutta siinä valvontaa merkitsevät katkoviivat ovat korvattu yhtenäisillä viivoilla kuvastamaan korkeampaa diagnostiikan kattavuuden tasoa. Rakenteesta käy ilmi, että luokkien 3 ja 4 ohjausjärjestelmät ovat kahdennettuja.



Selite

i_m Liitäntävälineet

c Ristiinvalvonta

I1, I2 Tuloyksikkö (esim. anturi)

L1, L2 Logiikka

m Valvonta

O1, O2 Lähtöyksikkö (esim. pääkontaktori)

Katkoviivat esittävät kohtuudella mahdollista vikojen paljastamista

Kuva 19. Luokan 3 mukainen nimetty rakenne. (SFS-EN ISO 13849-1, 46)

5.3 SISTEMA-ohjelmistotyökalu

SISTEMA on saksalaisen työturvallisuuden tutkimuslaitoksen IFA:n kehittämä koneiden turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelutyökalu. SISTEMA:n tarkoitus on auttaa suunnittelijaa valitsemaan järjestelmän komponentit sekä suunnittelemaan järjestelmä niin, että riskin arvioinnin perusteella määritelty ohjausjärjestelmän vaadittava suoritustaso, PLr, saavutetaan. Ohjelma suorittaa automaattisesti kaikki monimutkaiset luotettavuustekniset laskutoimitukset suunnittelijan syöttämien tietojen perusteella. Yksinkertaistettuna SISTEMA siis tarkastaa, täytyvätkö vaadittavan suoritustason kriteerit niillä tiedoilla, jotka suunnittelija on ohjelmaan syöttänyt. SISTEMA perustuu kaikilta osin standardeihin ISO 13849-1:2015 ja ISO 13849-2:2012. (Sundquist 2010b, 3)

SISTEMA:n käyttöä helpottavat useiden eri valmistajien laatimat komponenttikirjastot. Käyttäjä voi ladata komponenttikirjastoista valmistajien valmiiksi määrittelemiä tietoja valitsemilleen komponenteille, jolloin komponenttien tietoja ei tarvitse itse syöttää manuaalisesti. (Sundquist 2010b, 3)

SISTEMA-ohjelmistotyökalua voidaan käyttää olennaisena osana turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän kelpuutuksessa. Turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjes-

telmien kelpuutukseen liittyvässä standardissa SFS-EN ISO 13849-2 esitetään kelpuutuksen peruseriaatteen. Kelpuutuksen tarkoituksena on vahvistaa, että ohjausjärjestelmän turvallisuuteen liittyvien osien toteutus tukee koneturvallisuuden vaatimuksia. Kyseisen standardin mukaan turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmän osien kelpuus on tehtävä analyysin avulla, jonka lähtötietoihin on kuuluttava muun muassa:

- Turvatoiminnot, niiden ominaisuudet sekä vaadittavat suoritustasot
 - $MTTF_D$ -, ja DC_{avg} -arvot sekä CCF
 - Järjestelmässä käytetyt nimetyt rakenteet ja luokat
 - Laadulliset näkökohdat
- (SFS-EN ISO 13849-2:2012, 10, 20)

SISTEMA käyttää analyysissään juuri näitä kyseisiä lähtökohtia. Kun turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä on analysoitu SISTEMA:lla, on siitä mahdollista tulostaa kattava raportti, joka voidaan liittää mukaan ohjausjärjestelmän dokumentointiin. Raportilla voidaan osoittaa, että koneen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelu on tehty standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti.

SISTEMA lyhenne tulee sanoista ”Safety Integrity Software Tool for the Evaluation of Machine Applications”. SISTEMA on kansainvälisesti tunnettu ohjelmistotyökalu ja siitä on saatavilla myös suomenkielinen versio. Ohjelma on ladattavissa ilmaiseksi IFA:n [www-sivuilta](http://www.sivuilla).

SISTEMA jo itsessään sisältää laajat ohjekirjastot käyttäjensä avuksi. Tämän lisäksi IFA on laatinut useita ”The SISTEMA Cookbook”-nimillä kulkevia oppaita, jotka auttavat pääsemään alkuun ohjelmiston käytössä. Tämän opinnäytetyön yhteydessä apuna käytettiin ohjelmiston sisältämän ohjeen lisäksi suomeksi käännettyä opasta ”SISTEMA Keittokirja 1”.

5.3.1 Turvatoimintojen mallintaminen

SISTEMA-ohjelmistotyökalulla turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän mallintaminen perustuu projekteihin, joihin ohjausjärjestelmän tiedot syötetään hierarkkisesti ylhäältä alaspäin. Hierarkiassa on seitsemän erilaista objektityyppiä, jotka toimivat projektin rakenneosina.

Projekti (PR) on hierarkian ylin objekti. Siihen määritellään perustiedot, kuten analysoinnin kohteena oleva kone tai sen vaarallinen osa. Projekti-objekti mahdollistaa myös analysoinnissa käytettävien dokumenttien ja standardien linkittämisen kyseiseen projektiin. Projekti-objektiin voidaan luoda rajaton määrä turvatoimintoja.

Turvatoiminto (SF) tarkoittaa mitä tahansa analysoitavan koneen ohjausjärjestelmällä toteutettavaa turvallisuuteen liittyvää toimintoa, jonka vikaantuminen saattaisi johtaa riskin suurenemiseen. Turvatoiminto-objektiin kirjataan turvatoiminnon laukaisevat tekijät, turvatoiminnon toimintaperiaate sekä turvallinen tila, joka turvatoiminnolla on tarkoitus saavuttaa. Turvatoiminto-objektissa määritellään myös kyseiseltä turvatoiminnolta vaadittava suoritustaso. Turvatoiminto muodostuu yhdestä tai useammasta alajärjestelmästä.

Alajärjestelmä (SB) on ohjausjärjestelmän osa, joka lähettää, vastaanottaa tai muokkaa turvallisuuteen liittyviä signaaleja. Turvatoiminnon toteuttamiseksi erilaisia alajärjestelmiä voidaan kytkeä sarjaan. Alajärjestelmät perustuvat johonkin nimettyyn rakenteeseen, eli luokkaan, jonka mukaan määräytyvät alajärjestelmän kanavien lukumäärä sekä mahdollinen testauskanava. Alajärjestelmä-objektiin voidaan kirjata perustietoja, kuten alajärjestelmän valmistaja ja tyyppitiedot. Jos valmistaja on antanut alajärjestelmälle valmiita tietoja sen vaarallisen vikaantumisen todennäköisyydestä tuntia kohden, luokasta, vaarallisesta keskimääräisestä vikaantumisajasta tai muista suoritustason määrittämiseen tarvittavista tiedoista, voidaan ne kirjata suoraan alajärjestelmä-objektiin. Jos valmiiksi annettuja tietoja ei ole, on tietojen määrittelyä jatkettava hierarkian alemmille objekteille.

Kanava (CH) on alajärjestelmän osa, joiden lukumäärä määräytyy alajärjestelmälle määritetyn luokan perusteella. Kanava-objektin ainoa tarkoitus on mahdollistaa mo-

nikanavaisten ohjausjärjestelmien mallintaminen. Esimerkiksi luokilla B ja 1 kanava-objekteja on vain yksi kun luokilla 3 ja 4 niitä on kaksi. Kanava-objekti luo alustan lohkoille.

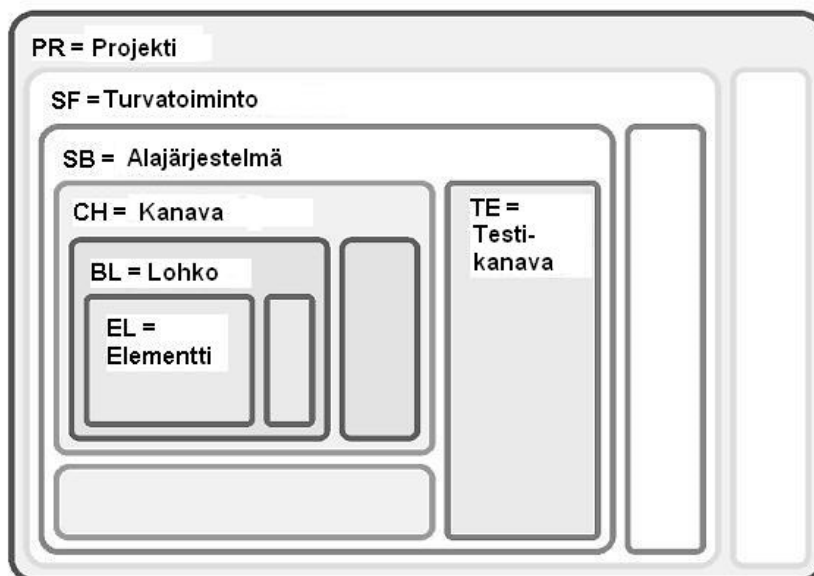
Testikanavaa (TE) käytetään vain luokassa 2. Luokan 2 alajärjestelmässä on yhden kanavan lisäksi testikanava, jonka tarkoituksena on ajoittain testata toiminnallisen kanavan oikea toiminta.

Lohko (BL) on toiminnallisen kanavan tai testikanavan toiminnallinen yksikkö eli komponentti. Se voi olla esimerkiksi anturi, kytkin tai kontaktori. Lohko-objektissa voidaan määritellä komponentin perustietoja kuten valmistaja sekä komponentin tyyppitiedot. Jos valmistaja on antanut komponentille valmiit tiedot vaarallisesta keskimääräisestä vikaantumisajasta ja sen diagnostiikan kattavuudesta, voidaan ne syöttää suoraan lohko-objektiin. Jos valmiita tietoja ei ole käytettävissä, voidaan lohko määritellä tarkemmin sen sisältämien elementtien perusteella.

Elementti (EL) on lohko-objektissa määritellyn komponentin osa. Elementtejä voivat olla lohkon sähköiset, sähkömekaaniset, mekaaniset, hydrauliset tai pneumaattiset osat. Elementti-objektiin määritellään perustietojen lisäksi tiedot vaarallisesta keskimääräisestä vikaantumisajasta sekä diagnostiikan kattavuudesta.

On huomioitava, että valmistajien antamia valmiita tietoja käytettäessä, on tietojen lähde kirjattava kyseessä olevan objektin dokumentaatio-välilehdelle.

Projektin hierarkkiseen rakenteeseen syötettyjen tietojen perusteella SISTEMA suorittaa ohjausjärjestelmän arviointiin liittyvät laskutoimitukset alhaalta ylöspäin. SISTEMA ilmaisee havaitsemistaan virheistä, ristiriidoista tai täyttymättömistä ehdoista keltaisella ja punaisella värillä. Vihreä väri ilmaisee, että konfiguraatio on tehty oikein ja turvatoiminnolle asetetut ehdot täyttyvät. (SISTEMA Ohje versio 1.1.2)



Kuva 20. SISTEMA-ohjelmistotyökalun hierarkkinen rakenne. (SISTEMA Ohje versio 1.1.2)

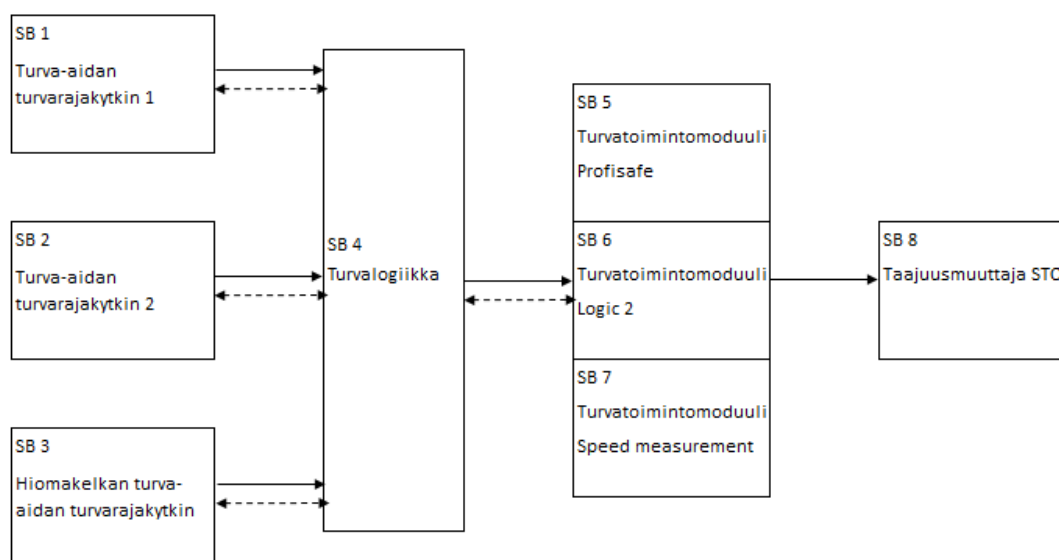
5.4 Telahiomakoneen SISTEMA-analyysi

Tässä kappaleessa esitetään käytännön tasolla, miten SISTEMA-ohjelmistotyökalua käytettiin telahiomakoneen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän analysoinnissa. Kappaleen tarkoituksena ei ole toimia käyttöohjeena, vaan antaa käytännön esimerkki SISTEMA-ohjelmistotyökalun käytöstä.

5.4.1 Lohkokaaviot

SISTEMA-analyysin tekeminen on aloitettava määrittelemällä koneen sisältämät turvatoiminnot ja komponentit, joilla turvatoiminnot toteutetaan. Turvatoiminnon sisältämien komponenttien sekä sen rakenteen määrittely tehdään suunniteltujen piirikaavioiden perusteella. Oikeaoppisesti tehtynä jokaisesta turvatoiminnoista tulisi piirtää yksinkertaistettu toiminnallinen piirikaavio, joka sisältää vain yhteen turvatoimintoon liittyvät komponentit ja niiden väliset kytkennät. Tämä työvaihe voidaan kuitenkin jättää tekemättä, jos turvatoimintojen komponentit ja niihin liittyvät kytkennät ovat helposti ymmärrettävissä tavallisista piirikaavioista.

Piirikaavioiden perusteella jokaisesta turvatoiminnosta tulisi luoda lohkokaavio, jossa turvatoiminnot esitetään loogisesti. Lohkokaaviosta käy ilmi turvatoiminnon nimetty rakenne, sen sisältämät alajärjestelmät sekä mahdolliset lohkot ja elementit. Lohkokaavioilla on tarkoitus esittää turvatoiminnot siinä muodossa, jossa ne voidaan helposti syöttää SISTEMA:n analysoitavaksi. Lohkokaavioiden luontivaiheessa on syytä perehtyä valittujen komponenttien ominaisuuksiin ja siihen, mitä turvallisuuden liittyviä arvoja valmistaja on komponentille ilmoittanut. Valmistajalta saatavilla arvoilla on merkitystä muun muassa siihen voidaanko komponenttia pitää omana kapseloituna alajärjestelmänä vai tuleeko sitä analysoida lohkojen ja elementtien avulla. Kuvassa 21 on esimerkkinä lohkokaaviosta esitetty telan pyöriksen turvanopeuden lohkokaavio.

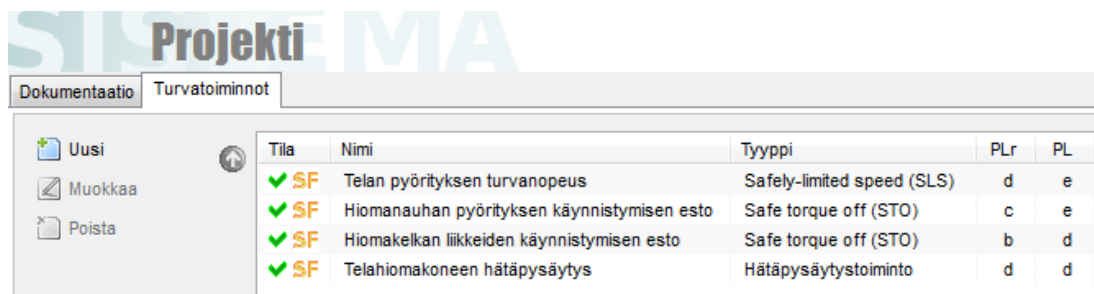


Kuva 21. Telan pyöriksen turvanopeuden lohkokaavio.

5.4.2 Turvatoiminnot

Kun lohkokaaviot ovat valmiina, tiedossa ovat kaikki koneelle suunnitellut turvatoiminnot sekä niiden toteuttamiseen tarvittavat komponentit. Lohkokaavioiden luomisen jälkeen voidaan aloittaa syöttämällä turvatoimintojen perustiedot SISTEMA:n projektiin. Kuvassa 22 näkyvät telahiomakoneen kaikki turvatoiminnot sekä niiden

vaadittavat suoritustasot PLr ja saavutetut suoritustasot PL. Kuvassa analyysi on valmis ja jokaisen turvatoiminnon tila osoitetaan hyväksytyksi vihreällä värillä.



Tila	Nimi	Tyyppi	PLr	PL
✓ SF	Telan pyöriksen turvanopeus	Safely-limited speed (SLS)	d	e
✓ SF	Hiomanauhan pyöriksen käynnistymisen esto	Safe torque off (STO)	c	e
✓ SF	Hiomakelkan liikkeiden käynnistymisen esto	Safe torque off (STO)	b	d
✓ SF	Telahiomakoneen hätäpysäytys	Hätäpysäytystoiminto	d	d

Kuva 22. Telahiomakoneen turvatoiminnot.

Telahiomakoneen turvatoiminnot voidaan kuvailla lyhyesti seuraavalla tavalla:

- Telan pyöriksen turvanopeuden laukaisevana tekijänä käytetään turvatoimintojen ovien turvarajakytkimiä. Yhden tai useamman turva-aidan oven ollessa auki telan pyöritys sallitaan vain alennetulla nopeudella, jota tässä yhteydessä kutsutaan turvanopeudeksi.
- Hiomanauhan pyöriksen odottamaton käynnistyminen estetään yhden tai useamman turva-aidan oven tai hiomanauhakotelon ollessa auki.
- Hiomakelkan kaikkien liikkeiden odottamaton käynnistyminen, mukaan lukien hiomalaitteen sisäänkytö, estetään yhden tai useamman turva-aidan oven tai hiomanauhakotelon ollessa auki.
- Telahiomakoneen hätäpysäytyspainiketta painettaessa kaikki liikkeet pysähtyvät ja niiden odottamaton käynnistyminen estetään.

Kun turvatoiminnot on lisätty projektiin, kirjataan kuvaukset turvatoimintojen dokumentaatio-välilehdille. Turvatoiminto-objekteissa määritetään myös kunkin turvatoiminnon vaadittava suoritustaso. Koska yhtiön oman standardin mukaisessa riskin arvioinnissa määriteltyjen riskien lukuarvojen muuttamiselle vaadittavaksi suoritustasoksi ei ole olemassa minkäänlaista siihen suunniteltua menetelmää tai työkalua,

määriteltiin telahiomakoneen turvatoimintojen vaadittavat suoritustasot turvatoiminto-objektissa standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisella riskigraafilla. Riskigraafia käytettäessä on muistettava, että muuttujat on valittava aina pahimman mahdollisen tilanteen mukaan. Esimerkkinä tästä toimii kuvassa 23 esitetty telan pyöriksen turvanopeuden vaadittavan suoritustason määrittäminen. Telan pyöriksen turvanopeuden vaadittavaksi suoritustasoksi saatiin riksigraafista suoritustaso PLd. Riskigraafin valintoja voidaan perustella seuraavasti:

- Pyörivän telan aiheuttamat seuraukset voivat pahimmillaan johtaa vakavaan vammaan.
- Vaaralle altistutaan usein, koska telan pyöriessä sen läheisyydessä liikutaan tai pyörivän telan pintaa jopa kosketetaan.
- Vaaran välttäminen on kuitenkin mahdollista, koska pyörivän telan alueella liikkuminen ei ole välttämätöntä.

Turvatoiminto

Dokumentaatio PLr PL Alajärjestelmät

Syötä PLr-arvo suoraan
 Määritä PLr-taso riskigraafista

Vaadittava suoritustaso:

Vamman vakavuus (S)

S1 Lievä (tavallisesti palautuva vamma)
 S2 Vakava (tavallisesti palautumaton vamma tai kuolema)

Taajuus ja/tai altistumisaika vaaralle (F)

F1 Harvoin tai joskus ja/tai altistumisaika on lyhyt
 F2 Usein tai jatkuvasti ja/tai altistumisaika on pitkä

Mahdollisuus välttää vaaraa tai rajoittaa vahinkoa (P)

P1 Mahdollista tietyissä olosuhteissa
 P2 Tuskin mahdollista

The risk graph on the left shows a tree structure with nodes S1, S2, F1, F2, P1, and P2. The path leading to S2, F2, and P1 is highlighted in red, indicating the selected path for the required performance level 'd'.

Kuva 23. Telan pyöriksen turvanopeuden PLr-tason määrittäminen.

5.4.3 Alajärjestelmät

Turvatoimintojen PL-tasot määritellään alajärjestelmien avulla. Jos valmistaja on antanut alajärjestelmälle tiedot sen PL-tasosta, PHF_D -arvosta sekä luokasta, voidaan alajärjestelmää pitää ns. kapseloituna alajärjestelmästä eikä sen tarkastelua ole tarpeellista jatkaa hierarkian alemmille tasoille.

Alajärjestelmien, lohkojen ja elementtien tiedot voidaan syöttää manuaalisesti valmistajan antamien teknisten tietojen mukaan tai lataamalla ne suoraan komponenttikirjastosta, jos valmistajalta sellainen löytyy. Telahiomakoneen tapauksessa valmistajien komponenttikirjastojen käytössä havaittiin ongelma, sillä ne eivät olleet yhteensopivia SISTEMA:n uusimman ohjelmistoversion kanssa. Komponenttikirjastot olivat luotuja aikaisemmilla ohjelmistoversioilla, jolloin ne eivät auenneet uusimassa versiossa. Kaikkien komponenttikirjastojen käyttäminen onnistuu kuitenkin asentamalla halutun komponenttikirjaston mukainen ohjelmistoversio, jolloin komponenttien tiedot voidaan kopioida manuaalisesti versiosta toiseen. Tämä on kuitenkin melko työläs tapa, joten usein on helpompaa etsiä tiedot valmistajan antamista teknisistä tiedoista tai oppaista.

Turva-aitojen ovissa käytettävät turvalaitteet valittiin Euchnerin valikoimasta. Euchner CTP-sarjan turvakytkimellä on mahdollista lukita ovet sekä valvoa niiden lukossa olemista. Kyseisten turvakytkinten käyttöoppaasta löytyvät tiedot PL-tasosta, PHF_D -arvosta sekä luokasta, joten niitä voidaan pitää kapseloituina alajärjestelminä.



Kuva 24. Euchner CTP-sarjan turvakytkin. (Euchner GmbH www-sivut 2016)

Tapauksissa, joissa valmistaja on määritellyt komponentin kapseloiduksi alajärjestelmäksi, on noudatettava sille määritellyn luokan mukaisia ehtoja, jotta valmistajan antamien arvojen ehdot täyttyisivät. Esimerkiksi CTP-sarjan turvakytkimen luokaksi on määritelty luokka 4 ja se sisältää kaksi toiminnallista kanavaa sekä vikojen paljastamiseen käytettäviä testausominaisuuksia. Näitä kahta kanavaa on kumpaakin käytettävä, jotta turvakytkimelle valmistajan määrittelemä suoritustaso PLe täyttyisi.

Telan ja hiomanauhan pyöriytykseen käytettävien moottorien taajuusmuuttajat varustetaan erillisillä ABB FSO-12 turvatoimintomoduuleilla, jotka mahdollistavat muun muassa telan pyöriytyksen alennetun nopeuden toteuttamisen Safely Limited Speed -toiminnolla sekä hätäpysäytystoiminnon toteuttamisen Safe Stop 1 -toiminnolla. Turvatoimintomoduulin tietojen syöttämisessä on huomioitava, että valmistaja on määritellyt turvatoimintomoduulin eri toiminnalliset osat omiksi kapseloiduiksi alajärjestelmiksi. Telahiomakoneessa tarvittavien toimintojen kohdalla turvatoimintomoduuli koostuu kolmesta eri alajärjestelmästä. Alajärjestelmien PL-taso, PFH_D-arvo sekä luokka löytyvät turvatoimintomoduulin käyttöoppaasta. (FSO-12 ohjekirja 2016)



Kuva 25. FSO-12 turvatoimintomoduuli taajuusmuuttajaan. (ABB www-sivut 2016)

Siemens SIMATIC S7-1500F-sarjan turvalogiikan määrittelyssä alajärjestelmäksi on otettava huomioon, että logiikkaohjelmissa käytettävät rakenteet ja ominaisuudet vaikuttavat saavutettavaan PL-tasoon sekä luokkaan. Turvalogiikan ohjekirjassa nämä tiedot ovatkin esitetty korkeimpina saavutettavissa olevina arvoina. Logiikkaohjelmien tekijän on siis huomioitava, että määritetty vaadittava suoritustaso tulee täytetyksi. Telahiomakoneen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän analysoinnissa turvalogiikan ohjelmistosta käytettiin korkeimpia saavutettavissa olevia arvoja PL-tasosta, PFH_D-arvosta sekä luokasta. (S7-1500 ohjekirja 2014)

Kuvassa 26 näkyvät telan pyörimisen turvanopeuden sisältämät alajärjestelmät sekä niiden PL-tasot, PFH_D-arvot ja luokat. Kaikkia komponentteja voitiin pitää kapseloituina alajärjestelminä, joten niiden tarkastelu pidemmälle oli tarpeetonta. Tilan vihreä väri osoittaa, että analysointia varten on annettu kaikki tarpeelliset tiedot eikä virheitä tai ristiriitoja ole havaittu.

Turvatoiminto

Dokumentaatio PLr PL Alajärjestelmät

...	Nimi	PL	PFHD [1/h]	Luokka
✓ SB	Turva-aidan turvarajakytkin 1	e	4,1E-9	4
✓ SB	Turva-aidan turvarajakytkin 2	e	4,1E-9	4
✓ SB	Hiomakelkan turva-aidan turvarajakytkin	e	4,1E-9	4
✓ SB	Turvalogiikka	e	1E-9	4
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Profisafe	e	1E-9	<i>ei asiaan...</i>
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Speed measurement	e	6,6E-9	4
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Logic 2	e	4,4E-11	3
✓ SB	Taajuusmuuttaja STO	e	2,4E-9	3

Kuva 26. Telan pyöriksen turvanopeuden alajärjestelmät.

Muut turvatoiminnot määritellään edellä esitetyillä periaatteilla, lukuun ottamatta hiomanauhan pyöriksen käynnistymisen estoa, joka sisältää yhden erilaisen turvarajakytkimen. Hiomanauhakotelon kiinni olemisen valvontaan soveltuu Euchnerin valikoimasta löytyvä CES-sarjan turvakytkin, koska sen ei tarvitse olla lukittava. Tällekin komponentille valmistaja on antanut tiedot PL-tasosta, PFHD_D-arvosta sekä luokasta, joten sitä voidaan myös pitää kapseloituina alajärjestelmänä.



Kuva 27. Euchner CES-sarjan turvakytkin. (Euchner GmbH www-sivut 2016)

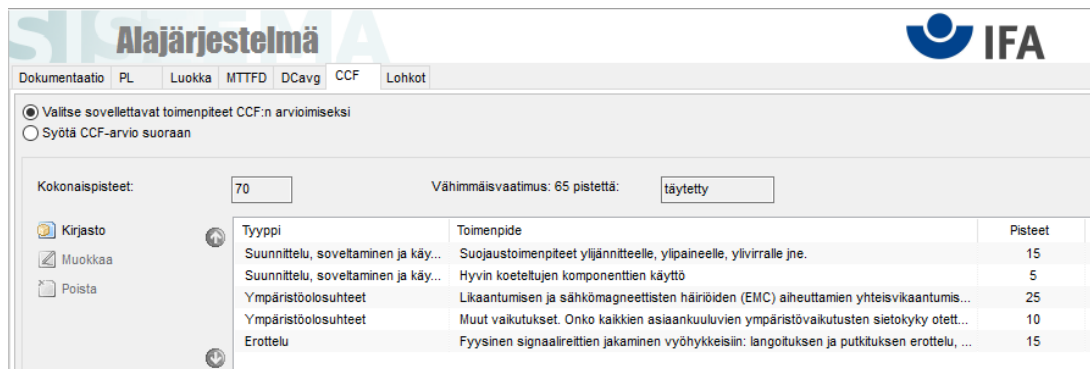
SINAMICS S120-sarjan servokäyttöjen Safe Torque Off -toimintojen alajärjestelmiksi määrittelyyn annetaan ohjeita niitä koskevassa turvatoimintojen käyttöoppaassa. Saavutettavissa olevalle PL-tasolle ja luokalle annetaan tiedot suoraan. Käyttöoppaassa esitetään kuitenkin ehdot PFHD_D-arvolle, jotta korkein saavutettavissa oleva PL-taso täyttyy. PFHD_D-arvo tulee käyttöoppaan mukaan laskea servokäytön sisältämien komponenttien mukaan. Käyttöoppaassa on annettu PFHD_D-arvoja erityyppisille ohjainyksiköille, moottorimoduuleille ja servomoottoreille. Sovellukseen valittujen komponenttien mukaan niiden PFHD_D-arvot lasketaan yhteen ja verrataan sitä PL-tasolle annettuun ehtoon. Telahiomakoneen tapauksessa servokäytöllä saavutettiin suoritustaso PLd. Kuva 28 toimii esimerkkinä alajärjestelmien arvojen määrittelystä

ja riittävästä dokumentaatiosta syötettyjen arvojen perustelemiseksi. (Safety Integrated ohjekirja 2016)

Kuva 28. Servokäytön suoritustason syöttäminen alajärjestelmä-objektissa.

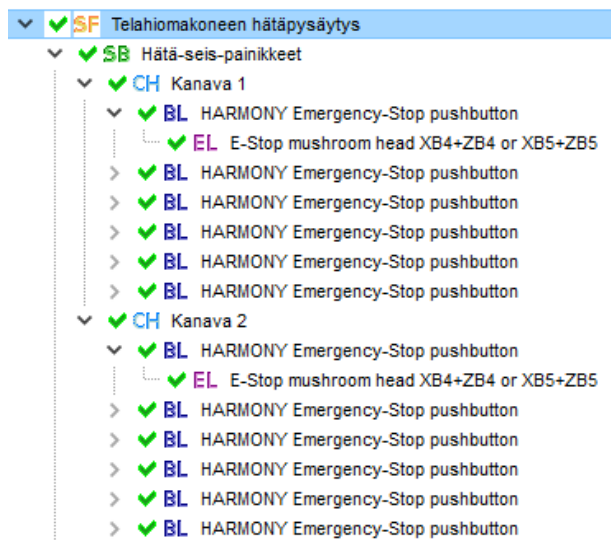
Telahiomakoneen hätäpysäytyspainikkeiden muodostamaa alajärjestelmää tulee tarkastella lohko- ja elementti-objektien avulla. Alajärjestelmän tarkastelua kanavakohdaisesti lohkojen ja elementtien avulla tarvitaan yleisesti ottaen sellaisten alajärjestelmien analysoinnissa, jotka eivät sisällä ohjelmoitua elektroniikkaa tai komponenttien määrä alajärjestelmässä voi vaihdella.

Hätäpysäytyspainikkeiden alajärjestelmän PL-taso ja PFH_D -arvo valitaan määritettäväksi $MTTF_D$ - ja DC_{avg} -arvojen avulla. Hätä-seis-painikkeiden alajärjestelmän rakenteeksi valittiin luokan 3 mukainen nimetty rakenne. Hätä-seis-painikkeiden virtapiiri toteutetaan siis kahdella toiminnallisella kanavalla ja piirin mahdollisia vikoja, kuten esimerkiksi kanavien välistä oikosulkua, valvotaan turvalogiikan testipulsseilla. $MTTF_D$ - ja DC_{avg} -arvot määritellään lohkojen avulla. Myös toimenpiteet yhteisviikaantumisen välttämiseksi, CCF, on otettava huomioon. CCF:n arviointi hätäpysäytyspainikkeiden alajärjestelmälle toteutetaan valitsemalla sovellettavat toimenpiteet, joilla tulee saada vähintään 65 pistettä. Kuvassa 29 esitetään hätäpysäytyspainikkeiden alajärjestelmälle valitut sovellettavat toimenpiteet sekä niistä saatavat kokonaispisteet.



Kuva 29. Häätöäytyspainikkeiden alajärjestelmän toimenpiteet yhteisvikaantumisen välttämiseksi.

Kämmenellä vaikutettavat mekaanisella lukitustoiminnolla varustetut häätöäytyspainikkeet valittiin Schneider Electricin valikoimasta. Schneider Electricin komponenttikirjastosta on suoraan ladattavissa tiedot kyseisten häätöäytyspainikkeiden lohkolle ja elementille. Häätöäytyspainikkeita on yhteensä kuusi, joten yhtä toiminnallista kanavaa kohti tulee kuusi lohkoa, jotka sisältävät yhden elementin, joka tässä tapauksessa mallintaa painikeosaa sekä kosketinelementtiä. Yksi häätöäytyspainike sisältää siis kaksi avautuvaa kosketinta, joista toinen kuuluu kanavaan 1 ja toinen kanavaan 2.



Kuva 30. Häätöäytyspainikkeiden muodostama hierarkkinen rakenne.

