

Mikael Korpinen

# Tutkimuspaineuunin savukaasusuodat- timen liittäminen sähkö-, mittaus- ja lo- giikkajärjestelmään.

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinööriyö

23.4.2017

|   |  |
|---|--|
| Tekijä<br>Otsikko<br>Sivumäärä<br>Aika  | Mikael Korpinen<br>Tutkimuspaineuunin savukaasusuodattimen liittäminen sähkö-, mittaus- ja logiikkajärjestelmään<br>13 sivua + 5 liitettä<br>23.4.2017 |
| Tutkinto  | insinööri (AMK)  |
| Tutkinto-ohjelma  | talotekniikka  |
| Suuntautumisvaihtoehto  | sähköinen talotekniikka  |
| Ohjaajat  | lehtori Matti Sundgren<br>L&T Jari Hagström<br>VTT Ilkka Hiltunen  |
| <p>Tässä insinööriyössä on käsitelty Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkimuspaineuunin uuden savukaasusuodattimen liittämiseen tehtyjä toimenpiteitä. VTT on Pohjois-Euroopan johtava tutkimus ja teknologiayhtiö, joka tuottaa kansainvälistä kilpailukykyä lisääviä tutkimus- ja innovaatiopalveluita yrityksille ja julkiselle sektorille. Bioruukissa sijaitseva tutkimuspaineuuni on VTT:n oma DFP-PILOT (Dual Fluidised-Bed) tutkimushanke, jossa metsätalouden biomassaa hyödynnetään energiantuotannossa.</p> <p>Työssä pääasiallisena tavoitteena oli järjestelmään tutustuminen, tutkimuspaineuunin uuden savukaasusuodattimen liittämisessä kiinteistön sähkö-, mittaus- ja logiikkajärjestelmien asennustöissä mukana oleminen sekä jälkiraportointi.</p> <p>Työssä esitettyjä kohtia voidaan käyttää raporttina tehdystä työstä, käytetyistä komponenteista sekä lyhyenä esittelynä tutkittavasta prosessista. Työ antaa kuvan tutkimuspohjaisen sähkötyön tekemisestä ja käytetyistä komponenteista.</p> |  |
| Avainsanat  | tutkimuspaineuuni, savukaasusuodatin, logiikkajärjestelmä, mittausjärjestelmä, lämmityskaapeli.  |

|   |   |
|---|---|
| Author(s)<br>Title<br>Number of Pages<br>Date   | Mikael Korpinen<br>Connecting the flue gas filter of a research pressure oven to the logic, measure and electrical systems of a property.<br>13 pages + 5 appendices<br>23 April 2017 |
| Degree  | Bachelor of Engineering   |
| Degree Programmed   | Building Services Engineering   |
| Specialisation option   | Electrical Engineering for Building Services  |
| Instructor(s)   | Matti Sundgren, Senior Lecturer<br>Jari Hagström, Service manager<br>Ilkka Hiltunen, Project leader   |
| <p>The main objective in this bachelor's thesis was to study the operations of a research pressure oven system, DFP-PILOT (Dual Fluidized-Bed), at the VTT Technical Research Centre of Finland. Another aim was to participate in the installation process of a new flue gas filter to the pressure oven system where forest biomass is utilized in energy production, as well as do the post-reporting.</p> <p>The installation process was successful. The flue gas filter functions as planned and the installation went without any major problems. The things presented in this thesis can be used as a report for the work, the components used, and a short demonstration for the flue gas filter in the DFP-Pilot process. The thesis gives a picture of research-based electrical work and the components used in a research environment.</p> |   |
| Keywords  | DFP-pilot, flue gas filter, logic system, measuring system, heating cable.  |

## Sisällys

### Lyhenteet

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Johdanto   | 1  |
| 2   | Tutkimuspaineuunin savukaasusuodatin                             | 1  |
| 2.1 | Tutkimuspaineuuni  | 2  |
| 2.2 | Savukaasusuodatin  | 3  |
| 2.3 | Savukaasusuodatinta ohjaavat komponentit.                        | 4  |
| 3   | Ohjaavat komponentit   | 5  |
| 3.1 | Lämpötila-anturit  | 5  |
| 3.2 | Muuntimet  | 5  |
| 3.3 | Paineanturi  | 6  |
| 3.4 | Venttiilit.  | 7  |
| 3.5 | Lämpökaapeli.  | 7  |
| 3.6 | Ohjauskaapelointi.   | 8  |
| 4   | Savukaasusuodattimen liittäminen tutkimuslaitoksen järjestelmiin | 8  |
| 4.1 | Savukaasusuodattimen asennus ja kytkentä.                        | 8  |
| 4.2 | Releohjausmuutos.  | 9  |
| 4.3 | Konfigurointi ja mittaustulokset.                                | 9  |
| 5   | Tulevaisuus ja tulosten analysointi                              | 10 |
| 6   | Loppuyhteenveto  | 11 |
|     | Lähteet  | 12 |

### Liitteet

Liite 1. Piirikaavio AK21, VA-2013-, VA-2014- ja VA-2015-A-magneettiventtiilien releohjausmuutos

Liite 2. Savukaasusuodattimen laitekuva

Liite 3. Esite tutkimuspaineuunin toiminnasta

Liite 4. Themron-lämmityskaapelin tiedot

Liite 5. Savukaasusuodattimen ohjaavien komponenttien piirikaaviot

## 1 Johdanto

Tässä insinööriyössä käsitellään Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n uuden tutkimuspaineuunin savukaasusuodattimen järjestelmäliitoksiin vaadittavia toimenpiteitä, kun suodatin liitetään VTT:n sähkö-, mittaus- sekä logiikkajärjestelmiin. Kiviruukissa sijaitseva tutkimuspaineuuni on VTT:n omia projekteja, jonka yhteen kokonaisuuteen kuuluu savukaasusuodatin, jonka avulla mitataan paineunista poistuvan savun painetta ja lämpötilaa, joita säädetään kiviruukin automatiikan avulla erilaisiin tutkimustilanteisiin.

Työn tarkoituksena oli olla mukana VTT:n uuden savukaasusuodattimen liittämässä sähkö-, mittaus- ja logiikkajärjestelmiin. Työ suoritettiin VTT:n Kiviruukin toimipisteessä Espoossa, ja työhön kuului prosessin osasuorituksissa mukana oleminen ja jälkiraportointi.

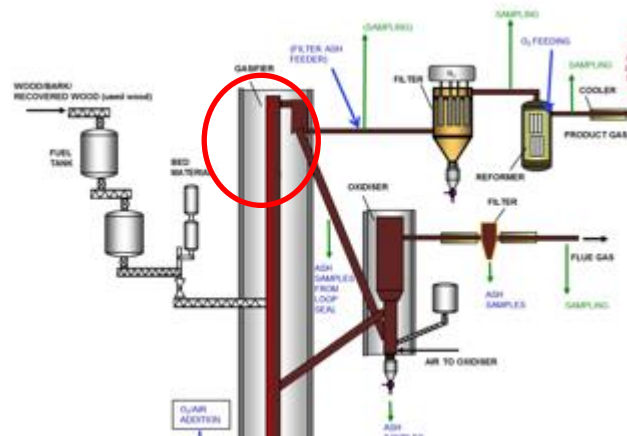
Espoossa sijaitseva VTT Bioruukki on yksi merkittävimmistä investointikohteista tällä vuosikymmenellä ja suurin biotalouden tutkimusympäristö Pohjoismaissa. Bioruukissa kehitetään yritysten prosessi- ja tuotekehitystoimintaa sekä VTT:n ja sen tutkimuskumppaneiden projekteja. Espoon Bioruukissa 8 000 m<sup>2</sup>:n tiloissa tutkitaan ja kehitetään metsä- ja maatalouden biomassan sekä teollisuuden ja yhdyskuntien sivu- ja jätevirtojen prosessointia.

Tutkittavana oleva savukaasusuodatin on osa VTT:n tutkimuspaineuunin kokonaisuutta. Espoossa sijaitseva uuni on ollut usean vuoden projekti, jonka viimeisin muutos on savukaasusuodattimen lisäys. Tutkimuspaineuunilla on kaksi savukaasusuodatinta, josta toinen on mukana tutkittavien kaasujen käsittelyssä ja toinen suodatin on lämpökierrossa tapahtuvan savukaasun suodatus. Tässä työssä tarkastelun kohteena on jälkimmäinen suodatin, vaikkakin toiminnaltaan suodattimet toimivat täysin samalla tavalla.

## 2 Tutkimuspaineuunin savukaasusuodatin

Tutkimuspaineuunina toimi 10 metriä korkea teräsuuni, jonka tarkoituksena on erilaisien biopolttoaineiden polttaminen ja hyödyntäminen energiantuotossa ja tutkimukses-

sa. Biopolttoaineena toimivat puupelletit, kaarna, oljet sekä metsäpohjainen jäte. Näitä syötetään uuniin, joka pystyy polttamaan biomassaa noin 20–50 kg tunnissa. Biomassasta saatava palokaasu kulkeutuu tutkimuskäyttöön menevälle savukaasusuodattimelle, jossa savukaasun seassa olevat pienhiukkaset suodatetaan pois, minkä jälkeen kuuma kaasu kuljetetaan eteenpäin jatkokäsittelyä varten. Uunissa poltettava biomassaa palaa hapettomassa tilassa, josta poltettavan materiaalin savukaasut kuljetetaan jatkokäsittelyä varten. Kaikki poltettava materiaali ei kuitenkaan pala täysin tutkimusuunissa, jolloin palamaton hiiltynyt jäte kulkeutuu hapettimelle. Hapettimessa oleva kaasu sisältää happea noin 6 %, jolloin hiiltynyt poltettava materiaali saadaan pala-



maan paremmin.

Kuva 1. Tutkittava savukaasusuodatin korostettuna kokonaisuudesta.

Hapettimessa oleva uudelleen syttynyt materiaali kulkeutuu takaisin tutkimuspaineuuniin, jossa se palaa loppuun. Hapettimessa palavat biomassasta vapautuneet kaasut kulkeutuvat kuvan 1, tässä työssä tutkittavaan suodattimeen, jonka toimintaa käsitellään myöhemmässä osiossa. [1] (Liitteet 3, 5.)

