



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ. - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO.
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA.

KULUTUSTIETOJEN RAPOR- TOINTI NYKYAIKAISELLA TAVALLA

TEKIJÄ: Antti Turunen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Antti Turunen	
Työn nimi Kulutustietojen raportointi nykyaikaisella tavalla	
Päiväys 10.4.2014	Sivumäärä/Liitteet 50/1
Ohjaaja(t) Yliopettaja Väinö Maksimainen, yliopettaja Ari Suopelto ja sähköinsinööri Pertti Rytönen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Savon Sellu Oy	
Tiivistelmä <p>Moderneissa voimalaitosten ratkaisussa ovat tarvittavat virtausmittaukset voimalaitoshenkilökunnan näyttöpäätteillä tarkastelua ja ohjausta varten. Tämä mahdollistaa myös virtausmittausdatasta saatujen kulutustietojen jatkoprosessoinnin ja laskennan muille tahoille automaatiojärjestelmien avulla. Moderneissa voimalaitoksissa mittaustekniikat ovat myös tarkkoja ja optimoituja mitattaville aineille.</p> <p>Työssä tutkittiin vaihtoehtoja Savon Sellu Oy:n voimalaitoksen kulutustietojen nykyaikaiselle raportointitavalle. Työ käsitti modernisoinnin selvitystä virtausmittausten pätevydestä ja parhaasta mahdollisesta tavasta liittää niistä saadut kulutustiedot tehtaan raportointijärjestelmään. Virtausmittausten pätevyyttä selvitettiin anturitekniikoiden kannalta mittalaipan, ultraäänianturin ja elektromagneettisen anturin osalta. Lisäksi pätevyyttä tutkittiin mitattavien aineiden liemen, veden ja höyryn kannalta. Raportointijärjestelmään liittymisen osalta tutkittiin yrityksessä jo olemassa olevia Siemens S7, Honeywell ja Metso DNA -automaatiojärjestelmäratkaisuja.</p> <p>Työn tuloksena saatiin ehdotelmat virtausmittausten tarkempaan ja modernimpaan mittaukseen jokaiselle kohteelle. Lisäksi laadittiin ehdotelma parhaasta ratkaisusta liittää virtausmittauksista saadut kulutustiedot tehdasraportointijärjestelmään.</p>	
Avainsanat Virtausmittaus, mittalaippa, elektromagneettinen anturi, ultraäänianturi, ohjelmoitava logiikka	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Antti Turunen			
Title of Thesis Reporting of Consumption Data in a Modern Way			
Date	10 April 2014	Pages/Appendices	50/1
Supervisor(s) Mr Väinö Maksimainen, Principal Lecturer, Mr Ari Suopelto, Principal Lecturer, Mr Pertti Rytönen, Electrical Engineer.			
Client Organisation /Partners Savon Sellu Oy			
Abstract <p>Modern power plant solutions have the necessary flow measurements on the screens for the staff to monitor and control the process. This also enables further processing and calculation from the flow measurement data with automation systems. In modern power plants the measurement techniques are also precise and optimized for the measured substance.</p> <p>The purpose of this thesis was to research options for a modern way to report consumption data in the Savon Sellu Oy power plant. The thesis consisted of finding out the validity of flow measurements and of finding out the best possible way to connect the consumption data to the plant's reporting system. The validity of flow measurement was researched on the following types of sensor techniques: orifice plate sensor, ultrasonic sensor and electromagnetic sensor. The validity was also researched based on the measured substances: liquor, water and steam. Only automation systems that were already implemented in the company, Siemens S7, Honeywell and Metso DNA, were researched for connecting to the reporting system.</p> <p>As an outcome of the thesis suggestions for a more accurate and modern flow measurement were achieved for each subject. Also a suggestion for the best possible way to connect the consumption data acquired from the flow measurements to the plant's reporting system was achieved.</p>			
Keywords Flow measurement, orifice plate, magnetic flow meter, ultrasonic flow meter, programmable logic controller			
Public			

ESIPUHE

Suuret kiitokset Savon Sellun henkilökunnalle ja ennen kaikkea sähköosaston henkilökunnalle suuresta tuesta ja avusta. Lisäksi haluan kiittää ohjaavia opettajia Väinö Maksimaista ja Ari Suopeltoa sekä työpaikan ohjaajaa Pertti Rytköstä.

Kuopiossa 10.4.2014

Antti Turunen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	LÄHTÖTILANNE.....	9
2.1	Projektin laajuus	10
2.2	Nykytilanteen haitat	10
2.2.1	Laskurit	11
2.2.2	Mittaukset	11
2.3	Modernisoinnista saatavat hyödyt	12
3	TOIMILAITTEET	13
3.1	Anturit.....	13
3.1.1	Mittalaippa.....	14
3.1.2	Elektromagneettinen anturi.....	15
3.1.3	Ultraäänianturi	16
3.2	Lähettimet.....	17
3.3	Piirturit.....	18
3.4	Laskurit.....	19
3.5	Laskureiden piirit	20
3.6	Galvaaninen erotus	26
3.6.1	Erotuksesta toiminta.....	26
3.6.2	Erotuksen vaikutus vikatilanteessa	27
4	MITTAUSTAPOJEN PÄTEVYYS.....	28
4.1	Mittalaippa	28
4.2	Elektromagneettinen anturi	29
4.3	Ultraäänianturi.....	30
4.4	Lähettimet.....	31
4.5	Veden virtausmittaus	32
4.6	Höyryn virtausmittaus	33
4.7	Liemen virtausmittaus	35
4.8	Vaihtoehtoinen kompensointi ja kalibrointi.....	35
5	AUTOMAATIO	37

5.1	Automaatiojärjestelmä	37
5.2	Ohjelmoitava logiikka	37
5.2.1	Rakenne	38
5.2.2	Tulot ja lähdöt	38
5.2.3	Ohjelmointi	39
5.2.4	Käyttöliittymä.....	39
5.3	WinCC.....	40
5.4	TIPS.....	41
5.5	Rajapinnat ODBC	41
6	MODERNISOINNIN VAIHTOEHDOT	42
6.1	Siemens S7	42
6.1.1	Siemens S7 edut	42
6.1.2	Siemens S7 haitat	43
6.2	Honeywell	43
6.2.1	Honeywell edut	43
6.2.2	Honeywell haitat	44
6.3	Metso.....	44
6.3.1	Metso edut	44
6.3.2	Metso haitat.....	44
6.4	Moderni mittaustietojen keräys	45
7	YHTEENVETO.....	46
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	49
	Liite 1	50

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö on tehty Savon Sellu Oy:lle. Savon Sellu Oy on fluting- eli aallotuskartonkia valmistava yritys, joka sijaitsee Kuopion Sorsasalossa. Tehtaan omistaa Powerflute Oyj emoyhtiö, joka on noteerattu sekä Lontoon pörssissä että Helsingin pörssin First North -listalla. Tehtaassa on yksi kartonkikone ja oma voimalaitos. (Powerflute Oyj 2013.)

Opinnäytetyö liittyy voimalaitoksen virtausmittausten laskuriseinän suunniteltuun siirtoon näyttöpäätteille valvomoon ja tehdastietojärjestelmään. Siirron avulla nykyaikaistetaan virtausmittausten modernia raportointia. Lisäksi työssä selvitetään mittaustapojen pätevyyttä mitattavissa kohteissa ja niiden mahdollista modernisointia. Työssä esitettyjen ratkaisujen avulla tehtaan mittaustavat ovat tarkempia ja mittausdata on tarvittaessa helpommin käytettävissä.

Raportti koostuu nykytilanteen haittojen kartoittamisesta toimilaitteiden tasolta automaatiojärjestelmään, ja se esittää ratkaisut niiden parantamiseen käytön kannalta sekä lyhyemmän että pidemmän aikavälin tarkkailulla.

2 LÄHTÖTILANNE

Lähtötilanteessa voimalaitoksen mittauksen tulokset kerätään laskureille voimalaitoksen valvomossa olevan erillisen laskuriseinän laskureille. Laskurit ovat vanhanmallisia ja käytön kannalta epäkäytännöllisesti sijoitettu. Käytettävyyden parantamiseksi korvataan digitaaliset laskurit ohjelmallisilla laskureilla automaatiojärjestelmän kautta ja näin siirretään tarvittavien laskureiden lukemat valvomohenkilökunnan näyttöpäätteille sekä tehdastietojärjestelmään.



KUVA 1. Laskuriseinä valvomossa. (Valokuva Antti Turunen 2013.)

Lisäksi laskuripiirien toimilaitteet kentätasolla ovat osittain vanhanmallisia eikä niiden mittaustietoja ole kaikissa tapauksissa optimoitu ja kompensoitu. Tämän takia toimilaitteiden modernisointia on myös tutkittava.

2.1 Projektin laajuus

Projekti koostuu 34:n erilaiseen mittaukseen liittyvien laskureiden tiedon siirtämisestä tehtaan tietojärjestelmään. Lisäksi tutkitaan mittausten toimilaitteiden modernisointia. Voimalaitoksen mittaukset koostuvat lähinnä erilaisista höyryn ja veden virtausmääristä sekä muutamasta keittoliemen virtausmittauksesta. Lista mittauksista liitteessä 1.

Ennen modernisointia on selvitettävä toimilaitteiden, kuten anturien ja lähettimien, nykytilanne toimivuuden, tarkkuuden, eliniän ja kunnan kannalta. Näiden tietojen pohjalta saadaan perusteet toimilaitteiden mahdollisille muokkauksille, lisäyksille ja uusimiselle modernisoinnin yhteydessä.

Työssä selvitetään lisäksi järkevin tapa liittää laskureiden piirit automaatiojärjestelmään sekä tehtaan raportointijärjestelmään. Tämä tarkoittaa muutaman eri vaihtoehdon selvitystä parhaaksi mahdolliseksi ratkaisuksi. Vaihtoehtoina ovat laskuripiirien lisääminen uuteen hajautettuun logiikkaan tai olemassa olevaan logiikkaan. Lisäksi mahdollisuutena on liittää laskennat ns. ylemmän tason automaatiojärjestelmään.

2.2 Nykytilanteen haitat

Nykytilanteessa laskureissa ja mittaustavoissa on muutamia haittoja.

Laskureiden haittoja ovat :

- laskureiden sijoitus
- laskureiden lukemien kirjaustapa
- kirjausvirheet
- lukemat eivät ole tehdastietojärjestelmässä
- laskurin näytön mahdollinen nollaantuminen
- nykyaikaisuus
- ei mittauksen senhetkistä arvoa.

Mittaustapojen haittoja ovat :

- tarkkuus
- kompensointi
- toimintavarmuus
- ikä
- tekniikka
- mitattavan aineen oikea mittaustapa.

2.2.1 Laskurit

Tällä hetkellä laskurit on sijoitettu hankalasti erilliselle seinälle voimalaitoksen valvomossa eivätkä ne ole samassa käyttöpaneelin osa-alueessa, johon kyseessä oleva mittaus liittyy. Sijoittelu luo turhaa siirtymistä valvomopäätteen ja laskureiden näyttöjen välille, koska niitä ei näe suoraan valvomopäätteellä ollessa.

Koska laskurit eivät ole automaatiojärjestelmässä, ei niitä saada valvomon näytöille digitaaliseen muotoon, vaan ne täytyy kirjata käsin laskuriseinältä paperille. Paperilta tiedot syötetään tehdastietojärjestelmään tulevaa käyttöä ja tarkastelua varten. Käsin kirjauksen takia voi tilanteessa syntyä kirjausvirheitä.

Koska tiedot eivät ole tehdastietojärjestelmässä, vaikeutuu lukemien saanti niitä tarvitseville tahoille. Lukemien ollessa tehdastietojärjestelmässä pystytään ne lukemaan tarvittaessa mistä tahansa tietokoneelta ympäri tehdasta. Lisäksi lukemat olisivat digitaalisessa muodossa mahdollisia jatkolaskentoja varten.

Laskurit ovat myös tekniseltä ratkaisuiltaan huonohkoja käyttöä varten. Niiden näyttölukema yltää vain 999 999:n asti, jolloin lukeman ylittyessä laskuri nollaantuu. Tämä on ongelmallista, koska laskureiden lukemat kirjataan kuukausittain, ja lukeman nollaantumisen vuoksi kuun aikana joudutaan oikea lukema laskemaan.

Koska laskurit ovat 1980-1990-luvulta, ne eivät ole kovin nykyaikaisia moderneihin ratkaisuihin verrattuna. Moderneissa ratkaisuissa on kaikki tarvittava tieto valvomon näyttöpäätteellä, mikä helpottaa tarvittavien mittausten ja tietojen käyttöä. Koska laskureiden piirit eivät ole automaatiojärjestelmässä, ei niistä saada virtausmittausten senhetkisiä arvoja näkyviin valvomoon vaan hetkelliset arvot ovat luettavissa vain kentällä olevista lähettimistä. Virtausmittausten reaaliaikainen mittausarvo valvomossa helpottaisi mahdollisten mittausvirheiden ja laitevikojen havaitsemista.

2.2.2 Mittaukset

Mittausten haittana nykyisessä tilanteessa on niiden tarkkuus. Tarkkuutta eri tilanteissa on siis tarkasteltava jokaiselle mitattavalle aineelle erikseen ja niiden tietojen pohjalta voidaan harkita parempia ja tarkempia mittausvaihtoehtoja kohteisiin. Tämänhetkisessä tilanteessa suurin osa virtausmittauksista on toteutettu mittalaipoilla. Mittalaippa anturina ei ole paras ja tarkin mahdollinen tapa kaikissa eri mittauksissa.

Lisäksi mittausten ongelmana on se, ettei niitä ole kaikissa tilanteissa kompensoitu olosuhteiden mukaan. Tämä tarkoittaa esimerkiksi höyryn virtausmittauksessa mittauksen kompensointia höyryn paineen ja lämpötilan mukaan. Ilman kompensointia mittauksen tarkkuus ei ole optimaalinen.

Virtausmittausten toimilaitteiden vaihteleva ikä aiheuttaa myös erinäisiä haittoja. Vanhimpien laitteiden osalla niiden toimivarmuus ja ikääntyvä tekniikka voivat aiheuttaa niissä ylimääräisiä huoltotoimenpiteitä. Toimilaitteiden modernisointia tuleekin tarkastella niiden iän, tekniikan ja toimintavarmuuden osalta.

Viimeisimpänä hättana on oikean mittaustekniikan soveltuvuus mitattavalle aineelle. Oikean mittaustavan valinta aineelle vaikuttaa erityisesti mittaustarkkuuteen, joka on tärkeä osa modernia mittaustekniikkaa.

