



UUSIUTUVAN ENERGIAN JÄRJESTELMIEN JA MATERIAALIEN TESTAUSLAITTEISTON ESISUUNNITTELU

Insinöörityö

Jukka Haarakoski

Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Prosessitekniikka

Hyväksytty ____ . ____ . ____ _____

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU, VARKAUDEN YKSIKKÖ

Koulutusohjelma

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Tekijä

Jukka Haarakoski

Työn nimi

Uusiutuvan energian järjestelmien ja materiaalien testauslaitteiston esisuunnittelu

Työn laji

Insinöörityö

Päiväys

10.06.2010

Sivumäärä

18+4

Työn valvoja

Tero-Markus Jankko

Yrityksen yhdyshenkilö

Jukka Hautamaa

Yritys

Savonia AMK

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä esisuunnittelu uusiutuvan energian ja materiaalien testauksen koelaitokselle, sekä miettiä kokonaisuudessaan instrumentointi- ja automaatiotekniikan ratkaisuja ja saada karkea budjettihinta toteutukselle. Lähtökohtana oli tarve saada suunniteltua testausympäristön osaprosessien instrumentointi niin, että siihen saataisiin tehtyä tarvittavat laitehankinnat. Kokonaisprosessin kuva piti saada valmiiksi mekaanista suunnittelua varten.

Insinöörityössä tehtiin energia-, voimalaitos- ja painelaitteosaamisen kehitysympäristö hankkeeseen, jossa suunniteilla olevalla laitteistolla oli tarkoitus vastata uusiutuvan energian järjestelmien tutkimukseen ja kehittämiseen alueella. Suunnitelmaa laitehankintojen hankkimiseen tarkennettiin hankkeen aikana.

Tässä työssä tehtyä esisuunnittelua hyödynnettiin yritys tarvekartoituksessa, joka tehtiin Pohjois-Savon alueen energia-alan yrityksille.

Avainsanat

Lämmönvaihdin, lämminvesivaraaja, korroosio, testausympäristö, instrumentointi

Luottamuksellisuus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, BUSINESS AND ENGINEERING, VARKAUS

Degree Programme

Automation Technology

Author

Jukka Haarakoski

Title of Project

Equipment for Energy System and Materials Testing Development Environment

Type of Project

Date

Pages

Final Project

10.06.2010

18+4

Academic Supervisor

Company Supervisor

Company

Tero-Markus Jankko

Jukka Hautamaa

SUAS

Abstract

The Purpose of this study was to carry out some preliminary planning for renewable energy and materials testing environment and to consider the full instrumentation and automation solutions and to get a rough budget price for the system. The starting point was the need to plan the instrumentation for the sub processes of the environment so that the necessary equipment purchases could be made. The overall picture of the process had to be completed for mechanical design.

The thesis was done as a part of The Energy, Power and Pressure vessel project. The project aims at meeting the needs of research and development in the field renewable energy system the region. The Plan for equipment purchases was defined during the project.

The material for preliminary planning that was made in this study was used for finding out the needs of energy sectors in The North-Savo region.

Keywords

Heat exchanger, boiler, corrosion, Testing Environment, Instrumentation

Confidentiality

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Testausympäristön suunnittelun lähtökohdat	2
2.1	Tutkimus- ja kehitysympäristön laitehankinnat	2
2.2	Hankkeen aikataulu	2
3	Testausympäristön anturi- ja toimilaitetyypit	4
3.1	Laitetyypit	4
3.2	Anturityypit	7
4	Testausympäristön esisuunnittelu	8
4.1	Prosessikuvaus	8
4.2	Prosessilaskelmat	9
5	Toteutuksen prosessisuunnittelu	11
5.1	Korkealämpötilakorroosio	11
5.2	Lämmönvaihdintestaus	12
5.3	Lämminvesivaraajan testaus	12
5.4	Mittaus- ja säätöjärjestelmät	13
6	Prosessin toimintaehdot ja turvalogiikka	14
7	Johtopäätökset	15
	Lähteet	15
	Liitteet	18

1 Johdanto

Insinööriyö toteutetaan Savonia-ammattikorkeakoulun Varkauden yksikölle. Opinnäytetyön tarkoitus oli tehdä esisuunnittelu uusiutuvan energian ja materiaalien testauksen koelaitteistolle, miettiä kokonaisuuden instrumentointi- ja automaatoratkaisua ja saada karkea budjettihinta toteutukselle. Insinööriyö tehtiin ”Energia-, voimalaitos- ja painelaitteosaamisen kehitysympäristö” hankkeeseen, missä suunnitteilla olevalla laitteistoilla oli tarkoitus vastata uusiutuvan energian järjestelmien tutkimukseen ja kehittämiseen alueella. T&K toiminta olisi kiinteässä yhteydessä vanhaan energia- ja materiaaliosaamiseen pohjaavaan yritystoimintaan ja sitä hyödynnettäisiin tuotteiden kehittämisessä uusiin käyttötarkoituksiin. Toisaalta ympäristöä voidaan käyttää tehokkaasti koulutuksiin, mitä järjestetään Savonia-amk:lla, niin tutkintoon tähtäävissä ohjelmissa kuin muussa aikuiskoulutuksessa.

Hankkeen tarkoitus oli myös toimia ”*Energia, voimalaitos ja painelaitteosaamisen kehitysympäristö*” -hankkeen jatkona, missä syvennetään osaamista ja yhteistoimintaa niin muiden T&K tahojen kuin yritysten välillä

2 Testausympäristön suunnittelun lähtökohdat

Tutkimus- ja kehitysympäristön sijoitusta mietittiin projektin aikana. Lähtökohtana oli kuitenkin se, että nykyiset luokkatilat Savonia-amk:lla Varkaudessa eivät kovin hyvin sovellu teollisen mittakaavaisen koetoiminnan tekemiseen. Mahdollisia paikkoja T&K ympäristölle haettiin ensisijaisesti Savonia-amk:n toimipisteiden läheisyydestä tai yhdistettynä hankkeisiin, joissa tarjoutuu luontainen koetoiminnan mahdollisuus esim. hajautetun energian tuotannon puolella.

