



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

LÄMMÖNSIIRTIMIEN JA LAITTEISTOJEN TESTAUS- ASEMA

TEKIJÄ: Mikko Hendolin

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Mikko Hendolin			
Työn nimi Lämmönsiirtimien ja laitteistojen testausasema			
Päiväys	18.5.2017	Sivumäärä/Liitteet	18/liitteet (salaiset)
Ohjaaja(t) yliopettaja Harri Heikura, lehtori Jukka Huttunen			
Toimeksiantaja GEBWELL Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä työ on tehty GEBWELL Oy:lle. Työssä suunnittelin lämmönvaihtimien ja komponenttien painehäviöiden testausaseman.</p> <p>Tämä työ sisältää prosessin mitoituksen, pumpun mitoituksen, prosessiputkiston mitoituksen ja virtausmittareiden mitoituksen.</p> <p>Työssä tein testausaseman kytkentäkaavion ja prosessi putkiston tekemiseen tarvittavan dokumentaation. Työssä tein Excel tiedoston mittausdatan käsittelemistä varten.</p> <p>Työ sisältää testausaseman koeajon ja koeajo datan Excel käsittelyn.</p>			
Avainsanat Painehäviö mittaus			
Lämmönsiirrin			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author Mikko Hendolin			
Title of Thesis Testing Station for Heat Exchangers and Devices			
Date	18.5.2017	Pages/Appendices	18/appendices (confidential)
Supervisor(s) principal lecturer Harri Heikura, senior lecturer Jukka Huttunen			
Client Organisation GEBWELL Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was made for GEBWELL Oy. The objective of the work was to design Testing Station for Heat Exchangers and Devices.</p> <p>This thesis was started with process calculation, pump calculation, process pipe dimensioning calculation, and flow sensor dimensioning calculation.</p> <p>The Second step was connection diagram of testing station design. Third step was drawing up process pipe manufacturing documentation.</p> <p>Fourth step was creating an Excel document for processing measurement data.</p> <p>This thesis contains a test drive for testing station and test results processing in Excel.</p>			
Keywords Pressure drop measurement Heat exchanger			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty GEBWELL Oy:lle alkuvuoden 2017 aikana.

Työn ohjaajana toimi Jarmo Laitinen jota haluan kiittää työn tekemisessä tarvitun LVI-osaamisen ja GEBWELL:n yleisten työskentelytapojen saattamisesta tietooni. Kiitos ohjaavalle opettajalleni Harri Heikuralle työnohjauksesta.

Varkaudessa

Mikko Hendolin

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	TYÖN TAUSTA	7
1.2	TYÖN VAIHEET	7
1.3	LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT	7
1.4	YHTEISTYÖKUMPPANIT JA TEKIJÄNOIKEUKSIEN HALTIJAT	7
2	GEBWELL YRITYSESITTELY	8
2.1	GEBWELL MAALÄMPÖ	8
2.2	GEBWELL KAUKOLÄMPÖ	8
2.3	GEBWELL POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTTOJÄRJESTELMÄ	8
2.4	GEBWELL ENERGIAVARAAJA	8
2.5	GEBWELL KÄYTTÖVEDENLÄMMITIN	8
3	TESTAUSASEMAN PROSESSIN MITOITUS	9
3.1	TESTAUSASEMAN PUMPUN MITOITUS	9
3.1.1	PUMPUN MAKSIMIVIRTAAMAN MITOITUS	9
3.1.2	PUMPUN NOSTOKORKEUDEN MITOITUS	10
3.2	TESTAUSASEMAN PUTKISTON MITOITUS	10
3.2.1	TESTAUSASEMAN PUMPUN PUTKILINJAN MITOITUS	10
3.2.2	TESTAUSASEMAN VIRTausMITTAUSLINJOJEN MITOITUS	11
3.3	TESTAUSASEMAN VIRTausMITTARIEN MITOITUS	11
3.4	TESTAUSASEMAN LINJASÄÄTÖVENTTIILIJEN MITOITUS	11
3.5	TESTAUSASEMAN VESISÄILIÖN MITOITUS	12
4	TESTAUSASEMAN RAKENTAMINEN	13
4.1	TESTAUSASEMAN PUMPPULINJAN RAKENTAMINEN	13
4.2	TESTAUSASEMAN VIRTausMITTAUSLINJOJEN RAKENTAMINEN	13
4.3	MITTAUSYHTEIDEN RAKENTAMINEN	14
5	KOMPONENTIN PAINEHÄVIÖN MITTAUS	15
5.1	PAINEHÄVIÖN MITTAUS KAHDELLA PAINEMITTARILLA	15
5.2	PAINEHÄVIÖN MITTAAMINEN YHDellä PAINE-EROMITTARILLA	15
6	SÄHKÖKYTKENNÄT	16
6.1	OUMAN	16
7	TESTAUSASEMAN KOEAJO	17

