

Pasi Mård

**Virtausmittareiden kalibrointilaitteiston suunnittelu**

Insinööri  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Kevät 2012



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Pasi Märd	
Työn nimi Virtausmittareiden kalibrointilaitteiston suunnittelu	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) TkL Eero Pikkarainen
	Toimeksiantaja Mittatekniikan keskus
Aika Kevät 2012	Sivumäärä ja liitteet 36+6
<p>Tässä insinööriytyössä esitellään Mittatekniikan keskukselle suunniteltu virtausmittareiden kalibrointilaitteisto. Työn pää tarkoituksena oli suunnitella Mittatekniikan keskuksen vaatimukset täyttävä kalibrointilaitteisto, jolla pystytään riittävän tarkasti kalibroimaan käytössä olevia virtausmittareita. Työssä kalibrointilaitteisto on jaettu osiin, jotka esitellään suunnittelun näkökulmasta. Osien kuvaukset ja niiden tarkoitukset laitteistossa on pyritty kertomaan yksityiskohtaisesti havainnollisten kuvien kera.</p> <p>Työssä esitellään yleisimpiä teollisuuden käytössä olevia virtausmittareita nesteiden virtauksen mittaamisessa. Esitellään niiden toimintaperiaatteet ja yleisimmät käyttökohteet ja mittarikohtaiset ominaisuudet. Raportissa kerrotaan kalibroimattomien mittavälineiden vaikutuksesta yrityksen tulokseen. Työssä esitellään mittausvirheiden yleisimmät aiheuttajat sekä ehdotetaan toimenpiteitä näiden mittausvirheiden poistamiseksi. Mittausvirheiden aiheuttajien poistamista käsitellään putkistojen suunnittelun näkökulmasta.</p> <p>Työssä käsitellään kalibroinnin merkitystä yrityksen tulokseen peilaten. Kalibroiduilla mittalaitteilla voi olla yrityksen tulokseen yllättävän suuri vaikutus tai paremminkin kalibroimattomilla mittalaitteilla.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Virtausmittarit, kalibrointi
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Pasi Mård	
Title Flow meters calibration equipments	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Mr Eero Pikkarainen, Principal Lecturer
	Commissioned by Mittatekniikan keskus
Date Spring 2012	Total Number of Pages and Appendices 36+6
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Finnish Centre For Metrology and Accreditation. The main purpose was to create a calibration system for liquid flow meters and control the manufacture of them.</p> <p>The thesis focuses to describe the calibration equipment of flow meters so simply that every reader of this report will get some kind of idea of it. The thesis includes useful information for those who need information about the calibration equipment of flow meters. The information includes all needed adjustable flow control valves and equipment as well as information why exactly those valves are used.</p> <p>The thesis discusses specific flow meters and their operating principles and properties: what kind of flow meters should be used in different places and why. The thesis tries to answer the questions. The question why calibrated measurement equipment is so important for a company's result is also answered.</p> <p>The thesis focuses on the typical fault situations of flow meters, the factors and reasons causing them and what can be done to correct the problem.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	Flow meters, calibration
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Teräsasennus Mankinen Oy	1
1.2 Mittatekniikan keskus	1
2 VIRTAUSMITTARIT JA NIIDEN KALIBROINTI	3
2.1 Tyypilliset virtausmittarit	3
2.1.1 Mekaaniset virtausmittarit	3
2.1.2 Sähkömagneettiset virtausmittarit	6
2.1.3 Ultraääneen perustuvat virtausmittarit	8
2.1.4 Coriolis-voimaan perustuvat massavirtausmittarit	10
2.2 Virtausmittauksissa esiintyvät yleiset virhelähteet	12
2.3 Kalibrointi	13
3 KALIBROINTILAITTEISTOLLE ASETETUT VAATIMUKSET	15
3.1 Yleiset vaatimukset	15
3.2 Tarkkuusvaatimukset	16
4 VIRTAUSMITTAREIDEN TARKISTUSTILAITTEISTON SUUNNITTELU	18
5 LAITTEISTOON SUUNNITELLUT OSAT	21
5.1.1 Virtausputkisto	22
5.1.2 Virtausputkistonpukit	22
5.1.3 Tasain	23
5.1.4 Venttiiliputkisto	24
5.1.5 Nousuputket divertterille	25
5.1.6 Säättösuutin	26
5.1.7 Divertteri	27
5.1.8 Punnitustankit	30
6 TYÖN TULOKSET	31
7 YHTEENVETO	34
LÄHTEET LIITTEET	35

## 1 JOHDANTO

Tutustuin mittatekniikan keskuksen toimintaan ollessani kesätöissä Teräsasennus Mankinen Oy:ssä kesällä 2011. Teräsasennus Mankinen Oy vastasi Kajaaniin muuttavien Mittatekniikan keskuksen laitteistojen asennuksesta sekä uusien mittalaitteiden valmistuksesta. Yritys oli myös vastannut Renforsin rannan tilojen muokkaamisesta Mittatekniikan keskuksen käyttöön soveltuviksi. Tätä kautta tutustuin Aimo Pusaan, joka toimi projektipäällikkönä Mikesin Kajaanin pisteen ylösajon aikana. Kalibrointilaitteiston suunnittelu tuli Mittatekniikan keskukselta normaalina suunnittelutoimeksiantona toteutettavaksi syksyn 2011 ja talven 2012 aikana. Suunnitelman mukaan laitteiston tuli olla käyttökunnossa keväällä 2012.

### 1.1 Teräsasennus Mankinen Oy

Teräsasennus Mankinen Oy on Kajaanissa toimiva metallialan moniosajayritys. Yritys on perustettu vuonna 1990 Heimo Mankisen toimesta. Yritys on toiminut nykyisellä paikallaan Kajaanin Petäisenniskan teollisuusalueella vuodesta 1998. Tilat ovat pinta-alaltaan n. 4000 m<sup>2</sup> muodostuen kahdesta kokoonpanohallista. Molemmissa on Kainuun mittakaavassa raskaat siltanosturit nostokapasiteetin yltäessä noin 50 tonniin. Lisäksi tiloissa on hiekkapuhaltamo ja maalaamo. Yritys työllistää vakituisesti noin kaksikymmentä työntekijää.

Teräsasennus Mankinen Oy on erikoistunut vaativien teräsrakenteiden valmistukseen ja asennukseen asiakkaiden vaatimusten mukaan. Tarvittaessa tuotteet myös suunnitellaan ja testataan asiakkaan asettamien vaatimusten mukaisiksi. Varsinaista omaa tuotetta yrityksellä ei ole, vaan toiminta on alihankintaa ja modifikaatioita asiakkaiden tuotteisiin.

### 1.2 Mittatekniikan keskus

Mittatekniikan keskus on Suomen kansallinen metrologialaitos, joka vastaa kansainvälisten mittanormaalien jäljitettävyydestä kansainvälisiin mittanormaaleihin. Mittatekniikan keskus toimii työ- ja elinkeinoministeriön alaisuudessa, ja sen toimintaa ohjaa lainsäädäntö. Mittatekniikan keskus muutti Kajaanin Renforsin rantaan keväällä 2011 Lahdesta, jossa se toimi

nimellä Mikes Lahti Precision. Lahti Precision toimii edelleen mittalaitteiden toimittajana ja valmistajana. Mittatekniikan keskuksen Kajaanin toimipiste tarjoaa palveluita voiman, vääntömomentin ja virtausmittausten kalibroinnin alalla. Mittatekniikan keskuksen Kajaanin toimipiste vastaa myös yllä olevien suureiden kansallisten mittanormaalien ylläpidosta.

Mittatekniikan keskukselta puuttui laitteisto, jolla voitaisiin luotettavasti kalibroida virtausmittareita. Tähän tarpeeseen pyritään vastaamaan tässä työssä esitellyllä kalibrointilaitteistolla. Laitteistolla tullaan kalibroimaan yleisesti käytössä olevia virtausmittareita, joille on asetettu tarkastusvaatimuksia. Tällaisessa käytössä olevia mittareita löytyy esimerkiksi prosessiteollisuudesta sekä jokaista koskettavasta elintarviketeollisuudesta. Prosessiteollisuudessa esimerkiksi nesteen annostelu prosessiin voi olla todella tarkkaa prosessin oikean toiminnan turvaamiseksi ja tällöin tarvitaan näyttämältään kalibroituja virtausmittareita. Laitteistolla pyritään siis kalibroimaan litra vastaamaan kansainvälistä litran mittanormaalia.

Aimo Pusan haastattelussa kävi ilmi, että tarve tällaiselle laitteistolle oli todellinen ja kysyntää virtausmittareiden kalibrointipalvelulle löytyy pelkästään kotimaasta erittäin paljon. Tietyille tahoille mittareiden kalibrointi on laissa säädetty tehtäväksi määräajoin.[1]

## 2 VIRTAUSMITTARIT JA NIIDEN KALIBROINTI

Virtausmittareita on olemassa lukuisia eri tyyppisiä. Tässä tarkastellaan muutamia tyypillisiä nesteenvirtauksen mittaamiseen teollisuudessa käytettyjä virtausmittareita tarkemmin ja esittelee niiden toimintaperiaatteita ja käyttötarkoituksia sekä ominaisuuksia.

Virtausmittareita käytetään monissa teollisuuden sovelluksissa suurista massanvirtauksen mittauksista aina lääketieteellisuuden pieniin mittauksiin. Virtauksen mittauksen tarkoituksena on määrittää virtannut ainemäärä. Ainemäärän tietäminen on oleellista esimerkiksi annosteltaessa prosessiin ainetta. Ainemäärän oikeellisuus on taloudellisesti, prosessin oikean toiminnan ja turvallisuuden kannalta tärkeää. Virtausmittareita käytetään myös pakkauskoon mittaamiseen elintarviketeollisuudessa.

Alla esitellään muutamia yleisesti käytössä olevia virtausmittareita. Erilaisia virtausmittarisovelluksia on olemassa paljon, ja käytössä on lukuisia mittarityyppejä, jotka ovat toistensa yhdistelmiä.

### 2.1 Tyypilliset virtausmittarit

Virtausmittarit ovat tyypillisesti virtausputken välille asennettavia mittareita, joiden läpi nestevirta kulkee. Olemassa on myös virtausputken ulkopuolelta mittaustietonsa saavia mittareita. Nämä mittarit perustuvat mitattavasta nesteestä riippuen joko ultraääneen tai magnetismiin mitattavan nesteen ominaisuuksista riippuen.

Nesteen ominaisuudet vaikuttavat mittarityypin valintaan. Vaikuttavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi nesteen viskositeetti, epäpuhtaudet, lämpötila, nesteen kemiallinen koostumus sekä sähkön johtavuus.

#### 2.1.1 Mekaaniset virtausmittarit

Mekaaniset virtausmittarit jaetaan useisiin eri tyyppisiin niiden toimintaperiaatteen mukaan. Yleisimmin käytössä olevia mittarityyppejä ovat roottorivirtausmittarit, mekaaniset mäntävir-

tausmittarit sekä rotametrit. Mekaaniset virtausmittarit ovat yleisimmin käytettyjä niiden edullisen hinnan ja toimintavarmuuden vuoksi. Mekaanisia virtausmittareita on yleisesti käytössä esimerkiksi käyttöveden kulutuksenmittauksessa. Mekaaniset virtausmittarit soveltuvat tasalaatuisten nesteiden virtauksen mittaukseen. Nesteen seassa ei voi olla kovin suuria partikkeleita, sillä ne aiheuttavat mittareiden sisäisissä mekaanisissa osissa toimintahäiriöitä. Mekaanisten virtausmittareiden huollon tarve on vähäinen, eikä niitä käytännössä juuri huolleta. Mekaanisen virtausmittarin menettäessä mittaustarkkuuttaan väljyyntymisen vuoksi se käytännössä uusitaan. Näin tehdään esimerkiksi juuri käyttöveden mittaamisessa. Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen mekaaninen virtausmittari.



Kuva 1. Tyypillinen mekaaninen virtausmittari. [2]

Mekaanisen roottorivirtausmittarin toiminta perustuu virtaavan nesteen aiheuttamaan roottorin pyörimiseen. Roottori pyörittää akselia, jonka päässä voi yksinkertaisimmillaan olla viisari näyttämässä nesteen virtaamaa. Kuvassa 1 olevan mittarin akselilla on vaihteisto, joka jakaa mittarin näyttämän desilitran tarkkuuteen.

Mäntävirtausmittareiden toiminta perustuu mittarin virtausaukon koon muutokseen. Pienempi virtaama mahtuu virtaamaan pienemmästä aukosta kuin suuri virtaama. Virtaaman kasvu saa mittarissa olevan männän nousemaan virtaaman tieltä ylös. Männän liike muuteaan viisarin tai näytön avulla luettavaan muotoon. Kuvassa 2 on esitetty mekaaninen mäntävirtausmittari.





Kuva 2. Mekaaninen mäntävirtausmittari.[3]

Yksinkertaisin mekaaninen virtausmittari on rotametri eli muuttuva-aukkoisen virtausmittari. Rotametri on kartion muotoinen putki, joka asennetaan pystyasentoon leveämpi puoli ylöspäin. Yleisemmin kartioputki on läpinäkyvästä materiaalista valmistettu. Kartioputken sisällä on kuula tai jokin muu vastaava osoitin osoittamassa virtaamaa. Virtaaman kasvaessa osoitin nousee putkessa ylöspäin. Kuvassa 3 on esitetty Krohnen valmistama tarkka rotametri.

