

Matti Korteniemi

SÄÄKAAPIN LISÄOSAN SUUNNITTELU JA VALMISTUS

SÄÄKAAPIN LISÄOSAN SUUNNITTELU JA VALMISTUS

Matti Korteniemi
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, koneautomaatio

Tekijä: Matti Korteniemi

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Sääkaapin lisäosan suunnittelu ja valmistus

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Design and Manufacture for Expansion of Climate Chamber

Työn ohjaaja: Jari Viitala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2019

Sivumäärä: 30 + 0 liitettä

Opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella ja valmistaa lisärakennelma tärinätesterin ja sääkaapin toiminnan yhdistämiseksi. Laitteina toimivat Vötsch VCS 7027-15 -sääkaappi ja LDS V830 -tärinätesterisysteemi. Työstä tehtiin suunnitelma, joka valmistettiin konseptitasolla. Tavoitteiksi asetettiin ISO 16750-3 -standardin mukainen yhdistelmätestin suorittaminen, rakennettavan sääkaapin kosteustivistäminen sekä tärinätestaushuoneen laitteiden sijoittelusuunnitelman tekeminen.

Opinnäytetyön alkuvaiheessa tutkittiin yhdistelmätestauksen mahdollisuutta tilaajan jo olemassa olevilla laitteilla. Työhön sopiviksi todettujen laitteiden välille suunniteltiin lisäosa, joka mahdollistaa tuotteen lämpö- ja tärinätestauksen samaan aikaan. Lisäosaa testattiin jo opinnäytetyön alkuvaiheessa, jolloin saatiin selville eri kehittämiskohteita sekä se, ovatko valikoidut laitteet soveltuvia yhdistelmätestaukseen.

Lisäosan testauksessa Finnfoamin FF-PIR -eristelevyistä koottiin sääkaapin testitilalle laajennus, jonka myötä sääkaapin testitilan tilavuus kasvoi. Koeajosta selvisi, että sääkaappi vaatii muutostöitä, jotta se pystyy suorittamaan standardin mukaisen sääohjelman. Lisäosalle tehtiin parannuksia tekemällä siitä erillinen yksikkö, johon ajetaan letkuilla kylmää tai kuumaa ilmaa sääohjelman mukaisesti. Budjetillisista syistä työn valmistaminen jätettiin kesken, mutta suunnitelma työstä saatiin valmiiksi. Lopputulemana Vötsch VCS 7027-15 -sääkaapin ja LDS V830 -tärinätesterisysteemin yhdistäminen on mahdollista.

Asiasanat: sääkaappi, ympäristötestaus, mekaniikkatestaus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in mechanical engineering, Machine Automation

Author: Matti Korteniemi

Title of thesis: Design and Manufacture for Expansion of Climate Chamber

Supervisor: Jari Viitala

Term and year when the thesis was submitted: spring 2019

Pages: 30 + 0 appendices

The subject of thesis was to design and manufacture an additional structure to combine a vibration tester and climate chamber. The devices were Vötch VCS 7027-15 climate chamber and LDS V830 vibration system. The design was carried out first, and the manufacture was set to be done at conceptual level. The goal was to perform a combination test according to ISO 16750-3 standard. The additional goals were to make the new climate chamber humidity-proof and to make a layout design for the vibration testing room equipment.

At the beginning of the thesis the possibility to perform combination tests with the commissioner's devices was researched. An additional structure was designed between the devices which was found suitable allowing the product to be simultaneously tested with temperature and vibration. The climate chamber and its expansion were tested at early stages of the thesis, which revealed the development areas and whether the selected devices were suitable for combination testing.

When testing the expansion of the climate chamber, FF-PIR insulation panels by Finnfoam were assembled to extend the testing space of the climate chamber. The test revealed that the climate chamber required modifications to be able to perform a weather program according to the standard. Upgrades were made to the additional structure by making it a separate unit, and cold or hot air was driven by hoses according to the weather program. For budgetary reasons the work was not completed but the design was. It was shown in the thesis that it is possible to combine Vötch VCS 7027-15 and LDS V830.

Keywords: climate chamber, environmental testing, mechanical testing

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 YMPÄRISTÖ-, MEKANIikka- JA LUOTETTAVUUSTESTAUS	7
2.1 Lämpötestit	7
2.2 Mekaaniset testit	8
2.3 Yhdistelmätesti	8
3 SÄÄKAAPPI JA TÄRINÄTESTERISYSTEEMI	9
3.1 Vötsch VCS 7027-15	9
3.2 LDS V830 -tärinätesterisysteemi	10
4 LAITEYHDISTELMÄN SUUNNITTELU	12
4.1 Muunneltu järjestelmä	14
4.2 Eristäminen	17
4.3 Runko	18
4.4 Tärinätesterin ja erillisen sääkaapin testitilan liitântä	21
5 ILMAVIRTAUKSEN SIMULOINTI	22
6 SIJOITTELU SUUNNITELMA	23
7 JATKOTOIMENPITEET JA KEHITYSKOhteET	24
7.1 Jatkotoimenpiteet	24
7.2 Kehityskohteet	25
8 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Grant4Com Oy:n toiminnankuvaan kuuluvat testauspalvelut, sertifiointi- ja markkinoillepääsyä koskevat palvelut ja testaus- ja sertifiointiasiantuntijapalvelut. Yrityksen tarjoamia testauspalveluita ovat muu muassa elektromagneettiset yhteensopivuus-, radiotaajuus-, mekaaniset-, ympäristö-, audio- ja turvallisuustestit sekä fyysisten vikojen analyysit. (1.)

Työssä suunnitellaan ja valmistetaan testausmenetelmä mekaniikka- ja ympäristötötestiin, joissa yhdistetään Vötsch VCS 7027-15 -sääkaappi ja LDS V830 -tärinätesterisysteemi niin, että järjestelmällä voidaan suorittaa ISO 16750-3 -standardin mukainen testi. Sääkaappi ja tärinätesteri ovat toimeksiantajalta. Työ on suoritettava siten, ettei jo olevia laitteita hajotettaisi, vaan niillä voidaan suorittaa normaaleja testejä ja tilannekohtaisesti voidaan muokata testilaboratoriota niin, että voidaan suorittaa yhdistelmätesti. Sääkaappitesteihin kuuluu usein myös kosteus ja sen hallinta. Tätä ei vaadita ISO 16750-3 -standardissa, mutta työssä asetetaan tavoitteeksi, että uusi testitila olisi vesitiivis. Työhön liittyy myös layoutin suunnittelua laboratoriotilan hyödyntämiseksi.

2 YMPÄRISTÖ-, MEKANIikka- JA LUOTETTAVUUSTESTAUS

Ympäristötesteillä voi testata tuotteiden soveltuvuutta tiettyihin ympäristöolosuhteisiin esimerkiksi käytön, kuljetuksen ja varastoinnin aikana (2, s. 77). Ympäristötestien lisäksi myös mekaanisella testauksella voidaan varmentaa tuotteen kestävyyttä ja toimivuutta. Pelkästään laitteen toimivuus ei aina riitä vaan laitteen tulee toimia tietyllä luotettavuudella. (2, s. 116.)

Ympäristön vaikutukset jaetaan lyhyt- ja pitkäaikaisiin vaikutuksiin. Lyhytaikaiset vaikutukset voivat aiheuttaa virhetoimintaa tai tuhoutumista nopeasti. Pitkäaikaiset rasitukset huonontavat tuotetta hitaasti ja voivat lopulta aiheuttaa rikkoutumisen. (2, s. 77.)

Tuotetestausta ei ole sidottu mihinkään tiettyyn tuotteen elinkaaren vaiheeseen. Testausta voidaan tehdä esimerkiksi prototyypivaiheessa, ennen sarjatuotannon käynnistämistä tai korjaavan toiminnan apuvälineenä. (2, s. 78.)

