



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Lauri Koskinen

Vacuum Assemblyn lopputestauksen kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja Automaatiotekniikka

Insinöörityö

4.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Lauri Koskinen Vacuum Assemblyn lopputestauksen kehittäminen 16 sivua + 1 liitettä 4.5.2021
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori, Kai Virta Head of Vacuum Assembly, Timo Ahonen
<p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli Vacuum Assemblyn lopputestauksen kehittäminen Bluefors Oy:lle, joka sijaitsee Pitäjänmäellä Helsingissä. Yritys valmistaa kryostaatteja ja on alallaan yksi suurimmista maailmanlaajuisesti.</p> <p>Vacuum Assemblyssä valmistamme tyhjiöpumppujärjestelmiä, jotka on kierrättää helium seoksia. Tämä järjestelmä on yksi osa kokonaisuutta, joka auttaa kryostaattia saavuttamaan erittäin kylmän lämpötilan.</p> <p>Työtä aloittaessa kaikki aihealueet ja sisältö eivät olleet vielä tekijällekään täysin tiedossa. Uusien ideoiden myötä lopputulos muotoutui kokonaisuudeksi, joka sisältää kolme erillistä toisiinsa linkittyvää osiota: standardien vaikutus lopputestaukseen, sähköinen checklist -ohjelma lopputestaukselle ja kattava lopputestausohje vanhan ja suppean ohjeen tilalle.</p> <p>Standardien vaikutus lopputestaukseen -osiossa pohditaan ISO 9000 -laatustandardin ja SGS:n myöntämän NRTL-sertifikaatin vaatimuksia lopputestauksen kannalta.</p> <p>Sähköinen checklist-ohjelma on lopputestaajan apuväline maadoitus- ja eristystestauksia suoritettaessa ja niiden tuloksia dokumentoitaessa.</p> <p>Opinnäytetyön suurin kokonaisuus on liitteenä oleva 35-sivuinen lopputestausohje, joka opastaa kuvien ja kirjallisten ohjeiden avulla uusien lopputestaajien kouluttamista työhön. Ohje toimii myös kokeneelle testaajalle hyvänä työkaluna muistamaan kaikki eri testauksen vaiheet ja niihin liittyvät yksityiskohdat.</p> <p>Insinööriyötä tehtiin välillä syksy 2020 ja kevät 2021.</p>	
Avainsanat	Kryostaatti, Tyhjiöpumppu, Visual Basic

Author Title	Lauri Koskinen Development of Final Testing in Vacuum Assembly
Number of Pages Date	15 pages + 1 appendix 4. May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Kai Virta, Senior Lecturer Timo Ahonen, Head of Vacuum Assembly
<p>The goal of this thesis work was to develop the final testing in Vacuum Assembly department of Bluefors Oy. Bluefors is located in Pitäjänmäki Helsinki. The company produces cryostats and is one of the leading companies in its field worldwide.</p> <p>In Vacuum Assembly department we manufacture vacuum pump systems that circulates helium mixtures. This pump system is only one part of a bigger ensemble which helps the cryostat to achieve ultra-low temperatures.</p> <p>The thesis has three separate sections that are all connected to one subject: the final testing of Vacuum Assembly. These three subjects are: the effect of standards on final testing, a checklist -program and a comprehensive manual to final testing to replace the old and brief guide.</p> <p>The effect of standards on final testing -section concerns the ISO 9000 quality standard and NRTL certificate granted by SGS (General Society of Surveillance) and their requirements regarding to the final testing.</p> <p>The checklist -program is a tool for an employee to perform the electrical safety tests and to document the results to Excel.</p> <p>The largest section of the thesis is the final testing manual (appendix) containing 35 pages. The manual uses images and written guidance to instruct new employees to perform the final testing. It can also be used as a tool by an experienced employee to help to remember different phases and details of the testing.</p> <p>The thesis was done between the autumn of 2020 and the spring of 2021.</p>	
Keywords	Cryostat, Vacuum Pump, Visual Basic

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Standardien vaikutus lopputestaukseen	2
2.1	SFS-EN ISO 9000 -sarja	2
2.1.1	Testaajan pätevyys	2
2.1.2	Mittalaitteet	3
2.1.3	Tuotteiden yksilöiminen	3
2.1.4	Poikkeamien käsittely	4
2.2	SGS:n vaatimukset testauksen kannalta	4
2.2.1	Esitietoa NRTL- ja SGS-sertifioinneista	4
2.2.2	Vaatimukset ja ratkaisuehdotukset	5
3	Dokumentointi	9
3.1	Checklist	9
3.2	Ohjelman esittely	10
4	Yhteenveto	16
	LÄHTEET	17

Liitteet

Liite 1. Lopputestausohje Control Unitille ja Gas Handling Systemille

Lyhenteet

BCSC	Bluefors Control Software Center (Blueforsin oma testausohjelma).
CU	Control Unit (ohjausyksikkö).
ET	Extra Turbo (lisäturbo).
GHS	Gas Handling System (kaasunhallintajärjestelmä)
ISO	International Organization for Standardization - maailmanlaajuinen kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto
NRTL	Nationally Recognized Test Laboratory (kansallisesti tunnistettu testauslaboratorio).
P1-P6	Paineanturit 1-6.
SFS	Suomen Standardisoimisliitto.
SGS	Tarkastus-, Verifiointi-, Testaus- ja Sertifiointialan yritys.
T1 ja T2	Turbot 1 ja 2.
TC	Temperature Controller (lämpötilansäädin).
UL	Underwriters Laboratories (Palo- ja turvallisuusstandardi Pohjois-Amerikan markkinoille, joka asettaa vaatimukset sähkölaitteille ja komponenteille. UL-hyväksyntä osoittaa, että yritys toimittaa turvallisia tuotteita ja että tuotteen materiaalit sekä rakenne ovat turvalliset).
V1-V23	Venttiilit 1-23.
VBA	Visual Basic for Applications (Visual Basic liitännäinen).

1 Johdanto

Tämä insinööri työ tehtiin Bluefors Oy:lle, jonka ovat perustaneet kaksi hollantilaista fyysikköä, Rob Blaauwgeers ja Pieter Vorseleman vuonna 2008. Bluefors valmistaa kryostaatteja Helsingin Pitäjänmäellä.

Kryostaatti on laite, jolla voidaan jäähdyttää haluttu laite tai materiaali lähelle absoluuttista nollapistettä (alle 10 mK). Kryostaatteja hyödynnetään muun-muassa lääketieteellisissä kuvantamislaitteissa, tieteellisissä tutkimuksissa ja kvanttietokoneissa.

Insinööri työ käsittelee Blueforsin Vacuum Assembly -osaston lopputuotteen testauksen kehittämistä. Osasto valmistaa kryostaateissa käytettäviä vakuumpumppuja. Vakuumpumput koostuvat ohjauksyksiköstä (Control Unit) ja pumppukärrystä (Pump Cart). Itse työ koostuu kolmesta erillisestä testaukseen liittyvästä osiosta: lopputestausohjeesta, standardien vaikutus lopputestaukseen -osiosta ja tarkistuslista (checklist) -ohjelmasta. Yrityksen työkieli on englanti, jonka vuoksi tein ensin lopputestausohjeen englanniksi ja itse insinööri työtä varten suomensin sen työn liitteeksi. Työtä tehdessä internetin tai muiden lähteiden käyttö oli hyvin minimaalista, koska näin spesifistä aiheesta ei löydy valmiiksi kirjoitettua materiaalia (standardit pois lukien). Tästä syystä hankin tietoja suullisesti ja Teams-sovelluksen avulla yrityksen työntekijöiltä.

Vaikka yritys on perustettu jo vuonna 2008, lopputestausohje oli ennen tämän työn tekemistä ainoastaan yhden A4-sivun mittainen eikä sisältänyt lainkaan kuvia. Uudelle laajemmalle ohjeelle oli siis tarve, koska yritys kasvaa nopeasti ja uusia lopputestaajia tulisi pystyä kouluttamaan tehtävään tuotannon nopeuttamiseksi. Kirjoittajalla ei ollut ennen insinööri työn aloitusta kokemusta lopputestauksesta, joten ohjeen tekemistä varten seurasin testausta vierestä, otin kuvia ja tein havaintoja sekä muistiinpanoja. Testauksesta haluttiin tehdä mahdollisimman tasalaatuista riippumatta siitä, kuka koulutetuista testaajista lopputestauksen suorittaa. Tämän takia ohjeesta haluttiin mahdollisimman selkeä ja perusteellinen. Uusi ohje sisältääkin 35 sivua ja 68 kuvaa. Työkielen vuoksi lopputestausohjeen suomentaminen osoittautui ongelmalliseksi, koska osa komponenteista on niin harvinaisia, että niille ei löytynyt suomenkielistä vastinetta. Tämän vuoksi työohjeessa esiintyy englanninkielisiä nimiä joillekin komponenteille.

Sähkölaitteiden on täytettävä voimassa olevat standardit päästäkseen Yhdysvaltojen ja Kanadan markkinoille. Tähän mennessä NRTL-sertifikaatin yrityksen laitteille on myöntänyt SGS Fimko. Bluefors pyrkii saamaan oikeuden myöntää itse laitteilleen kyseisen sertifikaatin, jonka vuoksi oli tarpeellista pohtia ISO 9000 -laatustandardisarjaa sekä SGS:n vaatimuksia Vacuum Assemblyn lopputestauksen kannalta. Tästä aiheesta muotoutui standardien vaikutus lopputestaukseen -osio.

Työtä tehdessä huomasin, että sähköturvallisuustestin dokumentointitapa kaipasi päivittämistä. Aiemmin tapana oli manuaalisesti luoda uusi kansio tietokoneelle. Kansioon tallennettiin kaksi tiedostoa, jotka sisälsivät testien tietoja. Ongelma tässä oli dokumentoinnin hitaus ja eri testien vertailun kankeus, koska jokaisen testin tulos oli kahdessa eri tiedostossa omassa kansiossaan. Tämän vuoksi ohjelmoin Excelin VBA -liitännäisellä uuden ohjelman dokumentoinnin helpottamiseksi. Ohjelmassa tulokset tallentuvat omalle rivilleen Excelliin ja niiden vertailu on helppoa. Checklist-ohjelma otettaneen käyttöön osastolla lähiaikoina.

2 Standardien vaikutus lopputestaukseen

2.1 SFS-EN ISO 9000 -sarja

ISO 9000 -sarja on kansainvälinen standardisarja, joka keskittyy yritysten laadunhallintajärjestelmiin. ISO 9000 sisältää laadunhallintajärjestelmien perusteet ja sanastoa, kun taas ISO 9001 keskittyy laatuvaatimuksiin.

2.1.1 Testaajan pätevyys

Yrityksen tulee päättää, millainen pätevyys vaaditaan lopputestausta suorittavalta henkilöltä, että hän kykenee testaamaan laitteet yhtiön asettamien laatustandardien mukaisesti. Työntekijän pätevyyden voi taata esimerkiksi soveltuva koulutus, harjoittelu ja/tai kokemus. Perehdytys tehtävään on joka tapauksessa välttämätöntä. Perehdyttävälle on myös hyvä selventää, millaista laatua lopputestattavalta laitteelta odotetaan ja mitä seurauksia tiettyjen työvaiheiden oikaisusta seuraa tuotteen, asiakkaan ja yrityksen kannalta.

Tehtävään pätevistä työntekijöistä tulisi olla olemassa dokumentoitu asiakirja, josta selviää, kuka lopputestausta saa ylipäätään suorittaa ja kuka voi kouluttaa uusia työntekijöitä suorittamaan kyseistä tehtävää. [1]

2.1.2 Mittalaitteet

Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi tulee varmistaa, että mittalaitteet ovat soveltuvia suoritettaviin mittaustoimintoihin.

Laitteet on kalibroitava tasaisin väliajoin ja laitteiden kalibroinnista tulisi säilyttää asianmukaista dokumentoitua dataa. Yksittäinen mittalaite tulee myös merkitä tunnistetiedolla, että sen kalibroinnin tila on helppo selvittää.

Vaihtoehtona kalibroimiselle on laitteen toiminnan todentaminen määräajoin tai ennen käyttöä vertaamalla sen antamia arvoja mittanormaaleihin, jotka ovat jäljitettävissä kansallisiin tai kansainvälisiin mittanormaaleihin.

Mittalaitteita tulee säilyttää siten, että ne ovat suojassa vaurioilta, virityksiltä ja kaikelta muulta mahdolliselta huononemiselta, joka mitätöisi laitteen kalibroinnin ja tulevat mittaustulokset.

Jos todetaan, että käytössä ollut mittalaite antaa väriä mittaustuloksia, on kyseinen laite välittömästi poistettava käytöstä ja pyrittävä selvittämään, onko väärin toiminut laite vaikuttanut vahingollisesti edellisiin mittauksiin, ja estettävä mahdollisesti väärin testatun tuotteen päätyminen asiakkaalle. [1]

2.1.3 Tuotteiden yksilöiminen

Jokainen lopputestattu tuote tulee yksilöidä tunnistamista varten ja niistä tulee säilyttää dokumentoitua tietoa jäljitettävyyden parantamiseksi. [1]

2.1.4 Poikkeamien käsittely

Poikkeaman havaitsemisen jälkeen riittävän nopea reagointi poikkeamaan on tärkeää. On selvitettävä, mistä poikkeama on johtunut ja ryhdyttävä ehkäiseviin toimiin, jotta uusia vastaavia tapauksia ei pääse syntymään. Lisäksi tulee etsiä aikaisemmin valmistetuista tuotteista vastaavanlaisia poikkeamia, joka ehkäisee viallisten tuotteiden pääsemistä asiakkaalle asti.

Poikkeama tulee arkistoida ottamalla valokuva, josta selviää poikkeaman luonne. Kuvan kanssa tulee dokumentoida toimenpiteet, joita on tehty ja millaisia vaikutuksia toimenpiteillä on ollut. [1]

2.2 SGS:n vaatimukset testauksen kannalta

2.2.1 Esitietoa NRTL- ja SGS-sertifioinneista

SGS on kansainvälinen sertifiointialan yritys. SGS-merkintä on takuu laadusta ja osoittaa, että tuote täyttää kansalliset ja kansainväliset standardit ja määräykset.