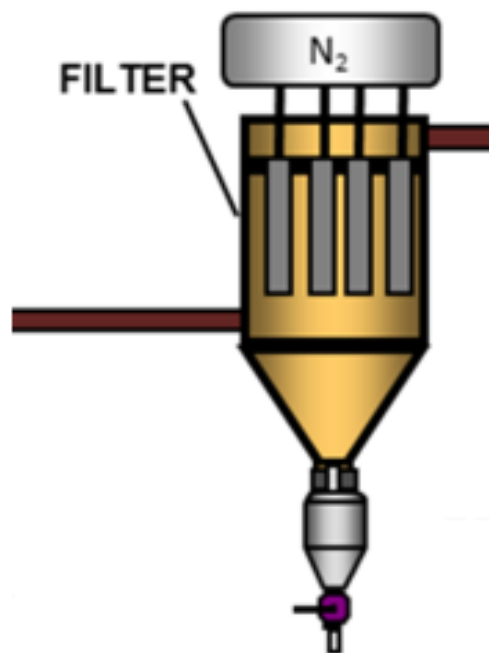
## 2.1 Tutkimuspaineuuni

10 metriä korkea, 1,5 metriä halkaisijaltaan oleva uuni kostuu teräksisestä ulkokuoresta, jonka sisäpuolella on palonkestävä eristevillainen kuori. Uunin sisusta on jaoteltu villaisella eristysvillalla lohkoihin, joiden lämpötiloja säädetään omilla automaatiikoiltaan. Eristevillan sisäpuolella on lämpövastukset, jotka on nidottu toisiinsa keraamisilla tukipaloilla, joiden avulla vastukset saadaan tasaisesti lähelle uunin keskiössä olevaa teräsputkea, jossa hapeton palaminen tapahtuu. Lohkottamalla uuni koko pituudeltaan voidaan palamista säädellä tarkemmin ja mahdollistaa erilaisia tutkimustilanteita halut-

tujen parametrien mukaisiksi. Tutkimuspaineuunin pohjassa on palamattoman massan talteen ottoa varten venttiili, jonka avulla palamaton aine saadaan kerättyä talteen punnitsemista ja jatkotutkimuksia varten. [1] (Liite 3.)

## 2.2 Savukaasusuodatin

Uuden savukaasusuodattimen tarkoituksena on suodattaa poltettujen raaka-aineiden savusta kiinteät hiukkaset savun seasta. Suodattimessa savu kulkeutuu suodattimen alaosaan sijaitsevassa tuloputkesta suodattimeen. Savussa olevat suuremmat hiukkaset suodattuvat, kun savu kulkeutuu onttojen keraamisten suodatinpuikkojen läpi, jotka sijaitsevat suodattimen kannessa. Savukaasusuodattimessa on kolme suodatinpuikkoa, jotka päästävät savukaasun lävitseen poistoputkeen ja kerää savun suurimmat hiukkaset pinnalleen. Jotta keraamiset suodatinpuikot eivät tukkeutuisi hiukkasista, päästetään onttojen suodatinpuikkojen sisään typpikaasua pulssina, minkä ansiosta pinnalle kertynyt kuona varisee suodattimen pohjalle, josta se kerätään talteen. Suodatinpuikkojen sisään päästettävä typpipulssin kesto on noin 0,4 sekuntia, ja se vapautuu 3–5 bar:n paineella. Typpipulsseja päästetään suodattimeen tietyin väliajoin jaksoissa, tutkimuksesta ja poltettavasta materiaalista tulevista hiukkasista riippuen.



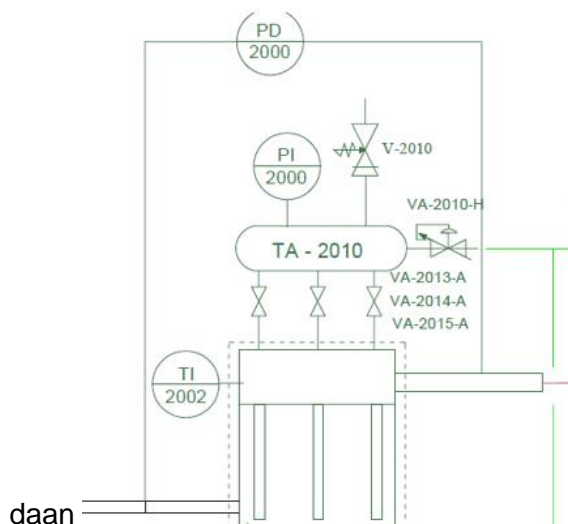


Kuva 2. Tutkimuspaineuunin savukaasusuodatin valmiiksi asennettuna sekä piirros laitteesta.

Kuvassa 2 esitelty savukaasusuodatin on rakenteeltaan noin 2,5-metrinen teräsvaipainen lieriö, jonka ulkokuoren ja sisäisen sylinterin välissä on palonkestävää eristeviljaa. Suodattimen pohja on suppilonmallinen, jotta palamattomat hiukkaset saataisiin kerättyä suodattimesta pois mahdollisimman hyvin. Suodattimen sisällä on kaksi osiota, jotka jakautuvat alemman osan eli suodattamattoman savukaasun osaan ja ylemmän suodatetun savukaasun osaan. Nämä osiot erottuvat toisistaan aiemmin mainittujen suodatinpuikkojen avulla. Savukaasusuodattimen pohjassa on venttiili, jonka kautta palamattomat hiukkaset laskeutuvat säiliöön talteen keruuta varten. Hiukkasten talteenotossa savukaasusuodattimen ja säiliön välinen venttiili suljetaan ja myrkylliset savukaasut poistetaan säiliöstä typpikaasun avulla. Säiliöstä talteen kerättävä massa punnitaan ja analysoidaan. [1] (Liitteet 2, 3.)

### 2.3 Savukaasusuodatinta ohjaavat komponentit.

Suodattimessa itsessään ei ole yhtään liikkuvaa osaa, vaan suodattimen toimintaa ohjataan ulkoisesti automatiikalla. Suodatinta ohjataan suoraan kolmella typpiventtiilillä, kahdella lämpötila-anturilla, maineanturin mittaustuloksilla sekä yhdellä lämpökaapelilla. Muita ohjaavia komponentteja ovat muuntimet ja releohjaukset, joiden avulla saa-



Kuva 3. PD-2000, sijoituspiirustus.

luotua automatisoitu kokonaisuus, minkä avulla suodatin toimii. Suodattimen painetta seurataan kauempana olevien paineantureiden erotuksesta, mutta suodattimeen on

varaus mahdollisten muutosten varalta lisätä oma painemittarinsa PD-2000-suodattimen tulo- ja poistokanaviin, kuten kuvassa 3 on esitetty. [1] (Liitteet 2, 5.)

### 3 Ohjaavat komponentit

Suodattimen ohjaus, jota hoidetaan kiinteistön automatiikalla, tapahtuu monesta pienestä komponentista, jolla hoidetaan suurta kokonaisuutta. Suodattimen ollessa käytössä tarkkaillaan sen sisällä olevan savun painetta ja lämpötilaa, jotka halutaan pitää tietyissä raja-arvoissa. Tässä osiossa käydään suodattimen tärkeimpiä komponentteja, joiden avulla suodattimen toiminta voidaan automatisoida niin, että sen toimintaa voidaan muuttaa alati muuttuvien tilainteiden mukaisiksi. Komponentteja ohjataan 24 V:n tasavirran digitaali- ja analogisilla mittaustiedoilla, joilla ohjataan muun muassa lämpökaapelin toimintaa, venttiilien asentoja sekä paine- ja lämpötila-antureiden mittaustuloksia. [1] (Liitteet 2, 5.)

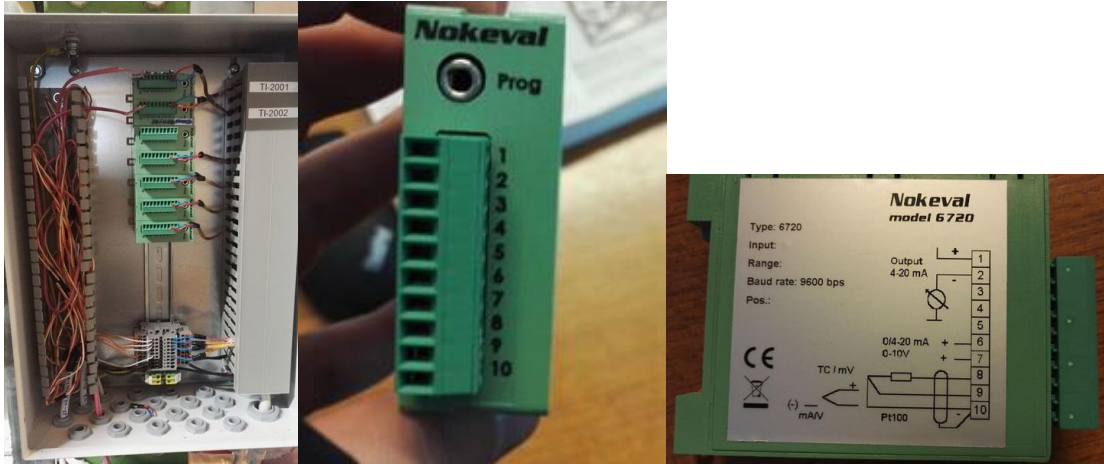
#### 3.1 Lämpötila-anturit

Suodattimella on kaksi lämpötila-anturia, joilla mitataan tulevaa ja poistuvaa savukaasun lämpötilaa. Niin sanottu suodattimen yläosan anturi mittaa poistuvan savukaasun lämpötilaa ja alaosan anturi vastaavasti tulevan savun lämpötilaa. Antureiden lämpötilaerosta lasketaan lämpötilan jäähtyminen suodattimessa ja tällä tiedolla suodattimen toimintaa säädellään. Jos kaasun lämpötila laskee liian matalaksi, voidaan sen lämpötilaa nostattaa lämmittämällä sitä ulkoisesti lämmityskaapelilla. Lämpötilaa mittaavina antureina toimivat Labfacilityn N-tyyppin termoparianturit, jotka kestävät lämpötiloja 1 300 °C asti. N-tyyppin anturi on kytketty termopari-antureilla Nokevallin muuntimeen. Muunnin analysoi anturin antaman tiedon ja lähettää tiedot eteenpäin VAK:lle (Valvonta-alakeskus). Tämä on yksi suodattimen ohjaamiseen vaadittavia toimintoja, jotta kaasun raja-arvot saataisiin pidettyä halutuissa tuloksissa. [1; 6; 7.] (Liite 5.)

#### 3.2 Muuntimet

Työssä käytettiin Nokeval 6720 -muuntimia, jolla käsitellään suodattimen antureiden tuloja. Nokevalin 2-johdinlähetin muuntaa termopariantureiltaan saamansa lämpötilatiedon analogiseksi 4–20 mA tiedoksi, jonka pohjalta prosesseja ohjataan. Nokeval

6720 pystyy analysoimaan tietoa 0-1 300 celsiusasteen lämpötila-alueelta, ja sen virhemarginaali tällä alueella on alle 0,2 astetta. Muuntimet konfiguroitiin tietokoneella MekuWIN -ohjelmalla.

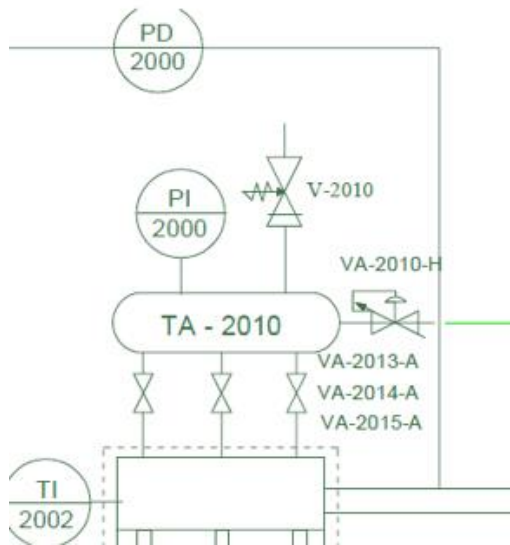


Kuva 4. Keskuksen KK093 asennuskuva, Nokeval 6720 -muuntimen etupaneeli ja kytkentäkuva.

