

Niko Koskinen

Hydraulisen testipenkin mekaniikkasuunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Insinöörityö
20.4.2013

Tekijä Otsikko	Niko Koskinen Hydraulisen testipenkin mekaniikkasuunnittelu
Sivumäärä Aika	43 sivua 20.4.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Konesuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Heikki Paavilainen Yrittäjä Rauno Martikainen
<p>Tämä insinööri työ tehtiin Veranos Oy:lle. Aiheena on hydraulistoimisen testipenkin mekaniikkasuunnittelu. Tarve insinööri työlle lähti yrityksen halusta testata huollettujen, asiakkaalle lähtevien kaivinkoneen päähydrauliikkapumppujen toimintaa kuorman alla.</p> <p>Testipenkin toimintaperiaate poikkesi markkinoilla olevista niin, että kuormituksessa käytettävän hydraulipiirin ylimääräistä tilavuusvirtaa käytettiin järjestelmän hyötysuhteen parantamisessa.</p> <p>Insinööri työ suoritettiin projektiluontoisesti ja se alkoi syksyllä 2012. Projektin tämän insinööri työn osalta jatkui maaliskuun 2013 loppuun asti, jolloin viimeiset alihankintaa ja valmistusta varten tarvittavat mittakuvat toimitettiin Veranos Oy:lle.</p> <p>Työn suunnittelun tuloksena oli kolme testipenkkiin kuuluvaa teräsrakennekokonaisuutta, joiden suunnitteluun liittyvät näkökohdat ja vaatimukset käydään läpi. Lisäksi työssä tarkastellaan hydrauliiikan tärkeitä osa-alueita sekä testipenkissä käytettyjä komponentteja ja niiden ominaisuuksia.</p> <p>Tämän työn lopputuloksena oli noin 30 mittakuvaa testipenkkiin kuuluvien osien valmistusta varten sekä 3d- kokoonpanomalli, mikä sisälsi koneikon pääkomponentit.</p>	
Avainsanat	mekaniikkasuunnittelu, teräsrakenne, hydraulipumppu

Author(s) Title	Niko Koskinen Mechanical Design of a Hydraulic Test Bench
Number of Pages Date	41 pages + 13 appendices 20 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Design
Instructor(s)	Heikki Paavilainen, Lecturer, Metropolia University of Applied Sciences Rauno Martikainen, Entrepreneur, Veranos Oy
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by Veranos Oy. The objective of this Bachelor's thesis was the mechanical design of a hydraulic test bench.</p> <p>Veranos Oy needed to test the main hydraulic pumps of excavators under load before sending the pumps to customers.</p> <p>The operation method of this hydraulic test bench deviates from those available on the market. The key difference is that the hydraulic system uses the excess volumetric flow to drive the system itself, thereby greatly improving the overall efficiency.</p> <p>This thesis was executed as a project that started in autumn 2012. The part of the project that included this thesis continued till the end of March 2013 when the last dimension drawings were delivered to Veranos Oy.</p> <p>This thesis shows all of the aspects and demands that had to be taken under consideration and describes the most vital requirements of a well-working hydraulic system. The study also includes information about the components which were used and about their properties.</p> <p>As a result, approximately 30 pages of drawings ready for production were created, in addition some minor calculations. Also a full 3d-assembly containing the main components of the machinery was created.</p>	
Keywords	mechanical design, steel structure, hydraulic pump.

Sisälllys

1	Johdanto	1
1.1	Veranos Oy	1
1.2	Huoltotarpeen esiintyminen	2
2	Työn tausta	3
3	Työn teoria	4
3.1	Kytkimet	4
3.2	Hydrauliöljy	8
3.3	Hydraulijärjestelmän puhtaus	10
3.4	Hydraulipumput	13
4	Työn suunnitteluvaiheet	16
4.1	Kawasaki- hydraulipumput	17
4.2	Adapterilevyt	20
4.3	Pumpun liittäminen testipenkkiin	22
4.4	Pumpun akseliliitos	22
4.5	Kytkinliitos	25
4.6	Vaihteen ja testipumpun linjaus	27
4.7	Kelkan lukitus	29
4.8	Päärungon suunnittelu	31
4.9	Apurungon suunnittelu	32
4.10	Valuma-altaat	32
4.11	Sähkömoottorin alusta	33
4.12	Hydraulinestesäiliön suunnittelu	34
4.13	Tankin liitännät	36
5	Yhteenveto ja pohdinta	40
	Lähteet	42

Liitteet

Liite 1. Erilaisia SEA -liittimiä

Liite 2. Virtaukset ja putken tilavuudet, diagrammi

Liite 3. Brevini -vaihde

Liite 4. Hydraulipumppu asennettuna kaivinkoneeseen

Liite 5. Hydraulipumpun huoltokuvia

1 Johdanto

Tämän insinööriyön aiheena on hydraulisen testipenkin mekaniikkasuunnittelu. Insinööriyön tavoitteena oli luoda kaivinkoneiden hydraulipumppuja ja moottoreita huoltavalle yritykselle testilaitteisto, jolla voitiin todentaa pumppujen asianmukainen toiminta ja varmistaa huollon laatu.

1.1 Veranos Oy

Veranos Oy perustettiin vuonna 1997, jolloin liiketoimintana oli toimistotarvikkeiden jälleenmyyntiä yhden miehen yrityksenä. Vuonna 1998 toiminta vaihtui maanrakennuskoneiden varaosamyntiin. Yritys myi todella kattavasti erilaisia varaosia maanrakennusyrittäjien erilaisiin tarpeisiin. Vuonna 2002 yritys otti käyttöön aputoiminiemen Varaosaparatiisi, tällöin alkoi myös oma maahantuonti. Yrityksen toimitilat ovat alusta asti sijainneet Pitäjänmäessä, Takkatiellä, missä toimintaa edelleen harjoitetaan. Toiminta kehittyi vuosien varrella, kun Veranos Oy:n tietotaito kasvoi erilaisten yhteistyökumppaneiden avustuksella. Yritys rupesi keskittymään yhä enemmän kaivinkonehydrauliikkaan. Toimintaan otettiin ensin kaivinkoneen vetonapojen huolto ja, tietämyksen kartuttua, mukaan tulivat myös erilaiset hydraulitoimiset pumput ja moottorit.

Markkinoilla on kasvava tarve laadukkaalle hydraulilaittehuollolle. Veranos Oy Varaosaparatiisi tavoittelee juuri laatua arvostavia asiakkaita. Laadun takaamiseksi yritys käyttää laadukkaita Japanissa ja Saksassa valmistettuja alkuperäisvaraosia. Tunnetuimpia merkkejä, joita yrityksen valikoimasta löytyy, ovat Hitachi, Uchida, Rexroth ja Kawasaki. Kaikista tärkeimpänä Kawasaki, joka on yleisin Suomeen tuotavien kaivinkoneitten hydraulikkalaittevalmistaja.

Veranos Oy:n keskittyessä yhä enemmän hydraulikkakomponentteihin, tarjottava varaosavalikoima supistui. Nykyään huolto- ja varaosavalikoimaan kuuluvat erilaiset navat, pumput, kääntömoottorit sekä kääntökehät. Rauno ja Pertti Martikainen ovat yhtiön pääomistajia ja toimivat tarpeen mukaan niin myynti- kuin huoltotehtävissäkin. Tällä hetkellä yritys työllistää neljä henkeä. Pääomistajien lisäksi yrityksellä on yksi

kokopäiväinen asentaja sekä yksi kokopäiväinen varaosamyyjä. Yrityksen liikevaihto on noin miljoona euroa.

Veranos Oy:n huoltotoiminta perustuu nykyään avoimeen piiriin perustuvien hydraulijärjestelmien huoltoon. Yrityksen tavoitteena on laajentaa toimintaansa myös suljetun piirin järjestelmiin. Markkinoilla on tarvetta suljetun piirin hydraulijärjestelmien asiantuntijoille, joten askel tähän suuntaan laajentaisi yrityksen asiakaspiiriä huomattavasti. Yritys haluaa tulevaisuudessa edelleen painottaa korkeaa laatua. Hydraulimoottoreiden ja pumppujen huollon laatu ja asianmukainen toiminta halutaan varmentaa testaamalla ja säätämällä pumput testipenkissä kuorman alla, ennen kuin ne lähetetään asiakkaalle. Tähän mennessä suljetun piirin toimintaperiaatteella toimivien hydraulilaitteiden säätimien toimintaa ei ole kyetty varmentamaan millään muulla tavalla. Tämä synnytti tarpeen testilaitteistoa varten, johon tässä insinööriyössä keskitytään [14].