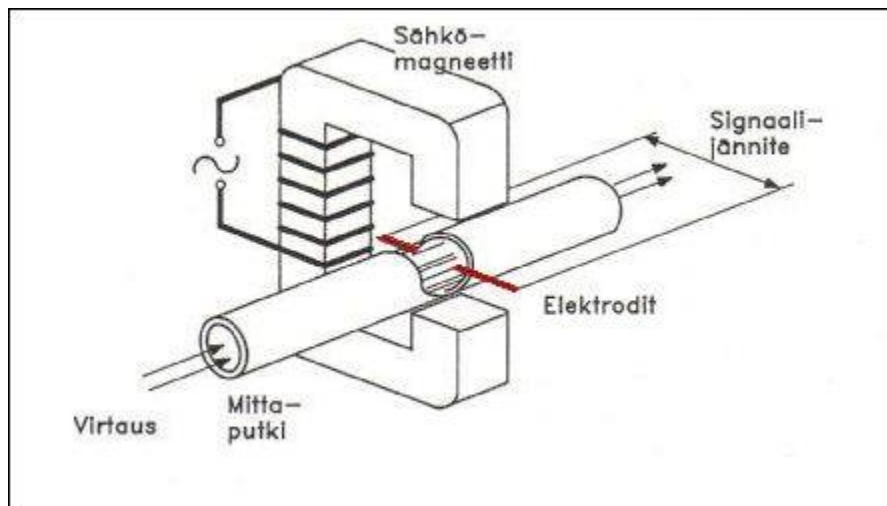


Kuva 3. Krohnen valmistama rotametri.[4]

### 2.1.2 Sähkömagneettiset virtausmittarit

Magnetismiin perustuvien virtausmittareiden ominaisuutena on suuri tarkkuus jo pienillä nesteenvirtaamilla, sekä virtausmittarin aukon täysikokoisuus virtausputkeen nähden. Mittarin aukon koko vaikuttaa suoraan virtausvastukseen, joten magneettisilla virtausmittareilla ei välttämättä ole juurikaan virtausvastusta lisäävää vaikutusta virtausputkistossa. Yleisesti sähkömagneettistenvirtausmittareiden tarkkuus on noin 0,5 %.

Sähkömagneettisen virtausmittarin toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Toisin sanoen mittari toimii kuten sähkögeneraattori. Mittarin ylä- ja alapuolelle asetetut sähkömagneetit luovat väliinsä magneettikentän. Sähköä johtavan nesteen virratessa magneettikentän läpi voidaan syntynyt jännite mitata putken kummallekin puolelle asetettujen elektrodien väliltä. Kuvassa 4 on esitetty sähkömagneettisen virtausmittarin toimintaperiaate.



Kuva 4. Sähkömagneettisen virtausmittarin toimintaperiaate.[2]

Sähkömagneettinen virtausmittari vaatii toimiakseen sähköä johtavan nesteenvirtauksen. Nesteiden sähkönjohtavuuden on oltava mittarityypistä riippuen vähintään 0,5–1 mS/cm. Tällaisia nesteitä ovat esimerkiksi vesi, sellumassa ja erilaiset kemikaalit. Signaalijännite on suoraan verrannollinen nesteenvirtaamaan. Aivan kuten sähkögeneraattorissa magneettivuon vaihtelutaajuus vaikuttaa jännitteen voimakkuuteen. Kaavasta 1 voidaan laskea syntyneen signaalijännitteen  $U$  suuruus.

$$U = B * l * v,$$

jossa

U = Syntynyt signaalijännite

B = Magneettivuon tiheys

l = Mittaelektrodien etäisyys

v = Väliaineen virtausnopeus

Sähkömagneettisten virtausmittareiden käyttö on nykyään yleistä jo pelkästään niiden erinomaisen prosessorijärjestelmiin soveltuvuutensa sekä edullisuutensa takia. Lisäksi ne eivät ole kovin häiriöalttuita ulkoisille tekijöille ja niiden huollon tarve on vähäinen, sillä niissä ei ole liikkuvia tai kuluvia osia. Sähkömagneettisista virtausventtiileistä löytyy myös prosessoriohjattuja sovelluksia mittauksiin, jolloin virtausputki on vajaatäyttöinen, tämä on etu, johon muut mittarityypit eivät pysty vastaamaan luotettavasti. Sähkömagneettisilla virtausmittareilla voidaan toteuttaa virtausmittauksia myös avokanavissa. Kuvassa 5 on esitetty tyypillinen sähkömagneettinen virtausmittari kytkettynä virtausputkistoon.



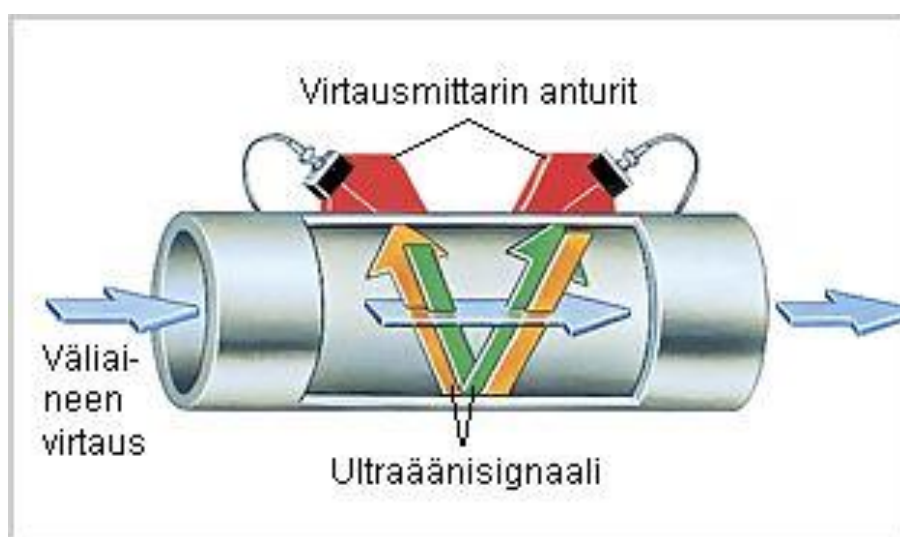
Kuva 5. Sähkömagneettinen virtausmittari asennettuna virtausputkistoon.[5]

Sähkömagneettisten virtausmittareiden kokoskaala on suuri kuten kuva 5 osoittaa. Mittarikojoja löytyy DN 1:stä DN 3000:een käyttökohteesta riippuen.

### 2.1.3 Ultraääneen perustuvat virtausmittarit

Ultraääneen perustuvat virtausmittarit ovat riippumattomia sijoituspaikastaan. Niiden asentaminen on erittäin helppoa verrattuna muihin virtausmittarityyppeihin, sillä niiden asentaminen ei vaadi putkitöitä. Ultraäänivirtausmittari sijoitetaan suoraan putken päälle ja asennus voidaan tehdä jopa prosessin käydessä.

Ultraäänivirtausmittari perustuu nimensä mukaisesti ultraäänen käyttöön virtauksen mittaamisessa. Virtausmittari vaatii toimiakseen kaksi ultraäänianturia lähetys- ja vastaanottoominaisuuksilla. Ultraäänianturit peilaavat toisiaan vasten siten, että toinen anturi lähettää signaalia virtauksen suuntaisesti ja toinen anturi virtausta vastaan. Anturit vastaanottavat toistensa lähettämän signaalin. Näiden signaalien vastaanottoaikojen erosta voidaan laskea nesteen virtaama ja virtauksen suunta. Anturit asennetaan putken ulkopintaan tietylle etäisyydelle toisistaan anturityypin mukaan. Anturit asennetaan joko poraamalla putken läpi tai asentamalla anturi suoraan putken pintaan kiinni. Asennustapa riippuu anturin tyypistä ja tarkasteltavan virtausputken materiaalista. Kuvassa 6 on esitetty ultraäänivirtausmittarin toimintaperiaate.



Kuva 6. Ultraäänivirtausmittauksen toiminta periaate.[2]

Ultraäänivirtausmittareita käytetään yleisesti teollisuuden kohteissa, joissa virtaavan nesteen kiintoainepitoisuus ei ole korkea. Nesteessä olevat kiintoaineet aiheuttavat virhekaikuja anturien välille. Virhekaiut käytännössä estävät mittarityypin käytön kiintoainetta sisältävissä nesteissä. Mittarityyppejä voidaan käyttää siirrettävyytensä ja asennuksen helppouden vuoksi eri prosessien virtausten tarkastusmittauksissa. Mittarityyppi soveltuu aineeseen koskemattomana mittausmenetelmänä myös erittäin aggressiivisten aineiden virtausmittaukseen. Kuvassa 7 on esitetty ultraäänivirtausmittari käyttökohteessaan.



Kuva 7. Ultraäänivirtausmittari käyttökohteessa.[6]

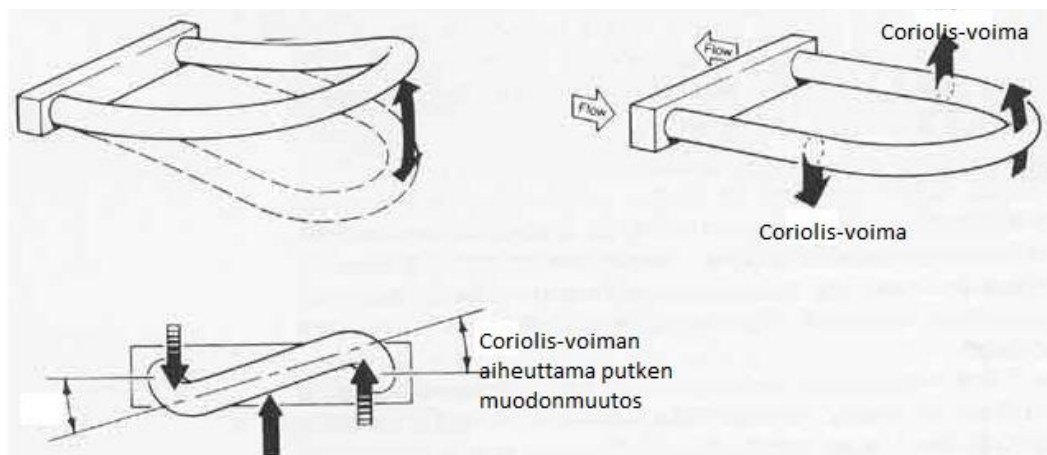
Ultraäänivirtausmittareissa on olemassa vielä ylläkin esiteltyä yksinkertaisempi ratkaisu. Virtausmittausta voidaan tehdä myös doppler-ilmiöön perustuvalla tekniikalla. Tällöin käytössä on vain yksi ultraäänilähetin-vastaanotin. Menetelmä vaatii, toisin kuin kulkuaikaeroon perustuvassa ultraäänimittauksessa, kiintoainepartikkeleita tai kaasukuplia nesteen sekaan. Doppler-ilmiöön perustuva mittausmenetelmä poimii kaikuja näistä partikkeleista ja laskee virtausnopeuden lähetetyn ja vastaanotetun kaiun taajuuden muutoksesta.

Ultraäänivirtausmittareiden vaatimukset ja mittausominaisuudet vaihtelevat mittareiden valmistajasta riippuen. Esimerkiksi Greyline instrument PT400 (kuvassa 6) vaatii mitattavalta nesteeltä alle 2 % kiintoaine- tai kaasukuplapitoisuutta. Kiintoainepitoisuuden ollessa alle 2 % valmistaja lupaa laitteen tarkkuudeksi  $\pm 2\%$  ja toistettavuudeksi  $\pm 0,5\%$ , virtausnopeuden ollessa 0,2–12 m/s.

#### 2.1.4 Coriolis-voimaan perustuvat massavirtausmittarit

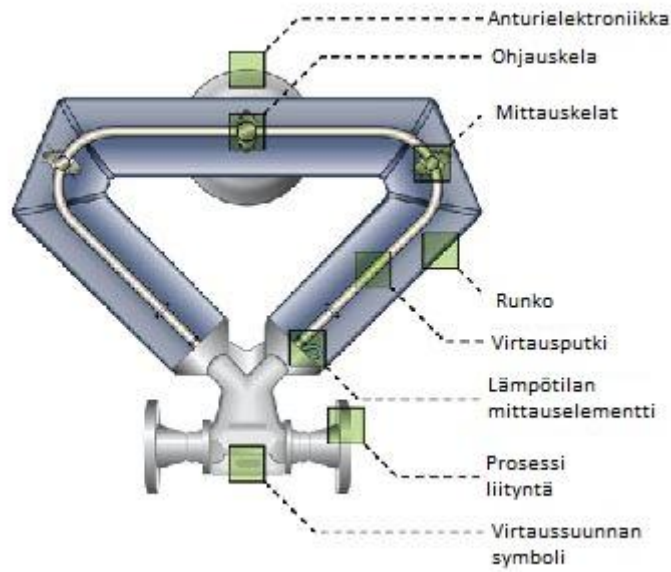
Coriolis-voimaan perustuva virtausmittaus perustuu virtausputken värähtelyjen mittaamiseen. Mittarityypin ominaisuutena on sen lineaarisuus, sillä toiminta perustuu Newtonin toiseen lakiin  $\text{voima} = \text{massa} \times \text{kiihtyvyys}$ . Tällöin mitattava virtausputken värähtely on suoraan verrannollinen virtaavaan massavirtaan. Coriolis-mittarilla saadaan mittaustuloksena suoraan virtaava kokonaismassavirta, sillä mittaustulos on väliaineen virtaava massa  $\times$  virtausnopeus. Coriolis-massavirtamittarin tärkein ja paras ominaisuus on sen kyky mitata kolmea suuretta yhtä aikaa. Mitattavia suureita ovat massavirta, tiheys ja lämpötila. Mittarityypillä on ominaisuus määrittää virtaavan massan tiheys omien fyysisten mittatietojen perusteella varsin tarkasti.[7]

Coriolis-massavirtamittarin toiminta voidaan havainnollistaa yksinkertaisen U-putken avulla. Virtauksen aiheuttama coriolis-voima saa u-putken värähtelemään kuvan 8 mukaisesti. Muodon muutokset ovat mittarikäytössä pieniä, mutta havaittavissa.



