



Vuototestausasema

Suunnittelu ja käyttöönotto

Sebastian Mandelin

Opinnäytetyö / Examensarbete / Degree Thesis
Muovitekniikka / Plastteknik / Plastic Technology

2014

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildning:	Plastteknik
Identifikationsnummer:	11858
Författare:	Sebastian Mandelin
Arbetets namn:	Läcksökningsstation – Planering och brukstagning
Handledare (Arcada):	Kim Skön
Uppdragsgivare:	Helsinki Valve & Fitting Oy / Oiva Aalto
<p>Sammandrag:</p> <p>Denna studie gjordes för Helsinki Valve & Fitting Oy. Syftet var att designa och bygga en läcksökningsstation för till företagets förfogande.</p> <p>I början diskuterades en mängd olika alternativ hur enheten skulle se ut, hur den skulle fungera och vilka komponenter skulle användas. Det viktigaste kravet var att komponenterna hörde till huvudmannen Swagelok Co.:s produktsortiment. I planeringsfasen utformades de viktigaste kriterierna för tillförlitlighet och säkerhet. Läcksökningen skulle göras till en så enkel process som möjligt, men enheten skulle ändå ge bra och pålitliga testresultat.</p> <p>Mitt mål är också att ta reda på vad det är som förorsakar läckor och hur de kan mätas. Slutresultatet blev en funktionell arbetsstation för täthetskontroll med instruktioner för användning.</p>	
Nyckelord:	Läcksökning, Tät kontroll, Täthetskontroll
Sidantal:	40
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	10.12.2014

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Plastics Technology
Identification number:	11858
Author:	Sebastian Mandelin
Title:	Leak test stand – design and implementation
Supervisor (Arcada):	Kim Skön
Commissioned by:	Helsinki Valve & Fitting Oy / Oiva Aalto
<p>Abstract:</p> <p>This final project was carried out for Helsinki Valve & Fitting Oy. The task was to build a leak detection unit to support associates to perform leak testing on integrated service assemblies for end-customers. By adding this value-based service to their offering Helsinki Valve & Fitting Oy can grow their integrated services business.</p> <p>The beginning of this project consisted of finding out different ways how the machine could function and what kind of components were needed. When the most suited alternative was chosen, design work followed. The machine had to be designed in such a way that it was safe and simple to use and service. The tests should also yield reliable and accurate results. The main criterion for components was to use Swagelok products.</p> <p>My objective is also to explain why leaks occur, how they can be measured and why it is important to test for leaks.</p> <p>The result of this project is a fully functional leak detection unit with a manual for the machine and the leak testing procedure.</p>	
Keywords:	Leak detection, leak testing
Number of pages:	40
Language:	Finnish
Date of acceptance:	10.12.2014

OPINNÄYTETYÖ	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Muovitekniikka
Tunnistenumero:	11858
Tekijä:	Sebastian Mandelin
Työn nimi:	Vuototestausasema - suunnittelu ja käyttöönotto
Työn ohjaaja (Arcada):	Kim Skön
Toimeksiantaja:	Helsinki Valve & Fitting Oy / Oiva Aalto
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tämä insinöörityö tehtiin Helsinki Valve & Fitting Oy:lle. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja rakentaa vuototestausasema yrityksen valmistamille asennelmille ja osakokonaisuuksille.</p> <p>Työn alussa pohdittiin erilaisia toteutusvaihtoehtoja laitteen toiminnalle ja siihen tarvittavia komponentteja. Komponenttien tärkeimpiä kriteereitä oli että ne ovat Swagelok Co.:n tuotteita. Suunnittelussa tärkeimpinä kriteereinä oli toiminnan luotettavuus ja laitteen käyttöturvallisuus. Vuototestauksesta piti tehdä mahdollisimman yksinkertaista mutta laitteelta vaadittiin myös luotettavia testituloksia.</p> <p>Omat tavoitteeni on myös selvittää mistä vuodot aiheutuvat ja miten niitä voidaan mitata. Työn lopputuloksena oli toimiva vuototestauslaite käyttöohjeineen.</p>	
Avainsanat:	Vuototestaus, vuodon mittaus, kuplatesti, painehäviö
Sivumäärä:	40
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	10.12.2014

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	UUODOT KAASUJÄRJESTELMISSÄ	6
3	UUODON MÄÄRITTELY	7
3.1	Virtaustyytit	7
3.1.1	<i>Laminaarinen virtausteoria</i>	8
4	TIIVEYSTASON MÄÄRITTELY	9
5	YLEISTÄ UUOTOTESTAUKSESTA	10
5.1	Vuodonmittausmenetelmät	10
5.1.1	<i>Painetta tai virtausta mittaavat menetelmät</i>	11
5.2	Vuodonetsintämenetelmät	13
5.2.1	<i>Kuplatesti</i>	13
5.3	Merkkiainetutkimus ja heliumilmaisimet	15
6	UUOTOTESTAUSMENETELMÄN VALINTAPERUSTEET	16
7	UUOTOTESTAUSASEMAN VAATIMUKSET	18
8	UUOTOTESTAUSASEMAN VALMISTUS JA SUUNNITTELU	19
8.1	Allaspöytä	20
8.2	Instrumenttipaneeli	21
8.2.1	<i>Painemittari</i>	21
8.2.2	<i>Venttiilit</i>	23
8.2.3	<i>Paineenalennin</i>	23
8.3	Kaasupiste	24
8.3.1	<i>Suodatin</i>	25
8.3.2	<i>Paineenalennin</i>	26
8.3.3	<i>Varoventtiili</i>	27
8.4	Vesipiste	28
8.5	Putkisto	28
9	UUOTOTESTAUSASEMAN KÄYTTÖÖNOTTO	29
9.1	Koekäyttö ja laitteen käynnistys	30
9.2	Ohjeistus	30
10	PÄÄTELMÄ	31
11	LÄHTEET	32
11.1	Painetut lähteet	32
11.2	Sähköiset lähteet	33
11.3	Kuva- ja taulukoluettelo	34
12	LIITTEET	35
13	SAMMANFATTNING	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tutkimukset on tehty Helsinki Valve & Fitting Oy:lle (HVF), joka on 31 vuoden ajan toiminut Swagelok Co.:n yksinoikeutettuna edustajana Suomessa, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Yhdysvaltalainen Swagelok Co. valmistaa instrumentoinnin komponentteja erilaisiin kaasu- ja nestejärjestelmiin. Komponentteihin kuuluu mm. putkiliittimiä, venttiilejä, suodattimia, pikaliittimiä, letkuja ja näytteenottopulloja.

HVF:n toiminta-ajatuksena on tyydyttää teollisuuden korkealaatuisten instrumentointikomponenttien tarve markkinoimalla kyseisiä tuotteita. Yrityksen tavoitteena on olla mittapuu muille alan toimijoille ja heidän kaikkea toimintaa ohjaa Swagelok Quality System (SQS) – laatupolitiikka joka perustuu ISO 9001 vaatimuksiin. HVF:n uusi palvelu Swagelok Custom Solutions tuo saman korkealaatuisen kulttuurin myös laitekokonaisuuksiin. Palvelun tarkoituksena ei ole pelkästään laitteiden kokoonpano, vaan se sisältää suunnittelun, valmistuksen, testauksen sekä dokumentoinnin. Laitekokonaisuudet valmistetaan HVF:n tiloissa ja asennuksilla on sama korkea laatu ja takuu, kuin yksittäisillä Swagelok-komponenteillakin. Tuotteet ovat juuri asiakkaiden tarpeisiin räätälöityjä ja niiden avulla saavutetaan toimintavarma ja turvallinen sekä kustannustehokas toiminta.

Kokoonpanojen testaus on laadunvarmistuksen kannalta hyvin tärkeää ja tämän projektin tavoitteena onkin rakentaa HVF:lle vuototestauslaite, joka täyttää yrityksen toivomukset ja tarpeet Swagelok Custom Solutions testauspalvelua varten. Laitteen halutaan antavan luotettavia testituloksia, mutta toiminnaltaan sen tulisi olla yksinkertainen ja helppokäyttöinen.

Laitteen toimintaperiaate todettiin tärkeäksi työn kannalta, joten tutkimus aloitettiin tutustumalla kaasujärjestelmissä esiintyviin vuotoihin ja niiden mittaustapoihin. Tarkoituksena on selvittää vuototestausmenetelmien soveltuvuus HVF:n käyttötarkoitukseen ja luoda testattaville kokoonpanoille testiproseduuri ja selkeä ohjeistus. Omat tavoitteeni näiden lisäksi on saada suurin osa tarvittavista osista Swagelokilta, suunnitella laite turvalliseksi sekä helposti huollettavaksi ja ylläpidettäväksi.

2 VUODOT KAASUJÄRJESTELMISSÄ

Ymmärtääksemme kaasujärjestelmissä esiintyviä vuotoja on hyvä ensin selvittää tyypillisen järjestelmän toimintaperiaate ja rakenne. Kaasujärjestelmä koostuu useista eri komponenteista, kuten esimerkiksi putkista, venttiileistä ja mittareista. Yhteistä näillä kaikilla osilla on se, että ne ovat tavalla tai toisella liitetty toisiinsa. Liitoksia esiintyy kaasujärjestelmissä kaikkialla ja suurin osa vuodoista esiintyy juuri näissä liitoskohdissa. Yleisimmät instrumentointiin tarkoitettujen pienputkistojen liitostyypit ovat helmiliitin-, hitsaus- ja kierreliitokset. Hitsausliitoksia käytetään, kun halutaan muodostaa kiinteä liitoskohta. Hitsatut liitokset ovat yleensä tiiviitä mutta hitsaaminen vie paljon aikaa ja on tämän vuoksi kallista. Kierreliitokset ovat hyvin yleisiä, mutta ne jäävät helposti alikiristetyiksi ja huolimattomasti kiristetty kierre voi tärinässä päästä aukeamaan. Helmiliittimet ovat vuorostaan nopeita ja edullisia asentaa sekä niiden etuihin kuuluu muunneltavuus ja huollettavuus. Tiiviin liitoksen tekemiseen riittää kohtuullisen kiristysvoiman käyttö.