2.1 Lämpötestit

Lämpötestejä jaetaan seuraavasti: korkea lämpötila, matala lämpötila, lämpötilan vaihtelu ja lämpöshokit (2, s. 91). ISO 16750-3 -standardin lämpötilaprofiili on lämpötilan vaihtelua huoneen lämmöstä kylmään, kylmästä kuumaan ja takaisin huonelämpöön (3, s. 3). Tätä lämpötilan vaihtelua tehdään testattavalle tuotteelle 22 tuntia kerrallaan (3, s. 4).

Materiaaleissa havaitaan fysikaalisten ominaisuuksien muutoksia, kun niitä alistetaan nousevalle ja laskevalle lämpötilalle. Muutoksia voivat olla materiaalien perusominaisuuksien kuten lujuuden heikkeneminen. (2, s. 91.)

Korkea lämpötila aiheuttaa tyypillisesti eristevikoja, rakenteellisia vikoja, voiteluominaisuuksien huonontumista, mekaanisten rasitusten kasvua sekä liikkuvien osien lisääntyntä kulumista. Matalan lämpötilan tyypillisesti aiheuttamia vikoja ovat eriste- ja tiivisteviat, voiteluominaisuuksien huonontuminen ja mekaanisen lujuuden huonontuminen. Matala lämpötila voi aiheuttaa murtumista, halkeilua, rakenteellisia vikoja sekä liikkuvien osien lisääntyntä kulumista. (2, s. 66.)

2.2 Mekaaniset testit

Mekaanisia testejä on esimerkiksi putoaminen, staattinen kuorma, jatkuva kiihtyvyys ja värinä (2, s. 116). Värinä jaetaan epäjatkuvaan ja jatkuvaan värinään. Epäjatkuvaa värinää voi olla iskut ja jyskytykset (2, s. 116). Jatkuva värinä jaetaan sinimuotoiseen ja satunnaiseen värinään. ISO 16750-3 -standardin testeissä hyödynnetään sinimuotoista ja satunnaista jatkuvaa värinää (3, s. 4–5). ISO 16750-3 -standardissa värinätestejä tehdään kolmesta eri suunnasta, jotka ovat X-, Y- ja Z-akselit (3, s. 4).

Värähtelyn aiheuttamia tyypillisiä vikoja on mekaaniset viat, rakenteiden pettäminen ja lisääntynyt liikkuvien osien kuluminen. Näitä vikoja voi aiheuttaa värähtelyrasitus tai resonanssit. (2, s. 68.)

2.3 Yhdistelmätesti

Erityisesti juotosliitoksille lämpö- ja värinätestaus yhdistettynä on kovempi kuormittaja kuin liitosten kuormittaminen joko lämmöllä tai värinällä erikseen (4, s. 100). Lämpövaihtelusta aiheutuvan vahingon ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin värinästä aiheutunut vahinko, on yhdistelmävaikutus suurempi kuin pelkästään huoneen lämmössä tärisyttämistä aiheutuva vahinko. Värähtelyvasteen kasvaessa korkeassa lämpötilassa vetolujuuden vaikutus merkittävä, jolloin lämmön sekä värinän yhdistelmävaikutus on suurempi kuin normaalissa huoneenlämmössä värinällä kuormittaessa. Vaihtoehtoisesti jos värähtelyvaste matalassa lämpötilassa laskee, on puristuslujuuden vaikutus merkittävä ja lämmön sekä värinän yhdistelmävaikutus on pienempi kuin huoneenlämmössä värinällä kuormittaessa. (4, s. 99–100.)

3 SÄÄKAAPPI JA TÄRINÄTESTERISYSTEEMI

Toimeksiantajalla on useita erilaisia ja eri tarkoituksia varten olevia sääkaappeja. Ennen opinnäytetyön aloittamista sääkaapeista tuli valita tarkoitukseen sopivin laite. Laitteista valikoitui Vötsch 7027-15, sillä se on toimeksiantajan kaapeista tehokkain ja sen lämpökompensaatio on 8 000 W (5, s. 22). Mahdollisen testattavan laitteen aiheuttaman lämpövastuksen lisäksi lämpövastusta tuottaa myös tärinätesteri.

Toimeksiantajalla on kaksi erilaista tärinätesteriä: LDS V830 335 V ja LDS V830 335 T. Laitteiden välinen eroavaisuus on karan eristystavat ja siitä aiheutuvat rungon kokoerot (6, s. 2).

3.1 Vötsch VCS 7027-15

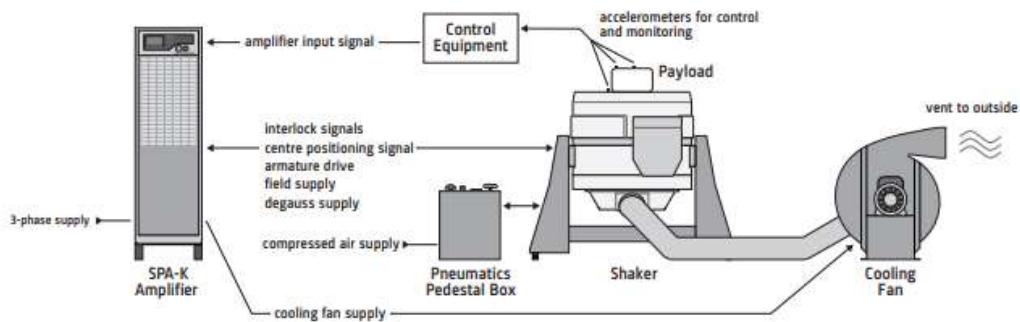
Vötsch VSC 7027-15 -sääkaapin lämpötila-alue on $-70\dots+180$ °C. Lämpötilan muutosnopeus on 15 K/min. Kaappia pystyy ohjelmoimaan niin, että se lämmittää ja jäähdyttää testaustilan ilmaa halutulla tavalla. Kaapin testauskammion tilavuus on noin 270 litraa. Kaapin nimellisteho on 16 kW ja lämpökompensaatio 8 kW lämpötilan ollessa $-20\dots+20$ °C. (5, s. 22.) (Kuva 1.)



KUVA 1. Vötsch 7027-15 -sääkaappi (7)

3.2 LDS V830 -tärinätesterisysteemi

Tärinätesteri on ilmajäähdytteinen elektrodynaaminen laite, jolla saadaan aikaan tärinää ja mekaanisia iskuja testausta varten (6, s. 3–4). Tyypillinen tärinätestisysteemi pitää sisällään ravistimen, vahvistimen, ohjauslaitteet ja jäähdytystuuletin. Ravistimen päälle tai testikappaleen pintaan kiinnitetään kiihtyvyyssanturi, joka tulee takaisinkytkentänä ohjauslaitteille tärinätestauksen hallintaa ja mitausta varten. Ravistimen eristystä ja iskunvaimennusta hallitaan pneumaattisella jalustalla, jolla on oma ohjausjärjestelmä. (Kuva 2.)



KUVA 2. Tyypillinen tärinätestisysteemi (6, s. 3)

