



Juha-Matti Laakso

Jatkuvatoimisen päästömittausjärjestelmän suunnittelu, asennus ja käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

29.9.2021

Tiivistelmä

Tekijä:	Juha-Matti Laakso
Otsikko:	Jatkuvatoimisen päästömittausjärjestelmän suunnittelu, asennus ja käyttöönotto
Sivumäärä:	23 sivua + 2 liitettä
Aika:	29.9.2021
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Kristian Junno Projekti-insinööri Tino Tommila

Insinööriyön tavoitteena oli toimittaa asiakkaan voimalaitokselle jatkuvatoiminen päästömittausjärjestelmä. Järjestelmän tuli täyttää asiakkaan ympäristölupa sekä muut asiakkaan vaatimukset.

Mittausjärjestelmä sisältää UV- ja IR-analysointirit savukaasukomponenttien mittaamiseksi. Mittausjärjestelmä sisältää myös virtaus- lämpötila- ja painemittaukset. Projektissa järjestelmänä toimii Opsiksen valmistama täysin ekstraktiivinen mittausjärjestelmä, joka perustuu UV/FTIR DOAS -teknologiaan. Kokonaisuus sisältää myös sähkö- ja signaalikeskukset, sekä muun mittausjärjestelmään tarvittavan laitteiston. Mittausjärjestelmä on suurilta osin sijoitettu pihalle suunniteltuun päästömittauskonttiin.

Projekti koostui kokonaisuudessaan päästömittausjärjestelmän suunnittelusta, rakentamisesta ja asentamisesta asiakkaan voimalaitokselle. Suunnitteluvaiheessa perehdyttiin laitteistoon, suunniteltiin päästömittauskontti sekä tehtiin kontin layout-kuvat ja sähköpiirustukset. Rakennusvaiheessa asennettiin Opsiksen laitteet sekä sähköt Päästömittauskonttiin. Lopuksi päästömittauskontti sijoitettiin asiakkaan voimalaitokselle, jossa suoritettiin viimeiset asennukset sekä laitteiston käyttöönotto.

Insinööriyön lopputuloksena saavutettiin toimiva jatkuvatoiminen päästömittausjärjestelmä asiakkaalle.

Avainsanat: DOAS, Opsis, jatkuvatoiminen päästömittaus teollisuudessa, ekstraktiivinen mittausjärjestelmä

Abstract

Author: Juha-Matti Laakso
Title: Design, Installation and Commissioning of continuous Emission Measurement System
Number of Pages: 23 pages + 2 appendices
Date: 29 September 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Kristian Junno, Senior Lecturer
Tino Tommila, Project Engineer

The goal of this thesis project was to provide the customer with a continuous emission measurement system to the customer power plant. The system had to meet the customer's environmental permit and other customer requirements.

The measurement system includes UV- and IR-analyzers for measuring gas components. The measurement system also includes flow, temperature and pressure measurements. Measurement system in the project is a fully extractive measurement system manufactured by Opsis, which is based on UV / FTIR DOAS technology. The unit also includes electrical and signal centers and other equipment required for the measurement system. The measurement system is mostly located in a measurement container in the yard.

The project consisted of the design, construction and installation of an emission measurement system for the customer power plant. During the design phase, the equipment was examined, measurement container was designed, and the container layout-pictures and electrical drawings were made. During the construction phase, Opsis equipment and electricity were installed in the container. Finally, the container was placed at the customer's power plant, where the final installations and commissioning of the equipment were performed.

The result of this thesis project was a functioning continuous emission measurement system for the customer.

Keywords: CEMS, DOAS, Opsis, Extractive Measurement System

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Projektin tavoitteet	2
1.2	Projektin toteutus	2
2	Päästöjen mittaus teollisuudessa	3
2.1	Mittausten tarkoitus	3
2.2	Tarkkailutavat	3
2.3	Lainsäädäntö ja asetukset	4
3	Järjestelmä	5
3.1	Laitteisto	6
3.2	Analysaattorit	9
3.2.1	AR650-analysaattori	10
3.2.2	AR600-analysaattori	11
3.3	Virtausmittaus	12
3.4	Happimittaus	14
3.5	Lämpötilamittaus	14
3.6	Opsis Wall Unit	15
3.7	Mittausteknologia	16
4	Suunnittelu ja rakentaminen	17
4.1	Suunnittelun aloitus	17
4.2	Kontin suunnittelu	17
4.3	Piipun yhteet ja laitteet	18
4.4	Sähkökeskus	18
4.5	Signaalikeskus	19
4.6	Kommunikointi	20
5	Käyttöönotto	21
6	Projektin päätös	22
7	Yhteenveto	23

Liitteet

Liite 1: Päästömittauskontin layout-kuva

Liite 2: Päästömittauskontin tehontarve

Lyhenteet

CEMS:	Continuous Emission Monitoring System. Jatkuvatoiminen päästömittausjärjestelmä.
DOAS:	Differential Optical Absorption Spectroscopy. Mittaus-tekniikka, joka perustuu differentiaaliseen optiseen absorptiospektroskopiaan.
FAT:	Factory Acceptance Test. Laitteiston hyväksyttäminen asiakkaalla toimittajan tiloissa, ennen lähetystä.
FTIR:	Fourier-transform Infrared Spectroscopy. Fourier muunnokseen perustuva infrapunaspektrokopia.
NDT:	Non-Destructive Testing. Rikkomaton aineenkoetus.
SAT:	Site Acceptance Test. Laitteiston testaus loppuasiakkaan tiloissa, ennen käyttöönottoa.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on jatkuvatoimisen päästömittausjärjestelmän toimitaminen asiakasyrityksen voimalaitokselle. Insinööriyöraportti käsittelee projektia, joka kesti kokonaisuudessaan noin viisi kuukautta. Asiakkaalta saatiin toimitusprojekti vuoden 2021 ensimmäisellä neljänneksellä ja järjestelmän toimitus asiakkaalle oli heinäkuussa 2021. Tilausvahvistuksen saannin jälkeen aloitettiin kontin suunnittelu välittömästi, jonka jälkeen tilattiin usealta eri toimittajalta osia projektia varten. Tämän jälkeen tilattiin aliurakoitsijalta päästömittauskontti, johon asennettiin kaikki mittalaitteet. Konttiin oli aliurakoitsijan toimesta asennettu valmiiksi sopimuksessa vaaditut eristeet, kaapelihyllyt, valaisimet, pistorasiat sekä ilmalämpöpumppu.

Päästömittauskontti saapui aliurakoitsijalta meille kesäkuun alussa, jonka jälkeen aloitettiin analysaattoreiden, kaapeleiden, keskusten sekä muiden osien asentaminen. Asennuksien ja FAT-testien (Factory Acceptance Test) jälkeen toimitettiin kontti loppuasiakkaalle, missä suoritettiin viimeiset asennukset, SAT-testaus (Site Acceptance Test) sekä laitteiston käyttöönotto.

Kokonaisuudessaan työ suoritettiin Sintrol Oy:n analysaattoriryhmän kanssa, jossa itse toimin huoltoinsinöörin roolissa.

Sintrol on mittaamisen johtava asiantutija, joka tarjoaa asiakkailleen alan johtavaa asiantuntemusta sekä maailman parhaiden valmistajien mittauslaitteet ja analysaattorit. Sintrol toimittaa analysoinnin, automaation, poltonohjauksen, prosessimittauksen, NDT:n (Non-Destructive Testing) sekä pölymittauksen ratkaisuja ja elinkaaripalveluita asiakkailleen. Sintrol Oy:n pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja yrityksen palveluksessa työskentelee n. 60 henkilöä.

Projektin loppuasiakkaan nimeä ei voida sopimusteknisistä syistä mainita. Kaikki tässä insinööriyössä oleva tekninen materiaali on Sintrol Oy:n omaisuutta.

1.1 Projektin tavoitteet

Projektin tavoitteena oli suunnitella, valmistaa sekä toimittaa asiakasyritykselle jatkuvatoiminen päästömittausjärjestelmä, joka noudattaa asiakkaan ympäristölupaa ja muita asiakkaan asettamia vaatimuksia.

1.2 Projektin toteutus

Projekti koostui neljästä eri työvaiheesta sekä lopussa tehdystä dokumentaatiosta. Projektin työvaiheet aikajärjestyksessä noudattaen olivat suunnittelu, rakentaminen, asentaminen loppuasiakkaan määräämään kohteeseen sekä laitteiston käyttöönotto. Projektin päätöksen yhteydessä toimitettiin asiakkaalle myös kaikki projektista laaditut dokumentit sekä manuaalit.

