



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Jari Laine

PROSESSIAUTOMAATION HARJOITUSYMPÄRISTÖ
- VIRTAUSMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Sähkötekniikan koulutusohjelma 2012

PROSESSIAUTOMAATION HARJOITUSYMPÄRISTÖ - VIRTAUSMITTAUSJÄRJESTELMÄ

Laine, Jari
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2012
Pulkinen, Petteri
Sivumäärä: 23

Asiasanat: virtausmittaus, logiikkaohjaus, väylätekniikat, prosessiautomaatio, Profibus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Prosessiautomaation harjoitusympäristö - Virtausmittausjärjestelmä, Työn tarkoituksena oli tuoda uudenlainen väylätekniikan harjoitusympäristö automaatiotekniikan koulutusohjelman opiskelijoille.

Laitteistossa olevia laitteita ohjataan logiikkaohjatusti tietokoneen avulla, väyläratkaisuina ovat Profibus DP ja PA, HART ja hajautettu I/O. Koko virtausmittausjärjestelmä on koottu kannatinpyörillä liikuteltavaan alumiinikehikkoon, laitteistoa voidaan käyttää paikoissa, joissa on 16A 3-vaihesyöttö ja ilmaliitäntä. Päälaitteistona voidaan pitää kolmea akryylisäiliötä, kahta vesipumppua ja kahta Metso Neles virtaussäätöventtiiliä, mukaan lukien niiden tarvitsemat erityyppiset anturit.

TRAINING ENVIRONMENT FOR FLUID MEASUREMENT SYSTEMS IN PROCESS AUTOMATION

Laine, Jari
Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
March 2012
Supervisor, Pulkkinen, Petteri
Number of Pages: 23

Key Words: process automation, training environment

The purpose of this thesis was to create a training environment for process automation. With the training environment the students can study field bus systems in practice. The instruments of the system are connected to PLC, available architectures are Profibus DP and PA, HART and separated I/O.

The entire training environment is assembled on a movable rack. In order to operate the system requires a three phase power supply and compressed air. The system consists of three vessels made of acrylic, pumps, control valves and sensors.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	5
2 PROJEKTIN KUVAUS.....	6
2.1 Alkusuunnittelu	6
2.2 Kilpailuttaminen ja laitehankinnat.....	8
3 LAITTEISTON KUVAUS.....	8
4 VÄYLÄTEKNIIKAT.....	9
4.1 Hajautettu I/O.....	10
4.2 HART.....	10
4.3 Profibus DP.....	10
4.4 Profibus PA.....	10
5 KOKOONPANOSUUNNITTELU.....	11
5.1 Alumiinikehikko.....	12
5.2 Akryylisäiliöt ja putket.....	12
5.3 Anturit.....	13
5.4 Venttiilit.....	14
5.5 Taajuusmuuntajat.....	15
5.6 Pumput.....	15
5.7 Virtausmittarit.....	16
5.8 Virtaussäätöventtiilit.....	17
6 SÄHKÖSUUNNITTELU.....	18
6.1 Automaatiokeskus.....	18
6.1.1 Keskuskaappi.....	19
6.1.2 Sähkönsyöttö.....	19
6.1.3 Turvalaitteet.....	20
6.2 Toimilaitteiden kaapeloinnit ja kytkennät.....	20
7 PROJEKTIN ANALYSOINTI.....	21
8 YHTEENVETO.....	23
LIITTEET	

1 JOHDANTO

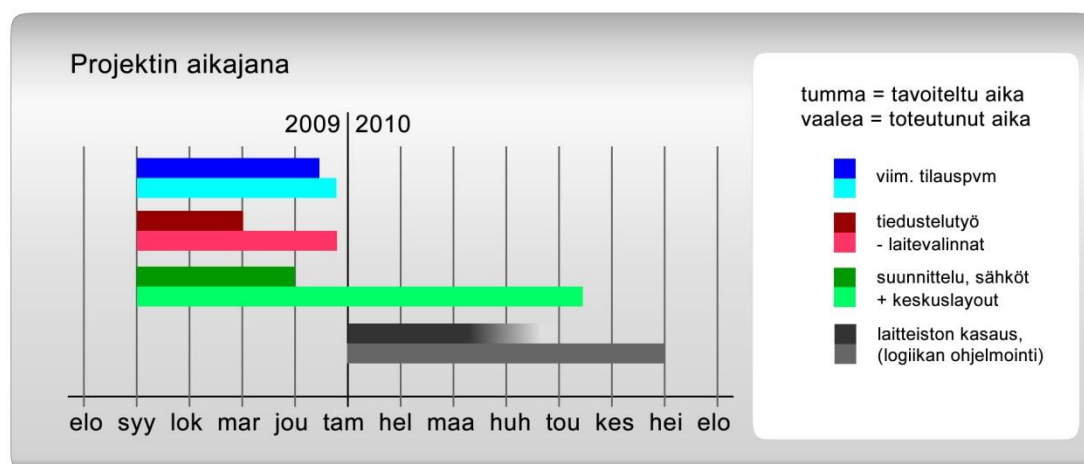
Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella sähköpiirustukset tulevaan prosessiautomaatiolaboratorion harjoitusympäristöön, sekä tarkoitukseni on toimia myös projektinjohtajana kyseisen projektin eri vaiheissa. Projektissa on mukana minun lisäksi neljä automaatiotekniikan opiskelijaa, joiden avulla yhdessä toteutamme eri prosessitekniikan osa-alueen väylätekniikoilla toimivan virtausmittauslaitteiston. Projektin läpiviemiseen on suunniteltu kuluvan aikaa noin runsaan puolen vuoden verran.

Aiemmin Satakunnan ammattikorkeakoulusta valmistui pelkästään sähkötekniikan insinöörejä suuntautuen sähkövoima- tai automaatiotekniikkaan, joiden koulutuksen taustana automaatiotekniikan osalta oli ainoastaan perusteiden lisäksi automaatiota maksimissaan yhden opintomodulin verran. Nykyisin automaatiotekniikka on yleistynyt ja monipuolistunut maailmalla huomattavasti, joten myös opiskelijat tarvitsevat alalta monipuolista opetusta. Satakunnan ammattikorkeakoulu päätti aloittaa vuonna 2009 ainoastaan automaatioon keskittyvän opintolinjan, ja näin ollen myös laboratorioharjoitusten määrää täytyy kasvattaa ja monipuolistaa automaation liittyvien harjoitusten osalta.

Tämän kyseisen projektin jälkeen, tulevilla automaatioon keskittyvillä opiskelijoilla on mahdollisuus tutkia eri väylätekniikan osa-alueita käytännössä. Opiskelijat tutustuvat mm. miten erilaiset väylätekniikat toimivat, kuinka logiikkaohjelmointi toteutuu eri väyläratkaisuilla. Toisin sanoen, miten erilaisia ratkaisuja sovelletaan käytännössä teoriaopintojen pohjalta. Prosessiteollisuudessa käytetään nykyään mitä enemmän etäyhteyksiä itse laiteympäristön ja prosessia valvovan henkilön välillä, yhteyspituudet saattavat pidentyä jopa satoihin metreihin tai valvottava laitteisto on sijoitettu esimerkiksi räjähdysvaarallisiin tiloihin. Tällaisiin ratkaisuihin pitää osata suunnitella ja toteuttaa oikeanlaiset väyläratkaisut, ja toteuttamamme harjoitusympäristön kautta annetaan opiskelijoille mahdollisuus tutustua niihin.

2 PROJEKTIN KUVAUS

Projekti lähti käyntiin aloituspalaverista, jossa käsiteltiin alustavat tarpeet ja hankintaehdot. Useiden tiimipalavereiden aikana saatiin aikaan alustava kokoonpano, joka hioutui ja muuttui useaan otteeseen projektin edetessä.

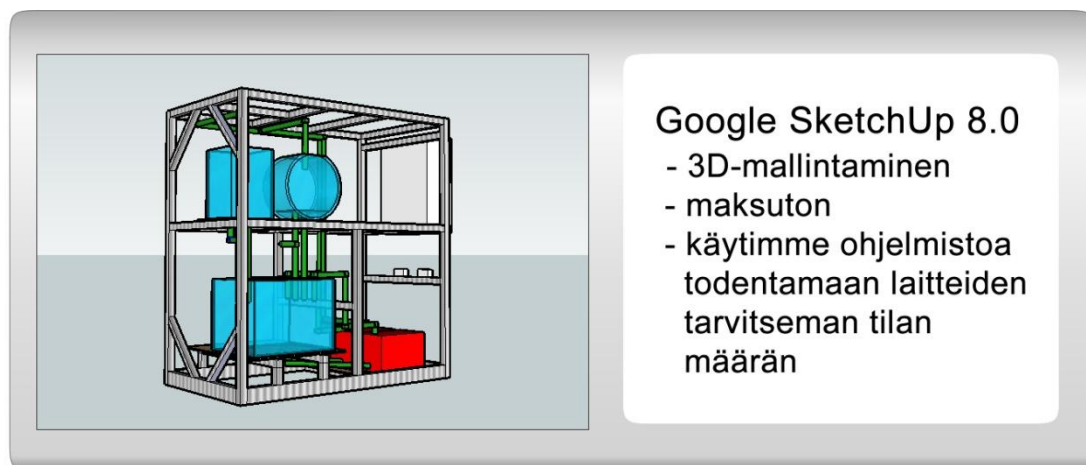


Kaavio 1 – aikajana projektin edistymisestä

2.1 Alkusuunnittelu

Aloituspalaverissa oli paikalla kaikki projektin hankintavaiheeseen osallistuvat opiskelijat ja opettajat, jonka aikana kävimme läpi päämääräiset tavoitteet. Tarkoituksena on toteuttaa liikuteltava eri väyläteknikoita hyväksikäyttävä prosessiautomaation laboratorioympäristö, jossa yhteensä kolme vesisäiliötä, kaksi sähkötoimista vesipumppua ja virtausmittauslaitteisto. Opettajat olivat aiemmin kilpailuttaneet vastaavan laitteiston kokoonpanon kolmessa eri alan yrityksessä, täysin valmiina ja toimitettuna tuotepakettina. Aloituspalaverissa meille kerrottiin, että hankkeen määräraha on asetettu 17 000€, joka tulee olla käytettynä vuodenvaihteessa 2009-2010. Ensimmäisen ryhmäpalaverin jälkeen toteutin opinnäytetyötä valvovan Petteri Pulkisen kanssa projektisuunnitelman ja aikataulutuksen, josta voi projektin edetessä tarkastella aikataulussa pysymistä. Ryhmän keskinäisen kommunikoinnin tarpeet huomioon ottaen, perustettiin SAMK:ssa käytössä olevaan Moodle-virtuaaliopetusympäristöön oma kurssi ja kaikille luovutettiin sen osalle ”pääkäyttäjätunnukset”. Tällöin jokainen saa lisätä sinne tarpeellisia tietoja mm. materiaalia

tulevista tarjouksista yrityksiltä, valokuvia, sekä muuta aiheeseen liittyvää materiaalia. Toisen ryhmäpalaverin jälkeen sovimme yhteisen ajankohdan, jolloin kävimme tutustumassa vastaavanlaiseen laitteistoon Porin tekniikkaopiston automaatio-linjan tiloissa. Vierailusta oli tavattoman paljon hyötyä, sillä lopulliset tavoitteet avautuivat käynnin aikana. Porin tekniikkaopiston laitteiston ohjaus oli toteutettu painonapein, mutta meidän laitteistoa tullaan ohjaamaan logiikkaohjauksena väylätekniikkaa hyväksikäyttäen. Suunnittelun alkuvaiheessa pidimme palavereita projektiin osallistuvien henkilöiden kanssa noin viikon välein, joissa laitteiston kokoonpanoa hiottiin useaan otteeseen. Teimme tulevasta laitteistosta alustavan 3D-kokoonpanokuvan, josta oli hyvä seurata tarvittavien komponenttien mahdollisia asennuspaikkoja. Tämän 3D-kuvan ansiosta pystyimme myös tulevien komponenttien rakenteelliset koot, jottei tule hankittua rakenteellisesti liian suuria osia. Suunnitteluohjelmassa 3D-ympäristössä käytimme ilmaisohjelmassa olevaa Google SketchUp:ia. Suunnittelu- vaiheessa määrittelimme myös rajat niin pumppujen, kuin taajuusmuuttajienkin tehoista. Itse tein tässä vaiheessa alustavat sähköpiirustukset, joita täydennettiin revisioiden hankintavaiheen aikana saatujen lisätietojen perusteella. Sähköpiirustukset laadin käyttämällä suomalaista Cads Planner 14 -suunnitteluohjelmistoa, jonka käytöstä tiesin eniten jo entuudestaan.



