

Tuomo Rehn

T068SN

KIERRÄTYSRAAKA-AINEEN
KOSTEUSMITTAUSJÄRJESTELMÄN
SÄHKÖSUUNNITELMA JA RISKIEN
ARVIOINTI

Opinnäytetyö
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2012




MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU

Mikkeli University of Applied Sciences

KUVAILULEHTI

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Opinnäytetyön päivämäärä 16.5.2012
Tekijä(t) Tuomo Rehn		Koulutusohjelma ja suuntautuminen Sähkötekniikan koulutusohjelma
Nimeke Kierrätysraaka-aineen kosteusmittausjärjestelmän sähkösuunnitelma ja riskien arviointi		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyöni tilaaja on Insinööritoimisto Metso Oy. Opinnäytetyöni tavoitteena oli sähkösuunnitelman ja riskien arvioinnin tekeminen kierrätysraaka-aineen kosteusmittausjärjestelmälle. Tein työn osana projektia, jonka tavoitteena oli edellä mainitun uuden järjestelmän toteutus.</p> <p>Uuden järjestelmän suunnittelussa täytyy ottaa huomioon tilaajan vaatimukset, laitteen sijoituspaikan vaatimukset, sekä konedirektiivin ja standardien asettamat vaatimukset. Kaikki vaatimukset vaikuttavat järjestelmään valittaviin materiaaleihin, rakenteisiin ja sähköisiin komponentteihin.</p> <p>Lähtötietojen perusteellinen kokoaminen on hyvän laitesuunnittelun perusta. Lähtötietojen perusteella tehty toiminnallisuuden vuokaavio auttaa suunnittelun edetessä jokaisessa suunnittelun osa-alueessa. Sähkösuunnittelussa vuokaavio tulee tarpeeseen rakennettaessa I/O-taulua. I/O-taulu käsittää kaikki järjestelmän ohjauslogiikan lähdöt ja tulot.</p> <p>Uuden järjestelmän suunnittelussa olennaista on riskien ja vaarojen arviointi. Riskejä arvioidaan standardien ohjeistamalla tavoilla. Riskejä pyritään pienentämään ensin mekaanisesti suojilla ym. turvatoimenpiteillä. Riskit, joita ei voi pienentää tarpeeksi mekaanisesti, pyritään minimoimaan sähköisillä turvalaitteilla.</p> <p>Järjestelmän sähkösuunnittelun aloitin komponenttien valinnalla. Suunnitelman tein AutoCAD-ohjelmistolla. Suunnitelma sisälsi mm. johdotus- ja piirikaaviot moottorilähdöistä, keskuskaaviot, logiikan johdotus- ja piirikaaviot ja hätäpysäytyskaaviot.</p> <p>Tekemääni riskienarviointia tullaan hyödyntämään kosteusmittausjärjestelmän turvallisuussuunnitelmaa laadittaessa. Tekemäni sähkösuunnitelma toteutetaan järjestelmään sellaisenaan.</p>		
Asiasanat (avainsanat) Sähkösuunnittelu, koneensuunnittelu, kierrätysmateriaalit, automaatio, riskinarviointi		
Sivumäärä 32+19	Kieli Suomi	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A6280
Huomautus (huomautukset liitteistä)		
Ohjaavan opettajan nimi Teemu Manninen		Opinnäytetyön toimeksiantaja Insinööritoimisto Metso Oy, Lappeenranta

DESCRIPTION

 <p>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis 16.5.2012
Author(s) Tuomo Rehn	Degree programme and option Electrical Engineering	
Name of the bachelor's thesis Electric plan and risk analysis of automated moisture measuring system for recycled material		
Abstract <p>The client of my thesis is Insinööritoimisto Metso Oy. I was part of a project which aim was to design a completely new machine. My role in the project was to analyze risks and design the electric plan for the machine.</p> <p>When designing a completely new machine one must consider many requirements; requirements of buyer, requirements of environment of the machine placement, and requirements of Machinery directive and standards. All requirements influence the chosen materials, structures and equipment of the machine.</p> <p>Thorough compilation of initial data is the basis of machine designing. A functional flow chart can be structured with the initial data to ease the planning process. Flow chart is beneficial e.g. when I/O-table is being compiled. I/O-table consists of all inputs and outputs of the machines programmable logic controller.</p> <p>Risk and danger assessment is vital when designing a new machine. Risks are being analysed with the tools and instructions provided by standards. Designers must strive to minimize risks first by mechanical protection. If such protection is inadequate, risks are minimized with additional electrical safety precautions.</p> <p>I started the electric planning with choosing of components. I used AutoCAD for the actual drawing of plans. Complete electric plan included among other things circuit and wiring diagrams for motors, electrical center drawing, circuit and wiring diagrams for logical controller and diagram for emergency stop functions.</p> <p>The risk assessment devised by me will be used for composition of safety plan for the machine. The electrical plan will be used as such for the implementation of the machine.</p>		
Subject headings, (keywords) Electric planning, machine planning, recycled materials, automation, risk assessment		
Pages 32+19	Language Finnish	URN URN:NBN:fi:mamk-opinn2012A6280
Remarks, notes on appendices		
Tutor Teemu Manninen	Bachelor's thesis assigned by Insinööritoimisto Metso Oy, Lappeenranta	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	1
2	JÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET JA LÄHTÖTIEDOT	3
2.1	Tilaaajan vaatimukset	3
2.2	Konedirektiivin ja standardien asettamat vaatimukset	5
2.2.1	Yleisiä vaatimuksia koneen suunnitteluun.....	5
2.2.2	Koneiden sähkölaitteistoja koskevat standardit	6
2.3	Ympäristön vaatimukset	7
2.4	Lähtötietojen perusteella koottu laitteen rakenteen ja prosessin kuvaus	8
2.4.1	Laitteen täyttö	10
2.4.2	Alkuasetelma.....	10
2.4.3	Paalien paikoitus	11
2.4.4	Porauspaikan etsintä.....	11
2.4.5	Poraus.....	11
2.4.6	Mittaus	12
2.4.7	Lopetus.....	12
2.4.8	Purku	12
3	TOTEUTUS	13
3.1	Vuokaavio.....	13
3.2	I/O-taulun laadinta	13
3.3	Riskien arviointi ja pienentäminen	14
3.3.1	Laitteen käyttötarkoitus	16
3.3.2	Vaarat.....	16
3.4	Turvallisuussuunnitelma.....	16
4	SÄHKÖSUUNNITELMA	19
4.1	Laittevalinnat	19
4.1.1	Moottorivalinnat	19
4.1.2	Taajuusmuuttajien valinta.....	21
4.1.3	Logiikan ja keskuksen osien valinta	22
4.1.4	Turvalaitteet ja –anturit.....	23
4.1.5	Muut anturit	24
4.1.6	Kaapelointi.....	25
4.1.7	Kotelointi	26

4.1.8	Radiovastaanotin.....	26
4.2	Sähkösuunnittelu.....	27
4.2.1	Pääkeskuskaavio	28
4.2.2	Moottoreiden johdotus- ja piirikaaviot	28
4.2.3	Jännitejakelu ja sisäinen johdotus.....	28
4.2.4	Logiikan johdotuskaavio.....	29
4.2.5	Logiikan piirikaavio.....	29
4.2.6	Johdotuskaaviot.....	29
4.2.7	Hätäpysäytyskaavio	30
4.2.8	Rakennekuvat.....	30
4.2.9	Laitteiden tiedot	30
4.2.10	Yhteenvedo suunnittelusta.....	31
5	POHDINTA	32
	LIITTEET	
	1 Järjestelmän toiminnan vuokaavio	
	2 Kaavio-otteet	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tilaaja on Insinööritoimisto Metso Oy, joka on Comatec Oy:n omistuksessa. Comatec Oy on kone- ja laitesuunnitteluun erikoistunut yritys, ja se työllistää n. 330 henkilöä Suomessa. Comatec Oy tarjoaa pääasiassa projektinhoito-, asiantuntija-, ja suunnittelupalveluita. Työelämäohjaajana toimi Insinööritoimisto Metson Lappeenrannan yksikön toimistopäällikkö Petri Lammi. Ohjausta sain Lammin lisäksi myös Imatran yksikön sähköosastolta. [1]

Alunperin opinnäytetyöni tavoitteena oli sähkö- ja turvallisuussuunnitelman tekeminen kierrätysraaka-aineen kosteusmittausjärjestelmään osana projektityötä. Projektin edetessä aihe päätettiin rajata sähkösuunnitelman ja riskien arviointiin lähinnä aikataulusyistä. Projektityön tilaaja oli konesuunnitteluun erikoistunut yritys, jonka kanssa projekti tehtiin yhteistyössä. Projektin läpivientiin osallistui 4 henkilöä; mekaniikkasuunnittelija ja sähkösuunnittelija(allekirjottanut) Insinööritoimisto Metsolta ja projektipäällikkö sekä automatio suunnittelija asiakasyrityksestämmme. Suunniteltavan järjestelmän tilaaja oli saksalainen kierrätysalan yritys. Tehtäviini kuului järjestelmän sähkösuunnittelun ja riskien arvioinnin ohella projektin osittainen dokumentointi sen edetessä.

Kierrätysraaka-aineen kosteusmittausjärjestelmä on täysin uusi laitekokonaisuus, mikä teki opinnäytetyön tekemisestä erittäin mielenkiintoista ja myös haastavaa. Järjestelmän tarkoitus on mitata kierrätysmateriaalipaalien sisäinen kosteus poraus- ja mittauslaitteiston avulla. Laite sijoitetaan ulkotiloihin katokseen, joten suunnittelussa täytyi painottua ulkotiloihin sopivien suojausmenetelmien ja toimilaitteiden valintaan.

Järjestelmän tarkoitus on selvittää siihen tuotavien kierrätysmateriaalipaalien sisäinen kosteus siinä olevan, erikoisvalmisteisen mittausanturin avulla. Samainen anturi pysyy myös selvittämään, paljonko paalissa on muovia ja tuhkaa. Tietojen avulla järjestelmän tilaaja voi optimoida ostoprosessia, koska materiaali ostetaan painon mukaan. Liian kosteasta tai epäpuhtauksia sisältävästä materiaalista voi huomauttaa materiaalin myyjälle. Materiaalin laadun lisääntyessä myös sen käsittelykoneiston vikatilanteet vähenevät, ja koko kierrätysmateriaalin käsittelyprosessin toiminta paranee. Toinen syy järjestelmän tarpeelle on käsin tehtävän mittaustyön vaivalloisuus ja sen aiheuttama työmäärä.

Opinnäytetyössäni selostan projektin etenemistä lähtötiedoista ja vaatimuksista toteutukseen asti, paneutuen erityisesti omaan osuuteeni, eli sähkösuunnitelman ja riskien arvioinnin tekemiseen. Sähkösuunnittelusta selostan laitteiden valinnasta ja piirustusten teosta. Käsittelen myös konesuunnitteluun liittyviä vaatimuksia ja määräyksiä.

2 JÄRJESTELMÄN VAATIMUKSET JA LÄHTÖTIEDOT

Uudelle koneelle vaatimuksia asettavat mm. koneen tilaaja, konetta koskevat turvallisuusvaatimukset ja standardit, budjetti, sekä ympäristö, johon kone sijoitetaan. Täydelliseksi koneeksi voi kutsua sellaista, joka täyttää kaikki vaatimukset. Pääpainopisteenä suunnittelussa on kuitenkin sen suunnittelu konedirektiivin mukaisesti täyttäen sen asettamat turvallisuusvaatimukset.

2.1 Tilaajan vaatimukset

Järjestelmän sijoituspaikka on tehdasalueen asvaltoitu piha. Laitteen tulee siis toimia moitteetta ulkoilmassa. Päävaatimuksena oli, että ennen käsikäyttöinen kosteus- ja epäpuhtausmittari automatisoidaan toimimaan itsenäisesti kahden kierrätysmateriaalipaalin mittauksessa. Tilaaja vaati myös, että koneessa ei olisi hydraulisia tai pneumaattisia komponentteja. Pelkästään elektromekaanisen laitteen suunnittelu asetti projektille haasteita, koska esimerkiksi monet paineilmalla hyvin yksinkertaisesti toteutettavissa olevat liikkeet tuli tehdä käyttäen sähkömoottoreita.

Tarpeen automatisointiin ymmärtää vanhan menetelmän kuvauksesta; Käsikäyttöinen mittari vaatii 500mm syvän reiän. Reiän poraamisen jälkeen reikään työnnetään kosteus- ja epäpuhtausmittari, ja sitä käännetään 180 astetta. Tämän jälkeen mittaustulos on valmis. Käsikäyttöisenä mittarin käyttö on vaivalloista, koska kierrätysmateriaalipaali voi olla erittäin kovaa, ja siihen 500mm syvän reiän poraaminen on todella työlästä. Laitokseen saapuu päivittäin noin 30 rekkakuormallista paaleja, joten mittaaminen vie luonnollisesti paljon työtunteja.

Tilaaja halusi laitteelle myös etäkäyttömahdollisuuden trukkiin, koska laitetta tulisi pääasiassa käyttämään kuorma-autoja purkavat trukkikuljettajat.

Seuraavalla sivulla on kaksi esimerkkiä käsiteltävistä paaleista. Porattavan materiaalin laadun vaihtelu asettaa monenlaisia vaatimuksia suunniteltavalle laitteelle. Poran täytyy toimia samalla tavalla materiaalista riippumatta. (Kuvat 1 ja 2)



Kuva 1: Paperisilppupaali



Kuva 2: Pahvipaali

2.2 Konedirektiivin ja standardien asettamat vaatimukset

Standardit ovat eri organisaatioiden ohjeita siitä, miten jokin asia tulisi tehdä tai valmistaa, tai miten jossakin tilanteessa tulisi toimia. Standardien avulla pyritään helpottamaan yhteiskunnan toimintaa aina yksittäisistä kuluttajista suuriin teollisuuden ja liike-elämän toimijoihin. [9]

Suomessa standardoimistustyötä ohjaa Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Käytännössä Suomessa käytössä olevat SFS-Standardit perustuvat mm. kansainvälisiin ISO- ja IEC-standardeihin, sekä eurooppalaisiin EN-standardeihin. [9]

Standardien mukainen suunnittelu helpottaa koneen huoltoa ja käyttöä, sekä parantaa sen turvallisuutta. Myös itse suunnittelu on helpompaa, koska suunnittelussa käytetyt tuotteet ja käytännöt ovat standardoituja.

2.2.1 Yleisiä vaatimuksia koneen suunnitteluun

Vaatimuksia koneen suunnitteluun Euroopassa asettaa Euroopan Unionin konedirektiivi. Lähes kaikki konesuunnitteluun liittyvät standardit pohjautuvat siihen. Konesuunnitteluun liittyviä standardeja on kaikkiaan yli sata. Pieni osa standardeista käsittelee kaikkia koneita, loput on yksilöity tiettytyypisille koneille.

Suomessa koneiden suunnittelussa noudatetaan SFS-EN ISO 12100-standardia liitteineen. Se sisältää koneturvallisuuteen liittyviä perusteita ja yleisiä suunnitteluperiaatteita. Standardin ensimmäinen osa 12100-1 sisältää peruskäsitteitä ja menetelmiä ja toinen osa 12100-2 sisältää tekniset periaatteet konesuunnitteluun liittyen. 12100 opastaa mm. riskien arvioinnissa ja minimoimisessa. Standardi SFS-ISO 14121-2 antaa käytännön opastusta riskien pienentämiseen ja oikeanlaisten suojaustoimenpiteiden valitsemiseen. [7]

SFS:n tiedote koneturvallisuusstandardeista vuodelta 2010 kiteyttää standardin SFS-EN 12100 edellyttämän kolmiportaisen suunnittelumetodin seuraavasti:

1. Ensisijaisesti poistetaan vaaroja tai pienennetään riskejä luontaisesti turvallisuus suunnittelutoimenpiteillä.
2. Käytetään suojausteknisiä toimenpiteitä ja täydentäviä suojaustoimenpiteitä jäljelle jääneiden riskien poistamiseksi tai pienentämiseksi.
3. Annetaan käyttäjille tietoa niistä vaaroista ja riskeistä. Joita suunnittelu- ja suojaustoimenpiteistä huolimatta jää, koneen turvallisen käytön varmistamiseksi. [4, s.7]

Tämä kolmiportainen suunnittelu toteutui myös suunnittelussa projektissamme. Mekaniikkasuunnittelija pyrki suunnittelemaan laitteen niin, että sen rakenteet poistavat mahdollisimman paljon vaaroja. Vaarat, joita ei voinut poistaa mekaanisesti, huomioitiin sähkösuunnittelussa lisäämällä turvateknisiä laitteita. Järjestelmää käyttöönottaessa tulevaisuudessa huolehditaan tarpeellisesta perehdytyksestä järjestelmän käyttäjille.

2.2.2 Koneiden sähkölaitteistoja koskevat standardit

Tärkein koneiden sähkölaitteistoja koskeva standardi on SFS-EN 60204-1, joka koskee koneiden sähkölaitteistojen yleisiä vaatimuksia. Standardi sisältää turvallisuusvaatimuksia koneen sähkölaitteiston rakenteelle ja määrittelee käyttöönottovaiheen todentamiset. Standardia SFS-EN 60204-1 sovelletaan koneen verkkoliitännästä lähtien. [2, s.85-86]

Sähköinfon Sähköasennukset 4-kirja listaa sivulla 86 koneiden sähköistykseen liittyviksi keskeisiksi standardeiksi edellä mainitun lisäksi seuraavat:

- SFS-EN 1037. Koneturvallisuus. Odottamaton käynnistymisen estäminen
- SFS-EN 12100-2. Koneturvallisuus. Perusteet ja yleiset suunnitteluperiaatteet. Osa 2: Tekniset periaatteet ja spesifikaatiot.
- SFS-EN 13850. Koneturvallisuus. Hätäpysäytyslaitteisto. Suunnitteluperiaatteet.
- SFS-EN ISO 13849-2. Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmän osat. Osa 1: Yleiset suunnitteluperiaatteet
- SFS-EN 999. Turvalaitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet. (Tämä standardi on korvattu standardilla SFS-EN ISO 13855.

Koneturvallisuus. Suojausteknisten laitteiden sijoitus ottaen huomioon kehon osien lähestymisnopeudet.)

