



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

KAASUANTUREIDEN KÄYTTÖÖNOTTO ENERGIATUTKI- MUSKESKUKSESSA

TEKIJÄ/T: Joonas Räihä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Joonas Räihä	
Työn nimi Kaasuantureiden käyttöönotto energiatutkimuskeskuksessa	
Päiväys 24.1.2017	Sivumäärä/Liitteet 33/4
Ohjaaja(t) Yliopettaja Harri Heikura, yliopettaja Markku Kosunen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Savonia-ammattikorkeakoulu. Työn tarkoituksena oli kaasuantureiden käyttöönotto. Työn tavoitteena oli ottaa käyttöön savukaasumittarit ja saada ne toimimaan Savonia-AMK:n Varkauden kampuksen energiatutkimuskeskuksessa.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin kolmea eri mittaria oheislaitteineen: Savukaasun pölypitoisuuksia mittaava hiukasmittaria ja kahta erilaista happimittaria.</p> <p>Työssä suunniteltiin tarvittavat asennukset ja kaapeloinnit, jotka myös toteutettiin. Asennusten valmistuttua testattiin anturien toimintaa automaatiojärjestelmässä.</p> <p>Laitteiden testaamiseksi suoritettiin kaksi kattilan koeajoa. Näillä koeajoilla varmistettiin, että anturien antamat mittatiedot olivat todenmukaisia.</p>	
Avainsanat	
Savukaasu, anturi, prosessi	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Joonas Räihä			
Title of Thesis Commissioning of Flue Gas Sensors			
Date	24.1.2017	Pages/Appendices	33/4
Supervisor(s) Principal lecturer Harri Heikura, Principal lecturer Markku Kosunen			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences			
<p>Abstract</p> <p>The commissioner of this thesis was Savonia University of Applied Sciences. The purpose of this study was the implementation of flue gas sensors. The goal of this thesis was to make the gas sensors fully operational and have them working as planned in the boiler processes of Savonia's Energy Research Center.</p> <p>There were three different measuring systems involved in this thesis including their additional equipment: a particle sensor that measures dust concentration in flue gas and two different oxygen sensors.</p> <p>All required installations and cabling were planned and later carried out during this thesis. After the installations were completed a series of tests was implemented to test the equipment.</p> <p>Finally, two boiler test runs were carried out to verify that the sensors are working as planned are giving proper readings to the process automation.</p>			
Keywords			
Flue gas, sensor, process			

SISÄLTÖ

1	LYHENTEET JA TERMIT.....	6
2	JOHDANTO	7
2.1	Tausta.....	7
2.2	Tavoitteet.....	7
2.3	Rajaukset	7
3	ENERGIATUTKIMUSKESKUS	8
3.1	Leijupetikattila	8
3.2	Jätelämpökattila.....	9
4	TEORIAA	10
4.1	Anturi.....	10
4.2	Lähetin.....	10
4.3	Automaatio.....	10
4.4	Happimittaus	11
4.5	Hiukkasmittaus	12
5	LAITTEISTO.....	13
5.1	SICK FW102 -hiukkasmittari	13
5.1.1	Käyttöönoton ohjeet ja vaatimukset	14
5.2	J. Dittrich Electronic MF420-O -happimittari	15
5.2.1	Käyttöönoton ohjeet ja vaatimukset	15
5.3	ABB Endura AZ25-happimittari.....	16
5.3.1	Käyttöönoton ohjeet ja vaatimukset	16
6	KÄYTTÖÖNOTON TEHTÄVÄT KAASUANTUREIHIN LIITTYEN	17
6.1	Dokumentointi	17
6.1.1	Piirikaaviot.....	17
6.1.2	3D-mallinnukset	17
6.2	Antureiden asennukset.....	18
6.2.1	SICK FW102 -hiukkasmittari.....	18
6.2.2	J. Dittrich Electronic MF420-O-happimittari	20
6.2.3	ABB Endura AZ25 -happimittari	20
6.3	Oheislaitteiden asennukset	21
6.3.1	SICK FW102 -hiukkasmittarin oheislaitteiden asennus	21

6.3.2	ABB Endura AZ25-happimittarin oheislaitteiden asennus.....	22
6.4	Kaapeloinnit ja kytkennät	22
7	KAASUMITTAUKSEN ONNISTUMINEN KÄYTTÖÖNOTOSSA.....	24
7.1	Säädöt / parametrisointi	24
7.1.1	SICK FW102 -hiukkasmittari.....	24
7.2	Testaukset / mittaukset.....	25
7.2.1	Ariterm arinakattilan testiajo I 11.10.2016	25
7.2.2	Ariterm arinakattilan testiajo II 14.12.2016.....	26
8	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET	29
	LIITE 1: PIIRIKAAVIO HIUKKASMITTAUKSELLE SICK FW102	30
	LIITE 2: PIIRIKAAVIO HAPPIMITTAUKSELLE ABB AZ25 ENDURA.....	31
	LIITE 3: PIIRIKAAVIO HAPPIMITTAUKSELLE J. DITTRICH ELECTRONIC MF420-O	32
	LIITE 4: PIIRROS SOVITEKAPPALEESTA ABB AZ25 ENDURA -HAPPIANTURILLE	33

1 LYHENTEET JA TERMIT

Tähän osioon on listattu raportista löytyvää termistöä ja lyhenteitä selityksineen.

Savukaasu	Palamistapahtumassa vapautuvaa kaasua.
Opasiteetti	Läpinäkyvyys. Opasiteetillä tarkoitetaan valon läpäisevyyttä kappaleessa.
Ohjelmoitava logiikka	PLC tai Programmable Logic Control on automaatioprosessien ohjauksessa käytettävä pieni tietokone.
Partikkeli	Hiukkanen.
Zirkonia	Zirkoniumdioksidi. Tulenkestävä materiaali, jota käytetään useissa korkean lämpötilan sovelluksissa.
Laser	Optinen valon vahvistin, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.
Turbulenssi	Turbulenttinen virtaus. Laminaarinen, eli suora, virtaus muuttuu turbulenttiseksi kun kaasun tai nesteen liike muuttuu epämääräiseksi haluttuun virtaussuuntaan.
Piirikaavio	KytKentäkaavio. Laitteiden kytKentää havainnollistava piirustus.
VDC	Voltti tasavirtaa
VAC	Voltti vaihtovirtaa

2 JOHDANTO

2.1 Tausta

Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden kampuksen yhteyteen valmistuvan energiatutkimuskeskuksen leijupeti- sekä jätelämpökattilaan kuuluu paljon anturitoimintaa ja savukaasun mittaukset ovat yksiä tärkeimmistä mittausalueista prosessien toiminnan kannalta.

2.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on saada savukaasumittarit toimimaan luotettavasti Savonia-ammattikorkeakoulun energiatutkimuskeskuksen kattiloiden automaatiojärjestelmän osana ja tuottaa tarvittava oheisaineisto, kuten piirustukset.

2.3 Rajaukset

Tässä opinnäytetyössä keskitytään savukaasumittareiden käyttöönoton tehtäviin, kuten antureiden ja niiden oheislaitteiden asennuksiin ja kytkentöihin, tarvittavan dokumentoinnin laatimiseen, sekä laitteiden toiminnan testaamiseen.

3 ENERGIATUTKIMUSKESKUS

Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden kampuksen alueella sijaitseva energiatutkimuskeskus toimii sekä oppimisympäristönä Savonia-AMK:n opiskelijoille, että tutkimusympäristönä lähialueiden energia-alan yrityksille.



Kuva 1. Savonia-ammattikorkeakoulun energiatutkimuskeskus.

Tutkimuskeskuksessa voidaan tutkia ja testata esimerkiksi erilaisten biopolttoaineiden, kuten pyrolyysiöljyn palamista sekä niiden aiheuttamaa korroosiota ja päästöjä. Polttoaineita voidaan testata niin arina- kuin leijupetikattilaympäristössäänkin. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2014.)

3.1 Leijupetikattila

Suurimman osan energiatutkimuskeskuksen tilasta vie yli 8 metriä korkea leijupetikattila, jonka maksimiteho on n. 300 kW ja savukaasumäärä 600 Nm³/h. Halkaisijaltaan kattilan tulipesä on 494 mm ja hiekkapatjan korkeus on noin 500 mm. Hiekan läpi puhalletaan ilmaa ja näin se saadaan kuplimaan. Kattila esilämmitetään teollisuuskuumailmapuhaltimilla. Kattilalla pystytään esimerkiksi testaamaan eri polttoaineita ja niiden sekoitusuhteiden vaikutusta savukaasuihin, palamisilman määrän vaikutusta palamisprosessiin sekä kiertokaasun syötön vaikutusta kattilaan. Kattilassa on myös n. 30 kpl mitausyhteitä joiden avulla pystytään tutkimaan lämpötilakäyttäytymistä kattilan eri vyöhykkeissä. Kattilasta poistuva savukaasu voidaan suodattimien kautta ohjata savupiipun lisäksi myös korroosio- testauskammioon, jossa voidaan testata savukaasun korroosio-ominaisuuksia ja polttoaineista johtu-

via eroja savukaasun aiheuttamaan korroosioon. Savukaasu voidaan tämän lisäksi ohjata myös jäte-
lämpökattilan läpi. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2014.)