Kuvasta 4 nähdään, kuinka AK21-keskukselta tulevat NOMAK-kaapelit kytketään Nokeval-muuntimien avulla n-tyyppin termopareihin. Kuvassa neljä Nokeval-muunninta on käytössä, yksi käyttämätön sekä neljä muunninta on varalla myöhempää käyttöä varten. Kuvassa 4 oikealla on myös esitelty Nokeval-muuntimen etupaneelin kytkentämahdollisuudet. [1; 4; 11.] (Liite 5.)

### 3.3 Paineanturi

Kuten lämpötila-antureissa, suodattimen typpisäiliön paineanturi antaa viestinsä myös analogisesti 4–20 mA:n tietoina, joiden pohjalta suodattimen tyypen magneettiventtiilejä ohjataan. Paineanturi Aplsens APC-2000ALW mittaa typpisäiliön painetta, jotta savukaasusuodattimen keraamiset suodatinpuikkojen pinnat puhdistuisivat kiinteistä palojätteistä. PI-2000-paineanturi yrittää tavoittaa typpisäiliölle 3-5 bar:n painetta.



Kuva 5. PI-2000-paineanturin, VA-2010-H-säätö- ja V-2010-varoventtiilin sekä VA-2013-, VA-2014- ja VA-2015-A-magneettiventtiilien sijoituskuvat laitteistossa.

Liian alhaisissa paineissa kuvassa 5 esitetty VA-2010-H venttiili päästää typpisäiliöön enemmän kaasua, ja korkeissa paineissa taas vastaavasti kaasun syöttömäärä vähenee säiliöön. V-2010-varoventtiili estää liian korkean paineen synnyn. [1; 3.] (Liite 5.)

### 3.4 Venttiilit.

Suodattimen paine- ja lämpötila-antureiden lähettämien analogiset viestit muutetaan 24 VDC:n (volttia tasavirtaa) ohjaussignaalksi, joilla säädellään suodattimen kolmea venttiiliä. Kuvassa 5 näkyvät suodattimen magneettiventtiilit VA-2013-A, VA-2014-A ja VA-2015-A, jotka ohjaavat typen syöttöä suodatinpuikkojen sisälle aiemmin mainitun suodatinpuikkojen pulssitusta varten. Työssä käytettiin alumiinisia Ascon SC XG353A044 -magneettiventtiilejä, joiden toiminta-alue on 0,35-8,5 bar ja ohjausjännite 24 VDC, joten ne soveltuivat käyttöön erinomaisesti. [1; 8.] (Liite 5.)

### 3.5 Lämpökaapeli.

Savukaasusuodattimen ympärille on asennettu 8 m pitkä Themronin vakiovastuskaapeli, jolla suodattimessa olevan savun lämpötilaa säädellään. 125 wattia teholtaan oleva lämmityskaapeli on mittatilaustyönä kyseistä tarkoitusta varten tehty hiiliteräskaapeli, jonka tarkoitus on kestää savukaasun korkeita, jopa 800 asteen lämpötiloja. Myös

lämmityskaapelin liittimet ja ns. kylmäpäät on tehty niin, että ne kestävät savukaasusuodattimen korkeita lämpötiloja. Kaapeli toimii normaalilla 230V jännitteellä ja ohjautuu kiinteistön automatiikan avulla. [1] (Liite 4.)

### 3.6 Ohjauskaapelointi.

VAK:in ja savukaasusuodattimen välinen ohjauskaapelointi toteutettiin kahdella Jamak 8x(2+1)x0,5 -parisuojatulla instrumentointikaapelilla. Jamak-kaapelia käyttämällä saadaan ohjaussignaali kulkemaan suodattimelle lähes häiriöttä, koska kaapelin vaipassa on ensimmäinen häiriönsuojakerros ja toinen kierretyn parikaapelin ympärillä.

Lämpötila-antureiden ja Nokeval-mediamuuntimien välisenä mittauskaapelina käytettiin N-tyyppin termoparikaapelia. Termoparikaapelia käytetään kuuman ja kylmän pisteen väliseen kaapelointiin, koska näissä kaapeleissa mittaustuloksen virhemarginaali lämpötilan vaikutuksesta on pienempi kuin muihin mittaustilanteisiin suunnitellut kaapelit. N-tyyppin kaapeli sisältää kaksi 0,5 mm<sup>2</sup>:n kaapelia, joista toinen positiivinen kaapeli sisältää nikkeli–kromi–pii-seoksellista metallia ja negatiivinen kaapeli nikkeli-pii seoksellista metallia. N-tyyppin kaapelia käytetään paljon varsinkin korkeiden lämpötilojen lämpötila-antureiden kaapelina, koska se on yleensä pitempi-ikäisempi kuin esim. yleisesti käytetty K-tyyppin termoparikaapeli. [1; 2; 9; 10.] (Liitteet 1, 5.)

## 4 Savukaasusuodattimen liittäminen tutkimuslaitoksen järjestelmiin

### 4.1 Savukaasusuodattimen asennus ja kytkentä.

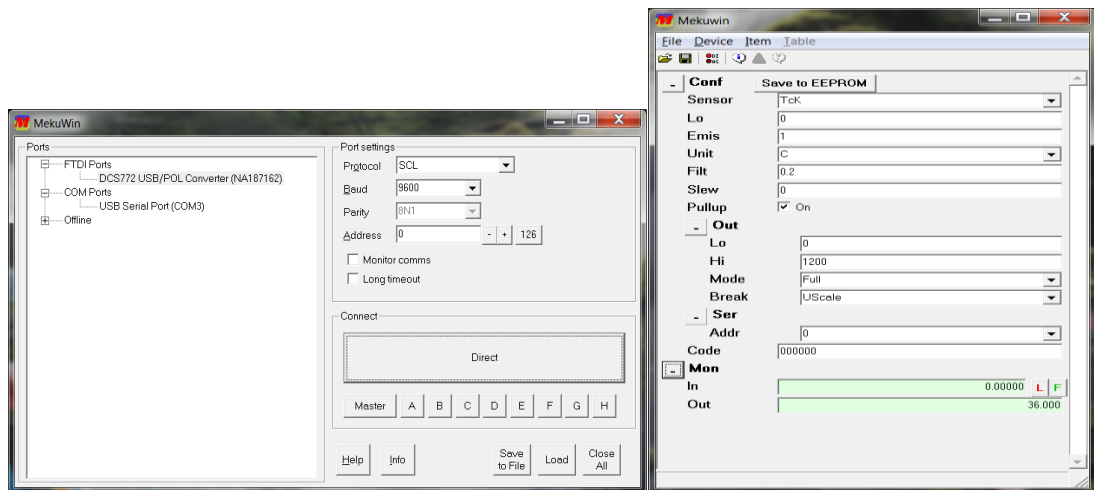
Työhön sisältyi savukaasusuodattimen liittämiseen kuuluvissa asennustöissä mukana oleminen. Lämmityskaapelin sähkönsyötön ja ohjauskaapeleiden kaapelivedot oli pääsääntöisesti kaapeloitu jo ennen insinööriä aloitusta, jolloin työhön kuuluvat viimeiset kaapelivedot sekä tarvittavat kytkennät keskuksella ja suodattimella suunnitelmien mukaan. Työn aikana huomattiin suodattimen tyyppien magneettiventtiilien olevan tehoaan 20 W, jolloin alakeskuksella oleva piirikortin antama teho ei riittänyt näiden ohjaimiseen. Tällöin päädyttiin releohjaukselliseen lähtöön, jonka yksityiskohtia käsitellään seuraavassa osiossa.

## 4.2 Releohjausmuutos.

Alakeskuksen AK21 piirikortin ulostuleva virta on 0,5 ampeeria 24VDC. Tästä ulostuleva teho ei riitä ohjaamaan 20 W:n magneettiventtiilejä, jolloin suunnitelmista jouduttiin poikkeamaan. Jotta ohjaus olisi saatu toimimaan halutulla tavalla, asennettiin magneettiventtiilit ohjautumaan releyksiköillä, jolloin kaapeleissa kulkevaa virran määrää saataisiin kasvatettua. AK21-keskukseen lisättiin kolme releohjausyksikköä sekä yksi johdonsuojakatkaisija C6 ja kuusi riviliitintä ohjausmuutoksen toteuttamiseksi. Keskuksen piirikortin ohjauskaapelointi kytkettiin ohjaamaan uusia releitä 2013, 2014 ja 2015. Jännitteettömänä releet ovat lepotilassa eli avonaisina ja kun piirikortilta tulee käsky magneettiventtiilien aukeamiseksi tarvittavaa tyypipulssia varten, sulkeutuvat releohjauksella toimivat koskettimet. Magneettiventtiileille menevä ohjausjännite tulee yhden johdonsuojan C6 kautta, josta jännite ohjataan releiden 2013, 2014 sekä 2015 kautta magneettiventtiileille. Tällä asennustavalla saadaan magneettiventtiileille tuleva virta tarpeeksi suureksi, jotta magneettiventtiiliin toimisi halutulla tavalla. (Liite 1.)

## 4.3 Konfigurointi ja mittaustulokset.

Savukaasusuodattimen savun tulo- ja poistokanavan lämpötila-antureiden Nokevalin mediamuuntimien konfigurointi tapahtui VTT:n henkilökunnan toimesta. Konfigurointi voidaan toteuttaa manuaalisesti, jolloin konfigurointi toteutetaan Nokevalin omalla konfigurointilaitteella ja halutut arvot syötetään muuntimiin manuaalisesti. Tässä työssä konfigurointi tapahtui kuitenkin tietokoneen välityksellä, jolloin tietokone kiinnitetään suoraan muuntimen etupaneelin pistokkeeseen. Konfigurointi tapahtuu MekuWin-ohjelmalla, johon halutut arvot kirjataan ohjelmaan ja ladataan suoraan muuntimeen. Tällöin arvoja ei tarvitse kirjata useaan kertaan, vaan jokaiseen muuntimeen ladataan arvot suoraan etupaneelin pistokkeen kautta. Työssä olevat muuntimet säädettiin ilmoittamaan hälytys, jos lämpötila menee haluttujen 0-1 200 °C:n ulkopuolelle. Kuvassa 6 on esitelty, miltä MekuWin-ohjelmalla konfigurointi näyttää.



Kuva 6. MekuWin -ohjelman konfigurointinäkömä ja konfigurointiarvot.

Lämmityskaapelin mittauksissa sen eristysvastus- ja ominaisresistanssimittauksen tulokset olivat kunnossa. [1; 4; 11.] (Liitteet 1, 4, 5.)