- SFS-EN 1050. Koneturvallisuus. Riskien arvioinnin periaatteet (Tämä standardi on korvattu standardilla SFS-EN ISO 14121-2. Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä)
- SFS-EN 1088. Koneturvallisuus. Suojusten kytkentä koneen toimintaan. Suunnittelu ja valinta.
- SFS-EN 574. Koneturvallisuus. Kaksinkäsinhallintalaitteet. Toiminnalliset näkökohdat. Suunnitteluperiaatteet.
- SFS-EN 61310. Osat 1 ja 2. Koneturvallisuus. Merkinantaminen, merkitseminen ja vaikuttaminen.
- SFS-EN 60439-1. Jakokeskukset. Osa 1: Tyyppitestattujen ja osittain tyyppitestattujen keskusten vaatimukset
- SFS-EN 60439-3. Jakokeskukset. Kiinteistökeskukset. Erityisvaatimukset sähköalalla ammattitaidottomien henkilöiden käsiteltävissä oleville keskuksille

Suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös muita standardeja, kuten SFS-EN 62061, joka käsittelee ”turvallisuuteen liittyvien sähköisten, elektronisten ja ohjelmoitavien elektronisten ohjausjärjestelmien toiminnallista turvallisuutta”. SFS-EN 62061 ohjeistaa mm. sähköisten ohjauslaitteiden valinnassa, sekä niihin liittyvässä dokumentoinnissa.

Koneessa käytettävien toimilaitteiden ja antureiden kuuluu myös olla standardien mukaisia. Näitä standardeja en kuitenkaan käsittele työssäni.

2.3 Ympäristön vaatimukset

Järjestelmä tulee sijoittumaan ulkotiloihin, kierrätyslaitoksen piha-alueelle. (Kuva 3) Järjestelmä suojataan peltiseinäisellä katoksella, joka estää suurimman sade- ja lumi-kuorman laitteelle. Tämä asetti paljon vaatimuksia järjestelmän suunnitteluun. Ulkona järjestelmä on alttiimpi ympäristön eri vaikutuksille, kuten pölylle, sateelle ja irtonaiselle kierrätysmateriaalille. Myös lämpötilan vaihtelulla on oma vaikutuksensa mm. sähkölaitteille. Ympäristöolosuhteet vaikuttavat esimerkiksi koteloiden, kaapeleiden ja antureiden valintaan.

Sääolojen vaikutus järjestelmän antureihin selviää vasta käyttöönotossa. Vikojen tulevaa esiintymistä pyrin välttämään valitsemalla mahdollisimman hyvin ulkotiloissa suoriutuvat laite- ja anturimallit.

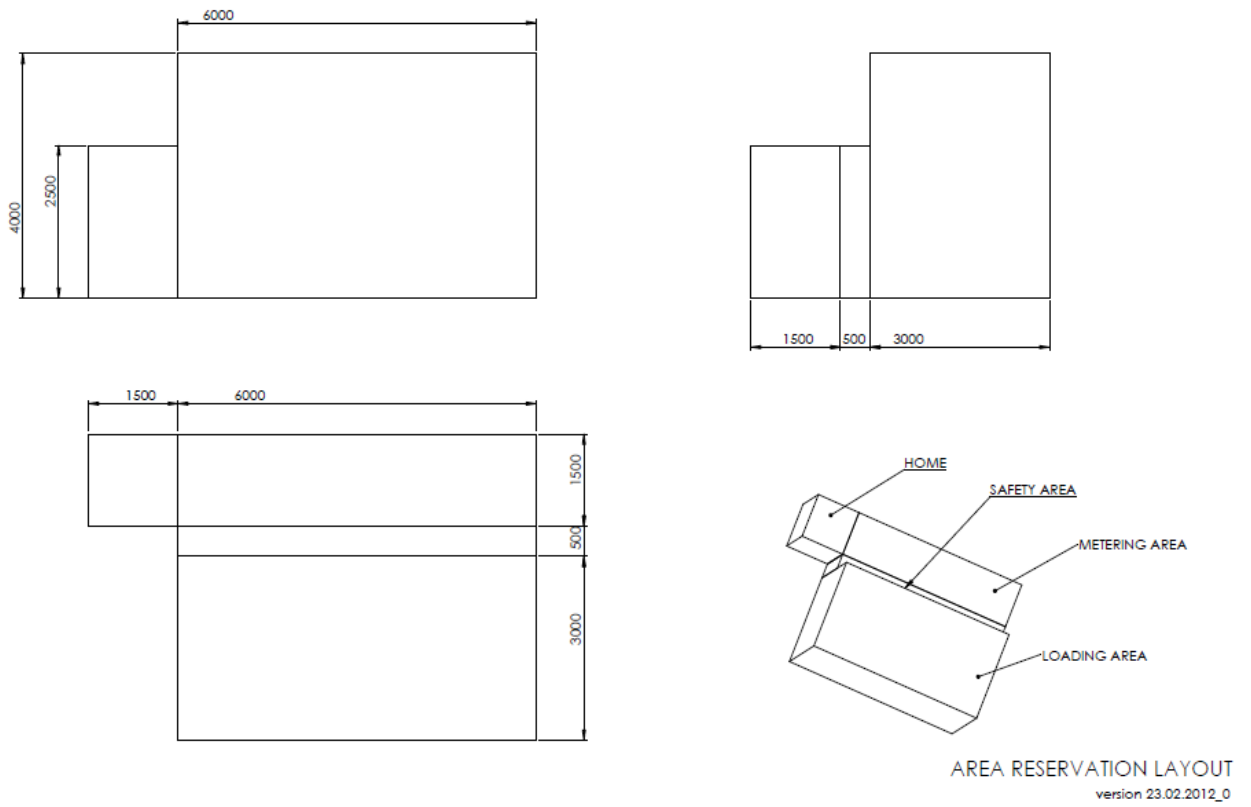


Kuva 3: Järjestelmän suunniteltu sijainti

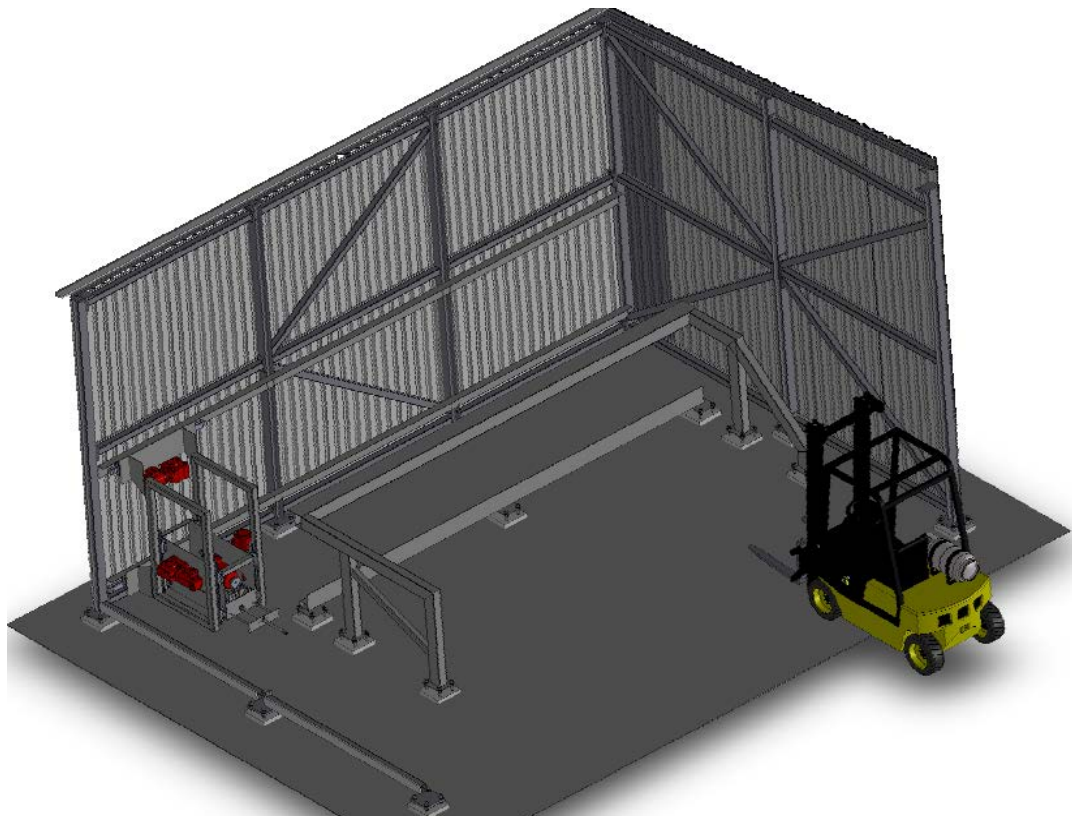
2.4 Lähtötietojen perusteella koottu laitteen rakenteen ja prosessin kuvaus

Kierrätysraaka-aineen kosteusmittausjärjestelmän tarkoitus on mitata järjestelmään tuotujen kierrätysraaka-ainepaalien kosteus. Lähtökohtana on, että mittaus tehdään mahdollisimman keskeltä paalia n. 500mm syvyydestä. Mittaus tapahtuu poran ja kosteusanturin avulla. Paalien koko vaihtelee, mutta pääasiassa ne ovat n. 1000x1000x1000mm. Laitteisto koostuu kuvassa 4 näkyvistä täyttöalueesta (loading area), mittaus-porauskelkan työalueesta (metering area), turva-alueesta (safety area), sekä kelkan kotiasemasta (home). Sähkökeskus ja mittaukseen liittyvä yläjärjestelmä sijoitetaan suunnitellun järjestelmän vieressä olevaan rakennukseen. (kuva 3)

Mittaus-porauskelkka sisältää poran ja mittapään pystysuoraan liikkuvassa kasetissa. Pora on sijoitettu ylimmäksi ja mittapää kasetin alaosaan, samalle linjalle poran kanssa. Kelkka on kuvassa 5 vasemmalla.



Kuva 4: Järjestelmän mitat



Kuva 5: Luonnos laitteesta

2.4.1 Laitteen täyttö

Trukki tuo täyttöalueelle (kuvassa 5 trukin ja kaiteen välissä) kaksi paalia. Trukki työntää paalit täyttöalueen perällä olevia vasteita vasten. Kun täyttöalue on täytetty, siirretään trukki kauemmas laitteesta.

2.4.2 Alkuasetelma

Aluksi koneen käyttäjä varmistaa, että laitteiston käynnistäminen on turvallista. Laitteiston sisäpuolella tai sen välittömässä läheisyydessä ei saa olla henkilöstöä. Käyttäjä huolehtii, ettei laitteistossa ole vieraita esineitä.

Virta on laitteessa oletuksena päällä, jos se on pääkeskuksesta kytkettynä. Aluevalvonta tulee kuitata aina virtojen kytkemisen jälkeen, muuten laite ei toimi. Jos kuittaus ei toimi, anturien edessä on jotain, tai ne ovat väärässä asennossa. Kun järjestelmä on kuitattu, kuittauspainikkeen valo alkaa palaa jatkuvasti. Laitteistolle on nyt ilmoitettu, että konetta voi turvallisesti käyttää.

Laitteen ollessa kotiasemassa täytön edessä olevat valokennot ovat passivoituna, mutta kelkan työalueen edessä oleva on aktiivinen.

Järjestelmä tarkastaa, että kaikki toimilaitteet ovat alkuoletusrajoilla. Jos ovat, paneeliin syttyy valo ”valmis ajoon”. Jos toimilaitteet eivät ole oletusrajoilla, on ne ajettava niihin käsiajolla. Käyttäjä voi valintakytkimellä vaihtaa paikallis- tai trukikäytön välillä. Jos konetta halutaan käyttää kauko-ohjauksella, aktivoidaan kauko-ohjaus ensin painamalla aktivointipainiketta ohjaimesta. Sen jälkeen valitaan paikallisesta ohjauspaneelistä ”trukikäyttö”. Nämä toiminnot täytyy suorittaa juuri tässä järjestyksessä hätäpysäytyspiirin toiminnallisuuden kannalta. Ainoastaan paikalliskäytössä toimilaitteiden käsiajo on mahdollista.

Kone käynnistetään painamalla ”start”-painiketta. Käyttövalo syttyy käyttöpaneeliin, ja punainen varoitusvalo täyttöalueen eteen merkiten, että kone on käynnissä. Järjestelmä ei kuitenkaan käynnisty, jos toimilaitteet eivät ole alkuoletusrajoilla.

2.4.3 Paalien paikoitus

Koneen käynnistyessä täytön edessä olevat valokennot aktivoituvat ja työalueen edessä oleva passivoituu. Kelkka liikkuu työalueen toiseen päättyyn skannaten laseretäisyysmittarien avulla paalien sijaintitiedot, leveydet ja korkeudet. Kelkka pysähtyy työalueen päädyssä. Saavuttuaan päättyyn järjestelmä laskee mittaustietojen perusteella optimaaliset porauspaikat paaleille (keskikohta).

2.4.4 Porauspaikan etsintä

Porauspaikalle on määritelty 200x200mm toleranssialue (Paalin keskikohta +-100mm vaaka(x)- ja pysty(y)-suunnassa). Kelkassa oleva kasetti nousee ensimmäisen paalin optimaaliselle porauskorkeudelle. Kasetissa on pysty(y)-suunnassa rivi induktioantureita pituudeltaan 200mm. Kelkka liikkuu kohti koti-asemaa, ohi ensimmäisen paalin optimaalisen porauspaikan. Näin induktioantureilla saadaan tarkistettua, onko porausalueella metalleja. Järjestelmä päättää mittaustietojen avulla porauspaikan, ja liikuttaa kelkkaa ja kasettia sen mukaisesti. Jos metallitonta porauspaikkaa (30mm halkaisijaltaan) ei löydy, järjestelmä hylkää paalin ja siirtyy käsittelemään seuraavaa paalia, tai kotiasemaan, jos kyseessä on viimeinen paali. Jos porauspaikka löytyy, kelkka ja kasetti liikkuvat niin, että poranterä tulee sopivan porauspaikan kohdalle.

2.4.5 Poraus

Pora käynnistyy ja uppoutuu paaliin. Upoama on noin 600mm. Päättyrajalle päästyään se pysähtyy ja liikkuu takaisin ulos paalista sisärajalle asti, jolloin pora lopettaa pyörimisen. Poran pyörimisestä ja uppoamasta saadaan logiikalle momenttitiedot. Jommankumman tai molempien momenttien kasvaessa liian suuriksi poran uppoutuminen pysähtyy ja pora palaa pyörien sisärajalle. Järjestelmä antaa virheilmoituksen. Poran lämpötila mitataan myös infrapuna-anturilla jokaisen porauksen jälkeen ja järjestelmä hälyttää, jos se on ylikuumentunut.

2.4.6 Mittaus

Poraustoiminnon päätyttyä kelkan mittaus-porausyksikkö siirtyy pystysuunnassa (y) niin, että anturi tulee poratun reiän kohdalle. Anturin mittaus kytkeytyy päälle. Anturi työntyy reikään, pysähtyy ääriasennossa ja kääntyy 180 astetta akselinsa ympäri. Mittaustuloksen valmistuttua anturi liikkuu takaisin sisärajalalle, mittaus katkeaa pois päältä ja anturi kääntyy takaisin 180 astetta. Järjestelmä lähettää mittaustiedon yläjärjestelmälle. Poraus- ja mittaustoiminnot toistuvat myös toiselle järjestelmään tuodulle paalille.

2.4.7 Lopetus

Viimeisen paalin mittauksen valmistuttua kelkka palaa takaisin kotiasemaan. Merkkivalot sammuvat käyttöpaneelissa ja täyttöalueen edessä valo vaihtuu vihreäksi. Järjestelmä nollautuu ja palautuu samaan tilaan kuin virran kytkemisen ja kuittauksen jälkeen.

2.4.8 Purku

Punaisen käyntivalon sammuttua ja vihreän sytyttyä trukki hakee paalit pois täyttöalueelta.

3 TOTEUTUS

Projektin alussa tehtäväni oli koota kuvailutietoja järjestelmästä. Kävimme projektiryhmän kanssa läpi järjestelmältä vaadittuja asioita. Samalla pohdittiin toteutustapoja vaadituille toiminnoille. Joitakin toteutusmahdollisuuksia oli jo mietitty valmiiksi ennen liittymistäni projektiin. Projektin ensimmäisinä päivinä kuvausta hiottiin tarkoituksenmukaiseksi toteutusta varten. Kuvauksen pohjalta laadimme vuokaavion, joka selvensi suunnitteluprosessia erityisesti sähkö- ja automaatio suunnittelun osalta. Vuokaavion avulla esimerkiksi antureiden ja toimilaitteiden valitseminen ja I/O-taulun tekeminen helpottui.

Mekaanisen suunnitelman valmistuttua aloitin sähkö- ja turvallisuussuunnitelmien työstämisen, jotka kulkevat käsi kädessä suunnittelun edetessä. Myöhemmin turvallisuuteen liittyvä osio rajattiin työssäni riskienarviointiin. Sähkösuunnitelmaa käsittelen tarkemmin kohdassa 4.

3.1 Vuokaavio

Vuokaavio helpottaa sähkö- ja automaatio suunnittelua. Sen avulla on helppoa nähdä, mitkä toiminnot tapahtuvat samaan aikaan ja minkä toiminnon on tapahduttava ennen toisen toiminnon alkua. Vuokaavioon on myös helppo tehdä muutoksia, kun suunnittelun edetessä ilmenee lisättävää tai virheitä. Vuokaavio on tässä työssä ensimmäisenä liitteenä (ks. liite 1).

3.2 I/O-taulun laadinta

I/O-taulun laadinta kannattaa aloittaa jo suunnittelun alkuvaiheessa, sillä se määrää hyvin paljon sähkösuunnittelussa ja laitteen ohjelmoinnissa. Käytännössä I/O-taulu muokkautuu pikkuhiljaa suunnittelun edetessä, ja lopullinen taulu voikin erota hyvin paljon ensimmäisestä. Tämän laitteen I/O-taulussa muuttui suunnittelun edetessä lähinnä antureiden määrä joiltakin osin, sekä I/O-osoitteiden järjestys. Välttyimme suurilta muutoksilta.

I/O-taulu on järkevää rakentaa johdotuksen ja logiikan lähtöjen ja tulojen kanssa yhteneväksi ja johdonmukaiseksi. Tässä järjestelmässä otin sen huomioon niin, että, suunnittelin kaikki kelkasta tulevat tiedot kulkemaan samalle logiikkakortille sekä myös samalle sulakkeelle. Hyvä suunnittelu helpottaa asentajan ja koneen huoltajan työtä.