3.2 Jätelämpökattila

Aritermin arinakattila soveltuu sekä kiinteille, että nestemäisille polttoaineille ja sen maksimiteho on n. 500 kW. Kattilalla pystytään ottamaan talteen leijupediltä tulevien savukaasujen energia. Tu-
lipesän halkaisija on 1200 mm x 1000 mm ja se on 2300 mm syvä. Kattilalla on oma pellettiä, haket-
ta ja turvetta polttava biopoltin. (Savonia-ammattikorkeakoulu 2014.)

4 TEORIAA

Tässä opinnäytetyössä sivutaan useita eri ilmiöitä ja asioita, mutta seuraavassa esitellään työn kannalta tärkeimpien käsitteiden teoriaa.

4.1 Anturi

Anturiksi tai aistimeksi kutsutaan "laitetta, joka muuntaa mitattavan prosessisuureen arvon siihen verrannolliseksi viestiksi". (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 187.)



Kuva 2. Teollisuudessa käytettävä lämpötila-anturi [ABB]

Prosessissa mitattavia suureita ovat esimerkiksi lämpötila, paine, paikka, virtaus, voima, pituus, nestepinnan korkeus ja nopeus. Prosessiteollisuudessa yleisesti käytetty anturityyppi on mittaava analogia-anturi. Erilaisten anturien keräämä tieto on elintärkeää monien järjestelmien toiminnalle, etenkin, jos näihin järjestelmiin sisältyy paljon automaatiota. Myös mekaanista viestiä lähettäviä mittalaitteita voidaan kutsua antureiksi, mutta normaalisti automaation yhteydessä anturilla tarkoitetaan sähköisiä instrumenttejä. Anturi ja lähetin ovat usein rakennettu yhteen. (Keinänen et al. 2007, 187.)

4.2 Lähetin

Lähetin on laite, joka muuntaa anturin mittaaman suureen standardiviestiksi (Keinänen et al. 2007, 187). Useat lähettimet näyttävät myös eri mittausarvoja ja informaatiota anturin toiminnasta paikallisesti omalla näytöllään.

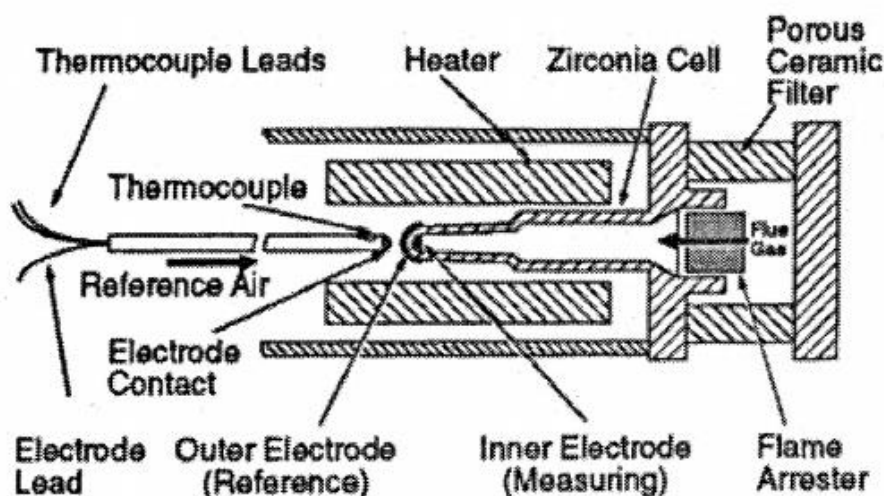
4.3 Automaatio

Automaatio käsitteenä tarkoittaa itsestään toimivaa. Tekniikan yhteydessä automaatiolla tarkoitetaan instrumenttitekniikkaa, mittaus- ja säätötekniikkaa, servotekniikkaa sekä logiikkaohjausta. Tyy-

pillisessä automaatiojärjestelmässä tietokoneet ja ohjelmoitavat logiikat ohjaavat toimilaitteita antureiden lähettämän mittaustiedon perusteella. (Keinänen et al. 2007, 7.)

4.4 Happimittaus

Savukaasun happipitoisuus on prosessin laskennassa tarvittava suure. Zirkoniumoksidikennoon (ZrO_2) perustuvat happianalysaattorit ovat voimalaitoksissa yleisimpiä polttoprosessin säätöön käytettäviä antureita. Tämän tyyppin happianalysaattorit soveltuvat hyvin useimpiin prosesseihin nopean vasteajan ja luotettavan toimintaperiaatteen ansiosta. (Joronen, Kovács & Majanne 2007, 110.)



Kuva 3. ZrO_2 -anturin rakenne [ABB Kent-Taylor]

Happipitoisuus saadaan laskettua Nernstin kaavalla

$$E = \frac{RT}{4F} \ln \left(\frac{O_{2a}}{O_{2b}} \right), \quad (1)$$

jossa R on yleinen kaasuvakio, F on Faradayn vakio, T on absoluuttinen lämpötila (K), O_{2a} ja O_{2b} ovat hapen osapaineet (Pa) molemmilla puolilla kennoa. Kun lämpötilaa pidetään $695\text{ }^\circ\text{C}$:n vakio­lämpötilassa ja vertailukaasuna käytetään ilmaa, on kaava:

$$E = 0,048 \cdot \log \left(\frac{0,209}{O_2} \right) \quad (2)$$

(Joronen et al. 2007, 110.)

4.5 Hiukkasmittaus

Kaikissa suurissa voimalaitoksissa savukaasun hiukkasmittausta suoritetaan jatkuvatoimisesti (Joronen et al. 2007, 106.)

Valtaosa hiukkasmittareista toimii optisella mittausperiaatteella. Savukanavassa kulkevien hiukkasten absorptio ja sironnan vaikutuksesta mittalaitteen valolähteen lähettämä valo vaimenee. Lähetetyn ja vastaanotetun valon intensiteettien suhdetta kutsutaan transmissioksi. Lambert-Beerin lain avulla voidaan johtaa kaava optisen tiheyden, eli ekstinktion laskentaan. Käyttämällä Lambert-Beerin lakia voidaan johtaa kaava ekstinktion (optisen tiheyden) laskentaan. Hiukkaspitoisuuden ja ekstinktion välille saadaan yhtälö

$$c = 2,3 * \frac{E}{l * k}, \quad (3)$$

jossa c on hiukkaspitoisuus, E on ekstinktio, l on mittausväli ja k on ekstinktiokerroin.

Uusimmissa hiukkasmittareissa savukanavaan on asennettu sondi, jossa mittaus perustuu laser-valon sirontaan sondissa olevan pienen viisteen matkalla. Tämän menetelmän ansiosta laitteen asentaminen on helppoa, eikä se ole altis suuntauksen muuttumiselle. (Joronen et al. 2007, 114.)

5 LAITTEISTO

Tässä opinnäytetyössä keskitytään kolmeen eri savukaasumittariin oheislaitteineen. Käsitellyt laitteet ovat SICK FW102 -hiukkasmittari, sekä J. Dittrich Electronic MF420-O ja ABB AZ25 Endura - happimittarit.

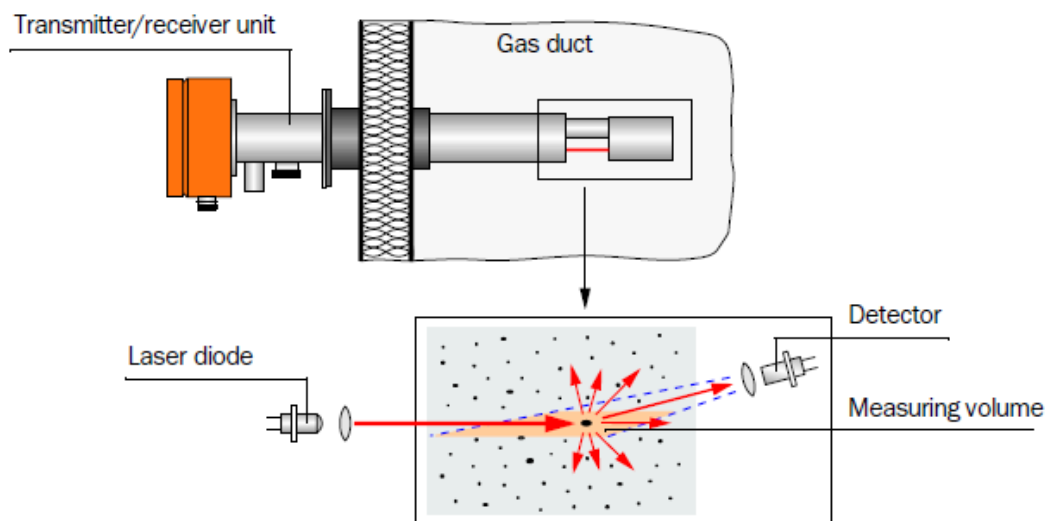
5.1 SICK FW102 -hiukkasmittari

SICK Engineering GmbH:n, eli lyhyesti SICK:n FW102 -hiukkaspitoisuusanturi on mittalaite, jonka toiminta perustuu valon sirontaan.