SGS on NRTL-hyväksytty testaaja, joten sillä on valtuudet sertifioida tuote käytettäväksi Pohjois-Amerikan markkinoille (Yhdysvallat ja Kanada). Jos tuote täyttää NRTL:n vaatimukset, on siinä oikeus käyttää SGS North America -sertifiointimerkkiä.

Opinnäytetyön kirjoitushetkellä Blueforsilla ei ole vielä valtuuksia tarkastaa omia laitteitaan SGS-sertifikaatin mukaisiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että yritykseen saapuu tasaisin väliajoin SGS:n edustaja tarkastamaan laitteita ja hyväksytyihin laitteisiin hän liimaa/leimaa SGS-sertifiointimerkin. Tulevaisuudessa tarkoitus on, että Bluefors voisi itse hyväksyä omat laitteensa ja SGS käy auditoimassa toimintaa tasaisin väliajoin. Ennen kuin lupaa tähän voi hakea, on yrityksen täytettävä SGS:n asettamat ehdot, joita käsitellään tässä osiossa. Ehtoja on eritasoisia, joista vähintään kriittiset tulee olla täytettynä. Muissa vaatimuksissa on joustovaraa tapauskohtaisesti.

2.2.2 Vaatimukset ja ratkaisuehdotukset

Laatujärjestelmä

Vaatus: Laatukäsikirjassa tulee olla määritettynä laatu-, tarkastus-, ja testausrekistereiden säilytysajat. [2] Ratkaisu: Laatukäsikirja määrittää mm. edellä mainittujen rekistereiden säilytysajaksi vähintään viisi vuotta. [3]

SGS-merkin käsittely

Kriittinen vaatimus: SGS-merkeille pitää olla turvallinen säilytyspaikka ennen niiden kiinnittämistä sertifioituihin tuotteisiin, koska kyse on rajoitetusta ja tarkasti valvotusta sertifikaatista. [2] Ratkaisu: Tällöinen paikka voi olla esimerkiksi lukollinen kaappi/säilö, johon on avain vain muutamalla luotetulla työntekijällä, joilla on tarve päästä käsiksi merkkeihin.

Kriittinen vaatimus: Yrityksellä tulee olla käytössä menettelytapa, joka varmistaa, että SGS-merkinnän saa vain tarkastetut ja sertifioidut tuotteet. [2] Ratkaisu: Ylläpidetään listaa työntekijöistä, joilla on oikeus kiinnittää merkki lopulliseen tuotteeseen. Kyseiset henkilöt voisivat olla samat, joilla on avain/pääsy edellisessä kohdassa mainittuun lukolliseen merkkien säilytyspaikkaan. Henkilöiden tulisi saada myös koulutusta asiaan liittyen.

Kriittinen vaatimus: Yrityksen tulee pystyä osoittamaan oman kirjanpitoinsa avulla, kuinka monta SGS-tarraa heillä on varastossa ja mihin laitteisiin tarroja on kiinnitetty. Jos kyseessä on tyyppikilpeen leimattava, valettava tai painettava merkki, on tällä tavoin merkityt laitteet ja merkinnät pystyttävä jäljittämään. Jokainen SGS-merkitty tuote tulee olla yksilöity tunnistamisen helpottamiseksi joko sarjanumerolla tai muulla vastaavalla tavalla ja yksilöintitieto tulee olla kirjattuna yhtiön omaan lokikirjaan. [2] Ratkaisu: Perustetaan tietokanta, joka sisältää vaatimuksessa mainitut asiat.

Saapuvien komponenttien tarkastus

Kriittinen vaatimus: Yrityksellä tulee olla käytössä toimiva tapa, jolla turvallisuuskriittiset komponentit tarkastetaan ennen kuin niitä päätyy tuotantoon. Esimerkki: Pohjois-Amerikan markkinoille menevien laitteiden tulee sisältää vain UL-merkinnällä varustettuja sähköjohtoja. UL-merkityt ja merkitsemättömät johdot on helppo sekoittaa keskenään, koska ulkoisesti ne näyttävät lähes samalta, ainoana erona on vain johtoon ja/tai keulaan merkitty UL-merkintä. Tämän vuoksi on hyvinkin mahdollista, että tavarantoimittaja toimittaa vääränlaista tuotetta. Tällaisten tapausten vuoksi yrityksen tulee varmistua, ettei tällainen inhimillinen virhe mahdollista vääränlaisten komponenttien käyttöä tuotannossa. [2] Ratkaisu: Kaikki turvallisuuskriittiset tuotteet tulee tarkastaa ennen niiden päättymistä tuotantoon. Blueforsilla on olemassa oma laadunvalvontayksikkö, joka tarkastaa tuotantoon tulevat komponentit virheiden varalta, mutta on myös tarpeen varmistua, että komponentteja käsittelevät työntekijät on koulutettu havaitsemaan puutteelliset osat ja hylkäämään ne, jos tarve niin vaatii.

Vaatimus: Saapuvan tavaran tarkastelussa/hyväksynnässä tulisi käyttää tukiasiakirjoja, jotta tiedetään, mitä tavaraa on tilattu ja mitä on toimitettu. [2] Ratkaisu: Työntekijät, joille edellisen vaatimuksen mukaisesti on annettu lupa hyväksyä/hylätä saapuvia tuotteita saavat käyttöönsä tarvittavat asiakirjat.

Vaatimus: Saapuvan tavaran tarkastukseen tulee sisällyttää komponenttisertifiointimerkkien olemassaolon toteaminen. [2] Ratkaisu: Komponenttisertifiointimerkit otetaan huomioon, kun tuote hyväksytään tuotantoon. Kaikki kriittiset komponentit eivät välttämättä saavu laatuosaston kautta, joten saapuvan tavaran tarkastus jää näissä tapauksissa kyseistä komponenttia käyttävän osaston vastuulle. Tällaisissa tapauksissa kokoonpanijat on ohjeistettu tarkistamaan tarvittavien merkintöjen olemassaolo ennen niiden käyttämistä osana kokoonpantavaa tuotetta.

Vaatimus: Yrityksellä tulee olla menettelytapa, joka kattaa saapuvien tavaroiden tarkastuksen aikana löydettyjen vaatimusten vastaisten osien tai materiaalin käsittelyn. [2] Ratkaisu: Laatuosasto vastaa siitä, että saapuvien tavaroiden tarkastuksessa tuotantoon ei pääse vaatimusten vastaisia osia tai materiaaleja. Jos vaatimusten vastainen tavara kuitenkin pääsee tuotannon puolelle, on tuotannon työntekijällä mahdollisuus laatia laatuvalvontaan kyseisestä osasta tai materiaalista.

Vaatus: Käytössä tulee olla menettelytapa, jolla käsitellään saapuvien tavaroiden tarkastuksessa löydetty vaatimusten vastaiset tuotteet. [2] Ratkaisu: Poikkeaville tuotteille olisi hyvä olla oma merkitty paikka erillään muista ja ne tulisi merkitä huomiota herättävästi, jotta ne eivät päädy tuotantoon ennen kuin ne palautetaan reklamaationa tavarantoimittajalle.

Tuotannon valvonta

Kriittinen vaatimus: Yrityksellä tulee olla käytössä järjestelmä, jolla valvotaan SGS-sertifioitavien tuotteiden tuotantoa. Esimerkiksi tarkistuslistat (checklist), menettelytavat, työohjeet ja muut todennettavissa olevat keinot. [2] Ratkaisu: Tämän opinnäytetyön yksi tavoitteista oli luoda uusi, laajempi työohje lopputestaukseen vanhan ja suppean työohjeen tilalle. Työohje löytyy opinnäytetyön viidennestä luvusta. Lisäksi olen ohjelmoinut yritykselle Excelin VBA-liitännäisellä sovelluksen – eräänlaisen tarkastuslistan, jonka testaaja täyttää lopputestausta suorittaessaan. Tämä sovellus esitellään myöhemmin otsikon ”Checklist” alla.

Kriittinen vaatimus: Tuotteet tai tuote-erät tulee yksilöidä sarjanumerolla tai muulla todennettavalla tavalla. Ratkaisu: CU ja GHS on aina yksilöity sarjanumerolla ennen lopputestausta.

Tuotannon turvallisuus

Kriittinen vaatimus: Pakolliset tuotantolinjatestit, kuten maadoitus ja korkeajännitetaustaus tulee suorittaa kokoonpanon viimeisen vaiheen jälkeen. [2] Ratkaisu: Työohjeessa on neuvottu, missä vaiheessa ja miten testit tulee suorittaa, että tuote voidaan todeta turvalliseksi. Lisäksi testauksen suorittaa aina tehtävään soveltuva ja perehdytetty henkilö.

Kriittinen vaatimus: Testaajalla tulee olla saatavilla kirjallinen testimenettely jokaista testiä varten. [2] Ratkaisu: Yksi opinnäytetyön osioista oli kirjoittaa kattava testausohje lopputestaukseen. Ohje on hyväksytty ja otettu käyttöön.

Vaatus: tuotantoyksiköt tulee olla merkitty/tunnistettavissa sen varmistamiseksi, että testaus on suoritettu tyydyttävillä tuloksilla. [2] Ratkaisu: GHS ja CU on merkitty sarjanumerotarroilla, joissa on olemassa ”Test passed” -laatikko, johon testaaja laittaa ruskun, kun testaus on suoritettu hyväksytysti.

Kriittinen vaatimus: Turvallisuustestien (maadoitus- ja eristevastustestit) tilastoja tulee ylläpitää. [2] Ratkaisu: Tällä hetkellä kaikkien testien tulokset tallennetaan erillisinä tiedostoina kansioon. Tulevaisuudessa käytetään tekemääni Excel-sovellusta, joka tallentaa tiedot Excel-taulukkoon.

Vaatimus: Turvallisuustestausta suorittavien työntekijöiden koulutustietoja tulee säilyttää ja ylläpitää. [2] Ratkaisu: Koulutustiedot ovat ajan tasalla ja yritys päivittää niitä tarpeen mukaan.

Tuotannon testauslaitteet

Kriittinen vaatimus: Tuotantolaitoksella tulee olla riittävästi testauslaitteita rutiininomaisen turvallisuustestauksen suorittamiseksi SGS-luetteloraportin mukaisesti. Esimerkiksi korkeajännite-/maadoitustestit tai muut testit. [2] Ratkaisu: Käytössä on riittävästi testereitä. Esimerkiksi Fluke-yleismittari ja Fluke-eristysvastusmittari.

Kriittinen vaatimus: Kaikkien lopputestauksessa käytettävien testauslaitteiden tulee olla asianmukaisesti kalibroitu. Voimassa olevasta kalibroinnista tulee olla merkintä laitteessa. [2] Ratkaisu: Laitteet kalibroidaan ja laitteisiin liimataan tarra, josta selviää kalibrointiajankohta ja seuraavan kalibroinnin ajankohta.

Vaatimus: Kaikkien asiaankuuluvien testauslaitteiden on oltava hyvässä kunnossa ja/tai niiden toiminta on tarkistettava säännöllisesti ennen käyttöä. [2] Ratkaisu: Kalibrointi on hyvä tapa tarkistaa/todentaa laitteiden toimivuus. Tämän lisäksi testaaja osaa kokemuksellaan ja ammattitaidollaan tunnistaa huonosti toimivan, väärää arvoja antavan mittarin.

Vaatimus: On oltava menetelmiä aiemmin testattujen laitteiden vaatimustenmukaisuuden todentamiseksi/tarkistamiseksi, jos testauslaitteen tulosten havaitaan olevan toleranssin ulkopuolella. [2] Ratkaisu: Luodaan tietokanta, johon merkitään testatun laitteen sarjanumero ja testiin käytetyn mittarin yksilöintitieto. Testaaja täyttää tiedot tietokantaan aina hyväksytyyn testin jälkeen. Tähän tullaan jatkossa käyttämään luomaani ohjelmaa, joka tallentaa tiedot Exceliin.

Menettely havaittaessa poikkeama

Kriittinen vaatimus: Tuotannossa pitää olla käytännöt siihen, miten turvallisuustestauksessa hylätyt laitteet erotetaan siten, että ne eivät palaudu vahingossa takaisin tuotantoon ennen kuin ne on korjattu ja testattu uudestaan. [2] Ratkaisu: Viallisille laitteille olisi hyvä järjestää oma merkitty korjauspaikkansa, johon ne viedään viipymättä, kun vika on havaittu.

Vaatimus: Käytössä tulisi olla visuaalinen merkintätapa, jolla voi tunnistaa hylätyt/korjatut yksiköt. [2] Ratkaisu: Otetaan käyttöön järjestelmä, jossa viallista laitetta merkitään esimerkiksi punaisella laitteeseen teipatulla tunnisteella ja korjattua, uudelleen testaukseen menevää laitetta voitaisiin merkitä vihreällä tunnisteella.

Vaatimus: Korjattujen laitteiden turvallisuus tulee testata uudelleen ennen lähetystä. [2] Ratkaisu: Vihreällä tunnisteella merkityt laitteet testataan uudelleen ja testin läpäistyään laitteesta poistetaan tunniste ja se on valmis jatkamaan prosessissa eteenpäin.

Vaatimus: Tuotantolaitoksella tulee olla käytössä toimintatapa, kuinka romutetaan, korjataan tai korvataan poikkeava tuote, jos SGS-merkin poistaminen ei ole käytännöllistä. [2] Ratkaisu: Käytännössä laitteita ei koskaan romuteta. Joku laitteen osa voidaan havaita vialliseksi ja se voidaan joutua vaihtamaan tai korjaamaan. Tämän vuoksi romutuskäytäntöä ei tarvita.

Vaatimus: Tuotantolaitoksen tulee ylläpitää lokia, tietokantaa tai muuten dokumentoida asiaankuuluvia tietoja hylätyistä laitteista. [2] Ratkaisu: Katso edellinen ratkaisu.