3.3 Riskien arviointi ja pienentäminen

SFS-EN ISO 12100-standardin mukaisesti ”tehdäkseen riskin arvioinnin ja riskin pienentämisen suunnittelijan on toteutettava seuraavat toimenpiteet osoitetussa järjestyksessä:

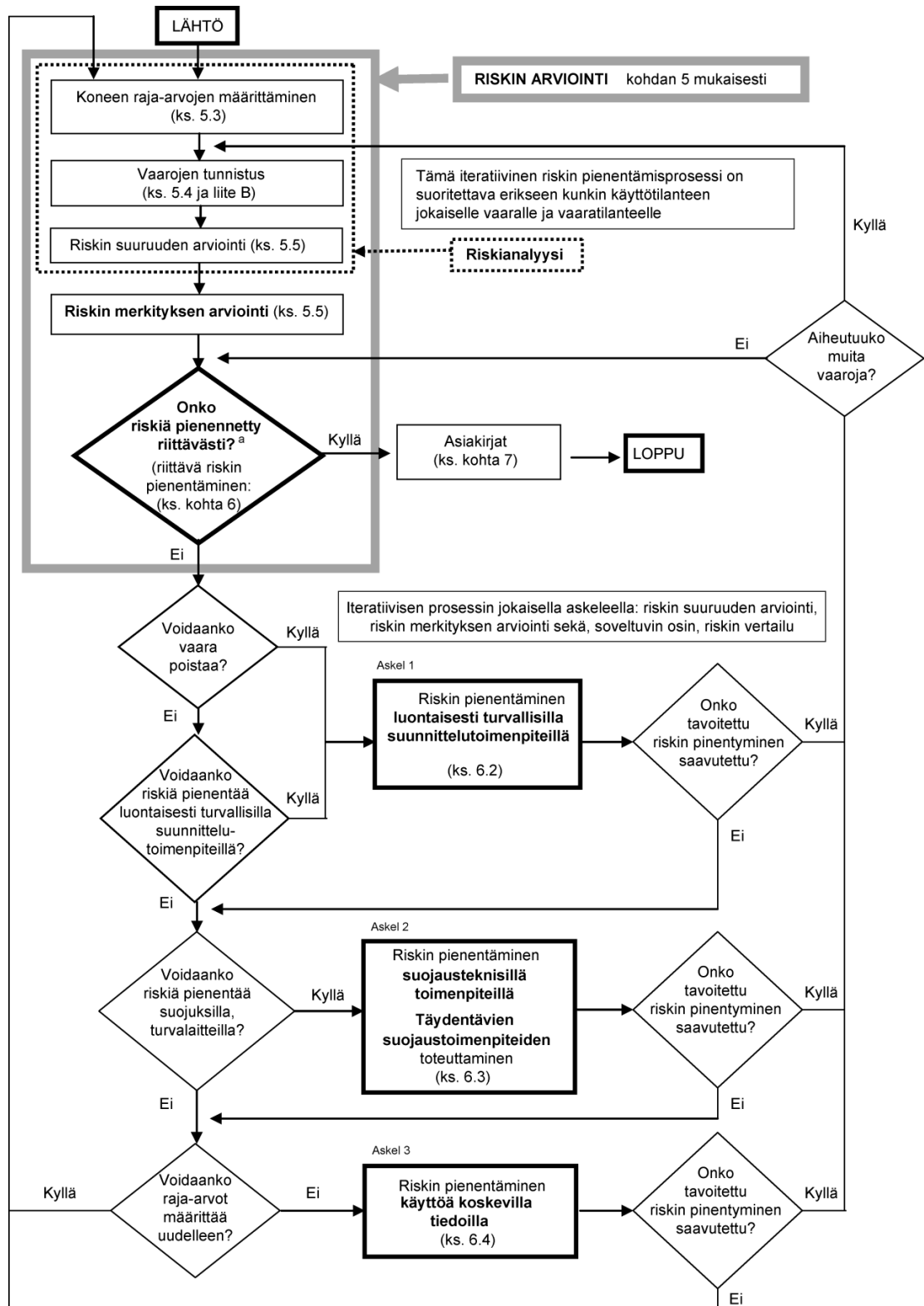
- a) määritettävä koneen raja-arvot, joihin sisältyvät tarkoitettu käyttö sekä kohtuudella ennakoitavissa oleva väärinkäyttö
- b) tunnistettava vaarat ja niihin liittyvät vaaratilanteet
- c) arvioitava riskin suuruus kunkin tunnistetun vaaran ja vaaratilanteen osalta
- d) arvioitava riskin merkitys ja tehtävä päätökset riskin pienentämisen tarpeesta
- e) poistettava vaara tai pienennettävä vaaraan liittyvää riskiä suojaustoimenpiteiden avulla.” [7 s.28]

Toimenpiteet suoritetaan tarvittaessa useamman kerran. Riskien arvioinnin jälkeen standardi ohjeistaa minimoimaan riskit. (ks. kuva 6) Riskien minimoiminen tehdään standardin mukaisesti ”ottaen huomioon seuraavat neljä tekijää tärkeysjärjestyksessä:

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

[7 s.28]

Käytännössä riskit pyritään minimoimaan heti suunnittelun alusta lähtien. Koneen mekaaniset rakenteet pyritään rakentamaan mahdollisimman turvallisiksi jo ennen sähköisten turvalaitteiden suunnittelua. Näin riskien pienentämisprosessi toistuu useasti suunnittelun edetessä. Suunnittelussa painotetaan koneen käyttäjän ja ympäristössä liikkuvien ihmisten turvallisuutta.



Kuva 6: ISO 12100:n mukainen riskin pienentämisprosessi [7 s.30]

3.3.1 Laitteen käyttötarkoitus

Standardin ISO 12100 mukaisesti uudelle laitteelle täytyy määritellä sille tarkoitettu käyttö ja mahdollinen väärinkäyttö. Tämän laitteen käyttötarkoituksia on vain yksi, ja se on automaattinen poraus- ja mittausprosessi. Laitteen käyttötapoja on kaksi, ja ne ovat paikallis- ja kaukokäyttö. Laitetta on hyvin vaikeaa käyttää väärin, muutoin kuin yrittämällä käyttää sitä poraamaan jotain muuta, kuin kierrätysmateriaalia. Laite ei esimerkiksi tee ollenkaan poraus-toimintoa, jos täyttöalue on tyhjä.

Huolimaton käyttö on mahdollista, varsinkin kaukokäytöllä, jolloin käyttäjä saattaa esimerkiksi olla välinpitämätön turvallisuuden suhteen.

3.3.2 Vaarat

Koneessa on paljon vaaratekijöitä. Jos henkilö jostain syystä joutuu kelkan työalueelle, on hänellä suuri tapaturmavaara puristumisen ja muun mekaanisen vamman seurauksena, johtuen kelkan liikkeistä. Nämä vaarat pyritään poistamaan mekaanisilla suojuuksilla ja sähköisillä turvatoimenpiteillä.

Täyttöalueen edessä vaaratilanteita aiheuttaa lähinnä trukkiliikenne. Koneita on tarkoitettu käytettäväksi joko paikallisesti tai trukista, joten liikkuminen täyttöalueen editse pitäisi olla vähäistä. Työkierron ollessa käynnissä täyttöalue on suojattu valokennoin.

3.4 Turvallisuussuunnitelma

Koneen turvallisuus otetaan huomioon koko suunnitteluprosessin ajan. Olennaista turvallisuussuunnittelussa on riskien arviointi, vaarojen analysointi ja turvallisuusvaatimusten määrittely. Nämä toimet eivät ole pelkästään projektin alussa tehtäviä töitä, vaan ne jatkuvat aina projektin päättymiseen asti, ja joiltakin osin myös käyttöönoton jälkeen. Alun perin työni aiheeseen kuului täydellisen turvallisuussuunnitelman tekeminen, mutta projektin aikataulumuutosten ja keskeneräisyyden takia en voinut sitä

tehdä. Tässä kappaleessa olen kuitenkin koonnut laitteen turvalliseen käyttöön nähdessä olennaisia asioita ja ratkaisuja niihin.

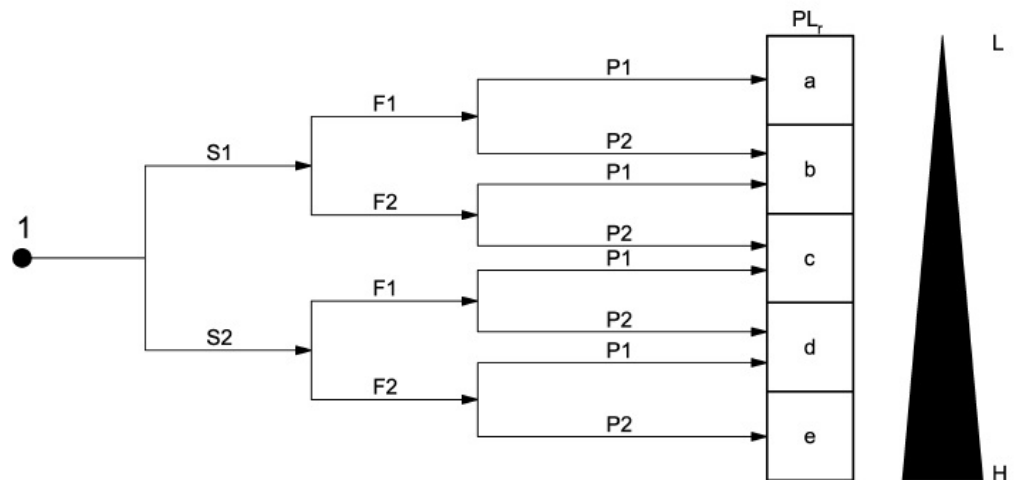
Projektin edetessä vaaralliseksi alueeksi määriteltiin kelkan työalue, koska siellä käyttäjän tai muun ihmisen on mahdollisuus joutua puristuksiin tai saada muu mekaaninen vamma liikkuvasta kelkasta porineen. Tämä alue suojataan mekaanisesti kelkan kotiaseman edessä suoja-aidalla. Suoja-aitaan asennetaan huolto-ovi työalueen puhdistamista ja laitteiden huoltoa varten. Turvallisuutta lisätään huolto-oveen asennetulla turvalogiikkaan kytketyllä turvakytkimellä.

Riski-alttiiksi alueeksi määriteltiin täyttöalue. Täyttöalueen etuosa on täysin avoin, joten ilman lisäsuojauksia ihminen voi kulkea myös järjestelmän ollessa käynnissä täyttöalueelle. Täyttöalue päätettiin suojata kahdella yksisäteisellä valokennolla, jotta hätäpysäytys aiheutuisi heti, kun joku pyrkii tai harhailee täyttöalueelle.

Kelkan työalueen ja täyttöalueen välissä ei ole muuta mekaanista suojaa, kuin paaleille tarkoitetut vasteet. Ihmisen on mahdollista kulkea työalueelle vasteiden välistä järjestelmän purkamisen ja täyttämisen välissä. Vasteiden väliin päätettiin asentaa työalueen editse kulkeva yksisäteinen valokenno, joka aktivoituu työkierron päätyttyä, suojaten työalueen työkiertojen välissä. Turvallisuutta päätettiin lisätä turvainduktiivisella, joka asennetaan kelkan kotiasemaan. Näin työalue on kaksoisvarmistettu, koska täytön valokennot passivoituvat vasta, kun kelkka on kotiasemassa ja työalueen valo-verho on aktiivinen.

Konedirektiivin mukaisesti kone on varusteltava vähintään yhdellä hätäpysäytys-painikkeella. Tähän järjestelmään päätettiin asentaa hätäpysäytinpainikkeet ohjauspulpettiin täytön vierelle ja toinen painike täytön toiselle puolelle. Lisäksi yksi hätäpysäytinpainike asennetaan ohjauskeskuksen kanteen. Luonnollisesti myös radio-ohjain on varustettu hätäpysäytinpainikkeella. Hätäpysäytyksen pystyy kuittaamaan vain yhdestä paikasta, ohjauspulpetissa sijaitsevalla kuittauspainikkeella.

ISO 13849-1 ohjeistaa määrittämään jokaiselle turvatoiminnolle tarvittavan suoritus-tason (PL_r). Tarvittava suoritus-taso määritetään arvioimalla riskiä, jolle turvatoimintoa suunnitellaan. ISO 13849-1-standardin liitteessä A esitetty riskigraafi kuvaa johdon-mukaisesti arviointiprosessia. (kuva 7)



Merkintöjen selitys

- 1 aloituskohta turvatoiminnon osuuden arvioimiseksi riskin pienentämisessä
- L osuus riskin pienentämisessä pieni
- H osuus riskin pienentämisessä suuri
- PL_r vaadittava suoritustaso

Riskiin liittyvät muuttujat

- S vamma 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

Kuva 7: ISO 13849-1:n mukainen Riskigraafi vaadittavan suoritustason PL_r määrittämiseksi turvatoiminnolle [6 s.100]

Turvajärjestelmät jaotellaan PL-tasojen mukaisesti viiteen ryhmään symbolein a-e. Luokan a ollessa suoritustasoltaan heikoin, e on paras. Vaadittujen suoritustasojen PL_r selvittyä riskien arvioinnin jälkeen voidaan koneelle valita vaatimusten mukaiset, tai suorituskyvyltään paremmat turvatoimilaitteet.

Koska turvaohjaimeksi valittiin SICKin flexisoft-turvalogiikka, suoritustaso voidaan nostaa jopa PL e-tasolle. Kaikki turvalogiikkaan liitetyt anturit kykenevät myös PL e-tason suoritukseen.

Lisää tietoa turvalaitteisiin liittyen on tämän työn kohdassa 4.1.4.

4 SÄHKÖSUUNNITELMA

Sähkösuunnitelman tilaukseen kuului kaikki järjestelmän johdotus- ja piirikaaviot lukuun ottamatta valaistusta, maadoitusta ja syöttävän kaapelin määrittystä. Komponenttien valinnat eivät periaatteessa kuuluneet minulle, mutta jotta suunnittelu sujuisi jouhevasti, on valintojen tekeminen lähes pakollista. Sähkösuunnitelman tekeminen alkoi tarvittavien antureiden ja toimilaitteiden määrittämisellä ja valinnalla. Pyrkimyksenä oli mahdollisimman edullinen ratkaisu, jossa antureiden määrä olisi mahdollisimman pieni, kuitenkin huonontamatta koneen turvallisuutta. Antureiden ja toimilaitteiden fyysinen sijainti suunniteltiin yhdessä mekaniikkasuunnittelijan ja automaatio-suunnittelijan kanssa.

4.1 Laittevalinnat

Laittevalinnoissa kriteerinä oli tunnettujen ja laadukkaiden komponenttien käyttö. Osa komponenteista oli jo ennalta määritetty ja monien valintaan sain paljon apua niin Insinööritoimisto Metson kuin asiakasyrityksemme puolelta. Digitaalisille antureille toivottiin PNP-kytkentää ja analogisille 4-20mA virtatiedon käyttöä.

4.1.1 Moottorivalinnat

Moottorivalinnat kuuluvat periaatteessa mekaniikkasuunnittelijalle, mutta olin mukana myös niiden valintaprosessissa.

Asiakasyrityksemme toivoi, että koneen pääliikkeet tehtäisiin käyttäen oikosulkumoottoreita. Pääliikkeitä ovat koneen vaakaliike, eli kelkan liikerata paalien editse, pystyliike, eli keltassa olevan kasetin liike pystysuorassa ja poran liike paaliin päin. Kelkan liikerata nimettiin X-liikkeeksi, korkeussuunnan liike Y-liikkeeksi ja poran liike paaliin päin Z-liikkeeksi. Näiden liikkeiden lisäksi tarvittiin vielä yksi oikosulkumoottori poran pyöritystä varten.

Liikemoottorit täytyy varustaa alennusvaihteella, jotta saavutettaisiin sopiva pyörimisnopeus ja vääntö tarvittaville liikkeille. Moottoreiden pyörimisnopeudet, väännöt ja tehot määritti mekaniikkasuunnittelija.

Kiteytettynä koneen tarvitsemat oikosulkumoottorit ovat:

1. Poran moottori, joka pyörittää hihnavälityksellä paaleihin uppoutuvaa poraa n. 3000 kierrosta minuutissa.
2. Vaakaliikkeen, eli x-liikkeen moottori, joka liikuttaa laitteistoa paalien editse.
3. Pystyliikkeen, eli y-liikkeen moottori, jolla poraa ja mittapäätä nostetaan ja lasketaan sopivalle poraus- ja mittauskorkeudelle.
4. Poran työntömoottori, eli Z-liike, jossa pora työntyy paaliin päin.

Pystyliikkeen moottori pitää varustaa mekaanisella jarrulla, jotta mahdollisen sähkökatkon sattuessa poran ja mittapään sisältävä kasetti ei putoaisi alas. Moottoreiden tarvittaviksi tehoiksi projektin alussa määritettiin:

1. Poran moottori 2,2kW.
2. Vaakaliikkeen moottori 1,1kW.
3. Pystyliikkeen moottori 1,1 kW.
4. Poran työntömoottori 0,75kW.

Moottoreiden määritykseen käytimme alussa mm. SEWin drivegate-ohjelmistoa, jonka avulla sopivan vaihteen ja moottorin valinta lisävarusteineen oli helppoa. Tarvittava vääntö laskettiin 50hz taajuudelle. Määrittämiemme moottoritietojen mukaan asiakasyrityksemme pyysi tarjouksen kolmelta eri moottoritoimittajalta. Tilaus tehtiin loppujen lopuksi NORDilta. Tilausperusteena ei ollut pelkästään hinta, vaan myös toimitusaika ja laatu olivat tärkeitä kriteereitä.

Projektin loppuvaiheilla saimme lisävaatimuksen; moottoreita täytyi pystyä ajamaan 20-100hz taajuusalueella täydellä väännöllä, pois lukien poran moottorin ja y-liikkeen moottorin. Poran pyöritysmoottorin tehoa päätettiin myös lisätä tarvittavan väännön saavuttamiseksi. NORDin avustuksella teimme uudet moottorivalinnat, ja niiden tehoiksi saatiin:

1. Poran moottori 4kW.
2. Vaakaliikkeen moottori 4kW.
3. Pystyliikkeen moottori 1,1kW, jarrulla.
4. Poran työntömoottori 1,5kW.