Suunnittelu aloitettiin käymällä loppuasiakkaan määrittämiä vaatimuksia läpi, jonka jälkeen suunniteltiin päästömittauskontti osa kerallaan vastaamaan asiakkaan toiveita. Suunnitteluvaiheessa kävimme myös asiakkaan ympäristölupaa tarkasti läpi, jotta varmasti täytettäisiin kaikki vaatimukset toimitetun järjestelmän kanssa.

Rakennusvaiheessa kaapeloitiin kaikki kontissa olevat laitteet asennuskuvissa määritetyllä tavalla. Samalla myös kytkettiin sähköt analysaattorikaappeihin, keskuksiin sekä mittapolkuihin. Rakennusvaiheessa myös kiinnitettiin kaikki kaapit, keskukset ja mittapolut tukevasti päästömittauskontin rakenteisiin. Laitteiston FAT-testauksen jälkeen päästömittauskontti siirrettiin asiakkaan määrittelemään paikkaan voimalaitoksella. Voimalaitoksella kontti kiinnitettiin betonijalustojen päälle, jotka oli suunniteltu ja rakennettu päästömittauskonttia varten asiakkaan toimesta. Päästömittauskontin kiinnityksen jälkeen suoritettiin loput asennukset sekä kaapeleiden kytkennät tehtaan piippuun. Lopuksi suoritettiin SAT-testaus, jossa varmistimme, että kaikki laitteet toimivat ennalta määrättyllä tavalla.

2 Päästöjen mittaus teollisuudessa

2.1 Mittausten tarkoitus

Päästömittauksia teollisuudessa suoritetaan yleisesti ottaen päästöjen määrän ja laadun selvittämiseksi. Näiden mittauksien suorittamiseen toiminnanharjoittaja velvoittaa ilmansuojeluun liittyvä lainsäädäntö ja siihen pohjautuva toiminnanharjoittajalle viranomaisen toimesta laadittu ympäristölupa. Näiden mittauksien toteuttamista ohjaavat EU-direktiivien perusteella säädetyt kansalliset ilmansuojeluun liittyvät lait, asetukset sekä erityisesti kansalliset standardit. [1, s. 5.]

Mittausjärjestelmän valintaan vaikuttaa oleellisesti prosessi, johon järjestelmä tulee. Oikeanlaisen mittausjärjestelmän löytäminen prosessiin vaatii tiivistä yhteistyötä asiakkaan ja toimittajan välillä sekä mahdollisimman tarkasti määritetyt lähtötiedot.

Analysointi on perinteisesti koettu hankalaksi asiaksi huollon ja ylläpidon kannalta. Näihin ennakkoluuloihin on usein syynä riittämätön perehtyminen mittausjärjestelmään ja prosessiin. Varsinkin teollisuuden päästömittauksissa yleisenä ongelmana on vallitseva asennoituminen näihin asioihin. Päästömittauksissa käytettävät analysaattorit eivät suoraan vaikuta prosessin toimintaan, jonka takia niiden ylläpitoon ja huoltoon kiinnitetään liian vähän huomiota. [15, s. 4–6.]

2.2 Tarkkailutavat

Päästöjentarkkailu on pääosin itsetarkkailua, eli päästöjen mittaaminen viranomaisten hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti on toiminnanharjoittajan omalla vastuulla. CEMS-päästömittausta (Continuous Measurement System) tulee raja-arvojen valvontaan käyttää aina, kun teknisiä sovelluksia on saatavilla ja mittauksesta aiheutuvat kustannukset eivät ole kohtuuttoman suuret.

Mikäli viranomaiset ovat asettaneet tarkkailuohjelmaan raja-arvot lyhytaikaisarvoina (tunti, vrk), ainoa tapa varmistua siitä, että päästöt ovat raja-arvojen sisällä on jatkuvatoiminen päästöjenmittaus. [5, s. 3–5.]

2.3 Lainsäädäntö ja asetukset

Päästöjen tarkkailusta määrätään tapauskohtaisesti joko toiminnanharjoittajan ympäristöluvassa tai hallintolain nojalla tehdyssä ympäristölupaan liittyvässä päätöksessä.

Ympäristönsuojelulain (YSL) 46 §:ssä todetaan, että luvassa on annettava tarpeelliset määräykset toiminnan käyttötarkkailusta, päästöjen, jätteiden ja jätehuollon, toiminnan vaikutusten sekä toiminnan lopettamisen jälkeisen ympäristön tilan tarkkailusta. Toiminnanharjoittaja voidaan velvoittaa esittämään tarkkailusuunnitelma lupaviranomaisen tai sen määräämän viranomaisen hyväksyttäväksi niin ajoissa, että tarkkailu voidaan aloittaa toiminnan alkaessa tai muuna toiminnan vaikutusten kannalta tarkoituksenmukaisena ajankohtana. [5.]

Päästöjen vähentäminen on ollut jo pitkään EU:n päämäärä. Päästöjen vähentämiseen ja nykyisin voimassa olevaan päästökauppaan liittyy oleellisesti päästöjen seuranta ja raportointi. Päästökaupan ansiosta mittausteknologian ympärille on syntynyt valtavasti työpaikkoja sekä taloudellisia mahdollisuuksia. EU-direktiiveissä on keskitytty yli 50 MW:n (megawatti) polttolaitoksiin. Suomessa direktiivit otetaan käyttöön valtioneuvoston asetuksina sekä ympäristönsuojelulaissa. Lakien noudattamista ja raportointia valvovat paikalliset ympäristökeskukset. Energiantuotannossa päästöjen seuranta on jatkuvasti tiukentunut, joten määräykset elävät ja tiukentuvat jatkuvasti. Viimeisin energiantuotantolaitosten savukaasupäästöjä koskeva asetus on EU:n suurten polttolaitosten (2001/80/EY) asetus. Suomen valtio määrittelee myös omalta osaltaan sallittujen päästöjen määrää. Valtioneuvoston LCP-asetus (1017/2002) astui voimaan 9.1.2002. LCP-asetus koskee polttolaitoksia ja kaasuturbiineja, joiden polttoaineteho on vähintään 50 MW. Asetuksen perimmäinen tavoite on rajoittaa rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. [5, s. 5–7; 10.]

3 Järjestelmä

Tässä projektissa savukaasupäästöjen mittaus toteutettiin ruotsalaisen laitevalmistaja Opsiksen kehittämällä UV/FTIR DOAS -tekniikkaan (Differential Optical Absorption Spectroscopy) perustuvalla täysin ekstraktiivisella mittausjärjestelmällä. Kyseisellä mittausjärjestelmällä pystytään mittaamaan kaikki asiakkaan ympäristöluvassa vaaditut savukaasukomponentit. Opolis on valmistanut näitä mittausjärjestelmiä useaan eri kohteeseen ympäri maailmaa ja tämä järjestelmä on hyväksytty lukuisten instituuttien ja viranomaisten puolesta esim. EPA, TÜV. Järjestelmään kuuluu myös savukaasun virtaus-, lämpötila- sekä paineenmittaus. Näytteenotto tapahtuu piipussa savukaasupesurin jälkeen ja pitoisuuksia mitataan taulukon 1 mukaisesti. [2.]

Taulukko 1. Mitattavat pitoisuudet.

Pitoisuus	Mittaustapa	Mittausalue	Vaadittu ympäristöluvassa	Mittauspaikka
Rikkidioksidi (SO ₂)	UV DOAS	0...1450 mg/nm ³	x	Kontti
Typpimonoksidi (NO)	UV DOAS	0...700 mg/nm ³	x	Kontti
Typpidioksidi (NO ₂)	UV DOAS	0...250 mg/nm ³	x	Kontti
Vetykloridi (HCl)	FTIR DOAS	0...70 mg/nm ³	x	Kontti
Hiilimonoksidi (CO)	FTIR DOAS	0...2000 ppm	x	Kontti
Vetyfluoridi (HF)	FTIR DOAS	0...9 mg/nm ³	x	Kontti
Hiilidioksidi (CO ₂)	FTIR DOAS	0...30 %	x	Kontti
Kosteus (H ₂ O)	FTIR DOAS	0...15 %	x	Kontti
Happi (O ₂)	Zirkonium sensori	0...21 %	x	Kontti
Virtaus	Paine-ero	0...150 000 nm ³ /h	x	Piippu
Lämpötila	Termoelementti	0...400 °C	x	Piippu
Paine	Keraaminen anturi	0,9...1,1 bar	x	Piippu

3.1 Laitteisto

Opsiksen ekstraktiivinen päästömittausjärjestelmä koostuu varsin monimutkaisesta laitekokonaisuudesta. Kokonaisuus koostuu useista eri osa-alueista, kuten näytteenotosta, näytteen siirrosta, näytteen käsittelystä sekä analysaattorissa tapahtuvasta analysoinnista. Mittausjärjestelmään kuuluu myös tietokone, johon mittausdata tallennetaan. Sondi, näytelinja sekä mittapolku on lämmitetty 180 °C:seen kondensoitumisen välttämiseksi. Tällä toimenpiteellä voidaan varmistaa se, että näyte pysyy kaasumaisena koko mittausprosessin ajan. Projektissa käytettiin Opsiksen AR600- ja AR650-analysaattoreita savukaasukomponenttien analysointiin. [8.]