## 5 Tulevaisuus ja tulosten analysointi

Uusi savukaasusuodatin on ollut toiminnassa jo kaksi kuukautta asennustöiden jälkeen, minä aikana ei ole havaittu toiminnassa ongelmia. Prosessit ovat toimineet halutulla tavalla, ja tekniset toteutukset ovat toteutuneet kuten ne on suunniteltu. Vaikka tutkimuspaineuuni on ollut toiminnassa vain muutaman kuukauden uuden suodattimen lisäyksestä, tulevat muutokset tutkimuspaineuunin kokonaisuuteen on jo suunniteltu jopa viiden vuoden päähän, jolloin savukaasusuodatin tulee olemaan kokonaisuuden kannalta oleellisena osana.

Savukaasusuodattimen koeistuksiin päästiin nopeasti ja hyvien suunnitelmien ja asennustyön ansiosta tutkimuspaineuunia päästiin käyttämään, kuten sitä oli suunniteltu eli tutkimiseen. Jatkuva kehittäminen, tutkiminen ja uudet innovaatiot aiheuttavat varmasti sen, että tutkimuspaineuunin kokonaisuus ei tule jäämään tuollaiseksi, vaan sitä tullaan kehittämään entistä pitemmälle.

## 6 Loppuyhteenveto

Tässä insinööriyössä haluttiin tutustua tutkimuspohjaisen sähkötyön toteutuksen luonteeseen, käytettyihin komponentteihin sekä järjestelmiin. Työssä perehdyttiin yksittäisen tutkimusprojektin kulkuun ja muuttuvien tilanteiden tuomiin haasteisiin. Työ antaa kuvan sähkötyön tekemisestä tutkimustilanteissa sekä tietoa käytettyjen komponenttien merkeistä ja vaadituista arvoista. Työssä onnistuttiin tuomaan tiiviisti tutkimuksen pääpiirteet, projektin kulku sekä käytetyt komponentit.

Espoon Kiviruukissa tehty savukaasusuodattimen liittäminen tutkimuspaineuunin kokonaisuuteen antaa tiiviin mutta kattavan kuvauksen tutkimuspohjaisen sähkötyön luonteesta. Tutkittava savukaasusuodatin on toiminut kohteessa halutulla tavalla ja palvelee kokonaisuutta suunnitelmien mukaisesti. Vaikka tutkimuspaineuunille on tehty suunnitelmia useamman vuoden päähän, voidaan ajatella, että lisätty savukaasusuodatin tulee palvelemaan käyttäjiään halutulla tavalla jatkuvasti muuttuvissa tilanteissa.



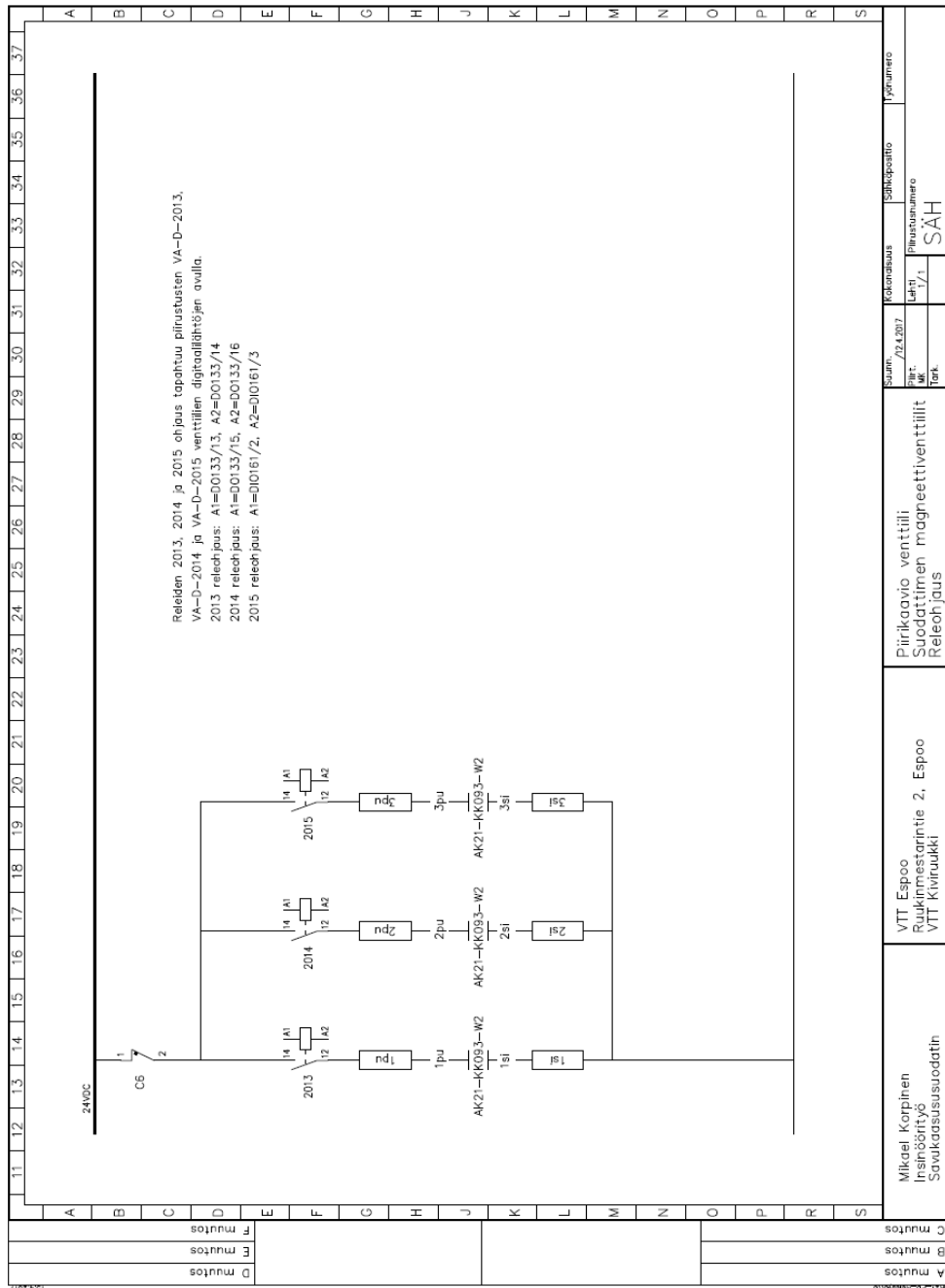
## Lähteet

1. Hiltunen, Ilkka. Projektinjohtaja. Grommi, Mikko. Tuotantoinsinööri. VTT Oy, Espoo. Haastattelut järjestelmästä ja heidän jakamat materiaalit. 20.2.2017-14.4.2017.
2. Tuotesivut. <http://www.skssensors.fi/tuotteet/kompensointikaapelit/kaapelien-varastotyypit/>. Luettu 30.3.2017.
3. Smart pressure transmitter APC-2000ALW. Verkkodokumentti. Aplisens Group. [http://www.aplisens.com/dodatkowe\\_aplikacje\\_advertnet/pdf/produkt/APC-2000ALW.pdf](http://www.aplisens.com/dodatkowe_aplikacje_advertnet/pdf/produkt/APC-2000ALW.pdf). Luettu 30.3.2017.
4. 6720 ohjelmoitava 2-johdinlähetin lämpötila-antureille ja prosessituloille. Verkkodokumentti. Nokeval Oy. <http://www.nokeval.com/data/pdf/datasheets/fi/6720esite.pdf>. Luettu 6.4.2017.
5. Rantalainen, Paavo. VTT:n huippuyksikkö tuli Kivenlahteen – Täältäkö ratkaisu maailman energiaongelmiin? Lehtiartikkeli. Länsiväylä. <http://www.lansivayla.fi/artikkeli/276316-vtt-n-huippuyksikko-tuli-kivenlahteen-taaltako-ratkaisu-maailman-energiaongelmiin>. 2.4.2015. Luettu 23.2.2017.
6. Frequently Asked Questions. Verkkodokumentti. Labfacility. <https://www.labfacility.com/media/attachment/file/pdfs/frequently-asked-questions.pdf>. Luettu 30.3.2017.
7. IEC Mineral Insulated Thermocouple with standard Thermocouple plug. Verkkodokumentti. Labfacility. <https://www.labfacility.com/media/attachment/file/pdfs/data-sheet-thermocouple-with-standard-thermocouple-plug.pdf>. Luettu 30.3.2017.
8. Power pulse valves. Verkkodokumentti. ASCO Valve, Inc. [http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/\\_en/pdf1/x003aagb.pdf](http://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_en/pdf1/x003aagb.pdf). Luettu 30.3.2017. S. 3.
9. Kompensointikaapelit, SKS-Varastotyypit. 2015. Verkkodokumentit. SKS Group Oy. [http://www.sks.fi/www/sivut/F6ADA499CD0C6CF7C2257B6A00368071/\\$FILE/Termoelementtikaapelit-fi-2015.pdf](http://www.sks.fi/www/sivut/F6ADA499CD0C6CF7C2257B6A00368071/$FILE/Termoelementtikaapelit-fi-2015.pdf). 11/2015. Luettu 30.3.2017. S. 1-2.
10. Jamak, Parisuojattu instrumentointikaapeli. 2013. Verkkodokumentti. Prysmian Group. [http://fi.prysmiangroup.com/en/business\\_markets/markets/ti/downloads/datasheets/JAMAK.pdf](http://fi.prysmiangroup.com/en/business_markets/markets/ti/downloads/datasheets/JAMAK.pdf). Päivitetty 29.10.2013. Luettu 30.3.2017.

11. Käyttöohje, 2-johdinlähetin 6720. Verkkodokumentti.  
[http://www.nokeval.com/data/pdf/manuals/fi/6720\\_V1.3\\_ohje.pdf](http://www.nokeval.com/data/pdf/manuals/fi/6720_V1.3_ohje.pdf). Luettu  
6.4.2017.