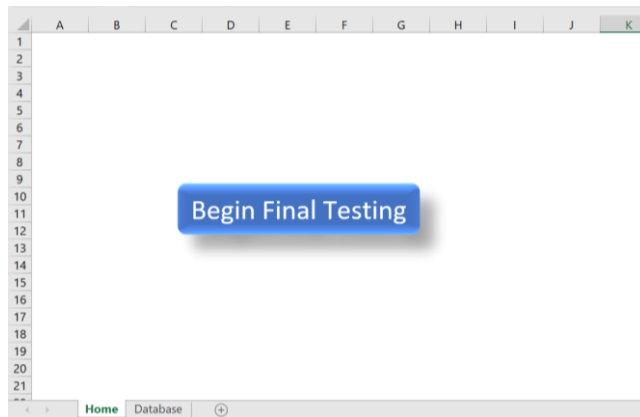
3 Dokumentointi

3.1 Checklist

Yrityksellä on olemassa Microsoft Word -pohjainen tarkastuslista (checklist), jonka testaaja täyttää ja tallentaa tiedoston aina erikseen omaan kansioonsa. Tein vanhan tarkastuslistan pohjalta Excelin VBA -liitännäisellä uuden graafisen sovelluksen, joka tallentaa aina jokaisesta testistä uuden rivin Excelin tietokantaan.

3.2 Ohjelman esittely

Alkunäyttö sisältää painikkeen, jolla pääsee testilomakkeelle. Excel -välilehdillä voi tässä näkyvässä vaihtaa kotivalikon ("Home") ja tietokannan ("Database") välillä.



Kuva 1. "Home"-välilehti

Painikkeeseen on sisällytetty makro, jonka koodi on seuraava.

```
Sub Show_Form()  
    UserForm1.Show  
End Sub
```

Esimerkkikoodi 1. Painiketta klikattaessa avautuu UserForm1-niminen lomake.

"Begin Final Testing" -painiketta klikkaamalla pääsee lomakkeeseen, joka täytetään testauksen yhteydessä ja, joka tallentaa tiedot tietokantaan. Lomake koostuu kehystä, tekstilaatikoista, valintanäppäimistä, sekä "Save"- ja "Reset" -painonapeista.

FinalTesting

Test Information

GHS/CU Serial

Employee

Protective Ground Testing

Testing Equipment

Type

Model

Serial Number

Control Unit

Enclosure (all sides) Pass Fail

USB connector Pass Fail

Control Panel Pass Fail

R Panel Metal Plates Pass Fail

Screws Pass Fail

Side Connector Screws Pass Fail

Switches Pass Fail

Hose Inlet Pass Fail

LEDs Pass Fail

Gas Handling System

Mixture Tanks Pass Fail

HP Valve Panel Pass Fail

LN-Trap Connection Ports Pass Fail

Gate Valve Pass Fail

MC Compressor Pass Fail

Connection Panel Pass Fail

MC Turbo pump Pass Fail

Mixture Tank Pressure Gauge Pass Fail

Screws Pass Fail

Service Turbo Pump Pass Fail

Mixture Tank Manual Valve Pass Fail

Lifting Anchors Pass Fail

MC Scroll Pump Pass Fail

Port For Test Pass Fail

Frame Pass Fail

Service Scroll Pump Pass Fail

Port For Vent Pass Fail

Side Panel Left Pass Fail

Turbo Pump Control Units Pass Fail

Port For Aux Pass Fail

Side Panel Front Pass Fail

Side Panel Right Pass Fail

Mains Circuit Testing

Testing Equipment

Type

Model

Serial Number

Control Unit

Mains Circuit Testing Pass Fail

Gas Handling System

Mains Circuit Testing Pass Fail

Kuva 2. Tyhjä lomake

Lomake alustetaan (resetoidaan) aina, kun se aukeaa. Myös "Reset"-painike alustaa lomakkeen. Koodi alustukseen on seuraavanlainen:

Sub Reset ()

With UserForm1

```

.txtEmployee.Value = ""           'Reset text boxes
.txtSN1.Value = ""
.txtTypel.Value = ""
.txtModell1.Value = ""
.txtSN2.Value = ""
.optEnclosurePass = False        'Reset option buttons to false
.optEnclosureFail = False
.optControlpanelPass = False
.optControlpanelFail = False
.optCUScrewsPass = False
.optCUScrewsFail = False
.optSwitchesPass = False
.optSwitchesFail = False
.optLedsPass = False
.optLedsFail = False
.optUsbPass = False
.optUsbFail = False
.optPlatesPass = False
.optPlatesFail = False
.optScscrewsPass = False
.optScscrewsFail = False
.optHoseinletPass = False
.optHoseinletFail = False
.optTanksPass = False
.optTanksFail = False
.optGatevalvePass = False
.optGatevalveFail = False
.optMcturboPass = False
.optMcturboFail = False
.optServiceturboPass = False
.optServiceturboFail = False

```



```

.optMCscrollPass = False
.optMCscrollFail = False
.optServicescrollPass = False
.optServicescrollFail = False
.optTurbocuPass = False
.optTurbocuFail = False
.optHPpanelPass = False
.optHPpanelFail = False
.optMCcompressorPass = False
.optMCcompressorFail = False
.optMTpressuregaugePass = False
.optMTpressuregaudeFail = False
.optMTvalvePass = False
.optMTvalveFail = False
.optPortfortestPass = False
.optPortforventFail = False
.optPortforventPass = False
.optPortforventFail = False
.optPortforauxPass = False
.optPortforauxFail = False
.optLNtrapPass = False
.optLNtrapFail = False
.optConnectionpanelPass = False
.optConnectionpanelFail = False
.optGHSscrewsPass = False
.optGHSscrewsFail = False
.optLiftinganchorsPass = False
.optLiftinganchorsFail = False
.optFramePass = False
.optFrameFail = False
.optSideleftPass = False
.optSideleftFail = False
.optSidefrontPass = False
.optSidefrontFail = False
.optSiderightPass = False
.optSiderightFail = False
.txtType2 = ""
.txtModel2 = ""
.txtSN3 = ""
.optCUcircuitPass = False
.optCUcircuitFail = False
.optGHScircuitPass = False
.optGHScircuitFail = False

```

End With

End Sub

Esimerkkikoodi 2. Kaikki tekstikentät alustetaan tyhjiksi ja kaikkien valintapainikkeiden arvoksi alustetaan epätosi.

"Reset"-näppäintä klikattaessa seuraava koodi pätee:

```

Private Sub cmdReset_Click()
    Dim msgValue As VbMsgBoxResult

    msgValue = MsgBox("Do you want to reset the form?", vbYesNo + vbInfor-
        mation, "Confirmation")

    If msgValue = vbNo Then Exit Sub

    Call Reset
End Sub

```

Esimerkkikoodi 3. Viestilaatikko kysyy käyttäjän halua resetoida lomake. Jos käyttäjä valitsee "Yes", lomake kutsuu Reset-aliohjelman ja tyhjenee. Jos käyttäjä valitsee "No", viestilaatikko poistuu ja lomakkeen tiedot säilyvät.

Lomakkeen täytettyään käyttäjä tallentaa lomakkeen painamalla "Save"-näppäintä.

```
Private Sub cmdSave_Click()

    Dim msgValue As VbMsgBoxResult

    msgValue = MsgBox("Do you want to save the data?", vbYesNo + vbInformation, "Confirmation")

    If msgValue = vbNo Then Exit Sub

    Call Submit
    Call Reset

End Sub
```

Esimerkkikoodi 4. "Save"-näppäintä painettaessa ohjelma kysyy käyttäjän halua tallentaa tiedot. Jos Valitaan "No", viestilaatikko poistuu ja tiedot säilyvät lomakkeella. Jos valitaan "Yes", kutsutaan Submit -aliohjelma. Tämän jälkeen kutsutaan jo aiemmin esitelty Reset-aliohjelma, joka tyhjentää lomakkeen.

Alla on Submit-aliohjelman koodi.

```
Sub Submit()

    Dim sh As Worksheet
    Dim iRow As Long

    Set sh = ThisWorkbook.Sheets("Database")

    iRow = [Counta(Database!A:A)] + 1    'Find last Row of database and add 1

    With sh

        .Cells(iRow, 1) = iRow - 2        'Test number is counted here
        .Cells(iRow, 2) = Date            'Automatic Date
        .Cells(iRow, 3) = UserForm1.txtSN1.Value 'Value of text written by user
        .Cells(iRow, 4) = UserForm1.txtEmployee.Value
        .Cells(iRow, 5) = UserForm1.txtType1.Value
        .Cells(iRow, 6) = UserForm1.txtModel1.Value
        .Cells(iRow, 7) = UserForm1.txtSN2.Value
        .Cells(iRow, 8) = IIf(UserForm1.optEnclosurePass.Value = False, "Fail", "Pass")
        'system writes "Fail"
        'Else system writes "pass"
```

```

.Cells(iRow, 9) = IIf(UserForm1.optControlpanelPass.Value = False, "Fail",
"Pass")
.Cells(iRow, 10) = IIf(UserForm1.optCUScrewsPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 11) = IIf(UserForm1.optSwitchesPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 12) = IIf(UserForm1.optLedsPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 13) = IIf(UserForm1.optUsbPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 14) = IIf(UserForm1.optPlatesPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 15) = IIf(UserForm1.optScscrewsPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 16) = IIf(UserForm1.optHoseinletPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 17) = IIf(UserForm1.optTanksPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 18) = IIf(UserForm1.optGatevalvePass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 19) = IIf(UserForm1.optMCTurboPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 20) = IIf(UserForm1.optServiceturboPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 21) = IIf(UserForm1.optMCscrollPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 22) = IIf(UserForm1.optServicescrollPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 23) = IIf(UserForm1.optTurbocuPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 24) = IIf(UserForm1.optHPpanelPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 25) = IIf(UserForm1.optMCcompressorPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 26) = IIf(UserForm1.optMTpressuregaugePass = False, "Fail",
"Pass")
.Cells(iRow, 27) = IIf(UserForm1.optMTvalvePass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 28) = IIf(UserForm1.optPortfortestPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 29) = IIf(UserForm1.optPortforventPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 30) = IIf(UserForm1.optPortforauxPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 31) = IIf(UserForm1.optLNtrapPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 32) = IIf(UserForm1.optConnectionpanelPass = False, "Fail",
"Pass")
.Cells(iRow, 33) = IIf(UserForm1.optGHSscrewsPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 34) = IIf(UserForm1.optLiftinganchorsPass = False, "Fail",
"Pass")
.Cells(iRow, 35) = IIf(UserForm1.optFramePass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 36) = IIf(UserForm1.optSideleftPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 37) = IIf(UserForm1.optSidefrontPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 38) = IIf(UserForm1.optSiderightPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 39) = UserForm1.txtType2.Value
.Cells(iRow, 40) = UserForm1.txtModel2.Value
.Cells(iRow, 41) = UserForm1.txtSN3.Value
.Cells(iRow, 42) = IIf(UserForm1.optCUCircuitPass = False, "Fail", "Pass")
.Cells(iRow, 43) = IIf(UserForm1.optGHScircuitPass = False, "Fail", "Pass")

End With
End Sub

```

Esimerkkikoodi 5. Submit-aliohjelma tallentaa Excelin tietokantaan yhden rivin/testi. Jokaisessa rivissä on 43 saraketta, jotka tallennetaan käyttäjän syöttämien tietojen perusteella.

Valintanäppäimissä "Pass" ja "Fail" on ohjelmoituna ominaisuus, joka kirjoittaa tietokantaan "Fail", jos kumpaakaan valintanäppäintä ei ole painettu. Taulukko kyseiselle asetukselle löytyy alta.

Taulukko 1. Checklistin tulosten havainnointi

Valinta	Tulos
Pass	Pass
Fail	Fail
Ei kumpikaan	Fail

Testaajan käyttämät tulokset talletuvat Exceliin seuraavalla tavalla. Esimerkissä on tehty viisi testiä. Tulokset jatkuvat sarakkeeseen AQ saakka, joten kaikkia tuloksia ei saatu kerralla yhdelle näytölle. Excel kuitenkin mahdollistaa nopean tiedon käsittelyn ja haun, joten haluttu tieto on helppo löytää tietokannasta, vaikka sarakkeita onkin paljon.

Test Information				Measuring Equipment For Ground Testing			Control Unit Protective Ground Testing								
Test Number	Date	GHS & CU Serial Number	Employee	Type	Model	Serial Number	Enclosure	Control Panel	Screws	Switches	LEDs	USB Connector	Front Panel	Metal Plates	Side Conne
1	22.12.2020	1234	123	Fluke	s35	sn23456	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Fail	Pass	Pass	Fail
2	22.12.2020	1238900	567	F	xc3	96745533	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
3	22.12.2020	4322423	5534	FLUKE	#67	436462	Pass	Fail	Fail	Fail	Fail	Fail	Fail	Fail	Fail
4	22.12.2020	123456777	5355	ghrt	12345	34322	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass
5	22.12.2020	42222	567	1234	125	176	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

Kuva 3. Excel-tietokantaesimerkki

4 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteina oli tarkastella lopputestausta ISO 9000-standardin ja NRTL-sertifioinnin kannalta, sekä luoda kokonaan uusi kattava lopputestausohje vanhan ja suppean tilalle. Aloitin tekemään työtä käytännössä tyhjältä pöydältä, koska olin opinnäytetyötä aloittaessa työskennellyt yrityksessä alle puoli vuotta, eikä minulla ollut käytännön kokemusta lopputestauksesta. Tämän vuoksi aloin lähestymään työtä lopputestaukseen tutustumalla kokeneen testaajan avustamana kirjaten samalla muistiinpanoja, sekä ottamalla kuvia testausprosessista.