1.2 Huoltotarpeen esiintyminen

Koska kaivinkoneissa käytetyissä hydraulikomponenteissa vaikuttavat kovat voimat ja paineet, ne ovat jatkuvan rasituksen alla. Hydraulijärjestelmän nesteen puhtaus toimii avainasemassa määrittäessä laitteiden elinikää ja huoltotarvetta. Hydraulipumppujen ja moottoreiden huoltovälit vaihtelevat paljon riippuen siitä, suoritetaanko perushuollot aikataulussa ja miten laitteita käytetään. Järjestelmää rasittaa pahiten se, ettei nesteitä ja suodattimia vaihdeta tarpeeksi usein. Muita kulumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat kylmäkäynnistykset sekä se, että järjestelmää käytetään liian kylmänä tai vaihtoehtoisesti liian kuumana. Vakavia vaurioita esiintyy, jos järjestelmä pääsee käymään edes pienen hetken kuivana.

Kaivinkoneen hydraulilaitteiden peruskunnostus suoritetaan kymmenentuhannen käyttötunnin välein, mutta etupäässä tarpeen mukaan. Tarve hydrauliiikan huollolle esiintyy, kun laitteissa ilmenee tehon häviämistä, ohivuotoa ja lämpenemistä. Ohivuoto saattaa vaikuttaa niin, että esimerkiksi pääakselin päässä olevat tiivisteet alkavat vuotaa nestettä. Hydraulijärjestelmän vikaantumien johtaa myös siihen, että päävoimalähteenä käytetty dieselmoottori ylikuormittuu ja kokonaishyötysuhde laskee.

Huollon aikana hydraulimoottorit, pumput ja niiden säätimet puretaan täydellisesti. Huolto pitää sisällään niin visuaalisia tarkastuksia kuin mittauksiakin. Tärkeimpiä huoltokohteita ovat pumpun etupään hydrostaattinen laakerointi, ns. pyörivän ryhmän kunnan tarkastus, mekaanisen kulumisen tarkistaminen kaikissa osissa (liite 5 s. 5) sekä laakereiden ja tiivisteiden vaihto. Säätimien toiminta tarkastetaan kokoonpanon yhteydessä [14].

2 Työn tausta

Projekti sai alkunsa jo syyslukukauden 2011 alussa, kun Veranos Oy otti yhteyttä Metropolia Ammattikorkeakouluun ja esitteli tarvettaan. Yhteyshenkilönä toimi hydraulikkaa ja pneumatiikkaa opettava lehtori Heikki Paavilainen. Ensimmäisen testipenkkiversion ajatuksena oli, että testattavaa pumppua pyöritettäisiin suoraan 75 kW:n sähkömoottorin avulla. Rakenne oli paljon yksinkertaisempi kuin lopullinen kierrätyksen kanssa toteutettu versio. Järjestelmän liitetty kierrätys- ominaisuus mahdollisti paremman hyötysuhteen ja perustui hukkatehon talteenottoon.

Projektiin lähti mukaan eräs Metropolian konetekniikan opiskelija, mutta projektin haastavuus ja ajan puute aiheuttivat sen, että projekti lyötiin hetkeksi jäihin. Kesän 2012 aikana testipenkin toimintaperiaatetta muutettiin ja projekti aloitettiin taas vuoden 2012 syksyllä, jolloin projektiin osallistuivat Metropolian insinööriopiskelijat Niko Koskinen ja Peter Ågren.

Projektipalavereja järjestettiin noin parin viikon välein, niissä esitettiin syntyneitä ideoita ja malleja sekä saatiin selvyys, missä vaiheessa projekti oli meneillään. Projektin sisäiseksi tiedonvaihtokanavaksi valittiin sähköposti. Työn suunnittelussa käytettiin 3d -mallien ja kokoonpanojen luomiseen Catia V5 CAD -suunnitteluohjelmistoa. Mittapiirustukset luotiin Vertex G4 CAD -ohjelmistolla, koska se havaittiin kätevämmäksi ja joustavammaksi kuin Catia. Mittakuvat toimitettiin edelleen Veranokselle PDF- sekä -DXF tiedostoformaateissa, jotka välitettiin edelleen alihankkijoille tarjouskyselyitä varten.

Muina apputyökaluina toimivat Microsoft Office -paketin Word sekä Excel. Kun hydraulijärjestelmän vaatimukset selkenivät, voitiin ruveta etsimään näitä vaatimuksia

täyttäviä komponentteja. Yleensä valmistajilla oli tarjota PDF -dokumentti, mistä näkyvät kaikki komponentin ominaisuudet ja ääri- sekä asennusmitat. Osalla valmistajista oli myös tarjota täydellinen 3d-malli, joka sovitettiin suoraan isompaan kokoonpanoon. Muussa tapauksessa jouduttiin näkemään paljon vaivaa ja luomaan itse tarvittava malli, jotta pystyttiin näkemään, miten komponentti sopii paikoilleen.

3 Työn teoria

Teoriaosuudessa esitetään työssä käytettyjen komponenttien toimintaa, kerrotaan yleisesti voiteluaineista sekä hydraulijärjestelmän suodatuksen tärkeydestä. Luvun lopussa kerrotaan hydraulipumpun toiminnasta sekä näytetään, mitä osia hydraulipumppu sisältää.

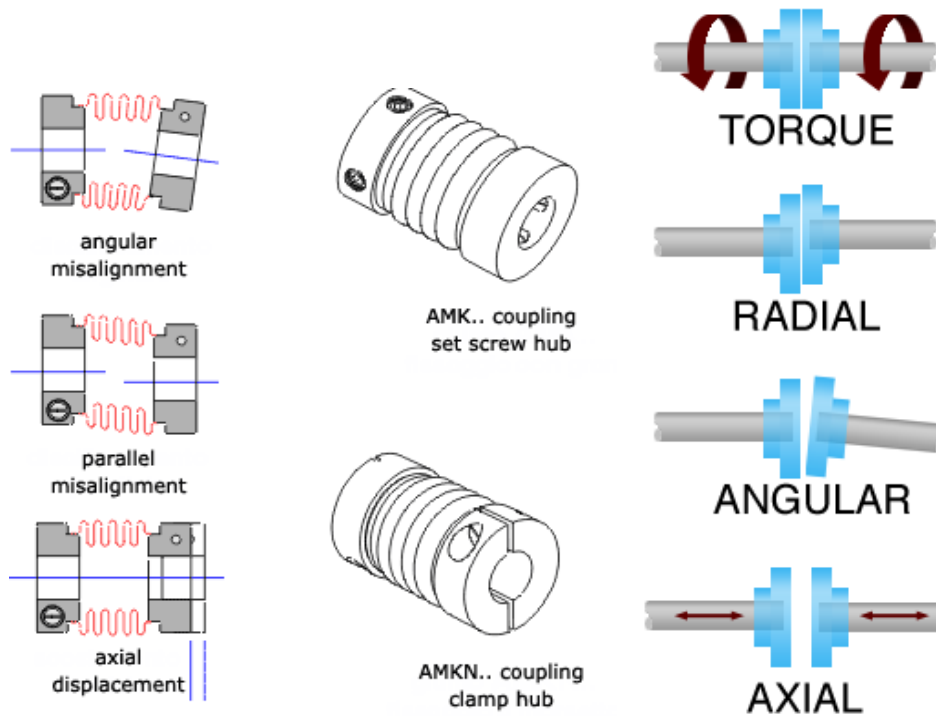
3.1 Kytkimet

Tässä insinööriyössä kytkin käsitetään mekaanisena laitteena tai komponenttina. Kytkin on komponentti, joka yhdistää kaksi toisiinsa liitettävää pyörivää akselia. Se välittää voimaa eli momenttia. Pääasiallisena tarkoituksenaan kytkin on liitos, joka on purettavissa. Lisäksi, se toimii ikään kuin järjestelmän sulakkeena. Siinä tapauksessa, että momentti kasvaa liian suureksi, kytkimen välinen liitos joko antaa periksi tai jokin sen osa murtuu. Tätä kautta akseleiden välinen voimavälitys katkeaa. Kun kytkimestä tehdään koko järjestelmän "heikoin osa", akselit ja koko loppu järjestelmä säilyy vahingoittumattomana.