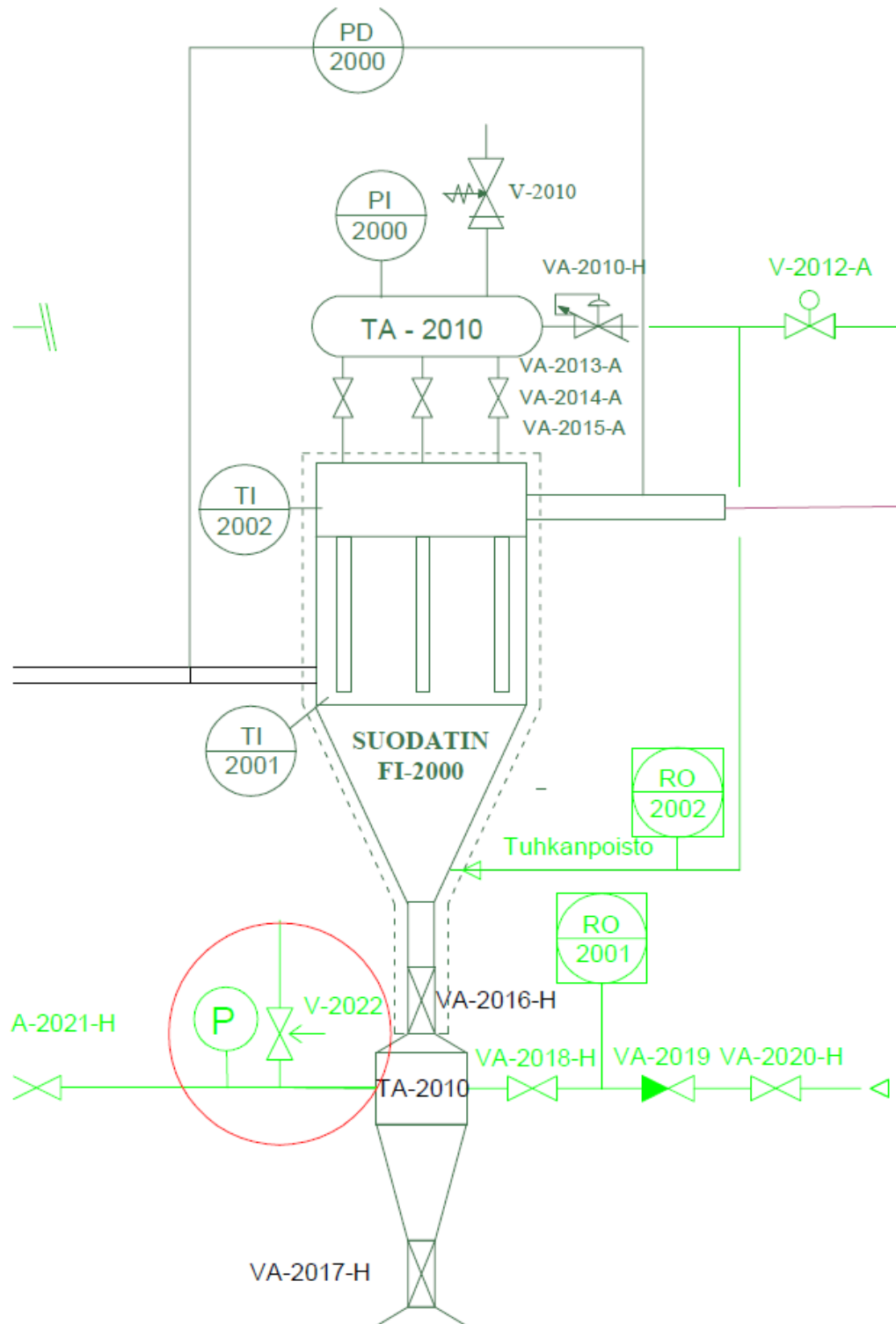
# Piirikaavio AK21, VA-2013-, VA-2014- ja VA-2015-A-magneettiventtiilien releohjausmuutos

Työ aikana magneettiventtiilien ohjauksen vaadittava muutostyön piirikaavio.



## Savukaasusuodattimen laitekuva

Savukaasusuodattimen laitekuva ohjaavista komponenteista.



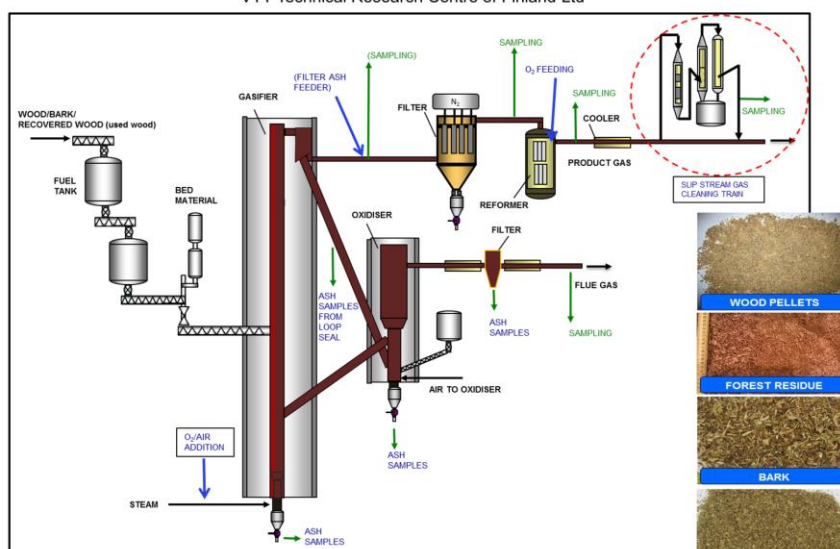
## Esite tutkimuspaineuunin toiminnasta

Tutkimuspaineuunin ja siihen liitettävien laitteiden prosessin kuvaus.



## DUAL FLUIDISED-BED GASIFICATION DFB-PILOT

VTT Technical Research Centre of Finland Ltd



- Feed rate 20 – 50 kg/h
- Operation pressure 1 bar
- Gasifier temperature 700 – 850 °C
- Gasification agents Steam; Steam + Air/O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>
- R&D topics Synthesis gas for BTL and chemicals
- DFB process CFB Gasifier (3-5 m/s)  
BFB Oxidizer (30-50 cm/s)  
Bed material recycling
- Gas cleaning Hot filtration  
Catalytic reforming  
Slip stream final gas cleaning
- Fuel gas operation Can be operated also as a  
single bed air or O<sub>2</sub>/steam-  
blown CFB gasifier  
(750 – 950 °C)
- Target size of industrial plants 50 – 200 MW feedstock input




<http://www.vtt.fi/sites/BTL2030>

### Contacts

Ilkka Hiltunen, Gasification Team Leader  
Tel. +358 400 226 730  
ilkka.hiltunen@vtt.fi

Esa Kurkela, Senior Principal Scientist  
Tel. +358 40 502 6231  
esa.kurkela@vtt.fi

**Themron lämmityskaapelin tiedot**



M.I.Q. Fabrication Sheet  
Themron Canada Inc.  
Calgary, Alberta

|                              |                     |
|------------------------------|---------------------|
| DATE:                        | 11/7/2016           |
| CUSTOMER:                    | Themron Europe B.V. |
| CUSTOMER PO:                 | 100066055           |
| MAINTAIN TEMPERATURE °C      | 5                   |
| MIN. AMBIENT TEMPERATURE °C  | -20                 |
| MARKING:                     | Non Hazardous       |
| SYSTEM VOLTAGE               | 48 VAC              |
| PIPE DIA. / MAT'L:           | 50 mm Carbon Steel  |
| INSULATION THICKNESS & TYPE: | 50 mm Mineral Wool  |
| OVERSIZED INSULATION:        | Yes                 |
| WEATHER BARRIER:             | Aluminum            |

USAGE MARKING:

|    |                            |
|----|----------------------------|
| G  | GENERAL USE                |
| WS | WET AND WEATHER RESISTANCE |

NOTES: M20 Bass Gland Connector with earth tab accessories  
Base on Stabilized Design - Design by Others

---

CATALOGUE REFERENCE NO: **B / MIQ-70E2H-1S / 8 m / 125 / 48 / 2.1 m / 12 / 6 / LW**

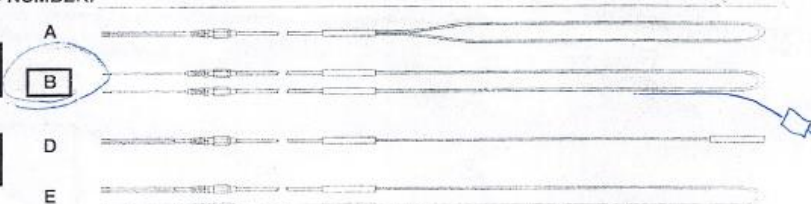
TAG NUMBER: \_\_\_\_\_

NON-HEATING LENGTH:

7 FT

HEATING LENGTH:

26.3 FT



---

FABRICATION SHOP:

|                                       |       |  |         |      |
|---------------------------------------|-------|--|---------|------|
| NOMINAL* RESISTANCE (OHMS/FT) @ 20°C: | 0.70  |  | WATTS/M | 14.2 |
| NOMINAL SET RESISTANCE @ 20°C:        | 18.37 |  | AMPS:   | 2.6  |
| MEASURED SET RESISTANCE (OHMS):       | 17.9  |  |         |      |

|                                    |         |      |               |      |               |    |     |
|------------------------------------|---------|------|---------------|------|---------------|----|-----|
| COIL NUMBER:                       | T44499A | CUT: | Nov. 14, 2016 | DATE | Nov. 14, 2016 | BY | Lam |
| FABRICATED:                        | ✓       |      | Nov. 16, 16   |      | Nov. 16, 16   |    | KT  |
| DIELECTRIC WITHSTAND (ONE MINUTE): | ✓       |      | Nov. 17, 16   |      | Nov. 17, 16   |    | KT  |
| INSULATION RESISTANCE:             | ✓       |      |               |      |               |    |     |

|                                  |                   |               |               |
|----------------------------------|-------------------|---------------|---------------|
| DESIGN /                         | CABLE REFERENCE / | LENGTH /      | WATTS /       |
| B /                              | MIQ-70E2H-1S      | 8.0 m         | 125           |
| VOLTS / C.L. LGTS / AWG / RATING |                   | AMPS          | USAGE MARKING |
| 48 / 2.1 m / 12 / 6 / LW         |                   | 2.6           | G-WS          |
| HAZ. LOC                         |                   | SERIAL NUMBER |               |
| Non Hazardous                    |                   | 0173K16       |               |
| TAG NUMBER                       |                   |               |               |
|                                  |                   |               |               |

CAUTION: THE SURFACE OF THE HEATING CABLE MAY ATTAIN A TEMPERATURE OF: 85 °C

|                   |                                 |
|-------------------|---------------------------------|
| Issued Date _____ | Checked <u>Manuel Fernandez</u> |
|                   | Date <u>7 Nov 16</u>            |

HEATER MAXIMUM SHEATH TEMPERATURE

MATCHES ISOMETRIC DRAWING TEMP.