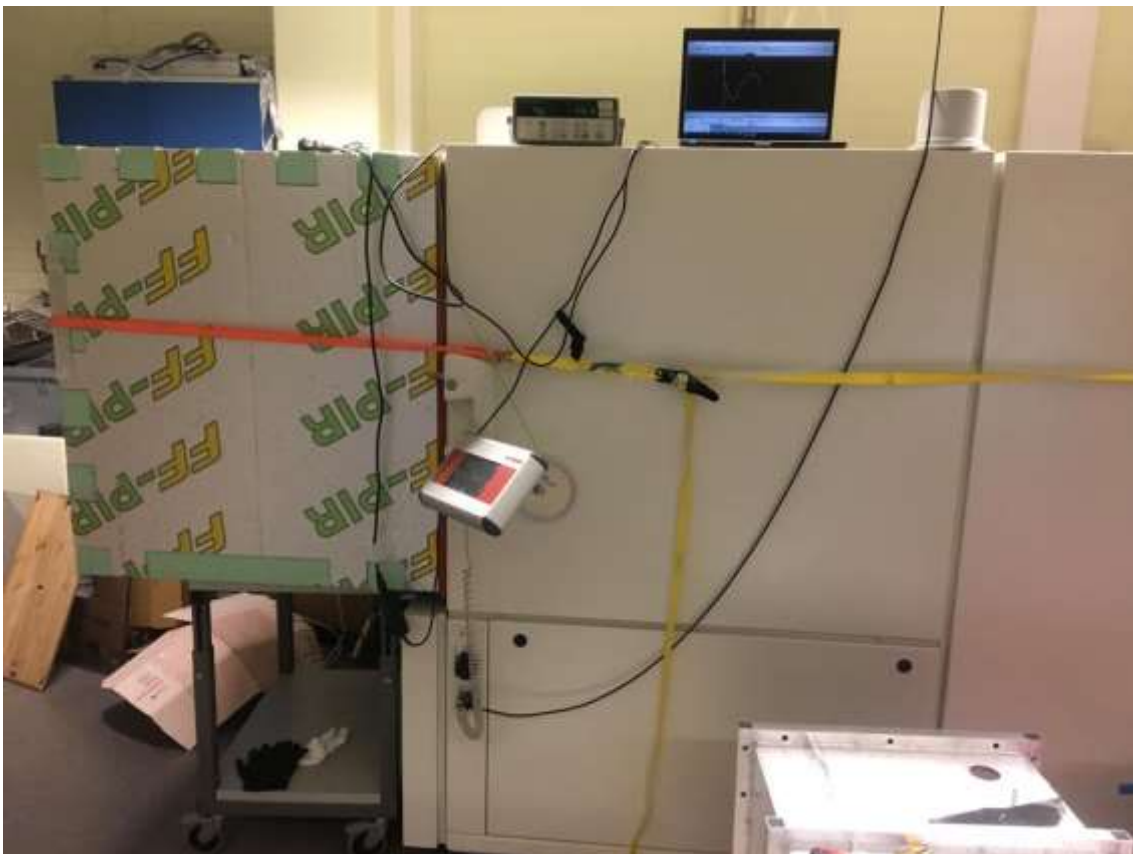
Opinnäytetyössä käytettävän vahvistimen malli on SPA16K, joka pystyy vahvistamaan V830-mallisen ravistimen puolikkaan siniaallon muotoisen iskuvoiman 25,11 kN ja perättäistä siniaallon voiman 9,81 kN. Sekamuotoisessa liikkeessä liikkeen voima myös 9,81 kN. (6, s. 2)

Ravistimen tarkempi malli on V830-335. Sen tuottaman liikkeen kiihtyvyyks on 810 m/s^2 siniaaltoliikkeessä ja sekamuotoisessa 588 m/s^2 ja sen liikkeen huipusta huippuun siirtymä on 50,8 mm (6, s. 2). Ravistimen lämmön tuotto on 1 kW. (6, s. 5)

4 LAITEYHDISTELMÄN SUUNNITTELU

Lisäosan suunnittelu tuli tehdä niin, että se on mahdollista purkaa ja koota. Lisäksi laitteiden oma toiminta ei saa häiriintyä toisen vaikutuksesta.

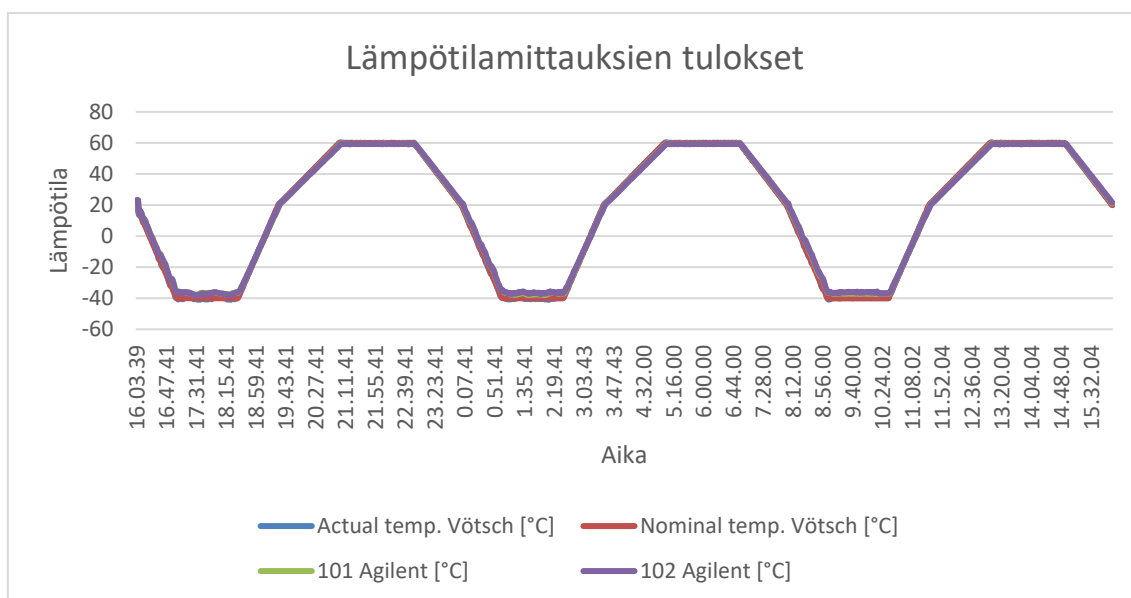
Aluksi testattiin käynnistää sääkaappi siten, että testitila oli eristettynä, mutta ovi jätettiin auki. Uusi suljettu testitila muodostui sääkaapin omasta testitilasta, sekä Finnfoamin FF-PIR -eristelevyistä. Koeajossa testattiin, miten sääkaappi reagoi, jos testikammion tilavuutta kasvatetaan (kuva 3). Samalla pystyttiin myös testaamaan pystyykö sääkaappi käymään läpi sääohjelmaa ilman muutostöitä.



KUVA 3. Sääkaapin toiminnan testaus uudella testitilalla

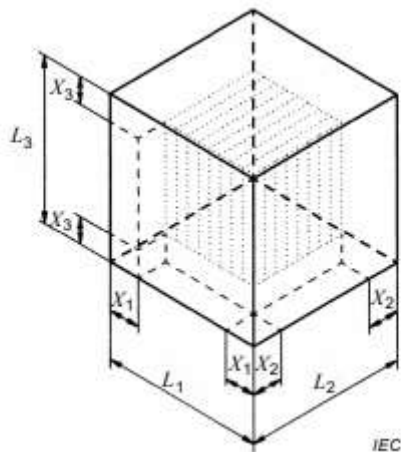
Sääkaapin toiminta varmistettiin käynnistämällä sääohjelma, ja ohjelman lämpötilojen nimellisarvoja verrattiin lokitiedostoon, joka saatiin mittaamalla kaapin sisätilan lämpötilaa ulkoisilla antureilla. Tässä versiossa tärinätesteri olisi tullut sääkaapin eteen välittömään läheisyyteen.

Koeajosta selvisi, että sääkaappi ei pysty standardin määrittelemiin vaatimuksiin, sillä sääkaapin ohjaava anturi oli mitannut koeajossa $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilan ja pitänyt lämpötilan siinä, vaikka todellisuudessa lämpötila oli jokin muu kuin mitä ohjaava anturi oli mitannut (kuva 4.). Koeajo osoitti, että lämpötilan muuttaminen sääkaapilla onnistuu toivotusti eikä esimerkiksi profiilissa näy viivettä tasaisen lämpötilan saavuttamisessa. ISO 16750-3 -standardin testin alin lämpötila on $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3, s. 3). Vötsch VCS 7027-15 pystyy tuottamaan kyseisen lämpötilan, kun laitetta käytetään siten kuin sitä on alun perin tarkoitettu, mutta testitilan kasvaneen tilavuuden vuoksi sääkaappi ei pystynyt tuottamaan IEC 60068-3-5 -standardin vaatimaa tasaista lämpötilaa, sillä matalat lämpötilat eivät pysyneet tasaisina. (8, s. 11).