Työn suurin kokonaisuus on lopputestausohje (liite), jonka tein Blueforsin työkielen vuoksi ensin englannin kielellä ja käänsin sen opinnäytetyötä varten vielä suomeksi. Suomentamisessa ilmeni hieman vaikeuksia, koska suuri osa komponenteista on sen verran harvinaisia, että niille ei löydy suomen kielistä hyvää vastinetta. Tämän vuoksi ohjeessa esiintyy myös englanninkielisiä komponenttien nimityksiä.

Standardien ja NRTL:n sertifioinnin vaikutukset lopputestauksen kannalta tuli luonnollisesti toiseksi työvaiheeksi, kun lopputestaus oli tullut tutuksi ja tiesin mitä kaikkea se sisältää. Standardeihin ja ja NRTL:n-sertifikaatteihin tutustuminen vaati paljon pohjatyötä, koska varsinkin ISO 9000-sarja on laaja kokonaisuus ja sen sisältöä tuli pohtia tarkkaan nimenomaan lopputestauksen kannalta, joten päädyin lopulta lukemaan ISO 9000-sarjan kolmeen kertaan, mutta mielestäni työmäärä maksoi itsensä takaisin ja sain kattavasti verrattua ISO 9000-standardia ja NRTL:n sertifikointia lopputestaukseen.

Ylimääräisenä työvaiheena päätin tehdä lopputestaukselle tarkistuslista -ohjelman (Checklist), joka kattaa lopputestauksen sähköturvallisuustestien osuudet. Ohjelma on tehty MS Excelin VBA liitännäistä apuna käyttäen. Ohjelma on käytännössä yksi lomake, jonka lopputestaaja täyttää sähköturvallisuustestausta suorittaessaan. Kokeukseni Visual Basic ohjelmoinnista ulottui noin 20 vuoden taakse, joten ohjelmaa kirjoittaessa jouduin turvautumaan internetin ihmeelliseen maailmaan ja opiskelemaan sitä kautta Visual Basic ohjelmointia lähes alusta alkaen. Tämä tarkistuslista oli ilmeisen onnistunut, koska opinnäytetyön loppusilauksia kirjoittaessa olen saanut tilauksen toiseen, laajempaan tarkistuslistaohjelmaan, joka tulee kattamaan koko lopputestauksen, eikä ainoastaan sähköturvallisuusosuutta.

LÄHTEET

- 1 SFS-EN ISO 9001 Laadunhallintajärjestelmät. 2015. Suomen Standardisoimisliitto SFS.
- 2 Listing_Mark_Requirements.xlsx (tiedosto). 2020. SGS Fimko Oy.
- 3 Quality Manual, Laatukäsikirja. 2020. Bluefors Oy.

Lopputestausohje Control Unitille ja Gas Handling Systemille

1 Alkuvalmistelut

1. Aloita työ Leanissa.
2. Tarkasta että sarjanumerotarrat täsmäävät GHS:ssä ja CU:ssa.



Kuva 1. Sarjanumerot

3. Tarkasta että lopputestattavista yksiköistä löytyy työkortin vaatimat komponentit (System Options).
4. Varmista että Control Uniitiin on asennettu oikean mallinen Optipanel (Standard/Extra Turbo).
5. Tarkasta GHS:n ja CU:n mukana tulleet muovilaatikot ja varmista, että niiden sisältö on seuraavanlainen:

Gas Handling System:

- Ohjekirja IDP-7 -pumpulle
- Virtausmittarin kalibrointipaperi
- Hipace 400 ohjekirjat: Turbo, TC ja DCU

- Paineanturin ohjekirja ja kalibrointipaperit (APR 262 ja 265)
- Positrap suodattimen ohjekirja
- (Hipace 80 ohjekirjat: Turbo, TC, DCU, jos järjestelmään kuuluu Extra Turbo)
- Siemens LOGO Power ohjekirja
- ABB vikavirtasuojan ohjekirja

Control Unit:

- LS372-bridge ohjekirja ja kalibrointipaperi, jos järjestelmään sisältyy silta
- NI-DAQ ajuri CD-levy
- Pfeiffer Maxigauge CD-levy ja ohjeet
- Moxa CD-levy

3. Varmista että virtajohdot ovat kunnolla painettuina töpseliin.



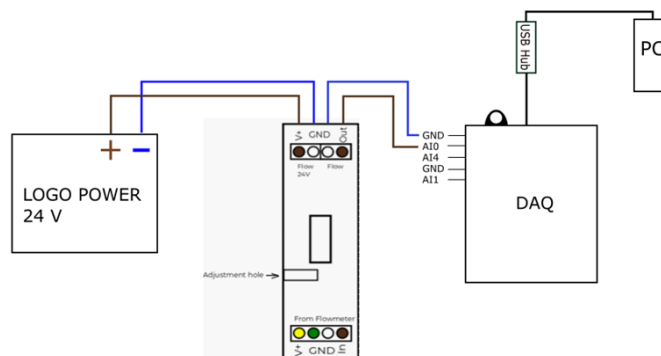
Kuva 4. CU:n virtajohdot

4. Tarkasta että virtausmittarin säädin on näkyvillä.



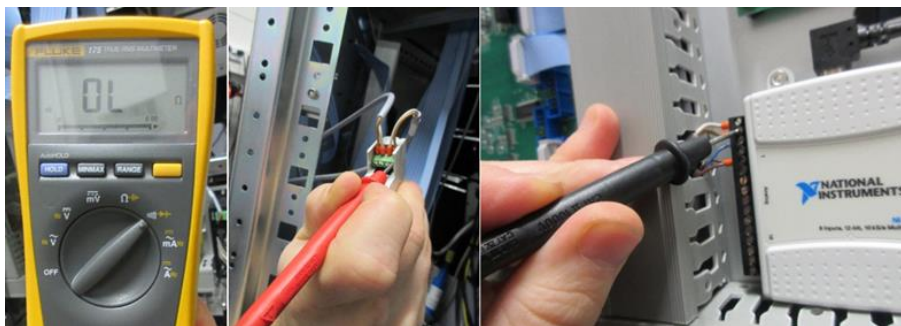
Kuva 5. Virtausmittarin säädin merkattuna nuolella

5. Tarkasta virtausmittarin johdotukset

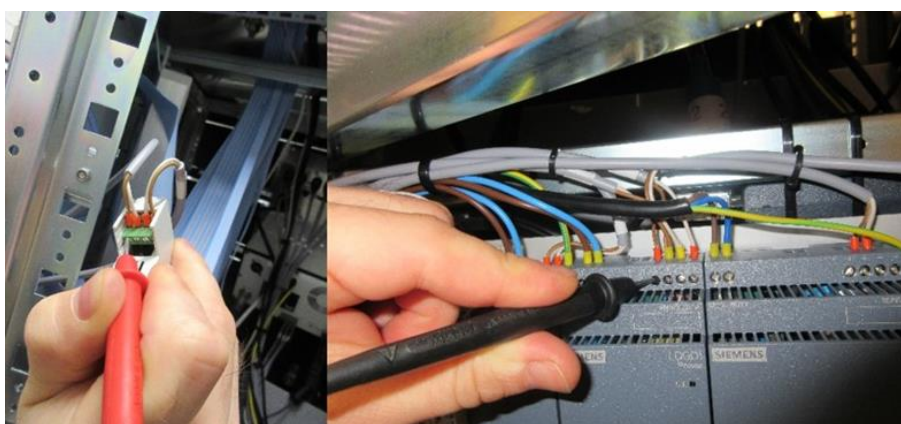


Kuva 6. Virtausmittarin kytkentäkaavio

6. Mittaa yleismittarilla johdot tarkistaaksesi johtojen oikein asennus.



Kuva 7. Mittaus virtausmittarilta DAQ -rasialle.



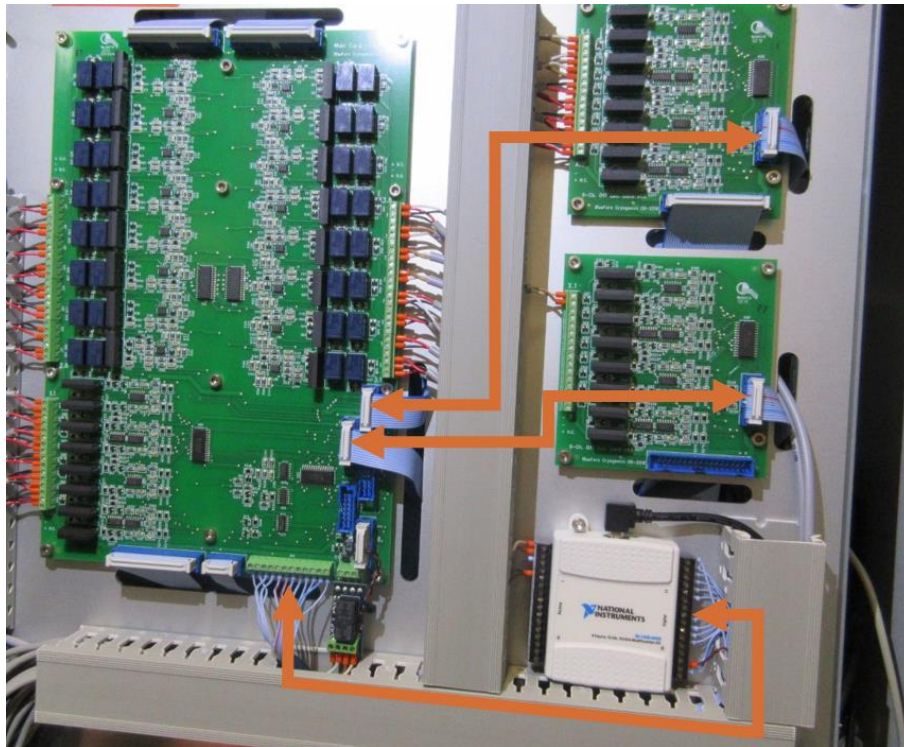
Kuva 8. Mittaus virtausmittarin 24 voltista Siemensin LOGO Powerille.

7. Varmista että lattakaapelit on yhdistetty oikein pistokkeiden välille.

Käytä apuna "Electronics Door Wire Lengths and Locations" -dokumenttia varmistaaaksesi, että "+" ja "-" -navat kaikista johdoista on kytketty oikein piirilevyille.

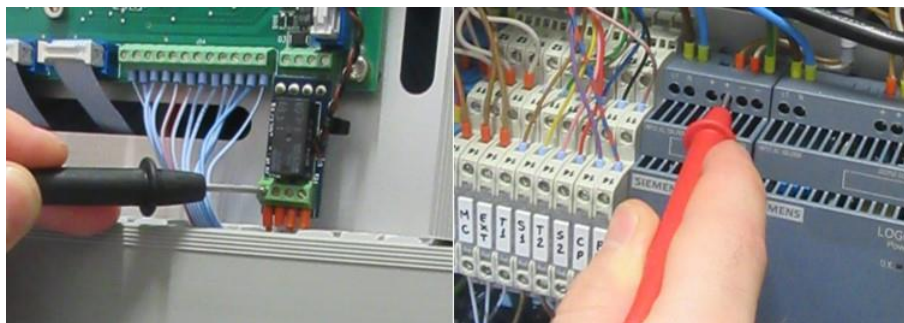
Tarkista lattakaapelin kytkennät DAQ -rasian ja pääpiirilevyn välillä. Varmista että tummansinisellä merkitty johdin on kytketty GND (maa) -liittimiin.

Varmista myös, että keltavihreä maa -johdin oven vasemmassa yläreunassa on kytketty oveen sekä kaappiin.



Kuva 9. Electronics Doorin lattakaapelit merkittyinä.

8. Mittaa yleismittarilla kytkennät varmistaaksesi, että 5 voltin ja 24 voltin johtimet on kytketty oikein.



Kuva 10. 5 voltin johtimen mittaus.

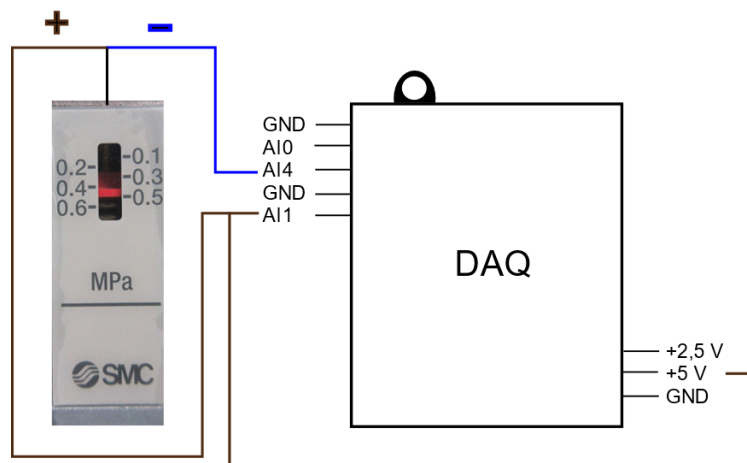


Kuva 11. 24 voltin johtimen mittaus.

9. Tarkasta maadoitusjohdot Lower Panelilta.

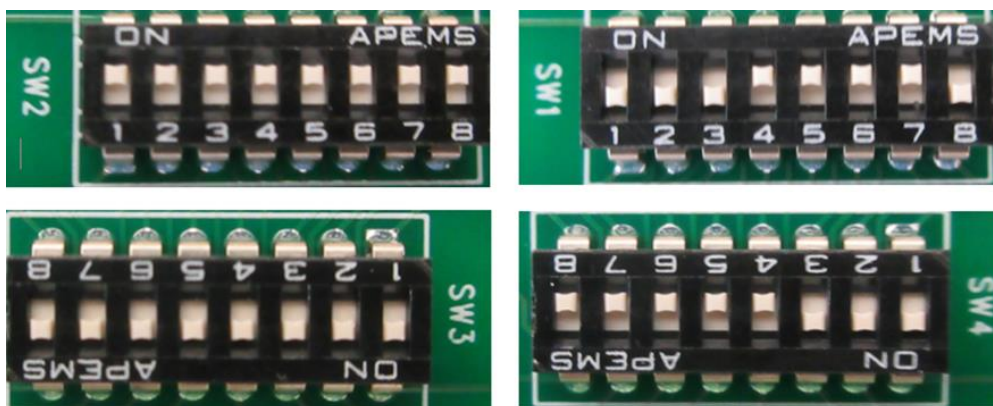
Tarkasta kaikkien muiden johtojen oikein asennus Lower Panelilla.