Kytinten rakenneratkaisut poikkeavat toisistaan huomattavasti. Osa kytkimistä on ns. kiinteitä rakenteita (kuvio 1), jotka eivät jousta ollenkaan. Usein rakenteisiin on kehitetty jonkinlainen ratkaisu, jolla saadaan aikaiseksi joustoa, joka sallii tietyn määrän akseleiden välistä aksiaali- ja säteisheittoa sekä kulmavirhettä (kuvio 2). Jousto myös pehmentää välitettävässä voimassa esiintyviä satunnaisia momenttipiikkejä.

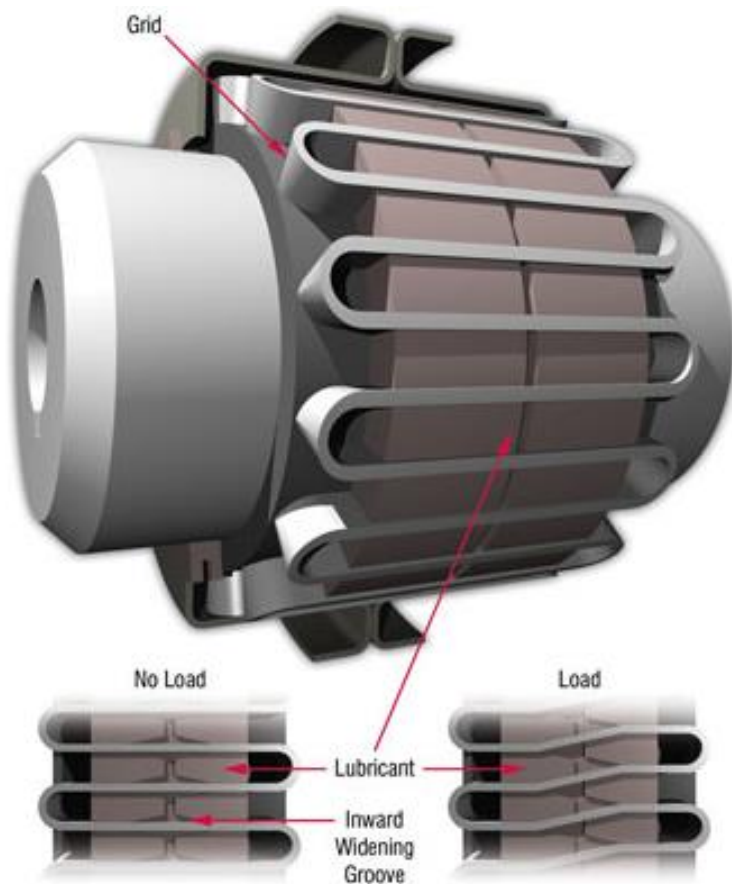


Kuvio 1. Esimerkki joustamattomasta kytkinrakenteesta [17].



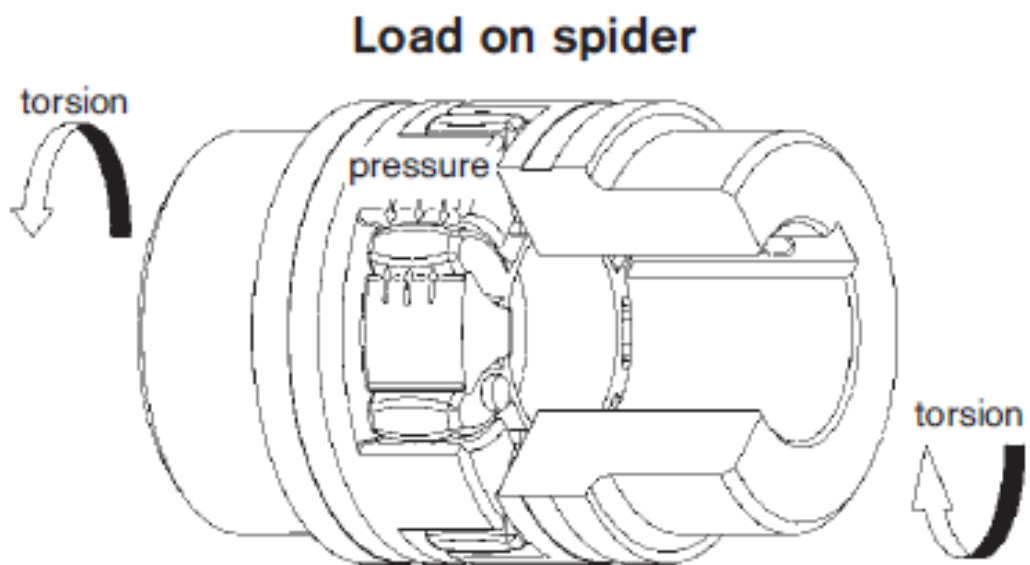
Kuvio 2. Kytkimen sallimat poikkeamat eri suunnissa [6].

Kytkimen toiminta saattaa olla mekaanisesti automatisoitua. Kytkin saattaa esimerkiksi kytkeytyä, kun saavutetaan tarpeeksi kova pyörimisnopeus. Tämä toteutuu esimerkiksi keskipakokytkimessä. Vastaavasti kytkimen toiminta voi olla juuri päinvastaista eli kun voima tai pyörimisnopeus kasvaa liian suureksi, kytkinliitos antaa periksi. Kytkinrakenteessa saattaa olla myös jonkintyyppinen ratkaisu, jolla välitetty maksimimomentti voidaan asettaa. Kytkimen puolikkaita saattavat yhdistää esimerkiksi pulttiliitos, joka on varustettu murtotapeilla. Muita liitospintoja ovat esimerkiksi kitkapinnat, metallisakarot, joiden välissä on joustoelementti tai jousilamellit (kuvio 3). On myös olemassa nestekytкимиä, joiden voimaa välittävänä tekijänä toimii niiden sisältämä hydraulioöljy.

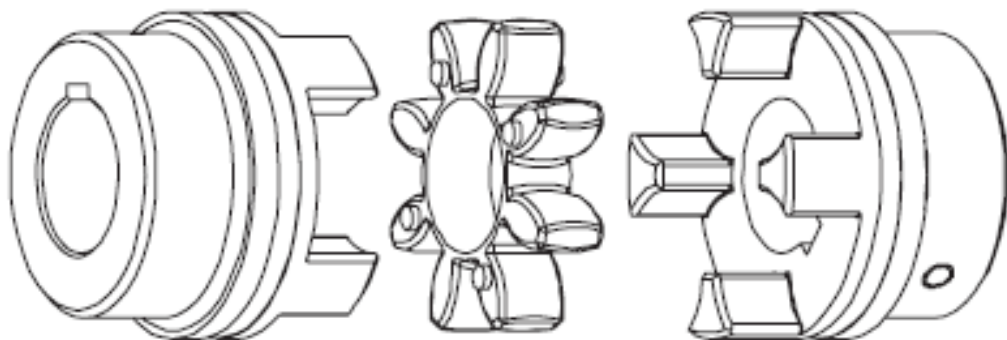


Kuvio 3. Esimerkki joustavasta kytkinrakenteesta [6].

Kytkimen ja akselin välinen liitos saatetaan toteuttaa esimerkiksi kiilauraliitoksella, laippaliitoksella, puristusholkilla tai ura-akseliliitoksella, kuten tässä insinööriyössä. Kytkinliitosta suunniteltaessa tulee huomioida vaikuttavan voiman suuruus ja suunta, jaksottaisuus, erilaiset värähtelyt, jouston tarve sekä se, onko kytkinliitos tarpeellista irrottaa. Markkinoilta löytyy lukematon määrä erilaisia kytkinvalmistajia, jotka tarjoavat suuren valikoiman kytкимиä erilaisiin sovelluksiin. Tässä insinööriyössä parhaimmaksi ratkaisuksi havaittiin edullinen joustoelementillä varustettu sakarakytkin (kuviot 4 ja 5).



Kuvio 4. Joustoelementin toiminta [6].