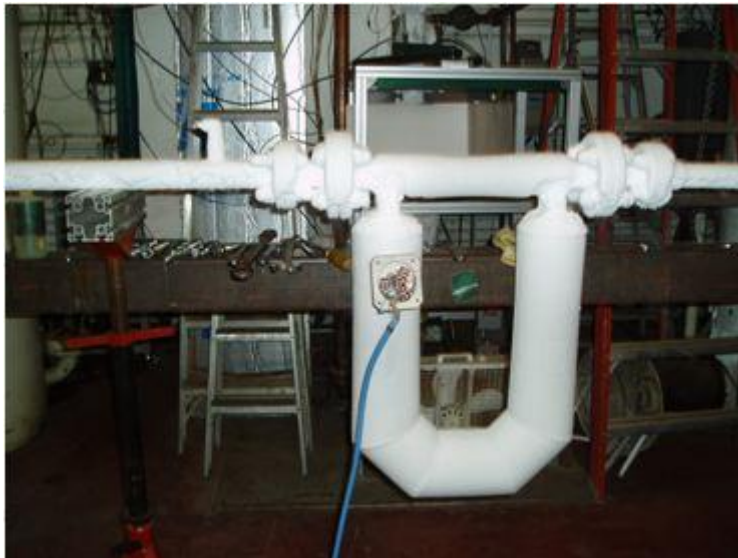
Kuva 8. Coriolis-voiman aiheuttama muodonmuutos U-putkessa. [2]

Mittarityypin etuina muihin virtausmittareihin verrattuna on suoraan mitta-arvona saatava kokonaismassavirta, erinomainen tarkkuus, sijoituksen vapaus. Sijoituksen vapaus siinä mielessä, että coriolis-mittari ei tarvitse suoraa putkiosuutta ennen mittaria mittaustuloksen siitä kärsimättä. Kuvassa 9 on esitetty coriolis-massavirtamittarin periaatekuva.



Kuva 9. Coriolis-massavirtamittarin toimintaperiaate.[4]

Coriolis-mittarilla voidaan mitata lähes mitä tahansa virtaavaa, esimerkiksi kaasuja, nesteitä ja erilaisia massoja. Virtaavan materiaalin seassa olevien kiintoaineiden koko voi olla mittarityypistä riippuen kymmeniä millimetrejä. Tästä syystä mittarityypin käyttökohteita löytyy teollisuuden piiristä paljon. Kuvassa 10 on esitetty coriolis-massavirtamittari kalibrointavana nestemäisellä tyellä NIST:n laboratoriossa.



Kuva 10. Coriolis-massavirtamittari kalibrointavana.[8]

## 2.2 Virtausmittauksissa esiintyvät yleiset virhelähteet

Virtausmittauksissa niin kuin muissakin mittauksissa on aina olemassa virhelähteitä, jotka vaikuttavat negatiivisesti mittaustuloksen luotettavuuteen. Mittaustuloksen luotettavuus tulisi ottaa huomioon jo laitteiston putkistoja suunniteltaessa. Tämä siksi, että lähes kaikki virtausmittarit vaativat mittaustuloksen luotettavuuden takia riittävän pitkän suoran osuuden putkistoon ennen ja jälkeen mittalaitetta. Suunnittelun aikana voidaan ottaa jo huomioon mittalaitteiden sijoituspaikat. Mittalaitteet tulisi sijoittaa mahdollisuuksien mukaan siten, että niiden luokse päästävyys olisi kalibroinnin kannalta riittävä ja olosuhteet mittalaitteiden kannalta suotuisat. Olosuhteista tulisi ottaa huomioon sijoitustilan lämmönvaihtelu, kosteus, värinä, korroosio ja puhtaus. Jotkin massavirtamittarit häiriintyvät ulkoisista värinäistä, joten varsinkin niiden sijoituksessa on mahdolliset värinälähteet selvítettävä. Jos tiedetään lähistöllä olevan jonkin värinälähteen, tulee massavirtamittari kiinnittää jäykkään rakenteeseen ja pyrittävä eristämään mittalaite värinälähteestä.

Putkiston suunnittelun aikana mittalaitteita sijoitettaessa tulee selvittää virtaavan aineen koostumus. Koostumus vaikuttaa mittalaitteiden sijoituspaikkoihin sakkautuvuusvaaran takia. Putkistossa liian alas sijoitettu mittalaite on alttiina virtaavan materiaalin sakkautumiselle. Tämä varsinkin, jos virtaus on tyypiltään vaihtelevaa. Liian ylhäälle sijoitettu mittalaite on taas tilanteesta riippuen alttiina putkiston vajaatäytölle tai kaasujen aiheuttamille taskuille.

Mittauksen tarkkuuteen vaikuttavat nesteen kiintoainepitoisuus sekä mahdolliset kaasukuplat. Tietyt mittarityypit ovat näille epäpuhtauksille tunteettomia, mutta yleensä ne aiheuttavat mittausrvirheitä tai tekevät mittaamisen mahdottomaksi. Kaasukuplat voivat johtua putkiston virheellisestä asennuksesta tai viallisista pumpuista. Kaasukuplien muodostuminen voi kertoa putkiston vuodosta. Vuoto voi olla olemassa, vaikka se ei näkyisikään putkiston ulkopuolelle. Riippuen virtaavasta aineesta vuotokohta voi olla niin pieni, että putken sisältämä aine ei vuoda ulospäin, mutta vuotokohdasta imeytyy ilmaa putkiston sisälle. Joissakin tapauksissa paineenvaihtelu aiheuttaa myös kaasukuplia. Paineen laskiessa liian alas alkaa putkiston sisältö poreilla.

Korroosion vaikutus mittalaitteisiin voi olla ratkaiseva mittalaitteiden toiminnan ja luotettavuuden kannalta. Korroosio ei välttämättä johdu mitattavasta aineesta vaan korroosio voi vaikuttaa mittalaitteeseen ympäristöstä. Ympäristön aiheuttamaan korroosioon voidaan vaikuttaa mittalaitteen sijoituksella. Jos mittalaitteen sijoituksella ei voida ratkaista ympäristöstä



johtuvan korroosion vaikutusta, voidaan laite suojata suojarakenteella. Mitattavasta aineesta johtuva korrosio voidaan välttää valitsemalla mahdollisuuksien mukaan käyttöön sellainen mittausmenetelmä, jossa mittalaitteet eivät ole kosketuksissa mitattavaan aineeseen.

Virtausmittareiden oikeanlaisen toiminnan ja luotettavan mittaustarkkuuden varmistamiseksi on ensisijaisen tärkeää, että mittauksen lähtökohdat on tiedossa mittareita hankittaessa ja asennettaessa. Lähtöarvojen avulla voidaan valita oikeanlainen mittalaite oikeaan paikkaan. Vääränlaisella mittalaitteella väärässä paikassa ja epäedullisissa olosuhteissa ei voi odottaa tarkkuuden puolesta juuri mitään. Mittareita valittaessa on syytä miettiä myös mittarien toimittajaa. Mittalaitteiden toimittajia on nykyään paljon ja valmistajien välillä suuriakin hintaeroja. Tarkkuutta ja toimintavarmuutta haettaessa ei halvin vaihtoehto ole välttämättä paras.

### 2.3 Kalibrointi

Kalibroinnin tarkoituksena on saattaa mittalaitteen näyttämä vastaamaan kansainvälistä suureen mittanormaalia. Siksi virallisia kalibrointeja saa tehdä vain siihen tehtävään hyväksytty tarkastuslaitos. Suomessa kalibrointien tunnetuin tekijä on Inspecta. Kalibroitaessa mittalaitteen mittaamaa suuretta verrataan kansalliseen tai kansainväliseen suureen mittanormaaliin. Kalibrointitoiminnalla saadaan katkeamaton yhteys olemassa olevaan kansainväliseen suureen mittanormaaliin. Esimerkiksi kalibroinnin ansiosta litranmitta on joka paikassa maailmaa sama. Suurin osa mittanormaaleista on nykyään sidottu tiettyihin mitattavissa oleviin luonnonvakioihin. Litran vakio on määritetty vastaamaan tilavuutta, jonka koko on  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$  eli kuutiodesimetri. Eli tilavuusyksikkö litra on sidottu mittayksikön luonnonvakioon. Mittayksikkö metri on taas sidottu luonnonvakioon valonnopeuden kautta. Metrin määritelmä on valon kulkema matka tyhjöissä  $1/299792458$  sekunnissa.

Kalibroituilla virtausmittareilla voi olla merkittävä rooli yrityksen tulokseen, sillä virtausmittareilla on taipumuksena vanhennuttuaan alkaa näyttämään todellista virtaamaa pienempää arvoa. Tämä johtuu kulumisesta ja putken sisälle ja virtausmittareihin kertyvästä oksidikerroksesta. Oksidikerroksen aiheuttamat mittausvääristymät ovat etenkin magnetismiin perustuvien virtausmittareiden ongelma. Oksidikerros toimii eristeenä signaalijännitteen elektrodeissa, jolloin mitattu jännite voi poiketa huomattavasti todellisesta. Mittarin näyttämä voi poiketa todellisesta virtaamasta kymmeniä prosentteja, jopa 50 %. Tuon suuruinen mittavirhe on taloudellisesti mittava toimialoilla, joissa tulos saadaan pelkästään mittareiden antamis-

ta arvoista. Mittausvirhe vaikuttaa myös prosessin oikeanlaiseen toimintaan ja tietyissä tapauksissa oleellisesti myös turvallisuuteen. Näiden seikkojen takia virtausmittareiden kalibrointi on joissakin tapauksissa säädetty lailla tehtäväksi määräajoin. [9]

Kalibrointi voidaan suorittaa joko laboratorio-olosuhteissa tai tietyissä tapauksissa kentällä prosessin käydessä. Kalibrointi suoritetaan vertaamalla mittarin näyttämää referenssimittarin näyttämään. Referenssimittarin näyttämä on kalibroitu vastaamaan suureen mittanormalia. Näyttämän ollessa virheellinen tehdään tarvittavat säädöt tai puhdistukset. Suoritettaessa kalibrointi laboratorioissa saadaan parempi mittausvarmuus kuin kentällä tehtynä. Siksi suositellaan joka toisen kalibroinnin suorittamista laboratorio-olosuhteissa. Laboratorio-olosuhteissa tehty kalibrointi on noin prosentin tarkempi kuin kentällä tehty kalibrointi, jonka tarkkuus voi heittää referenssimittarista noin kaksi prosenttia. Tarkkuus riippuu tietenkin käytettävistä mittausten menetelmistä.

Kalibroinnista kirjoitetaan aina todistus, josta selviää kalibroinnin tekijä, käytetty menetelmä, kalibroinnin tulos sekä kalibroinnin voimassaoloaika.

### 3 KALIBROINTILAITTEISTOLLE ASETETUT VAATIMUKSET

Virtausmittareiden tarkistuslaitteiston vaatimukset koskevat lähinnä laitteiston säädettävyyttä ja toistotarkkuutta. Maailmalla on lukuisia tarkastuslaitoksia, joilla on käytössä virtausmittareiden kalibrointilaitteisto. Niillä kaikilla on käytössä omanlaisensa laitteisto, sillä valmista laitteistoa tässä mittakaavassa ei ole tarjolla. Pienempien kalibrointiasemien valmistajia löytyy kotimaastammekin.

Kalibrointilaitteiston vaatimukset tulevat fysiikan lakien kautta. Laitteistolla pyritään lähes täydellisesti hallitsemaan virtaavan nesteen voimia pumppujen ja erilaisten venttiilien avulla, joten fysiikka ja nesteen ominaisuudet sanelevat ehdot sille, miten laitteisto on suunniteltava, että sen tarkkuus saadaan riittäväksi kalibroinnin kannalta.[10]

#### 3.1 Yleiset vaatimukset

Laitteistolle ei ole olemassa mitään varsinaisia vaatimuksia muotonsa tai mallinsa perusteella. Vaatimukset tulevat fysiikan lakien perusteella. Maailmalla on olemassa vastaavia laitteistoja kansallisissa metrologian laitoksissa. Kaikkien toimijoiden laitteet ovat yksilöllisiä niiden omien vaatimustensa ja tilojen mukaisia. Mikesillekin suunniteltu laitteisto on suunniteltu periaatteessa tilojen perusteella. Kyseinen laitteisto vaati aika paljon tilaa, jotta laitteisto täyttäisi sille asetetut tarkkuusvaatimukset riittävän pitkien virtausputkien avulla. Virtausputkien pituudelle annettiin minimipituudeksi 20 x putkenhalkaisija.

Tarkimmat vaatimukset annettiin divertterin toiminnalle. Divertterillä ohjataan nestevirta laitteiston säädön aikana ohivirtaustankkiin ja siitä edelleen tornin säiliöön. Mittauksen alkaessa divertteri kääntää nestevirran punnitustankkiin ja mittauksen päättyessä ohivirtaustankkiin. Nestevirran käännön oli alkuperäisen suunnitelman mukaan tapahduttava alle 20 millisekunnissa. Tästä jouduttiin hieman tinkimään, koska divertterin ja nestevirran massa oli sen verran suuri, ettei sen liikuttaminen tuossa ajassa ollut ilman valtavia voimia mahdollista. Lisäksi suuren massan hallittu ohjaus ja paikoitus olivat hankalaa. Todettiin divertterin siirron ajaksi ilman mittaustarkkuuden liiallista heikkenemistä riittävän noin 50 millisekuntia.

Laitteistossa olevien putkikäyrien todettiin aiheuttavan virtausvastusta ja pyörteilyä virtaavassa nesteessä. Tutkittiin mahdollisuuksia käyrien määrän minimoimiseksi. Tilojen puitteissa käyrien vähentäminen ei ollut mahdollista vaan päädyttiin vaihtamaan käyrät mahdollisimman loiviksi taivutussäteeltään. Tarkempi tarkastelu osoitti maksimivirtaamalle riittävän vakiokäyräkoko, jossa käyrän taivutussäde oli 2,5 x putkenhalkaisija. Tämän käyrän virtausvastus oli vajaan puolet siitä, mitä se olisi ollut normaalilla putkikäyrällä.

### 3.2 Tarkkuusvaatimukset

Laitteisto suunniteltiin laboratorionkäyttöön, joten vaatimukset mittaustulosten luotettavuudesta olivat luonnollisesti korkealla. Tilannetta vielä hankaloitti hieman se, että tilat oli jo saneerattu Mittatekniikan keskuksen käyttöön ottamatta riittävästi huomioon laitteiston tilan tarvetta.

Tutkimuksin on osoitettu, että virtausputkien pituuksien ja halkaisijoiden välillä on korrelaatio siten, että virtausputkenhalkaisijan kasvaessa on sen pituuden myös kasvettava, edellytyksenä se, että myös virtausnopeus putkessa kasvaa. Tämä siksi, että virtaama ehtii vakavoitua riittävästi häiriöttömän ja luotettavan mittaustuloksen saamiseksi.