Kaikki moottorit lukuun ottamatta poran moottoria päätettiin varustaa termistoreilla ja vakionopeuspuhaltimella. Termistoreilla pystytään valvomaan moottorin lämpötilaa ja pystytään siten ehkäisemään sen vioittuminen. Vakionopeuspuhallin on välttämätön, kun moottoreita ajetaan pienellä taajuudella. Pienellä taajuudella normaali moottorin akseliin kiinnitetty puhallin ei kykene jäähdyttämään moottoria tarpeeksi. Vakionopeuspuhaltimen käyttö vähentää myös mahdollisen lentelevän materiaalisilpun joutumista moottoriin.

Oikosulkumoottorien lisäksi järjestelmään tarvittiin kaksi muuta moottoria, mittapään kääntö- ja työntömoottori. Näihin toimintoihin mietittiin paljon erilaisia vaihtoehtoja. Servojärjestelmä olisi ehdottomasti ollut paras, mutta se todettiin liian kalliiksi ratkaisuksi näin pienelle osaprosessille, varsinkaan kun liikkeiden ei tarvitse olla kovin tarkkoja. Ratkaisuksi löydettiin tavalliset 24V tasavirtamoottorit vaihteella, joita ohjataan releillä. Moottoreiden pyörimissuuntaa muutetaan yksinkertaisesti vaihtamalla napaisuutta. Tämä ratkaisu todettiin riittäväksi tarkkuuden ja budjetin kannalta.

4.1.2 Taajuusmuuttajien valinta

Taajuusmuuttajiksi oikosulkumoottoreille valitsin ACS 355-sarjan taajuusmuuttajat. Valintaa perustelen ACS 355:n kohtuullisella hinnalla ja mahdollisuudella käyttää hätäpysäytykseen STO(Safe torque off)-toimintoa. STO on SIL 3-tason turvatoiminto, joka katkaisee jännitteen moottorilta deaktivoituessaan. SIL 3-taso vastaa PL e-tasoa. STO:n käyttö hätäpysäytyksessä karsii huomattavasti komponentteja järjestelmästä. Tavallisesti taajuusmuuttajaa ennen on kytketty kontaktori, jolla hätäpysäytyksen satuesssa katkaistaan jännite. STO-toiminnon ansiosta taajuusmuuttajalle ei tarvita muita etukojeita, kuin erottimet, jotka tässä järjestelmässä ovat tavalliset kolmivaiheiset johdonsuojakatkaisijat.

STO ei kuitenkaan katkaise taajuusmuuttajan syöttöjännitettä, joten esimerkiksi huoltotöitä tehdessä on syöttö katkaistava käyttäen erotinta. Taajuusmuuttajan ja moottorin väliin asennettu turvakytkin on niin ikään huoltoa varten. Nämä tiedot on hyvä sisällyttää koneen käyttöohjeisiin.

ACS 355 kykenee myös lukemaan termistoria suoraan ilman erillistä termistorirelettä, kunhan moottoreissa on käytetty kaksinkertaista eristystä. Tämä on hyvä ominaisuus komponenttien määrän kannalta. Vastaavasti moottoreiden puhaltimien ohjaus voidaan toteuttaa ACS 355:n digitaalilähdöllä apurelettä ohjaten. ACS 355 on varustettu tavallisella relelähdölläkin, mutta sillä ei suositella ohjaamaan induktiivista kuormaa.

Automaatiosuunnittelijan toivomuksesta taajuusmuuttajat varustetaan profibus-väyläsovittimilla ja etupaneeleilla. Profibus-väylän käyttö vähentää huomattavasti kaapelointitarvetta, koska sen kautta pystytään käyttämään kaikki tarvittavia taajuusmuuttajan ominaisuuksia.

4.1.3 Logiikan ja keskuksen osien valinta

Logiikaksi oli ennalta määritetty Siemensin S7-300 sarjan cpu 315-2 pn/dp muun muassa sen profibus-liitännän takia. Tarvittavat tulo- ja lähtökortit määritin tarvittavien toimilaitteiden ja anturien selvittyä.

Logiikan osat:

- 24V 5A virtalähde
- CPU 315-2 pn/dp
- 2 kpl 32 digitaalitulon kortti
- 1 kpl 32 digitaalilähdön kortti
- 1 kpl 8 analogitulon kortti

Järjestelmän säätöjä ja vikatietoja ym. varten keskuskaapin oveen asennetaan kosketusnäyttö Siemens MP277. Tämä laite toimii ethernet-yhteydellä.

Keskuksen pääkytkimeksi valitsin HAGERin SB363:n ja johdonsuojakatkaisijoiksi HAGERin MBN- ja MCN-sarjan katkaisijat. 24 voltin laitteiden syöttöä varten valitsin Phoenix contactin QUINT-PS/1AC/24DC/10-tasajännitelähteen.

Moottoreiden vakionopeuspuhaltimille valitsin suojausta ja käyttöä varten ABB:n MS132-moottorisuojat yhdistettynä AF09-sarjan kontaktoreihin.

4.1.4 Turvalaitteet ja -anturit

Laitteen turvallisuuden takaamiseksi on olemassa monenlaisia vaihtoehtoja. Yksinkertaiseen turvaamiseen riittää tavallisen turvareleen käyttö, joka katkaisee virrat kaikilta toimilaitteilta.

Tähän järjestelmään valitsin kuitenkin SICKin Flexisoft-turvalogiikan. Valinta perustui paljolti SICKin edustajan antamaan esittelyyn laitteen hyödyistä. Turvalogiikan avulla kaikki turvallisuuteen liittyvät anturit saadaan kytkettyä omaksi kokonaisuudekseen. Turvalogiikkaan on myös tarvittaessa helppo lisätä turvalaitteita. Flexisoftiin voidaan lisämoduulien avulla kytkeä maksimissaan 144 tuloa.

Flexisoft testaa turvalaitteita tasaisin väliajoin pulssilla. Tämä lisää turvallisuutta huomattavasti. Jokainen hätäpysäytyspainike kytketään Flexisoftin testiliittimeen(x) ja input-liittimeen(i). Painikkeet voidaan myös kytkeä perinteisesti ketjuun, mutta erillinen kytkentä tuo yksilöintimahdollisuuksia ja parantaa turvallisuutta.

Tärkein syy Flexisoftin valintaan on kuitenkin sen ohjelmoitavuus. Tässä järjestelmässä oli tarve saada passivoitua osa turvalaitteista työkierron päätyttyä, ja saada ne taas aktivoitumaan sen alkaessa. Flexisoftissa tämän toteuttaminen tapahtuu muutamalla ohjelmointimuuttujalla.

Itse turva-antureiksi laitteeseen valittiin automaatio suunnittelijan avustuksella täyttöalueen eteen kaksi paria ja poran työalueen eteen yksi pari yksisäteisiä valoverhoja mallia SICK L41. Näistä täyttöalueen edessä olevat passivoituvat työkierron lopussa ja poran työalueen pari vastaavasti aktivoituu. Näin saadaan riittävä suojaus myös koneen ollessa pysähdyksissä.

Liikkuvan kelkan kotiasemaan päätettiin valita turvainduktiivinen, jonka täytyy olla aktiivinen, kun täytön valoverho passivoidaan työkierron lopussa. Turvainduktiivinen on SICKin valmistama ja mallia IN40-D0101K.

Pääsy mittaus-porauslaitteiston radalle on estetty aidoin. Huolto-ovi täytyy luonnollisesti varustaa turvakytkimellä, joka kertoo sen avautumisesta turvalogiikalle. Tähän valitsin SICKin i11s-kytkimen.

Turvallisuuteen liittyvät myös laitteiston vaakasuoran liikkeen kiskon mekaaniset päätyanturit, joilla estetään laitteiston ajautuminen liian pitkälle. Nämä kytketään kuitenkin PLC:n tuloihin, eikä turvalogiikkaan, syystä että laite saadaan käsiajolla ajettua rajalta pois. Pääasiassa kelkan sijaintitiedosta kiskolla huolehtii profibus-absoluuttianturi.

4.1.5 Muut anturit

Antureiden tärkein valintaperuste oli hyväksi koettujen toimittajien käyttö. Suurimman osan antureista valitsin SICKiltä, koska koko turvajärjestelmä tulee sieltä.

Sekä vaaka-, että pystysuora liike kartoitetaan pulssiantureiden avulla. Kartoituksen ja etäisyysmittareiden avulla porauspaikat saadaan määritettyä. Pulssianturien malliksi valitsin PROFIBUS-väylään kytkettävän SICKin A3M60B-sarjan monikierrosabsoluuttianturin. Alun perin järjestelmään oli kaavailtu inkrementtiantureita, mutta totesimme profibusväyläisen absoluuttiantureiden tulevan yhtä edullisiksi, koska ne eivät vaadi erillistä laskentakorttia logiikalle. Absoluuttiantureiden myötä myös koneen paikoitustarkkuus paranee.

Etäisyysmittarit paalien paikoitusta varten oli automaatio suunnittelija määrittänyt valmiiksi. Ne ovat SICKin valmistamia ja mallia DT50-P1113. DT50 on laseretäisyysmittari ja kyseinen malli kykenee 7 metrin tunnistusetäisyyteen.

Metallinetsintään täytyi löytää induktioanturit mahdollisimman pitkällä tunnistusetäisyydellä, kuitenkin erottelukyvyltään riittävä löytämään n. 5mm paksuiset metallilangat, joilla paalit on sidottu. Monilla valmistajilla ilmoitetaan tunnistusetäisyydeksi

jopa 60mm, mutta sen toteutuminen vaatii yleensä ison metallisen kohteen. Soittokieroksen avulla selvisi, että pienemmän metallikappaleen tunnistamiseen 40mm etäisyys on realistinen. Tämän tiedon perusteella valitsin anturien malliksi SICKin IM30-40NPS-ZC1:n. Tämän anturin luvataan tunnistavan jopa ohuen metallilangan 40mm etäisyydellä. Todellisuus selviää testauksessa.

Kaikkien liikkeisiin liittyvien induktiivisten rajojen malliksi valitsin SICKin IME18-12NPSZC0K:n. Se on edullin malli ja sillä on hintaan nähden hyvä tunnistusetäisyys; 12mm.

Poran lämpötilan mittausta varten tarvittiin kosketukseton anturi. Tähän valitsin IFM:n infrapuna-anturin, joka toimii digitaalisena säädettävällä laukaisulämpötilalla. Myöhemmin muutin tämän kuitenkin NOKEVALin toimittamaksi 4-20mA virtaviestillä toimivaksi infrapuna-anturiksi asiakasyrityksemme pyynnöstä. Analoginen mittaus tuo enemmän mahdollisuuksia lämpötilatiedon käyttöön esimerkiksi laitteen testauksessa.

Järjestelmän tärkein osa, eli kosteus- ja epäpuhtausanturi, tulee saksalaiselta Paper Technology Specialists-yritykseltä. Anturi on n. metrin pituinen kytkentäkotelointeen ja sen tiedot syötetään sille tarkoitetulle tietokoneelle, joka puolestaan kommunikoi logiikan kanssa.

4.1.6 Kaapelointi

Kaapelien valinta oli lähes vaikein osa-alue komponenttien valinnassa. Kelkkaan menevien kaapeleiden täytyi olla joustavia ja myös pakkasenkestäviä liikkuvassa asennuksessa, johtuen sijoituksesta energiansiirtoketjuun. LappKabelin tuotteista löysin jokaiseen käyttötarkoitukseen sopivan kaapelin. Kaapeloinnissa kannattaa yrittää käyttää mahdollisimman paljon samantyyppisiä kaapeleita, jotta asennuksessa vältetään epämääräisten johtokelojen kasaantumisesta.

Termistoreilla varustettuihin moottoreihin valitsin ÖLFLEX-FD 755 CP-kaapelit, joissa on moottorien syöttökaapelien mukana kaksi paria suojattuja ohjauskaapeleita. PTC-termistoreista saatava lämpötilatieto saadaan näitä ohjauskaapeleita pitkin. Kaik-

ki moottorikaapelit ovat EMC-häiriösuojattuja, joka vaaditaan taajuusmuuttajakäyttöille. Ohjauskaapelit kelkkaan olivat pääasiassa ÖLFLEX 110 H-tyyppiä, joka on pakkasenkestävää ja taipuisaa, sekä halogeenitonta ja palosuojattua.

Kiinteisiin asennuksiin ohjauskaapeleiksi valitsin ÖLFLEX CLASSIC 110-kaapelit. Kaapeli on taipuisaa ja numeromerkittyä. Molemmat ominaisuudet helpottavat asennusta. M12-liittimellä varustetuille antureille valitsin SICKiltä tarvittavat kaapelit valmiilla liittimillä. Antureille, joissa ei ole liittintä, valitsin ÖLFLEX CLASSIC 110-kaapelit.

PROFIBUS-väyläkaapelit keskuksessa tyypitin Siemensin kaapeleiksi. Väyläkaapeleiksi keskukselta kelkkaan tyypitin pakkasenkestävää ja taipuisaa LappKabelin UNITRONIC-BUS FD P L2/FIP-PUR-vaippaista kaapelia. PUR-vaippainen kaapeli kestää hyvin mekaanista kulutusta.

4.1.7 Kotelointi

Kotelot valitsin kaikki saksalaiselta RITTALilta. Ohjauskeskuksen kaapiksi valitsin 1800 mm korkean, 1000mm leveän ja 400mm syvän kaksiovisen teräskaapin. Tämä kaappi oli juuri riittävän suuri kaikille keskuksen tuleville komponenteille. Ohjauspulpetiksi katokseen valitsin yksiosaisen valmiin 800mm leveän teräspulpetin. Kyt-kentäkoteloksi kelkkaan valitsin pienikokoisen polyuretaanikotelon.

4.1.8 Radiovastaanotin

Tilaajan vaatimukseen sisältyi trukkipäätön mahdollisuuteen. Markkinoilla on monenlaisia kauko-ohjausjärjestelmiä. Tärkeää konesuunnittelussa on valita malli, jossa täyttyy konedirektiivin asettama ehto:

”Langattomassa ohjauksessa on aikaansaattava automaattinen pysäytys, jos oikeita ohjaussignaaleja ei saada tai jos yhteys menetetään.” [3, kohta 1.2.1]

Tämä tarkoittaa sitä, että vastaanottimessa on oltava turvarele, joka kytketään hätäpysäytyspiiriin. Rele sulkeutuu, kun radio-ohjain kytketään käyttöön. Jos ohjaimen hätäpysäytyspainiketta painetaan, tai vastaanotin menettää yhteyden ohjaimeen, rele aukeaa aiheuttaen hätäpysäytyksen.

Radiovastaanottimen mallia pohdittiin yhdessä automaatio suunnittelijan kanssa, ja lopulta päätimme ottaa ranskalaiselta Jay Electroniquelta. Vaihtoehtona oli mm. saksalainen Hedtronic.

4.2 Sähkösuunnittelu

Laitevalintojen jälkeen aloitin itse suunnittelun. Suunnittelussa käytin AutoCADin 2011 versiota. Avuksi suunnitteluun sain Insinööritoimisto Metson sähköryhmän päälliköltä valmiita AutoCAD-blokkeja sekä malleja esimerkiksi piirikaavioista. Ennen piirtämistä tutkinkin useita päiviä vanhoja kuvia, jotta piirtäminen sujusi paremmin. Apua suunnitteluun sain myös kirjoista ”Teollisuuden sähköasennukset” ja ”Sähköasennukset 4”.

Ensimmäiseksi sain ohjeen tehdä suurpiirteisen layoutin keskuksesta ja johdotuksesta, sekä alustavan pääkeskuskaavion. Suurpiirteinen kaavio johdotuksesta auttaa myöhemmin monien kuvien piirtämisessä, koska sen avulla tietää alustavasti, mistä minne johtojen kuuluu kulkea. Myös antureiden ja toimilaitteiden sijaintia on hyvä luonnostella paperille.

Edellä olevien jälkeen aloitin moottoreiden johdotus- ja piirikaavioiden, ja sitä myöten myös logiikan johdotus- ja piirikaavioiden tekemisen. Projektin edetessä laitteeseen tuli muutamia muutoksia, jotka luonnollisesti täytyi korjata kaikkiin kuviin. Kun tultiin pisteeseen, että enempiä muutoksia ei tule, tein ulkoisen johdotuksen kaaviot. Kaikki kuvat hyväksyin ryhmäpäälliköllä niiden valmistuttua.

Kaikista kaaviosarjoista olen ottanut esimerkkisivut tämän työn liitteeksi. Kuvien pohjat ja mallit ovat Insinööritoimisto Metson käyttämät. Kaiken kaikkiaan sähköpiirustuksia kertyi 50 sivua, joten liitteinä onkin vain osa kuvista.

4.2.1 Pääkeskuskaavio

Pääkeskuskaavion ensimmäiseltä sivulta ilmenee mm. keskuksen tiedot, rakenne, kotelointiluokka ja asennustapa. Seuraavilla sivuilla, tässä tapauksessa seuraavalla yhdellä sivulla on taulukko sulakkeista ja nimityksistä. Taulukosta ilmenee myös sulakkeiden koot ja niiltä lähtevät kaapelit. (ks. Liite 2, sivut 1-2)

4.2.2 Moottoreiden johdotus- ja piirikaaviot

Moottorien johdotus- ja piirikaavioiden esimerkiksi valitsin pystyliikkeen moottorin piirustuksen. (ks. Liite 2, sivut 3-4) Pystyliikkeen moottori on varustettu mekaanisella jarrulla, termistoreilla ja vakionopeuspuhaltimella, joten se oli moottorikaavioista haastavin.

Ensimmäisellä sivulla on nähtävissä taajuusmuuttajan (-A1) ja ohjausreleiden (-K20-K21) johdotus- ja piirikaaviot, sekä jarrun toimintaan liittyvät kytkennät. Itse moottori on kuvassa alhaalla (-M1). Toisella sivulla on puhaltimen johdotus- ja piirikaavio moottorisuojineen (-F2) ja kontaktoreineen (-K1).

Ketjutettu Safe Torque Off-piiri näkyy myös taajuusmuuttajan symbolissa johtoviiteinä X1C-liittimissä. Moottorikaavioita oli kaikkiaan 5, mukaan lukien mittapään liikkeisiin tarkoitettujen 24V moottoreiden kytkentäkaavio.