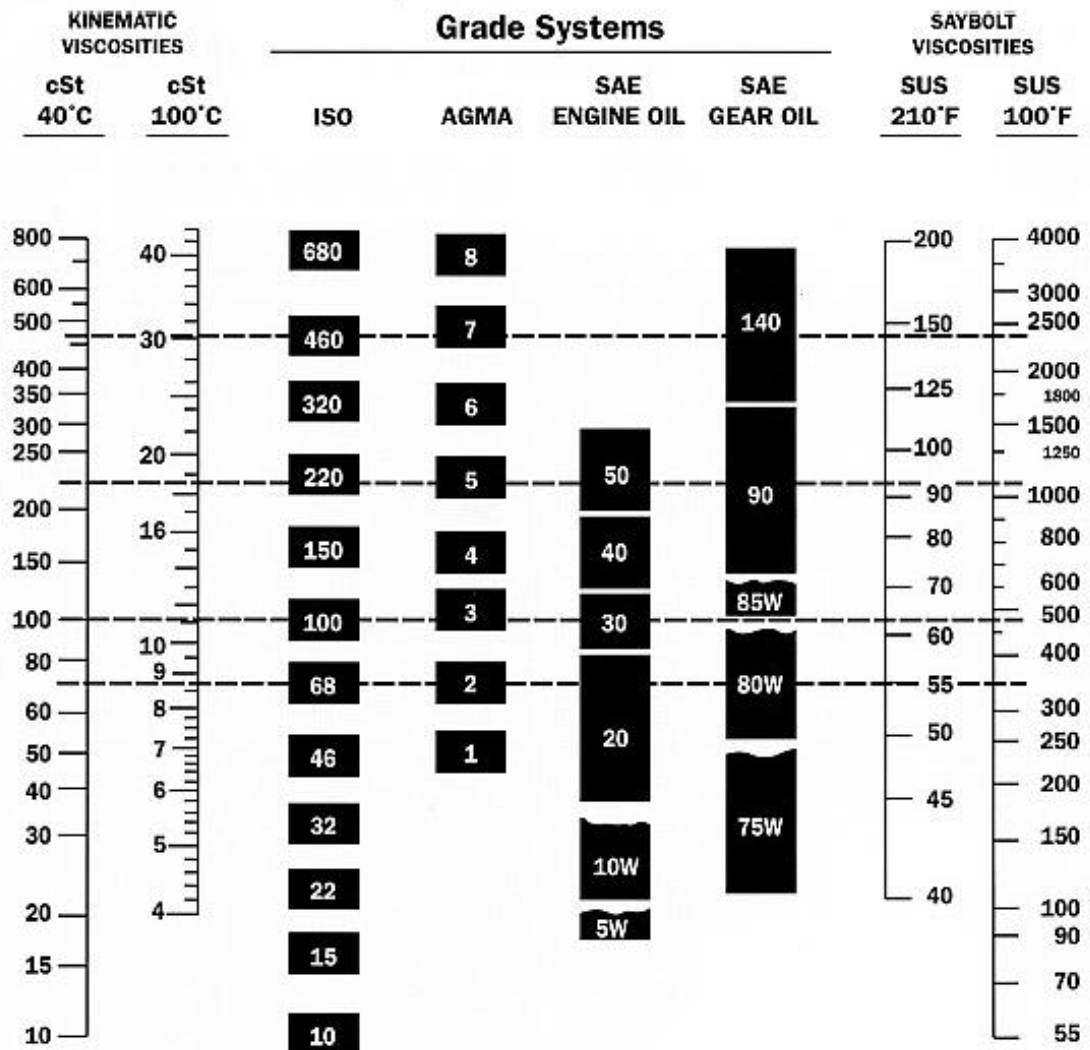


Kuvio 5. Sakarakytkimen kokoonpano [6].

3.2 Hydraulioöljy

Hydraulinesteen tarkoituksena hydraulijärjestelmässä on siirtää tehoa pumpuilta toimilaitteille. Öljyn muut tärkeät tehtävät on hydraulikomponenttien voitelu, tiivistäminen ja järjestelmän jäähdytys. Hydraulineste huuhtelee epäpuhtauksia järjestelmästä, kulkien suodattimien läpi, joka kerää suurimman osan nesteessä olevista epäpuhtauksista. Hydraulijärjestelmien neste on yleisimmin lisäaineistettua mineraaliöljyä. Tietyissä hydraulisovelluksissa käytetään muita öljytyyppejä, kuten synteettisiä öljyjä tai kasvisöljypohjaisia öljyjä. Markkinoilla on lukematon määrä erilaisia hydraulioöljyjä, jotka vaihtelevat ominaisuuksiltaan tarvittavan käyttötarkoituksen ja kohteen mukaan.

Tärkein ominaisuus öljylle on viskositeetti, joka muuttuu lämpötilan mukaan. Viskositeetti kertoo, miten juoksevaa hydraulineste on. Viskositeettia mitataan erilaisilla mittaustavoilla. Näistä ehkä tunnetuin on cSt (senttistoki), joka perustuu siihen, kuinka paljon todellista voimaa tarvitaan nesteen sisäisen kitkan voittamiseen. Valmistajalla on esittää käyrät, jotka näyttävät miten viskositeetti muuttuu lämpötilan muuttuessa (kuvio 6). Lisäksi valmistaja kertoo, mihin käyttötarkoituksiin neste soveltuu.



Viscosities can be related horizontally only. For example, the following oils have similar viscosities: ISO 460, AGMA 7 and SAE GEAR OIL 140.

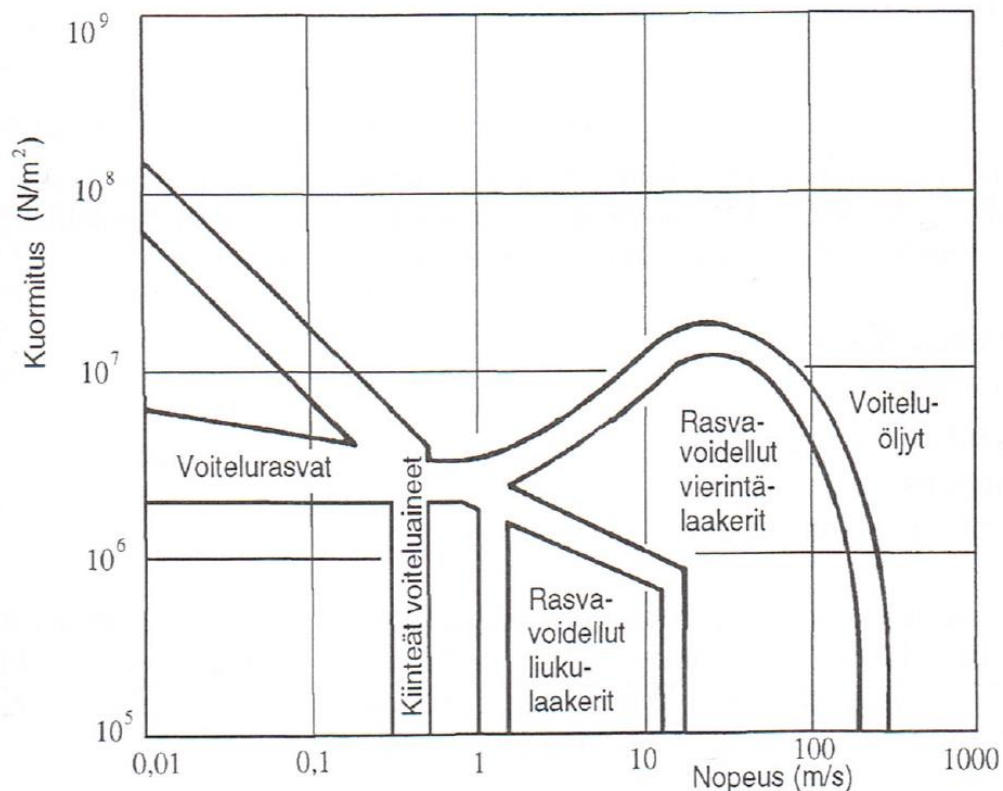
The viscosity/temperature relationships are based on 95 VI oils and are usable only for mono grade engine oils, gear oils and other 95 VI oils.

Crankcase oils and gear oils are based on 100°C viscosity. The "W" grades are classified on low temperature properties. ISO oils and AGMA grades are based on 40°C viscosity.

Kuvio 6. Öljyn viskositeetti mitattuna eri asteikoilla ja eri lämpötiloissa [2].