Komponenttikirjastosta ladatulle häätöäytyspainikkeiden lohkolle on valmistaja asettanut $MTTF_D$ - sekä DC-arvot määritettäväksi elementtien avulla. Elementtiobjektiin käyttäjän tulee syöttää n_{op} -arvo eli komponentin keskimääräinen toiminta-

jaksojen lukumäärä vuodessa. Tätä valmistaja ei ole voinut määrittellä, koska toimintajaksojen lukumäärä on aina tapauskohtainen. Käyttäjän tulee valita elementille myös sovellettavat toimenpiteet diagnostiikan kattavuuden arvioimiseksi. Häätöpainikkeiden kohdalla DC-arvon arviointiin sovellettavaksi toimenpiteeksi valittiin tulossignaalien ja välimuuttujien ristiinkytkentä logiikassa, ohjelman kulun tilapäinen looginen valvonta sekä staattisen sähkön aiheuttamien vikojen ja oikosulkujen paljastuminen. Tällä toimenpiteellä saavutetaan diagnostiikan kattavuus 90 %. Diagnostiikan kattavuudelle valitut toimenpiteet on otettava huomioon logiikkaohjelmien teossa.

The screenshot shows the 'Elementti' software interface for setting MTTFD values. The interface includes a header with 'Elementti' and 'IFA' logos, and a navigation bar with 'Dokumentaatio', 'MTTFD', and 'DC' tabs. The main content area contains three radio buttons for selection: 'Syötä MTTFD-arvo suoraan', 'Määritä MTTFD-arvo B10D- / B10-arvon avulla' (which is selected), and 'Determine MTTFD value from Lambda / MTF / MTBF and RDF value'. Below this, there are input fields for 'B10D:' (a dropdown menu), 'Toimintajaksoa^{10D}:' (a text box with '1 500 000'), 'Toimintajaksoa / vuosi:' (a text box with '8'), 'T10D:' (a text box with '190 258,8' and a 'v' unit), 'Laske nop' button, 'Reset nop' button, 'MTTFD:' (a text box with '1 902 587,5' and a 'v' unit), and 'MTTFD-taso:' (a dropdown menu with 'Korkea'). At the bottom, there is a note: 'Komponenttien tyypilliset arvot (hyvät insinöörikäytännöt -menetelmä)'. The background features a large 'SYSTEMA' watermark.

Kuva 31. MTTFD_D-arvon määrittäminen elementille.

Kun häätöpainikkeiden alajärjestelmä on määritelty hyväksyttävästi, voidaan muut alajärjestelmät määrittellä samoilla periaatteilla kuin muissakin turvatoiminoissa. Häätöpainikkeiden lisäksi turvatoiminto sisältää turvalogiikan sekä kaikki häätöpainikkeen toteuttavat toimilaitteet. Muut alajärjestelmät ovat kapseloituja alajärjestelmiä, kuten edellä on jo esitetty.

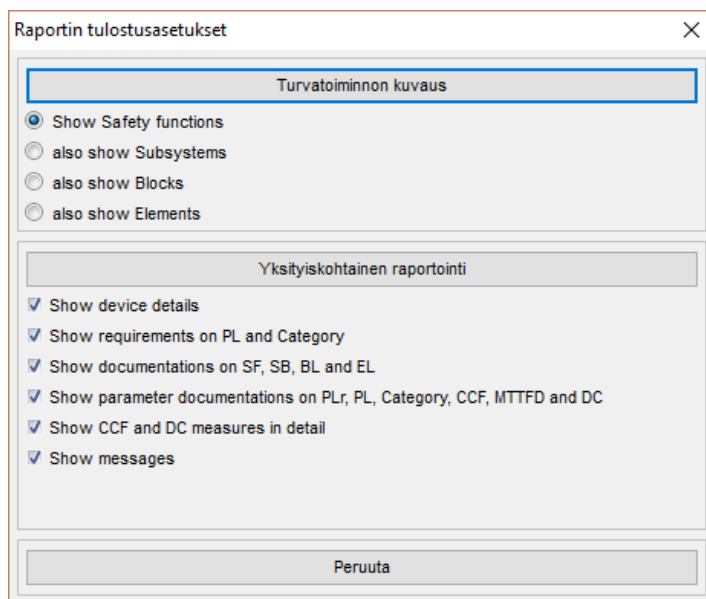
...	Nimi	PL	PFHD [1/h]	CCF-pisteet	MTTFD [v]	Luokka	Luokan vaatimukset
✓ SB	Hätä-seis-painikkeet	e	4,3E-8	70 (täytetty)	100 (Korkea)	3	täytetty
✓ SB	Turvalogiikka	e	1E-9	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	4	täytetty
✓ SB	Servokäyttö STO (Z-akseli)	d	5E-8	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Servokäyttö STO (U-akseli)	d	5E-8	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Servokäyttö STO (Sisääns...)	d	5E-8	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Profi...	e	1E-9	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	ei asia...	ei asiaankuuluva
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Profi...	e	1E-9	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	ei asia...	ei asiaankuuluva
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Logic...	e	4,4E-11	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Turvatoimintomoduuli Logic...	e	4,4E-11	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Taajuusmuuttaja STO (Hio...	e	2,4E-9	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty
✓ SB	Taajuusmuuttaja STO (Tela)	e	2,4E-9	ei asiaankuul...	ei asiaankuul...	3	täytetty

Kuva 32. Telahiomakoneen hätäpysäytystoiminnon sisältämät alajärjestelmät.

5.4.4 Raportti

Kun kaikki turvatoiminnot ja niiden sisältämät alajärjestelmät on määritelty SISTEMA:lla, voidaan analyysistä tulostaa raportti. Käyttäjä voi itse valita raporttiin sisällytettävät asiat. Raportti tulisi liittää koneen ohjausjärjestelmän lopulliseen dokumentointiin, jolloin voidaan tarvittaessa osoittaa, että koneen turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän suunnittelu on tehty standardin SFS-EN ISO 13849-1 mukaisesti ja sen toimintaa on analysoitu.

Telahiomakoneen tapauksessa pelkät turvatoiminnot sekä niiden suoritustasot sisältävä raportti on 5 sivuinen ja eniten yksityiskohtia sisältävä raportti yli 75 sivuinen. Telahiomakoneen SISTEMA-analyysin raporttia ei näin ollen liitetty tämän opinnäytetyön kirjalliseen osuuteen vaan se luovutettiin työn tilaajalle sähköisessä muodossa.



Kuva 33. SISTEMA-raportin tulostaminen.

6 SÄHKÖKÄYTTÖJEN JA OHJAUSJÄRJESTELMÄN UUSIMINEN

6.1 Sähkökäyttöjen mitoittaminen ja valinta

Telahiomakoneen toiminnot rakentuvat viiden sähkökäytön ympärille, joilla toteutetaan telan pyöritys, hiomanauhan pyöritys, hiomakelkan liikkeitä sekä hiomalaitteen sisäänsyöttö. Nykyisten sähkökäyttöjen varaosien saanti on heikentynyt, jonka vuoksi uusien sähkökäyttöjen mitoittaminen ja valinta oli yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista.

Telan ja hiomanauhan pyörityksen uusien sähkökäyttöjen mitoittamiselle ja valinnalle asetettiin lähtökohdaksi, että nykyisten tasavirtakäyttöjen sijaan uudet käytöt olisivat taajuusmuuttajakäyttöisiä oikosulkumoottoreita. Tavoitteena oli valita telan ja hiomanauhan pyörityksen sähkökäyttöiksi mahdollisimman vakiot ja näin ollen myös kustannustehokkaat sähkökäytöt.

Hiomakelkan sivuttainen liike sekä sen eteen- ja taakse-liikkeet ovat toteutettuja tasavirtaservokäyttöillä. Kyseisten servokäyttöjen kohdalla oli tarkoitus tutkia olisiko

niiden korvaaminen mahdollista servokäyttöä edullisemmalla vaihtoehdolla. Uusien moottorin valinnassa oli kuitenkin otettava huomioon, että ne sopisivat nykyisten moottorien tilalle mahdollisimman pienillä muutoksilla. Hiomakelkan liikkeiden sähkökäyttöjen valintaa rajoittavat moottoreiden pienet asennustilat, moottoreilta vaadittavat tarkat nopeusominaisuudet sekä niiltä vaadittava toimintakyky erittäin pienillä nopeuksilla. Voidaan helposti todeta, että nykyisiä servomoottoreita vastaavien runkokokojen oikosulkumoottorit eivät omaa tarvittavia vääntömomenttiominaisuuksia eivätkä ne kykenisi toimimaan riittävän pienillä nopeuksilla ilman erillistä jäähdytystä. Näin ollen hiomakelkan liikkeiden nykyisten tasavirtaservokäyttöjen tilalle päädyttiin mitoittamaan ja valitsemaan uudet servokäytöt.

Hiomalaitteen sisäänsyöttö on toteutettu ajastinohjatulla tahtimoottorilla ilman takaisinkytkentää moottorilta. Kyseisen moottorin tilalle mitoitettiin servokäyttöratkaisu, jotta hiomalaitteen sisäänsyöttöön saataisiin laajemmat ja tarkemmat säätömahdollisuudet.

Moottoreiden mittakuvia ei esitetä tämän opinnäytetyön yhteydessä. Nykyisistä sekä uusista moottoreista annetaan kuitenkin tarkat tiedot, joiden perusteella mittakuvat on mahdollista hakea valmistajien internetsivuilta mekaanista suunnittelua varten. Tämän opinnäytetyön yhteydessä eri lähteistä peräisin olevat mittakuvat toimitetaan työn tilaajalle sähköisessä muodossa.

Seuraavissa kappaleissa esitetään periaatteet, joilla telahiomakoneen uudet sähkökäytöt mitoitettiin ja valittiin. Valittujen komponenttien tiedot esitetään osaluettelossa (Liite 5).

6.1.1 Telan pyöritys

Telan pyörityksen moottorin mitoitus aloitettiin selvittämällä karalaatikon eli moottorin vaihdelaatikon välityssuhde. Vaihdelaatikossa on kaksi vaihdetta, joista toinen ei ole tarpeellinen. Toista vaihdetta on mahdollisesti käytetty telan sorvaamiseen, mutta tätä ominaisuutta ei kyseisellä telahiomakoneella ole enää aikoihin käytetty. Uusi sähkökäyttö päätettiin tämän perusteella mitoittaa käyttämällä vain vaihdetta

nro 1. Vaihteen välityssuhde selvitettiin vertailemalla telan ja moottorin kierrosnopeutta eri nopeusohjeita käyttäen. Kun mittaustuloksia oli riittävästi, voitiin välityssuhde päätellä melko tarkasti mittaustulosten keskiarvosta. Mittavälineenä käytettiin SKF TKRT 10-takometriä. Mittaustulokset ja niistä lasketut välityssuhteet esitetään taulukossa 1. Välityssuhde saadaan jakamalla ensiöpuolen kierrosnopeus toisiopuolen kierrosnopeudella.

Moottori/rpm	Tela/rpm	Välityssuhde	n2/n1
132,8	11,9	11,15966387	0,089608
156,7	14	11,19285714	0,089343
242	21,6	11,2037037	0,089256
317,3	28,3	11,21201413	0,08919
435,3	38,8	11,21907216	0,089134
556,5	49,7	11,1971831	0,089308
682,8	60,9	11,21182266	0,089192
626,4	55,9	11,20572451	0,08924
742,4	66,4	11,18072289	0,08944
805,8	71,9	11,20723227	0,089228
856,9	76,5	11,20130719	0,089275

Taulukko 1. Vaihteen välityssuhteen selvittäminen.

Taulukosta vaihteen välityssuhteen keskiarvoksi saadaan 11,2. Tätä keskiarvoa voidaan pitää riittävän tarkkana laskennassa käytettäväksi. Taulukosta saadaan myös laskennassa tarvittava välityssuhteen käänteisluvun keskiarvo 0,0893.

Moottorin mitoittaminen perustuu tässä tapauksessa moottorilta vaadittavan vääntömomentin selvittämiseen. Vaadittavan vääntömomentin selvittämiseksi tulee kuitenkin ensin tuntea järjestelmän hitausmomentit. Ensimmäiseksi selvitettiin pyöritettävän kappaleen eli telan hitausmomentti. Pyörivän sylinterin muotoisen kappaleen hitausmomentti voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$J_{tela} = \frac{1}{2}mr^2$$

- m on kappaleen massa
- r on kappaleen säde

(ABB Tekninen opas nro 7 2001, 19)

Hitausmomentti on laskettava suurimman mahdollisen telan mukaan. Telahiomakoneella työstettävien kuitutelojen halkaisija on enintään 765 mm ja ne painavat 17000 kg. Telan hitausmomentiksi saadaan tällöin:

$$J_{tela} = \frac{1}{2} * 17000 \text{ kg} * 0,3825^2 \text{ m} = 1243,6 \text{ kgm}^2$$

Koska telan pyöritys toteutetaan vaihteen välityksellä, on moottorin akseliin redusoitava hitausmomentti laskettava ottamalla huomioon vaihteen välityssuhde. Moottorin akseliin redusoitava hitausmomentti voidaan laskea kaavalla:

$$J_m = J_1 + J_{tela} * \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$$

- J_1 on moottorin hitausmomentti
- J_{tela} on telan hitausmomentti
- n_2/n_1 on vaihteen välityssuhteen käänteisluku

(ABB Tekninen opas nro 7 2001, 18)

Koska mitoitetaan verrattain pientä moottoria, on moottorin oma hitausmomentti melko olematon eikä sillä ole suurta merkitystä laskentaan. Isompien moottoreiden kohdalla myös moottorin oman hitausmomentin merkitys kasvaa. Tässä yhteydessä moottorin akseliin redusoitava hitausmomentti laskettiin ensin ilman moottorin omaa hitausmomenttia ja hitausmomentti lisättiin laskuihin vasta kun moottori oli valittu. Suuresta välityssuhteesta johtuen on telan pyörityksen moottorin akselille redusoitava hitausmomentti melko pieni:

$$J_m = 0,099 \text{ kgm}^2 + 1243,6 \text{ kgm}^2 * 0,0893^2 = 10,0 \text{ kgm}^2$$

Kun hitausmomentit tunnetaan, voidaan selvittää moottorilta pyöritettävän kappaleen kiihdyttämiseen tarvittava vääntömomentti. Tarvittavan vääntömomentin laskeminen on aloitettava selvittämällä pyöritettävän kappaleen kulmakiihtyvyys. Kulmakiihtyvyyden laskennassa on tunnettava pyörivän kappaleen kulmanopeus, joka voidaan laskea kaavalla:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

- T on yhteen kierrokseen kuluva aika sekunneissa

Telan suurin mahdollinen pyörimisnopeus on 100 rpm, joten kulmanopeus lasketaan sen mukaan. Telan pyöriessä 100 rpm nopeudella yhteen kierrokseen kuluva aika on 0,6 s. Telan kulmanopeudeksi saadaan tällöin:

$$\omega = \frac{2\pi}{0,6s} = 10,472 \text{ rad/s}^2$$

Kulmanopeuden perusteella voidaan laskea telan kulmakiihtyvyys, kun tela kiihtyy pysähdyksistä maksiminopeuteensa. Kulmakiihtyvyys voidaan laskea kaavalla:

$$\alpha = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

- ω on kulmanopeus kiihdytyksen lopussa
- ω_0 on kulmanopeus kiihdytyksen alussa
- t on kiihdyttämiseen kuluva aika

Telan pyörimisen kiihdytysaika on vanhalla sähkökäytöllä noin 15 sekuntia. Uudella sähkökäytöllä käytetään samaa kiihdytysaikaa, koska nopeammalle kiihdytykselle ei ole tarvetta ja hitaammalla kiihdytyksellä kuormitetaan vähemmän voimansiirron osia. Telan nopeuden muuttuessa 0 - 100 rpm 15 sekunnissa telan kulmakiihtyvyydeksi saadaan:

$$\alpha = \frac{10,472 \text{ rad/s}^2}{15 \text{ s}} = 0,698 \text{ rad/s}^2$$

Kun suurin mahdollinen kulmakiihtyvyys tunnetaan, voidaan laskea suurin mahdollinen kiihdyttämiseen tarvittava vääntömomentti vaihteen toisipuolella. Vääntömomentti saadaan seuraavalla kaavalla:

$$M_2 = J\alpha$$

- J on pyöritettävän kappaleen hitausmomentti
- α on kulmakiihtyvyys

Tällöin suurin mahdollinen telan kiihdyttämiseen vaadittava vääntömomentti vaihteen toisiopuolella on:

$$M_2 = 1243,6 \text{ kgm}^2 * 0,698 \text{ rad/s}^2 = 868 \text{ Nm}$$

Vaihteen ensiöpuolen eli moottorilta vaadittava vääntömomentti saadaan jakamalla toisiopuolen vääntömomentti vaihteen välityssuhteella. Näin ollen moottorilta telan kiihdyttämiseen vaadittava suurin mahdollinen vääntömomentti on:

$$M_1 = \frac{868 \text{ Nm}}{11,2} = 77,5 \text{ Nm}$$

Moottorilta vaadittava vääntömomentti pienenee, kun tela on saavuttanut halutun pyörimisnopeuden. Telan pyöriessä vapaasti, pyörimisnopeuden ylläpitoon moottorilta vaadittava vääntömomentti on melko pieni telan suuren hitausmomentin ja pienten kitkojen ansiosta.

Telan pyöriksen moottorilta vaadittava vääntömomentti kuitenkin kasvaa telaa hiottaessa. Telan pyörimistä vastustavaa kitkaa syntyy, kun telan kanssa vastakkaiseen suuntaan pyörivää hiomanauhaa painetaan telaa kohti. Tulee siis selvittää, mikä on moottorilta vaadittava vääntömomentti pyörimisnopeuden ylläpitämiseksi telaa hiottaessa.

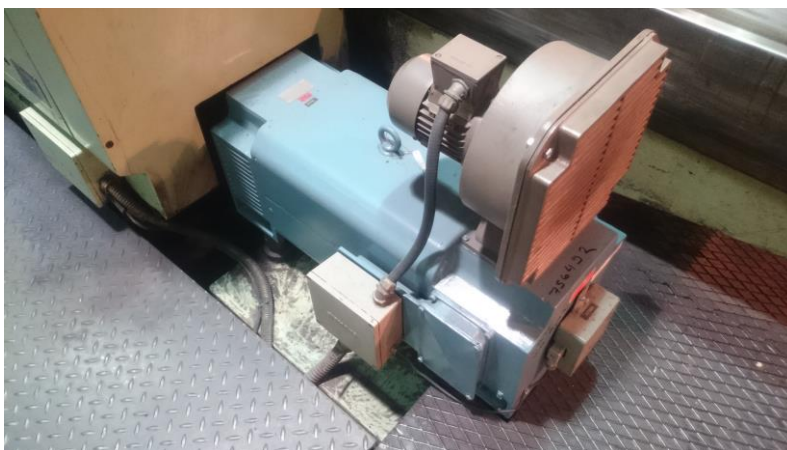
Tätä lähdettiin selvittämään tutkimalla nykyisen telan pyöriksen tasavirtakäytön kuormitusta. Ensin selvitettiin nykyisen tasavirtamoottorin nimellisvääntömomentti. Moottorin nimellisvääntömomentti voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$T_n = \frac{9550 * P_n}{n_n}$$

- P_n moottorin nimellisteho
- n_n moottorin nimellisnopeus
(ABB Tekninen opas nro 7 2001, 18)

Telan pyöryksen nykyisen tasavirtamoottorin tiedot ovat seuraavat:

- | | |
|-------------------|----------------------|
| • Valmistaja | Siemens |
| • Tyyppi | 1GG5166-0GZ40-7LU7 Z |
| • Nimellisteho | 32 kW |
| • Nimellisjännite | 500 V |
| • Nimellisvirta | 72 A |
| • Nimellisnopeus | 1160 rpm |
| • Runkokokoko | IEC 160 |
| • Asennustapa | IM B3 |



Kuva 34. Telan pyöryksen nykyinen tasavirtamoottori.

Nykyisen tasavirtamoottorin nimellistehon ollessa 32 kW ja sen nimellisnopeuden ollessa 1160 rpm, saadaan sen nimellisvääntömomentiksi:

$$T_n = \frac{9550 * 32 \text{ kW}}{1160 \text{ rpm}} = 263 \text{ Nm}$$

Nykyisen tasavirtamoottorin kuormitus telaa hiottaessa selvitettiin mittaamalla moottorin ankkurivirta. Telaa hiottaessa tasavirtamoottorin ankkurivirraksi mitattiin

9,68 A, joka on noin 15 % sen nimellisvirrasta. Telan pyörimisnopeus oli mittaushetkellä 33 rpm, jolloin moottorin pyörimisnopeus on 370 rpm. Hiomanauhan pyörytyksen tasavirtamoottorin ankkurivirta oli lähes sen nimellisvirran suuruinen, joten voidaan olettaa hionnan aiheuttaman kitkan olleen lähellä suurinta mahdollista. Ankkurivirran perusteella voidaan laskea telan pyörimisnopeuden ylläpitämiseen moottorilta vaadittava vääntömomentti. Laskenta tapahtuu ratkaisemalla T_{kuorma} seuraavasta yhtälöstä:

$$I_m = \frac{T_{kuorma}}{T_n} * I_n$$

- I_m on moottorin ottama virta
- T_{kuorma} on kuormituksen vaatima vääntömomentti
- T_n on moottorin nimellismomentti
- I_n on moottorin nimellisvirta

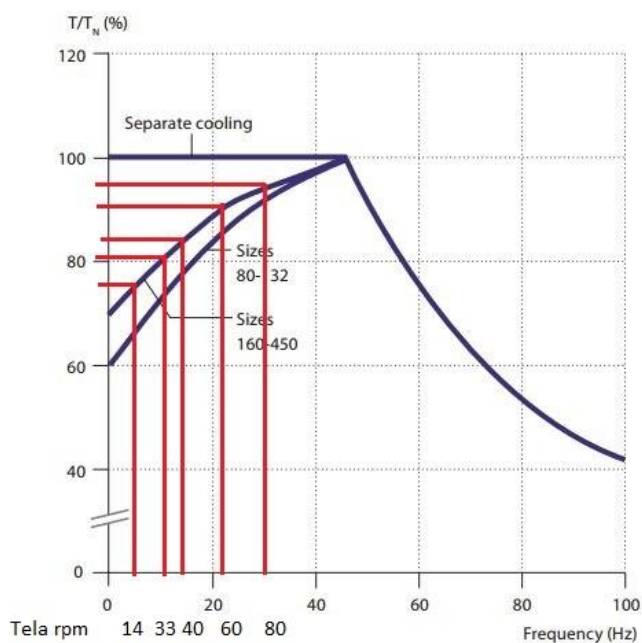
(ABB Tekninen opas nro 7 2001, 28)

Syöttämällä nykyisen tasavirtamoottorin arvot edellä mainittuun yhtälöön saadaan kuormituksen vaatimaksi vääntömomentiksi:

$$9,68 \text{ A} = \frac{T_{kuorma}}{263 \text{ Nm}} * 72 \text{ A} \quad \rightarrow \quad T_{kuorma} = 35 \text{ Nm}$$

Tämän perusteella voidaan arvioida telan pyörytyksen moottorilta vaadittava miniminimellismomentti telaa hiottaessa. Tätä ennen on selvitettävä, mikä on uuden moottorin kuormitettavuus kyseisellä 370 rpm pyörimisnopeudella, jota käyttämällä aikaisemmat tasavirtamoottorin ankkurivirtamittaukset tehtiin. Tässä vaiheessa voidaan olettaa uuden moottorin olevan kokoa IEC 160 tai suurempi. Moottorin kuormitettavuuskäyrältä nähdään, että 370 rpm kierrosnopeudella moottorin kuormitettavuus on noin 81 %. Kuvassa 35 esitettyyn kuormitettavuuskäyrään on havainnollistettu myös muita kuormitettavuuksia suhteessa telan pyörimisnopeuteen.

Temperature rise B



Kuva 35. Telan pyöriksen moottorin kuormitettavuus.

Kun moottorin kuormitettavuus käytössä olevalla nopeudella on selvitetty, voidaan telan pyörimisnopeuden ylläpitoon vaadittava minimimellismomentti laskea jakamalla kuormituksen vaatima vääntömomentti moottorin kuormitettavuudella seuraavasti:

$$T_n \geq \frac{35 \text{ Nm}}{0,81} = 43,2 \text{ Nm}$$

Saatu minimimellismomenttia voidaan käyttää myös moottorin minimimellistehon laskentaan seuraavasti:

$$P_n \geq \frac{43,2 \text{ Nm} * 1500}{9550} = 6,78 \text{ kW}$$

(ABB Tekninen opas nro 7 2001, 26)

Laskennasta saatujen arvojen perusteella voidaan valita uusi tasavirtamoottorin korvaava oikosulkumoottori. Koska laskennasta saadut arvot eivät ole täysin tarkkoja ja hionta saattaa kuormittaa telan pyöryksen moottoria joissain tilanteissa tässä yhteydessä tutkittua enemmän, kannattaa uusi moottori valita laskettuja arvoja suuremmaksi.

ABB:n mallistosta valitun uuden moottorin tiedot ovat seuraavat:

- Tyyppe M3BP 160MLB 4+037+435
- Tuote nro. 3GBP162420-AEG
- Nopeus r/min 1470 r/min
- Nimellisteho 15 kW
- Nimellisvirta 28,5 A
- Nimellisvääntö 97,4 Nm
- Runkokokoo IEC 160
- Asennustapa IM B3

Uusi moottori on runkokooltaan samanlainen kuin nykyinen tasavirtamoottori, joten moottorin peti ei todennäköisesti vaadi muutoksia. Mekaanisen suunnittelun resursseja on kuitenkin varattava, koska uudessa moottorissa akselin koko eroaa nykyisestä.

Taajuusmuuttajan mitoittamista varten, moottorin ottama virta voidaan laskea jo aikaisemmin esitetyllä kaavalla. Laskennassa käytetään samaa tilannetta, jossa telaa hiottaessa telan pyöryksen moottorin pyörimisnopeus on 370 rpm ja hiomanauhan pyöryksen tasavirtamoottorin ankkurivirta lähes sen nimellisvirran suuruinen. Kyseisessä tilanteessa moottorin ottamaksi virraksi saadaan:

$$I_m = \frac{35 \text{ Nm}}{97,4 \text{ Nm}} * 28,5 \text{ A} = 10,2 \text{ A}$$

Moottorin ottama virta tarkoittaa taajuusmuuttajan moottorille syöttämää jatkuvaa virtaa. Myös taajuusmuuttajan valinnassa on otettava huomioon, että laskennasta saadut arvot eivät ole täysin tarkkoja ja hionta saattaa kuormittaa telan pyöryksen

moottoria joissain tilanteissa tässä yhteydessä tutkittua enemmän. Taajuusmuuttaja valittiinkin moottorin nimellisvirran perusteella, jotta tarvittaessa moottorilta saadaan käyttöön sen nimellisvääntömomentti.

Taajuusmuuttaja valittiin ABB ACS880-sarjasta. Valitun taajuusmuuttajan tiedot ovat seuraavat:

- Tyypinro. ACS880-01-034A-5
- Runkokokoko R3
- Nimellisjännite 500 V
- Nimellisvirta 34 A
- Nimellisteho 18,5 kW

Pyörivän telan halutaan pysähtyvän 15 sekunnissa, joten taajuusmuuttajalle on mitoitettava jarruvastus. Suuren hitausmomentin omaavan telan pysähtymisaika voidaan olettaa erittäin pitkäksi, jollei sitä erikseen jarruteta.

Uudeksi pysähtymisajaksi valittu 15 sekuntia on vain hieman nopeampi kuin nykyisellä tasavirtakäytöllä, koska vaihdelaatikon mekaanisen rasituksen rajoja ei tunneta. Pyörivän telan nopeampi pysäyttäminen kasvattaisi vaihteen toisiopuoleen kohdistuvaa vääntömomenttia huomattavasti, jonka vuoksi on turvallisinta käyttää lähes alkuperäistä pysähtymisaikaa. Telan nopeammasta pysäyttämisestä seuraisi myös suuremman moottorin tarve, koska moottorilta vaadittavan vääntömomentin laskenta tapahtuu jarrutusta koskien täysin samalla tavalla kuin kiihdytystäkin koskien.

Kyseisessä sovelluksessa, jossa jarruttamiseen tarvittava teho pienenee lineaarisesti telan pyörimisnopeuden hidastuessa, tulee jarruvastuksen valitsemiseksi laskea jarrutuksen keskimääräinen teho. Keskimääräinen teho voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P_{avg} = J * \left(\frac{n}{60} * 2\pi\right)^2 * \frac{1}{t}$$

- J on moottorin akseliin redusoituva hitausmomentti
- n on moottorin nopeus jarrutuksen alkaessa
- t jarrutukseen kuluva aika

Telan pyörimisnopeuden ollessa 100 rpm, sen 15 sekuntia kestävä jarrutuksen keskimääräinen teho on:

$$P_{avg} = 10 \text{ kgm}^2 * \left(\frac{1120 \text{ rpm}}{60} * 2\pi\right)^2 * \frac{1}{15 \text{ s}} = 9,1 \text{ kW}$$

Jarrutusteho jarrutuksen alkuhetkellä saadaan kertomalla keskimääräinen teho kahdella. Jarrutuksen huipputeho on näin ollen 18,2 kW.

Jarrutusenergia saadaan kertomalla keskimääräinen teho jarrutuksen ajalla. Tämän lisäksi kitkat jarruttavat vähän, mutta niiden vaikutus voidaan tässä käyttökohteessa olettaa niin pieniksi, ettei niillä ole mitoituksen kannalta merkitystä. Pyörivän telan jarrutuksesta syntyvä energia on:

$$E_b = 9,1 \text{ kW} * 15 \text{ s} = 136 \text{ kW s} = 136 \text{ kJ}$$

ACS880 taajuusmuuttajien laiteoppaan mukaan ACS880-01-034A-5 taajuusmuuttajalle sopiva jarruvastus on tyypiltään SACE15RE22. Se kykenee vastaanottamaan 420 kJ suuruisen energian 400 sekunnin välein. Tela voidaan siis pysäyttää kolme kertaa 100 rpm vauhdista 400 sekunnin aikana. Näin ollen vastus voidaan todeta sopivaksi tähän kyseessä olevaan sovellukseen.

6.1.2 Hiomanauhan pyöritys

Hiomanauhan pyörityksen moottoria lähdettiin mitoittamaan samoilla periaatteilla kuin telan pyörityksen moottoria. Laskukaavat ovat samoja kuin edellisessä kappaleessa käytetyt, joten niitä ei tässä yhteydessä enää esitellä yksityiskohtaisesti. Hio-

manauhan pyöryksessä ei ole vaihdetta, joten moottorin mitoittaminen on sen osalta yksinkertaisempaa.

Hiomanauhan pyöryksen moottorin mitoittaminen aloitettiin arvioimalla hiomanauhan pyörittämiseen liittyvistä komponenteista muodostuva kokonaishitausmomentti. Hiomanauhan pyörittämiseen liittyviä komponentteja ovat hiomanauhan vetopyörä sekä kaksi ohjainrullaa. Hiomanauhan vetopyörä painaa noin 60 kg ja yksi ohjainrulla 8,55 kg. Tämän lisäksi hiomanauhan vetopyörän akseli on melko raskastekoinen ja sen painoksi arvioitiin 30 kg. Kappaleiden hitausmomentit laskettiin sylinterin muotoisen kappaleen hitausmomentin kaavalla, jolloin kokonaishitausmomentiksi saatiin:

$$J_h = \left(\frac{1}{2} * 60kg * 0,25m^2\right) + 2 * \left(\frac{1}{2} * 8,55kg * 0,075m^2\right) + \left(\frac{1}{2} * 30kg * 0,05m^2\right) \\ = 1,96 kgm^2$$

Kun hitausmomentit tunnetaan, voidaan selvittää moottorilta hiomanauhan ja siihen liittyvien komponenttien kiihdyttämiseen tarvittava vääntömomentti. Tarvittavan vääntömomentin laskeminen on aloitettava selvittämällä pyöritettävän kappaleen kulmakiihtyvyys. Kulmakiihtyvyyden laskennassa on tunnettava pyörivän kappaleen kulmanopeus. Pyöritettävä kappale on tässä yhteydessä hiomanauhan vetopyörä.

Hiomanauhan pyöryksen moottorin suurin mahdollinen nopeus on 1000 rpm, joten kulmanopeus lasketaan sen mukaan. Hiomanauhan vetopyörän pyöriessä 1000 rpm nopeudella yhteen kierrokseen kuluva aika on 0,06 s. Hiomanauhan vetopyörän kulma nopeudeksi saadaan tällöin:

$$\omega = \frac{2\pi}{0,06s} = 104,72 rad/s^2$$

Hiomanauhan pyöryksen kiihdytysajaksi valittiin 5 sekuntia. Hiomanauhan vetopyörän nopeuden muuttuessa 0 - 1000 rpm 5 sekunnissa, sen kulmakiihtyvyydeksi saadaan:

$$\alpha = \frac{104,72 rad/s^2}{5 s} = 20,94 rad/s^2$$

Kun suurin mahdollinen kulmakiiktyvyys tunnetaan, voidaan laskea suurin mahdollinen kiihdyttämiseen tarvittava vääntömomentti. Kiihdyttämiseen tarvittavaksi vääntömomentiksi saadaan:

$$M = 1,96 \text{ kgm}^2 * 20,94 \text{ rad/s}^2 = 41 \text{ Nm}$$

Hiomanauhan vetopyörän kiihdyttämiseen vaadittava vääntömomentti on melko pieni pienen hitausmomentin ansiosta. Tärkeämpää on laskea hiomanauhan pyöryksen moottorilta vaadittava vääntömomentti sen ensisijaisessa tarkoituksessa eli telan hionnassa. Hiomanauhan pyörittämiseen moottorilta vaadittava vääntömomentti on tällöin paljon suurempi, koska hiomanauhan kanssa vastakkaiseen suuntaan pyörivän telan aiheuttama kitka pyrkii jarruttamaan sitä.