4.2.3 Jännitejakelu ja sisäinen johdotus

Keskuksen sisäisistä laitteista on piirrettävä jännitejakelu- ja johdotuskaavio. (ks. Liite 2, sivut 5-6) Ensimmäisellä sivulla on kuvattu 230 voltin laitteet sulakkeineen. Toisella sivulla on 24 voltin tasavirtalähteen sulakelähdöt nollaliittimiseen.

4.2.4 Logiikan johdotuskaavio

Logiikan johdotuskaavion ensimmäisellä sivulla on esitetty logiikan kortit teholähteestä eteenpäin. (ks. Liite 2, sivut 7-8) Lisäksi kuvassa on näkyvillä PROFIBUS-hierarkia, sekä profinet-kytkentä keskuksen käyttöpaneelille. Seuraavilla sivuilla on korttikohtaiset kuvat logiikan tuloista ja lähdöistä. Tulot ja lähdöt johdotetaan riviliittimiin, joista sitten johdotetaan eteenpäin toimilaitteille ja antureille. Tähän työhön olen sisällyttänyt yhden esimerkkikuvan johdotuskaavioista.

4.2.5 Logiikan piirikaavio

Logiikan piirikaaviossa (ks. Liite 2, sivu 9) on nähtävillä kaikki logiikan lähdöt ja tulot, ja komponentit joihin ne liittyvät. Kuvassa ne myös nimetään selkokielisesti tulojen yläpuolelle ja lähtöjen alapuolelle. Kuvaan merkitään myös kaikki liitännöihin liittyvät riviliittimet ja muut kytkentäpisteet. Kuvassa ylhäällä on esitetty tulot ja alhaalla lähdöt.

4.2.6 Johdotuskaaviot

Insinööritoimisto Metson mallien mukaisesti kaikille koteloille tehdään myös ulkoisen johdotuksen kaavio. Tähän suunnitelmaan tein ulkoisen johdotuksen kaaviot ohjauskeskukselle, kelkan kytkentäkotelolle ja ohjauspulpetille. Liitteenä esimerkkinä on ohjauskeskus EC1:n ulkoisesta johdotuksesta yksi sivu (ks. Liite 2, sivu 10). Kaapeleiden jokaisen käytössä olevan johtimen pää merkataan joko värillään tai numerolla, ja viereen merkitään liitin, johon kyseinen johto kytketään. Kaapelia ilmaisevan viivan yläpuolelle on kirjoitettu kaapelin nimi ja viivan alapuolelle kaapelin tyyppi. Ainakin antureille meneville kaapeleille on myös hyvä kirjoittaa alapuolelle selkokielinen opastusteksti.

Johdotuskaavion avulla asentajan on helppo kytkeä kaapelit, koska kaavioista näkyy jokaisen kaapelin jokaisen johtimen kytkentäpiste.

4.2.7 Hätäpysäytyskaavio

Hätäpysäytyspiirin kaavio käsittää kaikki hätäpysäytykseen liittyvät anturit, releet ja ohjaimet (ks. liite 2. sivu 11). Tässä järjestelmässä on SICKin flexisoft turvalogiikka, johon on kytketty yksi tulo- ja lähtömoduuli ja yksi pelkkä tulomoduuli. Ehdotin myös profibus-moduulin lisäystä, jonka kautta olisi saanut esimerkiksi yksilöityä tietoa siitä, mikä hätäpysäytin on laukaistu. Sille ei kuitenkaan nähty tarvetta.

Logiikan piirikaavion tapaan kuvasta voi nähdä kaikki liittimet pisteinä ja johtimet, jotka liittyvät kytkentöihin.

4.2.8 Rakennekuvat

Jokaisesta kaapista, kotelosta ja ohjausyksiköstä tehdään sähkösuunnitelmaan rakennekaaviot (ks. liite 2, sivut 12-13). Rakennekaavio on usein kaksiosainen; ensimmäinen kuva on kotelon tai kaapin ulkoasu painikkeineen ja toinen kuva on samaisesta kotelosta sisäkuva, josta näkyvät kaikki sisällä olevat laitteet ja liittimet. Nämä kuvat tein suunnittelun alkuvaiheessa, koska ne selkeyttävät esimerkiksi johdotuksen suunnittelua huomattavasti. Toki kuviin tuli myös paljon muutoksia esimerkiksi releiden määrän lisääntyessä.

4.2.9 Laitteiden tiedot

Sähkösuunnitelman liitteeksi lisätään myös kaikkien komponenttien ja laitteiden tiedot, eli datalehdet. Datalehdet voi ladata yleensä suoraan valmistajan verkkosivuilta. Datalehtiä tarvitsee myös suunnittelussa, sillä niistä selviää laitteiden toiminta, käyttörajat ja kytkennät.

4.2.10 Yhteenveto suunnittelusta

Suunnittelu sujui mielestäni hyvin. Alussa suunnittelu oli tietenkin hidasta, sillä oppiminen vei suuren osan ajasta. Pikkuhiljaa suunnittelu rutinoitui ja nopeutui suunniteluohjelman komentojen tullessa tutuksi.

Tärkeää suunnittelussa on johdonmukaisuus. Suunnittelussa kannattaa asettaa välietappeja, joiden mukaan etenee. On järkevää rakentaa esimerkiksi moottorien johdotus- ja piirikaaviot ennen niiden ohjaukseen liittyviä logiikan piirikaavioita. Samoin kaavioiden numerointi kannattaa tehdä johdonmukaiseksi. Kaikkiin kaavioihin on hyvä lisätä tarvittavat viittaukset alusta lähtien, jotta ei tarvitse myöhemmin niitä miettiä ja etsiä. Komponentteja valitessa on hyvä pyrkiä valitsemaan mahdollisimman paljon samalta toimittajalta, kuitenkin ottaen huomioon myös kustannukset. Komponenttien datalehdet kannattaa kerätä talteen heti valintahetkellä.

Eniten vaikeuksia suunnittelussa aiheutti johdotuksen suunnittelu. Laitteessa on useita kytkentäpaikkoja ja antureita, joten luonnollisesti ohjausjohtimia tuli paljon. Myös hätäpysäytyspiirin rakentaminen tuotti jonkin verran vaikeuksia lähinnä vaaditun kaukokäytön takia, mutta siitä selvisin valitsemalla turvaohjaimeksi turvalogiikan.

Ongelmista huolimatta onnistuin hyvin selkeän ja johdonmukaisen suunnitelman tekemisessä.

5 POHDINTA

Mielestäni oli hienoa päästä suunnittelemaan täysin uutta konetta. Työn aihe oli todella monipuolinen, ja projektin edetessä se yllätti minut laajuudessaan positiivisesti. Opin todella paljon sekä sähkösuunnittelusta, että konesuunnittelusta ja toimimisesta osana projektiryhmää. Sähkösuunnittelun kannalta tutuksi tulivat erityisesti moottori-käytöt ja turvallisuuteen liittyvät asiat. Huomasin, että suunnittelussa tarvitaan paljon ongelmanratkaisukykyä ja luovuutta, jotta saadaan aikaiseksi selkeä ja johdonmukainen suunnitelma.

Projektityöskentelyssä huomasin, että kommunikointi on erittäin tärkeää, eikä mitään kannata pitää itsestään selvyytenä. Pienetkin muutokset omalla vastuualueella on hyvä ilmoittaa projektin muille jäsenille. Yhteistyö muiden suunnittelijoiden kanssa on aina hyödyllistä, ja sillä ohitetaan monia kompastuskiviä.

Teknisesti suunnitellussa järjestelmässä ei ole mitään uutta, mutta kokonaisuutena se on täysin uusi järjestelmä. Innovatiivisen järjestelmästä tekee se, että siinä on pyritty parantamaan vanhaa toimintapaa nopeuttamalla ja helpottamalla sitä automatisoinnin kautta. Tätä kirjoittaessani testauslaitteisto on jo rakenteilla, mutta valitettavasti näillä näkymin en pääse näkemään sitä toiminnassa. Toivon, että tekemäni suunnitelma täyttää sille asetetut vaatimukset.

LÄHTEET

- [1] Comatec Oy:n verkkosivut
<http://www.comatec.fi>
Luettu 30.4.2012
- [2] Kauppila, Tiainen & Ylinen
Sähköasennukset 4
- [3] Konedirektiivi: 2006/42/EY
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006L0042:FI:HTML>
Luettu 16.5.2012
- [4] SFS Tiedote: Koneturvallisuuden standardit 2010
<http://www.sfs.fi/files/63/KoneTstand021111.pdf>
Luettu 28.4.2012
- [5] SFS-EN 60204-1: Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset
- [6] SFS-EN ISO 13849-1: Koneturvallisuus. Turvallisuuteen liittyvät ohjausjärjestelmien osat. Osa1: Yleiset suunnitteluperiaatteet
- [7] SFS-EN ISO 12100: Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen
- [8] SFS-ISO 14121-2: Koneturvallisuus. Riskin arviointi. Osa 2: Käytännön opastusta ja esimerkkejä menetelmistä
- [9] Suomen Standardisoimisliiton verkkosivut
<http://www.sfs.fi/>
Luettu 28.2.2012

Järjestelmän toiminnan vuokaavio

1. TÄYTTÖ

Trukki tuo kaksi paalia täyttöalueelle

Häiriöt/hälytykset kaikissa tapauksissa käyttäjöpäätteeseen.

2. ALOITUS

Käyttäjä kytkee virran päälle sähkökeskuksesta viereisestä rakennuksesta

Virran merkkivalo syttyy	Kuittauspainike vilkkuu	Virta ohjausjärjestelmälle
--------------------------	-------------------------	----------------------------

Käyttäjä kuittaa aluevalvonnan / hätäpysäytyksen kuittauspainikkeella

Kuittauspainike lopettaa vilkkumisen	Virta päälle toimilaitteille	Valvonta kytkeytyy päälle
--------------------------------------	------------------------------	---------------------------

Valintakytkin: Trukki- vai paikalliskäyttö

Molemmissa käyttöpisteissä: Start, hätäpysäytys, (käyttövalot)

Vain hätäpysäytys toimii molemmissa käytön aikana, muut toiminnot valitussa

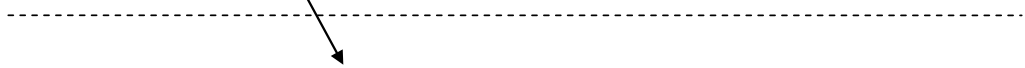
Järjestelmä tarkistaa, että kaikki toimilaitteet ovat oikeilla rajoilla, eikä ole muita virheilmoituksia, esim tamut