2.1 Tutkimus- ja kehitysympäristön laitehankinnat

Suunnitelmaa laitehankintojen hankkimiseen tarkennettiin hankkeen aikana. Tulevien T&K ympäristöjen perustaminen tehdään omina hankkeinaan ja mielellään yritysveitoisesti. Tämän hetken tietämyksen valossa tärkeimmät laiteinvestoinnit tulevat keskittämään seuraavan tutkimus- ja kehitysympäristön perustamiseen, joka pohjaa Energialaboratorioon suunnitteilla oleva koelaitos. Koelaitoksessa testattavia polttoaineita ovat puuperäiset, biokaasu ja muut biomassat. Tutkimus- ja kehitysympäristössä testattavia asioita ovat Lämmönvaihtimien ja kokonaisuuden mekaanisen rakenteen kehitystä ja testausta. Materiaali ja korroosion testauksessa tulisi huomioida materiaalivalinnat ja raja-arvot toiminta-alueille. Tutkimus ja kehitysympäristössä testattaisiin ajotapoja, hyötysuhteita, mittauksia sekä ohjausta ja säätöä. Tämä ympäristö olisi ollut kokoluokaltaan suurempi, mikä sijoitetaan Savonia-amk:lle energialaboratorioon.

2.2 Hankkeen aikataulu

Hanke alkaisi syksyllä 2009 ja jatkuisi vuoden 2012 loppuun saakka kuvan 1 mukaisesti. Hanke on edennyt aikataulun mukaisesti hyvin.

	2009				2010				2011				2012				2013
	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4	1/4
Vaihe 1. Tarpeiden täsmennys.																	
Vaihe 2. Esiselvitykset sijoittamisesta ja suunnittelusta.																	
Vaihe 2. Sijoituspaikan vertailu ja valinta																	
Vaihe 3. Suunnittelu ja hankintojen tarkentaminen																	
Vaihe 4. Kilpailuttaminen ja hankinnat																	
Vaihe 5. Laitteiston rakentaminen ja testiajot																	
Vaihe 6. Toiminnan vakiinnuttaminen ja laajentaminen																	

Kuva 1 Hankkeen aikataulus

3 Testausympäristön anturi- ja toimilaitetyypit

Lähtökohtana oli tarve saada suunniteltua testausympäristön osaprosessien instrumentointi niin, että siihen saataisiin tehtyä tarvittavat laitehankinnat. Kokonaisprosessin kuva piti saada valmiiksi mekaanista suunnittelua varten.

Yleisiä vaatimuksia laitteelle on standardit, turvaluokitukset ja tiiveysluokat. Yleensä prosessiin liitettäviltä mittalaitteilta vaaditaan taulukon 1 mukaisesti. /6/

Taulukko 1. Laitteen standardit

Lämpötilakestävyys sisällä + 5...+60 °C
Lämpötilakestävyys ulkona - 40...+60 °C
Suhteellinen kosteus sisällä 5...95 %
Suhteellinen kosteus ulkona 5...100 %
Ilmanpaine 86...108 kPa

Laitteita valittaessa on myös tarkastettava värinänkestävyys, kulutuksen kestävyys ja korroosion kestävyys. Erityisiä viranomaisvaatimuksia on paineenalaisiin laitteisiin liittyvissä mittauksissa. Niiden on kestettävä sama rakennepaine kuin laite itsessään. Korkeissa paineissa impulssiputkissa pitää olla kaksi sulkuaitetta. Sekä liityntälaitteista pitää olla hitsauksien kuvaus. /6/

Radiometrisiin mittauksiin on hankittava viranomaisilta käyttö lupa ja on oltava vastaava käytönjohtaja. Lisäksi laitteiden toimintaa voi häiritä, sähkökenttä, magneettikenttä, transientit virransyötössä ja transientit signaali kaapeloinnissa. Räjähdyksen ja palovaarallisiin tiloihin on omat Ex-luokitukset. /6/

3.1 Laitetyypit

3.1.1 Venttiilit

Valintaan vaikuttavia määräyksiä ja ohjeita ovat viranomaismääräykset, yleiset standardit, asiakaskohtaiset standardit ja ohjeet sekä toimittajan standardit. Viranomaismääräyksistä tässä työssä tulee ottaa huomioon paineastiaan, paloturvallisuuteen ja kaasuihin koskevat määräykset. /5/

Venttiiliä valitessa on huomioitava perussääntöjä. Pumppauspiirissä täytyy venttiilille valita noin kolmasosa koko piirin dynaamisista painehäviöistä, ainakin vähintään 30 kPa. Imu- ja purkauslinjoissa valitaan venttiilille 5 % absoluuttisesta imupaineesta tai puolet koko systeemin dynaamisista painehäviöistä. /5/

Staattisen paine-eron kuljettaessa nestettä paineellisesta säiliöstä toiseen paineelliseen astiaan valitaan venttiilille paine-eroksi 10 % viimeisen astian paineesta tai puolet koko systeemin paine-erosta. Höyryventtiilille voidaan valita paine-eroksi 10 % absoluuttisesta mitoituspaine-erosta tai vähintään 70kPa. /5/

Mitoituksessa on huomattava, että asennettu ominaiskäyrä vääristyy sitä enemmän pika avauksen suuntaan, mitä pienempi osa kokonaispaine-erosta jää venttiilin osalle. Venttiilejä kyseltäessä eli tarjouspyyntöä tehdessä tarvitaan taulukon 2 mukaiset lähtötiedot. /5/