Kuva 1 – Google SketchUp 8.0 ohjelma

2.2 Kilpailuttaminen ja laitehankinnat

Alkusuunnittelun jälkeen olimme saaneet alustavan kokoonpanon aikaiseksi sähköpiirustuksineen, mutta lopputulokseen pääsyyn oli tässä vaiheessa vielä pitkä matka. Pääsääntönä Satakunnan ammattikorkeakoululta tuli, että kaikki tietyn hintaiset hankinnat tarvitsee kilpailuttaa vähintään kolmella eri yrityksellä. Jaoin hankittavien laitteiden tarjousten laatimiset asianmukaisesti jokaisen projektiin osallistuvan opiskelijan kesken. Automaatiokeskuksen, pumppujen, antureiden, sekä muiden sähköisten oheislaitteiden kilpailuttamisesta vastasi pääsääntöisesti jo aiemmin alalta työtehtävissä kokemusta saaneet Matti Mälkiä ja Petteri Laine. Opiskelijat Pauli Valo ja Tommi Lehtinen vastasivat putkista, liitännöistä, laiteräkin suunnittelusta ja hankinnoista. Itselleni otin vastuualueekseni projektinjohtamisen lisäksi kannatinpyörien ja läpinäkyvien säiliöiden suunnittelun ja hankkimisen. Tarjouksia lähetettiin useisiin eri yrityksiin ja määrärahan ollessa alun perin hyvin alhainen (17 000€), kilpailutettiin myös edullisemmat kuin aiemmin määrätyn hintaiset osahankinnat.

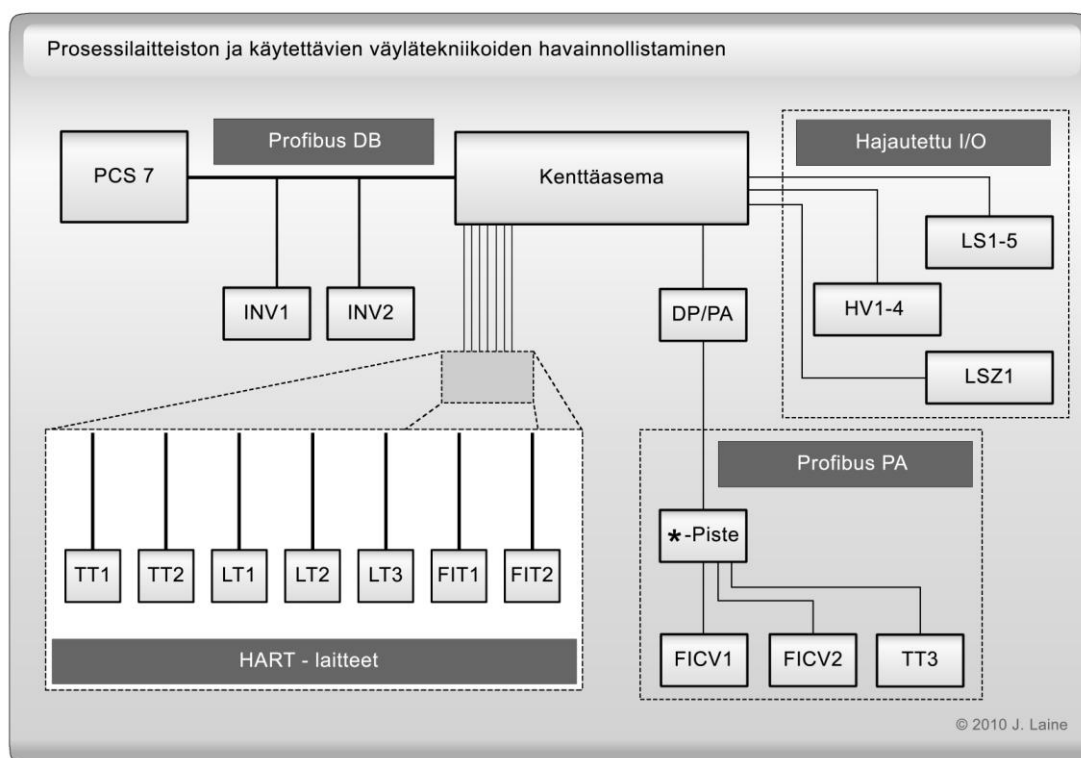
3 LAITTEISTON KUVAUS

Laitteistolla on tarkoitus toteuttaa veden virtausmittauksia, mutta laitteiston suunnittelussa on otettu huomioon myös mahdollisuus mitata tulevaisuutta ajatellen myös vähän viskositeetiltaan raskaampiakin nesteitä. Laitteistoa tullaan ohjaamaan tietokoneen ja logiikan yhdistelmällä, käyttämällä Siemens:n PCS7-järjestelmää. Nestettä liikuttavien pumppujen ohjauksessa käytetään taajuusmuuntajia, joita ohjataan Siemensin logiikan avulla, hyväksi käyttäen erilaisia väylätekniikoita. Akryylivalmisteisia säiliöitä laitteistossa on yhteensä kolme, kahden ylimmäisen säiliön yhteistilavuus on vähemmän kuin alasäiliön tilavuus. Syynä edelliseen on se, että pumput nostavat veden alasäiliöstä ylempiin ja vesi laskee vapaalla virtausvoimalla takaisin alasäiliöön. Yläsäiliöistä alas lähteivissä putkissa on, sekä sähköiset magneettiventtiilit että mekaaniset sulkuventtiilit. Veden ohjauksen kannalta kuhunkin säiliöön asennettiin hajautettua I/O:ta käyttävät raja-anturit, joilla pystytään valvomaan nestepintojen korkeudet, sekä näiden avulla ehkäistään mahdollisia käyttäjistä johtuvien vahinko-

jen syntymistä. Järjestelmän virtausmittauksia suorittaa laadukkaat Endress+Hauser:n valmistamat väyläohjatut virtausmittarit. Myös kaikki anturit on hankittu samaiselta valmistajalta. Virtausmittarien ohjauksen mukaan toimivat myös virtaussäätöventtiilit, joilla toteutetaan mm. pumppujen ns. takaisinkierto alasäiliöön ja virtauksen voimakkuussäätö yläsäiliöiden suuntaan.

4 VÄYLÄTEKNIIKAT

Projektin kannalta oli tärkeää käyttää monia erilaisia, enemmän tai vähemmän toisistaan poikkeavia väyläratkaisuja. Väyläratkaisuja ovat Siemens:n hajautettu I/O, HART, Profibus PA ja Profibus DP. Tämä kyseisen väyläratkaisut ovat teollisessa prosessiautomaatiossa hyvin keskeisessä asemassa. Kenttälaitteita tullaan ohjaamaan kunkin väyläratkaisun kohdalla Siemens:n PCS 7 käyttöympäristössä. Laitteistoa suunniteltaessa on otettu huomioon myös, sen mahdollinen myöhäisempi laajennettavuus. Alla asiaa hahmottava kaavio, josta selviää yhdessä (Liite 2 - PI-diagram) avulla, mitä väylää kukin toimilaitte käyttää.



Kaavio 2 – Prosessilaitteiston ja väyläteknikoiden havainnollistaminen

4.1 Hajautettu I/O

Siemens:n kehittelemä automaatiototeutus, joka normaalisti teollisuuskäytössä vie tulo- ja lähtöpiirit lähemmäs toimilaitteita. Käytännössä hajautettu I/O:n tavoitettua hyötyä ei tässä projektissa tulla näkemään, laitteiden läheisyyksien ollessa pieniä. Tarkoituksena on vain tuoda väyläteknikka opiskelijoiden tietoisuuteen.

4.2 HART

HART-tiedonsiirtoprotokolla on avoin tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään hyvin paljon kenttälaitteiden tiedonsiirrossa. HART:ssa digitaalinen bittitieto kulkeutuu analogisen tiedon päällä, näin ollen kyseistä väyläteknikkaa ei voida kutsua ns. kenttäväyläksi. Projektissa HART-laitteita ovat mm. lämpötila-anturit TT1 ja TT2, pinnan korkeuden mittauslaitteet LT1-LT3, sekä virtauslähettimet FIT1 ja 2.

4.3 Profibus DP

Kyseinen väyläteknikka on suurten nopeuksien kenttäväylä, jossa tarvitaan erillinen virransyöttö laitteille. Profibus DP sopii yleisesti hyvin reaaliaikaiseen tiedonsiirtoon. Projektissamme väyläteknikkaa hyödyntävät taajuusmuuntajat

4.4 Profibus PA

Profibus PA – väyläteknikka toimii yhdessä Profibus DP:n kanssa, eli tarvitsee toimiakseen DP:n masterikseen. Profibus PA:ta käytetään yleensä vaarallisissa tiloissa, etenkin kemian teollisuudessa ja räjähdysriskissä tiloissa. Sen ero Profibus DP:hen on toimilaitteen virransyötössä, samassa kaapelissa data ja 24VDC virransyöttö. Projektissamme väyläteknikkaa käyttävät virtaussäätöventtiilit ja alasäiliön lämpötila-anturi TT3. Profibus PA-väylässä on PA-tähtipiste, johon kaapeli tulee kenttäasemasta ja siitä lähtee useat kaapelit väylää käyttäville kenttälaitteille.

5 KOKOONPANOSUUNNITTELU

Laitteiston kokoonpanosuunnittelu toteutettiin yhdessä automaatio-opiskelijoiden kesken, sekä viimeisimmän muutokset tekivät Tomi Välimäki ja Antti Pyöri. Seuraavassa kerrottuna järjestelmän kokoonpanosta, joten asian selventämiseksi kts. kaavio 2 – Prosessilaitteiston ja väyläteknikoiden havainnollistaminen ja (Liite 1 - PIdiagram).

Laitekokoonpano on pyritty suunnittelemaan mahdollisemman kompaktin kokoiseksi, eli osien sijoitteluun on kiinnitetty huomattavan paljon huomiota. Jo alkupalaverista lähtien tiesimme, että laboratorioympäristöstä tulee osin liikuteltava. Vaikka sille on määrätty laboratoriossa oma paikkansa, tulee sen olla tarpeen tullen liikuteltavissa suhteellisen vaivatta myös ulos rakennuksesta. Tämä huomioon ottaen, laitteisto kasaantui alumiinista valmistettuun, kannatin pyörillä valmistettuun kehiköön. Edestä katsottuna, sen oikealle puolella olevassa päädyssä sijaitsee automaatiokeskus. Varsinaisen rakin sisäpuolella on vaakatangot kolmessa kerroksessa, joihin mm. säiliöt on kiinnitettyinä. Ylin vaakatanko toimii ainoastaan putkien ja kaapelien kiinnityksessä ja vakauttamassa rakennetta, jotta rakenne on varmasti tukeva. Keskimmäisen vakaajatangon tarkoituksena on olla kahden pienempien säiliöiden ja virtaussäätöventtiilien kiinnityspisteinä. Pyöreän säiliön oikealla puolella edestä katsottuna sijaitsee PA-laitteiden tähtipiste, joka toimii PA-laitteiden kaapeloinnin ns. jakorasiana. Tähtipisteen etu- ja takapuolella on virtauslaitteisto, joiden oikealta puolelta yläsäiliöiden putkistot nousevat ylös. Alin vaakatanko on kaksin verroin paksuudesta alumiiniprofiilista, sillä siihen kiinnitettiin iso n. 120 litran säiliö ja taajuusohjatut sähkökäyttöiset pumput. Kaikki sähkölaitteet antureita ja tähtipistettä lukuun ottamatta on pyritty sijoittamaan sähkökaappiin. Sähkökaapin layout-suunnittelussa on otettu huomioon myös jännite-erottelu, eli kaikki 230V laitteet on sijoitettu kaapin alaosaan taajuusmuuntajat mukaan lukien ja 24V logiikkalaitteet kaapin yläosaan. Riviliittimin toteutetut kaapeloinnin lähdöt kulkevat ulos kaapista, sen alaosassa olevan läpiviennin kautta. Kaapelointi on kourutettu siististi kauttaaltaan tukevasti koko rakin alueella.