NO TEMP. INDICATED ON DRAWING

NO ISOMETRIC DRAWING PROVIDED

MEKKAVS OK

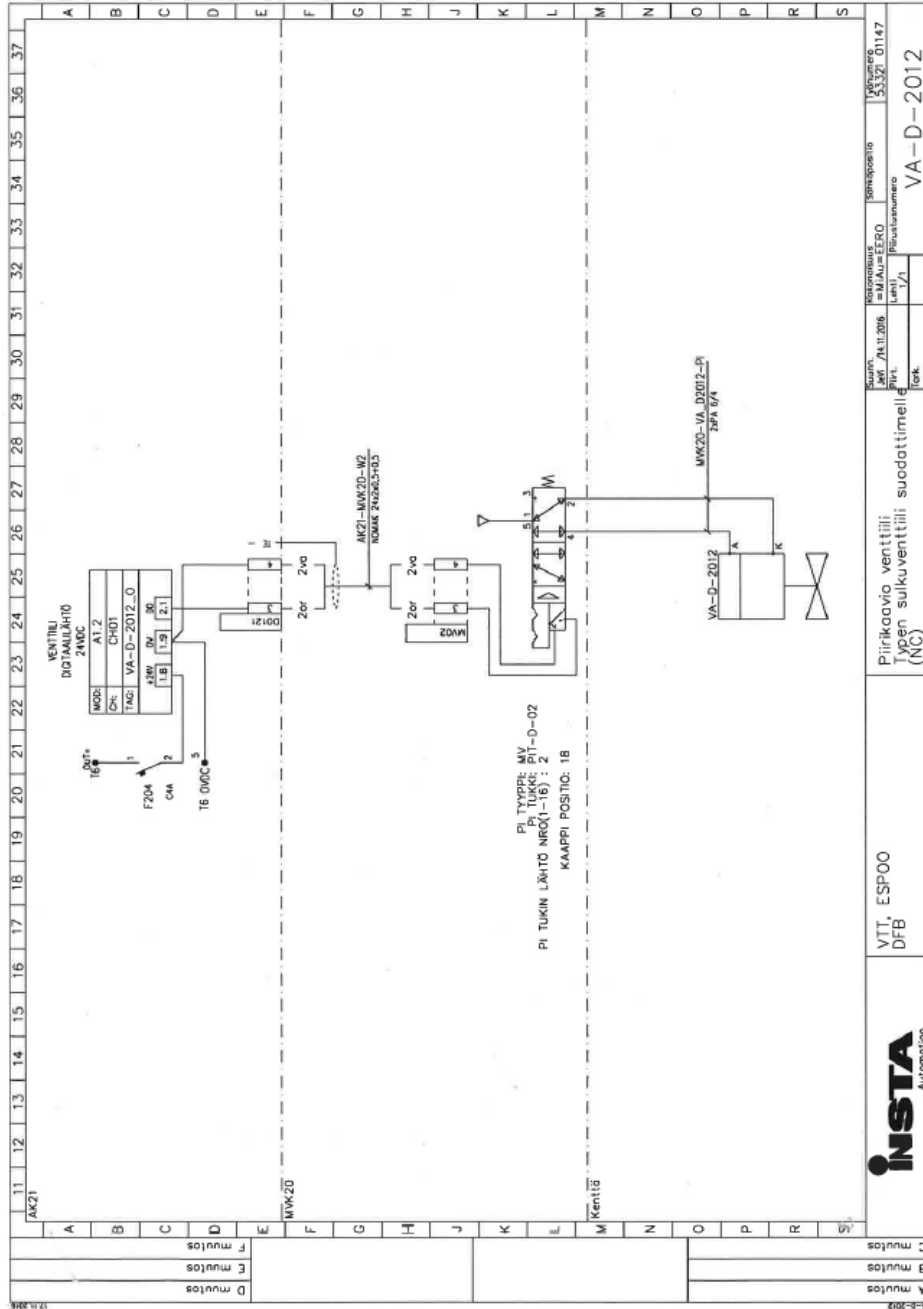
mfernandez

MIFABSHT-0814

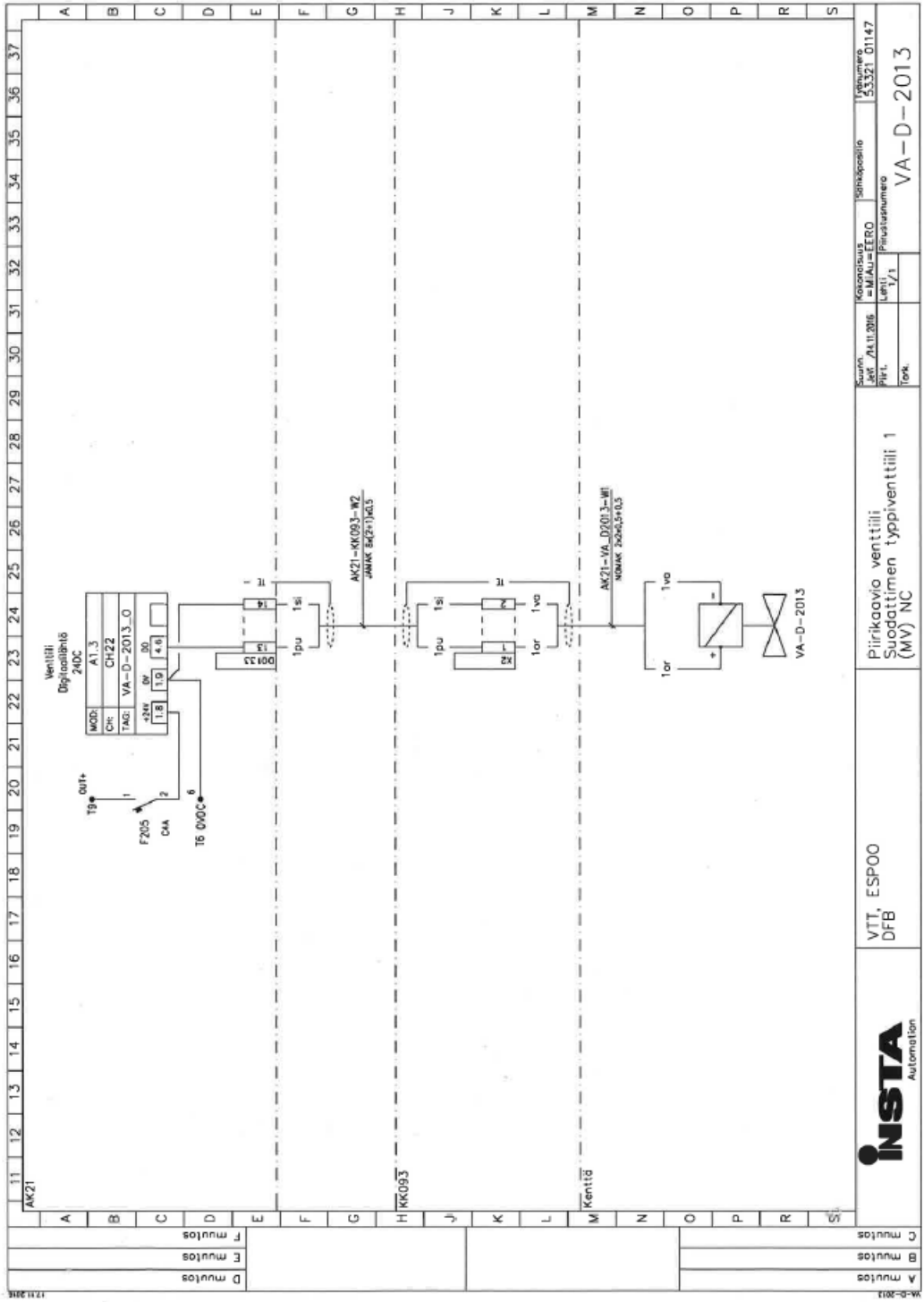
11/7/2016 9:35:00 AM

Themron lämmityskaapelin tekniset tiedot.

Savukaasusuodattimen ohjaavien komponenttien piirikaaviot



Savukaasusuodattimen ohjaavien komponenttien alkuperäiset piirikaaviot.



VTT, ESPOO  
DFB

Piirikaavio venttilin  
Suodatimen tyyppiventtili 1  
(MV) NC

|            |            |           |           |
|------------|------------|-----------|-----------|
| Proj. Nro  | Proj. Nro  | Proj. Nro | Proj. Nro |
| 11/11/2016 | M/Alu-EERO | 53321     | 01147     |
| 1/1        | 1/1        | 1/1       | 1/1       |
| 10%        |            |           |           |
| VA-D-2013  |            |           |           |

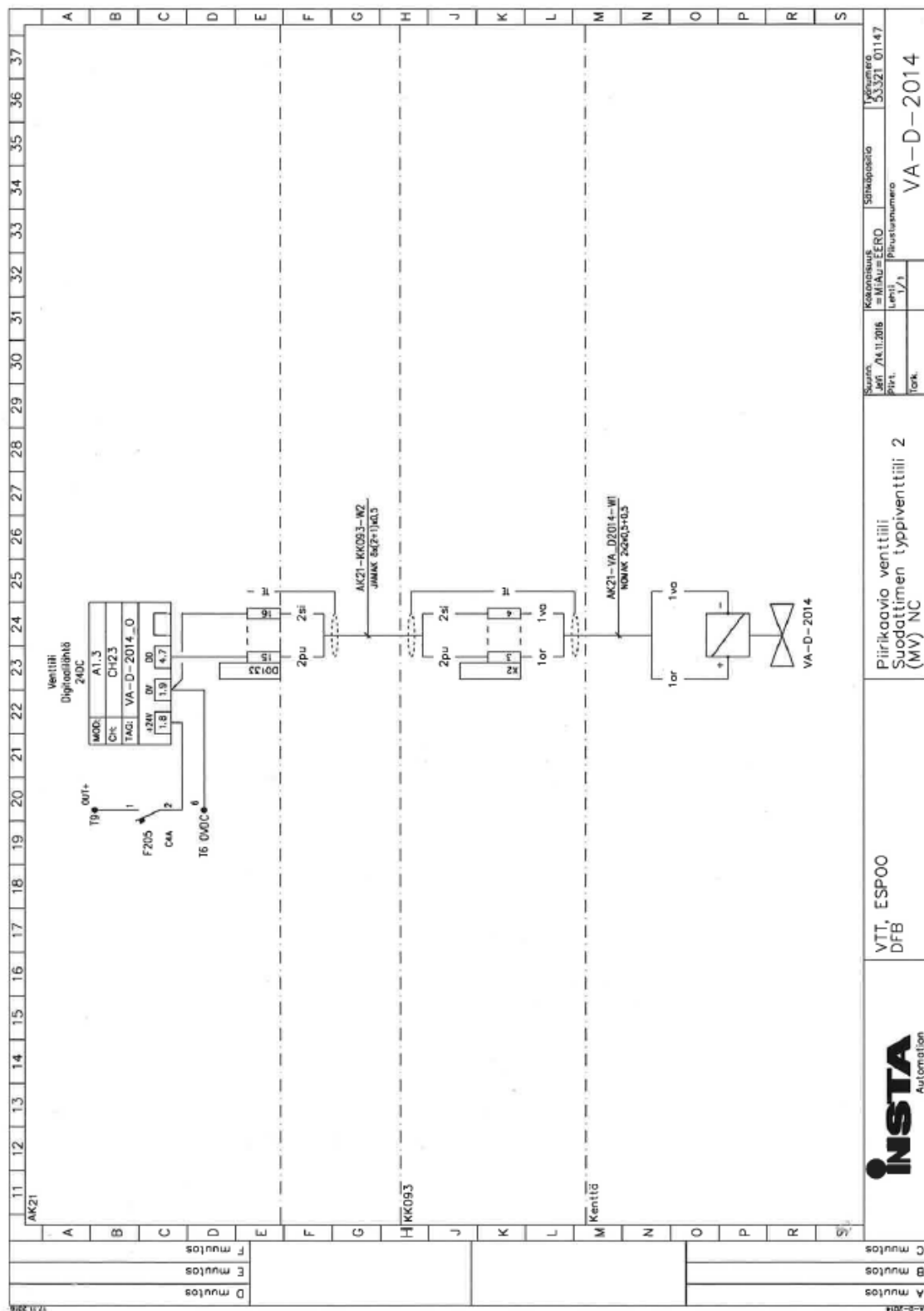
11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