10. Tarkista että paineanturi on esiasetettu arvojen 0,4-0,5 MPa väliin. Säädä arvo kohdalleen paineanturin säätöruuvilla, jos arvo on asetettu väärin.



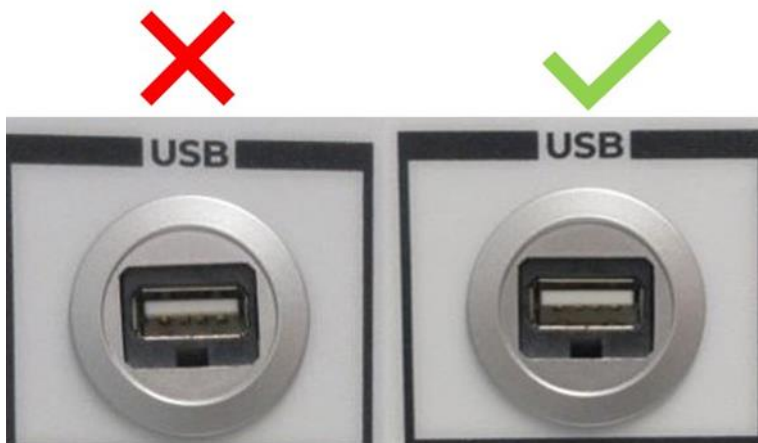
Kuva 12. Paineanturi esiasetettuna oikeaan arvoon ja kytkentäkaavio.

11. Varmista "Optipanel button & wire layout" – dokumentin avulla, että kaksirivikytkimet on asetettu oikeisiin asentoihin. Jos laitteessa ei ole Extra Turboa, niin kanavat 4.2; 4.5 ja 4.6 tulee asettaa OFF -asentoon.



Kuva 13. Kaksirivikytkimet säädetty oikein (ET -mallin mukaisesti)

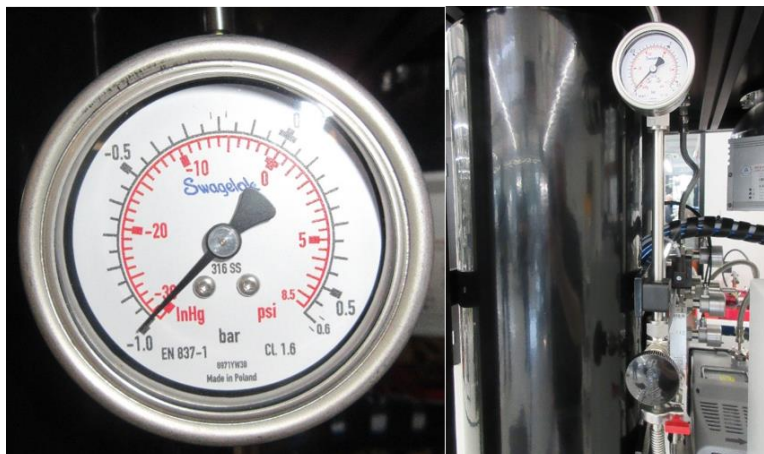
12. Tarkista Optipanelin maadoitusjohto.
13. Tarkasta että Optipanelin USB -liitin on kunnolla kiristetty ja se on suorassa.



Kuva 14. Optipanelin USB-liitin

3 Gas Handling Systemin valmistelu

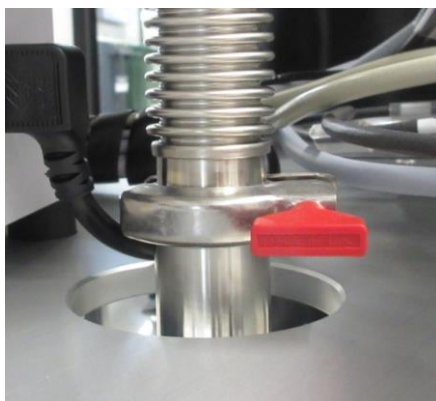
1. Varmista että GHS:n säiliöt ovat tyhjt ja painemittari putkineen ovat suorassa linjassa. Tarkista että virtaussuunnan nuoli osoittaa tankeista poispäin.



Kuva 15. Säiliöiden painemittari

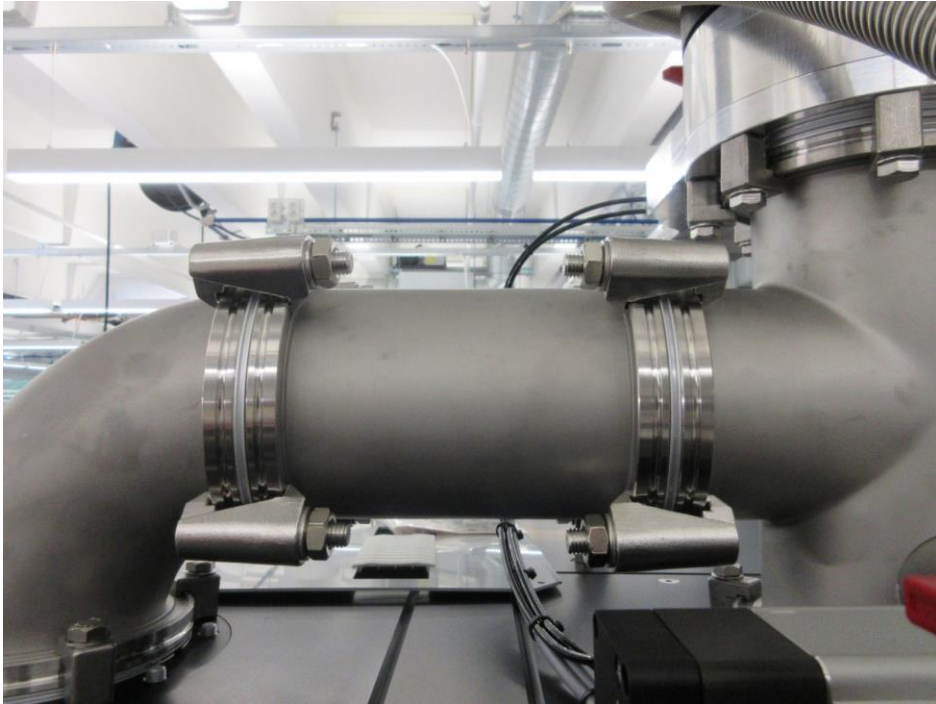
Kun säiliöt ovat tyhjt, painemittari näyttää arvoa -1,0 bar tai vähemmän.

2. GHS 400 tai GHS 1000: tarkasta pulttien kiinnitys pumpun Scroll1 osalta. Pulttien kiinnitys tulee olla varmistettu kovalla (vihreällä) ruuvilukitteella. Varmista että pultit ei ole liian kireällä, koska pumpun tulee voida liikkua (resonointi) hie-man käydessään. Tarkista että kaikki pultit ovat kiinnitettyinä kehikkoon.
3. Kiristä kaikki putkikiinnikkeet vaakatasoon sormikireyteen.



Kuva 16. Putkikiinnike

4. Tarkasta tuplaputkikiinnikkeiden kiinnitykset Gate Valvella. (GHS 400)



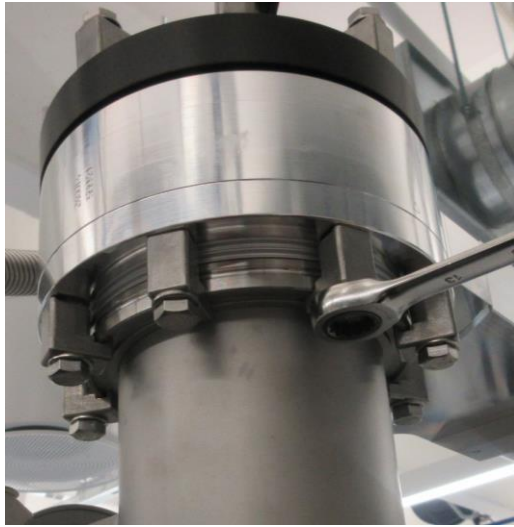
Kuva 17. Tuplaputkikiinnikkeet

5. Varmista letkukiinnikkeiden kireys Valve Blockilla



Kuva 18. Letkukiinnikkeet

6. Käytä 13 mm kiintoavainta varmistaaksesi piipun ja Gate Valven pulttien kiinnitys. Varmista myös, että Gate Valven pulteissa on vaseliinia ja että Gate Valve on suorassa (yleensä 16 cm vasemmalta mitattaessa).

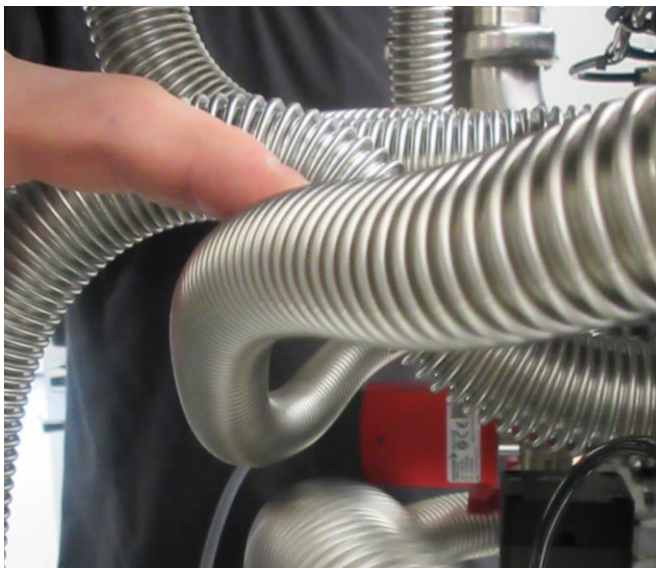


Kuva 19. Piippu



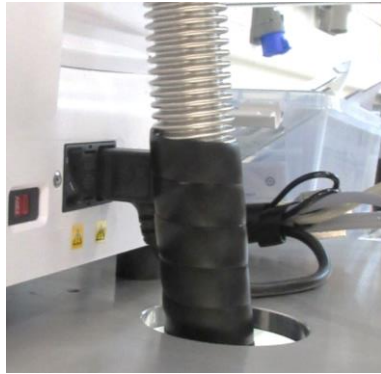
Kuva 20. Gate Valven asemointi

7. Tarkasta että vakuumi letkut eivät resonoi toisiaan vasten, eli ne ovat riittävän etäällä toisistaan.



Kuva 21. Vakuumi letkut

8. Tarkasta että Turbon ja Scroll1:n letkut on liitetty oikein Valve Blockille.
9. GHS 250: Tarkasta että kaapelispiraali on asennettuna vakuumiletkuun läpiviennin kohdalla. Kaikkien mallien kohdalla kaapelispiraali tulee löytyä turbo-kaapelien ja vesiletkujen ympäriltä.



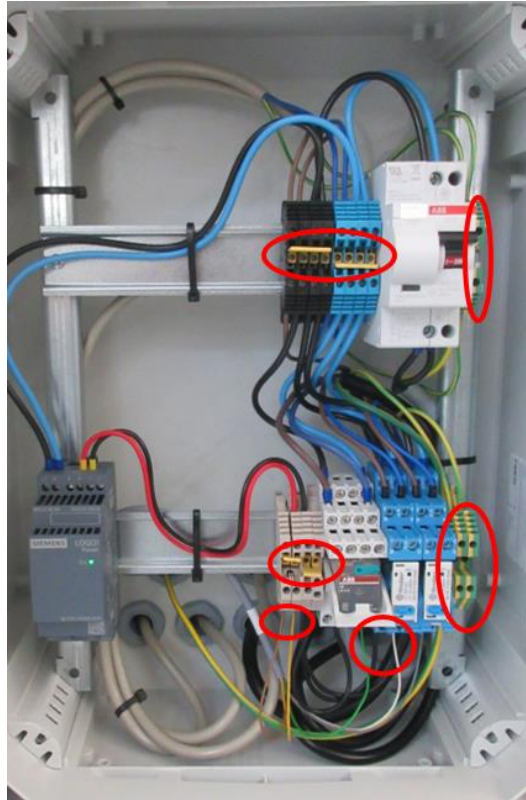
Kuva 22. GHS 250 letkun läpivienni



Kuva 23. Turbo kaapelit ja vesiletkut

10. Varmista että Fibox -kytkentäkaapin johdotukset ovat kunnolla kiristetty ja asennettu oikein (käytä apuna kyseisen Fibox mallin kytkentäkaaviota). Tarkasta että ohuimmat johtimet (ruskea, valkoinen ja keltavihreä) eivät ole kytketty liian syväälle liittimeen kunnan kontaktin takaamiseksi. Varmista myös, että keltaiset Weidmuller liittimet ja keltavihreät maadoitusliittimet on kiristetty kunnolla ja asennettu oikein. Varmista lisäksi, että eriväriset riviliittimet on asennettu oikein. Eriväristen riviliittimien metalliosat eivät saa olla kosketuksessa toisiinsa. Huomioi myös, että alemmalla kiskolla olevat neljä riviliittintä muodostaa kaksi eri piiriä (kts. kuva). Varmista vielä, että vikavirtasuoja on oikeaa mallia kyseiseen kytkentäkaappiin. (kts. Oheinen taulukko).

Vikavirtasuojat:



GHS 250 220v	C16
GHS 400 220v	C16
GHS 250 115v	C20
GHS 400 115v	C20
GHS 1000 220v	C20
GHS 1000 115v	C25
Kaikki Control Unitit	B6

Kuva 24. Fibox -kytkentäkaappi

11. Varmistu vielä, että virtakaapelin johtimet on kytketty oikein: numero 1:llä merkitty kytkettynä liitääntään "2/1" (vasen) ja numero 2:lla merkitty kytkettynä liitääntään "N" (oikea). Käännä vikavirtasuojakytkin ON-asentoon.

