



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Toni Koskinen

**TAAJUUSMUUTTAJAN
PAINEENTASAIN**

Tekniikka ja liikenne

2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyönä Vacon Oyj:lle.

Yhdyshenkilönä Vacon Oy:ssä toimi Osmo Miettinen. Vaasan ammattikorkeakoulussa työtä ohjasi lehtori Timo Gröndahl.

Haluan kiittää ohjaajiani Timo Gröndahlia ja Osmo Miettistä.

Vaasassa 12.05.2012

Toni Koskinen

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

| | |
|--------------------|--------------------------------|
| Tekijä | Toni Koskinen |
| Opinnäytetyön nimi | Taajuusmuuttajan paineentasain |
| Vuosi | 2012 |
| Kieli | suomi |
| Sivumäärä | 41 + 5 liitettä |
| Ohjaaja | Timo Gröndahl |

Työn aiheena oli suunnitella Vacon Oyj:lle taajuusmuuttajaan liitettävä paineentasain. Tarve paineentasaimen suunnittelulle ilmeni tuotekehitysvaiheessa olevan ilmatiiviin taajuusmuuttajan sekä käyttöolosuhteiden asettamien vaatimusten seurauksena. Paineentasaimella on tarkoitus pitää taajuusmuuttajan ja ympäristön väliset paine-erot mahdollisimman pieninä.

Työ aloitettiin esitutkimusvaiheella, missä kartoitettiin paineentasaimen suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot, näiden tietojen perusteella voitiin määrittellä paineentasaimen koko. Paineentasaimen toimintaperiaate oli selvillä heti työn aloituksesta lähtien, paineentasaimen toiminta tuli perustumaan laitteen sisällä olevaan elastisen kalvon liikkeisiin paineen vaihteluiden mukana. Taajuusmuuttajan käyttöolosuhteet asettivat paineentasaimen rakenteen suunnittelulle erityisiä vaatimuksia, paineentasaimen oli oltava kosteustiivis, mutta ilman oli päästävä kulkeutumaan laitteen sisälle.

Lopputuloksena Vacon Oyj:lle toimitettiin suunnitelma paineentasaimen prototyypistä. Prototyypin suunnittelu toteutettiin Autodesk Inventor 2010 – ohjelmistolla. Prototyypillä Vacon pyrkii toteamaan laitteen toiminnan, sekä havaitsemaan mahdolliset puutteet sekä parannuskohteet.

| | |
|------------|--|
| Avainsanat | taajuusmuuttaja, paine, 3D-tuotesuunnittelu, suodattimet |
|------------|--|

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kone- ja tuotantotekniikka

ABSTRACT

| | |
|--------------------|--|
| Author | Toni Koskinen |
| Title | Pressure Equalizer for the Frequency Converter |
| Year | 2012 |
| Language | Finnish |
| Pages | 41 + 5 Appendices |
| Name of Supervisor | Timo Gröndahl |

The subject of this thesis was to design a pressure equalizer to be connected with Vacon's frequency converter. The need for this pressure equalizer appeared when designing the prototype of an airproof frequency converter and its operating conditions. The purpose of this pressure equalizer is to keep the pressure differences between the frequency converter and environment as small as possible.

The thesis was started with pre-examination where all needed information to design the pressure equalizer was verified. This information was used to determine the size of the pressure equalizer. The operating principle of the pressure equalizer was clear right from the start. The pressure equalizer contains elastic diaphragm that moves with pressure changes. The operating conditions of the frequency converter set special requirements for the design of the pressure equalizer. The objective was to make the pressure equalizer moisture proof, but air must be able to flow through.

In conclusion the drawings for the prototype of the pressure equalizer were delivered to Vacon. The prototype was designed using Autodesk Inventor 2010. The prototype will be used to verify correct operation and detect all possible faults and improvements.

| | |
|----------|---|
| Keywords | Frequency converter, pressure, 3D-product design, filters |
|----------|---|

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

LIITELUETTELO

| | |
|---|----|
| JOHDANTO | 9 |
| 1.1 Työn tavoitteet | 9 |
| 1.2 Työn eteneminen..... | 9 |
| 2 VACON OYJ..... | 10 |
| 2.1 Toiminnan laajentuminen | 10 |
| 2.2 Nykyhetki..... | 11 |
| 3 TAAJUUSMUUTTAJAT YLEISESTI | 12 |
| 3.1 Käytön hyödyt..... | 12 |
| 3.2 Tulevaisuus | 13 |
| 4 CAD-SUUNNITTELU | 14 |
| 4.1 3D-Tuotesuunnittelu | 14 |
| 4.2 Käytön hyödyt..... | 14 |
| 5 PAINEENTASAIN | 16 |
| 5.1 Suunnittelun lähtötiedot | 16 |
| 5.2 Laitteen toiminta ja rakenne | 16 |
| 6 SUUNNITTELUPROSESSI | 18 |
| 6.1 Esitutkimus | 18 |
| 6.1.1 Tilavuuden määrittäminen..... | 19 |
| 6.2 Luonnostelu | 21 |
| 6.2.1 Liittäminen taajuusmuuttajaan..... | 22 |
| 6.2.2 Palje ja elastinen kalvo..... | 25 |
| 6.2.3 Suojaputki | 26 |
| 6.2.4 Suodatin | 29 |
| 6.2.4.1 Suodatinkalvo | 30 |
| 6.2.4.2 Kosteutta poistavat suodattimet..... | 31 |
| 6.3 Protomallin suunnittelu..... | 34 |
| 7 YHTEENVETO | 40 |

| | |
|---------------------|----|
| LÄHDELUETTELO | 41 |
|---------------------|----|

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

| | |
|-------------|---|
| OEM | Alkuperäinen laitevalmistaja, omamerkkivalmistus |
| CAD | Tietokoneavusteinen suunnittelu |
| PMMA | Polymetyylimetakrylaatti, akryyli |
| PA | Polyamidi, nylon |
| PTFE | Polytetrafluorieteeni, teflon |

LIITELUETTELO

LIITE 1. Tilavuuden lämpölaajeneminen

LIITE 2. DC-2 – suodattimen tuote-esite

LIITE 3. ACL93R – suodattimen tuote-esite

LIITE 4. T.R.A.P. – suodattimen tuote-esite

LIITE 5. Etra – akryyliputkien tuote-esite

JOHDANTO

Taajuusmuuttajien käytön lisääntyessä ja käyttöolosuhteiden koventuessa, Vacon haluaa tuoda markkinoille lisälaitteen, millä pystytään ratkaisemaan osa käyttöolosuhteiden asettamista rajoitteista.

Työhön kuului erilaisten rakenne- sekä suodatinvaihtoehtojen selvittämistä. Paineentasaimen suunnittelussa käytettiin apuna Autodesk Inventor 2010-ohjelmistoa. Lopputuloksena saadusta prototyypistä toimitettiin asiakkaalle tarvittavat työkuvat.

1.1 Työn tavoitteet

Vaconin tuotevalikoimista on puuttunut taajuusmuuttaja, joka olisi neutraali paineenvaihteluille. Asia on päätetty ratkaista suunnittelemalla paineentasain, jolla käyttöolosuhteiden aiheuttamat paineenvaihtelut voitaisiin neutraloida. Paineentasaimesta suunnitellaan prototyyppi, jolla laitteen toiminta pyritään testaamaan. Vaconin tuotevalikoimiin kuuluu eri kokoluokan laitteita ja paineentasaimesta on tarkoitus valmistaa tuote, mikä olisi liitettävissä kaikkiin Vaconin taajuusmuuttajiin.

1.2 Työn eteneminen

Työ lähti liikkeelle esitutkimusvaiheella, jossa pyrittiin kartoittamaan paineentasaimen suunnitteluun tarvittavat arvot. Lisäksi samaan aikaan etsittiin erilaisia suunnittelussa mahdollisesti hyväksi käytettäviä komponentteja, kuten liittimiä sekä suodattimia. Suunnittelun lähtökohtana käytettiin tuotekehitysvaiheessa olevaa taajuusmuuttajaa, mistä saatujen arvojen perusteella erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja paineentasaimen toteuttamiseksi lähdettiin kartoittamaan.

2 VACON OYJ

Yritys on perustettu vuonna 1993, jolloin 13 entistä ABB Industry Oy:n työntekijää perustivat Vaasa Control Oy:n. Ensimmäisen tuotesukupolven, Vacon CX:n tuotekehitys aloitettiin syksyllä 1993, ja ensimmäiset laitteet tuotiin myyntiin vuonna 1995. Ensimmäiset suuren kokoluokan laitteet toimitettiin Seikun Sahalle (nykyisin osana UMP-konsernia) Poriin (**Kuva 1.**). Samana vuonna vietettiin Vaasa Controlin Vaasan tehtaan avajaisia.



Kuva 1. Vacon CX – sarjan taajuusmuuttaja

2.1 Toiminnan laajentuminen

Vuonna 1995 perustettiin ensimmäinen tytäryhtiö Vacon GmbH Saksaan. Tästä alkoi yrityksen laajentuminen. Vaasa Control solmi OEM- ja Brand label -sopimuksia maailmanlaajuisten yritysten kanssa. Näihin lukeutuu muun muassa OEM-sopimus hissivalmistaja Schindlerin kanssa sekä Brand label – sopimus Honeywell Inc:n kanssa.

Vuosi 2000 oli merkittävä vuosi Vaasa Controlille. Yritys tuo markkinoille toisen sukupolven Vacon NX – tuotteet, sekä Vaasa Control listautuu pörssiin, jolloin yrityksen nimi muuttuu Vaasa Control Oy:stä Vacon Oyj:ksi.

2.2 Nykyhetki

Vacon on kasvanut yhdeksi maailman tunnetuimmista taajuusmuuttajavalmistajista. Vaconin tuotekehitys ja tuotantoyksiköt sijaitsevat Suomessa, Kiinassa, Yhdysvalloissa ja Italiassa. Lisäksi Vacon on perustanut tytäryhtiöitä muun muassa Ranskaan ja Etelä-Koreaan. Vaconin tuotteilla on maailmanlaajuinen edustus, myyntikonttoreita on 27:ssä eri maassa.

Vaconin kilpailuvaltteja ovat keskittyminen pelkästään taajuusmuuttajiin sekä monikanavamyynti. Keskittymällä ainoastaan taajuusmuuttajiin Vacon pystyy tarjoamaan asiakkailleen asiantuntevaa ja jatkuvasti kehittyvää palvelua. Monikanavamyynti kattaa muun muassa laitevalmistajia, brand label – ja loppuasiakkaita. /9/



Kuva 2. Vacon Oyj

3 TAAJUUSMUUTTAJAT YLEISESTI

Taajuusmuuttaja on laite, joka kytketään sähköverkon ja koneen välille. Taajuusmuuttaja mahdollistaa portaattoman moottorin pyörimisnopeuden ja vääntömomentin säätelyn. Taajuusmuuttajan yleisin käyttökohde onkin liittäminen sähkömoottorin tai generaattorin ja sähköverkon välille tilanteissa, joissa ohjausvaatimukset sekä käyttöolosuhteet vaihtelevat.

Taajuusmuuttajat jaetaan kahteen päätyyppiin, välipiirillisiin ja suoriin. Nämä kaksi eroavat toisistaan siinä, että välipiirilliset taajuusmuuttajat muuttavat sähkönsä ensin tasasähköksi, ja siitä takaisin vaihtosähköksi. Suorat taajuusmuuttajat muuttavat sähkönsä puolijohdekytkimiä avuksi käyttäen suoraan halutun taajuiseksi ja jännitteiseksi vaihtosähköksi. /4, 48–51/

Taajuusmuuttajan rakenne on hyvin yksinkertainen. Taajuusmuuttaja sisältää hyvin vähän mekaanisia osia.

