

Ville Okkonen

Lämpölaitoksen ohjausjärjestelmän modernisointi

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Ville Okkonen

Työn nimi: Lämpölaitoksen ohjausjärjestelmän modernisointi

Ohjaaja: Niko Ristimäki

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 31

Liitteiden lukumäärä: 2

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa toteuttamiskelpoiset suunnitelmat Kampin Puu Oy:n lämpölaitoksen ohjausjärjestelmän uudistamiseksi. Laitoksen ohjausjärjestelmään ei enää ollut saatavilla varaosia, joten työn tilaaja halusi korvata vanhan järjestelmän helposti saatavilla olevista komponenteista rakennetulla uudella järjestelmällä. Työ rajattiin koskemaan vain järjestelmän fyysisten osien suunnittelua.

Uuden järjestelmän suunnittelu aloitettiin määrittämällä järjestelmältä vaaditut ominaisuudet sekä selvittämällä vanhan järjestelmän rakennetta. Tästä työ eteni ohjauksen valinnan kautta uusien sähkökaavioiden laatimiseen sekä muiden tarvittavien komponenttien valintaan. Ohjaukseksi valittiin Beckhoffin soft-PLC-tyyppinen järjestelmä.

Alkuperäisen järjestelmän rakenteen selvittäminen oli hyvin haasteellista, koska vanhasta järjestelmästä ei ollut olemassa kunnollisia dokumentteja, vaan ainoastaan ruutupaperille käsin piirretyt kaaviot. Edellä mainitun lisäksi selvitystyötä vaikeuttivat komponenttien merkintöjen puutteellisuus sekä järjestelmään tehdyt dokumentoimattomat muutokset. Tehtyjen suunnitelmien mukaan rakennettu järjestelmä tulee toimimaan suurella todennäköisyydellä hyvin, mutta ideaalilanteessa koko järjestelmä olisi kannattanut suunnitella ja rakentaa ohjauksen osalta alusta alkaen uusiksi. Tämä olisi selkeyttänyt ja yksinkertaistanut järjestelmää.

Asiasanat: lämpökeskukset, ohjausjärjestelmät

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology
Degree programme: Automation Technology

Author: Ville Okkonen

Title of thesis: Modernization of the control system of a heating plant

Supervisor: Niko Ristimäki

Year: 2012

Number of pages: 31

Number of appendices: 2

The aim of this thesis was to produce feasible plans to modernize the control system of the heating plant of Kampin Puu Oy. The main reason to update the control system was that there were no spare parts available for the old system anymore. This thesis was outlined to cover only the designing of the hardware of the control system.

The designing work started by determining the required characteristics for the new control system and figuring out the structure of the old system. The next phase was to choose the programmable logic controller and other necessary components to build the new system. The chosen controller was a soft-PLC based system by Beckhoff. After deciding on the components the circuit diagrams were drawn.

The structure of the old control system was very challenging because there was no proper documentation available. In addition, there were many unlabeled components and undocumented alterations in the system. A control system that is built according to these plans is likely going to work fine. In an ideal situation the whole control system should have been reconstructed to simplify the system.

Keywords: heating plant, control system

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
1 JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tarkoitus ja tavoite.....	7
1.2 Työn rakenne.....	7
1.3 Yritysesittely.....	8
2 TYÖN TEORIATAUSTAA.....	9
2.1 Standardi IEC 61131-3.....	9
2.1.1 Ladder diagram.....	9
2.1.2 Sequential function chart.....	10
2.1.3 Function block diagram.....	10
2.1.4 Structured text.....	10
2.1.5 Instruction list.....	10
2.2 Soft PLC.....	11
2.3 EtherCAT.....	11
2.4 Lämpötilan mittaus.....	11
2.4.1 Lämpötila-asteikot.....	12
2.4.2 Lämpömekaaniset menetelmät.....	12
2.4.3 Sähköiset menetelmät.....	14
2.5 Paineen mittaus.....	17
2.5.1 Paineen käsitteitä.....	17
2.5.2 Nestetäytteiset painemittarit.....	18
2.5.3 Paineen mittaus joustavilla elimillä.....	19
2.5.4 Sähköiset menetelmät.....	20
2.6 Savukaasujen happianalyysi.....	21
3 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU.....	23
3.1 Järjestelmän vaatimukset.....	23

3.2 Vanhan järjestelmän rakenteen selvittäminen.....	23
3.3 Uuden järjestelmän suunnittelu.....	23
3.3.1 Ohjauksen valinta	24
3.3.2 Anturit.....	25
3.3.3 Jännitelähteet.....	27
3.3.4 Releet.....	27
4 YHTEENVETO.....	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	31

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Kampin Puu Oy:n lämpölaitos.....	8
Kuvio 2. Lasilämpömittareita.....	12
Kuvio 3. Kapillaarilämpömittarin periaatekuva	13
Kuvio 4. Kaksoismetallispiraalit.....	14
Kuvio 5. Pt100-lanka-anturin rakenne.....	15
Kuvio 6. Termopari.....	16
Taulukko 1. Termoparityyppien ominaisuuksia	17
Kuvio 7. U-putkimanometri.....	19
Kuvio 8. Differentiaalikondensaattori.....	21
Kuvio 9. Zirkonium-anturin periaatekuva.....	21
Kuvio 10. Alkuperäinen lämpötila-anturi.....	26
Kuvio 11. Valokennon vastaanotin.....	26
Kuvio 12. MOC-100-happianalysaattori	27

1 JOHDANTO

1.1 Työn tarkoitus ja tavoite

Tämän opinnäytetyön kohde on Kampin Puu Oy:n yhteyteen vuonna 1995 rakennettu lämpölaitos (kuvio 1), jonka tuottamalla lämpöenergialla lämmitetään yrityksen tuotantotilat sekä kaksi sahatavarakuivaamo. Laitoksen kattila on Laatikattila Oy:n valmistama, LAKA PS -tyyppinen 1400 kW:n kattila. Kattilassa käytetään polttoaineena yrityksen omassa tuotannossa syntyvää puujätettä, kuten sahanpurua ja kutterinlastua.

Lämpölaitoksen tämänhetkinen ohjausjärjestelmä on vuodelta 1996 ja siinä käytetty ohjelmoitavaa logiikkaa ei enää valmisteta eikä siihen näin ollen saa enää varaosia. Tästä syystä toimeksiantaja haluaa korvata vanhan järjestelmän uudella, helposti saatavilla olevista komponenteista rakennetulla järjestelmällä. Työn tavoitteena on tuottaa toteuttamiskelpoiset suunnitelmat lämpölaitoksen ohjausjärjestelmän uudistamiseksi. Työ on rajattu koskemaan vain järjestelmän fyysisten osien suunnittelua, joten siinä ei käsitellä järjestelmän ohjelmointia ja valvomokäyttöliittymän suunnittelua.

1.2 Työn rakenne

Työn ensimmäisessä luvussa on kerrottu työn taustoista, sekä esitelty työn tilannut yritys. Työn toisessa luvussa käsitellään työhön liittyvää teoriaa, kuten esimerkiksi prosessisuureiden mittaustekniikoita. Työn kolmannessa luvussa on selostettu ohjausjärjestelmän suunnittelutyön kulku. Työn neljännessä luvussa on yhteenveto työstä sekä työn tulosten tarkastelua ja pohdintaa.



Kuvio 1. Kampin Puu Oy:n lämpölaitos.

1.3 Yritysesittely

Kampin Puu Oy on vuonna 1979 perustettu puusepänteollisuuden perheyritys. Yritys sijaitsee Etelä-Pohjanmaalla Kurikassa. Aluksi yrityksen tuotanto on ollut pääasiassa alihankintana tapahtuvaa erilaisten höylättyjen ja sorvattujen komponenttien valmistusta huonekaluteollisuudelle. Vuonna 1982 yritys aloitti puulattioiden valmistuksen huonekalukomponenttien valmistuksen lisäksi. Vuodesta 2001 alkaen yritys on käyttänyt lattiatuotteissaan tavallisen puun lisäksi lämpökäsiteltyä puuta, jonka osuus tuotannossa käytetystä materiaalista on nykyään noin 80 %. Yrityksen käyttämä KP-Floors® -tuotemerkki on rekisteröity vuonna 2003. (Kampin Puu Oy. [Viitattu 6.6.2011].)

2 TYÖN TEORIATAUSTAA

2.1 Standardi IEC 61131-3

IEC 61131-3 on IEC 61131 -standardiperheen kolmas osa. Se on ensimmäinen maailmanlaajuinen teollisuusautomaation ohjelmointikielistandardi, joka määrittelee muotorakenteen, semantiikan sekä esitystavan seuraaville ohjelmointikielille:

- Ladder Diagram (LD)
- Sequential Function Chart (SFC)
- Function Block Diagram (FBD)
- Structured Text (ST)
- Instruction List (IL). (Control IEC 61131-3, [Viitattu 30.1.2012]; IEC 61131-3: a standard programming resource. [Viitattu 30.1.2012].)

Näistä kielistä SFC on lähinnä tarkoitettu ylemmän tason ohjelmointiin, eikä se näin ollen sovellu loogisten toimintojen ohjelmointiin. Muut standardin kielet on tarkoitettu varsinaiseen logiikkaohjelmointiin. SFC, FBD sekä LD ovat graafisia ja ST ja IL tekstuaalisia kieliä. Ohjelmoija voi käyttää samassa projektissa kaikkia kieliä sen mukaan, mikä sopii parhaiten kunkin toiminnon ohjelmointiin. (Control IEC 61131-3, [Viitattu 30.1.2012]; Introduction to IEC 61131-3, [Viitattu 30.1.2012]; Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 224–225.)

2.1.1 Ladder diagram

Tikapuu- eli relekaavio-ohjelmointi on perinteinen logiikkaohjelmointikieli. Tikapuu-kaavion ulkoasu on periytynyt releohjauksen piirikaaviosta, jonka korvaajaksi ohjelmoitavat logiikat kehitettiin. Tikapuu-kaaviosta käytetään myös nimitystä kosketinkaavio. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström & Välimaa 1999, 119.)

Kosketinkaavio koostuu pääasiassa avautuvilla ja sulkeutuvilla koskettimilla toteutetuista JA- ja TAI-kytkennöistä. Koskettimien lisäksi kaaviossa voidaan kutsua

erilaisia toimilohkoja, kuten kiikkuja, ajastimia ja laskureita. (Fonselius ym.1999, 119.)

2.1.2 Sequential function chart

SFC on askeltavan ohjauksen ohjelmointiin tarkoitettu kieli. Ohjelma koostuu askeleista ja niiden välisistä siirtoehdoista, joiden täytyminen siirtää ohjelman suorituksen seuraavaan askeleeseen. Kunkin askeleen sisältämä toiminta voidaan ohjelmoida halutulla kielellä. (Fonselius ym.1999, 123.)

2.1.3 Function block diagram

Toimilohko-ohjelmointi perustuu pääasiassa standardin IEC 617 mukaisiin logiikkasymboleihin. Digitaalisten porttien, kuten AND, OR ja NOT lisäksi toimilohkot voivat sisältää esimerkiksi erilaisia ajastimia ja laskureita. Toimilohko-ohjelmoinnin etuna on se, että siinä loogiset toiminnot voidaan esittää tiiviissä ja havainnollisessa muodossa. (Fonselius ym.1999, 121; Keinänen ym. 2007, 224.)

2.1.4 Structured text

Structured text eli rakenteellinen teksti on korkeamman tason ohjelmointikieli, joka sisältää kaikki nykyisten ohjelmointikielten tärkeimmät elementit. Ohjelma koostuu yksinkertaisista tekstimuotoisista komennoista ja se muistuttaa läheisesti Pascal- ja Basic-ohjelmointikieliä. (Fonselius ym.1999, 123; Keinänen ym. 2007, 224.)

2.1.5 Instruction list

Instruction list eli käskylista on ohjelmointikielenä samankaltainen kuin Assembly-kieli. Käskylistan rivit koostuvat varsinaisesta käskystä, käskyyn liittyvästä operan-

dista sekä mahdollisesta kommentista. Ohjelmalohko aloitetaan latauskäskyllä, jonka jälkeen seuraa joukko JA- ja TAI-lukituksia. Ohjelmalohko päätetään lähdön tai muistipaikan ohjauksella. (Fonselius ym.1999, 122.)

2.2 Soft PLC

Soft PLC on tietokoneessa ohjelmallisesti toteutettu ohjelmoitava logiikka. Soft PLC suorittaa logiikkaohjelmaa suojatussa tilassa, joka takaa ohjelman virheettömän suorituksen tietokoneen muiden ohjelmien ja käyttöjärjestelmän tilasta riippumatta. Myös Soft PLC -järjestelmässä kentälaitteiden liittämässä ohjaukseen käytetään soveltuvaa väyläratkaisua. (Keinänen ym. 2007, 213.)

2.3 EtherCAT

EtherCAT on Beckhoffin vuonna 2003 kehittämä ja EtherCAT Technology Groupin tukema Ethernet-pohjainen verkkotekniikka. TwinCAT-yhteensopivien laitteiden päätoimittajia ovat mm. Beckhoff, Beck IPC, Baumüller sekä Balluf. Ether CAT:ia sovelletaan pääasiassa liikkeen ohjauksissa, mutta sen käyttö tavallisissa I/O-ohjauksissa on yleistynyt. (Sundquist 2008, 70–72.)

2.4 Lämpötilan mittaus

Teollisuudessa yksi yleisimmin mitatuista tilasuureista on lämpötila, koska sillä on vaikutusta lähes kaikkien aineiden ja prosessien kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Lämpötilan mittaaminen on tarpeen, koska se vaikuttaa suuresti esimerkiksi kemiallisten reaktioiden nopeuteen, energian kulutukseen sekä päästöihin. Lämpötilan mittausmenetelmät voidaan jakaa lämpömekaanisiin ja sähköisiin menetelmiin toimintaperiaatteen perusteella. Toinen menetelmien kahtiajako on jako kosketuksellisiin ja kosketuksettomisiin mittausmenetelmiin. (Pihkala 2008, 35–44.)

2.4.1 Lämpötila-asteikot

SI-järjestelmässä lämpötilan perusyksikköinä käytetään kelviniä (K) sekä celsius-astetta ($^{\circ}\text{C}$), jotka ovat suuruudeltaan yhtä suuret. Celsiusasteikon peruspisteitä ovat $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, jotka ovat veden jäätymis- ja kiehumispisteet. Alin mahdollinen lämpötila on $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, joka on samalla kelvinasteikon nollapiste. Sitä kutsutaan myös absoluuttiseksi nollapisteeksi. (Pihkala 2008, 35.)

2.4.2 Lämpömekaaniset menetelmät

Lämpömekaanisiin mittareihin luetaan erilaiset kapillaarilämpömittarit sekä kaksoismetallilämpömittarit. Molemmissa toiminta perustuu aineen lämpölaajenemiseen. Kapillaarimittareista yleisin on perinteinen lasilämpömittari (kuvio 2), jonka kapillaariputkessa olevan nesteen korkeus muuttuu lämpötilan mukaan nesteen lämpölaajenemisen johdosta. Tällaisissa mittareissa lämpötila luetaan suoraan kapillaariputken yhteyteen kiinnitetystä asteikosta. Lasilämpömittareissa käytetyistä nesteistä elohopea soveltuu käyttöön parhaiten, mutta myrkyllisyytensä vuoksi se on nykyään korvattu alkoholilla. (Pihkala 2008, 36–37.)

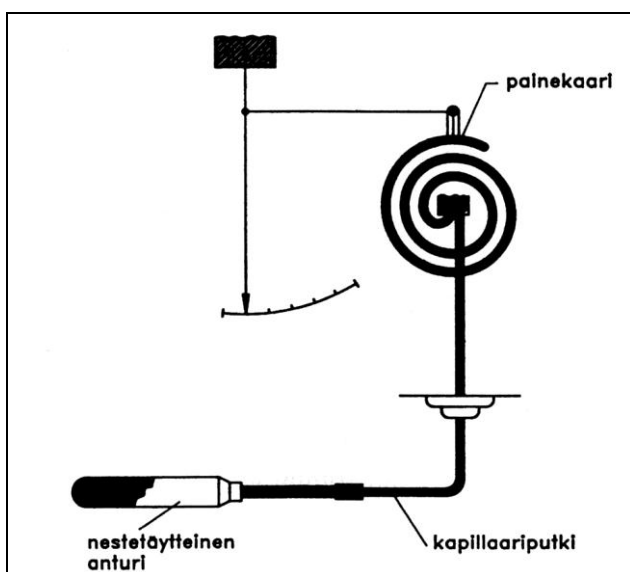


Kuvio 2. Lasilämpömittareita (Teollisuuslämpömittarit).

Toisessa kapillaariputkisovelluksessa mittari koostuu anturina toimivasta säiliöstä, painekaaresta eli bourdon-kaaresta sekä kapillaariputkesta, jotka on liitetty toisiinsa suljetuksi järjestelmäksi. Kapillaarimittarit jaetaan kolmeen ryhmään toimintatansa perusteella:

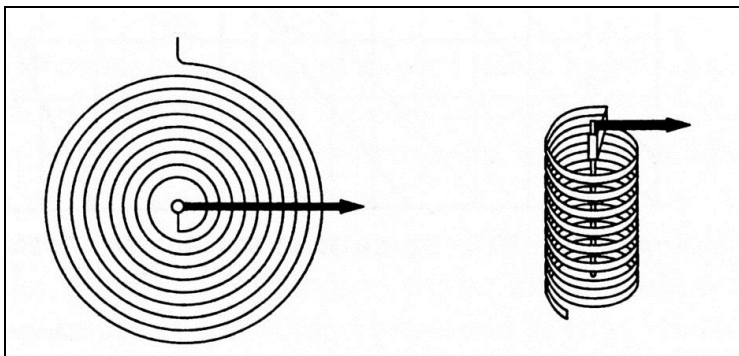
- nesteen lämpölaajenemiseen perustuvat mittarit
- nesteen höyrynpaineeseen perustuvat mittarit
- kaasun paineeseen perustuvat mittarit. (Pihkala 2008, 39.)

Kuviossa 3 on esitetty nesteen lämpölaajenemiseen perustuvan kapillaarilämpömittarin periaatekuva. Kun säiliössä oleva neste alkaa lämpötilan noustessa laajeta, pyrkii painekaari oikeenmaan. Painekaaren liike liikuttaa osoitinta, jonka asteikolta lämpötila voidaan lukea. (Pihkala 2008, 39–40.)



Kuvio 3. Kapillaarilämpömittarin periaatekuva (Pihkala 2008).

Kaksoismetallilämpömittarin toiminta perustuu metallien lämpölaajenemiseen. Kaksoismetallilla tarkoitetaan metallikappaletta, joka on valmistettu valssaamalla yhteen kaksi eri metallia olevaa liuskaa. Koska metalleilla on erilaiset lämpölaajenemiskertoimet, pyrkii kaksoismetallikappale taipumaan pienemmän kertoimen omaavan metallin puolelle. Tämä taipuma saadaan muutettua kiertoliikkeeksi taivuttamalla kaksoismetallikappale spiraalin tai kierukan muotoiseksi (kuvio 4). (Pihkala 2008, 42–43.)



Kuvio 4. Kaksoismetallispiraalit (Pihkala 2008).