2.3 Modernisoinnista saatavat hyödyt

Laskureiden modernisoinnista eniten hyötyvät ensisijaisesti voimalaitoksen valvomon henkilökunta. Laskureiden siirto automaatiojärjestelmään mahdollistaa mittaustietojen helpon havainnoinnin näyttöpäätteeltä ilman siirtymistä erilliselle laskuriseinälle. Tämän lisäksi saadaan reaaliaikaisia mittaustietoja, jotka voidaan sijoittaa mittausta vastaavalle osa-alueelle valvomon näyttökuvassa. Lukeman ollessa oikealla osa-alueella tehdasjärjestelmän näyttökuvassa helpottaa se prosessin tilan kokonaiskuvan hahmottamista. Reaaliaikaisten mittaustietojen avulla mahdollisia vikoja ja mittausrvirheitä voidaan myös havainnoida helpommin. Reaaliaikainen data mahdollistaa lisäksi erilaisten trendien ja hälytysten hyödyntämistä, sekä prosessissa että tietojen jälkikäsitelyssä.

Toimilaitteiden modernisointi parantaisi ennen kaikkea tehtaan voimalaitoksen nykyaikaisuutta. Nykyaikaistaminen toimilaitteiden osalta vähentäisi laitteiden huoltoväliä sekä parantaisi toimintavarmuutta. Uudet toimilaitteet mahdollistavat myös tarkempien mittaustietojen keräämisen, joka taas tarvittaessa mahdollistaa tarkemman laskennan mittaustietojen perusteella. Tarkemman laskennan ansiosta kulutustiedot saadaan paremmin selville eivätkä mittavirheet näin ollen välity lopullisiin kulutusraportteihin.

3 TOIMILAITTEET

Tässä osiossa käsitellään voimalaitoksen laskuripiirien toimilaitteita eli lähettimiä, piirtureita, antureita sekä itse laskureita. Osiossa esitellään eri toimilaitteet ja niiden toimintaperiaatteet. Lisäksi esitellään tarvittavat muutokset joita täytyy tehdä, jotta laskureiden piirit voidaan liittää automaatiojärjestelmään. Tämä tarkoittaa laskuripiirien muokkauksen esitystä sekä tarvittavan galvaanisen erotuksen toiminnan kuvausta. Lista toimilaitteista liitteessä 1.

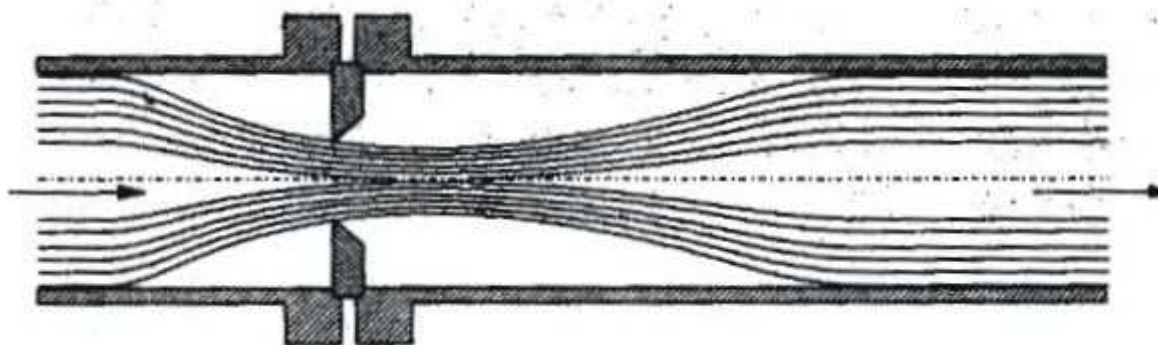
3.1 Anturit

Anturilla tarkoitetaan mittalaitteen osaa, joka reagoi ja havaitsee ympäristöönsä, kuten fysikaalisten suureiden mittaamiseen esimerkiksi sähkönjohtavuuden muutoksella. Anturissa ei yleensä ole näyttöä tai osoitinlaitetta ja siksi ne voivat vain välittää mittauksesta saadun tiedon eteenpäin mittarille tai automaatiojärjestelmään. Anturi voi myös mitata kohdetta suoraan tai epäsuorasti. Epäsuorassa mittauksessa voidaan esimerkiksi massavirtauksen mittauksessa kuljettaa mittaus pienen sivuputken läpi, jossa virtausta lämmitetään tunnetulla teholla ja sen jälkeen mitataan lämpötilan nousu. Tästä päätellään massavirran suuruus. Esimerkki suorasta virtausmittauksesta on virtauksen kuljettaminen mittalaipan läpi ja siten laipan eri puolten paine-eron mittauksen avulla virtauksen laskeminen. Joissain antureissa on oma ohjauselektroniikkansa, jotka sisältävät erilaisia mittausta tarkentavia toimintoja, kuten korjauskertoimia, -käyriä ja -taulukkoita. Joissain tapauksissa ohjauselektronikka on sijoitettu anturissa olevaan ohjausyksikköön. Mittausantureista saadaan yleensä analogista signaalia ja se voidaan muuttaa digitaaliseen muotoon anturin omassa ohjausyksikössä tai erillisessä A/D-muuntimessa. Nykyaikaiset anturien ohjausyksiköt voidaan liittää tarvittaessa internetiin tai suoraan kenttäväylään automaatiota varten. (Wikipedia 2013.)

Savon Sellun tilanteessa mittaukset ovat erilaisten nesteiden ja höyryjen virtausmittauksia ja ne on toteutettu suurimmaksi osin käyttämällä mittalaippaa anturina. Ainoastaan kuusi mittausta kolmesatakymmenestä neljästä on toteutettu muilla tavoin kuten ultraäänianturilla tai elektromagneettisella mittauksella.

3.1.1 Mittalaippa

Mittalaipalla tarkoitetaan pyöreää kuristuselinä, joka asennetaan mitattavan virtauksen putkeen ja sitä käytetään nesteiden, kaasujen ja höyryjen virtausten mittaamiseen. Mittalaipan seurauksena mitattava virtaus joutuu virtaamaan supistuksen kautta, jolloin paine ennen mittalaipan supistusta kasvaa ja taas sen jälkeen vähenee. Mittalaipan mittaus perustuu kuristuksen aiheuttamaan paine-erojen mittaukseen ennen ja jälkeen mittalaipan. Paine-ero mittauksessa on suoraan verrannollinen virtausnopeuteen: mitä suurempi virtausnopeus sitä suurempi paine-ero. Mitattava paine ennen mittalaippaa johdetaan impulssiputkella paine-erolähtettiin sen plus-puolelle ja paine mittalaipan jälkeen vastaavasti lähtetimen miinus-puolelle. Paine-erolähtetimestä viesti muunnetaan sähköiseksi signaaliksi yleensä 4 – 20 mA muotoon ja lähetetään eteenpäin. (Frondelius 2005a.)



KUVA 2. Mittalaipan toimintaperiaate. (Ylivainio 2010.)

Mittalaippa on anturina halpa ja helppo mittaustapa. Kuitenkin jos virtaavassa aineessa on partikkeleja, jotka kuluttavat mittalaippaa, on mittaus epätarkka ja kulumisen takia on lähtetin kalibroitava usein. Lisäksi asennuksessa on huomioitava suoran putkiosan riittävä pituus ennen ja jälkeen mittalaipan. (Frondelius 2005a.)

Voimalaitoksen mitattavista virtauksista vain liemien ja likaisen veden virtausmittauksien toteutus mittalaipalla olisi epäkäytännöllistä. Liemien virtausten mittauksessa liemen ominaisuudet tukkeuttavat mittalaipan toimintaa. Savukaasupesurilta tulevan likaisessa vedessä taas on mittalaippaa kuluttavia partikkeleja, jolloin sen käyttö olisi kannattamatonta.

3.1.2 Elektromagneettinen anturi

Elektromagneettisella anturilla tarkoitetaan magneettista tilavuusvirtauksen mittausta ja se soveltuu aineille, jotka johtavat sähköä. Sähköä johtavia aineita ovat esimerkiksi vesi, sellumassa ja erilaiset nestemäiset kemikaalit. Mittaus tapahtuu putken ylä- ja alapuolelle asennettavilla sähkömagneeteilla, jotka luovat väliinsä magneettikentän. Sähköä johtavan aineen virratessa putkessa se leikkaa syntyneen magneettikentän ja näin ollen tilanteessa indusoituu jännite. Syntynyt jännite mitataan anturiputken molemmin puolin asennetuilla elektrodeilla. Mitä suurempi virtaus putken läpi, sitä suurempi jännite elektrodeille syntyy. Yleensä sähkömagneetit ja elektrodit ovat anturiputkessa itsessään jo valmiina pakettina. (Frondelius 2005b.)

Virtausmittauksista viidessä tapauksessa käytetään elektromagneettista anturia eli ns. magneettiputkea. Nämä mittaukset ovat liemien ja raakaveden sekä likaisen veden virtausmittauksissa. Alla kuvassa 3 position FT-651 virtausmittaus raakaveden määrästä saostukseen.



KUVA 3. Elektromagneettinen virtausmittaus raakaveden määrästä saostukseen. (Valokuva Antti Turunen 2013.)

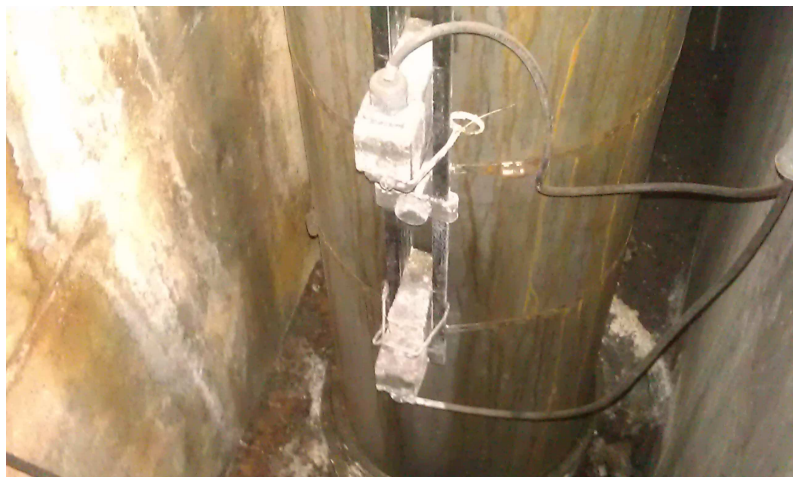
3.1.3 Ultraäänianturi

Ultraäänianturi on ultraääneen perustuva virtausmittaus, joka mittaa halutun nesteen virtausnopeutta ultraääneen perustuvalla laskennalla. Anturi koostuu kahdesta muuntimesta, jotka lähettävät ultraäänipulsseja vuorotellen heijastimen kautta virtauksen läpi. Virtauksen suuntaisen ja vastakkaisen suuntaisen pulssien avulla anturi laskee pulssin kulkuaikojen keskiarvojen perusteella virtausnopeuden. Laskennassa otetaan huomioon doppler-ilmiön aiheuttama taajuussiirto. Vanhemmissa, avoimen kanavan ultraäänivirtausmittauksissa ei doppler-ilmiötä otettu huomioon. Ultraäänianturien mitaustuloksiin vaikuttavat virtaavan aineen akustisen ominaisuudet, lämpötila, tiheys, viskositeetti ja mahdolliset partikkelit mitattavassa virtauksessa. Nämä vaikutukset on otettu huomioon virtausmittarin tyypistä riippuen. Antureita on kahdentyyppisiä, joko putkeen sisäisesti asennettavia tai putken pintaan kiinnitettäviä. (Kukkonen 2004, 6.)

Savon Sellun voimalaitoksen tapauksessa vain yksi virtausmittauksista on toteutettu ultraääneen perustuvalla anturilla. FQ-2450, jäähdytysvesi pesurille on toteutettu Controlotron Uniflow 1010 mallisella ultraäänianturimittauksella ja se on asennettu virtaavaan putkeen pinta-asennuksena. Alla kuvassa 4 ultraäänianturin lähetin ja kuvassa 5 anturin asennus mitattavan putken pintaan.



KUVA 4. Ultraäänianturin lähetin Controlotron Uniflow 990NFM-2C. (Valokuva Antti Turunen 2013.)



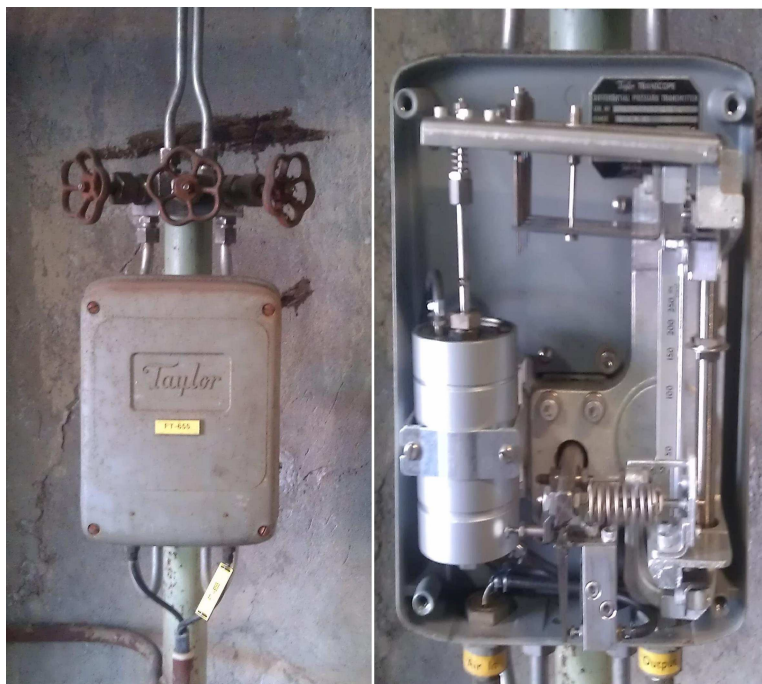
KUVA 5. Ultraäänianturin asennus putken pintaan. (Valokuva Antti Turunen 2013.)

3.2 Lähettimet

Teollisuudessa lähettimellä tarkoitetaan mittauspiirissä olevaa laitetta, joka muuttaa anturilta saamansa tiedon standardiviestiksi. Lähetin nimensä mukaisesti lähettää anturilta saamansa mittasuureen, esimerkiksi 0 – 20 mA, 0 – 10 V tai 4 – 20 mA standardiviestiksi muutettuna, valvomolaitteelle. Joissain vanhemmissa laitteissa lähetin ja anturi toimivat paineilma- viestillä. Yleisimmät paineilma- viestit pneumaattisissa laitteissa ovat 0,2 – 1,0 bar ja 3 – 15 PSI.

Savon Sellulla anturit mittaavat virtauksia eri kohteissa ja useimpien mittausten lähetin muuntaa mittauksen standardiviestiksi ja kuljettaa sen voimalaitoksen valvomoon nykyisille laskureille. Neljäs- sä tapauksessa mittaustieto anturilta tulee pneumaattisena paineilma- viestinä. Laskurit muuntavat standardiviestin laskurin näytölle ns. juoksevaksi arvoksi. Lopullisena tavoitteena on saada lähetti- miltä tulevat standardiviestit galvaanisten erottimien tai PI-muuntimien kautta logiikkakorteille ja lo- giikasta tai automaatiojärjestelmästä valvomon näyttöpäätteille sekä tehtaan tietojärjestelmään.