Vääräntyyppisen hydraulinesteen käyttämisestä saattaa seurata esimerkiksi hydraulikomponenttien kumi- tai muovitiivisteiden vaurioituminen. Liian jäykkä hydraulineeste saattaa aiheuttaa kavitaatiota hydraulipumpun imupuolella, mikä ajan mittaan johtaa pumpun vaurioitumiseen. Liian juokseva hydraulineeste taas voi johtaa voiteluhäiriöihin ja sitä myötä hydraulikomponenttien mekaaniseen

kiinnileikkautumiseen. Peruslähtökohdiana on, että rasvat ovat hitaasti pyörivissä käyttökohteissa ja vähemmän viskoosit voiteluaineet ja öljyt on tarkoitettu nopeammin pyöriviin käyttökohteisiin (kuvio 7). Hydraulineste muodostaa hydraulikomponenttien metallipintojen välille elintärkeän sadasosamillien paksun voitelukerroksen, joka estää hydraulikomponenttien kulumisen. Hydraulinesteisiin lisätyillä lisäaineilla saavutetaan erilaisia toivottuja ominaisuuksia. Näitä ovat esimerkiksi: korroosionkestokyky, vedenerottamiskyky ja vaahtoamisenesto.



Kuvio 7. Voiteluaineiden soveltuvuus eri kierrosnopeuksille ja kuormituksille [1 s. 437].

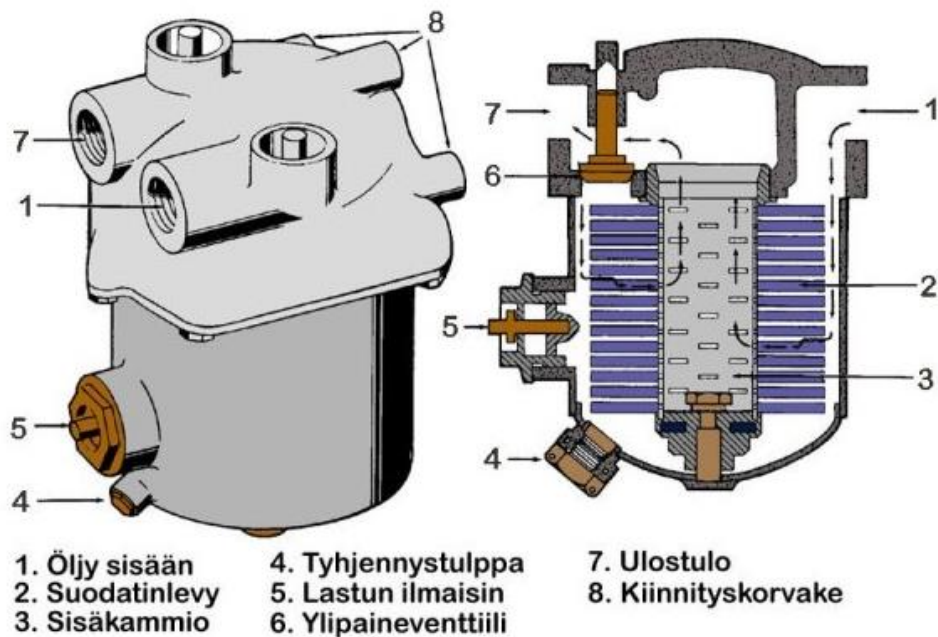
3.3 Hydraulijärjestelmän puhtaus

Hydraulijärjestelmän toiminnan kannalta puhtaus on erittäin tärkeä asia. Järjestelmään pääsevät epäpuhtaudet ja ajanmittaan kertyvä kondenssivesi syövyttävät metallipintoja ja kuluttavat hydraulikomponentteja. Hydraulijärjestelmissä aiheutuvien häiriöitten määrä johtuu 70–80 %:ssa tapauksista järjestelmässä olevista epäpuhtauksista. Järjestelmään kulkeutuu likaa pääasiassa kolmella eri tapaa: ulkoa tulevat epäpuhtaudet, sisäisesti kehittyvät epäpuhtaudet ja valmistusvaiheessa järjestelmään

jääneet epäpuhtaudet. Pitkäaikainen kuluma kuluttaa toimilaitteiden metallipintoja, epävakauttaen hydraulitoimilaitteiden toimintaa ja laskien kokonaishyötysuhdetta. Ajan mittaan liikkuvien osien välykset kasvavat ja ohivuoto lisääntyy.

Muovi- ja kumitiivisteet haurastuvat ajan myötä, ja ne on myös uusittava tarvittaessa. Vuototapauksissa järjestelmiin saattaa myös kulkeutua ilmaa. Hydraulinesteen puhtauden tärkeys korostuu, kun järjestelmän paine ja siinä kiertävän tilavuusvirran määrä nousee. Hydraulijärjestelmät saattavat usein toimia haastavissa sääoloissa, niin kuumissa kuin kylmissäkin lämpötiloissa. Mitä paremmin järjestelmä suojataan rankalta lämpötilanvaihtelulta ja siihen ympäristöstä kulkeutuvalta lialta, sitä paremmin järjestelmän oikeanlainen toiminta voidaan taata.

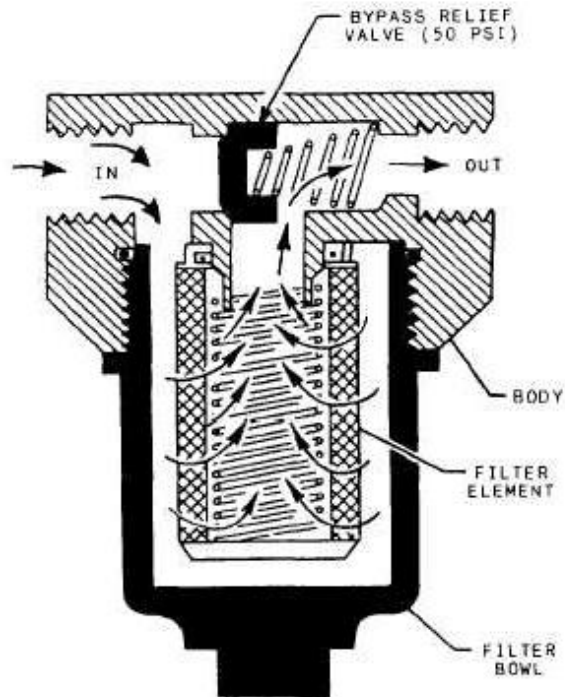
Hydraulijärjestelmien puhtaudesta huolehtivat erilaiset suodatinratkaisut. Hydraulinesäiliöiden täyttöaukkoihin asennetaan karkeita suodattimia niin, että sinne lisättävän hydraulinesteen mukana ei pääse karkeita epäpuhtauksia. Järjestelmän imupuolelle asennetaan usein imusuodattimia (kuvio 8), jotka taas suojelevat toimilaitteita epäpuhtauksilta. Kun hydraulineeste on kiertänyt järjestelmän, se palaa taas tankille, mutta sitä ennen se saatetaan se ohjata painesuodattimien kautta. Hydraulinesteet ja suodattimet tulee vaihtaa määräajoin. Huolto ajankohta tulee usein tietyin aikavälein, esimerkiksi joka kuukausi tai kun käyttötunnit tulevat täyteen.



Kuvio 8. Öljysuodattimen halkileikkaus [18].

Suodattimissa saattaa olla erilaisia indikaattoreita, jotka kertovat järjestelmän likaisuusasteesta tai siitä, alkaako jokin suodatin olla tukossa ja vaatii vaihtoa tai puhdistusta. Öljyn kuntoa voi parhaiten arvioida visuaalisella tarkastelulla. Likainen öljy on usein sameaa, tummaa ja voimakkaan hajuista. Järjestelmiin saatetaan myös lisätä magneettisuodattimia, jotka keräävät itseensä metallihiukkasia. Magneettisuodatin sijoitetaan yleensä hydraulisäiliön tyhjennystulppaan, mistä hydraulioöljyn seassa kulkevien metallipartikkelien määrää voi seurata öljynvaihdon yhteydessä.

