



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikael Ropponen

# TESTIPENKKI VENTTIILINOHJAUS- HOLKIN TIIVISTEEN TESTAAMISEEN

Tekniikka ja liikenne

2012

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyönä Wärtsilä Finland Oy:n tuotekehitysosastolle. Vaasan ammattikorkeakoulusta työtä ohjasi yliopettaja Matti Makkonen ja Wärtsilässä tuotekehitysinsinööri Jani Tähtinen.

Haluan kiittää ohjaajiani ja kaikkia Wärtsilän työntekijöitä, jotka opastivat ja antoivat arvokasta tietoa työn eri vaiheissa.

Vaasassa 1.6.2012

Mikael Ropponen

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikael Ropponen
Opinnäytetyön nimi	Testipenkki venttiilinohjausholkin tiivisteiden testaukseen
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	62 + 8 liitettä
Ohjaaja	Matti Makkonen

---

Työn tavoitteena on suunnitella laite, jolla saadaan mitattua W20-, W32-, W46F- ja W600-moottorityyppien venttiilinohjausholkin tiivisteiden ohi virtaavan öljyn määrä. Testilaitteen komponenteista on tavoitteena tehdä myös työ- ja kokoonpanopiirustukset. Lisäksi tavoitteena on suorittaa tiivistetestit eri moottorityyppien venttiilinohjausholkeille.

On arvioitu, että ohjainholkkien tiivisteiden ohi vuotaa noin 20 % moottorista häviävää öljyä. Testilaitteesta saatavat mittaustulokset öljyvuodon määrästä auttavat optimoimaan venttiilinohjausholkin tiivisteitä ja etsimään parempaa ratkaisua öljyn kulutuksen optimointiin.

Työn tuloksena saatiin suunniteltua testilaitte W32- ja W600-moottorityyppien ohjausholkkien tiivisteiden ohivuotavan öljyn määrän mittaamiseen. Laitteen osat valmistettiin Wärtsilässä, MTC-osastolla.

---

Avainsanat                      testipenkki, venttiilinohjausholkki, 3D-mallinnus,  
tuotesuunnittelu

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

## ABSTRACT

Author	Mikael Ropponen
Title	Test Bench for Valve Guide O- ring Testing
Year	2012
Language	Finnish
Pages	62 + 8 Appendices
Name of Supervisor	Matti Makkonen

---

The purpose of this thesis was to design a device, where the oil leak in the valve guide gasket can be measured. The device was designed for W20-, W32-, W46F- and W600- engine valve guide.

After designing the device, work and assembly drawings were made. After manufacturing of the device, valve guide gasket tests will be performed.

It has been estimated that the amount of the oil leak over the valve guide gasket is 20 % of the total oil loss of the engine. The test results of the valve guide oil leak will help to optimise the gaskets which are used in valve guides and helps finding a way to reduce the oil consumption.

The result of this thesis was a design of a test bench where W32- and W600- engine valve guide gasket oil leak can be measured. The manufacturing of the test bench was made in the MTC- department.

---

Keywords                      test bench, valve guide, 3D-modelling, product design

## SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

1	JOHDANTO .....	10
	1.1 Tavoitteen asettelu .....	10
	1.2 Rajaus.....	10
2	YRITYSESITTELY .....	11
	2.1 Wärtsilä .....	11
	2.2 Avainlukuja.....	11
	2.3 Wärtsilä Ship Power .....	11
	2.4 Wärtsilä Services .....	11
	2.5 Wärtsilä Power Plants .....	12
	2.6 Missio ja visio .....	12
	2.7 Strategia .....	13
3	OHJELMISTO .....	14
	3.1 Teamcenter.....	14
	3.2 NX 14	
4	DIESELMOOTTORI .....	16
	4.1 Nelitahtinen toimintatapa.....	16
	4.1.1 Imutahti .....	16
	4.1.2 Puristustahti.....	16
	4.1.3 Ruiskutus- ja työtahti .....	17
	4.1.4 Poistotahti.....	17
	4.2 Venttiilikoneisto.....	17
	4.2.1 Sylinterikansi .....	18
	4.2.2 Venttiili .....	18
	4.2.3 Ohjausholkki .....	18
	4.2.4 Jousi .....	19

4.2.5	Venttiilin pyörityslaite .....	19
4.3	Venttiilien asennus sylinterikanteen .....	20
5	<b>AIKATAULU</b> .....	21
5.1	Karkea aikataulu .....	21
5.2	Lopullinen aikataulu .....	21
6	<b>TEHTÄVÄNANTO</b> .....	23
6.1	Testilaitteen tarve.....	23
6.2	Tehtävän määrittely .....	23
6.3	Vaatimukset .....	24
7	<b>LUONNOSTELU</b> .....	25
7.1	Laitteen luonnostelu.....	25
7.2	Kokoonpanoluonnokset .....	28
7.3	Venttiilien asennus.....	30
7.4	Ohjausholkkien sijoittelu runkoon.....	32
7.5	Öljykuppi .....	33
7.6	Palaverit .....	34
7.7	Vaatimuslistan todentaminen.....	35
8	<b>KEHITTELY</b> .....	37
8.1	Pääkokoonpano .....	37
8.1.1	Runko .....	38
8.1.2	Tuki venttiilin käyttölaitteelle .....	41
8.1.3	Jalusta.....	42
8.1.4	Öljykuppi .....	43
8.1.5	Öljyn määrän mittaus .....	45
8.2	Venttiilikokoonpano .....	46
8.2.1	Venttiili .....	46
8.2.2	Lukitusakseli .....	47
8.2.3	W32-ohjausholkin kiinnitys runkoon.....	48
8.2.4	Väliholkki.....	50
8.2.5	Venttiilin asennus testilaitteeseen .....	51

8.3	Venttiilin käyttölaite .....	53
8.4	Muut komponentit.....	54
8.4.1	Pneumatiikkakomponentit .....	54
8.4.2	Tiivisteet.....	54
8.5	Vaatimuslistan läpikäyminen.....	55
9	VIIMEISTELY .....	57
9.1	Dokumentit .....	57
9.1.1	Piirustusten teko .....	57
9.1.2	Osien piirustukset.....	58
9.1.3	Mitoituksen merkitys .....	58
9.1.4	Kokoonpanopiirustukset .....	58
10	TESTISUUNNITELMA .....	59
10.1	Venttiilin käyttölaitteen testaus ja kalibrointi .....	59
10.2	Testipenkin mittaukset .....	60
11	YHTEENVETO .....	61
	LÄHTEET .....	62
	LIITTEET	

**KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET**

<b>W20, W32, W46F</b>	Wärtsilän valmistamia moottoreita, numero kertoo sylinterin halkaisijan senttimetreissä.
<b>W600</b>	Wärtsilän suunnittelema uusi moottorimalli, numero kertoo sylinterikohtaisen nimellistehon kilowatteina.
<b>MTC</b>	Manufacturing Teachnology Centre, Wärtsilän sisäinen koneistusosasto, joka tukee suunnittelun ja tuotekehityksen tarpeita.
<b>bar</b>	Paineen yksikkö
<b>3D</b>	3-Dimensional, kolmiulotteinen
<b>NO<sub>x</sub></b>	Nitrogen Oxides, typen oksidit
<b>R&amp;D</b>	Research and Development, tuotekehitys
<b>PLM</b>	Product Lifecycle Management, tuotteen elinkaaren hallinta
<b>PDM</b>	Product Data Management, tuotetiedon hallinta
<b>CAD</b>	Computer Aided Design, tietokoneavusteinen suunnittelu
<b>CAE</b>	Computer Aided Engineering, tietokoneavusteinen simulointi
<b>CAM</b>	Computer Aided Manufacturing, tietokoneavusteinen valmistus



**LIITELUETTELO****LIITE 1.** Aikataulu**LIITE 2.** Vaatimuslista**LIITE 3.** Toimintorakenne**LIITE 4.** Pyöreät näkölasit**LIITE 5.** Tiivisteiden valinta**LIITE 6.** Testiaikataulu**LIITE 7.** Lukitusakselilasku**LIITE 8.** Työpiirustukset

## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Tavoitteen asettelu**

Työn tavoitteena oli suunnitella laite, jolla saadaan mitattua W20-, W32-, W46F- ja W600-nelitahtimoottorien venttiilinohjausholkin tiivisteiden ohi virtaavan öljyn määrä. Laitteen suunnittelun jälkeen osista tehtiin työpiirustukset ja osat valmistettiin Wärtsilän MTC-osastolla. Tavoitteena oli myös saada mittaustuloksia eri renkaiden ja modifioidun o-rengasuran vaikutuksesta öljyvuotoon. Tiivisteiden ohi palotilaan vuotava öljy heikentää palamisprosessia ja pakoputkistoon pääsevä öljy saattaa aiheuttaa pakokaasujen suodatinlaitteiston rikkoutumisen.

### **1.2 Rajaus**

Laitteen suunnittelussa keskityttiin W600- ja W32-moottorityyppien ohjausholkien tiivisteiden ohi vuotavan öljyn määrän mittaukseen sekä eri tiivisteiden testaukseen. Suunnittelussa otettiin huomioon optio laitteen käytöstä W20- ja W46F-moottorin ohjausholkin tiivisteiden testauksessa.

Opinnäytetyön loppuvaiheessa sattunut sorvin rikkoutuminen sekä tuotannolliset kiireet MTC-osastolla siirsivät aikataulua noin kuukaudella suunnitellusta eteenpäin. Tästä syystä tiivistetestit päätettiin jättää pois työn kirjallisesta osuudesta. Testien sisällyttäminen lopputyöhön olisi viivästyttänyt opintojen loppuun saattamista noin puolella vuodella.

## **2 YRITYSESITTELY**

### **2.1 Wärtsilä**

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen. Vuonna 2011 Wärtsilän liikevaihto oli 4,2 miljardia euroa ja henkilöstömäärä oli noin 18 000 henkeä. Yrityksellä on lähes 170 toimipistettä 70 maassa. /11/

### **2.2 Avainlukuja**

Wärtsilän avainluvut vuonna 2011:

- liikevaihto 4 209 milj. euroa
- liiketulos 469 milj. euroa
- tilauskertymä 4 516 milj. euroa
- tilauskanta vuoden lopussa 4 007 milj. euroa
- henkilöstö vuoden lopussa 17 913. /11/

### **2.3 Wärtsilä Ship Power**

Wärtsilä on johtava laivojen koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmien toimittaja. Wärtsilä toimittaa moottoreita ja aggregaatteja, alennusvaihteita, propulsiolaitteistoja, valvontajärjestelmiä sekä tiivisteratkaisuja kaikenlaisiin aluksiin ja offshore- sovelluksiin. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla merenkulun pääsegmenteillä koneistojen ja järjestelmien toimittajana. /11/

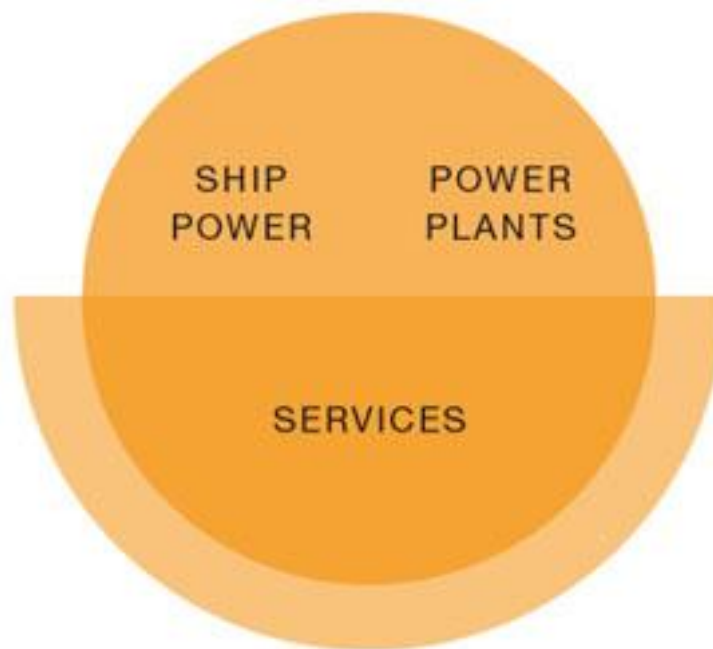
### **2.4 Wärtsilä Services**

Wärtsilä tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan. Wärtsilä huoltaa ja kunnostaa sekä laivojen koneistoja että voimaloita. Perinteisen huolto toiminnan rinnalla Wärtsilä on laajentanut palvelujaan innovatiivisiin asiakkaan

liiketoimintaa tukeviin palveluihin. Näitä ovat esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. /11/

## 2.5 Wärtsilä Power Plants

Wärtsilä on merkittävä toimittaja hajautetun energiantuotannon voimalamarkkinoilla. Wärtsilä toimittaa voimaloita perusvoiman tuotantoon, kuormitushuippujen tasaamiseen ja teollisuuden omaan energiantuotantoon. Wärtsilän tarjoamien laitteiden vahvuuksia ovat joustavat ratkaisut, korkea hyötysuhde ja alhaiset päästöt. Wärtsilällä on vahva markkina-asema kaikilla pääsegmenteillään (**Kuva 1.**) /11/



**Kuva 1.** Wärtsilän yritysrikaama.

## 2.6 Missio ja visio

Wärtsilän missiona on toimittaa ratkaisuja, jotka tukevat asiakkaiden liiketoimintaa tuotteen koko elinkaaren ajan. Samalla kehitetään yhä parempia teknologioita,

joista hyötyvät sekä asiakkaat että ympäristö. Visiona on olla kaikkien asiakkaiden arvostetuin kumppani. /6/

## **2.7 Strategia**

Wärtsilän tavoitteena on olla johtava toimittaja koko elinkaaren kattaville voimaratkaisuille maailmanlaajuisilla merenkulun markkinoilla ja valituilla energia-markkinoilla ympäri maailmaa. Wärtsilä näkee kasvumahdollisuuksia kaasuvoimalaitoksissa Smart Power Generation -konseptiin perustuen sekä kaasukäyttöisissä moottoreissa ja niihin liittyvissä järjestelmissä merenkulun markkinoilla. Wärtsilä tavoittelee myös kasvua ympäristöratkaisuissa, rikkipesurit ja painolasti-veden käsittelyjärjestelmät mukaan lukien. Wärtsilän vahvuutena on teknologinen johtajuus, integroitu tuote- ja huoltotarjoama, läheiset ja pitkäaikaiset asiakassuhteet sekä ylivertainen maailmanlaajuinen kattavuus. /6/

### 3 OHJELMISTO

Lopputyön suunnittelussa käytettiin NX6 3D-mallinnusohjelmaa, joka on tullut tutuksi koulun kautta. Teamcenter-ohjelmisto ei ollut ennestään tuttu, sen käyttöä opastettiin R&D, Cylinder Head & Valve Mechanism-osaston työntekijöiden toimesta.

#### 3.1 Teamcenter

Teamcenter on maailman laajimmin käytetty PLM-järjestelmä (CIMdata), joka tarjoaa tuote- ja prosessitiedot visuaalisena ja hallittuna kokonaisuutena yhdestä tietolähteestä. Teamcenter yhdistää ja mahdollistaa eri ryhmien välisen yhteistyön sijainnista riippumatta. Tuloksena saadaan nopeampi läpimenoaika sekä laadun että tuottavuuden merkittävää tehostumista. /2/

Teamcenter -ympäristöön tallennetaan muun muassa kappaleiden 3D-mallit, työpiirustukset, työohjeet, kokoonpanorakenteet, analyysit ja valmistusmenetelmät. Teamcenterissä tehdään työ- ja kokoonpanopiirustusten tarkastus, hyväksyntä ja julkaisu tuotantokäyttöön. Teamcenteriin tallennetut dokumentit ovat käytettävissä ympäri maailmaa suunnittelun, tuotekehityksen, huollon, valmistuksen ja alihankkijoiden tarpeeseen. Kappaleiden suunnittelua ja kehittelyä voidaan tehdä yhteistyössä eri puolilla maailmaa olevien ihmisten kanssa. Järjestelmä mahdollistaa parhaimmassa tapauksessa esimerkiksi uuden tuotteen suunnittelun läpimenoajan lyhentymisen kolmannekseen, jos suunnittelu toteutetaan eri aikavyöhykkeillä työskentelevien ihmisten tai ryhmien toimesta, jolloin prosessi pyörii vuorokauden jokaisena tuntina. Koneistusohjelmat ja menetelmät voidaan hioa kustannustehokkaiksi eri paikassa missä itse valmistus tehdään.

#### 3.2 NX

NX on uuden sukupolven integroitu CAD/CAM/CAE -järjestelmä tuotekehityksen, suunnittelun ja valmistuksen tarpeisiin. Skaalautuvana ja modulaarisena järjestelmänä NX tarjoaa ratkaisun sekä pienille että suurille yrityksille. NX tarjoaa

integroidun ympäristön suunnittelulle, simuloinnille, työkalusuunnittelulle ja valmistukselle. /3/

NX-ohjelmistolla luodusta 3D-mallista voidaan tehdä työpiirustukset valmistuksen tai kokoonpanon tarpeisiin, lisäksi NX-ohjelmistolla voidaan tehdä laskelmia yksittäisen kappaleen tai kokoonpanon rakenteen analysoimiseksi. Laskelmilla voidaan selvittää tarvitseeko esimerkiksi kappaleen muotoa, kokoa tai materiaalia muuttaa, jotta kappaleelle halutut ominaisuudet täyttyvät. NX-ohjelmistolla voidaan myös simuloida kappaleen valmistusmenetelmät sekä tuottaa NC-ohjelmia työstökoneille.