8	TESTAUKSEN TULOKSET.....	17
9	YHTEENVETO.....	17
	LÄHTEET	18

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunnittelin komponenttien ja laitteistojen painehäviötestausaseman.

1.1 TYÖN TAUSTA

Työntilaaja halusi saada käyttöönsä laitteiston, jolla voidaan mitata kaukolämpö- ja maalämpöjärjestelmissä olevien komponenttien ja laitekokonaisuuksien painehäviöitä. Painehäviön mittauslaitteistoa on tarkoitus käyttää järjestelmien eri osien mitoituslaskelmien tarkastamiseen.

Tarkemmalla mittaustiedolla painehäviöstä voidaan vaihtaa komponentteja pienemmäksi ja edullisemmaksi mikäli pienemmälläkin saavutetaan asetetut raja-arvot. Mikäli painehäviö on oletettua suurempi, joudutaan pumpunkokoa kasvattamaan jolloin pumppu on kalliimpi ja pumppauskustannukset kasvavat. Testausaseman prosessinmitoitus rajattiin maksimissaan DN65 putkilinjan virtauskapasiteettiin.

1.2 TYÖN VAIHEET

Työn tekemisen aloitin tutustumalla GEBWELL:n Leppävirralla sijaitseviin tuotantolaitoksiin, sekä GEBWELL:n valmistuksessa oleviin lämmönjakokeskuksiin. Tutustumisen tein tuotantohallissa tapahuneella kierroksella sekä tutustumalla GEBWELL:n tuoteluetteluihin. Seuraavaksi selvitin lämmönjakokeskusten prosessiarvot testausaseman mitoitusta varten. Sitten suunnittelin testausaseman kytkentäkaavion, jonka perusteella testausasema valmistettiin. Testausaseman valmistuttua tein koeajon testausasemalla varmistuakseni testausaseman tarkoituksenmukaisesta toiminnasta.

1.3 LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

K1 = Rakennusten kaukolämmitys määräykset ja ohjeet julkaisu

1.4 YHTEISTYÖKUMPPANIT JA TEKIJÄNOIKEUKSIEN HALTIJAT

Tekijänoikeudet tämän opinnäytetyön tuloksiin omistaa:
GEBWELL Oy Leppävirta

2 GEBWELL YRITYSESITTELY

GEBWELL valmistaa maalämpöjärjestelmiä, kaukolämpöjärjestelmiä, poistoilman lämmön talteenottojärjestelmiä, käyttövedenlämmittimiä sekä energiavaraajia ja edellä mainittuihin järjestelmiin liittyviä asennustarvikkeita.