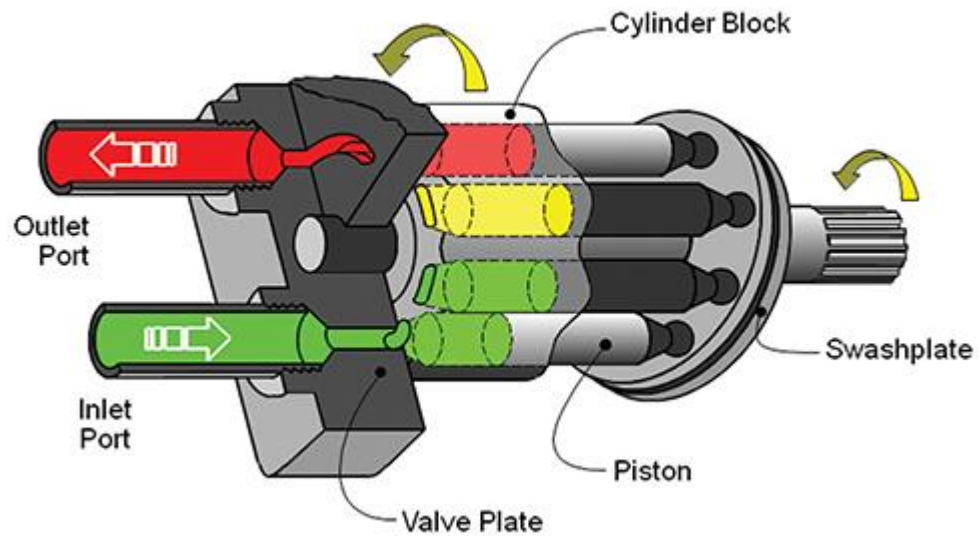
Suodatinvalmistaja ilmoittaa suodattimen läpi kulkevan sallitun maksimitilavuusvirran ja suodatusasteen. Usein suodattimet ovat vaihdettavia, patruunatyypisiä suodatinelementtejä ja käytetty tai tukkeutunut suodatinpatruuna vaihdetaan uuteen. Suodattimen materiaali on yleensä kyllästettyä paperia, lasikuitua tai metalliverkkoa. Suodattimiin on yleensä integroitu ohivirtausventtiili (kuvio 9). Venttiili päästää hydraulinesteen lävitseen siinä tapauksessa, kun suodatin tukkeutuu.



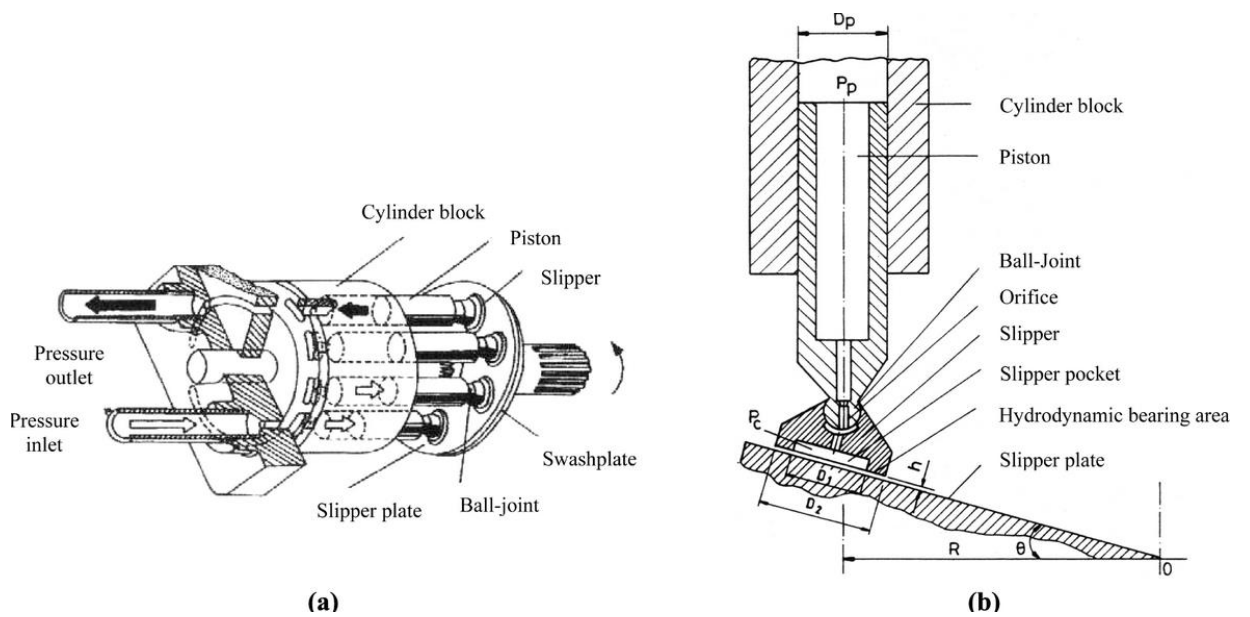
Kuvio 9. Öljyn virtaus suodattimessa [18].

3.4 Hydraulipumput

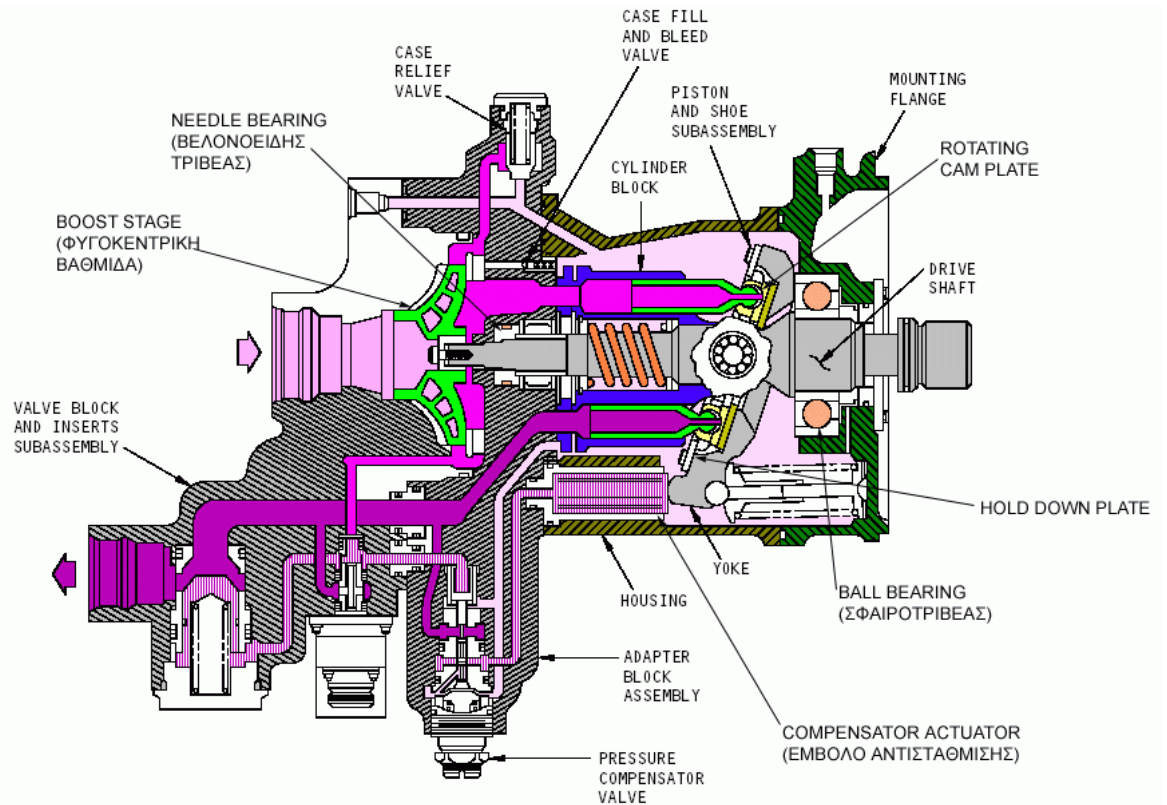
Hydraulipumppu toimii hydraulijärjestelmän sydämenä ja on sitä myötä sen tärkeimpiä osia. Hydraulipumpun tehtävänä on muuttaa sähkö- tai polttomoottorilta tuleva energia hydrauliseksi energiaksi. Yksinkertaistettuna pumppu toimii siten, että se kehittää imupuolelle (Inlet Port) alipainetta, imien hydraulineestettä sisäänsä ja työntää sitä painepuolelta (Outlet Port) ulos luoden järjestelmän tarvitseman tilavuusvirran (kuvio 10). Muuttuvatilavuusvirtaisissa pumpuissa on erillinen levy, jonka kulmaa muuttamalla saadaan aikaiseksi tilavuusvirran muutos (kuvio 10, 11, ja 12).



Kuvio 10. Öljyn virtaus imupuolelta painepuolelle [16].