12. Varmista että päävirtakaapeli on oikeaa tyyppiä kyseiselle GHS mallille:

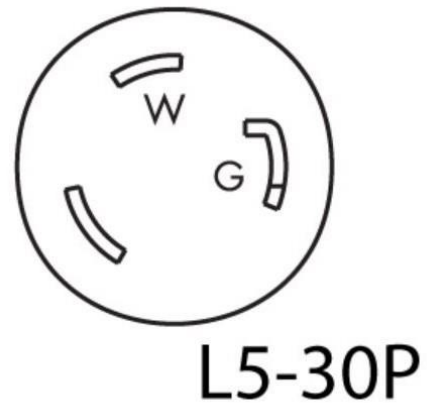
GHS Malli	Jännite (V)	Kaapeli
250	115	2,5 mm ²
250	220	1,5 mm ²
400	220	1,5 mm ²
400	115	2,5 mm ²
1000	115	4,0 mm ²
1000	220	2,5 mm ²

13. GHS:hin käytetään kahden tyyppisiä virtapistokkeita.

Jos GHS käyttää alla olevan kuvan mukaista L5-30P pistoketta, varmista että vedonpoisto on kaapelinsuojuksen, ei johtimien päällä. L5-30P pistokkeiden kohdalla tulee mitata yleismittarilla oikeat kytkennät: "L" tulee olla kytkettynä vikavirtasuojan "2/1" -liitäntään ja "Neutral" (kuvassa "W") vikavirtasuojan "N" liitäntään. Pisin pinni on maa.



Kuva 25. Vedonpoisto (L5-30P)



Kuva 26. L5-30P pinnit

14. Jos järjestelmä käyttää ABL Syrsumin virtapistoketta, käytä yleismittaria erottaaksesi L ja N pinnit toisistaan.



Kuva 27. ABL Syrsum virtapistoke

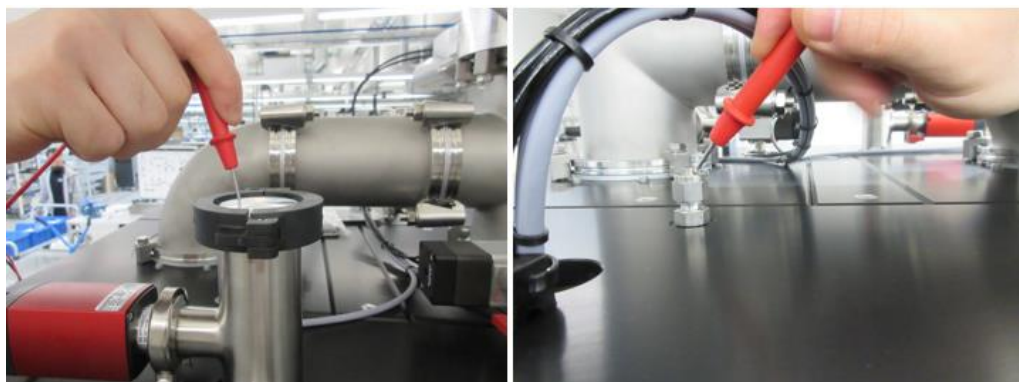
15. Tee maadoitustestaus:

Aseta yleismittari mittaamaan vastusta (Ω). Liitä yleismittarin musta koetin virtapistokkeen maahan ja punainen koetin itse kääryyn. Tarkista maadoitukset kaikista levyistä (Minitech kehyksessä pulteista), HP Panelista ja Valve Blockista. Näiden pisteiden arvoksi tulisi yleismittarilla saada alle 0,5 Ω .



Kuva 28. Maadoitustestaus

Mittaa maadoitukset myös piipusta ja HP Panelin tulpasta. Näiden mittausten tulos pitäisi olla 0 Ω .



Kuva 29. Maadoitustestaus

16. Tarkista vielä kerran virtakaapelin asennus ja, että siihen ei kohdistu vetoa. Käännä virtakytkimet ON-asentoon.

17. Tarkista että "Leak test passed" -tarra löytyy seuraavista:

- Säiliöt
- HP Panel
- IDP3 -pumppu
- Hipace 400 turbot
- Hipace 80 turbo, jos laitteessa on Extra Turbo
- xDs35/xDs15
- Massvac Posi-Trap

18. Tarkista, että Inlet Panelissa on "Test Passed" -tarra.

19. Varmista että turbon tuuletusaukon korkki on tiukasti kiristetty.



Kuva 30. Turbon tuuletusaukon korkki

20. Varmista että paineanturien liittimien ruuvit on tiukasti kiristetty oikeisiin paineantureihin (P1-P6).



Kuva 31. Paineanturi

21. Varmista että HP Panelin ja Valve Blockin regulaattorit on asennettu oikeinpäin (virtaussuunnat in/out). Tarkista myös, että regulaattorit ovat oikeaa tyyppiä: 1 bar Valve Blockille ja 7 bar HP Panelille.
22. Jos testattavassa GHS:ssä on lisäturbo, yritä heiluttaa sitä varmistaaksesi sen kunnollinen kiinnitys runkoon. Varmista myös, että tuulettimen kaapeli on kytketty alempaan pistokkeeseen.



Kuva 32. Tuulettimen kaapeli kytkettynä oikein

23. Varmista että tiivisteet ovat paikoillaan seuraavissa:



Kuva 33. Tiivisteet

24. Yritä pyörittää piezomittaria (P4) Valve Blockilla. Jos se pyörii, niin kiristä se koon 22 mm kiintoavaimella.

4 Eristysvastusmittaus

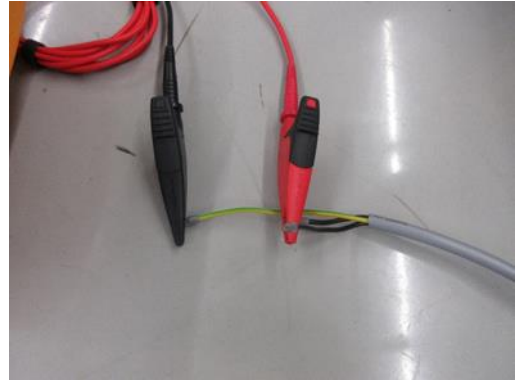
Käytä testiin Fluke 1550 C eristysvastusmittaria.

4.1 Gas Handling Systemin testaaminen

1. Kiinnitä musta johdin mittarin miinus -navan (musta) ja virtajohdon maan väliin. Kiinnitä punainen johdin mittarin plus -navan ja virtajohdon vaiheen (L1) väliin.



Kuva 34. 115 V



Kuva 35. 220 V



Kuva 36. Fluke -mittarin johdotukset

2. Käynnistä eristysvastusmittari. Jos testattavan laitteen jännite on 100-115 V, säädä mittarin jännite 1200 Volttiin. Jos testattavan laitteen jännite on 230 V, säädä mittarin jännite 2000 Volttiin. Aloita testi painamalla "TEST" -näppäintä.
3. Jätä testi päälle 10-15 sekunnin ajaksi, jonka jälkeen päättä testi painamalla jälleen "TEST" -näppäintä.
4. Tallenna testin tulokset mittariin painamalla ensin "nuoli ylös"- näppäintä ja sitten "Enter".
5. Vaihda punaisen johtimen paikka virtapistokkeella nollaan "N" ja siirry takaisin kohtaan tämän osion kohtaan 1 ja toista testi uudelleen.

4.2 Control Unitin testaaminen

1. Liitä testikaapeli CU:n virtapistokkeeseen.
2. Liitä musta johdin mittarin miinus -navan ja testikaapelin maajohtimen (keltavihreä) väliin. Liitä punainen johdin mittarin plus -navan ja testikaapelin vaihejohtimen (L1) väliin.
3. Käynnistä eristysvastusmittari ja säädä jännite 1200 Volttiin. Aloita testi painamalla "TEST" -näppäintä.
4. Jätä testi päälle 10-15 sekunnin ajaksi, jonka jälkeen päättä testi painamalla jälleen "TEST" -näppäintä.
5. Tallenna taas testin tulokset mittariin.
6. Vaihda punaisen johtimen paikkaa testikaapelin nollaan "N" ja palaa tämän osion kohtaan 1 ja toista testi uudelleen.

4.3 Testitulosten tallentaminen

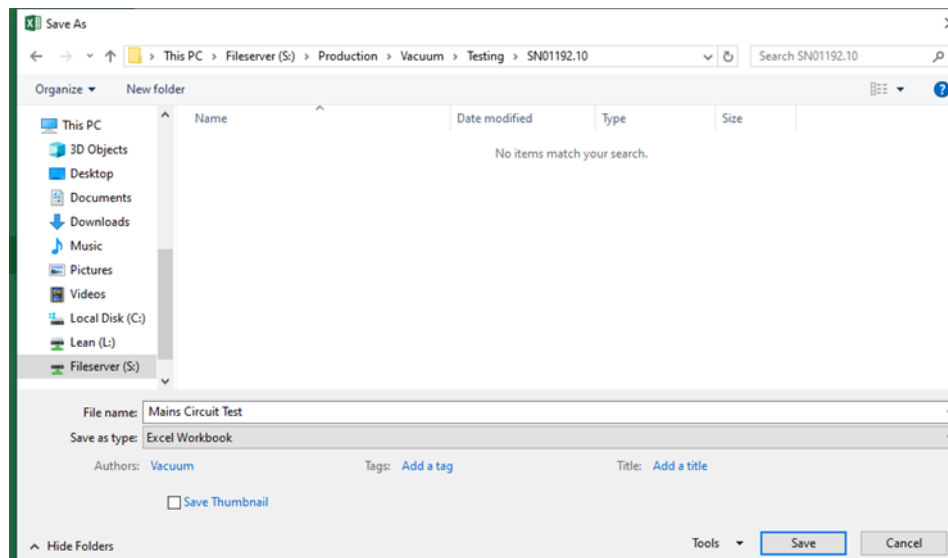
1. Liitä mittarin kaapeli mittarin ja tietokoneen väliin. Laita mittarin virrat päälle.
2. Avaa FlukeView -ohjelma.
3. Ohjelman kysyessä "Get meter data?", klikkaa "OK".
4. Nyt ohjelma näyttää edellä tallentamiesi testien tulokset. Klikkaa "File" → "Export Data". Päällekirjoita tulokset työpöydältä löytyvään Fluke Excel -tiedostoon.
5. Avaa edellä mainittu Excel -tiedosto. Suurena sarakkeet tuplaklikkaamalla solujen otsikoiden välissä.

6. Uudelleennimeä solut A4-A7 testien nimillä.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	FLUKE 1550B	V1.28.00/1550C											
2		Test	Results			Test	Calculated Results			Test Conditions			Test
3	Reading	Tag	Ohms	V DC	A DC	Duration	Capacitance	PI	DAR	Voltage	Ramp	Time Limit	Ended By
4	GHS GND to line		1 6,67 GOhm	1266 V DC	190 nA DC	00:00:16	0,11 µF				1200	Off	User
5	GHS GND to neutral		2 6,60 GOhm	1266 V DC	192 nA DC	00:00:15	0,11 µF				1200	Off	User
6	CU GND to line		3 4,70 GOhm	1271 V DC	271 nA DC	00:00:16	0,02 µF				1200	Off	User
7	CU GND to neutral		4 5,10 GOhm	1272 V DC	250 nA DC	00:00:15	0,02 µF				1200	Off	User

Kuva 37. Eristysvastusmittauksen tiedosto

7. Klikkaa "Save As". Tiedostopolku: fileserver/production/vacuum/testing. Luo uusi kansio ja nimeä se testattujen laitteiden sarjanumeron mukaan (SNXXXXX.XX) Nimeä tallennettava tiedosto nimellä "Mains Circuit Test" ja vaihda vielä tiedostomuoto "Excel Workbook" -tiedostoksi. Klikkaa tallenna.



Kuva 38. Ruutunäkymä eristysvastusmittauksen tulosten tallentamisen aikana.

8. Avaa "Routine Test Form" -tiedosto tietokoneen työpöydältä ja täytä avautuva lomake. Tallenna lomake samaan kansioon kuin kohdassa 7. Nimeä tiedosto nimellä "Electrical Test Form".
9. Tyhjennä eristysvastusmittarin muisti FlukeView -ohjelmalla. Valitse "Meter" → "Clear memory". Vahvista klikkaamalla "OK".

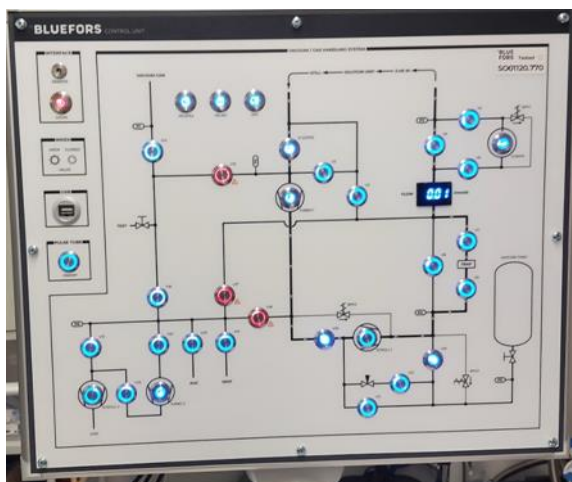
5 Lopputestaus

1. Liitä Control Unitin virtajohto ja laita virrat päälle.
2. Testaa vikavirtasuojan toiminta (CU:ssa) painamalla testinäppäintä. Tee tämä ainakin kahdesti. Varmista vielä, että kyseessä on oikeanmallinen vikavirtasuojaja (ABB B6).



Kuva 39. ABB B6 vikavirtasuojaja. Testinäppäin merkittynä nuolella.

3. Tarkista, että Optipanelin kaikki valot syttyvät niitä painettaessa. Varmista myös, että oikeanlaiset näppäimet ovat oikeilla kohdilla. Käytä apuna ”Optipanel button and wire layout” -tiedostoa.