5.1 Alumiinikehikko

Kehikko rakennettiin alumiiniprofiilista, joka tilattiin metritavarana. Ainoastaan 45° -kulmapalat tulivat valmiiksi leikattuna ja kiinnitysreiät porattuina. Sahauksen jälkeen profiilien päihin tehtiin jenkat, kiinnityspultteja varten. Profiilin uraan tuli vastakappale toimilaitteita kiinnittäessä. Kehikon kaikkiin neljään jalkaan tuli 300kg kantavuutta kestävät kannatinpyörät, joista kaksi kääntyvää jarrullista.



Kuva 2 - Kehikko

5.2 Akryylisäiliöt ja putket

Akryylisäiliöt tilattiin useiden tarjousten perusteella porilaisesta muovialan yrityksestä Muovi Otilia Ky:stä. neliskanttiset säiliöt kehystettiin ”akvaario”-menetelmällä ruostumattomasta teräksestä valmistettua 15mm kulmalistaa hyväksi käyttäen, näin varmistettiin liimasaumausten varma pitävyys. Pyöreä säiliö piti alun perin toteuttaa pyöreästä 550mm halkaisijan omaavasta akryyliputkesta, mutta tuli lopulta edullisemmaksi taivuttaa suorasta 12mm paksuisesta akryylilevystä uunissa pyöreäksi.

Samalla sen yläreuna jäi valmiiksi avoimeksi sisään tulevia putkia varten. Kaikkien säiliöiden pohja tehtiin ns. tuplapohjina, jotta saatiin kiinnityspisteet asennuskehikkoa varten. Läpinäkyvät muoviputket tilattiin metritavarana Parkanon Muovituote Oy:stä, josta tuli myös kaikki muut putkitarvikkeet, kuten kulma-, haaroitus- ja liitososat, sekä kiinnitysliimat ja putkiankkurit. Putket määritettiin ja soviteltiin paikoilleen ja viimeiseksi putket kiinnitettiin pysyvästi liimamassan avulla. Putkien päät liimauksen kohdista hiottiin ja urattiin karkeaksi, jotta liimasaumasta tulee pitävä.

5.3 Anturit

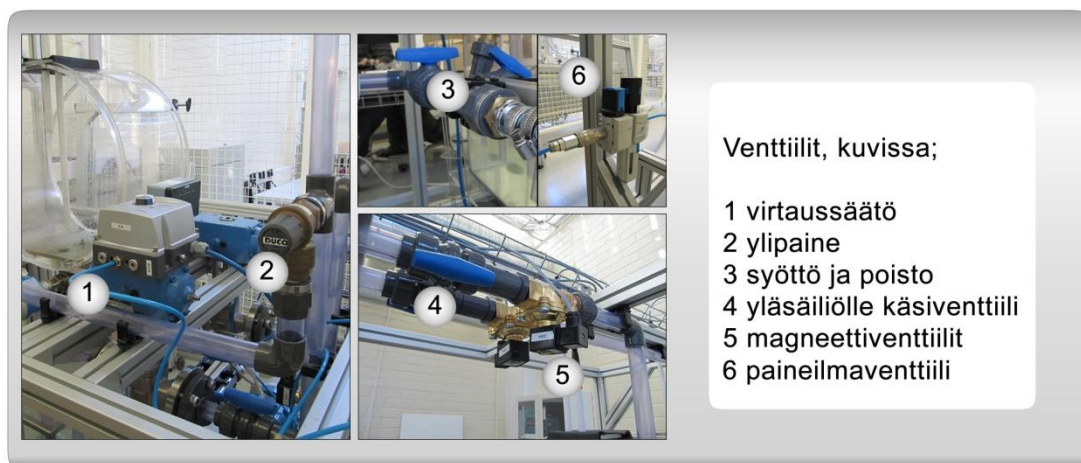
Antureiden valitsemisessa oli otettava huomioon, niiden toimintatapa ja väyläliitännät. Kussakin säiliössä on ylä- ja alaraja-anturit LS1 – LS5, jotka ovat kapasitiivisia antureita. Alasäiliön pohjassa sijaitsevan turvaraja-anturin LSZ1 tehtävänä on huolehtia, etteivät pumput pääse milloinkaan käymään tyhjänä, ilman nestettä. Yläsäiliöissä sijaitsevat lämpötila-anturit TT1 ja TT2 ovat HART-laitteita, ja alasäiliössä oleva lämpötila-anturi TT3 on liitettyinä Profibus PA-väylään. Virtausmittausta suorittavat neljä mittalaitetta FIC1 – FIC4, joiden mittaustietojen perusteella ohjataan virtaussäätöventtiileitä. Pinnankorkeuden mittauslaitteet LT1 – LT3 tuottavat veden painemittauksen avulla mittausarvonsa kaikista kolmesta säiliöstä.



Kuva 3 – esimerkkejä projektin erilaisista antureista

5.4 Venttiilit

Venttiileiden valitsemisessa oli otettava huomioon niiden toimintatapa ja väyläliitännät. Magneettiventtiilit on hajautetun I/O:n avulla logiikkaohjattuja, avautuvia venttiileitä. HV1 ja HV2 – magneettiventtiileiden tarkoituksena on estää veden tahaton valuminen yläsäiliöihin. HV3 ja HV4 – venttiilit puolestaan avaa yläsäiliöiden tyhjennyksen vapaapudotuksena alasäiliöön. Magneettiventtiilit ovat suljettuja signaalitomassa lepotilassaan, ettei mahdollisen toimintahäiriön tai sähkökatkon aikana synny vaaratekijöitä veden täytön tai tyhjennyksen aikana. Magneettiventtiilien toiminta on logiikan kautta myös ohjattavissa ehdolliseksi raja-anturien toimintaan nähden, tarkoittaen esimerkkinä tilannetta; Yläsäiliön TANK1 ollessa täynnä vettä ja yläsäiliö TANK2 ollessa tyhjä, ei magneettiventtiili HV1 avaudu TANK2 täytön aikana päästääkseen vettä pumppauksen aikana TANK1:seen vaikka pumppua ohjattaisiinkin ”vahingossa”. Magneettiventtiilien lisäksi järjestelmässä on useita käsiventtiileitä varatoimenpiteenä, mahdollisten vikatilanteiden sattuessa tai mahdollisen huollon/puhdistustoimenpiteen aikana. Pumputilta lähtevissä putkissa on 4bar:n max-paineella toimivat ylipaineventtiilit, suojaamassa rakenteellista putkiliitosten kestävyttä. Virtausmittareiden yhteydessä on virtaussäätöventtiilit, jotka mahdollistavat mm. virtauksen voimakkuuden säätämisen tarkasti pumppauksen aikana veden takaisinkierron alasäiliöön.



Kuva 4 – esimerkkejä projektin erilaisista venttiileistä

5.5 Taajuusmuuntajat

Taajuusmuuntajien valinnassa piti ottaa huomioon pumppujen tehoarvot, jotta taajuusmuuntaja on suhteessa pumpun toimintatehoon. Pumppujen toimintaa voidaan säätää erittäin tarkasti logiikkaohjattujen taajuusmuuntajien avulla, jotka toimivat suorakytkentäisesti Profibus DP – väylässä. Taajuusmuuntajat ovat tarkoitettu 0,75kW tehoisille pumpuille tarkoitettut, ja niille on suojana 6A johdonsuojakatkaisijat. Pumppujen tilausvaiheessa tuli pieni erehdys, josta tarkemmin pumpuista kertovassa kohdassa. Valitsemiemme pumppujen ottoteho on 0,75kW sijasta 1,04kW, ja tästä syystä taajuusmuuntajien koko rajoittaa pumppujen käymistä täysillä. Tämä ei kuitenkaan ole mitenkään huono asia, vaan päinvastoin turvaa putkistojen hajoamista hieman ylitehoisilta pumpuilta. Projektin alkuvaiheesta asti oli selvää, että järjestelmän ohjaustavat huomioon ottaen tullaan moottoriohjauksessa käyttämään Siemensin taajuusmuuntajia. Laitteiden ollessa samalta valmistajalta, pystytään varmistamaan täydellinen muuntajien konfigurointi- ja parametriasettelut.



Taajuusmuuntajat:

Siemens Sinamics
Control Unit CU240S DP

Profibus DP -väyläohjaus

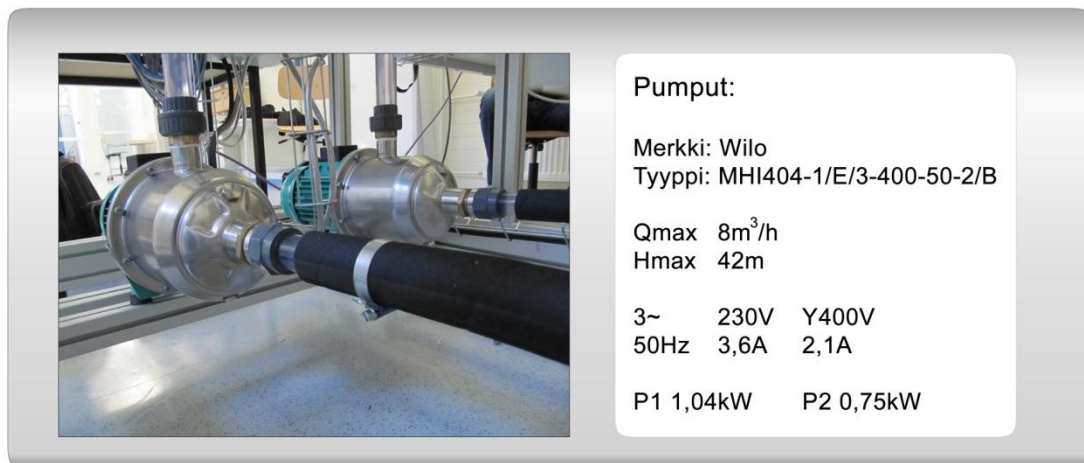
Syöttö: turvarele suojattu,
6A, kontaktorilähtö

Kuva 5 – Taajuusmuuntajat

5.6 Pumput

Pumppujen valintaan vaikutti niiden tuottama nostoteho, joka huomioitiin tarkasti pumppuja valittaessa. Tässä kohtaa projektissa kuitenkin sattui pieni sekaannus tilausvaiheessa, nimittäin tarkoituksemme oli tilata 0,75kW tehoinen pumppu, eikä pumppuja joiden ns. työteho on 0,75kW varsinaisen tehon ollessa 1,04kW. Asiasta ei

kuitenkaan tullut ongelmaa, vaikka pumppujen max. veden nostokorkeus onkin 42m, sillä taajuusmuuntajat säätävät pumppujen tehon. Pumppujen asennuksessa otettiin huomioon niiden käynnistysvaiheessa syntyvät resonanssit, ylittäessään värähtelytaajuuden. Alasäiliön ja pumppujen lyhyiden ja jäykkien tuloputkien väliin asennettiin n. 200mm joustavat kumiputket, näin saatiin aikaan tärinää vaimentava ja kestävä liitos. Pumppujen kiinnityksessä räkkiin, resonointia vähennettiin pultiliitosten kumiholkeilla. Alasäiliön alaraja-anturi LSZ1 estää pumppuja käynnistymästä säiliön ollessa tyhjä, eli estää pumppujen tahattoman kuivana käymisen. Tällä ennaltaehkäistään pumppujen vahingoittuminen, mahdollisen laitteiston käyttäjän virheen aikaansaannoksena.