2.4.3 Sähköiset menetelmät

Lämpötilan mittaamiseen käytetyt sähköiset menetelmät perustuvat joko aineen resistanssin lämpötilariippuvuuteen tai Seebeckin lämpösähköilmiöön. Resistanssin muutokseen perustuvissa mittausmenetelmissä käytetään metallivastusantureita tai metallioksiedeistä valmistettuja puolijohdeantureita. (Pihkala 2008, 44–47.)

Metallivastusanturit. Metallivastusanturien toiminta perustuu metallin resistanssin lämpötilariippuvuuteen. Metallivastukset ovat niin sanottuja PTC-vastuksia, eli niiden resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. Metallivastuksia voidaan valmistaa esimerkiksi kuparista, platinasta ja nikkelistä, mutta platina on näistä parhaiten tarkoitukseen soveltuva. Platinan resistanssin riippuvuus lämpötilasta on erittäin stabiili ja lineaarinen. Lisäksi se kestää hyvin sekä hapettavia että pelkistäviä olosuhteita ja sen ominaisuudet säilyvät suhteellisen korkeissa lämpötiloissa. (Aumala 1998, 89; Pihkala 2008, 44–45.)

Yleisin platinavastusanturityyppi on Pt100, jonka resistanssi 0 °C lämpötilassa on 100 Ω. Platina-anturin vastuksen lämpötilariippuvuus on hieman epälineaarinen ja sen resistanssi lämpötilassa t voidaan laskea kaavalla

$$R(t) = R(t_0)[1 + A(t - t_0) + B(t - t_0)^2] \quad (1)$$

jossa välillä 0–600 °C

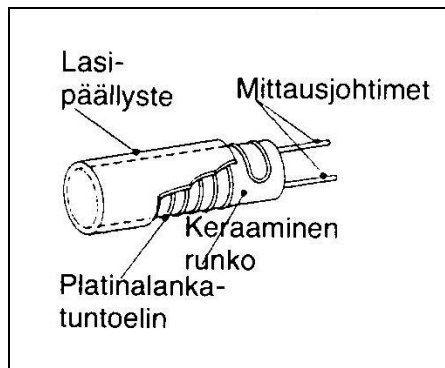
$$A = 3,911 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$$

$$B = 0,588 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$$

$R(t_0)$ = resistanssi 0 °C = 100 Ω. (Aumala 1998, 89; Pihkala 2008, 44–45.)

Vaikka platina-anturien teoreettinen mittausalue on –260...850 °C, on ylärajaksi yleensä asetettu noin 600 °C. Käyttölämpötilan rajoitus johtuu siitä, että anturin muut osat, kuten käämirunko sekä eriste- ja suojarakenteet eivät normaalisti kestä korkeampia lämpötiloja. On kuitenkin mahdollista valmistaa erikoisrakenteisia antureita, jotka kestävät jopa 1000 °C lämpötilassa. (Aumala 1998, 89; Halttunen 2007, 96; Pihkala 2008, 46.)

Platinavastusanturit voidaan jakaa rakenteen perusteella lanka- ja kalvoantureihin. Lankavastusanturi koostuu keraamisesta tai lasisesta lieriöstä, jonka ympärille on käämitty platinalanka (kuvio 5). Käämi puolestaan on pinnoitettu joko keraamilla tai lasilla. Käytettyjen lankojen vahvuudet vaihtelevat 0,05 ja 0,2 mm:n välillä. Anturi suojataan vielä yleensä metallisella kuorella joka vielä mittaolosuhteiden vaatiessa sijoitetaan suojataskuun. (Aumala 1998, 90; Pihkala 2008, 45.)



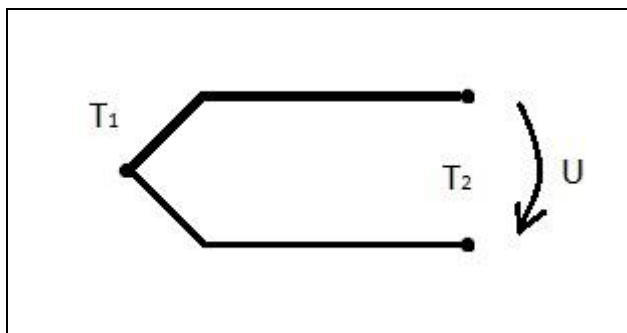
Kuvio 5. Pt100 -lanka-anturin rakenne (Halko 1998).

Platinasta valmistetut kalvoanturit ovat yleensä ohutkalvotekniikalla toteutettuja miniatyyriantureita. Ne koostuvat keraamisesta, yleensä alumiinioksidista valmistetusta alustasta, jonka pinnalle platinakalvo on kiinnitetty ja kalvo on vielä suojattu ohuella lasikerroksella. (Aumala 1998, 91; Pihkala 2008, 45.)

Termistorit. Termistorit ovat metallioksideista valmistettuja puolijohdevastuksia. Ne ovat useimmiten NTC-tyyppisiä ja niiden resistanssi muuttuu voimakkaasti lämpötilan muuttuessa. Termistorien ominaiskäyrät ovat erittäin epälineaarisia,

joten ne soveltuvat hyvin ainoastaan kapeille mitta-alueille. (Pihkala 2008, 46–47.)

Termoparimittaus. Termopari eli termoelementti on yleinen lämpötilan mittaamiseen käytetty anturityyppi. Termoparin toiminta perustuu virolaisen fyysikon, Thomas Johann Seebeckin löytämään lämpösähköilmiöön. Kun kahden eri metallista valmistetun johtimen päät kytketään yhteen, syntyy johtimien toisten päiden välille tasajännite (kuvio 6). Tämä jännite on verrannollinen johtimien päiden väliseen lämpötilaeroon. Jännitteen suuruus on anturityypistä riippuen noin 5–60 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. (Pihkala 2008, 47.)



Kuvio 6. Termopari.

Termoparianturit voidaan jakaa valmistusmateriaalien perusteella perus- ja jalometalliantureihin. Lankojen valmistuksessa voidaan käyttää joko puhtaita metalleja tai metalliseoksia. Joissain tapauksissa voidaan käyttää myös epämetallisia materiaaleja. Termoparityypeistä yleisimmin käytetty on tyyppi K, joka on valmistettu nikkelikromista (chromel) ja nikkelialumiinista (alumel). K-tyypin anturin mitta-alue on $-270\dots1370\text{ }^\circ\text{C}$ ja sen herkkyys $25\text{ }^\circ\text{C}$:ssa on noin $40\text{ }\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Muiden termoparityyppien ominaisuuksia on esitetty taulukossa 1. (Aumala 1998, 95; Halttunen 2007, 97; Pihkala 2008, 48.)

Taulukko 1. Termoparityyppien ominaisuuksia.
(Termopari lämpötila-anturina; Pihkala 2008)

Tunnus	Lankamateriaali	Lämpötila-alue
Perusmetalliset		
T	Cu-CuNi	-270...400
J	Fe-CuNi	-270...1050
K	NiCr-NiAl	-270...1370
E	NiCr-CuNi	-270...790
N	NiCrSi-NiSi	-270...1300
Jalometalliset		
S	Pt10Rh-Pt	-50...1760
B	Pt13Rh-Pt	-50...1760
R	Pt30Rh-Pt6Rh	100...1700

2.5 Paineen mittaus

Lämpötilan ohella paine on yksi prosessiteollisuuden mitatuimpia suureita. Paineella tarkoitetaan nesteen tai kaasun aiheuttamaa voimaa sitä rajoittavaa pintaa kohtaan. SI-järjestelmässä paineen perusyksikkö on pascal (Pa), joka vastaa yhden newtonin voimaa neliometriä kohti. Yksikön pienuuden vuoksi käytetään kuitenkin yleensä kilo- tai megapascalialia. Toinen yleisesti käytössä oleva paineen yksikkö on baari, joka on suuruudeltaan 0,1 MPa. Muita vähemmän käytettyjä paineen yksiköitä ovat esimerkiksi atm, psi, mmH₂O ja mmHg. (Aumala 1996, 139; Halttunen 2007; Pihkala 2008, 17–18.)

2.5.1 Paineen käsitteitä

Absoluuttinen paine. Absoluuttinen paine ilmoitetaan suhteutettuna tyhjiön paineeseen eli absoluuttiseen nollapaineeseen. (Aumala 1996, 139; Pihkala 2008, 17–18.)

Ilmanpaine. Ilmanpaineella tarkoitetaan ilmakehästä aiheutuvaa painetta, jonka suuruus on säästä riippuen yhden baarin molemmiin puolin. Ilmanpaine ilmoitetaan

absoluuttisena paineena ja sen normaali arvo on noin 1,013 bar eli 0,1013 MPa. (Pihkala 2008, 19.)

Paine-ero, ylipaine, alipaine. Paine-ero on kahden mitatun paineen erotus. Paine-eron vertailupaineena käytetään monesti ilmanpainetta. Jos mitattava paine on vertailupainetta suurempi, on kyseessä ylipaine. Jos mitattava paine on vertailupainetta pienempi, puhutaan alipaineesta. (Pihkala 2008, 19.)

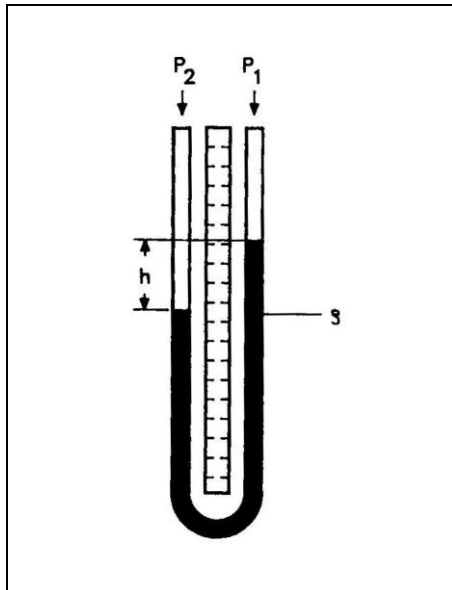
Staattinen paine. Staattinen paine on levossa olevan tai seinämän suuntaan virtaavan nesteen tai kaasun seinämän pintaan aiheuttama paine. Teollisuuden mittauksissa juuri staattinen paine on yleensä mittauksen kohteena. (Aumala 1998, 123; Pihkala 2008, 20.)

Dynaaminen paine. Dynaamisella paineella tarkoitetaan aineen liikkeestä aiheutuvaa staattisen paineen muutosta (Aumala 1998, 123).

Hydrostaattinen paine. Hydrostaattinen paine on nesteillä esiintyvä staattisen paineen muoto, joka aiheutuu nesteen omasta massasta (Aumala 1998, 123; Pihkala 2008, 20).

2.5.2 Nestetäytteiset painemittarit

Eräs yksinkertaisimpia paineen mittaukseen käytettyjä menetelmiä ovat erilaiset nestepatsasmanometrit, joissa käytetään hyväksi nesteen hydrostaattista painetta. Yksinkertaisin näistä on U-putkimanometri, joka koostuu u:n muotoisesta läpinäkyvästä putkesta, joka on täytetty nesteellä (kuvio 7).



Kuvio 7. U-putkimanomometri (Pihkala 2008).

Jos putken päihin vaikuttavat paineet ovat erisuuret, muodostuu nestepatsaiden välille korkeusero. Kun tunnetaan nesteen tiheys, voidaan nestepatsaiden korkeuserosta laskea paineen suuruus kaavalla

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \rho g h \quad (2)$$

jossa ρ on nesteen tiheys

g on putoamiskiihtyvyys

h on nestepatsaiden korkeusero. (Pihkala 2008, 20–21.)

2.5.3 Paineen mittaus joustavilla elimillä

Mitattaessa painetta joustavilla elimillä, pyritään muuttamaan paine mekaaniseksi liikkeeksi tai muodonmuutokseksi jota voidaan mitata. Yleisin painemittareissa käytetty elin on bourdon-putki. Kun paine putken sisällä kasvaa, alkaa putki oieta. Tämä liike muutetaan mekaanisella välityksellä osoittimen liikkeeksi. Tällaisia mittareita käytetään teollisuudessa lähinnä paikallisina paineen osoittimina. Muita joustaviin elimiin perustuvia mittareita ovat muun muassa paljeputki- ja kalvorasiamittarit. (Pihkala 2008, 23–27.)

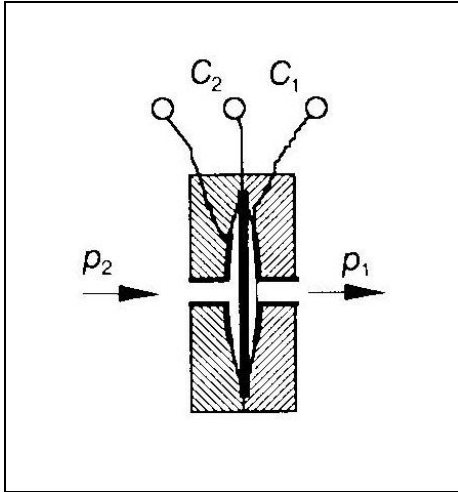
2.5.4 Sähköiset menetelmät

Sähköiset paineenmittausmenetelmät pohjautuvat edellä mainittuihin joustavia elimiä hyväksikäyttäviin menetelmiin. Niissä liike tai muodonmuutos muutetaan sähköiseksi suureeksi esimerkiksi venymäliuska-anturin, pietsoresistiivisen anturin tai kapasitiivisen anturin avulla. (Pihkala 2008, 28.)

Venymäliuska koostuu alustasta johon on kiinnitetty metallinen kalvo- tai lankavasutus. Venymäliuskan toiminta perustuu metallilangan tai -kalvon resistanssin muutokseen sen pituuden muutoksen mukaan. Venymäliuskan avulla tapahtuva paineen mittaus tehdään kiinnittämällä venymäliuska esimerkiksi bourdon-kaaren tai kalvorasian pintaan. Näin saadaan mitattua paineen aiheuttamaa muodonmuutosta mittauselimessä. (Pihkala 2008, 28–29.)

Pietsoresistiiviset anturit koostuvat alustana toimivasta piikalvosta, jonka pintaan on diffusoitu puolijohdeliuskat. Nämä anturit toimivat lähes samalla tavalla kuin venymäliuska-anturit. Niissä resistanssin muutos ei kuitenkaan johdu anturikalvon pituuden muutoksen, vaan siihen syntyvien jännitysten vuoksi. Pietsoresistiivisten antureiden herkkyys on 50...100 kertaa parempi, kuin venymäliuska-antureilla. (Halko ym. 1998, 69; Pihkala 2008, 29–30.)

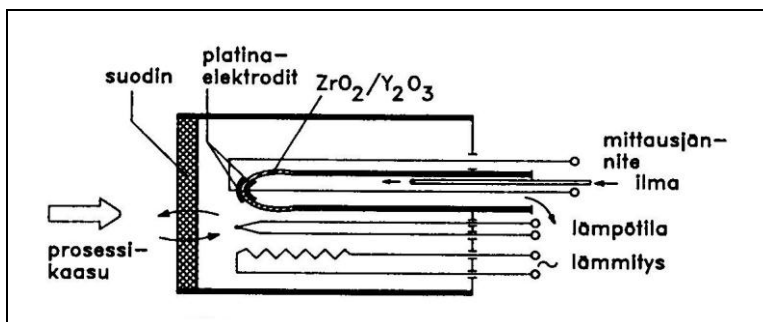
Kapasitiivisessa paineanturissa paine muutetaan sähköiseksi suureeksi differentiaalikonkondensaattorin avulla. Differentiaalikonkondensaattori koostuu kahdesta kiinteästä kalvosta joiden välissä on yksi taipuisa kalvo (kuvio 8). Keskellä oleva taipuisa tuntoelinkalvo taipuu prosessi- ja vertailupaineen erosta, jolloin kalvojen väliset kapasitanssit muuttuvat. (Halko 1998, 65–66.)



Kuvio 8. Differentiaalikondensaattori (Halko 1998).

2.6 Savukaasujen happianalyysi

Savukaasujen happianalyysissä käytettävistä antureista yksi yleisimmin käytetyistä on zirkoniumoksidianturi. Zirkoniumanturin toiminta perustuu sähkökemialliseen reaktioon, jossa zirkoniumoksidi (ZrO_2) toimii happi-ioneja kuljettavana elektrolyytinä. Anturin kenno koostuu zirkoniumoksidista ja sopivasta seosaineesta valmistetusta putkesta, joka on umpinainen toisesta päästä (kuvio 9). Putki on pinnoitettu sisä- ja ulkopuolelta huokoisilla, kaasua läpäisevillä platina- tai hopeakalvoilla, jotka toimivat elektrodeina. Koska zirkoniumoksidi pystyy kuljettamaan happi-ioneja vain kun sen lämpötila on yli $600\text{ }^\circ\text{C}$, on anturissa oltava lämmitysvastus ja lämpötilan säädin. Kennon lämpötila pidetään vakiolämpötilassa $700\text{...}850\text{ }^\circ\text{C}$ välillä. (Aumala 1998, 194–195; Härkönen ym. 1997, 130–132; Pihkala 2008, 152–153.)



Kuvio 9. Zirkonium-anturin periaatekuva (Pihkala 2008).

Kun kennon sisä- ja ulkopuolilla olevien kaasujen happipitoisuudet ovat erisuuret, alkavat happi-ionit siirtyä zirkonium-elektrolyytin läpi kuljettaen elektroneja elektrodilta toiselle. Näin ollen analysoitavan kaasun happipitoisuus voidaan määrittää elektrodien välisestä jännitteestä, kun tiedetään vertailukaasun happipitoisuus ja kennon lämpötila. (Aumala 1998, 194–195; Härkönen ym. 1997, 130–132; Pihkala 2008, 152–153.)

Toinen zirkonium-kennon sovellus on pumppukenoanturi, jossa ZrO_2 -kenno toimii sekä happipumppuna että tuntoelimenä. Anturi koostuu kahdesta zirkoniumoksidikennosta, joiden välissä on suljettu kammio. Tällä menetelmällä voidaan savukaasujen happipitoisuus mitata ilman erillistä vertailukaasua. Pumppukenoanturit jaetaan toimintansa perusteella stabiileihin ja värähteleviin antureihin. (Aumala 1998, 195–198.)

Zirkoniumantureissa on yleensä keraaminen suodatin, joka estää kennoa likaantumisesta ja tasaa savukaasujen happipitoisuuden satunnaisia vaihteluita. Anturi asennetaan suoraan savukaasukanavaan siten, että siihen vaikuttaa mahdollisimman edustava kaasunäyte. (Aumala 1998, 194–195; Härkönen ym. 1997, 130–132; Pihkala 2008, 152–153.)

3 JÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

3.1 Järjestelmän vaatimukset

Ensimmäisten asiakasyritykseen tehtyjen vierailuiden yhteydessä pyrittiin haastatella selvittämään, mitkä osat järjestelmästä oli tarkoitus uudistaa ja millaiset vaatimukset uuden järjestelmän on täytettävä. Uudistettaviksi kohteiksi määritettiin ohjelmoitava logiikka, lämpötila-anturit, kattilassa olevan polttoainekerroksen tunnistava valokenno sekä happianalysaattori. Lisäksi järjestelmässä tuli olla etävalvottava PC-valvomo ja järjestelmän tuli pystyä tallentamaan viikon ajalta historia-tiedot prosessimittauksista.