## 4 DIESELMOOTTORI

Dieselmoottori on mäntämoottori, jota käytetään erityisesti raskaan kaluston voimakoneena. Siinä käytetään sisäistä seoksen muodostusta, eli polttoaine ruiskutetaan suoraan palotilaan. Moottoreita on kahta päätyyppiä: suorasuihkutusmoottorit (palotila männässä) ja apukammio-moottorit, joissa polttoneste ruiskutetaan kammiioon. Polttoneste sumuuntuu ja sekoittuu palotilassa olevaan ja puristuksessa kuumenneeseen ilmaan. Seos syttyy tämän lämmön avulla, ns. sisäisellä sytytyksellä. /9/

Wärtsilän valmistamat moottorit käyttävät polttoaineena joko kaasua tai dieseliä, poikkeuksena dual fuel-moottori, jossa voidaan käyttää polttoaineena sekä kaasua että dieseliä. Polttoaineen vaihto esimerkiksi dieselistä kaasuun, voidaan tehdä moottorin käydessä. Wärtsilän moottorit ovat hidaskäyntisiä kaksitahtimoottoreita tai keskinopeita nelitahtimoottoreita. Seuraavassa luvussa esitetään nelitahti-dieselmoottorin toimintatapa (**Kuva 2.**)

### 4.1 Nelitahtinen toimintatapa

#### 4.1.1 Imutahti

Imutahdin (a) aikana imuventtiili on auki, mäntä liikkuu alaspäin aiheuttaen samalla alipaineen sylinteriin, jonka seurauksena imukanavasta virtaa ilmaa sylinteriin. /1/

#### 4.1.2 Puristustahti

Puristustahdin (b) aikana molemmat venttiilit ovat kiinni. Mäntä liikkuu ylöspäin, puristaen samalla ilman kasaan. Puristetun ilman lämpötila nousee niin korkeaksi, että sylinteriin ruiskutettava polttoaine syttyy. /1/

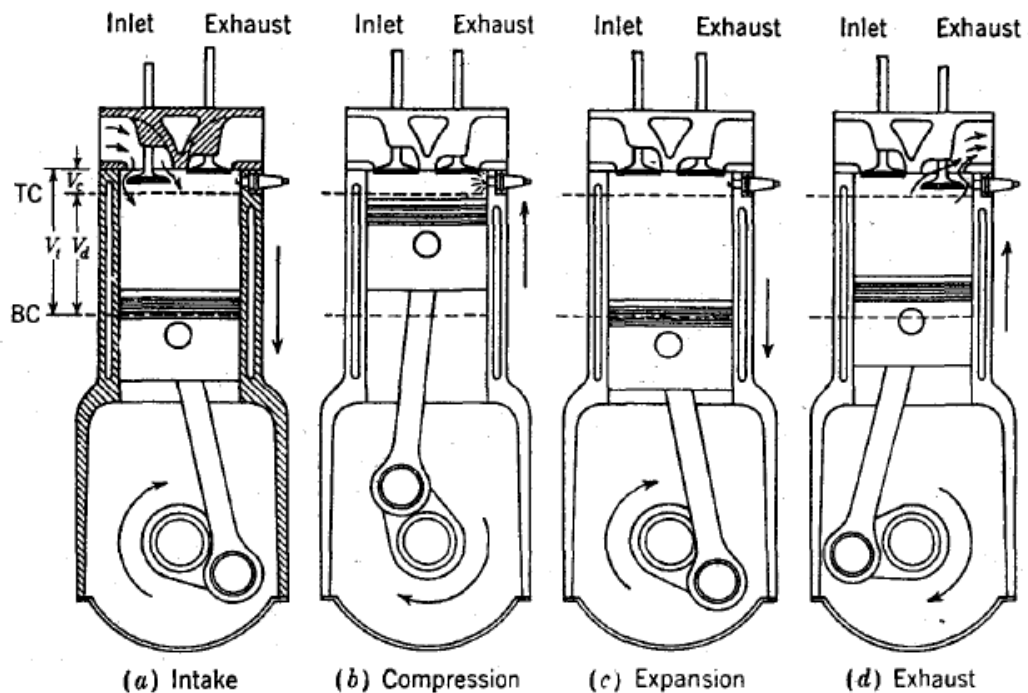


### 4.1.3 Ruiskutus- ja työtahti

Männän saavuttaessa yläkuolokohdan, polttoaine ruiskutetaan sylinteriin puristetun, kuumen ilman sekaan. Polttoaineen ja ilman seos syttyy ja palaa nopeasti, aiheuttaen paineen, joka liikuttaa mäntää alaspäin (c). /1/

### 4.1.4 Poistotahti

Männän ollessa alakuolokohdassa pakventtiili avautuu. Mäntä liikkuu ylöspäin työntäen samalla pakokaasut avautuneen pakventtiilin ohi pakoputkistoon (d). /1/



**Kuva 2.** Nelitahtinen toimintatapa. /1/

## 4.2 Venttiilikoneisto

Moottorin kunnollisen toiminnan edellytys on täsmällinen kaasujen vaihto. Toisin sanoen sylinteriin tulee saada oikeaan aikaan mahdollisimman suuri määrä tuoretta kaasuseosta (polttoainetta + happea). Palamisen jälkeen palokaasut taas tulee

saada mahdollisimman täydellisesti pois sylinteristä. Näin tehdään tilaa uudelle tuoreelle kaasuseokselle. /9/

Nelitahtimoottorin kaasunvaihtoa ohjaa venttiilikoneisto, joka saa käyttövoimansa kampiakselilta ja jonka liikkeisiin venttiilien toiminta on täsmällisesti ajoitettu. /9/

#### **4.2.1 Sylinterikansi**

Sylinterikansi asennetaan moottorilohkoon sylinteriholkin päälle. Sylinterikansi yhdessä männän ja sylinteriholkin kanssa muodostaa palotilan. Sylinterikannessa on imukanava, josta virtaa ilmaa sylinteriin sekä pakokanava, josta pakokaasut johdetaan pakoputkistoon. Imu- ja pakokanavien sulkeutumista ohjaa venttiilikoneisto. Kuvassa 3 esitetään sylinterikanteen kiinnitettyjä komponentteja. /10/

#### **4.2.2 Venttiili**

Venttiilien tehtävänä on sulkea imu- ja pakokanavat tiiviisti puristus- ja työvaiheen ajaksi sekä aikaansaada mahdollisimman esteetön kaasujen vaihto imu- ja poistovaiheen ajaksi. Tässä tehtävässä tärkeä osa on myös kanteen sijoitetuilla istukoilla, näiden tiivistepinnoilla ja ohjaimilla. Venttiilin varren päähän on koneistettu ura lukkokiiloja varten. Kun kiilat asennetaan venttiilin uriin, jännittää jousi venttiilin tiiviisti istukkaansa vasten. /9/

#### **4.2.3 Ohjausholkki**

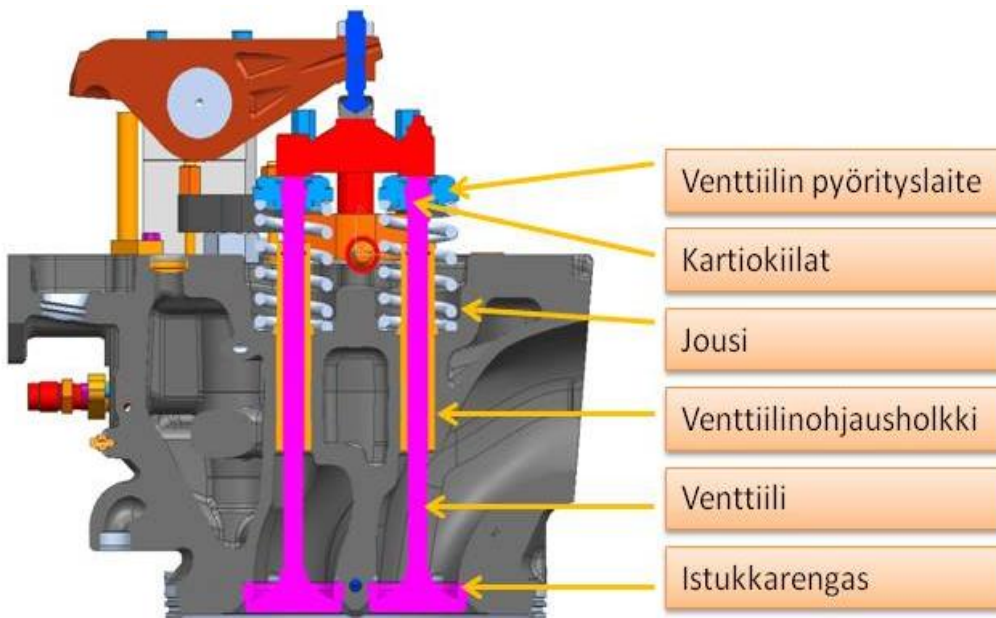
Venttiilinohjausholkin tehtävänä on toimia liukupintana venttiilille. Ohjausholkki myös suojaa venttiilin vartta ja johtaa lämmön venttiilistä sylinterikanteen. Ohjausholkin tiiviste estää venttiilikoneiston öljyn valumisen venttiilin vartta pitkin palotilaan, mutta öljyä tulee päästä tiivisteestä ohi kuitenkin sen verran, että se voitelee venttiiliin ja ohjausholkin liukupinnat. /10/

#### 4.2.4 Jousi

Venttiilin jousen tehtävänä on sulkea venttiili sekä pitää venttiili suljettuna ja pitää huolta, että avaajavivusto seuraa tarkasti nokka-akselin nokkaa ja sen liikkeitä. Jokaisella venttiilillä on yksi tai useampi samankeskeisesti asennettu kierrejousi. Jousi lukitaan paikoilleen jousen päälle tulevan pyörityslaitteen ja venttiilin varren uriin asennettujen lukkokiilojen avulla. /9/

#### 4.2.5 Venttiilin pyörityslaite

Venttiilin pyörityslaite kiinnitetään venttiilin varteen kartiokiilojen avulla. Pyörityslaitteen tehtävänä on pakottaa venttiili pyörähtämään jokaisen edestakaisen liikkeen aikana. Venttiilin pyörähdys poistaa tiivistepinnoille kertyneen karstan ja muut epäpuhtaudet, estäen venttiilin palamisen sekä vähentäen mahdollisuutta venttiilin varren kiinnileikkaamiselle. Venttiiliin kiinnitetty pyörityslaite toimii myös vastinpintana jouselle. Kun venttiiliin ei kohdistu painetta nokka-akselin tai muun käyttölaitteen toimesta, vapautuu jousi, työntäen samalla venttiilin kiinni. /10/



**Kuva 3.** Leikkauskuva sylinterikansikokoonpanosta.

### 4.3 Venttiilien asennus sylinterikanteen

Sylinterikanteen asennetaan venttiilinohjausholkit ennen venttiilien asennusta. Venttiilit pujotetaan paikoilleen sylinterikannen alapuolelta ohjausholkkien läpi. Venttiililautanen lukitaan sylinterikannen istukkapintaa vasten laipan avulla. Sylinterikanteen asennetaan jousi ja jousen päälle venttiilin pyörityslaite. Venttiilin yläpää on jousen pyörityslaitteen tason alapuolella. Pyörityslaite ja jousi puristetaan hydraulisen puristimen avulla venttiilin kanssa samalle korkeudelle. Venttiilin pyörityslaite lukitaan venttiilivarren uraan kartiokiilojen avulla. Sylinterikannen istukkapintaan vastaava venttiililautanen sekä venttiilin yläpään kiinnitetty venttiilin pyörityslaite estää jousen vapautumisen (**Kuva 4.**)



Ohjainholkit kiinnitetty sylinterikanteen



Venttiilit lukittu istukkapintaan laipan avulla



Sylinterikansi yläpuolelta, venttiilit lukittuna



Jouset puristetaan kasaan työkalun avulla

**Kuva 4.** Sylinterikannen kokoonpano.

## **5 AIKATAULU**

### **5.1 Karkea aikataulu**

Työn aloitusvaiheessa tehtiin karkea aikataulu, työlle varattiin kokonaisuudessaan aikaa noin neljä kuukautta. Karkeassa aikataulussa osien suunnittelulle ja mallinukselle oli varattu noin puolitoista kuukautta aikaa, jonka jälkeen osat koneistettaisiin. Koneistuksen ajateltiin tapahtuvan kahden kuukauden aikana. Osien ei olisi tarvinnut olla kerralla valmiita, vaan työpiirustukset olisi viety sitä mukaan koneistusosastolle, kun ne olisivat valmistuneet. Viimeiset piirustukset olisi toimitettu kuitenkin sen verran ajoissa, että osien valmistus, mukaan lukien NC-ohjelmien teko ja koneistus, onnistuu aikataulun mukaisesti.

Osien valmistuttua koneistusosastolta, olisi laitteen kokoonpano voitu jo aloittaa niiden kappaleiden osalta, jotka olivat valmiina. Työn kirjallista osuutta oli tarkoitus tehdä kaikkien piirustusten valmistuttua, osien ollessa koneistettavana. Mallinnus- ja kirjoitusosuuden aikana oli tarkoitus kartoittaa tarvittavat ulkopuolelta ostettavat komponentit, kuten ruuvit, tiivisteet sekä hydraulikka- ja pneumatiikka tarvikkeet.

Laitteen kasauksen jälkeen suoritetaan laitteen toiminnan testaaminen. Tiivisteiden testaukset päästään aloittamaan laitteen toiminnan varmistuttua. Testiin tulevia ohjainholkkeja on kolme, jokaiselle ohjainholkille suunniteltiin kahdesta viiteen eri tiivisteiden testausta, testeihin kuluisi aikaa arviolta 2-6 viikkoa.

### **5.2 Lopullinen aikataulu**

Aikataulua lähdettiin tarkentamaan vaatimusten, osien määrän ja laitteen rakenteen tarkennuttua. Wärtsilän koneistusosastolta, MTC: ltä, tiedusteltiin koneistus-aikataulua kappaleille. Koneistusosastolta saadun arvion mukaan sorvattavien osien valmistus pystyttäisiin aloittamaan aikaisintaan huhtikuun ensimmäisellä viikolla ja työstökeskuksella koneistettava runko-osa päästäisiin aloittamaan vasta toukokuun ensimmäisellä viikolla.

Koneistusaikataulu siirtyi noin 1,5 kuukaudella eteenpäin alkuperäiseen suunnitelmaan nähden. Ennen annettua ajankohtaa ei olisi mahdollista koneistaa osia tuotannollisten kiireiden takia. Aikataulun siirtyminen sorvattujen osien kohdalla olisi joka tapauksessa ollut melko todennäköistä, johtuen kohtuullisen haastavasta suunnittelu- ja mallinnusaikataulusta. (LIITE 1)

Osat voidaan viimeistellä koneistusaikataulun muuttumisen johdosta ilman kiirettä, lisäksi pystytään kartoittamaan ja korjaamaan suunnittelussa huomaamatta jääneitä asioita.

## 6 TEHTÄVÄNANTO

### 6.1 Testilaitteen tarve

Venttiilin ja ohjausholkin läpi virtaavan öljyn määrästä ei ole aiempaa mittaustapaa, jota voisi käyttää hyväksi öljynkulutuksen optimointiin. Tietyn moottorityypin ohjausholkin tiivisteiden ohi epäillään vuotavan normaalia suurempi määrä öljyä palotilaan. Etenkin kaasumoottoreissa palotilaan kuulumaton öljy saattaa aiheuttaa pakokaasusuodattimien rikkoutumista, turhia NO<sub>x</sub> päästöjä sekä heikentää palotapahtumaa ja sen seurauksena moottorin hyötysuhdetta.

Mittaustulokset auttavat optimoimaan venttiilin ja ohjausholkin välisiä tiivisteitä ja etsimään parempaa ratkaisua öljyn kulutuksen optimointiin, esimerkiksi paremmilla tiivisteillä tai tiivisteuran siirtämisellä. Tiivisteuran paikan siirtämisellä eri kohtaan ohjausholkkia on suuri merkitys. Moottorityypistä riippuen, ohjainholkin alaosan ja yläosan välillä on noin 150 asteen lämpötilaero. Ohjainholkin alaosaan kohdistuu palotapahtumasta aiheutuva lämpö ja ohjainholkin yläosaa jäähdyttää venttiilikoneiston öljy.

Öljyä luonnollisesti häviää muutakin kautta koneesta kuin ohjausholkin tiivisteiden ohi. On arvioitu, että ohjainholkkien tiivisteiden ohi vuotaa noin 20 % moottorista häviävästä öljystä. Männänrenkaiden välistä vuotavan öljyn määrän on arvioitu olevan kolminkertainen ohjausholkin tiivistevuotoon nähden eli noin 60 %.