Taulukko 2 Tarvittavat venttiilien lähtötiedot

Positiotunnus
nimitys
virtaava aine
virtaus (Q_{max} , Q_{norm} Q_{min})
venttiilin paine-ero sulkupaine (toimilaitteen mitoitus) ($\Delta p/Q_{max}$, $\Delta p/Q_{norm}$, $\Delta p/Q_{min}$)
lämpötila käyttölämpötila
tulopaine (käyttöpaine) (p_{min} , p_{norm} , p_{max})
lähtöpaine (käyttöpaine) (p_{min} , p_{norm} , p_{max})
tiheys
viskositeetti
putken koko- ja paineluokka (DN, PN)
putken materiaali
putken ulkohalkaisija * seinämäpaksuus
suunnittelulämpötila ja – paine

Säätöventtiili

Väärä venttiilin valinta aiheuttaa prosessinvaihtelua sekä kiihdyttää kulumista. Ominaiskäyrää valittaessa on otettava huomioon säätöpiirin ominaisuuksia. Lineaarinen ominaiskäyrä valitaan, kun säätöpiirissä on vakiopaine. Yksinkertaisissa säätöpiireissä ei ominaiskäyrällä ole kovinkaan suurta väliä. Varsinkin, jos säätävä teho on pieni verrattuna säädettävään kapasiteettiin. Oikean paine-eron valinta on tällaisessa tapauksessa tärkeämpi. Jos prosessin kuormitusvaihtelut eivät ylitä 3:1 lineaarinen ja tasaprosenttinen ovat likimain yhtä hyviä. Tasaprosenttinen ei ole yhtä herkkä ylimeritoitukselle kuin lineaarinen. /5/

3.1.2 Virtausmittaus

Mittalaippa on halpa ratkaisu. Staattinen paine on mittauslaipan jälkeen pienempi kuin ennen laippaa. Paine-ero voidaan mitata useasta eri kohdasta. Yleisesti käytetään kulmapainemittausliityntöjä sekä rengaskammiota. Vaativissa kohteissa käytetään mittaussuutinta. Esimerkiksi suuripaineisten höyryvirtausten mittauksissa käytetään suutinta, koska se on kaasun ja höyryn tapauksissa tarkempi kuin mittauslaippa. Myös painehäviö ja eroosio ovat pienempiä kuin laipalla. Eroosion pienuus johtuu suuttimen vähäisemmästä turbulenssista. Ei myöskään kerää likaa niin kuin mittauslaippa. /7/

Venturiputki on kookas ja kallis mittalaite. Sitä käytetään, jos mittaus on suoritettava mahdollisimman pienellä painehäviöllä, esim. suurten höyry- tai vesivirtojen mittauksessa. /7/

Venturiputken osat ovat tulosylinteri, kartiomainen suppeneva osa, suora ”kurkku” ja kartiomainen laajeneva osa eli diffusoori, joka voi olla lyhyt tai pitkä. Venturiputken hinta ja tilavaatimus huomattavasti mittalaipparatkaisuja isompia. /7/

Segmenttilaippaa käytetään vähän, lähinnä tilanteissa, joissa tukkeutumisvaara on suuri ja tarkkuus vaatimaton. Segmenttilaipan pysyvä painehäviö on pienempi kuin rengasmaisella mittalaipalla. /7/

3.2 Anturityypit

3.2.1 Lämpötilan mittaus

Vastuslämpötila-anturi (Pt100) soveltuu alle 300 C°. Termoelementti NiCr-Ni kestää yli 300 C° mitattavat lämpötilat sekä termopari kestää paremmin tärinää. Pt100 – anturi on tarkempi kuin termoelementti mutta termopari on nopeampi. K-tyypin termoelementti vanhenee nopeasti yli 700 °C lämpötilassa. Hinnoiltaan Pt100 ja termoratkaisut samaa luokkaa. /4/

3.2.2 Paineen mittaus

Painelähetin on tehty aina tietylle painealueelle. Primäärielimenä on kalvo, johon paine aiheuttaa siirtymän. Siirtymä havainnoidaan tuntoelimellä ja muodostetaan siirtymään verrannollinen lähtöviesti. Paine voidaan siirtää välittimillä toiseen mittauspaikkaan. Anturi voidaan sijoittaa myös suoraan prosessiin (yleistynyt tapa). Voidaan mitata myös painealuetta pienempiä paineita mutta tällöin tarkkuus kärsii. /9/

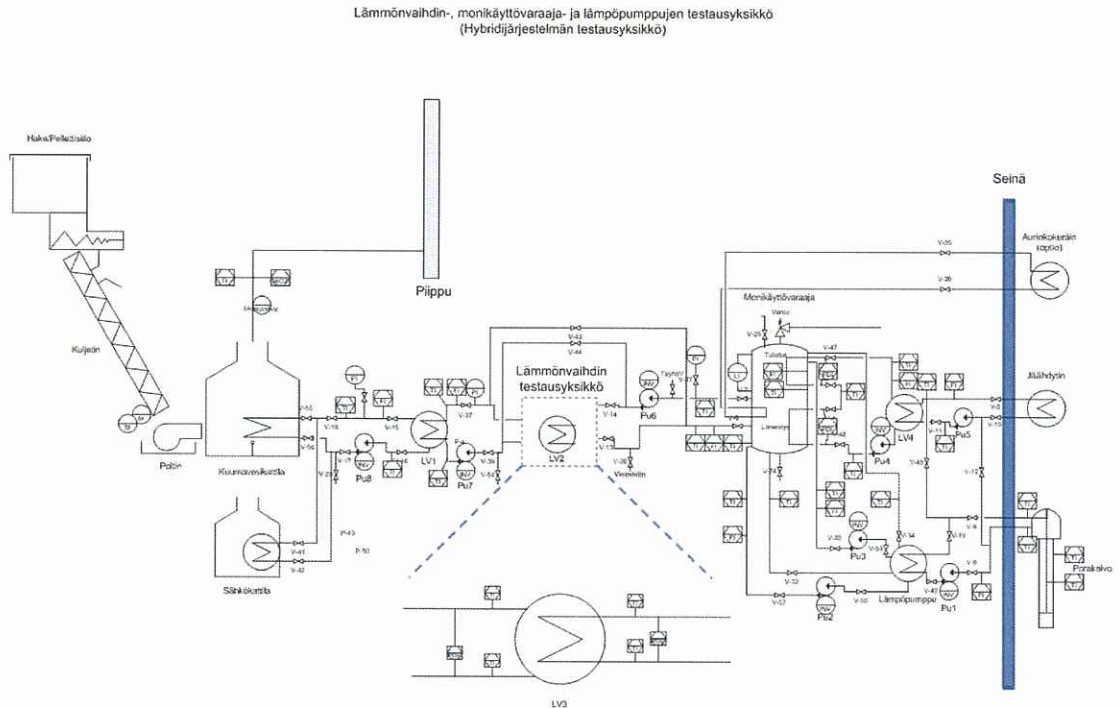
Veden painetta mitattaessa lähetin sijoitetaan mittauskohdan alapuolelle niin, että impulssiputki laskee koko matkalla vähintään 75mm / 1m. Impulssiputkeen ei silloin jää häiritseviä ilmakuplia. /9/