3.2 Vanhan järjestelmän rakenteen selvittäminen

Järjestelmän nykytilan selvittäminen oli hyvin haasteellista, koska vanhasta järjestelmästä ei ollut olemassa kunnollista dokumentaatiota, vaan ainoastaan ruutupaperille käsin piirretyt kaaviot (liite1). Edellä mainitun lisäksi selvitystyötä vaikeuttivat komponenttien merkintöjen puutteellisuus sekä järjestelmään tehdyt dokumentoimattomat muutokset.

Järjestelmän kytkentöjen selvittäminen aloitettiin piirtämällä käsin piirretyt kuvat puhtaaksi CADS Planner 15 -ohjelmalla niin tarkasti kuin oli mahdollista. Piirroksista pyrittiin jättämään epäolennaiset, ohjaukseen kuulumattomat osiot pois. Ne osat järjestelmästä, joita ei voinut varmuudella selvittää alkuperäisten kuvien perusteella, käytiin tarkastamassa paikan päällä ja korjattiin sen jälkeen CADS-kuviin.

3.3 Uuden järjestelmän suunnittelu

Järjestelmän uudistamista alettiin suunnitella vanhan järjestelmän pohjalta. Toimeksiantajan pyynnöstä uuden järjestelmän suunnittelussa pyrittiin käyttämään

hyväksi mahdollisimman paljon vanhan järjestelmän osia. Uuden järjestelmän sähköpiirustukset muokattiin vanhasta järjestelmästä piirrettyjen kuvien pohjalta. Uuden järjestelmän sähköpiirustukset on esitetty liitteessä 2.

3.3.1 Ohjauksen valinta

Ohjaus päätettiin toteuttaa joko ohjelmoitavalla logiikalla ja siihen liitettyllä valvomo-PC:llä tai soft-PLC-tyyppisellä järjestelmällä. Ohjauksen valinta tehtiin Omronin, Siemensin ja Beckhoffin välillä, koska ne ovat yleisesti tunnettuja valmistajia ja niiden ohjelmointiin on annettu opetusta Seinäjoen ammattikorkeakoulussa. Koska kaikkien kolmen valmistajan laitteilla on mahdollista rakentaa asiakkaan vaatimusten mukainen järjestelmä, pidettiin ainoana valintaperusteena laitteiston hintaa. Hintavertailua varten eri valmistajien laitteista pyydettiin tarjoukset. Laitteiden toimittajilta saatujen tarjousten vertailussa osoittautui Beckhoff kaikista edullisimmaksi vaihtoehdoksi. Näin ollen laitoksen ohjausjärjestelmä suunniteltiin toteutettavaksi kyseisen valmistajan tuotteilla.

Järjestelmään tulevat komponentit valittiin Beckhoffin Seinäjoen myyntikonttorin edustajan avustuksella. Valittu ohjausjärjestelmä koostuu seuraavista komponenteista:

- Teollisuus-PC CP6602
- EtherCAT-väyläkortti EK1100
- Digitaalinen tulokortti EL1809 (16 kanavaa, 24 VDC)
- Digitaalinen lähtökortti EL2809 (16 kanavaa, 24 VDC)
- Analoginen tulokortti EL3068 (8 kanavaa, 0-10 V)
- Analoginen lähtökortti EL4008 (8 kanavaa, 0-10 V)
- 2 kpl Pt100-tulokortti EL3204 (4 kanavaa).

Järjestelmä on soft-PLC-tyyppinen, jossa logiikkaohjelmaa ajetaan tietokoneessa ohjelmallisesti toteutetussa ohjelmoitavassa logiikassa. Kenttälaitteet kytketään I/O-terminaaliin, joka puolestaan yhdistetään tietokoneeseen EtherCAT-väylän avulla.

3.3.2 Anturit

Nykyisen ohjausjärjestelmän antureista lämpötila-anturit, kattilassa olevan polttoainekeksen tunnistava valokenno sekä happianalysaattori vaativat uudistamista. Kaikki anturit happianalysaattoria lukuun ottamatta olivat toimintakuntoisia, mutta niiden korkea ikä antoi aiheutta uudistukseen.

Nykyisessä järjestelmässä on käytössä Pt100-metallivastusanturit, jotka järjestelmän toimittaja on itse rakentanut (kuvio 10). Näin ollen vanhan anturin korvaaminen esimerkiksi rikkoutumisen vuoksi on erittäin vaikeaa. Tästä syystä vanhat anturit päätettiin korvata tehdasvalmisteisilla Pt100-prosessiantureilla. Antureiden kytkentätavaksi kaavailtiin aluksi kolmijohdinkytkentää, mutta lopulta päädyttiin 2-johdinkytkentään kattilasalin ja valvomon lyhyen välimatkan vuoksi. Anturin asennustavan valinta jäi toimeksiantajan valittavaksi.



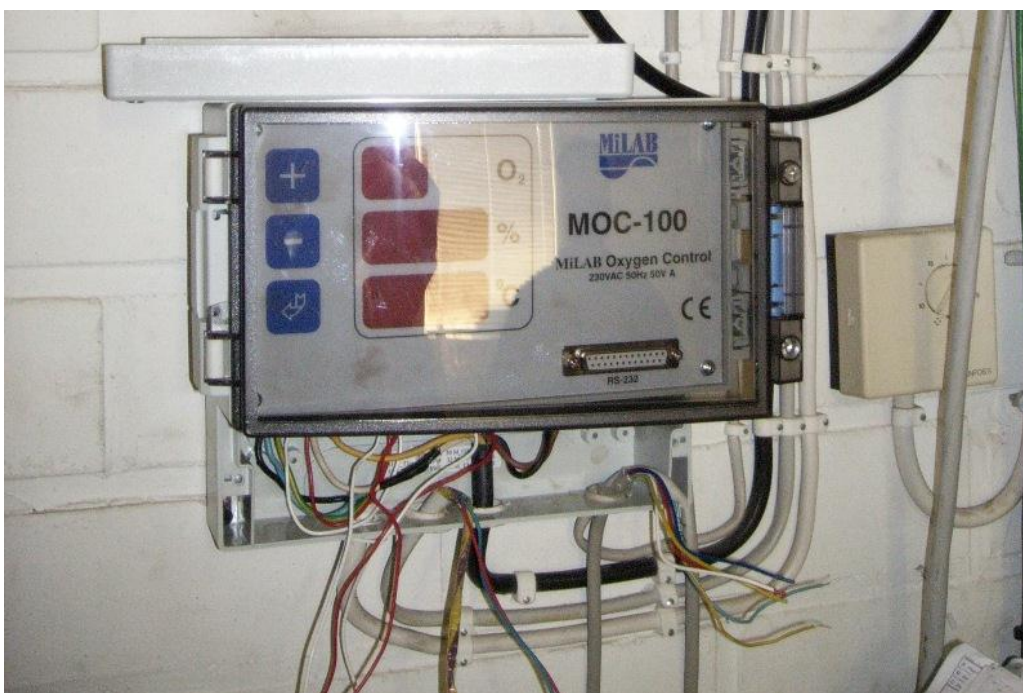
Kuvio 10. Alkuperäinen lämpötila-anturi.

Kattilassa olevan polttoainekeon tunnistuksessa käytetty optinen lähetin-vastaanotin-anturi (kuvio 11) oli edelleen toimiva, mutta se päätettiin kuitenkin korvata uudemmalla vastaavalla anturilla. Järjestelmään kytkettävän anturin valinta jätettiin järjestelmän asentajan tehtäväksi.



Kuvio 11. Valokennon vastaanotin.

Happianalysaattoriksi valittiin Electrotech Swedenin toimittama MOC-100-analysaattori (kuvio 12). Järjestelmässä on ollut aiemmin sama analysaattori, joten kaikki tarvittavat kytkennät olivat jo olemassa. Happianturin alkuperäinen sijainti savukaasukanavassa ei ollut paras mahdollinen, koska se sijaitsi liian kaukana itse kattilasta. Tästä syystä anturi siirrettiin savukaasukanavan alkuosaan niin lähelle kattilaa kuin mahdollista.



Kuvio 12. MOC-100-happianalysaattori.

3.3.3 Jännitelähteet

Alkuperäisessä järjestelmässä logiikan ja siihen kytkettyjen toimilaitteiden käyttöjännite oli 24 VAC. Uuden ohjauksen käyttöjännite on 24 VDC, joten sitä varten oli järjestelmään lisättävä 24 VDC -jännitelähde. Jännitelähteitä päätettiin laittaa kaksi kappaletta, joista toinen syöttää valvomo-PC:tä sekä I/O-korttien sisäistä väylää ja toinen I/O:ta. Ohjausjärjestelmän komponenttien virrankulutuksen perusteella laskettuna edellä mainituista virtalähteistä ensimmäisen tuli olla teholtaan 60 W ja jälkimmäisen 20 W. Alkuperäisen 24 V:n vaihtovirtalähteen tehtäväksi jäi sulkusyöttimen ja ilmapellin peltimoottoreiden syöttäminen.

3.3.4 Releet

Alkuperäisen ohjausjärjestelmän käyttöjännitteen ollessa 24 VAC oli osa ohjausreleitä vaihdettava uuden järjestelmän käyttöjännitteelle sopiviksi. Vaihdettavia releitä olivat kuljettimia sekä puhaltimia ohjaavat releet. Lisäksi järjestelmään oli lisättävä neljä 24 VDC -välirelettä ohjaamaan sulkusyötintä ja ilmapeltiä koska nämä saivat alkuperäisessä järjestelmässä käyttöjännitteensä suoraan logiikalta. Koska siilokairan itsenäinen toiminta oli tarkoitus siirtää uuden järjestelmän ohjattavaksi, oli järjestelmään vielä lisättävä kaksi välirelettä ohjaamaan siilokairan toimintaa.

4 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli laatia toteuttamiskelpoiset suunnitelmat lämpölaitoksen ohjausjärjestelmän modernisoimiseksi. Työn pohjustukseksi perehdyttiin erilaisten prosessimittausten teoriaan, kuten esimerkiksi lämpötilan ja paineen mittaustekniikoihin sekä happianalyysiin. Varsinainen suunnittelutyö aloitettiin selvittämällä, mitkä osat järjestelmästä oli tarkoitus uudistaa ja millaiset vaatimukset uuden järjestelmän oli täytettävä. Seuraavaksi tutustuttiin alkuperäisen järjestelmän rakenteeseen sähköpiirustuksia lukemalla ja tarkastelemalla järjestelmää paikan päällä. Tämän jälkeen alkuperäisestä järjestelmästä piirrettiin uudet kuvat, joiden pohjalta uutta järjestelmää alettiin suunnitella.

Uuden järjestelmän suunnittelu aloitettiin logiikkaohjauksen toimittajan valinnalla. Valinta suoritettiin tarjousten perusteella ja edullisimmaksi vaihtoehdoksi tuli Beckhoffin toimittama soft-PLC-tyyppinen järjestelmä. Kun logiikkaohjaus saatiin valittua, jatkettiin suunnittelua muokkaamalla alkuperäisestä järjestelmästä piirrettyjä kuvia lisäämällä niihin uusia ja poistamalla tarpeettomia komponentteja. Toimeksiantajan pyynnöstä uutta järjestelmää suunniteltaessa pyrittiin käyttämään vanhan järjestelmän osia mahdollisimman paljon hyödyksi. Lopputuloksena saatiin uuden järjestelmän sähköpiirustukset. Aikaansaatuja suunnitelmia voitaneen pitää toteuttamiskelpoisina, koska uusi järjestelmä on asennettu suunnitelmien mukaisesti.

Alkuperäisen järjestelmän rakenteen selvittäminen oli hyvin haasteellista, koska vanhasta järjestelmästä ei ollut olemassa kunnollisia dokumentteja, vaan ainoastaan ruutupaperille käsin piirretyt kaaviot. Edellä mainitun lisäksi selvitystyötä vaikeuttivat komponenttien merkintöjen puutteellisuus sekä järjestelmään tehdyt dokumentoimattomat muutokset. Tehtyjen suunnitelmien mukaan rakennettu järjestelmä tullee toimimaan suurella todennäköisyydellä hyvin, mutta ideaalituloksessa koko järjestelmä olisi kannattanut suunnitella ja rakentaa ohjauksen osalta alusta alkaen uusiksi. Tämä olisi selkeyttänyt ja yksinkertaistanut ohjausjärjestelmää kun siitä olisi saatu karsittua ylimääräiset komponentit pois ja relelogiikalla toteutetut osiot olisi saatu logiikkaohjauksen alaisuuteen.

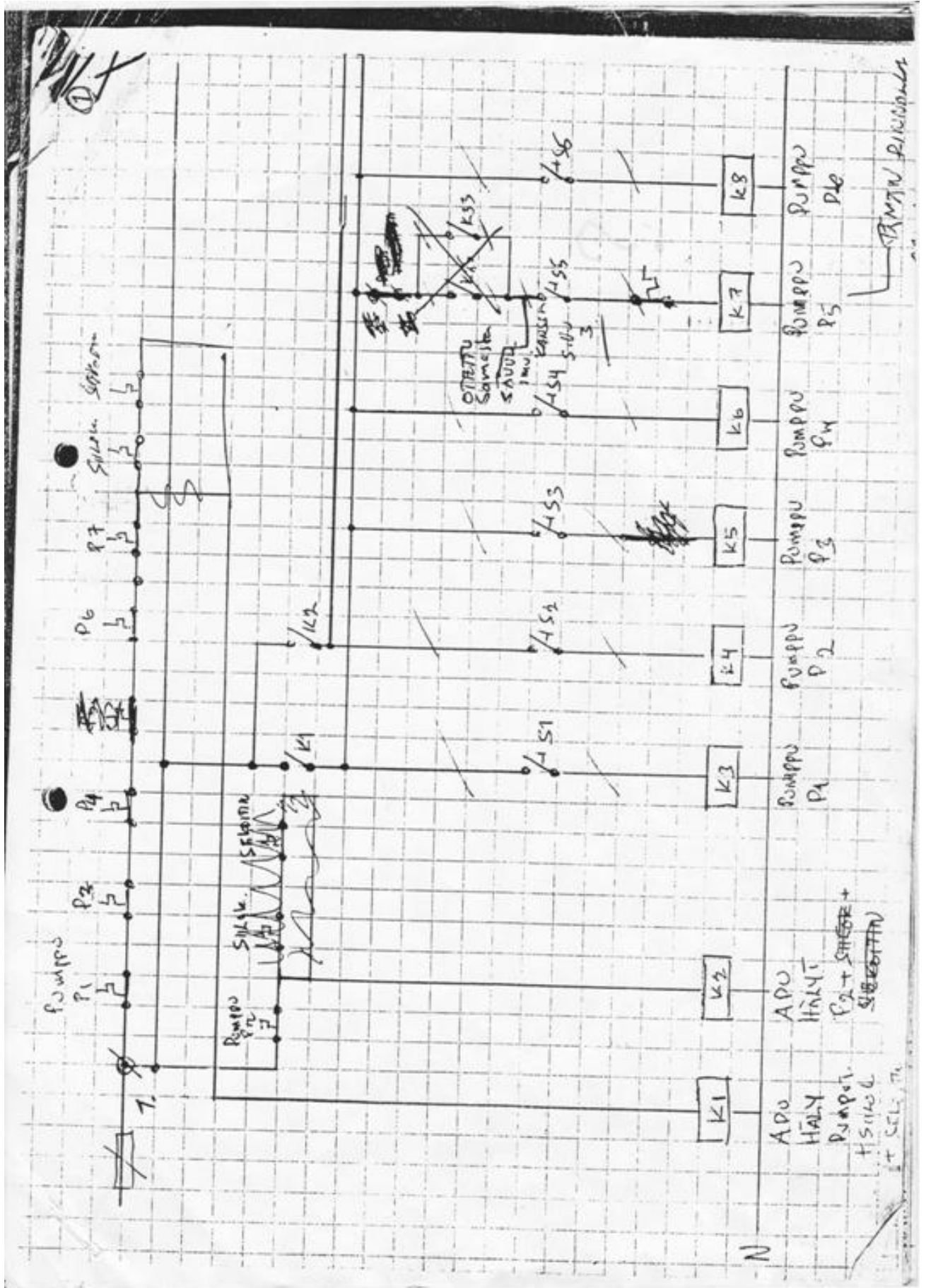
LÄHTEET

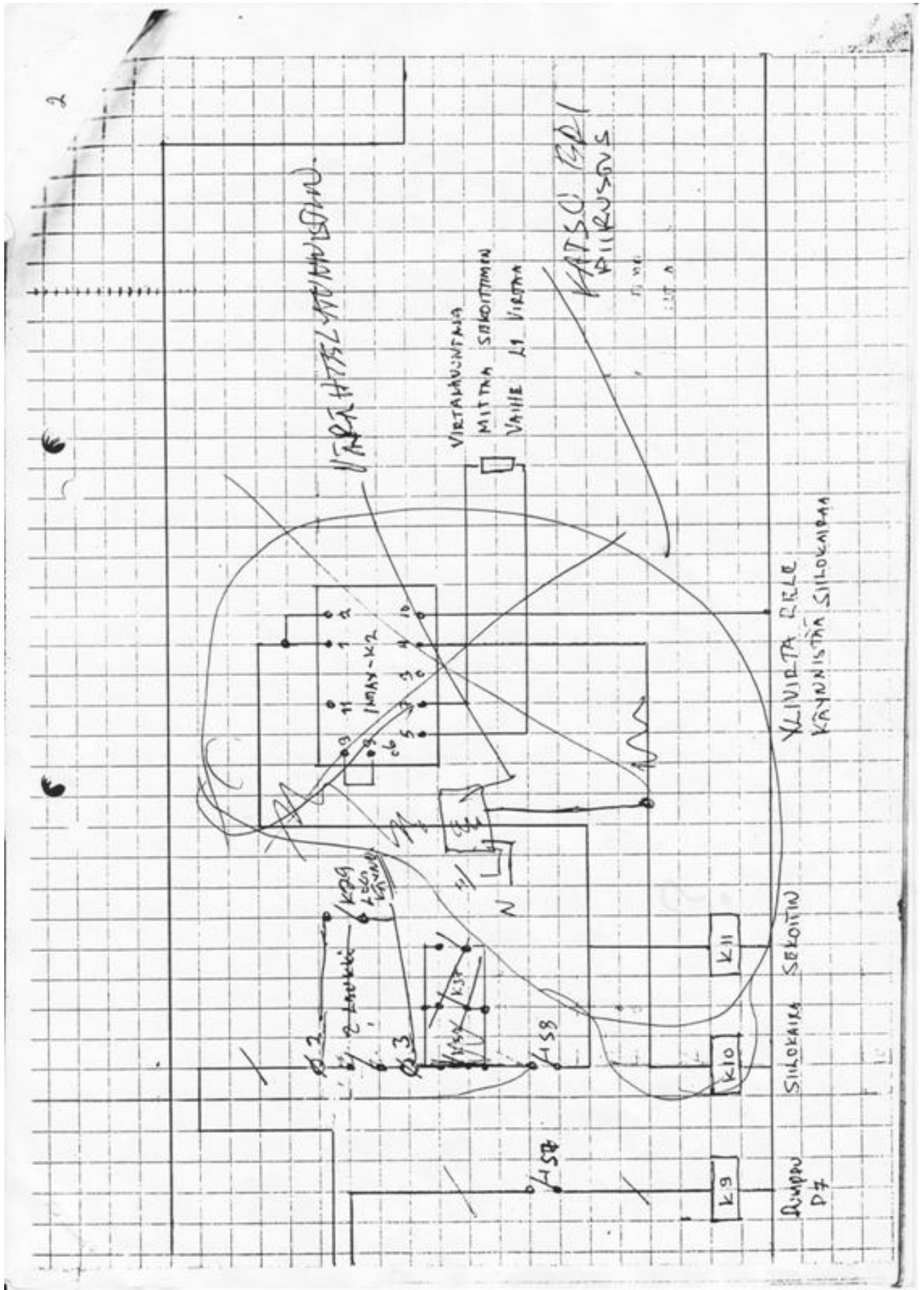
- Aumala, O. 1996. Mittaustekniikan perusteet. 5. tark ja täyd. p. Helsinki: Otatieto Oy.
- Aumala, O. 1998. Teollisuusprosessien mittaukset. 4. uud. painos Tampere: Pressus Oy.
- Control IEC 61131-3. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Real Time Automation. [Viitattu 30.1.2012]. Saatavana: <http://www.rtaautomation.com/iec61131-3/>
- Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa, T. 1999. Koneautomaatio: Automaatiolaitteet. 1.–2. painos. Helsinki: Edita Oy.
- Halko, P., Härkönen, S., Lähtenmäki, I. & Välimaa, T. 1998. Teollisuuden mittaustekniikka: Perusmittauksia. 6.-7.painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
- Halttunen, J. 2007. Virtauksen, paineen ja lämpötilan mittaukset. Teoksessa: Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry. 84–99.
- Härkönen, S., Lähtenmäki, I. & Välimaa, T. 1997. Teollisuuden mittaustekniikka: Analyysimittaukset. 2. painos. Helsinki: Oy Edita Ab.
- IEC 61131-3: a standard programming resource. Ei päiväystä. [Verkojulkaisu] OACG. [Viitattu 31.1.2012] Saatavana: <http://www.oacg.co.uk/plcopen.pdf>
- Introduction into IEC 61131-3 Programming Languages. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. PLCopen. [Viitattu: 30.1.2012]. Saatavana: http://www.plcopen.org/pages/tc1_standards/iec_61131_3/
- Kampin Puu Oy. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Kampin Puu Oy. [Viitattu 6.6.2011]. Saatavana: http://www.kampinpuu.fi/site?node_id=18
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M. & Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1. painos. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Pihkala, J. 2008. Prosessisuureiden mittaustekniikka. 2.-1. painos. Helsinki: Opetushallitus.
- Sundqvist, M. 2008. Teollisuusautomaation tiedonsiirtoliikenne: Turvaväylät. Espoo: Inspecta Koulutus Oy.