### 6.2 Tehtävän määrittely

Tuoteidea on usein puutteellinen informaatioltaan, varsinkin tullessaan tuotekehitysorganisaation ulkopuolelta. Tuoteideasta laaditaan tuotekehitysehdotus, jonka pohjalta voidaan tehdä päätös jatkotoimenpiteistä. Tuotekehitysehdotus sisältää kehitettävän tuotteen kuvauksen, tekniset vaatimukset, taloudelliset vaatimukset, käytettävän kehityspanoksen ja aikataulun. /5/

### 6.3 Vaatimukset

Laitteelle määriteltiin tiettyjä vaatimuksia. Runko-osan suunnittelussa on otettava huomioon W32- ja W600-moottorityypin venttiilinohjausholkkien kiinnitys, koska ohjausholkkien ulkomitat poikkeavat toisistaan. Öljyn korkeus venttiilinohjausholkkien ympärillä on säädetty sylinterikannessa siten, ettei öljyn pinta nouse ohjausholkin yläreunan tasolle. Testilaitteessa testattavien ohjausholkkien korkeus vaihtelee, joten korkeudensäädön toteutusta on pohdittava. Venttiilinohjausholkin ohi vuotava öljy täytyy saada kerättyä talteen ja öljyn määrä on mitattava. (LIITE 2)



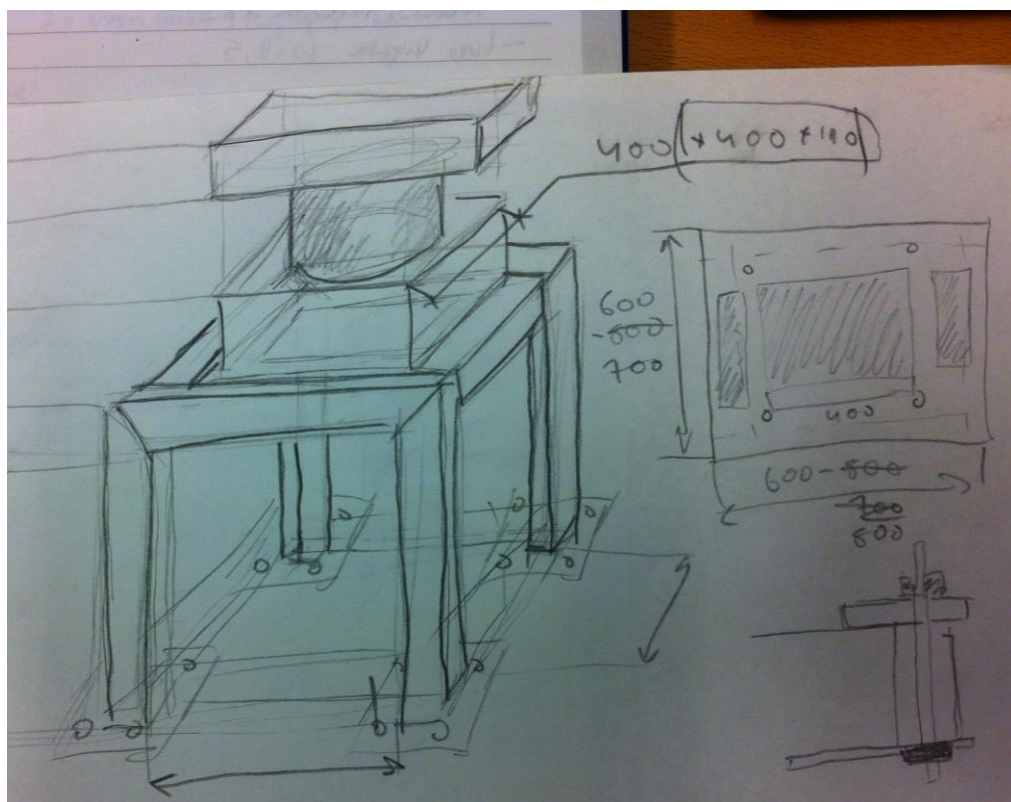
## 7 LUONNOSTELU

Tuotekehityspäätöksen tulisi olla muotoilultaan sellainen, että tehtävän ratkaisulle ei muodostuisi ahtaita rajoja eikä siten optimiratkaisun löytyminen estyisi. Luonnosteluvaiheen päätarkoitus on etsiä vaihtoehtoisia ratkaisuperiaatteita kehitettävälle tuotteelle. Tässä vaiheessa ei tehdä yksityiskohtaisia mittakaavaan laadittuja piirustuksia, vaan luonnokset ovat ratkaisuperiaatteita selventäviä käsivaraisesti tehtyjä piirustuksia. /5/

Suunnittelijan tai suunnittelijoiden aiempi kokemus esimerkiksi koneistus- tai kokoonpanotyöstä saattaa aiheuttaa tiettyjä olettamuksia, miten asiat pystytään tekemään ja miten asioita on turha edes yrittää tehdä. Tämä saattaa heikentää luonnostelun tulosta oleellisesti, koska ratkaisuja olisi hyvä miettiä eri näkökulmista. Monet huonot ideat saattavat tukea parempia ideoita, tai eritasoisista luonnosteluista saattaa löytyä ratkaisumalli, jossa luonnoksista yhdistetään parhaat puolet edelleen kehiteltäväksi.

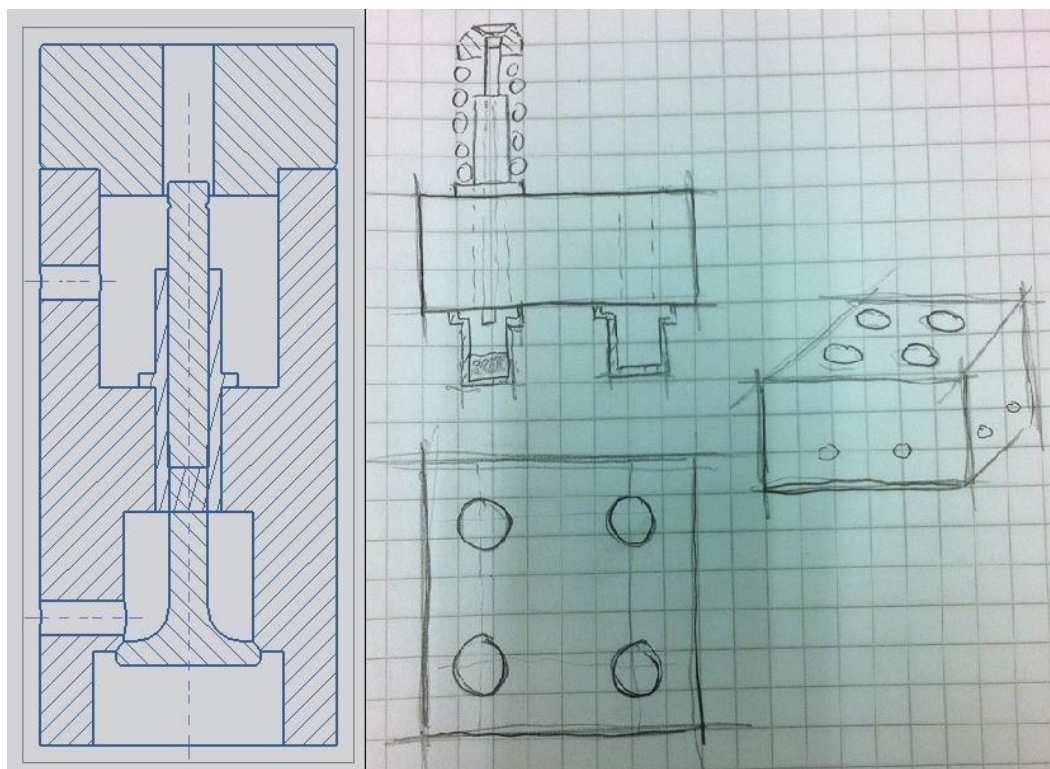
### 7.1 Laitteen luonnostelu

Luonnosteluvaihe aloitettiin piirtämällä rungosta, venttiilinpainimen tuesta, testipenkin jalustasta, ohjausholkkien paikoista ja öljynkeräimestä muutamia osa- ja kokoonpanokohtaisia luonnoksia paperille ja näin saatiin karkea kuva mittasuhteista, komponenttien sijoittelusta sekä voitiin havaita mahdolliset suuremmat epäkohdat osien välillä (**Kuva 5.**)



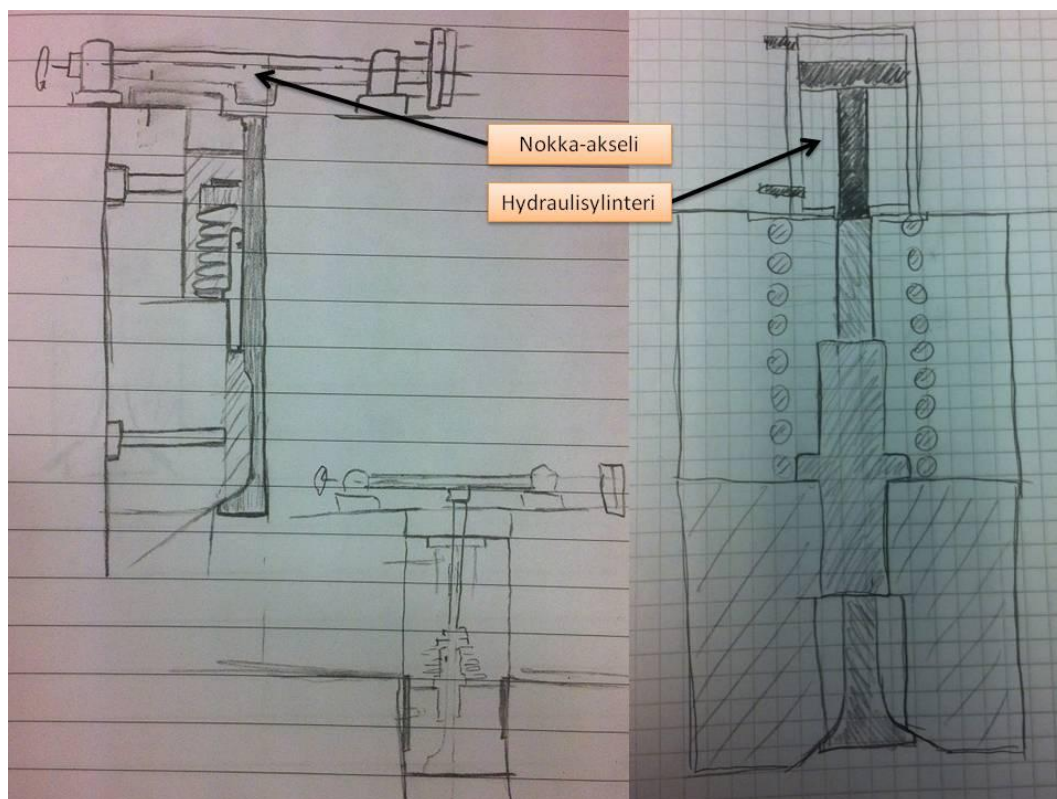
**Kuva 5.** Luonnos testipenkistä, alusta, runko, venttiilinpainimen tuki ja venttiilinpainin.

Testilaitteen ensimmäisissä luonnoksissa oli paikka yhden venttiilin mittaukselle (**Kuva 6.**) Laitteen luonnostelun aikana päädyttiin kuitenkin ratkaisuun suunnitella laite neljälle venttiilille, ratkaisu tuo mittausvarmuutta, koska mittaustuloksia saadaan testausjaksolla enemmän, lisäksi testi nopeutuu huomattavasti.



**Kuva 6.** Vasemmalla luonnos yhdelle venttiilille, oikealla neljälle venttiilille.

Laitteen vaatimuslistan ensimmäisessä versiossa oli määritelty nokka-akseli venttiilin käyttölaitteeksi. Venttiilin käyttölaitteeksi pohdittiin myös muita ratkaisuja, yksi vaihtoehto oli hydraulinen venttiilinpainin (**Kuva 7.**) Ajatuksena oli, että yksi hydraulisyylinteri tulisi venttiiliparia kohden, jolloin tilanne olisi samankaltainen kuin sylinterikannen vakiokokoonpanossa. Selvisi, että osastolla minne lopputyö tehdään, on kehittyessä hydraulitoiminen venttiilin käyttölaitte. Hydraulitoimisesta venttiilin käyttölaitteesta oli testauksessa erilaisia versioita Wärtsilän Vaskiluodon tehtaalla. Päätötyön aiheena olevaan testipenkkiin soveltuva versio oli vielä hieman keskeneräinen työn aloitusvaiheessa, mutta se valmistuisi juuri sopivasti testipenkkiä varten. Päätettiin, että testilaitteeseen tulee hydraulitoiminen venttiilinpainin nokka-akselin sijasta. Hydraulinen venttiilinpainin koeajetaan testipenkissä, jonka jälkeen voidaan aloittaa venttiilinohjainholkin tiivisteiden testaus.



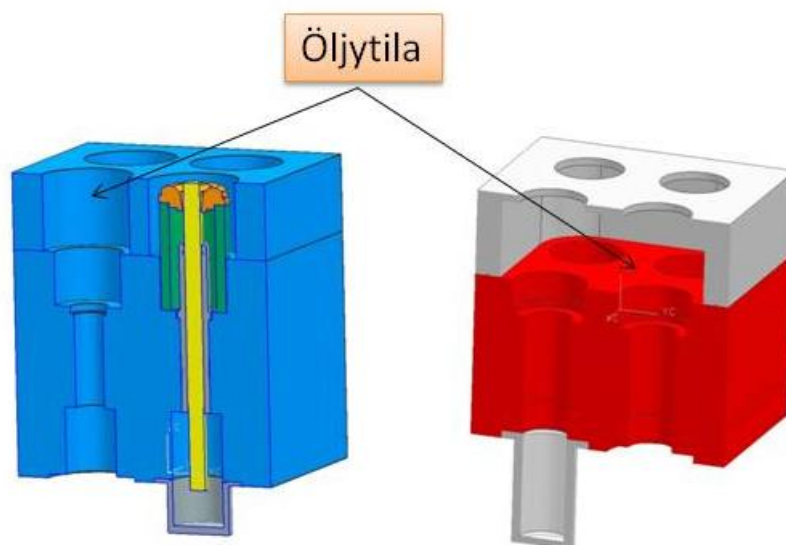
**Kuva 7.** Vasemmalla luonnos nokka-akselista käyttölaitteena, oikealla hydraulisylinteri käyttölaitteena.

Käsivaraisen luonnostelun lisäksi laitetta luonnosteltiin NX6 3D-mallinnusohjelmalla, koska se koettiin hyväksi ja nopeaksi vaihtoehdoksi kokeilla eri kokoonpanorakenteita. Testipenkin osien lisäksi mallinnettiin testattavat komponentit päämitoiltaan oikeaan kokoon. Osien muotoa, paikkaa ja kokoa pystyi muokkaamaan helposti haluttuun suuntaan, mallista pystyi myös havaitsemaan osien yhteensopivuusongelmat.

## 7.2 Kokoonpanoluonnokset

Rungosta ja rungon yläpuolisesta öljytilasta luonnosteltiin erilaisia ratkaisuja. Kuvassa 8 näkyy erillinen öljytila jokaiselle ohjainholkille sekä yhteinen neliskanttinen öljytila kaikille ohjainholkeille. Erillistä öljytilaa jokaiselle ohjainholkille ei

koettu tarpeelliseksi, koska kyseinen ratkaisu ei toisi testeihin lisäarvoa. Päädettiin ratkaisuun suunnitella öljytila yhtenäiseksi.

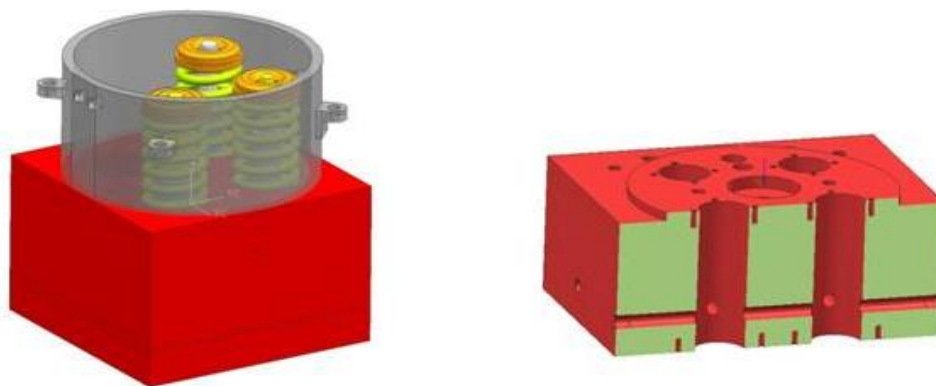


**Kuva 8.** Erillinen ja yhtenäinen öljytila.

Öljytilan kulmikkaan muodon tilalle mietittiin pyöreää ratkaisua (**Kuva 9.**) Pyöreä öljytila voitaisiin koneistaa esimerkiksi ainesputkesta, jolloin lastuttavan aineen määrä olisi murto-osa verrattuna levyaihion keskustan koneistamisessa aukinai-seksi. Ratkaisu nopeuttaa koneistusaikaa sekä vähentää koneistuksesta ja materiaaleista aiheutuvia kustannuksia.