Projektissa Opsiksen CEMS-mittausjärjestelmiä on kaksi kappaletta, jotka mittaavat savukaasusta samat komponentit. Identtisiä järjestelmiä on kaksi kappaletta, sillä voimalaitoksen molempiin piippuihin on oma päästömittausjärjestelmä.

Näytteenotto eli sondi on ontto teräspankki, jolla näyte imetään tehtaan piipusta näytelinjaan. Sondin pituus on valittu kohteen piipun halkaisijan mukaan, siten että sondin pää olisi mahdollisimman lähellä piipun keskipistettä. Kuvassa 1 näkyy sondin ulkopuolinen osuus keltaisessa metallisessa laatikossa. Ulkoyksikkö on lämmitetty sekä lämpöeristetty ja sisältää kammion, mihin näytettä imetään, liitännän näytelinjalle sekä instrumentti-ilmalle. Ulkoyksiköstä löytyy myös läpiviennit sähkönsyötölle sekä signaalijohdolle. Lämpötilaa säädetään päästömittauskontissa mittausyksikössä sijaitsevalla säätimellä. Ulkoyksikkö ja sondi on kiinnitetty yhteeseen yleisen DN-standardin mukaisella laipalla.



Kuva 1. Virtausmittari, lämpötila-anturi sekä Opsiksen sondi ja näytelinja.

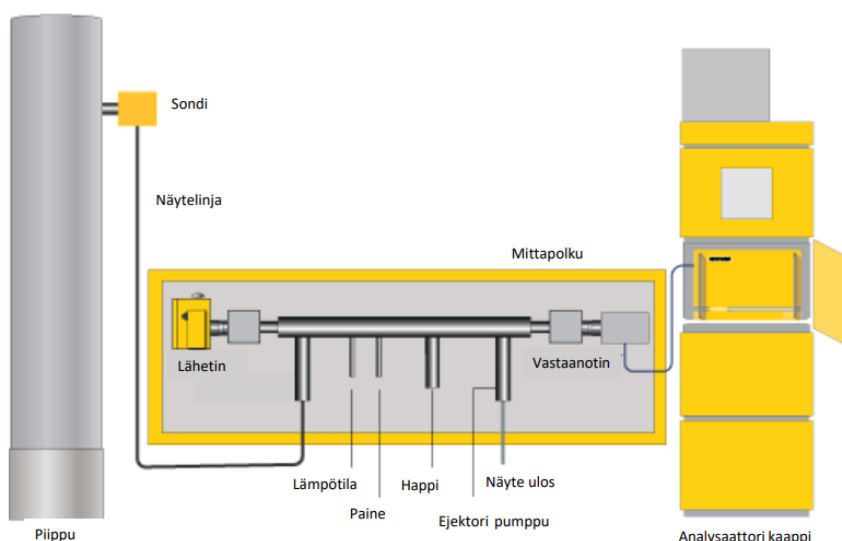
Näytelinja on kuvassa 1 Opsiksen ulkoyksiköstä lähtevä musta säänkestävä ja lämpöeristetty letku. Letkun sisällä on lämpövastus, paksu eriste sekä 6 mm paksu teflonputki. Lämpövastuksen ja eristeen idea on pitää itse näyte teflonputkessa mahdollisimman lähellä 180 °C:ta. Näyte kulkee teflonputken sisällä piipusta näytteenkäsittely-yksikölle päästömittauskontissa. [8.]

Piipussa on myös virtaus- ja lämpötilamittaus. Virtausmittaus on kuvassa 1 vasemmalla yläkulmassa ja lämpötilamittaus on kuvassa keskellä. Näiden antureiden toimintaperiaatteita käydään tarkemmin läpi alaluvuissa 3.3 ja 3.5.

Kontissa on kaksi kappaletta Opsiksen ekstraktiivisia näytteenkäsittely-yksiköitä, molemmille piipuille omansa (kuva 2). Näytteenkäsittely-yksikön sisällä sijaitsee mittapolku, jonka sisään näyte tuodaan piipusta näytelinjaa pitkin. Mittapolun päissä sijaitsee lähetin ja vastaanotin sekä lämpökäsittelystä lasista valmistetut ikkunat, jotta valo pystyy läpäisemään mittapolun.

Lähttimessä valonlähteenä toimii todella kirkas xenonlamppu. Xenonlamppu lähettää valkoista valoa mittapolun lävitse UV- sekä IR-aallonpituuksilla. Mittapolun toisessa päässä vastaanotin vastaanottaa valon, joka sitten ohjataan valokuitua pitkin analysaattorikaapissa sijaitsevalle analysaattorille. Valonlähde lähettää hyvin tasaista valon spektriä 200–500 nanometrillä sekä 1200–3000 nm:n välillä. Näiden aallonpituuksien välillä oleva valo vaikuttaa kaasumaisiin partikkeleihin tietyllä tavalla, eli tietty spektri tästä valosta imeytyy savukaasun partikkeleihin. Valo ei kuitenkaan ole täysin tasaista, mutta nämä epätasaisuudet valossa otetaan huomioon laskennassa analysaattorilla. Valonlähde on suunnattu suoraan vastaanotinta kohti, matkalla vastaanottimelle valoteho vähenee hajautumisen ja partikkeleihin imeytymisen johdosta. [7, s. 19.]

Vastaanottimelta vastaanotettu valo ohjataan MX004-multiplekserin kautta analysaattorille valokuidun avulla. Multiplekserin avulla voidaan jakaa valo eri kohteisiin, eli samaa mittapolkua pystytään käyttämään usealle analysaattorille. Vastaanotettu valo ohjataan lähtevän valon aallonpituuden perusteella aina yhdelle analysaattorille kerrallaan. Tämän teknologian ansiosta vältetään itse analysaattorin likaantumiselta, sillä ainoastaan valo ohjataan analysaattorille asti valokuidun avulla. [7, s. 52.]



Kuva 2. Havainnekuva Opsiksen ekstraktiivisesta järjestelmästä [16].

Mittapolun toisessa päässä sijaitsee ejektoripumppu, jonka avulla näytettä ime-tään tehtaan piipusta näytelinjaan. Ejektoripumppuun syötetään paineilmaa teh-taan omasta paineilmajärjestelmästä. Ejektoripumppu luo imun näytelinjaan ra-kenteensa vuoksi. Paineilma sekä näyte johdetaan lopuksi ulos mittapolusta poistoputkea pitkin. Pumpun yhteydessä mittapolussa on myös virtausmittaus, jonka avulla valvotaan savukaasun virtausnopeutta mittapolussa. [8.]