Hiomanauhan pyörittämiseen vaadittavaa vääntömomenttia telaa hiottaessa lähdettiin selvittämään tutkimalla nykyisen tasavirtakäytön kuormitusta. Ensin selvitettiin nykyisen tasavirtamoottorin nimellisvääntömomentti.

Hiomanauhan pyöryksen nykyisen tasavirtamoottorin tiedot ovat seuraavat:

- | | |
|--------------------|----------------------|
| • Valmistaja | Siemens |
| • Tyyppi | 1GG5136-0GZ40-7LU7-Z |
| • Nimellisteho | 24,5 kW |
| • Nimellisjännite | 500 V |
| • Nimellisvirta | 55 A |
| • Nimellisa nopeus | 2050 rpm |
| • Runkokokoo | IEC 132 |
| • Asennustapa | IM B3 |



Kuva 36. Hiomanauhan pyöriksen nykyinen tasavirtamoottori.

Nykyisen tasavirtamoottorin nimellistehon ollessa 24,5 kW ja sen nimellinopeuden ollessa 2050 rpm, saadaan sen nimellisvääntömomentiksi:

$$T_n = \frac{9550 * 24,5 \text{ kW}}{2050 \text{ rpm}} = 114 \text{ Nm}$$

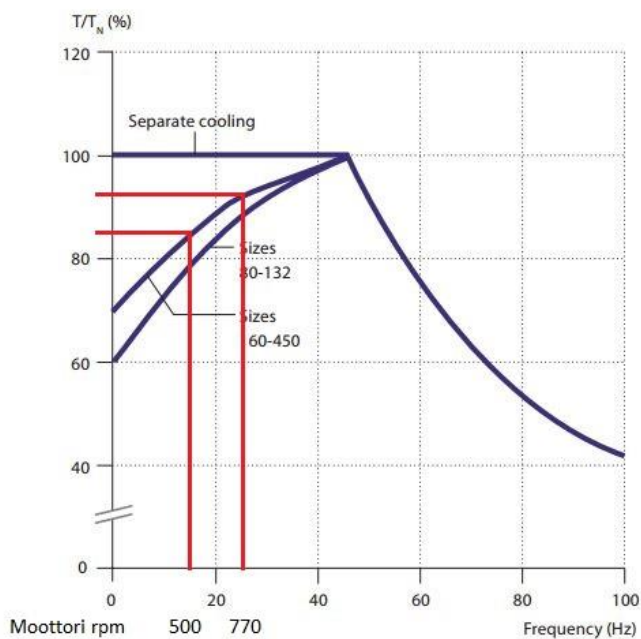
Nykyisen tasavirtamoottorin kuormitus telaa hiottaessa selvitettiin mittaamalla moottorin ankkurivirta. Telaa hiottaessa hiomanauhan pyöriksen tasavirtamoottorin ankkurivirraksi mitattiin 47,3 A, joka on noin 86 % sen nimellisvirrasta. Ankkurivirran perusteella voidaan laskea hiomanauhan pyörittämiseen moottorilta vaadittava vääntömomentti. Kuten jo aiemmin esitettiin, sen laskenta tapahtuu ratkaisemalla T_{kuorma} seuraavasta yhtälöstä:

$$47,3 \text{ A} = \frac{T_{kuorma}}{114 \text{ Nm}} * 55 \text{ A} \quad \rightarrow \quad T_{kuorma} = 98,5 \text{ Nm}$$

Tämän perusteella voidaan arvioida hiomanauhan pyöriksen moottorilta vaadittava miniminimellismomentti telaa hiottaessa. Tätä ennen on selvitettävä, mikä on uuden moottorin kuormitettavuus 770 rpm nopeudella, jota käyttämällä aikaisemmat tasavirtamoottorin ankkurivirran mittaukset tehtiin. Tässä vaiheessa voidaan olettaa uuden moottorin olevan kokoa IEC 160 tai suurempi. Moottorin kuormitettavuuskäyrältä nähdään, että 770 rpm kierrosnopeudella moottorin kuormitettavuus on noin 92 %. Kuvassa 37 esitettyyn kuormitettavuuskäyrään on havainnollistettu kuormitettavuus

myös 500 rpm nopeudella, joka on hiomanauhan pyöriksen pienin käytettävä nopeus.

Temperature rise B



Kuva 37. Hiomanauhan pyöriksen moottorin kuormitettavuus.

Kun moottorin kuormitettavuus käytössä olevalla nopeudella on selvitetty, voidaan laskea hiomanauhan pyöriksen moottorilta vaadittava minimimomentti. Minimimomentiksi saadaan:

$$T_n \geq \frac{98,5 \text{ Nm}}{0,92} = 107 \text{ Nm}$$

Saatu minimimomenttia käyttämällä voidaan laskea myös moottorin minimimomentteho seuraavasti:

$$P_n \geq \frac{107 \text{ Nm} * 1500}{9550} = 16,8 \text{ kW}$$

Laskennasta saatujen arvojen perusteella voidaan valita uusi tasavirtamoottorin korvaava oikosulkumoottori. Koska laskennasta saadut arvot eivät ole täysin tarkkoja ja

kaikkia kuormitustilanteita ei tunneta, kannattaa uusi moottori valita laskettuja arvoja suuremmaksi.

ABB:n mallistosta valitun uuden moottorin tiedot ovat seuraavat:

- Tyyppe M3BP 180MLB 4+037+435
- Tuote nro. 3GBP182420-AEG
- Nopeus r/min 1475 r/min
- Nimellisteho 22 kW
- Nimellisvirta 40,9 A
- Nimellisvääntö 142 Nm
- Runkokoko IEC 180
- Asennustapa IM B3

Uusi moottori on runkokooltaan suurempi kuin nykyinen tasavirtamoottori, joten moottorin petimuutosten mekaaniseen suunnitteluun tulee varata resursseja.

Taajuusmuuttajan mitoitusta varten, moottorin ottama virta voidaan laskea jo aikaisemmin esitetyllä kaavalla. Laskennassa käytetään samaa tilannetta, jossa telaa hiottaessa hiomanauhan pyörimisen moottorin pyörimisnopeus on 770 rpm. Kyseisessä tilanteessa moottorin ottamaksi virraksi saadaan:

$$I_m = \frac{98,5 \text{ Nm}}{142 \text{ Nm}} * 40,9 \text{ A} = 28,4 \text{ A}$$

Moottorin ottama virta tarkoittaa taajuusmuuttajan moottorille syöttämää jatkuvaa virtaa. Myös taajuusmuuttajan valinnassa on otettava huomioon, että laskennasta saadut arvot eivät ole täysin tarkkoja ja kaikkia kuormitustilanteita ei tunneta. Taajuusmuuttaja valittiinkin tässä tapauksessa moottorin nimellisvirran perusteella, jotta tarvittaessa moottorilta saadaan käyttöön sen nimellisvääntömomentti.

Hiomanauhan pyörimisen taajuusmuuttaja valittiin luonnollisesti samasta ABB ACS880-sarjasta, josta telan pyörimisen taajuusmuuttaja aiemmin valittiin. Valitun taajuusmuuttajan tiedot ovat seuraavat:

- Tyypinro. ACS880-01-052A-5
- Runkokokoko R4
- Nimellisjännite 500 V
- Nimellisvirta A 52
- Nimellisteho kW 30

Myös hiomanauhan pyöriksen taajuusmuuttajalle on mitoitettava jarruvastus, koska hiomanauhan halutaan pysähtyvän 5 sekunnissa. Ilman jarruvastusta 60 kg massan omaavan, enimmillään jopa 1000 rpm nopeudella pyörivän hiomanauhan vetopyörän pysähtymisaika olisi oletettavasti melko pitkä. Hiomanauhan pyöriksen taajuusmuuttajan jarruvastuksen mitoittamisessa noudatetaan samoja periaatteita kuin edellä esitetystä mitoituksessa telan pyöriksen liittyen.

Hiomanauhan vetopyörän pyörimisnopeuden ollessa 1000 rpm ja sen pysähtymisajan ollessa 5 sekuntia, jarrutuksen keskimääräinen teho on:

$$P_{avg} = 1,96 \text{ kgm}^2 * \left(\frac{1000 \text{ rpm}}{60} * 2\pi\right)^2 * \frac{1}{5 \text{ s}} = 4,3 \text{ kW}$$

Jarrutusteho jarrutuksen alkuhetkellä saadaan kertomalla keskimääräinen teho kahdella. Jarrutuksen huipputeho on näin ollen 8,6 kW.

Jarrutuksesta syntyvä energia saadaan kertomalla keskimääräinen jarrutusteho jarrutukseen kuluvalle ajalle:

$$E_b = 4,3 \text{ kW} * 5 \text{ s} = 21,5 \text{ kW s} = 21,5 \text{ kJ}$$

ACS880 taajuusmuuttajien laiteoppaan mukaan ACS880-01-052A-5 taajuusmuuttajalle sopiva jarruvastus on tyypiltään SACE15RE13. Se kykenee vastaanottamaan 435 kJ energian 400 sekunnin välein. Vastus on jopa hieman ylimitoitettu tähän käyttöön, sillä hiomanauha voidaan pysäyttää 29 kertaa 1000 rpm vauhdista 400 sekunnin aikana.

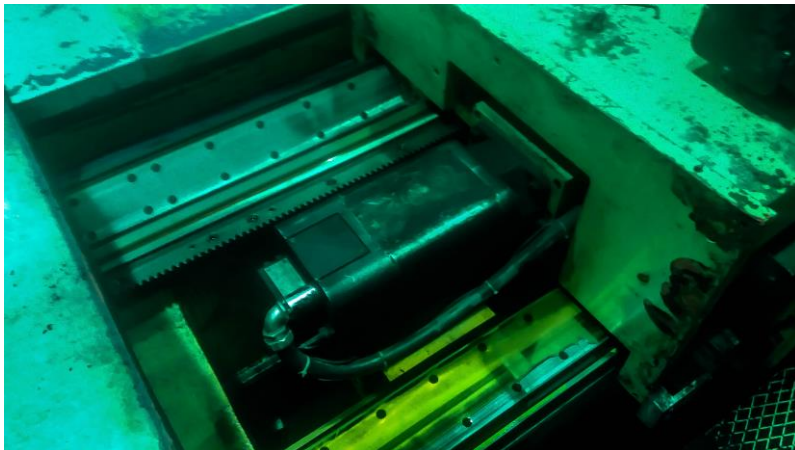
6.1.3 Z- ja U-akseli

Hiomakelkan Z- ja U-akselin uusien servomoottorien mitoittaminen aloitettiin molempien kohdalla samoista lähtökohdista. Jos mahdollista, uusien servomoottorien tulisi vastata nykyisten servomoottorien ulkoisia mittoja, jotta niiden asentaminen vaatisi mahdollisimman vähän muutoksia. Ennen uusien moottorien valitsemista vanhojen servomoottorien mitoitusta tutkittiin mittaamalla niiden kuormituksia eri tilanteissa.

Z-akselin nykyisen servomoottorin tiedot ovat seuraavat:

• Valmistaja	Siemens
• Tyyppi	1HU3104-0AH01
• Nimellisteho	4,3 kW
• Nimellisjännite	179 V
• Nimellisvirta	27 A
• Nimellisvääntömomentti	25 Nm
• Nimellisa nopeus	2000 rpm
• Runkokokoo	IEC 100
• Asennustapa	IM B5

Z-akselin servomoottorin kuormitusta mitattaessa tulee muistaa, että kuormitus on suurempi telaa hiottaessa, koska tällöin hiomakelkan sivuttaiselle liikkeelle syntyy sitä jarruttavaa kitkaa. Z-akselin moottorin virtoja mitattiin kuitenkin hionnan ollessa pois päältä, jotta virrat voitiin vapaasti mitata sen koko nopeusalueella käyttämällä. Z-akselin nykyisen moottorin käytettävä nopeusalue on noin 300 - 1650 rpm. Suurimmalla mahdollisella nopeudella moottorin liikkeellelähdyissä ottamat virtapiikit olivat noin 92 % sen nimellisvirrasta. Käytettävästä nopeudesta riippumatta moottorin ottamat virrat olivat keskimäärin vain 15 - 25 % sen nimellisvirrasta. Näin ollen voidaan todeta, että Z-akselin nykyisen servomoottorin kuormitettavuudessa on reilusti varaa. Lähes nykyisen moottorin nimellisvääntömomentin suuruista vääntömomenttia tarvitaan vain hiomakelkan liikkeellelähdyissä.



Kuva 38. Z-akselin servomoottori on sijoitettu hiomakelkan vasemmalle puolelle johteiden suojaopin alle.

Tehtyjen mittausten perusteella Z-akselin uuden servomoottorin valintaperusteet olivat, että moottorin nimellisvääntömomentin tulisi olla mahdollisimman lähellä 25 Nm, jonka lisäksi runkokoko tulisi olla IEC 100 vastaava ja asennustavan laippakiinnitys IM B5. Näillä perusteilla Z-akselin uudeksi moottoriksi valittiin Siemens 1FT7-tyyppinen servomoottori, jonka tiedot on esitetty alla.

- Tyypinro. 1FT7102-5AF71-1CA0
- Nimellisteho 6,28 kW
- Nimellisvirta 12,00 A
- Nimellisvääntömomentti 20,00 Nm
- Nimellisa nopeus 3000 rpm
- Akselin korkeus 100 mm

Z-akselin uudeksi moottoriksi valitun servomoottorin laippakiinnitys on nykyistä moottoria vastaava. Mekaanisen suunnittelun resursseja on uuden moottorin sovittamiselle kuitenkin varattava, koska uudessa moottorissa akselin halkaisija on hieman suurempi kuin nykyisessä.

U-akselin nykyisen servomoottorin tiedot ovat seuraavat:

- Valmistaja Siemens
- Tyyppi 1HU3078-0AF01

- Nimellisteho 4,45 kW
- Nimellisjännite 183 V
- Nimellisvirta 28 A
- Nimellisvääntömomentti 14 Nm
- Nimellisnopeus 3000 rpm
- Runkokokoko IEC 71
- Asennustapa IM B5

U-akselin servomoottorin kuormitus on normaalisti aina sama, koska hiomalaite pääsee liikkumaan eteen ja taakse vapaasti ilman sitä jarruttavia tekijöitä lukuun ottamatta sen voimansiirron häviöitä ja kiskojen aiheuttamaa kitkaa. U-akselin moottorin ottamat virrat mitattiin pienintä ja suurinta mahdollista nopeutta käyttämällä. U-akselin nykyisen moottorin käytettävä nopeusalue on 0 - 2050 rpm. Mittauksia tehdessä suurimmalla mahdollisella nopeudella moottorin ottama virta oli keskimäärin 50 % sen nimellisvirrasta ja pienimmällä mahdollisella nopeudella moottorin ottama virta oli vain noin 20 % sen nimellisvirrasta. Liikkeellelähdöissä moottorin ottamat virtapiikit olivat noin 75 % sen nimellisvirrasta. Virtamittausten perusteella voidaan todeta, että U-akselin nykyisen servomoottorin keskimääräinen kuormitus on melko pieni.



Kuva 39. U-akselin servomoottori.

Samoin kuin Z-akselin servomoottorin valinnassa, U-akselin uusi servomoottori valittiin vastaamaan nykyisen servomoottorin laippakiinnitystä ja runkokokoa. U-akselin uudeksi moottoriksi valittiin Siemens 1FT7-tyyppinen servomoottori, jonka tiedot on esitetty alla.

- Tyypinro. 1FT7084-5AF71-1CA0
- Nimellisteho 4,55 kW
- Nimellisvirta 8,50 A
- Nimellinen vääntömomentti 14,50 Nm
- Nimellisa nopeus 3000 rpm
- Akselin korkeus 80 mm

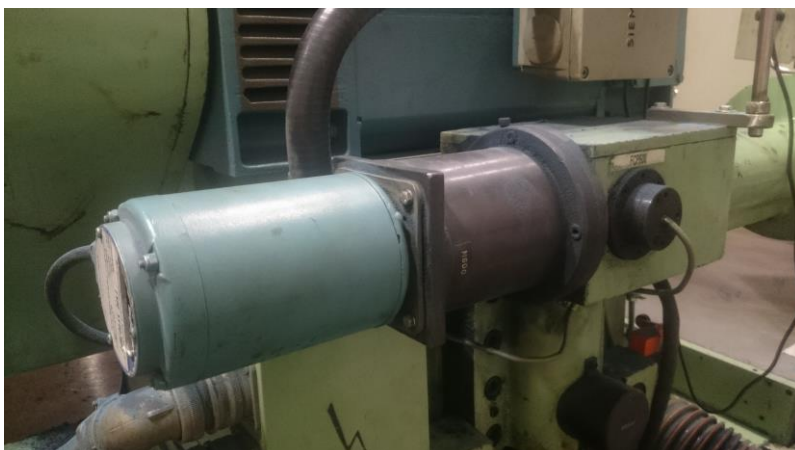
Myös U-akselin uudeksi moottoriksi valitun servomoottorin laippakiinnitys on nykyistä moottoria vastaava. Mekaanisen suunnittelun resursseja on kuitenkin tähänkin varattava, koska uudessa moottorissa akselin halkaisija on hieman suurempi kuin nykyisessä.

6.1.4 Hiomalaitteen sisäänkytö

Hiomalaitteen sisäänkytö on nykyisin toteutettu ajastinohjatulla tahtimoottorilla. Hiomalaitteen sisäänkytön tapahtuessa tahtimoottori pyörii ajastimella asetetun ajan. Pienin mahdollinen ajastimeen asetettava arvo on 1, jolloin sisäänkytön tahtimoottori ehtii pyörähtämään kaksi kierrosta. Moottorin toteuttamaa kahta kierrosta kohti telan pinnasta hioutuu keskimäärin pois noin 0,2 mm. Suurempaa arvoa ei ajastimessa voida käyttää, koska tällöin sisäänkytön tahtimoottorin vääntömomentti ei riitä hiomalaitteen asennon muuttamiseen. Käytännössä on siis mahdollista käyttää vain yhtä ajastimen arvoa hiomalaitteen sisäänkytön moottorin ohjaamiseen. Telahiomakoneen käyttäjien mukaan hiomalaitteen sisäänkytössä olisikin hyvä olla enemmän säätövaraa. Edellä mainituista syistä on perusteltua valita hiomalaitteen sisäänkytön moottoriksi servomoottori, jolla sisäänkytö pystytään tarvittaessa toteuttamaan hyvinkin tarkasti.

Nykyisen tahtimoottorin tiedot ovat seuraavat:

- Valmistaja Superior Electric
- Tyyppi SLO-SYN SS402B-P1
- Nimellisjännite 240 VAC 50 - 60 Hz
- Nimellisvirta 0,4 A
- Nimellisa nopeus 60/72 rpm



Kuva 40. Hiomalaitteen sisäänsyötön tahtimoottori ja sähkömagneettinen kytkin.

Hiomalaitteen sisäänsyötön uuden servomoottorin valinnassa lähtökohtana oli, että runkokoon tulisi olla mahdollisimman lähellä nykyisen tahtimoottorin kokoa, jotta sen asentaminen vaatisi vähemmän mekaanisia muutoksia. Lisäksi servomoottorilta halutaan nykyiseen tahtimoottoriin verrattuna huomattavasti parempi vääntömomentti sekä hyvä pitomomentti, jotta moottori kykenee pitämään hiomalaitteen asennon telaa hiottaessa. Hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin nopeutena käytetään aina 60 rpm, joten suuria nopeusvaatimuksia uudelle moottorille ei aseteta. Nykyiseen kokoonpanoon kuuluvan sähkömagneettisen kytkimen tarkoitusta ei tiedetä varmaksi, mutta sen epäillään toimivan lukituksena hiomalaitteen asennolle, koska tahtimoottori ei kykenisi pitämään sitä. Varustamalla hiomalaitteen sisäänsyöttö hyvän pitomomentin omaavalla servomoottorilla sähkömagneettiselle kytkimelle ei ole tarvetta.

Hiomalaitteen sisäänsyöttö voidaan toteuttaa ohjaamalla servomoottoria esimerkiksi 0,5 kierroksen tarkkuudella, jolloin pienin mahdollinen telan pinnasta pois hiottava

määrä olisi keskimäärin noin 0,05 mm. Servomoottorin tarkkojen ohjausmahdollisuuksien ja suuremman vääntömomentin ansiosta hiomalaitteen sisäänkyötölle saadaan nykyistä huomattavasti laajempi säätöalue.

Myös hiomalaitteen sisäänkyöttöön valittiin Siemens 1FT7-tyyppinen servomoottori, jonka tiedot on esitetty alla.

• Tyypinro.	1FT7064-5AF71-1CA0
• Laskennallinen teho	2,83 kW
• Nimellisvirta	5,20 A
• Paikallaanpitovirta	5,70 A
• Nimellisa nopeus	3000 rpm
• Staattinen vääntömomentti	9,00 Nm
• Nimellinen vääntömomentti	7,60 Nm
• Akselin korkeus	63 mm

Ratkaisevat tekijät uuden servomoottorin valinnassa olivat sen vääntöominaisuudet ja pieni koko. Uusi servomoottori on vain hieman vanhaa tahtimoottoria suurempi, joten sen sovittamisessa vanhan tilalle vältetään suuremmilta muutoksilta. Mekaanisen suunnittelun resursseja on varattava uuden moottorin sovitelaipan suunnittelulle sekä sen akselin sovittamiselle hiomalaitteen sisäänkyötön voimansiirtoon.

6.1.5 Servomoottorien ohjaus

Valittujen servomoottorien ohjauskomponenttien valinnassa Siemensin suositukset kohdistuvat SINAMICS S120 Booksize-sarjan modulaarisiin servokäyttöjärjestelmiin.

Telahiomakoneeseen valittu SINAMICS S120 Booksize-servokäyttöjärjestelmä pitää sisällään ohjainyksikön, syöttömoduulin sekä kolme moottorimoduulia. Modulaarisen servokäyttöjärjestelmän toimintaperiaate on sama kuin perinteisissä taajuusmuuttajissa, mutta kokonaisuus muodostetaan erillisistä moduuleista. Kyseessä olevassa servokäyttöjärjestelmässä syöttömoduuli muuttaa kolmivaiheisen syötön tasavirraksi,

jolla syötetään moottorimoduuleja. Servomoottoreita syöttävät moottorimoduulit muuttavat tasavirran jälleen takaisin vaihtovirraksi. Telahiomakoneen ohjausjärjestelmään liitettävän ohjainyksikön välityksellä servokäyttöjärjestelmään kuuluvia moduuleja ohjataan keskitetysti.

SINAMICS S120 Booksize-servokäyttöjärjestelmässä on vakiona integroidut turvaominaisuudet, jotka sisältävät muun muassa Safe Torque Off -toiminnon. Telahiomakoneen tapauksessa U-akseli on kuitenkin varustettava laajennetuilla turvaominaisuuksilla, jotta hiomakelkan turvatoiminnoissa tarvittava taaksepäin ohjaus voidaan toteuttaa Safe Direction -toiminnolla.

Telahiomakoneen servokäyttöjärjestelmään valittu ohjainyksikkö voidaan liittää ohjausjärjestelmään Profinet-kenttäväylällä. Lisäksi ohjainyksikkö tukee Profisafetiedonsiirtotapaa, jota käyttämällä turvatoimintojen ohjaus voidaan toteuttaa.

Tarkemmat tiedot servokäyttöjärjestelmään valituista komponenteista löytyvät osaluettelosta (Liite 5).



Kuva 41. Esimerkki SINAMICS S120 Booksize-kokoonpanosta. (HMK Automation Group www-sivut 2016)

Telahiomakoneen pääkeskus on varustettava erillisellä 500/400 V muuntajalla, koska servokäyttöjen nimellinen syöttöjännite on 400 V eikä niistä ole saatavilla 500 V jännitteelle sopivia malleja. Telahiomakoneen servokäyttöjärjestelmän syöttömoduulin teho on vain 10 kW, joten servokäyttöjärjestelmälle valitun muuntajan kohdalla puhutaan myös melko pienestä tehosta. Muuntaja mitoitettiin Siemensin ohjeiden mukaisesti, joiden perusteella siltä vaadittava kokonaisteho on 20 kVA.

6.2 Logiikkaohjauksen komponenttivalinnat

Telahiomakoneen ohjausjärjestelmä on nykyisin toteutettu aika- ja ohjausreleitä käyttämällä, kuten aikanaan on ollut tapana. Opinnäytetyön yhtenä tavoitteena oli suunnitella sopiva logiikkaohjausratkaisu telahiomakoneen nykyisen releohjauksen tilalle. Korvaamalla releet ohjelmoitavalla logiikalla, saadaan koko ohjausjärjestelmä pienempään tilaan, tarvitaan vähemmän johdotuksia keskuksessa ja monet toiminnalliset parannukset tulevat mahdollisiksi sekä helpommiksi toteuttaa. Logiikkaohjaus helpottaa myös valittujen sähkökäyttöjen ohjauksen toteuttamista.

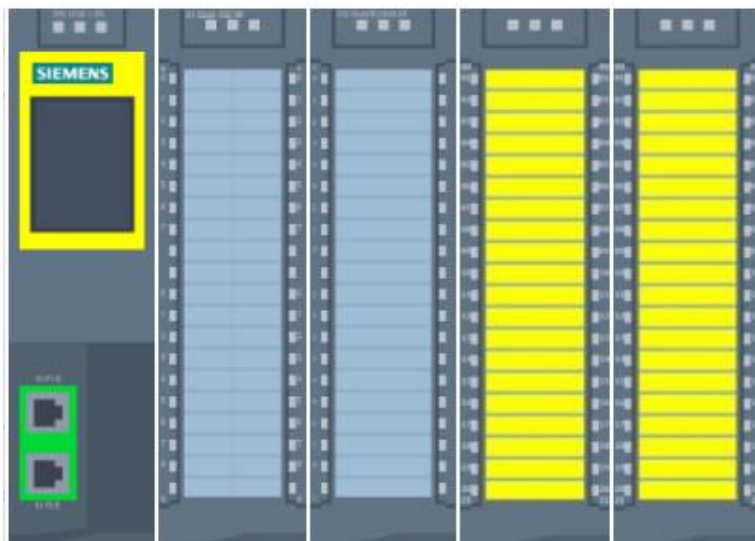
Logiikkaohjausratkaisun suunnittelun lähtökohdaksi asetettiin, että tuleva logiikka voisi olla Siemensin SIMATIC S7-1200 tai 1500-sarjan logiikka. Rauman paperitehtaalla vielä viimeaikaisetkin modernisointiprojektit on toteutettu käyttämällä vanhempia S7-400-sarjan logiikoita. Telahiomakone sopisi kuitenkin hyväksi kohteeksi kokeilla uudemman sarjan logiikkaa, koska kyseessä on yksittäinen kone, joka ei ole yhteydessä muihin koneisiin tai laitteistoihin. Jossakin vaiheessa on joka tapauksessa aloitettava uudemman logiikkasarjan käyttäminen.

SIMATIC S7-1200-sarjan logiikat ovat kompakteja pienten kokonaisuuksien ohjaukseen tarkoitettuja logiikoita. Kyseisen sarjan keskusyksikköihin on jo itsessään integroitu tietty määrä standardituloja ja -lähtöjä, jonka lisäksi sitä voidaan tarpeen vaatiessa laajentaa erilaisilla moduuleilla. SIMATIC S7-1200-sarjan logiikassa vastaan tulevat kuitenkin rajoitetut ominaisuudet valittujen servokäyttöjen ohjauksessa. (Siemens www-sivut 2016)

Valittujen servokäyttöjen ja telahiomakoneessa tarvittavien ominaisuuksien mukaan Siemensin suositukset kohdistuvat SIMATIC S7-1500-sarjan logiikkaan. Kyseinen logiikkasarja sisältää helpommin toteutettavissa olevat ja kattavammat ominaisuudet erilaisten liikkeiden ohjaukseen.

SIMATIC S7-1500-sarja mahdollistaa myös turvatoimintojen toteuttamisen logiikkaohjelmalla. Jokaiselle keskusyksikölle löytyy vastaava Fail Safe-malli, joka yhdistää vakio- ja turvatoiminnot samaan logiikkaan. Kyseiset turvalogiikat on suunniteltu täyttämään turvallisuuden eheyden tason SIL 3 ja suoritustason PLe vaatimukset. Koska turvatoimintojen toteuttaminen on telahiomakoneen turvallistamisen myötä tärkeä osa sen ohjausjärjestelmää, valitaan logiikan keskusyksikkö turvamallina. Tällöin myös erillisten turvareleiden tarve poistuu, jolloin turvallisuuteen liittyvän ohjausjärjestelmän kytkennät ovat yksinkertaisempia ja helpompia toteuttaa. (Siemens www-sivut 2016)

Telahiomakoneen ohjausjärjestelmässä tarvittavien tulojen ja lähtöjen määrä on melko vähäinen, joten logiikkakokoonpanon kokonaisleveydeksi tulee vain 175 mm ja korkeutta sillä on 147 mm.



Kuva 42. Valittu logiikkakokoonpano. (TIA Selection Tool)

Tiedonsiirtotavaksi ohjausjärjestelmään valittiin Profinet-kenttäväylä, joka on jo aikaisemmin koettu hyväksi vaihtoehdoksi Rauman paperitehtaalla. Lisäksi Profinet-

kenttäväylä mahdollistaa Profisafe-tiedonsiirron käyttämisen. Profisafe on koneturvallisuuden standardien ISO 13849-1 ja SFS-EN 62061 vaatimukset täyttävä tiedonsiirtotapa, joka on tarkoitettu turvatoimintoihin liittyvän tiedon siirtämiseen kenttäväylässä. Telahiomakoneen sähkökäytöt voidaan näin ollen liittää turvallisuuteen liittyvään ohjausjärjestelmään Profisafe-tiedonsiirtotapaa käyttämällä. Tämä vähentää esimerkiksi johdotuksen tarvetta huomattavasti, koska kaikki tiedonsiirto tapahtuu samassa Profinet-kenttäväylässä. Kaikki SIMATIC S7-1500-sarjan keskusyksiköt ovat vakiona varustettuja Profinet-kenttäväylän liitännämahdollisuudella. SINAMICS S120-servokäyttöjen ohjainyksiköksi valittiin Profinet-liitännällä varustettu malli ja ACS880-taajuusmuuttajat varustetaan erillisillä Profinet-sovittimilla. (Siemens www-sivut 2016)

Ohjausjärjestelmän käyttöliittymä päätettiin toteuttaa kosketusnäytöllisellä operointipaneelilla, johon voidaan sisällyttää kaikki telahiomakoneen ohjaukseen tarvittavat toiminnot. Operointipaneelilla korvataan kaikki nykyiset painikkeet, merkkilamput, potentiometrit sekä muut ohjauskalusteet. Näin ns. fyysisten komponenttien ja johdotuksen tarve ohjauskeskuksessa vähenee. Operointipaneelilla vähennetään huomattavasti myös logiikan tulo- ja lähtökorteilta varattavan I/O:n määrää, koska kaikki logiikan ja operointipaneelin välinen tiedonsiirto tapahtuu Profinet-kenttäväylän kautta.

Operointipaneeliksi valittiin Siemens SIMATIC HMI TP1500 Comfort paneeli, joka on varustettu 15” kosketusnäytöllä. Operointipaneeli sopii kokonsa puolesta vanhaan ohjauskeskukseen, joten vain ohjauskeskuksen etulevy täytyy uusida. Kosketusnäytöllä varustetun operointipaneelin ansiosta ainoat ohjauskeskukseen jäävät painikkeet ovat hätäpysäytyspainikkeiden lisäksi hätäpysäytyksen kuittauspainike sekä turva-aitojen avaus- ja lukituspainike.

6.3 Apulaitteet

6.3.1 Johteiden voitelujärjestelmä

Hiomakelkan sivuttainen liike tapahtuu kiskoilla, joita kutsutaan johteiksi. Johteet tarvitsevat jatkuvaa voitelua hiomakelkan liikkuessa, jotta kitkan aiheuttama mekaaninen kuluminen minimoitaisiin ja sivuttaisliikkeen moottori kuormittuisi vähemmän. Hiomakelkan sivuttaisliikkeen käynnistymisen ehtona onkin, että johteiden voitelu on käynnissä. Johteiden voitelun päällä olo varmistetaan painekeytkimellä.

Johteiden voitelujärjestelmä sisältää kaksi öljypumppua, kaksi öljysäiliötä, säiliöiden pintakytkimet sekä painekeytkimen. Yksi öljypumpulla varustettu öljysäiliö on sijoitettu johteiden kumpaankin päähän. Voitelujärjestelmän toimintaperiaate on yksinkertainen: toisesta öljysäiliöstä pumpataan öljyä johteille, joita pitkin öljy valuu johteiden toiseen päähän sijoitettuun keruusäiliöön. Keruusäiliöstä öljy pumpataan taas takaisin ensimmäiseen säiliöön.

Johteiden voitelujärjestelmää ei tämän suunnittelumateriaalin perusteella uusita kuin öljysäiliöiden pintarajakytkinten osalta. On kuitenkin suositeltavaa, että voitelujärjestelmät paremmin tunteva henkilö selvittää johteiden voitelujärjestelmän uusinnan tarpeen ennen modernisoinnin toteutusvaihetta.