Kyllä

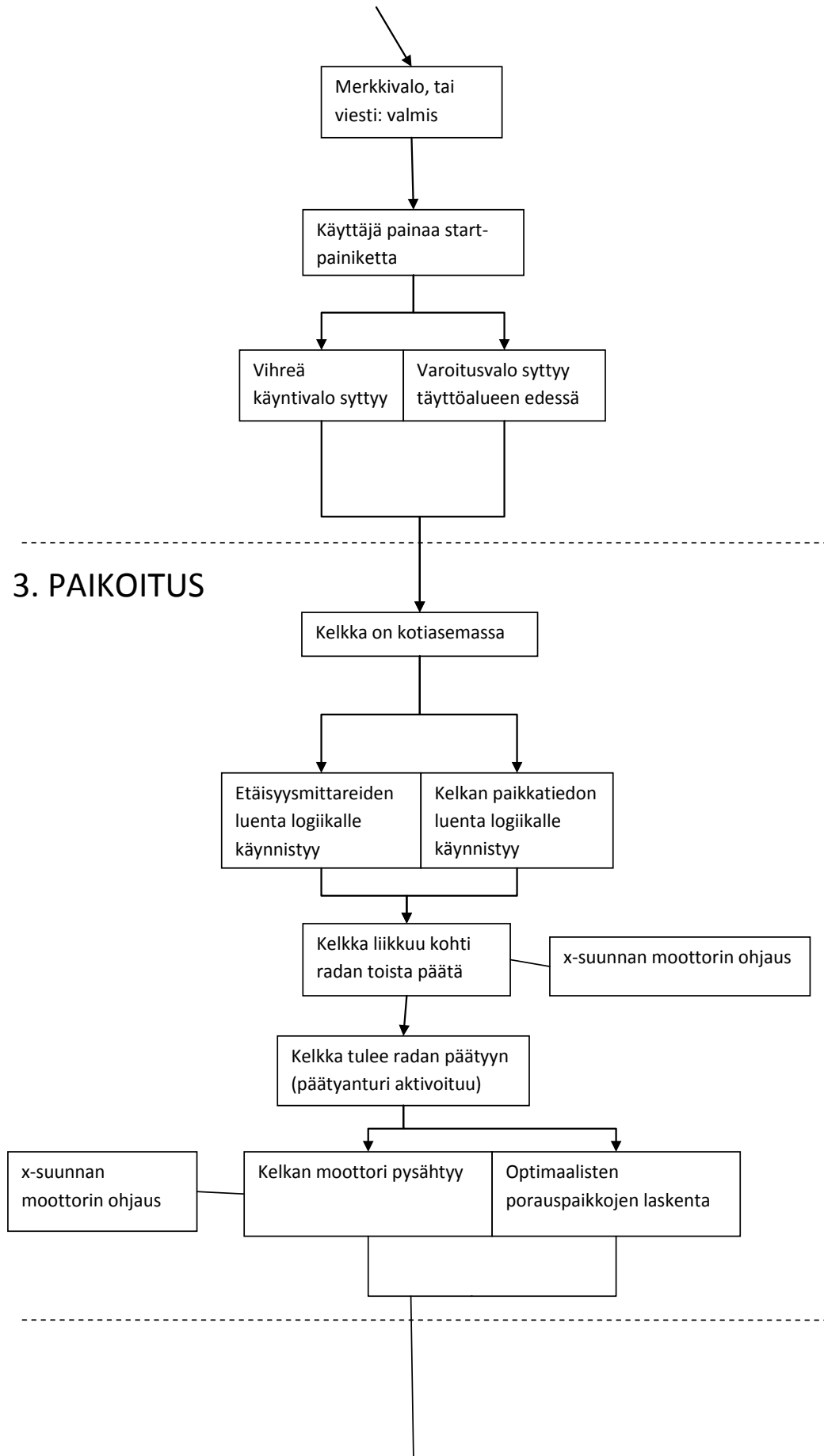
Ei

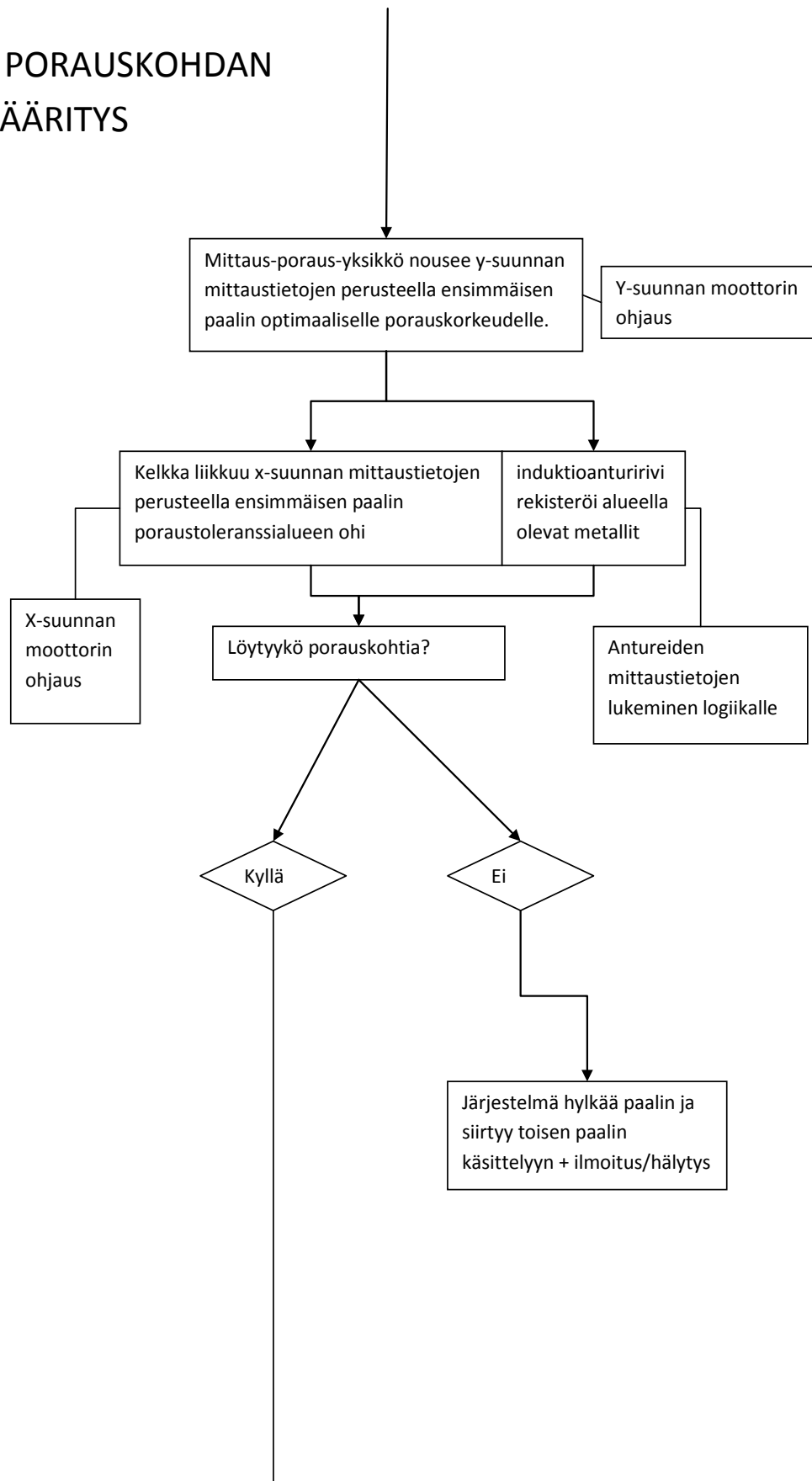
Punainen vikavallo päälle

Käsiäjo rajoille paikalliskäytöstä

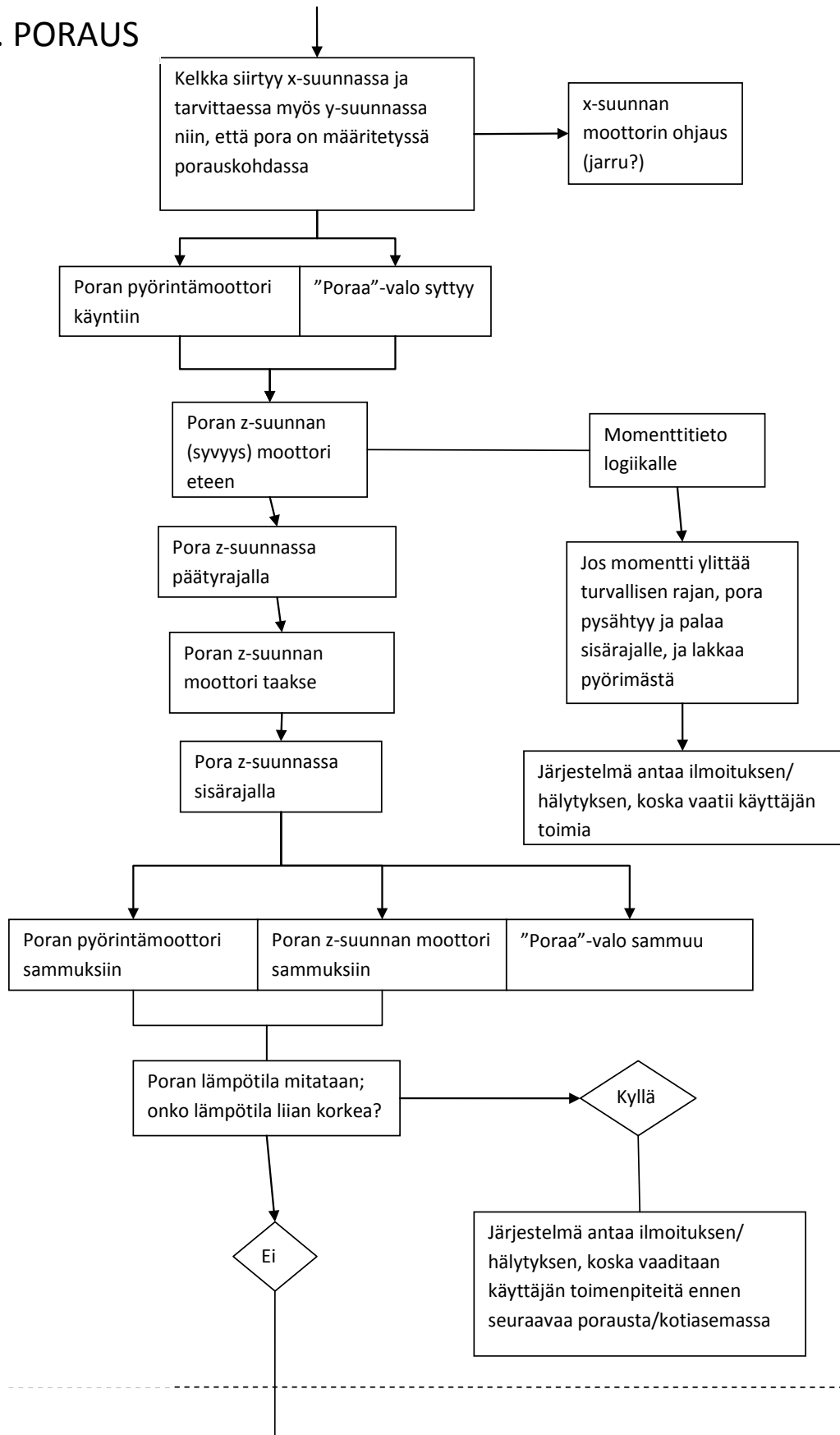


Järjestelmän toiminnan vuokaavio

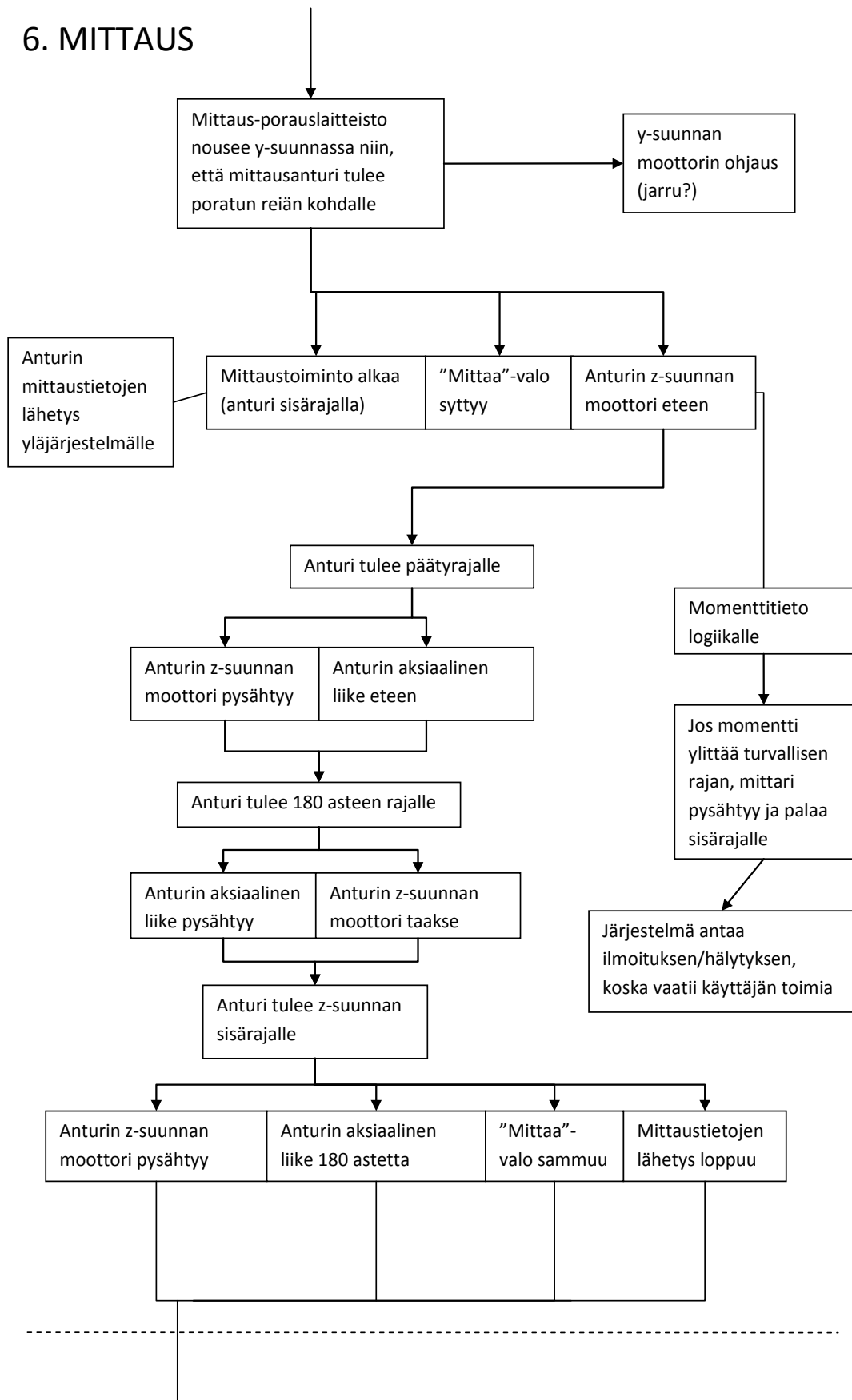


4. PORAUSKOHDAN
MÄÄRITYS

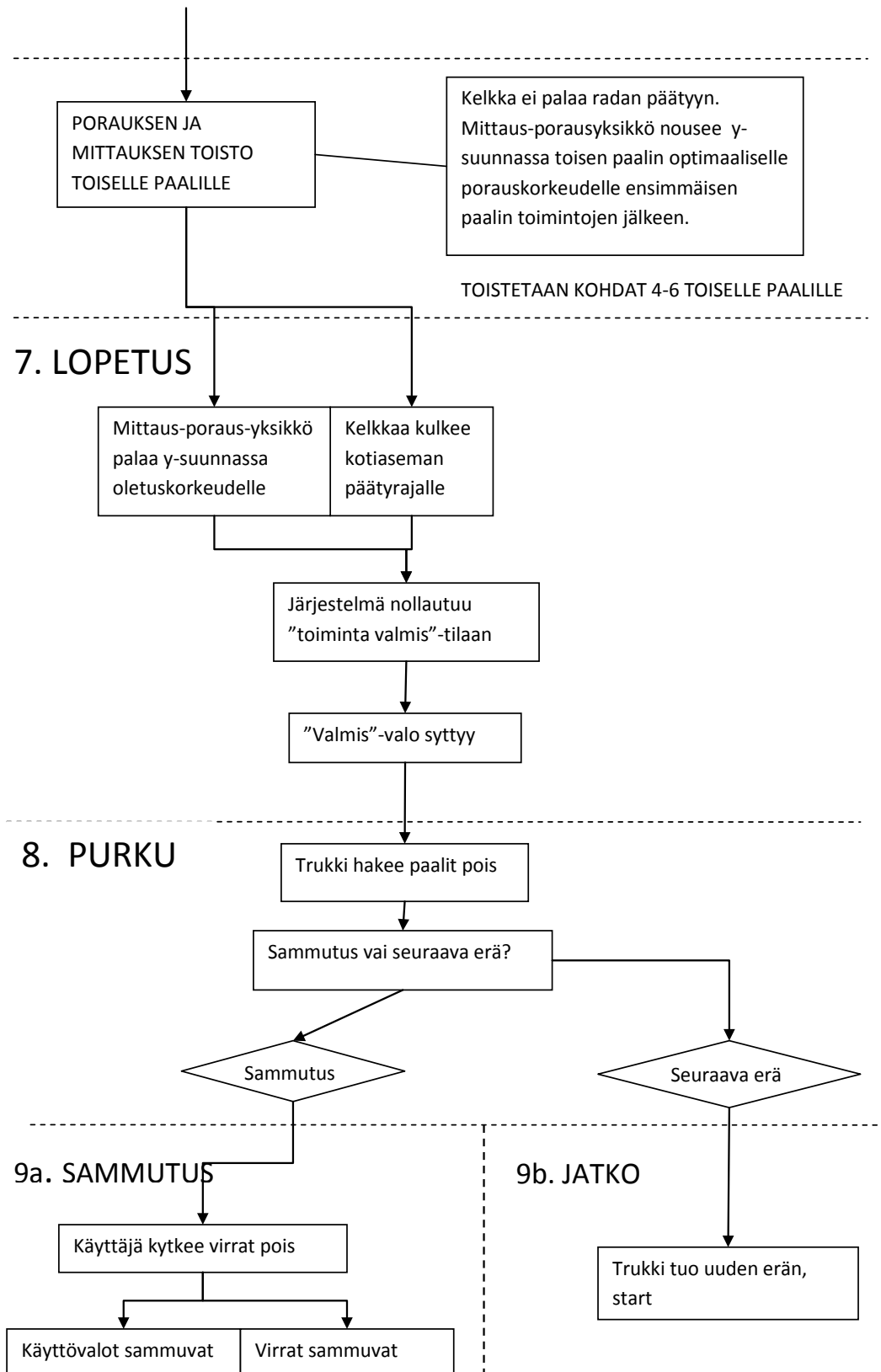
5. PORAUS




6. MITTAUS

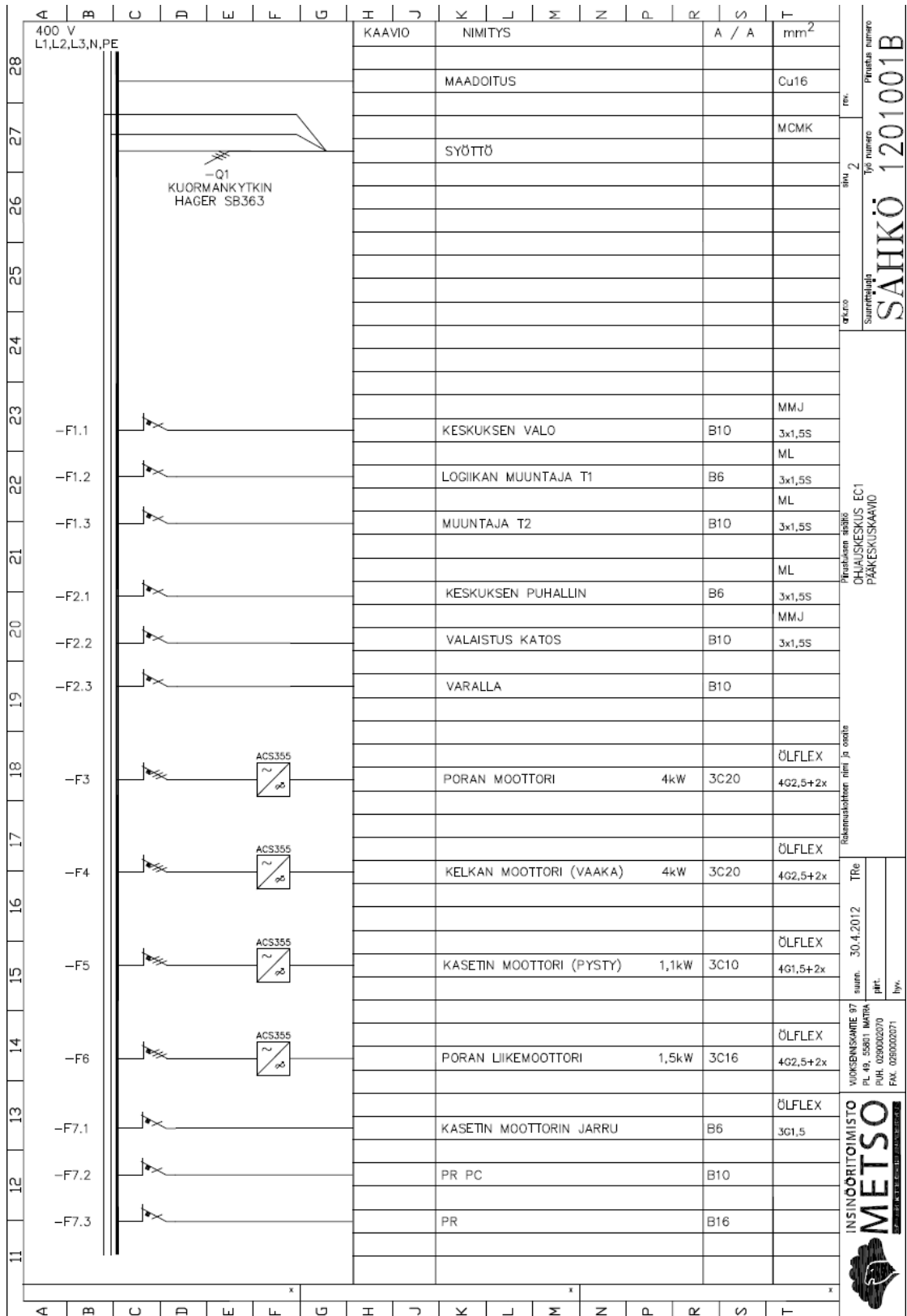


Järjestelmän toiminnan vuokaavio

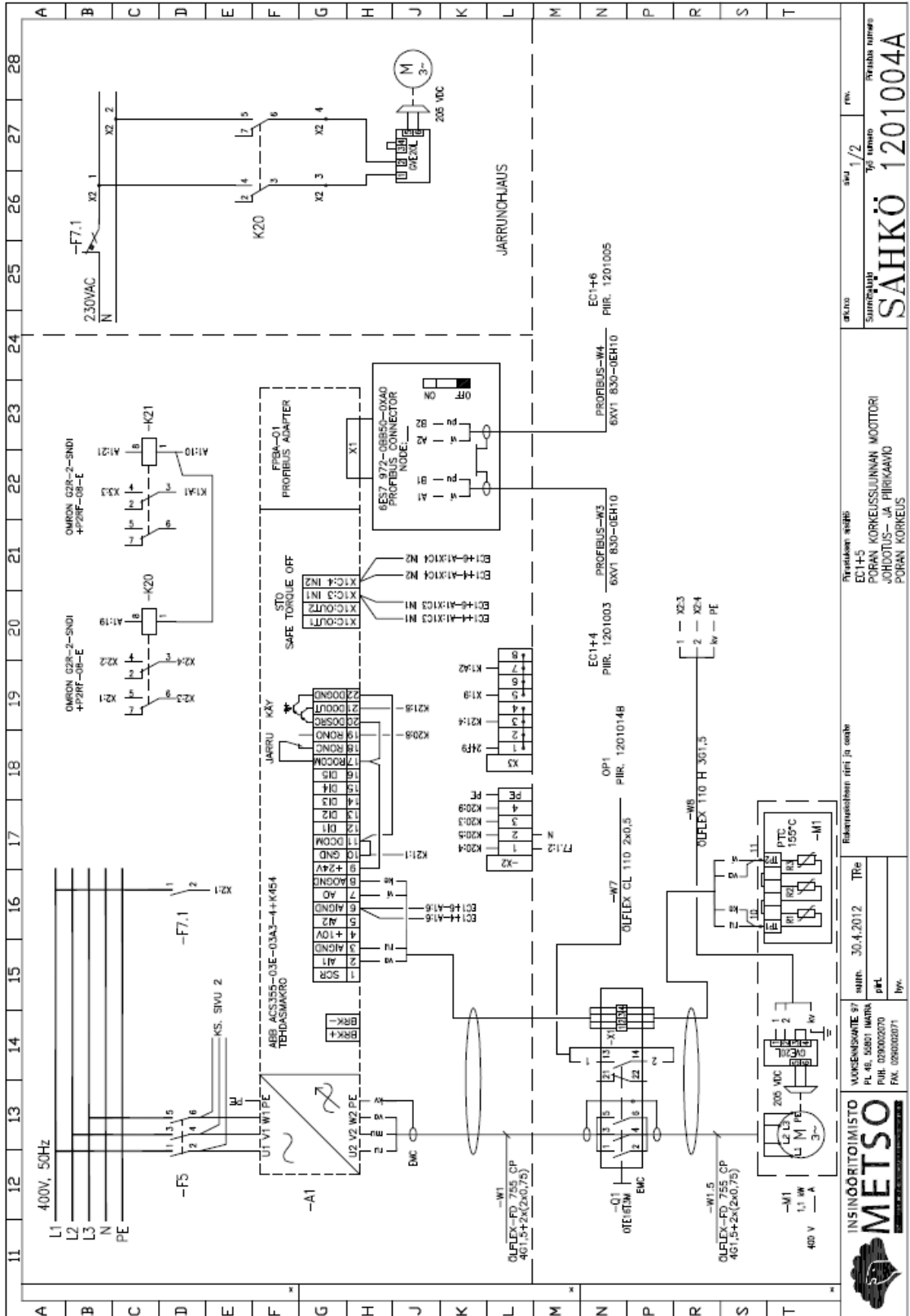


	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
A	A SÄHKÖTEKNISET TIEDOT																	
B	B RAKENNETIE DOT																	
C	C TUNNUSMERKINNÄT																	
D	D KALUSTETIEDOT																	
E	E KAAPELITIEDOT																	
F	F KALUSTUSTAPA																	
G	G KALUSTUSTAPA																	
H	H KALUSTUSTAPA																	
J	J KALUSTUSTAPA																	
K	K KALUSTUSTAPA																	
L	L KALUSTUSTAPA																	
M	M KALUSTUSTAPA																	
N	N KALUSTUSTAPA																	
P	P KALUSTUSTAPA																	
R	R KALUSTUSTAPA																	
S	S KALUSTUSTAPA																	
T	T KALUSTUSTAPA																	
<p>INSINÖÖRITOIMISTO  VOIKENSKANTE 87 PL 45, 55801 ILMARINKA Puh. 029502070 Fax. 029502071</p>																		
<p>Rakennuksen nimi ja osoite OHAUSKESKUS EC1 PÄÄKESKUSKAAVIO</p>																		
<p>suunnittelija SAHKÖ 1201001A</p>																		
<p>arkki sivu 1/2 rev.</p>																		