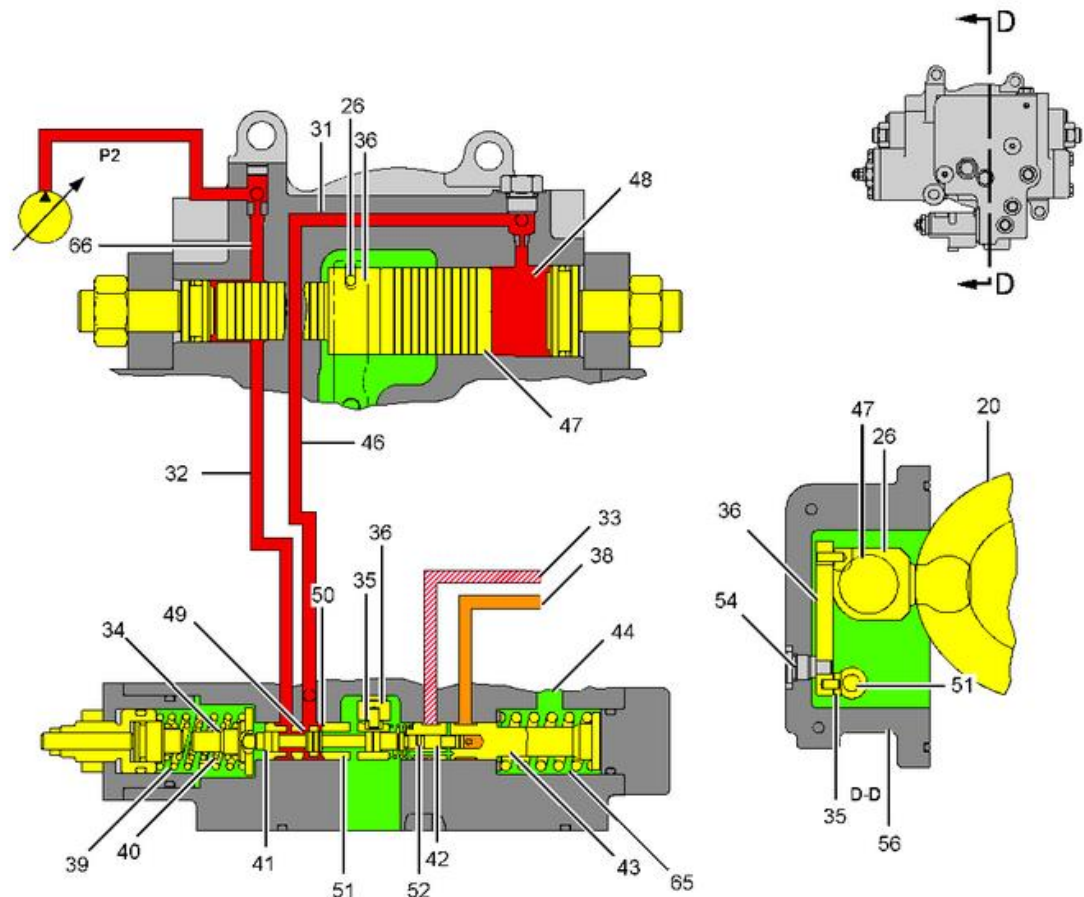


Kuvio 11. Säättötilavuusvirtainen pumppu [16].



Kuvio 12. Säätötilavuusvirtaisen hydraulipumpun halkileikkaus [19].

Hydraulipumput voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: vakiotilavuusvirtapumput ja säätötilavuuspumppuihin. Säätötilavuuspumppujen etuna on se, että niiden tuottamaa tilavuusvirran määrää voi säädellä käytön aikana. Säätötilavuusvirtapumppujen toiminta on monimutkaisempaa. Säätötilavuuspumppujen tilavuutta ohjataan säätimillä (kuvio 13), joihin syötetään ohjaussignaalia.



Kuvio 13. Säätimen leikkauskuva [24].

Tämän lisäksi löytyy myös mekaanishydraulisia säätimiä. Pumpun koko ilmoitetaan yleisesti tilavuusvirtana ja paineena. Tilavuusvirta eli pumpun tuotto tarkoittaa sitä, kuinka paljon pumppu pystyy siirtämään hydraulineestettä (l/min), kun sitä pyöritetään tietyllä kierrosnopeudella (r/min). Paine ilmoitetaan yleensä megapascalleina (MPa).

Erityyppisten hydraulipumppujen mekaaninen rakenne ja toimintaperiaatteet poikkeavat paljon toisistaan. Yleisimpiä pumpputyyppejä ovat hammaspyöräpumput, siipipumput, mäntäpumput ja ruuvipumput. Kaikilla on hyvät ja huonot puolensa, ja ne kykenevät aikaansaamaan tietyn verran painetta ja tilavuusvirtaa.

4 Työn suunnitteluvaiheet

Tässä luvussa käydään läpi yleistä asiaa Kawasaki- pumpuista sekä siitä, miten testattava pumppu suunniteltiin liittää testipenkkiin. Myös jokaisen testipenkin eri

osakokonaisuuden suunnitteluun vaikuttaneet näkökohdat ja vaatimukset esitetään yksityiskohtaisesti.

4.1 Kawasaki- hydraulipumput

Veranos Oy:n päätarve oli testata Kawasaki- merkkisiä pumppuja (kuvio 14), joita huollossa kävi eniten. Rauno Martikainen esitteli aloituspalaverissa Kawasaki-pumppujen luetteloa, jossa oli esiteltynä erityyppisiä ja erikokoisia pumppuja. Pumput jaottuivat karkeasti kahteen ryhmään: yksipesäiset sekä kaksipesäiset, "tandem"-malliset pumput (kuvio 15). Pumppujen tilavuus vaihteli pienimmästä yksipesäisestä 63 cm³, suurimpaan kaksipesäiseen 2 x 280 cm³ pumppuun.



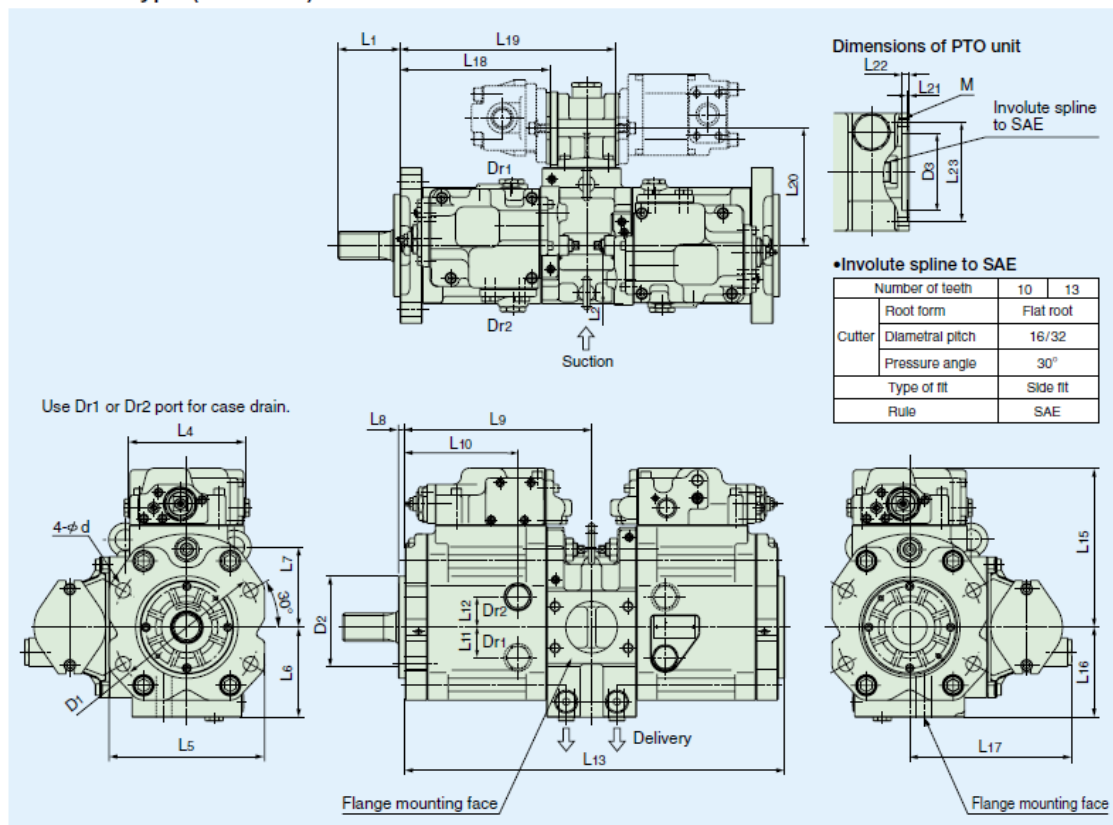
Kuvio 14. Erilaisia Kawasaki-hydraulipumppuja [20].