Vuotovapaa kaasujärjestelmä koostuu kolmesta osatekijästä: osaavasta henkilökunnasta, oikein valituista putkista sekä laadukkaista liittimistä. Yhden tai useamman osatekijän pettäessä syntyy vuoto. Käyttäjistä johtuvia vuotoja syntyy yleensä huolimattomuuden kautta. Virhe voi tapahtua jo komponenttien valintahetkellä, käsittelyvaiheessa tai asennuksessa. Vuotoihin vaikuttaa myös liitoskohtien lukumäärä, sillä vuodon todennäköisyys kasvaa mitä enemmän liitoksia on, joten liitoksien määrä olisi hyvä minimoida jo suunnitteluvaiheessa. Vuotoja syntyy useimmiten putkien väärän käsittelyn takia ja pelkästään pieni naarmu tai muuten epätasainen tartuntapinta voi aiheuttaa vuotavan liitoksen.

3 VUODON MÄÄRITTELY

Vuodot voivat johtua monesta eri syystä mutta edellytyksenä on, että vuotokohdassa vallitsee paine-ero ja kaasu pääsee vapautumaan suuremmasta paineesta pienempään. Vuoto ilmaistaan virtauksen määränä eli tilavuuden yksikköinä ajan suhteen kuten cm^3/min (kuutiosenttimetriä minuutissa) tai L/s (litraa sekunnissa). Vuodon suuruuteen vaikuttaa virtaavan kaasun paine, lämpötila sekä tiheys. Vuotomäärä on myös suoraan verrannollinen vuotoaukon kokoon. Vuodoilla on myös se ikävä ominaisuus, että vuotava aine kuluttaa vuotoaukon reunaa laajentaen aukkoa. Ilmiö on sama ja toistuu niin kaasumaisilla kuin nestemäisilläkin aineilla.

3.1 Virtaustyyppit

Vuototestausta suoritettaessa on tärkeää tietää minkälaisia virtauksia vuotokohdassa voi esiintyä. Vuotonopeus on nimittäin paine-eron lisäksi suorassa yhteydessä kaasuvirtauksen tyyppiin. Se miten kaasu virtaa ulos riippuu kaasun ominaisuuksista, kuten molekyylimassasta ja lämpötilasta sekä vuotokohdan koosta ja muodosta, myös testipaine voi vaikuttaa virtauksen tyyppiin.

Virtaustekniikan teorit muodostavat perustan kaasujen ja nesteiden siirtoon liittyviin prosesseihin ja ilmiöihin. Näiden tunteminen on tärkeää, sillä matemaattisilla malleilla voidaan ennustaa virtaavan aineen käyttäytymistä eri olosuhteissa, mikä taas helpottaa prosessien suunnittelua ja käyttöä. Virtauksissa tapahtuvia ilmiöitä voidaan siis hallita ja ohjata haluttuun suuntaan olosuhteita muuttamalla.

Vuotokohdissa esiintyy periaatteessa kolmeen eri ryhmään kuuluvia kaasuvirtauksia. Nämä ovat viskoosinen virtaus, välimuotoinen virtaus ja molekulaarinen virtaus. Ylipaineessa virtaus on pääasiassa viskoosista, kun taas alipaineessa se on molekulaarista, käytännössä virtaus tulee olemaan sekoitus jostain näistä. Vuototestauksen yhteydessä voidaan yleensä olettaa virtauksen olevan laminaarista tai turbulenttia, jotka ovat viskoosisen virtauksen kaksi muotoa. Laminaarista vuotoa käytetään yleensä kun halutaan määrittellä vuodon suuruus tai vuotorajat eri paineille ja eri kaasuille. (Leakdetection-technology)

3.1.1 Laminaarinen virtausteoria

Hagen-Poiseullen yhtälön avulla voidaan määrittää painehäviö laminaariselle virtaukselle poikkileikkaukseltaan ympyrän muotoisessa putkessa. (Wikipedia).

Hagen-Poiseullen yhtälö on muotoa:

$$\Delta P = \frac{128\mu L q_v}{\pi d^4}$$

ΔP on painehäviö

μ on nesteen dynaaminen viskositeetti

L on putken pituus

q_v on tilavuusvirta

d on putken halkaisija

Yhtälön mukaan vuoto on tilavuusvirta ja että siihen vaikuttaa kolme asiaa. Ensimmäinen vaikuttava tekijä on vuotokohdan geometria, sillä vuodon määrä on suoraan riippuvainen reiän halkaisijasta ja osittain sen pituudesta. Toinen vaikuttava asia on paine-ero. Virtaus suurenee paine-eron kasvaessa, mutta paine vaikuttaa myös kaasun tiheyteen. Kolmas vaikuttava tekijä on aineen viskositeetti jolla kuvataan kaasun tai nesteen kykyä vastustaa virtausta. Tämä ominaisuus johtuu aineen sisäisestä kitkasta ja se vaihtelee lämpötilan mukaan.

Hagen-Poiseullen yhtälön osoittaessa että vuodon tilavuusvirta on riippuvainen kaasun viskositeetista ja riippumaton kaasun molekyylipainosta, on hyvä verrata kahden eri kaasun ominaisuuksia. Esimerkkinä voidaan käyttää heliumia ja typpeä, heliumin painaessa vähemmän kuin sama määrä typpeä. Heliumin ollessa pienimolekyylisempää ja kevyempää kaasua kuin typpi, voisi olettaa että sitä olisi parempi käyttää vuototestauksessa, koska pienet molekyylit läpäisevät vuotokohdan helpommin. Tämä ei kuitenkaan pidä paikkansa. Vaikka helium on seitsemän kertaa kevyempää, niin tästä ei voi päätellä että sitä vuotaisi samasta vuotokohdasta, samassa paineessa, seitsemän kertaa enemmän.

Heliumin viskositeetti on huoneenlämmössä noin 10 % typpeä suurempi, minkä johdosta vuoto tulee olemaan pienempi kuin mitä se olisi typpeä käytettäessä. (Hemi Sagi, Advanced leak detection methods).

4 TIIVEYSTASON MÄÄRITTELY

Absoluuttista tiiveyttä ei ole, eli mikään kappale tai laitteisto ei voi olla täysin tiivis.

Sallittava kokonaisvuotonopeus tai vuodon määrä määritellään tapauskohtaisesti tarpeen mukaan ja luo testin perustan. Vaatimustasoilla kuten ”vesitiivis” tai ”täysin tiivis” ei ole käytännössä merkitystä, koska ne ovat liian epämääräisiä. Tiiveystaso pitäisi sen sijaan määritellä esimerkiksi muodossa ”Suurin sallittu vuoto on 1 stdcm³ /s (standardi kuutiometriä ilmaa sekunnissa) 10 Barin paineessa ja 20 °C asteen lämpötilassa”. Eli siihen täytyy sisältyä seuraavat tiedot:

- Millä aineella testi suoritetaan
- Missä paineessa testi suoritetaan
- Missä lämpötilassa testi suoritetaan
- Mikä on suurin sallittu vuotomäärä aikayksikköä kohden

Sallitun vuotomäärän arvio perustuu yleensä kokemukseen ja laatupolitiikkaan. Arviossa tulee myös ottaa huomioon missä ja mihin tarkoitukseen tuotetta tullaan käyttämään.

Seuraavaksi tulee valita oikea testi asetettujen vuotorajojen perusteella. Jos testiksi valitaan liian karkea menetelmä, voi laite osoittaa, että osa on tiivis, vaikka se ei todellisuudessa täytäkään vaatimuksia. Tämä virhe voi aiheuttaa tyytymättömyyttä asiakaskunnassa ja siitä voi seurata lisäkustannuksia tuotepalautuksien muodossa. Liian tarkka testausmenetelmä voi toisaalta aiheuttaa tarpeettomia korjaustoimenpiteitä ja hylättyjä tuotteita.

5 YLEISTÄ VUOTOTESTAUKSESTA

Vuototestauksessa tutkitaan erilaisten teollisesti valmistettavien laitteiden tiiviyyttä. Monet nykyaikaiset suunnitelmat perustuvat ”vuoto ennen murtumaa”-periaatteeseen jossa testattavaa kohdetta ei tarvitse rikkoa. Nämä menetelmät soveltuvat muun muassa tuotekehityksen tueksi sekä valmistuksen ja asennuksen laadunvarmistukseen. (Non-Destructive Testing Techniques)

Markkinoilla on monta pätevää tekniikkaa vuototestaukseen ja ne voidaan yleisesti jakaa kahteen osa-alueeseen, vuodonetsintään sekä vuodon mittaukseen. Vuotomittauksen lähtökohtana on määrittellä vuodon suuruus, kun taas vuodonetsinnän tarkoituksena on vain havaita ja paikantaa mahdolliset vuotokohdat. Kolme yleisintä vuototestausmenetelmää ovat kuplatestit, paine-ero testi, ja merkkikaasupitoisuuden ilmaisu.

Swagelok Co:n tuotteet testataan valmistusvaiheessa asiakkaan ja teollisuusalan tarkoin määrittelemien vaatimusten mukaisesti. Käytössä on monta eri testilaitetta yhden tai useamman kriteerin mittaamiseen samanaikaisesti. Laitteilla testataan vuotojen lisäksi mm. hydrostaattista paineenkestoa sekä massavirtausta (Swagelok, Quality Academy: Tools of quality)

5.1 Vuodonmittausmenetelmät

Vuodon mittaamiseen on olemassa monta eri tekniikkaa, eräät testit mittaavat paine-eroja, kun taas toiset toimenpiteet mittaavat vuodosta aiheutuvan virtauksen tai rekisteröivät tietyn merkkiaineen määrän. Mittaustapaa valittaessa tulee huomioida tuotteen ominaisuudet sekä tuotannon näkökulmasta testaukseen tarvittava aika sekä testien tuomat kustannukset. Ei ole olemassa sääntöjä siitä, mikä menetelmä olisi paras tietyn vuotomäärän mittaukseen. Yleensä painetta ja virtausta mittaavat menetelmät toimivat hyvin kun kyseessä on hieman suurempi vuoto. Merkki- tai hajukaasuja käytetään taas silloin kun tiiveystason vaatimukset ovat korkeammat ja sallitut vuodot pienempiä. Kaikilla mittaus-tekniikoilla on toki omat vahvuutensa sekä heikkoutensa.