Kuva 6 - Pumput

5.7 Virtausmittarit

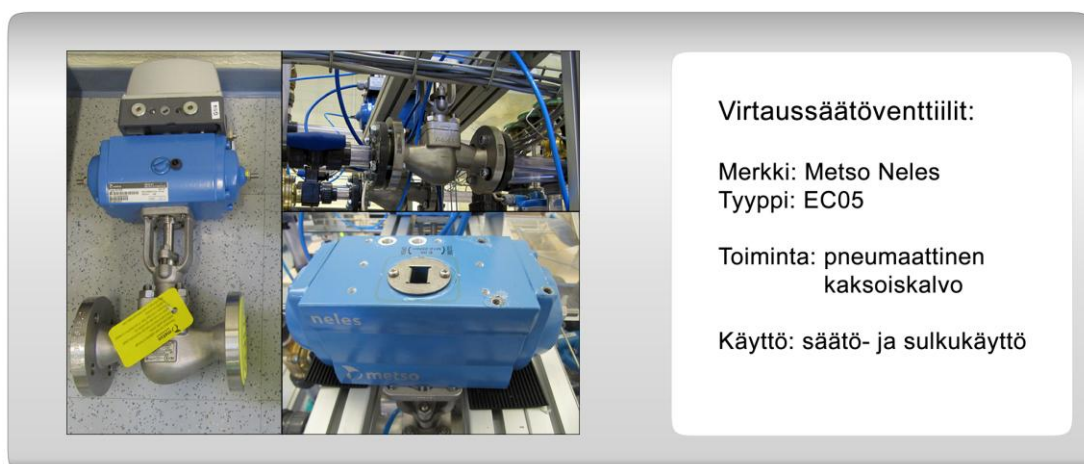
Virtausmittarit ovat magneettis-induktiiviset, ja toimivat HART-laitteina. Metson edustamat Endress + Hauser:n Promag P –sarjan mittarit ovat IP-luokitukseltaan hyviä, myös korkeisiin lämpötiloihin soveltuvia PTFE ja PFA-vuorausten ansiosta. Magneettinen määrämittaus on käytännössä ainoa järkevä vaihtoehto tulevaa käyttö-tarkoitusta ajatellen, sillä kyseinen mittaus soveltuu lähes kaikille sähköä johtaville nesteille.



Kuva 7 - Virtausmittarit

5.8 Virtaussäätöventtiilit

Virtaussäätöventtiileiksi valittiin Endress + Hauser:n virtausmittareiden tapaan Metson valmistamat Neles EC-sarjan kaksoinkalvoventtiilit. Pneumaattinen säätö vaatii ulkoisen paineilmasyötön, jonka liitäntä on edestä katsottuna alasäiliön takana. EC-sarjan säätöventtiilien toiminta perustuu paineilmalla rullaavaan kalvoon, joka kääntää hammasvälityksen avulla venttiiliakselia. Liite 10 olevasta halkileikkauksuvasta, selvenee käsitys venttiilin toimintaperiaatteesta.



Kuva 8 – Virtaussäätöventtiilit

6 SÄHKÖSUUNNITTELU

Laitteiston sähkösuunnittelu lähti liikkeelle projektille suhteellisen varmoista päämääristä, joita muutettiin hieman projektin edetessä. Ensimmäiseksi suunnittelin automaatiokeskuksen 230V pääpiirikaavion, jossa on esitetty kaikki järjestelmän 230V käyttöjännitteellä toimivat laitteet, sekä niiden toimintaan vaikuttavat 24V jännitelähdöt. Piirikaavioon tuli projektin edetessä useita muutoksia, mm. hätäseis-piirin kytkennät sisältäen tarvittavat kontaktorit taajuusmuuntajalähdöille, virtaussäätöventtiilit, erillisen kenttälaitteiden virtalähteen, sekä virtalähteiltä lähtevät 24V lähdöt. Tämän lisäksi projektin alkuvaiheessa suunnittelin alustavan keskuksen layoutkuvan, josta tuli useita revisioita projektin edetessä. Automaatiojärjestelmän logiikkapiirustukset toteutti myöhemmin projektiin mukaan tullut Tomi Välimäki. Yhteistyössä hänen kanssaan, suunnitelmat saatiin kohtaamaan omat sähkösuunnitelmani.

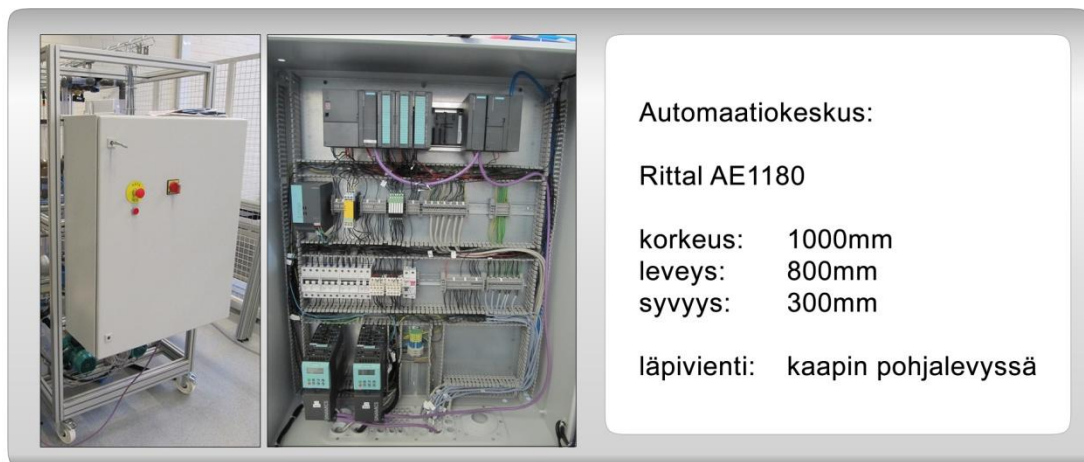
6.1 Automaatiokeskus

Automaatiokeskuksen kaapin tyyppiä vaihdettiin projektin aikana muutamaan kertaan, mutta lopulta päädyttiin Rittal AE1180 kaappiin, jonka mitat todettiin käytännöllisiksi. Tällä kaapin valinnalla voitiin erottaa 230V syöttö ja logiikan 24V jännitteet suhteellisen hyvin. Ensimmäisen suunnitellut kaapin asennussyvyys huomioon ottaen, olisi ilmanvaihto ollut heikompi ja taajuusmuuntajien asennustila kriittinen. Kaapin yläosaan kiinnitettiin Siemens:n logiikan kytkentäkisko, johon kiinnitettiin logiikan virtalähde, logiikan profibus DP, hart-, tulo- ja lähtökortit ja Profibus DP/PA-muunnin. Näiden alapuolelle sijoitettiin magneettiventtiilien tarvitsema oma kenttälaittevirtalähde, Siemens Sirius turvarele, sekä muut 24V järjestelmän releet ja riviliittimet. Kaikki järjestelmän johdonsuojakatkaisijat sijoitettiin samaan kytkentärimaan, joiden viereen taajuusmuuntajien tarvitsemat turvarele ohjatut kontaktorit. Aivan alimmaiseksi keskuksessa sijoitettiin taajuusmuuntajat. Kaikki keskuksen tulevat, ja sieltä lähtevät kaapeloinnit kulkevat keskuksen alaosassa sijaitsevasta läpivientikumista. Keskuksen sisällä kaapelointi suoritettiin mahdollisimman siististi ja kaapelit, sekä kytkentäjohdot kulkevat siististi 40mm leveiden kannellisten kytkentäkourujen sisällä. Pääkytkin, hätäseis-turvakytkin ja kuittauspainikekytkin oli tarkoitus alun perin sijoittaa keskuksen sivuun kaapeloinnin helpottamiseksi, mutta käytet-

tävyyttä ajatellen sijoitettiin viimeisellä päätöksellä oveen. Keskuksen layout-kuva löytyy liitteistä 7-9.

6.1.1 Keskuskaappi

Automaatiokeskuksen rungoksi valittiin Rittal:n valmistama AE-sarjan teräksinen, jauhemaalattu ovellinen keskuskaappi. Sen syvyys 300mm on riittävä, niin että suhteellisen paljon syvyysuunnassa tilaa vievät taajuusmuuntajatkin saatiin hyvin asennettua paikoilleen. Jo suunnitteluvaiheessa otettiin huomiota kaapeloinnin tarvitsemaan lisätilaan, sekä keskuksen asennettavien komponenttien tarvitsemaan riittävään ilmanvaihtoon. Keskuskaapin irrallinen asennuslevy helpotti asentamista huomattavasti, komponentit ja kourut saatiin kiinnitettyä helposti levyn ollessa vaakatasossa työpöydällä.



Kuva 9 – Automaatiokeskus

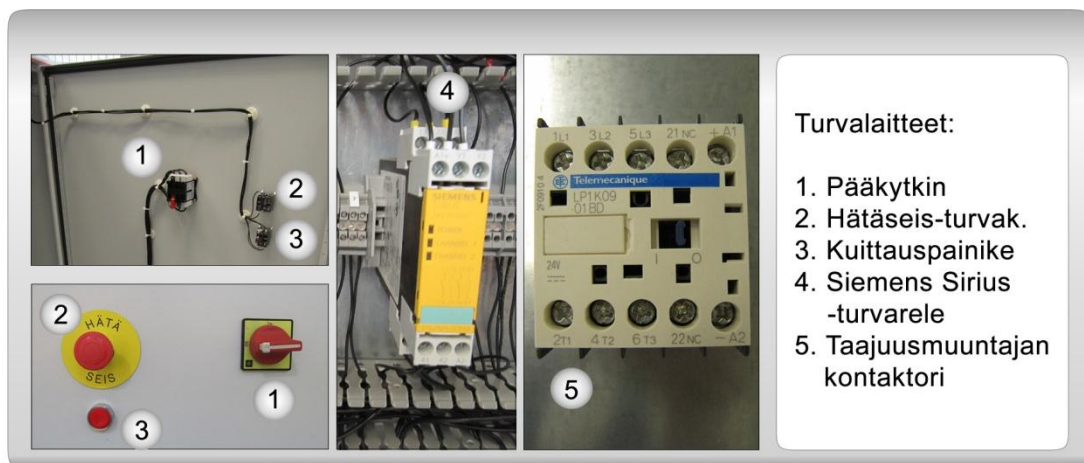
6.1.2 Sähkönsyöttö

Sähkön syöttö keskuksen tulee ulkoisesta 16A 3~ vaiheisesta voimapistoriasta, josta kaapelointi kulkee asennuskehikon etupuolelta johtokourua pitkin kohti keskuksa. Kaapeli menee keskuskaapin pohjalevyn läpiviennistä T2 taajuusmuuntajan oikealla puolella sijaitseviin syötölle määrättyihin riviliittimiin. Syötön yhteyteen laitettiin neljä N-riviliitintä. Keskuksessa on kaksi erillistä PE-riviliitinrimaa, toinen syötön yhteyteen ja toinen sijoitettiin keskuksen ylimmäiseen kytkentäkiskoon lähem-

mäs logiikan lähtöjä, vähentäen turhia johdotuksia keskuksen sisällä. Vaihejohdot jatkavat riviliittimistä päävirtakytkimelle, joka sijaitsee keskuskaapin ovelta. Sähkön syötön pääsuojana käytetään C16 johdonsuojakatkaisijoita. Taajuusmuuntajien 3~vaihe syötössä on C6 johdonsuojakatkaisijat, ja turvareleen vaatimat kontaktorit. Logiikan ja kenttälaitteiden virtalähteillä on myös C6-johdonsuojakatkaisijat, ja Nelles virtausventtiileiden syötölle on ns. etusulakkeina C2 johdonsuojakatkaisijat. Pääsääntöisesti keskuksen sisäiset 230V syöttöjohdotuksen kulkevat keskuksen vasenta puolta.

6.1.3 Turvalaitteet

Hätäseis-turvakytkin on keskuksen ovelta pääkytkimen viereen sijoitettuna, sitä painettaessa aktivoituu Siemens Sirius turvarele katkaisten magneettiventtiilien ja taajuusmuuntajien syötöt. Taajuusmuuntajien syötössä olevat kontaktorit laukeavat pitoilastaan turvareleen kytkeydyttyä aktiiviseksi. Valolla varustettu kuittauspainike on hätäseis-kytkimen alapuolella keskuksen ovelta.