Koska viidessä mitattavassa kohteessa ovat lähettimet ja anturit vanhoja 60-luvun pneumaattisesti paineilma- viestillä toimivia, on syytä harkita niiden uusimista modernisoinnin yhteydessä. Positioissa FRQ-846, FRQ-655, FIQ-657, FIQ-658 ja FJQ-668 on antureina mittalaipat ja lähettiminä Taylor 212 TD 22012 -malliset paineilmalähettimet. Kuvassa 6 on esitetty Taylor 212 TD 22012 - paineilmalähetin positioista FRQ-655.



KUVA 6. Taylor -paineilmalähetin. (Valokuva Antti Turunen 2013.)

3.3 Piirturit

Valvomon seinillä laskureiden piireissä on erilaisia piirtureita, jotka tallentavat mittauspiirin arvoja. Nämä piirturit jätetään piireihin niiden tarpeellisuuden takia. Osa piirtureista on ns. paperimallia (ABB Linemaster), jotka piirtävät mittauspiirin arvoa ajan funktiona. Suurin osa piirtureista taas on videograafisia piirtureita (ABB SM500 F). Nämä piirturit voivat tallentaa dataa irrotettavalle muistikortille tai näyttää data pylväsgraafina, kaaviona tai lukemanäyttönä itse piirturissa. Neljässä tapauksessa ei mittauspiirissä piirturia ole lainkaan (FIQ-657, FIQ-658, FQ-917 ja FIQ-770). Näistä kahdessa jälkimmäisessä piirturi on tarpeeton, koska mittausdata on jo logiikassa.

3.4 Laskurit

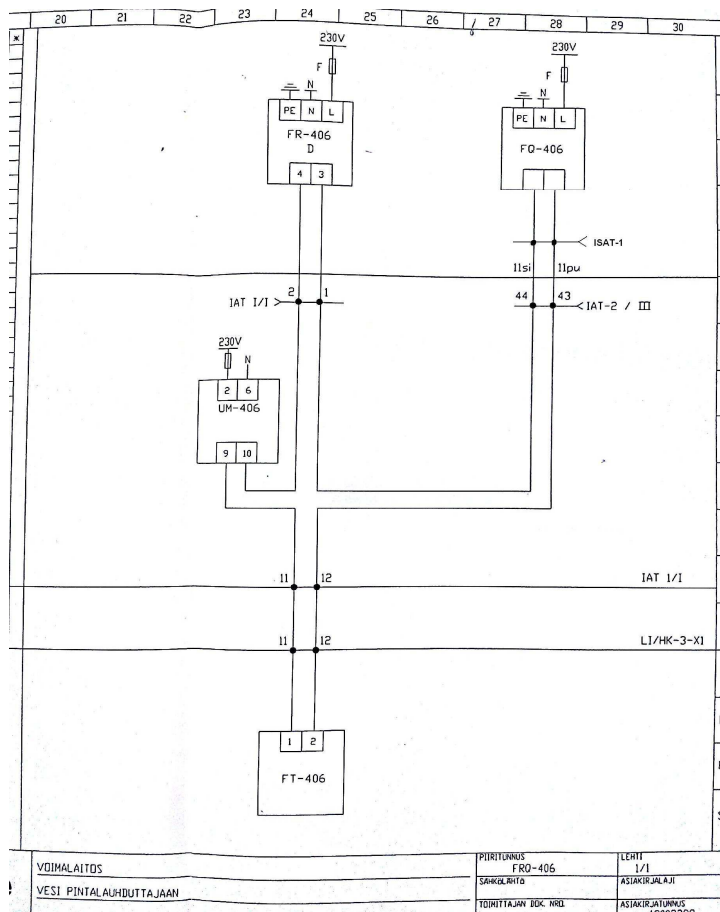
Laskurit ovat nykyisessä tilassaan suurimmaksi osaksi Nokeval ja Adatcounter -merkkisiä laskureita, joissa on digitaaliset numeronäytöt. Laskureiden syöttö tapahtuu 230 V vaihtosähköllä ja niiden sisääntulo on 4 – 20 mA. Muutaman Adatcounter-laskijan sisääntulo on 3 – 15 PSI (engl. Pounds per Square Inch), joka muunnetaan Sensycon-merkkisellä paineilmmamuuntimella 4 – 20 milliampeeri- viestiksi. Laskurit sijaitsevat voimalaitoksen valvomossa erillisellä seinällä, joka on esitetty kuvassa 1.

Kaksi laskuria 34:stä ei sijaitse erillisellä laskuriseinällä. Positioissa FRQ-2435 ja FQ-2450 käytetään laskurin ja piirturin yhdistelmää. Näissä tapauksissa laskuria ei voida eikä tarvitse purkaa, koska ne ovat tarpeellisia valvomohenkilökunnalle voimalaitoksen ohjauksen kannalta.

Kolme mittauspiireistä on jo olemassa Honeywell -automaatiojärjestelmässä, kaksi Metso DNA - automaatiojärjestelmässä ja yksi on siirretty Siemensin S7-ohjelmoitavaan logiikkaan. Näistä piireistä kaksi, FI-7460 ja FIQ-770, on jo mallinnettu kokonaan PC:n valvontaohjelmistossa eikä niiden piireissä ole enää laskuria. Kaikissa muissa tapauksissa, joissa laskuri on laskuriseinällä, tulee laskuri purkaa piiristä ja mallintaa logiikassa. Jo automaatiojärjestelmissä ja logiikassa olevat laskuripiirit luetaan suoraan rajapinnan kautta tehtaan raportointijärjestelmään.

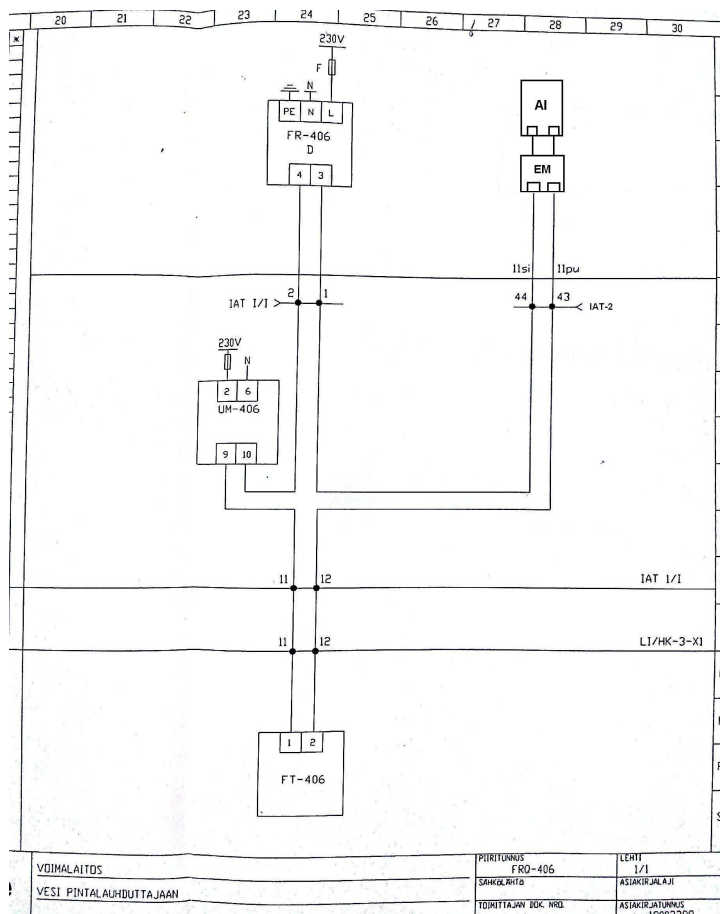
3.5 Laskureiden piirit

Piirit koostuvat itse laskurista, lähettimestä ja anturista, sekä joissain tapauksissa piireissä voi olla lisäksi piirturi, muunnin, virtalähde, venttiili tai säädin. Laskureiden piirejä tulee muokata, jotta ne voivat kytkeytyä logiikkaan. Kuviossa 1 on esitetty esimerkkinä FRQ-406 veden pintalauhduttajan laskurin piiri nykyisessä tilassaan.



KUVIO 1. Vesi pintalauhduttajaan laskuripiiri nykytilassaan. (Savon Sellu Oy.)

Kuvassa FT-406 on mittauspiirin Satron-merkkinen lähetin, joka lähettää putkessa olevan mittalaipan tietoa lähettimelle 0 ja 40 kPa:n välillä. UM-406 toimii piirissä virtalähteenä ja FR-406 on piirissä oleva piirturi. Tässä tapauksessa piirturi ABB SMF500 F on paperiton ns. video graphics recorder -piirturi. FQ-406 on piirin laskuri (Nokeval). Laskuri puretaan ISAT-1-riviliitinkiskosta ja tilalle lisätään liittymä logiikkaan. Kuviossa 2 on esitetty uusi muokattu laskurin piiri.



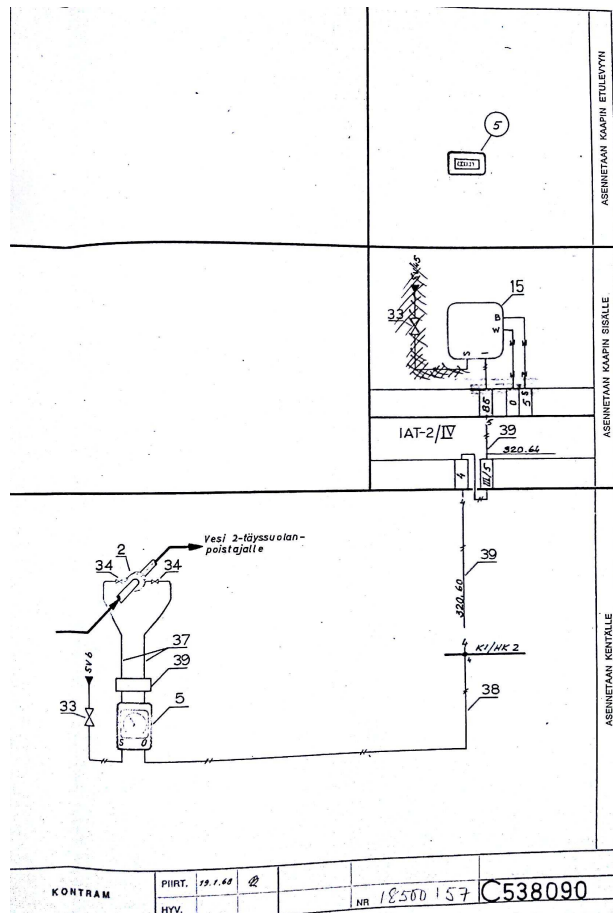
KUVIO 2. Vesi pintalauhduttajaan laskuripiiri muokattuna. (Savon Sellu Oy.)

Uudessa piirissä liityntä otetaan IAT-2-riviliitinkiskosta ja siihen lisätään galvaaninen erotin (EM), jotta liityntä logiikkaan analog input kortille (AI) on suojattu piirissä esiintyviltä mahdollisilta häiriöiltä. Periaate on kaikissa taulukon 1 laskureiden piireissä sama.

Taulukko 1. Muokattavat piirit. (Turunen 2013.)

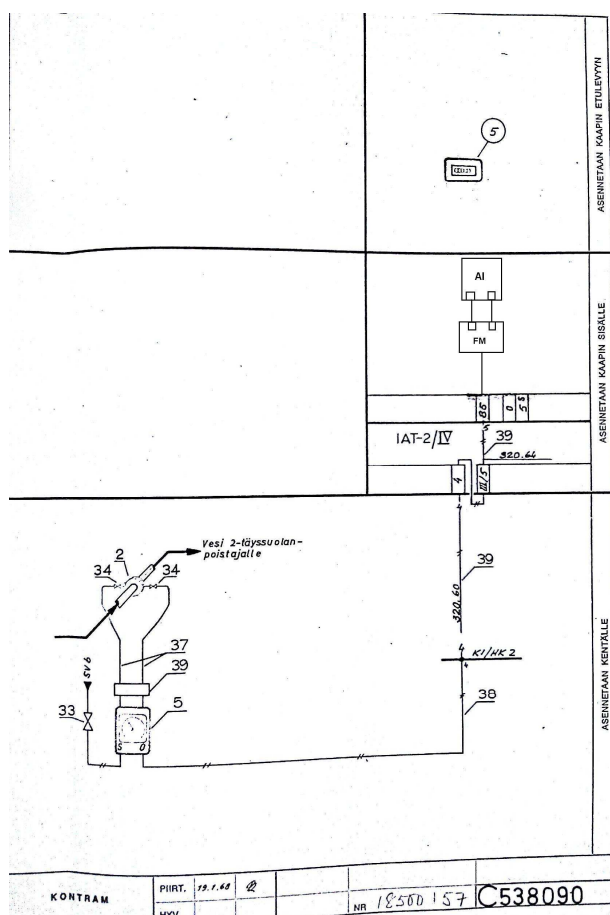
FRQ-001	Raakaveden määrä
FRQ-406	Vesi Pintalauhduttajaan
FIC-651	Raakavesi saostukseen
FRQ-655	Talousvesi suotimilta
FRQ-669	Puhdistetut lauhteet
FRQ-670	Lisävesi
FIRQA-751	Tulistetun höyryn määrä
FIRQ-752	Syöttöveden määrä
FRQ-755	Öljyn hajotushöyry
FRQ-901	Höyry Turbiiniin
FRQ-902	Höyry Turbopumppuun
FRQ-903	Höyry 115/6 bar P.A-Kautta
FRQ-904	Höyry 115/6 bar P.A-Kautta
FRQ-907	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 16bar
FRQ-908	16bar höyry keittämöön
FRQ-909	Höyry apulauhduttimeen
FRQ-910	Höyry syöttövesisäiliöön
FRQ-911	Höyry päälauhdusäiliöön
FRQ-912	Höyry kaukolämmitykseen
FRQ-913	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 6bar
FRQ-914	Höyry hauhduttamoon
FR-971	Höyryn määrä

Neljästä lähettimestä (FRQ-846, FIQ-657, FIQ-658 ja FJQ-668) tieto tulee paineilma- viestinä, joten piiriä on muokattava ja lisättävä niille paineilmamuuuntimet liityntää varten. Alla kuviossa 3 on esitetty piiri FIQ-657 nykyisessä tilassaan.



KUVIO 3. Vesi 1.-täyssuolanpoistajalle laskuripiiri, jossa paineilma- viestillä toimiva lähetin. (Savon Sellu Oy.)