Kuva 40. Optipanel

4. Liitä CU tietokoneeseen USB-kaapelilla.

5. Tarkista venttiilien toiminta Bluefors Control Softwaren avulla. Varmista myös, että pumput menevät päälle ohjelman kautta ja, että "Local" -näppäin toimii. Ko-keile vielä, että ohjelma antaa hälytyksen "Pressure too low", jos paineletku ir-roitetaan.
6. Tarkista 4K lämmittimien toiminta:

Mene ohjelman kautta seuraavaa polkua: "Go to" → "Device tab" → "Autodetect System tab" → "Relay controlled fixed power supply". Sulje "Local" näppäin Opti-panelista. Liitä yleismittarin johtimet 4K pistokkeisiin kuten kuvassa. Säädä yleismittari mittaamaan jännitettä (V).



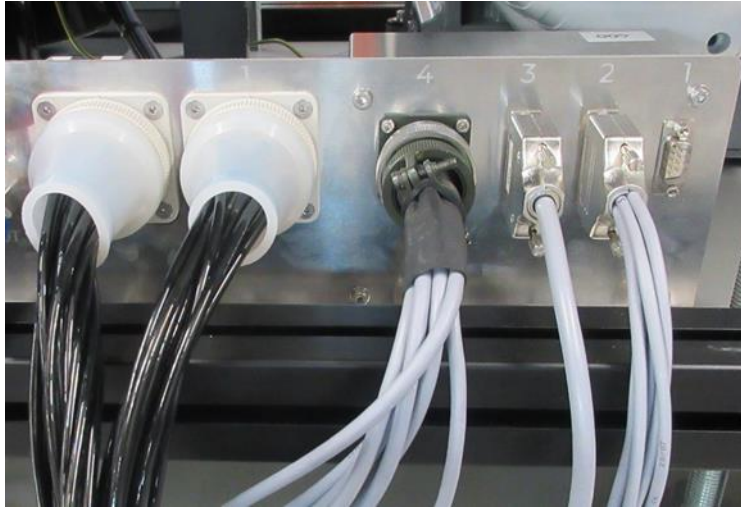
Kuva 41. 4K lämmittimien testaus

7. Aktivoi BCSC -ohjelmasta 4K lämmittimet. Nyt yleismittarin arvon tulisi olla noin 24 V.
8. Tarkista näppäimien HS-STILL, HS-MC ja EXT toiminta yksi kerrallaan. Kun näppäin on aktivoituna (valo palaa), sitä vastaavan releen valon pitäisi myös palaa Lower Panelilla.



Kuva 42. Releet Lower Panelilla

9. Liitä Control kaapeli GHS:n Inlet Paneliin.



Kuva 43. Control kaapeli oikein kytkettynä GHS:n Inlet Paneliin.

10. Kytke anturi 1 päälle Maxigaugelta painamalla ylöspäin osoittavaa nuolinäppäintä noin viiden sekunnin ajan. Vaihda asetuksista yksiköiksi mbar. Aseta anturi P3 arvoon 5000 mbar ja P4 arvoon 2000 mbar. Tarkista nyt, että kaikki muut anturit osoittavat arvoa ≈ 1000 mbar.
11. Tarkista virtausmittarin toiminta. Vihreän valon tulisi palaa HP Panelin virtausmittarissa, kun kaapeli on kytketty ja virrat päällä.

Käytä virtausmittarin testeriä: Irroita Inlet Panelilta tuleva "Flow" -kaapeli HP Panelin virtausmittarilta ja kytke kaapeli testeriin. Testerin näyttämä lukema tulisi olla ≈ 24 V (jos johdot ovat väärinpäin testeri näyttää -24 V). Optipanelin virtauslukema tulisi nyt olla ≈ 5 mmol/s.



Kuva 44. HP Panelin virtausmittari



45. Virtausmittarin testeri



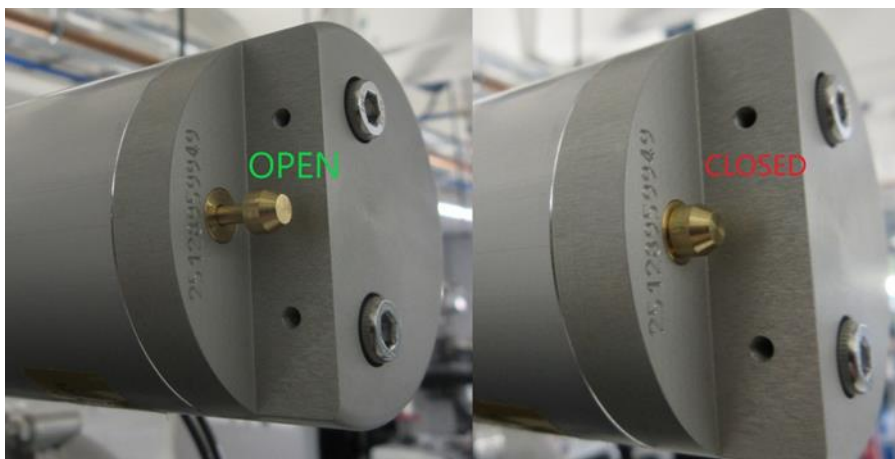
Kuva 46. Virtauslukema Optipanelilla testin aikana

12. Sulje kaikki venttiilit Optipanelilta käsin. Liitä paineilmaletku Control Unitiin. Säädä regulaattorin paineeksi 0,5 MPa ja kuuntele kuuletko ilmavuotoja.



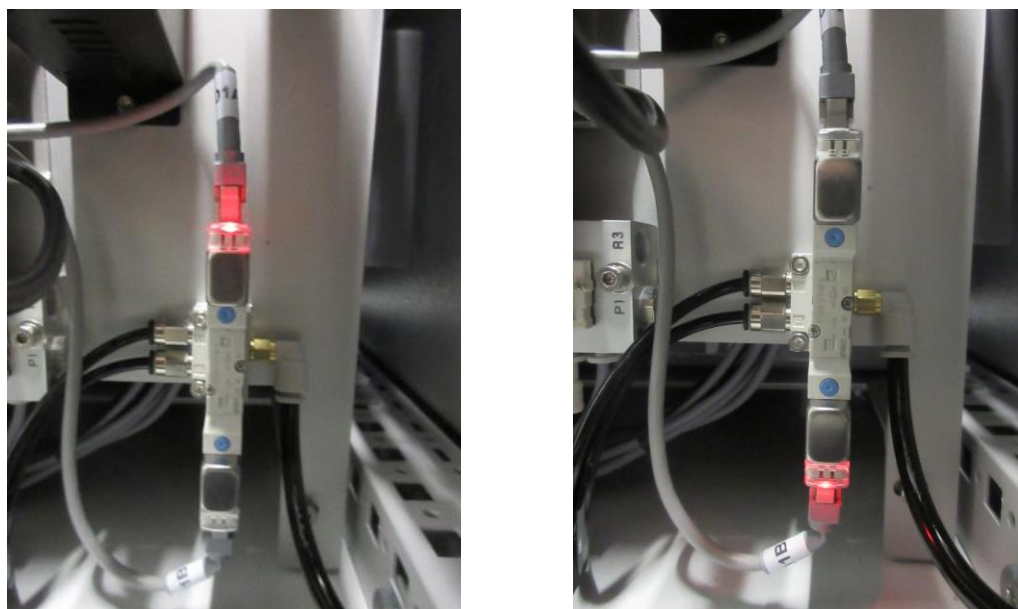
Kuva 47. Regulaattori säädettyä oikein.

13. Tarkista venttiilien toiminta. Aloita Gate Valvesta (V1). Kun venttiili on auki (valo palaa Optipanelilla), venttiilissä olevan neulan tulisi olla työntyneenä ulos. Tarkista Gate Valven toiminta myös PC -sovelluksen kautta. Jos johtimet on väärin kytketty, Gate Valve saattaa toimia eri tavalla sovelluksen kautta.



Kuva 48. Gate Valven neula auki ja kiinni

Tarkista samalla, että Lower Panelin solenoidien valot toimivat oikein. Kun venttiili on auki, valon 1A tulisi palaa. Kiinni asennossa palaa valo 1B.

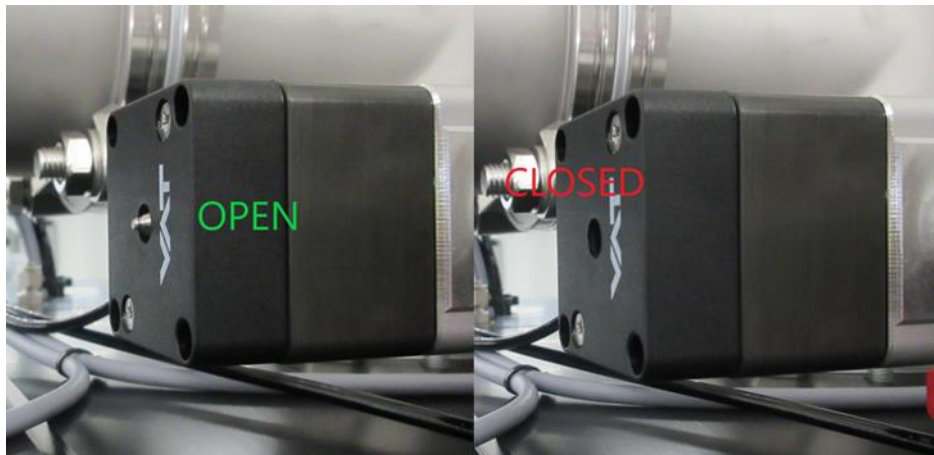


Kuva 49. Valo 1A palaa (Gate Valve auki)

Kuva 50. Valo 1B palaa (Gate Valve kiinni)

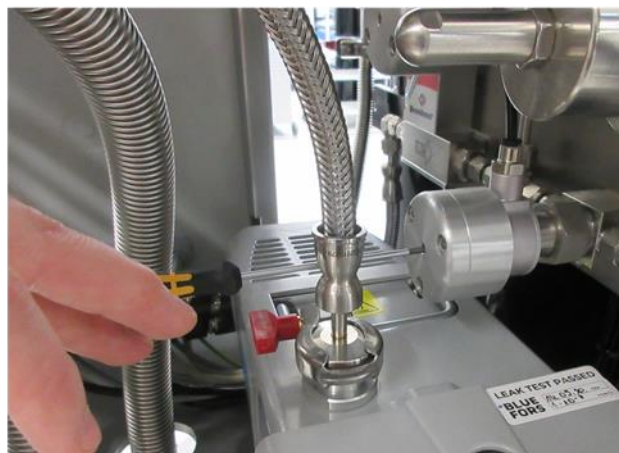
14. Tarkista seuraavien venttiilien toiminta numerojärjestyksessä sytyttämällä kyseisen venttiilin painike Optipanelilta:

V2, V3 ja V7-V23. Näiden venttiilien toiminnan voi tarkistaa kuten Gate Valven, eli jos neula on ulkona, venttiili on auki ja neula sisällä venttiili on kiinni.



Kuva 51. Venttiili auki ja kiinni asennoissa

HP Panelin venttiilien toiminta tulee kokeilla esimerkiksi kapealla ruuvimeisselillä, kuten kuvassa alla. Kun venttiiliin avaa, venttiiliin työnnetty ruuvimeisseli liikauttaa hieman ulospäin.



Kuva 52. HP Panelin venttiilien toiminnan testaus

Kun olet testannut kaikki venttiilit, sulje ne lopuksi (valot pois Optipanelilta).

15. Varmista että kaikki pumput on suljettu Optipanelilta. Sulje IDP-3 ja xDS35 virta-kytkimestä (irroita XDs15:n virtajohto pistokkeesta). Tämän jälkeen laita pumpukärryn virrat päälle.

16. Testaa vikavirtasuojan toiminta Fiboxilta painamalla testipainiketta.



Kuva 53. Vikavirtasuoja ja testauspainike

17. Varmista että T1A, T1B ja T1C (riippuen laitteesta) ei ole kytkettyinä TC400:n. Extra Turbo saa olla kytketty. Aseta Turbojen ohjainten säädöt Pfeiffer Turbo Settings Chartin mukaisiksi. Kytke nyt turbojen T1A, T1B ja T1C johtimet.

18. Syötä DCU:n säädöt seuraaviksi:

794: Parameter Set (1)
795: Service Line (316)
027: Gas mode (2), Extra turbolla varustettuihin malleihin säätö (1)
030: Vent Mode (1)
060: ControlViaInt (1)

19. Vaihda Maxigaugen säädöt seuraaviksi:

General: Unit (yksiköt) → Mbar
Sensor Settings: NO 3 → 5000, NO 4 → 2000

20. Kytke Scroll2 päälle Optipanelilta tai PC:lta.

Avaa V21 ja tarkasta Maxigaugelta, että paine laskee anturilla P6.

Avaa V16 ja V14 ja tarkista, että paine laskee anturilla P1.

Avaa V15 nähdäksesi, että P2:n paine laskee ja jatka avaamalla V2, V3 ja V4 nähdäksesi P3:n arvon laskevan.

Avaa V8 ja tarkista, että anturin P4 paine laskee.

Avaa V13 ja tarkista, että anturin P5 paine laskee.

Lopuksi voit avata kaikki jäljellä olevat venttiilit.

Venttiili(t)	Paineanturi, jonka arvo laskee
V21	P6
V16 ja V14	P1
V15	P2
V2, V3 ja V4	P3
V8	P4
V13	P5



Kuva 54. MaxiGauge

21. Jos paineet ovat nyt alle 5 mbar (jos ei, etsi vuotoja äläkä käynnistä pumppuja tai turboja), laite kytkimet ON-asentoon IDP-3:sta ja xDS35:stä (xDS15:sta kytke virtkaapeli). Käynnistä Scroll1 ja Compressor Optipanelista/PC:lta.