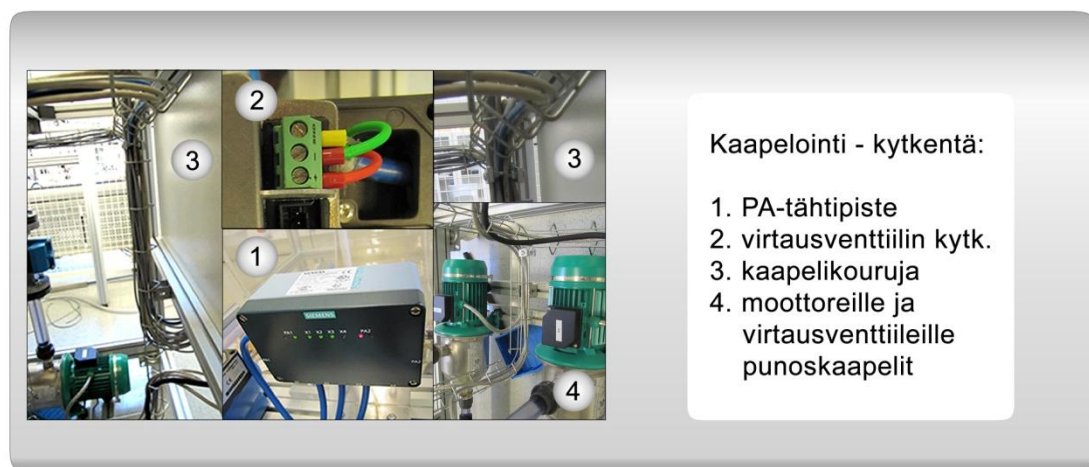


Kuva 10 - Turvalaitteet

6.2 Toimilaitteiden kaapeloinnit ja kytkennät

Toimilaitteille menevät kaapeloinnit kulkevat järjestelmällisesti kaapelikiskoihin kiinnitettyinä tarkoin suunniteltuja reittejä pitkin, kaikki kaapelit ovat häiriösuojattu- ja, sekä liitännät toimilaitteisiin on pyritty viimeistelemään huolellisesti. Suurin teki-

jä kaapeloinnin osalta, on laitteiden välisten ohjauksien toteutustavat. Taajuusmuuntajia ohjataan suoraan PCS7 ja kenttäaseman välistä Profibus DP:nä. Magneettiventtiilit HV1-HV4, sekä raja-anturit LS1-LS5 toimivat hajautettuna I/O:na. Profibus PA:ta käyttävät mm. alatankin lämpötila-anturi, sekä virtausmittarit. Muut laitteistossa olevat ovat HART-laitteita. Laitteiden kaapeloinnissa on olennaisesti eroja, mutta kaapelien värit voidaan käyttää maallikoille esimerkkinä, esim. siniset ovat Profibus PA-väyläisiä, violetit Profibus DP-väyläisiä ja vaaleanharmaat kaapelit menevät HART-laitteille.



Kuva 11 – Kaapelointi ja kytkentä laitteisiin

7 PROJEKTIN ANALYSOINTI

Projektiin kului aikaa kokonaisuudessaan noin 10kk, jona aikana järjestelmä saatiin toimintavalmiiksi kaikin puolin. Alustava aikataulu venyi suurelta osin, erinäisistä syistä johtuen. Työryhmän aikataulujen yhteensovittaminen oli hankalaa, opiskelijoiden muista kursseista johtuen. Projektiin ei ollut mahdollisuus syventyä täyspäiväisesti, eikä myöskään suunnitellun aikataulun mukaisesti. Projektin alkuvaiheessa työryhmä kokoontui ns. projektipalaverien muodossa noin kerran viikossa, kahden kolmen tunnin verran kerralla. Kävimme ryhmänä tutustumassa hieman samantyyppiseen järjestelmään Winnovan sähkö- ja automaatiotekniikan tiloissa, josta saatiin jonkunlainen käsitys tulevasta. Alun perin laitteiston määrittelyssä ei pitänyt olla suurempia odotuksia, muuta kuin käytettävissä olevat useat väyläratkaisut. Lopulta

saimme tiedon järjestelmän kasattavaksi Siemens:n logiikan ja saman valmistajan ohjauksen ympärille. Määrärahan piti alun perin olla hankkeen rajana, jolloin kaikki laitteet kilpailutettiin ja mietittiin tarkoin eikä myöskään järjestelmän valmiiksi saattamisesta annettu lopullista päivämäärää. Projektiryhmän päämääränä oli saattaa ai-noastaan järjestelmään tulevan laitteiston osat tilaukseen vuoden 2009 loppuun mennessä. Määräraha kasvoi kuitenkin hankkeen tiimoilta odotettua suuremmaksi ennen joulukuun tilauksia, ja järjestelmä saatiin kokonaisuudessaan näin valmiiksi kesän 2010 aikana.

Tarjouskilpailutuksen aikana osalla tarjousta tehneillä yrityksillä kesti vastata pitkään, vaikka tarjouksen pyyntöihin pyydettiin lähettämään tiettyyn päivämäärään mennessä. Laitteiston osien valinnassa ja tuotteiden tilauksissa ilmeni muutamia ongelmia ja virheellisyyksiä. Kehikkoa kasatessa alumiiniprofiileihin tehtiin itse tarvittut jenkat, tänä aikana katkesi yksi jenkatappi. Alkujaan putkien piti olla normaalia muoviputkea, eikä kirkasta akryyliputkea. Hintatietojen vahvistuessa kirkas akryyli olikin huomattavasti luultua edullisempaa, joten päädyimme siihen useasta positiivisesta syystä. Pumppuja tilatessamme kiinnitimme huomiota niiden tehoon, ottotehoa ajatellessamme tilasimme vahingossa pumput pumppaustehon mukaan. Tästä syystä järjestelmään tulleet pumput olisivat ilman taajuusmuuntajaohjausta ylitehoiset, toisin sanoen pumput eivät käy koskaan täydellä teholla. Rittalin kuvastosta keskuskaappia valittaessa päädyimme ensin hieman liian matalaan kaappiratkaisuun. Tilausvaiheessa annoimme kaapin korkeus ja leveys mitat väärin, jolloin tuotteen saapuessa keskuskaappi oli vaaka- eikä tarkoitettua pystymallia. Kaapin vaihto onnistui kuitenkin ongelmitta. Alasäiliön nesteen pinnankorkeusanturi olikin yllättäen induktiivinen, jolloin se tarvitsi ympärilleen toimintaa ajatellen teräsputken. Toinen virtaussäätöventtiilin ohjausyksikkö toimitettiin viallisena, jolloin se lähetettiin takaisin ja ehjä saapui vasta alkusyksyllä 2010. Järjestelmän ensimmäisessä testausvaiheessa huomasimme laitteiston putkituksessa olevan muutama vuotava putkiliitos, viat korjattiin kuitenkin välittömästi. Pyöreän säiliön alaosassa olevan tasaisen muovilevyn sauma vuosi hieman, valmistusvaiheessa ei säiliöiden koeponnistusta tehty. Säiliöiden valmistajaa huomautettiin tekovaiheessa varmistamaan säiliöiden tiiveys, etteivät järjestelmän herkäät sähkölaitteet vaurioidu. Sauman vuoto korjattiin yrityksessä kuitenkin välittömästi tiedon saatua ja säiliö tuli takaisin vielä saman päivän aikana. Näiden edellä mainittujen pienten ongelmien jälkeen, ei suurempia ongelmia tai virheitä projektin aikana sattunut.

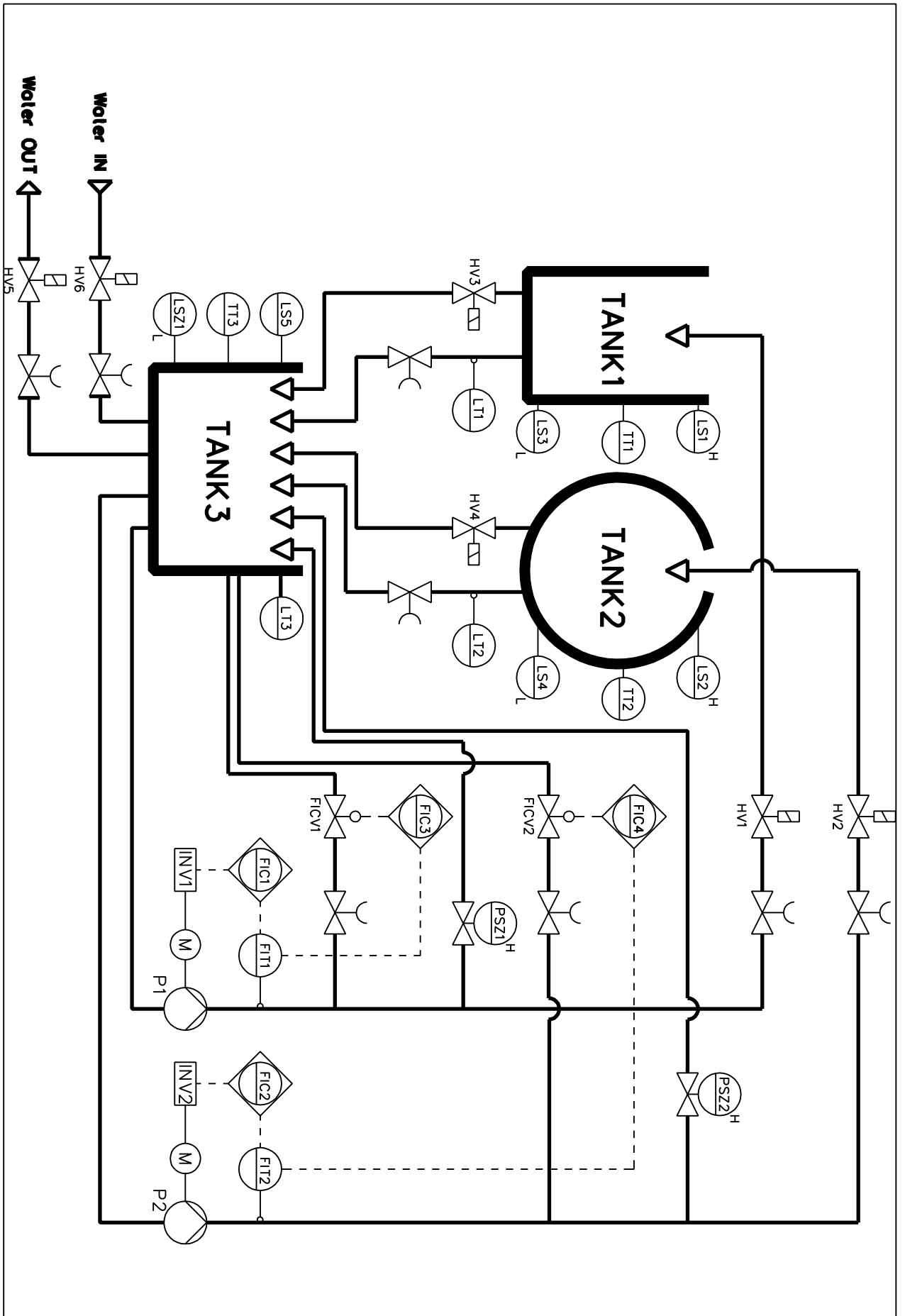
8 YHTEENVETO

Projekti onnistui kaiken kaikkiaan hyvin, ilman aikataulutusta huomioon ottaen monen muun vastaavan onnistuneen projektin tavoin. Näin ollen olen erittäin tyytyväinen kaikkien mukana olleiden henkilöiden työpanostukseen. Tuotteet tilattiin joulukuun 2009 loppuun mennessä tiukan aikataulun mukaan, vuodenvaihteen jälkeen odottelimme tuotteiden saapumista ja järjestelmän kasausta aloitettiin. Saimme järjestelmän osittain kasatuksi kevään 2010 aikana, projektia jatkoi kesän ajan Tomi Välimäki, Antti Pöyri, sekä SAMK:ssa kaksi ranskalaista vaihdossa ollutta opiskelijaa. Heidän työpanoksensa oli kesän ajalta saattaa putkitus ja automaatiokeskus valmiiksi, sekä logiikan alustava ohjelmointi ja laitteiston käyttöönotto. Järjestelmän testauksesta ja logiikan alustavasta ohjelmoinnista vastannut Välimäki, oli myös tyytyväinen lopputulokseen. Projektina ollut virtausmittauslaitteisto tulee toimimaan opiskelijoiden harjoitusympäristönä väyläteknikkaan liittyvissä kursseissa. Projektin johtajana, tulee minun kiittää näin ollen kaikkia projektissa mukana olleita opettajia ja opiskelijoita hyvästä panostuksestaan opinnäytetyönä olleesta projektin onnistumisesta.