6.3.2 Tukipyylkä

Telan linjaamiseen käytettävälle tukipyylkän sähkömoottorille ei nähdä välttämätöntä uusinnan tarvetta. Tukipyylkän sähkömoottoria ohjataan suoraikäyttöisesti kontakteilla eikä sen toiminnassa ole ilmennyt ongelmia. Kyseistä sähkömoottoria käytetään verrattain vähän ja sen kuormitus on vaihteen ansiosta erittäin pieni, joten sillä voidaan olettaa olevan vielä runsaasti käyttötunteja edessään. Tukipyylkän liikkeen tarkkaa ohjaamista vaikeuttavat lähinnä välykset tukipyylkän mekaniikassa.

6.3.3 Lineaarianturi

Telan linjauksen tarkastamiseen käytettävää lineaarianturia ja sen näyttöyksikköä ei ole tarpeellista uusia modernisoinnin yhteydessä. Lineaarianturiin liittyviä muutoksia tehdään vain siltä osin, että näyttöyksikön paikka vaihdetaan ohjauskeskukseen. Näyttöyksikön uusi sijoituspaikka on nähtävissä ohjauskeskuksen layout-kuvassa, joka on esitetty piirikaavioiden yhteydessä (Liite 3).

6.4 Suunnittelun dokumentit

Telahiomakoneen modernisoinnin suunnittelusta koottiin kattavat dokumentit modernisoinnin toteutusvaiheessa hyödynnettäväksi. Logiikkaohjelmien sekä käyttöliittymän tekoa varten telahiomakoneesta tehtiin toiminnankuvaus, jossa esitetään telahiomakoneen toiminta, toimintojen keskeisimmät komponentit sekä ohjausjärjestelmä (Liite 1). Toiminnankuvauksen oheismateriaalina toimivat käyttöliittymästä tehty luonnos (Liite 2) sekä luettelo ohjausjärjestelmän tuloista ja lähdöistä (Liite 4). Lisäksi telahiomakoneen täysin uudistettavasta sähkö- ja ohjausjärjestelmästä piirrettiin piirikaaviot (Liite 3). Telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmään valitut komponentit esitetään osaluettelossa (Liite 5).

7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella vanhan telahiomakoneen modernisointi. Opinnäytetyössä perehdyttiin voimassa oleviin koneturvallisuuden säännöksiin sekä standardeihin. Telahiomakoneen modernisointiin liittyen koneturvallisuudesta tehtiin selvitys, jossa käydään läpi koneturvallisuuden perusteita sekä esitetään telahiomakoneelle suunnitellut turvallistamistoimenpiteet. Opinnäytetyöhön kuului myös telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmän uusien komponenttien valinta sekä modernisoinnin toteutusvaiheessa tarvittavien dokumenttien tekeminen. Tässä opinnäytetyössä syntyneet dokumentit olivat telahiomakoneen toiminnankuvaus, ohjausjärjestelmän käyttöliittymän luonnos, piirikaaviot uudistettavasta sähkö- ja ohjausjärjestelmästä, luettelo ohjausjärjestelmän tuloista ja lähdöistä sekä osaluettelo. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet voidaan katsoa täysin toteutuneiksi.

Opinnäytetyössä tehdystä koneturvallisuuteen liittyvästä selvityksestä voidaan todeta, että käytössä olevien koneiden turvallisuuden on perustuttava koneen riskien arviointiin ja liian suuriksi arvioitujen riskien poistamiseen tai riittävään pienentämiseen. Lopullinen vastuu siitä, kuinka suuria riskejä työpaikan koneissa sallitaan, on työnantajalla. Toisin sanoen, työnantajan on kyettävä arvioimaan, milloin koneessa havaittu riski on niin suuri, että turvallistamistoimenpiteisiin on ryhdyttävä. Koneiden vaaratekijöiden tunnistamisessa, riskien suuruuden arvioinnissa sekä riskien pienentämisessä on suositeltavaa käyttää apuna koneturvallisuuden standardeja, koska niitä soveltamalla voidaan varmistaa, että työturvallisuuslaissa ja käyttöasetuksessa käytössä oleville koneille esitetyt turvallisuusvaatimukset tulevat täytetyiksi. Koneiden riskien arviointia ja toimenpiteitä liian suuriksi arvioitujen riskien poistamiseksi tai riittäväksi pienentämiseksi tulisi suorittaa jatkuvasti osana jokapäiväistä toimintaa. Havaittujen riskien poistaminen tai riittävä pienentäminen on riippumatonta siitä, ollaanko koneelle tekemässä kokonaisvaltaista modernisointia vai ollaanko koneeseen vaihtamassa vain yksittäistä komponenttia. Yksinkertaisesti sanottuna: jos koneessa havaitaan riski ja se arvioidaan liian suureksi, on riski poistettava tai pienennettävä riittävälle tasolle.

Modernisoinnin suunnitteluvaiheessa on olennaista selvittää syntykö modernisoinnin seurauksena täysin uusi kone vai jatkuuko vanhan koneen elinkaari uudistettuna. Telahiomakoneen tapauksessa sen elinkaaren katsotaan jatkuvan modernisoinnin jälkeenkin, joten modernisoinnin suunnittelussa noudatettiin työturvallisuuslaissa ja käyttöasetuksessa käytössä oleville koneille esitettyjä vaatimuksia.

Telahiomakoneen turvallistamisratkaisujen suunnittelu aloitettiin tunnistamalla telahiomakoneen vaaratekijät sekä arvioimalla niistä aiheutuvien riskien suuruus. Kaikki opinnäytetyössä esitetyt turvallistamisratkaisut perusteltiin koneturvallisuuksäännöksiin sekä koneturvallisuuden standardeihin viittaamalla. Turvallistamisratkaisujen suunnitteluun suhtauduttiin hyvin oppikirjamaisella lähestymistavalla ja koneturvallisuuden säännöksiin ja eri standardeihin tutustuttiin tarkasti. On muistettava, että tässä opinnäytetyössä esitetyt turvallistamisratkaisut eivät ole ainoa absoluuttinen totuus, vaan yksi vaihtoehto telahiomakoneen turvallistamisen toteutukselle.

Telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmän uusien komponenttien valintaan sisältyi uusien sähkökäyttöjen mitoittaminen nykyisten sähkökäyttöjen tilalle sekä logiikkaohjauksen suunnittelu nykyisen ohjausjärjestelmän tilalle. Tämän opinnäytetyön perusteella telahiomakoneen sähkö- ja ohjausjärjestelmä tullaan modernisoinnin yhteydessä uusimaan kokonaisuudessaan lukuun ottamatta muutamia yksittäisiä komponentteja, joille ei nähty välttämätöntä uusinnan tarvetta. Suurimmat suunnitellut muutokset ovat telan ja hiomanauhan pyörimisen nykyisten tasavirtakäyttöjen muuttaminen taajuusmuuttajakäyttöiksi sekä releillä toteutetun ohjausjärjestelmän toteuttaminen ohjelmoitavalla logiikalla. Suureksi muutokseksi voidaan katsoa myös nykyisten ohjauskeskukseen sijoitettujen painikkeiden, merkkivalojen, potentiometriensä sekä muiden ohjauskalusteiden korvaaminen kosketusnäyttöllisellä operointipaneelilla.

Telahiomakoneen modernisoinnin seuraavassa vaiheessa voidaan suunnittelun tuloksena syntyneiden dokumenttien perusteella arvioida modernisoinnista syntyvät kustannukset sekä aloittaa mahdollisen tarjouspyyntöaineiston tekeminen.

LÄHTEET

- Siirilä, T. 2008a. Koneturvallisuus: EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. uud. p. Inspecta Koulutus Oy.
- Siirilä, T. 2008b. Koneturvallisuus: EU:n direktiivien ja standardien soveltaminen käytännössä. uud. p. Inspecta Koulutus Oy.
- Siirilä, T. 2009. Koneturvallisuus: Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. uud. p. Inspecta Koulutus Oy.
- Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. 2013. Tampere: Työsuojeluhallinto. Työsuojeluoppaita ja -ohjeita 47.
- Koneturvallisuus: Säädökset ja soveltaminen. 2007. Tampere: Työsuojeluhallinto. Työsuojelujulkaisuja 57.
- Malm, T. & Hämäläinen, V. 2006. Turvallisuustietoinen koneiden ja tuotantolinjojen modernisointiprosessi. Espoo: VTT. VTT Tiedotteita 2359.
- Siirilä, T. & Sundquist, M. 2009. Käyttöasetuksen (403/2008) soveltamisohjeita. Helsinki: Sundcon Oy.
- Sundquist, M. 2010a. Turvallisuusvastuut koneiden modernisoinnissa. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.
- Sundquist, M. 2010b. Ohjelmistotyökalun Sistema käyttö koneiden turvatoimintojen suunnittelussa. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry.
- Sundquist, M. 2011. Suomenkielinen käännös SISTEMA Keittokirja 1. Saksa: IFA.
- Laki eräiden teknisten laitteiden vaatimustenmukaisuudesta. 2004. L 26.11.2004/1016 muutoksineen.
- Valtioneuvoston asetus työvälaineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta. 2008. A 12.6.2008/403.
- Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry:n www-sivut. 2016. Viitattu 5.11.2016. <http://www.metsta.fi/>
- Euchner GmbH www-sivut. 2016. Viitattu 10.12.2016. <http://www.euchner.de/en-us/>
- ABB www-sivut. 2016. Viitattu 14.12.2016. <http://new.abb.com/fi>
- HMK Automation Group www-sivut. 2016. Viitattu 27.12.2016. <http://www.hmkdirect.com/>
- Siemens www-sivut. 2016. Viitattu 23.12.2016. <http://www.siemens.fi/fi/>

SFS-EN ISO 12100:2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arvionti ja riskin pienentäminen. Suomen Standardoimisliitto SFS. 3. p. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN 1034-1:2010. Koneturvallisuus. Paperi- ja paperin jälkikäsittelykoneiden turvallisuusvaatimukset. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS. 2. p. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 13857:2008. Koneturvallisuus. Turvaetäisyydet yläraajojen ja alaraajojen ulottumisen estämiseksi vaaravyöhykkeille. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 13855:2010. Koneturvallisuus. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 14119:2013. Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 16089:2015. Metallintyöstökoneet. Turvallisuus. Kiinteät hiomakoneet. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 13849-1:2015. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet. Suomen Standardoimisliitto SFS. 3. p. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 13849-2:2012. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa 2: Kelpuutus. Suomen Standardoimisliitto SFS. 3. p. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN 62061:2005. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS 5974:2011. Opastusta standardien ISO 13849-1 ja IEC 62061 soveltamiseksi koneen turvallisuuteen liittyvien ohjausjärjestelmien suunnittelussa. Suomen Standardoimisliitto SFS. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN 60204-1:2006. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: yleiset vaatimukset. Suomen Standardoimisliitto SFS. 3. p. Helsinki: SFS ry.

SFS-EN ISO 13850:2015. Koneturvallisuus. Häätäpysäytys. Suunnitteluperiaatteet. Suomen Standardoimisliitto SFS. 3. p. Helsinki: SFS ry.

ABB Tekninen opas nro 7. Sähkökäytön mitoitus. 2001. Helsinki: ABB Oy.

Laiteopas ACS880-01-taajuusmuuttajat. 2015. ABB Oy.

Ohjekirja Sinamics S120 Safety Integrated Function. 2012. Siemens.

Ohjekirja Probability of failure of Safety Integrated functions. 2016. Siemens.

Ohjekirja SIMATIC S7-1500 CPU 1513-F. 2014. Siemens.

Ohjekirja FSO-12 safety functions module. 2016. ABB Oy.

TOIMINNANKUVAUS

TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R

UPM PAPER ENA OY

2016

SISÄLLYS

- 1 JOHDANTO
- 2 TELAHIOMAKONEEN YLEISKUVAUS
- 3 TOIMINNOT
 - 3.1 Telan pyöritys
 - 3.2 Hiomanauhan pyöritys
 - 3.3 Z-akseli
 - 3.4 U-akseli
 - 3.5 Hiomalaitteen sisäänsyöttö
 - 3.6 Tukipytkä
 - 3.7 Johteiden voitelu
 - 3.8 Turvarajakytkinten toiminta
 - 3.9 Hätä-seis-piiri
- 4 KÄYTTÖLIITTYMÄN TUNNUKSET

1 JOHDANTO

Tässä dokumentissa esitetään SAFOP Leonard-40/R telahiomakoneen toiminta, toimintojen keskeisimmät komponentit sekä ohjausjärjestelmä. Dokumentti on tarkoitettu ohjemateriaaliksi logiikkaohjelmien sekä käyttöliittymän tekijälle telahiomakoneen modernisoinnin toteutusvaiheessa.

Toiminnankuvauksessa sähkö- ja ohjausjärjestelmän komponenteista on käytetty yleisiä nimityksiä ja niihin on viitattu käyttämällä osaluettelossa ja piirikaavioissa käytettyjä laitetunnuksia. Käyttöliittymän toimintoihin viitataan käyttöliittymän luonnoksessa käytetyillä tunnuksilla. Toiminnankuvauksessa laitetunnukset ja symbolit erotellaan sulkein [] ja käyttöliittymän toiminnot sulkein { }.

Toiminnankuvauksen liitteenä toimitettavat dokumentit:

- Osaluettelo
- I/O-luettelo
- Piirikaaviot
- Luonnos käyttöliittymästä

2 TELAHIOMAKONEEN YLEISKUVAUS

SAFOP Leonard-40/R telahiomakone on paperitehtaan superkalantereilla käytettävien kuitutelojen hiontaan käytettävä työstökone. Sen on valmistanut italialainen, maailmanlaajuisesti tunnettu, työstökoneisiin erikoistunut yritys SAFOP S.P.A. Telahiomakoneen valmistusvuosi on 1986 ja se on siitä lähtien toiminut Rauman paperitehtaalla telahuollon verstastiloissa.

Telahiomakone on toimintaperiaatteeltaan kuin iso sorvi. Erona perinteiseen sorviin on kuitenkin se, että kappaleen työstäminen toteutetaan hiomanauhalla. Sen pääkomponentteja ovat työstettävän telan suuntaisesti liikkuva hiomakelkka, hiomalaite sekä karalaatikko. Telahiomakoneen toiminnot rakentuvat viiden sähkökäytön ympärille, joiden ohjauksen määrittelee telahiomakoneen käyttäjä. Telahiomakoneen ohjausjärjestelmä sisältää manuaalisesti ohjattavien toimintojen lisäksi myös automaattisia toimintoja.

Telahiomakoneella on kokonaisleveyttä lähes 15 metriä. Työstettävien kuitutelojen vaipan, eli telan pinnoitetun osuuden, pituus on 9620 mm ja niiden kokonaispituus päästä päähän on 10900 mm. Työstettävien kuitutelojen halkaisija vaihtelee 630 mm ja 765 mm välillä ja ne painavat 17000 kg.

Leonard-40/R telahiomakone on toiminnaltaan melko yksinkertainen telahiomakone, koska työstettävän telan mittaukset hoidetaan käsin käyttäjän toimesta ja telalle halutun profiilin eli bombeerauksen säätö tapahtuu mekaanisesti käsin säädettävällä epäkeskopyörällä.

Yksinkertaistettuna telan hionta tapahtuu seuraavasti:

Hionta aloitetaan nostamalla työstettävä tela siltanosturilla telahiomakoneen tukipylkille, jonka jälkeen telan toinen pää kiinnitetään karalaatikon kardaaniakseliin. Kiinnittämisen jälkeen tela on linjattava telahiomakoneen rungon suuntaiseksi, jotta hionnan lopputuloksena saavutettaisiin molemmista päistään yhtä paksu tela.

Käyttäjä määrittelee mikrometrillä tekemiensä mittausten ja silmämääräisen arvioinnin perusteella, kuinka paljon telan pinnasta hiotaan pois. Arvioinnin jälkeen käyttäjä asettelee telahiomakoneelle telan pinnasta pois hiottavan määrän. Hiottava määrä ei perustu mittayksiköihin, vaan hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin ottamien kierrosten määrään. Käyttäjät osaavat kokemuksen perusteella määrittellä, kuinka paljon telan pinnasta hioutuu pois sisäänsyötön eri tavoitearvoilla.

Käyttäjä asettelee halutut arvot telan pyörimisnopeudelle, sivuttain liikkuvan hiomakelkan nopeudelle sekä hiomanauhan pyörimisnopeudelle. Hiottavaa telaa pyöritetään käyttäjän asettelemalla nopeudella tavallisesti hiomanauhan pyörimissuunnan vastaisesti. Hionta tapahtuu telan suuntaisesti sivuttain liikkuvassa hiomakelkassa olevalla hiomalaitteella, jossa hiomanauha pyörii. Kun käyttäjä on asetellut halutut nopeudet ja käynnistänyt hionnan, hionta tapahtuu automaattisesti. Hiomakelkka liikkuu telan suuntaisesti sivulta toiselle hiomalaitteen ohjautuessa telaa kohti aina vähän kerrallaan.

Hionnan valmistuttua käyttäjä suorittaa telalle tarkistusmittaukset sekä arvioi tarvitseeko hiontaa jatkaa tai korjata. Hionnan lopputulos riippuu yleensä linjauksen onnistumisesta, käytettävästä hiomanauhasta sekä käyttäjän asettelemista nopeuksien ohjearvoista ja sisäänsyötön tavoitearvosta.

Aseteltavat nopeuden ohjearvot telan pyörimykselle, hiomakelkan sivuttaisliikkeelle sekä hiomanauhalle ovat tapauskohtaisia ja riippuvat käyttäjän tekemästä arvioinnista hiottavalle telalle. Käytettävän hiomanauhan karkeus valitaan sen mukaan, kuinka paljon telan pinnasta halutaan hiottavan tai onko kyseessä pinnan viimeistely. Kyseisellä telahiomakoneella käytetään pääasiassa kahta eri karkeuksista hiomanauhaa.

3 TOIMINNOT

Telan ja hiomanauhan pyörityksen käytöt toteutetaan taajuusmuuttajaohjatuilla oikosulkumoottoreilla. Taajuusmuuttajina toimivat ABB ACS880 -sarjan taajuusmuuttajat. Hiomakelkan liikkeet sekä hionnan sisäänsyöttö toteutetaan Siemens Sinamics S120 -sarjan ohjainyksiköllä, moottorimoduuleilla sekä servomoottoreilla.

Ohjausjärjestelmä toteutetaan Siemens SIMATIC S7-1500F -sarjan ohjelmoitavalla logiikalla, jonka ohjaus tapahtuu Siemens Simatic HMI Comfort operointipaneeliin luodun käyttöliittymän välityksellä. Tiedonsiirtoon ohjausjärjestelmän, operointipaneelin ja sähkökäyttöjen välillä käytetään Profinet/Profisafe -kenttäväylää. Kaikki ohjausjärjestelmän tiedonsiirto tapahtuu logiikan keskusyksikön kautta.

3.1 Telan pyöritys

Telan pyöritys toteutetaan taajuusmuuttajan [U1] ohjaamalla oikosulkumoottorilla [M1]. Taajuusmuuttaja on varustettu turvatoimintomoduulilla sekä Profinet-sovittimella.

Telan pyöritystä ohjataan manuaalisesti kolmella käyttöliittymän painikkeella. Telan pyöritys voidaan ohjata myötäpäivään painikkeella {T_MYÖ}, vastapäivään painikkeella {T_VAST} ja seis painikkeella {T_SEIS}. Telan pyöritys jää käyntiin painamalla kerran halutun suunnan painiketta. Telan pyöritys käy, kunnes painetaan seispainiketta {T_SEIS} tai jokin turvatoiminnoista estää pyörityksen. Telan pyöriessä myötä- tai vastapäivään osoitetaan moottorin käyntitieto kyseisen suunnan painikkeessa. Telan pyörityksen suuntaa voidaan muuttaa vain silloin kun pyöritys on seis.

Telan pyörimisnopeuden ohjearvo annetaan käyttöliittymän ikkunassa {T_OHJE}. Telan pyörimisnopeuden ohjearvo voidaan asettaa ikkunaan 10 - 100 rpm yhden kierroksen tarkkuudella. Telan pyörimisnopeuden ohjearvolle on kolme muistipaikkaa, joihin käyttäjän asettelemat ohjearvot tallennetaan. Käytettävän muistipaikan valinta tapahtuu käyttöliittymän painikkeilla {T_O1}, {T_O2} ja {T_O3}. Telan

pyörimisnopeuden ohjearvon muuttaminen sallitaan aina. Moottorin [M1] vaihdelaatikon välityssuhde otetaan huomioon logiikkaohjelmassa telan pyörimisnopeuden (rpm) ohjearvon skaalaamisessa taajuusmuuttajan [U1] nopeusohjetta (rpm) vastaavaksi. Vaihdelaatikon välityssuhde on 11.2.

Telan todellinen pyörimisnopeus näytetään käyttöliittymän ikkunassa {T_RPM}. Moottorin [M1] vaihdelaatikon välityssuhde otetaan huomioon logiikkaohjelmassa taajuusmuuttajan [U1] antaman nopeustiedon (rpm) skaalaamisessa telan pyörimisnopeutta (rpm) vastaavaksi. Vaihdelaatikon välityssuhde on 11.2.

Telan pyöritystä voidaan ohjata myötä- ja vastapäivään myös askellustoiminnolla käyttöliittymästä sekä erillisellä kytkimellä. Askellustoiminnolla tela pyörii turvaliseksi määritetyllä alennetulla nopeudella. Alennetulla nopeudella telan pyörimisnopeus on 6 rpm. Tällöin moottorin [M1] pyörimisnopeus on enintään 67,2 rpm. Alennettu nopeus toteutetaan taajuusmuuttajan [U1] turvatoimintomoduulin Safely Limited Speed -toiminnolla. Käyttöliittymässä askellustoiminto voidaan valita painikkeella {T_AN}, jonka jälkeen ohjaus tapahtuu myötäpäivään painikkeesta {T_MYÖ} tai vastapäivään painikkeesta {T_VAST}. Kun askellustoiminto on valittuna, tela pyörii vain halutun suunnan painiketta painettaessa ja pysähtyy heti painikkeesta irrotettaessa. Erillisellä kytkimellä [S3] ohjattaessa tela pyörii, kun kytkintä käännetään ja pysähtyy heti kun kytkin palautuu keskiasentoon siitä irrotettaessa. Askellustoiminto voidaan ottaa käyttöön ainoastaan silloin kun telan pyöritys on seis.

Telan pyöritys sallitaan vain alennetulla nopeudella seuraavissa tilanteissa:

- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS1] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS2] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS3] turvatilatiedon puuttuessa

Hätä-seis-piirin [ESTOP] toimiessa telan pyöritys pysäytetään taajuusmuuttajan [U1] turvatoimintomoduulin Safe Stop 1 -toiminnolla ja sen käynnistyminen estetään taajuusmuuttajan [U1] Safe Torque Off -toiminnolla.

3.2 Hiomanauhan pyöritys

Hiomanauhan pyöritys toteutetaan taajuusmuuttajan [U2] ohjaamalla oikosulkumoottorilla [M2]. Taajuusmuuttaja on varustettu turvatoimintomoduulilla sekä Profinet-sovittimella.

Hiomanauhan pyöritystä ohjataan manuaalisesti kahdella käyttöliittymän painikkeella. Hiomanauhan pyöritys voidaan ohjata käyntiin painikkeella {HL_KÄY} ja seis painikkeella {HL_SEIS}. Hiomanauhan pyöritys jää käyntiin painamalla kerran käyntiin painiketta. Hiomanauhan pyöritys käy kunnes painetaan painiketta {HL_SEIS} tai jokin turvatoiminnoista estää pyörityksen. Hiomanauhan pyörityksen moottorin käyntitieto osoitetaan painikkeessa {HL_KÄY}.

Hiomanauhan pyörimisnopeuden ohjearvo annetaan käyttöliittymän ikkunassa {HL_OHJE}. Nopeuden ohjearvo voidaan asettaa välillä 500 - 1000 rpm yhden kierroksen tarkkuudella.

Taajuusmuuttajalta [U2] saatava nopeustieto (rpm) näytetään käyttöliittymän ikkunassa {HL_RPM}. Taajuusmuuttajalta [U2] saatava virtatieto (A) näytetään käyttöliittymän ikkunassa {HL_A}.

Hiomanauhan pyöritys pysäytetään automaattisesti seuraavissa tilanteissa:

- Telan pyörityksen taajuusmuuttajan [U1] häiriö
- Hiomanauhan pyörityksen taajuusmuuttajan [U2] häiriö
- Hiomanauha poikki -tieto optiselta anturilta [B1]
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] toiminta

Hätä-seis-piirin [ESTOP] toimiessa pysähtyminen toteutetaan taajuusmuuttajan [U2] turvatoimintomoduulin Safe Stop 1 -toiminnolla.

Hiomanauhan pyörityksen käynnistyminen estetään taajuusmuuttajan [U2] Safe Torque Off -toiminnolla seuraavissa tilanteissa:

- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS1] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS2] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS3] turvatilatiedon puuttuessa
- Turvarajakytkimen [SS4] turvatilatiedon puuttuessa
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] ollessa aktiivisena

3.3 Z-akseli

Hiomakelkan sivuttaisliike eli Z-akselin liike toteutetaan ohjainyksikön [CU1] ohjaamalla moottorimoduulilla [MM1] ja servomoottorilla [M3]. Lisäksi ohjainyksikkö [CU1] ohjaa servokäyttöjen tehomodulia [SLM1].

Z-akselin liikkeen ohjaus tapahtuu käyttöliittymässä kolmella painikkeella sekä manuaali- ja automaattitilan määrittävillä painikkeilla. Z-akselin liike voidaan ohjata vasemmalle painikkeella {Z_VAS}, oikealle painikkeella {Z_OIK} ja seis painikkeella {Z_SEIS}. Moottorin käyntitieto osoitetaan kyseessä olevan suunnan painikkeessa. Manuaalitila voidaan valita painikkeella {Z_MAN} ja automaattitila painikkeella {Z_AUTO}.

Z-akselin nopeuden ohjearvo annetaan käyttöliittymän ikkunassa {Z_OHJE}. Nopeuden ohjearvo voidaan asettaa välillä 1000 - 5000 mm/min yhden millimetrin tarkkuudella. Z-akselin nopeuden ohjearvolle on kolme muistipaikkaa, joihin käyttäjän asettelemat ohjearvot tallennetaan. Käytettävän muistipaikan valinta tapahtuu käyttöliittymän painikkeilla {Z_O1}, {Z_O2} ja {Z_O3}. Nopeuden ohjearvon muuttaminen on mahdollista myös liikkeen ollessa käynnissä sekä manuaali- että automaattitilassa. Käyttöliittymässä annettu nopeusohje skaalataan logiikkaohjelmassa servomoottorin [M3] nopeusohjetta vastaavaksi. Skaalaus tapahtuu jakamalla käyttöliittymässä annettu ohjearvo (mm/min) luvulla 3.04, jolloin saadaan moottorille annettava nopeusohje (rpm).

Z-akselin todellinen nopeus näytetään käyttöliittymän ikkunassa {Z_NOP}. Servomoottorin [M3] nopeustieto skaalataan logiikkaohjelmassa käyttöliittymässä näytet-

täväksi nopeustiedoksi. Skaalaus tapahtuu kertomalla moottorin nopeustieto (rpm) luvulla 3.04, jolloin saadaan käyttöliittymässä näytettävä nopeustieto (mm/min).

Manuaalitulassa hiomakelkka liikkuu vasemmalle tai oikealle, halutun suunnan painiketta kerran painamalla. Liike jatkuu, kunnes hiomakelkka saavuttaa oikealla pysäyttävän sivurajakytkimen [S101], vasemmalla pysäyttävän sivurajakytkimen [S102] tai painetaan seis-painiketta {Z_SEIS}. Liike pysähtyy myös, jos hiomakelkka saavuttaa pysäytyksen varmistavan rajakytkimen [S103].

Automaattitulassa hiomakelkka liikkuu edestakaisin sivurajakytkimeltä toiselle. Hiomakelkka odottaa sivurajakytkimellä [S101] tai [S102] kunnes hiomalaitteen sisään-syötön servomoottori [M5] on suorittanut liikkeensä. Jos hiomalaitteen sisään-syötön servomoottorilla ei ole suoritettavaa liikettä, hiomakelkka jatkaa sivuttaisliikettään heti. Hiomakelkalle voidaan käyttöliittymässä valita automaattinen pysähtyminen oikealle sivurajakytkimelle painikkeella {Z_ASO} tai vasemmalle sivurajakytkimelle painikkeella {Z_ASV}. Valitsemalla hiomakelkan automaattinen pysähtyminen, hiomakelkka pysähtyy valitulle sivurajakytkimelle, kun hiomalaitteen sisään-syötön tavoitearvo {SS_OHJE1} on saavutettu. Jos hiomakelkan automaattista pysähtymistä sivurajakytkimelle ei ole valittu automaattitulassa, hiomakelkan liike jatkuu sivurajakytkimeltä toiselle, kunnes painetaan seis-painiketta {Z_SEIS} tai tila vaihdetaan manuaalille, jolloin kelkka pysähtyy seuraavalle saavuttamalleen sivurajakytkimelle.

Z-akselin liike vaatii toimiakseen kosketintiedon johteiden voiteluöljyn painekeytkimeltä [B2].

Z-akselin liike pysäytetään ja sen käynnistyminen estetään ohjainyksikön [CU1] ja moottorimoduulin [MM1] Safe Torque Off -toiminnolla seuraavissa tilanteissa:

- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS1] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS2] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS3] turvatilatiedon puuttuessa
- Turvarajakytkimen [SS4] turvatilatiedon puuttuessa
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] ollessa aktiivisena

Moottorin [M3] käyntitiedon nousevasta reunasta annetaan 5 sekunnin pulssi varoitusvalolle [H10].

3.4 U-akseli

Hiomalaitteen eteen ja taakse -liikkeet liike eli U-akselin liike toteutetaan ohjainyksikön [CU1] ohjaamalla moottorimoduulilla [MM2] ja servomoottorilla [M4]. Lisäksi ohjainyksikkö [CU1] ohjaa servokäyttöjen tehomodulia [SLM1].

U-akselin liike voidaan ohjata eteen painikkeesta {U_ETN} ja taakse painikkeesta {U_TKE}. Moottorin käyntitieto osoitetaan ajettavan suunnan painikkeessa.

U-akselin moottorin nopeuden ohjearvo annetaan käyttöliittymän ikkunassa {U_OHJE}. Nopeuden ohjearvo voidaan asettaa välillä 10 - 2000 rpm. U-akselin nopeuden ohjearvolle on kolme muistipaikkaa, joihin käyttäjän asettelemat ohjearvot tallennetaan. Käytettävän muistipaikan valinta tapahtuu käyttöliittymän painikkeilla {U_O1}, {U_O2} ja {U_O3}.

Hiomalaitetta eteenpäin ohjattaessa liike pysähtyy painikkeesta irrotettaessa tai kun hiomalaite saavuttaa eturajakytkimen [S104]. Taaksepäin ohjattaessa hiomalaitteen liike jatkuu, kunnes painiketta painetaan toisen kerran tai hiomalaite saavuttaa takarajakytkimen [S105].

Hiomalaite ohjataan automaattisesti taakse rajakytkimelle [S105] seuraavissa tilanteissa:

- Telan pyöriksen taajuusmuuttajan [U1] häiriö
- Hiomanauhan pyöriksen taajuusmuuttajan [U2] häiriö
- Hiomanauha poikki -tieto optiselta anturilta [B1]
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] toiminta

Automaattinen ohjaustoiminto toteutetaan ohjainyksikön [CU1] ja moottorimoduulin [MM2] Safe Direction -toiminnolla. Automaattisen ohjaustoiminnon toteuduttua hä-

tä-seis-piirin aiheuttamana, U-akselin liikkeen käynnistyminen estetään Safe Torque Off -toiminnolla.

U-akselin liike pysäytetään ja sen käynnistyminen estetään ohjainyksikön [CU1] ja moottorimoduulin [MM2] Safe Torque Off -toiminnolla seuraavissa tilanteissa:

- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS1] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS2] turvatilatiedon puuttuessa
- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS3] turvatilatiedon puuttuessa
- Turvarajakytkimen [SS4] turvatilatiedon puuttuessa
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] ollessa aktiivisena

3.5 Hiomalaitteen sisäänkytö

Hiomalaitteen sisäänkytö toteutetaan ohjainyksikön [CU1] ohjaamalla moottorimoduulilla [MM3] ja servomoottorilla [M5].

Hiomalaitteen sisäänkytötä voidaan ohjata manuaali- tai automaattitilassa. Hiomalaitteen sisäänkytön ohjaus tapahtuu käyttöliittymässä manuaali- ja automaattitilan määrittävillä painikkeilla sekä manuaaltilassa käytettävillä suuntapainikkeilla. Manuaaltila voidaan valita painikkeella {SS_MAN} ja automaattitila painikkeella {SS_AUTO}. Manuaaltilassa hiomalaitteen sisäänkytötä voidaan ohjata sisäänpäin painikkeella {SS_ETN} tai ulospäin painikkeella {SS_TKE}.

Hiomalaitteen sisäänkytön moottorin käyntitieto osoitetaan suuntapainikkeissa kyseessä olevan suunnan perusteella.

Hiomalaitteen sisäänkytön servomoottorille [M5] annettava nopeusohje on aina 60 rpm.