Kaasun painetta mitattaessa lähetin on kohteen yläpuolella ja impulssiputki vastaavasti nousee vähintään 75mm / 1m. Kaasusta tiivistynyt neste ei häiritse mittausta. /9/

Höyryn painetta mitattaessa paineyhde on mittauskohteeseen nähden vaaka-asennossa. Höyry tiivistyy nesteeksi ja impulssiputki on jatkuvasti täynnä nestettä. Höyrystymisen nopeuttamiseksi ja impulssiputken täynnä olon varmistamiseksi käytetään impulssiputken yläpäässä lauhdeastiaa. /9/

4 Testausympäristön esisuunnittelu

4.1 Prosessikuvaus



Kuva 2 Prosessikuva testausyksiköstä

4.1.1 Korkealämpötilakorrosio

Korkean lämpötilan korroosiolla tarkoitetaan yleensä metallin tai metalliseosten syöymistä ”kuivassa” kaasussa korkeassa lämpötilassa, eli toisin sanoen ympäristössä, jossa metallin pinnalle ei muodostu vettä. Pois luettuna on silloin esimerkiksi savukaasujen rikkihappokorroosio, jossa korroosion aiheuttaa savukaasuista metallipinnalle lauhtuva vesi-riikkihapposeos. Korkeissa lämpötiloissa tapahtuva korrosio on yleensä tasaista syöymistä, joskin harvemmin pistemäistä syöymistä tai jännityskorroosiota. /1/

Tämän ilmiön testaamiseen suunniteltiin kuvan 2 mukainen adiabaattinen polttokammio, missä savukaasun lämpötilat olisivat olleet halutulla tasolla lämmönvaihdinmateriaalien testaamiseen. Polttokammion tekemisestä kuitenkin luovuttiin kustannussyistä. Materiaalin testaus voidaan tehdä kuvassa 2 olevassa

laitteistossa korroosiosondilla. Korroosiosondi voidaan laittaa biokattilan huoltoluukusta tulipesään ja säätää jäähdytetyssä sondissa materiaalilämpötilat halutulle tasolle.

4.1.2 Lämmönvaihdintestaus

Lämmönvaihdin on energiatekniikan peruskomponentti, jolla lämpöenergiaa siirretään väliaineesta toiseen. Lämmönvaihtimesta käytetään myös nimitystä lämmönsiirrin. Lämmönsiirron mekanismeja on lämmön johtuminen, konvektio ja säteily. Konvektio on lämmön siirtymistä aineen mukana, mihin ei tarvitse lämmönsiirrintä. Lämmönvaihtimen valintaan vaikuttavia tekijöitä on lämmitysteho, vaaditut lämpötilat ja sallitut painehäviöt. Lämmönsiirtimissä lämpö siirtyy ensiövirtauksessa toisiovirtaukseen lämpölevyjen välityksellä niin, että virtaavat aineet eivät sekoitu keskenään. Lämmönsiirrintä hankittaessa on otettava huomioon haluttu lämmitysteho, vaaditut lämpötilat ja sallitut painehäviöt. Pinta-ala, lämmönläpäisykerroin ja lämpötilaero jäähtyvän ja lämmitettävän anevirran välillä ovat verrannollisia lämmönsiirtimessä siirtyvään tehoon. /3/

4.1.3 Lämminvesivaraajan testaus

Lämminvesivaraaja tasaa energialähteen energian sekä varastoi sen. Lämmönvaraaminen veteen on yksinkertainen ja helppo tapa varastoida energiaa. Lämminvesivaraaja soveltuu hyvin käytettäväksi lämminvesikeskuksessa ja myös ilmalämmityksessä. Lämminvesivaraaja soveltuu hyvin useimpien energialähteiden yhteyteen, jolloin se mahdollistaa useampien lämmönlähteiden rinnakkaiskäytön. /2/

4.1.4 Mittaus- ja säätöjärjestelmät

Prosessissa tullaan testaamaan erilaisia ajotapoja. Prosessia tullaan mittaamaan monilla eri mittauselimillä joista saadaan tietoa, että voidaan säätää prosessia. Näin voidaan testata eri hyötysuhteita prosessissa.