**LIITE 2(2).
Kaavio-otteet**



SAHKÖ 1201001B	Projekti numero
	tyy numero
	sivu 2
	m.
	mm.
OHJAUSKESKUS EC1 PÄÄKESKUSKAAVIO	Piirustuksen nimi ja otsike
	Rakennuskohdan nimi ja osoite
suunn. 30.4.2012	Tite
piirt.	
hyv.	
VIKSIENKANTE 57 PL 49, 50801 MATKA PUH. 0200002070 FAX. 0200002071	
INGENIÖRITOIMISTO METSO	



arkko
Suunniteltu
SAHKÖ 1201004A
sivu 1/2
P. 1201005
6XV1 830-0EH10
6XV1 830-0EH10
EC1+4
PIR. 1201048
OP1
PIR. 1201048
EC1+4
PIR. 1201003
6XV1 830-0EH10
PROFIBUS-W3
6XV1 830-0EH10
PROFIBUS-W4
6XV1 830-0EH10
EC1+6
PIR. 1201005

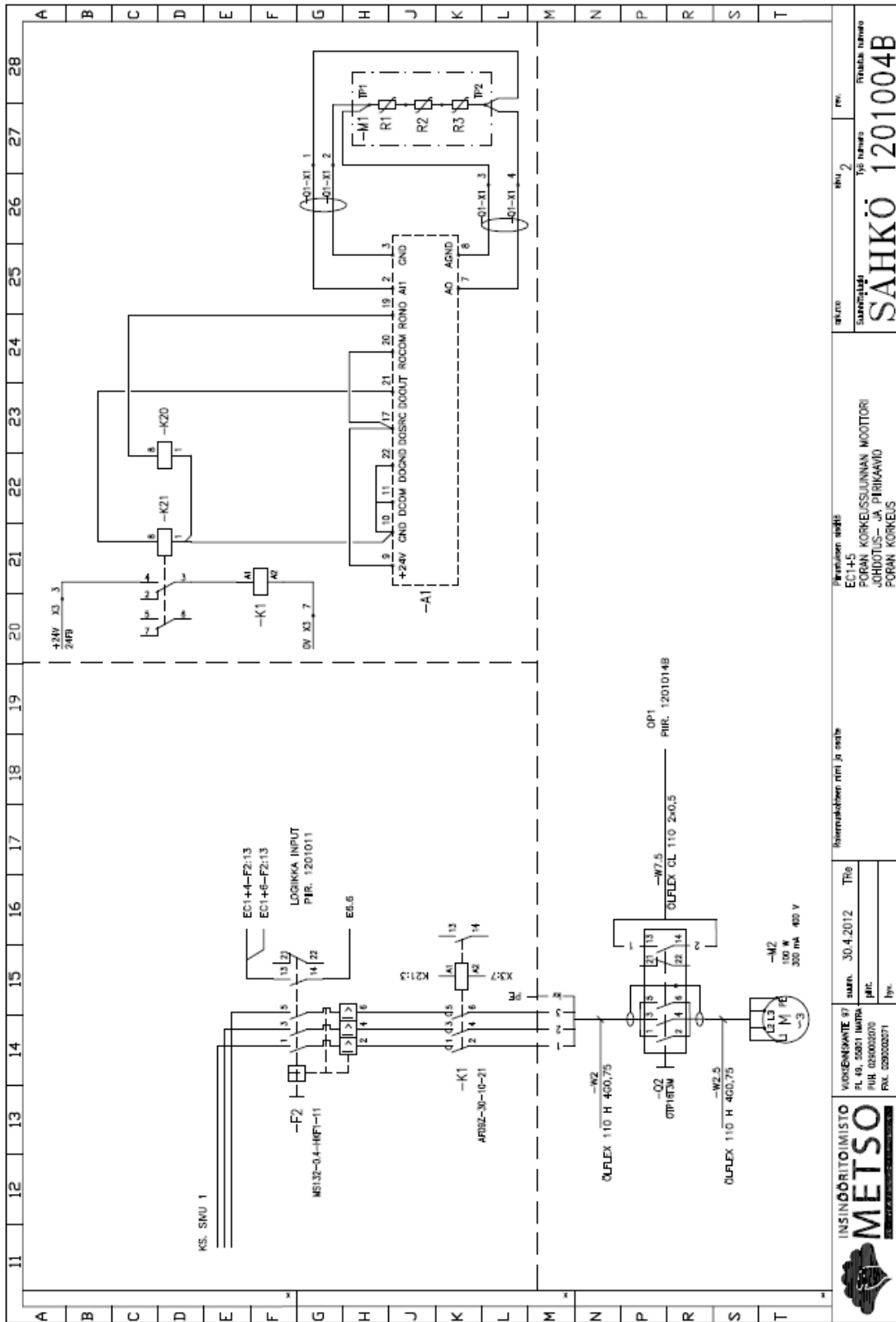
Projektin nimi:
EC1+5
PORAN KORKEUSLAINAN MOOTTORI
JOHDOTUS- JA PIIRIKAAVIO
PORAN KORKEUS

Rakennuksen nimi ja osoite

30.4.2012
TRe
METSÄ
VOIKKENSANTE 97
PL 46, 50801 MURNA
Puh. 029502070
FAX 029502071
hyv.

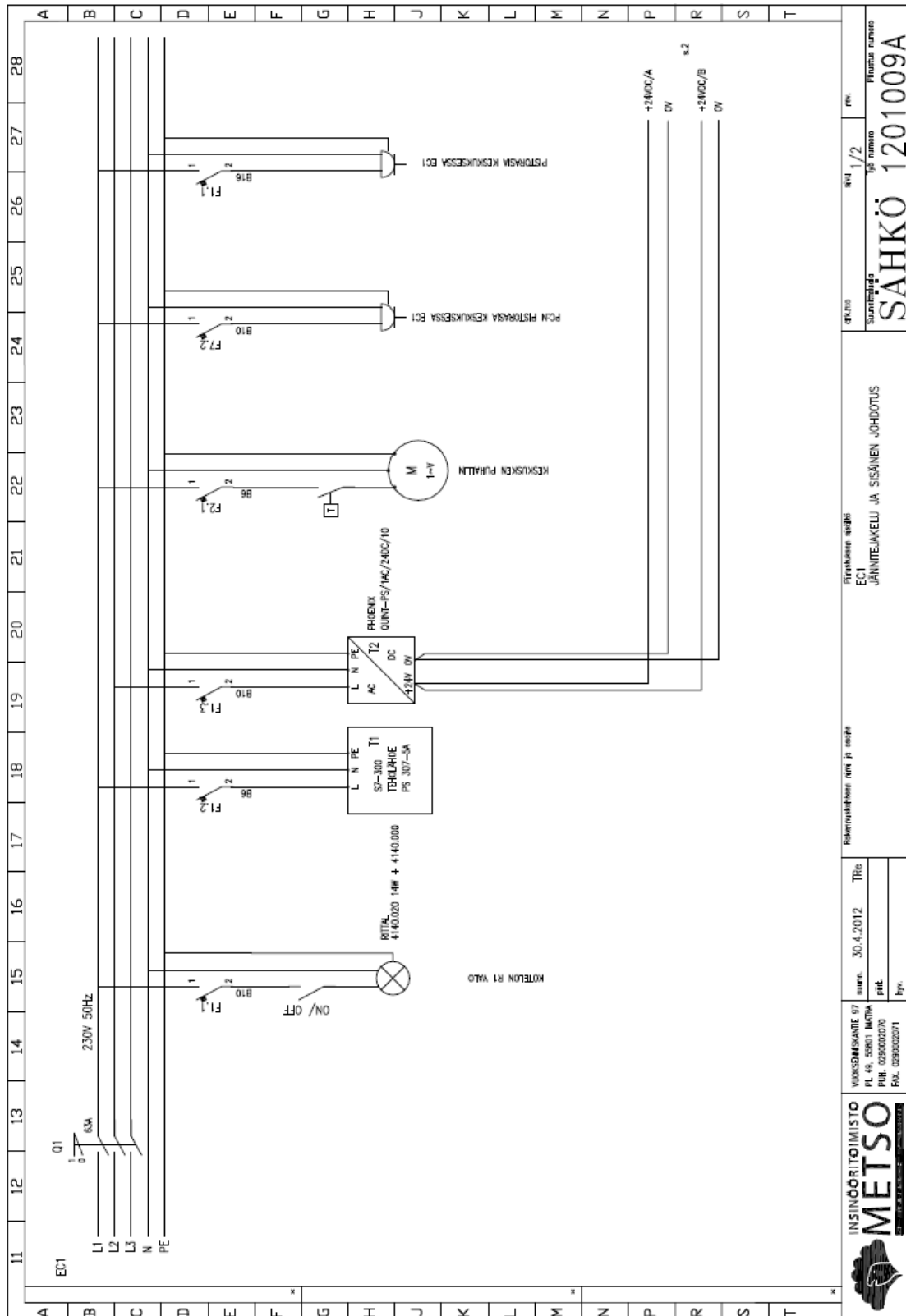


LIITE 2(4).
Kaavio-otteet



		VAKUUSKATTE 97 PL 40, 50001 ILMARI Puh. 0204002070 FAK. 0205002071	marr. 30.4.2012 Tite	Intermodularit rivi ja seite	Kuvien selitys ELLIS FORAN KORKEUSLIIUNNAN MOOTTORI JOHDOTUS JA PIIRIKAAVIO FORAN KORKEUS	sivu sivun määrä 2 16	PIR. 12010148 PIR. 12010148	SÄHKÖ 1201004B
---	--	---	-------------------------	------------------------------	---	--------------------------------	--------------------------------	----------------

LIITE 2(5).
Kaavio-otteet



Projekti
Suunnitelma
SÄHKÖ 1201009A
Hirun numero
Hirun numero

Projekti
Suunnitelma
SÄHKÖ 1201009A
Hirun numero
Hirun numero

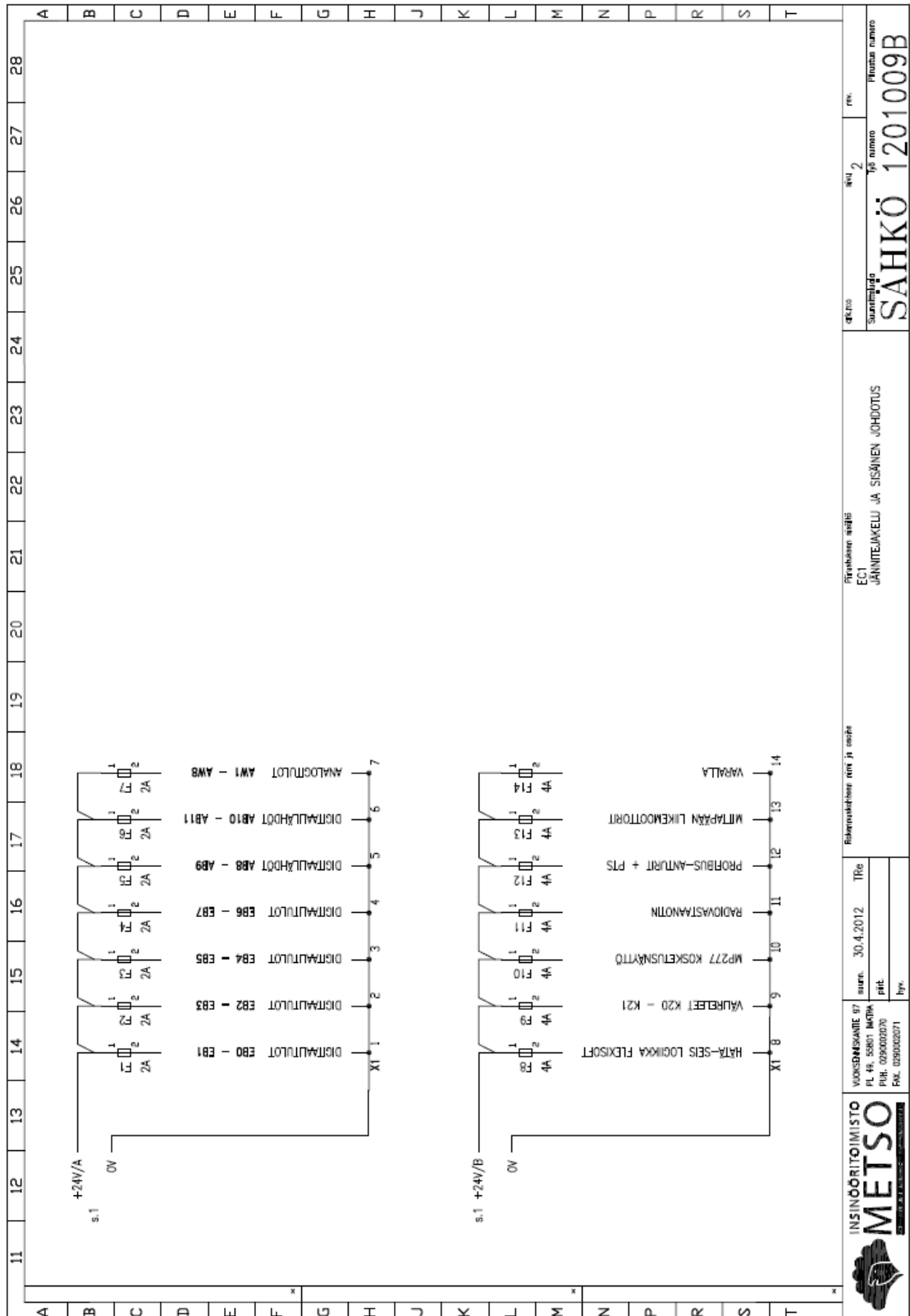
Projekti
Suunnitelma
SÄHKÖ 1201009A
Hirun numero
Hirun numero

Projekti
Suunnitelma
SÄHKÖ 1201009A
Hirun numero
Hirun numero

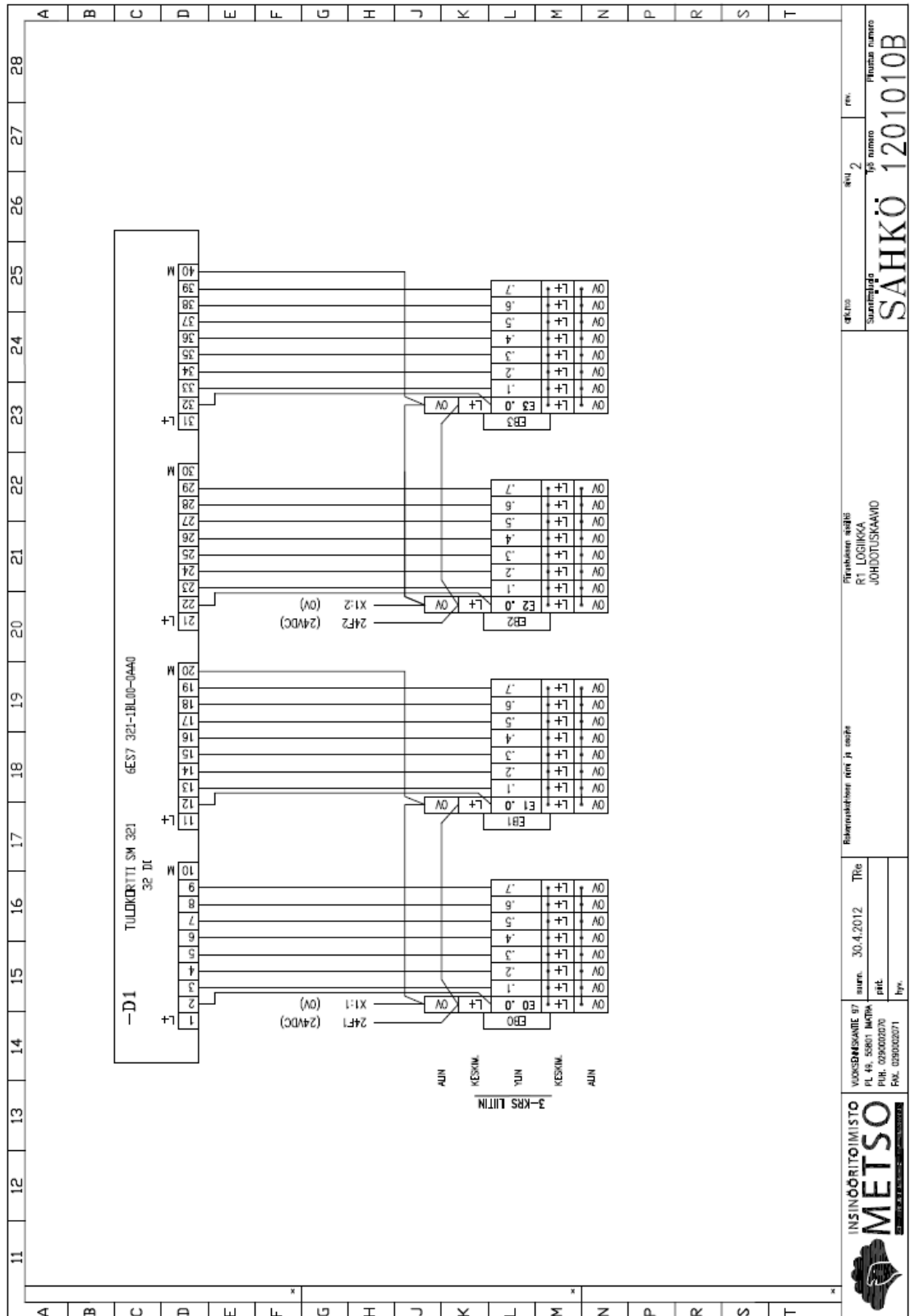
INSINÖÖRITOIMISTO
METSO
VOIKKINENKATU 97
PL 48, 55861 METSO
PUH. 0295002070
FAX. 0295002071

amm. 30.4.2012
Tite
piti
tyy.