Hiomalaitteen sisäänkytötä sisäänpäin ajettaessa liike pysähtyy painikkeesta irrotettaessa tai kun hiomalaite saavuttaa sisäänkytön ylärajakytkimen [S106]. Ylärajakytkimeltä [S106] voidaan hiomalaitteen sisäänkytötä ajaa vain ulospäin. Hiomalait-

teen sisäänsyöttöä ulospäin ajettaessa liike jatkuu, kunnes painiketta painetaan toisen kerran tai hiomalaitte saavuttaa sisäänsyötön alarajakytkimen [S107]. Alarajakytkimeltä [S107] voidaan hiomalaitteen sisäänsyöttöä ajaa vain sisäänpäin.

Automaattitilan ollessa valittuna, sisäänsyötön ohjaus käyttää kahta käyttöliittymässä annettavaa ohjearvoa. Ohjearvo {SS_OHJE1} määrittelee hiomalaitteen sisäänsyötön tavoitteen. Sisäänsyötön tavoitteella tarkoitetaan hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin [M5] toteuttamien kierrosten yhteenlaskettua määrää. Ohjearvo {SS_OHJE1} voidaan antaa yhden kierroksen tarkkuudella lukuina 1 - 100. Ohjearvolla {SS_OHJE2} määritellään hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin [M5] toteuttamat kierrokset yhtä hiomakelkan sivuttaista liikettä kohti. Automaattitilassa hiomalaitteen sisäänsyöttö tapahtuu hiomakelkan ollessa sivurajalla [S101] tai [S102]. Tällöin hiomalaitteen sisäänsyötön moottori toteuttaa ohjearvolla {SS_OHJE2} määritetyt kierros määrän. Ohjearvo {SS_OHJE2} voidaan antaa ½ kierroksen tarkkuudella lukuina 0.5 - 10. Hiomalaitteen sisäänsyöttöä jatketaan sivurajoilla niin kauan kunnes sisäänsyötön ohjearvo {SS_OHJE1} on saavutettu tai hiomalaitte saavuttaa sisäänsyötön ylärajakytkimen [S106]. Automaattitilassa hiomalaitteen sisäänsyötön moottorin toteuttamat kierrokset näytetään käyttöliittymän ikkunassa {SS_TOT}.

Hiomalaitteen sisäänsyöttö pysäytetään ja sen käynnistyminen estetään ohjainyksikön [CU1] ja moottorimoduulin [MM3] Safe Torque Off -toiminnolla seuraavissa tilanteissa:

- Turva-aidan turvarajakytkimen [SS3] turvatilatiedon puuttuessa
- Turvarajakytkimen [SS4] turvatilatiedon puuttuessa
- Hätä-seis-piirin [ESTOP] ollessa aktiivisena

3.6 Tukipyylkkä

Tukipyylkän eteen ja taakse -liikkeet toteutetaan kontaktoreilla [K601] ja [K602] ohjattavalla moottorilla [M6]. Suunta eteenpäin toteutetaan kontaktorilla [K601] ja suunta taaksepäin kontaktorilla [K602].

Tukipylykkää ohjataan manuaalisesti eteen ja taakse kahdella käyttöliittymän painikkeella. Tukipylykkä voidaan ohjata eteenpäin painikkeella {TP_ETN} ja taaksepäin painikkeella {TP_TKE}. Tukipylylän liike pysähtyy käytettävästä painikkeesta irrotettaessa tai kun liike saavuttaa eturajakytkimen [S111] tai takarajakytkimen [S112]. Tukipylylän moottorin käyntitieto osoitetaan painikkeissa kyseessä olevan suunnan perusteella.

Tukipylylän ohjaus pysäytetään ja estetään seuraavissa tilanteissa:

- Taajuusmuuttajan [U1] käyntitieto
- Taajuusmuuttajan [U2] käyntitieto
- Moottorimoduulin [MM1], [MM2] tai [MM3] käyntitieto
- Häätä-seis-piirin [ESTOP] ollessa aktiivisena

3.7 Johteiden voitelu

Johteiden voitelu toteutetaan kontaktorin [K700] ohjaamalla johteiden voitelupumpulla [M7] ja kontaktorin [K800] ohjaamalla voiteluöljyn paluupumpulla [M8].

Johteiden voitelu ohjataan käyntiin ja seis manuaalisesti käyttöliittymän painikkeella {V_ON/OFF}. Voitelupumppu [M7] käynnistyy painiketta painamalla ja pysähtyy kun painiketta painetaan toisen kerran. Voitelupumpun [M7] käyntitieto osoitetaan painikkeessa.

Jos riittävän öljymäärän varmistava pintavahti [B4] ei anna kosketintietoa, voitelupumppua [M7] ei voida käynnistää. Voitelupumppu [M7] ei pysähdy, jos pintavahdin [B4] kosketintieto poistuu voitelupumpun [M7] käydessä.

Paluupumppu [M8] käynnistyy, jos voitelupumppu [M7] käy ja pintavahti [B3] antaa kosketintiedon. Paluupumppu [M8] pysähtyy, jos voitelupumppu [M7] ei käy tai pintavahti [B3] ei anna kosketintietoa.

3.8 Turvarajakytkinten toiminta

Turvarajakytkimet [SS1], [SS2] ja [SS3] antavat turvatilatiedot, kun ne ovat lukittuina. Turvarajakytkimet lukittuvat, kun lukitusolenoidien [SL1], [SL2] ja [SL3] jännitteensyöttö katkaistaan.

Turvarajakytkimet voidaan lukita painonapilla [S11], jos turvarajakytkinten monitoritiedot [OD1], [OD2] ja [OD3] ovat päällä.

Turvarajakytkinten lukitus voidaan poistaa painonapilla [S12] seuraavien ehtojen toteutuessa:

- Ei taajuusmuuttajan [U1] käyntitietoa
- Ei taajuusmuuttajan [U2] käyntitietoa
- Ei moottorimoduulin [MM1] käyntitietoa
- Ei moottorimoduulin [MM2] käyntitietoa

Turvarajakytkinten ollessa lukittuna palaa merkkivalo [H11]. Turvarajakytkinten lukituksen ollessa poistettuna palaa merkkivalo [H12].

3.9 Hätä-seis-piiri

Seuraavat toiminnot suoritetaan hätä-seis-piirin koskettimen avautuessa:

- Taajuusmuuttaja [U1] turvatoimintomoduuli Safe Stop 1 / Safe Torque Off
- Taajuusmuuttaja [U2] turvatoimintomoduuli Safe Stop 1 / Safe Torque Off
- Servokäytöt [CU1], [MM2] Safe Direction
- Servokäytöt [CU1], [MM1], [MM2], [MM3] Safe Torque Off
- Kontaktorit [K601], [K602] ohjaus estetään
- Merkkivalo [H13] syttyy

Edellä mainitut toiminnot poistuvat, kun hätä-seis-piirin avautunut kosketin on sulkeutunut ja tehdään kuittaus painamalla painonappia [S13].

4 KÄYTTÖLIITTYMÄN TUNNUKSET

T_RPM	Telan pyörimisnopeuden näyttö Näytettävä kokonaisluku 0 - 999.
T_OHJE	Telan pyörimisnopeuden ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä kokonaisluku 10 - 100.
T_N	Telan pyörimisnopeuden asetellun ohjearvon vähentäminen yhdellä yksiköllä
T_P	Telan pyörimisnopeuden asetellun ohjearvon lisääminen yhdellä yksiköllä
T_01	Telan pyörimisnopeuden ohjearvon muistipaikka 1
T_02	Telan pyörimisnopeuden ohjearvon muistipaikka 2
T_03	Telan pyörimisnopeuden ohjearvon muistipaikka 3 Käytössä oleva muistipaikka osoitetaan painikkeessa. Yksi muistipaikoista on valittuna koko ajan.
T_VAST	Telan pyöritys vastapäivään, moottorin käyntitiedon osoitus
T_MYÖ	Telan pyöritys myötäpäivään, moottorin käyntitiedon osoitus
T_SEIS	Telan pyöritys seis
T_AN	Telan askellustoiminto alennetulla nopeudella, valinnan osoitus
HL_RPM	Hiomanauhan pyörimisnopeuden näyttö Näytettävä kokonaisluku 0 - 1000.
HL_A	Taajuusmuuttajan virtatiedon näyttö Näytettävä kokonaisluku 0 - 999.

HL_OHJE	Hiomanauhan pyörimisnopeuden ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä kokonaisluku 500 - 1000.
HL_N	Hiomanauhan pyörimisnopeuden asetellun ohjearvon vähentäminen yhdellä yksiköllä
HL_P	Hiomanauhan pyörimisnopeuden asetellun ohjearvon lisääminen yhdellä yksiköllä
HL_KÄY	Hiomanauhan pyöritys käyntiin, moottorin käyntitiedon osoitus
HL_SEIS	Hiomanauhan pyöritys seis, moottorin käyntitiedon osoitus
Z_AUTO	Z-akseli automaattitilan valinta, valinnan osoitus
Z_MAN	Z-akseli manuaalitilan valinta, valinnan osoitus
Z_NOP	Z-akselin nopeuden näyttö Näytettävä kokonaisluku 0 - 9999.
Z_OHJE	Z-akselin nopeuden ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä kokonaisluku 1000 - 5000.
Z_N	Z-akselin nopeuden asetellun ohjearvon vähentäminen yhdellä yksiköllä
Z_P	Z-akselin nopeuden asetellun ohjearvon lisääminen yhdellä yksiköllä
Z_01	Z-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 1
Z_02	Z-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 2
Z_03	Z-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 3 Käytössä oleva muistipaikka osoitetaan painikkeessa. Yksi muistipaikoista on valittuna koko ajan.
Z_VAS	Z-akseli vasemmalle, moottorin käyntitiedon osoitus
Z_OIK	Z-akseli vasemmalle, moottorin käyntitiedon osoitus

Z_SEIS	Z-akseli seis
Z_ASO	Automaattisen pysähtymisen valinta oikea, valinnan osoitus
Z_ASV	Automaattisen pysähtymisen valinta vasen, valinnan osoitus
U_OHJE	U-akselin nopeuden ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä kokonaisluku 10 - 2000.
U_N	U-akselin nopeuden asetellun ohjearvon vähentäminen yhdellä yksiköllä
U_P	U-akselin nopeuden asetellun ohjearvon lisääminen yhdellä yksiköllä
U_01	U-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 1
U_02	U-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 2
U_03	U-akselin nopeuden ohjearvon muistipaikka 3 Käytössä oleva muistipaikka osoitetaan painikkeessa. Yksi muistipaikoista on valittuna koko ajan.
U_ETN	U-akseli eteenpäin, moottorin käyntitiedon osoitus
U_TKE	U-akseli taaksepäin, moottorin käyntitiedon osoitus
S_AUTO	Sisäänsyötön automaattitilan valinta, valinnan osoitus
SS_MAN	Sisäänsyötön manuaalitilan valinta, valinnan osoitus
SS_OHJE1	Sisäänsyötön tavoitteen ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä kokonaisluku 1 - 100.
SS_OHJE2	Sisäänsyötön määrä kerralla ohjearvon asetteluikkuna Ikkunaa painettaessa avautuu numeronäppäimistö. Mahdollinen syötettävä desimaaliluku 0.5 - 10.
SS_TOT	Toteutuneen sisäänsyötön näyttö

SS_ETN Sisäänsyötön ohjaus sisäänpäin, moottorin käyntitiedon osoitus
SS_TKE Sisäänsyötön ohjaus ulospäin, moottorin käyntitiedon osoitus

TP_ETN Tukipytkän ohjaus eteenpäin, moottorin käyntitiedon osoitus
TP_TKE Tukipytkän ohjaus taaksepäin, moottorin käyntitiedon osoitus

V_ON/OFF Johteiden voitelun ohjaus päälle/pois

HÄLYTYSPALKKI

Hälytykset ja häiriöilmoitukset, jotka näytetään hälytyspalkissa.

Hälytykset poistuvat hälytyspalkista automaattisesti aiheuttajan poistuessa.

”TAAJUUSMUUTTAJA HÄIRIÖ”

- Taajuusmuuttajan [U1] mahdollinen häiriö
- Taajuusmuuttajan [U2] mahdollinen häiriö

”SERVOKÄYTTÖ HÄIRIÖ”

- Ohjainyksikkö [CU1] mahdollinen häiriö
- Tehoyksikkö [SLM1] mahdollinen häiriö
- Moottorimoduuli [MM1], [MM2] tai [MM3] mahdollinen häiriö

”OHJAUSJÄRJESTELMÄ HÄIRIÖ”

- Logiikan [CPU1] mahdollinen häiriö

”HÄTÄ-SEIS”

- Hätä-seis-piiri [ESTOP] aktiivinen

”JOHTEIDEN VOITELUÖLJY VÄHISSÄ”

- Ei kosketintietoa pintavahdilta [B4]

”TARKASTA HIOMANAUHA”

- Tieto optiselta anturilta [B1]

”TURVA-AITA TAI SUOJUS AUKI”

- Ei monitorointitietoja [OD1], [OD2] tai [OD3]
- Ei turvarajakytkimen turvatilatietoa [SS4]

ASKELLUS



AUTOM SEIS



VOITELU



LIITE 2

TELAN PYÖRITYS

RPM

T_RPM

T_N - NOPEUS1 T_01

T_OHJE T_02

T_P + NOPEUS3 T_03

T_VAST

T_SEIS

T_MYÖ

Z-AKSELI

MM/MIN

Z_NOP

Z_N - NOPEUS1 Z_01

Z_OHJE Z_02

Z_P + NOPEUS3 Z_03

Z_VAS

Z_SEIS

Z_OIK

HIOMALAJE

RPM

HL_RPM

HL_N - HL_P +

HL_OHJE

HL_KÄY

HL_SEIS

SISÄÄNSYÖTÖ / KERTA

TOTEUMA

SS_AUTO

A

M

SS_OHJE1

SS_OHJE2

SS_TOT

SS_ETN

SS_TKE

U-AKSELI

U_ETN

U_TKE

U_N - NOPEUS1 U_01

U_OHJE U_02

U_P + NOPEUS3 U_03

TUKIPYLKKÄ

TP_ETN

TP_TKE



Z_AUTO



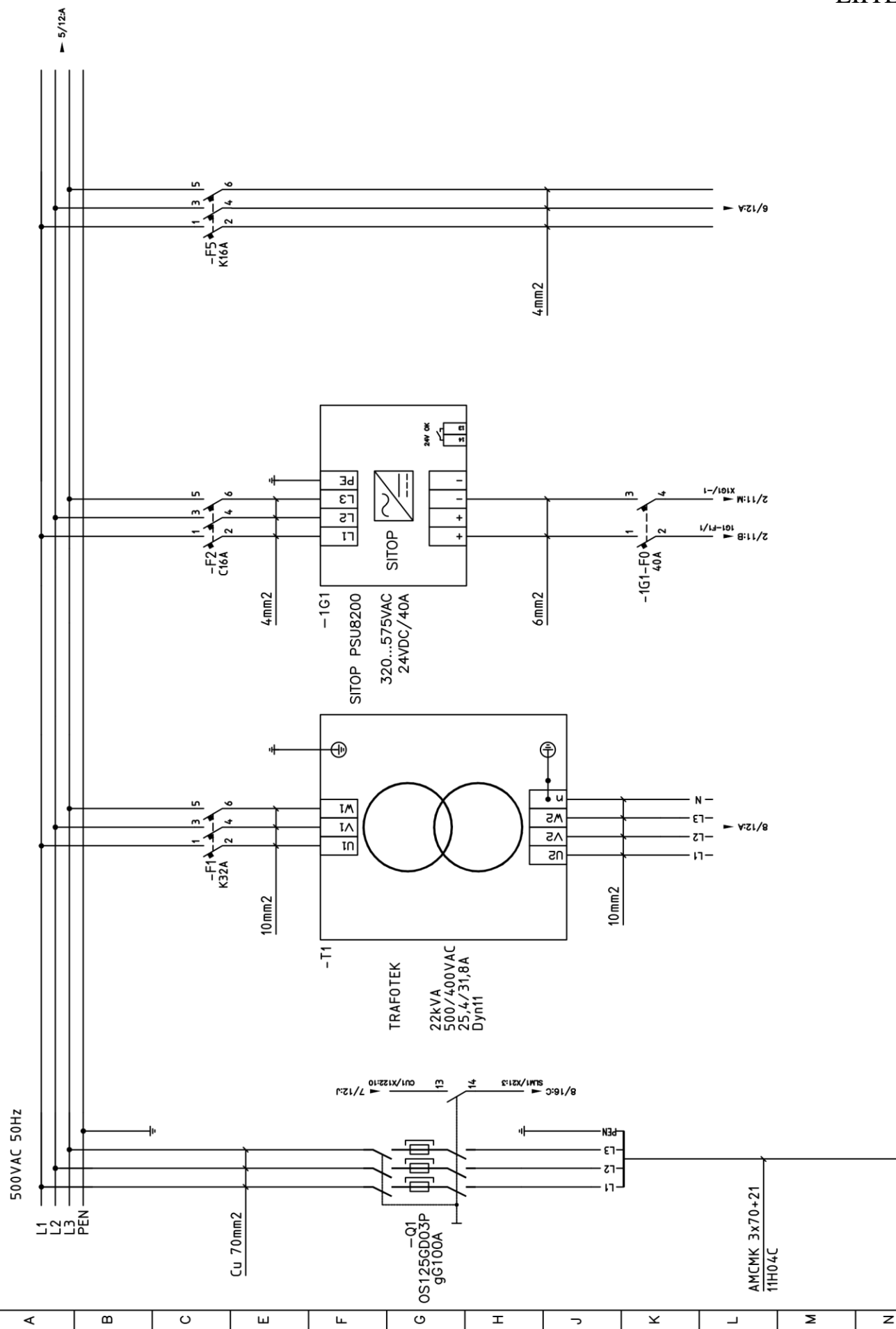
Z_MAN

SS_AUTO



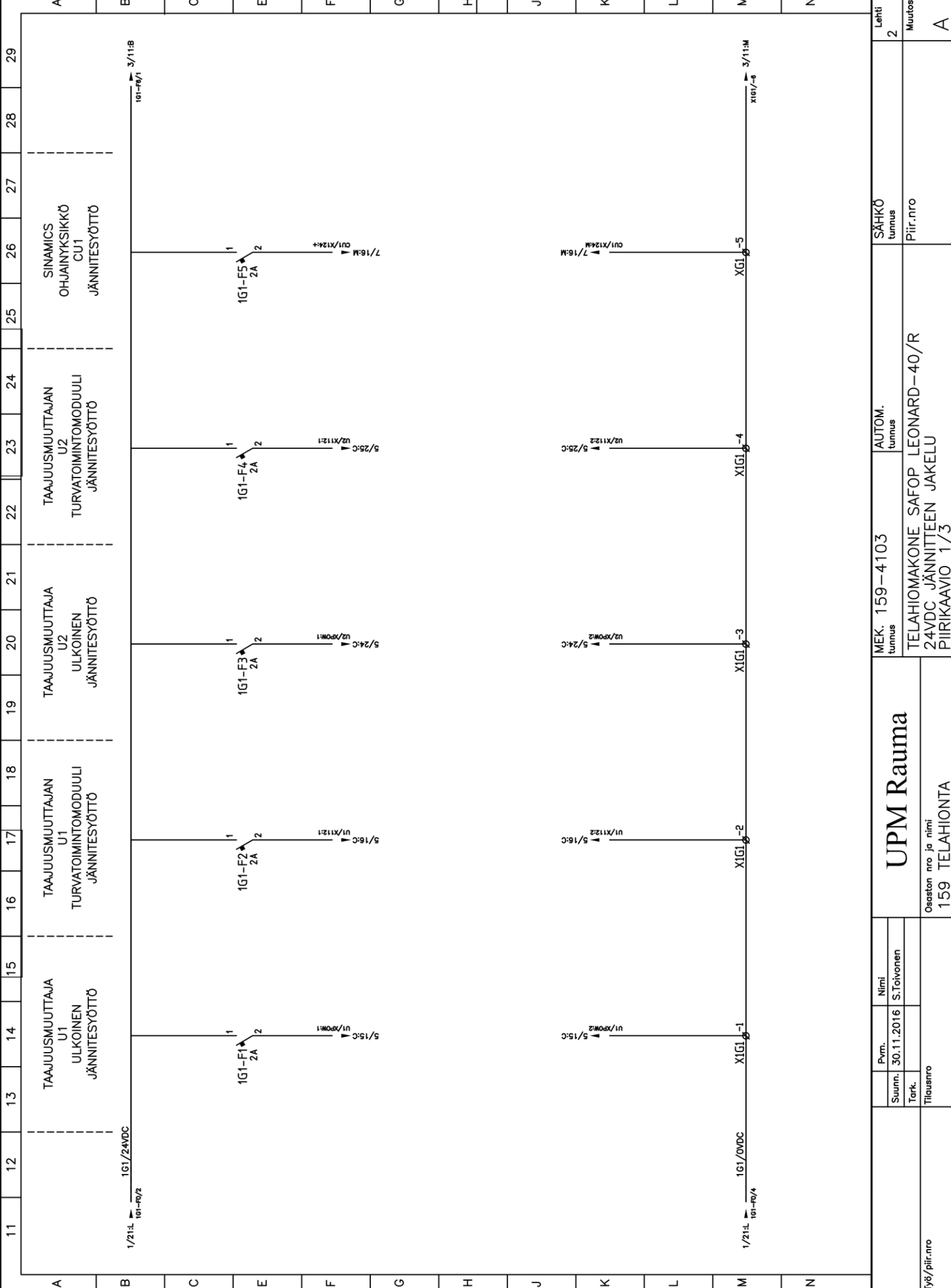
SS_MAN

LIITE 3



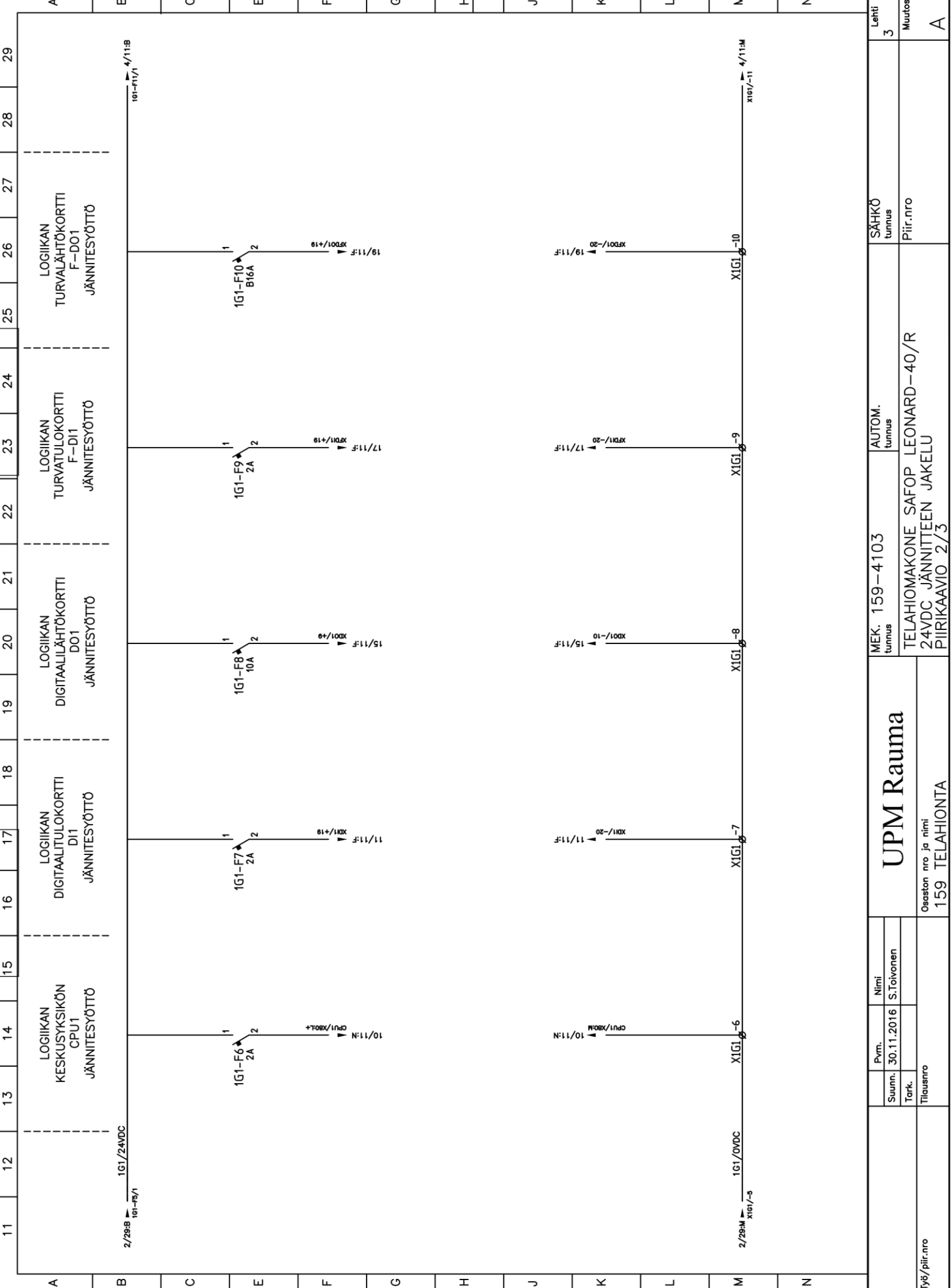
Lehti	1	SÄHKÖ	AUTOM.	MEK. 159-4103	UPM Rauma		Nimi	Suunn.		Pvm.	Nimi	Osaston nro ja nimi		159 TELAHIONTA	
Muutos	A	tunnus	tunnus	tunnus	TELAHIONTAKONE SAFOP LEONARD-40/R		S.Toiivonen	30.11.2016		30.11.2016	S.Toiivonen	159 TELAHIONTA		PIIRIKAAVIO	
		Piir.nro			KESKUKSEN SYÖTTÖ			Tark.				159 TELAHIONTA		PIIRIKAAVIO	
					KESKUKSEN SYÖTTÖ			Tilausnro				159 TELAHIONTA		PIIRIKAAVIO	
					KESKUKSEN SYÖTTÖ			Tilausnro				159 TELAHIONTA		PIIRIKAAVIO	

Muutos A2
 Muutos A3
 Muutos A4
 A5
 A6
 A7
 A8
 A9
 A10



Muutos A2	A5	A7	A9	A10
Muutos A4				

Lehti	2	SÄHKÖ tunnus	MEK. 159-4103 tunnus	AUTOM. tunnus	SÄHKÖ tunnus
Muutos	A	Piir.nro	TELAHIONAKONE SAFOP LEONARD-40/R 24VDC JÄNNITTEEN JAKELU PIIRIKAAVIO 1/3		
Uusi			UPM Rauma		
Työ/piir.nro	Osaon nro ja nimi 159 TELAHIONTA				
	Pvm.	Nimi			
	Suunn.	S.Toiivonen			
	Tark.				
	Tilausnro				



Muutos A2	Muutos A3	Muutos A4
Muutos A5	Muutos A6	Muutos A7
Muutos A8	Muutos A9	Muutos A10

UPM Rauma

MEK: 159-4103

SÄHKÖ tunnus

Lehti 3

AUTOM. tunnus
Piir.nro

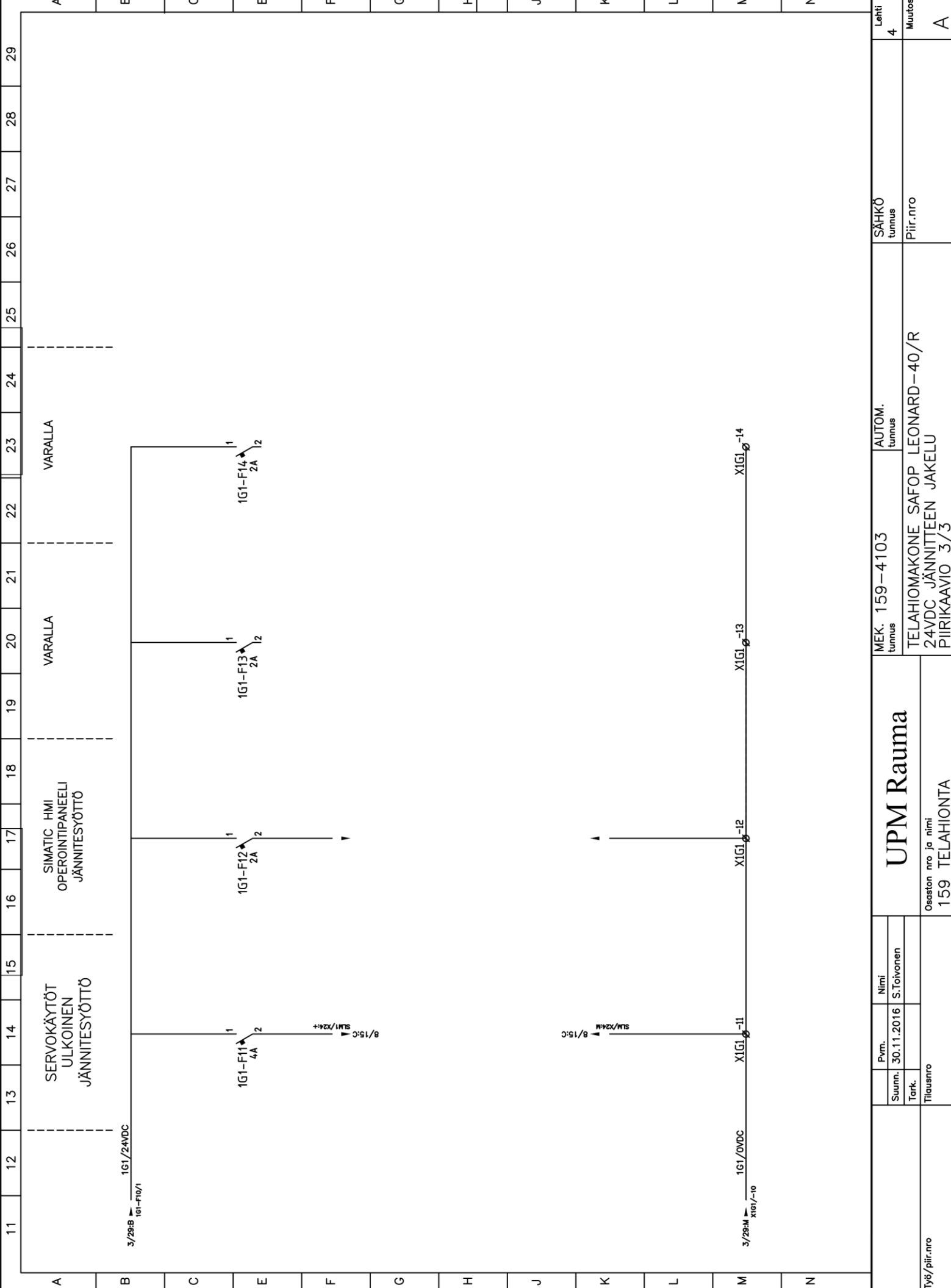
Muutos A

TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R
24VDC JÄNNITTEEN JAKELU
PIIRIKAAVIO 2/3

Muutos A

Osaoston nro ja nimi
159 TELAHIONTA

Tyyppi/piir.nro	Tilauksenro	Tark.	Suunn.	Pvm.	Nimi
			30.11.2016	30.11.2016	S.Toivonen



Muutos A2	
Muutos A3	
Muutos A4	
Muutos A5	
Muutos A6	
Muutos A7	
Muutos A8	
Muutos A9	
Muutos A10	

UPM Rauma

Osoiton nro ja nimi
159 TELAHIONTA

MEK. 159-4103
AUTOM. tunnus

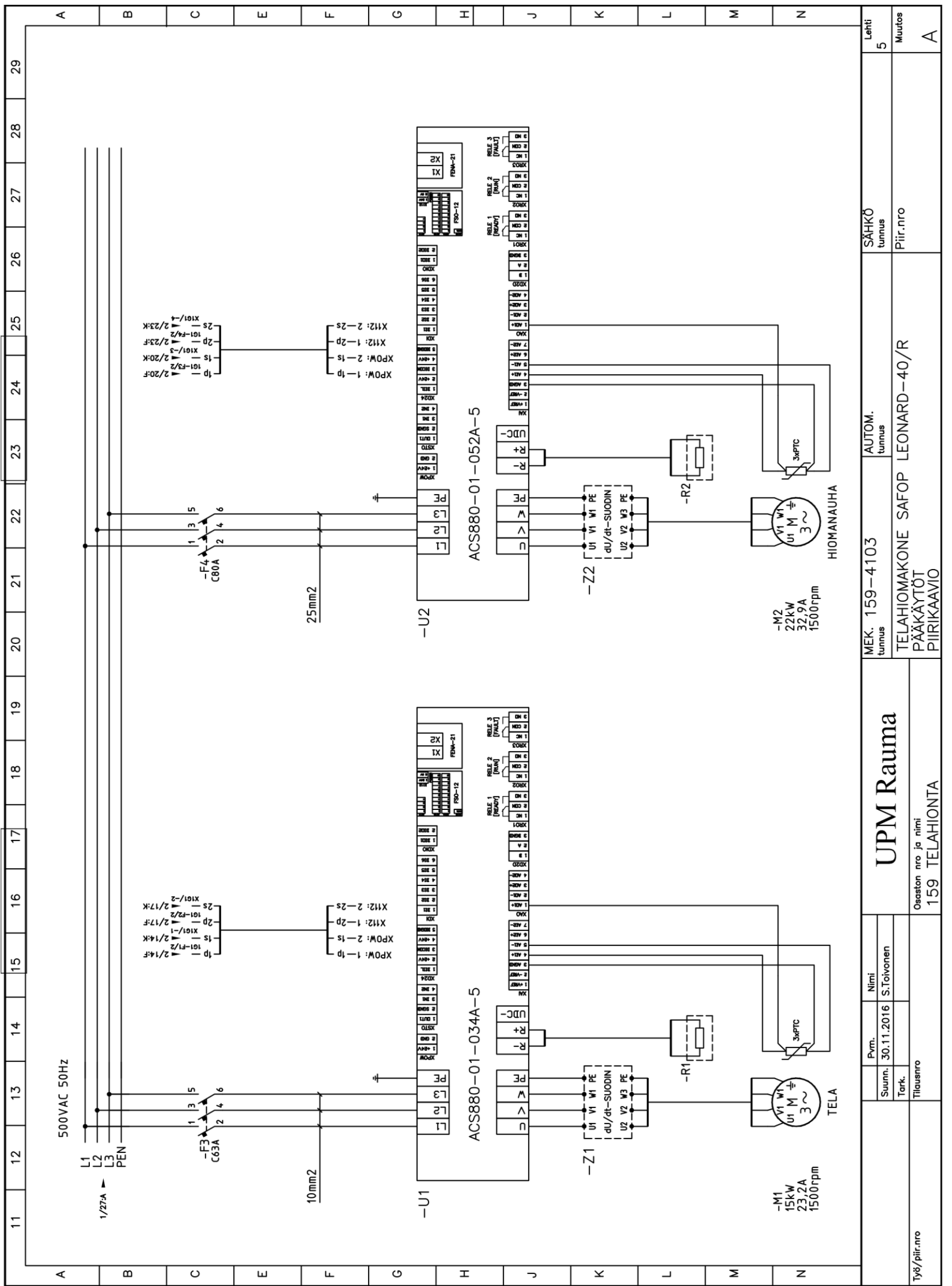
TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R
24VDC JÄNNITTEEN JAKELU
PIIRIKAAVIO 3/3