3.2 Analysaattorit

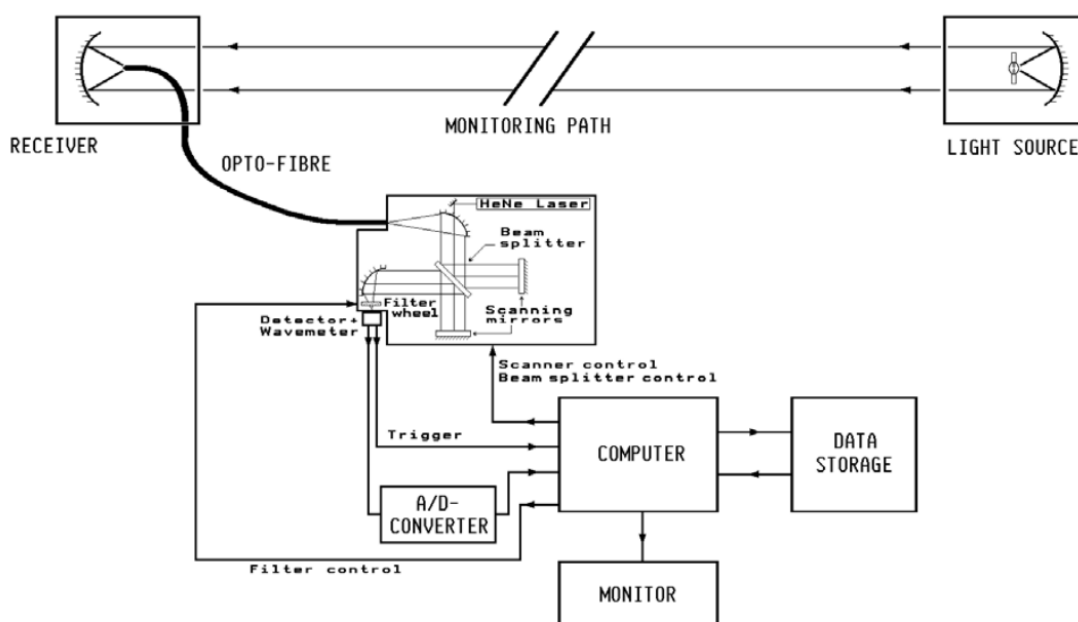
Tässä projektissa molemmissa järjestelmissä on kaksi Opsiksen analysaattoria, AR600- sekä AR650-analysaattorit. AR600-analysaattori on UV-spektroskopiaan perustuva analysaattori, joka mittaa näytteestä SO₂-, NO- ja NO₂-pitoisuudet. AR650-analysaattori on FTIR (Fourier-transform Infrared Spectroscopy) DOAS-teknologiaan perustuva analysaattori, joka mittaa näytteestä CO-, CO₂-, HF-, HCl- ja H₂O-pitoisuudet. Näytteen analysointi tapahtuu juuri analysaattoreilla, jotka on sijoitettu analysaattorirakkeihin päästömittauskontissa. Itse mittaustek-nologiasta kerrotaan tarkemmin alaluvussa 3.7. Ulkomuodoltaan molemmat ana-lysaattorit ovat hyvin samannäköisiä, mutta toiminnaltaan ovat hyvin erilaisia. [12; 13.]



Kuva 3. Opsis AR600 series-analysaattori [7].

3.2.1 AR650-analysaattori

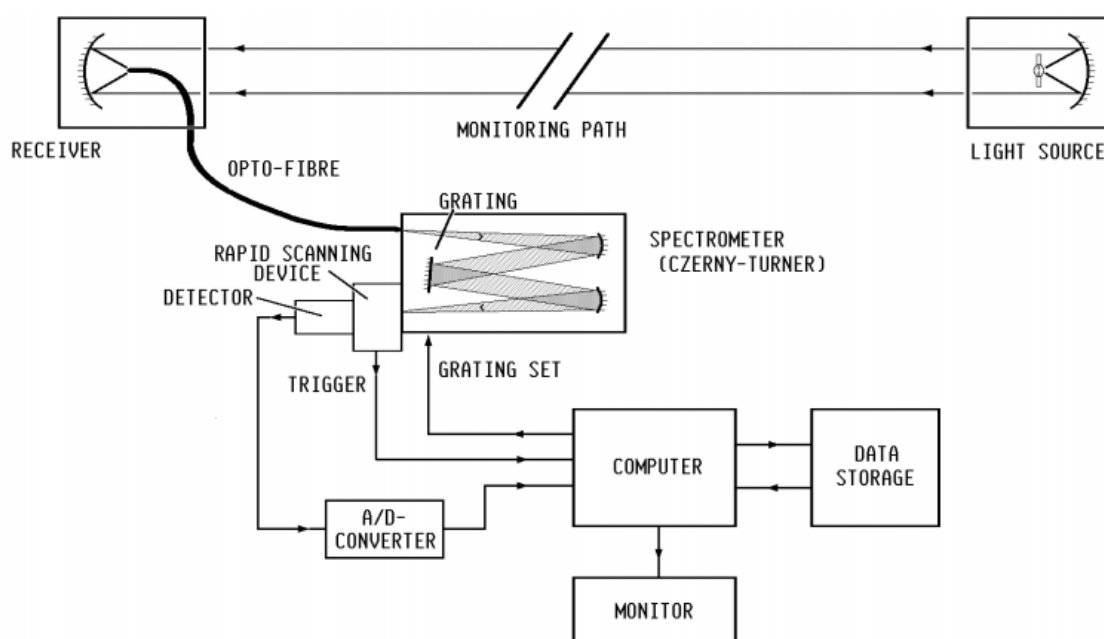
AR650-analysaattorissa valo etenee aluksi interferometriin eli säteenjakajaan. Säteenjakaja jakaa valon tämän jälkeen kahteen erilliseen mittapolkuun. Molempien mittapolkujen valot ohjataan peilien avulla takaisin säteenjakajaan, jossa tapahtuu säteiden optinen yhteentörmäys. Optisen yhteentörmäyksen jälkeen valo kohdistetaan infrapunavastaanottimille. Ennen IR-vastaanotinta on vielä yksi peili, jota liikuttelemalla tuotetaan signaali, joka sisältää aallonpituudet, riippuen mitä komponenttia mitataan kyseisellä hetkellä. Lopuksi IR-vastaanottimen tuottama signaali muunnetaan digitaaliseen muotoon AD-muuntimen avulla. Mittaus tuloksen optimoimiseksi ennen vastaanotinta on vielä filteri, jonka avulla poistetaan mittauksen kannalta ylimääräiset aallonpituudet. Haluttua savukaasun komponenttia mitataan tietty aika, jonka operaattori voi itse määrittellä. Datan keräämisen jälkeen tietokone alkaa laskemaan savukaasukomponentin pitoisuutta, ja samalla analysaattori alkaa mittamaan jo seuraava savukaasun komponenttia. [7 s. 21; 13.]



Kuva 4. AR650-analysaattorin toimintaperiaate [7].

3.2.2 AR600-analysaattori

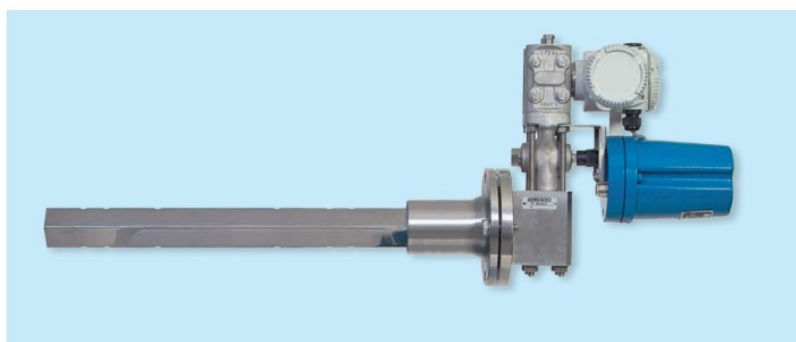
AR600-analysaattorissa valo etenee aluksi spektrometriin, jonka jälkeen analysaattorissa sijaitseva ritilä pilkkoo spektrin eri aallonpituuksiin. Taittunut valo ohjataan mittapolkuun valokerroindetektorin eteen, jossa tietty osa spektristä havaitaan, riippuen mitä komponenttia mitataan kyseisellä hetkellä. Muilta osin AR600-analysaattorin toiminta on identtinen AR650-analysaattorin kanssa. [7 s. 19; 12.]



Kuva 5. AR600-analysaattorin toimintaperiaate [7].

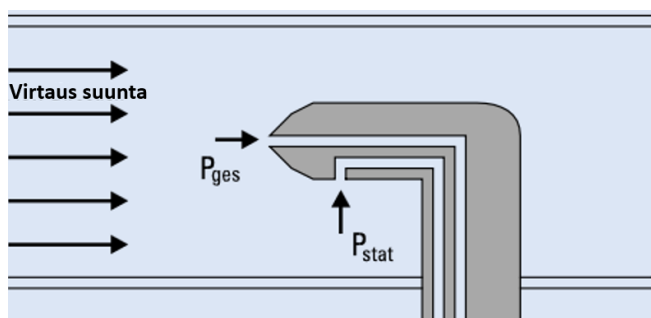
3.3 Virtausmittaus

Savukaasun virtausmittaus toteutettiin Duragin D-FL 100 -virtausmittarilla (kuva 6). D-FL 100 -virtausmittarin toiminta perustuu paine-eron mittaukseen. Mittaus tapahtuu piipussa, eli kyseessä on niin sanottu in-situ-mittaus. In-situ-mittaus tarkoittaa, että mittaus toteutetaan paikallisesti, siellä missä itse anturi sijaitsee. Duragin D-FL 100 -virtausmittari koostuu sondista, paine-eroanturista ja elektronikkasta, eli arviointiyksiköstä D-FL 100-20M. [3 s. 37–39.]