4.2 Prosessilaskelmat

Tavoite oli mitoittaa hybridijärjestelmään teholuokkaa < 100 kW, missä kuuman veden (100–80 °C) tuottamiseen lämminvesivaraajan ja lämmönsiirtimen testausyksikön tarpeisiin hankittaisiin kuumavesikattila joka olisi bio-kattila tai sähkökattila. Lisäksi

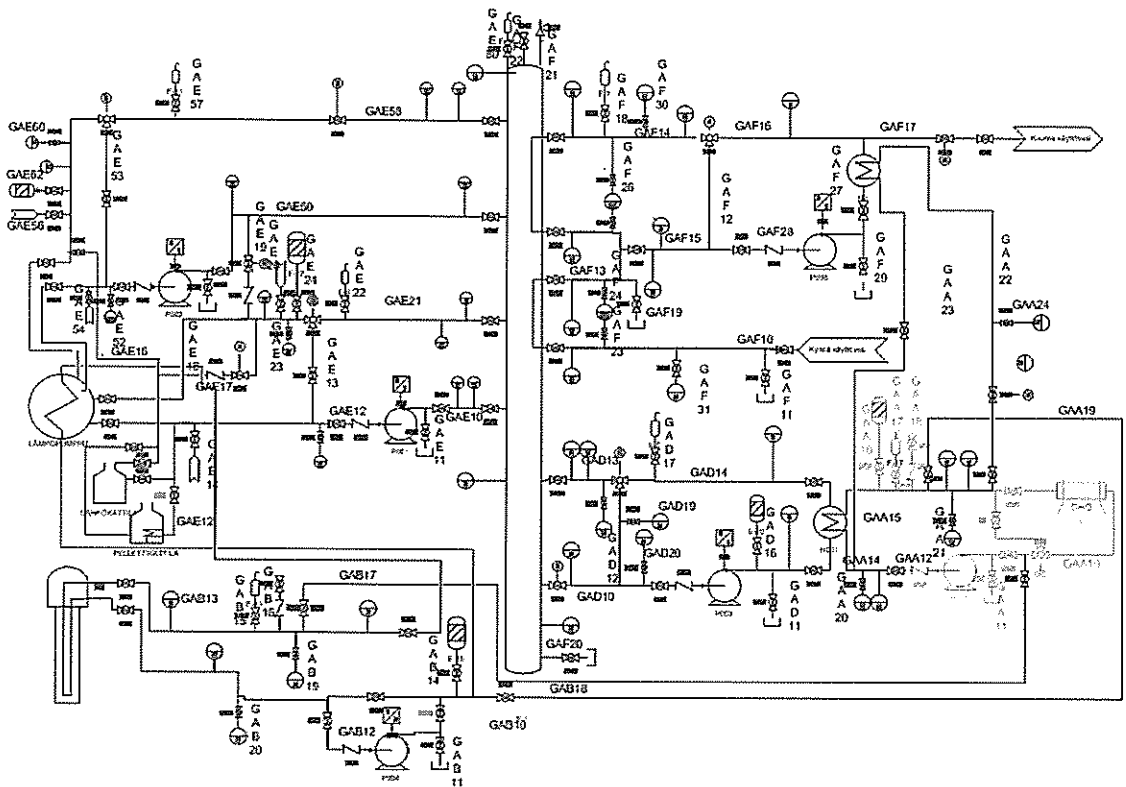
lämmöntuotannon puolella varauduttiin kytkemään lämpöpumppu, jonka tuottama teho tulisi olemaan koko luokaltaan alle 50 kW. Lisäksi suunniteltiin lämminvesivaraajan kytkemistä aurinkokeräinryhmään.

Lämminvesivaraajan lämmönkäyttöpuolelle varauduttiin kytkemään useita eri piirejä niin kuuman veden tuottamiseen, kuin lattia-/patteriverkoston tarpeisiin. Koelaitteiston lämpönieluksi simuloimaan patteriverkkoa ja lattialämmitystä suunniteltiin kytkettäväksi radiaattoriin, joka pystyisi siirtämään tehon, mikä tuotetaan lämminvesivaraajaan ja myös pois sieltä.

LVI-suunnittelussa putkistot mitoitettiin kullekin piirille niin, että vesivirtausnopeus putkistossa on alle 1 m/s maksimi virtausmäärällä, koska laitteisto ei kestä isommilla virtauksilla.

5 Toteutuksen prosessisuunnittelu

Tässä työssä tehtyä esisuunniteltua materiaalia hyödynnettiin yritys tarvekartoituksessa, mikä tehtiin Pohjois-Savon alueen energia-alan yrityksiin. Yritys tarvekartoituksen tavoitteena oli saada kiinnostuneet yritykset osallistumaan ympäristön tarkempaan suunnitteluun ja hyödyntämiseen heidän omissa tuotekehitys hankkeissa. Projekti jatkui yrityksen Tekes-hankkeena suunnitteluun ja toteutukseen saakka. Kuvassa 3 kuvattu testauslaitteisto asennetaan Stora Enson Varkauden tehtaan tiloihin 2010 kesäkuuhun mennessä.