Virtausputkiston osalta vaadittiin lähes ehdotonta suoruutta. Korkeusero virtausputkiston päiden välillä oli spesifioitu puoleen millimetriin, joka on todella vähän, kun virtausputkiston pituus on noin kuusi metriä. Virtausputkisto koostuu useasta eri osuudesta, jonka läpi virtaava neste joutuu kulkemaan. Asetettiin putkiston ja mittareiden liitoksille erinäisiä vaatimuksia. Liittimien täytyi olla itse keskittäviä ja niiden tuli ohjautua samaan linjaan muun putkiston kanssa. Liittimien tuli olla myös ehdottoman tiiviitä, sillä vuoto aiheuttaa aina mittareiden kalibroinnin keskeytyksen.

Divertteriä koskivat huomattavan tiukat tarkkuusvaatimukset, sillä divertterin toiminta ratkaisee koko tarkistuslaitteiston luotettavuuden. Asennon vaihdon aika ja asennon vaihdon paikoitus molempiin suuntiin täytyi olla mahdollisimman identtinen. Mittauksen toistettavuudelle käytettiin tunnuslukuna 0,002 % mittauspöikkeamaa. Laitteiston mittaustarkkuus oli asetettu myös prosentin tuhannesosiin.[1] Mittauspöikkeamat ovat mitättömän pieniä, kun verrataan niitä virtaavan nesteen määrään. Nestevirta tulee suurimmillaan olemaan noin 200

1/s. Divertterin toiminnan saaminen annettuihin arvoihin ratkaisee laitteiston mittaustarkkuuden.

#### 4 VIRTAUSMITTAREIDEN TARKISTUSTILAITTEISTON SUUNNITTELU

Työ suoritettiin normaalina suunnittelutoimeksiantona talven ja kevään 2012 aikana. Laitteiston suunnittelun lähtökohtina olivat Mittatekniikan keskuksen vaatimukset sekä laitteiston tilantarpeen minimointi. Laitteiston tulevasta tarpeesta oli ollut tieto, joten Mittatekniikan keskuksella oli varattu tilaa laitteistoa varten. Laitteistoa varten oli jo rakennettu punnitus-tankit sekä tasorakenteet virtausputkien oletetulle paikalle.

Renforsin rantaan saneeratut tilat olivat valmiuksiltaan erinomaiset juuri tämänkaltaisen laitteiston sijoituspaikaksi. Rakennuksessa oli riittävästi korkeutta päävesitankin sijoitukselle.

Virtausmittareiden kalibrointilaitteistolla tutkitaan virtausmittareiden näyttämää tarkkuusvaakojen avulla. Laitteiston läpi juoksetetaan vakioaineista ja vakiovirtaaman omaavaa nestettä, jonka massa punnitaan tarkkuusvaaoilla ja saatua massaa verrataan tutkittavan mittarin näyttämään. Tässä tapauksessa mittareita tutkitaan veden avulla.

Vakioaineinen vesi juoksetetaan virtausputkistoon korkealla sijaitsevasta säiliöstä, jonka nestepinta pidetään vakiona pumppujen avulla. Tällöin käytössä on vakaampi nesteen paine ja virtaama kuin jos sitä verrataan pumppujen avulla yllä pidettävään paineeseen. Laitteiston käytön aikana ei sallita paineessa eikä virtaamassa juuri minkäänlaisia vaihteluita. Kaikki muuttujat pyritään sulkemaan pois, tai ainakin minimoimaan niiden aiheuttamat mittaustuloksen epävarmuustekijät.

Suunnittelu tapahtui pääsääntöisesti SolidWorks-ohjelmistoa käyttäen. Suunnittelussa suurimman haasteen asetti jo valmiiksi tehdyt tilat laitteistolle, vaikkei kenelläkään ole ollut tiloja varusteltaessa tietoa laitteiston tilantarpeesta. Kun otetaan vielä huomioon se, ettei laitteistoon saanut laittaa yhtään ylimääräistä putkikäyrää mittauserävarmuuden lisääntymisen vuoksi, oli laitteiston suunnittelussa riittävästi haastetta jo pelkästään laitteiston sijoittamisen kannalta.

Laitteiston suunnittelun kannalta olisi ollut erittäin paljon helpompaa aloittaa niin sanotusti puhtaalta pöydältä ja päästä aloittamaan laitteiston suunnittelu silloin, kun käytössä ollut tila olisi ollut vielä tyhjä. Tässä tapauksessa tilaan oli jo sijoitettu kaikki hoitotasot, laitteeseen liittyvät muut putkistot, punnitus- ja ohivirtaustankit sekä virtausputkistolle ajateltu paikka. Tila vaikutti ensi alkuun kooltaan riittävältä, mutta suunnittelun edetessä tila tuntui kutistu-

van. Putkistossa on tiettyjä mittoja, joihin ei voitu puutua tilantarpeen pienentämiseksi. Esimerkiksi virtausputkien minimipituuksia ei voitu enää lyhentää mittausvarmuuden säilyttämiseksi.

Laitteiston suunnittelu alkoi tutustumisella laitteiston sijoituskohteeseen. Kohteessa oli jo mittava määrä eri laitteiden käytössä olevia putkistoja, joiden sijoitukset täytyi mitoittaa ylös, ettei kalibrointilaitteiston kanssa tapahtuisi törmäyksiä asennusvaiheessa. Laitteistosta oli jo olemassa PI-kaavio, joka oli suunniteltu juuri tätä tilaa varten. PI-kaavioon oli suunniteltu kaikki venttiilien paikat laitteistossa. Tämän suunnitelman pohjalta alettiin suunnitella itse laitteistoa. PI-kaavio on liitteenä tämän raportin liitteissä. (Piirustus M – 1101 – 01)

Suunnittelussa oli otettava huomioon putkiston aiheuttamat virtausvastukset. Virtausvastukset pyrittiin minimoimaan mahdollisimman suoralla putkistolla. Kaikki putkistoon tarvittavat putkikäyrät valittiin mahdollisimman loivasäteisiksi. Käyriä valittaessa päädyttiin putkikäyriin, joiden säde oli 2,5 x putken halkaisija. Näillä käyrillä virtausvastus oli noin kolmasosa verrattuna standardiin 1,5 x putkenhalkaisija oleviin putkikäyriin. Putkiston kaikki liitokset, niin laippa- kuin virtausputkiston puristusliitoksetkin, suunniteltiin sisämuodoltaan vastaamaan mahdollisimman hyvin itse putkiston sisäprofiilia. Näin liitoskohtiin ei muodostu pyörteitä lisäämään virtausvastusta.

Divertterin ja säätösuuttimen suunnittelussa tuli ottaa huomioon säteensuuntaisten liikkeiden aiheuttama komponenttien välimatkojen kasvu. Tämä tuli ongelmaksi etenkin säätösuutinta suunniteltaessa. Suuttimen aukon säätäminen aiheutti suuttimen ja divertterin välimatkan kasvua, jonka uskottiin lisäävän nesteiden roiskumista. Ongelma pyrittiin korjaamaan suuttimen säätölevyjen kulmaa pienentämällä. Suuttimen säätölevyjen kulman pienentäminen taas pakotti tekemään suuttimesta pidemmän. Tilan puuttuessa jouduttiin tekemään kompromissi suuttimen pituuden ja säätölevyjen kulman kanssa. Ongelma on edelleen olemassa, mutta se on saatettu niin pieneksi kuin tilan puitteissa oli mahdollista. Vastaavanlainen ongelma oli divertterin käännön aikana. Divertteri kääntyy akselin ympäri, joten myös sen välimatka suuttimeen kasvaa käännön ääriasennoissa. Tätä ongelmaa ei ollut aikaisemmassa suunnitellussa divertterimallissa, joka oli laatikkomainen ja liikkui lineaarisesti suuttimen alla liukukiskoilla. Tämän divertterimallin ongelmana oli sen massa. Liikkeestä ei saatu kiihtyvyydeltään riittävän lineaarista, sillä divertterin runko antoi periksi. Divertterin rakennetta ei voitu enää vahvistaa lisääntyvän massan takia, jolloin luovuttiin siitä mallista.

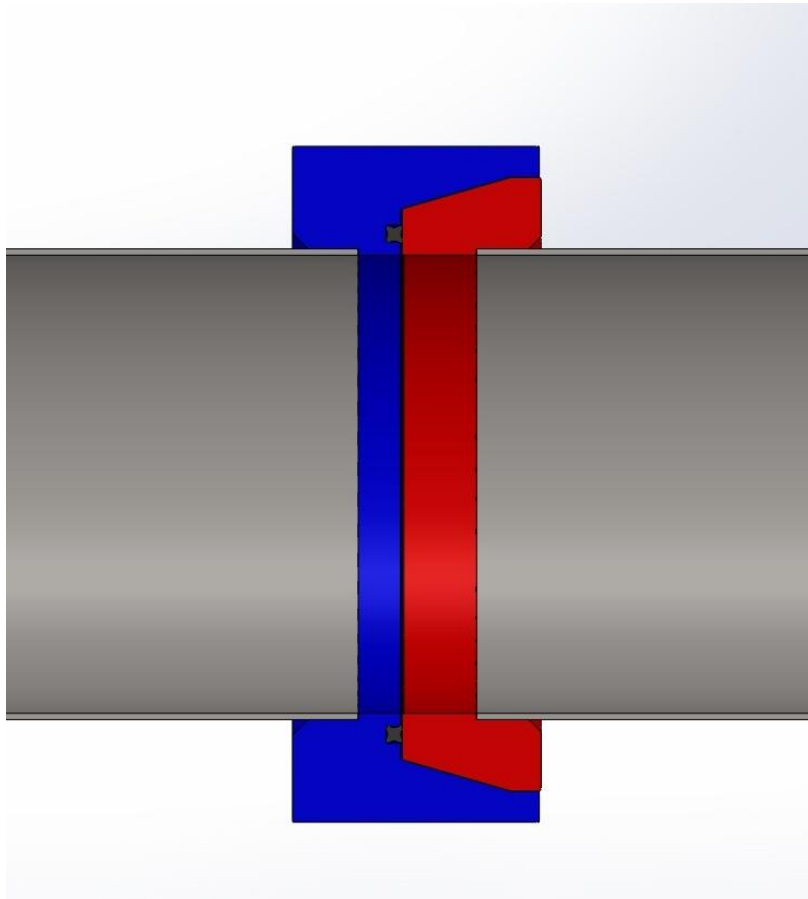
Laitteistoon tuli suunnitella nousuputket, suuttimet ja divertterit kahdelle punnitustankille, toinen suurille ja toinen pienille virtauksille. Suunnittelun alkuvaiheessa sovittiin valmistettavaksi pienempi kokonaisuus laitteiston toiminnan varmistamiseksi. Varmistamisen jälkeen aloitettiin suuremman kokonaisuuden toteuttaminen pienemmän suunnitelman pohjalta.

Suunniteltujen mallien lopullinen virtausmallinnus suoritettiin Mittatekniikakeskuksen toimesta. Heillä oli mahdollisuus ja ohjelmistot virtausmallien tarkasteluun. Käytettiin myös SolidWorks-ohjelman virtausmallinnusominaisuutta suunnittelun edetessä. SolidWorks-ohjelman Flow Simulation -ominaisuus osoittautui tosin hieman liian yksinkertaiseksi vaatimuksiin nähden, sillä se otti huomioon vain vaaditun virtaaman ja paineen.



## 5 LAITTEISTOON SUUNNITELLUT OSAT

Laitteisto koostuu useasta toisistaan irtikytkettävästä osasta, joita voidaan muokata tarpeen mukaan kulloiseenkin tilanteeseen sopivaksi. Laitteistolla tullaan kalibroimaan virtausmittareita aukoltaan 50-250 mm virtaamien ollessa 5-200 l/s. Toimeksiantaja halusi, että virtausputkien vaihto olisi yksinkertaista ja kohtuullisen nopeaa, joten hylättiin virtausputkien osalta kaikki pulttilaippaliitokset. Putkiston ja mittareiden liitoksiin suunniteltiin juuri tätä tarkoitusta varten itse keskittyvät ja ohjautuvat liittimet. Liittimet itsessään eivät kiinnity toisiinsa mitenkään, vaan liitoksen pitävyys varmistetaan tasaimen hydraulikkasynterierien avulla. Koko putkistosta ja mittareista koostuva kokonaisuus puristetaan hieman läjään, jolloin liittimissä olevat X-renkaat varmistavat liitoksen tiivyyden. Kuvassa 11 on esitetty havainnekuva liitoksen toimivuudesta.



Kuva 11. Poikkileikkaus liitoksesta.

Kuvassa sinisellä on korostettu liittimen naaraspuoli ja punaisella liittimen urospanuoli. Liitoksen tiivistävä X-rengas erottuu kuvasta mustana. Virtausputki on kuvassa harmaana.