Kuva 6. Duragin D-FL 100 -virtausmittari [3].

Paine-ero välitetään piistä valmistetulle anturille erillisen kalvon ja täyteaineen läpi. P_{ges} on piipun kokonaispaine ja P_{stat} on referenssipaine. Kuvassa 7 näkyy kuinka kokonaispaine ja referenssipaine otetaan piipusta paine-eroanturille. Paine ero lasketaan vähentämällä kokonaispaineesta referenssipaine. [3 s. 42.]



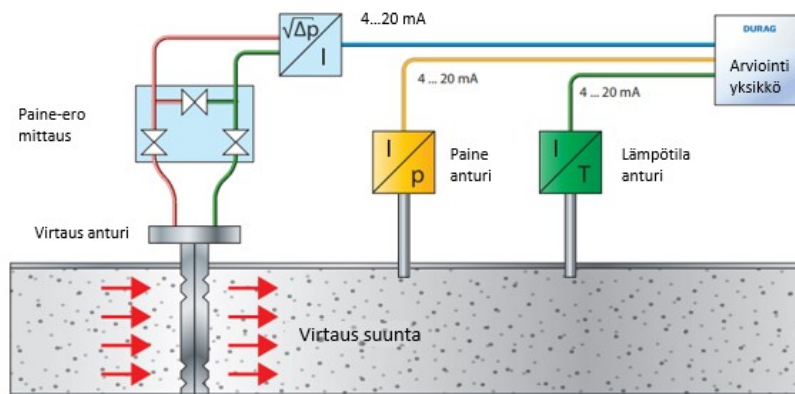
Kuva 7. D-FL 100 -virtausmittarisondin toimintaperiaate [3].

Kun paine-ero on laskettu, voidaan kaavan 1 avulla laskea tilavuusvirtaus piipussa. Tilavuusvirtauksen laskemiseen tarvitaan tieto paine-erosta.

$$V = A \cdot k \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}, \text{ jossa} \quad (1)$$

V on tilavuusvirtaus
A on piipun halkaisija
k on korjauskerroin
 ΔP on paine-ero
 ρ on kaasun tiheys.

Arviointiyksikkö laskee automaattisesti tilavuusvirtauksen, joka on vaadittu asiakkaan ympäristöluvassa. Tilavuusvirran laskemiseen arviointiyksikkö tarvitsee piipun kokonaispaineen, referenssipaineen, lämpötilan. Lisäksi arviointiyksikköön on syötetty laskemista varten piipun halkaisija ja korjauskerroin ennen mittausten aloittamista. Toimittaja on määrittänyt tehtaalla arviointiyksikköön korjauskertoimen valmiiksi. Korjauskerrointa ei tarvitse säätää, ellei jotain ongelmia ilmene mittausten aloituksen yhteydessä. D-FL 100 -virtausmittarin toimintaperiaate laskemista varten esitetään tarkemmin kuvassa 8. [3 s. 39, 42–43.]



Kuva 8. D-FL 100 -virtausmittarin toimintaperiaate [17].

3.4 Happimittaus

Happimittaus (kuva 9) on toteutettu hyvin tunnetulla ja luotettavalla zirkoniumdioksidianturi periaatteella, jonka mittaustarkkuus on parhaimmillaan jopa 0,1 %. Anturin toiminta perustuu happipitoisuuden muutokseen kiinteän ja lämmitetyn zirkoniumoksidin eri pinnoilla. Zirkoni on hyvin vakaa ja kestävä keraaminen materiaali, joka koostuu zirkoniumin kiteisestä oksidista. Toinen puoli kennosta on altistettu tunnetulle ilman happipitoisuudelle ja toinen puoli on altistettu mitattavalle kaasulle. Erot happipitoisuuksissa pintojen välillä muodostaa pienen jännitteen, jonka suuruus on suoraan verrannollinen happipitoisuuksien eroihin. Lopuksi tämä jännite mitataan ja muutetaan AD-muuntimen avulla digitaaliseen muotoon ja sitten happipitoisuudeksi prosentteina. [4 s, 2; 11.]



Kuva 9. Opsiksen happimittausanturi [4].

3.5 Lämpötilamittaus

Projektissa käytettiin lämpötilamittauksessa ABB:n valmistamaa SensyTemp TSP-100 lämpötila-anturia (kuva 10), joka on suunniteltu lämpötilan mittaukseen kaasusta. Anturi koostuu kytkentäpäädystä, jatkovarresta ja mittapäädystä sekä on hyvin yksinkertainen 2-johtiminen anturi. Anturi lähettää mittaustiedot signaalikeskukseen milliampeereina 4–20 mA. Anturin mittaalue asetettiin loppuasiakkaan toiveiden mukaisesti 0–400 °C:seen. [6 s. 6–8.]



Kuva 10. SensyTemp-lämpötila-anturi [6].

3.6 Opsis Wall Unit

Kuvassa 11 näkyy Opsiksen Wall Unit (seinäyksikkö), johon tuodaan järjestelmän kaikki inputtiedot eri laitteilta. Ohjelmistona toimii Opsiksen IOMan, joka on tarkoitettu joustavaan tietojenkäsittelyyn. Järjestelmällä pystytään hoitamaan analogiset sekä digitaaliset tulot ja lähdöt. Järjestelmä pystyy käsittelemään jopa 254 tulo- sekä lähtötietoa, ja kokonaisuus suunnitellaan aina vastaamaan asiakkaan tarpeita tapauskohtaisesti.



Kuva 11. Opsiksen Wall Unit

Seinäyksikkö koostuu erillisistä moduuleista, johon tiedot tuodaan, eli mittakanavalta tulee lämpötila-, paine-, virtaus- ja happimittauksien tiedot moduuleille 1–4. Moduuleille 5–8 tuodaan tiedot signaalikeskukselta, eli piipun lämpötila, paine ja virtaus. Moduuleille 9–11 tulee vikatiedot mittakanavan lämpötilasta, paineesta ja happitasosta. Järjestelmän vikatietoja varten olevien moduulien raja-arvot on määriteltä mittapolkuun tehtaalla. Seinäyksikön vasemmalla puolella on virtalähde ja seuraavana on kommunikointiyksikkö. Kommunikointiyksikön jälkeen on input/output-moduulit numerojärjestyksessä, moduulit 1–7 on analogisia input-moduuleita ja moduulit 8–11 on digitaalisia input/output-moduuleita. Kaikki keskuksen moduulit sekä virta- ja kommunikointiyksikkö on yhdistetty toisiinsa nauhakaapelin avulla. Nauhakaapeli näkyy kuvassa 10 moduulien päällä. Nauhakaapelin avulla hoidetaan virransyöttö sekä kommunikointi moduulien välillä. [14 s. 1–19.]

3.7 Mittausteknologia

DOAS-teknologia eli differentiaalinen optinen absorptiospektroskopia teknologia löydettiin jo ensimmäisen kerran melkein vuosisata sitten, ja sitä ruvettiin käyttämään ilmanlaadun monitorointiin ensimmäistä kertaa 1970-luvulla. 80-luvun puolivälissä teknologia kaupallistettiin, ja se tuli laajempaan käyttöön.

Spektroskopia perustuu valon ja partikkeleiden vuorovaikutukseen, eli kaasumaiset partikkelit ovat vuorovaikutuksessa tietyn aallonpituisen valon kanssa, joka kulkee kaasun läpi. Absorptio määrittelee käytetyn optisen vaikutuksen, eli jotkut aallonpituudet imeytyvät mitattaviin partikkeleihin. Opsiksen tekniikka vaihtelee aallonpituusalueita automaattisesti, kattaen UV- ja IR-valon, josta tietyt aallonpituudet havaitaan. Lopuksi havaitusta spektristä lasketaan differentiaaliyhtälön avulla partikkeleiden pitoisuus koko virtauksesta.

Mittausta varten valo tuotetaan kirkkaalla xenonlampulla. Lamppu tuottaa valkoista valoa, joka edustaa kaikkia aallonpituuksia ultravioletista aina infrapunaan. Valon läpäistessä ilmaa eri partikkeleihin imeytyy eri aallonpituista valoa. Mitä enemmän tietyn tyyppisiä partikkeleita, sitä enemmän valoa imeytyy.

Vastaanottimella osittain imeytynyt valo vastaanotetaan, ohjataan analysaattorille, jossa eri aallonpituiset valot erotellaan toisistaan. Tämän jälkeen haluttu aallonpituus valitaan mitattavaksi, jonka jälkeen itse mittaus suoritetaan analysaattorilla matemaattisten yhtälöiden avulla. [9.]