Liite 1

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio

PI - diagram

Suunn. /16.12.2009
Piir. /
Tark. /08/2010

Kokonaissuus
Lehti 1 / 1

Sähköposti

Yhännumero 0001

Pirustusnumero
LVI P11401

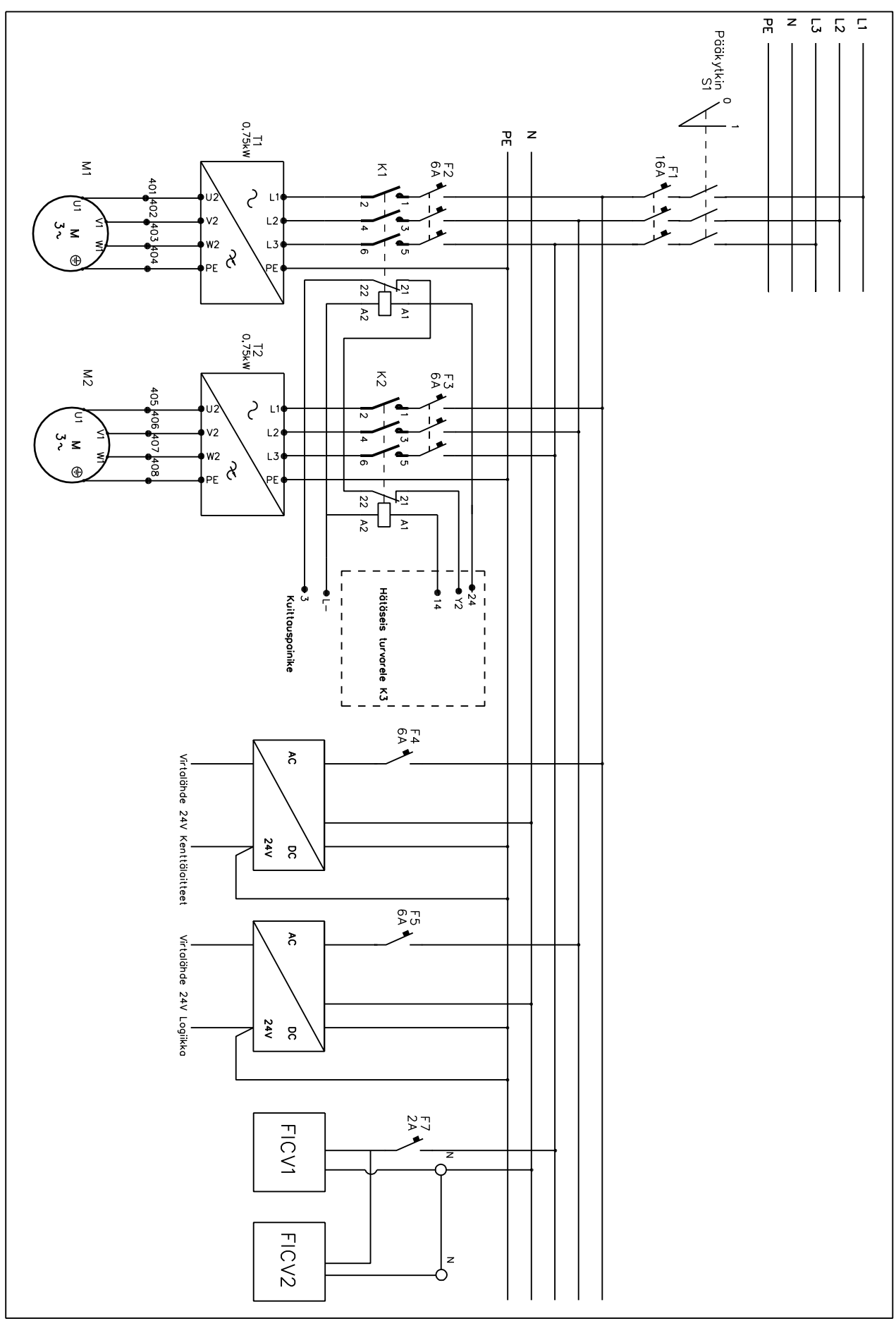
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

S R P O N M L K J H G F E D C B A

Liite 2

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio

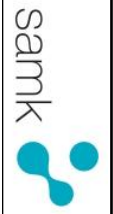
Logiikkakaapin 230VAC

Suunn.	/16.12.2009	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Yönnumero
Piirt.	Jori Lane	Lenti	1/1	Piirustusnumero
Tarkk.	08/2010			SÄH P11402

Liite 3

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Sähkö- ja
automaatiotekniikan
laboratorio

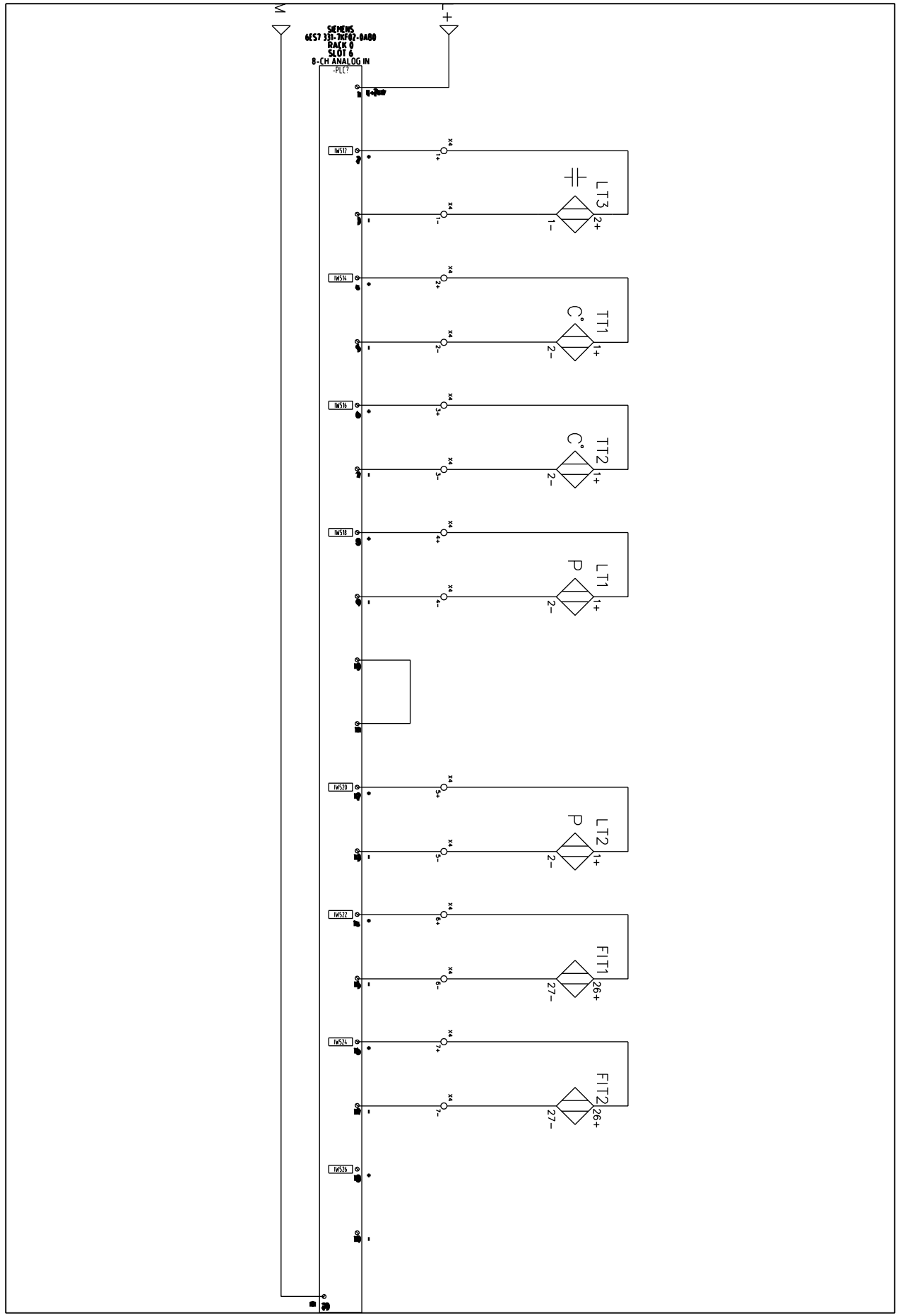
Inputs
HART – devices

Suunn. /31.05.2010
Pirt. Tomi Vähämäki
Tarkk. /08/2010

Kokonaisuus
Lenti 1/1

Piirustusnumero
SÄH P11403

Sähköpostiosoite
Yhteyshenkilö
0001



11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

S	R	P	O	N	M	L	K	J	I	G	F	E	D	C	B	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Liite 4

