

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikan koulutusohjelma

2020

Roope Mäkelä

# HYDRAULIPUMPPUJEN JA -MOOTTOREIDEN KOEAJOPENKIN DOKUMENTOINTI JA MODERNISOINTI

Roope Mäkelä

# HYDRAULIPUMPPUJEN JA -MOOTTOREIDEN KOEAJOPENKIN DOKUMENTOINTI JA MODERNISOINTI

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Raiha Hydraulics Oy. Toimeksiannon tavoitteena oli hydraulipumppujen ja -moottoreiden testaukseen käytettävän koeajopenkin dokumentoinnin, toiminnan kuvauksen ja modernisoitavien kohteiden listan laatiminen. Koeajopenkistä tuli laatia osaluettelo ja hydraulikkakaavio, joiden perusteella tuli tutkia kuinka koeajopenkki toimii. Lisäksi tuli selvittää koeajopenkin yhteydessä olevan Hydac:n HMG 3000 -järjestelmän ominaisuudet. Toimeksiannon aihe tuli yritykselle ajankohtaiseksi, kun koeajopenkkiä haluttiin alkaa kehittämään toimipisteen muuton yhteydessä.

Työ aloitettiin keräämällä koeajopenkin osien tiedot niiden tyyppikilvistä osaluetteloa varten. Hydraulikkakaavio tehtiin käymällä läpi koeajopenkin putkistojärjestelmä, joka aluksi hahmoteltiin paperille ja piirrettiin lopuksi Festo:n FluidSIM 5 -ohjelmalla. Osaluettelon, hydraulikkakaavion ja yrityksen henkilökunnan tietojen perusteella tehtiin koeajopenkin toiminnan kuvaus. Modernisoitavat kohteet selvitettiin kyselemällä yrityksen henkilökunnalta koeajopenkin kehitettäviä kohteita, jonka perusteella koostettiin lista mahdollisista modernisoinnin kohteista. Hydac:n HMG 3000 -järjestelmään perehdyttiin HMG 3000 -laitteen ja HMGWIN 3000 -ohjelman käyttöohjeiden pohjalta.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin laadittua koeajopenkin toiminnan kuvaus osaluettelon ja hydraulikkakaavion perusteella. Koeajopenkin toiminta perustuu siihen, että testattavan laitteen tuottamaa tilavuusvirtaa kuristetaan kuormituslohkossa sijaitsevalla sähköisesti ohjatulla proportionaalisella paineenrajoitusventtiilillä, jolloin testattavan laitteen tuottama painetaso kasvaa. Yritys voi jatkossa hyödyntää osaluetteloa, hydraulikkakaaviota ja modernisoitavien kohteiden listaa, kun se alkaa tekemään päätöksiä koeajopenkin modernisoinnista.

Osaluettelon ja hydraulikkakaavion laatimista vaikeutti koeajopenkin tiivis rakenne ja osien tyyppikilpien osittain puutteelliset tiedot. Hydraulikkakaavion piirtämistä vaikeutti myös FluidSIM 5 -ohjelman vajavainen osakirjasto, jonka vuoksi osa piirrosmerkeistä on tehty manuaalisesti ja osassa on käytössä korvaavat piirrosmerkit, jotka on selitetty työssä tarkemmin. Työn tuloksena saavutettiin toimeksiannossa asetetut tavoitteet. Julkaisusta on poistettu toimeksiantajan toiveesta kaikki kuvat koeajopenkistä, osaluettelo ja modernisoitavien kohteiden lista. Lisäksi hydraulikkakaaviosta on poistettu sen muut osat lukuun ottamatta jäähdytyspiiriä, vuotokaukalolinjaa, hienosuodatuspiiriä ja pääpumpun linjoja.

## ASIASANAT:

Hydrauliikka, hydraulikkakaaviot, hydraulijärjestelmät, hydraulipumput, hydraulimoottorit, koeajopenkki, Raiha Hydraulics Oy

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Mechanical Engineering

2020 | 28 pages

Roope Mäkelä

# DOCUMENTATION AND MODERNIZATION OF THE TEST BENCH FOR HYDRAULIC PUMPS AND MOTORS

This thesis was commissioned by Raiha Hydraulics Oy. The aim of this thesis was to prepare documentation, a description of the operation and a list of objects to be modernized of the test bench used for testing hydraulic pumps and motors. A bill of materials and a hydraulic diagram had to be prepared of the test bench in order to research how the test bench works. In addition, the characteristics of Hydac's HMG 3000 system, which is connected to the test bench, had to be discovered. The topic of the thesis became a topical issue for the company, when the company relocated the office and wanted to begin developing the test bench at the same time.

The work was started by collecting details of the test bench parts, from parts type plates for the bill of materials. The hydraulic diagram was made by scrutinize the piping system of the test bench, which was first sketched on paper and finally drawn with Festo's FluidSIM 5 software. A description of the test bench operation was made based on the parts list, hydraulic diagram, and company's staff information. The list of possible objects to be modernized was compiled by interviewing the company's staff about the objects to be developed on the test bench. The characteristics of the Hydac's HMG 3000 system was established based on the operating instructions for the HMG 3000 device and the HMGWIN 3000 software.

As a result of the thesis, the description of the operation of the test bench was prepared on basis of the bill of materials and the hydraulic diagram. The operation of the test bench is based on throttling the volume flow, produced by the tested device with an electrically controlled proportional pressure relief valve, which is located in a load block. Throttling the volume flow increases the pressure level produced by the tested device. In the future, the company can exploit the bill of materials, the hydraulic diagram, and the list of objects to be modernized, when it starts making decisions on the modernization of the test bench.

Preparing of the bill of materials and the hydraulic diagram was hampered because of a compact structure of the test bench and the partially incomplete details on the parts type plates. The drawing of the hydraulic diagram was furthermore hampered by the incomplete part library of the FluidSIM 5 software, which is why some of the graphical symbols were made manually and some were replaced with substitute graphical symbols, which are explained more accurately in the work. As a result of the work, the aims set in the commission were achieved. At request of the mandator, all the pictures of the test bench, the bill of materials and the list of objects to be modernized were removed from the publication. In addition, other parts of the hydraulic diagram were removed except the cooling circuit, the leakage tank line, the fine filtration circuit, and the main pump lines.

## KEYWORDS:

Hydraulics, hydraulic diagrams, hydraulic systems, hydraulic pumps, hydraulic motors, test bench, Raiha Hydraulics Oy

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 KOEAJOPENKKI</b>	<b>8</b>
2.1 Koeajopenkin ominaisuudet	8
2.2 Koeajopenkin toiminta yksinkertaistettuna	9
2.3 Ohjauspulpetti	10
2.3.1 Ohjauspulpetin alataso	10
2.3.2 Ohjauspulpetin vasen puoli	11
2.3.3 Ohjauspulpetin keskikohta	11
2.3.4 Ohjauspulpetin oikea puoli	11
<b>3 KOEAJOPENKIN OSALUETTELO</b>	<b>13</b>
3.1 Moottorit	13
3.2 Hydraulipumput	13
3.3 Suodatinelementit	14
3.4 Anturit	14
3.5 Venttiilit	14
3.6 Painemittarit	15
3.7 Lämmittimet ja jäähdyttimet	15
<b>4 KOEAJOPENKIN TOIMINNAN KUVAUS</b>	<b>16</b>
4.1 Hydrauliliikkakaavio	16
4.2 Jäähdytyspiiri ja lämmitys	18
4.3 Hienosuodatuspiiri	20
4.4 Vuotokaukalo	20
4.5 Pääimulinja	21
4.6 Pääpaluulinja	21
4.7 Syöttöpainepiiri	21
4.8 Täyttöpiiri	22
4.9 Ohjauspainepiiri	22
4.10 Kuormituslohko	22
4.11 Tasasuuntauslohko	23

4.11.1 Tasasuuntauslohko hydraulipumppuja testattaessa	23
4.11.2 Tasasuuntauslohko hydraulimoottoreita testattaessa	23
<b>5 HYDAC HMG 3000</b>	<b>24</b>
5.1 HMG 3000 -laitteen ominaisuudet	25
5.2 HMGWIN 3000 -ohjelmisto	26
<b>6 POHDINTAA</b>	<b>27</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>28</b>

## **KUVAT**

Kuva 1. Koeajopenkin toiminta yksinkertaistettuna.	10
Kuva 2. Koeajopenkin hydraulikkakaavio.	17
Kuva 3. Koeajopenkin toiminnan kuvauksen hydraulikkakaavio.	18
Kuva 4. Hydac HMG 3000.	24
Kuva 5. Hydac HMG 3000 -laitteen liitännät (Hydac Electronic GmbH 2012, 77).	25

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Shell Tellus S2 VX 32 optimaalinen viskositeetti (UniVar Oy 2017, 3).	19
--	----

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Toiminnan kuvauksen hydraulikkakaavion värikoodit	16
---	----

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

CAN-väylä	Tiedonsiirtoon käytettävä automaatiöväylä (Controller Area Network Bus)
HCSI	Hydac:n CAN-väylää käyttävä anturimalli (HYDAC CAN Sensor Interface)
HSI	Hydac:n automaattisella tunnistuksella varustettu anturimalli (HYDAC Sensor Interface)
Kavitaatio	Nesteen höyrystyminen paineen laskun vuoksi
Kierrostilavuus	Nestemäärä, jonka hydraulipumppu tai -moottori syrjäyttää pyöriäessään yhden kierroksen ympäri
Proportionaalinen venttiili	Venttiilityyppi portaattomalla ohjauksella, joka mahdollistaa perusasentojen väliset asennot
rpm	Pyörimisnopeus kierrosta minuutissa (revolutions per minute)
Suodatusaste	Suodattimen suodatustarkkuus ( $\mu\text{m}$ )
Tyypikilpi	Sisältää osan tai laitteen tärkeimmät tunnistetiedot
Viskositeetti	Suure, joka kertoo nesteen tai kaasun juoksevuuden

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiannon aiheena oli Raiha Hydraulics Oy:n hydraulipumppujen ja -moottoreiden testaamiseen käytettävän koeajopenkin dokumentointi ja modernisointi. Työn tavoitteena oli tuottaa koeajopenkistä osaluettelo ja hydrauliiikkakaavio, joiden perusteella tuli ottaa selvää, kuinka koeajopenkki toimii. Lisäksi tuli selvittää koeajopenkin yhteydessä olevan Hydac:n HMG 3000 tiedon keräys- ja tallennuslaitteen ominaisuudet ja koostaa lista koeajopenkin mahdollisista modernisoitavista kohteista.