4 Suunnittelu ja rakentaminen

4.1 Suunnittelun aloitus

Jatkuvatoimisen päästömittausjärjestelmän suunnittelu aloitettiin käymällä tarkasti läpi asiakkaan ympäristölupaa ja muita tarjouksessa mainittuja ehtoja järjestelmästä ja sen toiminnasta. Suunnittelun alkuvaiheessa selvitettiin ja varmistettiin laitteiden soveltuvuus projektiin. Suunnittelun alkuvaiheessa tuli asiakkaalle toimittaa kontin pohjapiirustukset, mittalaitteiden hitsattavien kiinnikkeiden eli yhteiden paikat piipussa ja kaapelilistat, jotta asiakas pystyi aloittamaan kaikki tarvittavat asennustyöt hyvissä ajoin.

4.2 Kontin suunnittelu

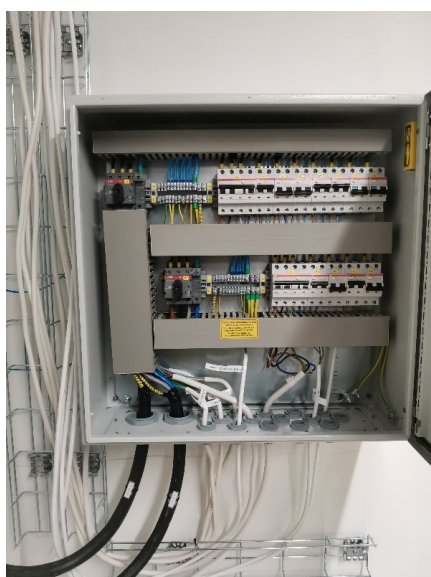
Päästömittauskontin suunnittelu aloitettiin kontin layout-kuvan suunnittelulla (liite 1). Kontin suunnitelmissa tuli ottaa huomioon läpiviennit kaapeleille ja näytelinjoille sekä poistoputkien paikat näytteelle. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon myös laitteiden paikat kontissa, jotta kokonaisuus olisi mahdollisimman selkeä. Kontti tilattiin alihankintana, ja alihankkijan vastuulla oli kontin rakentaminen meidän suunnitelmien mukaan. Konttitoimittaja rakensi konttiin läpiviennit, oven sekä sisälle 50 mm:n eristyksen, jonka päälle tuli kipsilevyt. Toimittajan vastuulla oli myös kaapelihyllyjen, valojen, ilmalämpöpumpun ja pinta-asennettujen pistorasioiden asennus sekä kaapeleiden veto näiltä laitteilta kuvissa määritellyn paikkaan, johon keskus lopulta sijoitettiin. Mittalaitteet, analysaattorikaapit sekä kaikki keskukset asennettiin itse konttiin asennusvaiheessa. Asennusvaiheen yhteydessä myös kytkettiin kaikki kontin laitteet ja analysaattorikaapit sähkökeskukseen suunnitteluvaiheessa määritellyn keskuskaavion mukaisesti.

4.3 Piipun yhteet ja laitteet

Piipussa olevalle huoltotasolle sijoitettiin kuvassa 1 olevat laitteet. Asiakkaan toimesta yhteet hitsattiin piippuun kiinni, mutta yhteiden paikkojen määrittäminen oli vastuullamme. Ennen yhteiden paikkojen määrittystä perehdyttiin laitteiden manuaaleihin, jotta pystyttiin laatimaan ohjeet loppuasiakkaalle yhteiden asianmukaisesta asennuksesta tähän kohteeseen. Mittalaitteiden ja sondien asentaminen sekä kytkentä oli myös vastuullamme. Mittalaitteiden asentaminen ja kytkennät hoidettiin käyttöönoton yhteydessä.

4.4 Sähkökeskus

Kuvassa 12 näkyy päästömittauskonttiin suunniteltu ja rakennettu sähköpääkeskus. Sähköpääkeskus on jaettu kahden pääkatkaisijan taakse, eli molemmille mittapoluille on oma pääkatkaisija ja sulakkeet. Pääkatkaisijan P1 takana on sulakkeet F1–F8, joilla syötetään kaikki mittapolun 1 laitteet sekä kontin valaistus, lämmitys, pistorasiat ja ilmanvaihto. Pääkatkaisijan P2 takana on sulakkeet F9–F13, joilla syötetään ainoastaan mittapolun 2 laitteita. Päästömittauskontin sähkönsyöttö tulee voimalaitoksen ryhmäkeskuksesta. Konttiin tulee kaksi nousujohtoa, joista molemmat ovat 32 A syöttöjä.

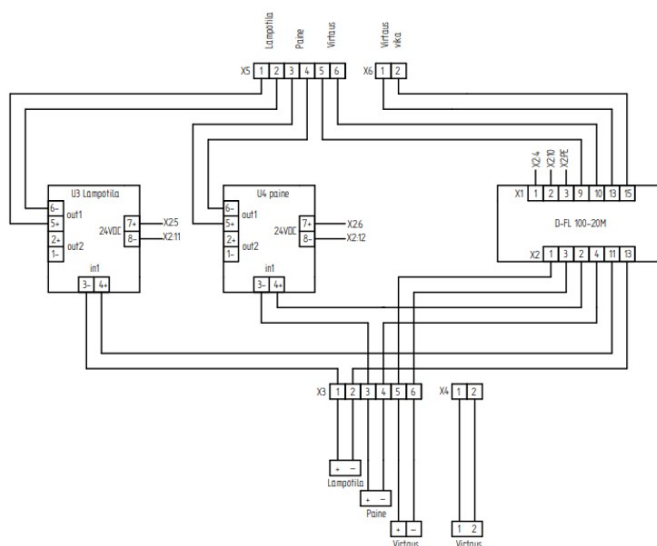
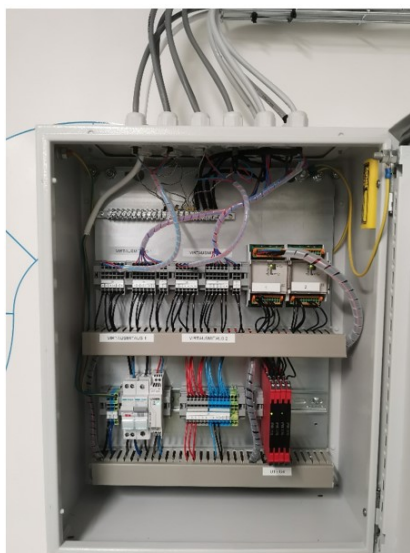


Kuva 12. Sähkökeskus.

Ennen keskuksen layout-suunnittelua meidän tuli laskea kontin tehontarpeita, jotta pystyttiin suunnittelemaan sähkökeskuksen sulakemäärät sekä koot riittävän suuriksi. Tehontarvelaskujen ansiosta pystyttiin helposti suunnittelemaan keskus, jossa yhdenkään sulakkeen takana ei ole liikaa kuormaa. Laitteista ja niiden tehontarpeista on lisää tietoa liitteessä 2.

4.5 Signaalikeskus

Kuvan 13 keskuksessa on koottuna virtaus-, paine- ja lämpötilamittaukset molemmista piipuista. Mittaukset on jaettu erilleen keskuksen yläosassa sijaitsevilla riviliittimissä. Vasemmalla puolella on piipun 1 mittaukset ja oikealla piipun 2 mittaukset.



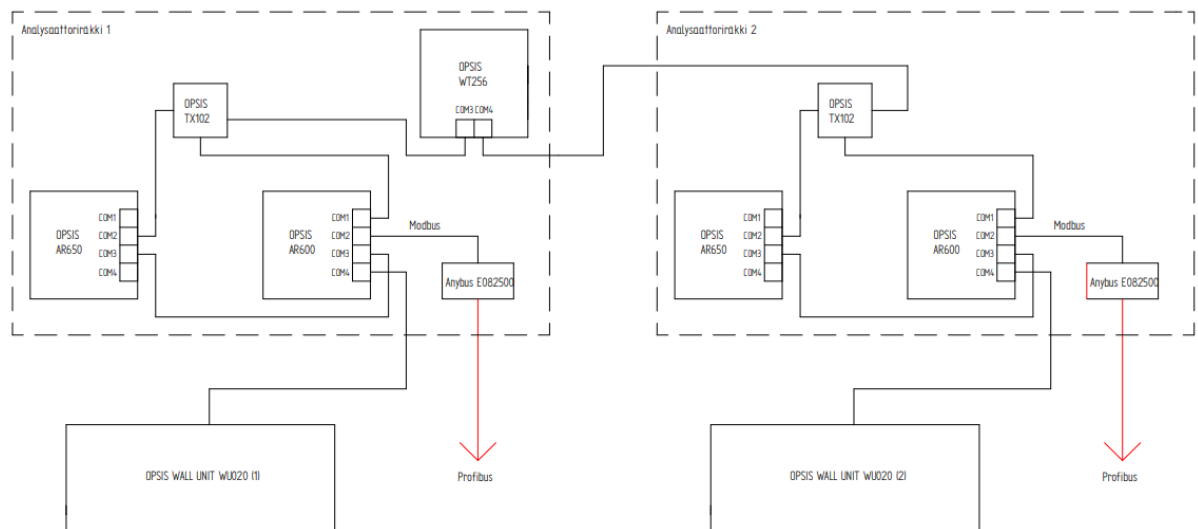
Kuva 13. Signaalikeskus ja piirikaavio.