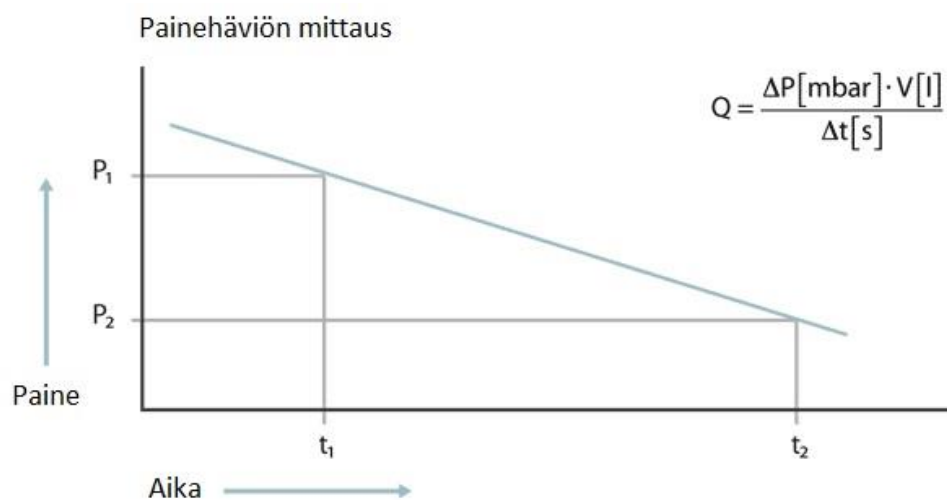
5.1.1 Painetta tai virtausta mittaavat menetelmät

Paineen muutosta mittaavilla testeillä voidaan selvittää kohteen vuoto nopeus, mutta ne eivät suoranaisesti osoita vuotokohtaa. Swagelok Co:n vuototestausohjelmassa ainoa sallittu paineen muutosta mittaava tekniikka perustuu painehäviön mittaamiseen.

Painehäviötestissä esine täytetään kaasulla ilmakehää suurempaan paineeseen. Paine-ero pakottaa paineistetun kaasun virtaamaan vuotokohdista ulos ja paineen tippuminen ajan myötä paljastaa vuodon. Voidaan yleisesti todeta että mitä suurempi paine-ero on, sitä suurempi vuodon määrä tulee olemaan. Vuodon mittauksesta tulee täten myös helpompaa vuodon kasvaessa. Kappaleen tilavuudella on myös paineen muutokseen kannalta suuri merkitys. Yleisesti voidaan päätellä, että tämä testitapa sopii hyvin pienille komponenteille. Isompia osia on vaikeampi testata luotettavasti, sillä tilavuuden ollessa suurempi, paine tippuu hitaammin, olettaen että vuoto on samansuuruinen. Tilavuuden ollessa pienempi, vuotomäärä vaikuttaa radikaalimmin paineen muutokseen, koska prosentuaalisesti suurempi osa kaasun alkuperäisestä määrästä on vuotanut pois tietyssä ajassa.

(Pressure change measurement certification Program)

Tätä menetelmää voidaan käyttää vuotomäärän laskemiseen kunhan kappaleen tilavuus, lämpötila ja muut muuttujat ovat tiedossa. Vuotonopeus (Q) voidaan selvittää kertamalla testin alun ja lopun välinen paine-ero (ΔP) kappaleen tilavuudella (V) ja jakamalla saatu arvo mittauksen kestolla (Δt).



Kuva 1. Painehäviö

Mikäli testikappaleen sisätilavuus ei ole tiedossa, se voidaan määrittellä kolmella eri tavalla.

Ensimmäinen tapa, on laskea yhteen jokaisen testikappaleessa olevan komponentin sisätilavuus, mutta tämä on aikaa vievää.

Toinen tapa, on täyttää valmis asennelma vedellä ja tyhjentää vesi mittalasiin. Tätä tapaa ei suositella koska vesimolekyylit voivat väliaikaisesti tukkia vuotokohdat ja näin antaa virheellisen testituloksen.

Kolmas tapa, on liittää testikappaleeseen erillinen kaasulla täytetty kammio, jonka tilavuus ja paine on ennalta tunnettu, ja tyhjentää se testikappaleeseen. Boylen lakiin perustuvaa yhtälöä apua käyttäen, testikappaleen tilavuus voidaan laskea kammion paineenmuutoksesta, lämpötilan pysyessä samana.

Boylen lain mukaan, isotermissä olosuhteissa, paineen muutos vaikuttaa käänteisesti ideaalikaasun tilavuuteen seuraavan yhtälön mukaisesti:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

Yhtälöä laajentamalla, testikappaleen tilavuus selvitetään seuraavasti.

$$V_{\text{test}} = \frac{p_{\text{mix}} \times V_{\text{ref}}}{(p_{\text{ref}} - p_{\text{mix}})}$$

Esimerkkinä olkoon kaasu aluksi kammiossa jonka tilavuus (V_{ref}) on 0.5 litraa ja kaasun alkuperäinen paine (P_{test}) on 10 bar. Kun kaasu jakautuu tilavuudeltaan tuntemattomaan kappaleen ja referenssikappaleen yhteenlaskettuun tilavuuteen, saamme painemittarilla tietoomme jäljellä olevan paineen (P_{mix}). Jos jäljellä oleva paine (P_{mix}) on esimerkiksi 2 bar, jää testikappaleen tilavuudeksi 0.125 litraa, seuraavan laskutoimituksen mukaisesti.

$$P_{\text{mix}} \times V_{\text{ref}} / (P_{\text{ref}} - P_{\text{mix}}) = 2 \text{ (bar)} \times 0.5 \text{ (L)} / (10 \text{ (bar)} - 2 \text{ (bar)}) = 1/8 \text{ L} = 0.125 \text{ L}$$

5.2 Vuodonetsintämenetelmät

5.2.1 Kuplatesti

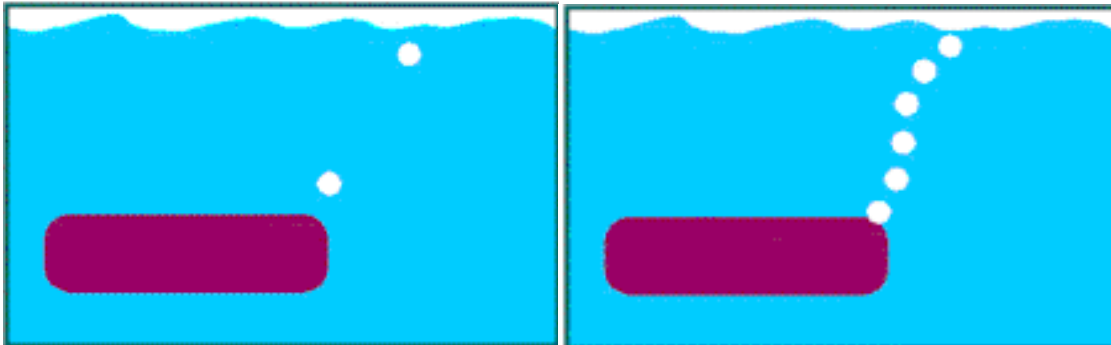
Yksinkertaisin menetelmä vuodon paikantamiseen on kuplatesti, jossa vuoto havaitaan kuplina. Kuplatestissä kappale koeponnistetaan kaasulla, useimmiten paineilmalla ja upotetaan vesihauteeseen, jonka jälkeen testiä suorittava henkilö jää tarkkailemaan nouseeko veden pintaan kuplia. Kohteen katsotaan olevan tiivis jos yhtään kuplaa ei ole havaittu tietyssä ajassa.

Kuplatesti on siinä mielessä hyvä vuodonetsintämenetelmä, että se ilmaisee suoraan vuotokohdan, lisäksi se on helppo tehdä ja halpa. Haittapuolena on se, että testattava laite on testauksen jälkeen ainakin osittain märkä. Testitulokset ovat myös riippuvaisia operaattorin tarkkaavaisuudesta. Veden tuottamat kapillaarivoimat yhdessä veden epäpuhtauksien kanssa voivat myös tukkia huokokset ja estää kuplien muodostumisen. Testiä suoritettaessa onkin hyvin tärkeää muistaa paineistaa kappale ennen kuin se lasketaan veteen.

Kuplatesti on melko karkea vuodonetsintämenetelmä ja soveltuu näin ollen vain kohtalaisen suurien vuotojen etsintään. Menetelmän tarkkuus paranee paineen kasvaessa, mutta testausmenetelmän karkeuden syy piilee veden ominaisuuksissa, mikä aikaansaa suurehkoja kuplia. Suuret kuplat syntyvät veden korkean pintajännitteen takia ja niiden muodostuminen kestää niin kauan, että ne jäävät helposti havaitsematta. Tämä johtuu siitä että veden pintajännite pitää kuplat esineen pinnalla kunnes ne kasvavat kyllin suuriksi ja kohoavat satunnaisin väliajoin pintaan. Veden pintajännitettä voi toki muuttaa lisäaineita apuna käyttäen. Lisäaineella käsitellyn veden kosteuttamiskyky paranee ja se tuottaa tasaisemman virran pienempiä kuplia jotka ovat helpommin havaittavissa.

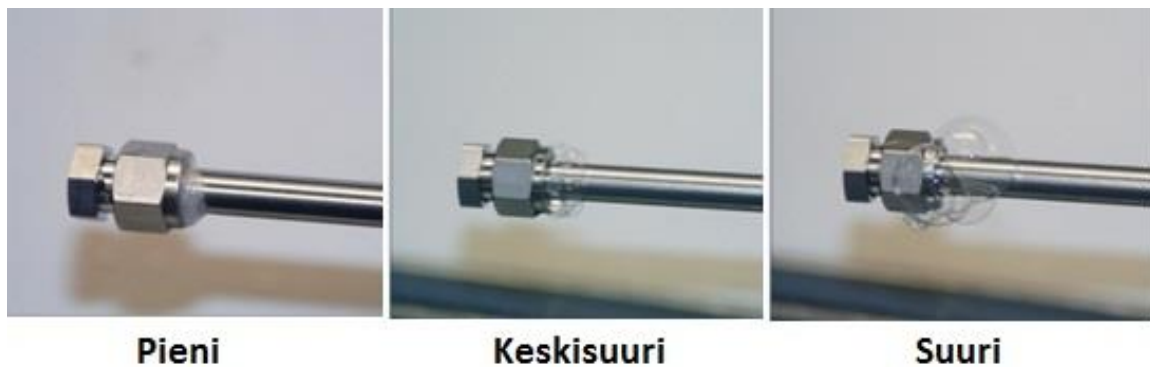
Teoreettisesti paras mahdollinen väliaineyhdistelmä on eetteri ja vetykaasu. Eetterillä on alhainen pintajännite ja vety virtaa nopeasti pienimmistäkin vuotokohdista. Alhaisen pintajännitteen omaavissa nesteissä kuplien halkaisija on seitsemän tai kahdeksan kertaa pienempi kuin vedessä, joten ne lähtevät liikenteeseen monta sataa kertaa useammin muodostaen tasaisen pintaan kohdistuva pystysuoran virran, joka on helppo nähdä hyvissä

olosuhteissa. Käytännössä näiden aineiden käyttö olisi liian hankalaa, vaativaa sekä vaarallista. Testin suorittajan tulisi tietää asiaan liittyvät riskit sekä noudattaa näiden aineiden käsittelyä koskevia turvallisuusohjeita. (Practical Non-Destructive Testing).