3.1 Käytön hyödyt

Liitettäessä sähkömoottori sähköverkkoon, sähköverkon taajuus määrää moottorin pyörimisnopeuden. Sähkömoottorin pyörimisnopeutta voidaan kuitenkin säätää käyttämällä esimerkiksi vaihteistoa, tällöin säätö on kuitenkin asteittaista. Taajuusmuuttajalla säädellään sähkönsä taajuutta, jolloin saavutetaan portaaton pyörimisnopeus. Taajuusmuuttajien käyttö onkin yleistynyt siitä saavutettavien hyötyjen ansiosta. Yhtenä merkittävimpänä tekijänä on taajuusmuuttajien käytöllä saavutettu energian säästö. Taajuusmuuttajaa käytettäessä sähkömoottoria voidaan käyttää aina tilanteen vaatimalla nopeudella sekä momentilla. Tällöin moottoriin kohdistuu vähemmän rasituksia ja moottorin käyttöikä pitenee. Taajuusmuuttajien käytöllä päästään lisäksi parempaan tarkkuuteen, mikä on huomattu monissa koneellisesti hoidetuissa tarkkuutta vaativissa tehtävissä kuten kokoonpanolinjastoissa. /7/

3.2 Tulevaisuus

Teollisuudessa taajuusmuuttajia on käytetty jo useita vuosia, ja se onkin nykyisin sähkökäyttötekniikan olennainen osa. Taajuusmuuttajia on käytössä isoista automaatiolinjoista yksittäisiin moottoreihin, mutta käyttökohteita löytyy myös arkipäiväisistä koneista ja laitteista, kuten hisseistä ja liukuportaista. Etenkin suomalainen metsä- ja paperiteollisuus on ollut merkittävässä osassa taajuusmuuttajien kehityksessä. Tulevaisuus asettaa omat haasteensa taajuusmuuttajien kehitykselle. Kasvava kiinnostus aurinko- ja tuulivoimaa kohtaan avaavat markkinoita, joista taajuusmuuttajavalmistajat tulevat käymään kovaa kilpailua. /7/



Kuva 3. Vacon NXP – sarjan taajuusmuuttaja

4 CAD-SUUNNITTELU

CAD-suunnittelu on työtä, jossa tietokonetta apuna käyttäen luodaan teknisiä dokumentteja. CAD-suunnittelun lähtökohdat ulottuvat 50- ja 60-luvuille. Tällöin kehitettiin ensimmäiset tietokoneavusteisen suunnittelun menetelmät. CAD-suunnittelu yleistyi 90-luvun alkupuolella, kun nopeasti kehittyvät ohjelmistot syrjäyttivät käsin piirtämisen. CAD-suunnittelun hyödyt tulivat ilmi alentuneina suunnittelukustannuksina sekä työhön käytetyn ajan lyhentymisenä. CAD-suunnittelu onkin lähes korvaamaton apuväline tämän päivän insinöörien ja arkkitehtien työssä. /3/

4.1 3D-Tuotesuunnittelu

3D-mallinnus on nykypäivänä käytössä lähes kaikessa teknisessä suunnittelussa. CAD-suunnittelussa 3D-mallit otettiin käyttöön 80-luvulla. 3D-suunnittelulla saavutetaan monia hyötyjä. Suunnitteluprosessista saadaan nopeampi ja tarkempi. Tuotetta on mahdollista tarkastella lopullisessa muodossaan, jolloin mahdolliset virheet voidaan havaita jo mallinnusvaiheessa ennen kuin tuote on päätenyt tuotantoon. Isojenkin kokoonpanomallien hallinta on helppoa. 3D-mallien avulla suunnittelijan on helpompi hahmottaa isojenkin kokoonpanojen rakenne, kun osia voidaan tarkastella niiden oikeassa koossa. Koska 3D-mallit ovat matemaattisesti määriteltyjä, mahdottomien muotojen luominen on käytännössä mahdotonta. Tällöin oikein rakennetun 3D-mallin muuteltavuus määriteltyjen parametrien avulla on helppoa suunnittelun edetessä. /3/

4.2 Käytön hyödyt

Asiakasyritykselle 3D-suunnittelu näkyy parantuneena tuotantoprosessina. Asiakkaalle päättyvä tuote on laadultaan parempi, kun pienet virheet on saatu poistettua ennen kuin asiakas saa tuotteen käsiinsä. 3D-malleista on myös mahdollista tuottaa asiakkaalle esimerkiksi markkinointimateriaalia. 3D-

suunnittelun hyödyt 2D-suunnitteluun verrattuna ovat lähes kiistattomat, siksi 3D-mallinnus on syrjäyttänyt 2D-piirtämisen lähes kokonaan. /3/

5 PAINEENTASAIN

Paineentasaimen tehtävänä on säilyttää taajuusmuuttajan sisäinen paine ihanteellisena taajuusmuuttajan toimintaa silmällä pitäen. Paineentasaimen toiminta-ajatus on samankaltainen kuin valmiiden paineensäädinten. Paineentasaimessa ei kuitenkaan ole paineen säätöön tarkoitettuja venttiileitä, joten käyttäjä ei voi vaikuttaa säädettävään paineeseen. Paineentasaimen tarkoituksena ei olekaan mahdollistaa käyttäjälle taajuusmuuttajan sisäisen paineen säätämistä. Paineentasaimen tarkoituksena on pitää taajuusmuuttajan ja ympäristön väliset paine-erot pieninä.

5.1 Suunnittelun lähtötiedot

Laitteen käyttöympäristön lämpötilan vaihtelu ΔT määriteltiin 100 °C, alkaen -40 °C. Paineen vaihtelun tarkastelun lähtökohtana oli, ettei paine vaihtele kuin maksimissaan 0,1 baria. Paineen vaihtelu määräytyy osaksi käyttölämpötilan, mutta myös käyttöpaikan mukaan. Käyttöpaikat voivat vaihdella muutaman sadan metrin syvyydestä jopa kolmen kilometrin korkeuteen. Lähtötietojen perusteella oli selvittävä kuinka paljon tilavuus sekä ilmanpaine vaihtelevat eri ääriolosuhteiden välillä verrattuna normaalissa käyttöolosuhteessa vallitsevaan ilmanpaineeseen. Saatujen tulosten perusteella pyritään valitsemaan paras mahdollinen rakennevaihtoehto sekä materiaalit.

5.2 Laitteen toiminta ja rakenne

Yrityksen puolelta toiveena oli, että laitteen toiminta perustuisi elastiseen materiaaliin mikä reagoisi paineen vaihteluihin. Elastinen materiaali voi olla esimerkiksi palje tai kalvo, mikä kiinnitettynä laitteeseen paisuu ja supistuu, tai liikkuu edestakaisin paineenvaihteluiden mukana. Paineentasaimen vaatimuksina oli mahdollisimman yksinkertainen ja tiivis rakenne. Paineen vaihteluiden lisäksi oli tutkittava jos mahdollinen veden kondensoituminen laitteen sisälle olisi estettävissä. Vertailun vuoksi tutkittiin myös valmiiden paineensäätöventtiilien käyttömahdollisuutta. Eteen tuli muutamia ongelmia minkä johdosta paineensäätöventtiilit jätettiin pois tutkimuksista. Ensimmäinen eteen tullut

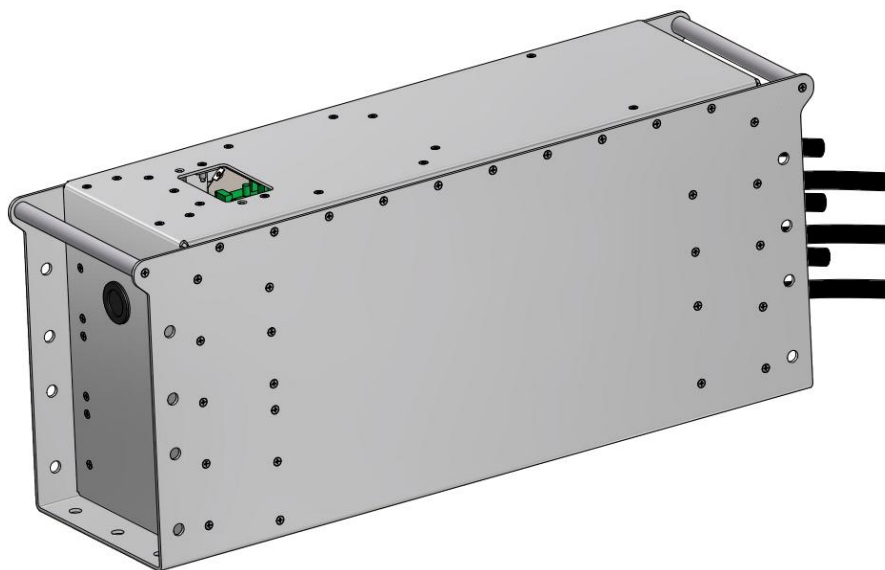
ongelma paineensäätöventtiileissä oli läpikulkevan ilman suodatus. Monissa paineensäätimissä olevien suodattimien suodatusaste ei ole tarvittavien vaatimusten mukainen tai suodatusta ei ollut ollenkaan. Yhtenä vaatimuksena oli estää veden kondensoituminen, ja tähän ongelmaan ei löytynyt valmista paineensäätöventtiiliratkaisua. Muita esiin tulleita ongelmia oli muun muassa paineensäätimien vaatimat käyttöpaineet. Useissa paineensäätöventtiileissä käyttöpaineet olivat niin korkeita, ettei paineensäätöventtiili reagoi tarvittavalla herkkyydellä ilmanpaineen muutokseen. Käyttöolosuhteet asettavat muitakin rajoituksia paineensäätöventtiilien käytölle, muun muassa taajuusmuuttajan käyttöolosuhteiden lämpötilat saattavat olla venttiilivalmistajien suositusten ulkopuolella.

6 SUUNNITTELUPROSESSI

Vaconin taajuusmuuttajia on käytössä ympäri maailmaa vaihtelevissa käyttöolosuhteissa. Käyttöolosuhteet asettavat omat vaatimuksensa taajuusmuuttajille, muun muassa tiivistyksen osalta. Vaconin myydyimmät tuotteet ovat IP-luokissa 21 ja 54, tällä hetkellä tuotekehityksen kohteena on laite, jonka IP-luokitus tulisi olemaan korkeampi, jopa IP68. Tällöin ongelmaksi saattavat muodostua taajuusmuuttajan ja ympäristön väliset paine-erot ja näiden vaikutukset taajuusmuuttajan toimintaan. Paine-erojen tasaamiseksi on suunnitteilla taajuusmuuttajaan liitettävä paineentasain.

6.1 Esitutkimus

Suunnittelu aloitettiin kartoittamalla käyttöolosuhteiden ääripäät. Näiden tietojen perusteella voitiin aloittaa paineentasaimen suunnittelu. Lähtökohtana paineentasaimen määrittämiseen käytettiin tuotekehitysvaiheessa olevaa taajuusmuuttajaa (**Kuva 4**).



Kuva 4. Mitoituksen lähtökohtana olevan taajuusmuuttajan 3D-malli

6.1.1 Tilavuuden määrittäminen

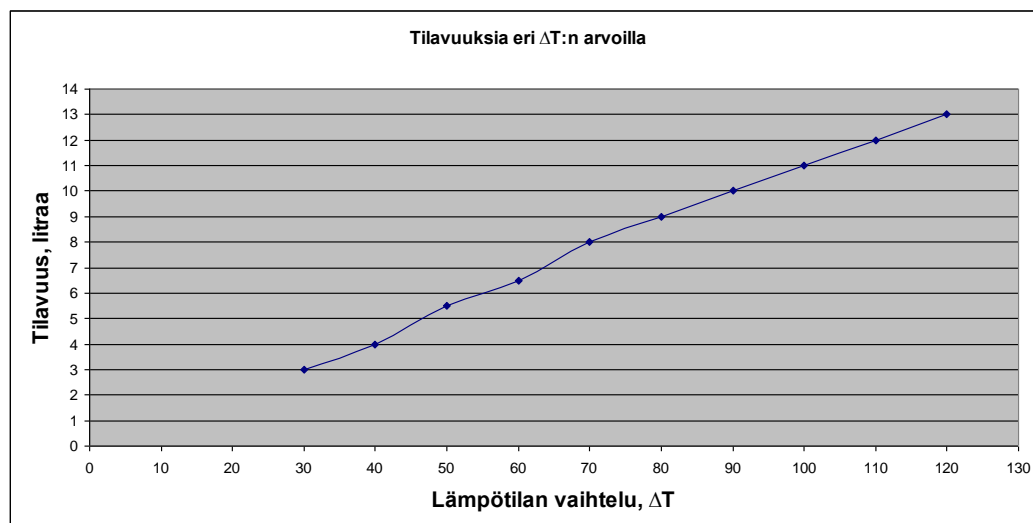
Taajuusmuuttajan tilavuuden määrittämiseksi apuna käytettiin olemassa olevaa 3D-kokoonpanomallia. Ensimmäisenä oli selvitettävä koko laitteen tilavuus, joka saatiin laskemalla ulkokuorien sisään jäävä tilavuus. Tilavuudeksi saatiin noin 67 litraa. Seuraavaksi kokoonpanon osaluettelosta ajettiin Excel-tilaukko (**Kuva 5**), johon oli määritelty näkymään käytettyjen osien tilavuudet. Näiden osien yhteenlasketuksi tilavuudeksi saatiin noin 28 litraa. Koko laitteen tilavuudesta vähentämällä käytettyjen osien yhteen lasketut tilavuudet, saatiin laitteen sisällä kiertävän ilman tilavuus.

| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION | ENGINEER | FILE NAME | MATERIAL |
|-------|-----|--------------------------------------|---------------------------------|--|-----------------|----------|
| 1 | 1 | FW6052 Mod | | FW6052 Mod.ipt | Aluminum-6061 | |
| 2 | 12 | HydraSilmu_1 | HydraSilmu | HydraSilmu_1.ipt | Polycarbonate | |
| 3 | 3 | Skip3 | Skip | Skip3.ipt | PVC-U | |
| 4 | 1 | FW60062 | | FW60062.ipt | Galvanized Ste | |
| 7 | 1 | FW60053 | | FW60053.ipt | Galvanized Ste | |
| 8 | 1 | FW60064 | | FW60064.ipt | Polycarbonate | |
| 10 | 6 | FW70026 | | FW70026.ipt | Copper | |
| 10 | 1 | FW70111 | | FW70111.ipt | PVC-U | |
| 11 | 1 | M60041 | | M60041.ipt | PVC-U | |
| 12 | 1 | SAH000AL1260 | | SAH000AL1260.ipt | PVC-U | |
| 13 | 1 | FW60060 | Korkkatku | FW60060.ipt | PVC-U | |
| 14 | 12 | Shared_Shared_korkika_5 | | Shared_Shared_korkika_5.ipt | Aluminum-6061 | |
| 17 | 12 | FW60061 | | FW60061.ipt | PVC-U | |
| 18 | 1 | FW60052 Mod | Yläosa | FW60052 Mod.ipt | PVC-U | |
| 19 | 1 | FW60068 Mod | Alusosa | FW60068 Mod.ipt | PVC-U | |
| 22 | 1 | PC05487 | Diivertarit | PC05487.ipt | PVC-U | |
| 23 | 1 | PC05525 | Mittakartti oika | PC05525.ipt | PVC-U | |
| 24 | 3 | Shared_Shared_89_korttanka_89_1 | 89 korttanka | Shared_Shared_89_korttanka_89_1.ipt | PVC-U | |
| 25 | 1 | 44F11020W49K | Jarrut | 44F11020W49K.ipt | PVC-U | |
| 26 | 4 | FP00050 | Puhkainvatsa | FP00050.ipt | PVC-U | |
| 33 | 3 | Shared_Shared_89_saspuhalli_89x89x32 | 89 Saspuhalli | Shared_Shared_89_saspuhalli_89x89x32.ipt | PVC-U | |
| 34 | 5 | FW60103 | Mutteritervy | FW60103.ipt | Copper | |
| 36 | 1 | 3Inaripa_oh_engine_ver_3 | 3Inaripa_oh_engine_ver_3 | 3Inaripa_oh_engine_ver_3.ipt | Aluminum-6061 | |
| 38 | 30 | Shared_Shared_jarruunimi_oh3 | | Shared_Shared_jarruunimi_oh3.ipt | Steel-Mild | |
| 39 | 1 | 3Inkko_jarru | Jarru Pluksiko | 3Inkko_jarru.ipt | Copper | |
| 40 | 5 | kaapelikeria 50m2 | kaapelikeria 50m2 | kaapelikeria 50m2.ipt | Copper | |
| 43 | 1 | zyvostolienieriste | Syövostolienieriste | zyvostolienieriste.ipt | Nylon-6/6 | |
| 44 | 1 | _3Inkko_jarru | Jarru Niiskusko | _3Inkko_jarru.ipt | Copper | |
| 45 | 7 | ISO 8673 - M6 x 1 | Hexagon nut | ISO 8673 - M6 x 1SPS-6N.ipt | Stainless Steel | |
| 46 | 23 | ISO 887 - A6 | Washer | *Wares* | Steel-Mild | |
| 47 | 15 | DNV 128 - A6 | Spring Washer | *Wares* | Steel-Mild | |
| 48 | 2 | DNV 6912 - M10 x 16 | Lenkikananen kuusoruuti | DNV 6912 - M10 x 16_kuusoruuti.ipt | Steel-Mild | |
| 49 | 1 | oh_engine_ltd_3 | Oh_engine_ltd_3 | oh_engine_ltd_3.ipt | Steel-Mild | |
| 49.1 | 1 | oh_engine_A4_3_rev2 | | oh_engine_A4_3_rev2.ipt | Stainless Steel | |
| 49.5 | 4 | 3Inaripa | 3Inaripa | 3Inaripa.ipt | Stress-Corr-T88 | |
| 49.8 | 6 | 0967-770-40 | häkötystiivesteen mutteri M40 | 0967-770-40.ipt | Steel-Mild | |
| 49.9 | 1 | GM29 TRE V-O | Lapoverkumi | GM29 TRE V-O.ipt | Rubber | |
| 49.10 | 6 | 0967-760-40 | häkötystiivesteen vedospesä M40 | 0967-760-40.ipt | Steel-Mild | |
| 49.12 | 58 | MS-FX40AL | | MS-FX40AL.ipt | Steel-Mild | |
| 49.15 | 1 | O-Ringansauha | O-Ringansauha | O-Ringansauha.ipt | Rubber | |
| 49.16 | 4 | 0967-760-20 | häkötystiivesteen mutteri M20 | 0967-760-20.ipt | Steel-Mild | |
| 49.17 | 4 | 0967-770-20 | häkötystiivesteen mutteri M20 | 0967-770-20.ipt | Steel-Mild | |
| 51 | 1 | Pohjatalu_2 | Pohjatalu 2 | Pohjatalu_2.ipt | Nylon-6/6 | |
| 52 | 1 | ISO 8679 - M6x1 | Hexagon nut | ISO 8679 - M6 x 1ISO.ipt | Stainless Steel | |
| 54 | 12 | DNV 6912 - M6 x 16 | Cylinder Head Cap Screw | DNV 6912 - M6 x 16.ipt | Steel-Mild | |
| 54 | 2 | DNV 6912 - M6 x 25 | Cylinder Head Cap Screw | DNV 6912 - M6 x 25.ipt | Steel-Mild | |
| 55 | 11 | ISO 887 - A6 | Washer | ISO 887 - A6.ipt | Steel-Mild | |
| 56 | 4 | DNV 128 - A6 | Spring Washer | DNV 128 - A6.ipt | Steel-Mild | |
| 57 | 1 | oh_engine_assembly_Harness3 | oh_engine_assembly_Harness3 | oh_engine_assembly_Harness3.ipt | Copper | |
| 58 | 1 | oh_engine_assembly_Harness4 | oh_engine_assembly_Harness4 | oh_engine_assembly_Harness4.ipt | Copper | |
| 59 | 1 | Jarrukisko | Jarrukisko | Jarrukisko.ipt | Copper | |
| 60 | 3 | FW60103 | WBT Aluski | FW60103.ipt | Copper | |
| 62 | 7 | ISO 4034 - M6 | Hexagon nuts | ISO 4034 - M6ISO.ipt | Steel | |
| 63 | 2 | DNV 6912 - M6 x 16 | Cylinder Head Cap Screw | DNV 6912 - M6 x 16.ipt | Steel-Mild | |
| 64 | 1 | Jarrukisko_musakisko | Jarrukisko Musakisko | Jarrukisko_musakisko.ipt | Copper | |
| 66 | 1 | 3Inaripienieriste_oika | Oika 3Inaripienieriste | 3Inaripienieriste_oika.ipt | Polycarbonate | |

Kuva 5. Excel-tilaukkojen luominen Autodesk Inventor – ohjelmassa

Tilavuuksien erotukseksi saatiin noin 39 litraa. Laite sisältää kuitenkin paljon erikokoisia kaapeleita joiden 3D-malleja ei ollut saatavilla, joten näiden tarvitsema tilavuus oli arvioitava. Lopulliseksi tilavuudeksi arvioitiin noin 30 litraa.

Seuraavaksi oli selvitettävä kuinka paljon paine ja lämpötilat vaikuttavat laitteen tilavuuteen. Tilavuutta määriteltäessä prosessin ajateltiin olevan isobaarinen prosessi, jolloin taajuusmuuttajan sisäisen paine pysyy vakiona, mutta lämpötila ja tilavuus muuttuvat (LIITE 1). Prosessin voidaan ajatella olevan isobaarinen, koska paineentasaimella on tarkoitus pitää taajuusmuuttajan paine-erot ympäristöön nähden pienenä ilman, että ulkoiset olosuhteet vaikuttavat paineeseen. Tällöin ei ole tarvetta selvittää painetta käyttölämpötilojen kummassakin ääripäässä, ja tutkia näiden vaikutusta tilavuuteen. Paineentasaimen tilavuuden määrittämiseen riittää kun määritellään lämpötilan vaihtelu, ΔT . Lähtötiedoissa annetun ΔT :n arvolla 100 °C, saatiin paineentasaimen tilavuudeksi noin 11 litraa. Vertailun vuoksi tutkittiin tilavuuksia myös muilla ΔT :n arvoilla, alkaen ΔT :n arvosta 30 °C, kymmenen asteen välein päätyen ΔT :n arvoon 120 °C. Saaduista likimääräisistä arvoista muodostettiin kuvaaja (**Kuva 6.**), josta huomattiin, että tilavuus kasvaa lineaarisesti lämpötilan muutokseen nähden.



Kuva 6. Tilavuudet eri lämpötiloissa.

Koska paineentasaimen tarvitsema tilavuus oli annetulla ΔT :n arvolla merkittävä, päätettiin paineentasaimen mitoittaa pienemmäksi ja tekemällä liitännät siten, että laitteita voitaisiin kytkeä monta rinnakkain. Mitoituksen lähtökohtana käytettävä taajuusmuuttaja sijoittuu Vaconin tuotevalikoimassa keskikoon laitteisiin, joten rinnakkain kytkettävät ratkaisut ovat paremmin sovellettavissa myös muihin taajuusmuuttajakokoihin. Paineentasaimen pienemmästä koosta on erityisesti

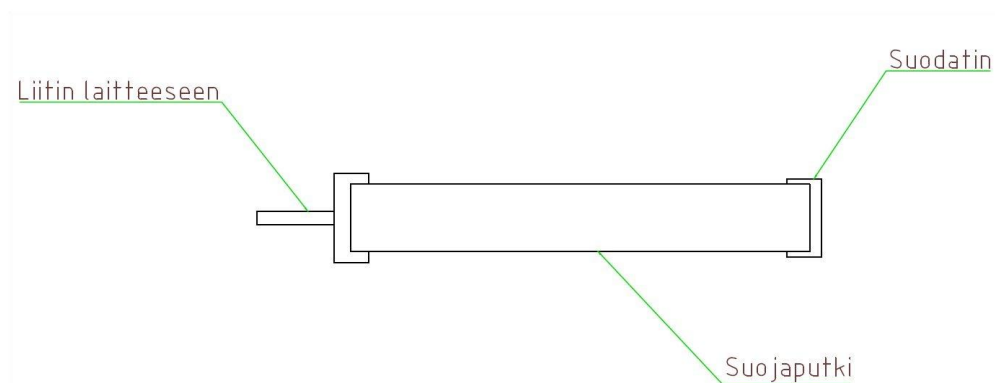
hyötyä silloin, kun paineentasain liitetään pienemmän kokoluokan taajuusmuuttajaan, tai käyttöolosuhteet eivät vaadi paineentasaimelta kovin suurta tilavuutta.

6.2 Luonnostelu

Toiveena oli, että paineentasain olisi rakenteeltaan mahdollisemman yksinkertainen ja laite pitäisi sisällään mahdollisimman vähän vaihdettavia osia. Tällöin ei olisi tarvetta tuottaa erikseen varaosia laitteeseen, vaan rikkoutunut laite voitaisiin vaihtaa uuteen. Yksinkertainen rakenne pitäisi myös valmistuskustannukset alhaisina.

Luonnosteluvaiheessa pyrittiin hahmottelemaan mahdollisimman monta erilaista ratkaisuvaihtoehtoa paineentasaimen toteuttamiseksi. Näistä vaihtoehdoista valittiin muutama toteutuskelpoisin tarkemman tutkinnan alle.

Yrityksen puolelta oli toiveena, että laite olisi luonnostelman (**Kuva 7.**) kaltainen, jolloin laite koostuisi vain muutamasta osasta, liittimestä, suojaputkesta, suodattimesta sekä laitteen sisällä olevasta materiaalista joka reagoi paineen vaihteluihin.



Kuva 7. Ensimmäinen AutoCAD – luonnos

6.2.1 Liittäminen taajuusmuuttajaan

Laitteen liittäminen taajuusmuuttajaan pyrittiin suunnittelemaan siten, että laite olisi jatkossa mahdollista liittää samoilla liittimillä myös muihin Vaconin taajuusmuuttajiin. Liitävävaihtoehtoina oli valmiin liittimen käyttö, tai suunnitella oma liitin. Hyvin nopeasti suunnittelun edetessä unohdettiin oman liittimen suunnittelu, joten liitinvaihtoehdoksi valikoitui ostettava osa. Tällä säästettiin aikaa suunnittelutyössä, sekä saatiin rakennetta yksinkertaisemmaksi.

Ennen kuin paineentasaimen lopullinen koko oli selvillä, oli liitinvaihtoehtoina kahdenlaisia liittimiä. Ensimmäinen vaihtoehto oli putkiliitin, ja toisena vaihtoehtona oli pikaliitin. Ensimmäisissä luonnoksissa liittimenä oli hitsattava putkiliitin (**Kuva 8.**). Tarkoituksena oli että paineentasain olisi liitettynä suoraan taajuusmuuttajaan. Tällöin sekä taajuusmuuttajaan että paineentasaimen olisi hitsattuna erilliset liittimet, joiden avulla paineentasain voitaisiin yhdistää taajuusmuuttajaan ruuvaamalla liittimet yhteen. Hitsattava liitin asetti kuitenkin omat vaatimuksensa paineentasaimen materiaalille, jolloin muovinen rakennevaihtoehto ei olisi ollut mahdollinen.