2.1 GEBWELL MAALÄMPÖ

GEBWELL maalämpöpumppu lämmittelee kiinteistön ja kiinteistössä tarvittavan käyttöveden ja lämpöpumpun lämmönkeruupiiriä on mahdollista hyödyntää kiinteistön viilentämiseen. GEBWELL maalämpöpumppujen tehoskaala kattaa kiinteistön lämmitys tai jäähdytys tarpeet aina omakotitalosta suureen liike-, ja teollisuuskiinteistöihin. [2]

2.2 GEBWELL KAUKOLÄMPÖ

GEBWELL kaukolämmönjakokeskukset soveltuvat patteri-, lattia ja ilmalämmitykseen sekä käyttöveden lämmittämiseen. GEBWELL kaukolämmönjakokeskusten tehoskaala kattaa kiinteistön lämmitystarpeen omakotitaloista rivi-, ja kerrostaloihin. [2]

2.3 GEBWELL POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTTOJÄRJESTELMÄ

GEBWELL Combi järjestelmäkokonaisuudessa poistoilman lämmön talteenottoa hyödynnetään kiinteistön ja käyttöveden lämmityksessä. GEBWELL Combi on tarkoitettu kerrostalokokoluokan lämmön talteenotto laitteistoksi. [2]

2.4 GEBWELL ENERGIAVARAAJA

Vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmissä lämmityslaitteen tuottamaa lämpöä varastoidaan energia varaajiin josta energiaa käytetään kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen. Energiavaraajat sopivat käytettäväksi eri lämmitysmuotojen yhteydessä ja mahdollistavat myös lämmitysmuotojen rinnakkaiskäytön. GEBWELL energiavaraajia on kokoluokassa 501–5000 litraa. [2]

2.5 GEBWELL KÄYTTÖVEDENLÄMMITIN

GEBWELL KVL300 käyttövedenlämmitin on tarkoitettu käyttöveden lämmitykseen ja varastointiin omakoti- ja rivitalossa sekä vapaa-ajan asunnossa. Varaajan tilavuus on 275 litraa ja se on varustettu 3 kW lämmitysvastuksella. [2]

3 TESTAUSASEMAN PROSESSIN MITOITUS

Prosessinmitoituksen lähtökohtana oli maalämpöpumppujen lämmönkeruunesteen nimellisvirtaus. Lämmönkeruunesteen nimellisvirtaus, litraa sekunnissa, virtaa mitattavien komponenttien läpi, virtauksesta aiheutuu painehäviö mitattavassa komponentissa, tämän painehäviön suuruus on mitattava painehäviö testauksessa.

Testausaseman prosessinmitoitus rajattiin maksimissaan DN65 putkiliinjan virtauskapasiteettiin.

Selvitin GEBWELL tuoteluettelosta kaikkien maalämpöpumppujen lämmönkeruunesteen nimellisvirtaukset. Keräsin nimellisvirtaukset seuraavaan taulukkoon.

TAULUKKO 1. Lämpöpumppujen lämmönkeruunesteen nimellisvirtaukset.

LÄMPÖPUMPUN TYYPPI	LÄMMÖNKERUUNESTEEN NIMELLISVIRTAUS l/s	LÄMMÖNKERUUNESTEEN NIMELLISVIRTAUS l/min	LÄMMÖNKERUUNESTEEN NIMELLISVIRTAUS m ³ /h
Qi6	0,3	18	1,08
Qi8	0,41	24,6	1,476
Qi10	0,5	30	1,8
Qi13	0,6	36	2,16
T ² 06	0,3	18	1,08
T ² 08	0,41	24,6	1,476
T ² 10	0,5	30	1,8
T ² 13	0,6	36	2,16
T ² 16	0,74	44,4	2,664
T ² 20	0,98	58,8	3,528
T ² 26	1,23	73,8	4,428
T ² 32	1,48	88,8	5,328
Gemini 40	1,66	99,6	5,976
Gemini 52	2,36	141,6	8,496
Gemini 64	3	180	10,8
Taurus 90	4,2	252	15,12

Edellä mainittujen virtausarvojen perusteella mitoitin testausaseman pumpun, putkistot, virtausmitarit ja vesisäiliön.

3.1 TESTAUSASEMAN PUMPUN MITOITUS

Pumpun tyyppiä valittiin GRUNDFOS MAGNA 3. Pumpputyypin valinnan ratkaisi MAGNA 3 pumpun monipuoliset säätötavat ja pumpussa oleva laajennettu käyttöliittymä TFT näytöllä, joka mahdollistaa pumpun ohjauksen kulloisenkin tarpeen mukaan.