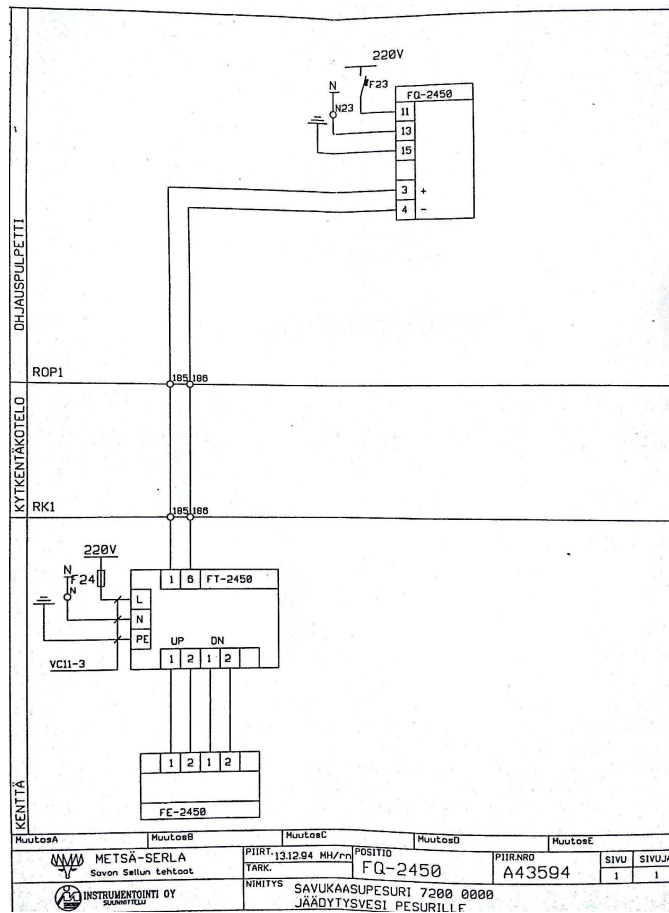
Piiri muokataan kuvion 4 mukaiseksi kytkennäksi.



KUVIO 4. Vesi 1.-täyssuolanpoistajalle laskuripiiri muokattuna. (Savon Sellu Oy.)

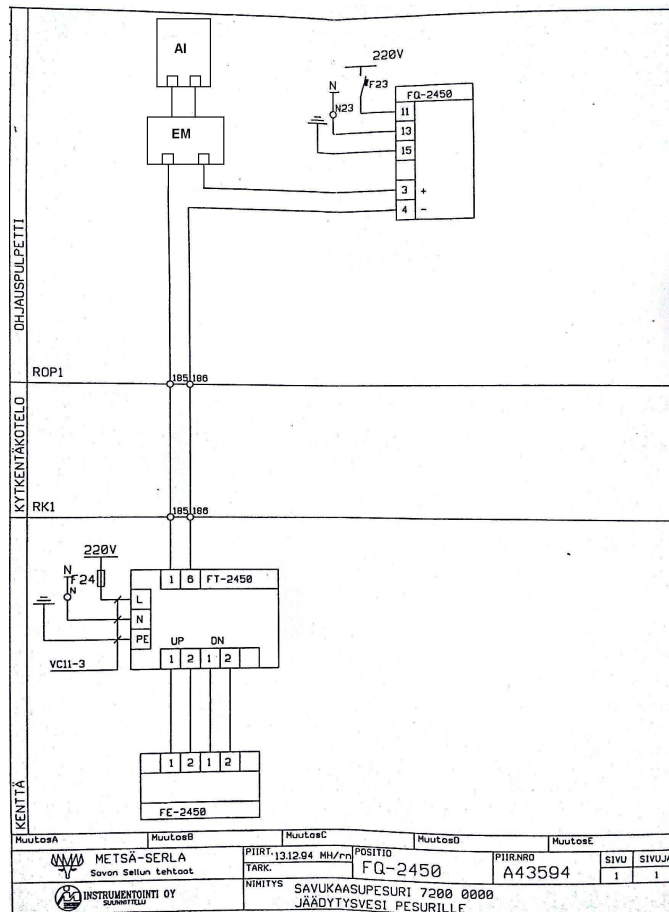
Piirissä lähettimeltä tuleva paineilma viesti kuljetetaan paineilmamuuuntimen (FM) läpi, joka muuntaa paineilma viestin 4 – 20 mA standardiviestiksi analogiselle input logiikkakortille (AI).

Positiassa FQ-2450, jossa laskurin ja piirturin yhdistelmää ei pureta, ja positiassa FR-435, jossa laskuria ei ole, täytyy piirien liityntä automaatioon toteuttaa eri tavalla. Koska piireissä ei ole purettavaa laskuria, täytyy liityntä automaatioon lisätä piirien väliin. Nykyisessä tilassaan piirit ovat periaatteellisesti samantyyppisiä. Kuviossa 5 esimerkkinä piirin FQ-2450 nykytilanne.



KUVIO 5. Savukaasupesurin jäähdytysvesi pesurille laskuripiiri nykyisellään. (Savon Sellu Oy.)

Piiriä on muokattava kuvion 6 mukaiseksi, jotta piirin mittausdata saadaan automaatiojärjestelmään.



KUVIO 6. Savukaasupesurin jäädytysvesi pesurille laskuripiiri muokattuna. (Savon Sellu Oy.)

Piiriin lisätään aikaisemman periaatteen mukaisesti galvaaninen erotus ja sen kautta liityntä analog input logiikkakorttiin.

Muissa tapauksissa, joissa piirit ovat jo jossain automaatiojärjestelmässä, ei tarvitse välttämättä lisätä erillistä liityntää logiikkaan. Niissä laskuri puretaan piiristä ja kytkentä pidetään muuten ennallaan.

3.6 Galvaaninen erotus

Galvaaninen erotus tarkoittaa sähköisessä järjestelmässä kahden eri osan välistä eristystä ja tämä estää näiden osien välillä kulkevan tasavirran siirtymisen. Osien välillä kuitenkin siirtyy sähköenergiaa tai informaatiota induktanssin, sähkömagneettisen kentän, kapasitanssin tai sähkömekaniikan avulla. Galvaaninen erotus on suuressa merkityksessä sähköturvallisuudessa, korroosionestossa ja mittaustekniikassa, koska erotus rajoittaa ei-toivottujen tasavirtojen kiertoa järjestelmässä sekä tasavirran kulun eri potentiaalierojen välillä. (Wikipedia 2013.)

Tässä tapauksessa halutaan suojata herkempiä logiikkakortteja mahdollisilta potentiaalieroilta sekä maasilmukoilta lähetinpiirissä, jotta ne eivät vahingoittuisi mahdollisen vian ilmaantuessa.

Kolmessa tapauksessa (FI-7460, FI-7404 ja FRQ-916) on galvaaninen erotus jo valmiina, mutta muihin liityntöihin se täytyy lisätä. Galvaanista erotusta ei tarvita paineilmalla toimivien lähettimien kanssa.

3.6.1 Erotuksesta toiminta

Laskureiden piirissä on oma virtansa ja näin ollen piiri on aktiivinen. Tämän takia valitaan omavoimainen erotin toimintaa varten. Erotin käyttää piirin lähettimeltä saatavaa aktiivista tuloviestiä 4 – 20 mA syöttääkseen viestin eteenpäin lähtöpiirin vastaanottavalle järjestelmälle, joka on tässä tapauksessa analoginen input logiikkakortti. Omavoimaisessa erottimessa viesti kulkee muuttumattomana läpi ilman skaalausta eli viesti on 1:1. Tapauksessa tulopiirin aktiivinen lähtin kokee erottimen kuormana, joka muodostuu erottimen sisäisestä vastuksesta (90 Ω) ja lähtöpiirin kokonaisvastuksesta R_{KOK} .

$$R_{TULO} = 90 \Omega + R_{KOK}$$

Näin ollen kuorma aiheuttaa tulopiiriin jännitehäviön $U_{Häviö}$.

$$U_{Häviö} = 1,8 \text{ V} + (I_{Lähtö} * R_{KOK}) \text{ V}$$

Kuitenkin lähtöpiirin kokonaiskuorma R_{KOK} saa olla korkeintaan 600 Ω (20 mA, 12 VDC)

Lisäksi vastaanottavan laitteen eli analog input -kortin täytyy olla tässä tilanteessa passiivinen. (SKS Automaatio Oy 2007, 8.)

Erottimien valintaan vaikuttaa erottimesta lähtevien johtimien määrä, koska tila logiikkakorteilla on johdoille rajoitteellinen. Lisäksi lopulliseen valintaan vaikuttaa mahdollinen saatavuus tehtaasta omaan varastosta, hinta sekä yleinen luotettavuus toiminnassa.

3.6.2 Erotuksen vaikutus vikatilanteessa

Galvaanisen erotuksen toiminta piti varmistaa mahdolliselta tilanteelta, jossa erottimen lähtöpuolen eli logiikan virta katoaa tai jos tulopuolen eli mittauspiirin virta katoaa. Joissain tilanteissa on mahdollista, että lähtöpuolen virta vaikuttaa tulopuolen piirin toimintaan ja lähtöpuolen virran puuttuminen saattaisi katkaista koko tulopuolen piirin toiminnan.

Tässä tapauksessa tulopuolen piiri eli laskurin piiri on syöttävä, joten lähtöpuolen logiikan mahdollinen virrattomuus ei vaikuta laskurin piirin toimintaan. Toiminta testattiin Phoenix Contact -merkkisellä galvaanisella erottimella siten, että erottimen tulopuolelle syötettiin milliampeeriviestiä ilman lähtöpuolen kytkentöjä. Virtaviesti kiersi normaalisti.

Vastaavasti erottimen tulopuolen virran kadotessa häviää lähtöpuolelta myös virta, koska logiikkakortti on passiivinen eikä syöttävä. Tällainen tilanne on mahdollinen kaapeli- tai laiterikon ilmaantua laskuripiirissä. Tämä tarkoittaa logiikkakortin kyseisen kanavan sammumista, jolloin kortille ei välity sen tarvitsemaa virtaviestiä. Käytännössä tämän tulee ilmetä laskurin näytön sammumisena ja järjestelmän virheilmoituksena.

4 MITTAUSTAPOJEN PÄTEVYYS

Tässä osiossa käsitellään nykyisten mittaustapojen pätevyyttä kussakin tapauksessa. Osio koostuu veden, höyryn ja liemen mittaustapojen tutkimisesta ja nykyistä parempien vaihtoehtojen selvittämisestä.

Mittaustavan pätevyys kohteessa määräytyy mittaustavan sopivuudella mitattavalle aineelle sekä mahdollisesta mittauksen tarkkuudesta toimilaitteilla. Mittaustarkkuus koostuu toimilaitteen ominaisuuksista, kuten erilaisista kompensoinneista eri mittauksissa, ja virtauslaskennan tarkkuudesta.

Virtamittauksia tarvitaan teollisuudessa ja kuntatekniikassa kahdessa eri tarkoituksessa. Ensimmäinen on nesteiden, kaasujen ja kiintoaineiden hetkellisten virtausten tunteminen prosessin hallinnan, optimoinnin ja turvallisuuden kannalta. Toinen tarkoitus on laitosten ja osaprosessien taselaskenta, joka edellyttää siirrettyjen tai annosteltujen aineiden ja energiakuljettajien vertaamista saavutettuun lopputuotteeseen. Taselaskennassa tärkeintä onkin usein virtausten aikaintegraali eli määrä.

On siis selvítettävä, riittääkö mittauksessa pelkkä nopeusmittaukseen perustuva tilavuusmittaus vai tarvitaanko massan tai energiasisällön mittausta. (Kukkonen 2004, 1.)

4.1 Mittalaippa

Kuten liitteestä 1 huomataan, on suurin osa kaikista virtausmittauksista toteutettu mittalaippaa anturina käyttäen. Mittalaipassa on muutamia ongelmia mittaukseen liittyen. Ensimmäinen ongelma on mittalaipassa käytettävä paine-eromittauksen perustuminen mitatun suureen neliöjuureen. Tällöin virtauksen pienentyessä kymmenesosaan pienenee paine-ero sadasosaan. Tästä syystä on virtausmittauksen tarkkuus huonompi virtauksen pienentyessä. (Kukkonen 2004, 1.) Nykyisissä laitteissa neliöjuurto tehdään matemaattisesti mikroprosessoripohjaisessa ohjelmasuorituksessa; sekä paine-erolähettimessä että automaatiolaitteessa. (Ylivainio 2010, 3.)

Paine-erovirtausmittauksessa tulee myös huomioida lähettimen sijoitus. Koska kuristuselimessä syntyvät paineet yhdistetään paine-erolähtetimelle impulssiputkilla, ei lähetin saa olla liian kaukana. Liian suuret impulssiputket aiheuttavat mittausepä-tarkkuutta. Lisäksi lähettimen tulee olla helposti huollettavassa paikassa. Huomioitavaa on myös impulssiputkien suuntaus mitattavasta aineen mukaan. Jos prosessista mitataan kaasuvirtausta, tulee impulssiputket asentaa ylöspäin johtaviksi koko matkalta. Tällöin putkiin muodostuva neste valuu takaisin virtausputkeen. Vastaavasti nesteille impulssiputket tulee asentaa alaspäin vieviksi, jotta putkiin muodostuvat kaasukuplat nousevat ylöspäin ja poistuvat nestevirtauksen mukana. (Ylivainio 2010, 4.)

Mittalaipan tapauksessa paine-erolähettimien nollapiste pyrkii myös muuttumaan alkuperäisestä arvostaan. Tämä johtuu paine-erolähtetimeen kohdistuvista voimista, jotka aiheuttavat metallikalvon väsymistä. Tästä syystä paine-erolähettimen yhteydessä käytetään kolmikara-asennusventtiiliä, jonka avulla saadaan avattua kammioiden välinen yhteys ja painekammion osat erotetuksi prosessista.

Näin ollen kammioissa on sama paine. Nollapisteen ryömintä voidaan korjata potentiometrin avulla paine-erolähtetimestä, jossa viesti kuljetetaan milliampeeriviestillä. (Ylivainio 2010, 4.)

Yksi yleinen ongelma ja harhaluulo on myös se, että paine-eroon perustuva mittaus on tilavuusvirtausmittaus, jossa tiheyttä virtaavasta aineesta tarvitaan vain massavirtasovelluksissa. Näin ei kuitenkaan ole, vaan jo virtausnopeuden määrittäminen paine-eromuutoksesta virtauksen muuttuessa vaatii virtaavan aineen tiheyden tietoa. Näiden lisäksi virtausmittauksessa tarvitaan myös oletus keskimääräisestä virtausprofiilista. (Kukkonen 2004, 1.)

4.2 Elektromagneettinen anturi

Koska elektromagneettinen virtausmittaus perustuu induktiolakiin, tarvitsee mitattavan aineen olla sähköä johtavaa (nykyisillä antureilla vähintään $0,05 \mu\text{S}/\text{cm}$ johtavuus). Tästä johtuen ns. magneettiputken käyttö ei sovellu kaikkiin tilanteisiin esimerkiksi tislatulle vedelle tai vajaatäytteisille putkille. Kuitenkin nykyisin markkinoille on tulossa uusia malleja, joiden ei tarvitse olla täynnä nestettä. (Ylivainio 2010, 6.)