Kuva 2. Pintajännitteeltään kovassa vedessä kuplat murtuvat pintaan satunnaisesti kun taas pintajännitteeltään pehmeä vesi tuottaa tasaisen helminauhan pienempiä kuplia.

Testattavaa kappaletta ei toki aina tarvitse upottaa nesteeseen. Ilmaisinnestettä käytetään jos testattava kappale on liian suuri altaaseen sovitettavaksi. Oletetut vuotokohdat kostutetaan tähän tarkoitettulla nesteellä, jolloin vuoto havaitaan kuplien muodostuessa kappaleen pinnalle. Swagelok Co.:n Snoop-vuodonilmaisuneste tuottaa ohuen kalvon vuotokohdan päälle ja siihen muodostuvat kuplat eivät rikkoudu helposti koska neste omaa korkean pintajännitteen. Neste ei myöskään kuivu helposti. Jos vuoto on vähäistä, kuplien muodostumisaika voi olla jopa useita tunteja ja ne ovat erittäin pieniä. Nopea virtaus muodostaa taas suuria kuplia.



Kuva 3. Snoop-vuodonilmaisunesteellä havaittu vuoto. Kuplien koko on yhteydessä vuotonopeuteen.

5.3 Merkkiainetutkimus ja heliumilmaisimet

Vuodon havaitsemiseen käytettävien merkkiaineiden avulla voidaan mitata jopa erittäin pienet vuodot. Tähän menetelmään kannattaa käyttää esimerkiksi silloin jos testin kohde on joustava, omaa suuren tilavuuden tai se altistuu nopeille lämpötilanmuutoksille. Näissä olosuhteissa edellä mainittujen menetelmien käyttö on rajallista.

Merkkiaineena käytetään yleensä heliumia. Tämä kaasu sopii erittäin hyvin tähän käyttötarkoitukseen, muun muassa siksi että sen molekyylit ovat pieniä ja sitä on ilmakehässä vain pieniä määriä. Heliumin kantajakaasuna käytetään yleensä tyypeä, näin käyttö on taloudellisempaa.

Merkkiainetutkimuksessa on kaksi keskeistä vuototestausperiaatetta, tyhjiö ja haistelu. Mittaukseen voidaan käyttää instrumenttia joka mittaa merkkiainepitoisuuden nousun tai instrumenttia joka mittaa merkkiaineen virtauksen tyhjiötilaan. Yleisesti katsoen, testikappaleen ja ympäristön välille luodaan paine-ero jotta merkkikaasun molekyyli saadaan kuljetettua vuotokohdan läpi. Vuoto havaitaan selvittämällä heliumin määrä massaspektrometrisesti. Tyhjiötestausmenetelmässä kappaleeseen imetään tyhjiö, minkä jälkeen sen ulkopinnalle suihkutetaan heliumia. Mahdollinen vuoto havaitaan tyhjiöön liitetyllä vuodonilmaisimella. Haistelumenetelmässä kappale yli paineistetaan heliumilla ja kaasun vapautumista haistellaan ulkopuolelta etsimellä. Haistelumenetelmää käytetään yleensä sellaisten kappaleiden testauksessa joiden rakenne ei kestä riittävän tyhjiön imua. Tällöin kappale paineistetaan heliumilla ja heliumin purkautumista haistellaan vuotokammioista tai mahdollisten vuotokohtien päältä.

6 VUOTOTESTAUSMENETELMÄN VALINTAPERUSTEET

Vuototestaukseen ei ole olemassa yhtä parasta tekniikkaa. Jokaisella menetelmällä on omat etunsa sekä rajoituksensa. Testausmenetelmän valinta aloitetaan tyypillisesti arvioimalla kuinka suuri vuodon odotetaan olevan, näin voidaan valita tarkkuudeltaan sopivin vaihtoehto. Valinnan lähtökohtana voidaan myös pitää sitä täytyykö vuodon määrä mitata vai riittääkö ainoastaan vuotokohdan löytäminen. Laitekustannukset ovat myös tärkeitä seikkoja kun mietitään testauksen taloudellista kannattavuutta.

Mikäli valintaperustana käytetään testin tarkkuutta, asettuvat eri menetelmät paremmuusjärjestykseen seuraavasti.

Paras tarkkuus



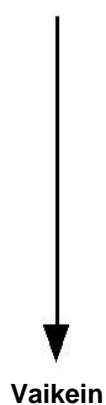
<i>Menetelmä</i>	<i>Mittaus vai paikannus</i>	<i>Tarkkuusalue (Std cm³/s)</i>
<i>Massaspektrometri (Alipainemenetelmä)</i>	<i>Molemmat</i>	<i>1 x 10⁻³ - 1 x 10⁻¹⁰</i>
<i>Massaspektrometri (Ylipainemenetelmä)</i>	<i>Molemmat</i>	<i>1 x 10⁻³ - 1 x 10⁻⁶</i>
<i>Kuplatesti (Upotus)</i>	<i>Paikannus</i>	<i>1 x 10⁻⁶ asti</i>
<i>Kuplatesti (Ilmaisinneste)</i>	<i>Paikannus</i>	<i>2 x 10¹ - 1x 10⁻⁵</i>
<i>Paineennousutesti (Painehäviö)</i>	<i>Mittaus</i>	<i>1 x 10⁻⁴ asti</i>

Huonoin tarkkuus

Taulukko 1: Swagelok Leak Testing Certification Programs. Vapaa käännös.

Jos valintaperustana käytetään vuotokohdan paikantamisen helppoutta, asettuvat testimenetelmät seuraavaan järjestykseen:

Helpoin

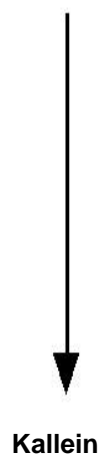


Menetelmä
<i>Kuplatesti (Ilmaisinneste)</i>
<i>Kuplatesti (Upotus)</i>
<i>Massaspektrometri (Alipainemenetelmä)</i>
<i>Massaspektrometri (Ylipainemenetelmä)</i>

Taulukko 2: Swagelok Leak Testing Certification Programs. Vapaa käännös.

Testilaitteiston ja testien kustannukset voivat myös olla ratkaisevassa roolissa valintaa tehdessä. Hintajärjestyksessä testit asettuvat seuraavasti:

Halvin



Menetelmä
<i>Kuplatesti (Ilmaisinneste)</i>
<i>Kuplatesti (Upotus)</i>
<i>Paineennousutesti (Painehäviö)</i>
<i>Massaspektrometri (Ylipainemenetelmä)</i>
<i>Massaspektrometri (Alipainemenetelmä)</i>

Taulukko 3: Swagelok Leak Testing Certification Programs. Vapaa käännös.

7 VUOTOTESTAUSASEMAN VAATIMUKSET

Vuodonetsintä tulisi yrityksen mukaan toteuttaa jollain yksinkertaisella mutta luotettavalla menetelmällä, jotta voidaan varmistaa asiakkaille toimitettavien kokoonpanojen virheettömyys valmistuksen jälkeen. Mahdollisuuksia testin suorittamiseen on useita mutta tärkeimpänä testissä on joka tapauksessa hyvät ohjeet testin suorittamiseksi, jotta asian-tuntijan käytöstä voitaisiin luopua.

Työn tavoitteen mukaan kaikki testilaitteiston instrumentit ja suurin osa laitteet komponenteista tulisi olla Swagelok Co.:n valmistamia testilaitteen toimivuuden takaamiseksi. Kaikkien komponenttien tulee olla luokiteltu sovelluksen tarpeiden mukaan eli niiden tulee toimia toimintarajojensa sisäpuolella materiaalin, toiminnan, lämpötilan, painealueen ja virtausarvon suhteen.

Swagelok Co.:n määräysten mukaan vuototestejä saa suorittaa korkeintaan 69 baarin paineessa ja tätä varten tulee järjestelmän suojaksi asentaa paineenalennin sekä ylipaineventtiili. Käyttöturvallisuuden kannalta operaattorin tulee myös käyttää suojalaseja.

Ideaalitilanteessa asema olisi säädettävä, taloudellinen ja huoltovapaa. Lisäksi aseman suunnittelussa täytyisi ottaa huomioon operaattorin ergonominen työskentelykorkeus. Parasta olisi että mahdolliset manuaalikäyttöiset komponentit ovat helposti ohjattavissa, esimerkiksi vyötärön korkeudella ja käsien ulottuvissa tai paikassa josta sen käsittely ja seuraaminen olisi helppoa. Vuototestausasema tulisi toimia myös pöytätasona silloin kuin testejä ei suoriteta. Testaussolun mahdollinen laajennus tulisi ottaa huomioon niin että pöytätasoa voisi jatkaa sivusuunnassa yhtenäiseksi pöytäkokonaisuudeksi.

8 VUOTOTESTAUSASEMAN VALMISTUS JA SUUNNITTELU

Ensimmäinen vaihe suunniteltaessa vuototestaukseen oikeaa ratkaisua oli määrittellä mitkä vuotorajat ovat tai kuinka paljon tuote tai komponentti saa vuotaa. Tämän jälkeen pystyimme valitsemaan oikean vuototestausmenetelmän vastaamaan tuotannon asettamia vaatimuksia. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettiin tämänhetkiset vuototestaukset, joita Swagelok suorittaa komponenttien valmistuksen yhteydessä. Tehdastestissä pyritään tarkastamaan komponenttien laatu ja toimivuus, mikä on tärkeää, ennen kuin yksikkö päätyy asiakkaalle. Tehdastestissä suoritetaan aina visuaalinen katselmus, vuototestaus ja tarkistetaan toimivuus. Vuodonetsintä toteutetaan tehtaalla typen läpäisevyyteen perustuvalla tekniikalla. Typpikaasua käytetään testauksessa sen hyvien ominaisuuksien takia. Typpimolekyylillä on hyvin pieni mikä mahdollistaa sen läpivirtauksen pienimmistäkin raoista. Vesimolekyylillä verrattuna typpeä vuotaa samasta raosta viisikymmentäviisi kertaa enemmän. (Advanced leak test methods). Puhtaalla typellä voi myös havaita pienempiä vuotoja kun paineilmalla. Typpi on muihin teollisuuskaasuihin rinnastettuna myös hyvin halpa vaihtoehto.