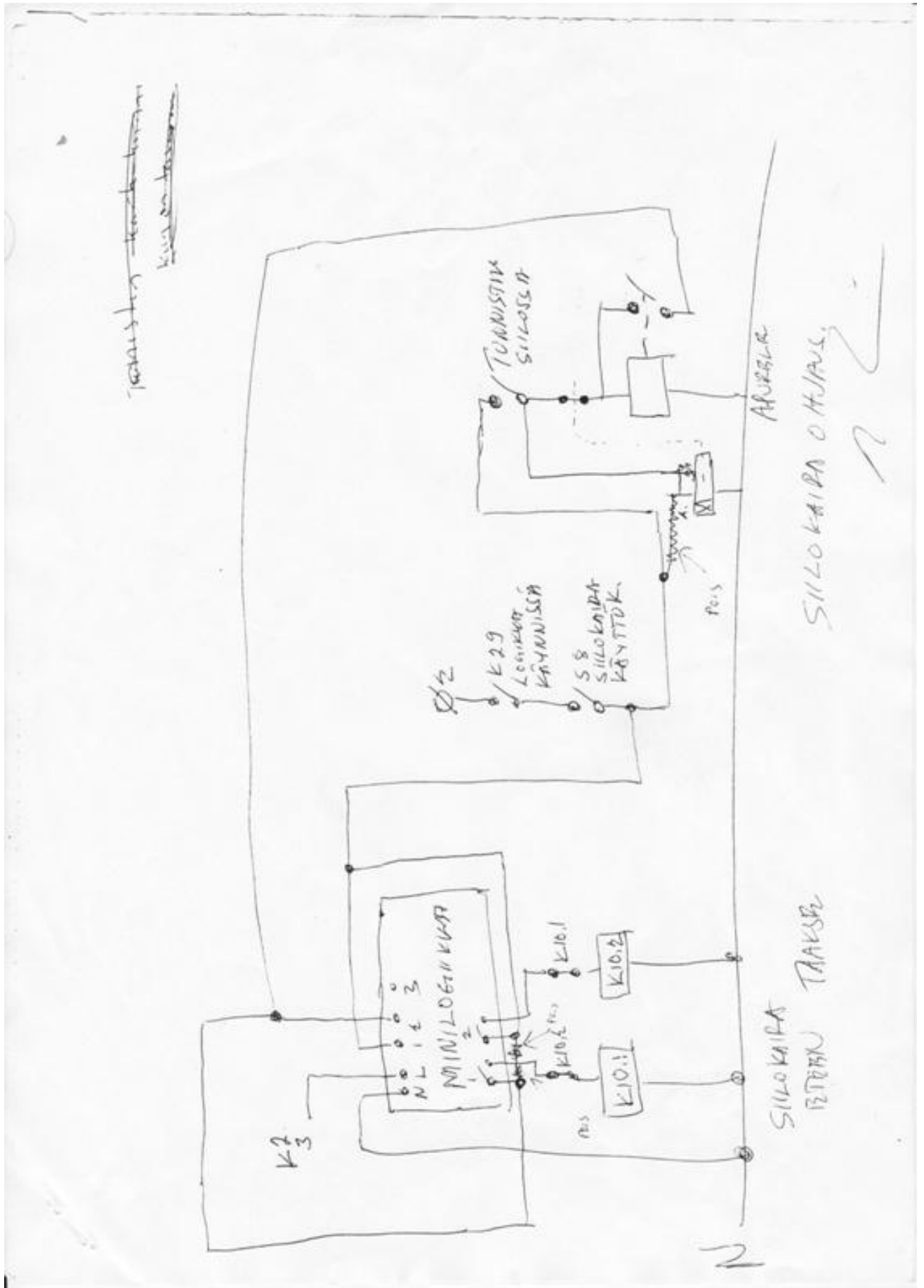
Termopari lämpötila-anturina. Ei päiväystä. [Verkojulkaisu] Pietiko Oy. [Viitattu 20.6.2011]. Saatavana:
<http://www.pietiko.fi/mittarikirjallisuus/Termopari.pdf>

Teollisuuslämpömittarit. Ei päiväystä. [Verkkosivu]. Suomen lämpömittari Oy. [Viitattu 21.6.2011]. Saatavana:
<http://www.suomenlampomittari.fi/index.php?pageid=9&kieli=fi>