Kuva 8. Hitsattavia putkiliittimiä

Toisena vaihtoehtona oli käyttää liittämiseen letkua sekä pikaliittimiä (**Kuva 9**). Pikaliittimien avulla paineentasain on helppo yhdistää taajuusmuuttajaan ilman erillisiä työkaluja. Erikokoisia pikaliittimiä voidaan suhteellisen helposti soveltaa myös muihin Vaconin taajuusmuuttajamalleihin. Letkuliitintä käytettäessä paineentasaimia voidaan tarpeen mukaan kytkeä useampi rinnakkain käyttämällä haaraliittimiä. Haaraliittimien käyttö tulee kyseeseen esimerkiksi tilanteissa, joissa yhdellä paineentasaimella ei voida hoitaa taajuusmuuttajan paineen vaihtelua.



Kuva 9. Pikaliittimiä

Paineentasaimen sijoittelu taajuusmuuttajaan nähden voi vaihdella käyttöpaikan sekä taajuusmuuttajan koon mukaan. Jotta paineentasain olisi mahdollista kiinnittää asennuskohteessa parhaiten sille soveltuvaan paikkaan, päätettiin taajuusmuuttajaan liittämiseen käyttää letkua. Letkun käyttö mahdollistaa paineentasaimen yhdistämisen taajuusmuuttajaan ilman että paineentasaimen on oltava yhdistettynä suoraan taajuusmuuttajaan. Tällöin on kuitenkin huolehdittava paineentasaimen kiinnittämisestä asianmukaisesti. Paineentasaimen suunnittelun pohjana olevaan taajuusmuuttajaan paineentasain voidaan liittää helposti, esimerkiksi taajuusmuuttajan runkoon ruuvattavilla pannoilla. Pienemmissä taajuusmuuttajissa letkulla liittämisen hyödyt tulevat ilmi silloin kun taajuusmuuttajan ja paineentasaimen kokoerot eivät ole kovin suuret ja paineentasaimen liittäminen suoraan taajuusmuuttajaan ei onnistu. Käytettäessä letkuliitosta, taajuusmuuttajan puolelle on valittava sulkeutuva pikaliitin (**Kuva 10.**). Sulkeutuvalla liittimellä saadaan estettyä ilmavirtaukset taajuusmuuttajasta, kun paineentasain irrotetaan taajuusmuuttajasta. Paineentasaimen puoli voidaan jättää avoimeksi.



Kuva 10. Sulkeutuva pikaliitin

6.2.2 Palje ja elastinen kalvo

Paineentasaimen toimintamekanismi oli tarkoitus pitää hyvin yksinkertaisena. Ajatuksena oli että laitteen toiminta perustuisi elastiseen materiaaliin, joka reagoisi paineen vaihteluihin muuttamalla muotoaan. Elastinen materiaali lisäisi tai pienentäisi laitteen tilavuutta aina tarpeen mukaan. Tarkasteltaviksi toimintamekanismeiksi valikoitui kaksi vaihtoehtoa, elastinen kalvo sekä palje. Elastisen kalvon toimintaperiaate perustuu kalvon paisumiseen ja kutistumiseen painenvaihteluiden mukana.

Palje on joustava putkimainen kappale, mikä painettaessa painuu kasaan, ja vedettäessä pitenee. Palkeen olisi oltava toiselta puolelta kokonaan avoin, jolloin palje painenvaihteluiden mukana joko pitenee tai painuu kasaan. Pituussuunnassa toimivan paljeratkaisun toimivuus herätti kuitenkin epäilyksiä. Jotta palje olisi tukeva, on materiaalin oltava tarpeeksi vahvaa. Kuitenkin paineen vaihtelu tulee olemaan hidasta, joten vahvan ja jäykän materiaalin tarpeeksi herkkä reagointi on kyseenalaista. Tästä syystä esimerkiksi teräksiset palkeet jätettiin kokonaan pois tutkimuksista.

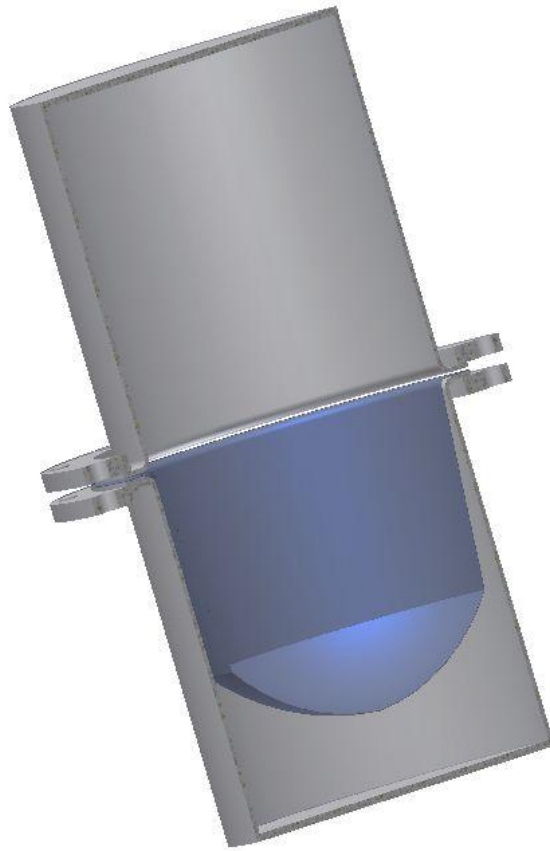
Elastisen kalvon materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi polyeteenistä tai lateksista valmistettua kalvoa. Tarkasteltavien materiaalien ominaisuudet asettavat suunnittelulle omat rajoituksensa, koska suunnittelussa on otettava huomioon materiaalien käyttäytyminen eri ilmasto-olosuhteissa. Paineentasaimen kokoonpanon helppoutta ajatellen, elastisen kalvon tulisi olla valmiiksi tehtynä muotoonsa, jolloin kalvon sovittaminen paineentasaimen olisi helppoa. Testausvaiheessa kalvoksi sopii kuitenkin mikä tahansa saatavilla oleva joustava

lateksi tai polyeteenikalvo, toiveena kuitenkin olisi että kalvo olisi putkimainen jolloin sen kiinnittäminen olisi helppoa. Sopivan materiaalin varmistuttua, on tuotannon kannalta kustannustehokasta teettää muotti, jolla saadaan valettua paineentasaimen sopiva kalvo.

6.2.3 Suojaputki

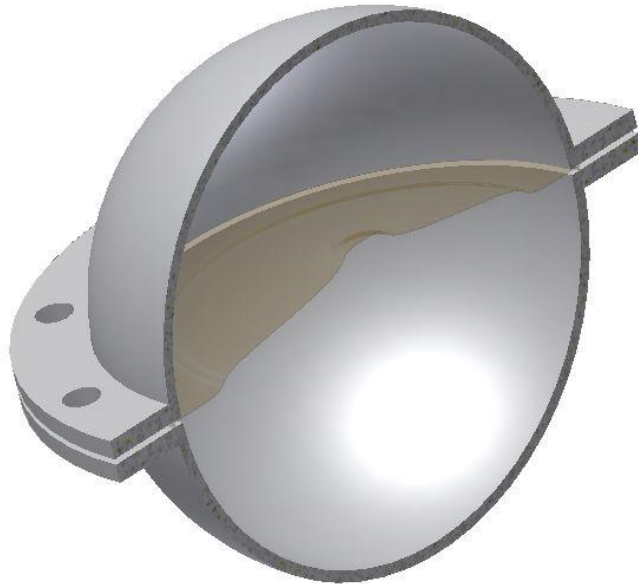
Tutkittavaksi valikoitui kolme erilaista rakennevaihtoehtoa, suora putki, kartioputki ja pallo. Luonnosteluvaiheessa laitteen suojaputken materiaalivaihtoehtoja oli kaksi, muovi ja metalli. Materiaalin valinnalla ei ole paineentasaimen toimintaan merkittävää vaikutusta. Saatavilla on muovilaatuja joilla on hyvät fysikaaliset ominaisuudet vaatimuksiin nähden. Monilla muovilaaduilla on hyvä korroosion kesto, joten joissain tilanteissa muovinen rakennevaihtoehto voi olla, olosuhteet huomioon ottaen, parempi vaihtoehto kuin metallinen.

Suojaputken muotoa määritettäessä yhtenä kysymyksenä oli kalvon liikkuvuus suojaputken sisällä. Koska kalvo on erittäin ohutta materiaalia, se ei tulisi kestävänsä kovin paljon hankausta putken seinämiin. Ensimmäinen luonnos rakennevaihtoehdosta, jossa käytettäisiin elastista kalvoa, oli putkimainen rakenne (**Kuva 11.**).



Kuva 11. Putkimaisen rakenteen luonnos

Putkimaisen rakenteen luonnos oli suunniteltu siten, että kalvo olisi suppilon muotoinen ja kiinnitettynä putken toiseen päähän tai keskelle. Tällainen rakenne ei mahdollista tukevaa kalvon kiinnitystä, joten on vaarana kalvon hankautuminen rakenteen seinämiin. Putkimaisissa ratkaisuissa kalvo joutuu liikkua todennäköisemmin putken seinämien kanssa kosketuksiin kuin pallomaisissa rakenneratkaisuissa (**Kuva 12.**), joissa kalvon paisuminen tapahtuu myötäillen rakenteen muotoja.



Kuva 12. Pallomaisen rakenteen luonnos

Lopullinen suunnittelussa käytettävä muoto tuli kuitenkin olemaan putki. Putki on helpompi ja halvempi valmistaa kuin pallo. Mahdolliset kalvon hankautumisesta johtuvat rikkoutumiset on hyväksyttävä. Paineentasaimen rakenne on kuitenkin pyrittävä suunnittelemaan siten, ettei kalvo hankautuisi kovin paljoa rakenteen seinämiin.

Putkeksi valikoitui PMMA-putki, eli tunnetummalta nimeltään akryyli. Prototyypin muut osat voidaan tehdä esimerkiksi PA:sta eli nylonista. Akryyli ja nylon valikoituivat materiaaleiksi työstön helppouden, mutta myös riittävien teknisten ominaisuuksien ansiosta.

Akryyli on ulkoisten ominaisuuksien puolesta käytössä esimerkiksi koriste-esineissä sekä lasin korvikkeena. Akryylilla on hyvät säänkesto-ominaisuudet, käyttölämpötila-alue on noin $-40^{\circ}\text{C} - +70^{\circ}\text{C}$. /6/

Nylon on yksi eniten käytetyistä muoveista teollisuudessa, paikoissa joissa vaaditaan hyvää kulutuksenkestävyyttä sekä mekaanisia ominaisuuksia. Nylon sopii hyvin prototyypin rakennemateriaaliksi hyvien sähköisten ominaisuuksien ansiosta. Nylonin käyttölämpötilat ovat hyvin samankaltaiset akryylin käyttölämpötilojen kanssa. /5/

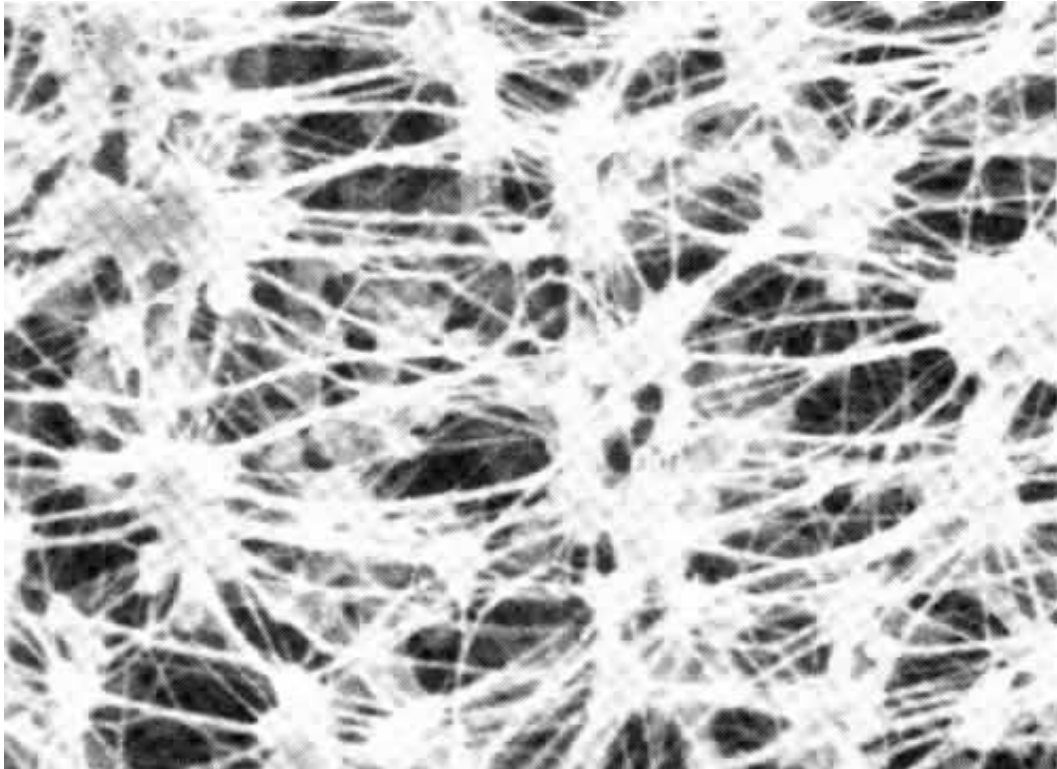
6.2.4 Suodatin

Paineentasaimen rakenteesta johtuen laitteeseen on liitettävä suodatin. Paineentasaajan toisen pään on oltava avoin, jolloin ulkoa tuleva ilma pääsee paineentasaimen sisälle. Kuitenkaan roskat eivät saa päästä laitteen sisälle, myös kosteuden kerääntyminen paineentasaimen sisälle ei ole toivottavaa. Haasteeksi muodostui löytää vaatimukset täyttävä suodatin. Monilla ilmansuodattimilla suodatusominaisuudet olivat hyviä todella pieniin partikkelikokoihin asti, mutta ongelmana oli suodattimien kosteuden suodatus.