Riviliittimille X3 tulee mittaustiedot piipusta, josta lämpötilan ja paineen mittatieto kiertää loopin galvaanisen erottimen inputin kautta Duragin D-FL 100-20M -arviointiyksikölle, ja siitä takaisin mittaustiedon toiselle johdolle. Virtausmittauksen tieto menee suoraan arviointiyksikölle. Tarkemmin kytkennöistä kuvan 14 piirikaaviossa. Arviointiyksikkö tarvitsee piipun lämpötila- ja painetiedot, jotta pystyy laskemaan tilavuusvirtauksen.

Riviliittimiltä X5 ja X6 lähtee tiedot eteenpäin Opsiksen seinäyksikölle, jossa näitä tietoja käytetään analysaattorilla savukaasun komponenttien analysointiin sekä järjestelmän ohjaamiseen. Riviliittimille X5 lämpötila- ja painemittatiedot tulevat galvaanisen erottimen outputin kautta. Virtauksen mitta- ja vikatiieto tulee suoraan arviointiyksiköltä.

4.6 Kommunikointi

Seinäyksiköltä kommunikoidaan AR600-analysaattorille kommunikointimoduulin kautta Modbus-protokollan avulla. AR650-analysaattori on kytketty AR600-analysaattoriin myös Modbus-protokollaa käyttäen. Analysaattorilta kommunikoidaan eteenpäin Anybus-konvertterille Modbus-protokollaa käyttäen, jossa kommunikointi muunnetaan Anybus-konvertterin avulla Profibus-väyläliikenneprotokollaan. Kuvan 14 piirikaaviossa tarkemmin järjestelmän kommunikoinnista.



Kuva 14. Piirikaavio järjestelmän kommunikoinnista.

Anybus-konvertteri toimii projektissa yhdyskäytävänä sarjasovellusprotokollan ja Profibus-väyläliikenneprotokollan välillä. Konvertterin avulla päästömittausjärjestelmän integrointi voimalaitoksen automaatiojärjestelmään oli helppoa ja vaati vain vähän kaapelointia. Profibus-väylän kytkentä ja ohjelmointi automaatiokeskukseen oli asiakkaan vastuulla, eli kommunikointirajapintana toimi

päästömittauskontissa sijaitseva konvertteri. Voimalaitoksen automaatiokeskuksesta kaikki päästömittauskontin tiedot vietiin lopulta voimalaitoksen valvomoon.

5 Käyttöönotto

Päästömittauskontin asennus sekä käyttöönotto asiakkaalla tapahtui heinäkuun lopussa 2021 laitoksen ollessa seisokissa. Kontti asennettiin sille rakennettujen betonijalustojen päälle tehtaan piippujen juurelle (kuva 15).



Kuva 15. Päästömittauskontti asennettuna voimalaitokselle.

Käyttöönoton yhteydessä testattiin järjestelmä niiltä osin, kun se oli mahdollista tehtaan ollessa huoltoseisokissa. Käyttöönoton yhteydessä Testattiin siis laitteiden kytkennät, kommunikointi ja tarkistettiin laitteiden mittaustuloksia, vaikkakin tässä vaiheessa mittaukset näyttivät suurelta osin nolaa. Järjestelmän lopullinen testaus tapahtui seuraavalla viikolla, tehtaan ylösajon yhteydessä huoltoseisokin jälkeen, jolloin pystyttiin varmistamaan mittaustulosten oikeellisuudesta.

6 Projektin päätös

Projektin päätteeksi toimitettiin asiakkaalle vielä kaikki projektin piirustukset sekä laitteistojen manuaalit. Loppudokumentaatio koostui seuraavista dokumenteista

- Opsiksen kytkentäkaavio toimittajan laatima
- Päästömittauskontin layout-kuvat
- Sähkökeskuksen piirustukset ja layout-kuvat
- Laitteiden manuaalit

Projektin päätös venyi syyskuun 2021 alkuun, sillä jouduttiin vielä muutamaan otteeseen käymään voimalaitoksella tarkistamassa laitteiden toimintaa ja mitaustuloksia. Voimalaitoksen ylösajon yhteydessä huomattiin, että piipun virtausmittaukset eivät näytä oikeita tuloksia, joten lähdettiin selvittämään ja ratkaisemaan ongelmaa paikan päälle. Löysimme vian pienen tutkimisen jälkeen ja viaksi osoittautui itse D-FL 100 -virtausmittarin sondi, joka oli asennettu piippuun väärällä tavalla. Mittaus saatiin toimimaan sekä näyttämään oikeaa tulosta asentamalla sondit oikeaan asentoon.

Viikko tämän ongelman ratkaisun jälkeen asiakas ilmoitti, että virtausmittauksen kanssa oli taas ongelmia, mutta tällä kertaa ongelma oli ainoastaan piipussa 2. Lähdettiin taas paikan päälle selvittämään ongelmaa, Puhdistettiin kaikki virtausmittarin osat ja tarkistettiin, että laitteen tiivisteet olivat kunnossa sekä kalibroitiin laite. Kaiken tämän jälkeen virtausmittaus ei edelleenkään toiminut ja päädyttiin vaihtamaan virtausmittauksen paine-eroanturin kokonaan. Paine-eroanturin vaihdon jälkeen saimme virtausmittauksen toimimaan, jonka jälkeen päästömittausjärjestelmä oli kokonaisuudessaan kunnossa sekä toiminnassa.

Projekti pysyi sovituksessa aikataulussa ja budjetissa siitä huolimatta, että virtausmittauksen kanssa tuli lopussa hieman ongelmia. Lopussa tehtyjä

korjaustoimenpiteitä lukuun ottamatta projekti eteni suunnitelmien mukaisesti ja ilman ongelmia.

Projektin lopussa järjestettiin myös koulutustilaisuus päästömittauskontin laitteiston käytöstä, normaaleista huoltotoimenpiteistä sekä mittaustuloksista voimalaitoksen henkilökunnalle. Koulutustilaisuuden järjestämisen sekä projektin dokumenttien toimittamisen jälkeen saatiin virallisesti projekti päätökseen.

7 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella, asentaa sekä käyttöönottaa asiakkaalle jatkuva-toiminen päästömittausjärjestelmä. Päästömittausjärjestelmä saatiin lopulta toimintaan, joten projekti oli kokonaisuudessaan onnistunut.

Projektin aikana opin todella paljon uusia asioita, joista on minulle hyötyä tulevaisuudessa työelämäni aikana. Projektin aikana sain hyvän käsityksen projektityökentelystä ja sen eri vaiheista. Jatkuvat toimisen päästömittausjärjestelmän toimitamiseen liittyi paljon käytännön-, selvitys- sekä suunnittelutyötä. Projekti oli minulle haastava ja todella opettavainen sillä jouduin sisäistämään paljon uusia asioita lyhyessä ajassa.