Toimeksiannon aihe tuli yritykselle ajankohtaiseksi, kun koeajopenkkiä halutaan modernisoida toimipisteen muuton yhteydessä, jonka takia on tärkeää, että koeajopenkistä on saatavilla osaluettelo, hydrauliikkakaavio ja modernisoitavien kohteiden lista. Koeajopenkkiä modernisoidaan, jotta se vastaa paremmin nykyisiä hydraulipumppujen ja -moottoreiden testaamisen vaatimuksia ja siten asiakkaiden tarpeita.

Dokumentointi tehtiin tutkimalla koeajopenkkiä, aluksi kerättiin tiedot koeajopenkin sisältämistä osista niiden tyyppikilvistä, joiden pohjalta tehtiin osaluettelo. Hydrauliikkakaavion laatiminen aloitettiin hahmottelemalla sitä ensin paperille, jonka jälkeen kaavio piirrettiin Festo:n FluidSIM 5 -ohjelmalla. Koeajopenkin toiminnan kuvaus tehtiin osaluettelon, hydrauliikkakaavion ja yrityksen henkilöstön tietojen perusteella. HMG 3000 -järjestelmän ominaisuudet selvitettiin laitteen käyttöohjeista.

Työssä esitellään aluksi koeajopenkki yleisesti, jonka jälkeen käsitellään koeajopenkin sisältämät osat, toiminnan kuvaus, HMG 3000 -järjestelmän ominaisuudet ja pohditaan työtä kokonaisuutena. Julkaistavasta työstä on poistettu toimeksiantajan toiveesta kaikki kuvat koeajopenkistä, osaluettelo ja modernisoitavien kohteiden lista. Lisäksi hydrauliikkakaaviosta on poistettu sen muut osat lukuun ottamatta jäähdytyspiiriä, vuotokaukalolinjaa, hienosuodatuspiiriä ja pääpumpun linjoja.

Raiha Hydraulics Oy ent. Hydrauliikkahuolto K. Räihä on vuonna 1973 perustettu hydrauliiikka-alan yritys, joka työllistää yli 20 henkilöä. Alun perin yritys toimi aksiaalimäntäpumppujen ja -moottoreiden huoltokorjaamona. Nykyään huoltokorjaamossa huolletaan lisäksi myös muun muassa paineakkuja, koneikkoja, sylintereitä ja venttiilejä. Huoltokorjaamon lisäksi Littoisten toimipisteessä on hydraulikomponenttimyymälä. Raiha toimittaa myös putkistojärjestelmiä, -moduuleja ja -komponentteja, sekä suunnittelee uusia hydrauliikkajärjestelmiä toimituksineen ja asennuksineen. (Raiha Hydraulics Oy 2020.)

## 2 KOEAJOPENKKI

Koeajopenkkiä käytetään hydraulipumppujen ja -moottoreiden testaamiseen, säätämiseen, suorituskyvyn raportointiin ja dokumentointiin. Koeajopenkistä saadaan tiedot muun muassa testattavien hydraulipumppujen ja -moottoreiden tehosta, pyörimisnopeudesta, tuotetusta tilavuusvirrasta ja paineesta. Testattavien laitteiden koeajoista saadaan tuloksena tilavuusvirta- ja painekuvaajat, jotka voidaan lähettää asiakkaille tai niitä voidaan hyödyntää testattavien laitteiden säätämisessä ja mekaanisen kunnon arvioinnissa. (Raiha Hydraulics Oy 2020.)

Koeajopenkillä testattavat hydraulipumput ja -moottorit eivät rajoitu, esimerkiksi pelkätään aksiaalimäntäpumppuihin tai tietyn valmistajan tuotteisiin, vaan kyseisellä koeajopenkillä pystytään testaamaan kaikki pumppu- ja moottorityypit. Hydraulipumppuja ja -moottoreita on saatavilla syrjäytysperiaatteeltaan erityyppisiä. Yleisimpiä pumpputyyppejä ovat mäntä-, siipi-, ruuvi- ja hammaspyöräpumput, ja hydraulimoottorityyppejä ovat mäntä-, siipi- ja hammaspyörämoottorit. Kierrostilavuudeltaan koeajopenkillä testattavat laitteet voivat olla suuruudeltaan 10–1000 cm<sup>3</sup>/r:n kokoisia.

Koeajopenkki on sijoitettu erilliseen huoneeseen Littoisten toimipisteen huoltokorjaamon hallissa. Koeajopenkin huone on jaettu kahteen osaan, toisella puolella on valvomo ja ohjauspulpetti, kun taas toisella puolella on koeajopenkki, sovitelaitat ja akselilytkimet. Valvomosta koeajopenkin toimintaa pystytään seuraamaan ja ohjaamaan suoran näköyhteyden ja ohjauspulpetin välityksellä. Valvomo ja ohjauspulpetti on sijoitettu erilliseen huoneeseen turvallisuussyistä, jotta henkilöstö pysyy turvassa esimerkiksi letkun irtoamisen tai laitteen hajoamisen synnyttämiltä vaaratilanteilta. Koeajopenkin painetaso on korkeimmillaan lähes 600 bar, jolloin esimerkiksi letkun irtoaminen voi aiheuttaa sen voimakkaan paiskautumisen päin seinää.

### 2.1 Koeajopenkin ominaisuudet

Koeajopenkkiä voidaan käyttää kahdella tavalla, joko suora- tai hydraulikäytöllä. Suorakäytöllä pystytään testaamaan hydraulipumput ja -moottorit, jotka vaativat alle 132 kW tehon. Suorakäytössä testattavia laitteita pyöritetään suoraan sähkömoottorilla, joka liitetään testattavaan laitteeseen akselilytkimen välityksellä. Suorakäytöllä hydraulimoottoreita testattaessa on testattavaa hydraulimoottoria käytettävä pumppuna.



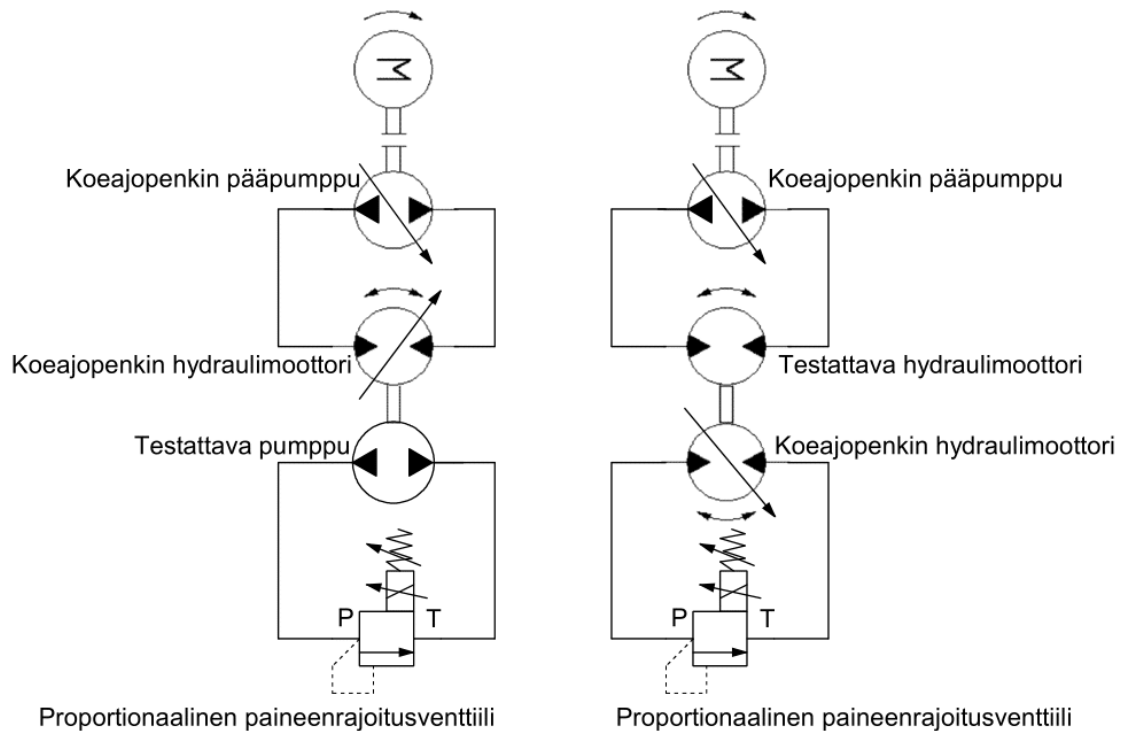
Hydraulikäytössä testattava laite, kytketään koeajopenkin hydraulimoottoriin akselikytkimen välityksellä. Akselikytkimet välittävät vääntömomentin testattavan laitteen ja koeajopenkin hydraulimoottorin tai suorakäytön sähkömoottorin välillä. Akselikytkimiä on oltava monia, jotta jokaista testattavaa laitetta varten löytyy sopiva.