D muutos

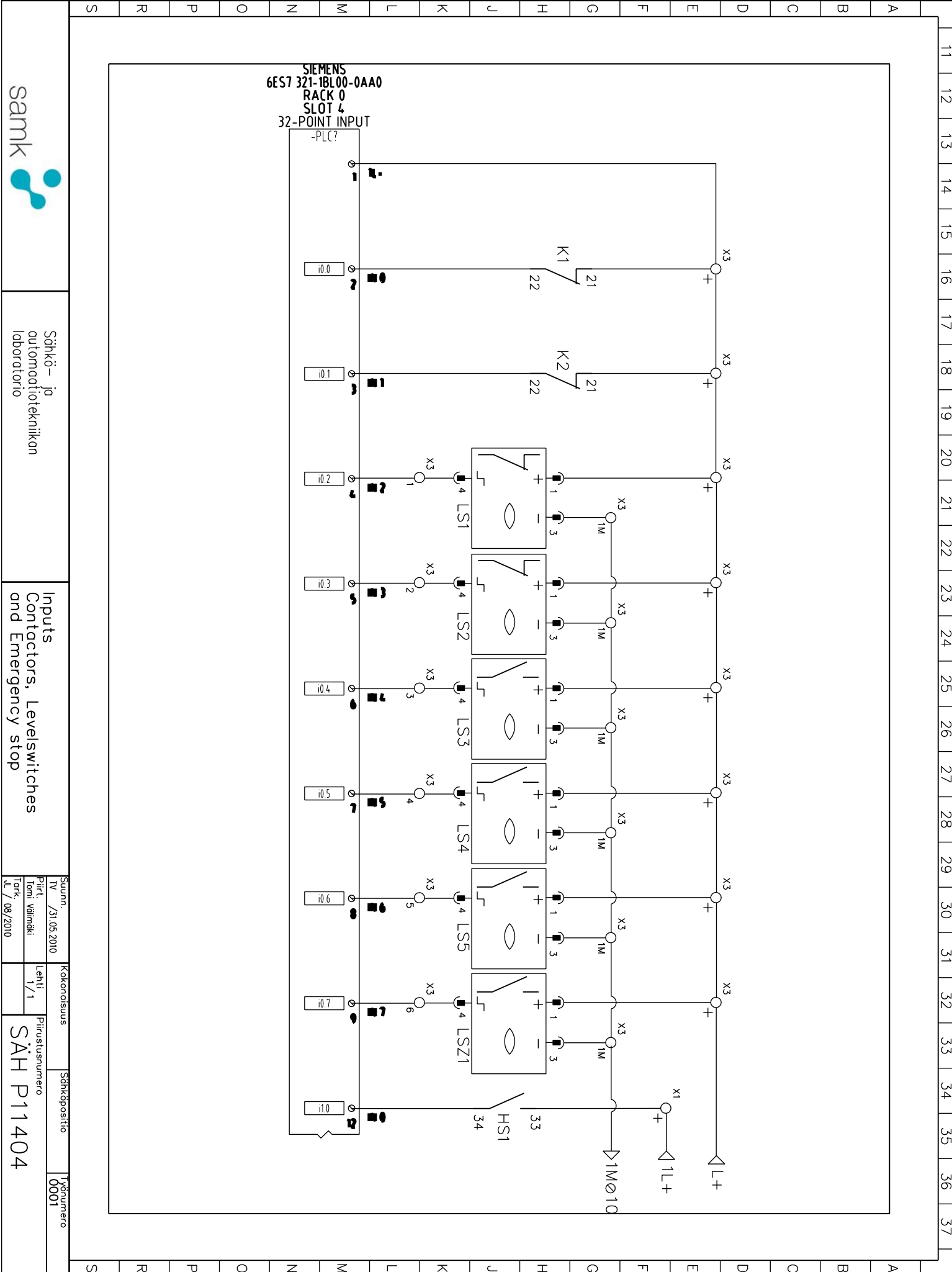
E muutos

F muutos

A muutos

B muutos

C muutos



Sähkö- ja
automaatiotekniikan
laboratorio

Inputs
Contactors, Levelswitches
and Emergency stop

Suunn. /31.05.2010
PiiT. /
Tom. Vähämäki
Tarkk. / 08/2010

Kokonaissuus
Lehti 1/1

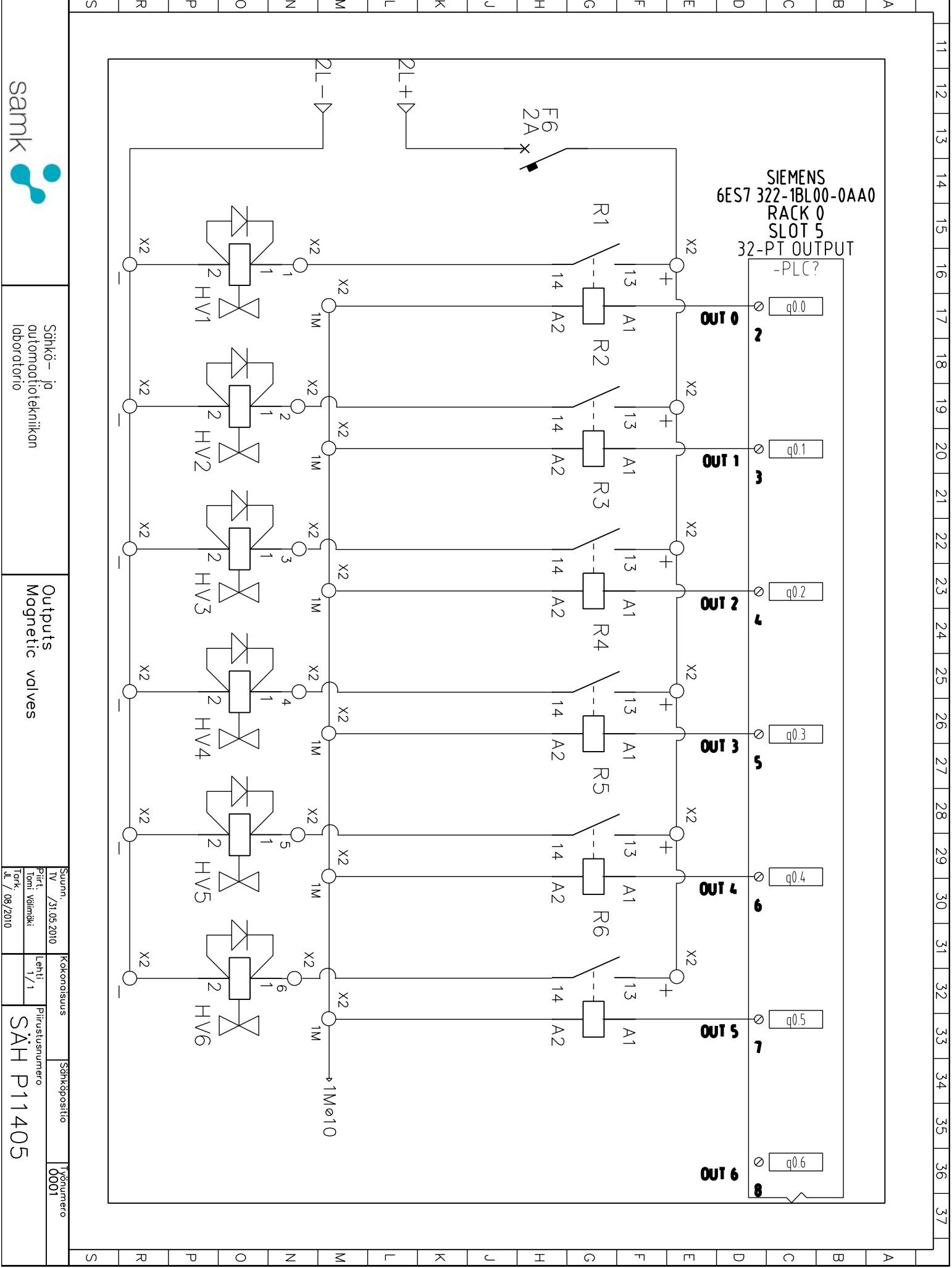
Piirustusnumero
SÄH P11404

Sähköpostiosoite
Yhteyshenkilö
0001

Liite 5

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos



Sähkö- ja
automaatio-
laboratorio

Outputs
Magnetic
valves

Suunn. / PiiT. / Tark.	Kokonaissuus	Sähköpostiosoite	Yhteyshenkilö
31.05.2010	1/1		
08/2010			
PiiT. / Tark.		Piirustusnumero	Yhteyshenkilö
SÄHKÖ P11405			

Liite 6

D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Sähkö- ja automaatiotekniikan laboratorio

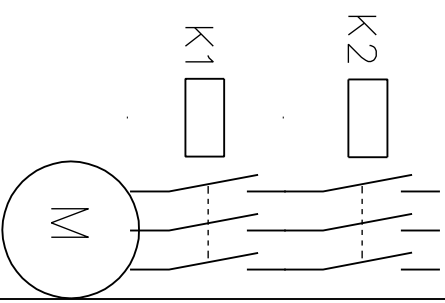
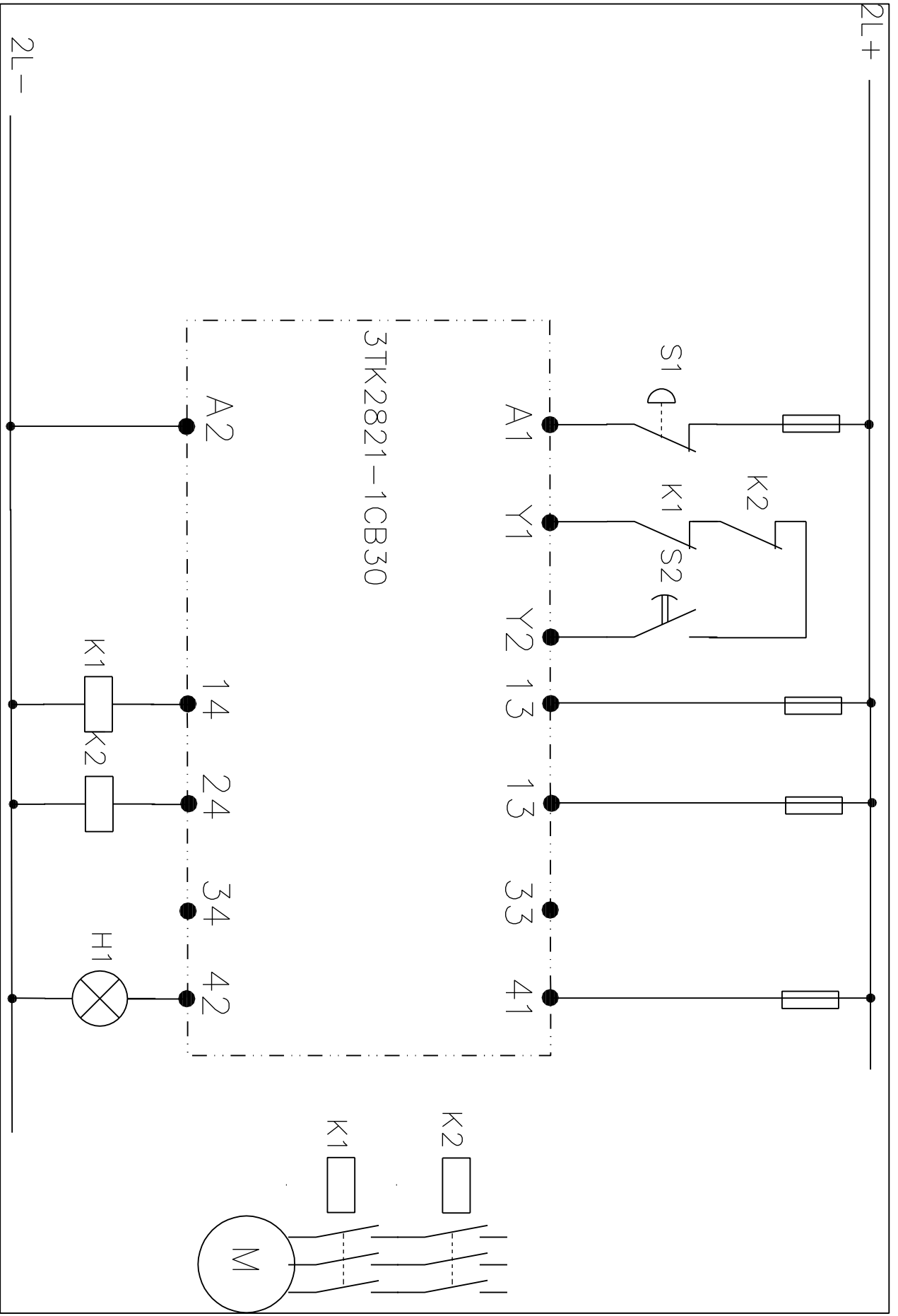
Turvarele Siemens Sirius