3.1.1 PUMPUN MAKSIMIVIRTAAMAN MITOITUS

Pumpun tarvittava maksimivirtaus taulukon 1 mukaan on 4,2 litraa sekunnissa. Taulukossa 1 olevat Gemini 40, Gemini 52 ja Gemini 64 ovat kahdella kompressorilla ja siten myös kahdella lämmönsiirtimellä varustettuja. Edellisestä seuraa se että on pienempi virtausalue 0,3-1,48 litraa sekunnissa ja näistä paljon poikkeava 4,2 litraa sekunnissa. Koko virtausalueen 0,3-4,2 litraa sekunnissa hoitami-

nen yhdellä pumpulla osoittautui hankalaksi joten päädyttiin rajaamaan pumpun maksimivirtaukseksi Valtaosa GEBWELL:n kaupallisista ratkaisuista jää virtaukseltaan alle 3,6 litraa sekunnissa. Tätä suuremmat virtausarvot ei kiinnostanut tämän projektin aikana.

3.1.2 PUMPUN NOSTOKORKEUDEN MITOITUS

Pumpun tuottama lähtöpaine ilmaistaan yleisesti nostokorkeuden avulla, mikä tarkoittaa sitä että monenko metrin korkeuteen pumppu pystyy pumppaamaan vettä.

Yhdenmetrinkorkuinen vesipatsas vastaa 9,82 kPa painetta.

Tarvittavan pumpun nostokorkeuden määrittämiseksi suunnittelin testausaseman kytkentäkaavion joka sisältää kaikki testausasemassa olevat prosessilaitteet. Seuraavissa testausasemassa olevissa prosessilaitteissa syntyy painehäviötä: prosessiputkisto, mitattava komponentti, linjasäätöventtiili ja virtausmittari.

Prosessiputkisto sisältää testausasemassa olevat pumppulinjassa olevat ruostumattomasta teräksestä valmistetut putket ja putkikartiot ja putkimutkat sekä taipuisat muoviputket joilla testausasema liitetään mitattavan komponentin mittausyhteisiin.

Prosessiputkiston painehäviö arvioitiin kokemusperäisesti 5 kPa:n suuruiseksi.

Mitattavan komponentin painehäviönä käytettiin K1 maksimia lämmönsiirtimelle 20 kPa.

Linjasäätöventtiilin painehäviönä käytettiin laitevalmistajan mitoitusohjetta 10 kPa.

Virtausmittarin painehäviönä käytettiin laitevalmistajan painehäviökäyrää josta saatiin määritettyä virtausmittarin maksimi painehäviöksi 45 kPa.

Edellä mainitut painehäviöt yhteen laskemalla tarvittavaksi pumpun nostokorkeudeksi saatiin 85 kPa.

Pumpun hankinnassa päädyttiin GRUNDFOS MAGNA 3 sarjan 40-180F pumppuun, mikä antoi sopivimman virtaaman ja nostokorkeuden.

3.2 TESTAUSASEMAN PUTKISTON MITOITUS

Testausaseman putkiston mitoitus sisältää pumppulinjan ja virtausmittauslinjojen mitoituksen.

3.2.1 TESTAUSASEMAN PUMPUN PUTKILINJAN MITOITUS

Testausaseman putkiston mitoituksen perusteena käytin K1 kohdan 6.4 ensiöpuolen putkien mitoitus kohdassa olevaa taulukkoa jossa määritellään suurimmat sallitut vesivirtaukset eri DN nimelliskoon putkille. Kyseessä on paras käytettävissä oleva standardi joka sisältää käytännön olosuhteissa hyväksi havaitut ja turvalliset raja-arvot maksimi vesivirtauksille, eri nimelliskokoisille putkille, huomioiden ottaen putkiston eroosion ja virtauksesta johtuvan äänen.