Kuva 4. SICK FW102 -hiukkasmittari

Valon lähteenä toimii laserdiodi, jonka säteilyn suuntaa anturin ohi kulkevat pölypartikkelit muuttavat. Sironnutta valoa havaitsee erittäin herkkä ilmaisim, joka on sijoitettu n. 15 asteen kulmaan lasersäteiden akseliin nähden. Ilmaisimen vastaanottamaa signaalia vahvistetaan elektronisesti, jonka jälkeen se päättyy laitteen sisäisen mikroprosessorin tulkittavaksi. Tämän perusteella anturi osaa määrittää ohi virtaavan kaasun pölypitoisuuden. SICK FW102 -sarjan anturit voivat mitata pölypitoisuutta välillä 0.1 - 200 mg/m³ savukaasusta, jonka lämpötila on yli kastepisteen. (SICK 2012.)



Kuva 5. SICK FW100 -sarjan hiukasmittareiden toimintaperiaate (SICK AG)

5.1.1 Käyttöönoton ohjeet ja vaatimukset

FW102-anturi asennetaan puristimen avulla savukaasuputkeen hitsattavaan laippaan. Tämän pika-kiinnityksen avulla mahdollistetaan nopea sekä helppo huolto ja myös mittauskohteen vaihtaminen helpottuu. Anturi tarvitsee myös paineilmaa puhdistuskäyttöön. (SICK 2012.)

FW102:n kytkentälaatikon sijainnille on oleellista, että se asennetaan horisontaalisesti ja vertikaalisesti mahdollisimman keskelle keskusta. Tällä sijoittelulla mahdollistetaan anturin mittauskohteen vaihtaminen tarvittaessa ilman, että kytkentälaatikon sijaintia tarvitsee muuttaa.

FW102:n tarkoituksenmukainen toiminta edellyttää sitä, että putken rauhoitusväli on noin 3 kertaa putken halkaisijan verran. Rauhoitusväli tarkoittaa sitä, että määrätyllä matkalla putkessa ei ole mutkia tai yhteitä, jotka voisivat aiheuttaa turbulenssia kaasun virtauksessa. Koska putken halkaisija on 200 mm, tulee rauhoitusvälin olla kummallakin puolella anturia noin 600 mm. Anturi täytyy myös asentaa noin 1°:n kulmaan, jotta mahdollinen kondensaatiovesi pääsee valumaan anturiyhteestä pois. (SICK 2012.)

5.2 J. Dittrich Electronic MF420-O -happimittari

Savonia AMK:n energiatutkimuskeskuksen kattiloita varten on tilattu kaksi kappaletta J. Dittrich Electronicin (nykyisin LogiDataTech) MF420-O -happiantureita.



Kuva 6. J. Dittrich Electronic MF420-O -happimittari (LogiDataTech)

MF420-O mittaa maksimissaan 450 °C lämpöisen savukaasun happipitoisuutta välillä 0,1 - 25 %. Mittausprosessi perustuu kahden zirkoniumdioksidilevyn, jotka muodostavat ilmatiiviin kammion, välisiin dynaamisiin reaktioihin. Happimittariin ei kuulu erillistä lähetinlaitetta vaan sekä anturi, että lähetin sijaitsevat yhdessä laitteessa. Mittatiedon laite lähettää automaatiolle analogisilla 4..20 mA ja 0-10 V viesteillä sekä digitaalisesti. (J. Dittrich Electronic 2011.)

MF420-O -mittaripakettiin kuuluu myös ML 60 -virtalähde joka muuttaa 230 VAC jännitteen anturille sopivaksi 24 VDC jännitteeksi.

5.2.1 Käyttöönoton ohjeet ja vaatimukset

MF420-O -happimittari on asennettava paikkaan, jossa ympäröivän ilman lämpötila on minimissään -10 °C ja maksimissaan 50 °C. Mittari on suojattu IP54 -standardin mukaisesti pölyltä ja roiskeilta. Laite ei tarvitse referenssikaasua kalibrointia varten ja siinä on lämmitystoiminto, joka lämmittää anturipään 200 °C:n lämpötilaan. Tämän ominaisuuden ansiosta se kykenee antamaan tarkkaa mittatietoa jo viileässäkin kanavassa. MF420-O -happimittari on asiakkaalle saapuessaan valmiiksi kalibroitu, joten erillisiä parametrintoimenpiteitä ei ole tarvetta suorittaa itse laitteelle. (J. Dittrich Electronic 2011.)

5.3 ABB Endura AZ25-happimittari

ABB:n AZ25-happimittarilla mitataan hapen kertymää korkeiden lämpötilojen ympäristössä. Mittari-pakettiin kuuluu AZ25-anturi ja -lähetin, sekä pumppu referenssi-ilmalle.



Kuva 7. ABB AZ25 Endura -happimittari (ABB)

AZ25-anturin sisusta koostuu zirkoniumoksidikennosta ja termoelementtikokoonpanosta. Zirkoniumoksidikennon mittaa hapen osapainetta ja termoelementti mittaa samalla kennon lämpötilaa, jolloin anturi kykenee tekemään automaattisen lämpötilakompensaation kennon antamille arvoille. Zirkoniumoksidikennon antama viesti käsitellään lähettimessä. Lähetin näyttää happi- eli O₂-lukeman omalla näytöllään ja lähettää saman tiedon 4-20 mA viestinä automaatiojärjestelmälle. Anturi kykenee mittaamaan happipitoisuudet välillä 0-25 %. AZ25 -happimittari-pakettiin kuuluu myös referenssi-ilmapumppu, joka syöttää anturille vertailuilmaa. (ABB, Data Sheet AZ25-EN Rev. A 2014. ABB, Operating Instructions AZ25P-EN Rev. A 2014.)

5.3.1 Käyttöönnoton ohjeet ja vaatimukset

Asennusohjeissa mainitaan, että vaakatasoon asennettuna anturin pitää olla vähintään 10° kulmassa, niin että mahdollinen kosteus pääsee valumaan anturista pois. Anturin pään ja savukaasukanaavan sisäseinän välinen etäisyys pitää olla vähintään 150 mm. Yhteen, jota pitkin anturi liittyy savukaasukanaavaan, on oltava sisähalkaisijaltaan minimissään 42 mm.

Anturin toiminnalle suotuisa ilman lämpötila-alue on -20 °C / 100 °C. Lähetin puolestaan toimii lämpötilavälillä -20 °C / 55 °C ja siinä on IP66-tason kosteus ja pölysuojaus. Referenssi-ilmapumpulle asetetut lämpötilarajat ovat -20 °C / 55 °C. Lähetintä ja ilmopumppua on suojattava suoralta auringonvalolta (ABB 2012). Koska kaikki laitteet asennetaan sisätiloihin, on oletettavaa, että niille asetettuja raja-arvoja ei normaalitilanteessa saavuteta.

6 KÄYTTÖÖNOTON TEHTÄVÄT KAASUANTUREIHIN LIITTYEN

Savukaasumittareiden käyttöönottoehtäviin lukeutui tarvittavien dokumentaatioiden, kuten piirikaavioiden, tekeminen, sekä asennustyöt, kaapeloinnit ja kytkennät.

6.1 Dokumentointi

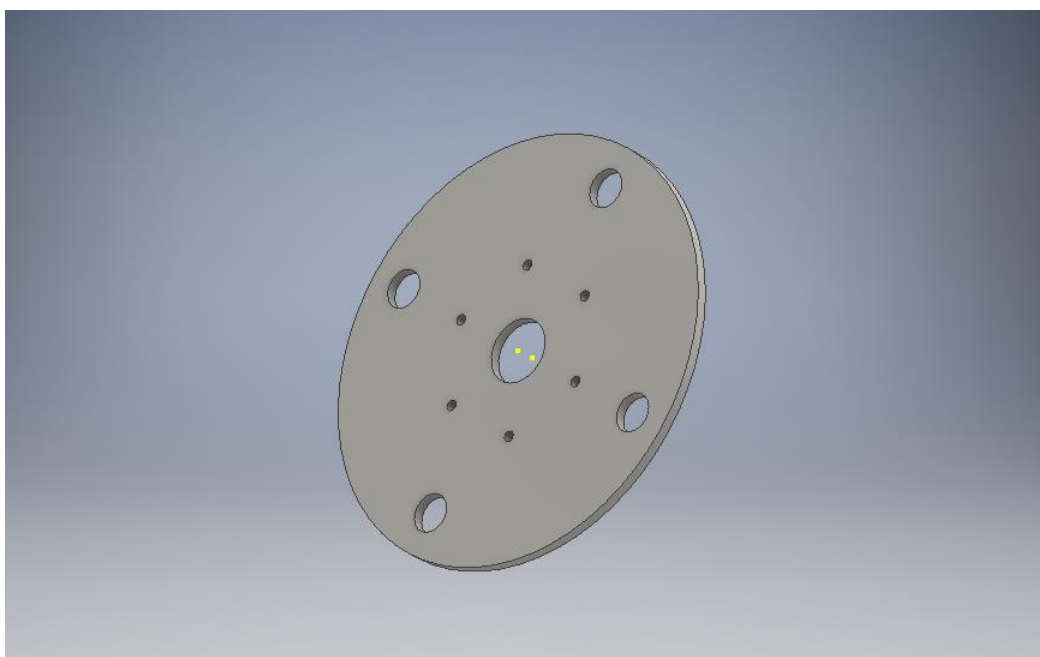
Laitteiden asennusten vaatimia dokumentointitöitä olivat piirikaaviot ja ABB:n happimittaria varten tehty 3D-mallinnus.