Testattavat laitteet kiinnitetään koeajopenkkiin sovitelaippojen avulla. Sovitelaipat tulevat testattavan laitteen ja koeajopenkin suora- tai hydraulikäytön kiinnityslaipan väliin. Myös sovitelaippoja on saatavilla monia erikokoisia, jotta jokaista testattavaa laitetta varten on saatavilla sopiva.

## 2.2 Koeajopenkin toiminta yksinkertaistettuna

Yksinkertaistettuna koeajopenkin toiminta perustuu siihen, että testattavan laitteen tuottamaa tilavuusvirtaa kuristetaan sähköisesti ohjatulla proportionaalisella paineenrajoitusventtiilillä, joka aiheuttaa testattavan laitteen tuottaman painetasen nousun. Koeajopenkissä on tasasuuntauslohko, joka sisältää logiikkaventtiilit eli patruunat ja suuntaistukkaventtiilit, joiden avulla virtausta ohjataan koeajopenkin pääpumpun, hydraulimoottorin, testattavan laitteen ja kuormituslohkon välillä. Tasasuuntauslohko mahdollistaa kaksisuuntaisen pääpumpun kanssa molemmat virtaussuunnat oli testattava laite sitten hydraulipumppu tai -moottori.

Pumppuja testattaessa koeajopenkin hydraulimoottori muuttaa pääpumpun tuottaman paine-energian mekaaniseksi energiaksi, jolla pyöritetään testattavaa pumppua vääntömomentin avulla. Testattava pumppu tuottaa virtauksen, jota kuristetaan sähköisesti ohjatulla proportionaalisella paineenrajoitusventtiilillä, eli testattavaa pumppua ajetaan käytännössä kyseistä venttiiliä vasten. Tämä aiheuttaa sen, että testattavan pumpun tuottama painetaso kasvaa. Hydraulimoottoreita testattaessa pääpumpun tuottaman paine-energian muuttaa mekaaniseksi energiaksi testattava hydraulimoottori. Testattavalla hydraulimoottorilla pyöritetään koeajopenkin hydraulimoottoria, joka toimii tällöin pumpuna. Koeajopenkin hydraulimoottorin tuottamaa tilavuusvirtaa kuristetaan samalla proportionaalisella paineenrajoitusventtiilillä kuin testattavan pumpun tapauksessa. (Kuva 1.)



Kuva 1. Koeajopenkin toiminta yksinkertaistettuna.

### 2.3 Ohjauspulpetti

Koeajopenkin ohjauspulpetilla ohjataan ja valvotaan koeajopenkin toimintaa. Ohjauspulpetissa on analogisia ja digitaalisia painemittareita, joilla valvotaan painetasoa eri kohdissa koeajopenkin putkistoa. Lisäksi ohjauspulpetissa on digitaaliset mittarit tuotetulle tilavuusvirralle, teholle, kierrosluvuille, kelojen ohjausvirroille, öljyn lämpötilalle ja öljyn hiukkastasolle. Ohjauspulpetin yhteydessä sijaitsee myös HMG 3000 -järjestelmä.

#### 2.3.1 Ohjauspulpetin alataso

Ohjauspulpetin alatasolla on kuusi analogista painemittaria. Painemittareita on kaksi jokaista kolmea eri mittausaluetta 0–250, 0–400 ja 0–600 bar. Kyseisiä painemittareita voidaan tarvittaessa käyttää lisänä testattavien laitteiden paineiden valvomiseen. Painemittareita voidaan esimerkiksi käyttää testattavan laitteen kotelopaineen valvomiseen.

### 2.3.2 Ohjauspulpetin vasen puoli

Ohjauspulpetin vasemmalla puolella sijaitsevat koeajopenkin käynnistys-, sammutus- ja hätäseiskytkimet. Pistorasian on/off kytkimellä saadaan ohjauspulpetin virrat päälle. Prosentuaalisella säätimellä säädetään koeajopenkin pääpumpun sähkömoottorin tai vaihtoehtoisesti suorakäytön sähkömoottorin kierroslukua. Säädetävä sähkömoottori riippuu siitä, testataanko hydraulii- vai suorakäytöllä. Myös kierroslukumittari näyttää, joko pääpumpun tai suorakäytön sähkömoottorin kierrosluvun. Allaspumpun valintakytkimellä valitaan, toimiiko vuotokaukalon allaspumppu manuaalisesti, automaattisesti vai onko se pois päältä. Lisäksi voidaan valita päällä olevat pumput, valitaan joko pelkästään täyttöpiirin ja ohjauspiirin pumput, pelkkä pääpumppu tai sekä pääpumppu, että täyttöpiirin ja ohjauspiirin pumput. Lisäksi on jäähdytyspiirin pumpun sähkömoottorin ja ulkolauhduttimen käynnistys/sammutus kytkimet. Jäähdytyspiirin kytkimestä käynnistyvät myös sillä sijaitsevien lauhduttimien sähkömoottorit.

### 2.3.3 Ohjauspulpetin keskikohta

Keskellä ohjauspulpettia on valintakytkin, jolla voidaan valita ohjausvirran pieni tai suuri alue. Pienellä alueella ohjausvirta on maksimissaan, joko 100 tai 200 mA ja suurella alueella 800 tai 2500 mA. Ohjausvirran säätämistä varten on myös prosentuaaliset säätimet ja näytöt, joista nähdään ohjausvirran määrä keloille A ja B kahden desimaalin tarkkuudella. Lisäksi voidaan valita 24 voltin tasavirta ohjaus kelalle A tai kelalle B. Keloja A ja B voidaan käyttää esimerkiksi ohjauspainepiirin proportionaalisen venttiilin ohjaamiseen. Lisäksi voidaan säätää koeajopenkin hydraulimoottorin kierrostilavuutta ja sähköisesti ohjatun proportionaalisen paineenrajoitusventtiilin ohjausvirtaa, jolla säädetään paljonko testattavan laitteen tuottamaa tilavuusvirtaa kuristetaan. Kuristusta nostetaan lisäämällä ohjausvirran määrää.

### 2.3.4 Ohjauspulpetin oikea puoli

Ohjauspulpetin oikealla puolella on koeajopenkin pääpumpulle kolme analogista painemittaria, painemittareista kaksi näyttää pääpumpun työpaineen ja yksi syöttöpaineen. Työpainemittareita on kaksi, koska pääpumppua voidaan käyttää kahteen eri suuntaan. Kierroslukumittarista nähdään koeajopenkin hydraulimoottorin ja testattavan laitteen

kierrosluku, joka mitataan niiden väliseltä akselikytkimeltä. Elektroniset mittarit näyttävät testattavan laitteen tuottaman paineen, tilavuusvirran ja tehon. Lämpötilamittari näyttää öljysäiliössä olevan öljyn lämpötilan ja öljyn öljynpuhtaus, eli hiukkastaso mitataan ohjauspulpetille tulevalta linjalta. Lisäksi oikealla on erillisen hienosuodatuspiirin valintakytkin, jolla valitaan toimiiko piiri manuaalisesti, automaattisesti vai onko se pois päältä. Lisäksi pystytään valitsemaan mitkä mittarit ovat käytössä, erilliset vai pulpetissa olevat. Tämän avulla asentaja voi valita tarvittaessa erilliset mittarit, jolloin testattavan laitteen tuottaman tilavuusvirran ja paineen arvot näkyvät koeajopenkin huoneen puolelle, jolloin asentaja voi seurata arvoja tulematta ohjauspulpetin luokse. Oikealla alareunassa on kaksi varoitusvaloa, joista toinen varoittaa liiasta paineesta jäähdytyspiirissä ja toinen öljysäiliön öljyn pinnan laskemisesta tai pääimulinjan hanan kiinni olemisesta. Jäähdytyslinjan napilla kuitataan jäähdytyspiirin painekytkimen varoitus pois päältä. Oikealla puolella on myös valintakytkin ohjauspainepiirin proportionaalisen venttiilin on/off ohjaimiseen, jolloin tulee valita myös käyttöön kela A tai B. Lisäksi voidaan valita, onko testattava laite hydraulipumppu vai -moottori, joka muuttaa tasasuuntauslohkon suuntaistukkaventtiilien asentoa, jolloin virtaus ohjataan molemmissa tapauksissa kulkemaan eri tavalla. Turbiinin vaihdolla valitaan, onko käytössä testattavan hydraulipumpun vai -moottorin tilavuusvirta-anturit.

## 3 KOEAJOPENKIN OSALUETTELO

Koeajopenkin osaluettelon sisältämiä valmistaja- ja tyyppimerkintöjä voidaan hyödyntää, kun halutaan esimerkiksi tilata koeajopenkkiin uudet vastaavat suodatinelementit tai anturit. Koeajopenkin osaluettelo on jaettu seitsemään eri kategoriaan, jotka ovat

- moottorit
- hydraulipumput
- suodatinelementit
- anturit
- venttiilit
- painemittarit
- lämmittimet ja jäähdyttimet.

Tiedot koeajopenkin osista kerättiin niiden tyyppikilvistä. Kaikista osista ei saatu selville niiden valmistajia ja muita tyyppimerkintöjä. Koeajopenkin tiiviin rakenteen takia, kaikkia osien tietoja ei pystynyt näkemään ja osia ei alettu irrottamaan tätä varten koeajopenkistä.