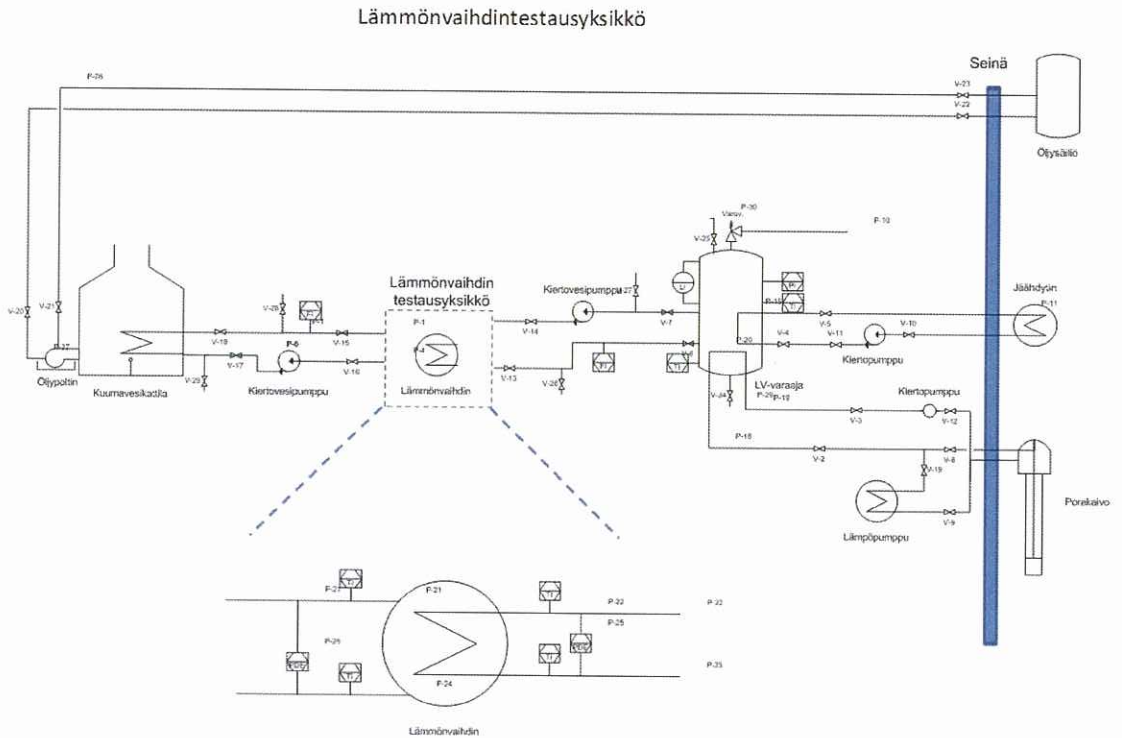
Kuva 3 Stora Enson testauslaitteisto

5.1 Korkealämpötilakorrosio

Korroosionopeuden mittaaminen tapahtuu lämpösäädetyllä korroosiosondilla millä voidaan testata ja vertailla viiden eri materiaalin kestoa yhtä aikaa.

5.2 Lämmönvaihdintestausta

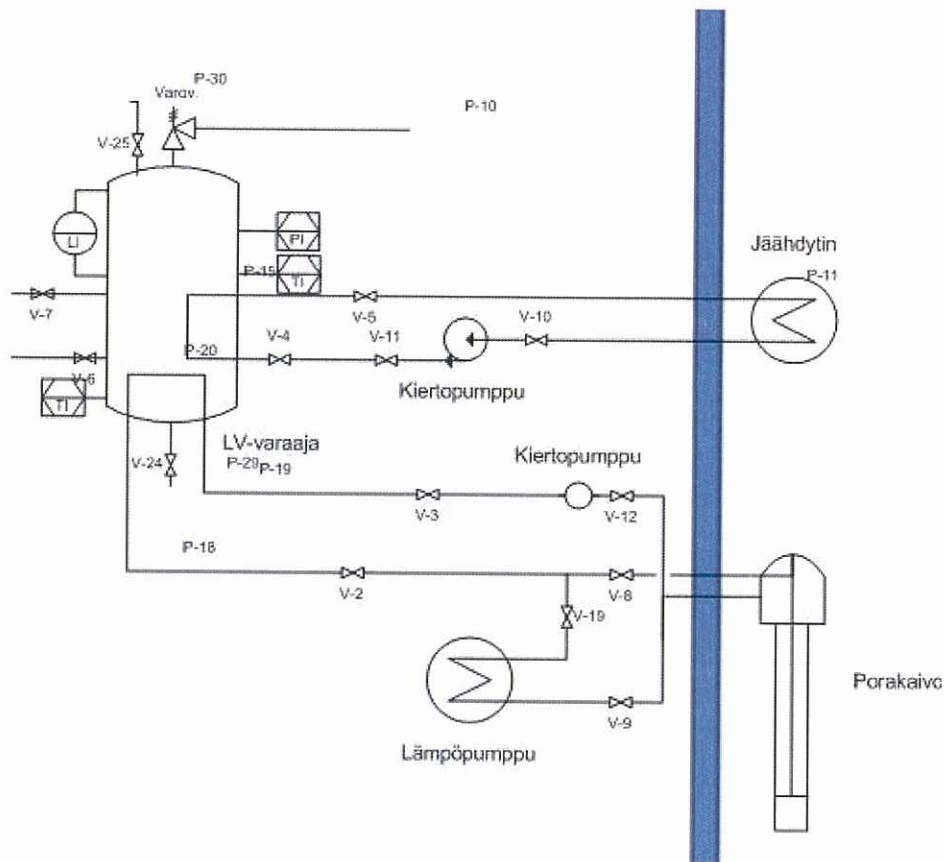
Lämmönvaihdintestaustemuodi on helposti irrotettava ja vaihdettava rakenne. Savukaasukanava johdetaan toisella vedolla alaspäin lämmönvaihdin testausmoduulin jälkeen kuumavesikattilaan.



Kuva 4 Lämmönvaihdintestaussyksikkö

5.3 Lämminvesivaraajan testaus

Lämminvesivaraajan testaus ympäristöön tarvittavia mittauksia ovat virtaus-, paine-ero ja lämpötilanmittaus lämminvesivaraajan kytkeytyvissä piireissä sekä eri korkeuksilla lämminvesivaraajassa olevat lämpötilamittaukset vaipan sisältä.



Kuva 5 Lämminvesivaraajantestausyksikkö

5.4 Mittaus- ja säätöjärjestelmät

Lämpötilamittauksia on kuumavesikattilan jälkeen. Lämminvesivaraajan alasäiliöön ja yläsäiliöön tulee pt-100 anturit. Painemittaus on lämmönvaihtimen alapesässä. Lämmönvaihtimen ja kierukkojen yli lämminvesivaraajassa mitataan paine-eroa. Kaikissa piireissä on yksi virtausmittaus, jotta voidaan laskea testausympäristön kaikissa piireissä tapahtuva lämmönsiirtoteho. Lämminvesivaraajan tulee paikallinen painemittari pinnanmittausta varten.