6.1.1 Piirikaaviot

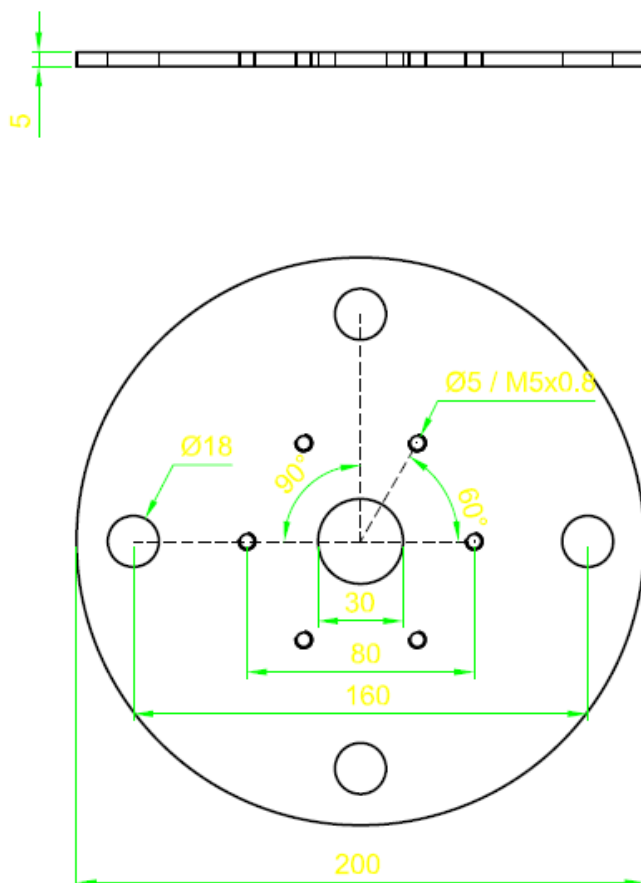
Jokaiselle anturille ja niiden oheislaitteille oli laadittava piirikaavio ennen asennusta ja varsinkin ennen kytkentöjen suorittamista. Näistä kaavioista ilmenee laitteen virtakytkennät sulakepaikkoineen, sekä signaalikaapelien kytkennät kenttäkoteloihin sekä ohjelmoitavaan logiikkaan. Mittareita varten laadittuja piirikaavioita käsitellään tämän opinnäytetyön osiossa 6.4. Kaikki laaditut piirikaaviot ovat tämän opinnäytetyön liitteinä.

6.1.2 3D-mallinnukset

ABB Endura AZ25-happianturin asennus leijupetukattilan takavedon yhteeseen vaati erillisen sovitepalan teettämistä ja tätä varten piirrettiin tästä kappaleesta 3D-malli Autodesk Inventor -ohjelmalla. Kappaleen tilauksen yhteydessä lähetettiin valmistajalle 3D-mallista johdettu, tarkat mittatiedot sisältävä AutoCAD-piirustus.



Kuva 8. ABB Endura AZ25-happianturille teetetyistä sovitekappaleesta laadittu 3D-malli



Kuva 9. Kuvan 8 3D-mallista johdettu AutoCAD-piirustus.

6.2 Antureiden asennukset

Mittareiden asennuksessa noudatettiin kullekin laitteelle annettuja asennusohjeita ja vaatimuksia.

6.2.1 SICK FW102 -hiukkasmittari

Tämän opinnäytetyön suunnitteluvaiheessa päätettiin, että ensimmäinen asennettava anturi olisi SICK FW102. Kuten tämän opinnäytetyön luvussa 5.1.1 on mainittu, täytyi putken rauhoitusvälin olla n. 600 mm ennen ja jälkeen anturin. Ensimmäisenä työvaiheena olikin etsiä anturille savukaasukanavasta 1200 mm pituinen väli, joka ei sisältänyt mutkia, yhteitä, toimilaitteita tai mitään muita turbulenssin aiheuttajia. Sopivat asennuskohdat löytyivät kahdesta savupiipulle menevästä rinnakkaisesta savukaasukanavasta. Seuraavaksi molempiin putkiin porattiin reiät, joihin anturin mukana tulleet Tri-Clamp-yhteet myöhemmin hitsattiin kiinni.



Kuva 10. SICK FW102:n Tri-Clamp-yhde hitsattuna savukaasukanavaan.

Ilmaletku anturin puhdistusilmalle vedettiin laitoksen kolmannen tason kenttäkotelolta KK12. Puhdistusilman paine ei saa olla liian kova tai se voi aiheuttaa turbulenssia ja vääristää näin mittaustuloksia. Tästä johtuen puhdistusilmaletkulle hankittiin paineensäädin, jolla paine voidaan säätää anturin toiminnan kannalta sopivaksi.



Kuva 11. Paineensäädin asennettuna SICK FW102:n puhdistusilman syöttöön

6.2.2 J. Dittrich Electronic MF420-O-happimittari

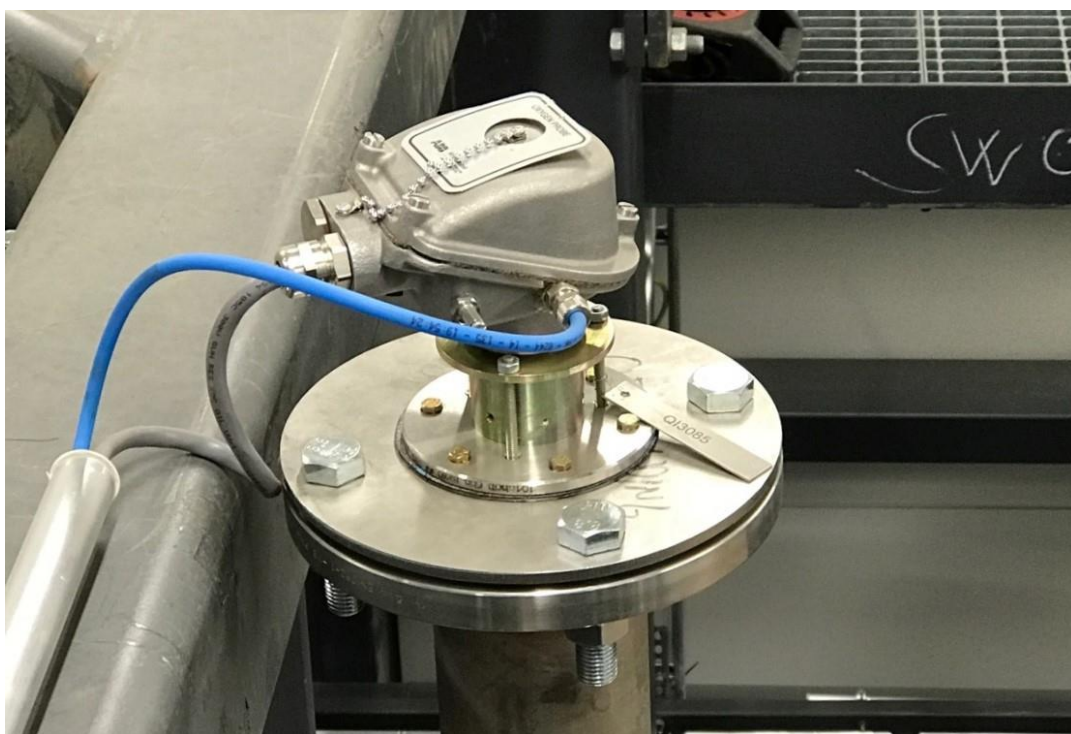
Positiotunnuksella QI3062 tarkoitetaan jatkossa energiatutkimuskeskuksen savupiippuun kiinnittyvää anturia. Arinakattilan jäännöshappea mittaavasta anturista taas käytetään positiotunnusta QI3935. Tutkimuskeskuksen kahden MF420-O-happimittarin asennustyöt ja kaapeloinnit oli opinnäytetyön aloitusvaiheessa suoritettu savupiippuun kiinnitettävän mittarin QI3062 anturia/lähetintä lukuun ottamatta.