Myös yksi ongelma magneettisessa virtausmittauksessa voi olla nesteestä selvästi poikkeavan johtokyvyn omaavat kiintoainepartikkelit, jotka aiheuttavat metallielektrodien läheisyydessä sähköistä häiriökohinaa. Tämän vuoksi pulssimagnetoinnissa käytettävien lyhyiden signaalinäytteiden vuoksi voi kohina aiheuttaa liian monia virheellisiä näytteitä siten, että vahvistimen lähtöviesti vääristyy. Häiriöiden on voitu myös osittaa aiheutuvan kiintoainepartikkeleiden osumisesta virtaavaan nesteeseen ulottuviin elektrodeihin. (Kukkonen 2004, 5.)

Tämä ongelma voidaan välttää käyttämällä antureita, joissa ei ole väliaineeseen ulottuvia elektrodeja. Kapasitiivisissa magneettisissa virtausputkissa tätä ongelmaa ei ole, koska se on suora, sileä ja eristävästä materiaalista valmistettu putki kuten perinteiset magneettiset virtausmittaukset ja aineeseen ulottuvia elektrodeja ei ole. Lisäksi kapasitiivisella menetelmällä päästään alhaisiin johtokykyihin, alarajana $0,05 \mu\text{S}/\text{cm}$. Kosketuksettoman mittauksen ansiosta elektrodien kautta tapahtuva vuoto on mahdotonta ja samoin niiden korrosio-ongelmat poistuvat, bakteerikasvu elintarviketeollisuuden sovelluksissa ja sähkökemialliset ongelmat vähenevät. (Kukkonen 2004, 5.)

Toinen ongelma nykyisissä magneettisissa virtausmittauksissa on ollut niiden 4-johtiminen kaapelointi. 2-johdinrakenteisia magneettisia virtausmittauksia onkin tullut viimeaikoina markkinoille. 2-johdintekniikalla toteutettuna kaapelointikustannukset vähenevät ja yksinkertaisuus kasvaa. Kahdella johtimella toteutettuna liitettävyyden logiikka- ja automaatiojärjestelmiin onnistuu suoraan ja tehonsyöttöön käyvät samat galvaanisesti erotetut virtalähteet kuin muihinkin kenttälaitteisiin. (Kukkonen 2004, 6.)

4.3 Ultraäänianturi

Enemmistö ultraäänivirtausmittauksista perustuu keskimääräisen virtausnopeuden mittaamiseen. Tämän takia niiden mittaustuloksen virheettömyyteen vaikuttaa menetelmästä riippuen hyvin paljon virtausanturin asennus ja virtauksessa esiintyvät virtausprofiilit ja niiden häiriöt. (Kukkonen 2004, 6.)

Virtausprofiiliherkkyyttä ultraääniratkaisussa voidaan vähentää käyttämällä useampia ultraäänikeiloja (jopa viisikeilaiset rakenteet). Tällöin mittaus on mahdollisimman riippumaton virtausprofiilista ja mittattavan nesteen lämpötilasta, eikä virtausputkessa ole mitään liikkuvia, kuluvia tai painehäviöitä aiheuttavia osia. (Kukkonen 2004, 6.)

Kehittyneen tekniikan ansiosta nykyaikainen prosessipohjainen vahvistin anturille voi tilavuusvirta- ja määrämittauksen lisäksi tunnistaa tai mitata virtaavan nesteen laadun, Reynolds-luvun, viskositeetin, lämpötilan ja massavirran. (Kukkonen 2004, 6.)

Tarkkaa virtausmittausta ultraääniantureilla ovat hankaloittaneet pienet virtausnopeudet, suuri viskositeetti ja ahtaat virtaustiet. Ratkaisuna näihin ongelmiin Siemens on tuonut markkinoille ultraäänien kulkutien monistavan patentoidun menetelmän. Siinä ultraäänien pitkä mittaustie varmistaa tarkan mittaustuloksen myös pienillä virtausnopeuksilla ja pienissä putkissa. Anturia on saatavissa tosin vain putkikooille DN 25 – DN 100. Suuremmille putkikooille, aina DN 30000 saakka, löytyy rakenteita nesteille ja kaasuille, joissa kalibroidulle virtausputkelle anturi voidaan asentaa putken ulkopintaan. (Kukkonen 2004, 6.)

Nykyaikaisissa Doppler-ilmiöön perustuvissa mittauksissa edellytetään virtauksessa olevia pieniä epäpuhtaushiukkasia, jotka kulkevat virtauksen mukana samalla nopeudella. Kun ultraäänianturin ääniaallot kohtaavat virtauksessa olevan hiukkasen, osa ääniaalloista heijastuu takaisin kaikuna. Hiukkasen ja vastaanottimen välinen etäisyys pienenee virtausnopeuden ja kulman mukaan. Tämän avulla vastaanottimessa saatavien ääniaaltojen taajuus kasvaa. Taajuuden kasvamisen avulla voidaan laskea virtausnopeus. Mutta kuten edellä on mainittu, vaatii Doppler-ilmiöön perustuva ultraäänimittaus epäpuhtaushiukkasia virtauksessa ja näin ollen se ei sovellu kaikkiin tapauksiin. (Ylivainio 2010, 7.)

4.4 Lähettimet

Suurin osa mittauspiirien lähettimistä on suhteellisen nykyaikaisia. Mittalaippojen tapauksessa lähettimet eivät kuitenkaan edusta uusinta ja tarkinta tekniikkaa kuten eivät mittalaipatkaan. Varsinkin paineilma- ja sähköviestillä toimivat vanhat Taylor-merkkiset lähettimet tulisi uusida. Modernisoinnissa vanhojen Taylor merkkisten lähettimien tilalle olisi mahdollista asentaa Rosemount 2051 painelähettimet. Rosemount 2051 lähettimet ovat Savon Sellulla varastotavaraa, jolloin erillisiä hankintakustannuksia ei syntyisi. Lisäksi modernisointi vaatisi uusien viisitieventtiilien asennuksen, jotka ovat myöskin varastotavaraa, sekä lähettimien sähköistykseen, josta koituisi hieman asennuskuluja johdotuksien takia. Kuitenkin pitkällä aikavälillä olisivat uudet sähköisellä 4 – 20 mA standardiviestillä toimivat lähettimet varmempi toimintatapa. 4 – 20 mA standardiviesti on varmin, koska siinä nollaviesti (4 mA) on ns. kelluva, jolloin vian ilmaantuessa esimerkiksi johtimen katketessa, huomataan virtaviestin kadonneen eikä se jää näyttämään nollaa.

Jos modernisointia ei kuitenkaan toteuteta lähettimien osalta, vaihtoehtoisesti voidaan vanhat pneumaattiset lähettimet pitää ennallaan ja lisätä vain tarvittaviin kohteisiin paineilma- ja sähköviestillä toimivat automaatiojärjestelmään liityntää varten. PI-muuntimet ovat myös varastotavaraa, jolloin niistäkään ei synny ollenkaan lisäkustannuksia.

Lähettimien uusiminen ei kuitenkaan ole tarpeen, jos mittalaipat korvataan esimerkiksi elektromagneettisella anturilla, jossa magneettiputkessa itsessään on jo lähetin valmiiksi asennettuna. Tällöin vanhat lähetinratkaisut poistuisivat käytöstä ja anturi ja lähetin olisivat samassa pisteessä. Tilanteissa, jossa lähettimeltä näkyvät virtausarvot ovat tarpeellisia kentällä, voidaan käyttää erillistä anturi- ja lähetinpakettia.

4.5 Veden virtausmittaus

Veden virtausmittaus kaikissa voimalaitoksen kohdissa tapahtuu täysissä putkissa. Virtausputken ollessa täysi ja paineistettu vaikuttaa virtauksen mittaukseen virtaavan aineen paine sekä tiheys. Nämä tiedot on otettava huomioon eri mittaustavoissa, jotta mittaus olisi mahdollisimman tarkka. Alla taulukossa 2 on esitetty kaikki positiot, joissa mitataan veden virtausmittausta sekä tapa, jolla sitä nykytilanteessa mitataan.

Taulukko 2. Veden virtausmittauksen positiot ja anturityypit. (Turunen 2013.)

Positio	Nimitys	Anturi
FRQ-001	Raakaveden määrä	Mittalaippa
FQ-2450	Jäähdytysvesi pesurille	Ultraäänanturi
FI-7460	Esihaihdutus syöttövirtaus	Elektromagneettinen anturi
FRQ-406	Vesi Pintalauhduttajaan	Mittalaippa
FRQ-846	Syöttövesi-esilämmittimen sivulauhde	Mittalaippa
FIC-651	Raakavesi saostukseen	Elektromagneettinen anturi
FRQ-655	Talousvesi suotimilta	Mittalaippa
FIQ-657	Vesi 1.-täyssuolanpoistajalle	Mittalaippa
FIQ-658	Vesi 2.-täyssuolanpoistajalle	Mittalaippa
FJQ-668	Omakäyttölauhteet	Mittalaippa
FRQ-669	Puhdistetut lauhteet	Mittalaippa
FRQ-670	Lisävesi	Mittalaippa
FIRQ-752	Syöttöveden määrä	Mittalaippa
FRQ-2435	Savukaasupesuri likaisen veden virtaus	Elektromagneettinen anturi

Taulukosta huomataan, että suurin osa antureista on paine-eromittauksia mittalaipalla ja muutama on toteutettu elektromagneettisella anturilla ja yksi ultraäänanturilla.

Koska mittalaippa on anturitekniikkana vanhanaikainen ja epätarkka tulisi ne korvata modernisoinnissa uudemmilla ja tarkemmilla tekniikoilla. Tarkempi virtausmittaus mittalaippojen tilalle olisi esimerkiksi elektromagneettinen induktioon perustuva virtausmittaus. Magneettiputki on parempi paine-eromenetelmään perustuvaan mittalaippaan verrattuna tarkkuudessa sekä pienemmällä huoltovälillä. Lisäksi mittaus ei aiheuta painehäviötä mitattavassa putkessa.

2-johdintekniikalla toteutettuna olisivat kaapelointikustannukset pienemmät ja liitettävyyden automaatiojärjestelmään helpompi.

Kuten edellä osiossa 4.2 on selitetty, soveltuu elektromagneettinen anturi vain sellaisille aineille, joissa on epäpuhtauksia johtokyvyn takaamiseksi. Tästä syystä elektromagneettinen anturi ei sovellu positioille FIQ-657 ja FIQ-658, joissa täyssuolanpoistajille menevät vedet ovat tislattuja ja eivät näin ollen johda sähköä.

Näihin positioihin mahdollinen vaihtoehtoinen ratkaisu olisi coriolis-voimaan perustuva massavirta-mittaus. Coriolis virtausmittaus perustuu massavirtaan, tilavuusvirran ja virtausnopeuden sijasta, joka on tarkempi mittaus raaka-ainekulutuksen ja kustannusten optimoinnin kannalta. Coriolis mittauksen perustuessa Newtonin toiseen lakiin, voima = massa x kiihtyvyys, on sen mittauksen muutos lineaarinen ja virtauksen muuttuessa muuttuu myös mitattu suure eli virtausputken värähtely. Anturin ilmaisema liikemäärä, impulssi on suoraan massa kerrottuna nopeudella. Tästä saavutetaan kaksi etua paine-eromittaukseen verrattuna. Ensimmäisenä etuna on paine-ero- ja virtausnopeusmenetelmistä poiketen ei tarvita oletusta keskimääräisestä virtausprofiilista. Toisena etuna on, ettei tarvita tietoa väliaineen tiheydestä. Coriolis-anturi pystyy omien fyysisten mittaustietojensa perusteella ilmaisemaan väliaineen tiheyden. Vaikka mittauskohde ei vaatisi kuin tilavuusvirtausmittauksen ja luopumalla tiheysmittausoptiosta sekä parhaasta virheettömyydestä, tarjoaa coriolis-mittaus kilpailukykyisen vaihtoehdon pyörrevana- ja magneettisille virtausmittareille. (Kukkonen 2004, 1.)

Positiot, joissa jo on elektromagneettinen virtausmittaus, ei tarvitse antureita välttämättä muuttaa. Ainoastaan suuremman modernisoinnin yhteydessä jo olemassa olevien elektromagneettisten anturien vaihtaminen uusimpiin olisi järkevää.

Position FQ-2450 ultraäänianturin ja lähettimen uusinta ei myöskään ole välttämätöntä. Suuren putkikoon ja jatkuvan virtauksen takia on ultraäänimittauksen oltava putken ulkopintaan asennettava malli. Mallia voitaisiin kuitenkin parantaa useamman mittauskeilan tekniikalla toimivaksi ultraäänianturiksi. Myös anturin lisäksi asennettavalla prosessipohjaisen vahvistimen avulla voidaan tilavuusvirran ja määrämittauksen lisäksi tunnistaa tai mitata nesteen laatu, Reynolds-luku, viskositeetti, lämpötila ja massavirta. Nämä tiedot mahdollistaisivat tarkemman mittauksen ja mahdollisuuden käyttää kyseisiä tietoja mahdollisesti myöhemmissä prosessin laskennoissa.

4.6 Höyryn virtausmittaus

Höyryn ollessa kaasu, on mielekkäämpää mitata kaasun massavirtaa toisin kuin sen tilavuusvirtaa. Lähes poikkeuksetta kaikissa teollisuuden prosesseissa toiminnan tehokkuuden määrää ensisijaisesti juuri kaasun massavirta, molekyylivirta, eikä niinkään juuri tilavuusvirta. Massavirran ollessa riippumaton viskositeetista, tiheydestä, johtokyvystä, paineesta tai lämpötilasta, on se tarkempi ja mielekkäämpi mittaus, kun on kyse materiaalivirroista. Massavirtamittauksen avulla saadaan hyödyllisempää tietoa mittaamalla käytetyn höyryn kaasukilot kuin höyryn virtausnopeudet. (Kukkonen 2004, 2.)

Kuten taulukosta 3 huomataan, ovat kaikki Savon Sellun voimalaitoksen tapauksessa mitatut höyryt mitattu paine-eromenetelmällä. Paine-eromenetelmä perustuu virtausnopeuden mittaamiseen, joka kuten edellä esitetty on huonompi vaihtoehto prosessin kannalta. Mittalaipan mittaustarkkuus ja kalibrointi edellyttää tunnettua kaasun tiheyttä ja tietoa virtausprofiilista eli sen viskositeetista.

Taulukko 3. Höyrymittauksen positiot ja anturit. (Turunen 2013.)