Testilaitteen tarkoituksena on pyrkiä vastaamaan tehdastestiä ja yhdessä testiproseduurin kanssa tasoittamaan eri testaajien välisiä eroja. Mahdollista testilaitetta rakennetaan todennäköisesti vain yksi kappale ja sen käytön tulee olla käyttäjälleen mahdollisimman yksinkertaista. Testilaitetta suunniteltaessa tuleekin ottaa huomioon yksinkertaisuus, testin luotettavuus ja testattavan laitteen vaatimukset.

8.1 Allaspöytä

HVF valikoimasta ei suinkaan löytynyt soveltuvaa allasta joten se tilattiin alihankintana toiselta yritykseltä. Päädyimme metallin työstöön erikoistuneeseen Lankapaja Oy nimiseen yritykseen. Heillä on ohutlevy-leikkaus ja -taivutus, kalusteputki-, hitsaus-, maalaus sekä kokoonpano linjat. Lankapaja Oy toimitti allaspöydän noin 4 viikon toimitusajalla valmistettuna 3D-mallinnuksen mukaisesti.



Kuva 4. Valmis vuototestausallas.

Testattavat asennelmat lasketaan suunnittelemaani vesialtaaseen. Teräksisessä altaassa on kaksi tasoa, näistä syvämpi taso on tilavuudeltaan pienempi. Mikäli asennelma ei ole kovin iso voi sen asettaa alemman tason pohjalle, jossa se peittyy huomattavasti nopeammin veden alle vettä säästäen. Testattavan kappaleen ollessa erittäin pitkä mahdollistaa altaan ylempi taso myös sen upottamisen täysin veden alle. Testauksen jälkeen veden voi jättää altaaseen tai tyhjentää altaan pohjassa olevan läpiviennin kautta lattiakaivoon. Polykarbonaattilevy suojaa operaattoria mahdollisilta roiskeilta testin aikana.

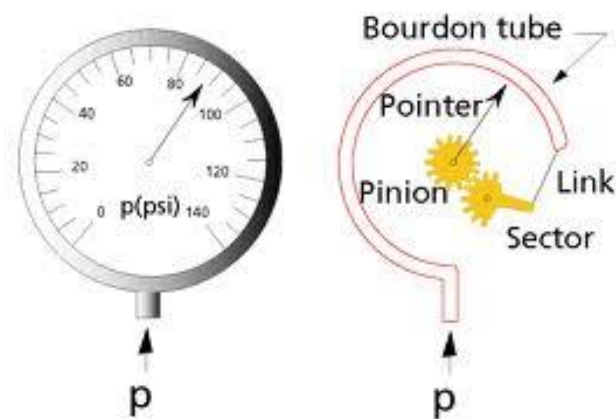
8.2 Instrumenttipaneeli

Kun laitteen piirustukset ja suunnitelma oli hyväksytty, aloitettiin kaasupisteiden komponenttien valinta. Mahdollisimman monen komponentin tulisi olla Swagelok Co.:n valmistama. Jos komponenttia ei löytyisi Swagelok Co.:n valikoimista, tulisi tuote ostaa ulkopuoliselta toimittajalta.

8.2.1 Painemittari

Lähes kaikissa järjestelmissä jossa on yli- tai alipainetta, on painemittareita. Painemittareiden tarkoituksena on ilmaista putkistossa tai laitteistossa olevan paineen suuruus.

Tässä testiyksikössä käytetään Bourdon-putkeen perustuvia painemittareita, eli putki manometreja. Painemittarin ytimessä on metalliputki joka on taivutettu kaarelle (kuva 5). Kaari suoristuu paineen kasvaessa ja palaa takaisin alkuperäiseen muotoonsa paineen alentuessa. Paineen muutos mitataan kaaren liikkeestä. Mitä suurempi paine on, sitä jäykempi täytyy kaaren olla. Mitattu painealue ei saisi sijoittua skaalan ääripäihin koska mittarin tarkkuus näillä alueilla on hyvin heikko.



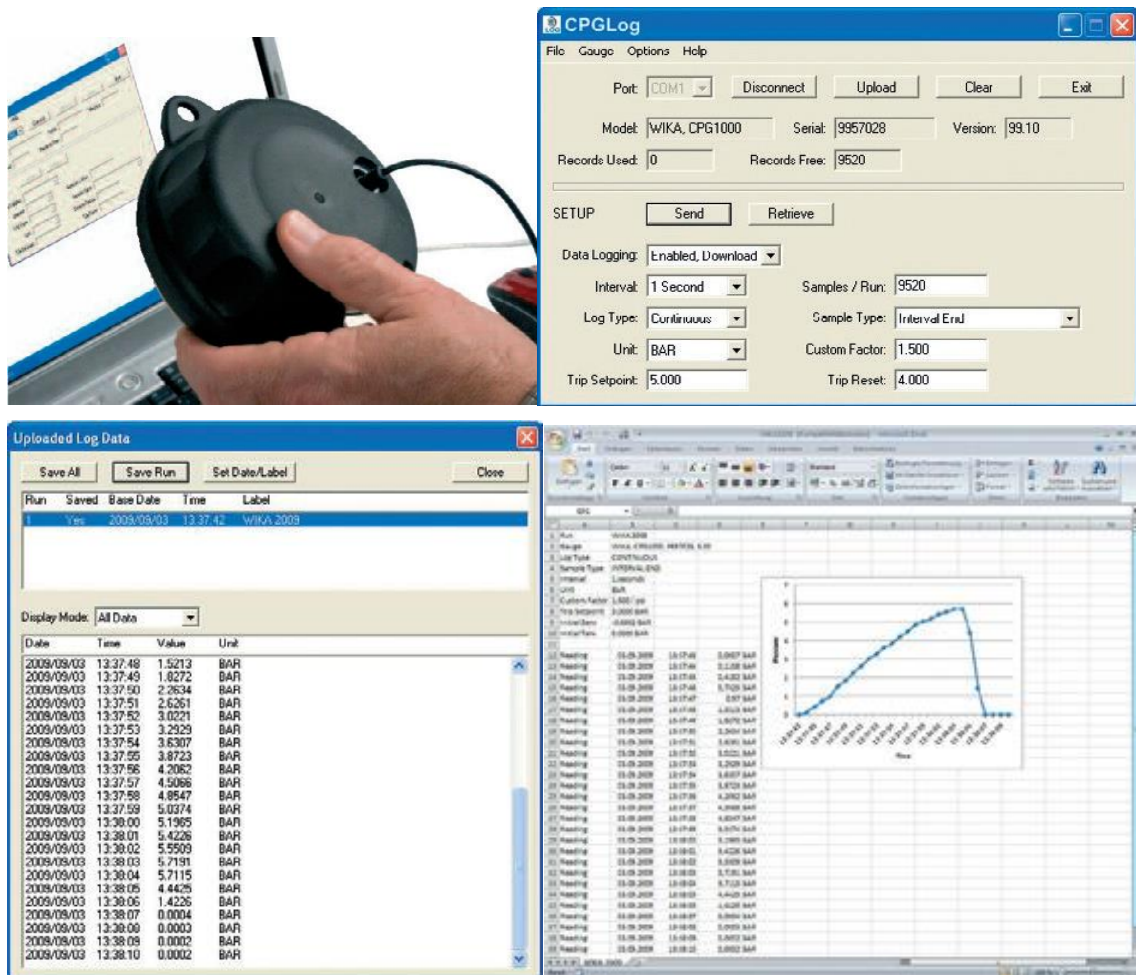
Kuva 5. Manometrin rakenne.



Kuva 6. WIKAI CPG1000 digitaalinen painemittari.

Paineen mittaussinstrumenttina tullaan käyttämään painekalibrointiin tarkoitettua digitaalista painemittaria (kuva 6). Perinteinen analoginen taulu on muuten varsin hyvä valinta, mutta lukeman tulkinta pitää sisällään virhemarginaalin, sillä kukin käyttäjä voi tulkita paineen hieman eri tavalla. Digitaalinen näyttö ei tee mittarista tarkempaa mutta se poistaa mahdollisuuden väärän lukeman tulkitsemisesta. Paine osoitetaan näytöllä neljän desimaalin tarkkuudella, ja mittayksikköä voi vaihdella nappia painamalla.

Wika CPG1000 digitaalinen painemittari on tarkoitettu tarkkuusmittauksiin. Painealue on 0-70 bar ja sen mittaustarkkuus on tällä alueella $\pm 5\%$. Mittarin runko on valmistettu haponkestävästä teräksestä joka on suojattu kumikotelolla. Erikoisominaisuuksiin kuuluu integroitu tiedonkeruulaite. Tallennetut tiedot voidaan siirtää USB-liitäntäkaapelilla tietokoneelle ja tallentaa Excel-tiedostomuotoon dokumentointia ja arviointia varten. (Wika)



Kuva 7. Tiedonkeruuprosessi painemittarista tietokoneelle arviointia varten.

8.2.2 Venttiilit

Venttiileillä ohjataan kaasun sekä veden virtausta. Palloventtiilit ovat toiminnaltaan nopeita ja tarvitsevat vain 45 asteen käännön venttiilin sulkemiseksi/aukaisemiseksi.



Kuva 8. Swagelok 40G-sarjan palloventtiili.



Kuva 9. Swagelok 60-sarjan palloventtiili.

8.2.3 Paineenalennin

Paineenalentimen tehtävänä on alentaa kaasulähteen korkeapaine halutulle tasolle ja pitää se vakiona. Ulosvirtauspaine riippuu jousivoimasta jota voidaan säätää kahvasta. Venttiilin toiminta perustuu omavoimaisuuteen jolloin säätimen jälkeisen paineen kohoaminen sulkee venttiilin. Alennetun paineen alittaessa säädetyn oletusarvon, venttiili alkaa avautua. Instrumenttipaneelin valittiin Swagelok KCP-sarjan paineenalennin. Tällä, toisen vaiheen alentimella, testipaineen voi säätää asiakkaan vaatimalle tasolle, mutta korkeintaan 69 baarin paineeseen. Painetta tarkkaillaan paneeliin asennetuista painemittareista.