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

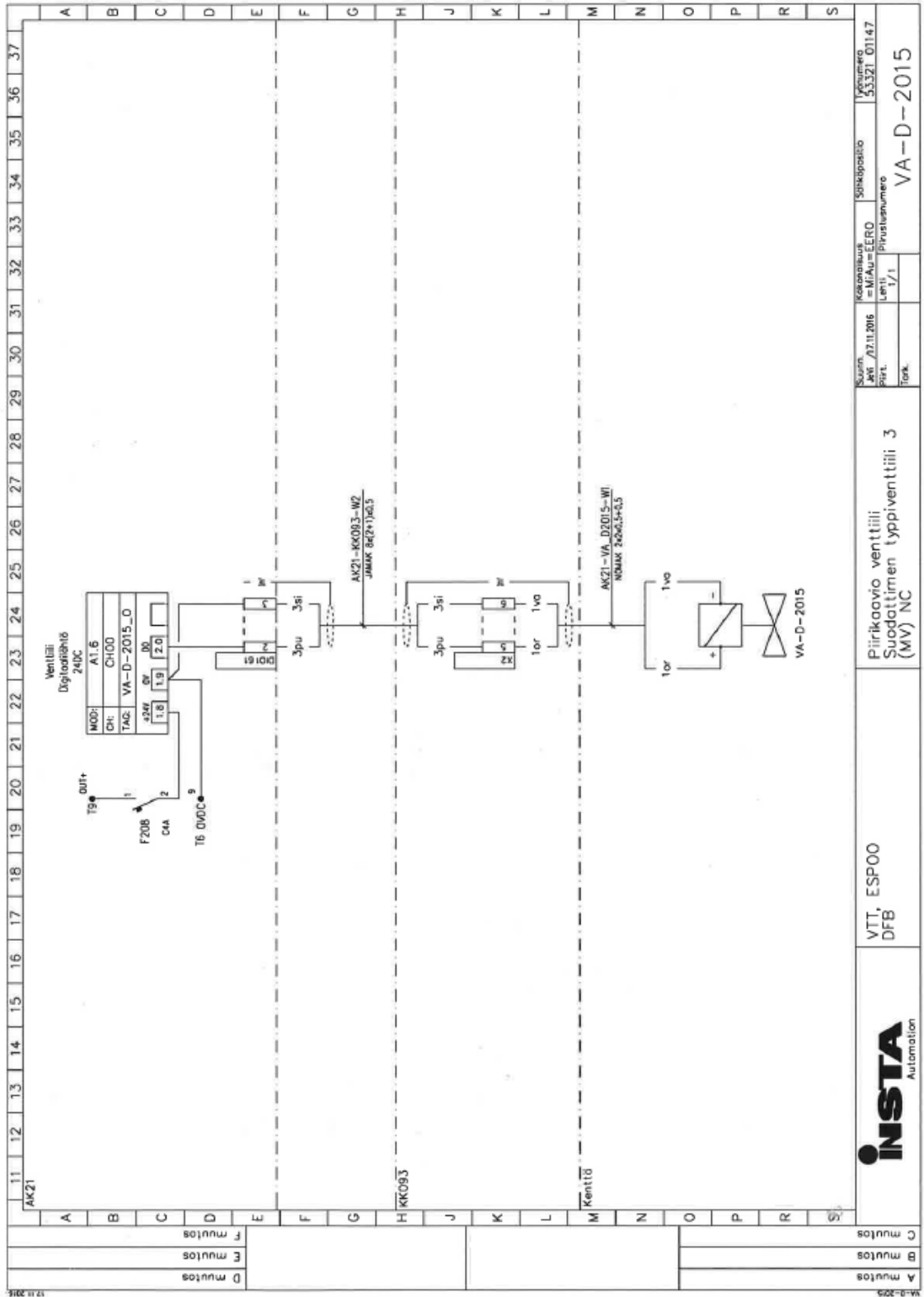
A murtos B murtos C murtos

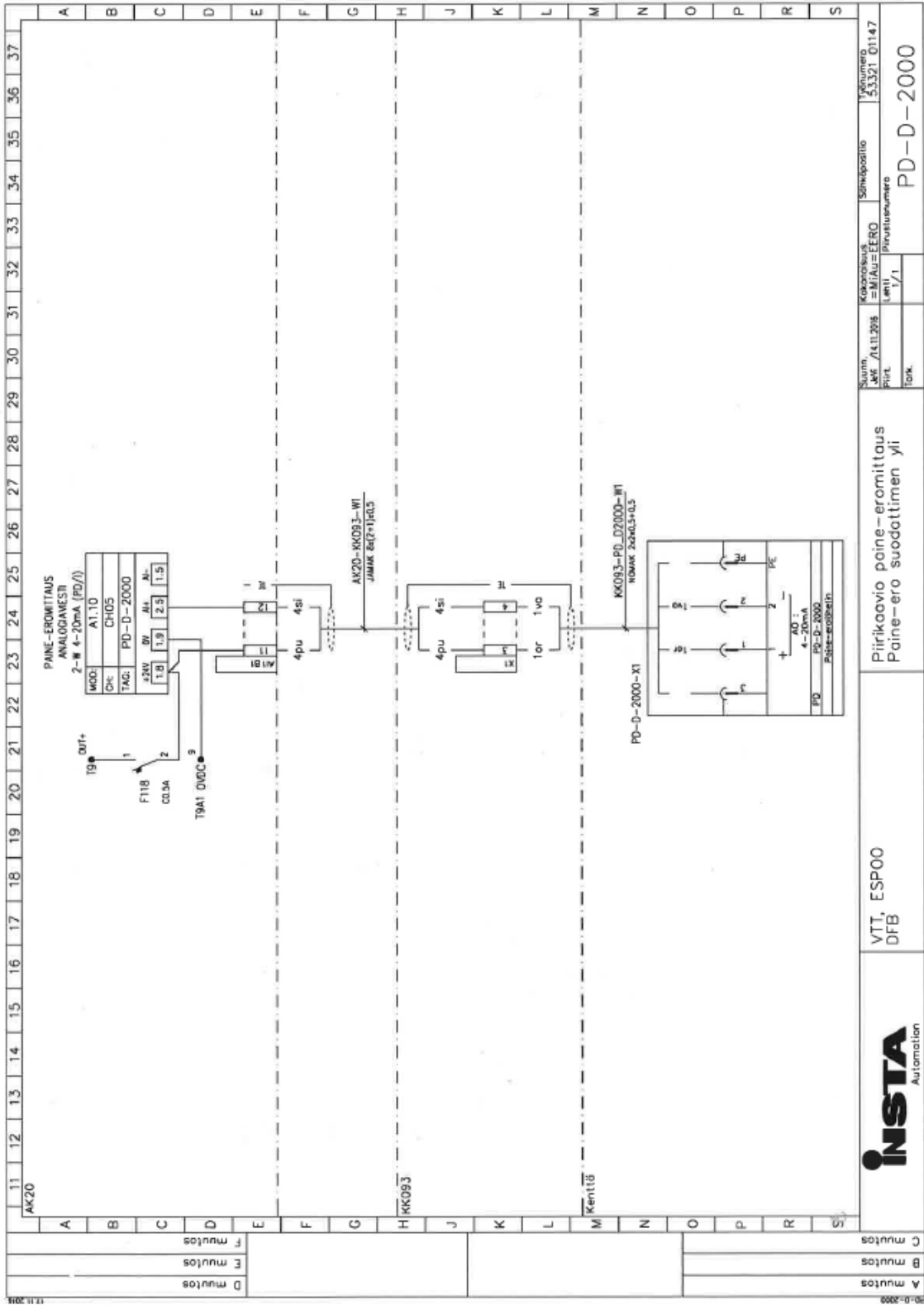
1711248

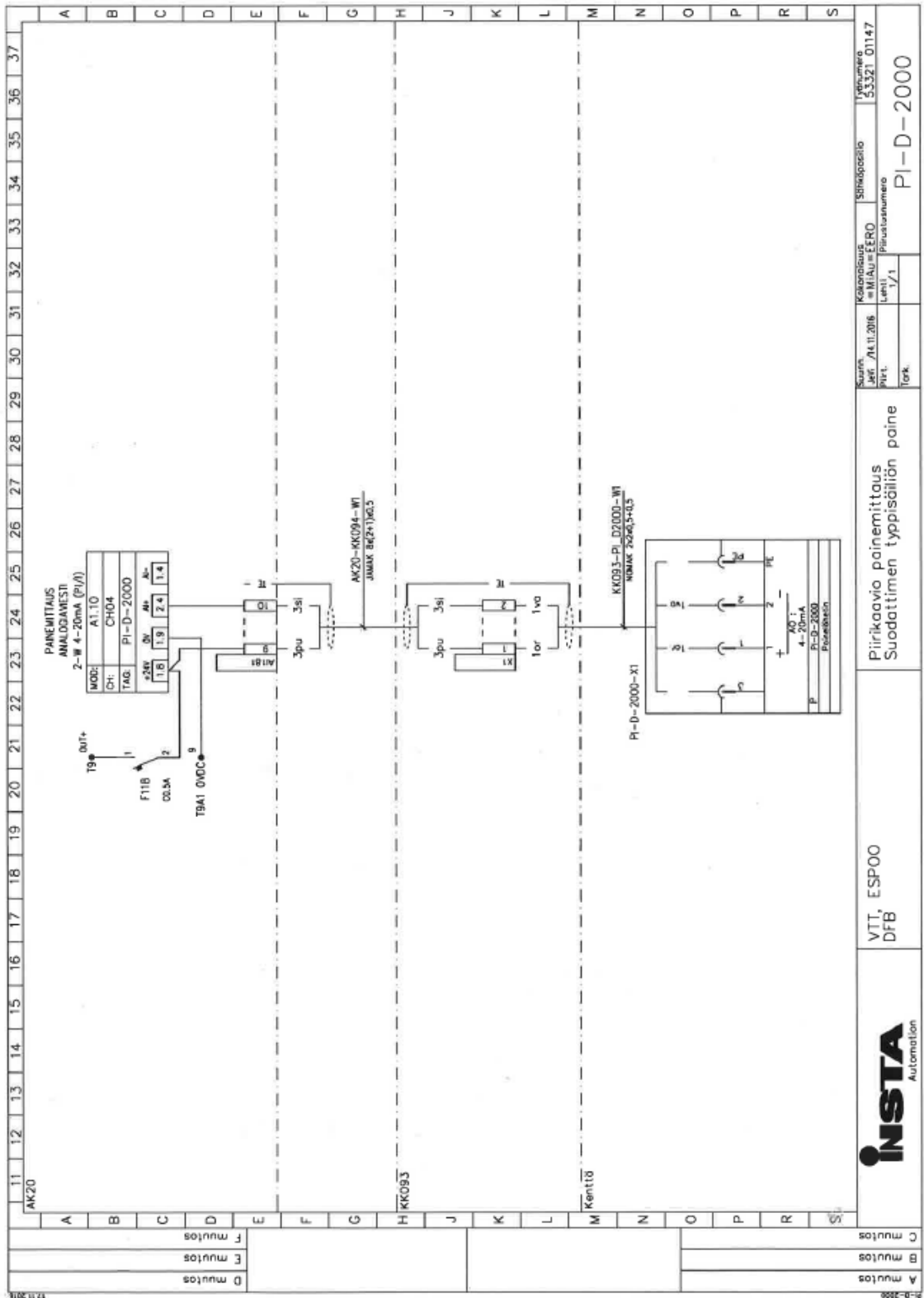




|          |                   |   |                              |   |                                     |
|----------|-------------------|---|------------------------------|---|-------------------------------------|
| A murtos | VTT, ESPOO<br>DFB | PIIRIKOIVIO VENTTIILI<br>SUODATTIMEN TYYPVENTTIILI 2<br>(MV) NC | Suojan<br>koodi<br>AK21.2016 | Käsitteily<br>koodi<br>AK21-VA-D2014-WI | Sähköpöytä<br>numero<br>53321_01147 |
| B murtos |                   |   | Pohj.<br>1/3                 | Pikustunnus<br>VA-D-2014                | Tark.                               |
| C murtos |                   |   |                              |   |                                     |