Kosteuden suodatukseen on olemassa erilaisia vaihtoehtoja, jotka ovat sovellettavissa paineentasaajaan. Suodatinvaihtoehtoina voidaan käyttää esimerkiksi erilaisia kalvosuodattimia kuten ePTFE – kalvolla päällystettyä suodatinta tai erilaisia kosteutta poistavia suodattimia.

6.2.4.1 Suodatinkalvo

Ensimmäisenä vaihtoehtona oli ePTFE – kalvolla päällystetty pintasuodatin. PTFE on kestopuovi, jolla on hyvä lämmönkesto sekä kemikaalien sietokyky, PTFE tunnetaan paremmin sen kauppanimellä Teflon. ePTFE valmistetaan lämmittämällä ja venyttämällä PTFE:tä ohueksi kalvoksi. ePTFE – kalvolla on verkkomainen rakenne, mikä koostuu lukuisista epäsymmetrisesti toisiinsa nähden olevista kuiduista (**Kuva 13**). Rakenteella on saavutettu tiiviys, mikä estää halkaisijaltaan 0,1 µm – 1,0 µm kokoisten hiukkasten läpäisyn. ePTFE suodatinkalvoja käytetään kohteissa, joissa vaaditaan hyvää suodatustehoa. Yksi tyypillisimmistä käyttökohteista on hitsausprosessit, joissa muodostuu erilaisia kaasuja ja hiukkasia, mitkä voivat kulkeutua hengitysteihin. Rakenteesta johtuen materiaali päästää kuitenkin jonkin verran kosteutta lävitseen, mikä tietyissä olosuhteissa ei välttämättä ehdi haihtua pois. Kokonaan ePTFE:stä valmistettuja suodattimia ei kovin paljoa markkinoilta löydy, materiaalia käytetäänkin pääasiassa erilaisten suodattimien laminointiin. Markkinoilta löytyy useita kalvovaihtoehtoja, ja patentoinneista johtuvista syistä suodatinvalmistajilla on omat tuotemerkkinsä, esimerkiksi Donaldson Company markkinoi omaa tuotettaan nimellä Tetratex. Eri valmistajien kalvoissa on rakenteellisia eroja, mutta erot eivät pääsääntöisesti vaikuta kalvon toimintaan. /2/ /1, 103–105/ /8/



Kuva 13. ePTFE materiaalin rakenne

Muita markkinoilla olevia suodatinvaihtoehtoja ovat esimerkiksi verkkosuodattimet sekä selluloosasuodattimet. Näillä suodattimilla on mahdollista päästä jopa 3-10 μm :n suodatustarkkuuteen. Verkko- ja selluloosasuodattimet pystyvät tarjoamaan osittaisen suojan vettä vastaan, mutta kosteutta nämä suodattimet eivät täysin estä.

Päädyttäessä käyttämään suodattimia, jotka päästävät kosteuden lävitseen, on harkittava erillisen kosteudenpoistoventtiilin lisäämistä paineentasaimen rakenteeseen. Kosteudenpoistoventtiilin käyttö asettaa omat rajoituksensa paineentasaimen asennusasennolle, tällöin paineentasain ei tule olemaan asentovapaa, laite on asennettava asentoon missä kosteus voidaan poistaa venttiilin kautta.

6.2.4.2 Kosteutta poistavat suodattimet

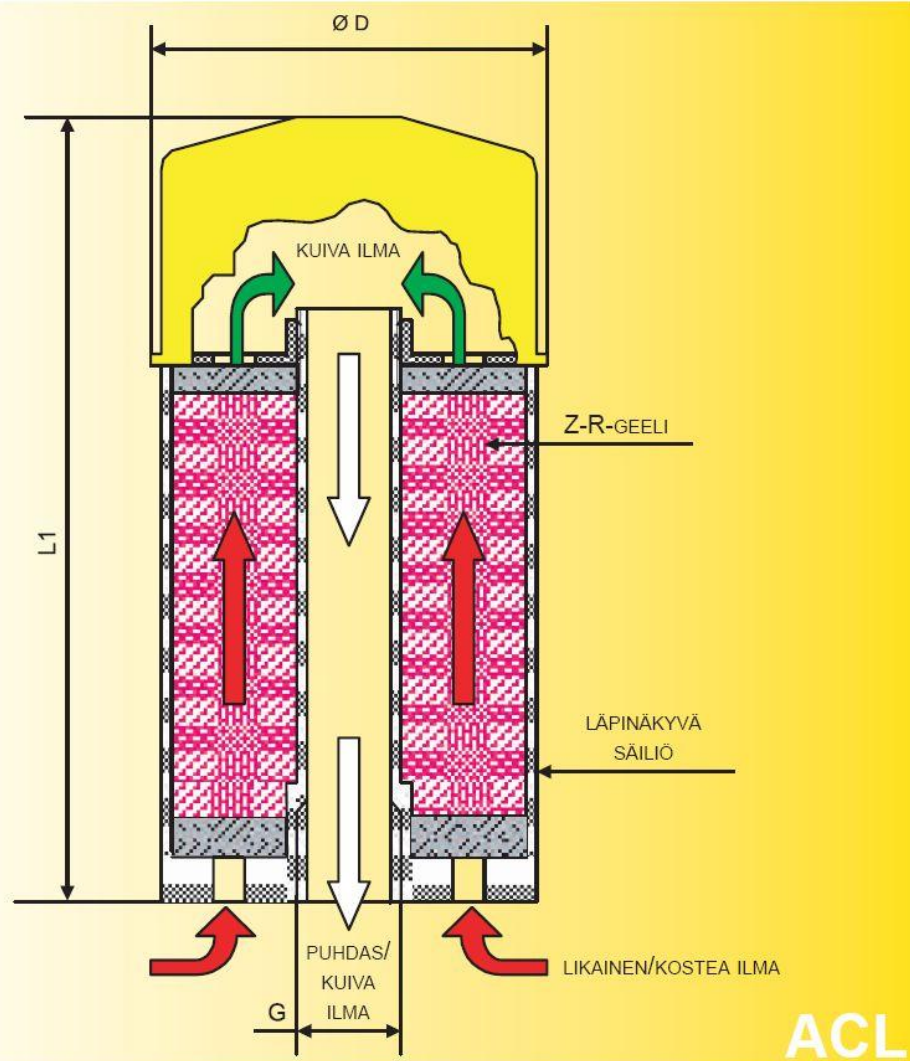
Kosteutta poistavia ilmansuodattimia käytetään olosuhteissa, joissa normaalien suodattimien ominaisuudet eivät riitä vastaamaan asetettuja vaatimuksia.

Kosteutta poistavat suodattimet voivat olla rakennettuja esimerkiksi siten, että kosteus erotetaan käyttämällä joko kosteuden itseensä imevää materiaalia tai kosteutta hylkivää materiaalia. Yleisiä käyttökohteita kosteuden poistaville suodattimille on muun muassa hydraulikkajärjestelmät. Vertailtaviksi otettiin kolmen eri valmistajan, Des-Case Corporationin, RMF Systemsin sekä Donaldson Companyn suodattimet.

Des-Casen suodattimista tarkasteluun valikoitui suodatin mallia DC-2 (LIITE 2). Suodattimen vedenpoisto on 0,65 litraa, minkä arveltiin riittävän, koska paineentasaimen ei oleteta kohdistuvan suoraa vesisuihkua. Suurin ilman läpivirtaus on 600 l/min ja läpivirtauksen säätö hoidetaan avaamalla virtausreikiä suodattimen pohjasta. Tällöin käyttäjä voi itse avata suodattimesta haluamansa määrän ilmareikiä olosuhteiden ja taajuusmuuttajan asettamien vaatimusten mukaan.

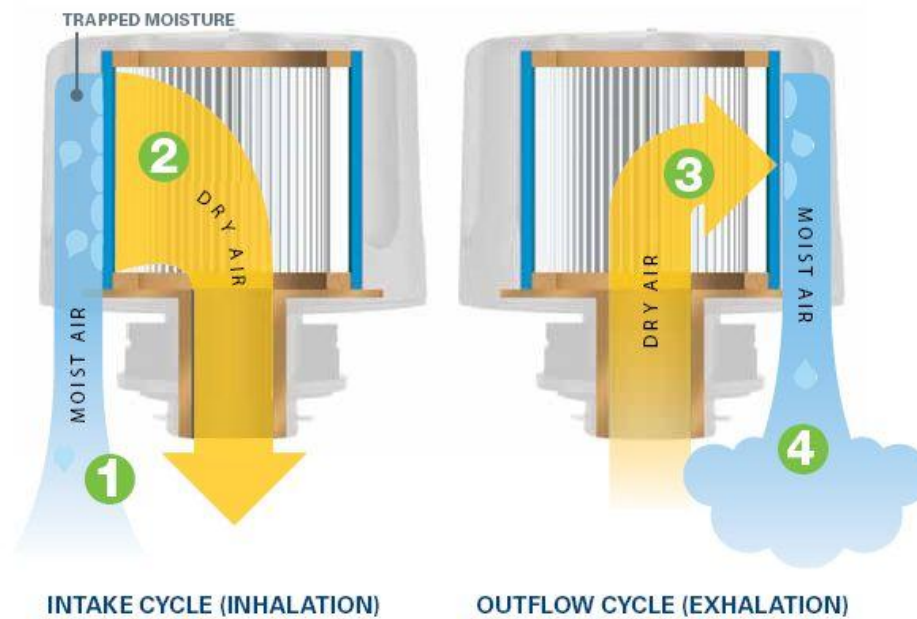
RMF Systemsin suodattimista valikoitui malli ACL93R (LIITE 3). Malli on osa kevyt -sarjan suodattimia jolloin sen paino on alle kilon. Tästä huolimatta suodatin on tarkastelluista kolmesta suodattimesta kooltaan isoin. Suurin mahdollinen ilmavirtaus ACL93R - suodattimella on 700 l/ minuutissa.

Des-Casen ja RMF Systemsin suodattimien rakenteet ja toimintaperiaatteet ovat samankaltaisia (**Kuva 14.**). Suodattimien molemmissa päissä on suodatinmateriaalia, joka estää epäpuhtaudet, ja laitteen keskiosassa on kosteuden itseensä imevää geeliä. Suodattimissa käytetty geeli asettaa omat rajoituksensa suodattimen käyttöiälle, koska geeli imee kosteutta itseensä vain tietyn määrän. Molempien valmistajien tuotteista otettiin tarkasteluun mallit tuotesarjojen pienimmästä päästä, joten tuotteet valikoituivat ulkoisten mittojen mukaan. Vaihtoehtoista pyrittiin valitsemaan pienimmät mahdolliset, jottei suodattimen koko olisi suhteettoman suuri paineentasaimen kokoon verrattuna. Koska suodattimet on suunniteltu käytettäväksi isommissa kokonaisuuksissa, ovat pienimmätkin valikoidut tuotteet muiden arvojen, kuten esimerkiksi ilman läpivirtauksen osalta ylimitoitettuja tarpeisiin nähden.



Kuva 14. RMF Systems, ACL - sarjan suodattimen rakenne

Kolmantena vaihtoehtona olivat Donaldson Companyn T.R.A.P. – sarjan suodattimet (LIITE 4). Suodattimen toimintaperiaate eroaa Des-Casen sekä RMF Systemsin suodattimista (**Kuva 15.**). Suodatin ei kahden muun valmistajan suodattimien tavoin sisällä minkäänlaista väliainetta. Suodatin sitoo sisään menevän ilman mukana tulevan kosteuden suodatinkalvoon, ja ulos tuleva ilma puhaltaa kosteuden irti kalvosta. Suodattimen etuna voidaan pitää suodattimen pientä kokoa. Donaldsonin suodattimet ovat keskimäärin noin puolet pienempiä verrattuna kahden muun valmistajan suodattimiin, ja T.R.A.P. Mini – tuoteryhmän suodattimissa päästään jopa kolmasosaan verrattuna kahden muun valmistajan suodattimien kokoihin.