Keskuksen seinään täytyi ensimmäiseksi tehdä reikä signaali- ja virransyöttökaapelien vetoa varten. Tämän jälkeen asennettiin suojaputket, joita pitkin kaapelit ohjattiin mahdollisimman lähelle savupiipun mittayhdettä suojaamattoman kaapelin minimoimiseksi. Mittalaitteelle hankittiin kotelo, joka antaa lisäsuojaa sään armoilla olevalle laitteen lähetinosalle. Signaali- ja virransyöttökaapeleihin kolvattiin liittimet, jotka kiinnitettiin anturiin.

Kun molemmat mittarit olivat käynnissä ja yhteydessä automaatioon ensimmäistä kertaa, huomattiin, että ne näyttivät hyvin erilaisia arvoja. Tämän perusteella pääteltiin, että toinen mittari on vioittunut ja se lähetettiin laitteen toimittajalle huollettavaksi.

6.2.3 ABB Endura AZ25 -happimittari

Happimittauksen sijainniksi valikoitui leijupetikattilan takavedossa oleva kuvan 12 mukainen ylöspäin suuntautuva yhde. Koska anturiyhde on ns. kohti kattoa, ei mahdollinen kondenssivesi pääse kerääntymään anturille ja näin vaurioittamaan sitä tai vääristämään mittaustuloksia.



Kuva 12. ABB AZ25 Endura -happimittari asennettuna leijupetikattilan takavetoon

Mittausyhteen todettiin olevan liian pitkä, joten siitä leikattiin ylimääräinen n. 180 mm pituinen osa pois, jonka jälkeen laippa hitsattiin uudelleen kiinni lyhennettyyn yhteeseen. Anturin kiinnittäminen mittayhteeseen edellytti myös erillisen sovituskappaleen (kuvat 8 ja 9) teettämistä metallipajalla, koska AZ25 -anturin oma laippa ei ollut oikean kokoinen mittayhteen kiinnityslaipan kanssa.

6.3 Oheislaitteiden asennukset

Oheislaitteiden asennukset suoritettiin samanaikaisesti itse mittareiden kanssa ja ne asennettiin myös ohjeiden ja vaatimusten mukaisesti.

6.3.1 SICK FW102 -hiukkasmittarin oheislaitteiden asennus

Jotta pölymäärämittauksen sijaintia pystyisi vaihtamaan eri puolille prosessia sulavasti, täytyi SICK FW102:n kytkentälaatikon paikan olla mahdollisimman keskellä laitosta vertikaalisesti ja horisontaalisesti. Laatikon asennuspaikaksi valikoituinkin laitoksen toisen tason keskikäytävällä sijaitseva kaide.



Kuva 13. FW102:n kytkentälaatikko.

Laatikolle tehtiin alumiinista aluslevy, jonka avulla se kiinnitettiin paikalleen. Tämän jälkeen suoritettiin vaadittavat kaapelinedot ja kytkennät.

6.3.2 ABB Endura AZ25-happimittarin oheislaitteiden asennus

AZ25 -happimittarin lähetin ja referenssi-ilmapumppu asennettiin tutkimuskeskuksen ylimmälle kulkutasolle lähelle itse anturia. Tällä paikalla sekä lähettimeen että anturiin pääsee helposti käsiksi tarvittavien säätö- tai huoltotoimenpiteiden suorittamiseksi.



Kuva 14. ABB AZ25 -happimittarin oheislaitteet: referenssi-ilmapumppu ja lähetin.

Laitteiden asennussijainti tuotti myös haasteita, koska lähettyvillä ei kulkenut kaapelihyllyä. Referenssi-ilmapumpussa on oma suodatin, mutta isommat partikkelit voivat mahdollisesti aiheuttaa tuoksen laitteessa. Pumppu ottaa ilmansa huoneilmasta, joten puhtauden varmistamiseksi pumpulle vedettiin inlet-letku, jonka toinen pää sijoitettiin paikkaan, josta letkuun ja sitä myötä pumpulle päätyisi mahdollisimman vähän epäpuhtauksia. Pumpulta lähtevä outlet-letku vedettiin AZ25 -anturin referenssi-ilman tuloliitäntään.

6.4 Kaapeloinnit ja kytkennät

Tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen laitteiden ja niiden oheislaitteiden kaapelivedot sekä kytkennät suoritettiin niille laadittujen piirikaavioiden (liitteet 1-3) mukaisesti. Kaapelit pyrittiin aina vetämään tutkimuskeskukseen asennettuja kaapelihyllyjä pitkin, mutta joidenkin laitteiden sijainnista johtuen jouduttiin myös turvautumaan vaihtoehtoisin reitteihin. Kun kaapelia jouduttiin vetämään muuta reittiä kuin hyllyä pitkin, käytettiin kaapelien vaurioitumisen estämiseksi alumiinista suojaputkea.

Kuten SICK FW102:n piirikaaviosta (liite 1) voidaan havaita, hiukkasanturi liitettiin kytkentälaatik-
koonsa (AK1-N-10WR-N-0) 8-parisella LiYCY-kaapelilla ja se toimii sekä anturin signaalikaapelina et-
tä virransyöttökaapelina. Virransyöttö kytkentälaatikolle tulee KTE-kaapilta ja mittarin sulakepaikaksi
määrättiin F42. Kytkentälaatikolta automaatiolle lähtee kaksi kappaletta 2-parisia JAMAK -
signaalikaapeleita. Kaapelista W3 vain yksi johdinpari on käytetty ja tätä pitkin kulkee hiukkasmitt-
tauksen analoginen 4-20 mA -mittaviesti. Anturin vikasignaali kulkee kaapelin W4 johdinparia 1 pit-
kin ja ylläpitosignaali puolestaan käyttää johdinparia 2. Signaalikaapelit vedettiin kenttäkotelolle
KK05, jossa ne maadoitettiin ja johdinparit kytkettiin paikoilleen. Kenttäkotelo KK05 on liitetty kyt-
kentäkaappiin KT F 24-parisella JAMAK -kaapelilla. Kytkentäkaapissa hiukkasmittauksen johtimista
toinen on vedetty 0VDC -kiskoon ja toinen logiikkakortin A03/05 paikkaan 2.1. Piirikaaviosta on
myös luettavissa muiden signaalien kytkennät logiikkaan.

ABB AZ25 Endura -happimittauksen piirikaaviosta (liite 2) on nähtävissä, että anturi oheislaitteineen
tarvitsee kaksi erillistä virransyöttöä KTE -kaapilta, joista toinen on ABB:n referenssi-ilmapumpulle
AZ200772 ja toinen lähettimelle, jonka kautta myös itse anturi saa virtansa. Laitteiden sulakepaikat
ovat F43 ja F44. Lähetin ja anturi on yhdistetty toisiinsa kuuden johtimen Xtra-Guard -kaapelilla. Re-
ferenssi-ilmapumppu on yhdistetty anturiin ilmaletkulla ja se ottaa ilmansa keskuksen sisältä. Lähet-
timeltä mittatieto kulkee 2-parista JAMAK -kaapelia pitkin kenttäkotelolle KK12, jossa kaapeli on
maadoitettu ja sen ensimmäinen pari kytketty riviliittimeen. KK12 -kotelon riviliittimeltä on vedetty
24-parin JAMAK -kaapeli kytkentäkaapille KT F. Kytkentäkaapissa ABB:n happimittaukselle on varat-
tu paikat 3.8 ja 4.3 logiikkakortista A02/06.

7 KAASUMITTAUKSEN ONNISTUMINEN KÄYTTÖÖNOTOSSA

Mittareiden ja oheislaitteiden asennuksen ja kytkentöjen jälkeen voitiin niiden toimintaa testata ja tarvittaessa säätää. Mittareista vain SICK FW102:n ja J. Dittrich Electronic MF420-O:n testaus oli mahdollista opinnäytetyön aikataulun suomissa puitteissa. ABB AZ25 -happianturi on asennettu tutkimuskeskuksen leijupetikattilajärjestelmään, jonka käyttöönotto oli vielä kesken.

7.1 Säädöt / parametrisointi

Testattavista laitteista vain SICK:n hiukkasmittaria oli mahdollista säätää omatoimisesti.

7.1.1 SICK FW102 -hiukkasmittari

FW102 -anturin asetusten ja parametrien muuttaminen tapahtuu tietokoneelle asennettavan MEPA-FW -ohjelman avulla. Yhteyden muodostamiseksi tietokone yhdistetään FW102:n kytkentälaatikkoon RS232-kaapelilla. MEPA-FW -ohjelmalla voi seurata anturin mittaamaa hiukkasmäärää reaaliajassa, asettaa raja-arvoja ja diagnosoida anturin toimintaa.