Suunn. /16.12.2009
Piirt. /16.12.2009
Aloit. Pöytä
Tark. /08/2010

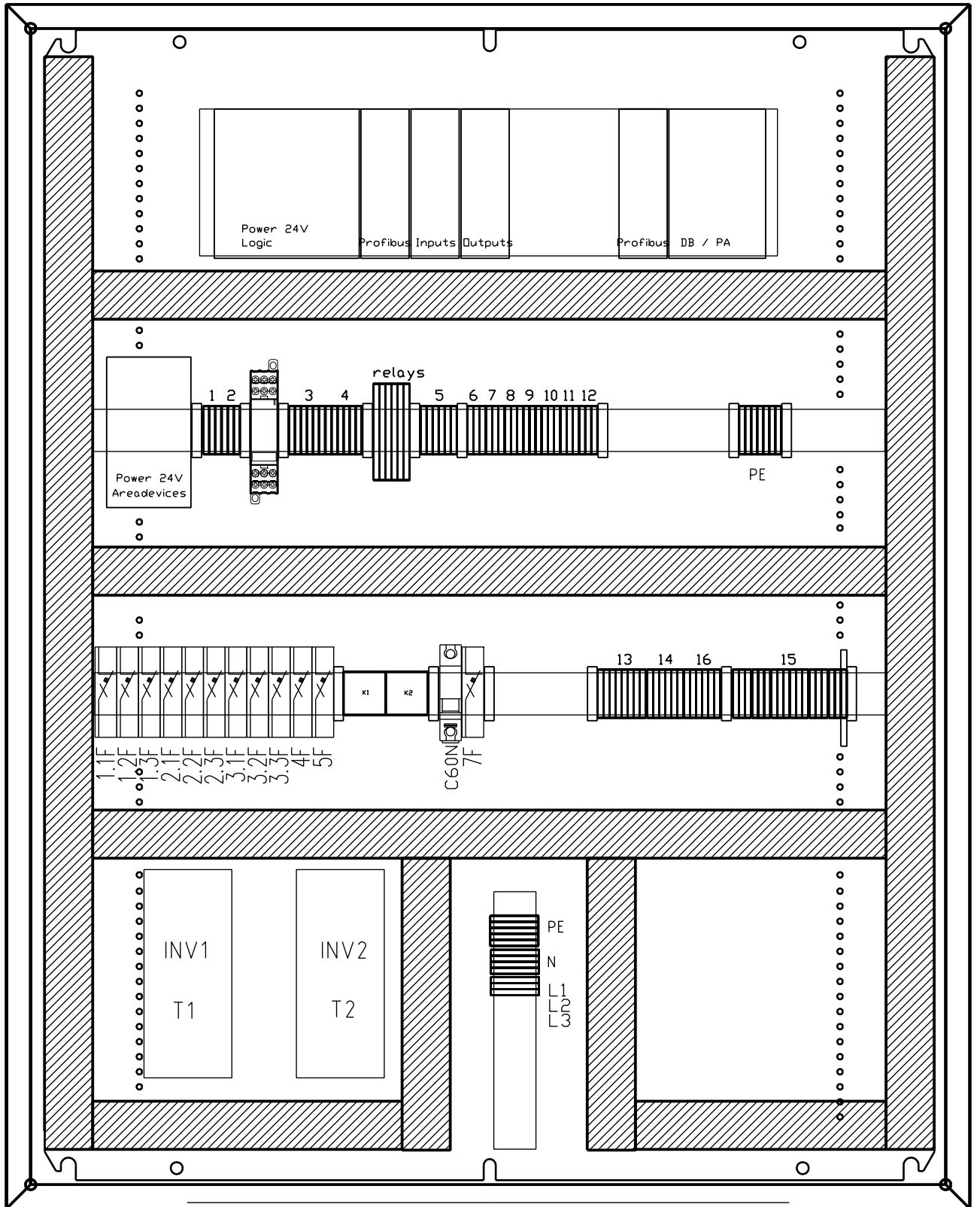
Kokonaisuus
Lehti 1/1

Sähköposti
Yhdytunnus
SÄH P11406

0001



Liite 7



D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos



Logiikkakaapin layout
kuva edestä

Suunn.
JL /18.12.2009
Piirt.
Jari Laine
Tark.
JL / 08/2010

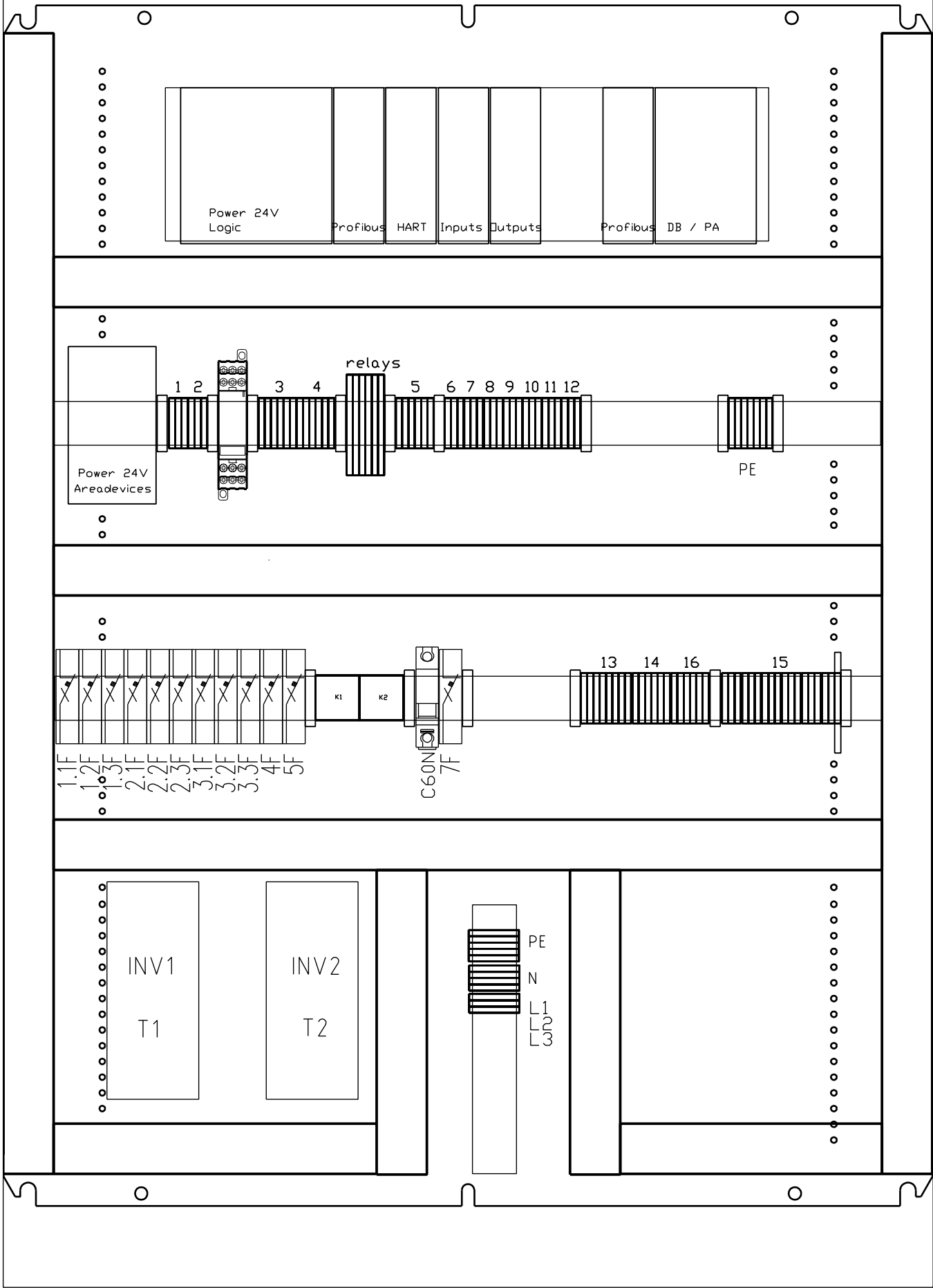
Kokonaisuus
Lehti
1/1

Sähköpositio
Piiustusnumero

Työnumero
0001

SÄH P11407-1

Liite 8



D muutos
E muutos
F muutos

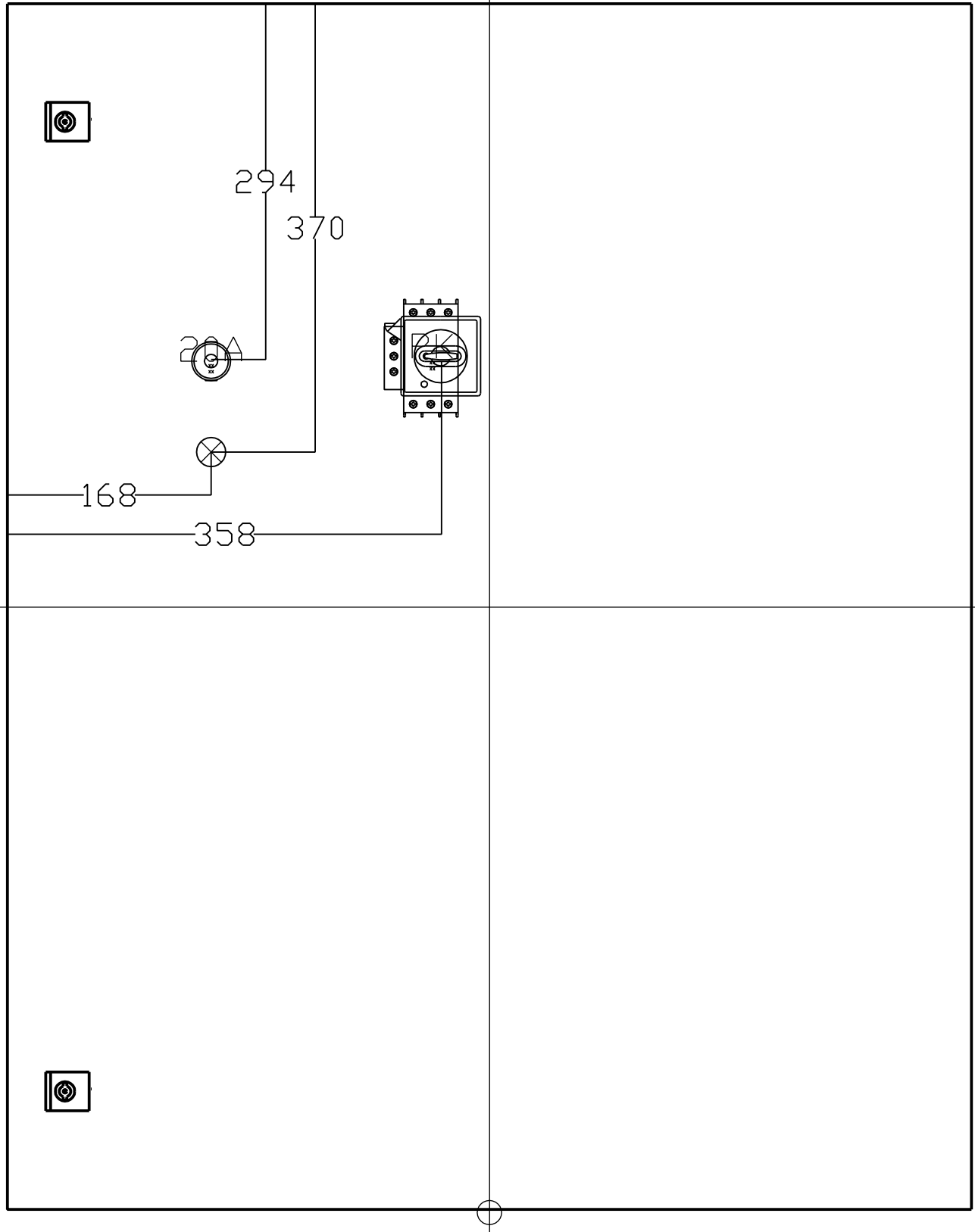
A muutos
B muutos
C muutos



Logiikkakaapin layout
asennuslevy

Suunn. JL /18.12.2009	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnnumero 0001
Piirt. Jari Laine	Lehti 1/1	Piirustusnumero	
Tark. JL / 08/2010		SÄH P11407-2	

Liite 9



D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

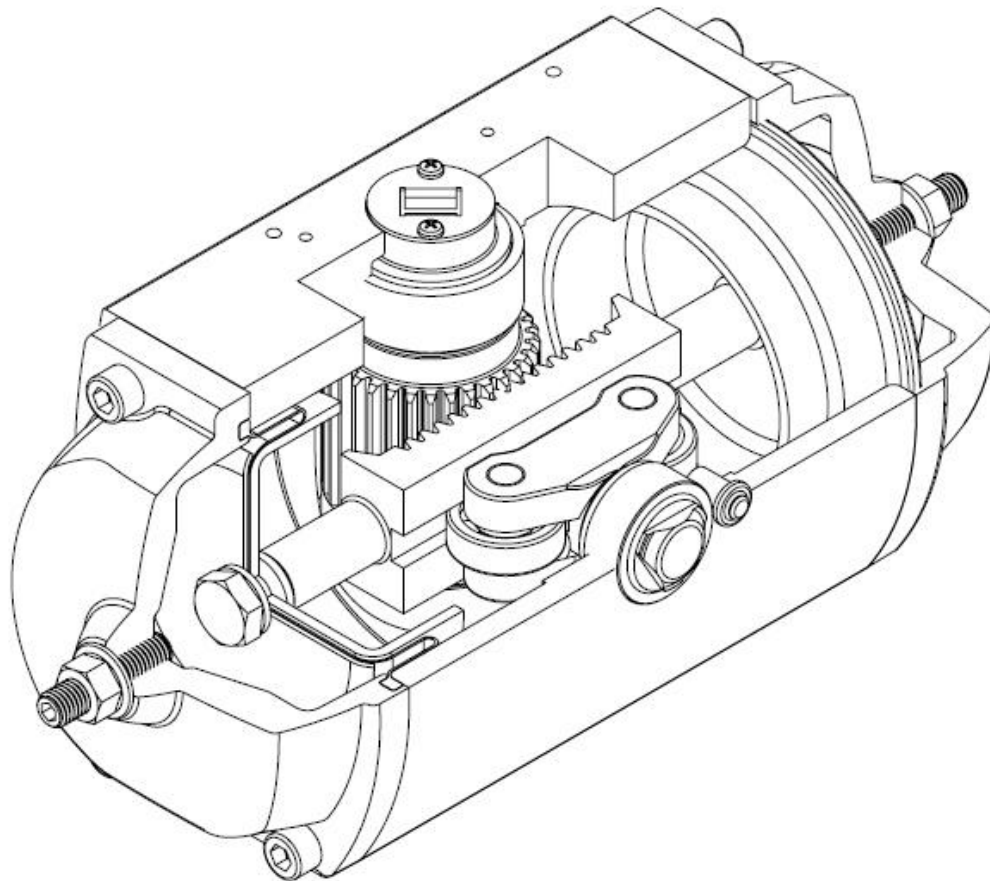
A
B
C
D
E
F
G
H
J
K
L
M
N
O
P
R
S
T
U
V
X
Y
Z
1
2



Logiikkakaapin layout
ovi ulkopuoli edestä

Suunn. JL /18.12.2009	Kokonaisuus	Sähköpositio	Työnumero 0001
Piirt. Jari Laine	Lehti 1/1	Piiustusnumero	
Tark. JL / 08/2010	SÄH P11407-3		

Liite 10



Halkileikkauskuva viite: Metso Neles 6EC70fi.pdf