### 5.1.1 Virtausputkisto

Virtausputket ovat laitteiston ensimmäinen osa. Ne ovat suoria putkia, joiden läpi nestevirta juoksetetaan. Putkina käytetään sisämittanormin mukaisia putkia kokojen ollessa 50–250 mm. Virtausputkisto koostuu kahdesta erillisestä putkesta, joiden välille kalibroitava mittari asennetaan

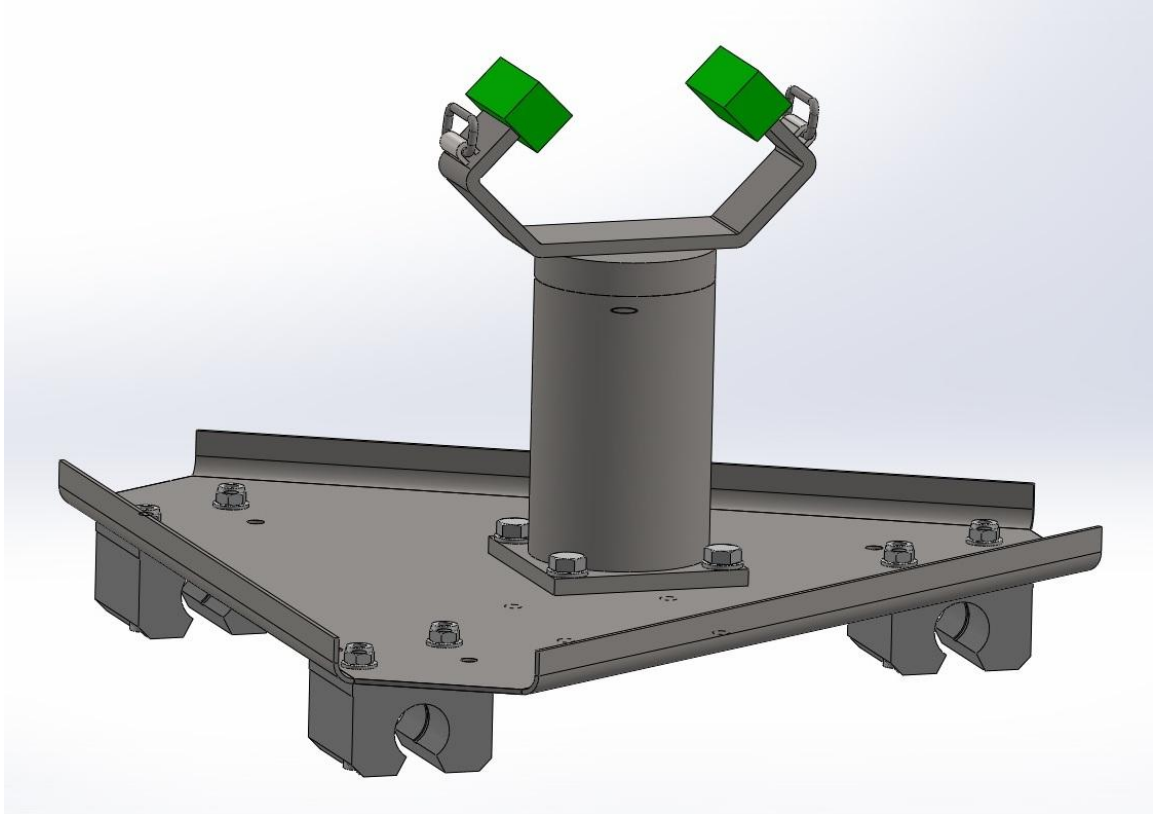
Virtausputkiston pituus vakioitiin neljään metriin. Pituus on minimipituus, halkaisijaltaan 250 mm virtausputkelle. Laitteistolla tullaan kalibroimaan edellä mainitulla aukolla olevia mittareita, joten oli luonnollista ottaa kaikkien virtausputkien vakio pituudeksi juuri tuo neljä metriä.

Suunnittelussa pyrittiin optimoimaan virtausputkiston pituudet siten, että ylimääräisiä sovituspätkiä ei tarvittaisi. Tarkastettavien virtausmittareiden ollessa eri valmistajien tuotteita emme suunnitteluvaiheessa tienneet mittareiden tarkkoja mittoja. Tämän vuoksi toteutimme virtausputkiston pituussäädön tasaimella, jonka säätövara on 700 millimetriä.

### 5.1.2 Virtausputkiston pukit

Virtausputki mittareineen kasataan liikuteltavan pukiston päälle. Pukit pitävät putken ja mittarin/mittarit ehdottoman suorassa tasaimella tehtävän kasaan puristuksen ajan. Toki pukit tukevat putkistoa myös mittauksen aikana. Pukit ovat liikuteltavat eri mittarikombinaatioiden takia, sillä mittareita voi olla yhdestä kolmeen kappaletta kytkettynä mittaustapahtuman aikana.

Pukkien linjaston suoruuden pukkien paikasta riippumatta varmistimme IGUS:n valmistamilla aksiaaliliukulaakereilla sekä saman valmistajan tarkkuusliukuakseleilla. Akselit asennettiin jo valmiina olleelle pedille hoitotasolla. Akseleiden mukana toimitettiin akseleille kiinnitysjalat, joilla akselit saatiin asennettua ehdottoman suoraan. Kuvassa 12 on esitetty pukin rakenne.

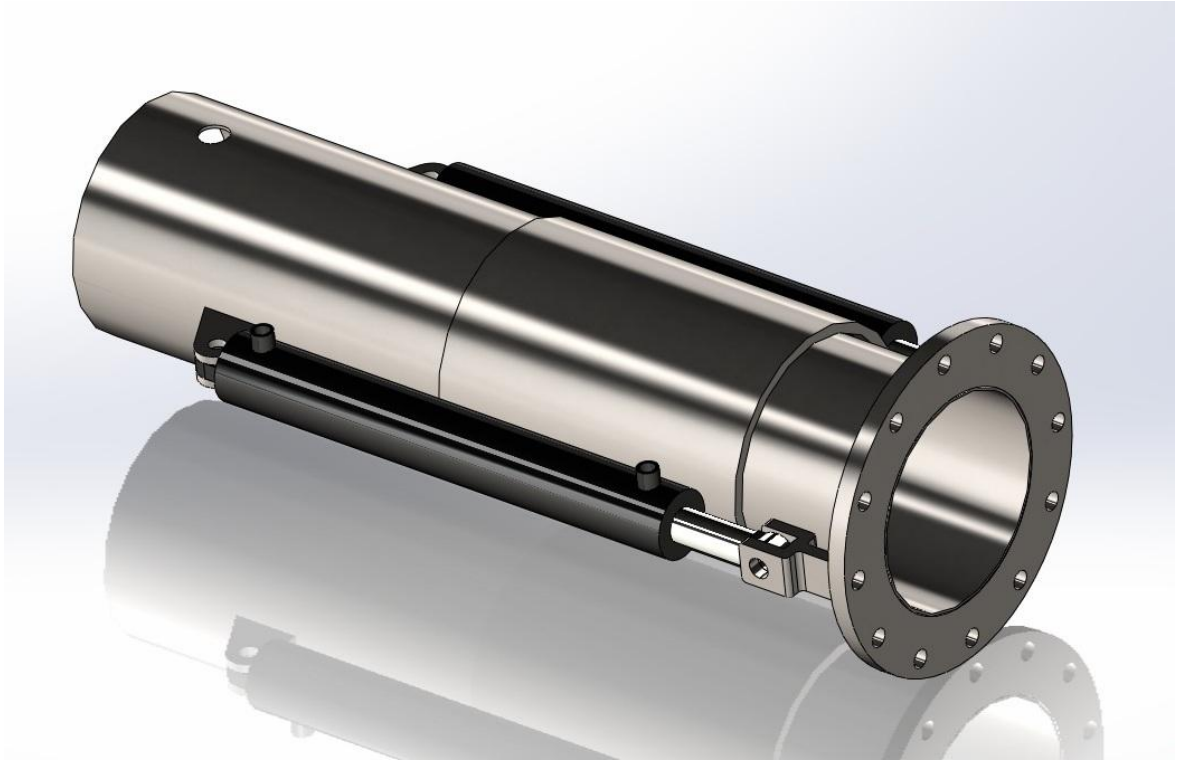


Kuva 12. Pukin rakenne.

Pukkien korkeutta voidaan säätää halkaisijaltaan erilaisille virtausputkille. Korkeuden säätö on toteutettu kierretangolla, jota kiertämällä pukin keskiosaa voidaan säätää n. 100 mm. Säätö riittää putkille halkaisijaltaan 50-250 mm. Alle 100 mm putkille vaihdetaan kuvassa 12 näkyvä haarukka, jonka päälle putki asetetaan.

### 5.1.3 Tasain

Tasaimen pääasiallisena tehtävänä on tasata eri mittarikombinaatioiden väliset putkiston pituuserot. Tasain on hydraulisesti toimiva ”teleskooppi” jolla tasataan putkiston pituus kullekin mittaustapahtumalle sopivan pituiseksi. Tasaimen toinen tehtävä on puristaa putkiston ja mittareiden liitokset tiiviiksi. Tasaimen liikkeen sulavuuden ja ehdottoman suoruuuden varmistamiseksi koko tasaimen putkisto on koneistettu. Teleskoopin tiiviys varmistettiin tukevilla X-renkailla. X-renkaiden lisäksi liukupinnoilla on ohjureina ohuet nylonrenkaat, jotka myös pienentävät liukukitkaa tasaimen toimiessa. Kuvassa 13 on esitetty tasain säätösyntereineen.



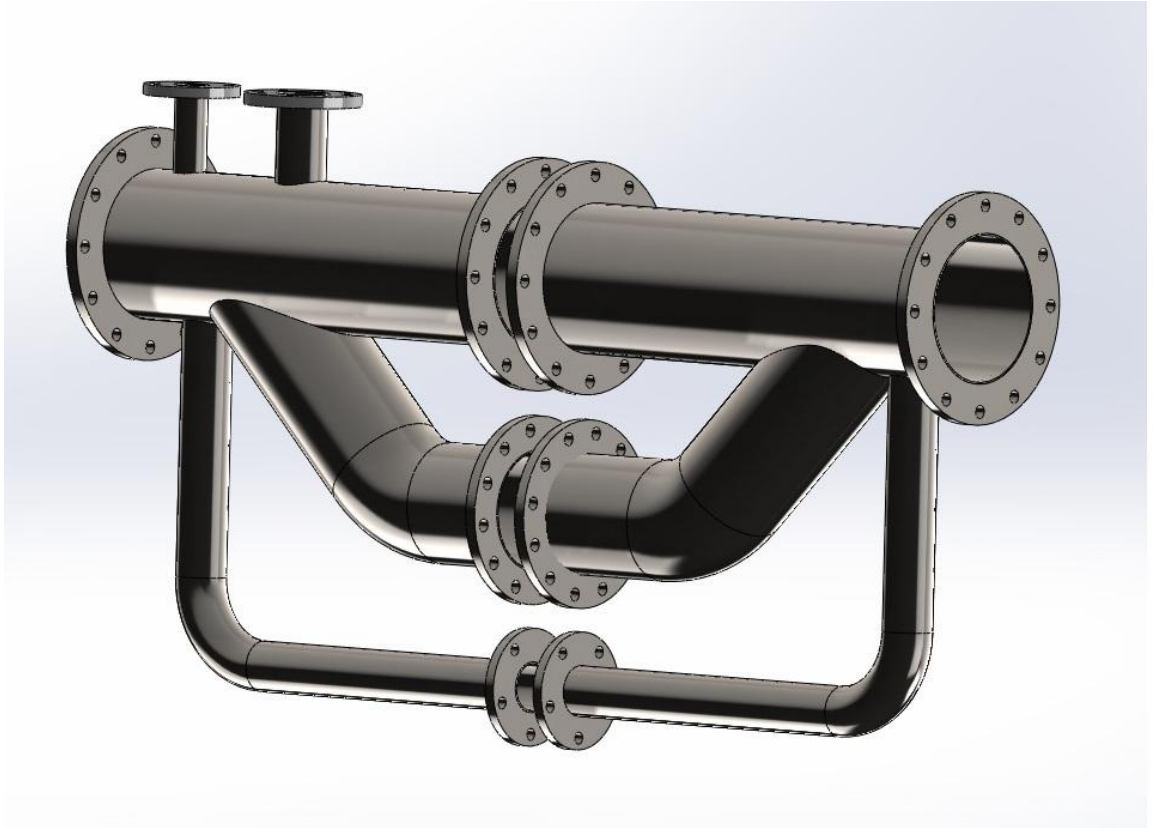
Kuva 13. Tasain säätösylintereineen.

Tasaimen säätövara on 700 mm, jonka todettiin olevan riittävä kaikille virtausputkille ja eri mittarikombinaatioille. Sylinterien hydraulikka rajoitettiin 80 baariin, ettei putkisto vääntyisi liiallisen voiman vaikutuksesta. Tasain kannakoitiin jo olemassa oleviin rakenteisiin tukevasti kiinni.

#### 5.1.4 Venttiiliputkisto

Venttiiliputkistolla säädetään putkiston virtaama vakioksi mittaustapahtuman ajaksi. Putkistossa on kolme erillistä venttiiliä, joita säätämällä virtaama vakioidaan kullekin mittarityypille sopivaksi. Mittareiden määrällä haluttiin varmistaa virtaaman säädettävyyden eri virtausputken halkaisijoille. Lisäksi kaikki kolme säätöventtiiliä ovat aukoltaan erikokoisia, jolloin eri säätöjen hakeminen helpottuu entisestään. Tarvittaessa osa venttiileistä voidaan sulkea kokonaan, mikä on tarpeellista pienimpien mittareiden virtaaman säädössä. Virtauksensäätöputkiston kolmesta putkesta kahteen asennettiin säätöventtiilit ja kolmanteen putkeen asennettiin normaali palloventtiili. Säätöventtiilit tulivat putkille 80 mm ja 250 mm. Keskimmäiselle 200 mm

putkelle asennettiin palloventtiili, jonka tarkoituksena on rajoittaa virtaamaa pienempiä mitarikokoja kalibroitaessa. Kuvassa 14 on esitetty virtausputkiston rakenne ilman säätöventtiileitä.



Kuva 14. Virtauksensäätöputkisto ilman säätöventtiilejä.

Virtauksensäätöventtiileiksi valittiin Scuber & Salzerin valmistamat säätöventtiilit. Venttiilien ohjaus toimii tietokoneohjatuilla toimilaitteilla. Virtauksensäätöventtiilien tarkemmat tiedot löytyvät liitteestä 2.