SÄHKÖ
tunnus

Piir.nro

Lehti
4

Muutos
A



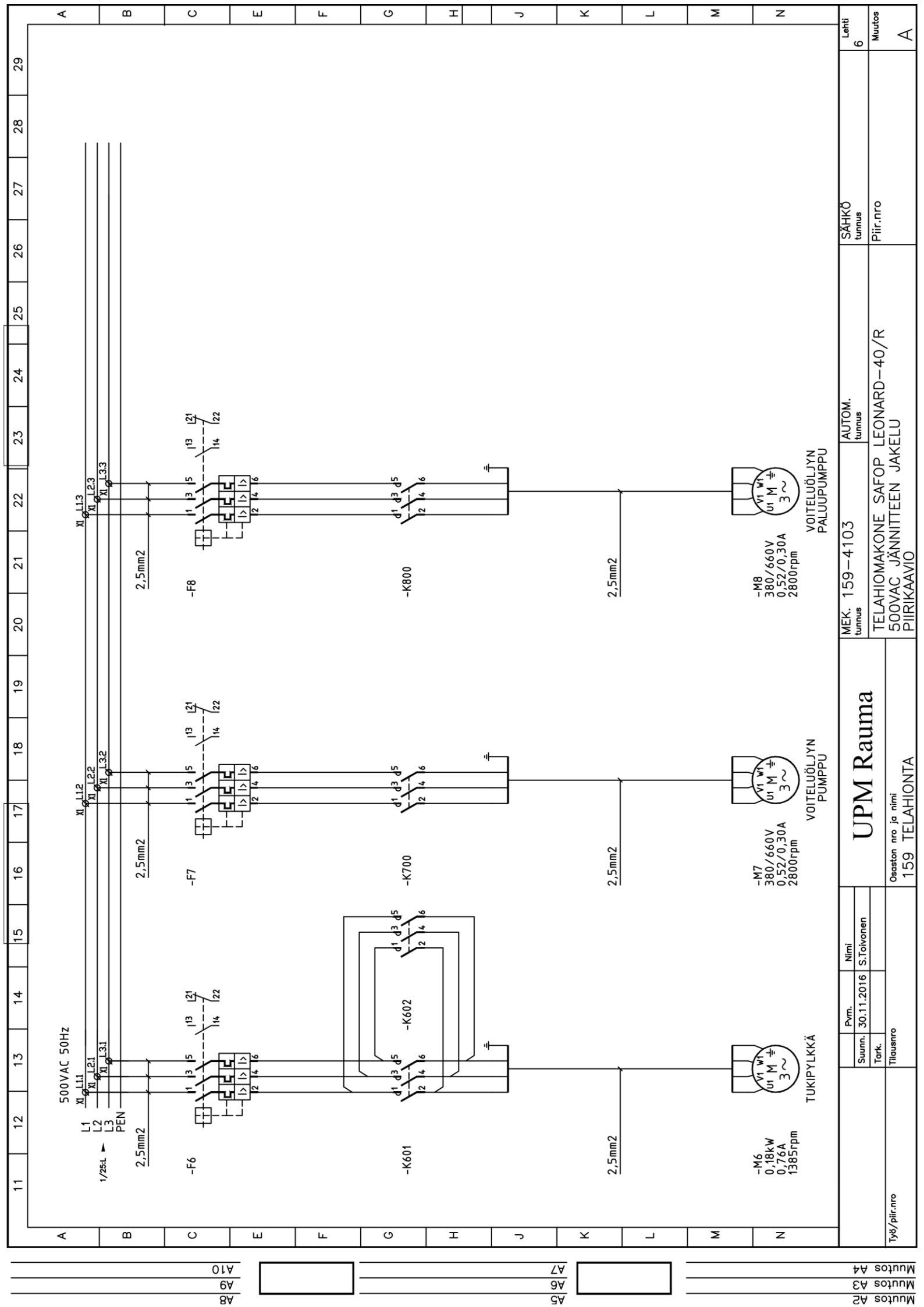
Muutos A2
Muutos A3
Muutos A4
A8
A9
A10

Työ/piiri.nro	Tilauksenro	Tark.	Suunn.	Pvm.	Nimi	UPM Rauma	
			30.11.2016	30.11.2016	S.Toiivonen		
Osaoston nro ja nimi						159 TELAHIONTA	

MEK: 159-4103
AUTOM.
tunnus

LELAHIONMAKONE SAFOP LEONARD-40/R
PÄÄKÄYTTÖ
PIIRIKAAVIO

SÄHKÖ tunnus	Lehti 5
Piiri.nro	Muutos A

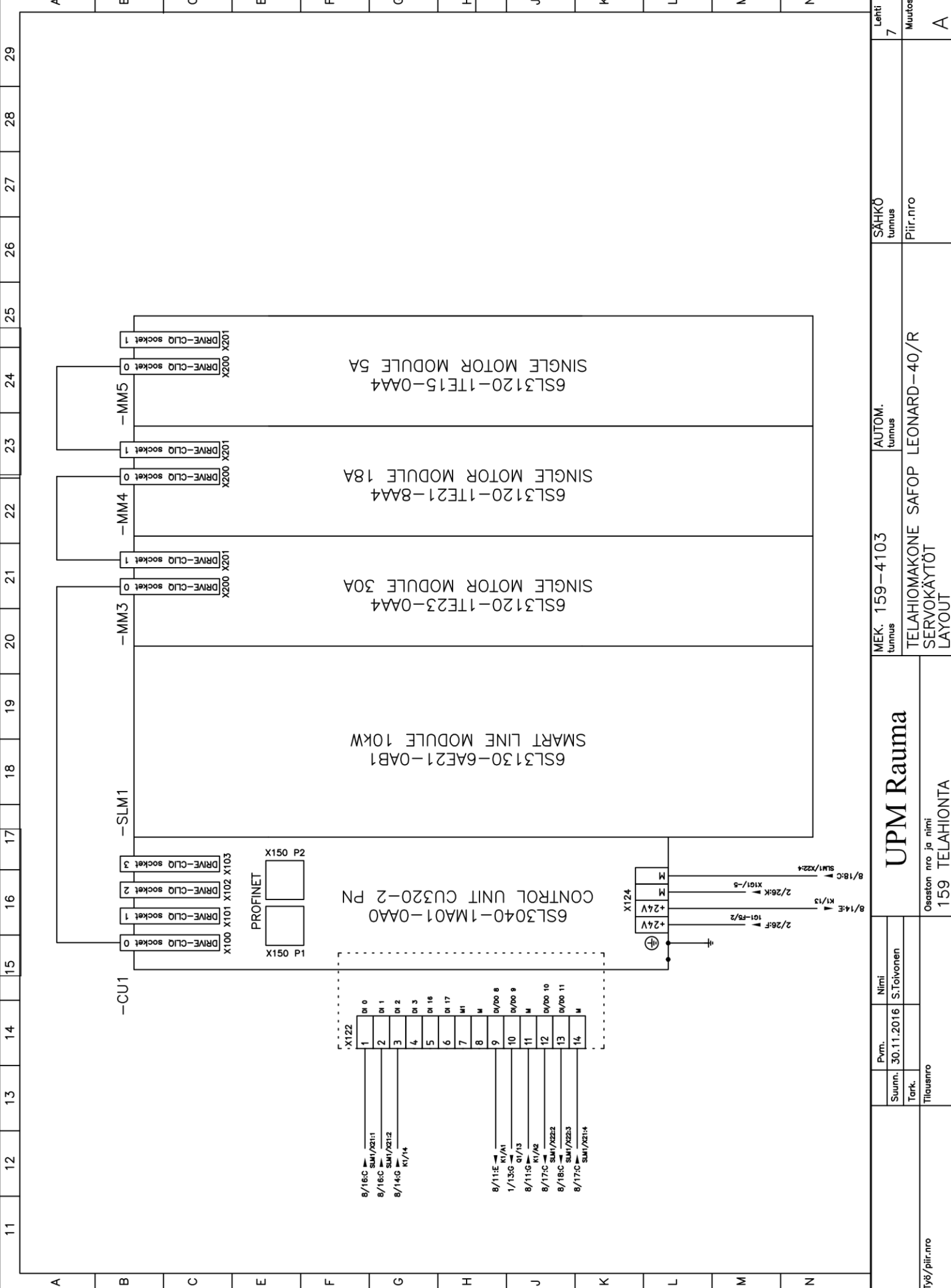


Muutos A2	A5		
Muutos A3	A6		
Muutos A4	A7		
	A8		
	A9		
	A10		

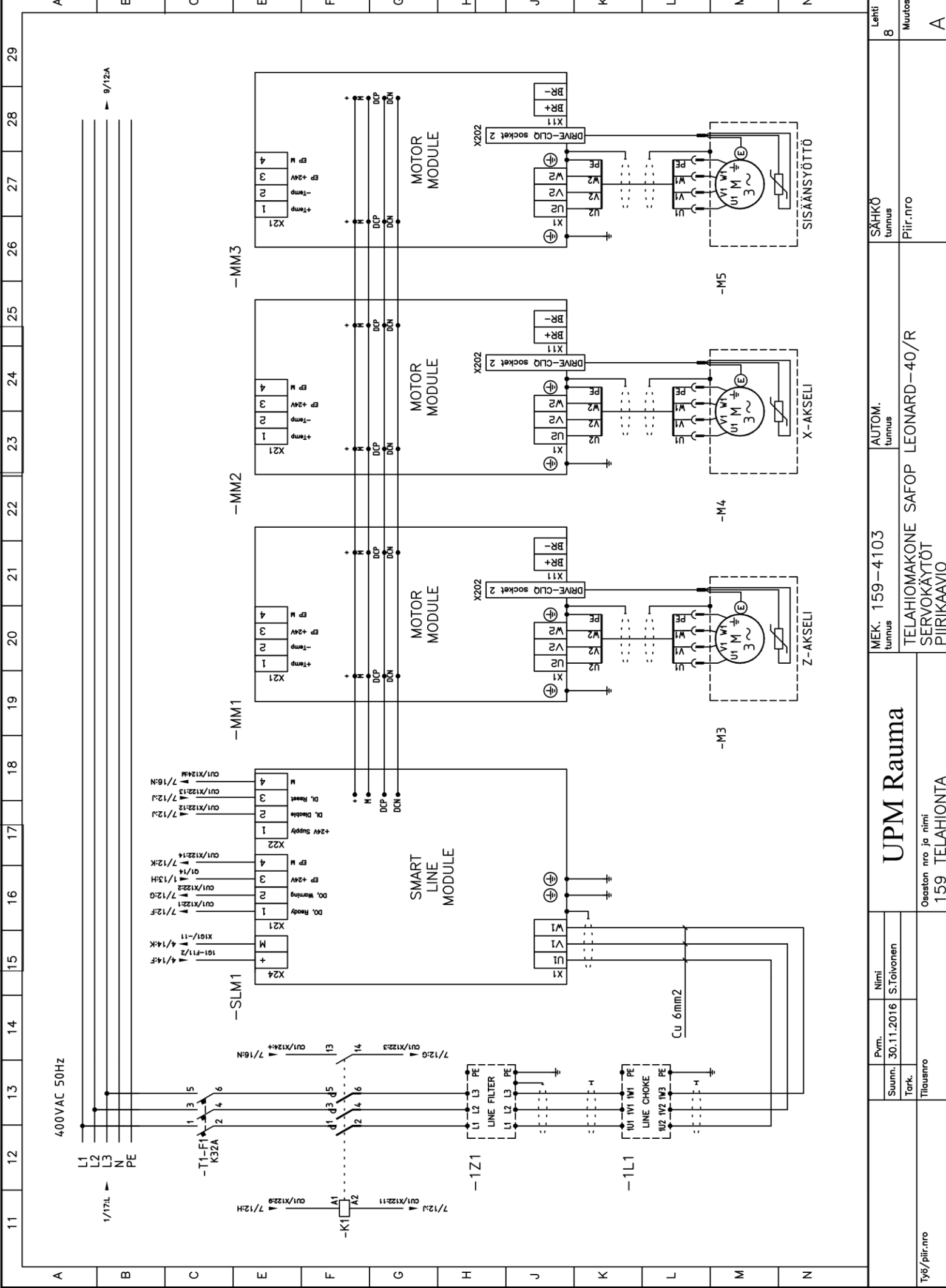
Lehti	6
SÄHKÖ	
tunnus	
Piir.nro	
Muutos	
A	

MEK. tunnus	159-4103	AUTOM. tunnus	
TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R			
500VAC JÄNNITTEEN JAKELU			
PIIRIKAAVIO			

UPM Rauma	
Osoiton nro ja nimi	
159 TELAHIONTA	
Suunn.	30.11.2016
Tarkk.	S.Toivonen
Nimi	
Tilausno	
Työ/piir.nro	

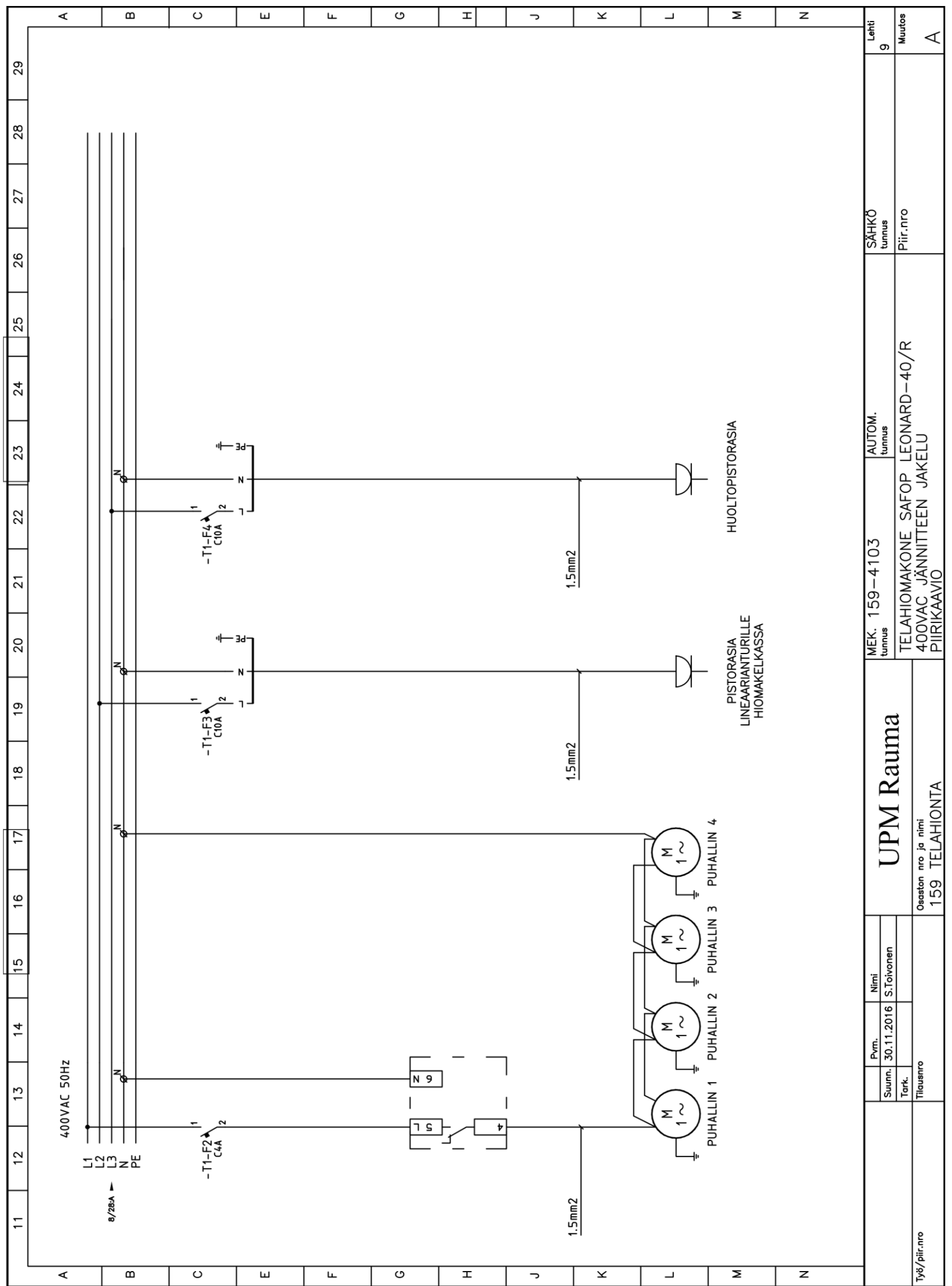


Muutos A2		Muutos A3		Muutos A4	
A5		A6		A7	
A8		A9		A10	
Työ/piir.nro		Tilausno		Nimi	
Suunn.		Pvm.		Nimi	
Tark.		30.11.2016		S.Toivonen	
Tilausno					
Osaston no ja nimi		159 TELAHIONTA		UPM Rauma	
MEK. tunnus		159-4103		AUTOM. tunnus	
Piir.nro		TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R		SÄHKÖ tunnus	
Muutos		Muutos		Muutos	
A		A		A	



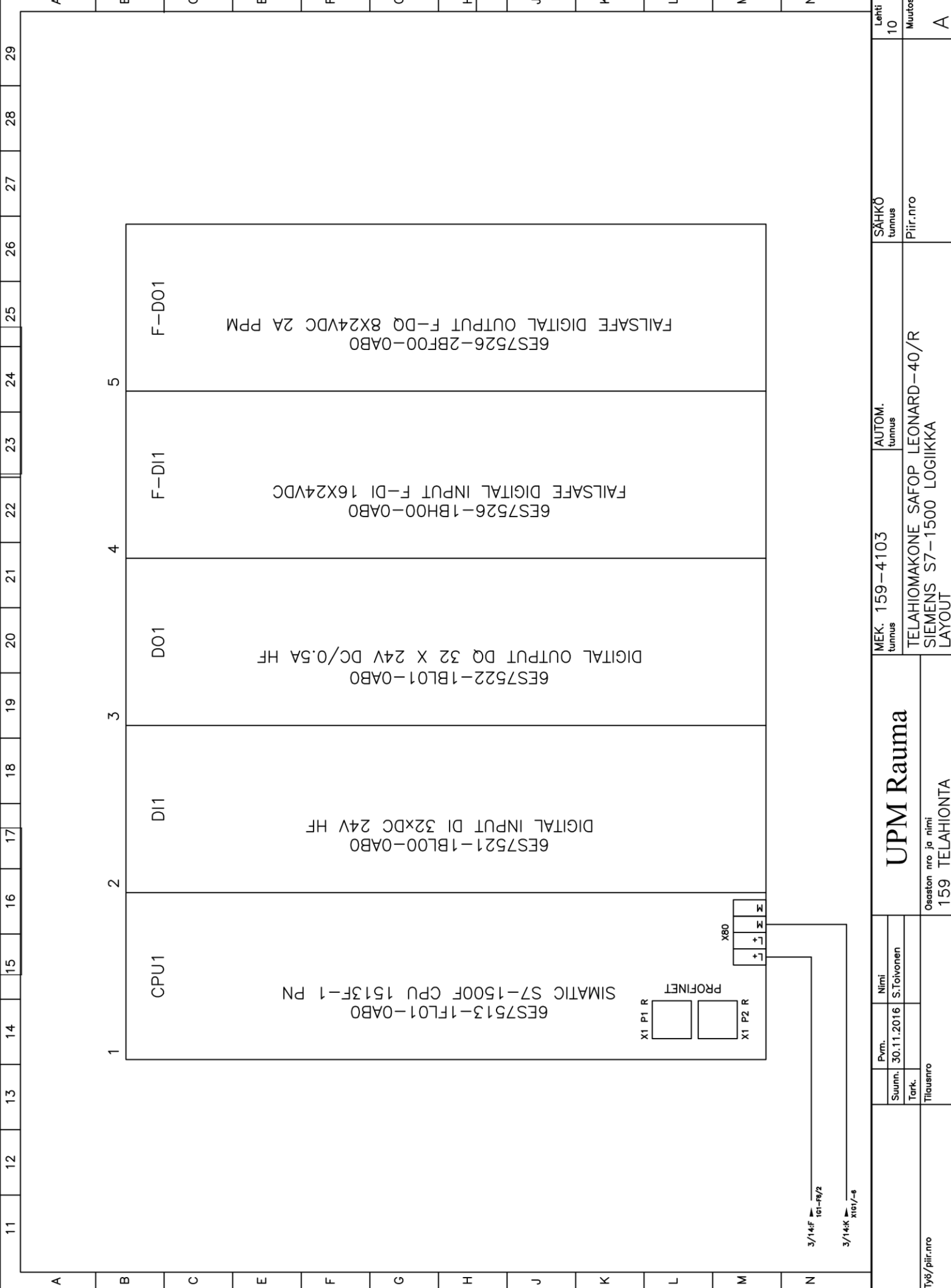
Muutos A2	
Muutos A3	
Muutos A4	
Muutos A5	
Muutos A6	
Muutos A7	
Muutos A8	
Muutos A9	
Muutos A10	

Typ/piir.nro	Tilausnro	Nimi	Pvm.	Suunn.	Tark.	Osaston nro. ja nimi	MEK: 159-4103	SÄHKÖ	Lehti
		UPM Rauma	30.11.2016	30.11.2016	S.Toivonen	159 TELAHIONTA	tunnus	tunnus	8
						TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R	AUTOM.	Muutos	A
						SERVOKÄYTÖT	tunnus	Piir.nro	
						PIIRIKAAVIO			



Muutos A2	A5	
Muutos A3	A7	
Muutos A4	A9	
	A10	

Työ/piir.nro		Osaon nro ja nimi		MEK. 159-4103		AUTOM. tunnus		SÄHKÖ tunnus	Lehti
		159 TELAHIONTA		tunnus				Pir.nro	9
UPM Rauma			TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R						
			400VAC JÄNNITTEEN JAKELU						
			PIIRIKAAVIO						
Pvm.		Nimi.		SÄHKÖ tunnus		AUTOM. tunnus		Muutos	
Suunn. 30.11.2016		S.Tolonen						A	
Tark.		Tilauksen							



Muutos A2	
Muutos A3	
Muutos A4	
Muutos A5	
Muutos A6	
Muutos A7	
Muutos A8	
Muutos A9	
Muutos A10	

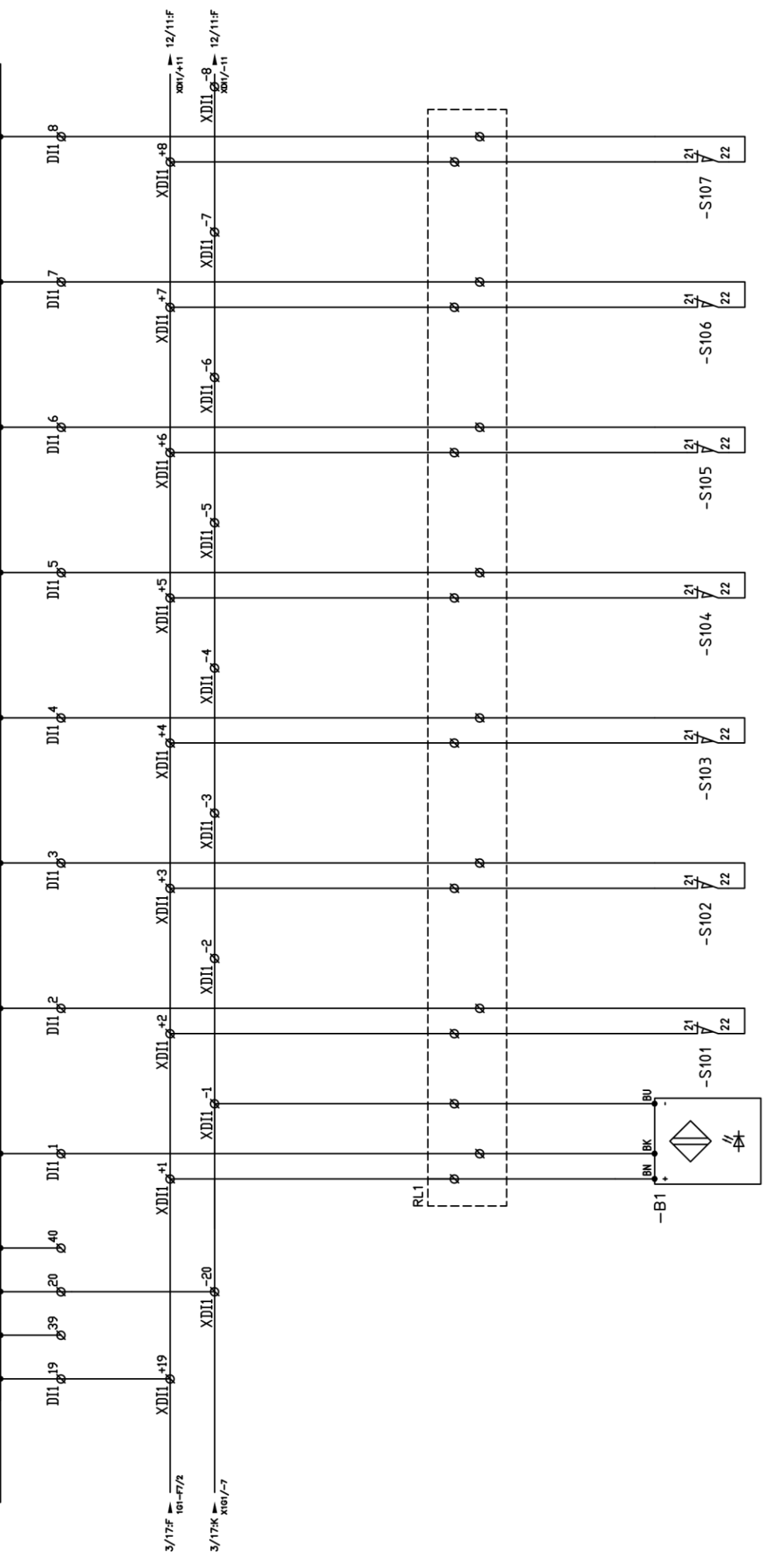
UPM Rauma

Osoaston nro ja nimi 159 TELAHIONTA	
Työ/piiri.nro	
Tilausnro	
Tark.	
Suunn.	30.11.2016
Pvm.	S.Toivonen
Nimi	

MEK. 159-4103 tunnus	AUTOM. tunnus	SÄHKÖ tunnus	Lehti 10
TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R SIEMENS S7-1500 LOGIIKKA LAYOUT		Piir.nro	Muutos A

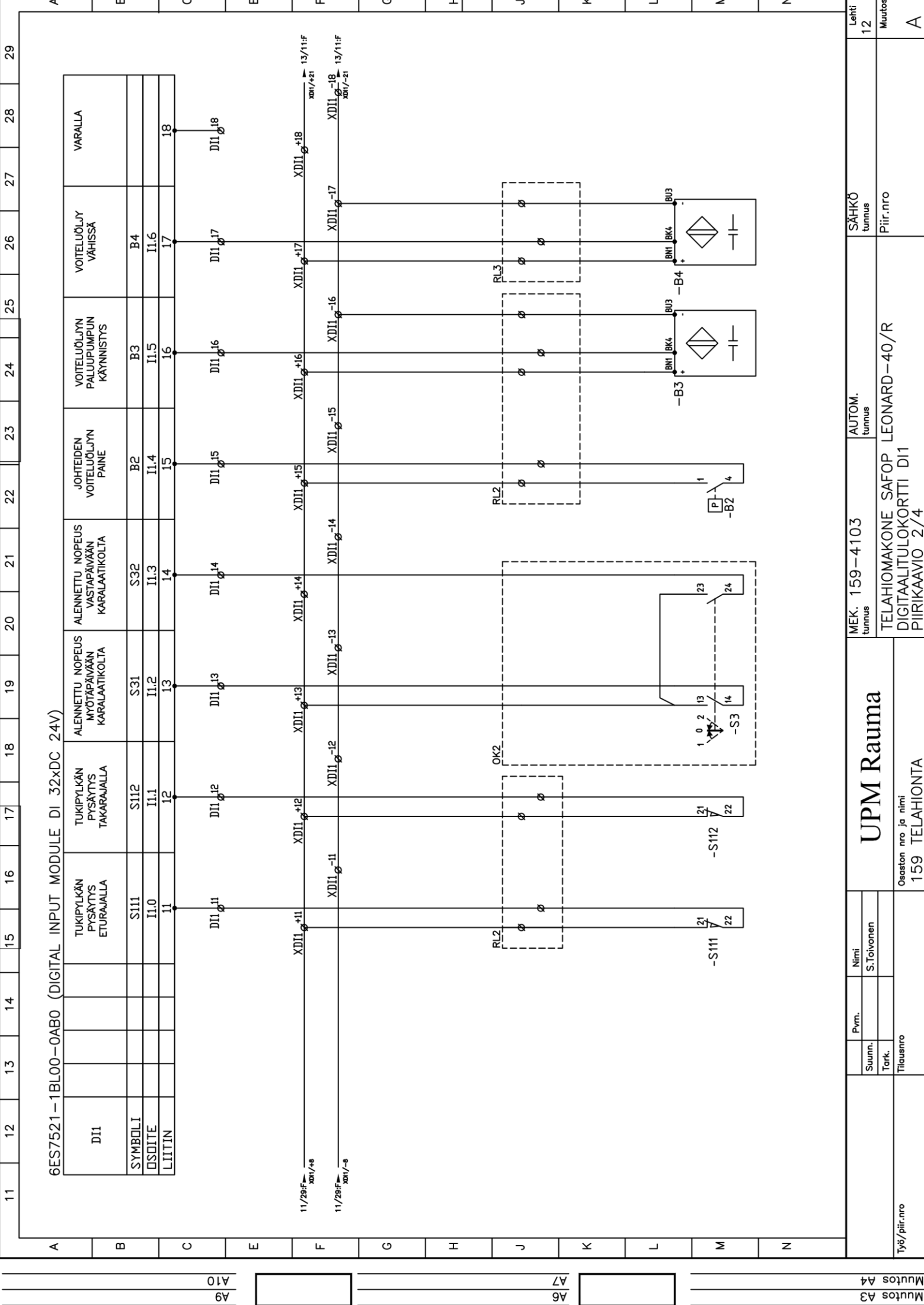
6ES7521-1BL00-OAB0 (DIGITAL INPUT MODULE DI 32xDC 24V)

DI1	L+	L+	M	M	HIEMANAUHA POIKKI VALOKENNO	Z-AKSELI PYSÄYTYS OIKEALLA SIVURAJALLA	Z-AKSELI PYSÄYTYS VASEMMALLA SIVURAJALLA	Z-AKSELI PYSÄYTYS VARMISTUS	U-AKSELI PYSÄYTYS ETURAJALLA	U-AKSELI PYSÄYTYS TAKARAJALLA	SISÄNSYÖTÖN PYSÄYTYS YLÄRAJALLA	SISÄNSYÖTÖN PYSÄYTYS ALARAJALLA
SYMBOLI					B1	S101	S102	S103	S104	S105	S106	S107
OSOITE					I0.0	I0.1	I0.2	I0.3	I0.4	I0.5	I0.6	I0.7
LIITIN					1	2	3	4	5	6	7	8