### 3.1 Moottorit

Koeajopenkissä on yhdeksän sähkömoottoria ja yksi hydraulimoottori. Yksi sähkömoottoreista on suorakäyttöä varten, kaksi sisälauhduttimia varten ja yksi ulkolauhdutinta varten. Hydraulimoottori on yhdistettynä testattavaan laitteeseen hydraulikäytöllä testattaessa. Koeajopenkin hydraulimoottori on säätötilavuuksinen, eli sen kierrostilavuutta pystytään säätämään.

### 3.2 Hydraulipumput

Koeajopenkissä on yhteensä seitsemän hydraulipumppua, joista kolme on aksiaali-mäntä-, kaksi keskipako- ja kaksi hammaspyöräpumppuja. Hammaspyöräpumput ovat yhdistettynä täyttöpumppuun, joita pyöritetään samalla sähkömoottorilla. Lisäksi koeajopenkissä on pääpumppu, hienosuodatuspiirin pumppu, allaspumppu ja jäähdytyspiirin pumppu.

### 3.3 Suodatinelementit

Koeajopenkissä on 11 suodatinta, joissa on käytössä seitsemän erilaista suodatinelementtiä. Kahden suodattimen yhteydessä on dynaamiset painemittarit, joista voidaan seurata suodattimen tukkeutumisesta johtuvan paine-eron kasvua. Kolme suodatinta lukuun ottamatta suodattimissa on visuaaliset paine-eroilmaisimet, joista nähdään suodattimien tukkeutumisesta johtuva paine-eron kasvaminen. Ilmaisimen väri muuttuu suodattimen tukkeutuessa vihreästä–punaiseksi, jolloin suodatinelementti tulee viimeistään vaihtaa. Suodattimista kolme on testattavan laitteen jälkeisissä paluulinjoissa, kolme allaspumpunlinjassa, kaksi kuormituslohkon paluulinjassa, yksi hienosuodatuspiirissä ja kaksi pääpaluulinjassa ennen öljysäiliötä.

### 3.4 Anturit

Koeajopenkissä on 20 anturia, joita on 11:sta erilaista mallia. Koeajopenkissä on paine-, tilavuusvirta-, lämpötila-, hiukkas- ja kierroslukuantureita. Lisäksi on termostaatti, paine- ja pinnankorkeuskytkimet. Kuusi antureista on kierroslukuantureita, joista kaksi sijaitsee suorakäyttö sähkömoottorin, kaksi hydraulimoottorin ja kaksi pääpumpun sähkömoottorin yhteydessä. Termostaatilla saadaan asetettua haluttu öljysäiliössä olevan öljyn lämpötila, jolloin jäähdytyspiirin pumpun sähkömoottori käynnistyy. Lämpötila-anturi mittaa öljysäiliön öljyn lämpötilaa ja painekytkin lähettää ohjauspulpetin varoitusvalolle tiedon, jos jäähdytyspiirin paine kasvaa liian suureksi. Pinnankorkeuskytkin sijaitsee vuotokaukalossa, joka mahdollistaa allaspumpun automaattisen käyttämisen. Hiukkasanturi mittaa öljyn sisältämien hiukkasten määrän ohjauspulpetille tulevalta linjalta.

### 3.5 Venttiilit

Koeajopenkissä on 32 erilaista venttiiliä ja niitä on yhteensä 65 kappaletta. Erilaisia venttiilityyppejä koeajopenkissä ovat

- kolmitieventtiilit
- neulaventtiilit
- paineenalennusventtiilit
- paineenrajoitusventtiilit

- palloventtiilit
- patruunaventtiilit
- proportionaaliset paineenrajoitusventtiilit
- proportionaaliset suuntaventtiilit
- suuntaistukkaventtiilit
- suuntaventtiilit
- sähköohjatut patruunaventtiilit
- takaiskuventtiilit.

Sähköisesti ohjattua proportionaalista paineenrajoitusventtiiliä käytetään testattavan laitteen tuottaman tilavuusvirran kuristamiseen. Suuntaistukkaventtiilit ja patruunaventtiilit sijaitsevat tasasuuntauslohkossa.

### 3.6 Painemittarit

Analogisia painemittareita on koeajopenkissä 12 kappaletta, seitsemällä eri mitta-asteikolla. Painemittareita on muun muassa allaspumpunlinjassa ja pääpaluulinjassa ennen paluusuodattimia. Pääpumpulta mitataan painemittareilla syöttöpainetta ja työpainetta, nämä mittarit sijaitsevat ohjauspulpetissa. Kaksi painemittaria on testattavan hydraulipumpun imu- ja painelinjoissa. Yksi mittareista on jäähdytyspiirinlinjassa painekeytkimen vieressä, siitä nähdään painetason nousu, jos esimerkiksi toinen jäähdytyslinjan venttiileistä on jäänyt avaamatta.

### 3.7 Lämmittimet ja jäähdyttimet

Koeajopenkissä on yksi lämmitin ja kolme jäähdytintä. Lämmitin on uppokuumennin, jolla voidaan lämmittää öljysäiliössä olevaa öljyä. Jäähdyttimet ovat öljy/ilma lauhduttimia, lauhduttimista kaksi sijaitsee hallin sisäpuolella ja yksi ulkopuolella.

## 4 KOEAJOPENKIN TOIMINNAN KUVAUS

Koeajopenkin toiminnan kuvaus on jaettu osiin, joten esimerkiksi jäähdytys- ja hienosuodatuspiirien toiminta ovat selitetty erikseen. Luvuittain läpikäytävien piirien virtaustiet on osittain merkitty toiminnan kuvauksen hydraulikkakaavioon (kuva 3) värikoodein (taulukko 1), jotta on helpompaa hahmottaa, mitä kohtaa hydraulikkakaaviosta (kuva 2) käydään lävitse. Hydraulikkakaaviosta on salassapitosyitten takia poistettu osia, joten siinä ei näy kaikkia luvuittain läpikäytäviä virtausteitä. Toiminnan kuvaus on tehty koeajopenkin hydraulikkakaavion, osaluettelon ja yrityksen henkilökunnan tietojen perusteella.

Taulukko 1. Toiminnan kuvauksen hydraulikkakaavion värikoodit

Väri	Selitys
Yellow	Jäähdytyspiiri ja lämmitys
Blue	Hienosuodatuspiiri
Orange	Vuotokaukalo
Red	Syöttöpainepiiri