#### 5.1.5 Nousuputket divertterille

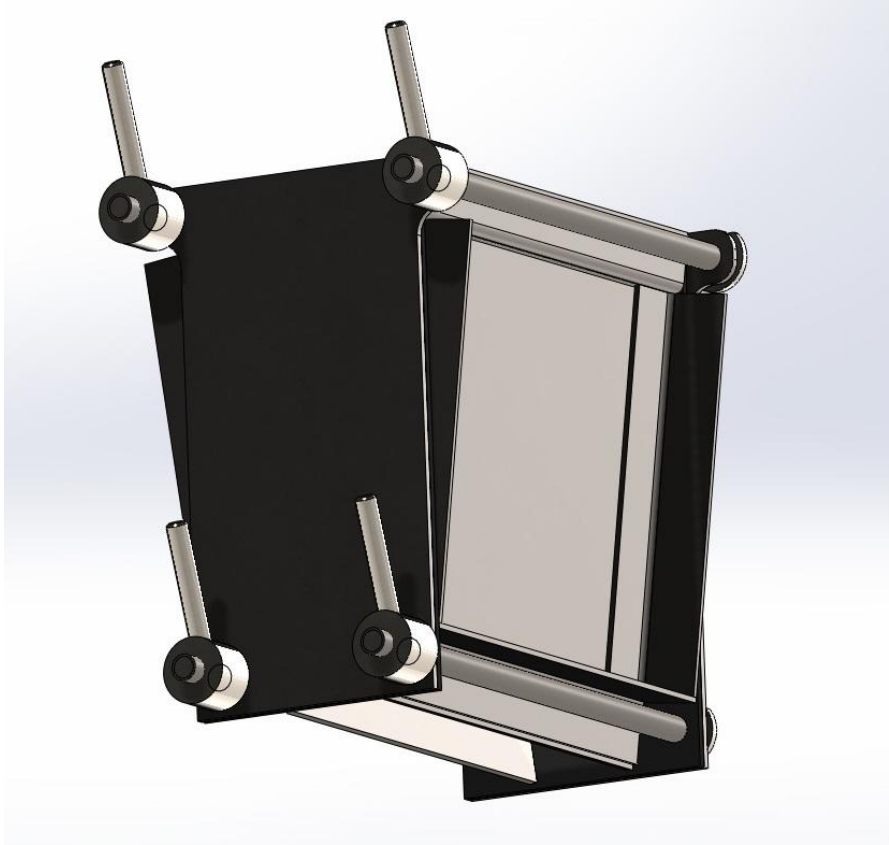
Nousuputket ovat laitteistoon nähden lähes kohtisuorassa, jolloin neste pakotetaan virtaamaan ylöspäin. Putkien poikkipinta-ala kasvaa ylöspäin noustessa, jolloin nesteen virtaama saadaan hidastettua. Tämä siksi, jotta neste virta olisi seuraavassa vaiheessa helpommin hallittavissa. Nousuputket päättyvät alaspäin kääntyvään suutinosaan. Suutin on säädettävä aukoltaan, jolloin samaa suutinta käytetään useammalle eri virtaamalle. Nousuputkien ansiosta

suutinosaan tuleva nestevirta on tasainen tasapaksu nauha, jonka hallinta suuttimessa on helppoa. Suuttimen suunnittelussa arvioitiin roiskeiden muodostumista nestevirran jättäessä suuttimen. Tässä käytettiin erilaisia malleja ja vertailtiin suuttimen huuliosien vaikutusta roiskeiden muodostukseen. Pääsääntöisesti roiskumista ei sallita, sillä roiskumisessa on vaarana nesteen joutuminen tahattomasti punnitustankkiin. Punnitustankkiin joutuessaan ylimääräinen neste aiheuttaa mittausvirhettä.

#### 5.1.6 Säättösuutin

Säättösuuttimen tehtävänä on varmistaa tasainen nesteen virtaama diverterille. Suuttimen täytyy olla säädettävä aukoltaan sen vuoksi, että eri virtaamille saadaan tasainen nesteen virtaus nestevirran keskikohdan muuttumatta. Nestevirran on pudottava tarkasti diverterin keskilinjaan mittausvarmuuden säilyttämiseksi. Tällöin varmistetaan diverterin kääntäessä nestevirran, että mittauksen aloitus- ja lopetuskohdalla hukkaan menneen nesteen määrä on sama.

Suutinlevyjien muotoilulla pyrittiin vaikuttamaan nesteen roiskumiseen nestevirran jättäessä suuttimen. Suuttimen säätölevyjien alareunaan, jossa nestevirta jättää suuttimen, suunniteltiin pienet noin kolmen asteen ulospäin kääntyvät särmäykset. Särmätyjen reunojen huomattiin vähentävän roiskumista, koska nestevirta putoaa suuttimesta suoraan alaspäin. Ilman särmäyksiä kiilamaisesti suuttimesta putoava nestevirta aiheutti roiskeita suuttimen jättäessään. Kuvassa 15 on esitetty rakennekuva suuttimesta.



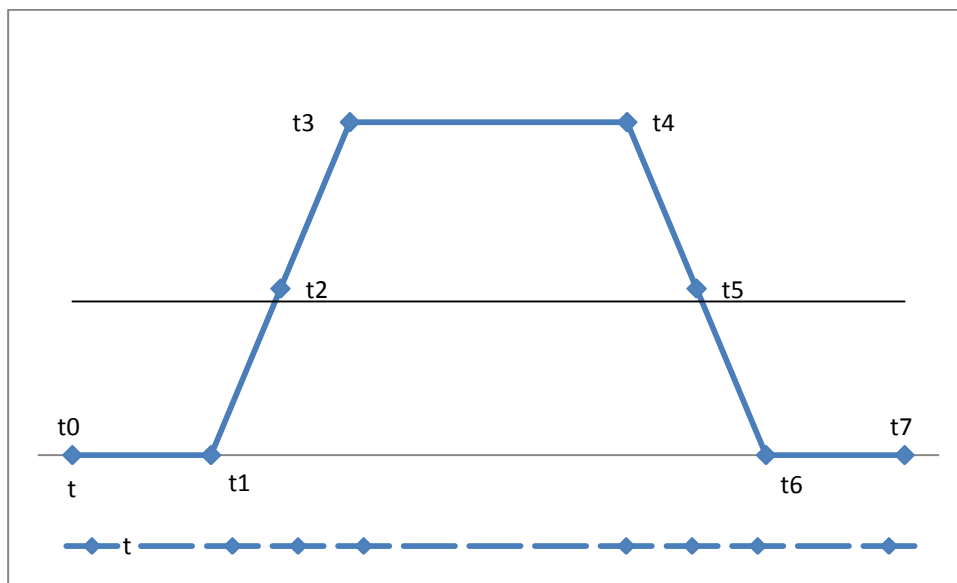
Kuva 15. Säätösuuttimen rakenne.

Suuttimen sivuseinämissä on kumilevyt rakenteen tiivistämistä varten. Suuttimen aukko säädetään löysäämällä kuvassa 15 näkyvistä kahvoista kääntämällä. Samoista kahvoista kiristetään suutinpaketti tiiviiksi. Suutinpakettia kiristettäessä suuttimen säätölevyt hieman uppoavat sivuseinämissä oleviin kumilevyihin tiivistäen paketin vedenpitäväksi.

#### 5.1.7 Divertteri

Divertterin suunnittelu oli kriittisessä asemassa sille asetettujen vaatimusten takia. Sen tarkka toiminta on koko mittalaitteen toimivuuden edellytys. Divertterillä siis käännetään nesteen virtaus mittauksen ajaksi punnitustankkiin. Käännön on tapahduttava nopeasti ja hallitusti siten, että käännön punnitustankkiin ja punnitustankista pois on oltava ajaltaan ja matkaltaan sama. Tässä laitteistossa mittausvirheen mahdollisuus on suuri juuri tuon divertterin käännön takia, sillä nesteen virtaaman ollessa maksimi 200 l/s ja punnitustankin tilavuuden ollessa 6 m<sup>3</sup> on mittauksen aika kovin lyhyt. Jos punnitustankin tilavuus olisi ollut suurempi, ei divertterin käännön olisi tarvinnut olla niin nopea kuin tässä tapauksessa. Pitempi mittausaika pie-

mentäisi mittauksen kokonaisvirhettä oleellisesti, sillä maksimivirtaamalla nestettä ehtii divertterin käännön aikana mennä useita kilogrammoja ”hukkaan”. Mittaus alkaa ja loppuu kuitenkin sillä hetkellä, kun divertterti leikkaa nestevirran keskikohdan. Mittauksen aloituksessa ja lopetuksessa tulevat mittausvirheet kompensoivat toisiaan kohtuullisesti. Tässä vaiheessa on erittäin tärkeää, että divertterin paikoitus mittauksen aloituksen ja lopetuksen kohdalla on sama tai mahdollisimman lähellä sitä. Alla oleva kuva 16 selventää kuvaajan muodossa, kuinka divertterin tulisi toimia mittaustapahtuman aikana.



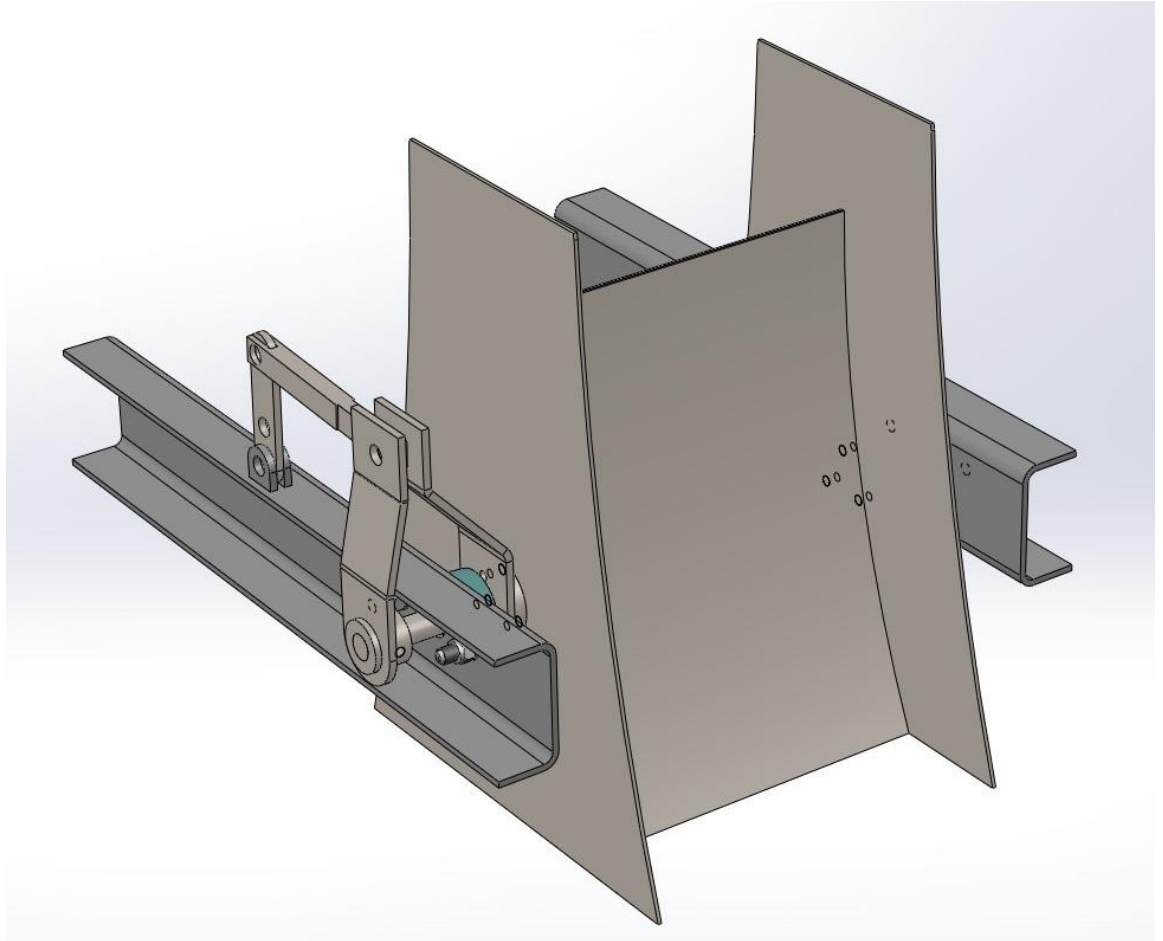
Kuva 16. Divertterin toiminta käännön aikana.

Divertterin toimintaa voidaan kuvata parhaiten yksinkertaisen trapetsikäyrän avulla. Kuvajaissa ajanhetkellä  $t_1$  ja  $t_7$  divertterti ohjaa nestevirtaa hukkatankkiin. Ajanhetkellä  $t_1$  divertterti aloittaa kääntymisen, jolloin nestevirtaa aletaan kääntää punnitustankkiin. Ajanhetkellä  $t_2$  divertterti on saavuttanut nestevirran keskikohdan, jolloin myös mittaus alkaa. Kohdassa  $t_3$  nestevirta on kääntynyt kokonaisuudessaan punnitustankkiin, jolloin mittaus on käynnissä. Kohdassa  $t_4$  divertterti aloittaa kääntymisen takaisin, jolloin nestevirta alkaa ohjautua hukkatankkiin. Ajanhetkellä  $t_5$  divertterti on saavuttanut nestevirran keskikohdan, jolloin mittaus päättyy. Kohdassa  $t_6$  nestevirta on kääntynyt kokonaisuudessaan hukkatankkiin.

Tavoitteena oli saada ajanhetkien  $t_1$ ,  $t_3$  ja  $t_4$ ,  $t_6$  väliset ajat identtisiksi. Aikojen ollessa identtiset on myös divertterin kääntöjen aikana hukkaan menneiden nesteiden määrä identtinen. Tällöin mittaus on teoriassa virheetön. Käytännössä divertterin käännössä tapahtuu pientä



roiskumista. Roiskeet voivat päätyä punnitustankkiin, josta tulee pientä virhettä mittaustulokseen. Roiskumista pyritään vähentämään suuttimen ja divertterin levyjen muotoilulla. Kuvasta 17 selviää divertterin levyjen muotoilu sekä divertterin rakenne.



Kuva 17. Divertterin rakenne

Divertterin levyt on muotoiltu jouhevaksi nesteen roiskumisen vähentämiseksi. Nestevirran leikkaava särmä on teroitettu teräväksi parantamaan nesteen ohjautuvuutta.

Divertterin käännessä oli otettava huomioon myös virtaavan nesteen aiheuttama vastusvoima. Divertterin nesteen ohjauseinämien ollessa kaarevan muotoiset kuten kuva 17 osoittaa, aiheuttaa nestevirran leikkaaminen divertteriin kahdensuuntaisia voimia. Divertterin kaarevaa nesteen ohjauslevyä vasten nesteen virratessa aiheutuu keskipakovoima, joka vastustaa divertterin kääntymistä. Divertterin ohittaessa nestevirran keskikohdan pyrkii nestevirta painamaan divertteriä sen kääntymissuuntaan.