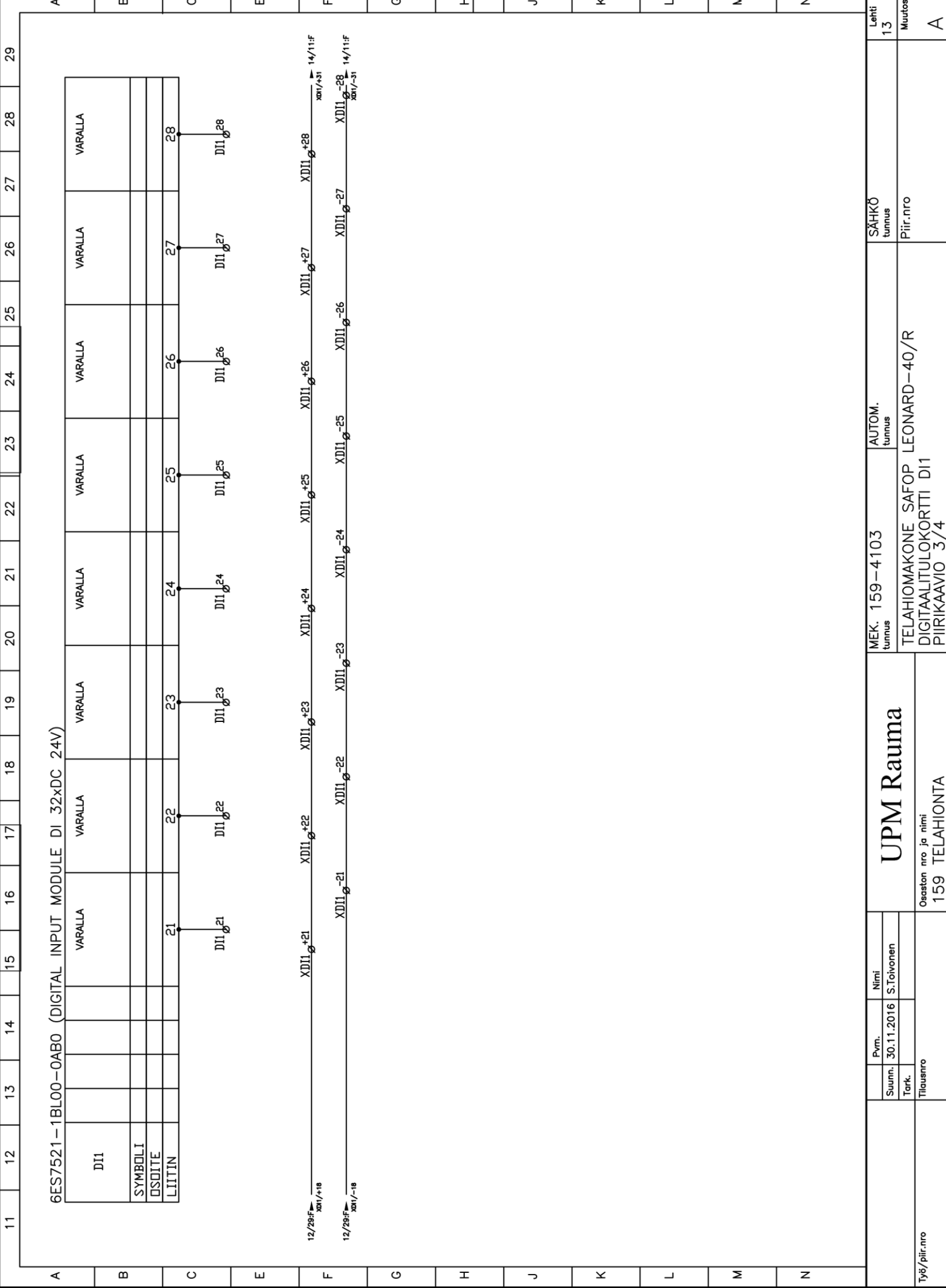
Lehti	11	SÄHKÖ tunnus	AUTOM. tunnus	MEK. 159-4103 tunnus	UPM Rauma	Nimi	S. Toivonen
Muutos	A	Piir.nro	LEONARD-40/R	TELAHIOMAKONE SAFOP DIGITAALITULOKORTTI DI1 PIIRIKAAVIO 1/4	Oscoston nro. ja nimi	Pvm.	30.11.2016
					159 TELAHIONTA	Suunn.	S. Toivonen
						Tark.	
						Tilausnro	

Muutos A2 A5 A6 A7 A10



6ES7521-1BL00-0AB0 (DIGITAL INPUT MODULE DI 32xDC 24V)

DI1	DI2	DI3	DI4	DI5	DI6	DI7	DI8	DI9	DI10	DI11	DI12	DI13	DI14	DI15	DI16	DI17	DI18
VOIKIIPYLYKÄN PYSÄYTYS ETURAJALLA	VOIKIIPYLYKÄN PYSÄYTYS TAKARAJALLA	ALENNETTU NOPEUS MYÖTÄPÄIVÄÄN KARALAATIKOLTA	ALENNETTU NOPEUS KARALAATIKOLTA	JOHTEDEN VOITELUÖLJYN PAINE	VOITELUÖLJYN PALJUUPUMPUN KÄYNNISTYS	VOITELUÖLJYN VÄHISSÄ	VARALLA										
SYMBOLI II.0	SYMBOLI II.1	SYMBOLI II.2	SYMBOLI II.3	SYMBOLI II.4	SYMBOLI II.5	SYMBOLI II.6											
LIITIN 11	LIITIN 12	LIITIN 13	LIITIN 14	LIITIN 15	LIITIN 16	LIITIN 17	LIITIN 18										



Muutos A2	A5	A7	A8	A9	A10
Muutos A3					
Muutos A4					

Työ/piir.nro		Osaston nro ja nimi		159 TELAHIONTA	
Suunn.		Pvm.		Nimi	
30.11.2016		30.11.2016		S.Toivonen	
Tark.		Tark.			
Tilausnro		Tilausnro			
MEK. 159-4103				AUTOM.	
tunnus				tunnus	
TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R				SÄHKÖ	
DIGITAALITULOKORTTI DI1				tunnus	
PIIRIKAAVIO 3/4				Piiir.nro	
Lehti				13	
Muutos				A	

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A	6ES7521-1BL00-0AB0 (DIGITAL INPUT MODULE DI 32xDC 24V)																		
B						VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA		
C						31	32	33	34	35	36	37	38						
E						DI1 _∅ 31	DI1 _∅ 32	DI1 _∅ 33	DI1 _∅ 34	DI1 _∅ 35	DI1 _∅ 36	DI1 _∅ 37	DI1 _∅ 38						
F						XDII _∅ +31	XDII _∅ +32	XDII _∅ +33	XDII _∅ +34	XDII _∅ +35	XDII _∅ +36	XDII _∅ +37	XDII _∅ +38						
G																			
H																			
J																			
K																			
L																			
M																			
N																			

13/28F_∅ XDII_∅+28

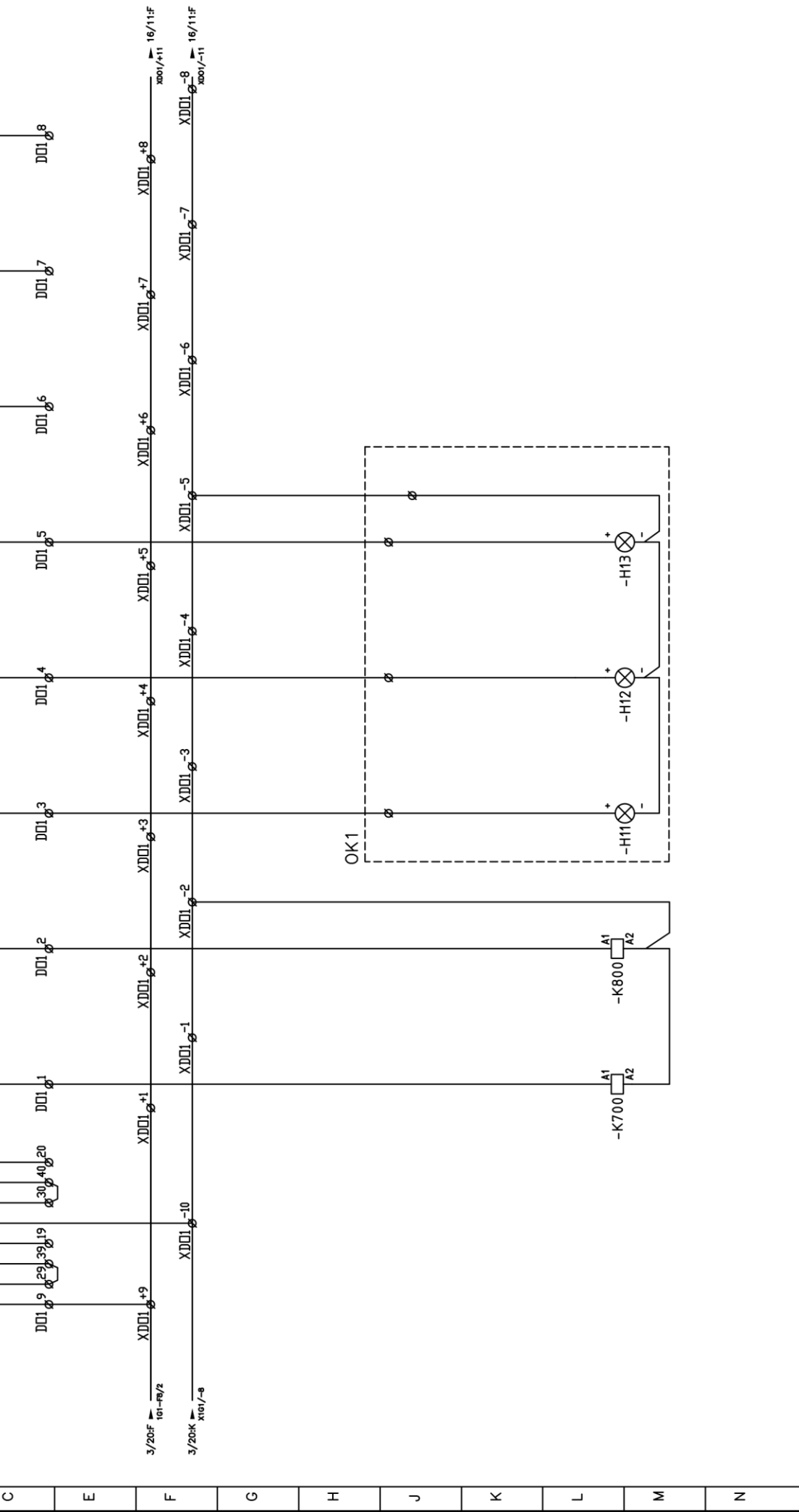
13/28F_∅ XDII_∅-28

Lehti	14
Muutos	A
SÄHKÖ tunnus	AUTOM. tunnus
Pir.nro	PIIRIKAAVIO 4/4
MEK. tunnus	159-4103
TELAHIOMAKONE DIGITAALITULOKORTTI DI1	SAFOP LEONARD-40/R
UPM Rauma	
Työ/piir.nro	Osaiston nro ja nimi
	159 TELAHIONTA
Suunn.	30.11.2016
Tark.	S.Tolonen
Tilausnro	

Muutos A2
Muutos A3
Muutos A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10

6ES7522-1BH01-0A00 (DIGITAL OUTPUT MODULE DQ 16x24VDC/0.5A)

DDI	1L+	2L+	1M	2M	JOHTEIDEN VOITELUPUMPUN KÄYNNISTYS	VOITELUÖLJYN PALUUPUMPUN KÄYNNISTYS	TURVA-AIDAT LUKITTU MERKKIVALO	TURVA-AIDAT AUKI MERKKIVALO	HÄTÄ-SEIS-PIIRI MERKKIVALO	VARALLA	VARALLA	VARALLA
SYMBOLI					K700	K800	H11	H12	H13			
OSOITE					Q0.0	Q0.1	Q0.2	Q0.3	Q0.4			
LIITIN	9	29	39	19	10	30	40	20	30	40	20	

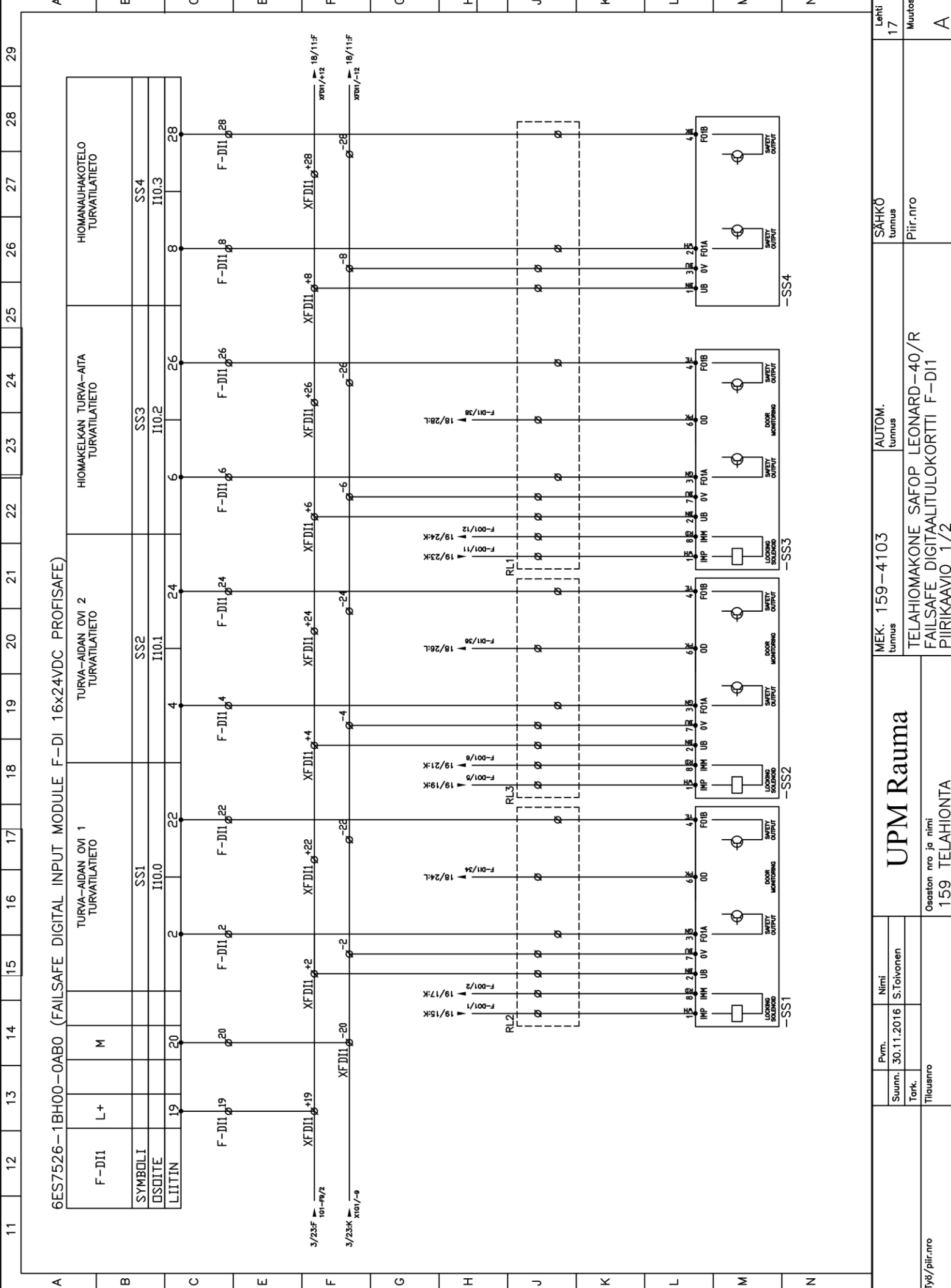


Muutos A2	Muutos A3	Muutos A4	Työ/piir.nro	Nimi		Pvm.	Suunn.	Tark.	Tilausno	UPM Rauma		AUTOM. tunnus	SÄHKÖ tunnus	Lehti 15
				Oscaston nro ja nimi						MEK. 159-4103				
		159 TELAHIONTA								TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R				

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																																																																												
A	6ES7522-1BH01-0AB0 (DIGITAL OUTPUT MODULE DQ 16x24VDC/0.5A)																																																																																													
B	<table border="1"> <tr> <td>DD1</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td><td>VARALLA</td> </tr> <tr> <td>SYMBOLI</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>OSOITE</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>LIITIN</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																		DD1	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	SYMBOLI																			OSOITE																			LIITIN																		
DD1	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA	VARALLA																																																																												
SYMBOLI																																																																																														
OSOITE																																																																																														
LIITIN																																																																																														
C	<table border="1"> <tr> <td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td>17</td><td>18</td> </tr> <tr> <td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td><td>DD1</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>																		11	12	13	14	15	16	17	18	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1																																																												
11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																							
DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1	DD1																																																																																							
E	<table border="1"> <tr> <td>15/29F</td><td>XDD1</td><td>+11</td><td>XDD1</td><td>+12</td><td>XDD1</td><td>+13</td><td>XDD1</td><td>+14</td><td>XDD1</td><td>+15</td><td>XDD1</td><td>+16</td><td>XDD1</td><td>+17</td><td>XDD1</td><td>+18</td> </tr> <tr> <td>15/29F</td><td>XDD1</td><td>-11</td><td>XDD1</td><td>-12</td><td>XDD1</td><td>-13</td><td>XDD1</td><td>-14</td><td>XDD1</td><td>-15</td><td>XDD1</td><td>-16</td><td>XDD1</td><td>-17</td><td>XDD1</td><td>-18</td> </tr> </table>																		15/29F	XDD1	+11	XDD1	+12	XDD1	+13	XDD1	+14	XDD1	+15	XDD1	+16	XDD1	+17	XDD1	+18	15/29F	XDD1	-11	XDD1	-12	XDD1	-13	XDD1	-14	XDD1	-15	XDD1	-16	XDD1	-17	XDD1	-18																																										
15/29F	XDD1	+11	XDD1	+12	XDD1	+13	XDD1	+14	XDD1	+15	XDD1	+16	XDD1	+17	XDD1	+18																																																																														
15/29F	XDD1	-11	XDD1	-12	XDD1	-13	XDD1	-14	XDD1	-15	XDD1	-16	XDD1	-17	XDD1	-18																																																																														
F	<table border="1"> <tr> <td>15/29F</td><td>XDD1</td><td>+11</td><td>XDD1</td><td>+12</td><td>XDD1</td><td>+13</td><td>XDD1</td><td>+14</td><td>XDD1</td><td>+15</td><td>XDD1</td><td>+16</td><td>XDD1</td><td>+17</td><td>XDD1</td><td>+18</td> </tr> <tr> <td>15/29F</td><td>XDD1</td><td>-11</td><td>XDD1</td><td>-12</td><td>XDD1</td><td>-13</td><td>XDD1</td><td>-14</td><td>XDD1</td><td>-15</td><td>XDD1</td><td>-16</td><td>XDD1</td><td>-17</td><td>XDD1</td><td>-18</td> </tr> </table>																		15/29F	XDD1	+11	XDD1	+12	XDD1	+13	XDD1	+14	XDD1	+15	XDD1	+16	XDD1	+17	XDD1	+18	15/29F	XDD1	-11	XDD1	-12	XDD1	-13	XDD1	-14	XDD1	-15	XDD1	-16	XDD1	-17	XDD1	-18																																										
15/29F	XDD1	+11	XDD1	+12	XDD1	+13	XDD1	+14	XDD1	+15	XDD1	+16	XDD1	+17	XDD1	+18																																																																														
15/29F	XDD1	-11	XDD1	-12	XDD1	-13	XDD1	-14	XDD1	-15	XDD1	-16	XDD1	-17	XDD1	-18																																																																														
G																																																																																														
H																																																																																														
J																																																																																														
K																																																																																														
L																																																																																														
M																																																																																														
N																																																																																														

Lehti	16
Muutos	A
SÄHKÖ tunnus	AUTOM. tunnus
Piir.nro	MEK. 159-4103
	TELAHIONAKONE SAFOP LEONARD-40/R
	DIGITAALILÄHTÖKORTTI DO1
	PIIRIKAAVIO 2/2
	UPM Rauma
	Osoaston nro. ja nimi
	159 TELAHIONTA
Pvm.	Nimi
Suunn.	S.Toivonen
Tark.	
Tilausnro	
Työ/piir.nro	

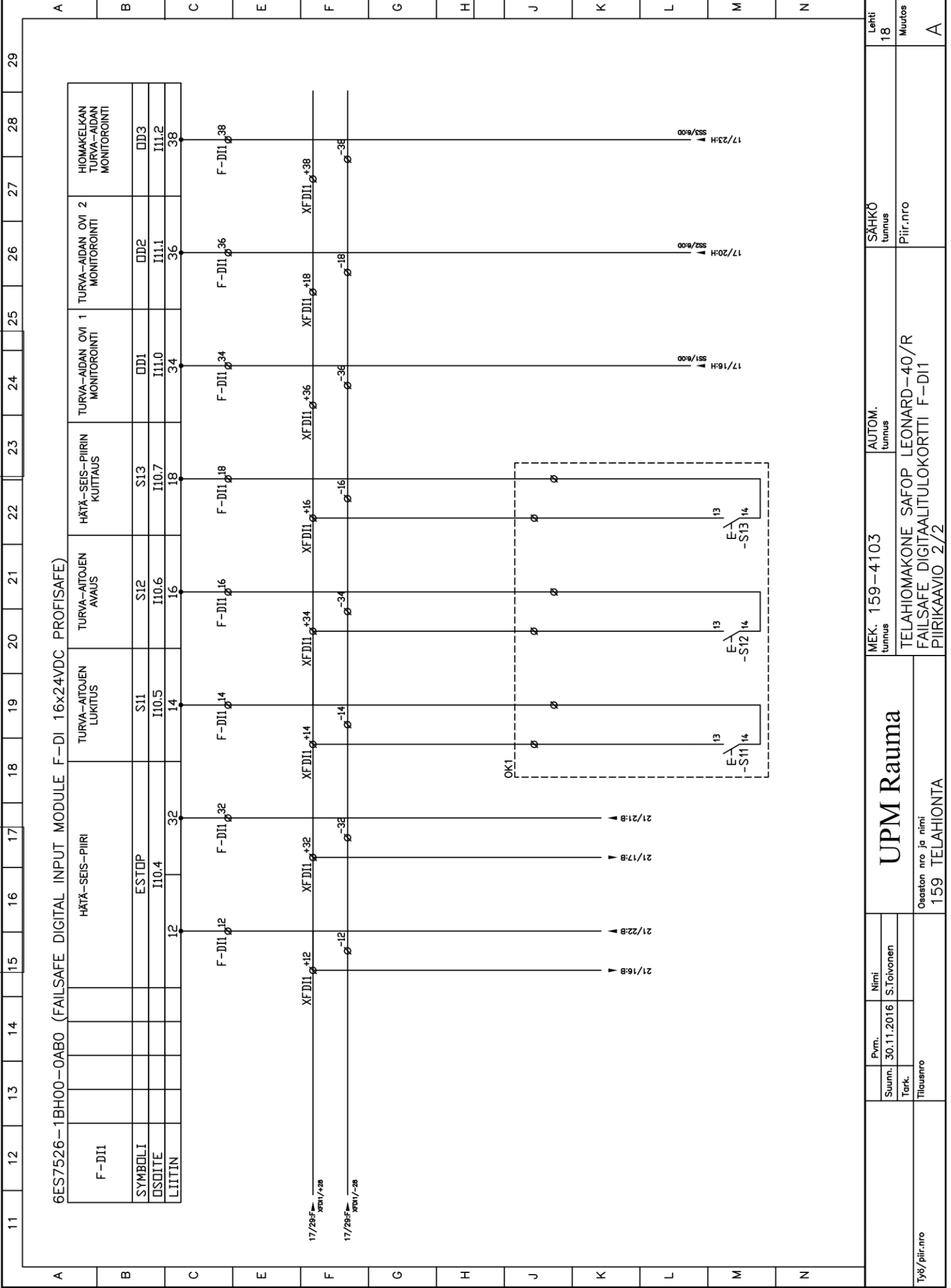
Muutos A2
 Muutos A3
 Muutos A4
 A8
 A9
 A10
 A7
 A6
 A5



6ES7526-1BH00-0AB0 (FAILSAFE DIGITAL INPUT MODULE F-DI 16x24VDC PROFISAFE)

F-DII	L+	M	TURVA-AIDAN OVI 1 TURVATILATIETO	TURVA-AIDAN OVI 2 TURVATILATIETO	HIOMAKELKAN TURVA-AITA TURVATILATIETO	HIOMANUAHKOTELO TURVATILATIETO
SYMBOLI			SS1	SS2	SS3	SS4
DSOITE			I10.0	I10.1	I10.2	I10.3
LIITIN			20	22	24	28

Typ/piir.nro	159 TELAHIONTA		Osaoston nro. ja nimi		159 TELAHIONTA		TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R FAILSAFE DIGITAALITULOKORTTI F-DI1 PIIRIKAAVIO 1/2		Piiir.nro		Muutos		A			
Pvm.	Nimi	UPM Rauma		MEK. 159-4103		AUTOM.		SÄHKÖ		Lehti		17		Muutos		
Suunn.	30.11.2016	S.Toivonen			turnus		turnus		turnus							
Tark.																
Tilausnro																

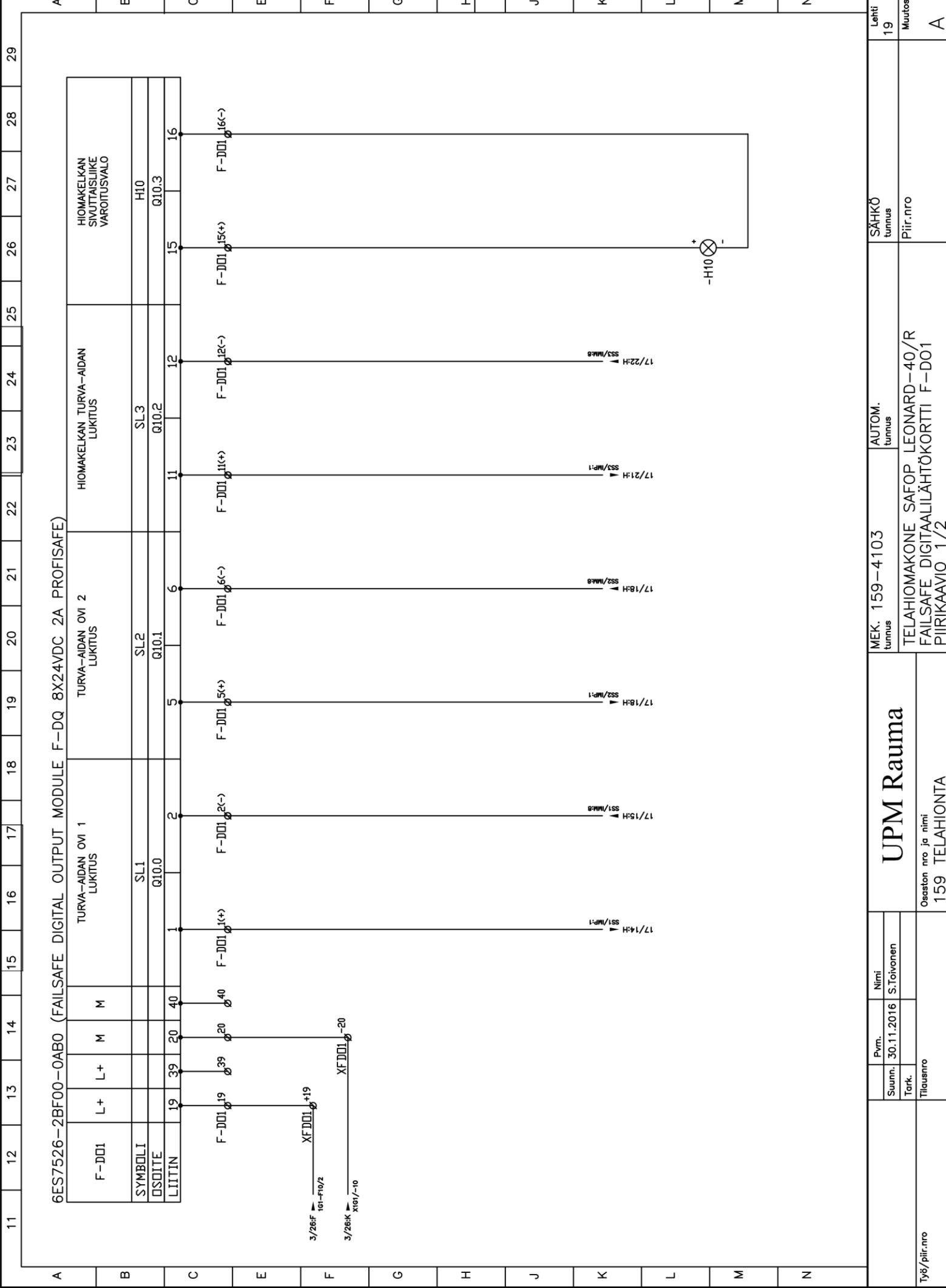


6ES7526-1BH00-0AB0 (FAILSAFE DIGITAL INPUT MODULE F-DI 16x24VDC PROFISAFE)

F - DII	HÄTÄ-SEIS-PIIRI	TURVA-AITOJEN LUKITUS	TURVA-AITOJEN AVAUS	HÄTÄ-SEIS-PIIRIN KUITTAUS	TURVA-AIDAN OVI 1 MONITOROINTI	TURVA-AIDAN OVI 2 MONITOROINTI	HIOMAKELKAN TURVA-AIDAN MONITOROINTI
SYMBOLI	ESTOP	S11	S12	S13	DD1	DD2	DD3
OSOITE	I10.4	I10.5	I10.6	I10.7	I11.0	I11.1	I11.2
LIITIN	12	14	16	18	34	36	38

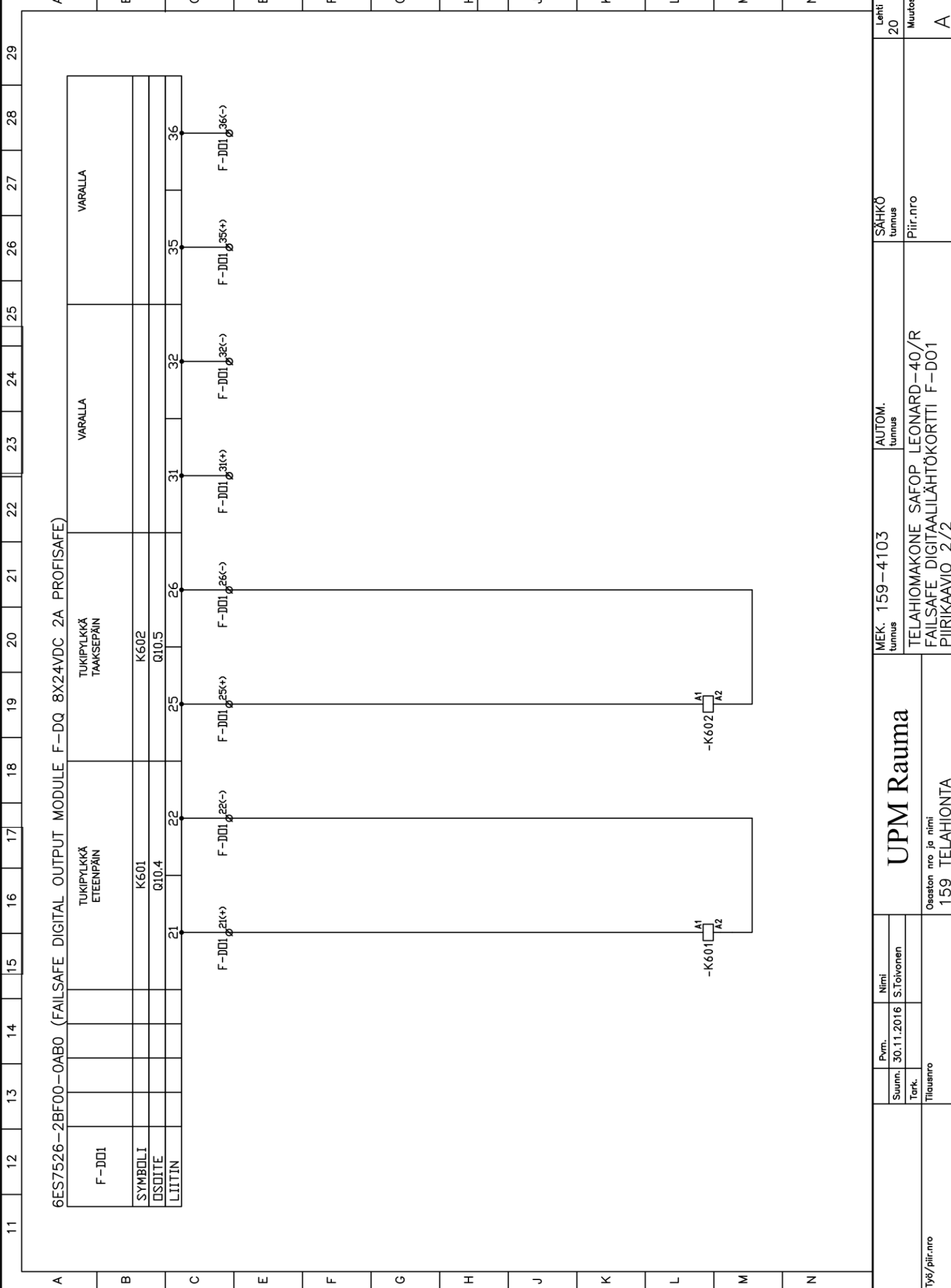
Muutos A2	Muutos A3	Muutos A4	Työ/piir.nro	UPM Rauma			AUTOM. tunnus	SÄHKÖ tunnus	Lehti 18
				Oscoston nro ja nimi 159 TELAHIONTA					
Tilausno				MEK: 159-4103			Piir.nro		
Suunn. 30.11.2016				TelaHionta			Piir.nro		
Pvm.				Nimi			Muutos		
S. Toivonen				S. Toivonen			A		