KUVA 4. Sääkaapin toiminnan testauksen lämpötilamittauksien tulokset

Standardin antamat ohjeet koskettavat sääkaapin sisällä olevaa työaluetta. Tämä työalue määritetään niin, että alle 1000-litraisissa testitiloissa jokaisesta seinästä mitataan 50 mm kohti tilan keskipistettä (kuva 5) (8, s. 7). Nämä mittapisteeet muodostavat pienemmän tilavuuden testitilan sisälle. IEC 60068-3-5 -standardi on referenssistandardi standardille IEC 60068-2-1 ja IEC 60068-2-2, jotka ovat referenssistandardeja ISO 16750-3 standardille.



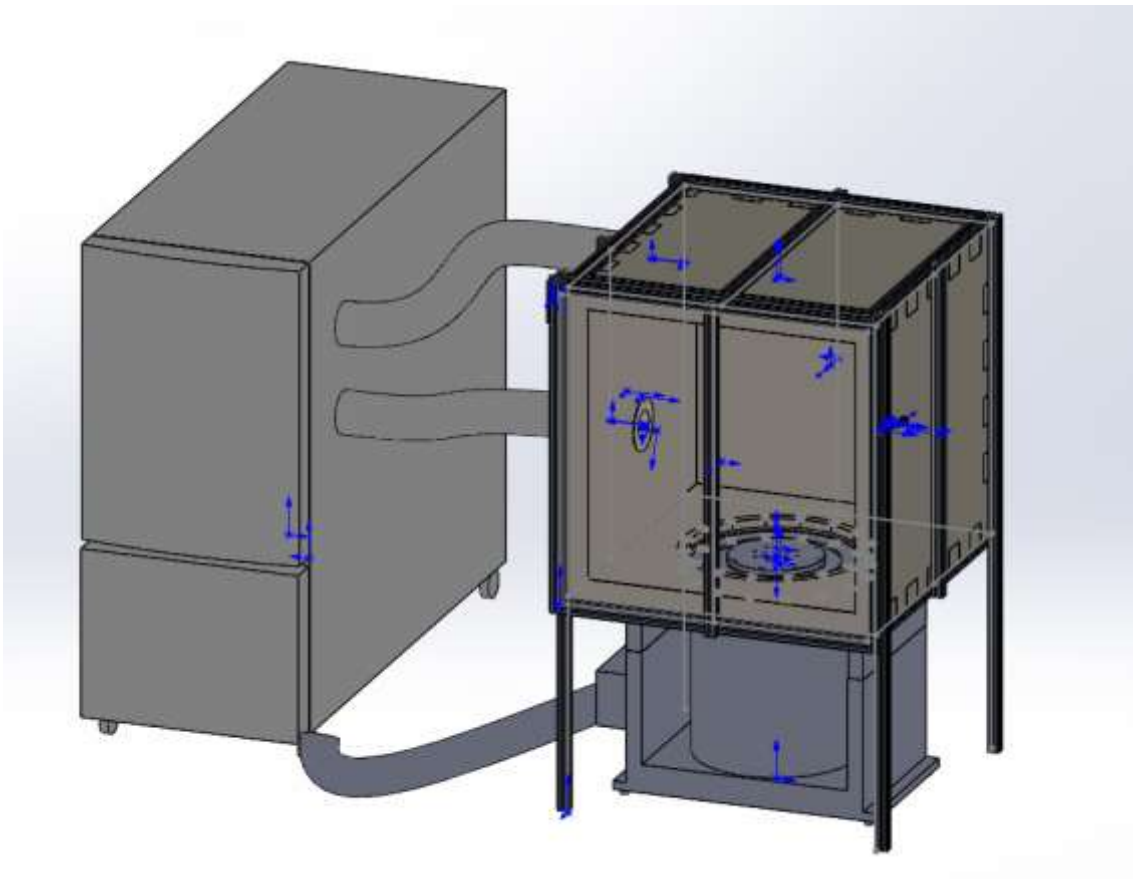
KUVA 5. Työtila (8)

Sääkaappien huolto- ja muutostöiden tekijä kertoi, että toimivimpaan lopputulokseen voitaisiin päästä ajamalla sääkaapista kylmä tai kuuma ilma erilliseen tilaan letkuilla. Uuteen testitilaan tulee laittaa ohjaava anturointi, joka pystyy säätämään kaapin toimintaa.

Muutoksia järjestelmään tehtiin siten, että testitilasta tulee erillinen yksikkö ja sääkaapista vedetään erillisillä letkuilla tulo- ja poistoilma. Näin sääkaapin tilavuus ei huomattavasti kasva ja sääkaapin toimintaan saadaan varmuutta.

4.1 Muunneltu järjestelmä

Muunnellulla järjestelmällä sääkaappi ja tärinätesteri pystytään pitämään lähes omina yksikköinä. Tärinätesteri sijoitetaan sääkaapin lähelle siten, että uudessa testitilassa kiinni olevat letkut ylettyvät sääkaappiin (kuva 6).



KUVA 6. Laitekonfiguraatio

Jotta sääkaappi pystyy käyttämään uutta testitilaa letkujen kautta, tulee siihen tehdä muutostöitä kuten päivitys PLC-ohjelmaan, Tmin/Tmax-modifiointi, kiertoilmajärjestelmän muutokset sekä sääkaappiin letkuja varten tulevat laipat (kuva 7). Uuteen testitilaan tulee myös hankkia ulkoinen säätävä lämpötila-anturi ja siihen I/O-kortti. Muutostöiden yhteydessä sääkaappiin saadaan kaksi vaihtoehtoista käyttötapaa: voidaan käyttää joko sääkaapin omaa testitilaa tai valita testitilaksi ulkoinen kaappi.



KUVA 7. Esimerkkitapaus kaappiin asennettavista laipoista

Uuteen testitilaan tehdään ovi ja sen seinäpinnat päällystetään ohutlevyillä. Ohutlevyt suojaavat testitilan eristeitä (kuva 8). Seinämät olisi hyvä pinnoittaa, sillä alumiinilaminaatti on pintamateriaalina hauras. Pinnoitukseen valikoitui 0,8 mm

vahva ruostumattomasta teräksestä valmistettu ohutlevy. Ohutlevyt on tarkoitus kiinnittää liimaamalla ja turvata liimakiinnitys ruuveilla.