TAULUKKO 2 nimelliskoko DN 20–150 putkien maksimi virtaamat.[1]

Nimelliskoko DN	Laskettu vesivirta enintään	
	dm ³ /s	m ³ /h
20	0,3	1,1
25	0,6	2,2
32	1,2	4,3
40	1,7	6,1
50	3,2	11,5
65	6,4	23,0
80	10,0	36,0
100	19,0	68,0
125	35,0	126,0
150	60,0	216,0

Lämmönsiirtimen maksimivirtaama on 3,6 litraa sekunnissa joten pumpulta lähtevän putkilinjan koko on DN 65.

3.2.2 TESTAUSAEMAN VIRTausMITTAUSLINJOJEN MITOITUS

Edellisen kohdan mukaisesti suurimmaksi mittauslinjan kooksi tuli DN 65. Taulukon 1 lämmönke-
ruunesteiden virtausarvojen perusteella lisättiin 2 mittauslinjaa DN 40 ja DN 25.

3.3 TESTAUSASEMAN VIRTausMITTARIEN MITOITUS

Tutkin markkinoilla olevia vaihtoehtoja virtausmittareiksi, lähtökohta oli saavuttaa kustannustehok-
kaasti riittävän suuri mittaustarkkuus.

Kolmen mittauslinjan virtausalueet päätin jakaa seuraavasti:

DN 65 mittauslinjassa olevalla virtausmittarilla mitataan 3,6 litraa sekunnissa eli 216 litraa minuutis-
sa oleva virtaus.

DN 40 mittauslinjassa olevalla virtausmittarilla mitataan 0,98–1,48 litraa sekunnissa eli 58,8–88,8 lit-
raa minuutissa olevat virtaukset.

DN 25 mittauslinjassa olevalla virtausmittarilla mitataan 0,3–0,74 litraa sekunnissa eli 18–44,4 litraa
minuutissa olevat virtaukset.

3.4 TESTAUSASEMAN LINJASÄÄTÖVENTTIILIN MITOITUS

Jokaisessa testausaseman mittauslinjassa on linjasäätöventtiili, linjasäätöventtiili on putken DN:n
kokoinen.

3.5 TESTAUSASEMAN VESISÄILIÖN MITOITUS

GEBWELL:n omasta tuotannosta löytyi tilavuudeltaan 275 litran lämminvesivaraaja. Arvion 275 litran vesitilavuuden olevan riittävän suuri mittausaseman luotettavan toiminnan takaamiseksi.

4 TESTAUSASEMAN RAKENTAMINEN

Testausasema rakennettiin GEBWELL:n hallissa Patruunapolku 5:ssä, missä rakennetaan GEBWELL:n valmistamat kaukolämpökeskukset. Testausaseman rakentaminen toteutettiin kytkentäkaavion mukaan.

4.1 TESTAUSASEMAN PUMPPULINJAN RAKENTAMINEN

Pumppauslinja sisältää kaikki osat vesisäiliöltä letkuliitimelle. Tein pumppauslinjan rakentamista varten listauksen osista järjestyksessä vesisäiliöltä letkuliitimille. Listauksen tarkoituksena oli helpottaa pumppauslinjan rakentamista ja samalla lista toimi tarvittavien putkenosien hankintalistana. Listauksessa suluissa oleva koodi viittaa kyseisen osan LVI-koodiin.

1. DN 65 putki 50 mm (koodi 1100063)
2. sulkuventtiili DN 65
3. DN 65 putki 50 mm (koodi 1100063)
4. käyrä (koodi 1198605)
5. supistus (koodi 1160017)
6. DN 40 putki 50 mm (koodi 1100046)
7. irtolaippa (koodi LVI 0545406)
8. kaulus (koodi 1171868)
9. tiiviste
10. pumppu
11. tiiviste
12. kaulus (koodi 1171868)
13. irtolaippa (koodi LVI 0545406)
14. DN 40 putki 50 mm (koodi 1100046)
15. supistus (koodi 1160017)
16. käyrä (koodi 1198605)
17. DN 65 putki noin 1275 mm (koodi 1100063) sen verran että on yhtä pitkä linja kuin DN 65 mittauslinja.
18. Putkeen tulee paikallinen paineenmittaus, tarvitaan hitsattava yhde. Putkeen tulee kaksi kappaletta hitsattavia painemittariyhteitä, joihin tarvitaan sulkumutteri.
19. Hitsattava muhvi liitintä varten
20. liitin muoviputkea varten.