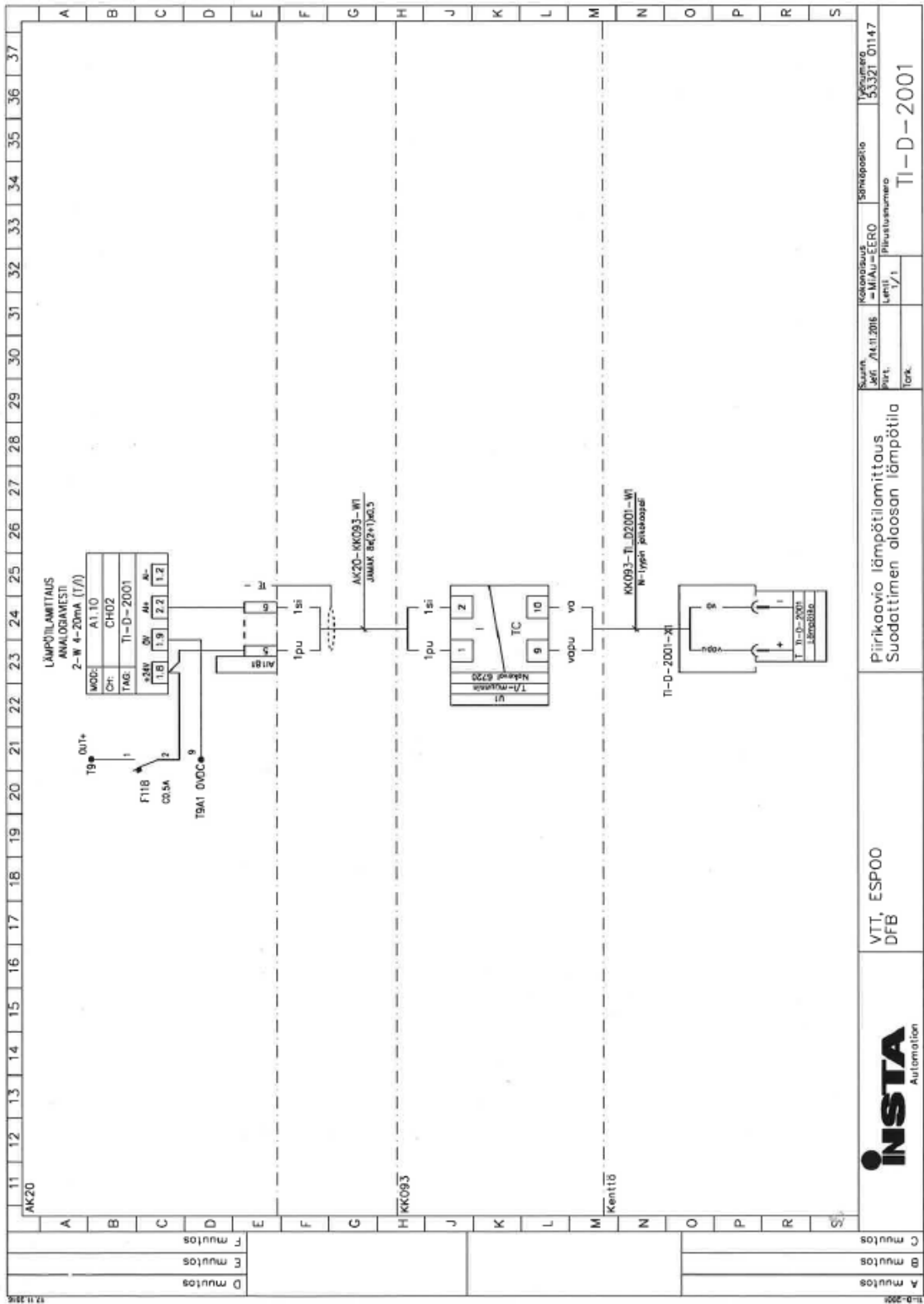


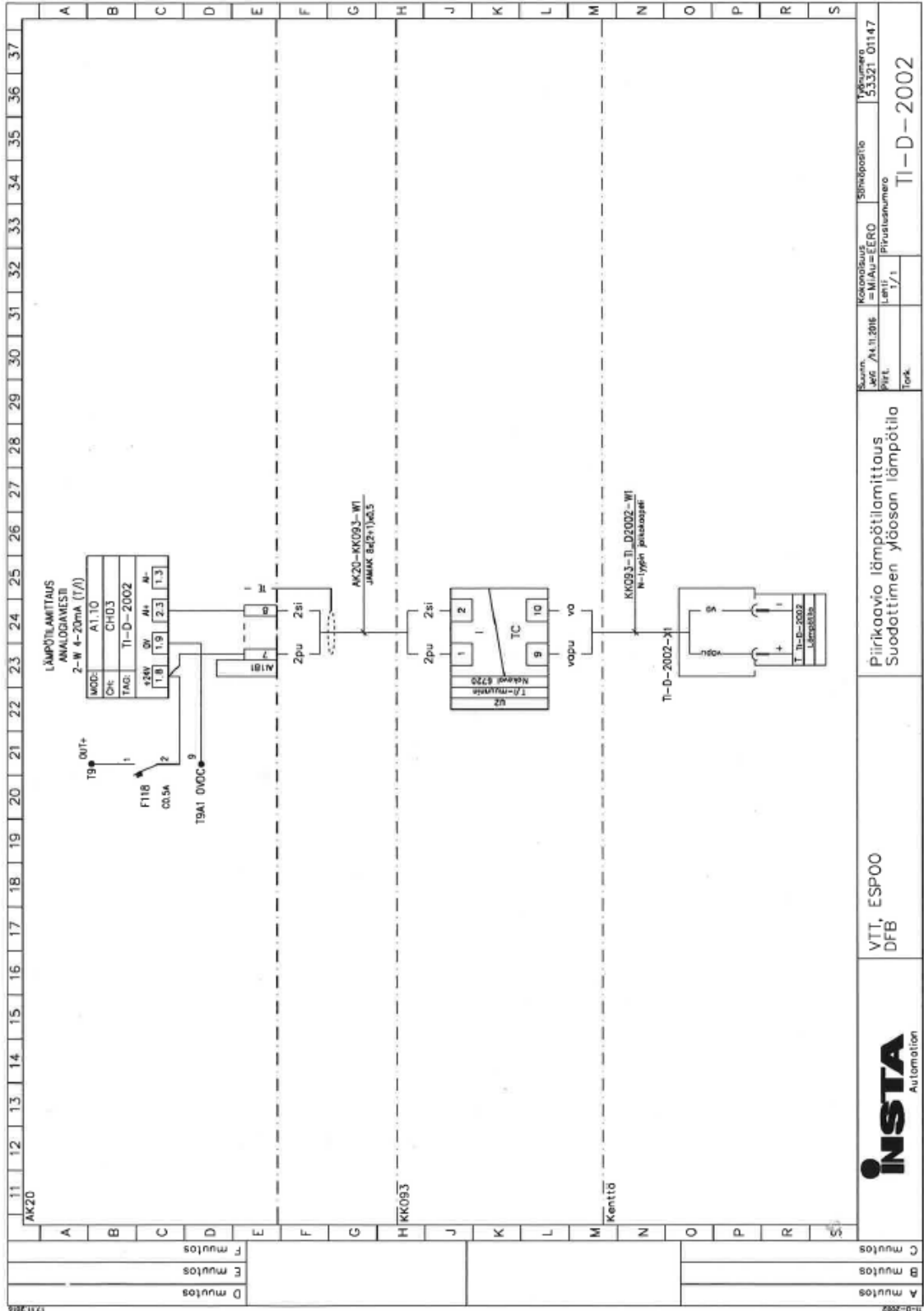
VTT, ESPOO  
DFB



Pirikoavo painemittaus  
Suodattimen tyypisällään paine

|        |            |                |               |
|--------|------------|----------------|---------------|
| Source | AK20       | Revision       | 5.3.321_01147 |
| Date   | 11.11.2016 | Author         | EERO          |
| Page   | 1/1        | Project number | PI-D-2000     |
| Task   |            |                |               |





|                        |           |                        |               |                        |                  |                        |            |                        |           |                        |              |
|------------------------|-----------|------------------------|---------------|------------------------|------------------|------------------------|------------|------------------------|-----------|------------------------|--------------|
| Käsitteet              | AK20      | Käsitteet              | AK20-KK093-WI | Käsitteet              | JAMAK 84(21)M2.5 | Käsitteet              | TK-Muunnin | Käsitteet              | Näkö 6720 | Käsitteet              | TI-D-2002-XI |
| Proj.                  | A/11.2016 | Proj.                  | A/11.2016     | Proj.                  | A/11.2016        | Proj.                  | A/11.2016  | Proj.                  | A/11.2016 | Proj.                  | A/11.2016    |
| Tark.                  |           | Tark.                  |               | Tark.                  |                  | Tark.                  |            | Tark.                  |           | Tark.                  |              |
| Laji                   |           | Laji                   |               | Laji                   |                  | Laji                   |            | Laji                   |           | Laji                   |              |
| Piirustuksen<br>numero |           | Piirustuksen<br>numero |               | Piirustuksen<br>numero |                  | Piirustuksen<br>numero |            | Piirustuksen<br>numero |           | Piirustuksen<br>numero |              |
| 53321                  | 01147     | 53321                  | 01147         | 53321                  | 01147            | 53321                  | 01147      | 53321                  | 01147     | 53321                  | 01147        |
| TI-D-2002              |           |                        |               |                        |                  |                        |            |                        |           |                        |              |