KUVA 8. Muunneltu testitila

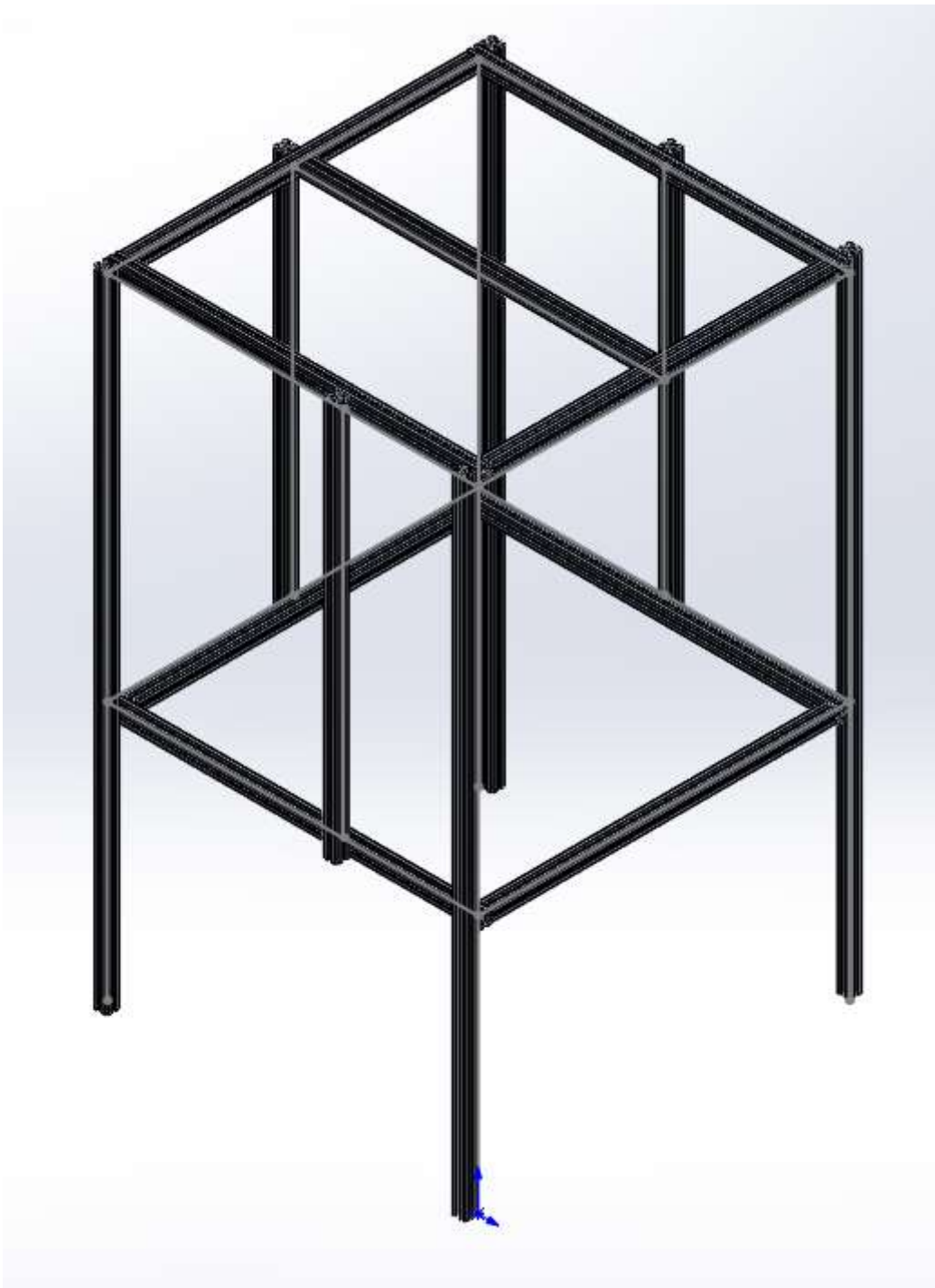
4.2 Eristäminen

Erillisen testitilan toimintaa varten oleellinen osa on sen eristäminen ympäristöstä, jottei ympäristön lämpö pääse sisään eikä testitilan oma sisälämpötila pääse poistumaan. Eristeeksi valittiin Finnfoamin FF-PIR ALK 70 -eristelevy. Eristeeksi oli myös ehdolla FF-WALL-tuote Finnfoamilta, mutta tämä osoittautui huonommaksi vaihtoehdoksi kuin valikoitunut, sillä FF-WALL ei ole tarkoitettu kestävään näin kovia lämpötiloja.

Eristelevyt soveltuvat erinomaisesti lämmöneristämiseksi ja sen lisäksi ne toimivat myös rakenteissa höyryn sulkuna, jolloin erillistä höytysulkukerrosta ei tarvita. Eristelevyjen pinnassa on diffuusiotiivis alumiinilaminaattipinta molemminpuolisesti. FF-PIR-eristelevyn lämmönjohtavuus on 0,022 - 0,023 W/mK. (9.)

4.3 Runko

Runkoon hyödynnetään toimeksiantajalta löytynyttä Item-alumiiniprofiilia. Profiilit ovat mallimerkiltään 8 ja mitoiltaan 40x40 mm. Valmiiksi löytyneet alumiiniprofiilit osoittautuivat rakenteeltaan ongelmallisiksi urien puuttumisen vuoksi. Runko muodostuu jalaksista ja profiilitasoista (kuva 9). Testitila lepää alemman tason profiilien päällä ja tila puristuu ylempää tasoa vasten. Testitilan seinämiä myöten kulkee profiilitankoja, joihin ohutlevyt on tarkoitus kiinnittää ruuveilla.



KUVA 9. Rungon 3D-malli

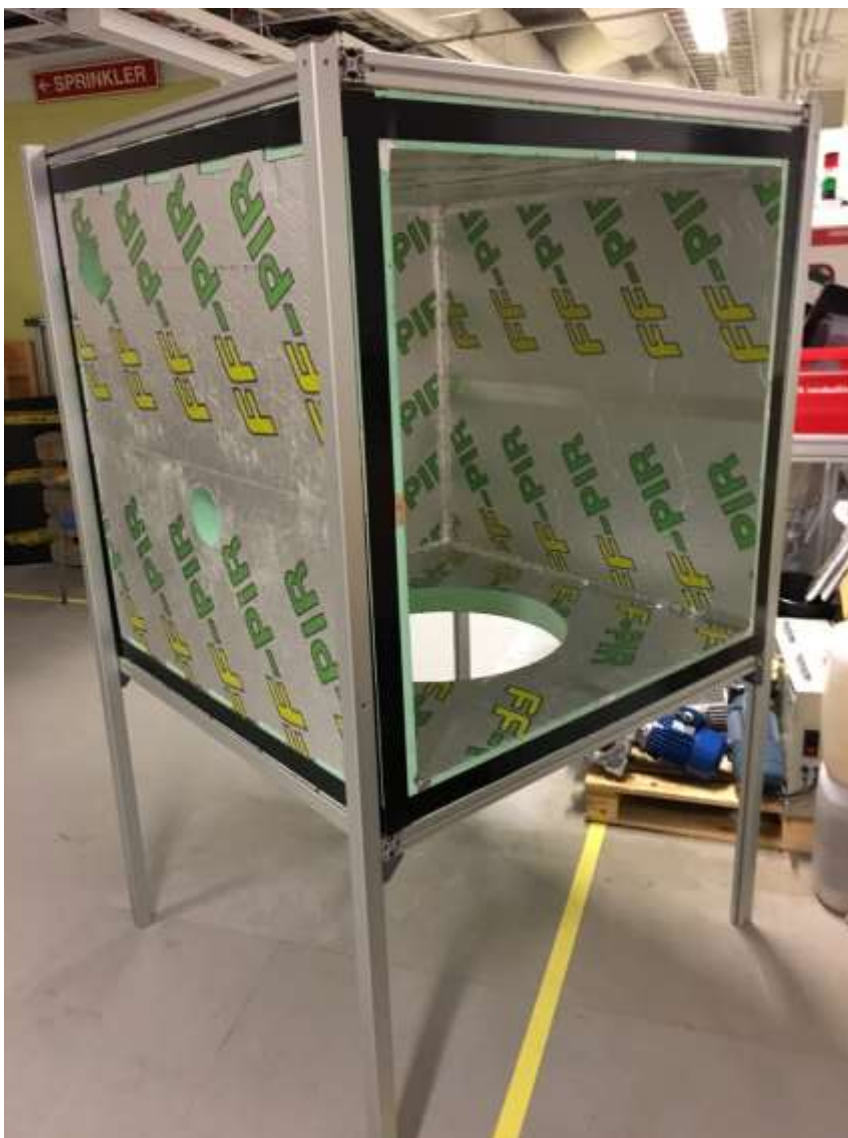
Oven runko on samanlaisista profiileista kasattu kehikko, jossa on sama periaate kuin varsinaisessa rungossa. Oven eristelevy tarvitsee rungon, sillä oven lukitsemiseen tarvittavia saranoita ja sulkukiinnitintä ei saada kiinnitettyä pelkkään eristelevyyn (kuva 10).



KUVA 10. Oven runko

4.4 Tärinätesterin ja erillisen sääkaapin testitilan liitännä

LDS V830 -tärinätesteri tulee testitilan alle (kuva 11). Testitila ja tärinätesterin testitaso eristetään huoneilmasta teknisellä kankaalla. Kangasta suunniteltiin väliin siksi, ettei tärinätestauksen toiminta häiriinny, eikä tärinätesteriin olisi kiinnitettynä ylimääräistä kiinteää lastia testattavan tuotteen lisäksi.