Kuva 15. Donaldson Companyn T.R.A.P. –suodattimen toiminta

Suodattimien käyttöikä vaihtelee mallista riippuen noin 6–14 kuukauden välillä, geelisuodattimissa käyttöikä on hieman pidempi. Suodattimiin ei kuitenkaan kohdistu samanlaisia rasituksia kuin mihin ne on suunniteltu. Tällöin voidaan olettaa, tosin käyttöolosuhteista riippuen, että suodatin tulisi kestävämmän valmistajan ilmoittamaa aikaa kauemmin.

6.3 Protomallin suunnittelu

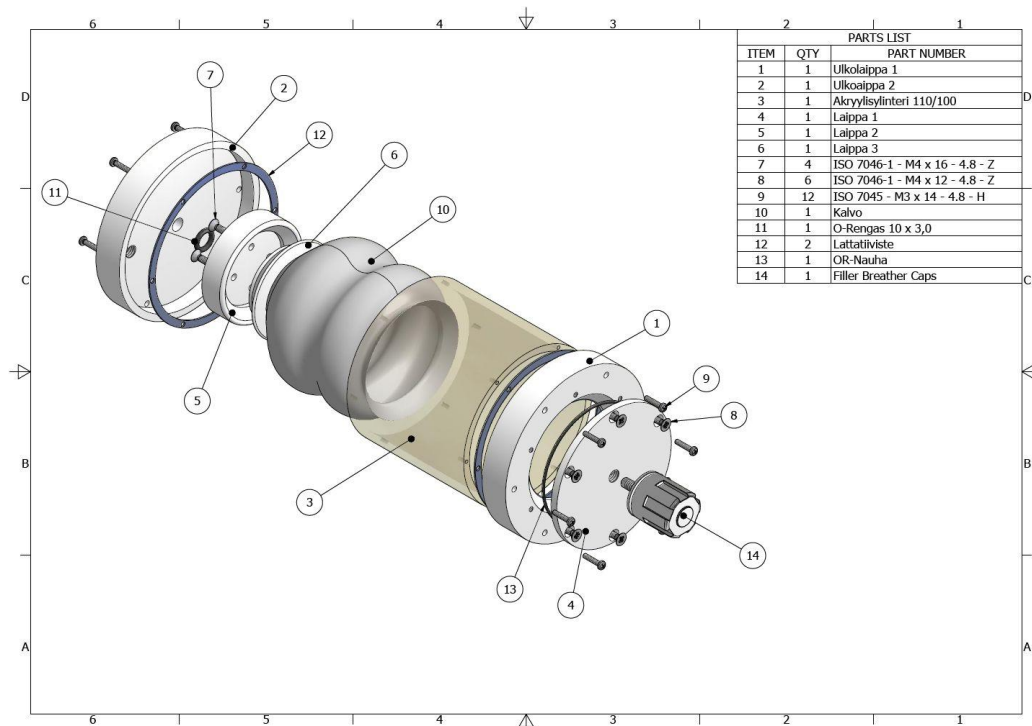
Paineentasaimen testausta varten laitteesta oli valmistettava prototyyppi. Suunnittelu toteutettiin Autodesk Inventor Professional 2010 –ohjelmistolla. Suunnittelu päästiin aloittamaan, kun laitteen lopullinen koko sekä esitutkimusvaiheessa heränneet ongelmat olivat ratkaistuja. Esitutkimusvaiheessa kysymyksiä herättänyt paineentasausmekanismi päätettiin toteuttaa kalvoratkaisuna. Ratkaisu on eräänlainen paljeratkaisu missä kalvo paisuu sivuttaissuunnassa. Koska esitutkimusvaiheessa ei löytynyt sopivaa kyseisen toimintaperiaatteen omaavaa paljetta, päätettiin rakentaa oma palje. Valmiissa palkeissa rajoituksia asettivat lähinnä palkeen koko sekä toiminnan herkkyyden. Suunnitellun palkeen seinämät valmistettiin ohuesta kalvosta, jolloin

saadaan palje reagoimaan tarpeeksi herkästi paineen vaihteluihin. Palkeen rakenteesta suunniteltiin yksinkertainen, palje koostuu laipoista ja näiden väliin pingotetusta muovikalvosta. Kalvo paisuu ja imeytyy kasaan paineenvaihteluiden mukana. Kalvoksi on valittava sopivan kokoinen kalvo, jolloin kalvo jää normaalitilassa hieman löysäksi, tällä saadaan pienennettyä materiaalin aiheuttamaa vastusta ja palkeen reagointia herkemäksi. Prototyypin lopullinen koko tuli olemaan huomattavasti pienempi alkuperäiseen kokoon verrattuna, johtuen alkuperäisen laitteen liian suuresta koosta. Prototyyppi (**Kuva 16.**) on kuitenkin muilta osin hyvin samankaltainen alkuperäisen luonnoksen kanssa.



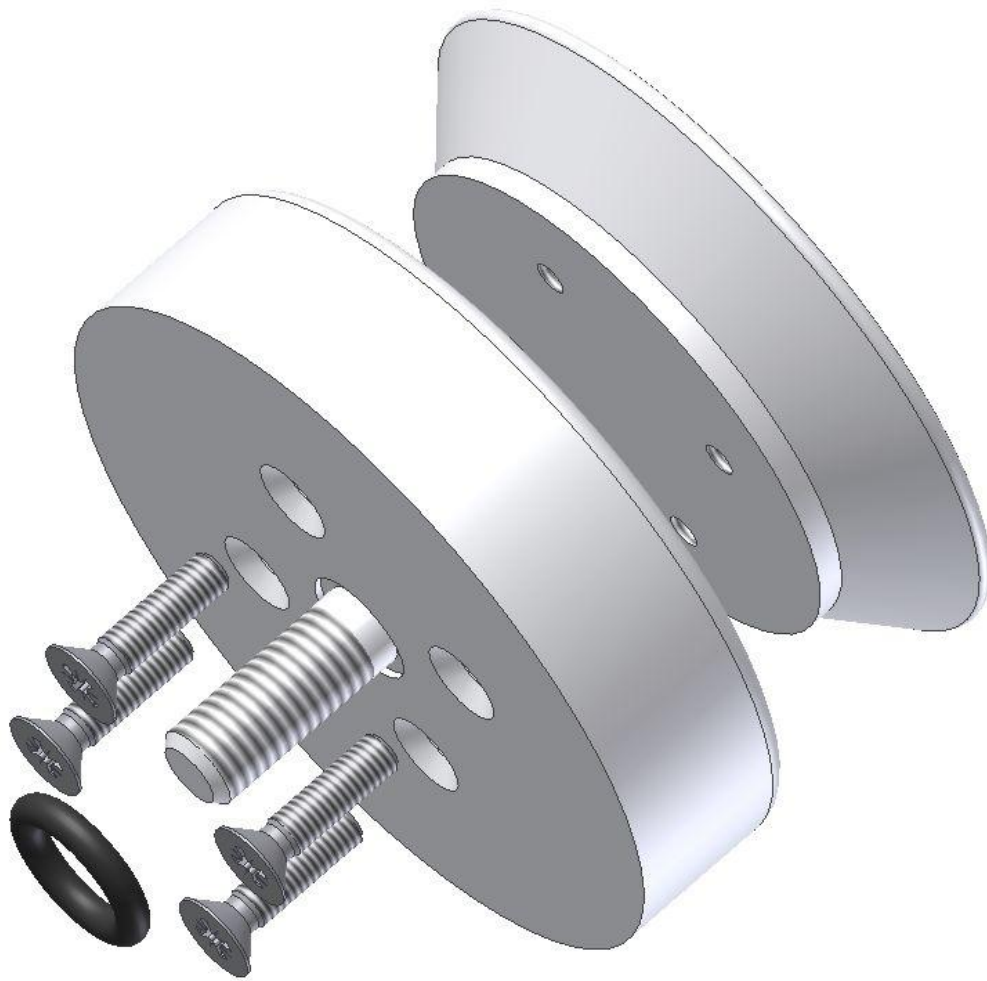
Kuva 16. Paineentasaimen 3D-kokoonpanomalli

Paineentasaimen toiminnan tutkimista varten, prototyyppi päätettiin valmistaa, niiltä osin kuin mahdollista, läpinäkyvästä materiaalista. Tällöin voidaan seurata laitteen toimintaa ja osien käyttäytymistä testauksen eri vaiheissa. Prototyypin testausvaiheessa suodattimena voidaan käyttää suodatinta, jolla ei ole kosteutta poistavia ominaisuuksia. Kalvon kummankin pään kiinnittämiseen sovelletaan samaa periaatetta, kalvo kiinnitetään puristamalla se kahden kartion muotoisen pinnan väliin.



Kuva 17. Paineentasaimen räjäytyskuva

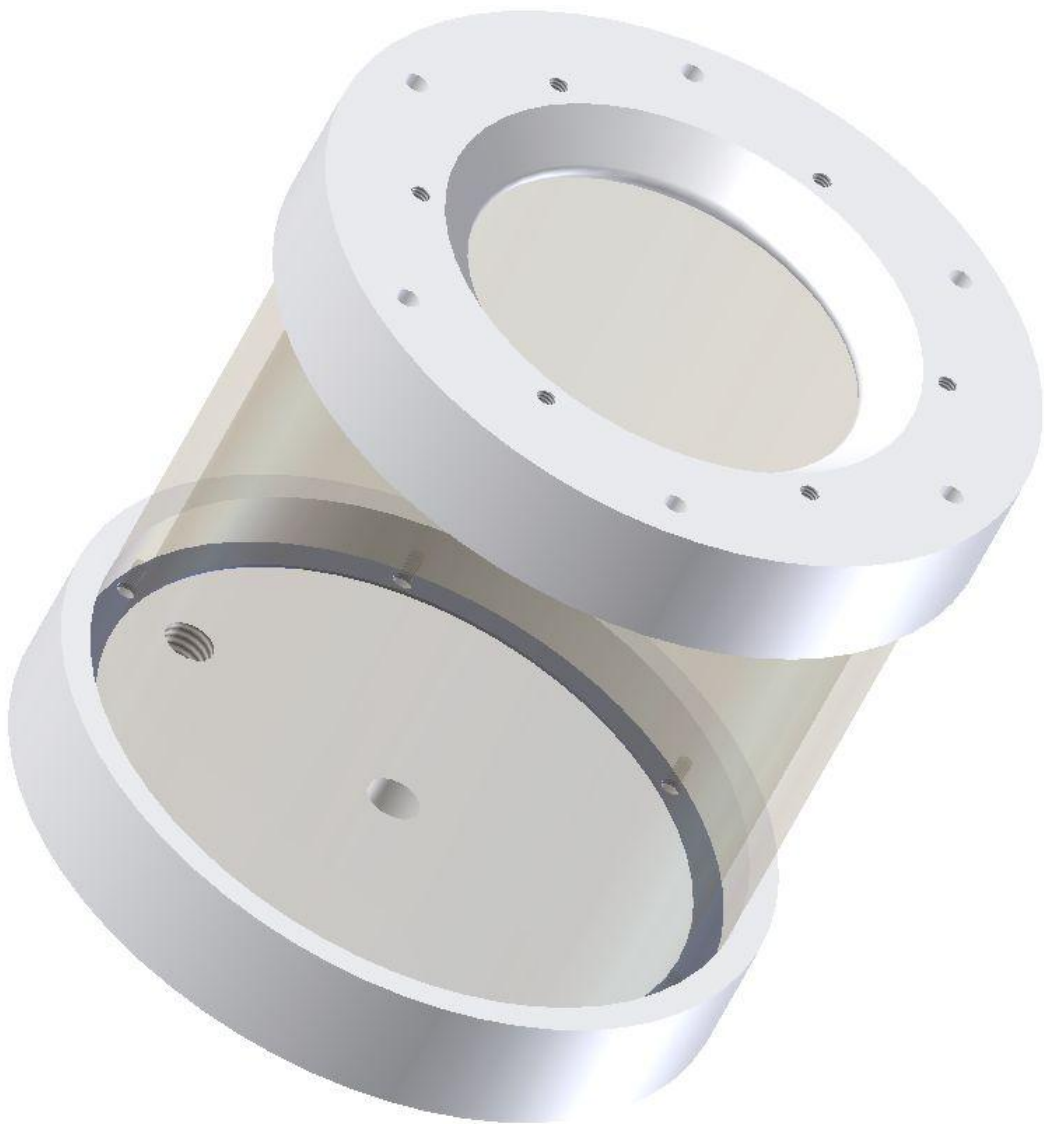
Prototyyppi koostuu kahdesta kokoonpanosta, alikokoonpanosta sekä pääkokoonpanosta. Alikokoonpano muodostetaan kiinnittämällä kalvo laippojen 2 ja 3 väliin (**Kuva 18.**). Koska kalvo on erittäin ohut, eikä täten tarjoa minkäänlaista tukea, on alikokoonpano saatava tukevasti kiinnitettyä. Kiinnitystä varten laippa 2 työstetään siten, että osaan jää pieni akseli mihin työstetään kierteet. Tämän jälkeen alikokoonpano on mahdollista kiinnittää pääkokoonpanoon kiristämällä kokoonpanot toisiinsa mutterin avulla.