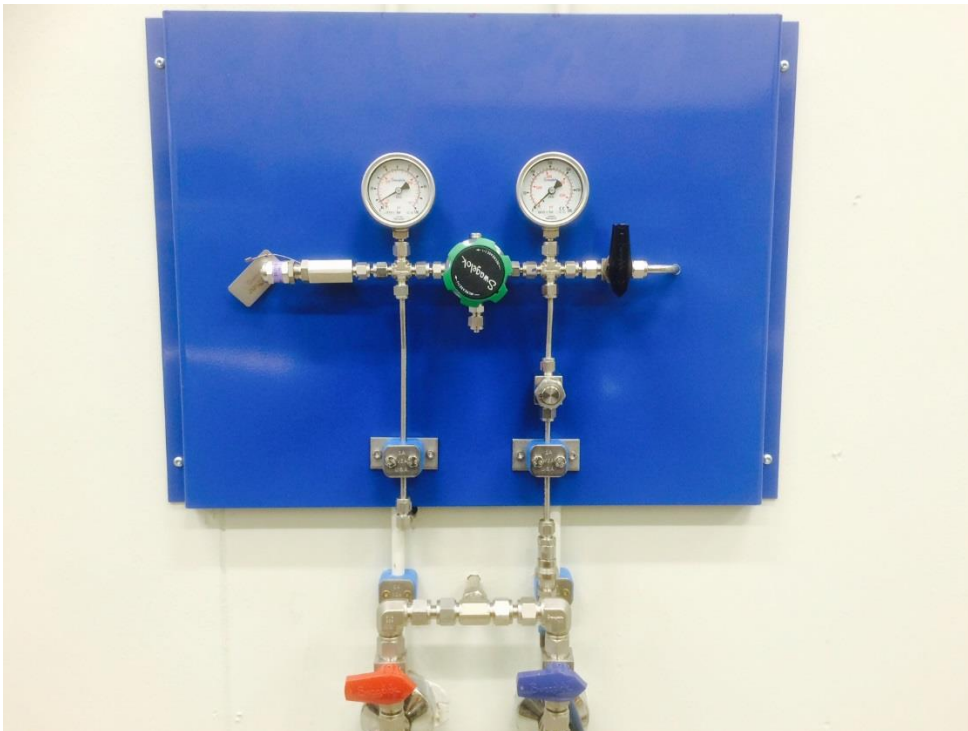


Kuva 10. Swagelok KCP-sarjan paineenalennin.

8.3 Kaasupiste

Kaasukeskusjärjestelmän suunnittelu alkoi kohteen käyttötarkoituksen määrittämisellä. Näiden tietojen perusteella selvitettiin mitä kaasua ja kuinka paljon sitä järjestelmässä tarvitaan. Sopivaksi kaasunlähteeksi valittiin tyypipullo joka vuokrattiin teolliskaasuntoimittajalta. Pullon tilavuus ilmoitetaan litroina ja pullomerkintä 0-20 ilmaisee että pulloon mahtuu 20 litraa vettä. Pullon sisältämän kaasun määrä riippuu kuitenkin pullon paineesta. Korkeapainepullojen täyttöpaine on tavallisimmin 200 baaria joten se sisältä 3,8 m³ typpeä. (AGA tuoteluettelo)

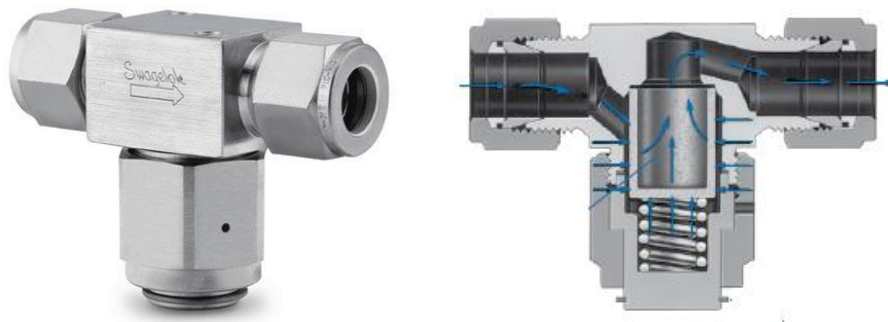
Pullolle etsittiin kaasuntoimittajan käyttöturvallisuustiedotteen vaatimuksien mukainen sijoituspaikka testauspenkin viereisestä huoneesta ja se kiinnitettiin seinään asianmukaisella telineellä ja pullon ympäri kiertävin pannoin. Kaasu johdetaan pullosta korkeapaineletkun avulla kaasupaneelille. Paneeliksi valittiin 60 x 45 cm teräslevy jonka päälle painesäädin, varoventtiili, ilmausventtiili, suodatin sekä mittarit asennettiin. Paneeli asennettiin pullon välittömään läheisyyteen.



Kuva 11. Valmis kaasupaneeli.

8.3.1 Suodatin

Suodattimen tarkoituksena on puhdistaa virtaavan aineen epäpuhtauksia. Mitattaviin ominaisuudet ovat muun muassa erotusaste ja suodatuspinta-ala. Erotusaste tai suodattustarkkuus mitataan mikroneissa (μm). Virtauksen heikentyminen voi olla merkki suodattimen tukkoisuudesta.



Kuva 12. Swagelok TF-sarjan suodatin.

Mittausinstrumenttien sekä testikappaleen kontaminoitumisen riski minimoitiin asentamalla suodatin kaasupullon yhteyteen. Tyyppi itsessään on puhdasta kaasua mutta kaasupullo voi olla epäpuhdas ja siitä irtoavat likapartikkelit saattavat siirtyä putkistossa eteenpäin kaasuvirtauksen mukana. Suodatin rajoittaa jokseenkin kaasun virtausta mutta tätä ei koettu ongelmaksi. Virtaus tulee käytännössä olemaan hyvin vähäistä testikappaleen huuhtelu- sekä paineistusvaiheessa joten suodattimeksi valittiin täten erittäin tiheäksi sintrattu elementti.

8.3.2 Paineenalennin

Paineenalentimen toimintaa käsiteltiin aiemmin kappaleessa 8.2.3. Kaasupaneelissa sijaitsevan ensimmäisen vaiheen painesäätimen tarkoitus on vähentää kaasupullosta ulostuleva 200 baarin paine 70 baariin ennen kuin se ohjataan altaan luona olevalle paneelille. Paineenalennin valittiin Swagelokin KPP-sarjasta. (kuva 13)

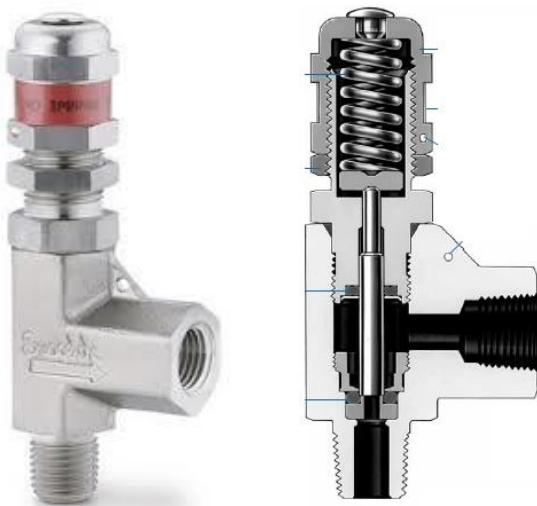


Kuva 13. Swagelok KPP-paineenalennin.

8.3.3 Varoventtiili

On hyvin epätodennäköistä että painesäätimen toiminta vioittuu, mutta jos näin kuitenkin pääsee tapahtumaan ja ulostulopaine nousee liikaa niin varoventtiili jää suojaamaan järjestelmän matalapainepuolen komponentteja.

Varoventtiilin sisällä on jousi joka pitää venttiilin kiinni kunnes paine on riittävän korkea jolloin sen tuottama voima painaa jousen kasaan ja venttiili aukeaa ja kaasu pääsee purkautumaan ulos. Venttiili sulkeutuu kun paine on taas riittävän alhainen. Jos kyseessä on vaaraton aine, kuten ilma, voi aineen yleensä päästää suoraan ulkoilmaan. Venttiili on toki asennettava niin, että purkautuva aine ei ole vaaraksi ihmisille.

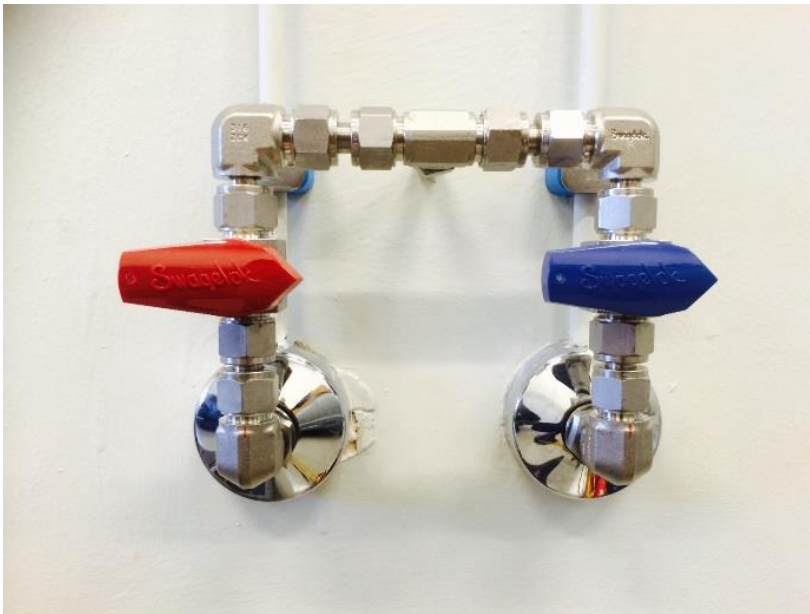


Kuva 14. Swagelok R3A-varoventtiili.