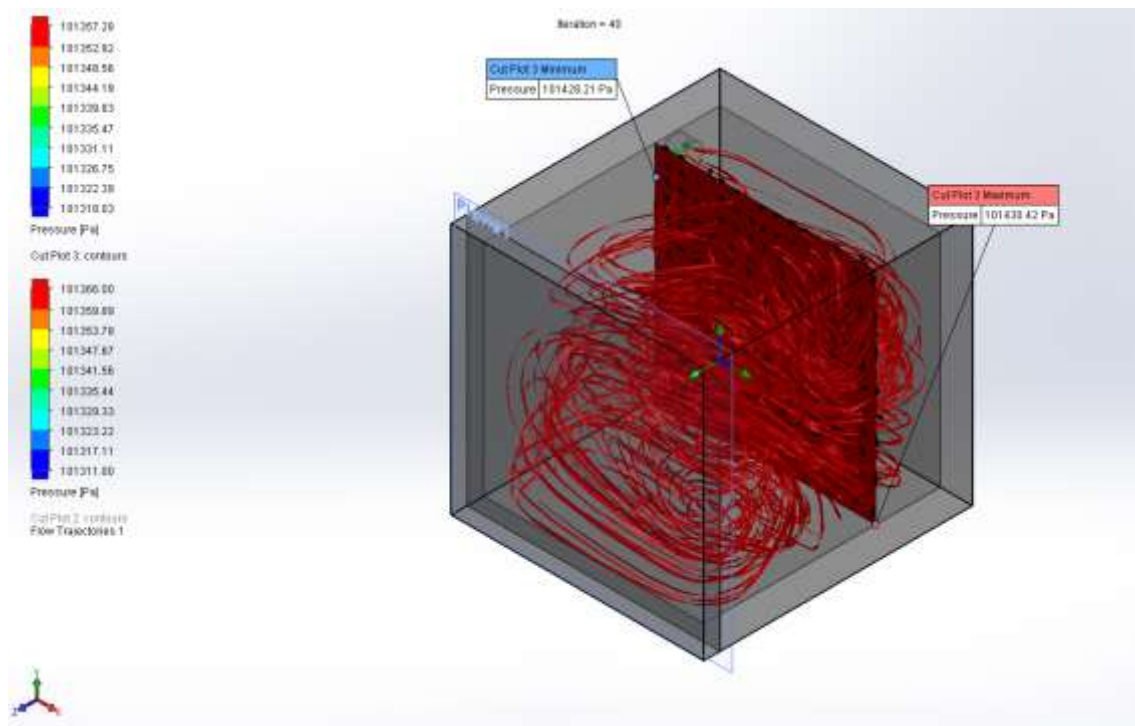


KUVA 11. Erillinen sääkaapin testitila

Kankaana eristämiseen toimisi silikonipintainen polyesterikangas, kuten TEXpro Oy:n TEX-662 PE, joka eristää mahdollisen kosteuden ja lämmön pitäen ne vain testitilassa. Kangas soveltuu $-40...+ 150$ °C lämpötiloihin. (10.)

5 ILMAVIRTAUKSEN SIMULOINTI

Lisäosatilan ilmapvirtauksen kulkua pyrittiin optimoimaan letkujen sijoituksella. Letkujen sijoituspaikoille oli useita vaihtoehtoja ja niistä tehtiin Solidworks-ohjelmalla Flow Simulation (kuva 12). Simuloinnin aikana huomattiin, että ilmassa on tasapaksu kaikissa tapauksissa eikä ongelmia tämän asian kanssa pitäisi syntyä.

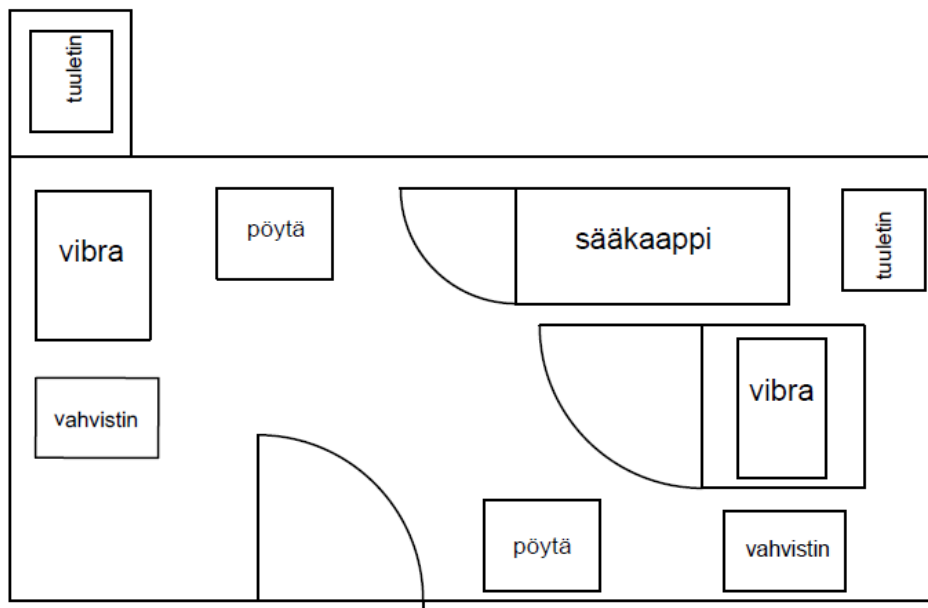


KUVA 12. Flow Simulation yksinkertaistetusta mallista

Simuloinnissa testitilaan syötettiin kuvan 12 tapauksessa 0,104 kg/s $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ilmaa noin keskikohdalta vasemmasta seinämästä ja ilma poistui staattiseen ilmaan saman seinämän yläkulmasta.

6 SIJOITTELUSUUNNITELMA

Työhuoneen tila tuli suunnitella niin, että sinne mahtuu tarvittava ohjaava sääkaappi, kaksi tärinätesterisysteemiä ja erillinen sääkaapin testitila (kuva 13). Kuvassa 13 näkyy huoneeseen sijoitettuna kaikki tarvittavat laitteistot ja toisen tärinätesterin ympärille on piirretty erillinen sääkaapin testitila. Sijoittelussa oli tarkoitus saada kaksi toimivaa tärinätestausyksikköä, joista toinen pystyy tekemään yhdistelmätestejä. Tärinätestausyksikkö tarvitsee tärinätesterin vahvistimen tuulettimen sekä tietokoneen, johon on kytketty ohjausyksikkö. Laitteiden jäähdytystuulettimet on sijoitettu syrjään meluhaittojen vähentämiseksi ja sääkaappi on sijoitettu yhdistelmätärinätesterin läheisyyteen.