Runko-osan paksuutta päätettiin myös hieman pienentää (**Kuva 9.**) Rungon pak-suuden määrittää ohjainholkin olakkeen alapuolinen pituus, koska se osa ohjain-holkkia on rungon sisäpuolella. Ohjainholkin alapuolelle täytyi saada paineistettu tila, joten se kasvatti myös hieman rungon paksuutta. Rungon paksuutta saatiin pienennettyä noin kolmasosa poistamalla tarpeettomat upotukset rungon yläpuo-

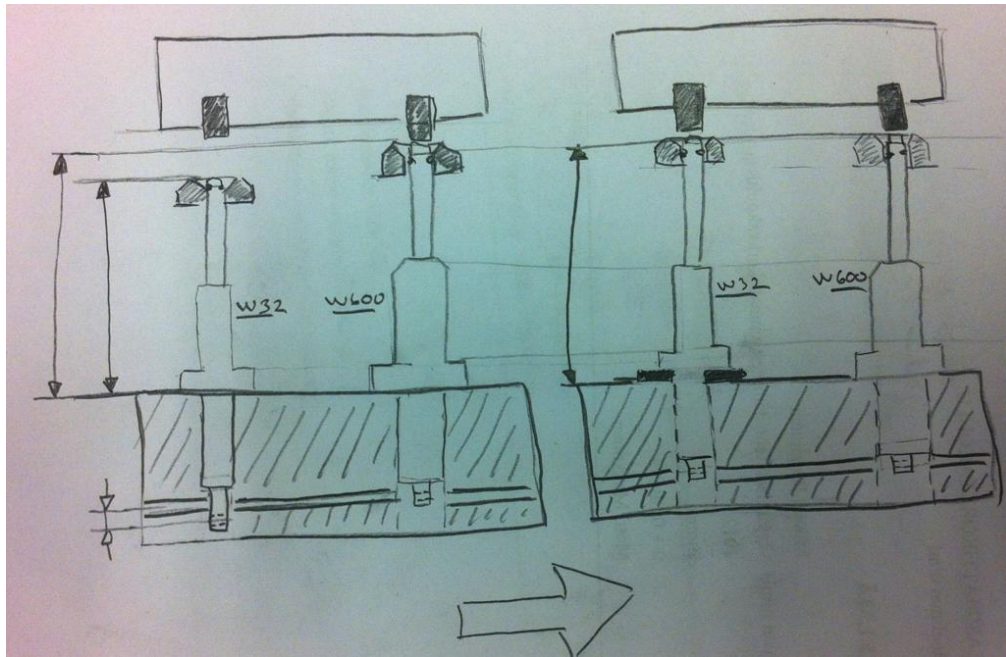
lelta. Rungon paksuuden muutos keventää kappaleen painoa, lisäksi arvioitiin le-  
vymateriaalin saatavuuden olevan parempi aihion paksuuden pienentyessä.



**Kuva 9.** Vasemmalla pyöreä öljytila, oikeanpuoleisessa kuvassa pois-  
tettu turhat upotukset.

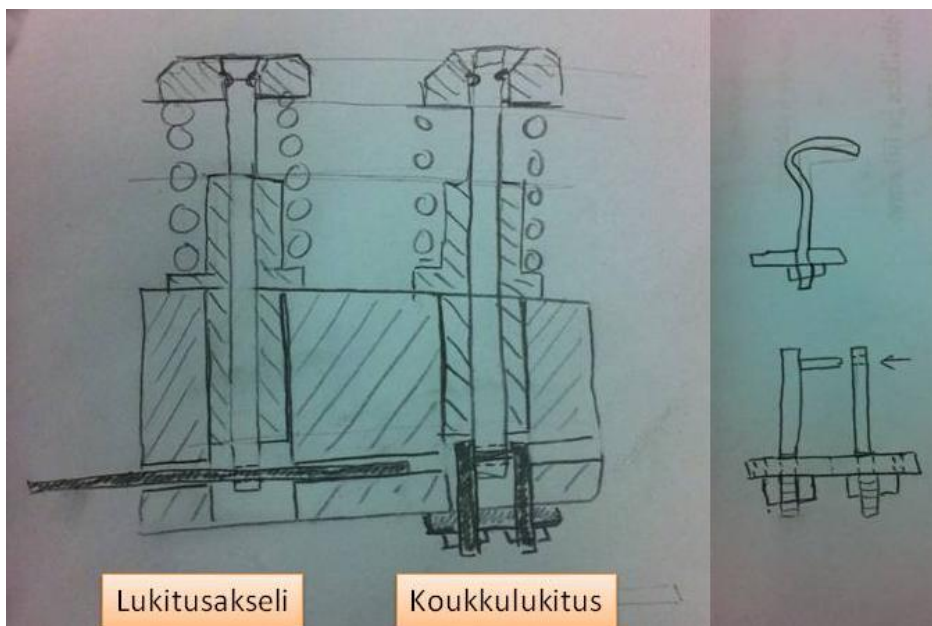
### 7.3 Venttiilien asennus

Kaikkien eri moottorityyppien venttiilien päät tuli saada samalle korkeudelle run-  
gon yläpinnasta mitattuna, jottei venttiilin käyttölaiteen mäntien paikkaa tarvitse  
kalibroida testattavien osien vaihtuessa. Koska venttiilien ja ohjausholkkien pi-  
tuudet vaihtelivat eri moottorityyppien komponenttien välillä, täytyi pohtia ratkai-  
sua venttiilien saamiseksi samalle tasolle. Yksi ratkaisu ongelmaan oli suunnitella  
laippa W32-ohjainholkin alapuolelle, tällöin venttiilin korkeus saadaan nostettua  
W600-venttiilin kanssa samalle tasolle (**Kuva 10.**)



**Kuva 10.** Vasemmassa luonnoksessa venttiilit eri tasolla, oikeanpuoleisessa luonnoksessa ohjainholkin alla laippa, joka nostaa W32-venttiiliä ylöspäin.

Venttiilien asennus testilaitteen runkoon poikkeaa luvussa 4.3 kuvatusta sylinterikansikokoonpanosta, koska testipenkin venttiilissä ei ole lautasta. Katkaistun venttiilin lukitukseen pohdittiin Cylinder Head & Valve Mechanism -osaston työntekijöiden kanssa ratkaisua. Vaihtoehtoina oli rungon alapuolisen öljynkeräimen reiän kautta asennettava koukkumainen lukitus, joka vastaisi rungon alatasoon. Toinen vaihtoehto oli rungon kylkeen porattavan reiän läpi asennettava lukitusakseli. Jotta venttiili saataisiin lukittua akselilla, täytyy venttiiliin mallintaa reikä lukitusakselia tai koukkua varten (**Kuva 11.**)



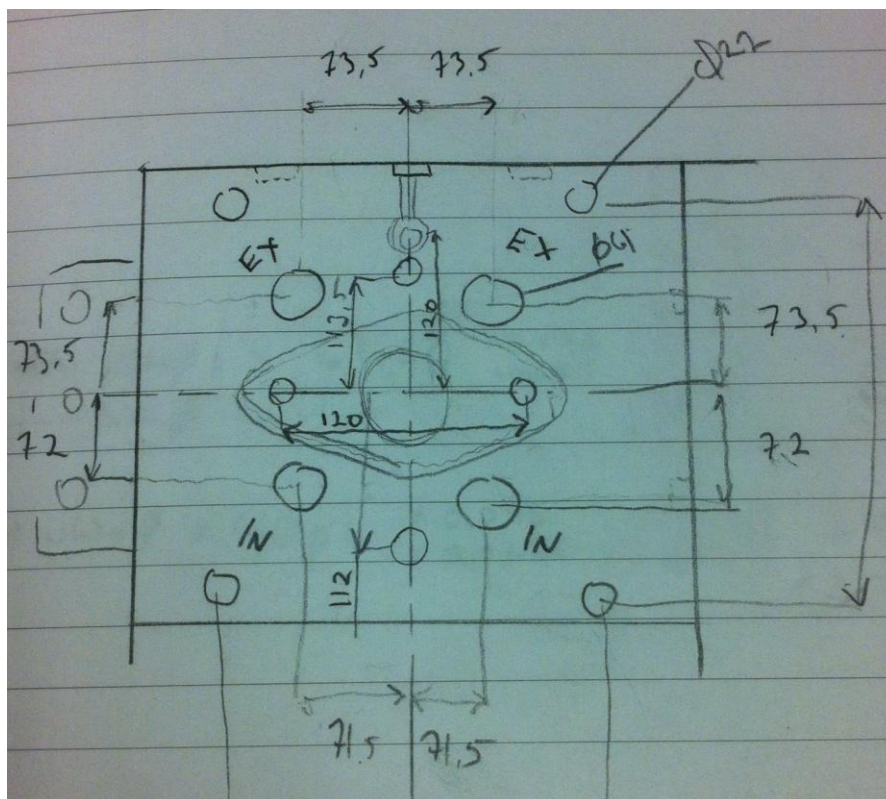
**Kuva 11.** Venttiilin lukitus akselilla ja koukulla. Oikealla kaksi erilaista koukkuvaihtoehtoa.

Lukitus päätettiin toteuttaa akselin avulla. Runkoon mallinnettu ilmareikä toimisi vastinpintana akselille, lisäksi venttiiliin täytyi mallintaa reikä lukitusakselia varten. Koska jokaisen eri moottorityypin venttiili täytyi saada lukittua samalle korkeudelle, täytyi suunnittelussa ottaa huomioon rungon ilmareiän, ohjausholkin, väliholkin ja venttiilin reiän paikka sekä yläosan korkeus. Venttiilin korkeuteen vaikutti myös lukitusakselin halkaisija. Venttiilien kiinnitysratkaisusta kerrotaan luvussa 8.2.5.

#### 7.4 Ohjausholkkien sijoittelu runkoon

Ohjausholkit päätettiin sijoittaa runkoon vastaavasti kuin W32-moottorin sylinterikannessa. Ratkaisu mahdollisti venttiilien asennusvaiheessa tarvittavan jousipuristimen käytön, muussa tapauksessa testipenkkiä varten olisi täytynyt suunnitella uusi jousipuristin. Puristin vaatii tilaa jousien ympäriltä, joten öljytilan sisähalkaisijan valinnassa täytyi ottaa huomioon ylimääräinen tilantarve. Jousipuristimen laipan sopivuus jousien väliin täytyi myös varmistaa (**Kuva 12.**) Ratkaisusta lisää luvussa 8.2.5.

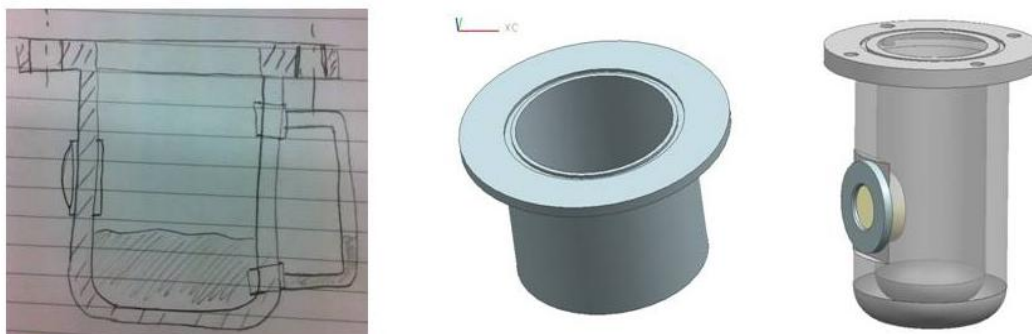




**Kuva 12.** Luonnos ohjausholkkien sijoittelusta, keskellä salmikiinmuotoinen jousityökalun laippa.

### 7.5 Öljykuppi

Öljykupin tehtävänä on kerätä ohjainholkin tiivisteestä ohi vuotava öljy. Öljykuppi irrotetaan testilaitteesta mittauksen jälkeen ja kuppiin valuneen öljyn määrä mitataan. Öljykuppiin toivottiin ns. kurkistusikkunaa, josta voisi nähdä öljyvuodon määrän. Internetistä etsittiin valmiita ratkaisuja öljyn talteenottoon. Sopivaa ratkaisua ei löytynyt, joten öljykupista tehtiin muutama erilainen luonnos ilman kurkistusikkunaa sekä luonnos jossa oli kurkistusikkuna. Ikkunallisen öljykupin lisäksi pohdittiin ratkaisua kiinnittää öljynkorkeuden näyttävä muovi- tai lasiputki öljykupin kylkeen (**Kuva 13.**)



**Kuva 13.** Luonnoksia öljykupista.

Luonnostelluista öljykupeista valittiin jatkokehittelyyn ikkunallinen malli. Syynä valintaan oli vuotavan öljyn visuaalisen havainnoinnin mahdollisuus. Testin aikana voidaan havaita öljyvuodon suuruusluokka, lisäksi ikkunallinen ratkaisu mahdollistaa vikatilanteesta johtuvan huomattavasti suuremman öljyvuodon havaitsemisen. Öljykupin kehittelystä kerrotaan luvussa 8.1.4.

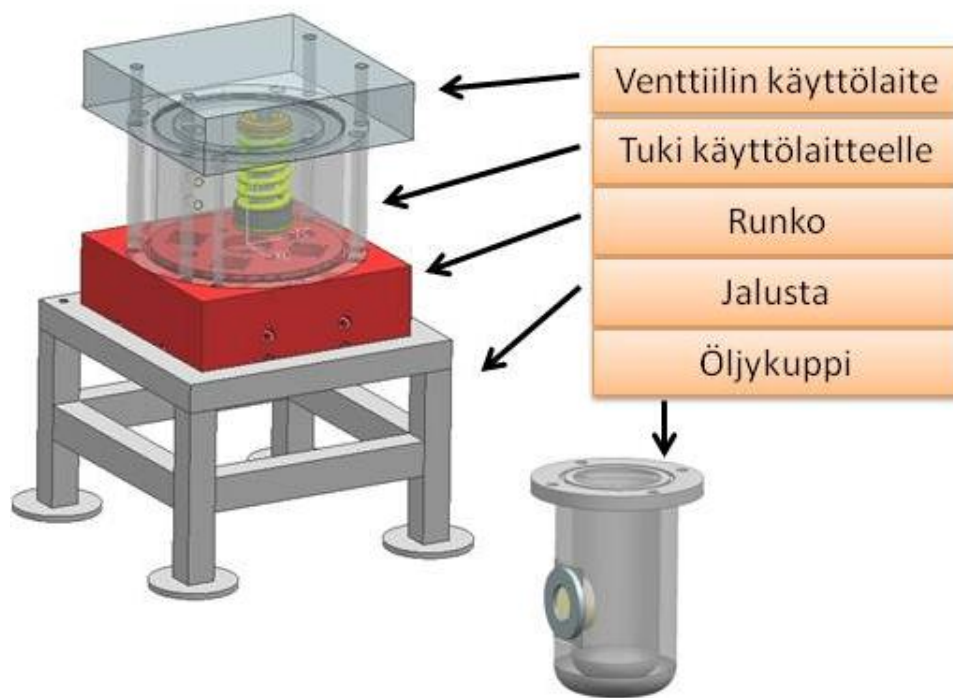
## 7.6 Palaverit

Luonnosteluvaiheen aikana pidettiin säännöllisesti palaveriteita, joissa kommentoitiin luonnoksia sekä ideoitiin parannuksia (**Kuva 14.**) Palaverit poikivat ajoittain kokonaan uusia ideoita ja suuntia laitteen kehittelyn eteenpäinviemiseen. Komponentteihin tulikin lukuisia muutoksia ja parannuksia luonnosteluvaiheen aikana. Suurin yksittäinen muutos oli venttiilin käyttölaitteen vaihtuminen nokka- akselista hydraulitoimiseen venttiilinpainimeen. Palavereissa ideoitiin myös ohjainholkkien kiinnitysratkaisua, testilaitteen jalustan suunnittelua, venttiilien kiinnitystä asennus- ja purkuvaiheessa sekä öljyn syöttöä W600-moottorityypin ohjainholkeille.