Varoventtiiliksi valittiin Swagelok Co.:n R3A-malli (kuva 14), joka on tehdastestin yhteydessä säädetty avautumaan 75 baarin paineessa. Avautumispaine on määritelty siihen pisteeseen jolloin typpikuplat läpäisevät venttiilin yhden sekunnin väliajoin. Esisäätö on suoritettu huoneenlämmössä kahteen otteeseen. Sallittu avautumisalue on +/- 5 % tavoitellusta paineesta, eli 71,25 – 78,15 baaria.

8.4 Vesipiste

Kappaleessa 5.2.1 todettiin aiemmin, että testialtaassa on suotavaa käyttää nestettä joka omaa pienen pintajännitteen. Neste olisi testin jälkeen kumminkin tarkoitus tyhjentää lat- tiakaivoon mikä ei salli erillisten kemikaalien käyttöä. Testaukseen tullaan täten käyttä- mään puhdasta hanavettä joka ohjataan altaaseen putkistoa pitkin vedenottopisteeltä.



Kuva 15. Vedenottopiste liitettiin rakennuksen vesijohtoverkoston. Kylmä- sekä lämminvesi linjat saivat kummatkin omat hanat jolla veden virtausta sekä lämpötilaa voidaan säätää, linjat yhdistyvät yhdeksi putkeksi joka johdetaan seinän läpi altaalle.

8.5 Putkisto

Kaasupaneeleiden sijoituksen jälkeen putkistosuunnitelman laatiminen aloitettiin. Putki- materiaalin ja varsinkin taitettavien mutkien määrä korreloi suoraan kustannuksiin joten mutkien kohdalla täytyi harkita taivutetaanko putki vai käytetäänkö valmiita kulmaliitti- miä. Kaasuputket ja instrumentit pyrittiin suunnittelemaan ja asentamaan pinta-asennuk- sina siten, että ne ovat näkyvissä ja tarvittaviin osiin on helppo päästä käsiksi.

9 VUOTOTESTAUSASEMAN KÄYTTÖÖNOTTO

HVF:n kaikkea toimintaa ohjaa Swagelok Quality System (SQS) – laatupolitiikka joka perustuu ISO 9001 vaatimukseen edellyttäen laatukäsikirjan laadintaa ja ylläpitoa.

Hyvä laatukäsikirja on tärkeä apuväline työhön perehdytyksessä ja laitteiden käyttöohjeet ovat osa tätä laadunhallintajärjestelmää. Tämän opinnäytetyöosan aiheena on vuototestausaseman suomenkielisen käyttöohjeen laatiminen Helsinki Valve & Fitting Oy:lle. Käyttöohjeen tarkoituksena on toimia apuna uusien vuototestaajien koulutuksessa sekä tukena vanhoille asentajille. Hyvä käsikirja helpottaa henkilövaihdosten yhteydessä, koska työtavat ja käytetyt välineet pysyvät samoina. Usein käyttöohjeet sisältävät kirjallisen osuuden lisäksi myös kuvallisen dokumentoinnin eri työvaiheista luetun helpottamiseksi.

Käyttöohje laadittiin omien tutkimusten ja testien perusteella HVF:n tuotantopalvelun työmääräyksen tueksi. Työmääräys sisältää asennelmien kokoonpano-ohjeen lisäksi myös tarkastusohjeen, jonka mukaan testaus suoritetaan.

Jokaisella tuotteella on laatuvaatimuksia, kuten osien laatu ja toimintavarmuus. Kun testaus suunnitelma on kunnossa, voidaan se ja testeistä saadut tulokset lähettää asiakkaalle, jolloin asiakas voi itse todeta kuinka testi on suoritettu ja millaisia tuloksia siitä on saatu. Kun tilatun kokoonpanon mahdolliset virheet havaitaan jo tehtaalla, vähenevät myös vikatoimitusten ja reklamaatioiden määrä.

9.1 Koekäyttö ja laitteen käynnistys

Kaasun vuodonmittaukseen käytetty kuplatesti on toiminnaltaan yksinkertainen ja nopea suorittaa mutta koekäytössä testit osoittivat kuitenkin sen olevan mittausalueeltaan melko suppea sekä erottelukyvyltään huono. Mittausepävarmuuteen vaikuttivat testikappaleen upotuksen syvyys veden pinnan alle sekä sen kohtisuoruus vedenpintaa nähden. Mikäli vuoto kohta oli testikappaleen alla, oli kuplan muodostumisen havaitseminen kohtalaisen vaikeaa. Pienin peilin avulla operaattorin näkökenttää saatiin laajennettua ja työ helpottui.

Painehäviömenetelmällä kappaleen paineistuksen jälkeen tulee odottaa noin 10 minuuttia ennen mittauksen aloittamista koska paineistuksen yhteydessä kaasumolekyylien muodostaman lämpöliikkeen johdosta lämpötila nousee hetkellisesti. Kaasun lämpötilan kasvu vaikuttaa myös paineeseen jonka vuoksi mittaus tulee aloittaa vasta kun kaasun lämpötila on tasaantunut ympäristön lämpötilaa vastaavaksi.

9.2 Ohjeistus

Testilaitteen kolmen eri testimenetelmän käyttöohjeet löytyvät liitteestä.

10 PÄÄTELMÄ

Käyttönottotestien perusteella tässä työssä suunniteltu laitteisto on toimintaperiaatteen onnistunut ja sitä voidaan käyttää kokoonpanojen tiiveystason tarkasteluun. Laitteistolla voidaan tutkia paineen sekä lämpötilan vaikutusta vuotoarvoon.

Vuodonmittaus paine-eromenetelmällä osoittautui luotettavaksi ja toimivaksi ratkaisuksi mitata vuotoa eri olosuhteissa ja ajallisesti pitkissä testeissä. Mittausmenetelmän herkkyys on erittäin hyvä sillä digitaalinen painemittari havaitsee pienimmätkin paineen muutokset.

Laitteiston komponenttivalinnoissa pyrittiin noudattamaan mahdollisimman tarkasti ennalta määriteltyjä vaatimuksia. Lopputuloksena saatiin myös testiohje. Testiohjeen lisäksi valmistui myös tarkistuslista, jonka tarkoituksena on toimia testaajan apuna.

Opinnäytetyön tekeminen oli kaikin puolin positiivinen kokemus. Hienoa siitä teki sen että työ oli varsin monipuolinen. Itse opin tämän työn kautta paljon muun muassa kaasujärjestelmien osien toiminnasta.

11 LÄHTEET

11.1 Painetut lähteet

Training guidelines in non-destructive testing techniques: Leak testing at level 2.

IAEA, Vienna, 2012. Haettu 10.04.2014. Saatavana PDF-muodossa:

http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TCS-52_web.pdf

Practical Non-destructive Testing: Baldev Raj, T. Jayakumar, M. Thavasimuthu. Woodhead Publishing, 2002

Non-Destructiv Testing Techniques: Prakash, Ravi. New Academic Science, 2012

American Society for Nondestructive Testing, Nondestructive Testing Handbook – Volume 1, Leak Testing, 3rd Edition, American Society for Nondestructive Testing, 2007

Swagelok Custom Solutions Liquid Leak Detector Test Description

11.2 Sähköiset lähteet

Swagelok Leak Testing Certification Programs, Swagelok 2011. Haettu 4.5.2014. Authors: Gagel, Michael T, Probst, Marilyn C. (Mamie) Date: 1/14/2011, Saatavana PDF-muodossa: <http://iswagelok/SwagelokUDistributor/Documents/RequirementsandGuidelines.pdf>

Swagelok web based training. Pressure change measurement certification program.

Swagelok web based training. Quality Academy: Tools of quality

Train The Trainer- Leakage and the Swagelok Tube Fitting, Bill Glime, PDF, 2010 Swagelok Company.

Tyhjiötekniikka- vuodonetsintä. Fluid Finland, Veli Hulkkonen, 2007. Haettu 12.5.2014. Saatavana PDF-muodossa: <http://files.kotisivukone.com/fluidfinland.kotisivukone.com/FluidKlinikat/16.tyhjiotekniikka-vuodonetsinta.pdf>

Leakdetection – technology. Haettu 6.6.2014. <http://www.leakdetection-technology.com/science/the-flow-of-gases-in-leaks>

Advanced leak detection methods, Hemi Sagi, ATC Inc. Haettu 6.5.2014. Saatavana PDF-muodossa: <http://atcinc.net/wp-content/uploads/2013/09/Advanced-Leak-Testing-Methods.pdf>

Aga teolliskaasut, Tuoteluettelo. Saatavana PDF-muodossa: http://www.aga.fi/internet.lg.lg.fin/fi/images/AGA%20IG%20Gases%20White%20Paper%20FI634_120490.pdf

http://fi.wikipedia.org/wiki/Hagen-Poiseuillen_yht%C3%A4l%C3%B6

Käyttöturvallisuustiedote. Typpi, versio 2.4, 19.08.2014, Woikoski Oy

Wika CPG-1000 datasivut. Haettu 10.8.2014. Saatavana PDF-muodossa osoitteesta: http://www.wika.fi/upload/DS_CT1001_GB_8130.pdf

11.3 Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Painehäviö, 2010 Swagelok Company

Kuva 2. <http://www.amgas.com/impage.htm>

Kuva 3. Snoop-vuodonilmaisunesteellä havaittu vuoto. Haettu 4.7.2014. <http://nor-cal.swagelok.com/blog/bid/98088/Energy-Management-Leak-Detection-Leak-Prevention-More-Profit>

Kuva 4. Valmis vuototestausallas. Valokuvaaja Sebastian Mandelin 2013

Kuva 5. Manometrin rakenne. Scubaboard.com

Kuva 6 & 7. Wika CPG-1000 datasivut. Haettu 10.8.2014. Saatavana PDF-muodossa osoitteesta: http://www.wika.fi/upload/DS_CT1001_GB_8130.pdf

Kuva 8. Swagelok One-Piece Instrumentation Ball Valves Catalog, 2013

Kuva 9. Swagelok Ball Valves, General Purpose and Special Application Catalog, 2013

Kuva 10. Swagelok pressure regulators catalog, 2013

Kuva 11. Valmis kaasupaneeli. Valokuvaaja Sebastian Mandelin, 2014

Kuva 12. Swagelok filters catalog, 2013

Kuva 13. Swagelok pressure regulators catalog, 2013











Kuva 14. Swagelok proportional relief valves catalog, 2013

Kuva 15. Vedenottopiste. Valokuvaaja Sebastian Mandelin, 2014

Taulukot 1, 2, 3. Swagelok Leak Testing Certification Programs, Swagelok 2011. Haettu 4.5.2014.