Kuva 18. Laipat 2 ja 3

Rakenne on suunniteltu siten, että alikokoonpano voidaan liittää pääkokoonpanoon sen jälkeen kun pääkokoonpano on kasattu (**Kuva 19**). Ulkolaippa 1:een on jätetty aukko, jolloin alikokoonpano voidaan poistaa rakenteesta, ilman koko paineentasaimen purkamista. Myös kalvon vaihtaminen onnistuu samaa periaatetta käyttäen. Kalvon avonainen pää puristetaan laipalla 1 kiinni pääkokoonpanoon, jolloin kalvo puristuu kahden laipan väliin. Jos kokoonpanovaiheessa todetaan, ettei kalvo pysy tarpeeksi tukevasti kartioiden välissä puristettuna, voidaan harkita liiman käyttämistä apuna kokoonpanossa. Lopullisessa tuotteessa rakenteen sisäosa on hyvin todennäköisesti yhtä kappaletta, jolloin paineentasaimen sisäosa tulisi alihankkijalta kalvo valmiiksi liimattuna kahden laipan väliin.

Putkena käytettiin kirkasta akryyliputkea kokoa 110/100 (LIITE 5). Putken kumpaankin päähän porataan 6 kappaletta kierrereikiä päätylaippojen kiinnitystä varten. Putken ohuesta seinämävahvuudesta johtuen, reikien halkaisija ei voi olla kovin suuri. Tällöin reikiä joudutaan laittamaan useampi, jotta rakenteesta saadaan tukeva, mutta useammat reiät tekevät rakenteesta myös tiiviimmän. Tosin putken halkaisija ei ole kovin suuri joten minkäänlaista käyttöolosuhteiden aiheuttamia muodonmuutoksia ei pitäisi esiintyä tai muodonmuutokset tulevat olemaan vähäisiä.



Kuva 19. Ulkokuoren kokoonpano ilman sisäkokoonpanoa

Rakenteen tiivistys on varmistettu käyttämällä O-rengas sekä lattatiivisteitä. Kalvon kanssa yhteen puristuvat kartiopinnat paineentasaimen sisällä on jätetty tiivistämättä, koska oletetaan että kalvo on puristuneena pintojen väliin tarpeeksi tiiviisti, jolloin erillistä tiivistystä ei näille osille tarvita. Ulkoiseen laippaan kiinni puristuvan kalvon tiivistykseen on käytetty o-rengas – tiivistettä. Jos rakenne ei ole tarpeeksi tiivis myös toisen, paineentasaimen sisälle jäävän kalvon kiinnityspään kohdalta, voidaan näidenkin laippojen väliin laittaa tiivisterengas.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe saatiin kesäkuussa 2011. Työn tekeminen aloitettiin kuitenkin vasta helmikuussa 2012.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin hahmottelemalla mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja laitteen muodon sekä toimintaperiaatteen osalta. Hahmotelluista ratkaisuvaihtoehdoista esitutkimusvaiheeseen valittiin kaksi toteuttamiskelpoisinta vaihtoehtoa. Hyvin pian esitutkimusvaiheessa tehdyn vaihtoehtojen vertailun jälkeen oli selvää kumpaa vaihtoehtoa lähdettiin jatkokehittämään. Paineentasaimen toimintamekanismi oli ideatasolla suhteellisen selvää jo alusta alkaen yrityksen puolelta tulleiden ohjeiden ansiosta. Suunnittelun osalta suurin aika kului toimintamekanismin toteuttamisen suunnitteluun. Suurin aika työssä kului kuitenkin erilaisten materiaalien ja komponenttien etsintään sekä vertailuun.

Lopputuloksena Vacon Oyj:lle toimitettiin suunnitelma paineentasaimesta. Tehtyjen suunnitelmien pohjalta paineentasaimesta on tulevaisuudessa tarkoituksena valmistaa prototyyppi. Prototyypillä pyritään toteamaan paineentasaimen oikeanlainen toiminta sekä havaitsemaan mahdolliset puutteet sekä kehityskohteet. Onnistuneen testausvaiheen sekä mahdollisten parannusten jälkeen paineentasain olisi tarkoitus tuotteistaa. Tällöin paineentasain olisi liitettävissä kaikkiin Vaconin taajuusmuuttajiin. Paineentasaimen tuotteistaminen on pitkä prosessi, mikä vaatii oman tuotekehitysprosessinsa.

LÄHDELUETTELO

/1/ Ansaharju, T., Ilomäki, O., Katainen, H., Maaranen, K. & Mäkinen, A. (1994) Materiaalitekniikka. Porvoo. WSOY.

/2/ Expanded polytetrafluoroethylene membranes and their applications. Viitattu 22.04.2012.

http://www.gore.com/MungoBlobs/827/932/ExpandedPTFEandTheirMembranes_Gore_Chapter23_Feb2008.pdf

/3/ Laakko, T., Björkstrand, R., Borgman, J., Kaikonen, H., Konkola, M., Simolin, T., Sukuvaara, A., & Tuomi, J.(1998). Tuotteen 3D-CAD-suunnittelu. Porvoo. WSOY.

/4/ Niiranen, J (1999). Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki. Otatieto.

/5/ PA – Tekniset tiedot. Viitattu 29.04.2012

http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pa/vink_pa_esite_a4_web.pdf

/6/ PMMA – Tekniset tiedot. Viitattu 29.04.2012

http://www.tuotteet.vink.fi/media/tuotteet/pmma/vink_pmma_esite_a4_web.pdf

/7/ Taajuusmuuttaja ja sen huolto. 2011. Viitattu 08.03.2012.

<http://www.yleistieto.net/taajuusmuuttaja-ja-sen-huolto/>

/8/ Tetratex – ePTFE venting solutions. 2011. Viitattu 06.05.2012.

<http://www.emea.donaldson.com/en/micro/literature/060249.pdf>

/9/ Vacon – 18 vuotta taajuusmuuttajakisassa. 2012. Viitattu 06.03.2012

<http://www.vacon.fi/Default.aspx?id=473322>.

LIITE 1

Ilman tilavuuden lämpölaajeneminen laskettiin käyttämällä kaavaa:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta t$$

Kaasujen isobaarinen lämpötilakerroin: $\gamma = \frac{1}{273\text{K}}$

Lämpötilan vaihtelu: $\Delta t = 100\text{K}$

Alkuperäinen tilavuus: $V_0 = 30\text{L}$

Tällöin tilavuuden muutokseksi saatiin:

$$\Delta V = V_0 \gamma \Delta t$$

$$\Delta V = 10.989\text{L}$$

Ilman tilavuus muuttuu lämpölaajenemisen johdosta noin 11 litraa.

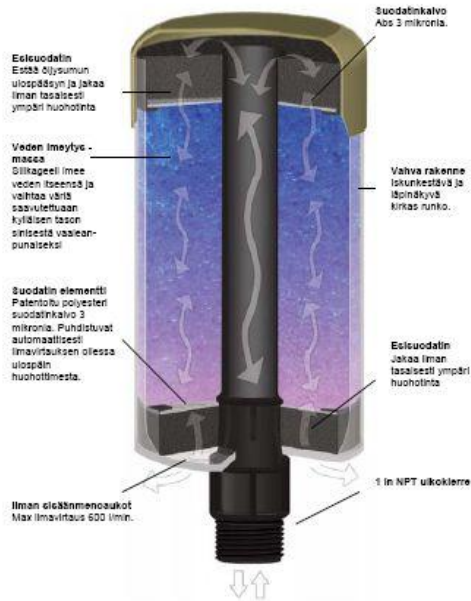
VEDEN JA EPÄPUHTAUDET POISTAVA ILMANSUODATIN HYDRAULIIKALLE JA VAIHTEISTOILLE

Yksinkertainen. Käyttövarma voitelujärjestelmän suoja

DES-CASE.

Kuivaavat ilmahuohtimet

- Vahva polykarbonaatti rakenne
- Kaksisuuntainen ohjattu ilmavirtaus
- Monikerros partikkelisuodatus
- Kuivaa sisäänvirtaavan ilman täydellisesti
- Ilmoittaa vaihtotarpeen muuttamalla väriä.



Kuivaavat ilmasuodattimet

| Malli # | DC-2 | DC-3 | DC-4 |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Koko (k * h, cm) | 11,4 x 10,2 | 16,5 x 10,2 | 21,6 x 10,2 |
| Suodatimen ala (cm ²) | 25,4 | 25,4 | 25,4 |
| Silikageeliä (Kg) | 0,45 | 0,68 | 0,91 |
| Silikageeliä vedenkeruu (l) | 0,18 | 0,27 | 0,36 |
| Kokonaisvedenpoisto (l) | 0,65 | 1,15 | 1,6 |
| Käyttölämpötila-alue (°C) | -50 to +100 | -50 to +100 | -50 to +100 |
| Ilmavirtaus (l/min) | 600 | 600 | 600 |
| Kuivatusmassa | Silikageeli | Silikageeli | Silikageeli |
| Suodatusaste (µ absolute) | 3 | 3 | 3 |
| Liitäntä yhde | 1" NPT | 1" NPT | 1" NPT |

| Osa | Materiaali |
|----------------|------------------|
| Runko | Polykarbonaatti |
| Suodatinkalvot | Dacron Polyester |
| Eisuoodin | Polyuretaani |
| Kuivatusmassa | Silikageeli |
| Keskiputki | Nylon |
| Kierre | Nylon |



Liitos 12T,
902120 tai
937546

Liitos 15T,
902121 tai
937463

Liitos 17T. (3/4")
liitintä 10 ei tarvita.

| | Liitäntä | Yhde NTP | Malli # |
|--------|--------------|----------|---------|
| Tapa 1 | Laippaliitos | | DC 12 |
| Tapa 2 | Kierreliitos | 3/4" | DC 17 |
| Tapa 3 | Korkkiliitos | | DC 15 |

DES-CASE suodattimet noudattavat Eu:n
kemikaalilainsäädäntöä (REACH)
(joka on astunut voimaan kesäkuussa 2007)

DES-CASE huohtimet on suunniteltu suojaamaan öljyjärjestelmiä kosteudelta ja epäpuhtauksilta. Kohteita ovat mm. vaihteistot, hydraulikka, muuntajat ja kemikaalisäilöt.

DES-CASE
CORPORATION



Esimerkkejä DES-CASE veden ja epäpuhtaudet poistavan ilmasuodattimen asennuskohteista

Patohydrauliikka, tuuligeneraattoreiden vaihteet ja hydrauliikka



Vaihdelaatikat, muuntajat, hydrauliikka, lentokenttien laskusiltojen hydrauliikka



Miten käytät oikein DES-CASE huohotinta.

Kun huohotin asennetaan öljyjärjestelmään jonka öljy on juuri vaihdettu, tai on muuten saatettu kuivaksi, huohotin saavuttaa heti maksimaalisen käyttöiän. Kokemukseen perustuen voimme sanoa, että normaali käyttöikä on noin 12...14 kk. DES-CASE huohotin vaihtaa väriä sinisestä vaaleanpunaiseksi, siten että väri vaihtuu ensin huohottimen alaosasta ja värin muutos etenee ylöspäin. Jos huohottimen väri vaihtuu ylhäältä alaspäin on öljyjärjestelmässä paljon vettä.

Kun huohotin asennetaan öljyjärjestelmään jossa tiedetään olevan vettä, ensimmäisen huohottimen elinkaari jää todennäköisesti lyhyemmäksi. Jos huohotin ensimmäisen kerran asennettuna ei vaihda väriä muutaman kuukauden kuluessa, on todennäköistä että sillä saavutetaan 12-14 kk elinkaari heti alussa.



Avaa huohottimen pohjasta vain tarvittava määrä reikiä:

- Vaihteistoissa ja hydrauliikassa, jossa tilavuuden muutokseen vaikuttaa vain lämpötilan muutokset, avaa vain kaksi reikiä.
- Hydrauliikkajärjestelmissä, joissa sylinterikäyttö, avaa tarvittava määrä reikiä seuraamalla alla olevan taulukon ohjeita.