LIITTEET

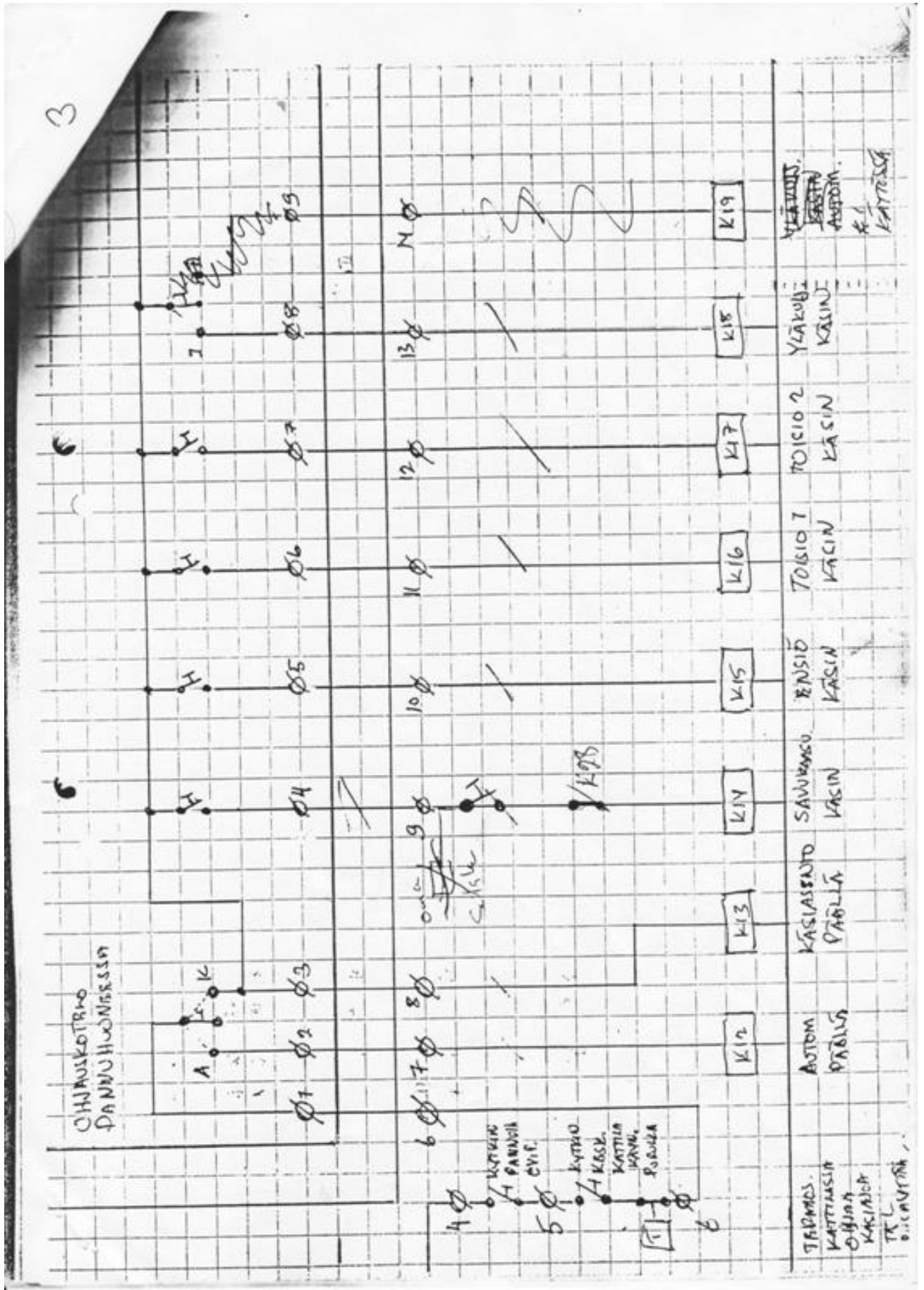


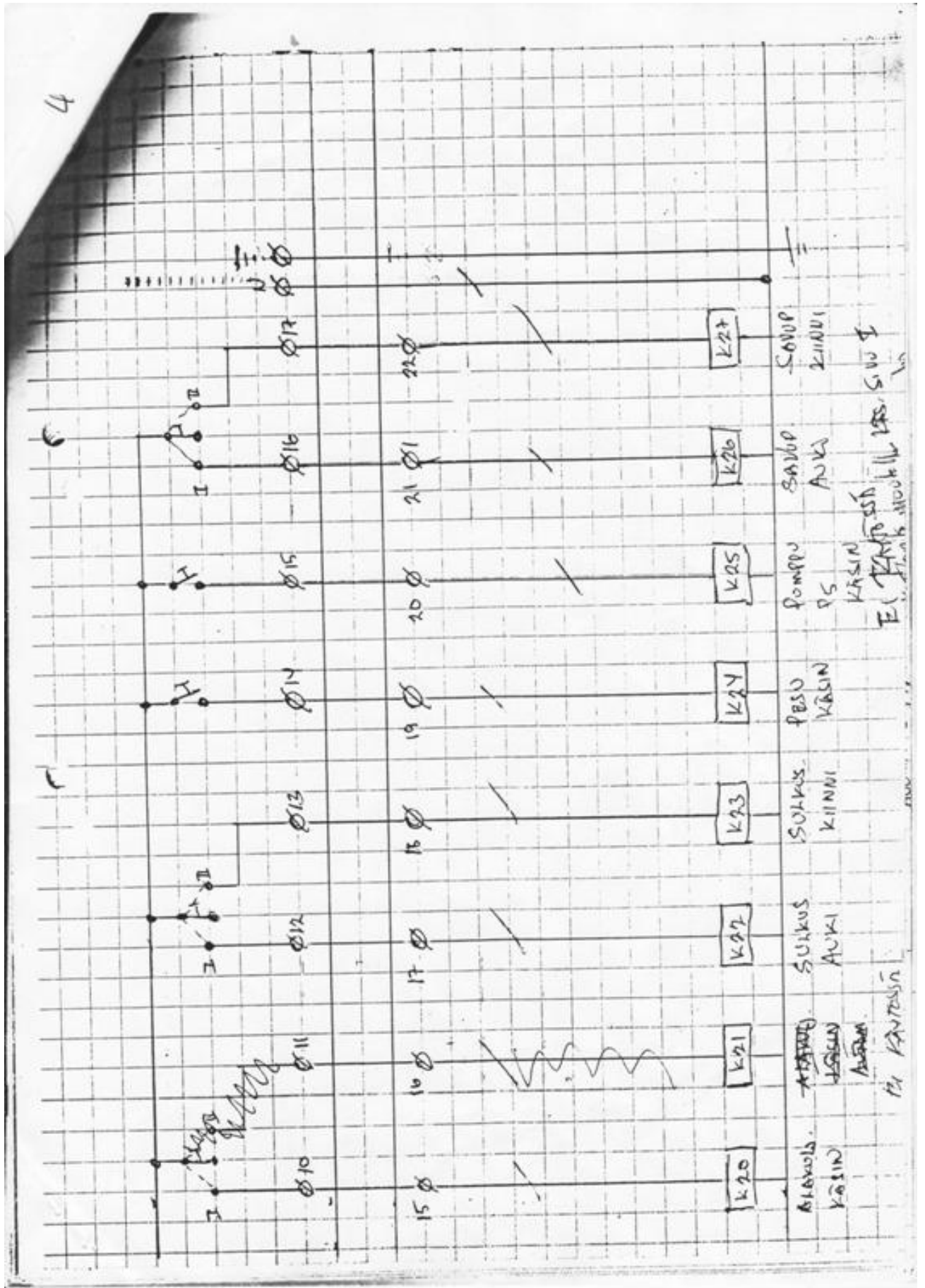




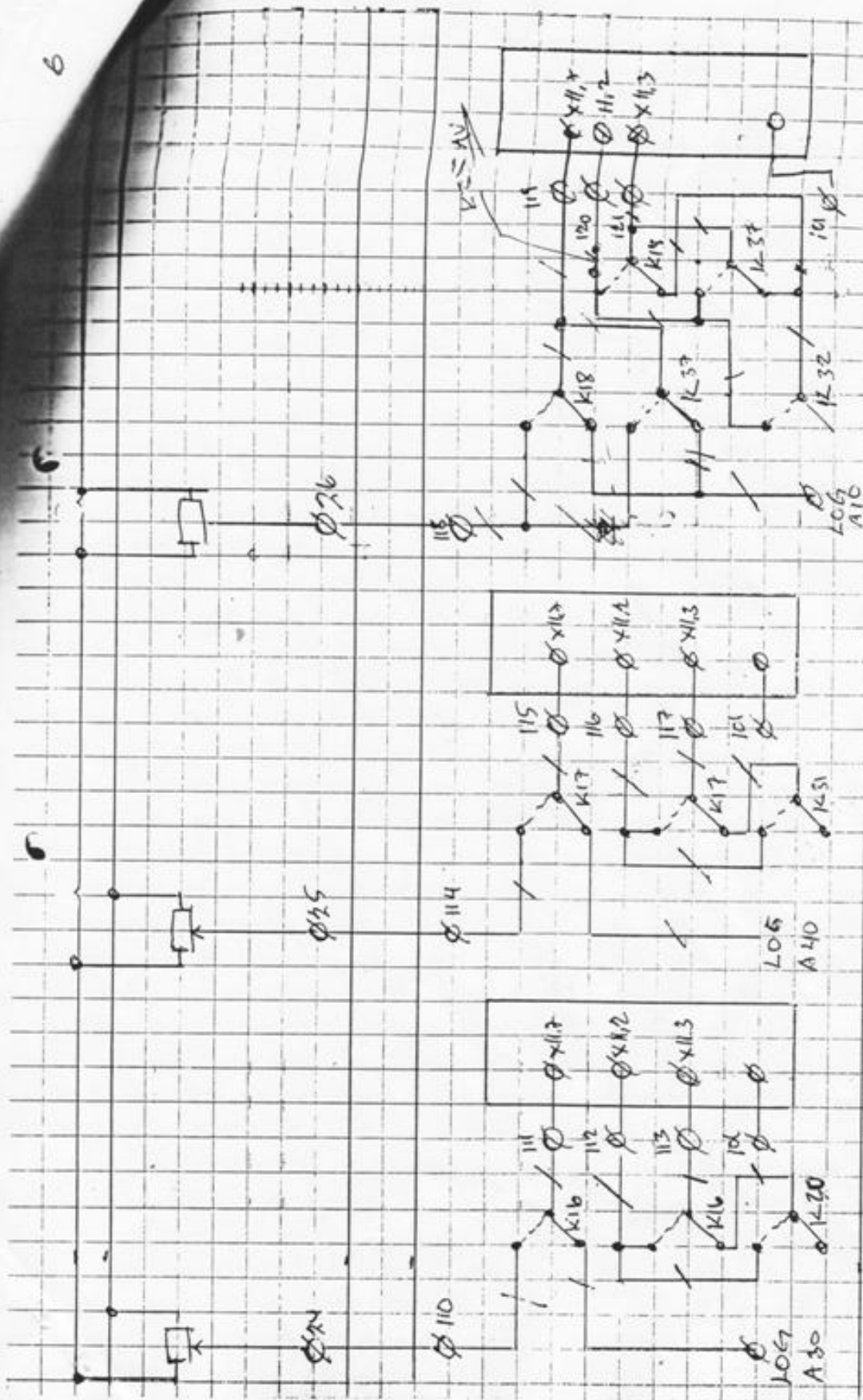
~~toimitus~~
~~kuva~~

3





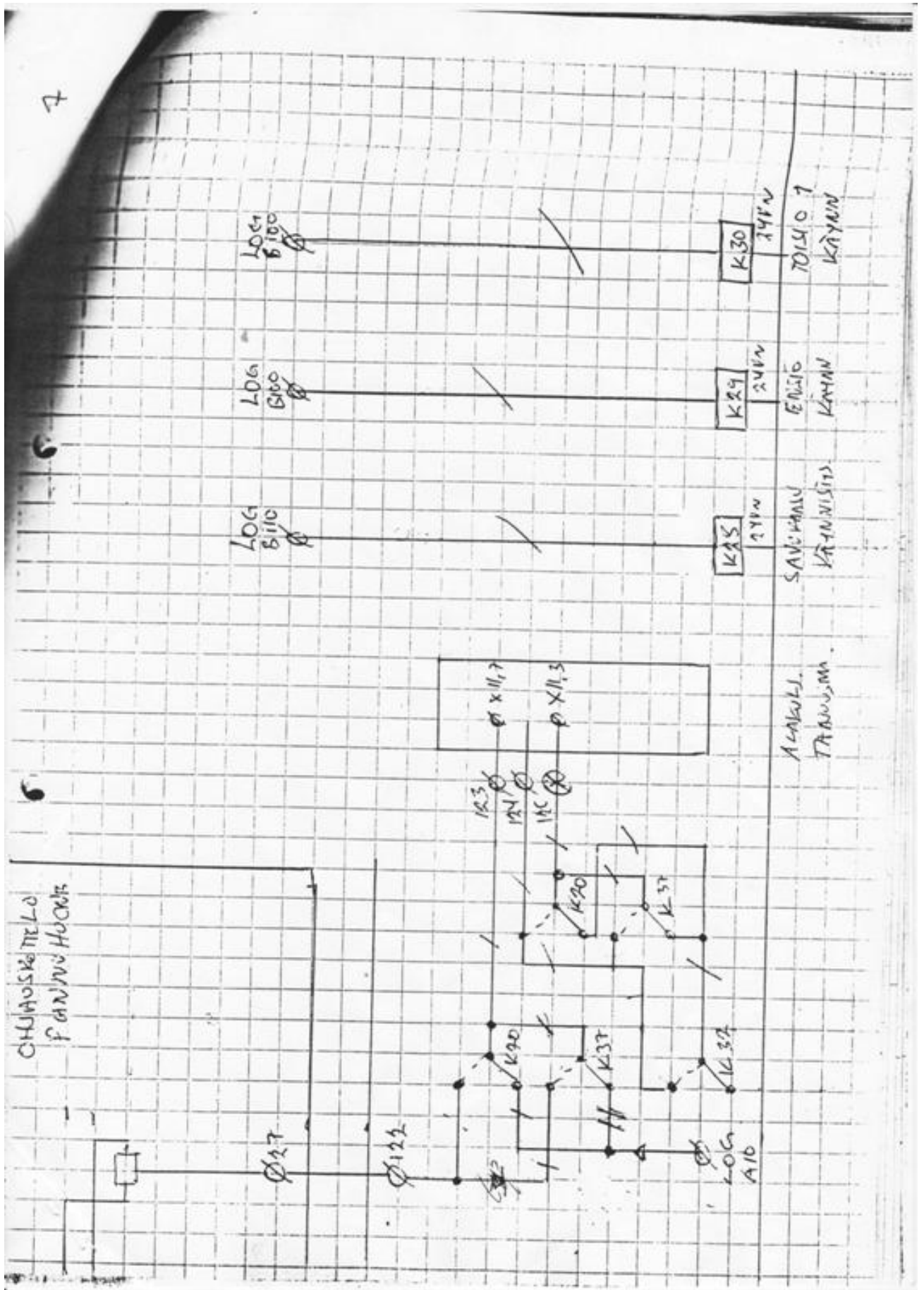
6



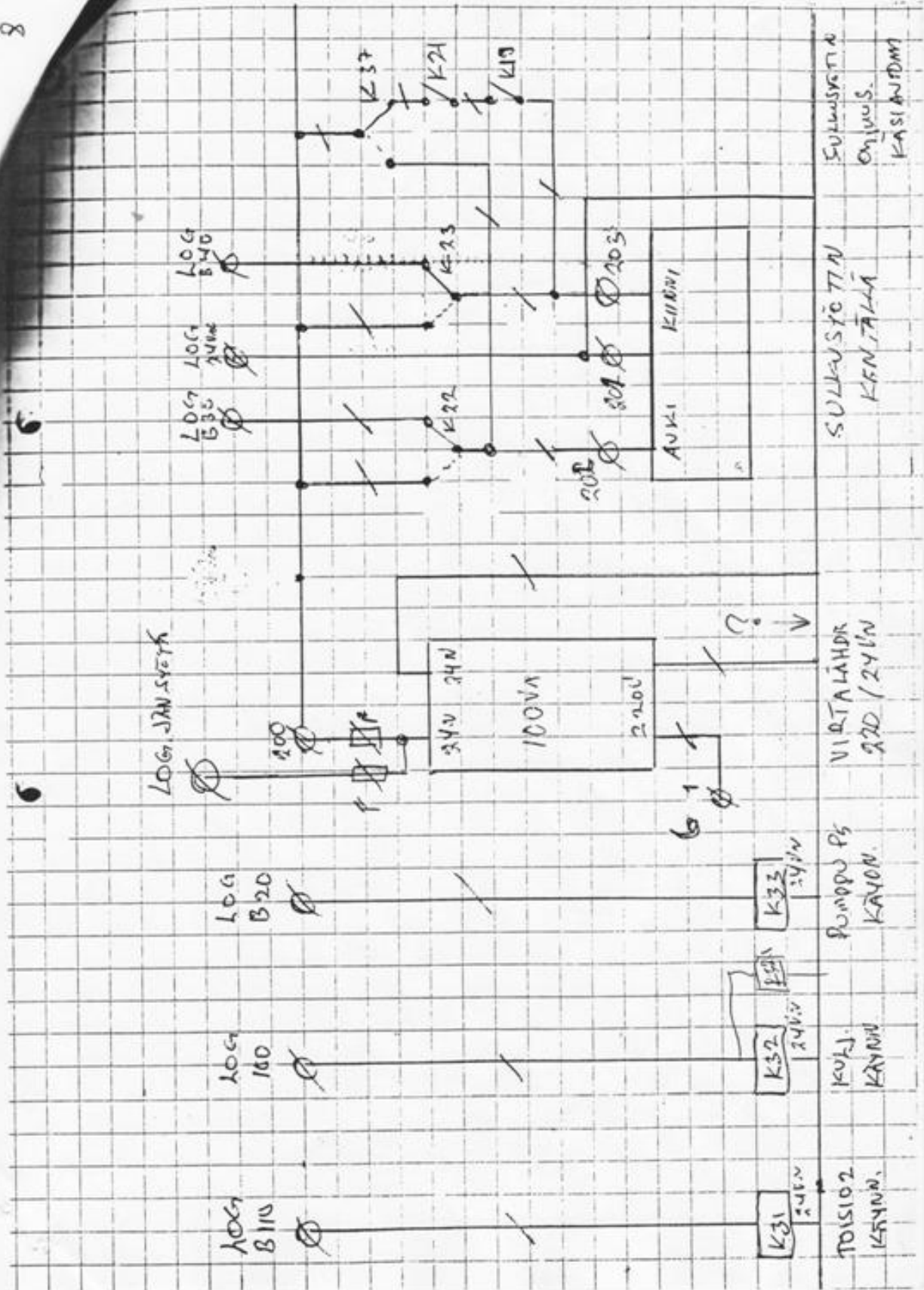
YAK
TRAJIS

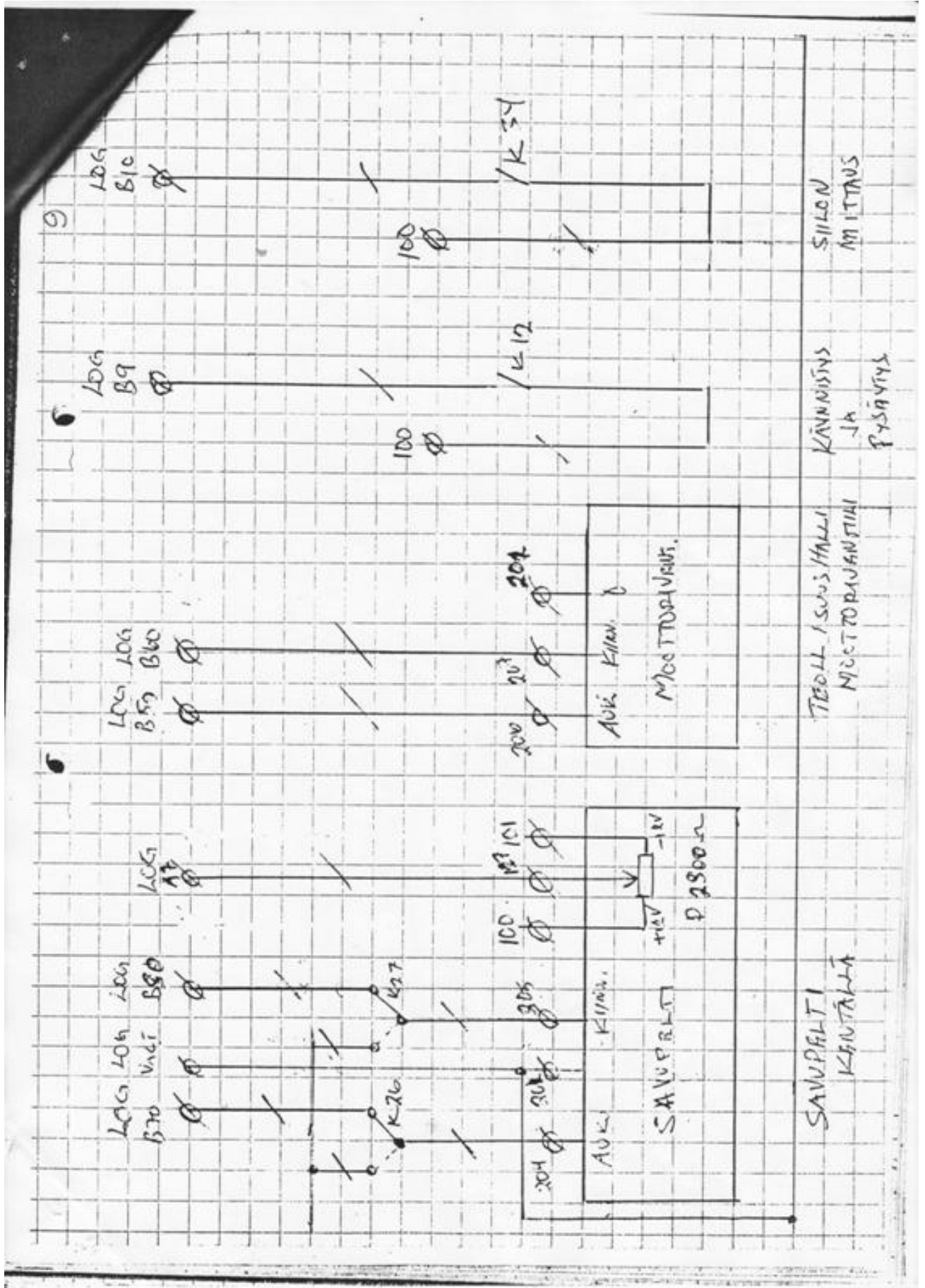
TO ISIPORH. 2
TRAJIS MINIM

TO ISIPORH. 7
TRAJIS



8





10

100
511

100

K17AV

HÄIRIÖ
PUMPUT
113,4,516,73

100
512

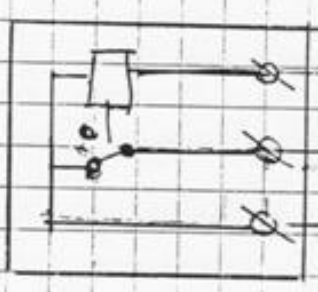
100

128

129

KÄIKKIEIN
TALOUSIN
POSTEITTAIN
RINNAN
Ø x 16/10
Ø x 11/19

HÄIRIÖ PUMPU P.1 + TANSSE.
TAV ~~KÄIKKIEIN~~
~~Ø x 16/10~~ Ø x 11/19

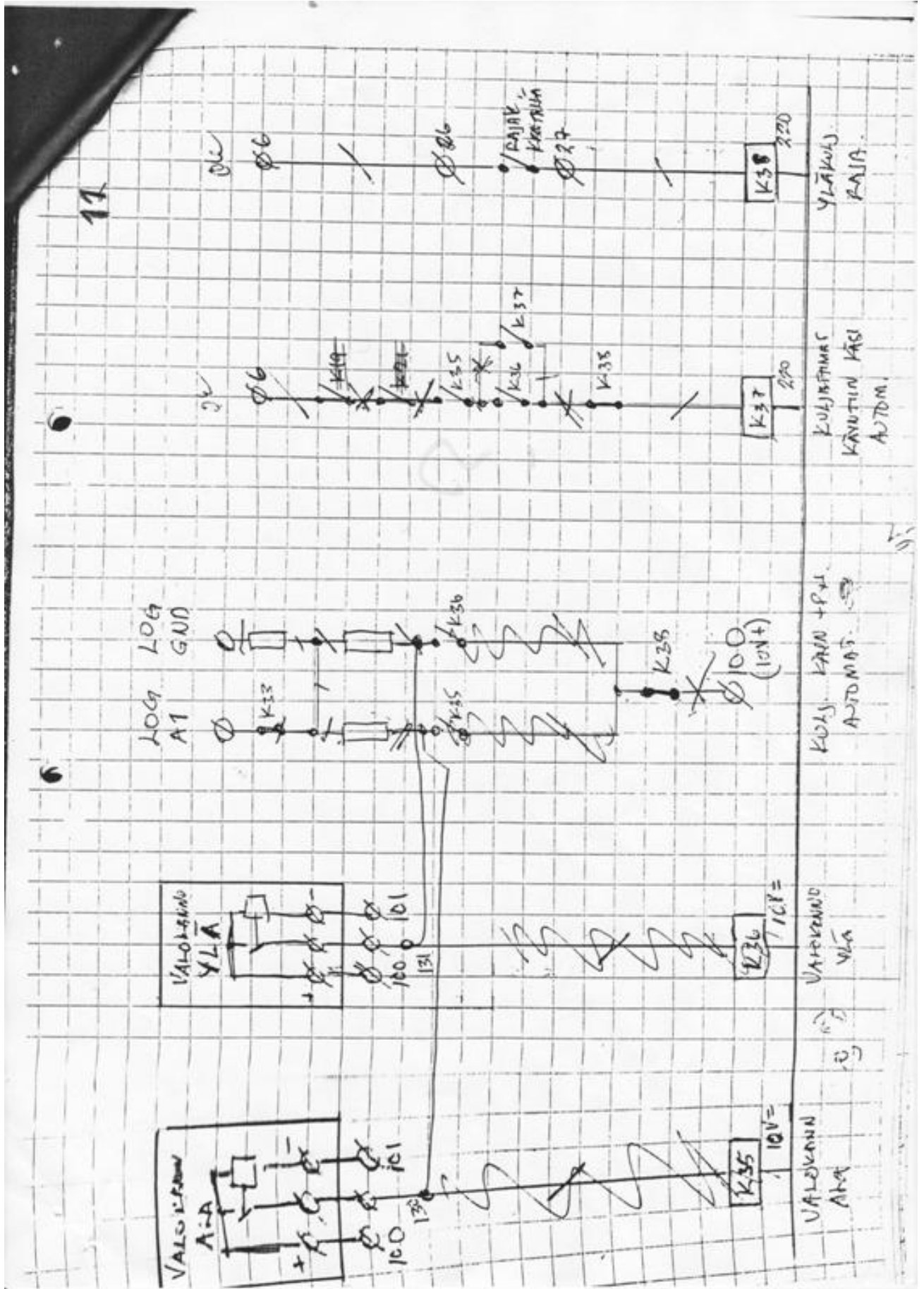