Positio	Nimitys	Anturi
FIRQA-751	Tulistetun höyryn määrä	Mittalaippa
FRQ-755	Öljyn hajotushöyry	Mittalaippa
FRQ-901	Höyry Turbiiniin	Mittalaippa
FRQ-902	Höyry Turbopumppuun	Mittalaippa
FRQ-903	Höyry 115/6 bar paineen alentimen kautta	Mittalaippa
FRQ-904	Höyry 115/6 bar paineen alentimen kautta	Mittalaippa
FRQ-907	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 16bar	Mittalaippa
FRQ-908	16bar höyry keittämöön	Mittalaippa
FRQ-909	Höyry apulauhduktimeen	Mittalaippa
FRQ-910	Höyry syöttövesisäiliöön	Mittalaippa
FRQ-911	Höyry päälauhdeseiliöön	Mittalaippa
FRQ-912	Höyry kaukolämmitykseen	Mittalaippa
FRQ-913	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 6bar	Mittalaippa
FRQ-914	Höyry haihduttamoon	Mittalaippa
FRQ-916	Matalapainehöyry keittämölle 6bar	Mittalaippa
FQ-917	Kartonkikone/Koneelle tulevan höyryn määrä VL (lask)	Mittalaippa
FR-971	Höyryn määrä	Mittalaippa
FIQ-770	Palamisilma porrasarinalle	Mittalaippa

Edellisten tietojen perusteella on järkevää muuttaa höyryjen mittaustavat moderneimpiin ja tarkempiin ratkaisuihin, jotta mittaustiedot voidaan raportoida tarkasti ja nykyaikaisella tavalla. Taulukosta 4 on esitetty höyryllä käytettävien virtausmittarien vertailu niiden tarkkuuden, laitehinnan, asennuksen hankaluuden, huolto- ja käyttökustannusten, painehäviön ja mittausalueen mukaan. Taulukossa massavirtauspaketilla tarkoitetaan paine-eromittaukseen perustuvaa kuristinmittausta varustettuna paine- ja lämpötilamittauksella sekä massavirtalaskennalla.

Taulukko 4. Höyryllä käytettävien virtausmittarien vertailu. (Kukkonen 2004, 2.)

Ominaisuus	Massavirtauspaketti	Coriolis-massavirtamittari	Rotametрилähetin	Paine-eromittaus	Pyörrevanamittari	Terminen massavirtamittari
Tarkkuus	Huono/Kohtal.	Hyvä	Huono	Huono	Kohtalainen	Huono
Laitehinta	Suuri	Suuri	Suuri	Pieni	Kohtalainen	Pieni
Asennuksen hankaluus	Suuri	Pieni	Pieni	Kohtalainen	Suuri	Pieni
Huolto- ja käyttökust.	Suuri	Pieni	Pieni	Kohtalainen	Pieni	Pieni
Painehäviö	Kohtuullinen	Suuri	Suuri	Pieni	Pieni	Pieni
Mittaalue	5:1	50:1	10:1	5:1	20:1	50:1

Kuten taulukosta 4 huomataan, nykyinen paine-eromittaus on mittauksen tarkkuuden kannalta huono sekä sen huolto- ja käyttökustannukset ovat kohtalaiset. Jotta tarkka ja nykyaikainen mittaus ja laskenta toteutuisivat, on virtausmittauksen ennen kaikkea oltava tarkka. Tarkkuus mittaukselle toteutuu ainoastaan coriolis-massavirtamittauksella. Siinä tarkkuus on hyvä ja asennuksen hankaluus

sekä huolto ja käyttökustannukset ovat pieniä. Laitehinta vielä nykypäivinä on suuri verrattuna muihin ratkaisuihin. Kuitenkin kustannus on yhtä suuri kuin paine-eromittauksen muokkaus massavirtapakettimittaukseksi lisäämällä paine- ja lämpötilamittauksen. Lisäksi coriolis-mittauksen painehäviö on suuri, jolloin se ei välttämättä sovellu prosessin herkimpiin kohtiin.

4.7 Liemen virtausmittaus

Vain kahdessa kohdassa, positioissa FI-7404 ja FR-435, voimalaitoksella on liemen virtausmittauksia. Molemmat liemien virtausmittauksista on toteutettu elektromagneettisilla antureilla. Liemien mittauksen tapauksessa on magneettiputki pätevä virtausmittaustapa. Näin ollen ei muutoksia välttämättä vaadita mittauksen parannukseen. Ainoastaan uudempien magneettiputkien asennus olisi mahdollinen modernisointitoimenpide.

4.8 Vaihtoehtoinen kompensointi ja kalibrointi

Tässä osiossa tarkastellaan vaihtoehtoista kompensointia ja mahdollista kalibrointia mittauksissa, jos tarvittavia anturivaihtoja ei tehtäisi. Tällöin mittauksiin tulisi lisätä täydentäviä mittauksia tarkentamaan mittauksen laatua. Lisäksi tulisi tarkastaa jo olemassa olevien antureiden kalibroinnit esimerkiksi virtausprofiilien ja väliaineen tiheyden kannalta.

Kalibrointi ja kompensointi on erityisen tärkeää kohteissa, joissa käytetään mittalaippaa. Mittalaipalla mitataan höyryn ja veden virtausmittauksia, joista varsinkin höyryn virtausmittauksen tarkkuus ilman tarkempaa kompensointia ja lisämittauksia on epätarkka. Kuten kappaleessa 4.6 on käsitelty, olisi mielekkäämpää mitata höyryn massavirtaa eli kaasukiloja toisin kuin nykyistä höyryn virtausnopeutta. Tämä ei nykyisellään pelkän mittalaipan avulla toteudu. Vaihtoehtona, jotta mittalaipan paine-eromittauksesta saataisiin massavirtausmittaus, tulisi mittauspiiriin lisätä lämpötilamittaus. Tämän jälkeen voitaisiin massavirtauslaskenta toteuttaa automaatiojärjestelmässä paine-eromittauksesta saadun painemittauksen ja lämpötilamittauksen avulla. Kun kaasusta tiedetään paine sekä lämpötila, saadaan niistä laskettua sen tiheys ja näin ollen voidaan laskea massavirta tiheys kerrottuna tilavuusvirralla. Vaihtoehtoisesti massavirtalaskenta voi tapahtua jo lähettimessä. Jotta massavirta voidaan saada jo lähettimeltä, tulee lähettimen olla monimuuttajälähetin. Esimerkkinä Fisher-Rosemount 3095MV monimuuttajälähetin mittaa paineen, paine-eron ja lämpötilan sekä muodostaa näistä massavirtaviestin. Ohjelmallisesti voidaan lisäksi ottaa huomioon paine-eromittauksiin liittyvät suureet kuten tiheys, Reynolds-luku ja purkauskertoimet. Samat mittauksen tarkennukset pätevät mittalaipan tilanteessa myös vesien virtausmittauksille.

Ultraäänianturin mittaustarkkuus riippuu useasta seikasta varsinkin pinta-asennusratkaisuna kuten voimalaitoksen tapauksessa. Raakaveden määrän mittaus on toteutettu pinta-asennetulla ultraäänivirtausmittauksella, joka toimii heijastavalla menetelmällä. Jotta mittaustarkkuus olisi paras mahdollinen, tulisi asennetusta ultraäänianturista tarkistaa sen asetusarvojen tarkkuus. Asetusarvoja ovat

pinta-asennetussa anturissa putken materiaali, putken seinämän paksuus, putken halkaisija, virtaava aine ja virtaavan aineen lämpötila. Mitä tarkemmat nämä arvot ovat ja mitä paremmin pinta-asennus on toteutettu, sitä tarkempaa mittaustieto on. Kuitenkin virtausmittauksen tarkkuuteen vaikuttavat putkessa esiintyvät erilaiset ja vaihtelevat virtausprofiilit ja niiden häiriöt. Hetkittäisiä virtausprofiilin muutoksia ja häiriöitä ei voida kompensoida.

Elektromagneettisten anturien eli magneettiputkien tapauksessa kompensointia tai lisämittauksia ei ole tarpeellista tehdä. Elektromagneettiset anturit eivät asennuksensa jälkeen vaadi huoltotoimenpiteitä ja niiden mittaustarkkuus on riittävä nykyisellä tasolla.

5 AUTOMAATIO

Projektin tehtävänä on selvittää paras mahdollinen tapa liittyä automaatiojärjestelmään ja tehtaan tietojärjestelmään TIPS:iin (Tieto Integrated Paper Solution). Tässä luvussa käsitellään eri mahdollisuuksia logiikkajärjestelmien vaihtoehdoille ja niihin liityntään. Tarkastelussa otetaan huomioon jo olemassa olevat logiikat ja niihin liittyminen sekä mahdollisesti uuden logiikan lisääminen. Päätökseen vaikuttavat logiikkaan liittymisen sekä sen hankinnan kustannukset ja niistä aiheutuva työmäärä sekä logiikan helppokäyttöisyys.

5.1 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmällä voidaan tarkoittaa yksittäistä ohjelmoitavaa logiikkalaitetta tai koko tehtaan toiminnan ohjaamiseen tarkoitettua järjestelmää. Tässä tapauksessa automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan koko tehtaan tuotannollista toimintaa ohjaavaa järjestelmää. Automaatiojärjestelmän keskusyksikkönä toimii valvomoasema, joka rakentuu teollisuusstandardin mukaisesta PC-laitteistosta ja laitteistoon liitetystä erillisistä I/O-yksiköistä. Valvomoaseman I/O-yksikköihin on kytketty tehtaalle menevät ohjausväylät ja kenttäväylät, jotka liittävät kentällä olevat ohjausyksiköt ja yksittäiset toimilaitteet ja anturit valvomotietokoneisiin. (Opetushallitus 2013.)

Tällä hetkellä voimalaitoksella on olemassa Metso DNA sekä Honeywell -automaatiojärjestelmät. Molemmat ovat mahdollisia vaihtoehtoja kulutustietojen modernisoinnille.

5.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavalla logiikka eli PLC (Programmable Logic Controller) tai logiikka on pienimuotoinen tietokone, jonka avulla ohjataan automaatioprosesseja reaaliaikaisesti. Yleensä logiikkaa käytetään voimalaitoksen toimintojen ohjaukseen. Logiikan avulla voidaan korvata ennen käytössä olleita releitä ja ajastimia prosessien ohjaukseen. Nykyään ohjelmoitavat logiikat ovat muuttuneet perinteisestä releiden korvaajasta kokonaisuksi ohjauskeskuksiksi, jotka hallitsevat kehittyneitä liikkeen ohjauksia, prosessin säätöjä, hajautettuihin hallintajärjestelmiä ja tietokoneverkkoja. (Wikipedia 2013.)

Ohjelmoitavan logiikan tuloihin (digitaaliset tai analogiset) kytketään järjestelmää havainnoivat anturit ja/tai lähestymiskytkimet, jotka ovat kentällä olevassa prosessissa. Lähtöihin (digitaaliset ja analogiset) taas kytketään erinäisiä toimilaitteita, esimerkiksi moottorin releistys, magneettiventtiili tai taajuusmuuttajalähtö joita voidaan ohjata logiikan avulla.

Ohjelmoitavan logiikan avulla voidaan toteuttaa kahta eri ohjausta: kriteeriohjausta ja askeltavaa ohjausta. Kriteeriohjaus tarkoittaa tavallista ohjausta, jossa prosessin työvaiheet eivät seuraa toistuvasti toisiaan, vaan toimilaitetta ohjataan ainoastaan antureilta saadun tiedon perusteella. Askeltava ohjaus tarkoittaa prosessin työvaiheiden huomioon ottamista anturilta saamien tietojen lisäksi. Tällöin askeltava ohjaus huomioi, että se on menossa oikeassa askeleessa prosessia ja seuraa siirtoehtoja. (Parvinen 2011, 15.)

5.2.1 Rakenne

Logiikat jaetaan yleisesti modulaarisiin ja pieniin kompakteihin logiikkoihin. Modulaarinen logiikka koostuu jännitelähteestä, prosessoriyksiköstä ja sovelluksen tarvitsemasta määrästä erilaisia I/O-yksiköitä, jotka kaikki asennetaan korttikehikoihin ja takalevyihin. Pienet kompaktit logiikat ovat edullisia, mutta rajallisesti laajennettavissa noin 10 – 30 tuloa ja lähtöä käsittäviksi laitteiksi. Lisäksi logiikat voidaan jakaa pieniin, keskiuuriin ja suuriin logiikkoihin sen mukaan, kuinka logiikan prosessorin kapasiteetti kykenee käsittelemään I/O:ta.

Edellisistä määritelmistä riippumatta logiikka koostuu aina tietyistä perusosista. Peruskokoonpanoon kuuluvat jännitelähde, keskusyksikkö, tulot sekä lähdöt ja tietty määrä muistia. Perusosien lisäksi logiikan kokonaisuuteen voidaan liittää erikoisyksiköitä kuten esimerkiksi turvalogiikkakortteja. (Parvinen 2011, 16.)

5.2.2 Tulot ja lähdöt

Ohjelmoitavan logiikan ulkoisia liitäntöjä kutsutaan termeillä tulo ja lähtö. Nimet tulevat termistä I/O eli input/output. Tuloporteista logiikka saa tietoa järjestelmän tilasta ja lähtöporttien kautta se taas voi ohjata itse järjestelmää.

Tuloyksiköillä on neljä tehtävää: välittää on/off -tietoa antureilta keskusyksikölle, sovittaa anturien jännitteet logiikan jännitteeseen, toteuttaa galvaaninen erotus ja suojata logiikkaa häiriöiltä.

Lähtöyksikön kautta voidaan välittää tietoa toimilaitteille ja ohjata esimerkiksi releitä tai transistoreita. Lisäksi lähtöyksikön tulee sovittaa jännitteet logiikan jännitteeseen, toteuttaa galvaaninen erotus.

Digitaaliset signaalit käyttäytyvät kuin kytkimet, eli ne ilmaisevat vain päällä- tai poissa-tilaa (1 tai 0). Tällaisia signaaleja ovat esimerkiksi rajakytkimet, valokennot ja painikkeet. Digitaaliset signaalit ilmaistaan jännitteellä tai virralla ja tällöin tietty suureen alue tulkitaan 0-tilaksi ja toinen 1-tilaksi.

Analogiset signaalit välittävät kaikki arvot toiminta-alueensa ääripäiden väliltä. Kuitenkin analogiset arvot tulkitaan ohjelmoitavassa logiikassa kokonaisluvuiksi. Tarkkuus tosin riippuu käytetystä laitteistosta, joten suurempi tarkkuus signaalissa vaatii logiikalta enemmän muistia. Tyypillisimpiä analogisella signaalilla välitettäviä tietoja ovat erilaiset paine-, virtaus- ja lämpötilalähtetien signaalit. (Parvinen 2011, 16; Wikipedia 2013.)

Tässä projektissa kaikki mittaukset ovat erilaisia virtausmittauksia, jolloin laitteilta saatava tulosignaali on analoginen. Mittauksista saadaan 4 – 20 mA analogista standardiviestiä sekä paineilma- viestiä, joka muutetaan analogiseksi virtaviestiksi logiikalle.