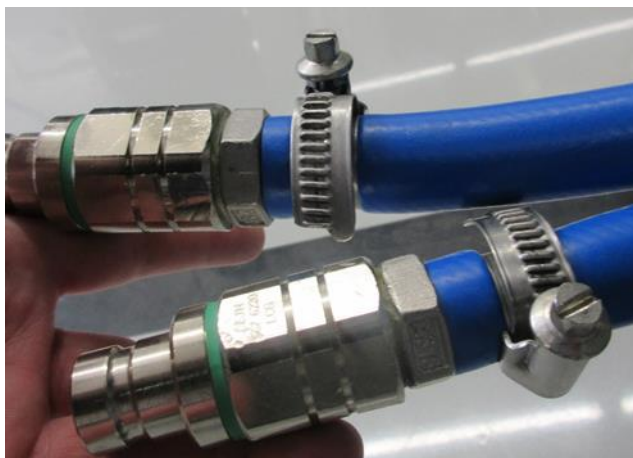
22. Sulje V16, V17 ja V10. Jos kokoonpanossa on T2, sulje myös V21. Sulje V13 ja V6. Jos kokoonpanossa on ET, tarkasta sen tuulettimen toiminta.
23. Tarkista DCU:lta virrankulutus ja pyörimisnopeus. Arvojen tulisi olla noin 30- 40 W ja 820 Hz T1:illä ja T2:lla. Extra turbolla noin 20 W ja 1500 Hz.
24. Anna järjestelmän käydä noin 30-60 minuuttia. Paras tulos saadaan 60 minuutin testillä. 60 minuutin jälkeen lopeta testi sammuttamalla turbot sitten V12, V11 ja S1. Tämän jälkeen sammuta loput valot Optipanelilta.
25. Etsi laitteita Setup -välilehdeltä PC:n sovelluksessa. Tarkasta, että tietokone löytää kaikki seuraavat:
 - a. GHS 250 -järjestelmä: Maxigauge, TC400 ja Edwards nXDS pumppu.
 - b. GHS 400 -järjestelmä: Maxigauge, TC400 ja TC400 2.
 - c. GHS 1000 -järjestelmä: Maxigauge, TC400, TC400 2 ja TC400 3.
26. Tarkasta paineanturin toiminta PC:n sovelluksella irrottamalla paineilmaletku CU:sta. Sovelluksen pitäisi nyt ilmoittaa: "Warning: System Pressure too low". Liitä paineilmaletku takaisin.
27. Seuraavaksi suorita vesitesti.

Liitä vesiletkut Inlet Paneliin.



Kuva 55. Inlet Panelin liitännät

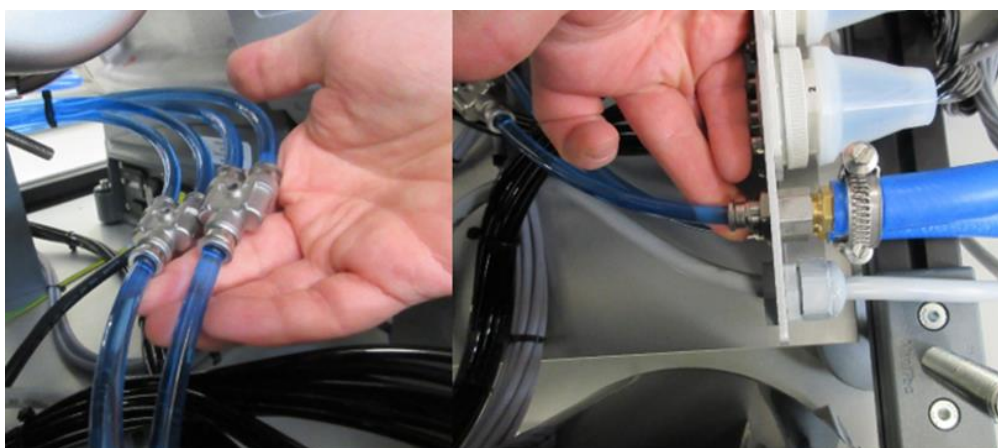
Älä kiristä liikaa vesiletkun puristimia, koska ne saattavat riikkoontua.



Kuva 56. Vesiletkujen puristimet

Pumppaa nyt vettä järjestelmään Rothenberg -pumpulla. Paineista järjestelmä pumppaamalla, sekä avaamalla ja sulkemalla ulostuloventtiiliä, että saat mahdolliset ilmakuplat ulos putkista.

Kun ilmakuplia ei enää ole ja paine on 10 baria, tarkasta että järjestelmässä ei ole vuotoja. Käy läpi kaikki liitännät ja pidä järjestelmää silmällä ainakin tunnin ajan.



Kuva 57. Vuotojen etsimistä

Vesipumpun paine saattaa laskea, joten pidä paine 10 barissa (pumppaa tarvittaessa) ainakin tunnin ajan.



Kuva 58. Vesipumpun painemittari

Jätä laite vesitestiin yön yli.

Seuraavana päivänä tarkasta painemittarin lukema. Arvo tulisi olla vielä vähintään 3 baria.

Tyhjennä järjestelmä vedestä avaamalla venttiilit ja puhaltamalla paineilmaa järjestelmään.

Liimaa GHS:iin ”10 bar test passed” -tarrat.

28. Liimaa seuraavat tarrat GHS:iin:

- Venttiilien tarrat (V1-V23)
- Paineanturien tarrat (P1-P6)
- AUX, VENT, TRAP, TEST, BPV1 -tarrat

29. Vakuumi testi:

Kun GHS on ollut vakuumitilassa yön yli, tarkista paineanturien lukemat. Lukemien tulisi olla alle 5 mbar. Anturi numero 3 (P3) voi näyttää suurempaa lukemaa, jopa 20 mbar.



Kuva 59. Paineanturien lukemat

Käytä apuna alla olevaa taulukkoa varmistaaksesi paineanturien oikea toiminta. Avaa kyseinen venttiili ja tarkasta, että sitä vastaava paineanturi reagoi (arvo muuttuu).

Venttiili	Paineanturi
V14	P1
V2	P2
V4	P3
V9	P4
V11	P5
V21	P6

Sulje kaikki venttiilit (näppäinten valot pois Optipanelilta) ja samalla tarkasta vielä, että kaikki venttiilit toimivat.

Käynnistä Scroll2.

Sulje manuaalitoiminen venttiili GHS:in yläosasta Fiboxin vierestä.



Kuva 60. Venttiili kiinni



Kuva 61. Venttiili auki

Liitä vuototesteri GHS:iin letkulla ja käynnistä testeri.



Kuva 62. Vuototesteri liitettynä Gas Handling Systemiin

Käynnistä turbot ja pumput. Sulje venttiilit V15, V17, V10 ja V13.

Käynnistä vakuuminvuototesti painamalla Start -näppäintä. Odota että paine tippuu eksponentiaaliseen $^{-2}$ -arvoon, joka vastaa paineanturien arvoja.

Sulje V21 ja Scroll2. Jos GHS on varustettu Extra Turbolla, sulje myös V22, V23 ja ET.

Odota että testerin arvo tippuu vähintään arvoon 4×10^{-8} .

Seuraavaksi ala etsimään vuotoja heliumin avulla. Heliumilla on tapana nousta ylöspäin, joten aloita heliumin ruiskutus ylhäältä alaspäin edeten. Käy läpi kaikki GHS:n osat, jotka voivat mahdollisesti vuotaa. Näitä ovat hitsausaummat, puristimet, o-renkaat, venttiilit, regulaattorit, HP Panel, letkut ja pumput.

Muista suorittaa testi mahdollisimman nopeasti, koska helium läpäisee ajan kuluessa tiivisteet. Tämän vuoksi pieni nousu testikäyrässä testin loppupuolella ei tarkoita, että järjestelmä vuotaa.

Jos järjestelmässä on vuoto, se tulee esiin testikäyrällä terävänä piikkinä, jonka pystyy toistamaan ruiskuttamalla heliumia vuotavaan kohtaan.

Kun GHS on läpäissyt vakuumitestin, sammuta turbot ja pumput, sekä sulje venttiilit.

Sulje seuraavaksi venttiili, jonka avasit testin alussa (kuvat 60 ja 61).

Paina "Stop" ja sen jälkeen "Vent" testeriltä.

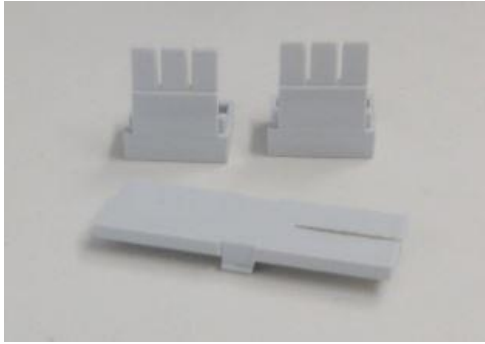
Irrota testausletku GHS:stä ja sulje letkun kohdalle jäänyt liitännä tiiviisti suojuksella ja puristimella.

Avaa keskimäinen puristin ja liitä siihen suojus, jossa on reikä keskellä.

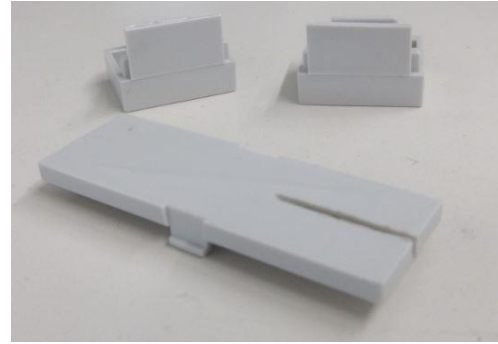


Kuva 63. GHS:n suojukset

30. Merkkää ruksit CU:ssa ja GHS:ssä olevien sarjanumerotarrojen "Tested" -ruutuihin.
31. Irrota päävirtajohto GHS:stä.
32. Laita Fiboxin suojalevy paikalleen. Sulje Fiboxin ovi ja teippaa avain ja loput ruuvit Fiboxin päälle.
33. Irrota päävirtakaapeli ja paineletku Control Unitista.
34. Irrota Control Cable Gas Handling Systemistä ja pakkaa kaapeli takaisin Bluefors -laukkuun.
35. Tarkasta vielä kerran, että Optipanelin USB-portti on suorassa ja tiukasti kiristetty. Varmista että Optipanel itse on tiukasti kiinni CU:ssa. Ruuvaa Optipanelin takalevy kiinni 12:lla ruuvilla.
36. Leikkaa virtausmittarin suojusta paloja pois, kuten kuvissa alla ja liitä sen jälkeen suojat virtausmittariin.

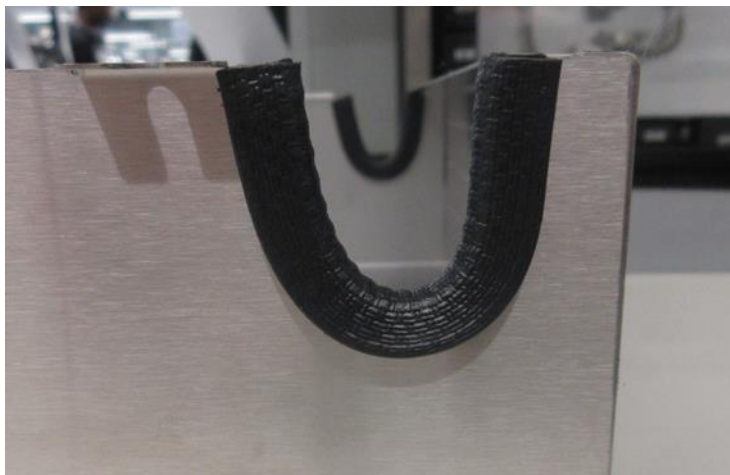


Kuva 64. Virtausmittarin suojat ennen muokkausta



Kuva 65. Virtausmittarin suojat muokkauksen jälkeen

37. Leikkaa KS profiilista kaksi 8 cm palaa ja liitä ne sormensuojalevyyn.



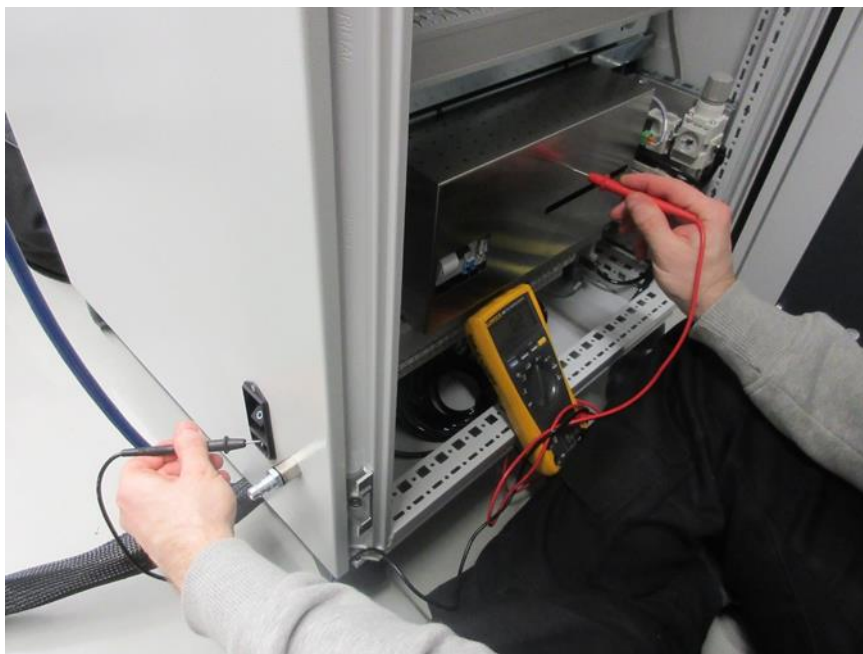
Kuva 66. KS profiilit liitettyinä sormensuojalevyyn

38. Asenna sormensuojalevy Lower Panelin päälle kahdella M4x8 ruuvilla ja M4 aluslaatatalla.



Kuva 67. Sormensuojalevy asennettuna Lower Paneliin

39. Tarkasta vielä sormensuojalevyn maadoitus yleismittarin vastusmittauksella. Arvon tulisi olla alle 0,5 Ω .



Kuva 68. Sormensuojalevyn maadoitustestaus

40. Sulje CU:n ovi.

41. Sulje työ Leanissa.

42. Vie GHS ja CU Cryo halliin.