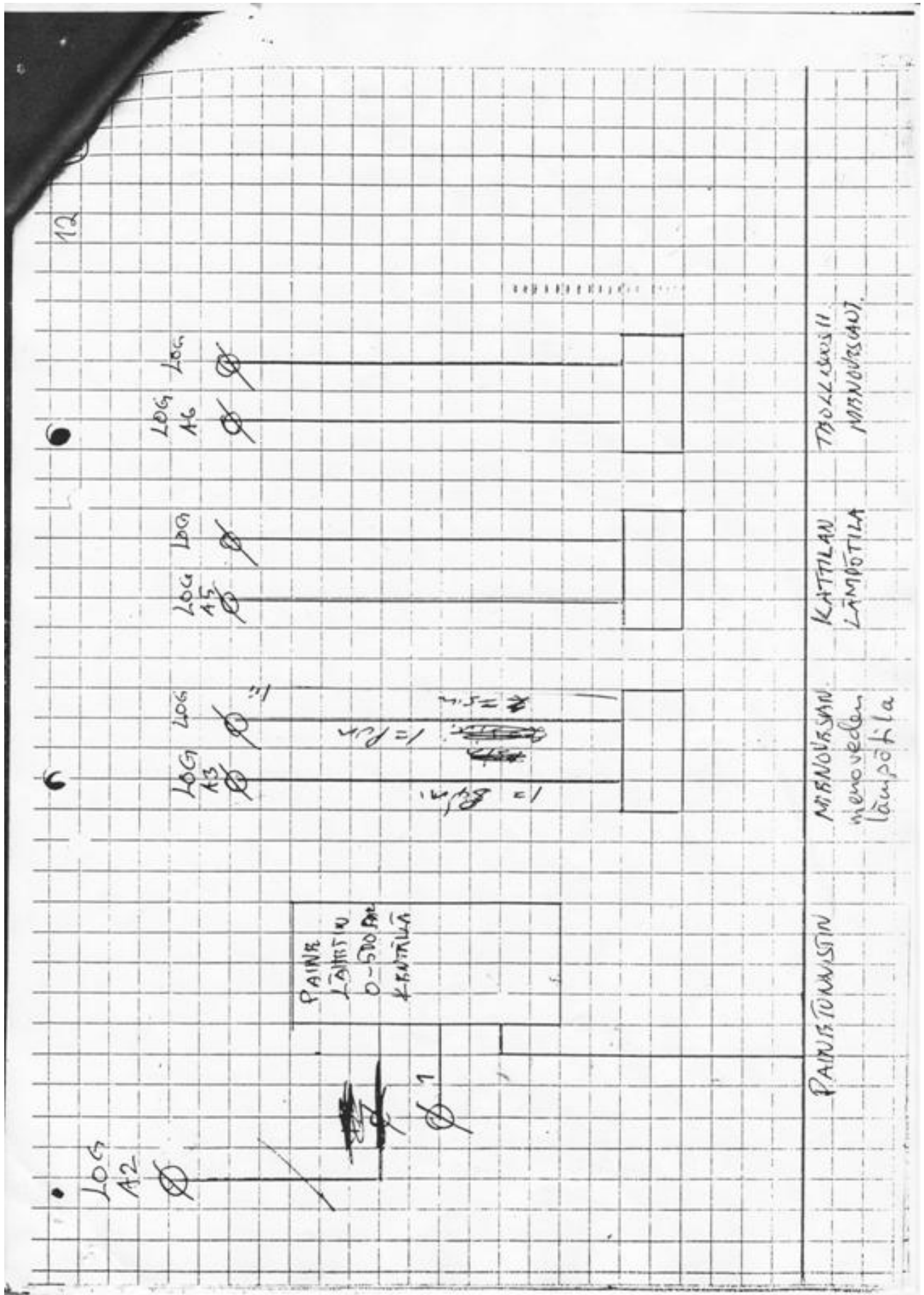
6 Ø 23

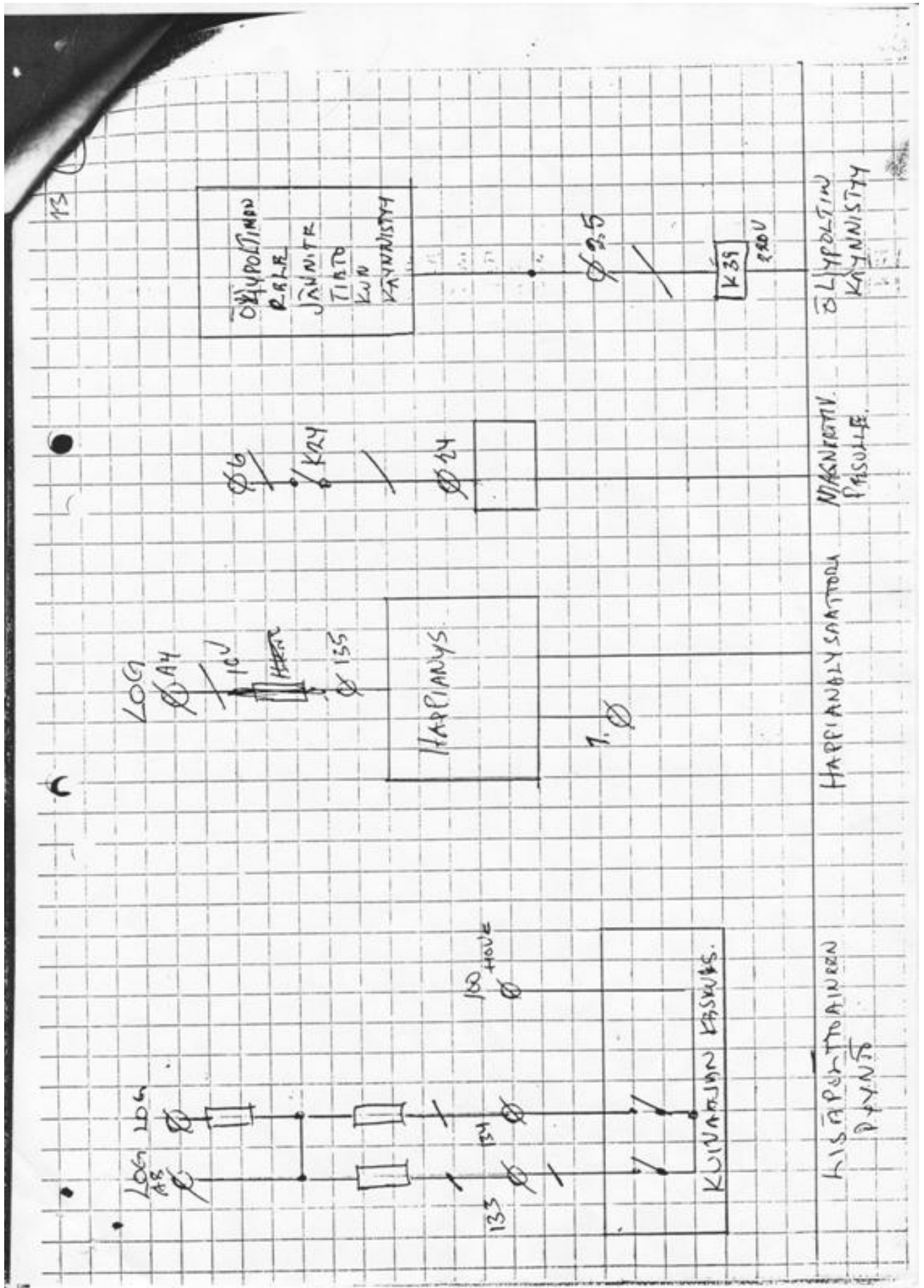
K34
220V

SILKON
MITTAUS.

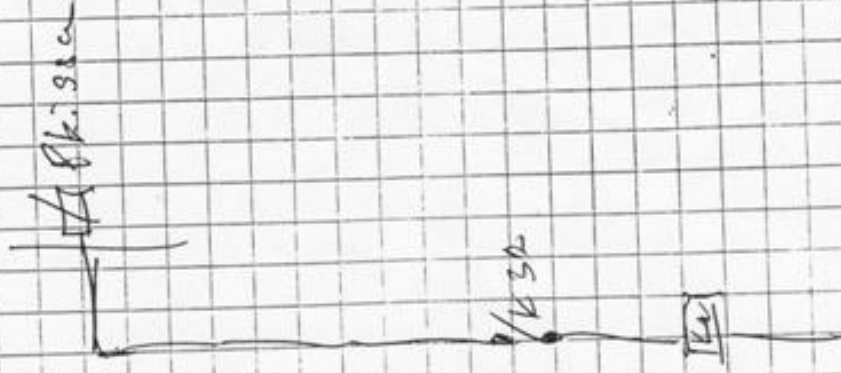
.....



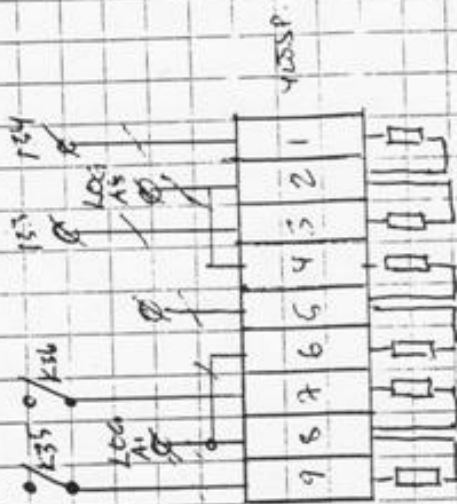




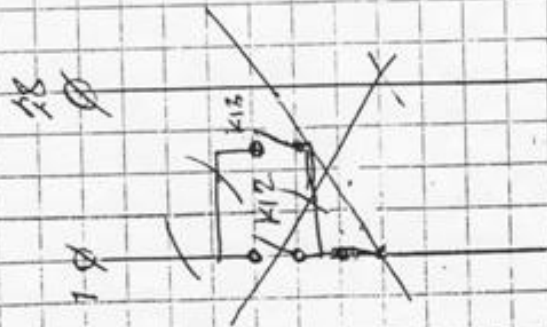
14



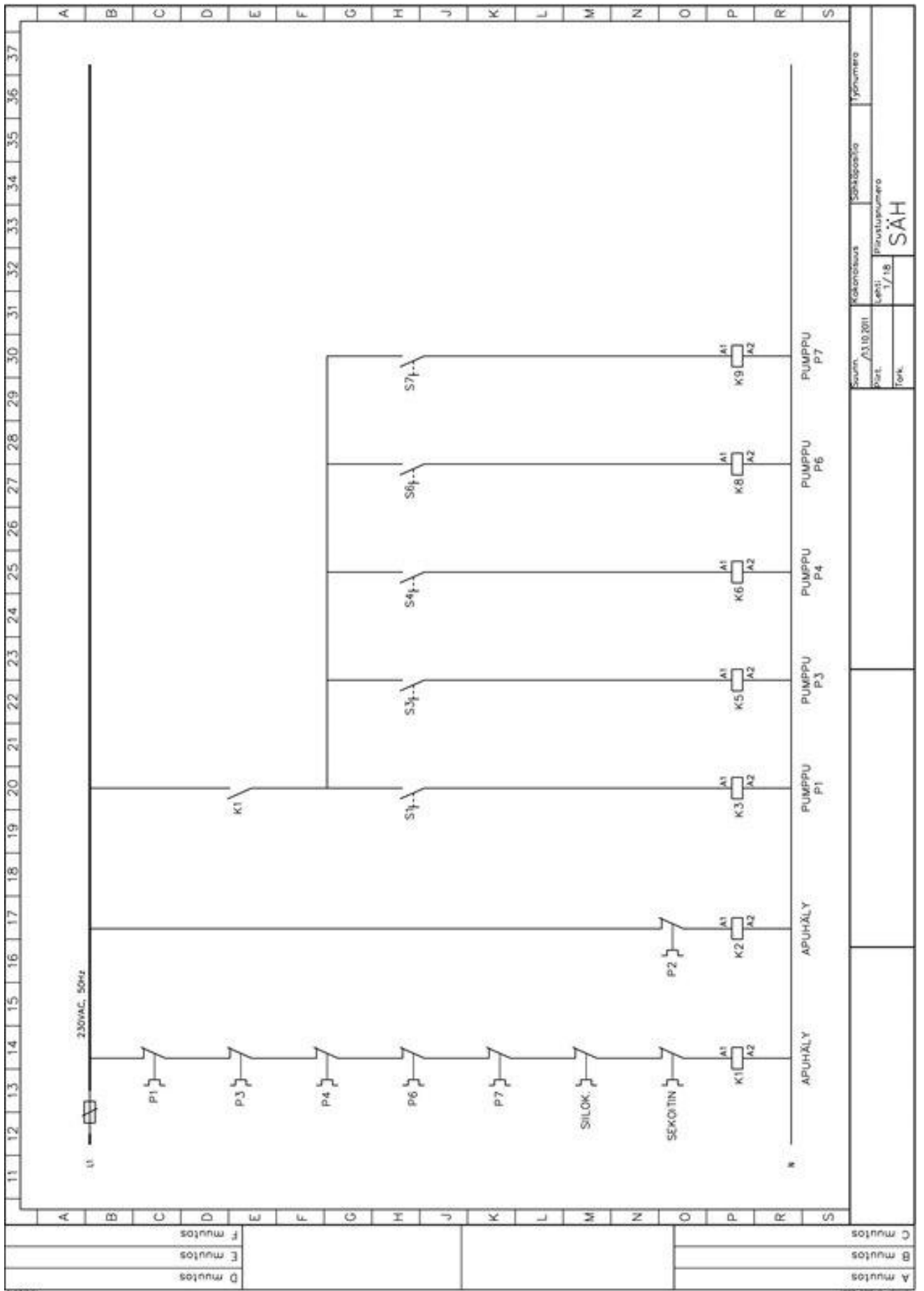
KOMPONEN B.T.
 KOMPONEN
 K4 KOU ALAK. K4Y

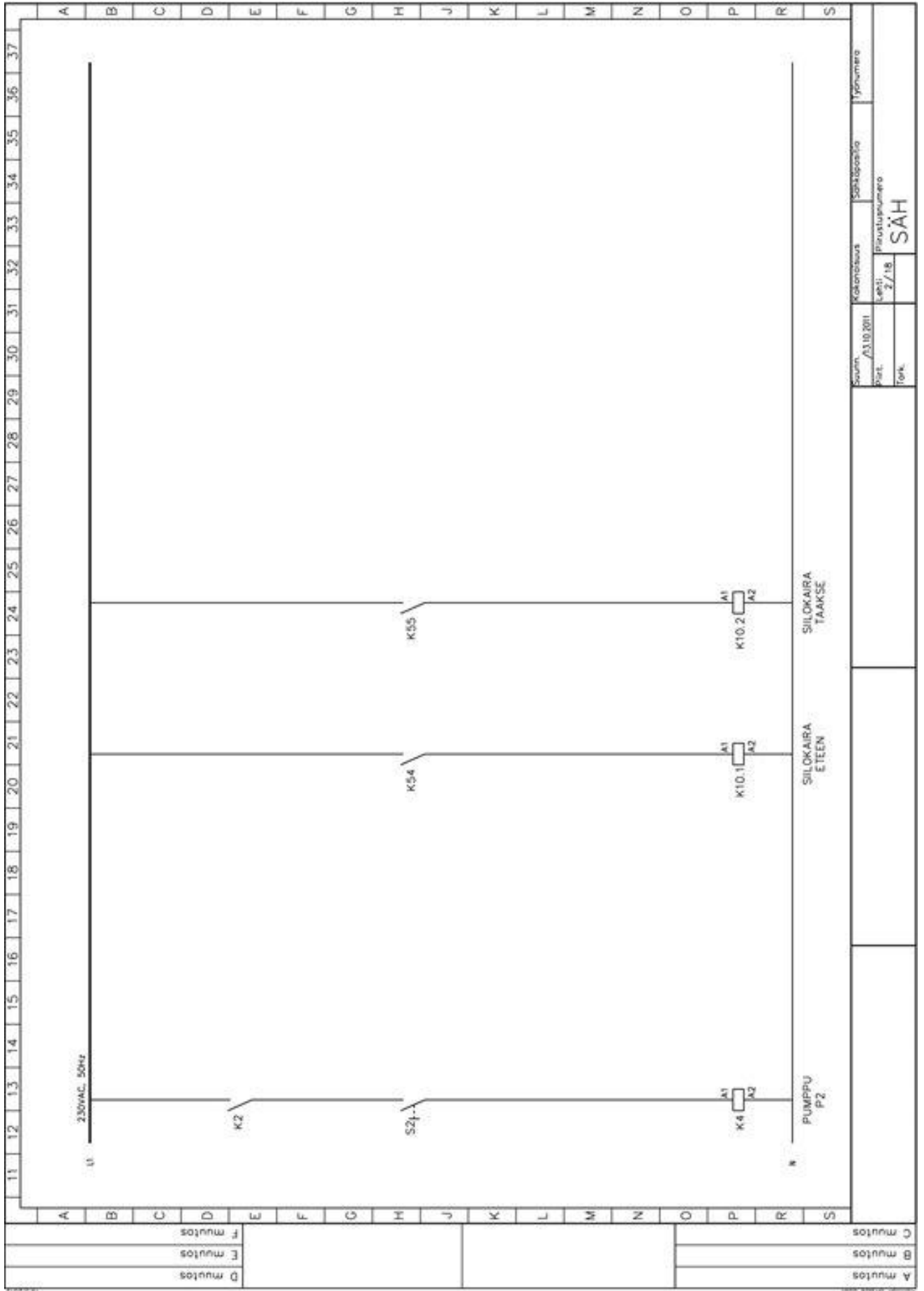


RIVILITIN
 SEVITES LOGICALLA

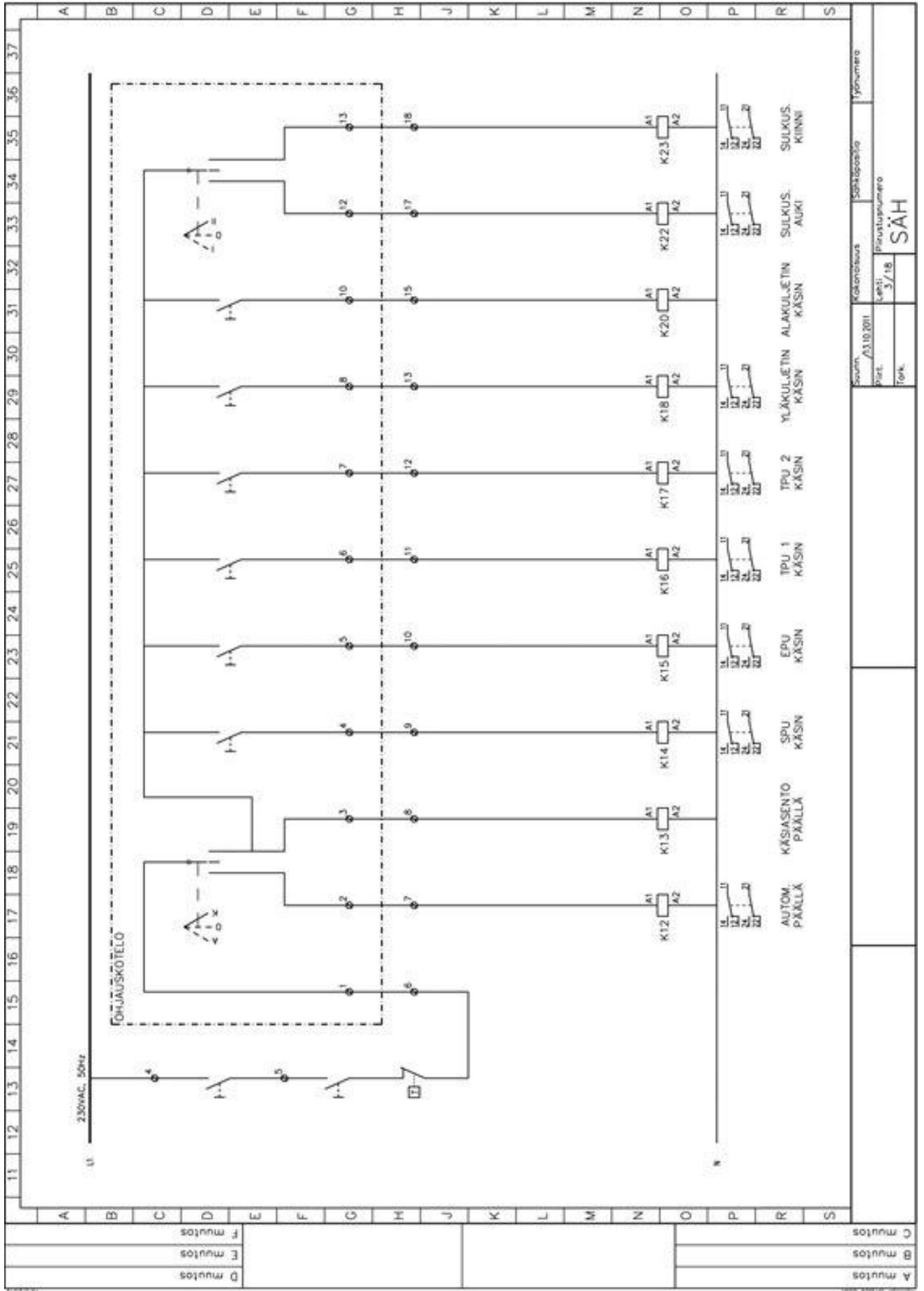


~~SAVUKAUSKUNNIN~~
~~MAKAI KUNNIN~~
~~1. LUKU~~



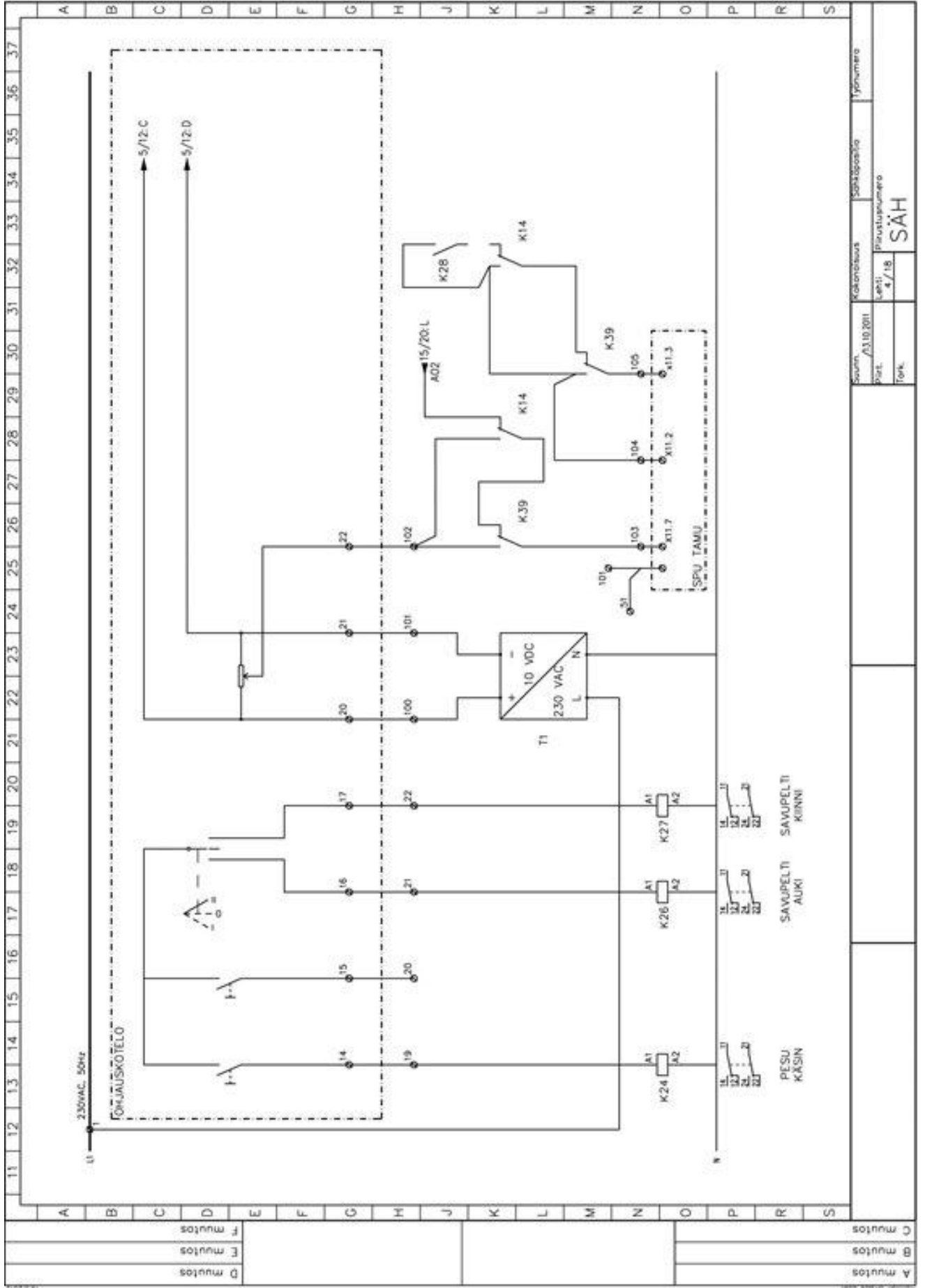


Suunn. /31.10.2011	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Tyyppinumero
Proj.	Lehti	Prinssiinumero	
Teht.	2/18		
SÄH			