Parameter and measured value		
Response time	30.00	sec
Limit value	50.00	mg/m ³
Limit value 2	-	mg/m ³
Calibration function set	0	
Coefficients square/lin./abs.	0.00 / 1.00 / 0.00	
Live Zero	4	mA
Range LiveZero...20mA	0.00 ... 200.00	mg/m ³
Range2 LiveZero...20mA	-	mg/m ³
Save interval	-	sec
Check cycle	enable	
Check cycle interval	08:00	hh:mm
Analog output checkpoints	-	
Relay 2 used for	Limit value	
Last measured contamination	-	%
Laser current	38.77	mA
ASC - Difference limit	-	mg/m ³
ASC - Time interval	-	h

Kuva 15. SICK FW102 -hiukkasmittarin asetuksia

Ohjelman kautta ilmeni, että laitteelle asetetut raja-arvot hiukkasmäärälle olivat seuraavat: 4 mA = 0 mg/m³ (Live Zero) ja 20 mA = 200 mg/m³. Jotta hiukkasmittaus näyttäisi todenmukaisia arvoja automaatiossa, asetettiin automaatiojärjestelmän raja-arvoiksi samat kuin hiukkasmittarissakin.

Anturin voi myös asettaa MEPA-FW:n avulla ylläpitotilaan, jonka seurauksena laitteelta lähtee digitaalinen viesti automaatiolle, joka kertoo, että laitteelle suoritetaan parhaillaan toimenpiteitä.

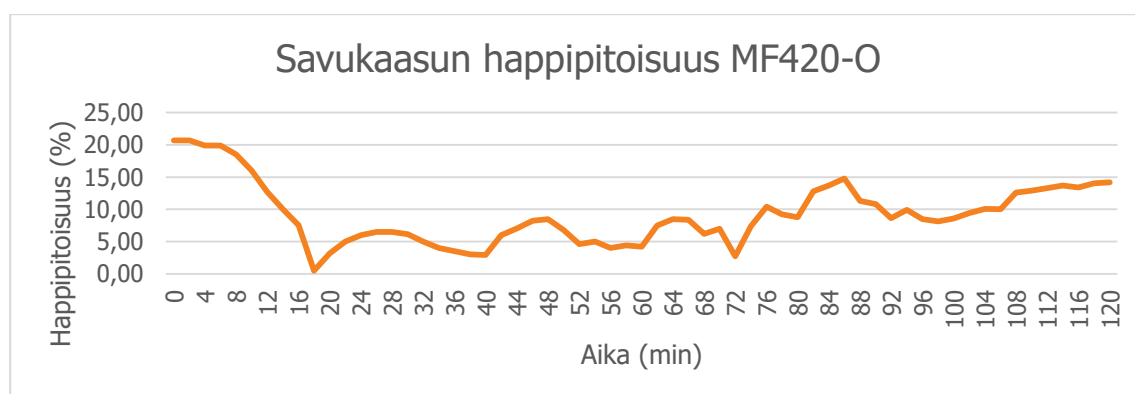
Kaapelinvetojen ja kytkentöjen päätteeksi testasimme anturin toimivuutta. FW102 reagoi hyvin la-servalon eteen asetettuun läpinäkyvään muovinpalaan antaen mittatietoa ja menen vikatilaan kun valoa ei enää päässyt ilmaisimelle. Seuraavaksi testasimme vika- ja ylläpitoviestin. Vikaviestin testaus tapahtui yksinkertaisesti irrottamalla yksi anturilta tulevista johtimista kytkentälaatikossa AK1-N-10WR-N-0 ja tämän seurauksena laite ilmoitti automaatiolle vikaantumisesta. Myös ylläpitoviesti päättyi automaatiolle, kun laitteen asetti maintenance -tilaan MEPA-FW -ohjelmalla.

7.2 Testaukset / mittaukset

Mittareiden testaamiseksi suoritettiin kaksi kattilan koeajoa, joista ensimmäisen ajankohta oli 11.10.2016 ja toisen 14.12.2016. Molemmat koeajot suoritettiin Aritermin arinakattilalla.

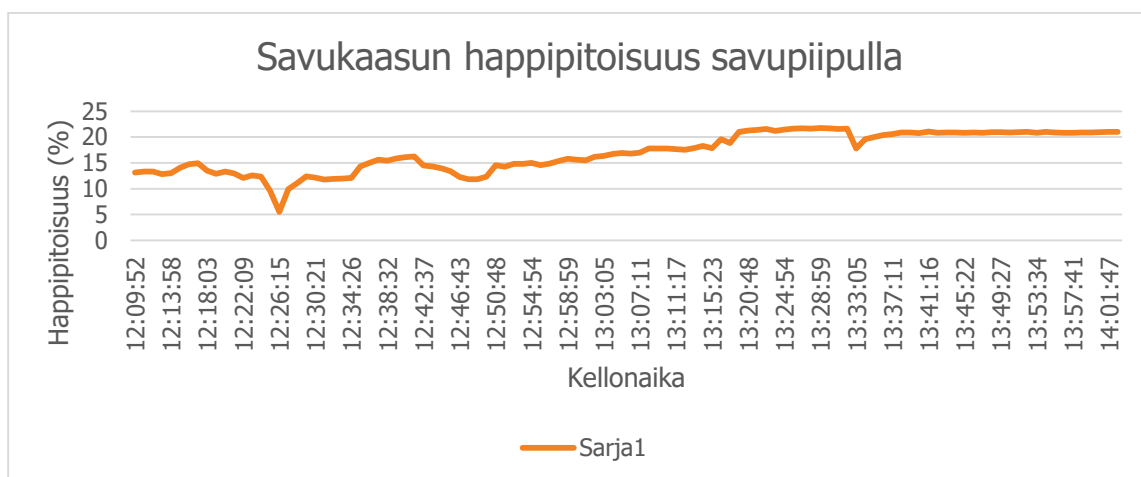
7.2.1 Ariterm arinakattilan testiajo I 11.10.2016

MF420-O -happimittari oli savukaasuantureista ensimmäinen, jota päästiin testaamaan prosessissa. Aritermin arinakattilan testiajo suoritettiin 11.10.2016 ja kattilan polttoprosessin ohjauksessa käytettiin hyödyksi MF420 -happianturin mittaamia happipitoisuuksia. Polttoaineena käytettiin hienoksi jauhettua MDF-levyä. Testiajo kesti n. 2 tuntia ylösajoneen ja päättyi, kun sähkökatkos aiheutti automaatiojärjestelmän sammumisen. Tämän jälkeen kattila alasajettiin nopeasti vaaratilanteiden ja materiaaliavurioiden välttämiseksi. Happimittaus toimi koko testin ajan moitteetta ja se reagoi todennukaisesti ilman- ja polttoaineensyötön muutoksiin. Savupiippuun sijoitettiin testiajon ajaksi erillinen savukaasumittaus, jolta saatiin vertailutietoa myös happipitoisuudesta. Putkistossa kuitenkin havaittiin testin jälkeen yhden sulkupellin jääneen auki ja tästä syystä MF420-O-anturin ja vertailuarvon väliset erot olivat paikoin suuria. Seuraavista graafeista on nähtävissä happipitoisuuden muutokset testiajon aikana.



Kaavio 1. MF420-O -anturin mittaama savukaasun happipitoisuus.

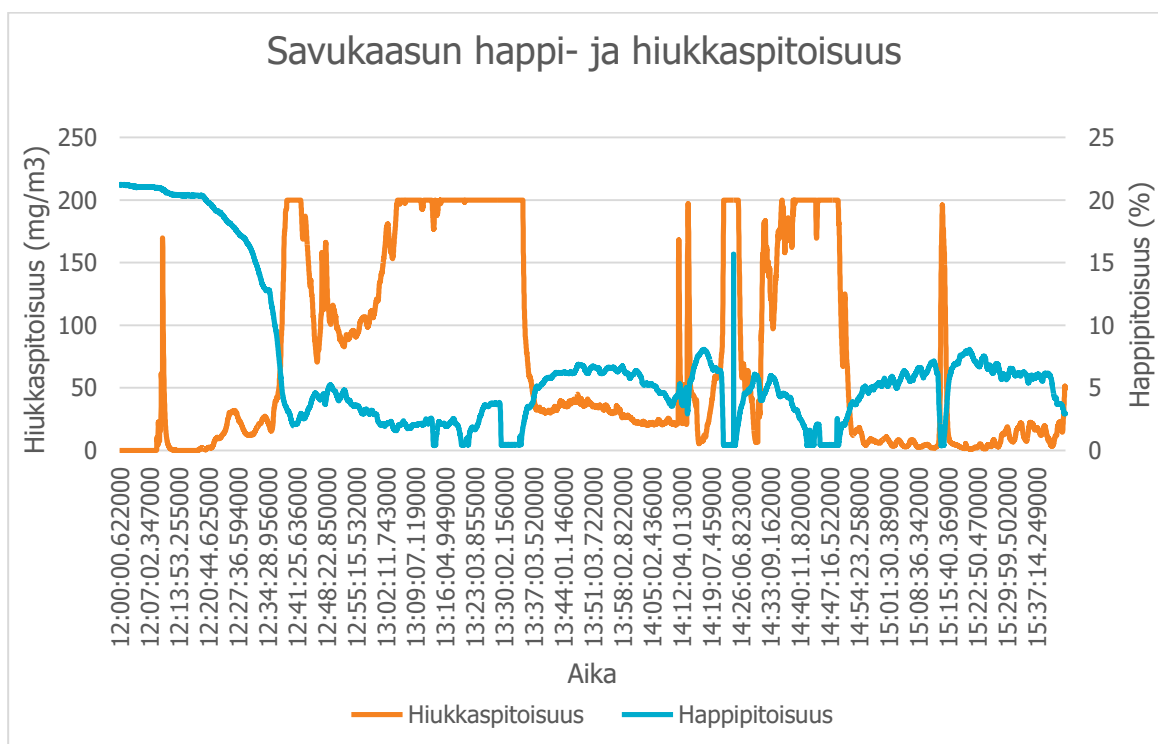
Lähtöarvo happipitoisuudelle oli MF420-O-anturin mukaan noin 21 %. Ajon alkuvaiheessa palamisilman syöttö oli säädetty liian matalaksi ja tämä näkyi selvästi savukaasun happipitoisuudessa, joka putosi hetkellisesti lähes nollaan prosenttiin. Tämä vaihe on huomattavissa myös savupiipulla mitatuista tuloksista, joissa happipitoisuus putosi radikaalisti, mutta ilmuodosta johtuen kääntyi nousuun jo n. 5,5 % kohdalla.