5.2.3 Ohjelmointi

Ohjelmointi lähtee liikkeelle ohjauskohteen toiminnoista laaditun toimintaselostuksen tai halutun toiminnan sanallisesta selvityksestä. Tämän perusteella suunnittelija muokkaa tiedoista logiikkakaavioita, relekaavioita tai toimintadiagrammit, joiden avulla tehdään varsinainen ohjelma logiikalle. Ohjelmointi logiikoihin tapahtuu tietokoneella siihen tarkoitettulla ohjelmalla. Niistä ohjelma siirretään ja tallennetaan logiikassa olevaan paristovarmenteiseen RAM-muistiin tai muuhun pysyvään muistiin. Logiikkaohjelmistot ovat yleensä valmistajakohtaisia.

Yleisimpiä ohjelmointitapoja ovat logiikkakaavio (Function Block Diagram, FBD), relekaavio/tikapuukaavio (Ladder Diagram, LD), käskylista (Statement List, SL), sekvenssiohjausohjelmointi, tai jokin korkean tason ohjelmointikieli (Structured Text, ST). Ohjelmointikielissä on käytössä normaalit loogiset operaatiot (AND, OR, NOR, NAND yms.), laskurit, ajastimet, siirtorekisterit sekä lukuisia erilaisia erikoistoimintoja. (Parvinen 2011, 17; Wikipedia 2013.)

5.2.4 Käyttöliittymä

Ohjelmoitava logiikka osaa suorittaa sille ohjelmassa määritetyt tehtävät vain niin hyvin kuin ohjelman tehnyt henkilö on ne osannut ennakoida ohjelmaa laatiessaan. Poikkeavien tilanteiden ratkaisemiseksi ja prosessimuutosten tekemiseen tarvitaan juuri käyttöliittymää.

Käyttöliittymä tarkoittaa operointipaneelia tai PC ja valvomo-ohjelmaa, jonka kautta prosessia valvova operaattori saa informaatiota senhetkisestä prosessin tilanteesta hälytysten, kaavioiden, positiokohtaisten näyttöjen ja raporttien kautta. Positiokohtainen näyttö voi olla jonkin yksittäisen laitteen esitys, kuten mittaus- tai moottoripiiri. (Wikipedia 2013.)

Savon Sellulla valvomon PC käyttöliittymänä toimii WinCC-ohjelmisto, josta on kerrottu lisää seuraavassa kappaleessa.

5.3 WinCC

WinCC (Windows Control Centre) on Siemensin SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) ja HMI (Human-Machine Interface) visuaalinen valvomo-ohjelmisto, jolla ohjataan ja valvotaan fyysisiä prosesseja teollisuudessa ja infrastruktuurissa laaja-alaisesti. WinCC koostuu itse ohjelmasta, sen asetuksista, sekä lisäosista, jotka yhdessä muodostavat laajasti yksilöitävän kokonaisuuden käyttäjän haluamiin sovelluksiin. Ohjelmiston WinCC CS komponentti sisältää editorit selkeiden ja helppokäyttöisten paneelien luomiselle. Kirjastot ja erinäiset avustajat tekevät projektien luomisesta ohjelmistolla vaivatonta, nopeaa ja ne vähentävät tekijän mahdollisia virheitä projektia tehdessä. Ohjelmistona WinCC kykenee käsittelemään laajoja projekteja ja suuria määriä tietoa. (Parvinen 2011, 18-19; Siemens 2011, 6.)

Itse perusohjelmistoa voidaan soveltaa laajeneviin rakenteisiin kuten alati kasvavaan prosessiin ja tällaisia rakenteita pystytään helposti päivittämään prosessitagien kasvun suhteen. Lisäosana voidaan käyttää WinCC/Server:iä, jonka avulla WinCC:tä voidaan käyttää client tai server sovelluksena. Server sovelluksen ansiosta voidaan laajentaa yhden käyttäjän sovellus jopa 32 käyttäjälle tai 12 serverille. WinCC/CAS (Central Archive Server) sovelluksella voidaan perustaa skaalattavia keskus-tyyppisiä arkistoja jopa 120 000:lle arkistotagille. WinCC/WebNavigator sovelluksella käyttäjä voi operoida ja valvoa prosesseja internetin tai intranetin välityksellä lähes samoilla ominaisuuksilla kuin WinCC client:issä. (Parvinen 2011, 19; Siemens 2011, 7.)

WinCC:n avulla pyritään saamaan mahdollisimman avoimia ja yhtenäisiä rakenteita sekä mahdollisuutta yhdistyä jo olemassa oleviin sovelluksiin standardoituja menetelmiä ja ohjelmistotyökaluja käyttämällä. WinCC pyrkii yhdistämään laitteet niiden erilaisista ominaisuuksista huolimatta sekä yhdistämään perustekniikat, käyttöjärjestelmät ja kommunikointimenetelmät prosesseissa. Tämän mahdollistaa perusjärjestelmän suunnittelu siten, että se on teknologia- ja osa-alueiippumaton. Kuitenkin ohjelmisto täyttää useiden alojen asettamat erityisvaatimukset. WinCC ohjelmistona pystyy hankkimaan ja arkistoimaan dataa, jota voidaan kerätä, analysoida ja lähettää MES-järjestelmille (Manufacturing Execution Systems) jatkokäsittelyä varten WinCC Plant Intelligence asetuksia käyttämällä. (Parvinen 2011, 19.)

Savon Sellun tapauksessa WinCC:tä käytetään valvomo-ohjelmistona, johon tarvittavien laskureiden mittauslukemat tulevat esille.

5.4 TIPS

Projektin tavoitteena on saada kulutustietojen raportointi nykyisaikaiselle tasolle. Tämä tarkoittaa kulutustietojen liittämistä tehtaan MES-järjestelmään, joka Savon Sellun tapauksessa on TIPS (Tieto Integrated Paper Solution). TIPS on kehitetty juuri paperitehtaiden toiminnan optimointiin ja valvontaan. Se kattaa myynnin, logistiikan ja tuotantovalvonnan erilaisille paperi- ja kartonkitehtaille. Ohjelmisto kerää tuotantodataa tuotannosta reaaliajassa ja data on välittömästi saatavilla tarvittavilla osa-alueilla kuten myyntisuunnittelussa. Toisaalta myös bisnesdata on heti saatavilla tuotannolle esimerkiksi tuotannon kasvattamiseksi. (Tieto Oyj, 2013.)

Projektin tapauksessa mittausdata laskureilta täytyy saada helposti käytettäväksi tiedoksi ympäri tehdasta. Jotta laskureiden mittausdata saataisiin TIPS:iin, täytyy se ohjata joko automaatiojärjestelmästä, tai valvomo-ohjelmistosta MES-järjestelmään. Tätä varten tarvitaan rajapintoja ohjelmistojen välillä, jotta data kulkee saumattomasti eri järjestelmien välillä.

5.5 Rajapinnat ODBC

ODBC (Open Database Connectivity) on standardoitu avoin rajapinta tietokannoille ja sen avulla eri sovellukset pystyvät kommunikoimaan tietokantapalvelimen kanssa. Rajapinnan avulla voidaan saada eri ohjelmistot ja alustat toimimaan keskenään, sekä käyttöpuolella että serveripuolella, ilman suuria muutoksia datan käyttökoodiin. ODBC käyttää ajureita, joiden avulla tiedot eri ohjelmistojen ja tietokantojen välillä saadaan toimimaan keskenään. (Microsoft 2013.)

ODBC rajapintaa tarvitaan projektin tapauksessa eri ohjelmistojen tiedonvälityksessä. Rajapintoja tarvitaan automaatiojärjestelmästä valvomo-ohjelmiston välisessä kommunikoinnissa, sekä valvomo-ohjelmiston ja TIPS-ohjelmiston välillä.

6 MODERNISOINNIN VAIHTOEHDOT

Tässä osiossa käsitellään eri vaihtoehtoja laskuripiirien liittynälle automaatiojärjestelmään tai logiikkaan. Vaihtoehtoja on kolme, ja ne ovat valikoituneet tehtaalla jo olemassa olevien automaatoratkaisuiden pohjalta. Näistä järkevimmät vaihtoehdot liittynälle ovat: Siemensin S7-logiikka, Honeywellin automaatiojärjestelmä ja Metso DNA -automaatiojärjestelmä.

6.1 Siemens S7

Ensimmäinen vaihtoehto liittynälle on Siemensin S7-ohjelmoitava logiikka. S7 on varteenotettava vaihtoehto, koska Siemensin S7-logiikkaa on jo käytössä erinäisissä sovelluksissa voimalaitoksella. Positioiden FI-7460 ja FIQ-770 laskenta tapahtuu jo Siemensin S7-logiikassa, josta se on ohjattu PC:n näytölle valvomoon.

Siemensin logiikkaan liittynälle on kaksi vaihtoehtoa: liityntä jo olemassa olevaan logiikkaan, jossa on laajennusvaraa, tai koota uusi hajautettu I/O.

6.1.1 Siemens S7 edut

Järkevämpi vaihtoehto liittynälle on hajautettu I/O. Hajautetulla I/O:lla toteutettuna kaikki projektin laskuripiirit saadaan varmasti samaan kokonaisuuteen, eikä tällöin tarvitse hajauttaa laskuripiirejä useaan eri I/O pakettiin, joissa tilaa olisi. Poikkeuksena edellisessä kappaleessa mainitut positiot FI-7460 ja FIQ-770, jotka jo ovat logiikassa.

Hajautetulla I/O:lla toteutettuna ensimmäinen etu on logiikkakorttien sijoituksen vapaus. Siemensin S7-logiikkakortit ja prosessori voidaan sijoittaa haluttuun tilaan, josta liityntää jatketaan eteenpäin. Logiikan sijoitukselle on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on sijoittaa I/O-moduulit ja prosessori voimalaitoksen valvomon paneeliseinän takana sijaitsevaan sähkötilaan, jossa laskuripiirien riviliitinkiskot jo sijaitsevat. Hajautetulta I/O:lta liityntä yläkerran sähkötilassa olevaan PLC:hen toteutettaisiin Profibus- tai Profinet-kaapelilla. Toinen vaihtoehto olisi sijoittaa hajautettu I/O yläkerran sähkötilaan, jolloin johdotus valvomon sähkötilan riviliitinkiskolta tapahtuisi järjestelmäkaapelilla yläkertaan. Molemmissa tapauksissa galvaaninen erotus sijoitettaisiin valvomon sähkötilaan IAT-riviliitinkiskon läheisyyteen, josta kytkentä jatkuisi I/O-moduuleille.

Kuitenkin näistä kahdesta vaihtoehdosta parempi olisi I/O:n sijoitus yläkerran sähkötilaan, jossa on jo muuta automaatiota. Vaihtoehtojen työmäärä ja kustannukset olisivat käytännössä muuten samat.

Toinen etu kyseisellä ratkaisutavalla olisi sen helppo toteutus. Koska toteutus on suhteellisen helppo työmäärältään, sekä ohjelmoinnin että käytännön johdotuksiltaan, olisi se nopeasti toteutettavissa. Kolmas etu onkin juuri ratkaisun nopea käyttöönottoaika. Jos modernisointeja ei toteuteta toimilait-

teiden tasolla ja valvomon nykyaikaisuutta halutaan kuitenkin nostaa ja valvomohenkilökunnan työtä helpottaa, on hajautettu I/O helppo ja nopea toteuttaa. Ohjelmoitavan logiikan toiminnan nopeus on myös eduksi. Logiikan toiminta-ajat ovat vain sekunnin kymmenesosia, mikä on ohjauksien kannalta tärkeää. Kuitenkaan laskuripiirit eivät ole ohjauspiirejä vaan tiedonkeräyspiirejä ja nopeus vaikuttaa käytännössä vain laskurilukeman päivitysnopeuteen ja jättämään.

Neljäntenä etuna on hajautetun I/O:n hankintakustannukset. Muihin ratkaisuihin verrattuna Siemensin S7-logiikan hankintakustannukset ovat vähäiset. Lisäksi Siemensin S7-logiikan input-, output- ja prosessorikortit ovat varastotavaraa Savon Sellulla, joten ylimääräisiä hankintakustannuksia ei synny. Lisäksi tällöin varaosat ovat myös helposti saatavissa.

6.1.2 Siemens S7 haitat

Ensimmäinen haitta Siemensin S7-ohjelmoitavalla logiikalla toteutettaessa on se, ettei se ole kokonaisvaltainen moderni automaatiojärjestelmä. Hajautetulla I/O:lla tehdessä täytyy S7 vielä liittää ylemmän tason automaatiojärjestelmään, jotta laskuripiirien data saataisiin tehtaan tietojärjestelmään ja valvomon näyttöpäätteille.

Toinen harkittava kriteeri on ratkaisun nykyaikaisuus. Laajempaa modernisointia kaavailtaessa, olisi tällä tekniikalla toteutettava ratkaisu jäljessä nykyaikaisesta kehitysstasteesta. Siirto Siemensin ohjelmoitavaan logiikkaan olisi siis niin sanottu nopea ratkaisu, joka nykyaikaistaisi toimintaa vain hieman ja vain lyhyelle aikavälille.

6.2 Honeywell

Vaihtoehtoinen modernisointi on liittää laskuripiirit Honeywellin automaatiojärjestelmään. Voimalaitokselle on uutena järjestelmänä lisätty Honeywellin Experion PMD R800 -automaatiota. Positiot FI-7460, FI-7404 ja FQ-917 ovat jo Honeywellin automaatiojärjestelmässä.

6.2.1 Honeywell edut

Yksi Honeywellin automaatiojärjestelmän etu on se, että se on ylemmän tason automaatiojärjestelmä. Tämä tarkoittaa kokonaisvaltaisempaa ratkaisua ja toimintaa koko automatisoinnilta verrattuna esimerkiksi hajautetulla I/O:lla toteutettuna. Ylemmän tason automaatiojärjestelmä pystyy kattamaan koko voimalaitoksen automaatiot.

Toinen etu on ratkaisun nykyaikaisuus. Voimalaitoksen toimilaitteiden uusinnan ja suuremman modernisoinnin yhteydessä olisi kokonaisvaltainen automaatiojärjestelmäärkevin ratkaisu voimalaitoksen nykyaikaistamiseksi ja käyttöiän pidentämiseksi. Jatkuva automaatioasteen lisääminen voimalaitoksessa olisi helpompaa koko laitoksen kattavaan automaatiojärjestelmään.

Kolmantena etuna Honeywellillä toteutetussa ratkaisussa on se, että R800 -automaatiojärjestelmän moduuleita on jo voimalaitoksella. Lisäksi jo ennestään Honeywellin järjestelmään luettavat virtausmittaukset olisivat jo valmiina järjestelmässä.