Lopuksi poista sininen suojatulppa huohotinputkesta ja asenna järjestelmään.

| Ilmavirtaus | Vaihteisto | Hyd. pumpun tuotto | Avattavat tulpat | Paineen pudotus |
|-----------------|----------------|--------------------|------------------|-----------------|
| 0 to 150 l/mn | Avaa 2 tulppaa | 150 l/mn | 2 (at 180°) | 20 mbars |
| 150 to 300 l/mn | Avaa 2 tulppaa | 300 l/mn | 4 (at 180°) | 35 mbars |
| 300 to 450 l/mn | Avaa 2 tulppaa | 450 l/mn | 6 (at 180°) | 40 mbars |
| 450 to 600 l/mn | Avaa 2 tulppaa | 600 l/mn | 8 | 70 mbars |

Vaihtotarpeen määrittely: Huohotin on vaihdettava, kun se ei enää ole sininen. Uuden huohottimen väri on sininen, ja kerättyään kosteutta tarpeeksi, se muuttuu vaaleanpunaiseksi. Vaaleanpunainen väri muuttuu aikanaan harmaaksi jos huohotinta ei vaihdeta ajoissa.

Kierrätys: Kun Des-Case suodatin täyttyy vaihtaa, se todennäköisesti sisältää jonkin verran öljyhuuruja. Laitte tulisi hävittää samojen ohjeiden mukaisesti kuin muut samankaltaiset materiaalit. Esimerkkinä voisi olla öljyiset tai rasvaiset vaatteet ja paperit.

Terveys ja turvallisuus: Koska tuotteet sisältävät jonkin verran öljyä, hätätapauksessa noudata käytönurvatiiedotetta.

Koon määrittely:

| | |
|-----|--|
| DC2 | Vaihdelaatikat kokonaisilavuudeltaan alle 600 l* tai hydrauliikkasäiliöt alle 190 l* |
| DC3 | Vaihdelaatikat kokonaisilavuudeltaan alle 2000 l* tai hydrauliikkasäiliöt alle 800 l* |
| DC4 | Vaihdelaatikat kokonaisilavuudeltaan alle 4000 l* tai hydrauliikkasäiliöt alle 2500 l* |

*Tilavuus määritellään seuraavasti: öljytilavuus + ilmutila = kokonaisilavuus

DESCASE EUROPE TUOTTEET DC2, DC3&DC4 ON VALMISTETTU YHTEISYMMÄRRYKSESSÄ REACH-SÄÄDÖKSIEN KANSSA.

RAMATOR

Puh. 010 835 3000 Ramator Oy
 Fax. 010 835 3010 Kärsmäentie
info@ramator.fi 3520360 Turku
www.ramator.fi Finland

KOSTEUDEN POISTAVAT ILMANSUODATTIMET

RMF-järjestelmällä
ongelmatonta
hydrauliikkaa



ACL



KL

KOSTEUS ÖLJYSÄILIÖSSÄ

Hydrauliikka- ja voiteluöljyihin ei saa päästä epäpuhtauksia eikä vettä. Säiliön neste-tilavuuden vaihtelu aiheuttaa korvausilman virtausta. Korvausilma on suodatettava ja kosteuden pääsy säiliöön on estettävä. Säiliön lämpötilan vaihdellessa muodostuu kondenssivettä, joka hapettaa öljyn ja aiheuttaa huomattavia mekaanisia vaurioita.

SUODATUS JA KUIVAUS SAMASSA PROSESSISSA

Tavalliset ilmansuodattimet poistavat osan kiinteistä hiukkasista mutta päästävät ilmassa olevan vesihöyryn läpi.

RMF-suodatin käsittelee tehokkaasti molemmat, niin että säiliö hengittää puhdasta kuivaa ilmaa. Ensin ilma kuivuu kulkiessaan Z-R-geelirakeiden läpi. Sitten kuiva ilma kulkee synteettisestä kuidusta valmistetun, laskostetun suodatinelementin läpi, ja kiinteät partikkelit jäävät siihen. Säiliöön tuleva ilma on sekä puhdasta että kuivaa.



TOIMIVA

VALVONTA

Kosteuden imeytyminen näkyy Z-R-geelin värin muutoksena punaisesta (= toimiva) vaalean oranssiin (= vaihdettava). Ilmansuodattimen valvontaa varten on saatavana myös erillinen liianilmaisin.

EDUT

Kosteuden poistaminen

- pidentää öljyn lisäaineiden käyttöikää sekä hidastaa öljyn ja säiliönpintojen hapettumista.
- estää kosteudesta johtuvan ruostumisen.
- lyhentää koneen seisokkiaikojä.
- lisää koneen käyttöikää.
- PIENENTÄÄ KUSTANNUKSIA!

KÄYTTÖKOHEET

RMF-ilmansuodattimia voidaan käyttää hydraulikoneikoissa, voiteluöljysäiliöissä, vaihteistoissa, dieselin ja biohajoavien nesteiden varastosäiliöissä. Niitä käytetään menestyksellisesti esim. seuraavilla aloilla:

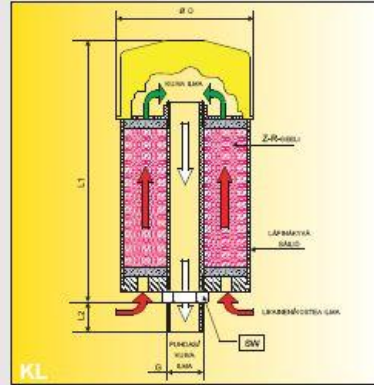
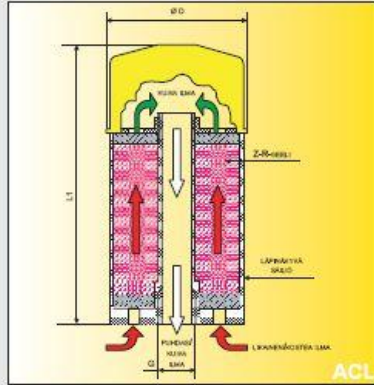
- terästeollisuus
- ilmailuteollisuus
- metsätalous
- paperiteollisuus
- sementtiteollisuus



VAIHDETTAVA



KOSTEUDENPOISTOILMANSUODATTIMET



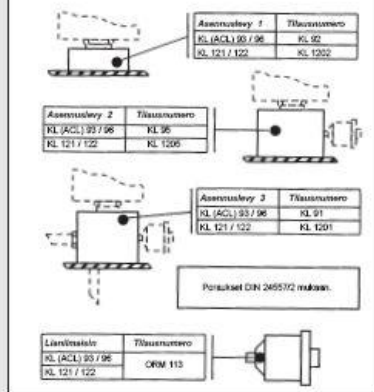
Kevyt sarja ACL...R

| Tyyppi | ACL93R | ACL96R |
|---------------------|---------------------------|---------------------|
| Kokonaispaino | 0,9 kg | 1,1 kg |
| Z-R-geelin tilavuus | 300 cm ³ | 600 cm ³ |
| Vedenimetysteho | 86 g | 172 g |
| Maksimivirtaus | 700 l/min | |
| Kulvausaine | Z-R-geeli, raekoko 3–6 mm | |
| Z-R-geeli | myrkytön | |
| Mitat | | |
| Tyyppi | ACL93R | ACL96R |
| L1 | 150 mm | 210 mm |
| D | Ø 96 mm | |
| G | 3/4" BSP sisäkierre | |

Raskas sarja KL...R

| Type | KL93R | KL96R | KL121R | KL122R |
|---------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Kokonaispaino | 1,2 kg | 1,5 kg | 2,7 kg | 4,0 kg |
| Z-R-geelin tilavuus | 300 cm ³ | 600 cm ³ | 1,000 cm ³ | 2,000 cm ³ |
| Vedenimetysteho | 86 g | 172 g | 288 g | 576 g |
| Maksimivirtaus | 700 l/min | | | |
| Kulvausaine | Z-R-geeli, raekoko 3–6 mm | | | |
| Z-R-geeli | myrkytön | | | |
| Mitat | | | | |
| Tyyppi | KL93R | KL96R | KL121R | KL122R |
| L1 | 160 mm | 220 mm | 256 mm | 356 mm |
| L2 | 20 mm | | | |
| D | Ø 96 mm | | Ø 128 mm | |
| G | 3/4" BSP ulkokierre | | 1 1/4" BSP ulkokierre | |
| Sw | 32 mm | | 50 mm | |

Tekniset tiedot



R 03 031/GB






MASINO-HYDROSTO OY, Kärkkijä 3, 01740 Vantaa
 puh. 09-476 800, faksi 09-476 80395
 myynti@masino-hydrosto.fi, www.masino.fi

Extended Range T.R.A.P.™ Breather Technology

Donaldson T.R.A.P. breathers are available in a variety of configurations:

- ABS plastic, nylon or epoxy-coated steel construction
- NPT, BSP, UN straight thread or bayonet connections
- With and without electronic indicator options to fit a broad range of applications

T.R.A.P. Breather Offering

| | Part Number | Construction | Connection | Max Airflow (cfm/lpm) | Indicator | Oil Splash / Mist Containment |
|--|-------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------------|
|  Standard | P566151 | ABS | 1" NPT | 45 / 1274 | Optional Mechanical | Yes |
| | P566156 | ABS | Bayonet using adapter | 45 / 1274 | No | Yes |
| | P564669 | ABS | 1" NPT | 45 / 1274 | Electronic | Yes |
| | P565616 | ABS | Bayonet using adapter | 45 / 1274 | Electronic | Yes |
|  Metal | P565857 | Epoxy Coated Steel | 3/4" NPT | 25 / 708 | Optional Mechanical | Yes |
| | P565858 | Epoxy Coated Steel | Bayonet | 25 / 708 | No | Yes |
| | P566037 | Epoxy Coated Steel | 3/4" BSP | 25 / 708 | No | Yes |
|  Mini | P566174 | Glass-filled Nylon | 9/16"-18UN | 3 / 85 | No | Yes |
| | P567390 | Glass-filled Nylon | 3/8" NPT | 3 / 85 | No | Yes |
| | P567392 | Glass-filled Nylon | 1/4" NPT | 3 / 85 | No | Yes |

T.R.A.P. Breather Sizing

| Model | Hydraulic Systems (gal/l) | In-plant lube (gal/l) | Outside (gal/l) |
|-----------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|
| Standard | 100/375 | 500/1875 | 250/938 |
| Metal | 40/150 | 200/750 | 100/375 |
| Mini | 4/15 | 20/75 | 10/38 |



Rakennus- ja mainosmuovit

| Tuotekoodi | Tuotenimi | Tekninen nimi | Yksikkö |
|-------------|--------------------------------|---------------|---------|
| 10540002716 | Akryyliputki XT kirkas 50/46 | 2000mm | m |
| 10540002723 | Akryyliputki XT kirkas 60/50 | 2000mm | m |
| 10540002722 | Akryyliputki XT kirkas 60/52 | 2000mm | m |
| 10540002721 | Akryyliputki XT kirkas 60/54 | 2000mm | m |
| 10540002726 | Akryyliputki XT kirkas 70/60 | 2000mm | m |
| 10540002725 | Akryyliputki XT kirkas 70/62 | 2000mm | m |
| 10540002724 | Akryyliputki XT kirkas 70/64 | 2000mm | m |
| 10540002728 | Akryyliputki XT kirkas 80/70 | 2000mm | m |
| 10540002727 | Akryyliputki XT kirkas 80/72 | 2000mm | m |
| 10540002729 | Akryyliputki XT kirkas 80/74 | 2000mm | m |
| 10540002732 | Akryyliputki XT kirkas 90/80 | 2000mm | m |
| 10540002730 | Akryyliputki XT kirkas 90/84 | 2000mm | m |
| 10540002735 | Akryyliputki XT kirkas 100/90 | 2000mm | m |
| 10540002734 | Akryyliputki XT kirkas 100/94 | 2000mm | m |
| 10540002737 | Akryyliputki XT kirkas 110/100 | 2000mm | m |
| 10540002736 | Akryyliputki XT kirkas 110/104 | 2000mm | m |
| 10540002739 | Akryyliputki XT kirkas 120/110 | 2000mm | m |
| 10540003210 | Akryyliputki XT kirkas 133/123 | 2000mm | m |
| 10540003211 | Akryyliputki XT kirkas 133/127 | 2000mm | m |
| 10540002746 | Akryyliputki XT kirkas 150/140 | 2000mm | m |
| 10540002744 | Akryyliputki XT kirkas 150/142 | 2000mm | m |
| 10540002745 | Akryyliputki XT kirkas 150/144 | 2000mm | m |
| 10540002747 | Akryyliputki XT kirkas 180/172 | 2000mm | m |
| 10540002750 | Akryyliputki XT kirkas 200/190 | 2000mm | m |
| 10540002749 | Akryyliputki XT kirkas 200/192 | 2000mm | m |
| 10540002748 | Akryyliputki XT kirkas 200/194 | 2000mm | m |
| 10540003212 | Akryyliputki XT kirkas 250/240 | 2000mm | m |
| 10540002753 | Akryyliputki XT kirkas 250/242 | 2000mm | m |
| 10540003213 | Akryyliputki XT kirkas 300/290 | 2000mm | m |
| 10540003214 | Akryyliputki XT kirkas 300/292 | 2000mm | m |