Hitsattavassa muhvissa on putkikierre johon "hamputettu" liitin muoviputkea varten kierretään kiinni. Kierteellisten supistuskappaleiden avulla muhviin saadaan kiinnitettyä DN 40 ja DN 25 muoviletku.

4.2 TESTAUSASMAN VIRTAUSMITTAUSLINJOJEN RAKENTAMINEN

Mittauslinja sisältää kaikki osat vesisäiliöltä letkuliitimelle. Tein mittauslinjojen rakentamista varten vastaavanlaisen listauksen osista järjestyksessä vesisäiliöltä letkuliitimille. Listauksen tarkoituksena oli helpottaa pumppauslinjan rakentamista ja samalla lista toimi tarvittavien putkenosien hankintalistana.

Listauksessa suluissa oleva koodi viittaa kyseisen osan LVI-koodiin.

Esimerkkinä DN 65 mittauslinja.

1. DN 65 putki 146 mm (koodi 1100063)
2. irtolaippa (koodi LVI 0545408)
3. kaulus (koodi 1171868)
4. tiiviste
5. linjasäätöventtiili DN 65
6. tiiviste
7. kaulus (koodi 1171868)
8. irtolaippa (koodi LVI 0545408)
9. supistus (koodi 1161032)
10. RST-PUTKI 43x1,5 EN1.4432 80 mm (koodi 1105072), putkeen on tehtävä laippa
11. G2 kiinnitysmutteri ja tiiviste
12. virtausmittari
13. G2 kiinnitysmutteri ja tiiviste
14. RST-PUTKI 43x1,5 EN1.4432 200 mm (koodi 1105072), putkeen on tehtävä laippa
15. supistus (koodi 1161032)
16. DN65 putki, sen verran että saa sulkuventtiiliin kiinnitettyä
17. sulkuventtiili DN 65
18. DN 65 putki, sen verran että saa kiinnitettyä liittimen muoviputkea varten.
19. hitsattava muhvi liittintä varten
20. liitin muoviputkea varten

Esimerkin mukainen mittauslinjan osa luettelo on myös tehty DN 40 ja DN 25 mittauslinjoista.

4.3 MITTAUSYHTEIDEN RAKENTAMINEN

Mittausyhteillä yhdistetään mitattava komponentti muoviletkuihin, jotka on yhdistetty mittausasemaan. Mittausyhteissä on R ¼" lähdöt paine-eromittarille meneviä impulssiletkuja varten.

Mittausyhteitä tehtiin kolme paria. DN 65, DN 40 ja DN 25 mittauslinjoilta tuleville muoviputkille varustetuilla liittimillä yksi pari jokaista linjaa varten.

DN 65 mittauslinjaan tulevassa mittausyhteessä on R 1 ¼" kierteellä varustettu mutteri mittausyhteen kiinnittämiseksi mitattavaan komponenttiin.

DN 40 mittauslinjaan tulevassa mittausyhteessä on R 1 " kierteellä varustettu mutteri mittausyhteen kiinnittämiseksi mitattavaan komponenttiin.

DN 25 mittauslinjaan tulevassa mittausyhteessä on R ¾" kierteellä varustettu mutteri mittausyhteen kiinnittämiseksi mitattavaan komponenttiin.

5 KOMPONENTIN PAINEHÄVIÖN MITTAUS

Komponentin painehäviön mittausta tarkasteltiin kahdella erillisellä painemittarilla ja vaihtoehtona B yhdellä paine-eromittarilla.

5.1 PAINEHÄVIÖN MITTAUS KAHDELLA PAINEMITTARILLA

Ennen tämän työn aloittamista GEBWELL oli hankkinut 2 kpl painemittareita, joilla oli tarkoitus kiinnittää mittausyhteisiin mitattavan komponentin painehäviön mittaamiseksi.