6 Prosessin toimintaehdot ja turvalogiikka

Kuumavesikattilan ja sähkökattilan mukana tulevat laitetoimittajien turvalogiikat. Lämminvesivaraajassa tulee olla varoventtiili ja kaikissa lämminvesivaraajaan kytkeytyvässä piirissä pitää olla paisunta säiliö.

Kun lämmönvaihtimessa on vesikierto, niin pitää varmistaa, että vettä on ja se kiertää lämmönvaihtimessa. Lämmönvaihtimen jälkeiseen linjaa tulee paine- ja lämmönmittaus. Prosessissa tulee olla muutamia turvalukituksia joita on kuvattu taulukossa 3.

Taulukko 3 Tarvittavia lukitukituksia

Ei lupaa syöttää polttoainetta ennen kuin puhaltimet on päällä.
Jos puhallin putoaa pois päältä, polttoaineen syöttö pysäytetään.
Jos vettä ei ole tai vesi ei kierrä, niin polttoaineen syöttö pysäytetään..

7 Johtopäätökset

Tämän työn tavoitteena oli tehdä esisuunnittelu uusiutuvan energian ja materiaalien testauksen koelaitteistolle. Esisuunnittelussa oli tavoitteena saada kokonaisuuden instrumentointi- ja automaattioratkaisut ja saada karkea budjettihinta toteutukselle.

Koelaitteistolle instrumenteille ja automaattioratkaisuille saatiin tarjoukset ja näin ollen karkea budjetti toteutukselle. Lisäksi uusiutuvan energian ja materiaalien testauksen koelaitteiston esisuunnittelua hyödynnettiin yritys tarvekartoituksessa, mikä tehtiin Pohjois-Savon alueen energia-alan yrityksiin.

Lähteet

/1/ Suomen Korroosio yhdistys – SKY ry.(1988) *Korroosio käsikirja*. Hangon Kirjapaino Oy, Hanko ISBN 951-99916-7-0

/2/ Jarmo Perttula ja Werner Söderström Osakeyhtiö(2000) *Energiatekniikka*. WS Bookwell Oy, Porvoo ISBN 951-0-24909-2

/3/ Wikipedia (2010) *Lämmönsiirrin*. Wikipedian artikkeli. Saatavilla:
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Lämmönsiirrin> [viitattu 07.04.2010]

/4/*Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Lämpötilan mittaus*
Lähde: Teollisuuden instrumentointi M Sivonen 1995

/5/*Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Säätoventtiilin valinta*
Lähteet: Metso Automation 2006 koulutusmateriaali
Sivonen M, Teollisuuden instrumentointi

/6/ *Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Laitevalinnat*
Lähde: Tauno Salon luentomateriaali

/7/ *Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Virtausmittaus*
Lähteet: Teollisuuden instrumentointi M Sivonen 1995, Kunnossapidon koulutuskeskus M Wallenius Automaatiotekniikka M Wallenius Teollisuusprosessien mittaukset O Aumala.

/8/ *Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Säätoventtiilien rakenne*
Lähteet: Teollisuuden instrumentointi M Sivonen 1995 Kunnossapidon koulutuskeskus M Wallenius Automaatiotekniikka M Wallenius Säätoventtiilikoulutusmateriaali Metso Automation 2006