Kaavio 2. Savupiipulta mitattu happipitoisuuden vertailuarvo.

7.2.2 Ariterm arinakattilan testiajo II 14.12.2016

Perjantaina 2.12.2016 pidetyssä palaverissa sovittiin toisesta koeajosta arinakattilalle uusien laitteiden testaamiseksi. Tähän opinnäytetyöhön liittyvistä laitteista päätettiin testata SICK FW102 -hiukkasmittausta ja jo edellisessä testiajossa käytössä ollut MF420-O -happimittaria. Testiajon ajankohdaksi valikoitui keskiviikko 14.12.2016. Polttoaineena kattilassa käytettiin pellettiä.



Kaavio 3. Savukaasun mitatut happi- ja hiukkaspitoisuudet.

Kattilan ajon tapahtumia:

- 12:00 Arinakattilan ajo aloitettiin.
- 12:08 Savukaasupuhaltimet käynnistettiin ja tämän seurauksena kanavan pinnoille jäänyt pöly virtasi hiukkasmittarin ohi, joka puolestaan aiheutti piikin hiukkaspitoisuudessa.
- 12:17 Sytytys alkaa ja sen seurauksena hiukkasmäärän loiva nousu.
- 12:25 Pölymäärä tippui hieman, kun alipaine kasvoi.
- 12:34 Sytytys OK, jonka jälkeen aloitettiin pääpolttoaineen syöttö. Hiukkaspitoisuudessa ilmeni piikki, joka oletettavasti johtui arinassa tapahtuneen liikehdinnän aiheuttamasta pölyämisestä.
- 13:35 Sähkösuodatin päälle, hiukkaspitoisuus tippui reilusti ja asettui lähelle suodattimen toimittajan lupaamia arvoja.
- 13:50 Kattilan tehoa lisättiin 20 prosentista 25 prosenttiin, hiukkaspitoisuus putosi hieman tehokkaamman palamisen seurauksena.
- 13:58 Sähkösuodattimen täristyspuhdistus (paineilmavasara) päälle, hiukkaspitoisuus laski entisestään.
- 14:08 Toinen savukaasulinja avattiin josta seurauksena piikkejä hiukkaspitoisuudessa.
- 14:28 Letkusuodatin päälle, häiritsee hiukkasmittausta.
- 14:47 Paineilmapuhallus pois päältä, jonka seurauksena hiukkaspitoisuus normalisoitui.
- 15:10 Arinan puhdistusliike aiheutti piikin hiukkaspitoisuudessa.
- 15:35 Polttoaineen syöttö lopetettiin.

Kaaviota 3 tarkastellessa voidaan havaita, että hiukkasmittaukselle asetettu pitoisuuden yläraja on liian matala, koska todelliset mittausarvot ovat selvästi olleet monessa kohdassa yli 200 mg/m^3 .

Hiukkasmittauksen voidaan kuitenkin todeta liian matalaa ylärajaa lukuun ottamatta toimivan oikein. Tämä ilmenee siitä, että mitattu hiukkaspitoisuus putosi sähkösuodattimen käynnistymisen jälkeen lähelle suodattimen toimittajan lupaamia lukemia. Mitattu hiukkaspitoisuus reagoi odotetusti myös muihin muutoksiin kattilan ajon aikana. Jotkin ilmiöt aiheuttivat kuitenkin myös hetkellisiä piikkejä hiukkaspitoisuudessa ja tästä syystä kaaviota voi olla vaikea tulkita ilman taustatietoa kunkin mittapiikin aiheuttajasta.

Kaavion 3 perusteella myös mitattu happipitoisuus on todenmukainen, koska se on kattilan ajon alkuvaiheessa n. 21 % ja reagoi hiukkaspitoisuuden tavoin ajon aikana tehtyihin muutoksiin. Myös monet hiukkaspitoisuuden mittapiikkejä aiheuttaneet ilmiöt on havaittavissa myös happipitoisuudessa.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli savukaasumittareiden käyttöönotto energiatutkimuskeskuksessa. Työ sisälsi anturien käyttöönottoon liittyvät tehtävät, kuten dokumentoinnin, asennustehtävät ja testaukset.

Laitteiden asennukset ja kaapeloinnit sujuivat pääosin ongelmitta. Työnjälki saattoi paikoin olla ammattilaiseen verrattuna heikompaa, mutta tästä huolimatta laitteet on asennettu ja kytketty oikeaoppisesti.

ABB:n AZ25 Endura -happimittarin testausta ei voitu suorittaa, koska se olisi vaatinut vielä keskenkäisen leijupetikattilan testiajon. Toisen MF420-O -happimittarin, QI3062:n, asennus jäi myöskin kesken laitteen hajoamisen seurauksena.

Testattujen laitteiden toiminnasta saatu data viittaa siihen, että laitteet toimivat oikein ja niiden mitattietoon voi luottaa. Hiukkas- ja happimittarien mittausarvojen reagointi kattilan ajon muutoksiin oli todenmukaista ja ainoa havaittu ongelma laitteiden toiminnassa oli hiukkasmittauksen liian matala mitattavan pitoisuuden yläraja.

Työ sujui mallikkaasti joitain viivästyksiä lukuun ottamatta. Viivästyksiä aiheuttivat mm. hitsaajan puuttuminen, tilattujen osien toimitusajat ja kattilan koeajojen odottaminen.

LÄHTEET

ABB, User Guide OI/AZ25P-EN Rev. A, Endura AZ25 series probe. Combustion oxygen monitor (06.2014)

ABB, Data sheet DS/AZ25-EN Rev. A, Endura AZ25 oxygen analyzer. Combustion gas analysis (06.2014)

ABB, Information INF09/027 Rev. D, Endura AZ20 oxygen monitor. Pumped reference air unit (10.2012). Saatavissa:
https://library.e.abb.com/public/f94fdbad1e860362c1257a8600431cee/INF09_027_D.pdf

JORONEN, Tero, KOVÁCS, Jenő & MAJANNE, Yrjö (2007) Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Suomen Automaatioseura