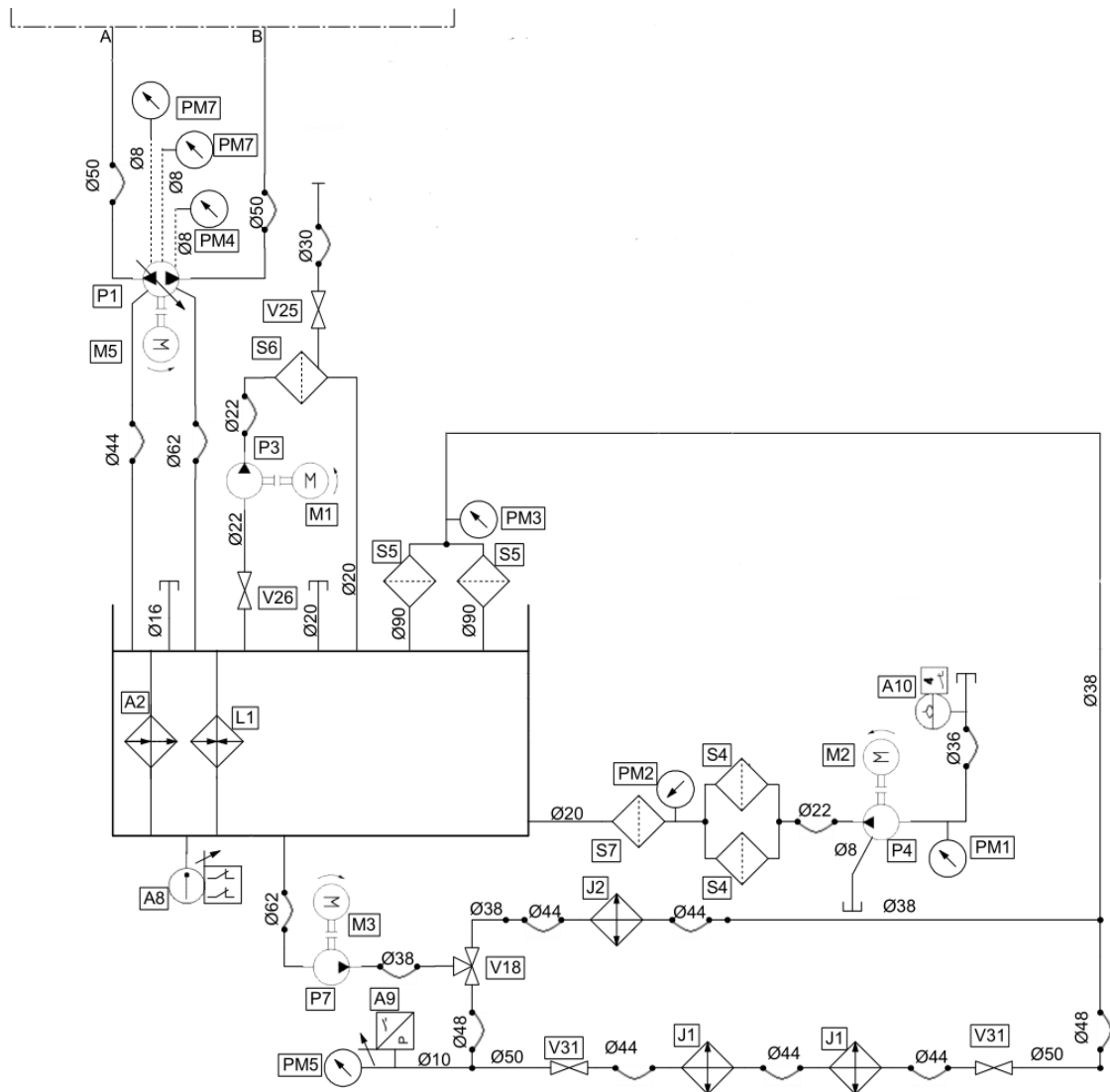
### 4.1 Hydraulikkakaavio

Koeajopenkin hydraulikkakaavio on tehty Festo:n FluidSIM 5 -ohjelmalla, jota käytetään hydraulisten-, pneumaattisten- ja sähköisten kytkentöjen piirtämiseen ja simulointiin. Työssä käytetyn version osakirjastossa, ei ollut saatavilla kaikkia koeajopenkissä olevia osia, joten niiden piirustusmerkit on jouduttu osittain piirtämään manuaalisesti ja korvaamaan muilla merkeillä tai kuvilla piirrosmerkeistä. Piirrosmerkkien eriäväsyydet selitetään koeajopenkin toiminnan kuvauksen yhteydessä. Tämän vuoksi hydraulikkakaaviota ei myöskään pystytty simuloimaan. Lisäksi simuloinnin esteenä oli osien tietojen puutteellisuus, koska kaikissa osissa ei ollut tyyppikilpeä tai niiden sisältämät tiedot olivat muuten puutteelliset. Hydraulikkakaavioissa (kuva 2 ja kuva 3) osien lyhenteet ja numerot ovat nelikulmioiden sisällä, ne vastaavat osaluettelossa käytettyjä lyhenteitä. Käytetyt osien lyhenteet ovat

- Ax – Anturi
- HMx – Hydraulimoottori
- Jx – Jäähdytin
- Lx – Lämmitin
- Mx – Sähkömoottori

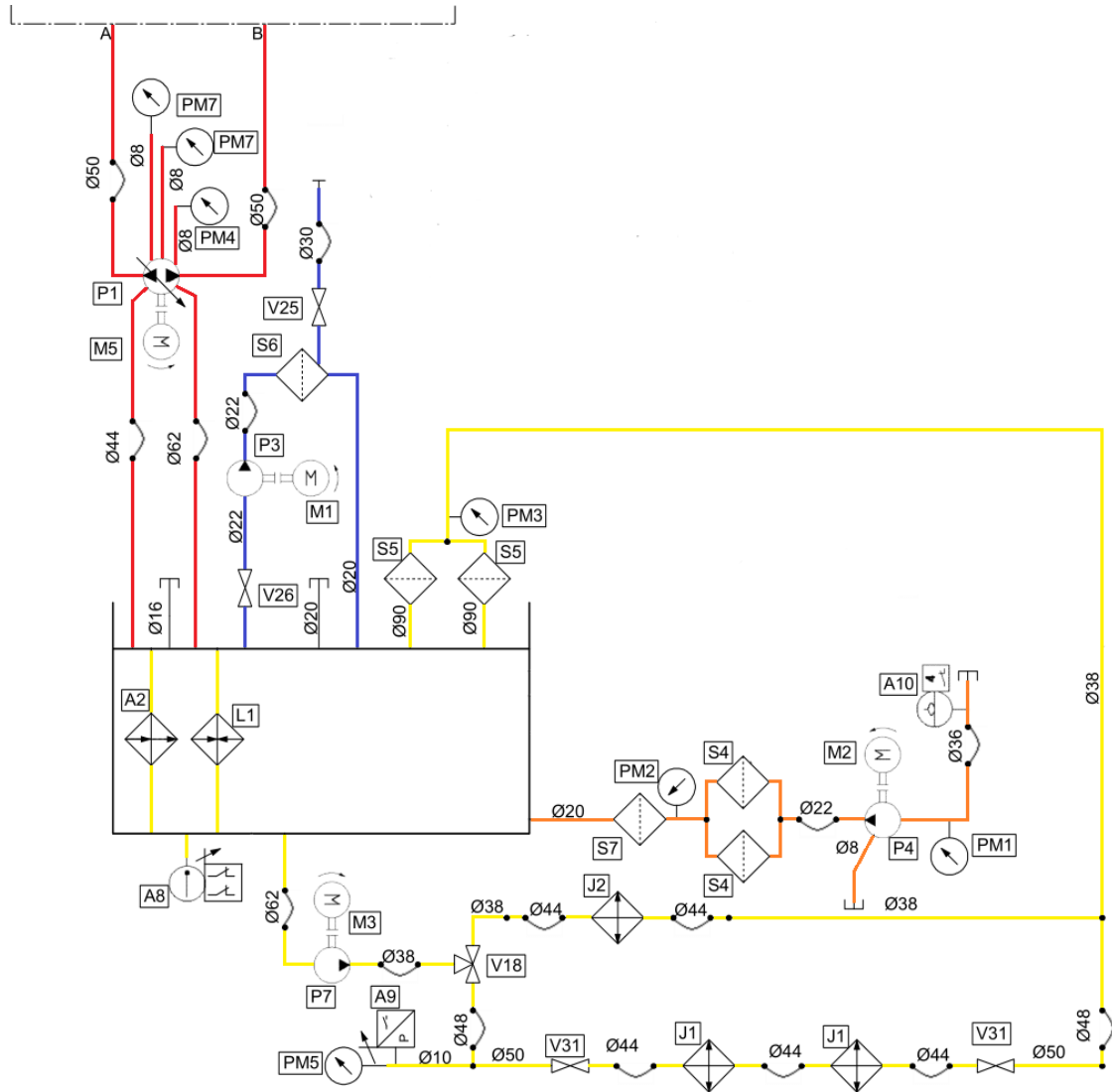


- PMx – Painemittari
- Px – Hydraulipumppu
- Sx – Suodatin
- Vx – Venttiili.



Kuva 2. Koeajopenkin hydraulikkakaavio.

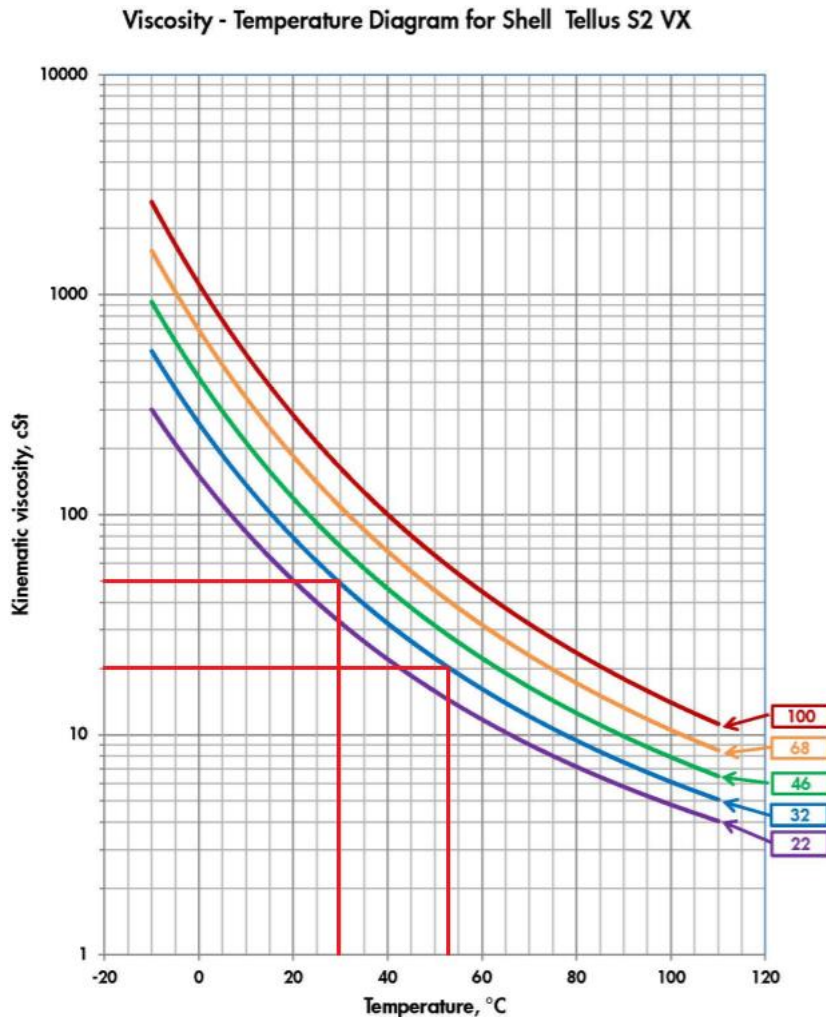
Hydraulikkakaavioissa (kuva 2 ja kuva 3) olevat putkien ja letkujen halkaisijat ovat niiden ulkohalkaisijoita, koska sisähalkaisijoita ei pystytty selvittämään järjestelmästä irrottamalla niitä. Koeajopenkissä on kaksi tankkia, öljysäiliö on merkitty kaavioon isona ja vuotokaukalo, joka on merkitty useaan kohtaan kaaviota pienillä tankin merkeillä tilan säästämisen vuoksi.



Kuva 3. Koeajopenkin toiminnan kuvauksen hydraulikkakaavio.