## 7.7 Vaatimuslistan todentaminen

Venttiilinohjausholkkien kiinnitys testilaitteeseen toteutetaan W32-ohjausholkin kohdalla väliholkin avulla. W600-ohjausholkki voidaan asentaa runkoon ilman väliholkkia. Ohjausholkkien alapuolisen ilmanpaineen takia ohjausholkille suunniteltiin laippa, joka estää ohjainholkin liikkeen ylöspäin. Venttiilistä poistetaan lautanen, jotta ohjainholkin ohi vuotavan öljyn kerääminen helpottuu, lisäksi venttiiliin suunniteltiin asennusta ja purkua helpottavat, avainväli käsivaraista pyörittystä varten ja reikä venttiilin lukitusta varten. Rungon yläpuoliseen öljytilaan syötettävän öljyn lämpötila säädetään hydraulikoneikosta. Öljynsyöttö venttiilinohjausholkin yläpäähän toteutetaan venttiilin käyttölaitteeseen tehtyjen muutoksen avulla. Öljyn korkeus venttiilinohjausholkkien ympärillä saadaan säädettyä vaihdettavien, erikokoisten putkien avulla. Öljytilan ylitäyttöä varten suunniteltiin ylitäyttöreikä. Venttiilinohjausholkin ohi vuotava öljy kerätään ikkunalliseen öljykuppiin. Vuotanut öljymäärä mitataan tarkkuusvaa'alla. Venttiilien 25...35 mm esteetön liikkuminen varmistettiin laitteen 3D-mallin avulla. Ohjainholkin alapuolinen paineistus toteutetaan paineilmaverkostosta saatavan ilman avulla. Laitetta varten tilattiin säädettävä painemittari, ylipaine huomioidaan lisäämällä laitteeseen säädettävä varoventtiili. Venttiilin lukitusakselin kestävyys varmistettiin lujuuslaskulla. (LIITE 7)

Kaikki testilaitteelle asetetut vaatimukset on täytetty. (LIITE 2)



**Kuva 14.** Testipenkki luonnostelun jälkeen.

## 8 KEHITTELY

Luonnosteluvaihe päättyy lupaavimman vaihtoehdon valintaan. Tämä suunnitelmaan yksityiskohtia myöten lopulliseksi markkinoitavaksi tuotteeksi. Ennen konstruktioyön aloitusta on syytä käydä vielä kerran läpi vaatimuslista. Samalla kiinnitetään huomio tuotteen muotoiluun vaikuttaviin seikkoihin, kuten mitattavat vaatimukset, toiminnalliset vaatimukset, raaka-aine vaatimukset. /5/ (LIITE 3)

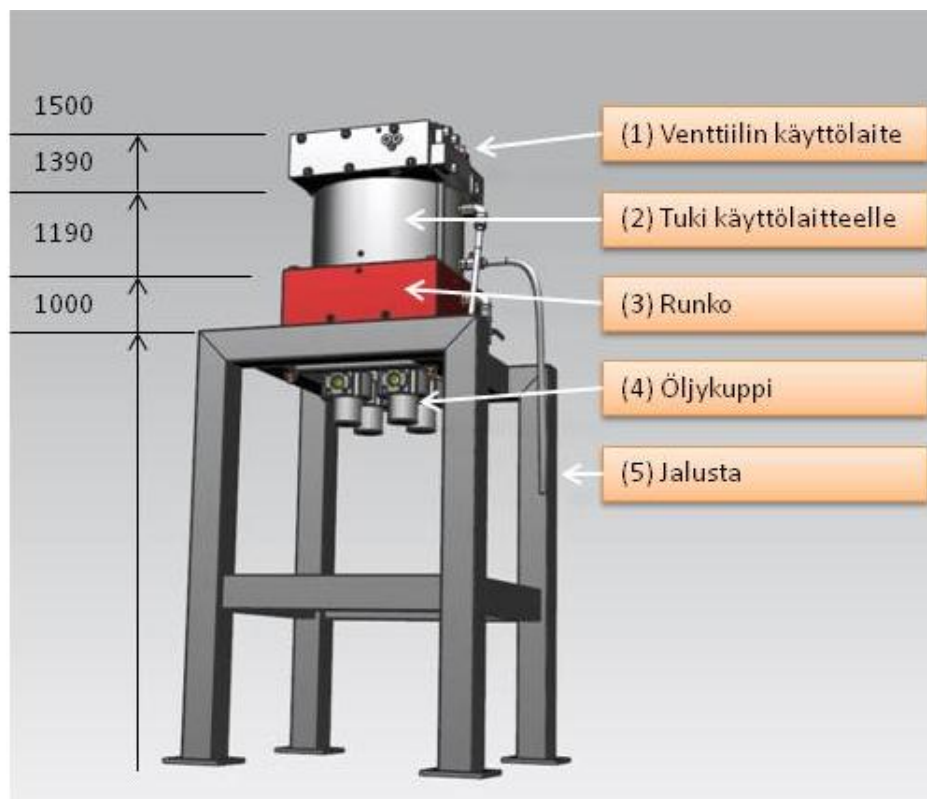
Konstruktio laaditaan luonnoksen ja alustavan raaka-ainevalinnan pohjalta kiinnittäen erityistä huomiota ratkaisuihin, jotka täyttävät päätoiminnot. Tällaisia ratkaisuja ovat esim. käyttöakselin minimihalkaisija, hammaspyörävälityksen mitat ja säiliön seinämävahvuus. Seuraavaksi suunnitellaan sivutoiminnot sekä yksinkertaiset normirakenteet, kuten suoja- tai pidätystoiminnot, tiivistimet, jäähdytysjärjestelmät jne. /5/

Peruskaava tai -ohje suunnittelulle on yksikäsitteinen – yksinkertainen – varma ts. teknisen toiminnon täyttäminen, taloudellinen toteutus, varmuus ja turvallisuus. /5/

Seuraavissa kappaleissa kerrotaan hieman tarkemmin testipenkin yksittäisten osien suunnittelusta.

### 8.1 Pääkokoonpano

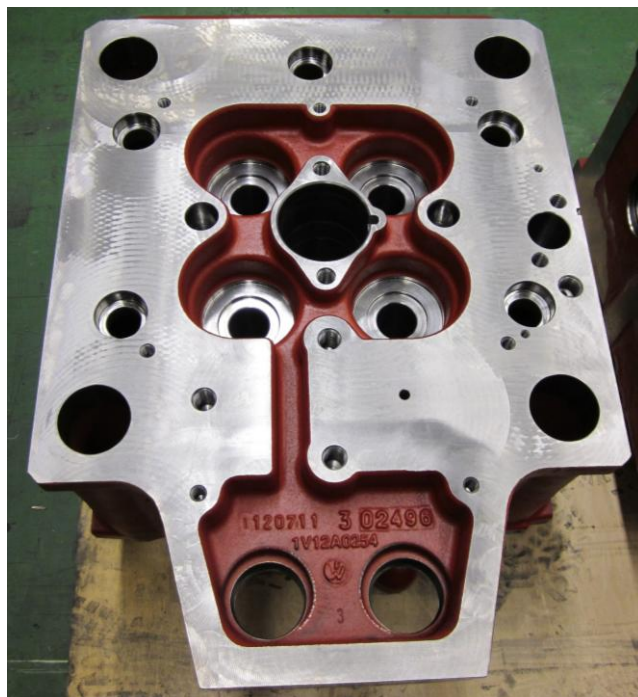
Testipenkki koostuu rungosta johon testattavat osat kiinnitetään, rungon yläpuolelle tulevasta öljykaukalosta, joka toimii tukena venttiilin käyttölaitteelle, venttiilinpainimesta, joka toimii käyttölaitteena venttiileille sekä öljykupista, johon kerätään tiivisteen ohi vuotava öljy. Testipenkille tarvittiin myös jalusta, jonka päälle runko laitteineen tulee (**Kuva 15.**) Laitteen korkeus on noin 1,5 metriä.



**Kuva 15.** Pääkokoonpano.

### 8.1.1 Runko

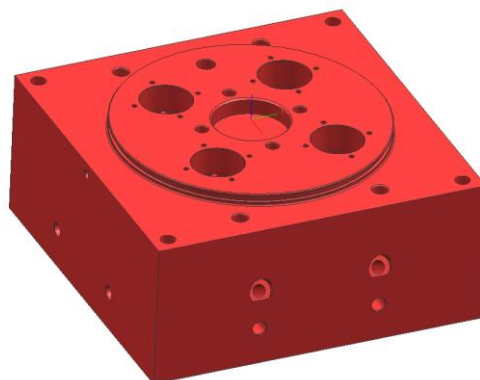
Runko (3) toimii alustana kaikille testattaville ohjausholkeille ja venttiileille. Rungosta tehtyjen luonnosten lisäksi pohdittiin voisiko W32-moottorityypin sylinterikantta käyttää testilaitteessa (**Kuva 16.**) Kansikoneistus-osastolla olisi ollut saatavilla viallisia sylinterikansia testipenkkiä varten. Sylinterikantta olisi täytynyt muuttaa siten, että siihen olisi saanut kiinnitettyä kaikki testin ohjausholkit ja venttiilit. Kyseisessä ratkaisussa venttiileitä ei olisi tarvinnut katkaista, venttiililautasen tiivistyspinta olisi hoitanut venttiililautasen ja ohjausholkin alaosan välisen paineistetun tilan tiivistyksen. Laitetta varten varattiin alustavasti kaksi kappaletta viallisia sylinterikansia. Sylinterikansissa oleva vika ei olisi vaikuttanut testaustuloksen luotettavuuteen.



**Kuva 16.** W32-sylinterikansi.

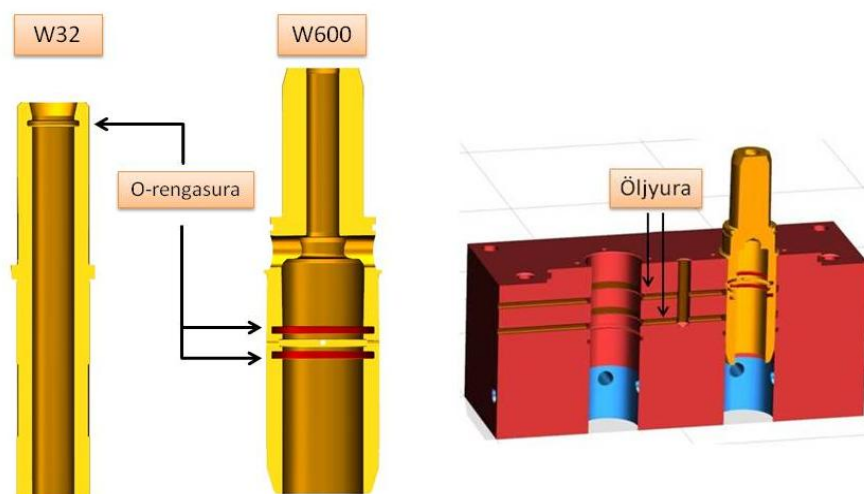
Sylinterikannen käyttö testialustana olisi vaatinut paljon työtä, muun muassa imu- ja pakokanavat olisi pitänyt tukkia, jotta haluttu osa sylinterikannetta olisi saatu paineistettua. Öljyn talteenotto mittausta varten olisi hankaloitunut venttiilin lautasen ollessa öljykupin edessä, lisäksi painoa sylinterikannella olisi ollut tuplasti valittuun vaihtoehtoon nähden. Todettiin, että haluttuun lopputulokseen päästään aiemmin tehtyjä luonnoksia kehittämällä.

Testipenkissä tutkittavien ohjausholkkien ulkohalkaisijat vaihtelivat, suurin halkaisija oli W600-ohjausholkissa, joten sen perusteella mitoitettiin runko-osan ohjausholkkien reiät (**Kuva 17.**) Muille testattaville ohjainholkeille suunniteltiin väliholkit, joilla ohjausholkit liitetään runkoon.



**Kuva 17.** Runko.

W600-venttiilin ja venttiilinohjausholkin rakenne poikkeaa W32-tyyppin rakenteesta. W600-mallissa tiivisteurat ovat ohjainholkin olakkeen alapuolella, kun taas W32-ohjausholkissa tiivisteura on olakkeen yläpuolella. Jotta öljy saataisiin vietyä W600-ohjausholkin tiivisteiden toiminta-alueelle, täytyy runkoon suunnitella öljykanavat. W600-ohjausholkissa on kaksi tiivistettä, alempi tiiviste estää öljyvuodon palotilaan. Tästä syystä halutaan tietoa alemman tiivisteiden ohi vuotavasta öljyn määrästä. Öljy syötetään tiivisteiden yläpuolelle ohjausholkin tiivisteiden välissä olevista rei'istä. Öljykanavat porataan rungon kyljestä ohjausholkkien reikiin läpi ja rungon ylätasolle porataan reikä, josta öljy valuu ohjausholkille (**Kuva 18.**)

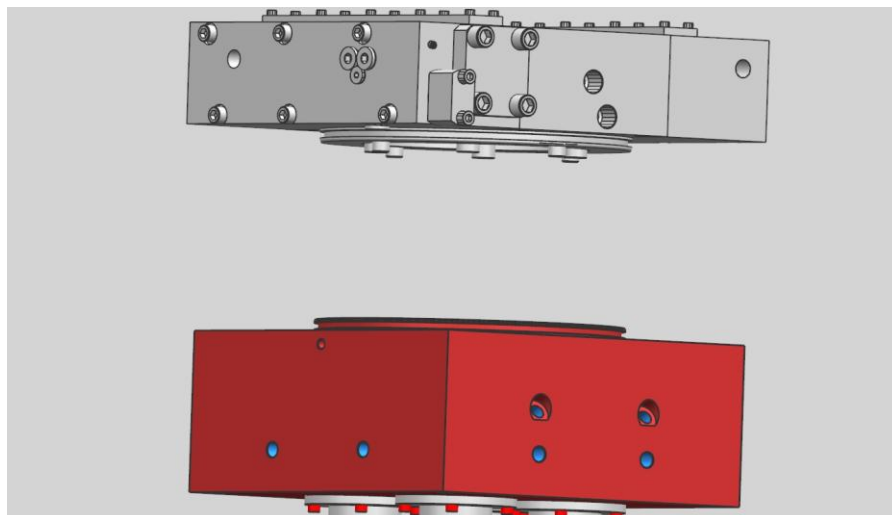


**Kuva 18.** W32- ja W600-ohjausholkkien o-rengasurien eroavuudet, oikean puoleisessa kuvassa öljykanavat W600-ohjausholkille.



### 8.1.2 Tuki venttiilin käyttölaitteelle

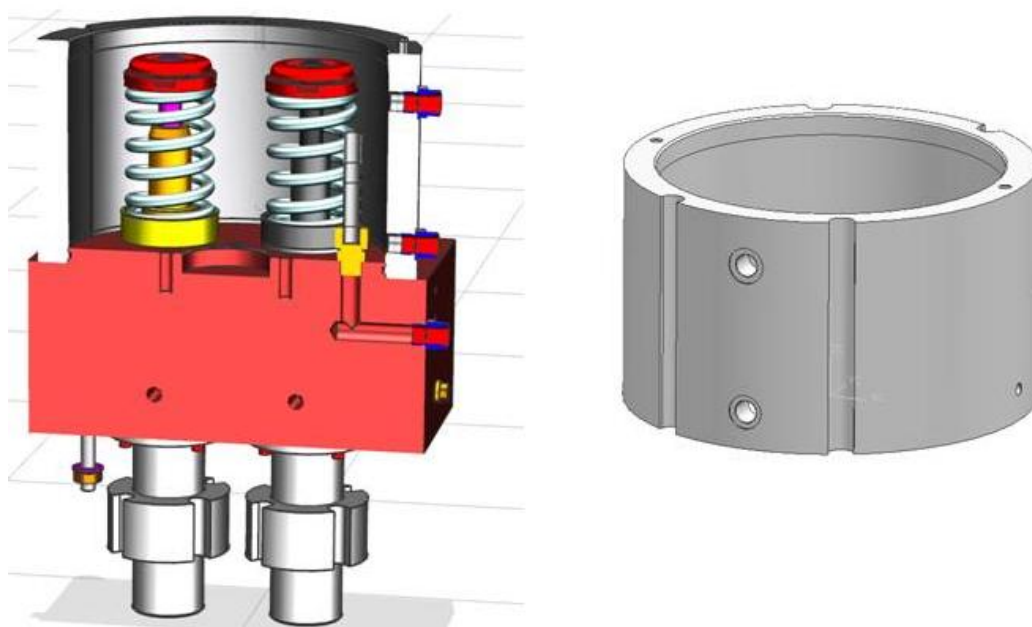
Yläosa (2) tehtävänä on toimia öljytilana venttiilinohjausholkkien ympärillä sekä toimia alustana venttiilin käyttölaitteelle. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon venttiilinpainimen tuenta sekä painimen mäntien kohdistus venttiileihin nähden. Kohdistus toteutettiin venttiilinpainimessa ja rungossa olevien olakkeiden avulla (**Kuva 19.**) Yläosan sisähalkaisijoille annettiin samankeskiyystoleranssi. Samankeskiyystoleranssilla tarkoitetaan kahden tai useamman halkaisijan keskiviivan kohdistamista samaan linjaan.



**Kuva 19.** Rungon ja venttiilin käyttölaitteen olakkeet.

Yläosaan suunniteltiin reiät öljyn tyhjentämistä ja ylitäyttöä varten. Alemmasta reiästä voidaan valuttaa öljy pois testien välillä. Ylempi reikä estää vikatilanteessa öljypinnan nousun liian korkealle (**Kuva 20.**) Ohjausholkkien ympärillä olevan öljypinnan korkeutta säädetään runko-osaan kiinnitettävän putken avulla. Vaatimustaan kirjattu öljynsyöttö ohjausholkin yläosaan toteutetaan venttiilinpainimen läpi syötettävän öljyn avulla, tämän lisäksi yläosaan on mahdollista liittää ulkopuolinen öljynsyöttö. Erillinen öljynsyöttö toteutettiin kyljessä olevien reikien kierteen pituutta muuttamalla se alkuperäisestä 15: sta mm, koko reiän matkalle. Ratkaisu mahdollistaa liittimien kiinnittämisen yläosan seinämän molemmille

puolille, öljyn tuonnille ja öljyn syötölle ohjausholkin yläosaan. Kappaleen paino on 55 kg, joten sen nostamista varten mallinnettiin kierrereiät nostolenkkejä varten.