LIITE 2(6).
Kaavio-otteet



LIITE 2(8).
Kaavio-otteet




METSO
 OYJ
 VUOKKESKAARTE 97
 PL 48, 50801 MATIL
 Puh. 0295020270
 Faksi 0295020271

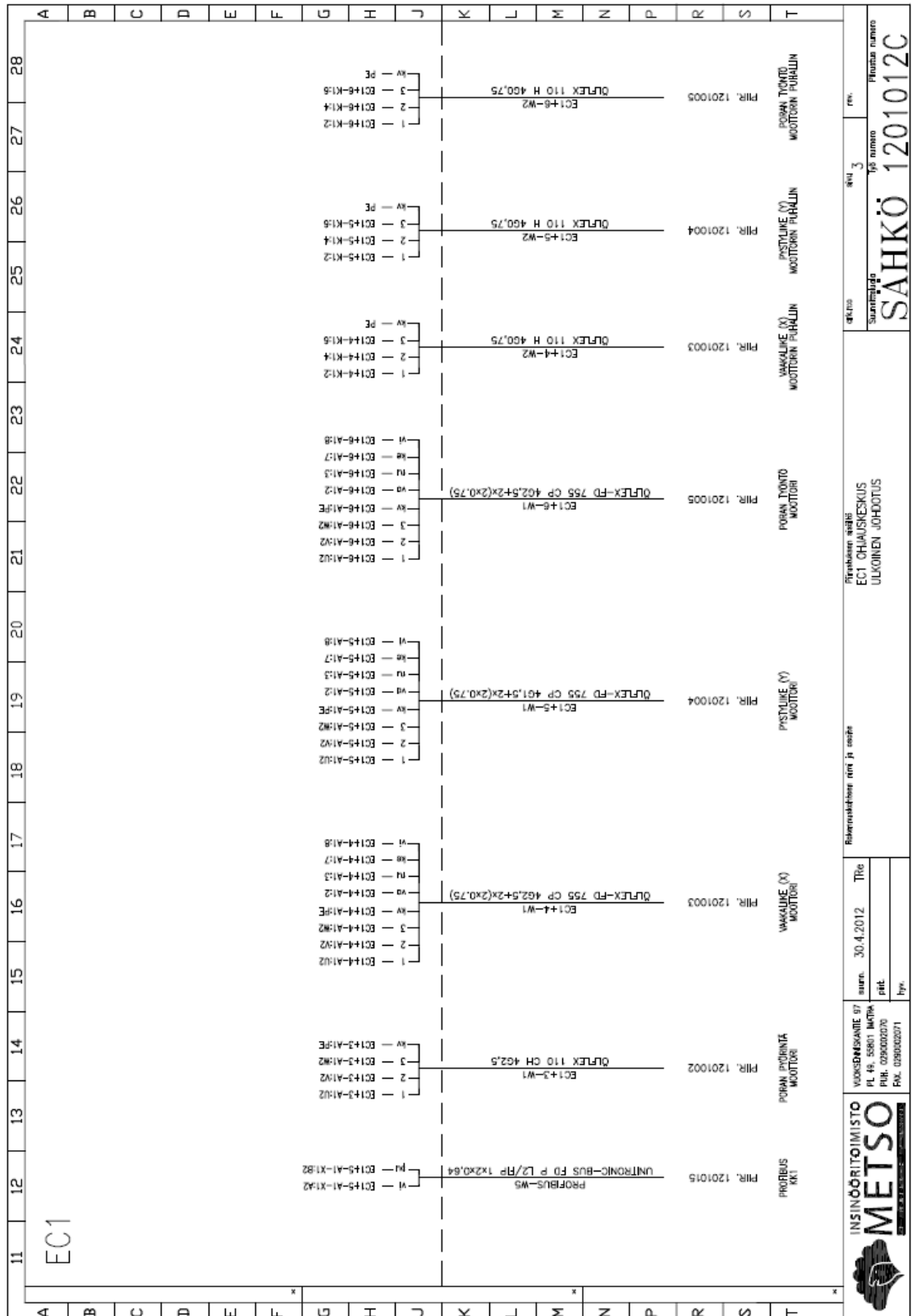
suunnittaja
SÄHKÖ 1201010B
 piirinumero
 2
 rivinumero
 1201010B

Rikentekijän nimi ja osoite
 Rikentekijän osoite
 R1 LOGIKKA
 JOHDUSTUSKAAVIO

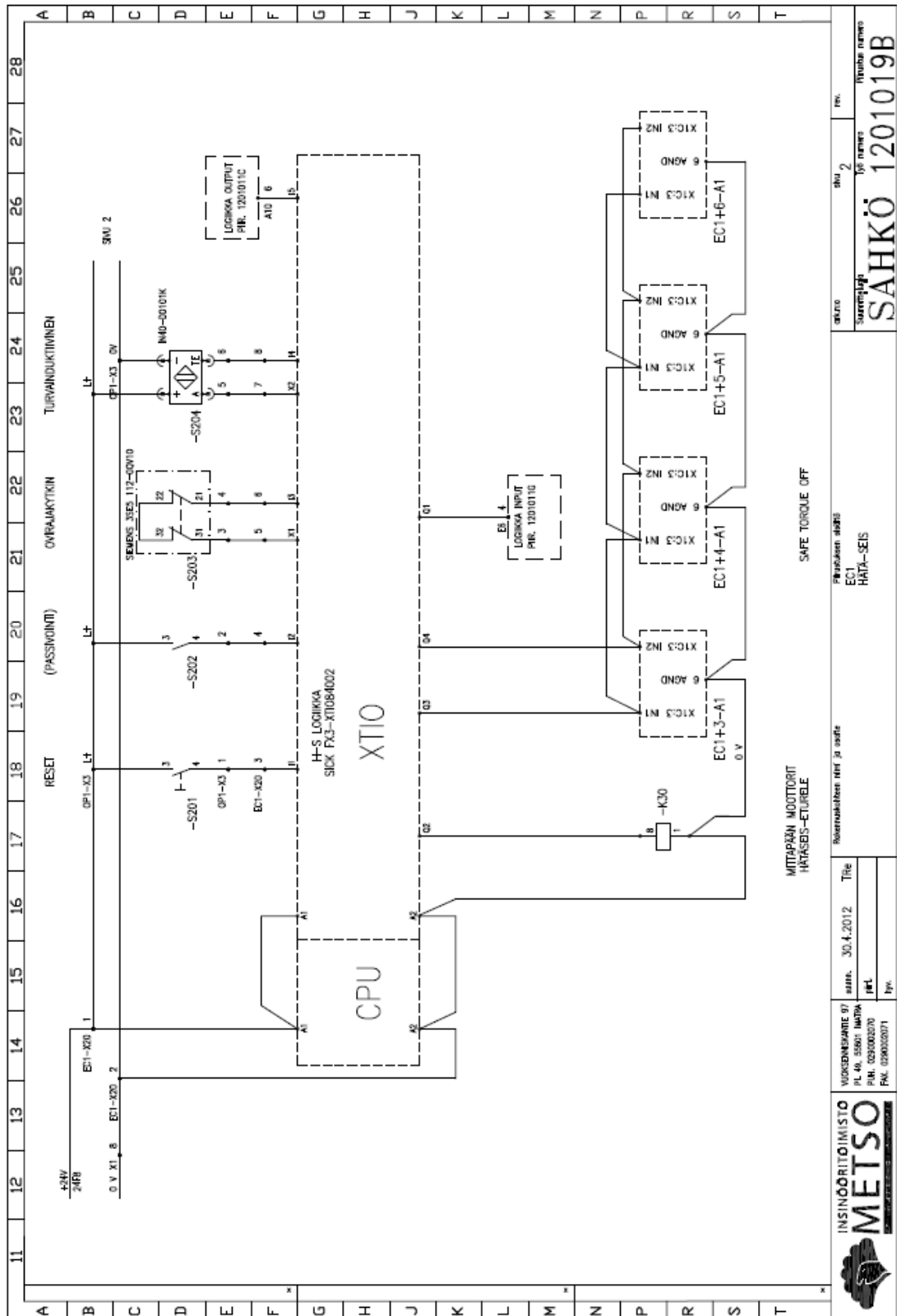
lausuma
 30.4.2012
 Tila

numero
 30.4.2012
 Tila

päivä
 30.4.2012
 Tila



 <p>INSINÖÖRITOIMISTO VOOKSENKANTE 07 PL 48, 55801 MÄNTY Puh. 029502070 Fak. 029502071</p>	pvm. 30.4.2012 Tila	Rikentekijän nimi ja osoite	Pienkalan valti ECI CHAUSSEUSKUS ULKOINEN JOHDATUS	kaavio katu 3 sivu numero	sivu 3 sivu numero	Piirustuksen numero SÄHKÖ 1201012C
	numer. 30.4.2012 pilt.	Tila	Rikentekijän nimi ja osoite	Pienkalan valti ECI CHAUSSEUSKUS ULKOINEN JOHDATUS	kaavio katu 3 sivu numero	sivu 3 sivu numero



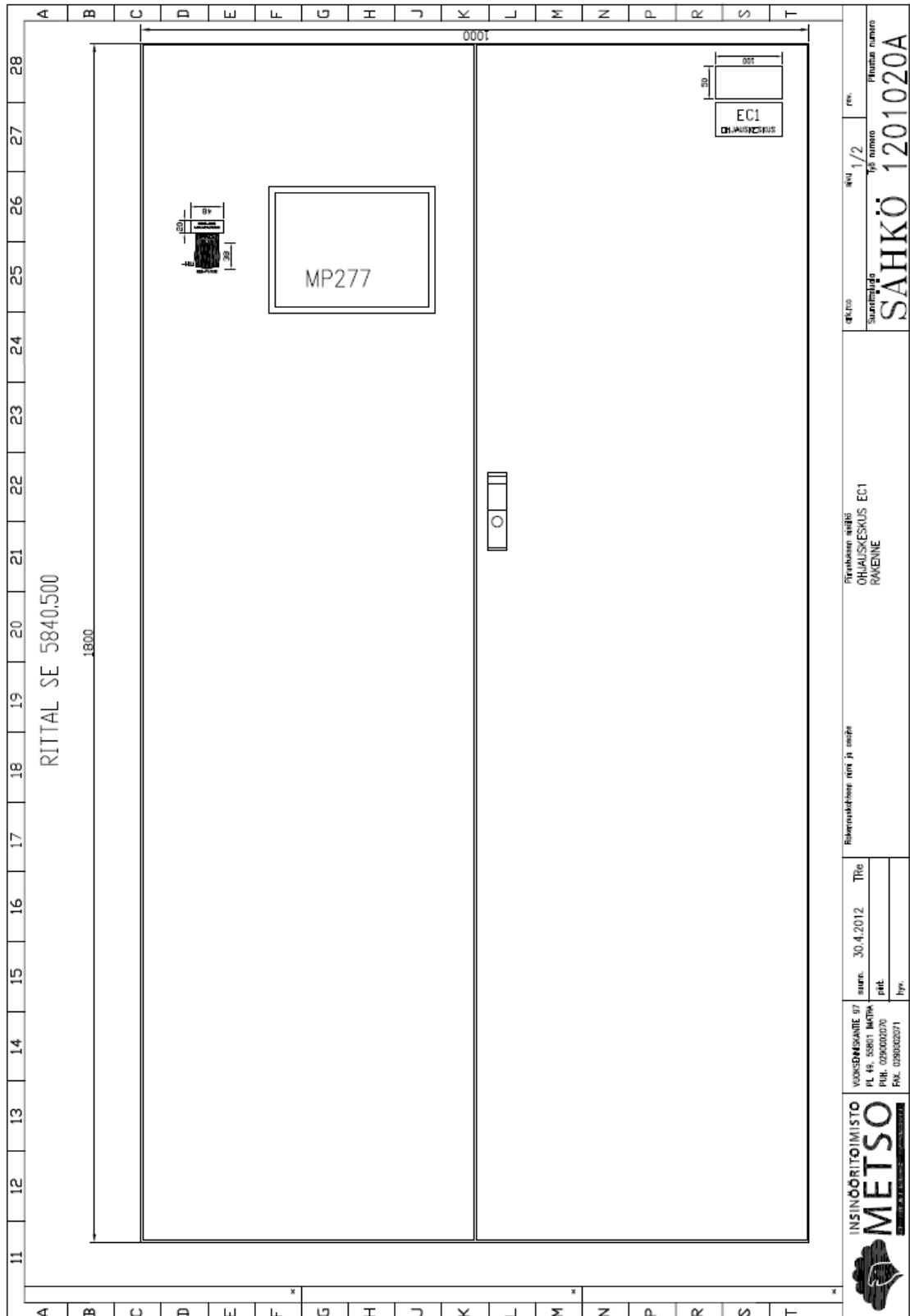
INSINÖÖRITOIMISTO
METSO
Väliteollisuus Oy
PL 46, 59601 MATKA
Puh. 0205002070
Fak. 0205002071

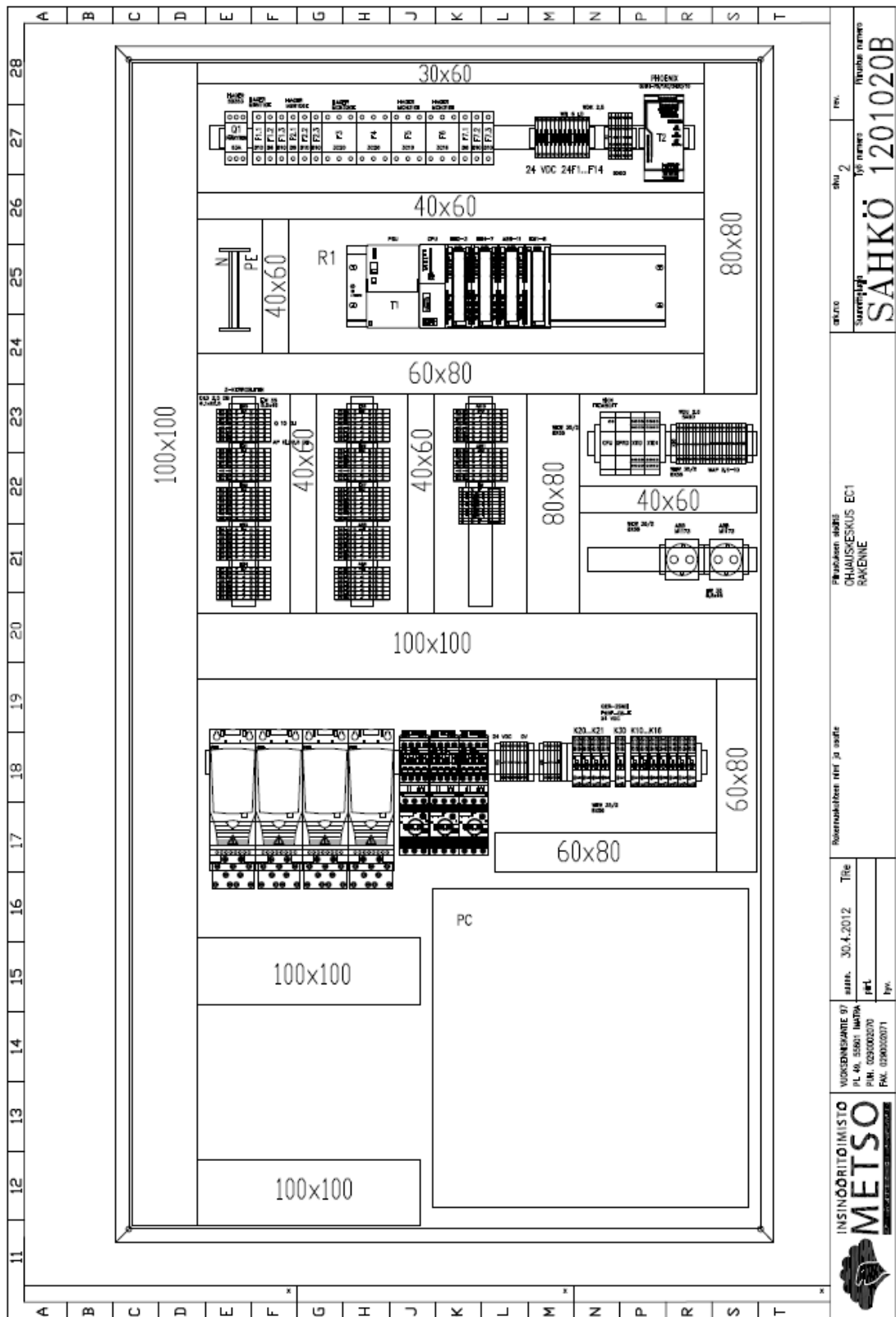
Viite: 30.4.2012
Tila:
Nimittämisen tied ja osat

MITTAPÄÄN MOOTTORIT
HÄTÄSEIS-ETURELE
SAFE TORQUE OFF

suunnitelma
SAHKÖ 1201019B
Puhdas nimesi

rev.





SAHKÖ 1201020B

OHJAUSKESKUS ECT RAKENNE

Rakenneluokan tiedot ja osat

30.4.2012
 PL 40, 59601 MATKA
 Puh. 0205002070
 Faksi 0205002071