#### 4.2 Jäähdytyspiiri ja lämmitys

Koeajopenkissä käytettävän hydraulioöljyn lämpötilan tulee olla tietyllä tasolla, jotta sen kinemaattinen viskositeetti on optimaalisella tasolla 20–50 mm<sup>2</sup>/s koeajopenkin pumpuja ja muita laitteita varten (Univar Solutions Oy 2020, 24). Öljyn lämpötilan säätämistä varten koeajopenkissä on erillinen jäähdytyspiiri ja lämmitin. Koeajopenkissä käytettävän Shell Tellus S2 VX 32 hydraulioöljyn lämpötilan oltava noin 30–53 °C optimaalisen viskositeetin saavuttamiseksi. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Shell Tellus S2 VX 32 optimaalinen viskositeetti (UniVar Oy 2017, 3).

Koeajopenkin öljysäiliössä olevaa öljyä voidaan lämmittää uppokuumentimella L1 (kuva 3). Hydraulioöljyä tulee lämmittää ennen koeajopenkin käynnistystä öljyn viskositeetin laskemiseksi. Jos öljy on liian paksua eivät pumput kykene pumppaamaan sitä, jolloin syntyy kavitaatiota paineen laskemisen vuoksi.

Koeajopenkin hydraulioöljyä tulee myös jäähdyttää, jotta sen viskositeetti ei laske liian alhaiseksi. Alhaisen viskositeetin vuoksi liikkuvien osien välinen öljykalvo voi olla niin ohut, että esimerkiksi pumpun metalliosat osuvat vastakkain, joka aiheuttaa niiden kulumista. Koeajopenkin öljy/ilma lauhduttimista kaksi sijaitsee koeajopenkin huoneen ulkopuolella ja yksi koko rakennuksen ulkopuolella. Rakennuksen sisällä olevia lauhduttimia käytetään suurin aika vuodesta huoltokorjaamon hallin lämmittämiseen ja kesän kuumilla ulkolämpötiloilla voidaan käyttää ulkona olevaa lauhdutinta, jotta halli ei lämpenisi. Ohjauspulpetin kytkimestä saadaan jäähdytyspiirin pumpun P7 ja hallin sisällä

sijaitsevien lauhduttimien J1 sähkömoottorit käynnistettyä. Jäähdytyspiirin pumpun sähkömoottori toimii myös automaattisesti termostaattiohjauksella, jolloin jäähdytyksen aloituslämpötila voidaan säätää termostaatilla A2, joka saa tiedon lämpötilasta lämpötilanturilta A8. Termostaatille ja lämpötila-anturille ei ollut FluidSIM 5 -ohjelmassa piirrosmerkkejä, joten ne ovat korvattu muilla merkeillä. (Kuva 3.)

Pumpun P7 avulla hydraulioöljyä kierrätetään öljysäiliöstä öljy/ilma lauhduttimien ja pääpaluusuodattimien S5 kautta takaisin säiliöön. Kolmitieventtiilin V18 avulla valitaan, ohjataanko virtaus hallin sisällä oleville lauhduttimille vai ulkona sijaitsevalle lauhduttimelle. Ennen sisällä sijaitsevia lauhduttimia on painekeytkin A9, joka katkaisee pumppua P7 pyörittävän sähkömoottorin M3 virran, jos paine linjassa kohoaa liian suureksi. (Kuva 3.)

#### 4.3 Hienosuodatuspiiri

Koeajopenkin hienosuodatuspiiriä käytetään hydraulioöljyn tarkempaan suodattamiseen, jotta sen käyttöikä pystytään pidentämään ja suojaamaan koeajopenkin komponentteja epäpuhtauksilta. Öljysäiliössä olevaa öljyä pystytään kierrättämään sivukiertona pumpulla P3 suodattimen S6 kautta takaisin säiliöön. Hienosuodatuspiirin suodattimen suodatusaste on 10 µm, joten vain sitä pienemmät hiukkaset pääsevät suodattimen läpi. Suodatin pystytään tyhjentämään sen vaihtamista varten sulkemalla venttiili V26 ja avaamalla venttiili V25. Hienosuodatuskierto voidaan asettaa ohjauspulpetista manuaali- tai automaattiasetukselle. Öljyn sisältämää hiukkastasoja mitataan ohjauspulpetissa olevalla hiukkasanturilla. (Kuva 3.)

#### 4.4 Vuotokaukalo

Vuotokaukalo on koko koeajopenkin kokoinen kaukalo koeajopenkin alla, johon päätyy järjestelmästä vuotanut öljy esimerkiksi ohjauspainepiirin paineenrajoitusventtiileiltä tai suodatinelementtejä vaihdettaessa. Vuotokaukalo on merkitty useaan kohtaan koeajopenkin hydraulikkakaaviota. Vuotokaukalosta likainen öljy imetään allaspumpulla P4 kahden S4 ja yhden S7 suodattimen kautta takaisin öljysäiliöön. Allaspumpun sähkömoottori M2 käynnistyy automaattisesti pinnankorkeuskytkimen A10 avulla tai vaihtoehtoisesti ohjauspulpetista manuaalisesti. Pinnankorkeuskytkin käynnistää allaspumpun sähkömoottorin, kun vuotokaukalon öljyn pinnankorkeus saavuttaa riittävän korkeuden

ja sammuttaa ennen kuin pinta laskee niin alas, ettei pumpun imulinja ole enää pinnan alapuolella. (Kuva 3.)

#### 4.5 Pääimulinja

Pääimulinja tulee suoraan öljysäiliöstä letkua pitkin putkipalkille ja kuudelle sulkuventtiilille, joista voidaan valita testattavaan laitteeseen sopivan kokoinen letku ja liitin. Pääimulinja pystytään sulkemaan tarvittaessa venttiilillä. Jos koeajopenkkiä koitetaan käyttää, kun venttiili on suljettuna, syttyy siitä varoitusvalo ohjauspulpettiin. Tällä estetään testattavan laitteen, täyttöpiirin pumpun ja ohjauspiirin pumppujen rikkoutuminen. Pääimulinjaa voidaan käyttää esimerkiksi testattavan laitteen kotelon täyttämiseen ja huuhtelulinjana.

#### 4.6 Pääpaluulinja

Pääpaluulinja kulkee testattavalta laitteelta takaisin öljysäiliöön kahden paluusuodattimen kautta. Paluulinjan liitännöitä on kuusi, joista valitaan testattavalle laitteelle sopivan kokoinen letku ja liitin esimerkiksi kotelovuotolinjaa varten. Pääpaluulinja kulkee putkipalkkeja pitkin, jotka ovat yhdistettynä letkulla toisiinsa. Pääpaluulinjaan yhdistyy lisäksi ohjauspainepiiriin paineenalennusventtiilien jälkeiset linjat, tasasuuntauslohkon paluulinja ja koeajopenkin hydraulimoottorin kotelovuotolinja. Putkipalkissa ennen pääpaluusuodattimia on analoginen painemittari PM3 (kuva 3), josta nähdään painetason nousu, jos paluusuodattimet alkavat olemaan tukossa.

#### 4.7 Syöttöpainepiiri

Koeajopenkin pääpumppu P1 toimii syöttöpainepiirin pumppuna, jota käytetään hydraulipumppuja testattaessa koeajopenkin hydraulimoottorin pyörittämiseen ja hydraulimoottoreita testattaessa testattavan hydraulimoottorin pyörittämiseen. Pääpumppu on yhdistetty kahdella linjalla öljysäiliöön, pienempi linjoista on pumpun kotelovuotolinja ja suurempi täyttölinja. Pääpumppu on kaksisuuntainen säätötilavuuksinen aksiaalimäntäpumppu. Pääpumpun kaksisuuntaisuuden ja tasasuuntauslohkon avulla on mahdollista pyörittää laitteita kumpaan suuntaan tahansa. Pääpumpun analogiset työ- ja syöttöpainemittarit ovat ohjauspulpetissa. (Kuva 3.)

#### 4.8 Täyttöpiiri

Täyttöpiiriä käytetään täyttöpumpuna suljetun piirin pumpuille. Se pitää testattavan pumpun imulinjan tilavuusvirran riittävän korkeana, eli sillä korvataan testattavan pumpun työpiirissä tapahtuvat häviöt. Täyttöpiirin pumpun imulinja tulee suoraan pääimulinjasta ja painelinja johdetaan takaiskuventtiilin kautta kuormituslohkolle. Täyttöpiirin pumppu on säätötilavuuksinen ja sitä käytetään koeajopenkissä kuormantuntevana.

#### 4.9 Ohjauspainepiiri

Ohjauspainepiirin pumput ovat hammaspyöräpumppuja, jotka ovat yhdistettynä täyttöpiirin pumppuun. Kaikkia kolmea pumppua pyöritetään samalla sähkömoottorilla. Ohjauspainepiirin pumppujen imulinjat tulevat suoraan pääimulinjasta. Ohjauspainepiirissä on kolme paineenalennusventtiiliä ja kaksi paineenrajoitusventtiiliä, joilla säädetään ohjauspainepiirin painetaso halutuksi eri kohdissa ohjauspainepiiriä. Ohjauspainepiirissä on myös sähköisesti ohjattu proportionaalinen suuntaventtiili ja sähköisesti ohjattu suuntaventtiili. Lisäksi on yksi paineanturi mittaamaan ohjauspainetta, jonka arvo nähdään HMG 3000 -laitteen näytöltä. Ohjauspainepiirin sähköisesti ohjattuja venttiilejä käytetään testattavan laitteen säätämiseen, niiden avulla voidaan esimerkiksi säätää säätötilavuuksisen pumpun kierrostilavuutta. Sähköisesti ohjattujen venttiilien asentoja ohjataan ohjauspulpetin keloilla A ja B.