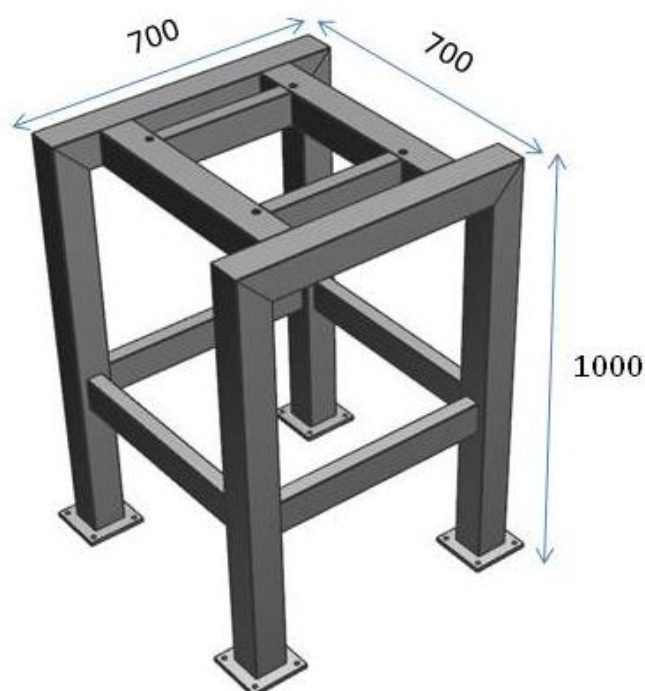


**Kuva 20.** Vasemmalla reiät öljynpoistolle sekä öljyn korkeuden säätöputki. Oikealla kuva yläosasta.

### 8.1.3 Jalusta

Testilaitteen jalusta (5) suunniteltiin aivan loppuvaiheessa, kun rungon, yläosan ja venttiilin käyttölaitteen kokoonpanorakenne oli selvinnyt. Jalustalle pohdittiin joi-tain reunaehtoja, tärkein tietysti oli se, että se että se kestää laitteen painon sekä venttiilinpainimen aiheuttamat värähtelyt ja mahdolliset muut liikkeet, lisäksi määri-teltiin ergonomiaa lisäävä reunaehto. Öljykuppeja täytyy irrotella mittausten vä-lissä ja mitata kuppiin valuneen öljyn määrä. Tästä syystä jalustan korkeus määri-teltiin siten, että öljykupit olisi mahdollisimman vaivatonta irrottaa laitteesta mit-tausta varten. Laitteeseen on oltava helppo vaihtaa testattavia osia ja tiivisteitä, se

oli myös ratkaiseva tekijä korkeuden valinnassa. Jalustan korkeudeksi valittiin metri, leveys on 0,7 metriä. Öljykuppien irrotus onnistuu tuolilla istuen, testattavat osat ja tiivisteet on vaivatonta vaihtaa ilman, että joutuu kurottelemaan tai kumartelemaan (**Kuva 21.**)



**Kuva 21.** Jalusta.

#### 8.1.4 Öljykuppi

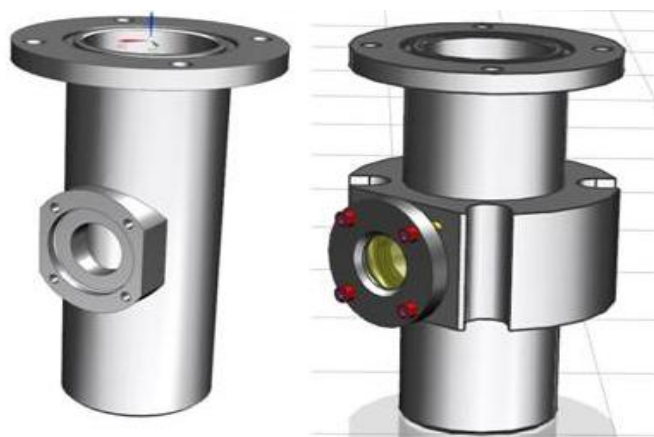
Öljyn keräämiseen ja öljyn määrän mittaamiseen täytyi etsiä ratkaisu. Öljykupille asetettiin tiettyjä toivomuksia. Öljykuppi (4) tulisi olla helppo kiinnittää ja irrottaa, toivottavaa myös oli, että kuppiin saataisiin kurkistusaukko, josta voisi todeta öljyn valumisen. Aukosta havaittaisiin myös vikatilanteesta aiheutuva poikkeuksellisen nopea öljyvuoto (**Kuva 22.**)

Arvioitu öljyn virtausmäärä tiivisteiden ohi on noin 10 g/h, öljykupin tilavuudeksi suunniteltiin 0,5 litraa varotoimenpiteenä, mikäli öljyvuoto on jostain syystä ole-

tettua huomattavasti suurempaa. Öljykuppiin kiinnitettäviä kurkistusikkunarakkaisuja käytiin tiedustelemassa alan liikkeistä. Halutunlainen lasiratkaisu löytyi, mutta lasin lämpötilan ja paineenkestolle annetut vaatimukset eivät täytyneet, joten ratkaisua lähdettiin etsimään muualta. Internetistä löytyi yritys, joka toimittaa näkölaseja. Testilaitteeseen soveltuva lasi löytyi yrityksen luettelosta (LIITE 4).

Toimittajalta tiedusteltiin lasiin saatavista tiivisteistä, kiinnityssovelluksista sekä toimitusaikataulusta. Toimittajan sähköpostivastauksesta selvisi, että lasin mukana tulee tarvittavat tiivisteet, kiinnitykseen ei valmista ratkaisua löytynyt. Toimitusaika olisi noin viikko tilauksesta, jos laseja löytyy varastosta, muussa tapauksessa toimitusaika on kolme viikkoa. Luettelosta valittiin tarpeeseen sopiva lasi ja tehtiin tilaus Wärtsilän oston kautta.

Näkölasin kiinnitys öljykuppiin suunniteltiin luettelossa löytyvien lasin ja tiivisteiden mittojen perusteella (LIITE 4). Öljykupin rakenteeseen toivottiin muutosta koneistusosastolla. Kuvan 22 vasemmanpuoleinen malli on hankala koneistaa, koska olake, johon lasi kiinnitetään, ei ole pyörähdyssymmetrinen. Olakkeen ympäriltä poistettavaa ainetta ei voida sorvata, vaan se jouduttaisiin jyrsimään. Rakennetta muutettiin siten, että olake voidaan sorvata. Olakkeeseen lisättiin urat ruuvien irrotuksen helpottamiseksi.



**Kuva 22.** Vasemmalla kuva öljykupista ennen muutosta, oikealla lopullinen versio.

### 8.1.5 Öljyn määrän mittaus

Ohjainholkin tiivisteiden ohi vuotavaan öljyn mittaukseen täytyi keksiä ratkaisu. Öljyn määrän mittaukseen pohdittiin ratkaisuksi mitta-astia, johon kertynyt öljy kaadettaisiin. Mitta-astian asteikosta nähtäisiin vuotaneen öljyn määrä. Toisena vaihtoehtona oli öljyn punnitus. Öljykuppi asetettaisiin rungosta irrotuksen jälkeen vaa'alle. Öljykupin paino mitattaisiin ennen testien aloittamista, jolloin vuotaneen öljyn määrä saataisiin laskettua öljyä sisältävän kupin painosta vähentämällä pelkän öljykupin paino. Päädyttiin ratkaisuun käyttää jälkimmäistä vaihtoehtoa. Ratkaisun ansioista vuotanutta öljyä ei tarvitse kaataa erilliseen astiaan, vaan öljykuppi voidaan asettaa suoraan vaa'alle.

Wärtsilän Vaskiluodon tehtaalta tiedusteltiin, onko öljykupin mittauksia varten saatavilla tarkkuusvaaka. Vaskiluodon tehtaalta löytyi tarkkuusvaaka, mutta mittausalue oli liian pieni öljykupille. Halutunlainen vaaka löytyi vaakoja maahan-tuovasta yrityksestä. Vaa'an mittausalue on 0,1...10 kg ja tarkkuus 0,1g. Vaaka tilattiin Wärtsilän oston kautta (**Kuva 23.**)



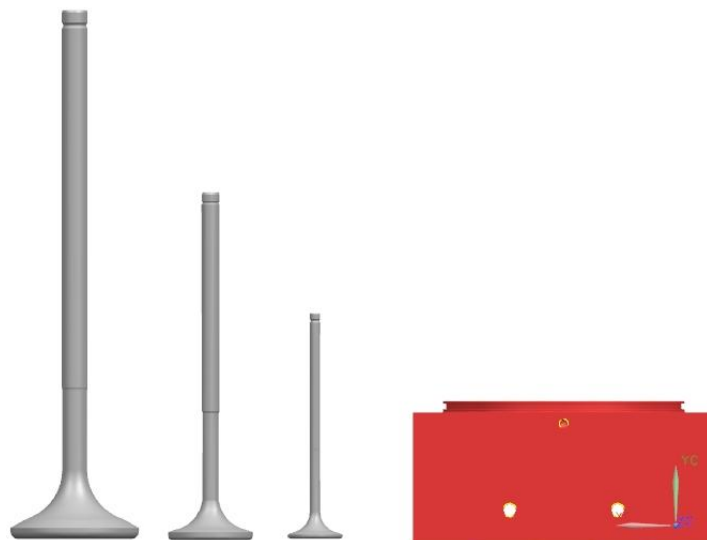
**Kuva 23.** Tarkkuusvaaka. /4/

## 8.2 Venttiilikokoonpano

Venttiilien ja ohjausholkkien koot vaihtelevat eri moottorityypeissä, jotta kaikki mittaukset saataisiin tehtyä samassa laitteessa, tuli ohjausholkeille suunnitella väliholkit. Suunnittelutyössä täytyi lisäksi ottaa huomioon katkaistujen venttiilien tuomat haasteet asennuksessa ja irrotuksessa. Venttiilit täytyy saada lukittua asennuksen ja irrotuksen ajaksi, jotta jouset saadaan puristettua kasaan ja venttiili lukittua venttiilin pyörittäjään.

### 8.2.1 Venttiili

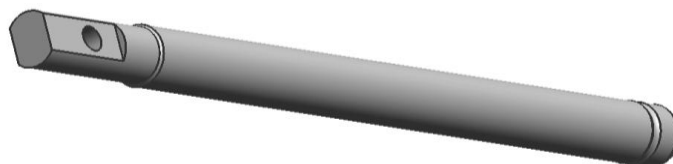
Venttiilin rakenteeseen tehtiin vaatimuslistassa määritelty muutos, venttiili ilman lautasta. Venttiili päätettiin katkaista hieman venttiililautasen yläpuolelta. Ratkaisu helpottaa öljyvudon mittausta, kun valunut öljy ei jää makaamaan venttiilin lautasen yläpinnalle, vaan valuu öljykuppiin. Testilaitteen soveltuvuus eri venttiileille olisi ollut hankalampi toteuttaa, jos muuttujana venttiilin pituuden ja varren paksuuden lisäksi olisi ollut erikokoiset venttiililautaset (**Kuva 24.**)



**Kuva 24.** W46F-, W32- ja W20-venttiilien koot, verrattuna rungon kokoon.

Venttiililautasen tiivistyspinta olisi täytynyt saada vastaamaan runkoon kiinnitettäviin istukkarenkaisiin. Istukkarengas kiinnitetään sylinterikannen alaosaan, sen tehtävänä on tiivistää ja johtaa lämpö pois venttiileistä. Jokaiselle eri moottorityypin venttiilille on oma istukkarengas. Ilman venttiilin katkaisua olisi haasteita ollut rungon muodon suunnittelussa sellaiseksi, että jokainen istukkarengas saadaan sopimaan runkoon.

Venttiiliin varteen mallinnettiin avainväli käsivaraisen pyöryksen mahdollistamiseksi sekä reikä lukitusakselia varten (**Kuva 25.**) Testilaitteen ollessa käynnissä, venttiilit liikkuvat edestakaisin. Venttiiliin kiinnitetty pyörytyslaite pakottaa venttiilin pyörähtämään muutaman asteen jokaisen venttiilin edestakaisen liikkeen aikana. Venttiiliin suunniteltu avainväli helpottaa venttiilin reiän kohdistamista rungon ilmareiän kanssa samansuuntaiseksi testiosien kasaus- ja purkuvaiheessa.



**Kuva 25.** Katkaistun venttiilin päässä avainväli ja reikä akselia varten.

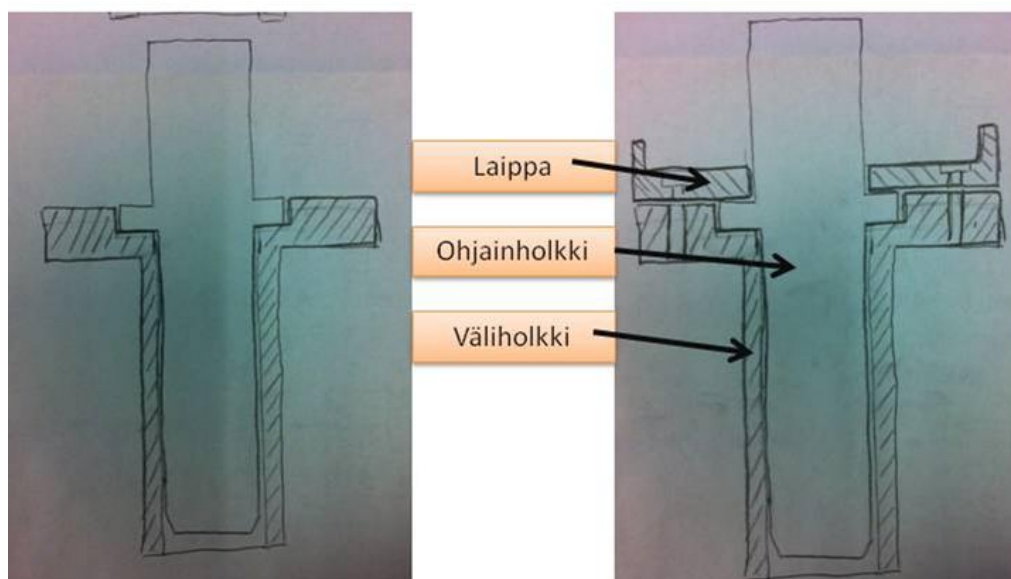
### 8.2.2 Lukitusakseli

Venttiilit lukitaan testiosien kiinnityksen ja irrotuksen ajaksi lukitusakselilla. Lukitusaskelin täytyy vastustaa puristetun jousen aiheuttamaa noin 3 kN voimaa. Jousen aiheuttama voima on ilmoitettu jousen työpiirustuksessa. Akseli työnnetään rungossa olevan reiän läpi venttiilin varren reikään. Akselin halkaisijan valinnassa täytyi ottaa huomioon jousen aiheuttama 3 kN voima. Akselin myötörajan ylittyessä akseli vääntyisi, aiheuttaen jousen vapautumisen. Laskelmien mukaan 9 mm akseli kestää jousen aiheuttaman voiman. (LIITE 7)

### 8.2.3 W32-ohjausholkin kiinnitys runkoon

Ohjainholkit tulee olla helposti irrotettavissa testien välillä, tästä syystä sylinterikannen ja ohjainholkin välillä normaalisti käytettävä ahdistusovite päätettiin muuttaa välyssovitteeksi. W32- ja W600-moottorityypin ohjainholkkien halkaisijaa ei muutettu. Muutokset tehtiin rungon ohjainholkin reikiin. Reiät mitoitettiin siten, että haluttu välys toteutuu. Myös W32-ohjainholkin ja rungon väliin suunnitellun väliholkin mitoituksessa otettiin huomioon välyksellinen kiinnitys. Rungon reikien halkaisija suunniteltiin W600-ohjainholkin mukaan, joten ohjainholkki voidaan asentaa suoraan runkoon, eikä väliholkkia tarvita.