Tässä mittausjärjestelyssä lopulliseen painehäviömittaustulokseen olisi jäänyt molempien painemittarien mittaustuloksen virhe. Kahden painemittarin mittausrvirheen eliminoimiseksi mittausaseman pumppulinja varustettiin R ¼" paineenmittausyhteellä, jotka on sijoitettu vastakkaisille puolille, samalle etäisyydelle pumpusta, pumpulta lähtevään DN 65 linjaan. Tämä järjestely mahdollistaa korjauskäyrän ajamisen jonka perusteella voidaan laskea korjauskerroin toiselle painemittarille.

Painehäviömittausta koskevan mittausvirheen tarkastelun valmistuttua pidettiin GEBWELL:llä virheentarkastelupalaveri, jossa todettiin mittausvirhe liian suureksi. Tarvittiin suunnitelma B komponenttien painehäviön mittaamiseksi.

5.2 PAINEHÄVIÖN MITTAAMINEN YHDELLÄ PAINE-EROMITTARILLA

Selvitin mahdollisia eri vaihtoehtoja komponenttien painehäviömittaamiseen soveltuvista paine-eromittareista. Erityistä huomiota kiinnitin riittävän mittaustarkkuuden saavuttamiseen 5 kPa suuristen painehäviöiden mittauksessa, koska edellisen kohdan mittausvirheen tarkastelussa pienillä paine-eroilla muodostui suurin prosentuaalinen mittausvirhe.

GEBWELL hankki paine-eromittarin joka uudelleen suoritettussa mittausvirheen tarkastelussa todettiin riittävän tarkaksi komponenttien painehäviömittauksiin.

6 SÄHKÖKYTKENNÄT

GEBELL:n sähkösuunnittelu teki tarvittavat sähköjohtojen kytkentäkuvat testausaseman kytkentäkaavion perusteella.

Ohjauskotelo ja tarvittavat sähkö kytkennät tehtiin GEBWELL: sähköosaston toimesta.

6.1 OUMAN

Ennen tämän työn aloittamista GEBWELL oli hankkinut OUMAN OULFLEX C vapaasti ohjelmoitavan automaatiojärjestelmän mittaustiedon keräämistä varten. OUMAN OULFLEX C on valvonta, ohjaus ja säätölaite. Laitteessa on 34 I/O-pistettä, sekä monipuoliset tiedonsiirto ja väyläliitännät. Laitteen I/O-pisteiden määrä on laajennettavissa ulkoisilla I/O-moduleilla väyläliityntöjen kautta.[3]

Tässä työssä käytettiin virtausmittauksissa ja paine-eromittauksessa universaaleja mittaustuloja jotka oli konfiguroitu lähetinmittauksiksi. Pumpun ohjaukseen käytettiin relelähtöä ja ohjauslähtöä.

OULFLEX C on lähtökohtaisesti tarkoitettu kiinteistöautomaation automaatiojärjestelmäksi. Kiinteistöautomaatioissa mitta- ja ohjaussignaalit ovat jänniteviestejä, 0-10 VDC. Alussa käytössä olleet painemittarit ja nyt käytössä oleva paine-eromittari toimii virtaviestillä 4-20 mA. Edellä mainitusta johtuen painemittauspiirit ja nyt käytössä oleva paine-ero mittausspiirin oli lisättävä I/U-muunnin. I/U-muunnin muuntaa paine-eromittarilta tulevan mittaussignaalin 4-20 mA jänniteviestiksi 0-10 V.

OUMAN:n vapaa ohjelmoitavuus tarkoittaa sitä että OUMAN:n henkilökunta voi vapaasti ohjelmoida automaatiojärjestelmää parhaankykynsä mukaan vastaamaan asiakkaan tarpeita.

Käyttäjä ei siis voi tehdä itsenäisesti ohjelmamuutoksia automaatiojärjestelmän ohjelmaan.