/9/Voimalaitosautomaatio Erikoistumisopinnot Paine- ja paine-eron mittaus

Lähde: Teollisuuden instrumentointi M Sivonen 1995

Liitteet

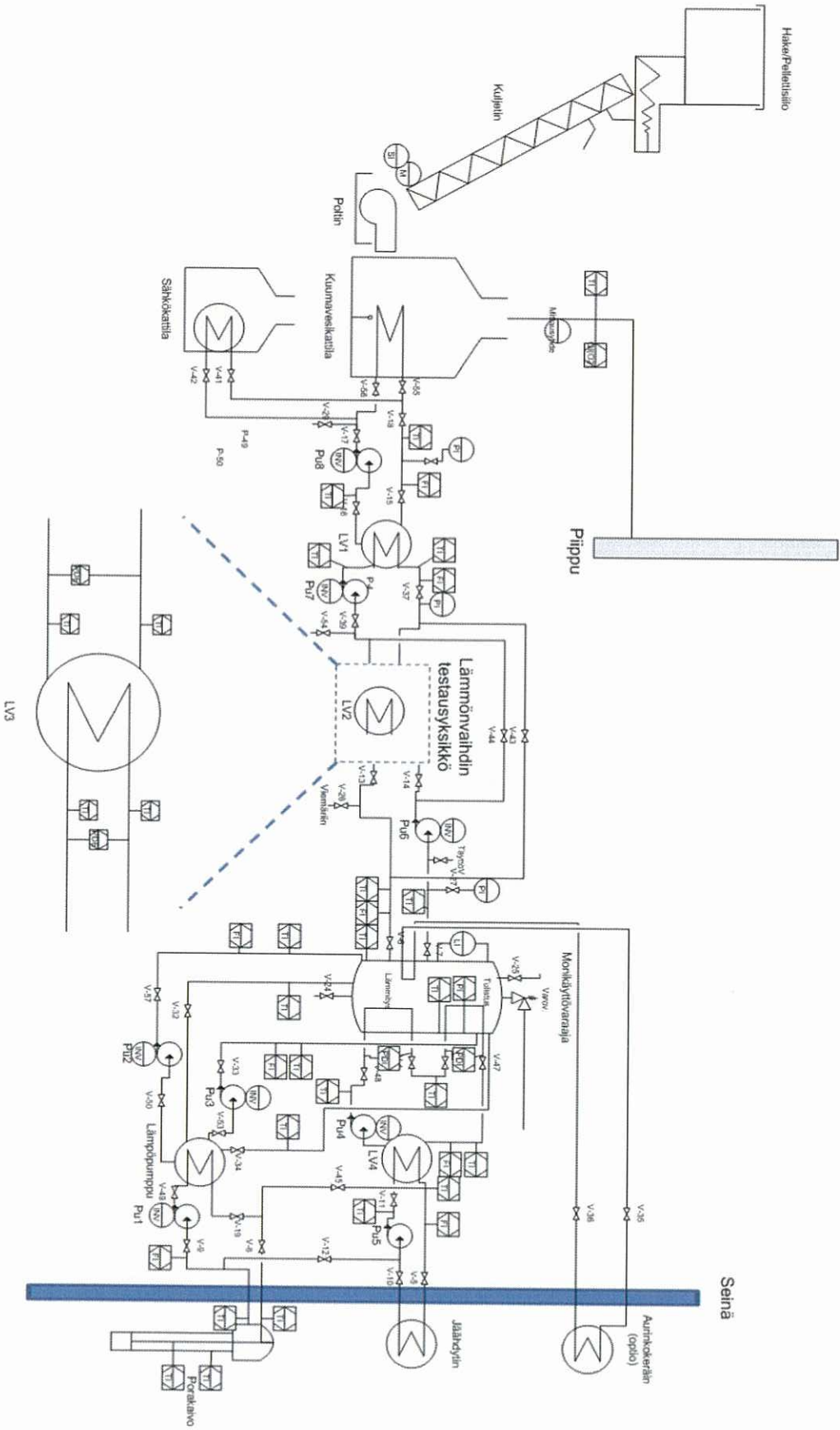
Liite 1 – Prosessikuva testausyksiköstä

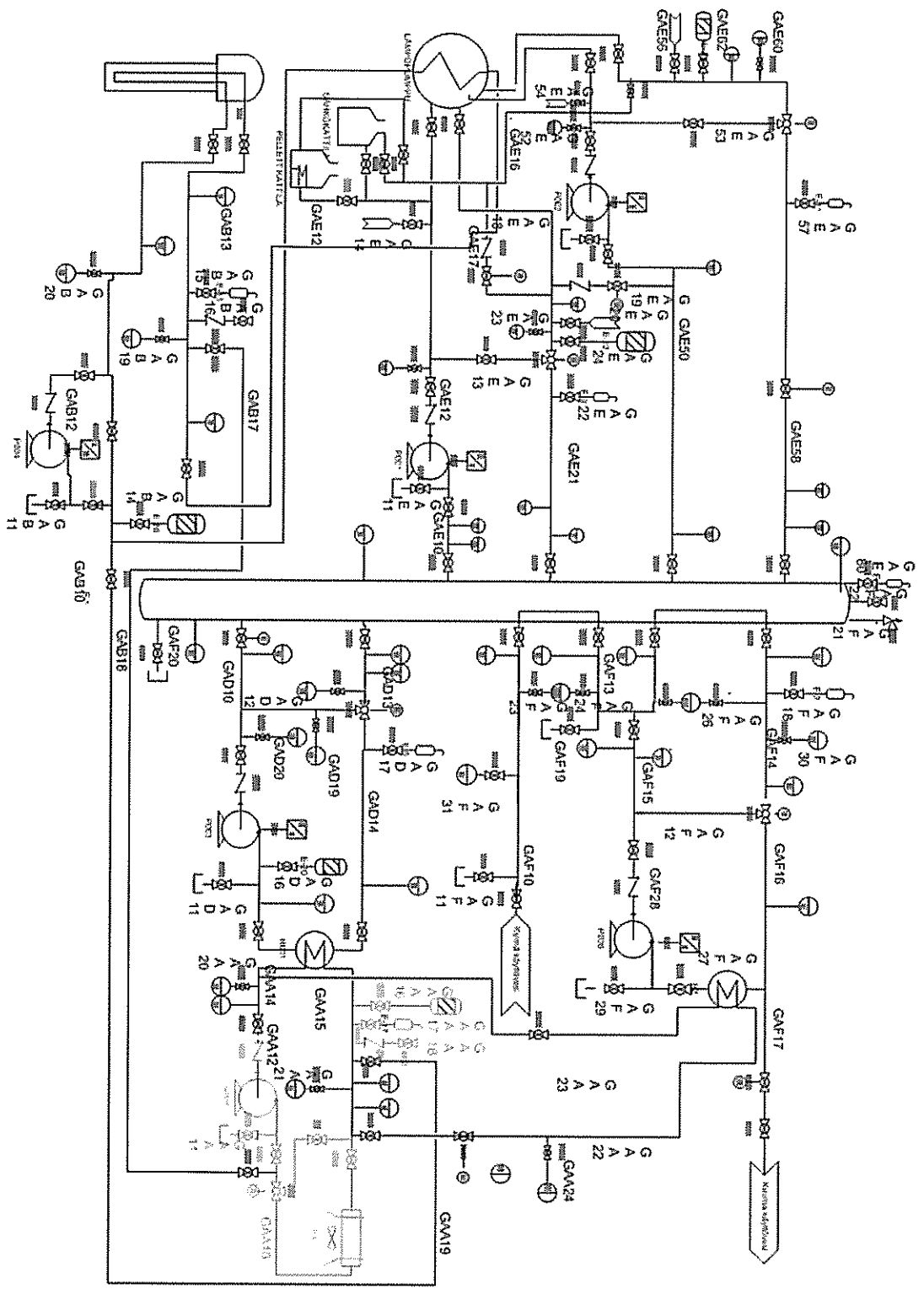
Liite 2 – Stora Enson testauslaitteisto

Liite 3 – Lämmönvaihdintestausyksikkö

Liite 4 – Lämminvesivaraajantestausyksikkö

Lämmönvaihdin-, monikäyttövaraaja- ja lämpöpumppujen testausyksikkö
(Hybridijärjestelmän testausyksikkö)





Lämmönvaihdintestausyksikkö