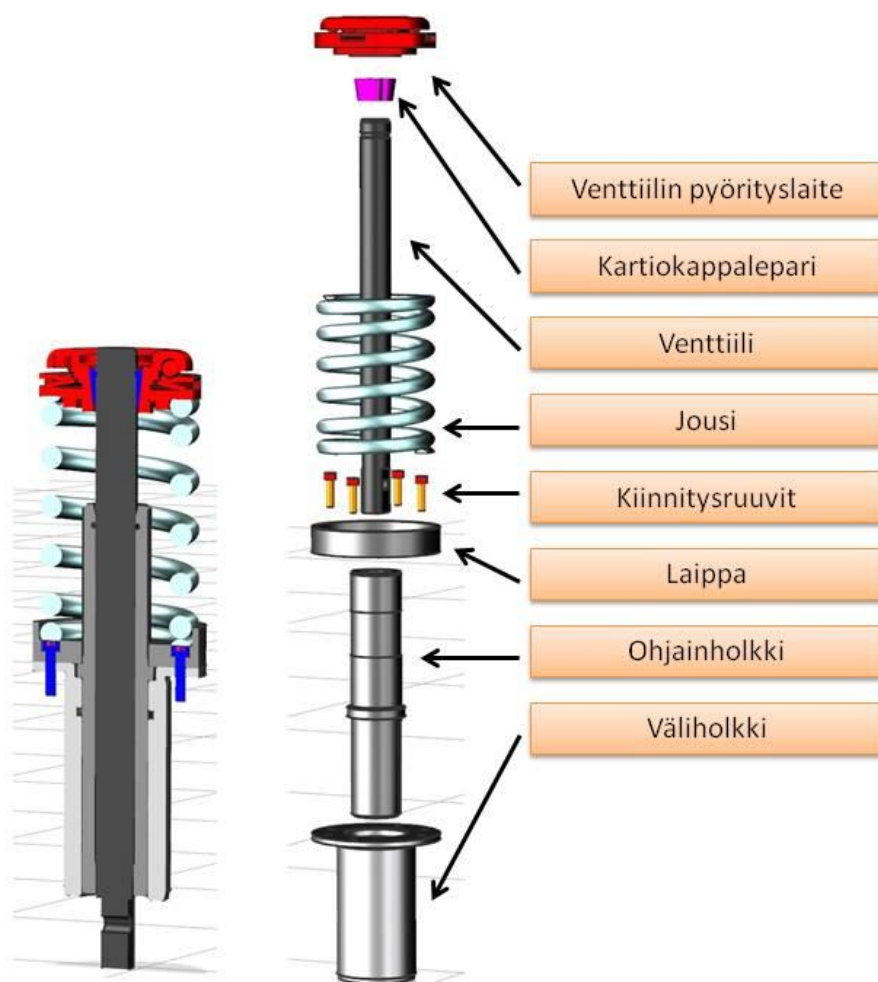
Ohjainholkin alapuolinen ilmanpaine aiheuttaa voiman ohjainholkkiin, jonka seurauksena välyssovitteella kiinnitetty ohjainholkki liikkuu ylöspäin. Tästä syystä ohjainholkille suunniteltiin ruuveilla kiinnitettävä laippa, joka painaa sitä kappaleen keskellä olevasta olakkeesta väliholkkia vasten (**Kuva 26.**) Ohjainholkin olake on mitoitettu yleistoleranssin mukaan, joten olakkeen korkeuden toleranssialue on 0,4 mm.



**Kuva 26.** Ohjausholkin laippa.



Ohjausholkin olakkeen paksuutta päätettiin pienentää ja toleranssia tiukentaa. Tällöin varmistutaan, että olakkeen paksuuden vaihtelu eri kappaleiden välillä saadaan pienemmäksi. W32-ohjainholkin olake vastaa väliholkin upotukseen. Upotuksen syvyydellä saadaan määriteltyä voima, jolla ohjainholkin päälle asennettava laippa puristaa ohjainholkin olaketta. Ohjainholkin olakkeen mitan ollessa toleranssialueen yläkohdassa, kohdistuu olakkeeseen ohjainholkin paikallaan pitävä voima. Mikäli olakkeen mitta on toleranssialueen alakohdassa, ei olakkeeseen kohdistu voimaa lainkaan, jolloin ohjainholkki pääsee liikkumaan ylöspäin.



**Kuva 27.** W32-venttiilin kasaus.

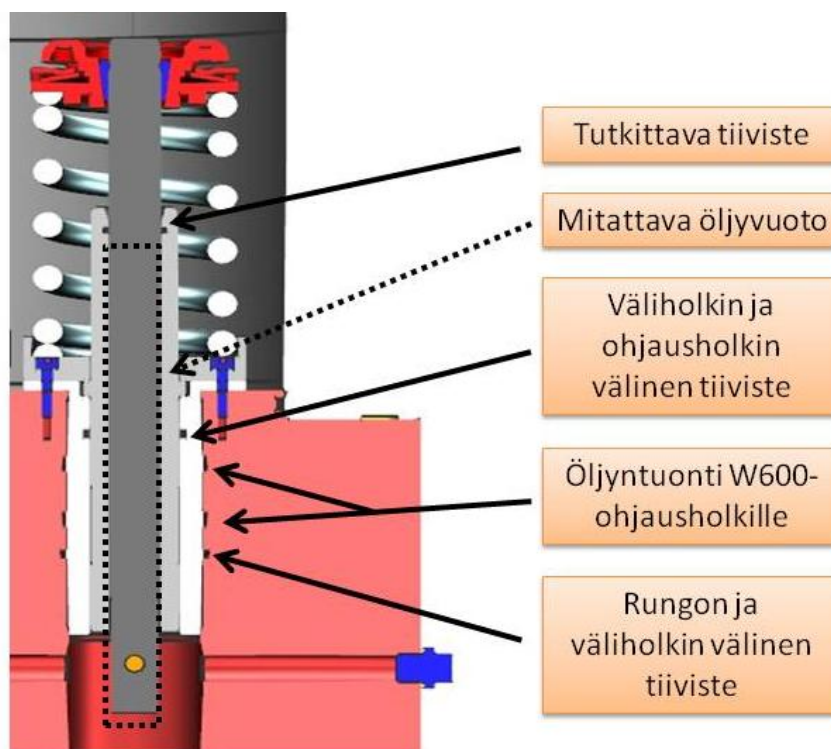
#### 8.2.4 Väliholkki

Väliholkki asennetaan runkoon ennen W32-ohjausholkin asennusta. Väliholkin suunnittelussa täytyi huomioida ohjausholkin välyksellinen kiinnitys sekä väliholkin ja ohjausholkin välisen pinnan tiivistys. Väliholkin ja ohjausholkin välistä vuotava öljy aiheuttaisi mittausepä tarkkuutta testiin. Wärtsilän tiivisteluettelosta valittiin kyseiselle halkaisijalle sopiva tiiviste, luettelosta löytyi myös ohjearvot tiivisteuran mitoittamiselle.

Runko – väliholkki- ja väliholkki – ohjausholkki-liitosten sovitteeksi valittiin välyssovite, joten kappaleita on mahdollista liikuttaa käsivaraisesti toisiinsa nähden. Välyssovite valittiin, koska osat irroitetaan testien välillä. Normaalisti ohjausholkkien kiinnityksessä sylinterikanteen käytetään ahdistussovitetta, jolloin sylinterikannen ohjausholkin reikä ja ohjausholkin ulkohalkaisijan väli on tiivis. Välyssovitteen käyttö ohjausholkki – väliholkki- ja väliholkki – runko-liitosten välissä saattaa aiheuttaa öljyvuodon, joka aiheuttaa mittausepä tarkkuutta tiivisteiden ohivuotavan öljyn määrän mittauksessa. Tästä syystä välit tiivistettiin o-renkailla **(Kuva 28.)**

Sovitteella tarkoitetaan kahden toisiinsa liitettävän elementin (reiän ja akselin) mittojen erotusta ennen asentamista. Välyssovitteessa akselin halkaisija on reiän halkaisijaa pienempi, joten akseli voidaan asentaa reikään käsivaraisesti. Ahdistussovitteessa akselin halkaisija on reiän halkaisijaa suurempi, asentaminen ei onnistu käsivaraisesti ilman akselin jäähtytystä. /8/

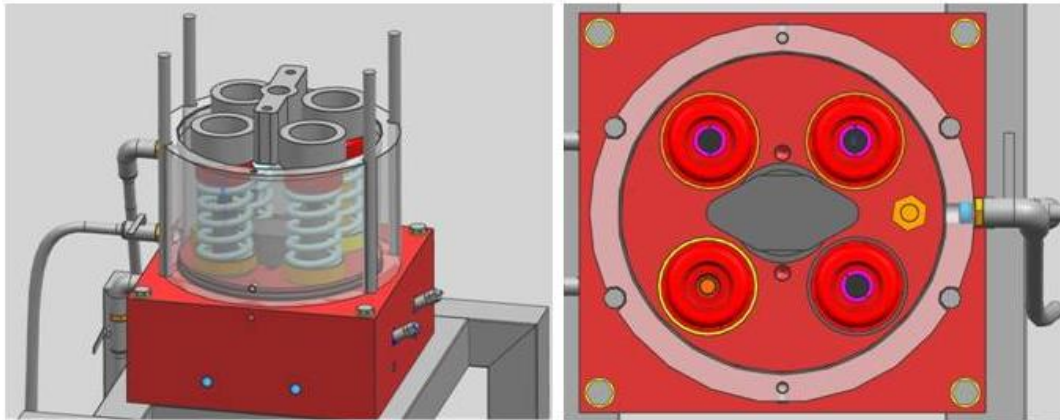
O-renkaat valittiin Wärtsilän sisäisestä tiivisteluettelosta. O-rengasta valittaessa ensin tarkastetaan onko osien liitos staattinen vai dynaaminen, seuraavaksi valitaan pinta, johon tiivisteura tehdään. Tiivisteura mitoitettiin tiivistettävän pinnan halkaisijan perusteella. Lopuksi luettelosta valittiin uraan soveltuva tiiviste. (LII-TE 5)



**Kuva 28.** W32-ohjainholkin tiivistys.

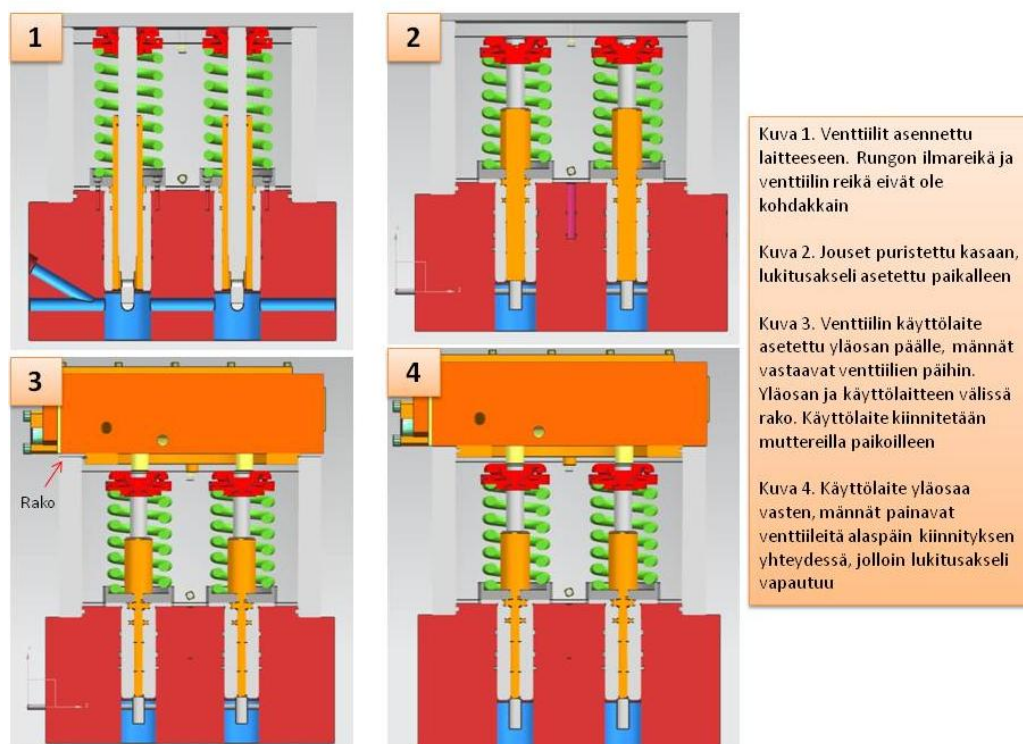
### 8.2.5 Venttiilin asennus testilaitteeseen

Venttiilien asennuksessa käytettävän jousipuristimen soveltuvuus tuli ottaa huomioon laitetta suunniteltaessa. Rungon yläpuolisen öljytilan sisähalkaisijan täytyi olla riittävän suuri, että puristin mahtuu liikkumaan esteettömästi, lisäksi tuli ottaa huomioon jousityökalun salmiakinmuotoisen laipan sopivuus ohjainholkkeja paikallaan pitävien laippojen väliin. Laippojen ulkohalkaisijat ja yläosan sisähalkaisijan mitat sovitettiin siten, että jousipuristimen käyttö testilaitteessa on mahdollista **(Kuva 29.)**



**Kuva 29.** Jousipuristimen käyttö testilaitteessa.

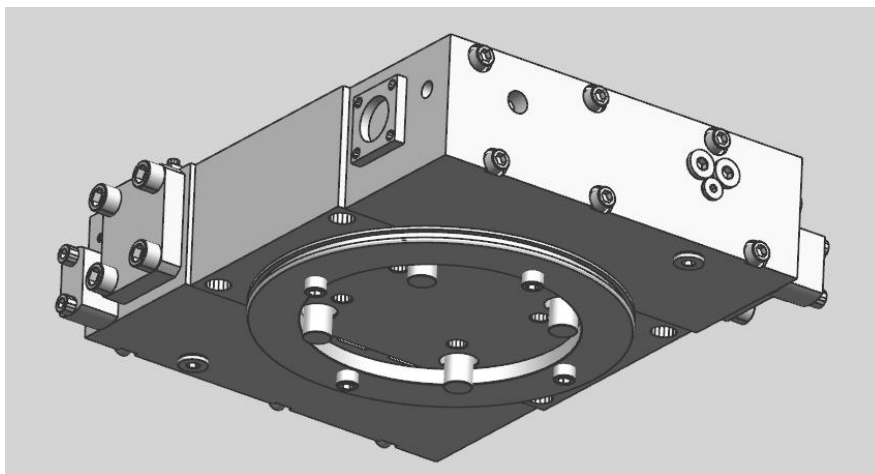
Venttiilin pyörityslaite kiinnitetään venttiilin yläpään kartioiden avulla, tämän jälkeen venttiili lasketaan ohjausholkin läpi niin, että jousen yläpinta vastaa pyörittäjän alapintaan. Jouset puristetaan venttiili kiinniasentoon hydraulisella jousipuristimella. Jousen pituus muuttuu vapaasta pituudesta, 163 mm, venttiili kiinniasennon 140 mm, jousen aiheuttama voima kasvaa 3 kN:iin. Lukitusakseli työnnetään rungon ilmareiän kautta venttiilissä olevan reiän läpi. Akseli estää jousen vapautumisen, joten jousipuristin voidaan irrottaa laitteesta. Venttiilin käyttölaite asetetaan rungon tuen päälle, venttiilit ja venttiilinpainimen männät vastaavat toisiinsa ennen venttiilinpainimen alapinnan osumista painimen tukeen. Venttiilinpainin kiristetään ruuvien avulla paikalleen, männät painavat venttiileitä muutama millimetrin alaspäin, jolloin venttiilin lukitusakselit vapautuvat (**Kuva 30.**)



**Kuva 30.** Venttiilikokoonpano.

### 8.3 Venttiilin käyttölaite

Testilaitteessa venttiilin käyttölaitteena toimii hydraulitoiminen venttiilinpainin. Venttiilinpainin liikuttaa venttiileitä mäntien välityksellä. Mäntiä liikutetaan syöttämällä öljyä hydraulikoneikosta 60 barin paineella. Laitteeseen asennettujen sähköisesti ohjattujen venttiilien avulla määritellään, kumpi mäntäpari liikkuu, männänliikenopeus sekä liikkeen pituus. Laite on protoversio ja sen testikäyttö suoritetaan ennen varsinaisten tiivistetestien aloittamista. Venttiilin käyttölaite on suunniteltu samalla osastolla, johon päättötyö tehdään (**Kuva 31.**)



**Kuva 31.** Venttiilin käyttölaite.

## 8.4 Muut komponentit

### 8.4.1 Pneumatiikkakomponentit

Testilaitteeseen täytyi saada paine venttiilinohjausholkin alapuoliseen tilaan. Runkoon suunniteltiin reiät ilmantuontia varten. Päätettiin, että paineilmaverkostosta saatava 6...8 bar ilmanpaine riittää testipaineeksi laitteelle. Syötettävää ilmanpainetta tuli saada säädettyä 0...8 bar välillä. Paineilmaverkon ja laitteen väliin asennetaan paineensäädin, jolla saadaan säädettyä haluttu paine ohjausholkin alapuolelle. Jottei paine nouse testilaitteessa yli halutun rajan, asennetaan rungon ilmareikään säädetty varoventtiili. Varoventtiili voidaan säätää avautumaan halutussa paineessa.

### 8.4.2 Tiivisteet

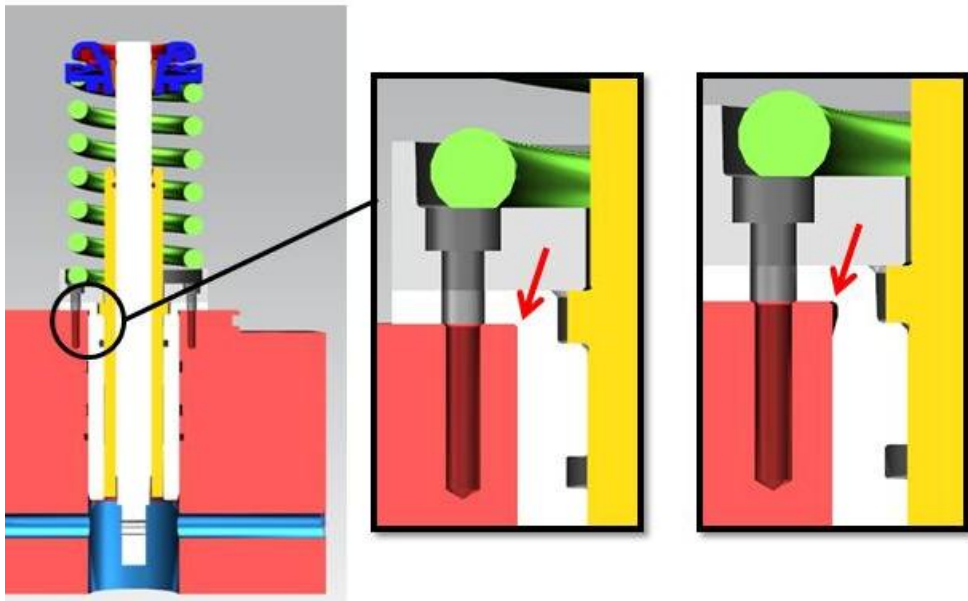
O-renkaan tehtävänä on tiivistää liitosten välinen pinta. Tiivistyskohteen luonteesta riippuen, tiivisteellä voidaan estää muun muassa öljyn, veden, ilman tai lian pääsy sellaiseen paikkaan, jossa siitä on haittaa laitteen toiminnalle. O-renkaat valmistetaan pääosin kumista, kumiin lisätään ainesosia, jotka lisäävät esimerkiksi kuuman- ja kylmän, paineen sekä kemiallisten aineiden sietokykyä.