#### 4.10 Kuormituslohko

Kuormituslohkossa tapahtuu testattavan laitteen tuottaman virtauksen kuristaminen. Virtausta kuristetaan sähköisesti ohjatulla proportionaalisella paineenrajoitusventtiilillä, jota ennen on kaksi paineanturia. Paineanturit mittaavat testattavan laitteen tuottamaa painetta. Antureilta saatuja arvoja hyödynnetään, kun lasketaan testattavan laitteen tehoa HMG 3000 -järjestelmällä.

#### 4.11 Tasasuuntauslohko

Tasasuuntauslohkoa käytetään virtauksen ohjaamiseen pääpumpun, koeajopenkin hydraulimoottorin, kuormituslohkon ja testattavien hydraulipumppujen ja -moottoreiden välillä. Tasasuuntauslohkon suuntaistukkaventtiilien asentoja muuttamalla virtaus voidaan ohjata esimerkiksi pääpumpulta pelkästään koeajopenkin hydraulimoottorille. Kun suuntaistukkaventtiilien asentoja muutetaan, virtaus pääsee kulkemaan venttiilien läpi patruunaventtiileille. Öljynvirtaus saa tällöin patruunaventtiilit menemään kiinni, kun öljy puristaa patruunaventtiin jousen kasaan ja virtaus ei pääse enää kulkemaan patruunaventtiin kautta.

##### 4.11.1 Tasasuuntauslohko hydraulipumppuja testattaessa

Hydraulipumppuja testattaessa tasasuuntauslohkon suuntaistukkaventtiilien asentoja muutetaan ohjauspulpetista valitsemalla, että testattava laite on pumppu. Pumppuja testattaessa neljä suuntaistukkaventtiiliä vaihtavat asentoa, jolloin niiden yhteydessä olevat patruunaventtiilit sulkeutuvat. Tällöin pääpumpun tuottama syöttöpaine ohjautuu pelkästään koeajopenkin hydraulimoottorille ja paluulinja yhdistyy pääpumpun imulinjaan.

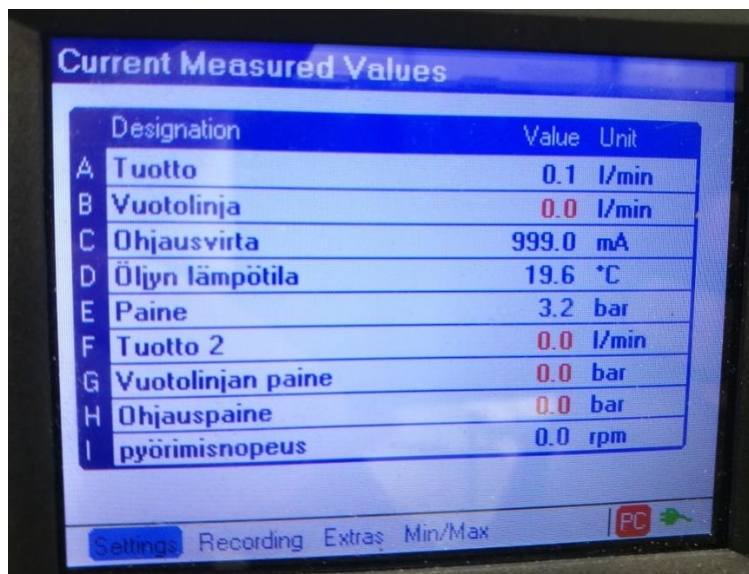
##### 4.11.2 Tasasuuntauslohko hydraulimoottoreita testattaessa

Hydraulimoottoreita testattaessa tasasuuntauslohkon suuntaventtiilien asentoja muutetaan ohjauspulpetista valitsemalla, että testattava laite on hydraulimoottori. Hydraulimoottoreita testattaessa kaksi suuntaistukkaventtiiliä vaihtavat asentoa, jolloin niiden yhteydessä olevat patruunaventtiilit sulkeutuvat. Tällöin pääpumpun tuottama syöttöpaine ohjautuu testattavalle hydraulimoottorille ja paluulinja tulee testattavalta hydraulimoottorilta takaisin tasasuuntauslohkolle, joka yhdistyy pääpumpun imulinjaan. Testattavalla hydraulimoottorilla pyöritetään koeajopenkin hydraulimoottoria, jonka painelinja palaa tasasuuntauslohkolle, josta virtaus kulkee kuormituslohkolle, jossa virtausta kuristetaan. Tämän jälkeen virtaus palaa takaisin tasasuuntauslohkolle, josta se kulkeutuu koeajopenkin hydraulimoottorin imulinjaan, joka toimii tässä tapauksessa pumppuna.

## 5 HYDAC HMG 3000

Koeajopenkin yhteydessä on Hydac:n HMG 3000 -järjestelmä, joka on tiedon keräys- ja tallennuslaite. Laite näyttää antureiden mittaustulokset näytöllä, johon tiedot on kerätty koeajopenkin paine-, lämpötila-, tilavuusvirta- ja kierroslukuantureilta. Koeajopenkistä voidaan valita laitteen näytölle halutut antureiden mittaustulokset, esimerkiksi (Kuva 4.)

- testattavan laitteen tuottamasta tilavuusvirrasta – l/min
- vuotolinjan tilavuusvirrasta – l/min
- ohjausvirrasta – mA
- öljysäiliön öljyn lämpötilasta – °C
- testattavan laitteen tuottamasta paineesta – bar
- vuotolinjan paineesta – bar
- ohjauspaineesta – bar
- hydraulimoottorin ja testattavan laitteen pyörimisnopeudesta – rpm.



Current Measured Values		
	Designation	Value Unit
A	Tuotto	0.1 l/min
B	Vuotolinja	0.0 l/min
C	Ohjausvirta	999.0 mA
D	Öljyn lämpötila	19.6 °C
E	Paine	3.2 bar
F	Tuotto 2	0.0 l/min
G	Vuotolinjan paine	0.0 bar
H	Ohjauspaine	0.0 bar
I	pyörimisnopeus	0.0 rpm

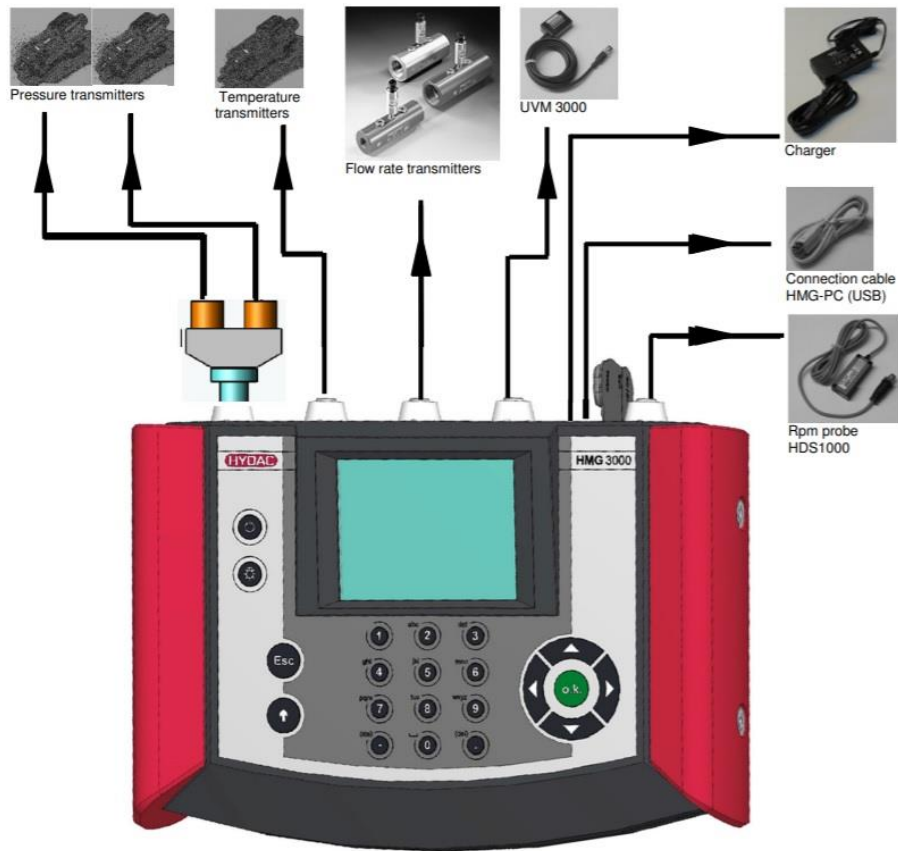
Settings Recording Extras Min/Max PC

Kuva 4. Hydac HMG 3000.

Koeajopenkin anturit ovat yhdistettyinä suoraan HMG 3000 -laitteeseen, johon analogisia antureita voi olla yhdistettynä yhteensä kahdeksan kappaletta, kun käytetään y-haarottimia. Lisäksi voidaan yhdistää kaksi taajuusanturia, esimerkiksi kierrosluvun mittaamiseksi. (Hydac Electronic GmbH 2012, 9.) HMG 3000 -laitetta pystytään ohjaamaan



laitteen oman näppäimistön ja näytön avulla tai vaihtoehtoisesti laitteeseen USB-kaapelilla yhdistetyllä tietokoneella. (Kuva 5.)



Kuva 5. Hydac HMG 3000 -laitteen liitännät (Hydac Electronic GmbH 2012, 77).