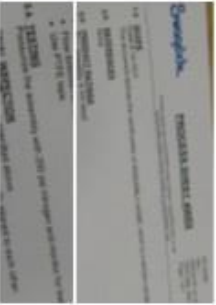









KUPLATESTI

Työohje, Helsinki Valve & Fitting 23.9.2014

<p>1.</p>  <p>Lue työmääräyksestä vaatimukset koskien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Testin painetta - Testin kestoa 	<p>2.</p>  <p>Tarkista jokaisen liittoksen merkinnöistä, että ne on kiristetty kunnolla ennen testausta.</p>	<p>3.</p>  <p>Avaa / Sulje kaikki ne reitit jotka työmääräyksen mukaisesti täytyy testata.</p> <p>Varmista virtauksen kulku kaikkialle. Kiinnitä huomiota oikeaan virtaussuuntaan mahdollisten takaiskuventtiilien kohdalla.</p>	<p>4.</p>  <p>Paineista kokoonpano HITAASTI vaadituille tasolle. Anna kokoonpanon seistä 10 minuuttia.</p> <p>! MAX 69 bar!</p>	<p>5.</p>  <p>Eristä testattava kokoonpano sulkemalla ohjusspaneelin viimeinen venttiili.</p> <p>Upota kappale veteen Jää tarkkailemaan kuplien muodostumista asennelman pinnolle.</p>
<p>6.</p>  <p>Jos havaitset kuplia: Ilmaa testikappale HITAASTI. Korjaa vuotavat liittokset. Suorita testi uudelleen.</p>	<p>7.</p>  <p>Onnistuneen testin jälkeen: Ilmaa testikappale HITAASTI. Irtota asennelma testilaitteesta.</p>	<p>8.</p>  <p>Kuivaa asennelma painellamalla tai pyyhkeellä.</p>	<p>9.</p>  <p>Merkitse testattu kappale hyväksytyksi mikäli niitä on tilattu enemmän kuin yksi.</p>	<p>10.</p>  <p>Kirjaa tulokset testinaporttiin ja täytä työmääräyksen kaikki muut kohdat.</p>

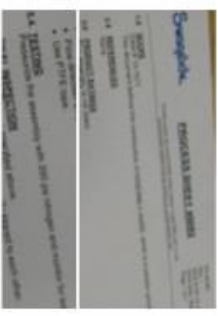





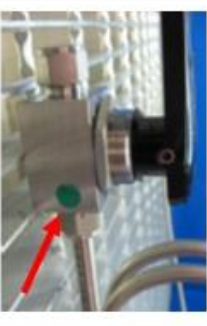

SNOOP-KUPLATESTI

Työohje, Helsinki Valve & Fitting 23.9.2014

<p>1.</p>  <p>Lue työmääräyksestä vaatimukset koskien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Testin painetta - Testin kestoa 	<p>2.</p>  <p>Tarkista jokaisen liittoksen merkinnöistä, että ne on kiristetty kunnolla ennen testausta.</p>	<p>3.</p>  <p>Avaa / Sulje kaikki ne reitit jotka työmääräyksen mukaisesti täytyy testata.</p> <p>Varmista virtauksen kulku kaikkialle. Kiinnitä huomiota oikeaan virtaussuuntaan mahdollisten takaiskuventtiilien kohdalla.</p>	<p>4.</p>  <p>Paineista kokoonpano HITTAASTI vaaditulle tasolle.</p> <p>Anna kokoonpanon seistä muutama minuutti.</p> <p>! MAX 69 bar!</p>	<p>5.</p>  <p>Levitä Snoop- vuototestausnestettä kaikkiin mahdollisiin vuotokohtiin (esim. helmiliittoksiin, hitsisaumoihin ja venttiilien karoihin).</p> <p>Jää tarkallemaan jos kuplia muodostuu.</p>
<p>6.</p>  <p>PARAS KÄYTÄNTÖ</p> <p>Pellin avulla näet myös testikappaleen alle.</p>	<p>7.</p>  <p>Mikäli kuplia muodostuu: Ilmaa testikappale HITTAASTI. Korjaa vuotavat liittokset. Suorita testi uudelleen.</p>	<p>8.</p>  <p><u>Omnistuneen testin jälkeen:</u> Ilmaa testikappale HITTAASTI.</p> <p>Irrota asennelma testilaitteesta, kuivaa paineilmapistoolilla tai pyvykkeellä.</p>	<p>9.</p>  <p>Merkitse testattu kappale hyväksytyksi mikäli niitä on tilattu enemmän kuin yksi.</p>	<p>10.</p>  <p>Kirjaa tulokset testiraporttiin ja täytä työmääräyksen kaikki muut kohdat.</p>

PAINEHÄVIÖTESTI

Työohje, Helsinki Valve & Fitting 23.9.2014

<p>1.</p> 	<p>2.</p> 	<p>3.</p> 	<p>4.</p> 	<p>5.</p> 
<p>Lue työ määräyksestä vaatimukset koskien: - Testin painetta - Testin kestoa</p>	<p>Tarkista jokaisen liitoksen merkinnöistä, että ne on kiristetty kunnolla ennen testausta.</p>	<p>Avaa / Sulje kaikki ne reitit jotka työ määräyksen mukaisesti täytyy testata. Varmista virtauksen kulku kaikilla. Kiinnitä huomiota oikeaan virtausuuntaan mahdollisten takaiskuventtiilien kohdalla.</p>	<p>Paineista kokoonpano HITTAASTI vaadituille tasolle. Anna kokoonpanon seistä muutama minuutti. ! MAX 69 bar!</p>	<p>Eristä testattava kokoonpano sulkemalla ohjauspaneelin viimeinen venttiili. Rekisteröi painemittarin lukema. Käynnistä kello. Rekisteröi painelukema testiajan kuluuttua.</p>
<p>6.</p> 	<p>7.</p> 	<p>8.</p> 	<p>9.</p> 	

Mikäli paineenmuutos vastaa tai alittaa vaatimukset, kirjaa tulokset testiraporttiin.
Mikäli tuote ei läpäise testiä: ilmaa testikappale, korjaa vuotokohdat ja testaa uudelleen.

Onnistuneen testin jälkeen: ilmaa testikappale **HITTAASTI**, Irrota asennelma testilaitteesta.

Merkitse testattu kappale hyväksytyksi mikäli niitä on tilattu enemmän kuin yksi.

Täytä työ määräyksen kaikki muut kohdat.

Koeponnistus ja tiiveystarkastus

TILAAJA / ASIAKAS	TILAUSNUMERO
PROJEKTI	PÄIVÄMÄÄRÄ

KOEPONNISTUS JA TIIVEYSTARKASTUS KAASULLA

Kaasu: _____

Tarkastuspaine: _____ bar

Koeponnistusaika: _____ tuntia _____ minuuttia

Painemittarilukemat

Nro	Päivämäärä	Kello	Luettu paine, bar	Huomautuksia	Nimi / Kuittaus
1					
2					
3					
4					
5					

Huomautuksia (esim. mittaukseen mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä)

13 SAMMANFATTNING

Detta projekterade examensarbete gjordes för Helsinki Valve & Fitting Oy. Syftet var att designa och bygga en läcksökningsstation till företagets förfogande för att testa olika produkter och föra att erbjuda denna service till kunder. Företaget bygger instrumentsystem som inte tidigare har kunnat läcksökas eftersom det inte funnits någon apparat för detta ändamål. Mitt mål var också att ta reda på vad det är som förorsakar läckor och hur de kan mätas.

I början diskuterades en mängd olika alternativ hur enheten skulle se ut, hur den skulle fungera och vilka komponenter skulle användas. Det viktigaste kravet var att komponenterna hörde till produktsortimentet av huvudmannen Swagelok Co. I planeringsfasen utformades de viktigaste kriterierna för tillförlitlighet och säkerhet. Läcksökningen skulle göras till en så enkel process som möjligt, men enheten skulle ändå ge bra och pålitliga testresultat. I detta skede var det viktigt att bekanta sig med olika testningsmetoder och undersöka teorier om läckage i gassystem. Teoretisk kunskaper om tryck, gas och strömningslära var viktiga för att kunna avgöra vad som är ett tillåtbart läckage eller för att förstå varför ett visst tal uppkommer på mätinstrumentet.

Lösningen för hur man skall gå till väga för att mäta ett läckage ser olika ut för olika komponenter och det finns ingen generell lösning för detta. Genom att först formulera en täthetsspecifikation med vissa krav på hur stort läckagen får vara kan man sedan välja en passande metod för att testa komponenten. Täthetskontroll baserar sig på täthetskravet som måste definiera läckagets största tillåtna mängd under en viss tid. Täthetskraven ställs oftast av producenten eller kunden. Ur täthetskravet skall det även framgå med vilken gas testet utförs med, vilken provtryck används samt i vilken temperatur testningen sker. Täthetskontrollen genomförs sedan med lämplig metod utifrån de utsatta kraven, ifall komponenten läcker mindre än det utsatta mängd, blir komponenten godkänt. Ifall ett större läckage hittas, repareras läckagestället och komponenten testas på nytt.

För genomförande av läcksökning fanns det ett stort antal metoder att välja mellan. En del instrument som används för detta ändamål mäter tryckskillnader medan andra mäter flödesmängder från läckagestället eller registrera mängden av en speciell spårgas. En metod för läcksökning som går ut på att söka efter bubblor i vatten förekommer ofta, och detta har använts även nu.

Arbetets resultat utgörs av ett fungerande läcksökning station med instruktioner för användning. Målet med manualen är att nyanställda på företaget kan operera enheten utan problem. Förutom bubbeltestet kan man ytterligare använda sig av två andra testningsmetoder, bubbelvätska och tryckdifferens. Bubbeltestet innebär i stora drag att testobjektet trycksätts och sänks ner i ett vattenbad och att en operatör sedan letar efter luftbubblor som stiger till ytan. Har det inte uppstått några bubblor under en bestämd provtid kan teststycket anses vara tätt. Testning med bubbelvätska går ut på att vätskan hålls på den trycksatta komponenten och läckageställena kan lokaliseras där bubblor bildas. Ifall inga bubblor bildas, är systemet tätt. Mätning av nedgången i tryck med hjälp av en tryckmätare visar inte läckagestället, men är ett bra verktyg till för att räkna volymen på det utsläppta gaset. Detta är viktigt att veta då man beräknar kostnader i form av t.ex. energiförluster.