6.2.2 Honeywell haitat

Haittoina ratkaisulla on puolestaan kokonaisvaltaisen automaatiojärjestelmän kallis hankintakustannus verrattuna yksinkertaisempaan logiikkaan. Vaikka joitakin moduuleita on jo hankittu, olisi koko voimalaitoksen automaation muuntaminen Honeywellin automaatiojärjestelmään kallista. Toisaalta taas pelkkien virtausmittausten laskuripiirien liittäminen kokonaan uuteen automaatiojärjestelmään olisi kustannuksiltaan tehotonta. Kuitenkin laskuripiirien siirto Honeywellin voisi olla järkevää jo etukäteen, jos harkinnan asteella oleva hanke koko voimalaitoksen automatisoinnin siirrosta Honeywellin automaatiojärjestelmällä toteutuu tulevaisuudessa. Automaatiojärjestelmä on siis kallis sekä hankinta- että asennuskustannuksiltaan.

Toinen haitta on automaatiojärjestelmän asennuksen laajuus. Kokonaisvaltaisen automaatiojärjestelmän asentaminen ja käyttöönotto koko voimalaitoksen toiminnassa olisi laaja projekti. Tosin pelkkien laskuripiirien liittäminen logiikkaan olisi pienempi asennus ja työ, mutta Siemensin S7 hajautettuun I/O:hon verrattuna on asennuksen ja käyttöönoton työmäärä suurempi.

6.3 Metso

Toinen vaihtoehto automaatiojärjestelmälle on laskuripiirien liittäminen Metso DNA :han. Metso DNA on kokonaisvaltainen automaatiojärjestelmä ja kaksi laskuripiirien lukemista (FRQ-916 ja FRQ-2435) luetaan jo voimalaitokselta kartonkitehtaan Metso DNA automaatiojärjestelmään. Voimalaitoksella Metson automaatiojärjestelmää ei kuitenkaan ennestään ole missään muodossa.

6.3.1 Metso edut

Etuna Metso DNA automaatiojärjestelmän käyttöönotolla, kuten Honeywellillä, olisi se, että Metso olisi myös ylemmän tason automaatiojärjestelmä. Metso olisi myöskin moderni ratkaisu kokonaisvaltaisen automaation kannalta.

Toinen etu, joka on toisaalta myös haitta, on se, että Metso DNA automaatiojärjestelmää on jo käytössä tehtaan puolella. Tämä on eduksi, koska tällöin varaosia on jo ennestään olemassa.

6.3.2 Metso haitat

Toisaalta automaatiojärjestelmän sijainti on haitaksi, koska Metsoa on ainoastaan juuri tehtaan puolella, eikä voimalaitoksella. Tästä syystä voimalaitokselle jouduttaisiin hankkimaan omat Metso DNA:n laitteistot. Vaikka järjestelmä onkin jo tehtaan puolella, olisi epätarkoituksenmukaista liittää

voimalaitoksen automaatiota tehtaan puolen järjestelmään. Tästä koituisi ongelmia esimerkiksi tehtaalla johtuvasta sähkökatkosta.

Lisäksi Metson automaatiojärjestelmän haittoina ovat juuri samat syyt kuin Honeywellillä: asennuksen ja hankinnan laajuus ja kustannus.

6.4 Moderni mittaustietojen keräys

Tähän mennessä kaikki ehdotetut ratkaisut ovat perustuneet ratkaisumalliin, jossa kentälaitteilla olevat johdotukset säilyisivät ennallaan ja liityntä automaatioon toteutettaisiin nykyisiltä riviliitinkiskoilta voimalaitoksen paneeliseinän takana olevasta sähkötilasta. Sähkötilasta eteenpäin kaikkien ratkaisujen periaate olisi sama. Näissä ratkaisuissa modernisointi mittaustietojen osalta tapahtuisi vain itse mittaustiedoille ja toimilaitteille kentällä, eikä ratkaisu olisi modernimpi kuin mittausdatan luettavuudessa ja eri laitteiden osalta.

Kuitenkin on olemassa myös suuremman modernisoinnin vaativa toteutus, jossa mittaustietojen keräystä uusittaisiin kentällä enemmän. Modernit mittaustietojen keräykset tapahtuvat toimilaitteilla normaaliin tapaan, mutta johdotukset mittauksista toteutetaan eri tavalla. Modernit ratkaisut ovat pääsääntöisesti kenttäkoteloihin perustuvia. Niissä kaikki samaan kokonaisuuteen liittyvät toimilaitteiden johdotukset kootaan yhteen koteloon kentällä. Kenttäkotelolta on jo järjestelmäkaapelilla liitetty ylemmän tason automaatiojärjestelmän moduuleihin. Tällöin uusien toimilaitteiden, mittausten tai automaation lisääminen kentälle tapahtuu helposti, kun johdotukset ovat kentällä suhteellisen lyhyitä kenttäkoteloille. Lisäksi, koska johdotukset automaatiojärjestelmään ovat jo valmiina, on nopea automatisoinnin lisäys helpompaa.

Tämä ratkaisumalli on pätevä vaihtoehto, kun kaikki prosessit ja mittaukset liitetään yhteen automaatiojärjestelmään.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli esittää mahdolliset ratkaisut laskuripiirien mittausdatan modernille esitystavalle ja selvittää mittaustietojen pätevyys mittauskohteissa.

Kuitenkin ennen kuin mittaustietojen modernisointia voidaan raportin esittämällä vaihtoehtoilla alkaa suunnittelemaan, tulee Savon Sellun voimalaitoksen tulevaisuuden olla selvillä. Voimalaitosta ei joko uusita ja kunnosteta, vaan ajetaan se elinkaarensa päähän. Toinen vaihtoehto on uusia voimalaitos modernimmaksi mittavilla investoinneilla ja kolmantena vaihtoehtona rakennetaan kokonaan uusi voimalaitos. Raportin ratkaisut pätevät vain kahteen ensimmäiseen ratkaisuun. Näistä ratkaisussa, jossa voimalaitos ajetaan elinkaarensa loppuun asti, kannattavin ja järkevin vaihtoehto mittaustietojen modernisoinnille olisi automatisointi Siemensin S7-logiikalla. Tällöin ratkaisun toteutus on helppo, nopea ja kustannustehokas voimalaitoksen nykytilanteessa. Mikäli voimalaitosta uudistettaisiin kaikin puolin mittavilla investoinneilla, olisi järkevintä panostaa myös koko automaatiojärjestelmän päivittämiseen ja siten siirtää mittaustietojen keräys Honeywellin automaatiojärjestelmään.

Loppujen lopuksi järkevintä on siis tehdä moderni mittaustietojen keräys Siemensin S7-ratkaisulla. Tämä ratkaisu on nopea ja kustannustehokas nykytilanteessa, jossa voimalaitoksen tulevaisuudesta ei ole vielä varmuutta. Toimilaitteiden uusiminen on ajankohtaista ja kustannuksiltaan järkevää seuraavan isomman investoinnin ja modernisoinnin yhteydessä.

LÄHTEET

- FRONDELIUS, Leila. 2005a. Virtauksen mittaus mittalaipalla [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-7-24]. Saatavissa: <http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/MITTAUS/MITTALAIPPA/mittalaippa.htm>
- FRONDELIUS, Leila. 2005b. Magneettinen tilavuusvirtausmittaus [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-7-24]. Saatavissa: <http://moodle.keuda.fi/kansiot/kao-lf/MITTAUS/MAGNEETTINEN/magnvirtausm.htm>
- KUKKONEN, Ari. 2004. Virtausmittausmenetelmiä [verkkodokumentti]. Suomen Automaatioseura ry [viitattu 2013-11-27]. Saatavissa: http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/4_1_2_04.pdf
- MICROSOFT 2013. ODBC--Open Database Connectivity Overview [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-10-10]. Saatavissa: <http://support.microsoft.com/kb/110093>
- OPETUSHALLITUS 2013. Automaatiojärjestelmä [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-10-7]. Saatavissa:
http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automaatiojarjestelma.html
- PARVINEN, Mika. 2011. Poltinhjauksen modernisoinnin esiselvitys. Opinnäytetyö [verkkodokumentti]. Savonia ammattikorkeakoulu. Sähkö- ja automaatiotekniikka [viitattu 2013-10-2]. Saatavissa: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28965/Parvinen_Mika.pdf?sequence=1
- POWERFLUTE OYJ 2013. Savon Sellu [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-11-27]. Saatavissa: <http://www.powerflute.fi/pages/home/business-unit-information/savon-sellu.php>
- SIEMENS AUTOMATION OY 2011. Simatic WINCC - Process visualization with Plant Intelligence [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-10-10]. Saatavissa: http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/automaatiotekniikka/kayttoliittymat/ohjelmistot/valvomo_ohjelmisto/brochure_simatic-wincc_en.pdf
- SKS AUTOMAATIO OY 2007. Galvaanisen erottimen käyttö, sovellusohje A410-0007 versio 5.6.2007 [verkkodokumentti]. [Viitattu 2014-3-7]. Saatavissa: [http://www.sks.fi/Sofor/skswww.nsf/images/A410-0007_050607.pdf/\\$FILE/A410-0007_050607.pdf](http://www.sks.fi/Sofor/skswww.nsf/images/A410-0007_050607.pdf/$FILE/A410-0007_050607.pdf)
- TIETO OYJ 2013. Tieto integrated paper solution TIPS [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-10-10]. Saatavissa: <http://www.tieto.com/industries/forestry-wood-pulp-paper/it-solutions-pulp-paper-and-board-companies/paper-industry-mes-software-tieto-integrated-paper-solution-tips>

YLIVAINIO, Matti. 2010. Automaatiotekniikan perusteet, virtausmittaustekniikka [verkkodokumentti]. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan osasto [viitattu 2013-11-27]. Saatavissa: http://www.cc.puv.fi/~ot/ISA0501_Automaatiotekniikan%20perusteet/3-Mittaustekniikka/3f%20Virtausmittaus.pdf

WIKIPEDIA 2013. Anturi [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-7-24.] Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Anturi>

WIKIPEDIA 2013. Galvaaninen erotus [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-7-10]. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Galvaaninen_erotus

WIKIPEDIA 2013. Ohjelmoitava logiikka [verkkodokumentti]. [Viitattu 2013-10-2]. Saatavissa: http://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka

LIITTEET

Liite 1

Lista laskuripiirien positoista ja toimilaitteista

Positio	Nimitys	Lähetin	Anturi	Piirturi	Laskuri
FRQ-001	Raakaveden määrä	Rosemount 1151	Mittalaippa	ABB Linemaster	Nokeval 4080
EQ-2450	Jäähdytysvesi pesurille	Controltron Uniflow 990NFM-2C	Controltron Uniflow 991NMS-3A	Adatcontrol/Adatcounter AC-1-A	Adatcontrol/Adatcounter AC-1-A
FI7460	Esihahdutus syöttötraus	Krohne IFC 300	Krohne Optiflux 4000	ABB SM500 F	PC
FI7404	Lahallenni 3-yksikköön	Krohne SC 100 AS	Krohne Altiflux 5000 DN 80	ABB SM500 F	Nokeval 4080
FRQ-406	Vesi Pintalauhdutetaan	Satron VDI5SD22SHO	Mittalaippa	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-846	SV-esilämmitin simulaajade	Taylor	Mittalaippa	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FC-651	Raakavesi saostukseen	Krohne IFL 020 D	Krohne IFS 4000/6 DN 100	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-655	Talousvesi suotimilla	Taylor 213 TD 22012	Mittalaippa	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FIQ-657	Vesi 1. -täyssuolanpoistajalle	Taylor 212 TD 22012	Mittalaippa	Ei piirturia	Adatcounter AC-1-A
FIQ-658	Vesi 2. -täyssuolanpoistajalle	Taylor 213 TD 22012	Mittalaippa	Ei piirturia	Adatcounter AC-1-A
FJQ-668	Omakäyttölaitteet	Taylor 213 TD 22012	Mittalaippa	Mangels Ap 19DrCu	Adatcounter AC-1-A
FRQ-669	Puhdistetut laitteet	Rosemount 2051 CD2A22A1BL4D4	Mittalaippa SPS-15-9-21	ABB SM500 F	Nokeval
FRQ-670	Lisävesi	Rosemount 2051 CD2A22A1BL4D4	Mittalaippa SPS-15-9-21	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FIROA-751	Tulistetun höyryn määrä	Yokogawa EJA 130 A	Mittalaippa	ABB Linemaster	Nokeval
FRQ-752	Syöttöveden määrä	Yokogawa EJA 130 A	Mittalaippa	ABB Linemaster	Nokeval
FRQ-755	Öljyn hajotushöyry	Yokogawa EJA 110 A	Mittalaippa SPS-15-9-21	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FR-435	Vahva liemi hahduttamolta	Krohne IFC 020 D	Krohne IFS 5000F/6	ABB Linemaster	Adatcounter AC-1-A
FRQ-901	Höyry Turbiiniin	Rosemount R1151 SMART	Mittalaippa SPS15-9-26 (hisattu)	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-902	Höyry Turbopumppuun	Yokogawa EJA 110 A	Mittalaippa SPS15-9-26	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-903	Höyry 115/6 bar P.-A-kautta	Rosemount 1151HP6S 2211L4	Mittalaippa SPS15-9-26	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-904	Höyry 115/6 bar P.-A-kautta	Vainet DIFF-EL HD 5 SDZ7SHO	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-907	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 16bar	Yokogawa EJA 110 A - EMSOB - 23NN	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-908	16bar höyry keltämöön	Rosemount 3095 MV	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-909	Höyry apulauhdutukseen	Yokogawa EJA 110 A	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-910	Höyry syöttövesisäiliöön	Yokogawa EJA 110 A - EMSOB - 23NN	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Nokeval
FRQ-911	Höyry päälauhdutukseen	Yokogawa EJA 110 A	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-912	Höyry kaukolämpökeskseen	Vainet	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Nokeval
FRQ-913	Voimalaitoksen omakäyttöhöyry 6bar	Vainet DIFF-EL DP55HZ7SMD	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Nokeval
FRQ-914	Höyry hahduttamoon	Rosemount 3095 MV	Mittalaippa SPS15-9-20	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
FRQ-916	MatalaPaine höyry keltämölle 6bar	-	Mittalaippa	ABB SM500 F	Adatcounter AC-1-A
EQ-917/FT-0509.2	Kartonkikone/Koneelle tulevan höyryn määrä	Vainet DIFF-EL SD 4 SK	Mittalaippa	Ei piirturia	Adatcounter AC-1-A
FR-971	Höyryn määrä	Vainet DIFF-EL SD 4 SK 27	Mittalaippa	Vainet ELREC-3	Adatcounter AC-1-A
FIQ-770	Palamisilma porrasairalle	Yokogawa EJA 110 A	Mittalaippa	Ei piirturia	PC
FRQ-2435	Savikaasupesuri ilkaisen veden virtaus	Krohne SC 100 AS	Krohne Altiflux x1000 DN100	Adatcontrol/Adatcounter AC-1-A	Adatcontrol/Adatcounter AC-1-A