Voimien vaikutus oli otettava huomioon divertterin ohjausta suunniteltaessa. Alkuperäisen ajatuksen mukaan ohjaus olisi toteutettu sähkömoottorin avulla. Ajateltu moottori olisi sisältänyt vaihteiston, jolla olisi ollut ominaisuutena kiertyä puoli kierrosta kerrallaan. Tällä systeemillä oltaisiin kierretty epäkeskopyörää, joka olisi muuttanut liikkeen lineaariseksi. Systemi olisi ollut muuten toimiva, mutta havaittiin sen olevan hieman liian hidras. Etuna tällä systeemillä olisi ollut liikkeen paikkatiedon saatavuus, jota olisi voinut hyödyntää mittauksen tarkkuutta määritettäessä.

Viimeisimmässä versiossa päädyttiin palaamaan jo suunnittelun alkuvaiheessa ajateltuun pneumatiikan käyttöön divertterin ohjauksessa. Systemistä ei saada tarkkaa paikkatietoa liikkeen aikana, mutta liikkeen nopeus on riittävä, noin 20 millisekuntia. Tässä systeemissä sylinterille asetettiin tiettyjä vaatimuksia. Sylinterin molempien kammioiden tuli olla tilavuudeltaan samanlaiset tarkoitti, että sylinterin tuli olla kaksivartinen. Sylinteriksi valittiin SMC:n valmistama kaksivartinen CP96-tyypin sylinteri. Tällä sylinterillä saatiin divertterin kääntö tapahtumaan laskennallisesti n. 20 millisekunnissa. Tiedossa olevien voimien vuoksi systemiin valittiin hieman tarvittua suurempi sylinteri. Systemissä suunniteltiin käytettäväksi myös paineakkuja. Paineakuilla varmistettaisiin vakaa paineilman syöttö sylinterille.

#### 5.1.8 Punnitustankit

Punnitustankeilla punnitaan säiliöön virtautettu neste. Tankit lepäävät jäykällä pedillä tarkkuusvaajan päällä. Mittaustapahtuman aikana tankkiin virtautetun nesteen massaa verrataan tutkittavien mittareiden näyttämään. Tankkeja on käytössä kaksi kappaletta,  $6 \text{ m}^3$  ja  $0,8 \text{ m}^3$  riippuen tutkittavasta mittarikoosta. Käytön ja mittaustuloksen luotettavuuden kannalta olisi suotavaa, että punnitustankit olisivat tilavuudeltaan huomattavasti suurempia. Tässä tapauksessa tilaan ei olisi saatu järkevästi mahtumaan suurempia tankkeja.

Punnitustankit oli sijoitettu jo aiemmin valmiiksi paikoilleen rakenteeseen, johon koko kalibrointilaitteisto oli ajateltu sijoittaa. Suunnittelun kannalta nämä tankit määräisivät virtausputkiston sijoittamisen jo valmiisiin rakenteisiin.

## 6 TYÖN TULOKSET

Työ valmistui suunnittelun osalta kevään 2012 aikana. Laitteiston suunnittelu oli haastavaa, sillä ennen tätä työtä en ollut perehtynyt mittalaitteiden kalibrointiin oikeastaan ollenkaan. Kaikki tässä työssä käsitellyt asiat tulivat tavallaan uuden oppimisena. Suunnittelun eri vaiheissa pidetyt katselmuksot näyttivät kantaneen hedelmää, sillä suunnitelman pohjalta laitteisto näytti toimivalta.

Kalibrointilaitteiston valmistuksesta vastasi Teräsasennus Mankinen Oy. Kaikki veden kanssa tekemisissä olevat materiaalit valittiin valmistettavaksi ruostumattomasta teräksestä. Materiaaleissa päädyttiin putkistojen osalta hieman harvinaisempaa sisämittanormitettuihin putkiin. Tähän syynä olivat virtausmittareiden aukot, jotka ovat mitoiltaan lähempänä sisämittanormia kuin yleisesti käytössä olevaa ISO-normin mukaista mitoitusta. Valinnalla vältettiin ylimääräisten supistusvälikappaleiden käyttö virtausputkistoissa. Lisäksi sisämittanormin mukaisten putkien saatavuus ja toimitusajat olivat kohtuullisia, eikä hinnassakaan ollut juuri eroa ISO-normin putkiin verrattuna.

Kalibrointilaitteisto toteutettiin normaaleilla konepajamenetelmillä, hitsaten ja koneistaen. Tarkkuutta vaativat koneistukset, kuten liittimien koneistukset, teetettiin Ake Gears Oy:ssä. Ake Gears Oy on erikoistunut NC-koneistuksiin, joten liittimien määrän ja tarkkuusvaatimusten vuoksi oli järkevää teettää liittimet siellä. Laitteisto kokoonpantiin lohkoiksi, jolloin laitteisto voitiin valmistaa asennusvalmiiksi konepajalla. Lohkojen väliset liitokset toteutettiin pultilaippaliitoksilla. Mittatekniikan tiloihin suunniteltiin tarvittavat kannakoinnit laitteiston asennusta varten. Asennuspaikalla pyrittiin minimoimaan hitsaamisen tarve asennusvaiheessa, sillä laitteiston lohkot peitettiin konepajalla ulkonäkösyistä. Mahdolliset hitsaukset asennusvaiheessa olisivat näkyneet silmiinpistävästi laitteiston pinnassa.

Kaikki valmistettavat putkiston osat pyrittiin tekemään mahdollisimman suurina kokonaisuuksina. Nousuputkien ollessa joka suuntaan kartioita pyrittiin nekin levittämään oikaistuun muotoonsa ja tekemään muodon särmäämällä niin pitkälle kuin mahdollista. Valmistuksen aikana pyrittiin hitsauksen määrä vähentämään minimiin. Tämä siksi, koska haluttiin välttää hitsauksen aiheuttamat muodonmuutokset, jotka ovat ruostumattomilla teräksillä tunnetusti suuria. Muodonmuutokset olisivat aiheuttaneet putkistoissa turhaa nesteen pyörteilyä ja siten saattaneet vaikuttaa mittaustulokseen.

Divertterin ja suuttimen levyjen muotoilussa tuli olla erittäin huolellinen. Työn toimeksiantajan ohjeiden mukaan niiden pinnassa ja muotoilussa ei sallittu virheitä. Suuttimen aukon tuli olla ehdoton suorakaide tasaisen nestevirran varmistamiseksi. Suuttimen säädön tuli säätää suuttimen aukkoa siten, että suuttimen aukon keskikohta pysyy divertterin keskikohtaan verrattuna vakiona. Suunniteltu suutinmalli on varsin toimiva, vaikka sen säätö ei olekaan kovin nopeaa. Laitteiston käyttöä ajatellen sillä ei todennäköisesti ole merkitystä, sillä tämänhetkisen tiedon mukaan säätöä ei olla automatisoimassa. Automatisointi voisi tulla kysymykseen siinä tapauksessa, jos laitteella tullaan kalibroimaan erikokoisella aukolla olevia virtausmittareita perätysten. Nykyisen mallin mukaan näin ei olla tekemässä, vaan samankokoisia mittareita kerätään useita ja ne kalibroidaan kerralla.

Laitteiston valmistuksen ja asennuksen toteutti yksi työntekijä. Tämä siksi, että kyseinen työntekijä on suuren osan työajastaan tekemisissä Mittatekniikan keskuksen laitteistojen kanssa, joten hänellä oli paras tuntemus laitteiston sijoituspaikasta. Hänen kokemustaan hyödynnettiin laitteiston valmistuksen aikana havaittujen sijoitusongelmien ratkaisemisessa. Laitteiston asennus aloitettiin kriittisimmiksi koetuista osakokonaisuuksista. Ensimmäinen osakokonaisuus, joka asennettiin paikalleen, oli virtauksensäätöventtiileiden putkisto. Virtauksensäätöputkisto toimi tilassa kiintopisteenä, johon kaikki muut osakokonaisuudet tullaan kiinnittämään.

Työmäärällisesti suunnittelu oli erittäin vaativaa. Kaikki muutokset, joita suunnittelun aikana laitteistoon tehtiin, täytyi hyväksyttää Mittatekniikan keskuksella. Hyväksynnän nopeuteen vaikutti osaltaan se, ettei työn tilaajan vastuuhenkilö ollut kokoaikaisesti Kajaanissa. Muutosten hyväksyntäprosessi hoidettiin hyvin pitkälti sähköpostin välityksellä. Erilaisten luonnosten sähköinen kirjeenvaihto olikin välillä aika runsasta ja sekavaa. Sekavan piirroksen pohjalta syntyi todennäköisesti kaksi erilaista näkemystä ja suunnitelmaa samasta aiheesta. Toisiinsa huvitti ja toisinaan turhautti, kun työn tilaajan yhdyshenkilö Kajaaniin saapuessaan tuli konepajalle katsomaan uutta mallia sovituista muutoksista eikä malli ollut lähelläkään sitä, mitä hän oli ajatellut. Yleensä päästiin aiheesta sopimukseen molemminpuolisen väittelyn jälkeen.

Kustannuksiltaan laitteisto ei ollut aivan halpa. Kustannukset olivat arvioituna jossain 20000 ja 30000 euron välillä. Materiaalien osuus tästä oli noin kahdeksantuhatta. Tässä hinta-arviossa ei ole mukana Mittatekniikan keskukselle suoraan tilatut säätöventtiilit. Suunnittelu-

tunteja vierailuineen tuli satoja. Suunnittelua hidastivat myös muut työtehtävät, sillä talven aikana suunnittelu toimeksiantoja oli lukuisia.

Laitteistoon liittyvät tekniset piirustukset ja 3D-mallit säilytetään Teräsasennus Mankinen Oy:n tiloissa. Kopiot piirustuksista on toimitettu myös työn tilaajalle säilytettäväksi. Raportin liitteenä ovat mittapiirustukset laitteiston kokoonpanosta sekä osakokoonpanoista.

## 7 YHTEENVETO

Työ toteutettiin suunnittelun osalta talven 2012 aikana ja valmistettiin keväällä 2012. Työn valmistuksen aikana laitteistoon tehtiin joitakin muutoksia työn tilaajan pyynnöstä. Kaikkein suurimmat muutokset tehtiin diverterteriin, joka muutettiin niin rakenteeltaan kuin toimintaperiaatteeltaan erilaiseksi. Tämä muutos viivästytti valmistusta jonkin verran. Muilta osin laitteisto säilytti alkuperäisen muotonsa. Suunnittelun aikana kokeiltiin erilaisia ratkaisuja laitteiston toteuttamiseksi, mutta kuitenkin viimeisimmässä versiossa on palattu hyvin lähelle alkuperäistä ajatusta.

Divertteri muutettiin liukuvasta laatikosta keinuvaksi, ja sen ohjaus muutettiin pneumaattiseksi alkuperäisestä sähkömoottoriohjauksesta. Laitteiston asennuksen aikana itse laitteistoon kokonaisuudessaan jouduttiin tekemään joitakin pieniä muutoksia. Muutosten vähäisyys jopa yllätti hieman, sillä suunnittelun aikana mittojen mittaaminen ja kokonaisuuden hahmottaminen oli hankalaa. Hankalaksi mittaamisen teki laitteiston muoto ja putkistojen vinoudet. Myös tila hankaloitti mittojen ottamista, koska tilaan oli asennettu hoitotasot sekä muut kannakoinnit jo valmiiksi. Muutenkin tila oli varsin sokkeloinen, sillä laitteisto asennettiin kahden eri tasoissa olevien hoitotasojen väliin.

Valmistuksen osalta ei tullut mitään yllätyksiä. Kaikki materiaalit ja tarvikkeet saatiin konepajalle ajoissa, vaikka hieman epäilytti harvinaisemman putkikoon saaminen ajoissa paikalle. Luotettavien tavarantoimittajien ansiosta materiaalit löytyivät ympäri Eurooppaa. Osa putkista ja putkenosista toimitettiin konepajalle Ruotsista, venttiilit ja putkikäyrät sekä sylinterit toimitettiin Saksasta. Laaja materiaalien ja komponenttien toimituspiiri ei oikeastaan yllättänyt, sillä nykyään kotimaasta on jo hankala löytää ihan perusputkenosia, jos ne on valmistettu ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Kaikkien komponenttien toimitusajat pysyivät kuitenkin alle kahdessa viikossa tilauksesta.

Pahin takaisku työtä tehdessä tuli aivan viime metreillä, sillä suunnittelun aikaisten viivästysten vuoksi laitteistoa ei saatu vielä käyttökuntoon tätä raporttia tehdessä. Suurin osa laitteiston osakokonaisuuksista saatiin valmiiksi ja osa asennettua paikoilleenkin. Insinööriyöstä jäivät täten puuttumaan kokemukset laitteiston käytöstä ja sen todellisesta tarkkuudesta. Suunnittelun pohjalta uskon laitteiston vastaavan Mittatekniikan keskuksen tarpeisiin niin tarkkuuden kuin käytettävyytensäkin osalta.

## LÄHTEET

- 1 Muistio palaverista Aimo Pusan kanssa 5.9.2011.
- 2 Suomen automaatioseura. Automaatioalan tutkimusta. Artikkeliluettelo 4.5.2012.  
[www-dokumentti].  
[http://www.automatioseura.fi/index/tiedostot/4\\_1\\_2\\_04.pdf](http://www.automatioseura.fi/index/tiedostot/4_1_2_04.pdf)
- 3 Mekaanisten ja sähköisten mittalaitteiden valmistaja. [www-dokumentti]. Esitteet luettuna 4.5.2012  
[http://www.honsberg.com/index.php?article\\_id=301](http://www.honsberg.com/index.php?article_id=301)
- 4 Krohne. Tarkkuusmittalaitteiden valmistaja. [www-dokumentti]. Mittalaitteiden esitteisiin tutustuttu 7.5.2012.  
<http://krohne.com/en/products/flow-measurement/electromagnetic-flowmeters/overview/>
- 5 Inspecta. Suomalainen tarkastus-, testaus- ja sertifiointiyritys. Nestevirtausten mittaus ja kalibrointi. [www-dokumentti]. Aiheeseen tutustuttu 7.5.2012.  
<http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Testaus/Mittauslaitteiden-kalibrointi/>
- 6 Sääto Oy. Suomalainen mittauslaitteiden valmistaja ja kalibrointien suorittaja. [www-dokumentti]. Esitteeseen tutustuttu 7.5.2012.  
<http://www.saato.fi/data/attachments/Greyline%20PT400-500.pdf>
- 7 Emersonprocess mittalaitteiden ja mittalaitteistojen valmistaja. Coriolis –mittareiden esite. [www-dokumentti] Esitteeseen tutustuttu 25.11.12.  
[http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public\\_public\\_mmisami/documents/data\\_sheets/ps-00374.pdf](http://www.documentation.emersonprocess.com/groups/public_public_mmisami/documents/data_sheets/ps-00374.pdf)

- 8 National Institute of Standards and Technology, United States of America. Amerikan Yhdysvaltain metrologian tutkimuskeskus. Uuden virtausmittareiden kalibrointilaitteiston esittely. [www-dokumentti]. Artikkelin luettu 25.11.2011.