KUVA 13. Pohjapiirustus tärinätestaushuoneesta

7 JATKOTOIMENPITEET JA KEHITYSKOhteet

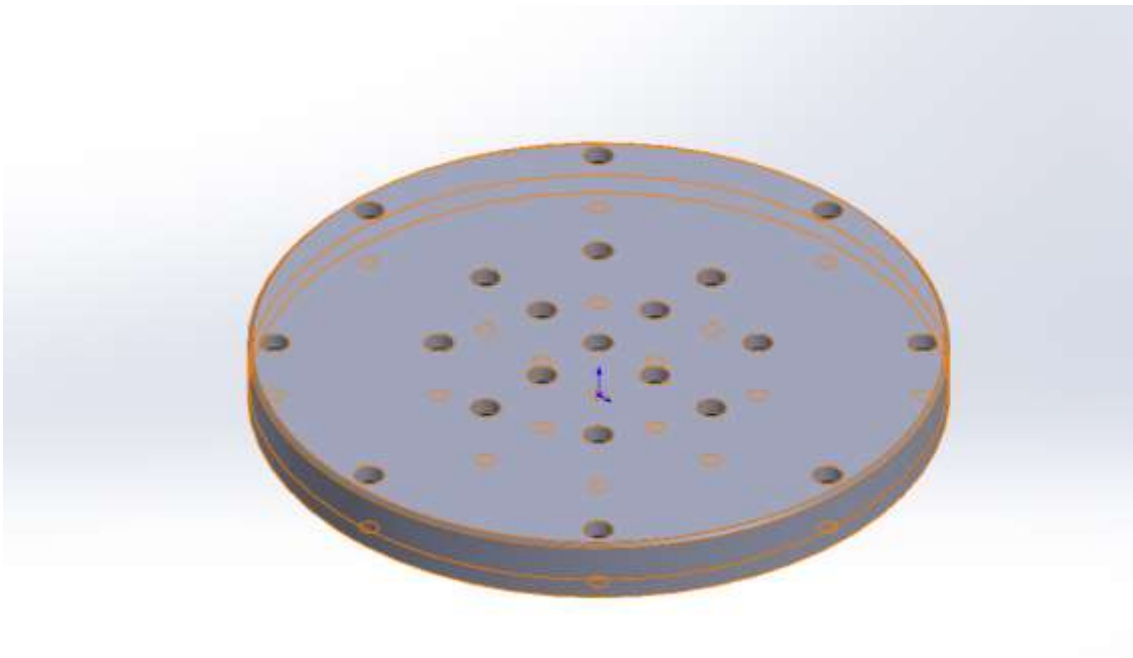
Erillisen testitilan käyttöön saamiseksi tulee tehdä hankintoja, jotta laitteisto voi toimia. Hankinnat on sovittu tehtäväksi jatkotoimenpiteinä.

7.1 Jatkotoimenpiteet

Seuraavana jatkotoimenpiteenä on sääkaapin muutostyöt. Muutostyöt sääkaapille ovat tarpeellisia, jotta se pystyy suorittamaan ISO 16750-3 -standardin mukaisen sääohjelman. Muutostyöt ostetaan ulkopuolelta niihin erikoistuneelta yritykseltä.

Hankittavina on ohutlevyt, eristävä tekninen kangas, eristekankaan kiinnittämiseen tarvittavat osat, uusi muovista valmistettu tärinätesterin taso sekä sulkukiinnitin oven sulkemiseen. Ohutlevyt tulevat suojaamaan hauraita alumiinilaminaattiseiniä sekä mahdollisesti myös tukemaan erilliseen testitilaan asennettavia laippoja. Tekninen kangas tarvitaan eristämään sisälämpötila sekä testiolosuhteet joustavalla tavalla. Eristekangas kiinnitetään testitilaan tärinätesterille tarkoitetun reiän seinämiin. Kiinnittämiseen on suunniteltu kaarevia palaisia, jotka muodostavat testitilan pohjassa olevan reiän kokoisen kehän. Kiinnityspalasten toiminta on tarkoitus testata pikamallintamalla. Tärinätesteriin eristekangas kiinnittyy tärinätesterin testaustasoon. Näiden lisäksi tulee hankkia sulkukiinnitin testitilan oven lukitsemiseen.

Testitaso voidaan valmistaa PE1000-muovista ja vähentää näin testitason jäähdyttämiseen tai lämmittämiseen tarvittavaa energiaa verrattuna nykyiseen alumiinitasoon. PE1000-muovin lämmönkesto on $-200...+80$ °C ja sen mekaaniset ominaisuudet ovat erinomaisia (11). Muovin lämmittämiseen tarvittava energia on noin 29 % pienempi kuin vastaavan kokoisen alumiinitason lämmittämiseen. Uudesta tärinätesterin tasosta tehtäisiin kaksiosainen. Osien väliin saadaan luotettavasti kiinnitettyä eristävä kangas. (Kuva 14.)

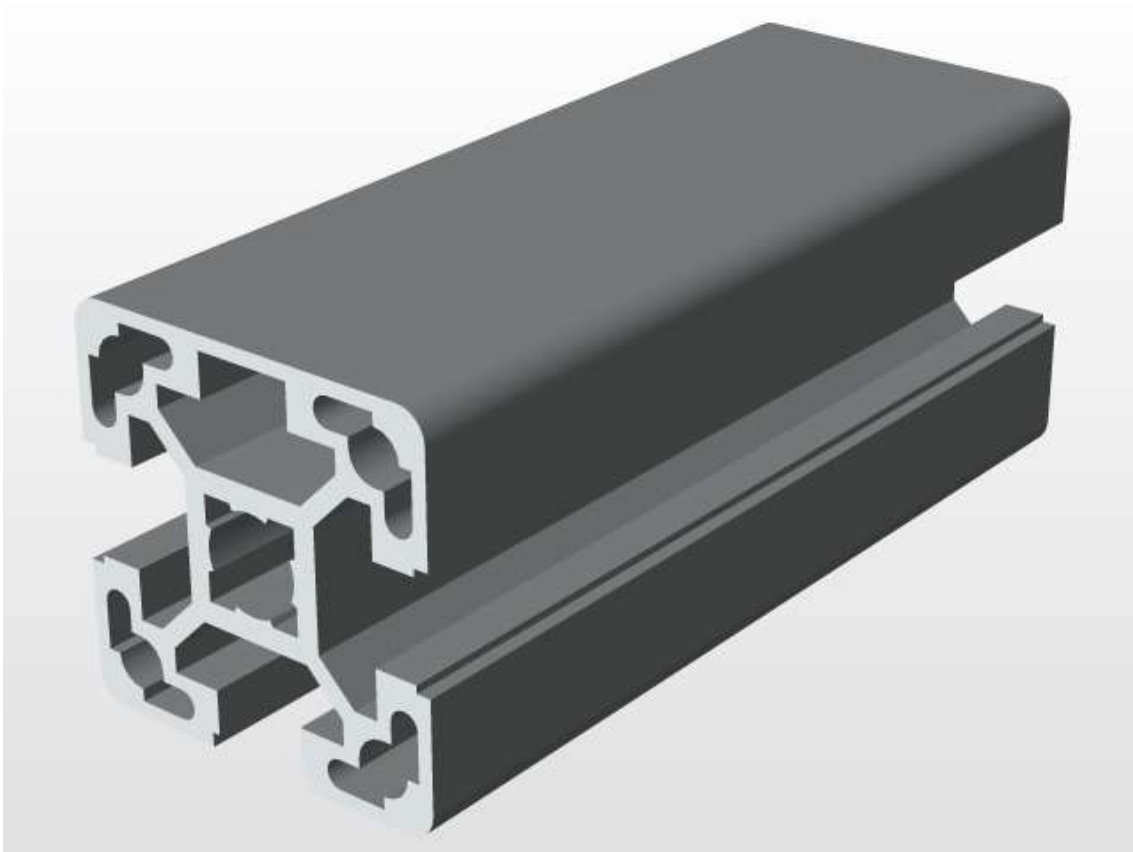


KUVA 14. Uusi tärinätesterin taso

7.2 Kehityskohteet

Laitteiston lopullista toimintaa ei ole päästy testaamaan, mutta sille on suunniteltu mahdollisia parannuksia. Kehityskohteita ovat rungon muutokset, eristekankaan kiinnittämiseen käytettävä kiinnitysvanne ja lisäeristeeksi Armaflex-eristematto.

Erillisen sääkaapin testitilan runkoon voi tehdä parannuksia. Osasta profiileista puuttui tälle profiilille tyypillinen ura (kuva 15) tai uria. Tästä aiheutui kompromisseja profiilien liittämässä, minkä vuoksi niitä on kiinnitetty toisiinsa eri tekniikoilla. Runkoa voisi kehittää helpommin purettavaksi ja koottavaksi esimerkiksi tekemällä jalakset sekä eristelevyjien rungon erikseen ja kiinnittää nämä rungot toisiinsa pikaliitoksin. Muutoksien avulla ei tarvitsisi koota kerralla yhtä isoa runkoa.



KUVA 15. Esimerkkitapaus profiilista, josta puuttuu kokoamista helpottava ura (12)

Eristekangas kiinnittyy usealla pienellä kiinnitinpalasella testaustilaan. Tätä kiinnitystapaa voi parantaa valmistamalla siitä yhden kokonaisen vanteen, jolloin koostamistyö vähenee.