Lähetimme OUMANNILLE testausaseman kytkentäkaavion, jonka perusteella he tekivät ohjelman mittauksille, pumpun ohjaukselle ja tiedonkeruun ominaisuuden, jolla mittaustieto saatiin kerättyä talteen EXECL:iin. Vaiherikkaiden tapahtumien jälkeen toivon, että ohjelma olisi lopultakin halutulla tavalla toimiva.

OUMAN: ohjelma on micro-sd kortilla, joka laitetaan automaatiojärjestelmässä olevaan korttipaikkaan. Kun tarvittavat mittaukset on suoritettu, siirretään micro-sd kortti tietokoneen kortinlukijaan ja siirretään OUMAN:n keräämä mittaustieto tietokoneelle jatkokäsittelyä varten.

7 TESTAUSASEMAN KOEAJO

Testausaseman ensimmäinen koeajo tehtiin kahta painemittaria käyttäen. Koeajon tarkoituksena oli varmistaa testausaseman toiminta. Testausasema toimi halutulla tavalla. Koeajossa testattiin kahta erilaista paloletkukelan keskiötä, vanhanmallista ja uutta muutetulla rakenteella olevaa. Tässä testissä riitti tieto siitä että onko uuden rakenteen painehäviö pienempi kuin vanhan konstruktion elikkä kahdenpainemittarin suuri mittausvirhe ei ollut haittaava tekijä.

Toinen koeajo tehtiin paine-eromittarin asennuksen jälkeen lämmönsiirtimellä ja mittaustuloksia verrattiin lämmönsiirtimen valmistajan mitoitusohjelman tuloksiin.

Kolmas koeajo tehtiin kaksoisnipalla yhteen liitetyillä paineenmittausyhteillä.

8 TESTAUKSEN TULOKSET

Ensimmäisen koeajon tuloksena varmistu, että paloletkukelan keskiön rakenteeseen tehdyt muutokset ovat oikean suuntaisia, eli uuden rakenteen painehäviö on pienempi kuin vanhan rakenteen.

Toisen koeajon tulokset poikkesivat huomattavasti lämmönsiirtimen valmistajan mitoitusohjelman tuloksista. Siirsin toisen koeajon mittaustulokset EXCEL:iin ja esittelin mittaustulokset ja EXCEL raportin erillisessä palaverissa GEBWELL:llä. Toisen koeajon tulokset johtivat kolmanteen koeajoon, jossa haluttiin selvittää mittausyhteiden painehäviön vaikutus lämmönsiirtimen painehäviön mittaustuloksiin.

Kolmannen koeajon tuloksena saatiin DN 65 linjaan liitettyjen mittausyhteiden painehäviö. Painehäviö oli huomattava. Todennäköisesti mittausyhteiden huomattavaan painehäviöön vaikutti mittausyhteiden yhteenliittämiseen käytetty kaksoisnipa. Kaksoisnipan sisäosa ei ole tasainen suora putki, vaan sisäosassa on porraskorkeus joka todennäköisesti aiheuttaa pyörteitä virtaukseen. Mittausyhteen todellisen painehäviön selvittämiseksi päätettiin teettää jyrskitty kaksoisnipa jonka sisäpinta on suora putki, sekä samalla siistiä mittausyhteiden sisäpinnat.

Jyrskittyä kaksoisnippaa ja siistittyjä mittausyhteitä ei ole painehäviötestattu tähän mennessä.

9 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä suunnittelin painehäviötestaus aseman, testausaseman käyttöohjeen ja Excel tiedoston painehäviömittaustulosten analysointia varten. Testausaseman mekaaninen- ja sähköinen kytkennät tehtiin GEBWELL:n toimesta. Testaustulosten perusteella testausasema on toimiva kokonaisuus, joten opinnäytetyö on onnistunut.

LÄHTEET

- [1] Rakennusten kaukolämmitys Määräykset ja ohjeet Julkaisu K1/2013: Energiateollisuus
- [2] GEBWELL TUOTELUETTELO 2017
- [3] OUMAN OUFLEX C KÄYTTÖOHJE