### 5.1 HMG 3000 -laitteen ominaisuudet

Koeajopenkissä käytettyjen antureiden mittaustarkkuus on  $\pm 0.1 \%$  (Hydac Electronic GmbH 2012, 73). HMG 3000 -järjestelmä tunnistaa automaattisesti siihen yhdistettyjen antureiden mittausalueen ja yksikön, jos ne ovat Hydac:n valmistamia HSI- tai SMART-antureita. HMG 3000 -laitteen käyttäjä pystyy muuttamaan antureiden mittausaluetta ja käytettäviä yksiköitä suoraan laitteesta. (Hydac Electronic GmbH 2012, 3–5.) Koeajopenkissä on nykyisin käytössä kuitenkin ainoastaan analogisia antureita, joten käyttäjän on itse asetettava esimerkiksi anturien (Hydac Electronic GmbH 2012, 18–19.)

- tulosignaali 0–24 mA
- alempi- ja ylempi mittauspiste 0–600 bar
- mittauksessa käytettävä yksikkö bar

- näytettävien desimaalien määrä 2 kpl.

Järjestelmä pystyy lukemaan koeajopenkin analogisten antureiden lähettämiä signaaleja 0.5 ms välein ja tulosten näytteenottotiheyden voi asettaa korkeintaan yhteen minuuttiin asti (Hydac Electronic GmbH 2012, 74). Mittauksissa voidaan muuttaa näytteenottotiheyttä, tallennusaikaa ja mitata esimerkiksi kahden anturin välistä paine-eroa. Mittaus voidaan asettaa alkamaan automaattisesti esimerkiksi siitä, kun jonkun anturin mittaus-tulos ylittää tietyn arvon. Mittauksen aloituspiste voidaan määrittää myös monen eri pa-parametrin suhteen totuuslausekkeen avulla. Esimerkiksi voidaan valita neljä eri paramet-riä A, B, C ja D, joista A tai B parametrin tulee toteutua samanaikaisesti kuin C tai D parametri toteutuu, jotta mittaus käynnistyy. (Hydac Electronic GmbH 2012, 38–48.)

Järjestelmällä pystytään tekemään mittauksista kuvaajia reaaliaikaisesti laitteen omalle näytölle tai järjestelmään yhdistetyn tietokoneen näytölle, josta voidaan seurata testatta-van laitteen arvoja eri mittauspisteissä. HMG 3000 -laitteen päivitykset tulevat saataville tietokoneen internet-yhteyden kautta, josta ne voidaan asentaa laitteeseen haluttuna ajankohtana (Hydac Electronic GmbH 2012, 68). Laitteen tallennustila on 128 MB, joten siihen mahtuu tallentamaan 50 miljoonan mittauspisteen arvot, jonka lisäksi tiedot voi-daan siirtää tietokoneelle HMGWIN 3000 -ohjelmiston avulla (Hydac Electronic GmbH 2012, 74).

## 5.2 HMGWIN 3000 -ohjelmisto

HMG 3000 -laitteen mukana toimitetaan HMGWIN 3000 -ohjelmisto, jonka avulla voi-daan esimerkiksi jatkokäsitellä, tulkita ja tulostaa testituloksia. HMGWIN 3000 -ohjel-masta mittaustulokset voidaan viedä esimerkiksi Excel-taulukkolaskentaohjelmaan, jonka avulla tuloksia voidaan jatkokäsitellä ja esimerkiksi lähettää asiakkaille dokumen-toitavaksi (Hydac Electronic GmbH 2010, 22).

Koeajopenkin valvomon ohjauspulpetin yhteydessä on tietokone, johon on asennettuna HMGWIN 3000 -ohjelmisto. HMG 3000 -laite on liitetty tietokoneeseen USB-kaapelilla. Tietokoneen HMGWIN 3000 -ohjelmistolla voidaan myös ohjata HMG 3000 -laitetta ja tehdä reaaliaikaisia mittauksia, jolloin mittaustulokset ja kuvaajat saadaan näkymään myös tietokoneen näytöllä. Lisäksi järjestelmään voidaan tallentaa käyttäjäkohtaisia ase-tuksia, joiden avulla voidaan valita esimerkiksi hydraulipumppujen ja -moottoreiden tes-taamiseen omat mittausasetukset. (Hydac Electronic GmbH 2012, 4–5.)

## 6 POHDINTAA

Toimeksiannon tavoitteena oli laatia hydraulipumppujen ja -moottoreiden testaamiseen käytettävän koeajopenkin osaluettelo, hydrauliiikkakaavio, toiminnan kuvaus ja modernisoitavien kohteiden lista, sekä tutustua HMG 3000 -järjestelmään. Toimeksiannon tehtävä oli yritykselle tarpeellinen, koska koeajopenkin dokumentointi oli jäänyt osittain vajaaksi, kun koeajopenkkiä oli aikaisemmin kehitetty. Tämän vuoksi oli tärkeää, että koeajopenkistä laaditaan tarpeelliset dokumentit, joita voidaan hyödyntää, kun tehdään päätöksiä koeajopenkin modernisoinnista. Dokumenttien avulla voidaan myös opastaa uutta henkilökuntaa siitä, kuinka koeajopenkki käytännössä toimii.

Työ aloitettiin ottamalla kuvia koeajopenkin osien tyyppikilvistä ja muista merkinnöistä, joiden perusteella tehtiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla osaluettelo. Osaluetteloa tehdessä ilmeni, että kaikissa koeajopenkin osissa ei ole näkyvissä tyyppimerkintöjä tai muita merkintöjä, joka vaikeutti osaluettelon tekemistä. Hydrauliiikkakaavion laatiminen aloitettiin seuraamalla yksi kerrallaan koeajopenkin virtausteitä ja hahmottelemalla kaaviota paperille, jonka pohjalta kaavio piirrettiin FluidSIM 5 -ohjelmalla. Toiminnan kuvaus tehtiin suurimmaksi osaksi hydrauliikkakaavion perusteella, lisäksi hyödynnettiin osaluetteloa ja yrityksen henkilökunnan tietoja koeajopenkin toiminnasta. HMG 3000 -järjestelmän ominaisuuksiin tutustuttiin HMG 3000 -laitteen ja HMGWIN 3000 -ohjelman käyttöohjeiden pohjalta. Modernisoitavien kohteiden lista laadittiin, kyselemällä yrityksen henkilökunnalta ehdotuksia koeajopenkin modernisoitaviksi kohteiksi. Modernisoitavat kohteet voivat parantaa esimerkiksi koeajopenkin suorituskykyä, luotettavuutta, dokumentointia, työskentelyergonomiaa, käytettävyyttä, säädettävyyttä tai turvallisuutta.

Työn tuloksena saavutettiin toimeksiannon tavoitteet, eli saatiin laadittua kaikki koeajopenkistä halutut dokumentit ja selitettyä sen toiminnan kuvaus. Koeajopenkin dokumenttien ja modernisoitavien kohteiden listan pohjalta, yritys pystyy alkaa suunnittelemaan koeajopenkin modernisointia. Modernisoinnin avulla yritys voi saavuttaa tarkemmat ja monipuolisemmat laitteiden testitulokset, kehittää hydraulipumppujen ja -moottoreiden huoltotoimintaansa ja saada uusia asiakkaita. Jatkossa on tärkeää, että koeajopenkkiä kehitettäessä huolehditaan myös siitä, että sen dokumentointi pysyy ajan tasalla.

Työ oli riittävän haastava, sillä osaluettelon, hydrauliikkakaavion ja toiminnan kuvauksen tekeminen valmiista järjestelmästä oli vähäisillä lähtötiedoilla haasteellista. Työ opetti paljon uusia asioita hydrauliiikasta, kun siihen pääsi perehtymään työssä tarkemmin.

## LÄHTEET

Hydac Electronic GmbH 2010. PC Software HMGWIN 3000 User manual. Viitattu 10.5.2020. [https://www.hydac.com/uploads/tx\\_userhysoftware/Handbuch\\_HMGWIN3000\\_V02\\_R03\\_2012-05-22\\_E.pdf](https://www.hydac.com/uploads/tx_userhysoftware/Handbuch_HMGWIN3000_V02_R03_2012-05-22_E.pdf)

Hydac Electronic GmbH 2012. Portable data recorder HMG 3000 User manual. Viitattu 6.5.2020. [https://www.hydac.com/uploads/tx\\_userhysoftware/User\\_manual\\_HMG\\_3000\\_V03\\_E\\_2012-09-21.pdf](https://www.hydac.com/uploads/tx_userhysoftware/User_manual_HMG_3000_V03_E_2012-09-21.pdf)

Hydac Electronic GmbH 2020. HMG 4000. Viitattu 17.5.2020. <https://www.hydac.com/no-en/products/measurement-display-and-analysis-tools/measuring-instruments/handheld-measuring-instruments/hmg-4000.html>

Raiha Hydraulics Oy 2020. Raiha Hydraulics Oy. Viitattu 5.5.2020. <https://www.raiha.com/>

UniVar Oy 2017. Shell Tellus S2 VX 32. Viitattu 16.5.2020. <https://www.shell-livedocs.com/data/published/fi/adeaffc6-6f51-4b51-9a7e-9980009493e9.pdf>

Univar Solutions Oy 2020. Shell Lubricants Voiteluaineluettelo. Viitattu 16.5.2020. [https://univarlubricants.com/wp-content/uploads/2020/04/univar\\_productcatalog\\_sf\\_04\\_2020\\_vers2.pdf](https://univarlubricants.com/wp-content/uploads/2020/04/univar_productcatalog_sf_04_2020_vers2.pdf)