Eristekangas pitää huoneilman ja testitilan ilman erillisinä eikä läpäise kosteutta. Jos sääkaappi ei pysty pitämään testitilan lämpötilaa standardin IEC60068-3-5 määrittelemissä rajoissa, voidaan sääkaapin ja tärinätesterin väliä lisäeristää Armaflex XG -eristemattolla. Armaflex XG -eristematto toimii jo sääkaapin ja erillisen sääkaapin letkujen eristeenä. Armaflex XG -eristematto on solukumieriste, jonka lämmön johtavuus on 0,036 W/mK. Sen lämpötila-alue on $-50 \dots +85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (13, s. 4).

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella lisärakenteet laitteiden Vötsch VCS 7027-15 -sääkaappi ja LDS V830 -tärinätesterisysteemi niin, että laiteyhdistelmä pystyy suorittamaan standardin ISO 16750-3 mukaisen testin. Tavoitteena oli tehdä työ konseptitasolla sekä tehdä testitilasta kosteustiivis.

ISO 16750 -standardin testeillä voidaan saada luottamusta tuotteen ympäristökelpoisuudesta ja kestävydestä (3, s. 2). Laboratorio-olosuhteissa testaamisessa on epävarmuutta, sillä todellisia ympäristörasituksia ei pysty täysin kopioida laboratorio-olosuhteissa (3, s. 2). Yhdistelmätestillä voidaan saada enemmän todellista tilannetta vastaavia vaikutuksia ja tuloksia testattavista tuotteista, mikä mahdollistaisi parempien palveluiden tarjoamisen asiakkaille.

Opinnäytetyössä lähdettiin liikkeelle tutkivasti: voidaanko laiteyhdistelmää yhdistelmätestejä varten tehdä. Tutkimistyössä selvitettiin, millä sääkaapilla pystytään tekemään standardin mukainen testi. Vötsch VCS 7027-15 -sääkaappi osoittautui parhaaksi ja sen käyttöaste yrityksen käytössä on alhaisin, sillä kaappi ei pysty hallitsemaan testitilan kosteutta ilman muutostöitä. Kosteudensäätelyä ei ISO 16750-3 -standardin testeissä vaadita, eikä kosteuden säätömuutostöitä olla hankkimassa sääkaappiin. Tärinätesterin toiminta ei häiriinny samalla tavoin kuin sääkaapin toiminta. Seuraavana tutkittiin sääkaapin käytöstä, jos sen testitilan tilavuutta kasvatetaan. Tulokseksi saatiin, että laiteyhdistelmä on muutostöillä mahdollinen ja parempi laiteyhdistelmä saadaan, jos erillinen testitila erotetaan omaksi yksiköksi. Muutostöiden yhteydessä erilliseen testitilaan asennetaan oma ohjaava anturointi, mikä mahdollistaa sääkaapin toiminnan uudessa testitilassa. Materiaalivalinnat spesifioivat laiteyhdistelmän toimimaan $-40...+80$ °C välillä.

Erillistä testitilaa lähdettiin valmistamaan konseptitasolla. Siihen suunniteltiin runko, eristeseinät, pintamateriaalit, tekninen kangas eristeeksi, kiinnittämiseen tarvittavat osat ja uusi tärinätesterin taso. Erillisen sääkaapin valmistaminen jäi kesken budjetillisistä syistä.

Ongelmakohtana voidaan laitteistossa pitää eristekangasta. Tärinätesterin lämmöntuotto on 1 kW. Koska erillinen sääkaappi ja tärinätesteri eivät ole täysin toisiaan vasten, täryttesterin tuottama lämpö ei vaikuta suoraan erilliseen sääkaappiin ja lämmön vaikutus on vain vähäinen. Tärinätesterin tuuletin imee ilmaa tärinätesterin läpi, minkä vuoksi todellista lämmön tuoton vaikutusta sääkaapin erilliseen testitilaan on vaikea arvioida. Tämä vaikutus voidaan mahdollisesti estää ohjaavan anturin sijainnin muutoksella. Mainittuun ongelmaan on myös kehitetty ratkaisu lisäeristää teknistä kangasta solukumieristeellä. Sääkaappi pystyy säättämään lämpötilaa, jos ohjaavalla anturilla saadaan mitattua tärinätesterin tuottama lämpö.

Työskentely ja toimiminen tilaajan tiloissa oli tuttua keväästä 2018 alkaneen työsuhteen vuoksi. Tilattu opinnäytetyö sisälsi tutkimustyötä, suunnittelua ja rakentamista. Selvitin toimeksiantajan laitteiden toimintaa ja työskennellessäni opin työhön liittyvistä materiaaleista kattavasti. Opin paljon Solidworksin Flow Simulation -ohjelmasta, kuten virtausanalyysien tekemisen. Lisäksi kädentaitoni kehittivät valmistaessani tarvittavia osia itse.

LÄHTEET

1. Test services 2017. Grant4com. Saatavissa: <https://www.grant4com.fi/services/test-services/>. Hakupäivä 19.1.2019.
2. Ympäristötestauskäsikirja. 2003. Kotel ry. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.
3. ISO 16750-3. 2012. Road vehicles – Environmental conditions and testing of electrical and electronic equipment. International Organization for Standardization ISO.
4. Qi, Haiyu – Osterman, Michael – Pecht, Michael 2009. A Rapid Life-Prediction Approach for PBGA Solder Joints Under Combined Thermal Cycling and Vibration Loading Conditions. Saatavissa: https://www.researchgate.net/profile/Michael_Pecht/publication/224565396_A_Rapid_Life-Prediction_Approach_for_PBGA_Solder_Joints_Under_Combined_Thermal_Cycling_and_Vibration_Loading_Conditions/links/5776813008ae4645d60d7a39/A-Rapid-Life-Prediction-Approach-for-PBGA-Solder-Joints-Under-Combined-Thermal-Cycling-and-Vibration-Loading-Conditions.pdf. Hakupäivä 4.5.2019.
5. Asennus- ja käyttöohje. 2000. Vötsch Industrietechnik.
6. LDS V830 and V850 Shaker Systems. Medium-Force Electrodynamic Vibration Systems. System Data. Brüel & Kjær. Saatavissa: <https://www.bksv.com/-/media/literature/Product-Data/bu3110.ashx>. Hakupäivä 12.3.2019.
7. Equipment Long Term Reliability. 2017. Center for Advanced Microsystems Packaging. Saatavissa: <http://epack.people.ust.hk/equipment/TC2.html>. Hakupäivä 17.2.2019

8. IEC 60068-3-5. 2018. Environmental testing - Part 3-5: Supporting documentation and guidance - Confirmation of the performance of temperature chambers. International Electrotechnical Commission IEC.
9. FF-PIR ALK ympäritäyspontatut eristelevyt. Finnfoam Oy. Saatavissa: <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/ff-pir/ff-pir-alumiinipintaiset/alk-tayspontti/>. Hakupäivä 17.2.2019.
10. TEX-662 PE. 2017. Tekniset tiedot. TEXpro Oy
11. UHMW-PE – Erittäin korkea molekyylipainoinen polyeteeni PE 1000. Aikolon Oy. Saatavissa: <https://www.aikolon.fi/tuotteet/perusmuovit/pe-1000>. Hakupäivä 11.5.2019.
12. 40X40 3N BR Aluminium Profile. 2016. KJN Aluminium Profiles. Saatavissa: <https://grabcad.com/library/40x40-3n-br-aluminium-profile-1>. Hakupäivä 11.5.2019.
13. Armaflex XG. Armacell Enterprise GmbH & Co. KG. Saatavissa: [http://www.armacell.com/WWW/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexXGLeafletFIN.pdf/\\$File/ArmaflexXGLeafletFIN.pdf](http://www.armacell.com/WWW/armacell/ACwwwAttach.nsf/ansFiles/ArmaflexXGLeafletFIN.pdf/$File/ArmaflexXGLeafletFIN.pdf). Hakupäivä 11.5.2019.