A7 A6 A5 A4 A3 A2



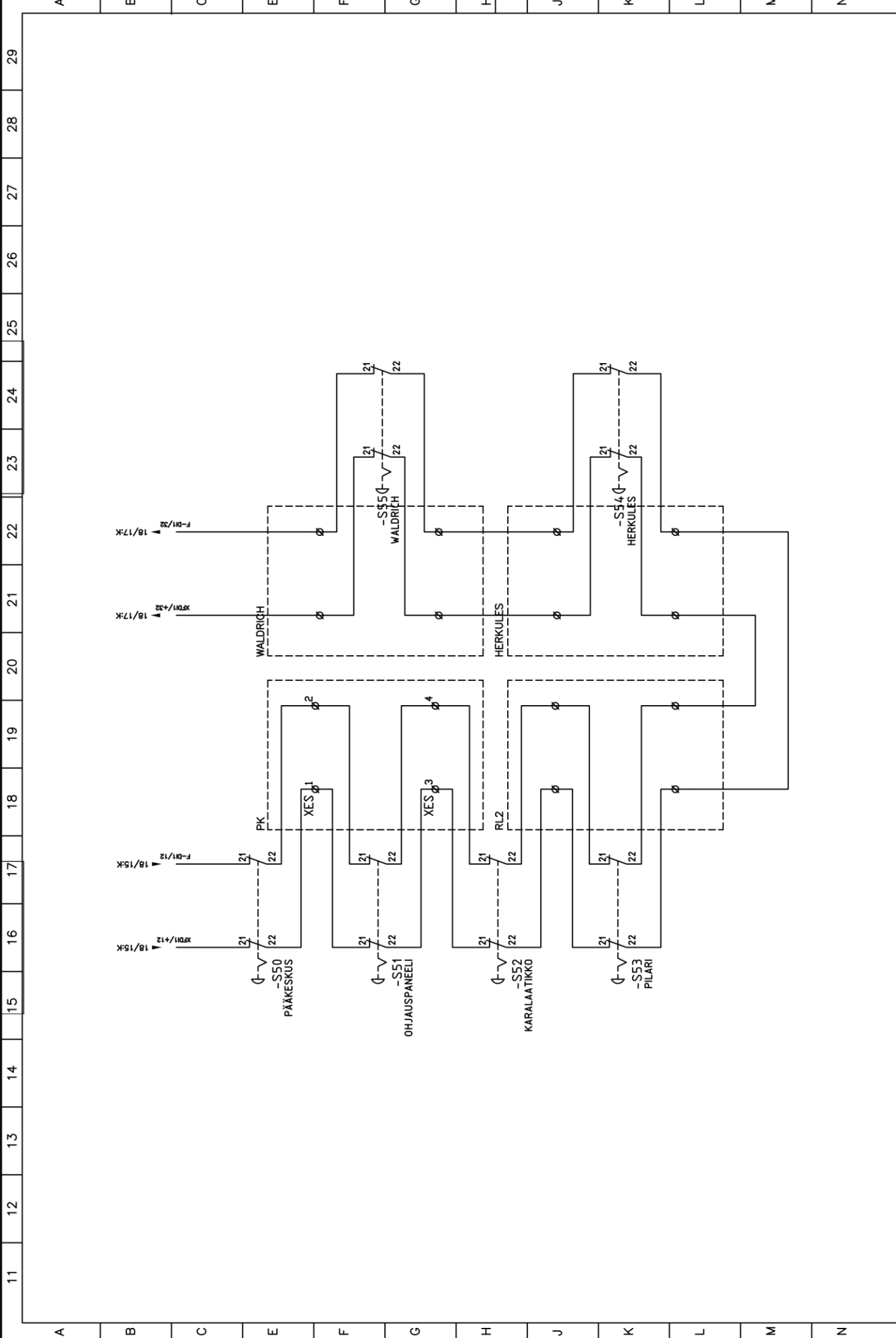
Muutos A2	A5	A7	A8	A9	A10
Muutos A3					
Muutos A4					

Lehti	19	SÄHKÖ	AUTOM.	MEK. 159-4103
Muutos		tunnus	tunnus	tunnus
Piir.nro	A	Piir.nro	LEONARD-40/R	UPM Rauma
			FAISAFE DIGITAALILÄHTÖKORTTI F-DO1	Osoiton nro. ja nimi
			PIIRIKAAVIO 1/2	159 TELAHIONTA



Muutos A2	
Muutos A3	
Muutos A4	
Muutos A5	
Muutos A6	
Muutos A7	
Muutos A8	
Muutos A9	
Muutos A10	

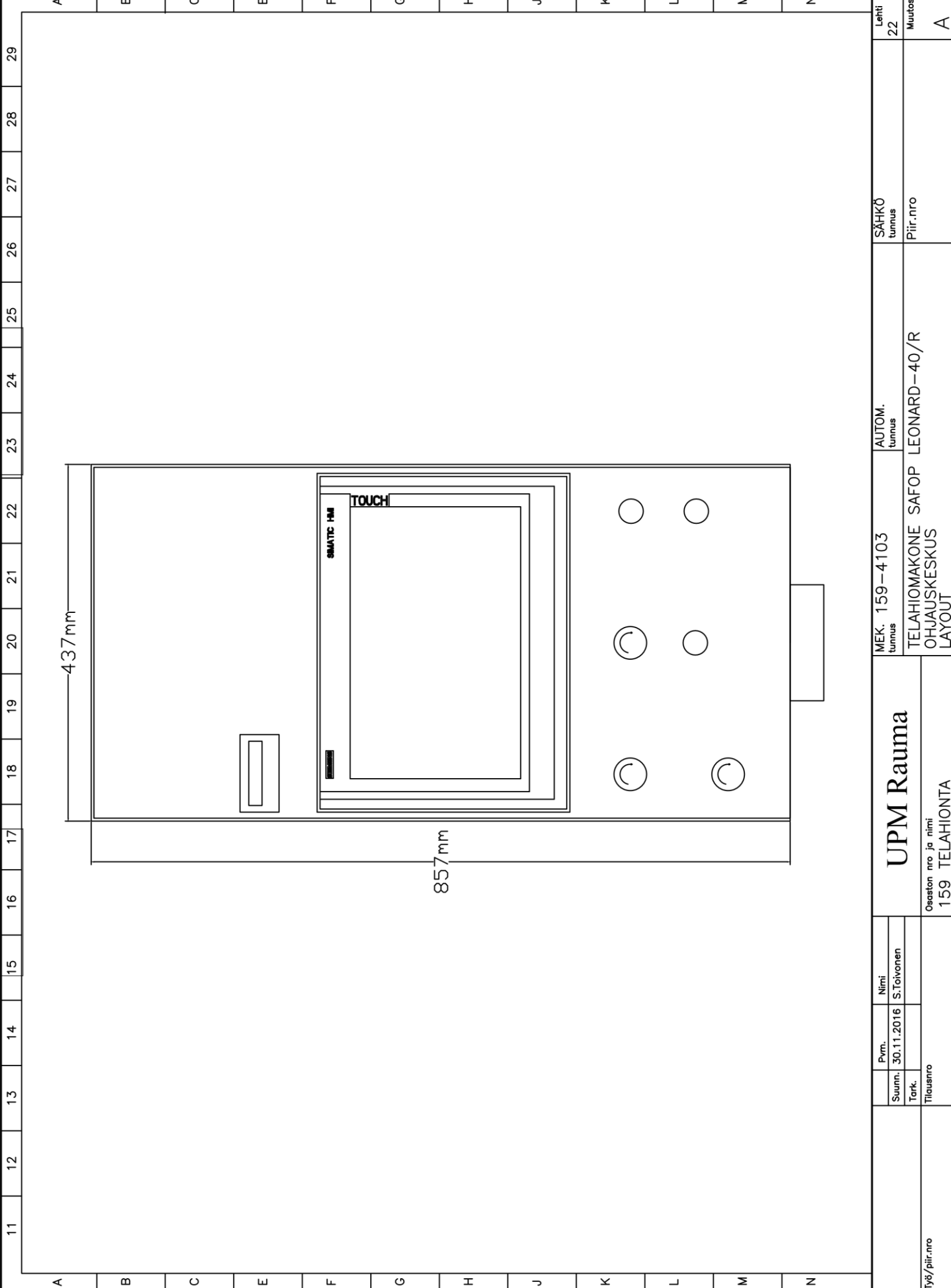
Lehti	20	SÄHKÖ	AUTOM.	MEK. 159-4103
Muutos		turnus	turnus	turnus
		Piir.nro		TELAHIOMAKONE SAFOP LEONARD-40/R
				FAILSAFE DIGITAALILÄHTÖKORTTI F-DO1
				PIIRIKAAVIO 2/2
Työ/piir.nro		Osaston nro ja nimi		
		159 TELAHIONTA		
		UPM Rauma		
Pvm.	Nimi			
Suunn.	S.Toivonen			
Tark.				
Thausnro				



Muutos A2	
Muutos A3	
Muutos A4	
Muutos A5	
Muutos A6	
Muutos A7	
Muutos A8	
Muutos A9	
Muutos A10	

Työ/piiri.nro		Osaaston nro. ja nimi 159 TELAHIONTA		UPM Rauma		MEK. 159-4103 tunnus		AUTOM. tunnus		SÄHKÖ tunnus		Lehti 21	
Piir./piiri.nro		159 TELAHIONTA		UPM Rauma		MEK. 159-4103 tunnus		AUTOM. tunnus		SÄHKÖ tunnus		Lehti 21	
Suunn.		Pvm.		Nimi									
Tark.		30.11.2016		S.Toivonen									
Tilausnro													
Piiri.nro													
Muutos													
Muutos													
Muutos													

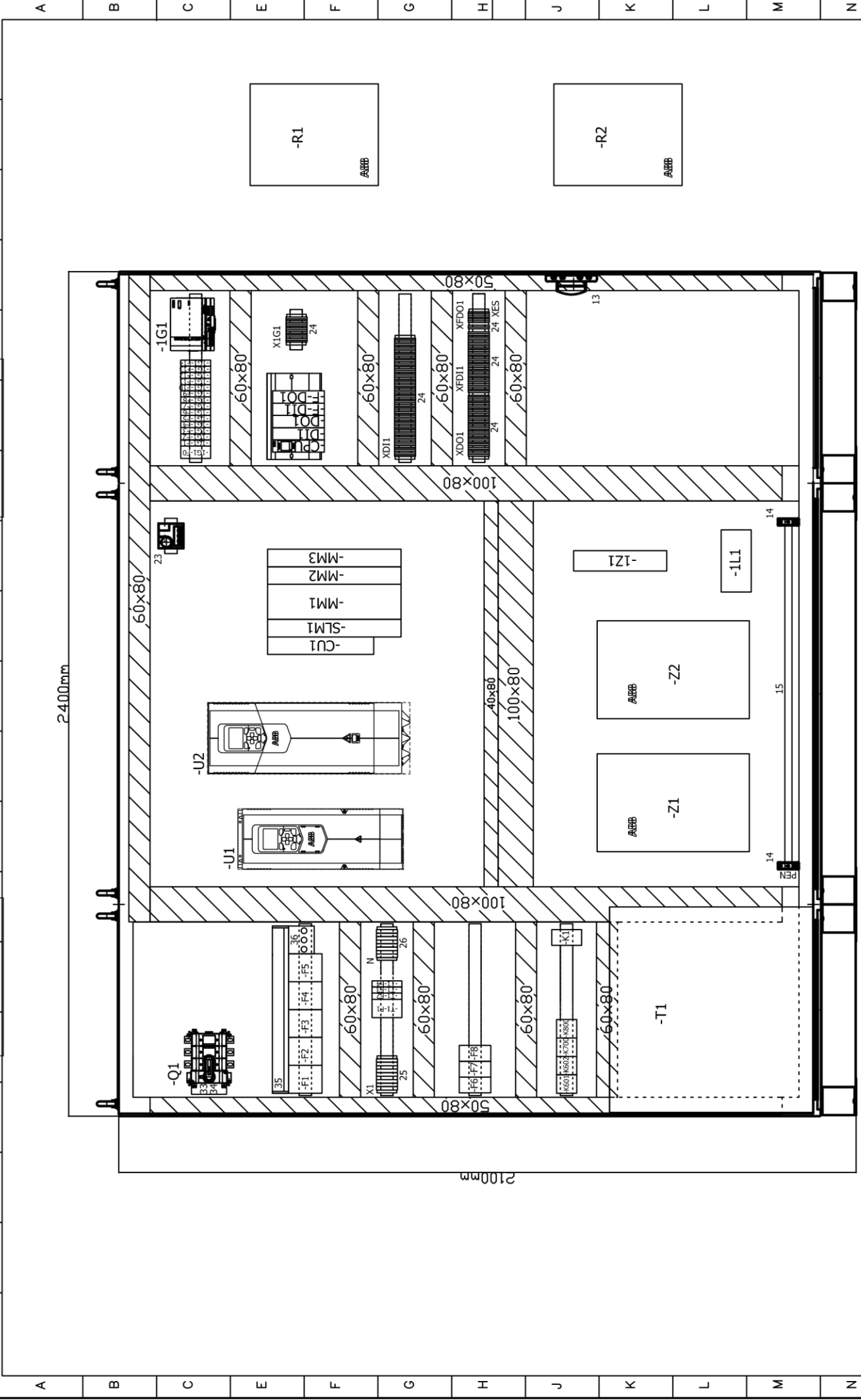
Muutos A2
Muutos A3
Muutos A4
Muutos A5
Muutos A6
Muutos A7
Muutos A8
Muutos A9
Muutos A10



Muutos A2		Tyyppi/tili.nro		159 TELAHIONTA		Osaoston nro. ja nimi		159 TELAHIONTA		UPM Rauma		MEK. 159-4103		AUTOM.		SÄHKÖ		Lehti	
Muutos A3		Suunn.		30.11.2016		Nimi		S.Toivonen				tunnus		tunnus		tunnus		22	
Muutos A4		Tark.										TELAHIOMAKONE		SAFOP		PIIRI.nro		Muutos	
		Tilausno										LEONARD-40/R						A	

Muutos A5	A7	Muutos A8	A9	A10
-----------	----	-----------	----	-----

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29



2400mm

Muutos A2
Muutos A3
Muutos A4
A8
A9
A10

Muutos A5
A6
A7

Muutos A2
Muutos A3
Muutos A4

Työ/piir.nro Suunn. Pvm. Nimi	Piir.nro 30.11.2016 30.11.2016 S.Toivonen	Osoite/nro ja nimi 159 TELAHIONTA	UPM Rauma	AUTOM. turmus	MEK. 159-4103 turmus	SÄHKÖ turmus	Lehti 23
Muutos A2 Muutos A3 Muutos A4	Tark. Titouanno	Osaston nro ja nimi 159 TELAHIONTA	TELAHIONAKONE SAFOP LEONARD-40/R PÄÄKESKUS LAYOUT	AUTOM. turmus	MEK. 159-4103 turmus	SÄHKÖ turmus	Lehti 23
Muutos A2 Muutos A3 Muutos A4	Työ/piir.nro	Osoite/nro ja nimi 159 TELAHIONTA	UPM Rauma	AUTOM. turmus	MEK. 159-4103 turmus	SÄHKÖ turmus	Lehti 23

Muutos A

Kortti	Liitin	Kanava	Tyyppi	Osoite	Symboli	Kuvaus
DIGITAL INPUTS						
DI1	1	CH0	BOOL	I0.0	B1	HIOMANAUHA POIKKI VALOKENNO
DI1	2	CH1	BOOL	I0.1	S101	Z-AKSELI PYSÄYTYS OIKEALLA SIVURAJALLA
DI1	3	CH2	BOOL	I0.2	S102	Z-AKSELI PYSÄYTYS VASEMMALLA SIVURAJALLA
DI1	4	CH3	BOOL	I0.3	S103	Z-AKSELI PYSÄYTYKSEN VARMISTUS
DI1	5	CH4	BOOL	I0.4	S104	U-AKSELI PYSÄYTYS ETURAJALLA
DI1	6	CH5	BOOL	I0.5	S105	U-AKSELI PYSÄYTYS TAKARAJALLA
DI1	7	CH6	BOOL	I0.6	S106	SISÄÄNSYÖTÖN PYSÄYTYS YLÄRAJALLA
DI1	8	CH7	BOOL	I0.7	S107	SISÄÄNSYÖTÖN PYSÄYTYS ALARAJALLA
DI1	11	CH8	BOOL	I1.0	S111	TUKIPLYKÄN PYSÄYTYS ETURAJALLA
DI1	12	CH9	BOOL	I1.1	S112	TUKIPLYKÄN PYSÄYTYS TAKARAJALLA
DI1	13	CH10	BOOL	I1.2	S31	ALENNETTU NOPEUS MYÖT KARALAATIKOLTA
DI1	14	CH11	BOOL	I1.3	S32	ALENNETTU NOPEUS VAST KARALAATIKOLTA
DI1	15	CH12	BOOL	I1.4	B2	JOHTEIDEN VOITELÖLJYN PAINE
DI1	16	CH13	BOOL	I1.5	B3	VOITELUÖLJYN PALUUPUMPUN KÄYNNISTYS
DI1	17	CH14	BOOL	I1.6	B4	VOITELUÖLJY VÄHISSÄ
DI1	18	CH15				VARALLA
DI1	21	CH16				VARALLA
DI1	22	CH17				VARALLA
DI1	23	CH18				VARALLA
DI1	24	CH19				VARALLA
DI1	25	CH20				VARALLA
DI1	26	CH21				VARALLA
DI1	27	CH22				VARALLA
DI1	28	CH23				VARALLA
DI1	31	CH24				VARALLA
DI1	32	CH25				VARALLA
DI1	33	CH26				VARALLA
DI1	34	CH27				VARALLA
DI1	35	CH28				VARALLA
DI1	36	CH29				VARALLA

LIITE 4

DI1	37	CH30					VARALLA
DI1	38	CH31					VARALLA

DIGITAL OUTPUTS

DO1	1	CH0	BOOL	Q0.0	K700		JOHTEIDEN VOITELUPUMPUN KÄYNNISTYS
DO1	2	CH1	BOOL	Q0.1	K800		VOITELUÖLJYN PALUUPUMPUN KÄYNNISTYS
DO1	3	CH2	BOOL	Q0.2	H11		TURVA-AIDAT LUKITTU MERKKIVALO
DO1	4	CH3	BOOL	Q0.3	H12		TURVA-AIDAT AUKI MERKKIVALO
DO1	5	CH4	BOOL	Q0.4	H13		HÄTÄ-SEIS-PIIRI MERKKIVALO
DO1	6	CH5					VARALLA
DO1	7	CH6					VARALLA
DO1	8	CH7					VARALLA
DO1	11	CH8					VARALLA
DO1	12	CH9					VARALLA
DO1	13	CH10					VARALLA
DO1	14	CH11					VARALLA
DO1	15	CH12					VARALLA
DO1	16	CH13					VARALLA
DO1	17	CH14					VARALLA
DO1	18	CH15					VARALLA

FAILSAFE DIGITAL INPUTS

F-DI1	2/22	CH0	BOOL	I10.0	SS1		TURVA-AIDAN OVI 1 TURVATILATIETO
F-DI1	4/24	CH1	BOOL	I10.1	SS2		TURVA-AIDAN OVI 2 TURVATILATIETO
F-DI1	6/26	CH2	BOOL	I10.2	SS3		HIOMAKELKAN TURVA-AITA TURVATILATIETO
F-DI1	8/28	CH3	BOOL	I10.3	SS4		HIOMANAUHAKOTELO TURVATILATIETO
F-DI1	12/32	CH4	BOOL	I10.4	ESTOP		HÄTÄ-SEIS-PIIRI
F-DI1	14	CH5	BOOL	I10.5	S11		TURVA-AITOJEN LUKITUS
F-DI1	16	CH6	BOOL	I10.6	S12		TURVA-AITOJEN AVAUS
F-DI1	18	CH7	BOOL	I10.7	S13		HÄTÄ-SEIS-PIIRIN KUITTAUS
F-DI1		CH8					EI KÄYTÖSSÄ
F-DI1		CH9					EI KÄYTÖSSÄ
F-DI1		CH10					EI KÄYTÖSSÄ
F-DI1		CH11					EI KÄYTÖSSÄ
F-DI1		CH12					EI KÄYTÖSSÄ

F-DI1	34	CH13	BOOL	I11.0	OD1	TURVA-AIDAN OVI 1 MONITOROINTI
F-DI1	36	CH14	BOOL	I11.1	OD2	TURVA-AIDAN OVI 2 MONITOROINTI
F-DI1	38	CH15	BOOL	I11.2	OD3	HIOMAKELKAN TURVA-AIDAN MONITOROINTI

FAILSAFE DIGITAL OUTPUTS

F-DO1	1/2	CH0	BOOL	Q10.0	SL1	TURVA-AIDAN OVI 1 LUKITUS
F-DO1	5/6	CH1	BOOL	Q10.1	SL2	TURVA-AIDAN OVI 2 LUKITUS
F-DO2	11/12	CH2	BOOL	Q10.2	SL3	HIOMAKELKAN TURVA-AIDAN LUKITUS
F-DO1	15/16	CH3	BOOL	Q10.3	H10	HIOMAKELKAN SIVUTTAISLIIKE VAROITUSVALO
F-DO1	21/22	CH4	BOOL	Q10.4	K601	TUKIPYLKKÄ ETEENPÄIN
F-DO1	25/26	CH5	BOOL	Q10.5	K602	TUKIPYLKKÄ TAAKSEPÄIN
F-DO1	25/27	CH6				VARALLA
F-DO1	35/36	CH7				VARALLA

Laitetunnus	Osanro	KPL/ PKT	Nimitys	Valmistaja	Tyyppi
	1	1	TS 8, 1200 x 2000 x 600 mm, 2 door(s)	RITTAL	TS 8206.500
	2	2	TS 8, 600 x 2000 x 600 mm, 1 door(s)	RITTAL	TS 8606.500
	3	1	Side panels, screw-fastened, sheet steel, for TS, TS IT	RITTAL	TS 8106.235
	4	2	Base/plinth trim panels, side, 100 mm, for base/plinth components	RITTAL	TS 8601.060
	5	1	Base/plinth components, front and rear, 100 mm, sheet steel	RITTAL	TS 8601.200
	6	2	Base/plinth components, front and rear, 100 mm, sheet steel	RITTAL	TS 8601.600
	7	1	Baying bracket	RITTAL	TS 8601.100
	8	2	Baying bracket for TS/TS	RITTAL	TS 8800.430
	9	2	Quick-fit baying clamp, one-piece, for TS/TS	RITTAL	TS 8800.500
	10	2	Section for cable entry, rear	RITTAL	TS 8802.065
	11	1	Section for cable entry, rear	RITTAL	TS 8802.125
	12	1	Sheet steel wiring plan pocket	RITTAL	PS 4116.000
	13	1	Huoltopistorasia kiinnitykseen kaapin runkoon	RITTAL	DK 7280.100
	14	2	Virtakiskopidike lattakuparikiskoille	RITTAL	SV 9340.030
	15	1	Virtakisko E-Cu 20x5mm	RITTAL	SV 3582.000
	16	2	Kaapelikouru pystysuoraan TS-profiiliin 100x80x1800	RITTAL	TS 8800.510
	17	2	Kaapelikouru pystysuoraan TS-profiiliin 50x80x1800	RITTAL	TS 8800.520
	18	1	Kaapelikouru asennuslevylle 100x80x2000	RITTAL	TS 8800.754
	19	1	Kaapelikouru asennuslevylle 40x80x2000	RITTAL	TS 8800.751
	20	3	Kaapelikouru asennuslevylle 60x80x2000	RITTAL	TS 8800.752
	21	4	TopTherm-suodatintuulettimet	RITTAL	SK 3243.100
	22	4	Poistoilmasuodatin Normaali	RITTAL	SK 3243.200
	23	1	Termostaatti Kytkentäkaapin sisälämpötilan säädin	RITTAL	SK 3110.000
	24	156	Riviliitin	Weidmüller	WDU 2.5
	25	9	Riviliitin	Weidmüller	WDU 10
	26	8	Riviliitin	Weidmüller	WDU 10 BL
	27	6	End plate	Weidmüller	WAP 2.5-10
	28	11	End bracket	Weidmüller	WEW 35/2
	29	3	Cross-connector	Weidmüller	WQV 10/3

LIITE 5

OSALUETTELO

	30	2	Cross-connector		Weidmüller	WQV 10/4
Q1	31	1	Kytinvaroke		ABB	OS125GD03P
	32	1	Vaihtoehtoinen akseli, pistooli, 6x430mm		ABB	OX6X430
	33	1	Apukoskettimien asennuskotelo OS32...1250		ABB	OEA28
	34	1	Apukosketin sulkeutuva		ABB	OA1G10
	35	1	250 A busbar, 3-pole with 24 terminal lugs and 2 end caps		ABB	S803-BB250
	36	1	120 mm ² feed block, 3-pole		ABB	S803-BBPC120
F1	37	1	Suurtehojohdonsuojakatkaisija K32A		ABB	S803S-K32
F2	38	1	Suurtehojohdonsuojakatkaisija C16A		ABB	S803S-C16
F3	39	1	Suurtehojohdonsuojakatkaisija C63A		ABB	S803S-C63
F4	40	1	Suurtehojohdonsuojakatkaisija C80A		ABB	S803S-C80
F5	41	1	Suurtehojohdonsuojakatkaisija K16A		ABB	S803S-K16
T1	42	1	Transformer 22kVA 500/400V 25,4/31,8A		TRAFOTEK	TRAMM4160369-01
	43		Virtakisko 10mm ² 3-vaihe		ABB	PS 3/6
T1-F1	44	1	Johdonsuojakatkaisija K32A		ABB	S 203-K 32
T1-F2	45	1	Johdonsuojakatkaisija C4A		ABB	S 201-C 4
T1-F3	46	1	Johdonsuojakatkaisija C10A		ABB	S 201-C 10
T1-F4	47	1	Johdonsuojakatkaisija C10A		ABB	S 201-C 10
1G1	48	1	SITOP PSU8200 24 V/40 A Power Supply 400-500 VAC 24 V DC/40 A		Siemens	6EP1437-3BA10
1G1-F0	49	1	Johdonsuojakatkaisija C40A		ABB	S 202-C 40
	50	11	Johdonsuojakatkaisija C2A		ABB	S 201-C 2
1G1-F8	51	1	Johdonsuojakatkaisija C10A		ABB	S 201-C 10
1G1-F10	52	1	Johdonsuojakatkaisija B16A		ABB	S 201-B 16
1G1-F11	53	1	Johdonsuojakatkaisija C4A		ABB	S 201-C 4

OSALUETTELO

CU1	54	1	Control Unit CU320-2 PN	Siemens	6SL3040-1MA01-0AA0
		1	Compactflash card including licence V4.7 F01: 1XSAFETYLICENSE DBSI	Siemens	6SL3054-0EH00-1BA0-Z F01
	55	1	Sinamics Drive-CLIQ Cable IP20/IP20 lenght: 0,26m	Siemens	6SL3060-4AH00-0AA0
	56	2	Sinamics Drive-CLIQ Cable IP20/IP20 lenght: 0,16m	Siemens	6SL3060-4AD00-0AA0
SLM1	57	1	Smart Line Module; 10,00 kW	Siemens	6SL1310-6AE21-0AB1
K1	58	1	Coupling Contactor, AC-3, 11KW/400V, 1NO+1NC, 24 V DC	Siemens	3RT2026-1KB40
IZ1	59	1	Line filter	Siemens	6SL3000-0HE21-0AA0
1L1	60	1	Line choke	Siemens	6SL3000-0CE21-0AA0
MM1	61	1	Single Motor Module; 30,00 A	Siemens	6SL120-1TE23-0AA4
M3	62	1	Synchronous servo motor 1FT/1FK; 6,28 kW; Shaft height 100 mm	Siemens	1FT7102-5AF71-1CA0
MM2	63	1	Single Motor Module; 18,00 A	Siemens	6SL120-1TE21-8AA4
M4	64	1	Synchronous servo motor 1FT/1FK; 4,55 kW; Shaft height 80 mm	Siemens	1FT7084-5AF71-1CA0
MM3	65	1	Single Motor Module; 5,00 A	Siemens	6SL120-1TE15-0AA4
M5	66	1	Synchronous servo motor 1FT/1FK; 2,39 kW; Shaft height 63 mm	Siemens	1FT7064-5AF71-1CA0
	67	1	Motor supply cable 4x2.5 Motion-connect 800 Plus; 30,0 m	Siemens	6FX8002-5CN31-1DA0
	68	2	Motor supply cable 4x1.5 Motion-connect 800 Plus; 30,0 m	Siemens	6FX8002-5CN01-1DA0
	69	3	DRIVE-CLIQ cable MOTION-CONNECT 800 IP20/IP67; 30,00 m	Siemens	6FX8002-2DC10-1DA0
U1	70	1	LV AC industrial drives	ABB	ACS880-01-034A-5+K475+Q973+R706
		1	+K475 Ethernet (EtherNet/IP, Modbus/TCP,PROFINET,2-port), FENA-21	ABB	
		1	+Q973 Safety function module, FSO-12	ABB	
Z1	71	1	Filter options for drives	ABB	NOCH0070-62
R1	72	1	Brake options for drives	ABB	SACE15RE22
M1	73	1	LV IEC Motor 3GBP162420-AEG 15kW 500V 23.2A 1500rpm	ABB	M3BP 160MLB 4+037+435
U2	74	1	LV AC industrial drives	ABB	ACS880-01-052A-5+K475+Q973+R706
			+K475 Ethernet (EtherNet/IP, Modbus/TCP,PROFINET,2-port), FENA-21	ABB	
			+Q973 Safety function module, FSO-12	ABB	
Z2	71	1	Filter options for drives	ABB	NOCH0070-62
R2	75	1	Brake options for drives	ABB	SACE15RE13
M2	76	1	LV IEC Motor 3GBP182420-AEG 22kW 500V 32.9A 1500rpm	ABB	M3BP 180MLB 4+037+435

F6	78	1	Manual Motor Starter	ABB	MS116-0.63-HKF1-11
F7	79	1	Manual Motor Starter	ABB	MS116-0.4-HKF1-11
F8	79	1	Manual Motor Starter	ABB	MS116-0.4-HKF1-11
K601	80	1	Mini Contactor 24VDC	ABB	BC6-30-10-01
K602	80	1	Mini Contactor 24VDC	ABB	BC6-30-10-01
K700	80	1	Mini Contactor 24VDC	ABB	BC6-30-10-01
K800	80	1	Mini Contactor 24VDC	ABB	BC6-30-10-01
M6	81	1	Moottori 500VAC 50Hz 0,18kW 0,76A 1385rpm	C.S.I	HF63 B4
M7, M8	82	2	Voitelupumppu 380/660V 50Hz 0,52/0,30A 2800rpm	Willy Wogel	MFE5 DM7
CPU1	83	1	SIMATIC S7-1500F, CPU 1513F-1 PN	Siemens	6ES7513-1FL01-0AB0
		1	Memory Card for S7-1X00 CPU/SINAMICS, 3,3 V Flash, 24 mb	Siemens	6ES7954-8LF02-0AA0
	84	4	SIMATIC S7-1500, Frontconnector Screw-type, 40pin	Siemens	6ES7592-1AM00-0XB0
	85	1	SIMATIC S7-1500, Mounting Rail 245mm	Siemens	6ES7590-1AC40-0AA0
DI1	86	1	Digital Input Module DI 32xDC 24V HF	Siemens	6ES7521-1BL00-0AB0
DO1	87	1	Digital Output Module DQ 16 X 24V DC/0.5A HF	Siemens	6ES7522-1BH01-0AB0
F-DI1	88	1	Failsafe Digital Input Module, F-DI 16X24VDC PROFISAFE	Siemens	6ES7526-1BH00-0AB0
F-DO1	89	1	Failsafe Digital Output Module F-DQ 8X24VDC 2A PPM PROFISAFE	Siemens	6ES7526-2BF00-0AB0
TP1	90	1	SIMATIC HMI TP1500 Comfort Panel Touch Operation 15" TFT	Siemens	6AV2124-0QC02-0AX0
	91	1	EH-laskin korkean resoluution näyttöyksikkö	Mitutoyo	542-075D
	92	1	Lineaarianturi LGF korkean resoluution 0,1 µm	Mitutoyo	542-161
B1	93	1	Photo-electric sensor - polarised - laser - Sn 1m - 12..24VDC - M8	Schneider Electric	XUYBCO929LSP
	94	1	Accessory for sensor - reflector - 50X50mm	Schneider Electric	XUY11111
B2	95	1	Paineikytkin	Moeller GmbH	MCS4
B3	96	1	Binäärinen pintavahti LI2142 sauvan pituus: L = 273 mm	IFM Electronic	LI0273--K-00KNPKG/US/WHG
B4	97	1	Binäärinen pintavahti LI2143 sauvan pituus: L = 481 mm	IFM Electronic	LI0481--K-00KNPKG/US/WHG
	98	2	Flange plate 54-52X52	IFM Electronic	E43007
S3	99	1	Valintakytkin 3 As., 2No	Schneider Electric	XB4BD53
S11, H11	100	1	Valop. Sininen, LED 24V, No+Nc	Schneider Electric	XB4BW36B5
S12, H12	101	1	Valop. Kelt., LED 24V, No+Nc	Schneider Electric	XB4BW35B5
S13, H13	102	1	Valop. Pun., LED 24V, No+Nc	Schneider Electric	XB4BW34B5