Helsingissä 29.9.2021

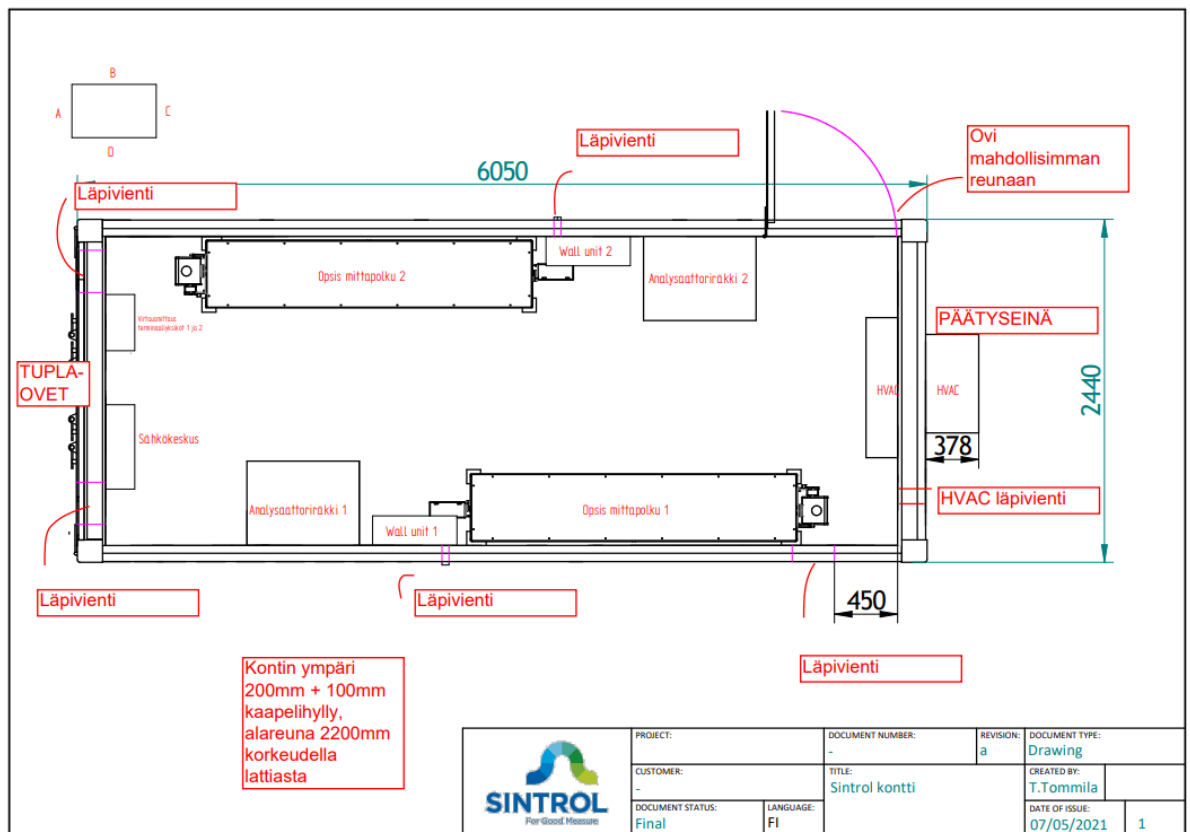
Juha-Matti Laakso

Lähteet

- 1 Päästömittaustekniikan perusteet osa 1. 2007. Verkkoaineisto. Ilmastonsuojeluyhdistys ry. <ilmastonsuojeluyhdistys.files.wordpress.com/2015/05/osa1.pdf>. Luettu 15.7.2021.
- 2 System 400HWE. Verkkoaineisto. Opsis. <<https://www.opsis.se/en/Products/Products-CEM-Process/System400HWE>>. Luettu 4.8.2021.
- 3 Durag 2013. D-FL 100 manuaali. 2013. Sintrol Oy. Yrityksen tietokanta.
- 4 Zirkonia happianturi. Verkkoaineisto. Opsis. <<https://tinyurl.com/4ypfanbh>>. Luettu 21.8.2021.
- 5 Päästömittaustekniikan perusteet osa 2. 2007. Verkkoaineisto. Ilmastonsuojeluyhdistys ry. <<https://ilmastonsuojeluyhdistys.files.wordpress.com/2015/05/osa2.pdf>>. Luettu 9.8.2021.
- 6 ABB lämpötilamittaus. 2019. Verkkoaineisto. ABB. <<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=PB/TEMPERATURE-EN&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>>. Luettu 1.9.2021.
- 7 DOAS analyzer guide release 4. 2017. Sintrol Oy. Yrityksen tietokanta
- 8 OPSIS AR602Z manuaali release 1. 2014. Sintrol Oy. Yrityksen tietokanta
- 9 DOAS teknologia. 2017. Verkkoaineisto. OPSIS. <<https://www.opsis.se/en/Blog/ArticleID/17/DOAS-Explained>>. Luettu 16.8.2021.
- 10 Valtioneuvoston asetus suurten polttolaitosten päästöjen rajoittamisesta. 2014. Verkkoaineisto. Finlex. <<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140936>>. Luettu 6.9.2021.
- 11 Happianturin toimintaperiaate. 2018. Verkkoaineisto. OPSIS. <<https://www.opsis.se/en/Blog/ArticleID/22/Operating-Principle-of%20an-Oxygen-Monitor>>. Luettu 3.9.2021.
- 12 OPSIS QAL 1 certificate AR600 series. 2014. OPSIS. <https://www.opsis.se/portals/12/documents/qal1/rap-254_qal1_tuv_ar602znhg-ar602zn_en.pdf>. Luettu 8.9.2021.

- 13 OPSIS QAL 1 certificate AR650 series. 2014. OPSIS. <https://www.opsis.se/portals/12/documents/qal1/rap-252_qal1_tuv_ar650n_en.pdf>. Luettu 10.9.2021.
- 14 OPSIS IOMan user guide. 2005. Sintrol Oy. Yrityksen tietokanta
- 15 Päästömittaustekniikan perusteet osa 3. 2004. Verkkoaineisto. Ilmastonsuojeluyhdistys ry. <<https://ilmansuojeluyhdistys.files.wordpress.com/2015/05/osa3.pdf>>. Luettu 30.8.2021.
- 16 H2S Monitoring. Verkkoaineisto. OPSIS. <<https://www.opsis.se/en/Applications/Continuous-Emissions-Monitoring/H2S-Monitoring>>. Luettu 26.8.2021
- 17 Durag D-FL 100. Verkkoaineisto. TRAGate. <<https://tragate.com/durag-dfl-100-flow-measurement-systems-124886/product>>. Luettu 28.8.2021

Päästömittauskontin layout kuva



Kuva 1. Päästömittauskontin layout-kuva

Päästömittauskontin tehontarve

Taulukossa 1 näkyy minkä vaiheen takaa mitäkin ryhmää syötetään, ryhmän sulakkeen koko ja ryhmän sähkönkulutus. Päästömittauskontin tehontarve kokonaisuudessaan pystyttiin helposti laskemaan taulukosta 1 laskemalla jokaisen ryhmän tehontarve yhteen.

Taulukko 1. Päästömittauskontin tehontarve kohteittain. Jokaisen sulakkeen taakse tulevat asiat on ja niiden vaatima tehontarve kirjattu erikseen omalle rivilleen.

		[V]	[Sulake- koko]	[W]	Huom.
CEMS Kontti	3,L,N,P	400		5100	
HVAC	L1NP, Syöttö 1	230	C16A	2000	
Pistorasiat	L3NP, Syöttö 1	230	C10A	2000	
Valo	L2NP, Syöttö 1	230	C10A	100	
Lämpöpatteri	L2NP, Syöttö 1	230	C10A	1000	
OPSIS 1 Mittapolku					
Lämmitetty mittapolku	L123NP, Syöttö 1	400	3xC16A	5120	
PS150				1500	
Lasinlämmittimet				220	
Happimittaus O2000				100	
Lämmitetty sondi				100	
Lämmitetty näytelinja				800	16 m / (150W/m)
OPSIS 1 Analysaattori- kaappi					
AR600	L1NP, Syöttö 1	230	C10A	800	
AR650	LNP	230		200	
WT256	LNP	230		200	
DL256	LNP	230		20	
DL256	LNP	230		50	
Modeemi	LNP	230		30	
Wall Unit	LNP	230		200	
Jäähdytin	LNP	230		100	
Virtausmittaus 1					

Virtalähde 24V	L3NP, Syöttö 2	230	C10A	200	Sisältää D- FL100-20M + 2x signal splitter
OPSIS 2 Mittapolku	L123NP, Syöttö 2	400	3xC16A	7820	
Lämmitetty mittapolku				1500	
PS150				220	
Lasinlämmittimet				100	
Happimittaus O2000				100	
Lämmitetty sondi				800	
Lämmitetty näytelinja				5100	34 m / (150W/m)
OPSIS 2 Analysaattori- kaappi	L1NP, Syöttö 1	230	C10A	800	
AR600	LNP	230		200	
AR650	LNP	230		200	
WT256	LNP	230		20	
DL256	LNP	230		50	
Modeemi	LNP	230		30	
Wall Unit	LNP	230		200	
Jäähdytin	LNP	230		100	
Virtausmittaus 2					
Virtalähde 24V	L3NP, Syöttö 2	230	C10A	200	Sisältää D- FL100-20M + 2x signal splitter