A muutoks	
B muutoks	
C muutoks	

D muutoks	
E muutoks	
F muutoks	



A mutos	D mutos
B mutos	E mutos
C mutos	F mutos

Yhteisnumero	Käsiteltyä	Yhteisnumero
2110	2110	2110
18	18	18
15	15	15
12	12	12
9	9	9
6	6	6
3	3	3
0	0	0

SAVUPELTI KASIN	SAVUPELTI KÄNNI
SAVUPELTI KÄNNI	SAVUPELTI KÄNNI

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

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
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

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
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

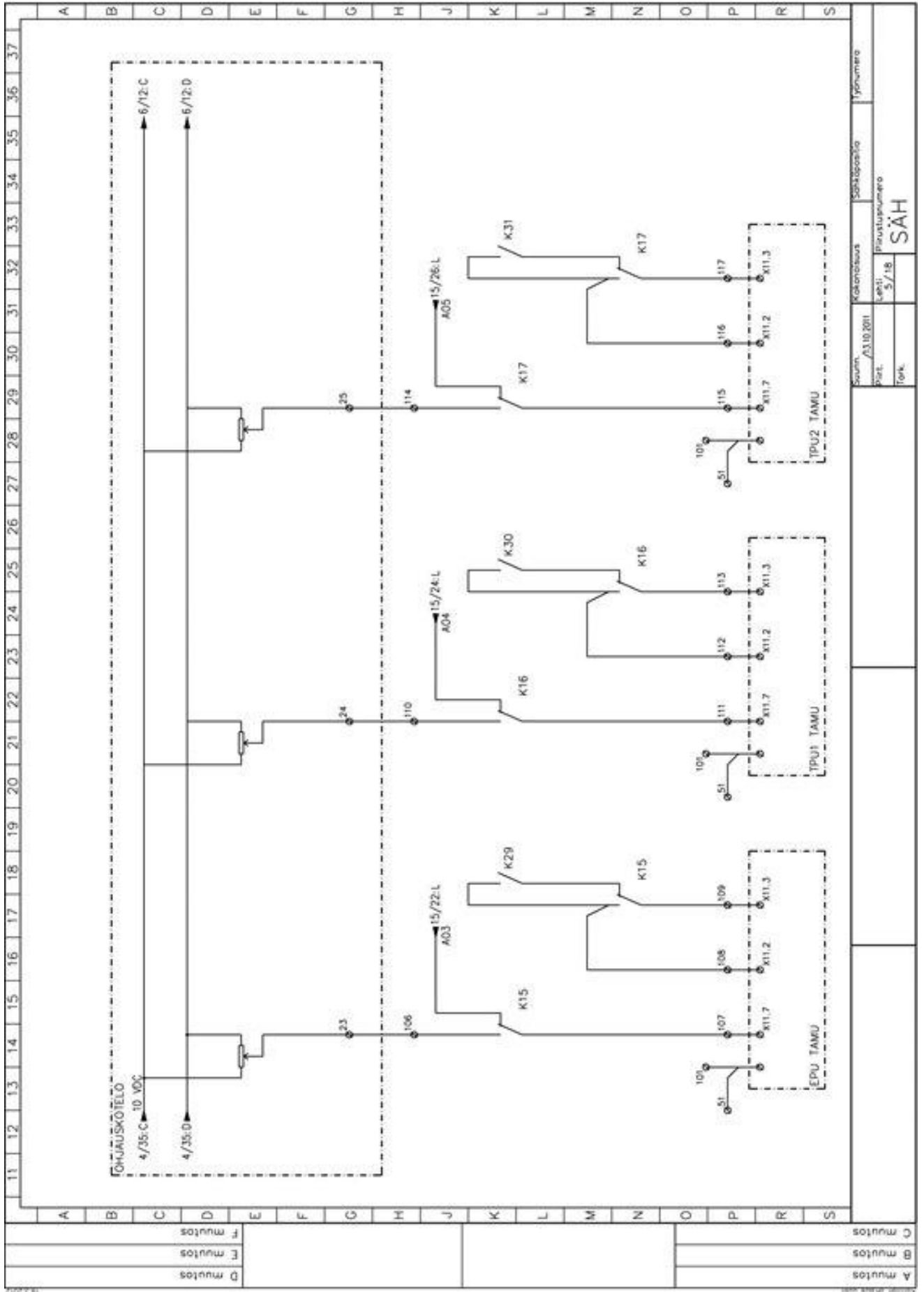
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

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
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

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
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

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
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

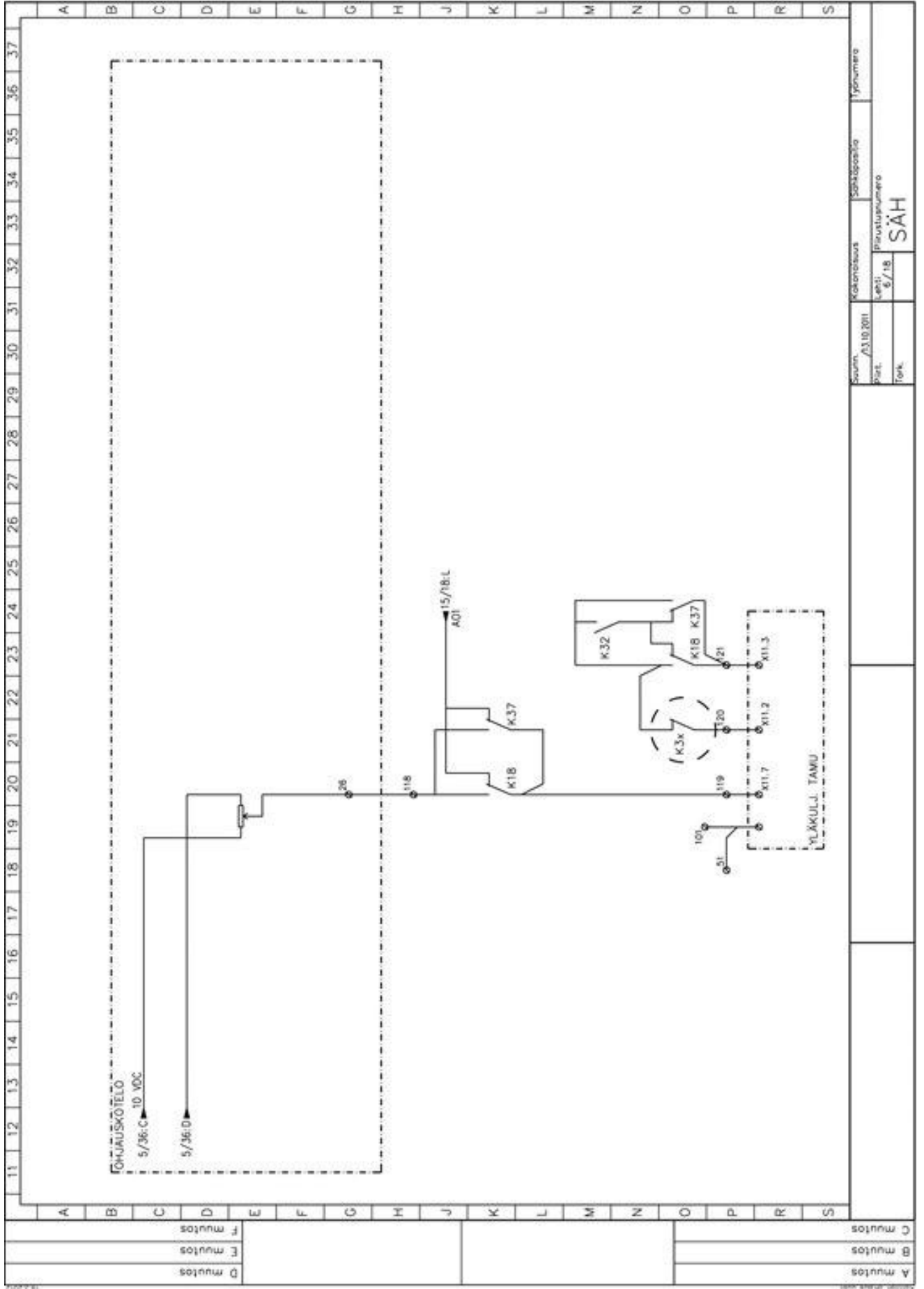
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----



D	muitos
E	muitos
F	muitos

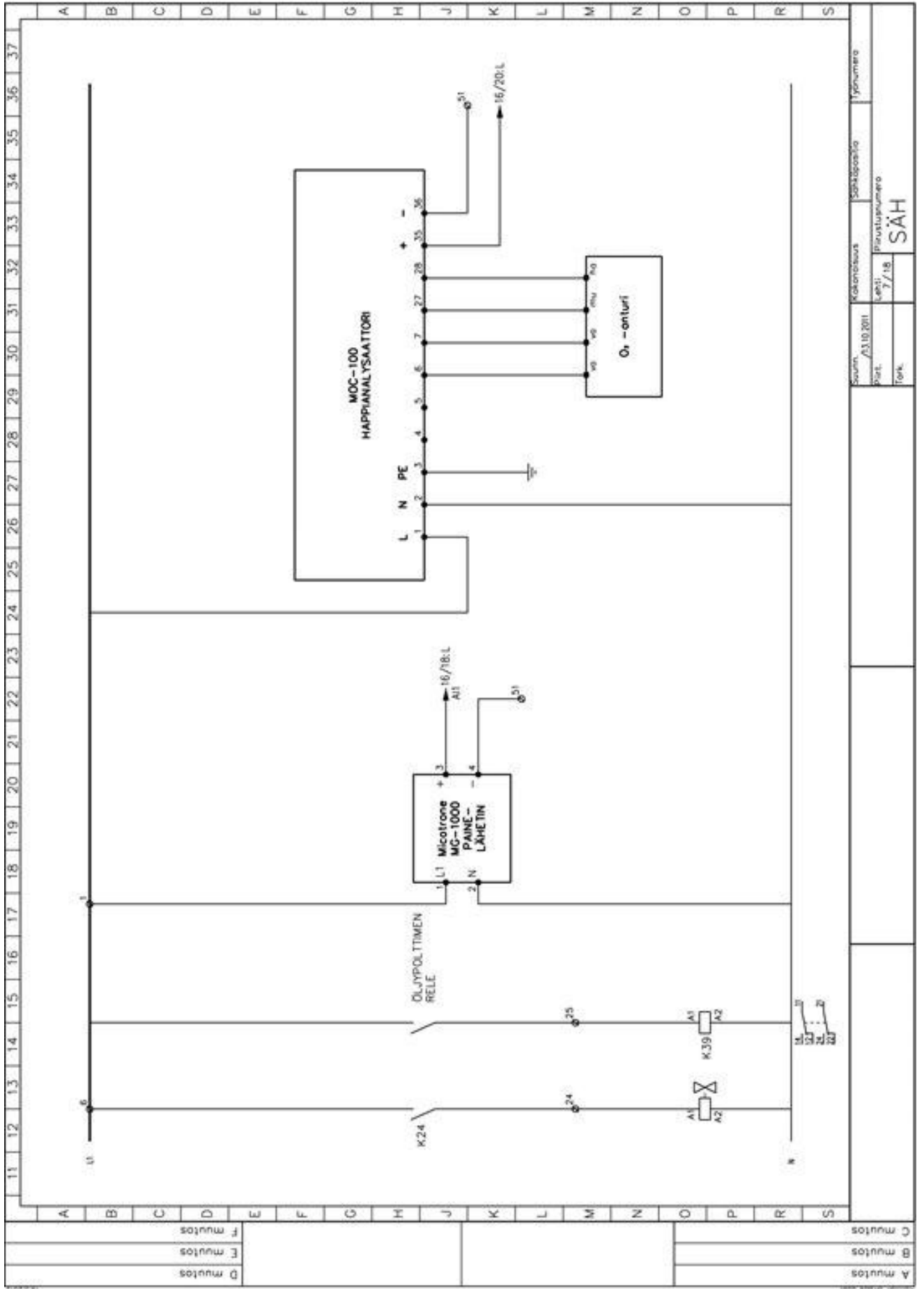
A	muitos
B	muitos
C	muitos

Suunn. /31.10.2011 Piirt. /5/18 Tekn.	Käsitönsuunn. Lehti /5/18	Sähköpiirros Piirustuksen numero SÄH	Työnumero
---	------------------------------	--	-----------

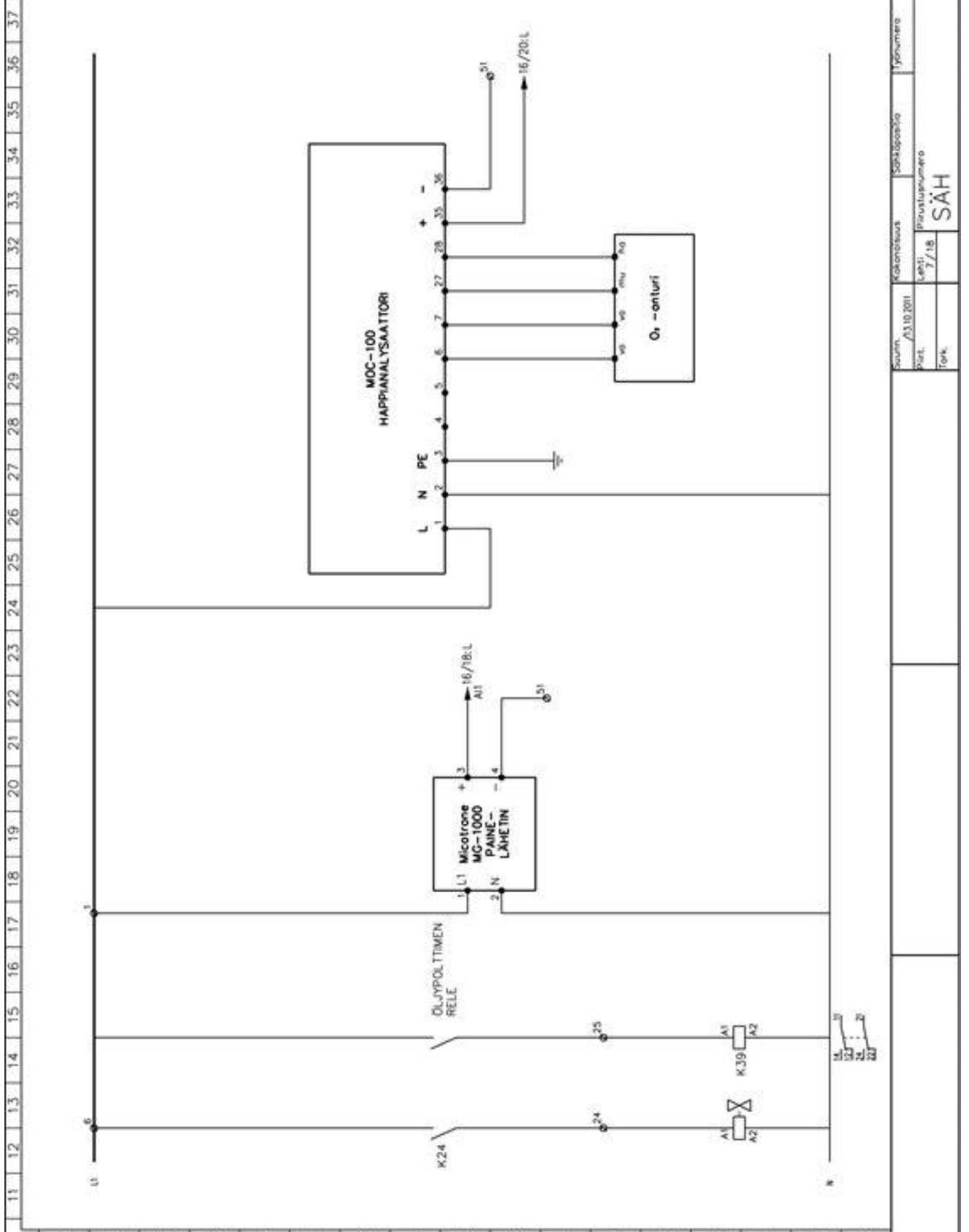


A	muitos
B	muitos
C	muitos
D	muitos
E	muitos
F	muitos
G	
H	
J	
K	
L	
M	
N	
O	
P	
R	
S	

Suunn. /31.10.2011 Piirt. /6/18 Tekn. /SÄH/	Käsikirjoitus Piirustuskilpi 6/18 SÄH	Sähköpiirros Piirustuskilpi 6/18 SÄH	Työnumero
---	---	--	-----------