Testilaitteessa käytettävät o-renkaat löytyivät pääosin Wärtsilän varastosta. Ainoat tilattavat tiivisteet ovat öljyvuodon testauksessa käytettävät tiivisteet, sekä väliholkin ja ohjausholkin välinen tiiviste.

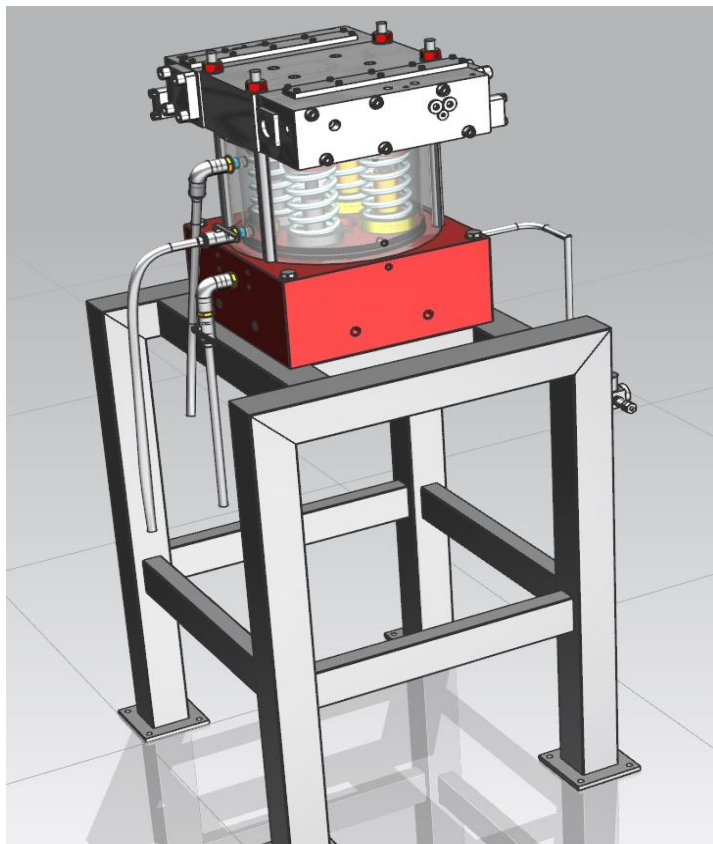
### 8.5 Vaatimuslistan läpikäyminen

Kehittelyvaiheen jälkeen tarkastettiin vaatimuslistan täyttyvyys. Vaatimuslista on tärkeätä tarkastaa luonnostelu- ja kehittelyvaiheiden jälkeen. Laitteen valmistuksen ja käytön aikana havaittavien puutteiden ja virheiden korjaus on aikaa vievää ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia, tästä syystä onkin hyvä varmistaa, että on edetty vaatimuslistan mukaan.

Osien 3D-mallien ja kokoonpanorakenteen valmistuttua, suoritettiin tarkastuskierros jokaiselle yksittäiselle osalle sekä kokoonpanolle (**Kuva 32.**) Osista pyrittiin etsimään kehittelyvaiheen aikana huomaamatta jääneitä epäkohtia ja puutteita. Kokoonpanoista tarkastettiin muun muassa toisiinsa liitettyjen osien viisteiden ja pyöritysten ns. päällekkäisyyttä. Lisäksi tarkastettiin, että W600- ja W32-moottorityyppien venttiilit ovat samalla tasolla. Tarkastuskierroksella löytyi muutamia puutteita ja epäkohtia. W32-ohjainholkille suunnitellun väliholkin ulkohalkaisijan ja laipan välinen pyöritys olisi jäänyt kantamaan rungon reiän reunasta. Väliholkin pyöritystä päätettiin syventää, jotta ongelma saadaan poistettua (**Kuva 33.**) Kaikki vaatimuslistaan kirjatut vaatimukset on täytetty. (LIITE 2)



**Kuva 33.** Väliholkin pyörityksen syvennys.



**Kuva 32.** Testipenkki valmiina.



## 9 VIIMEISTELY

Viimeistelyllä ymmärretään sitä osaa konstruoimisesta, jossa teknisen kehitelmän kokoonpanorakenne täydennetään lopullisilla määräyksillä, jotka koskevat kaikkien yksittäisosien muotoa, mitoitusta, pinnan laatua ja työaineita, ja jossa harkitaan valmistus- ja käyttömahdollisuudet sekä lopulliset kustannukset ja laaditaan sitovat piirustukset ja muut asiakirjat kehitelmän aineellista toteuttamista ja hyödyntämistä varten. Viimeistelyn tulos on teknisen ratkaisun valmistustekniikan kiinnilyöminen ja tuotedokumentointi. /7/

Viimeistelyvaiheen painopiste on valmistusasiakirjojen, erityisesti osa- eli työpiirustusten, tarvittaessa rakenneryhmien piirustusten sekä kokonais- eli kokoonpanopiirustusten ja osaluetteloiden laatimisessa. /7/

### 9.1 Dokumentit

Kun vaatimuslistan täyttyvyys oli varmistettu, lähdettiin tekemään työ- ja kokoonpanopiirustuksia. Piirustuksista pyrittiin saamaan selkeät ja yksiselitteiset valmistuksen ja kokoonpanon kannalta. Myös tiivisteiden testausaikataulusta tehtiin suunnitelma. Suunnitelmasta kerrotaan tarkemmin luvussa 10.

#### 9.1.1 Piirustusten teko

Piirustuksen tulee määrittää yksikäsitteisesti esittämänsä laite, osa tai asia. Vähäiseltäkin näytävällä virhe tai piirustuksen väärintulkinta saattavat johtaa käytännössä tuotteen virheelliseen valmistukseen jopa hylkäämiseen, väärän rakenneaineen hankintaan ja muihin väärintulkintoihin. Näistä syistä on tärkeää, että koneenpiirustuksen ”pelisääntöjä” noudatetaan tarkasti. Jotta piirustukset täyttäisivät piirustuksille asetetut kaksi perusvaatimusta, yksikäsitteisyyden ja selvyuden, on piirustukset laadittava sääntöjen mukaisesti ja kaikki merkinnät on tehtävä ehdottoman selvästi. /8/

### 9.1.2 Osien piirustukset

Osien piirustukset sisältävät yhdestä tai useammasta osasta riittävän määrän projektioita ja mitoituksen valmistusta varten. Vallitsevan käytännön mukaisesti piirretään nykyään kukin osa omalle piirustusarkilleen. Valtaosa koneenpiirustuksista on juuri osien piirustuksia, minkä takia ne ovat tärkein ryhmä konepiirustuksia. Näissä piirustuksissa tulee olla niin yksityiskohtaiset tiedot valmistettavasta esineestä, että valmistukseen koulutetut ammattihenkilöt ilman lisäselvityksiä pystyvät valmistamaan esineen juuri sellaiseksi kuin suunnittelija on tarkoittanut. /8/

### 9.1.3 Mitoituksen merkitys

Piirustuksessa olevat mitat ovat valmiin osan tai tuotteen lopullisia mittoja, ellei nimenomaan ole toisin mainittu tai ilmene, että kyseessä on esim. työvaihe, tai muu vastaava piirustus. Kaikki mitat toleransseineen ym. merkintöineen on esitettävä piirustuksessa yleensä numeroin. /8/

Mitat on annettava siten, että osan tai laitteen toiminnan, valmistuksen ja tarkastuksen asettamat vaatimukset tulevat otetuiksi huomioon. Vasta valmistus- ja tarkastusmenetelmien hallinta antaa riittävät tiedot, jotta asianomainen pystyy oikein mitoittamaan piirustuksen. Piirustuksen mitoituslähdekohtien valinnalla ja mitoituksen ryhmittelyllä on merkittävä vaikutus piirustuksen luotavuuteen sekä saavutettavaan lopputulokseen. Työpiirustus on ensisijaisesti kappaleen tai laitteen valmistusohje, jossa on kaikki toiminnan ja valmistuksen vaatima tieto yksikäsitteisesti ja selvästi esitettynä. /8/

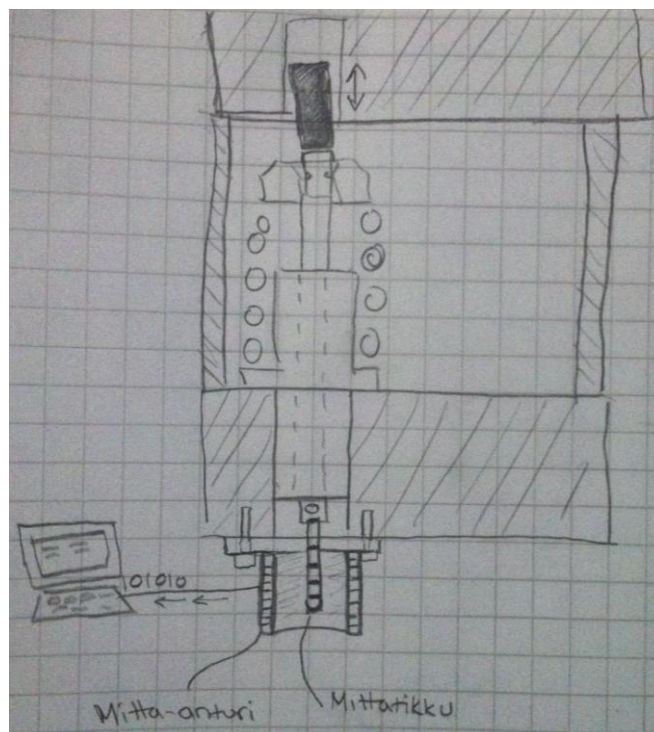
### 9.1.4 Kokoonpanopiirustukset

Kokoonpanopiirustuksissa esitetään joko kokonainen valmiste, laite tai kokoonpanoryhmä koottuna. Jos kyseessä on valmiste, jossa on paljon osia, joudutaan laatimaan useita kokoonpanopiirustuksia. Tällöin lopullista, valmisteen sisältävää kokoonpanopiirustusta nimitetään pääkokoonpanopiirustukseksi, johon liittyvät osakokoonpanopiirustukset, jaokset. /8/

## 10 TESTISUUNNITELMA

### 10.1 Venttiilin käyttölaitteen testaus ja kalibrointi

Venttiilin käyttölaite koekäytetään testipenkissä ennen varsinaisten tiivistetestausten aloittamista. Käyttölaitteen toiminnan varmistuttua suoritetaan testilaitteen männän liikkeen pituuden kalibrointi. Käyttölaitteen alustavan kalibrointisuunnitelman mukaan katkaistun venttiilin alaosaan kiinnitetään mittatikku ja rungon öljykupin tilalle kiinnitetään mitta-anturi, joka kerää tietoa mittatikun liikkeenmuutoksesta (**Kuva 34.**) Venttiilinpainin käynnistetään, jolloin männät painavat venttiileitä edestakaisin. Mitta-anturi kerää mittatikun liikematkasta ja nopeudesta tietoa. Venttiilejä liikuttavien mäntien liikematkasta ja nopeus säädetään saatujen mittaustulosten perusteella vastaamaan venttiilien normaalia liikettä moottorissa.



**Kuva 34.** Käyttölaitteen kalibrointi.

## 10.2 Testipenkin mittaukset

Venttiilin käyttölaitteen testauksen ja kalibroinnin jälkeen suoritetaan testit venttiilinohjausholkin tiivisteille. Testattavia tiivisteitä on 2-5 kappaletta ohjausholkia kohden. Kutakin tiivistettä testataan 24 tunnin ajan, jonka jälkeen mitataan öljykuppiin vuotaneen öljyn määrä. Ensimmäiseksi testataan W600-moottorityypin imupuolen ohjausholkin tiivisteet. Seuraavaksi testataan W600-moottorityypin pakopuolen ohjausholkin tiivisteet ja viimeiseksi testataan W32-ohjausholkin tiivisteet.

Ohjausholkkien tiivistetesteihin kuluu aikaa arviolta 2...5 viikkoa riippuen testattavien tiivisteiden määrästä ja olettaen, ettei laitteen toiminnassa ilmene ongelmia testin aikana. Aikataulussa on huomioitu tiivisteiden testaamiseen käytettävän ajan lisäksi tiivisteiden ja testattavien komponenttien vaihtamiseen kuluva aika. (LIITE 6)

## 11 YHTEENVETO

Työ oli mielenkiintoinen ja haastava. Lopputyön aikana oppi todella paljon uutta asiaa suunnittelusta ja yrityksen toimintavoista. Lopputyö onnistui mielestäni hyvin. Laitteen suunnittelu ja työpiirustukset saatiin valmiiksi lopullisen aikataulun raamien sisällä.

Työssä suunniteltiin testipenkki venttiilinohjausholkin tiivisteiden ohivuotavan öljyn määrän mittaamiseen. Laitteeseen suunniteltiin kiinnitysratkaisut eri moottorityyppien ohjausholkeille. Myös vuotoöljyn keräämiseen ja mittaukseen täytyi keksiä ratkaisu. Laitteen suunnittelu kokonaisuudessaan onnistui hyvin. Vaikka suunnitteluprosessi ei edennyt aina aivan oppikirjan mukaan, luonnostelu – kehittäminen – viimeistely. Parannusideat, ahaa-elämykset ja muut muutokset aiheuttivat ajoittaista epäjohtamukaisuutta prosessin kulussa, jolloin jouduttiin palaamaan kehittämisvaiheesta luonnosteluvaiheeseen. Kaikki laitteelle asetetut vaatimukset saatiin toteutettua.

Suunnittelutyön tuloksena on testipenkki W32- ja W600-moottorityypin ohjausholkeille. Laitteen osista ja kokoonpanoista tehtiin työ- ja asennuspiirustukset. Kaikki osto-komponentit, kuten tiivisteet, ruuvit sekä hydraulikka- ja pneumaattikkakomponentit, saatiin hankittua aikataulun mukaisesti. Laitteen osien valmistus on aloitettu ja muutama komponentti on jo koneistettu. Sorvin rikkoutuminen ja tuotannolliset kiireet siirsivät valmistusaikataulua kuukaudella eteenpäin, tästä syystä ohjainholkkien tiivistetestit päätettiin jättää pois päättötöiden kirjallisesta osuudesta. Testien sisällyttäminen lopputyöhön olisi viivästyttänyt opintojen loppuun saattamista noin puolella vuodella.

Tiivistetestit tehdään Wärtsilässä, kun kaikki testilaitteen komponentit on saatu koneistettua. Testilaitteen komponenttien koneistus saatetaan teettää alihankkijalla, niiden osien osalta joiden valmistusta ei ole ehditty Wärtsilässä aloittaa.

**LÄHTEET**

- /1/ Heywood, J. 1988. Internal combustion engine fundamentals. New York. McGraw-Hill, Inc.
- /2/ Ideal PLM [Viitattu 20.5.2012] <<http://fi.ideal-plm.com/static/teamcenter/>>
- /3/ Ideal PLM [Viitattu 20.5.2012] <<http://fi.ideal-plm.com/static/nx/>>
- /4/ Kern. [Viitattu 20.5.2012] <<http://www.kern-sohn.com/en/shop/catalogue-34.html>>
- /5/ Kleimola, M. 1985. Koneenosien suunnittelu 1: perusteet. Porvoo. WSOY
- /6/ Missio Visio ja Strategia. [Viitattu 26.4.2012] <<http://www.wartsila.com/fi/about/yhtiojohto/strategia/MissionVision>>
- /7/ Pahl, G., Beitz, W. 1992. Koneensuunnitteluoppi. Toinen korjattu painos. Porvoo. WSOY
- /8/ Pere, A. 2002. Koneenpiirustus: korkeakouluja varten. Espoo. Kirpe Oy
- /9/ Rantala, J. 1998. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 6: Moottori. 2. Uudistettu painos. Keuruu. Otava.
- /10/ Wellington, B. 1995. Diesel Engine and Fuel Systems. 4<sup>th</sup> edition. Melbourne. Longman Australia Pty Ltd
- /11/ Wärtsilä lyhyesti. [Viitattu 26.4.2012] <<http://www.wartsila.com/fi/about/yhtio-johto/yhtiorakenne>>