J. Dittich Electronic, Operating Instructions, Oxygen Measuring System MF420-O (2011)

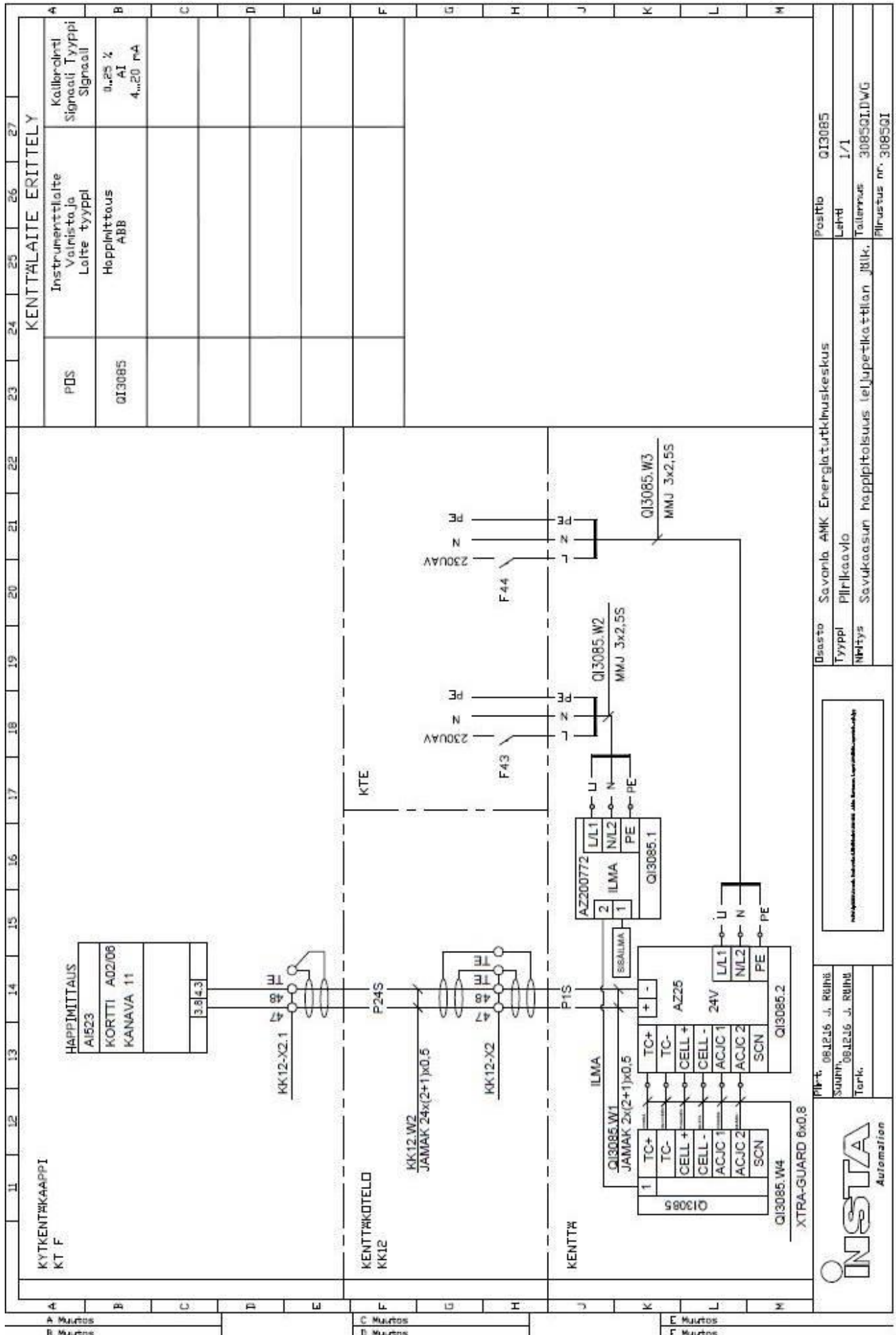
KEINÄNEN Toimi, KÄRKKÄINEN, Pentti, LÄHETKANGAS, Markku & SUMUJÄRVI, Matti (2007) Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit

Savonia-ammattikorkeakoulu, Energiatutkimuskeskuksen esite (2014) [viitattu 2016-08-10].

Savonia-ammattikorkeakoulu, Energiatutkimuskeskuksen infograafi [viitattu 2016-08-10]. Saatavissa: <http://energiatutkimus.savonia.fi/index.php/tilat-ja-laitteet>

SICK, Operating Instructions FW100 (2012). Saatavissa:
https://www.sick.com/media/dox/1/11/611/Operating_instructions_FW100_Dust_Concentration_Monitor_en_IM0049611.PDF

LIITE 2: PIIRIKAAVIO HAPPIMITTAUKSELLE ABB AZ25 ENDURA



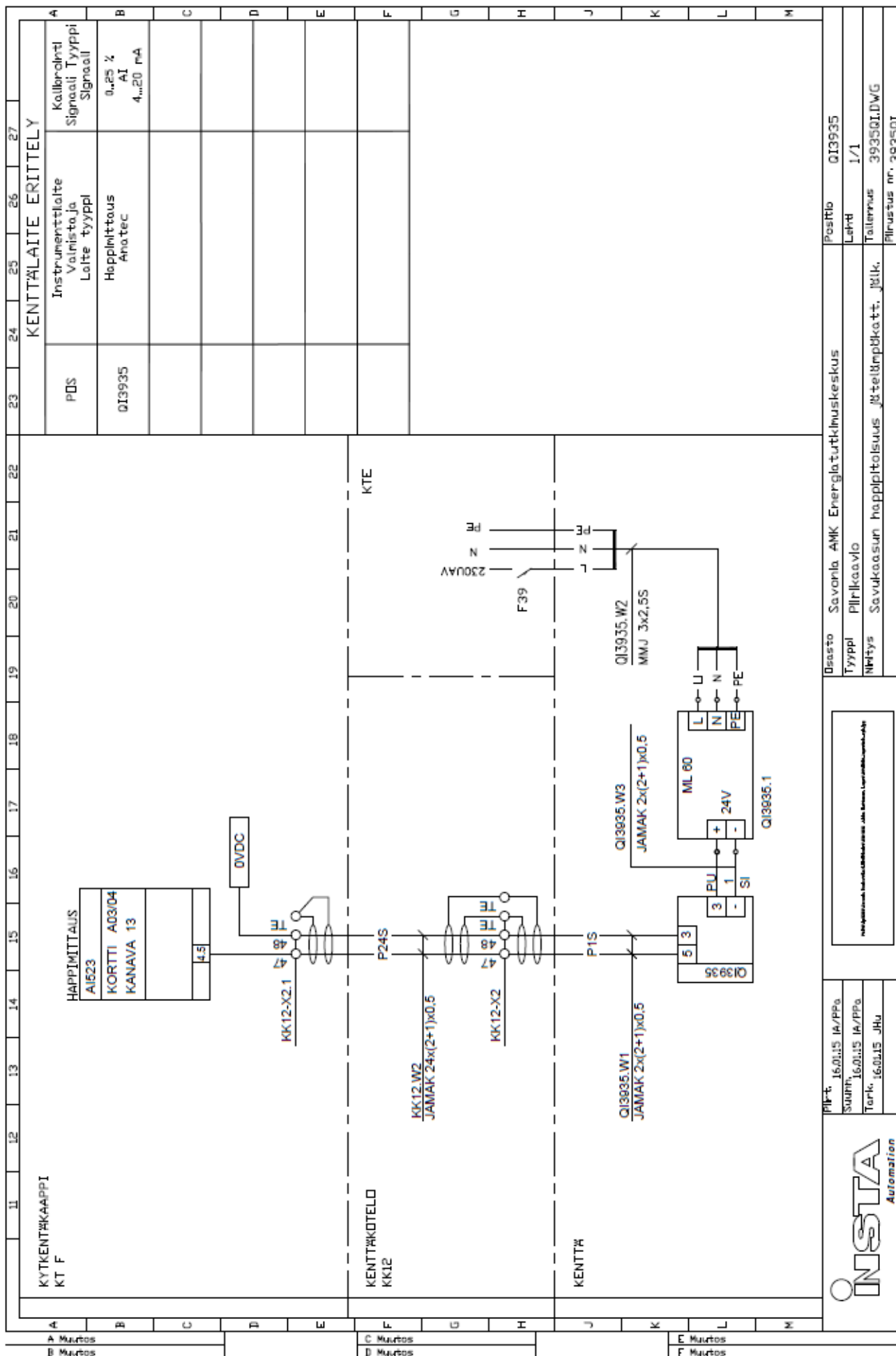
23	24	25	26	27
PDS	KENTTÄLAITE ERITTELY			Kalibrointi Signaalityyppi
QI3085	Instrumenttialte Vainisto ja Loite tyyppi	Hoppimittaus ABB		Signaalityyppi
				0,25 % AI 4...20 mA

Asento		Savonla AMK Energiatekniikkakeskus	
Tyyppi	PIIRIKAAVIO	Positio	QI3085
Nimi	Savonla AMK Energiatekniikkakeskus	Lehti	I/1
		Talennus	308501.DWG
		Piirustus nro.	308501



PIK: 08.12.16 J. RUIHU
SUUNN: 08.12.16 J. RUIHU
Tark.

LIITE 3: PIIRIKAAVIO HAPPIMITTAUKSELLE J. DITTRICH ELECTRONIC MF420-O



23	24	25	26	27
KENTTÄLAITE ERITTELY				
PDS	Instrumenttiloite Valmistaja Laitte tyyppi	Kalibrointit Signaali Tyyppi Signaal		
QI3935	Happimittaus Anotec	0...25 % AI 4...20 mA		

INSTA Automation	Pih-16.01.15 IA/PPa Suurh-16.01.15 IA/PPa Turk-16.01.15 JHu	Osoite Savonlin AMK Energiaturvakeskus Tyyppi Piirikaavio Nimitys Savuosaan happimittaus ja teitämpökatt. julk.	Postito QI3935 Lehti 1/1 Tähtaus 3935QI.DWG Piirustus nr. 3935QI
----------------------------	---	---	---

LIITE 4: PIIRROS SOVITEKAPPALEESTA ABB AZ25 ENDURA -HAPPIANTURILLE