<http://yeht.limewebs.com/tty/publication/126flome.ko140.pdf>

- 9 Tekniikka & Talous -lehden verkkoversio. 13.10.2008 Kaisa Huhtiniemi. [www-dokumentti]. Artikkelin luettu 4.5.2012.

<http://www.tekniikkatalous.fi/ict/automaatio/huoltamaton%20mittari%20tuhoaa%20yrityksen%20tuloksen/a145827?fail=f>

- 10 Saksan metrologian tutkimuskeskus, virtauksentutkimukset ja kalibrointi. [www-dokumentti] Aiheeseen tutustuttu 25.11.2012.

<http://www.ptb.de/cms/fachabteilungen/abt1.html>



LIITELUETTELO

KALIBROINTILAITTEISTON KOKOONPANO PIIRUSTUKSET LIITE 1

VIRTAUSVENTTILEIDEN TEKNISETTIEDOT LIITE 2

## KALIBROINTILAITTEISTON KOKOONPANO PIIRUSTUKSET

M – 1101 – 01

TAM30100	Laitteiston kokoonpano
TAM30210	Virtauksen säätöputkisto
TAM30301	Virtausputkistonliitin
TAM30302	Virtausputkistonliitin
TAM30400	Tasain
TAM30500	Virtausputkiston tukipukki
TAM30700	Säätösuutin
TAM30800	Divertteri

# Motor Valve

GS 1 series

8036  
DN 15 up to DN 150



Motor valve for control and switching of neutral through to highly aggressive media in process engineering, chemical industries and for plant equipment.

- Space saving wafer type construction
- Lowest possible weight (especially in larger sizes)
- Low operation noise level (quiet operation)
- Control of high differential pressures with small actuators
- Fast response time



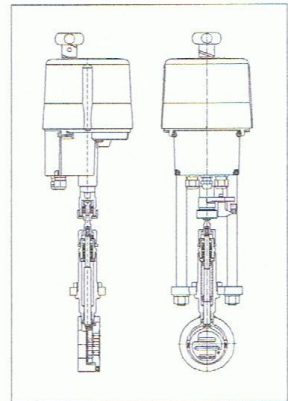
## Technical Information

Body material	flangeless, wafer type construction dimensions acc. DIN EN 558-1 series 20 for flanges acc. DIN EN 1092-1 form B more versions see data-sheet 8036-GS3	
Nominal sizes	DN 15 up to DN 150	
Nominal pressure	PN 40 acc. DIN 2401 also for flanges PN 10 up to PN 25	
Fluid temperature	body 1.0570: -10°C up to +300°C body 1.4571: -60°C up to +350°C	
Rangeability	30 : 1	
Leakage (% of Kvs)	Disc pair Carbon-stainless steel < 0,0001	Disc pair STN 2 < 0,001

K<sub>v</sub>-values see data sheet 8001.

## Materials

Body	carbon steel 1.0570 / 1.0619	stainless steel 1.4571 / 1.4581
Head section	carbon steel 1.0570 / 1.0619	stainless steel 1.4571 / 1.4581
Packing	PTFE (carbon filled), spring 1.4310	
Actuating stem	stainless steel, roller burnished	
Bellow	stainless steel 1.4571	
Fixed disc	stainless steel 1.4571, plated	STN2-disc
Sliding disc	standard: special carbon material	STN2-disc
Coupling ring for disc	stainless steel 1.4581	



# Motor Valve 8036-GS1



## Actuator with Electronic Positioner

### Technical Information

Driving force	2,3 kN
Type of duty (according IEC-34)	S2 30min S4 - 1200 c/h 50% ED
Power connections	24 V DC 24 V AC 110/120 V AC 230 V AC
Ambient temperature	-20°C up to +60°C
Mounting position	choice horizontal or vertical actuator only
Protection class (DIN 60529)	IP 65
max. Power consumption	30 Watt
Set point range	adjustable 0 - 20 mA, 0 - 10 V
Feed back	adjustable 0 - 20 mA, 0 - 10 V
Self Monitoring	torque, set point, temperature
Diagnostic function	storage of motor and total service life, number of motor starts, etc.
Valve adaptation	automatic stroke adjustment to suit valve limits

### Stroking Time (sec.)

DN	Stroking speed for the complete stroke		
	0,45 mm/s (50%)	0,67 mm/s (75%)	0,9 mm/s (100%)
15 - 40	13,9	9,3	6,9
50 - 80	18,4	12,3	9,2
100 - 150	19,5	13,1	9,7

= Standard

### Options

2 additional stroke limit switches	free adjustable volt free contacts (open/close)
Heater	anti condensation heater
Process controller	PI - process controller integrated in the actuator
Fair Safe Protection	via battery pack open or closed
Local control	mounted on the actuator
Communication software	by use of data care to configure actuator

### Admissible Differential Pressures

DN	max. differential pressure (bar)			
	carbon - stainless steel coated control	carbon - stainless steel coated on - off	STN2 control	STN2 on - off
15	40	40	40	40
20	40	40	40	40
25	40	40	40	40
32	40	40	40	40
40	40	40	27	27
50	40	40	27	40
65	40	40	22	38
80	34	40	13	22
100	21	24	8	13
125	14	16	5,5	9
150	11	16	4	8

## Motor Valve 8036-GS1



**Actuator without Electronic Positioner**  
(function: open/close or 3-step-drive)

### Technical Information

Driving force	1 kN, 2 kN, 4,5 kN
Type of duty (according VDE 0530)	S2 30min S4 - 1200 c/h 50%ED
Power connections	24 V AC 110/120V AC 230 V AC
Ambient temperature	-20°C bis +80°C (S2) / -20°C bis +60°C (S4)
Mounting position	choice horizontal or vertical actuator only
Protection class (EN 60529)	IP 65
max. Power consumption	1 kN: 26W, 2 kN: 30W, 4,5kN: 47 W
Actuator protection	torque switch

### Options

2 additional stroke limit switches	free adjustable volt free contacts (open/close)
Heater	anti condensation heater
Feed back 4-20 mA	in 2-wire or 3-wire design
Local control	mounted key pad on actuator

### Stroking Time (sec.)

DN	Stroking speed for the complete stroke		
	1 kN	2 kN	4,5 kN
15 - 40	25	25	12,5
50 - 80	33	33	16,5
100 - 150	35	35	17,5

(other regulating speeds on request)

### Admissible Differential Pressures

DN	max. differential pressure (bar)					
	disc - pair carbon stainless steel coated			disc - pair STN2		
	1 kN	2 kN	4,5 kN	1 kN	2 kN	4,5 kN
15	40	40	40	40	40	40
20	40	40	40	40	40	40
25	40	40	40	36	40	40
32	40	40	40	26	40	40
40	39	40	40	18	27	27
50	26	40	40	11	23	40
65	22	40	40	9	19	38
80	14	29	40	5	11	22
100	8,5	18	24	3	7	13
125	6	12	16	2	4,5	9
150	4,5	9,5	16	1,5	3,5	8

### Motor Valve 8036-GS1



### Applications limits for GS1-Valves made of stainless steel PN 40

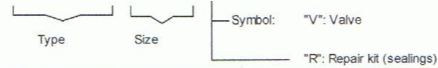
DN	Sliding unit: carbon - stainless steel, coated						Sliding unit: carbon - STN2					
	max. admissible diff. pressures for GS1-valves						max. admissible diff. pressures for GS1-valves					
	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
15 - 25	40	38	34	33	31	29	40	38	34	33	31	29
32	40	38	34	33	31	29	40	38	34	31	25	22
40	40	38	34	33	31	29	27	25	24	19	16	14
50	40	38	34	33	31	29	40	38	34	33	28	24
65	40	38	34	33	31	29	37	35	33	27	22	19
80	40	38	34	31	26	23	22	21	20	16	13	11
100	24	23	22	19	16	14	13	12	12	10	8,0	7,0
125	16	15	14	12	10	9,0	8,8	8,4	8,0	6,5	5,3	4,6
150	16	15	14	13	12	12	11	10	9,8	7,9	6,5	5,6

Limitation for valves in carbon steel: 300°C

### Ordering Number System

8	0	3	6	/		V	T			M				Z		S
---	---	---	---	---	--	---	---	--	--	---	--	--	--	---	--	---

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16



1 - 5 : Please quote all 5 sections.  
6 - 16: Quote only if required.

1. Function	2. Body design	3. Body material	4. Security position	5. Actuator	6. Special versions	7. Motor voltages	8. Stem sealing
T GS-motor valve (type 8036)	0 Flangeless design for flanges acc. DIN 2632-2635 (PN10-PN40)	0 carbon-steel 1.0570 / 1.0619 1 stainless steel 1.4571 / 1.4581	- without 0 motor closed (storage battery)	R 2,3 kN, position-electronic, IP65 1 2 kN, IP65 (On - Off) 2 4,5 kN, IP65 (On - Off) 4 1 kN, IP65 (On - Off)	M To state, if some sections 7-16 are quoted	- 230V 50/60 Hz (Standard) 1 24V 50/60 Hz 3 24V DC (only with 2,3 kN) 4 115V 50/60 Hz	- PTFE-V-shaped seal, self-adjusting (Standard) 1 additional stainless steel below 1.4571 (max. 33 bar pressure)

9. Sliding disc	10. Fixed disc	11. Kvs-values	12. Seat characteristics	13. Accessories	14. Input signal	15. Limit switches	16. Special versions
- Carbon material B Carbon material fibre reinforced 9 STN2	- stainless steel 1.4581, hard-chrome plated 1 STN2 (only in combination with the position "9" STN2-disc)	- 100% (Stand.) A red. to 63% 1 red. to 40% 2 red. to 16% 3 red. to 6.3% 4 red. to 2.5% 5 red. to 1% 6 red. to 20% 7 red. to 12% 8 red. to 2% 9 red. to 0,4%	- linear 1 equal percentage	Z to state, if in sections 14 and 15 accessories are quoted	- Standard with position electronic 4-20 mA 3 0-10 V 4 2-10 V	- without 2 2 limit switches	S Other special versions have to be quoted in letters

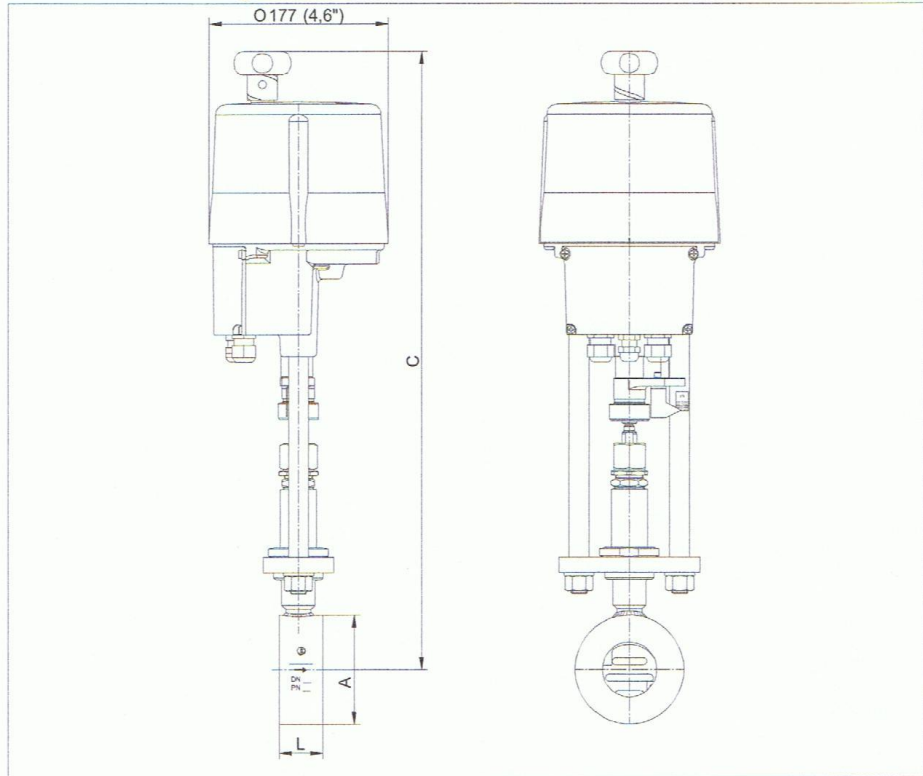
17. Stroking time	18.	19. Positioner
- Standard 1 0,9 mm/sec (2,3 kN) 2 0,45 mm/sec (2,3 kN)	-	- Standard (for controlling as input signal) 2 feed back 4-20 mA, 2 wire for open/close

**Ordering example:** 8036/100VT010RM-----Z-2  
GS1-control valve with motor actuator, DN 100, PN 10/40, stainless steel, safety position, actuator 2,3kN, 230V 50/60 Hz, PTFE-packing, discs: carbon - stainless steel 1.4571 coated, seat characteristics linear, 2 limit switches

## Motor Valve 8036-GS1



### Dimensions and Weights



DN	aA mm	C mm	L mm	Stroke mm	Weight kg
15	53	580	33	6	7,6
20	62	585	33	6	7,7
25	72	590	33	6	7,8
32	82	595	33	6	7,9
40	92	600	33	6	8
50	108	610	43	8	9,2
65	127	620	46	8	9,7
80	142	625	46	8	10,4
100	164	640	52	8,5	11,6
125	194	655	56	8,5	13,4
150	219	670	56	8,5	15,3

Text and pictures are not binding. We reserve the right to alter the equipment.

Datasheet 8036 / Version: 1.0/02.2014