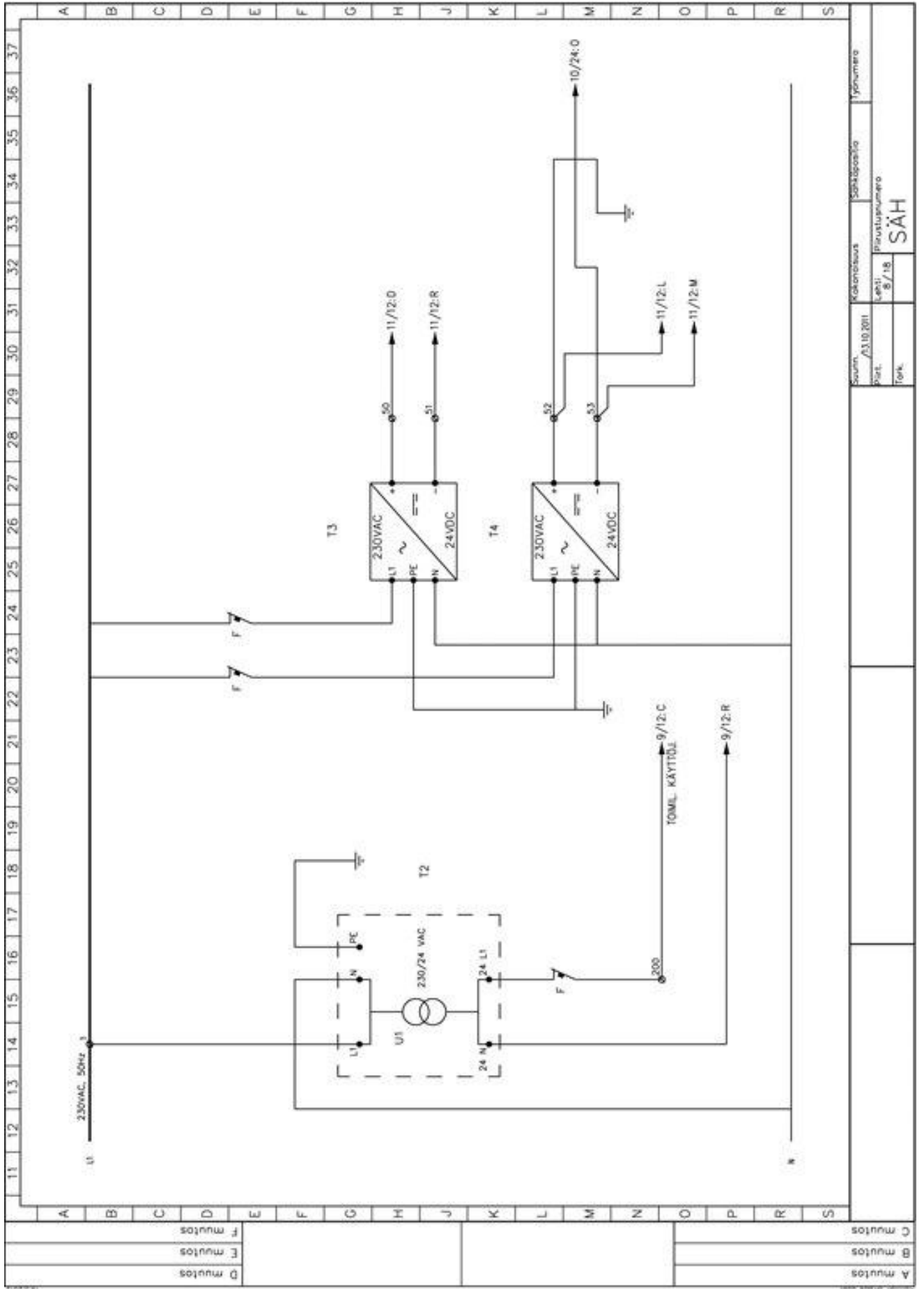


A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---



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

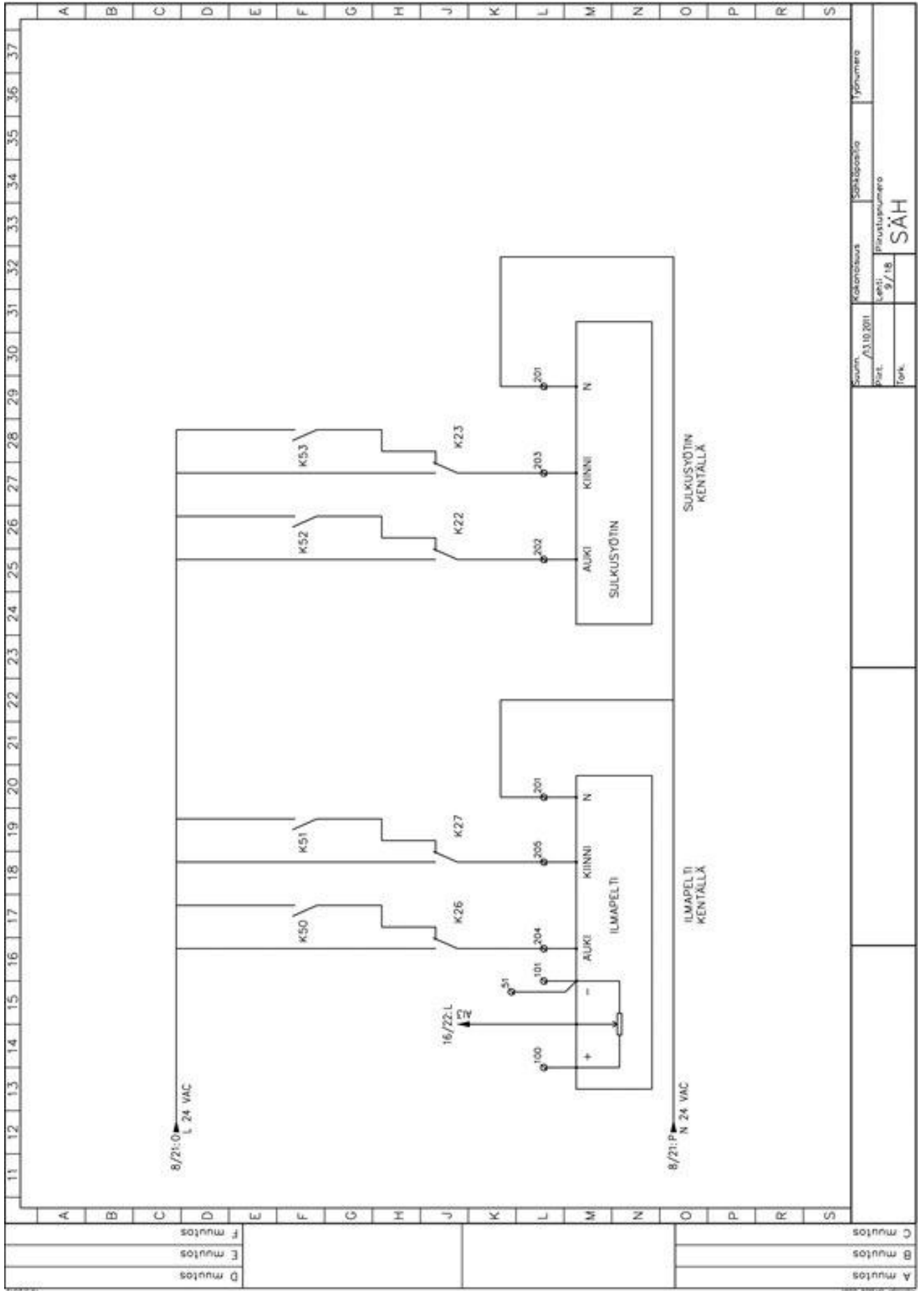
Seuraava	Käsiteltävä	Sähköpiirros	työnumero
13.10.2011			
Posti	Lehti	piirustuksen numero	
	7/18		
Tekijä	SÄH		

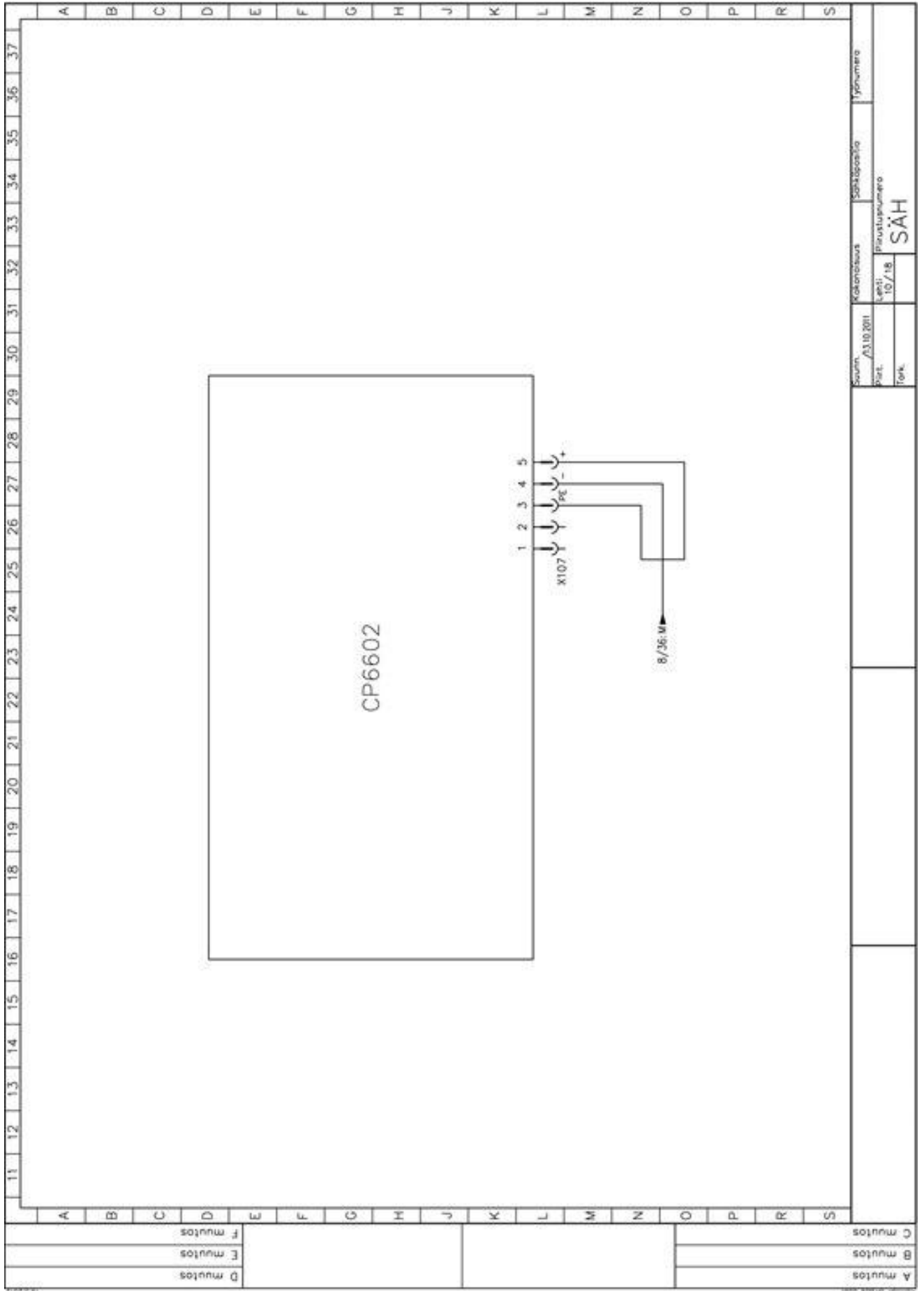


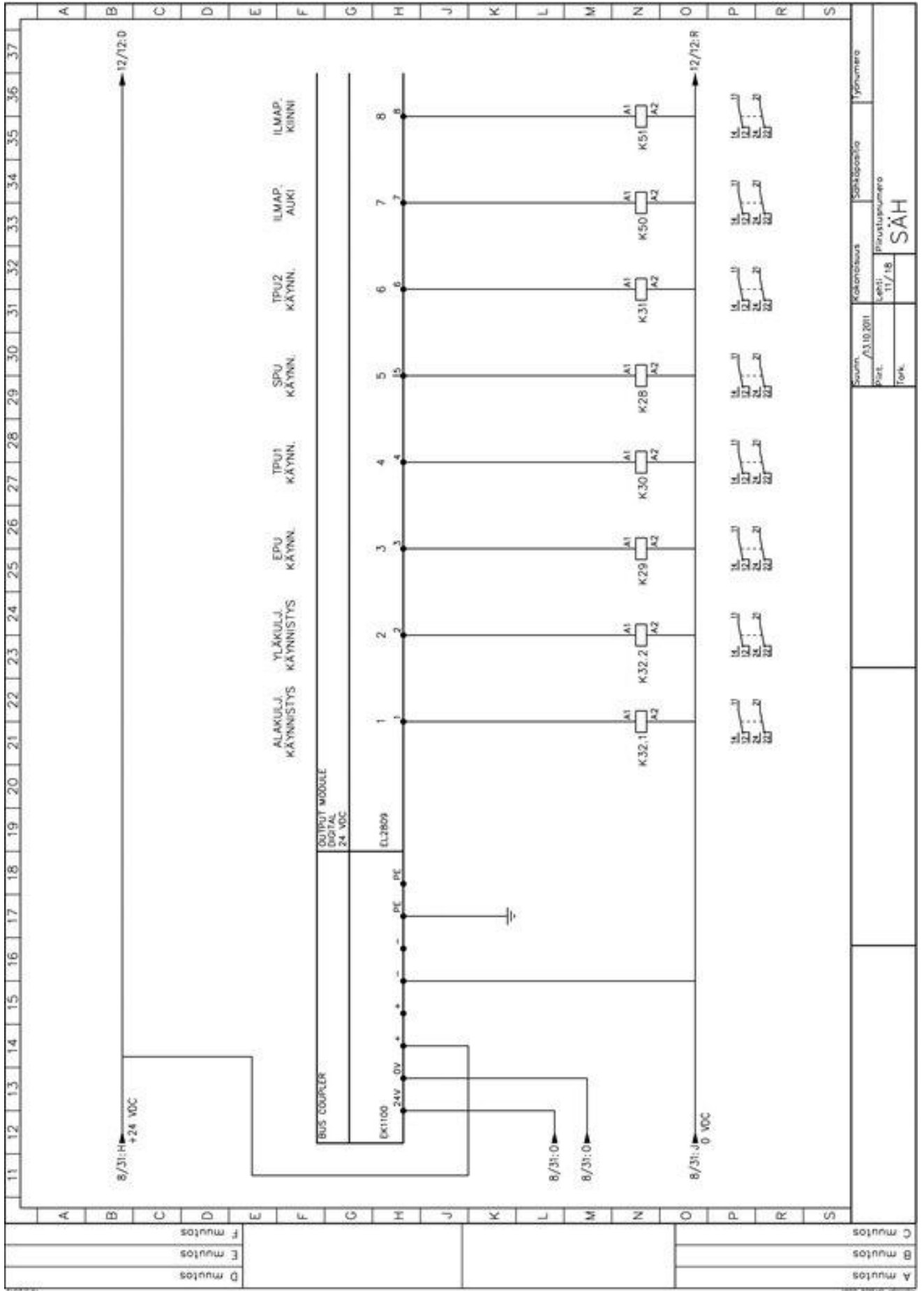
Proj.	8/18	Projektipiirinumero	
Teht.		SÄH	
Seur.	13.10.2011	Sähköpiirros	työnumero

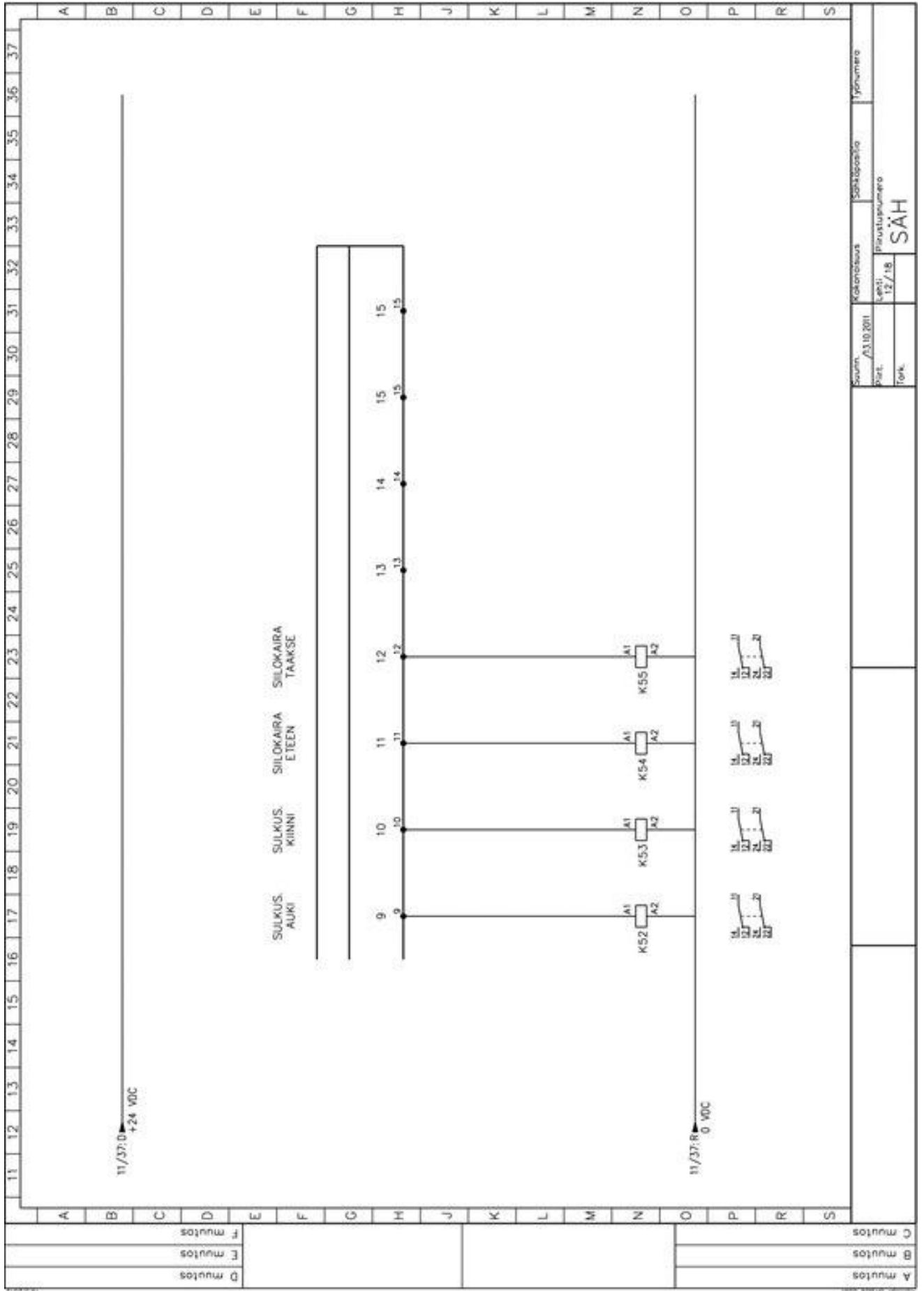
A muutoks	
B muutoks	
C muutoks	
D muutoks	
E muutoks	
F muutoks	

A muutoks	
B muutoks	
C muutoks	









D muutos
E muutos
F muutos

A muutos
B muutos
C muutos

Suunn. /31.10.2011	Kalkitus 12 / 18	Sähköpiirros SÄH	Työnumero
Piirtäjä Teht.	Piirustuksen numero		