Tästä PDF- muodossa olevasta luettelosta myös selvisivät pumppujen tärkeimmät rakenteelliset mitat, kiinnitysrajapinnat, kiinnitysreikien paikoitus sekä pumpun uritetun pääakselin mitat sekä standardi. Suurin ero pumppujen kiinnitysten välillä oli isokokoisemmissa pumpuissa käytetty kytkinkotelorakenne (kuvio 16), joka määräsi

testipenkin minimikoon. Kawasaki- pumpput ovat asennettu kaivinkoneeseen niin, että imuportti osoittaa alaspäin (liite 4).

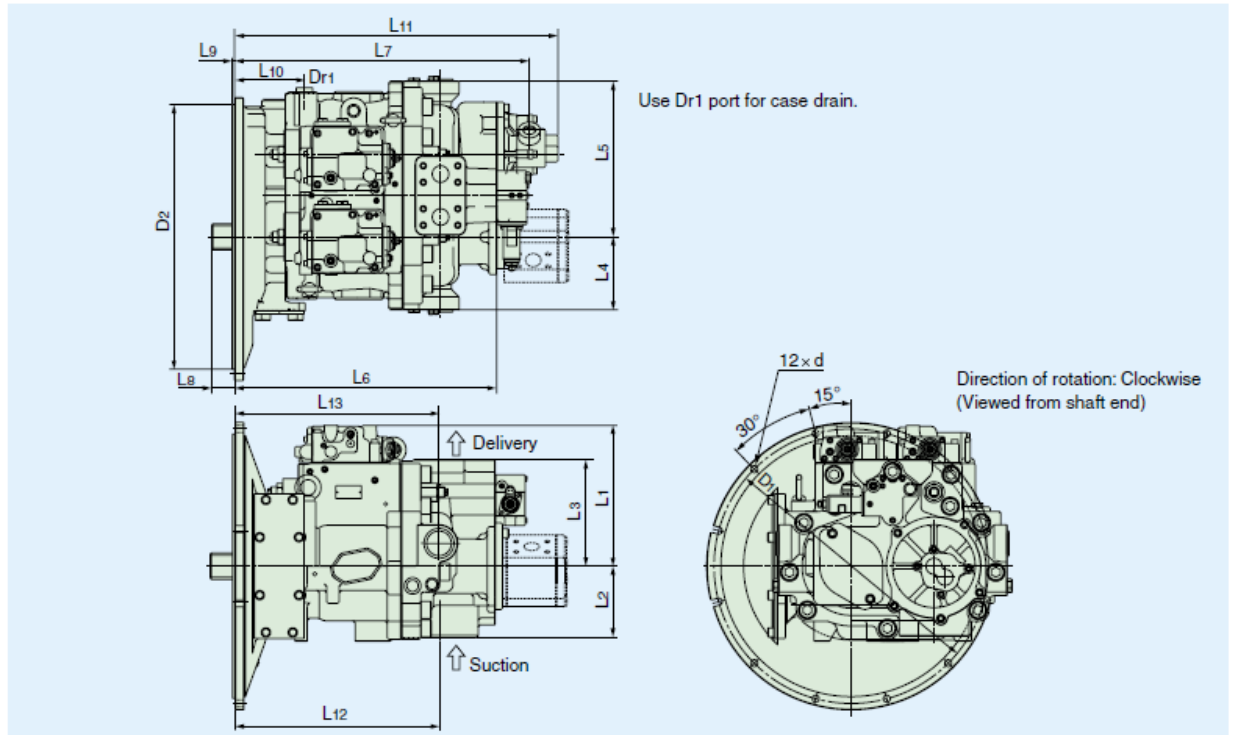
Kaikkia pumppuja yhdisti se, että takaapäin katsottuna pumppujen vasemmalla puolella oli imuportti ja oikealla puolella taas paineportti. Liitännät oli toteutettu SAE -laipalla (liite 1), joka oli yleisesti standardoitu. Painoerot pumppujen välillä vaihtelivat pienimmästä 48 kg:n pumpusta raskaimpaan 270 kg painavaan K3V280 -tandempumppuun. Pumpun rakenne selviää paremmin kuvion 17 yksipesäisen Kawasaki – pumpun räjäytyskuvasta.

• Tandem Type (with PTO)

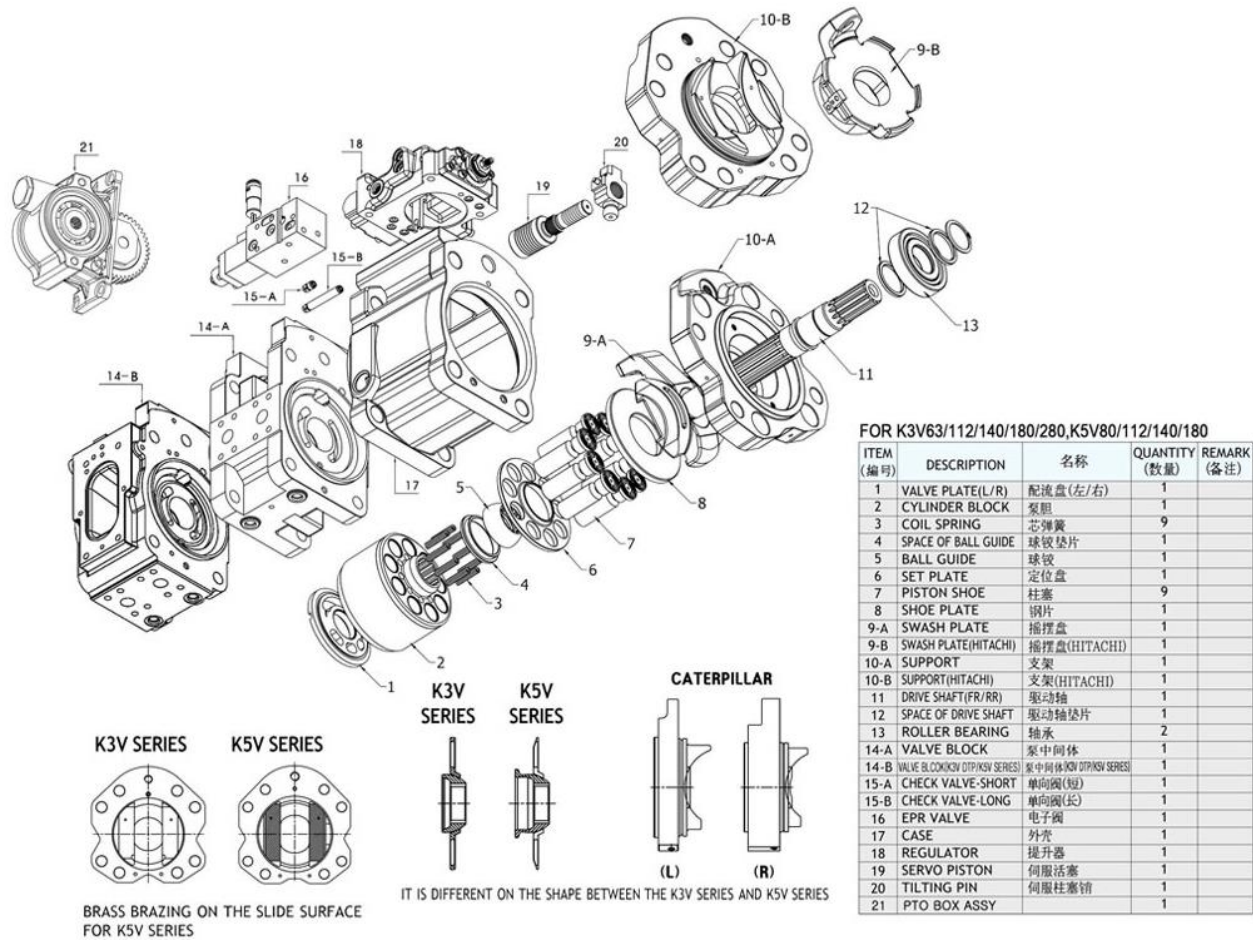


Kuvio 15. Tandem- tyyppinen Kawasaki –hydraulipumppu [20].

•Parallel Type



Kuvio 16. Kytinkotelotyypisellä kiinnityslaipalla toteutettu pumppu [20].



Kuvio 17. Hydraulipumpun räjäytyskuva [20].

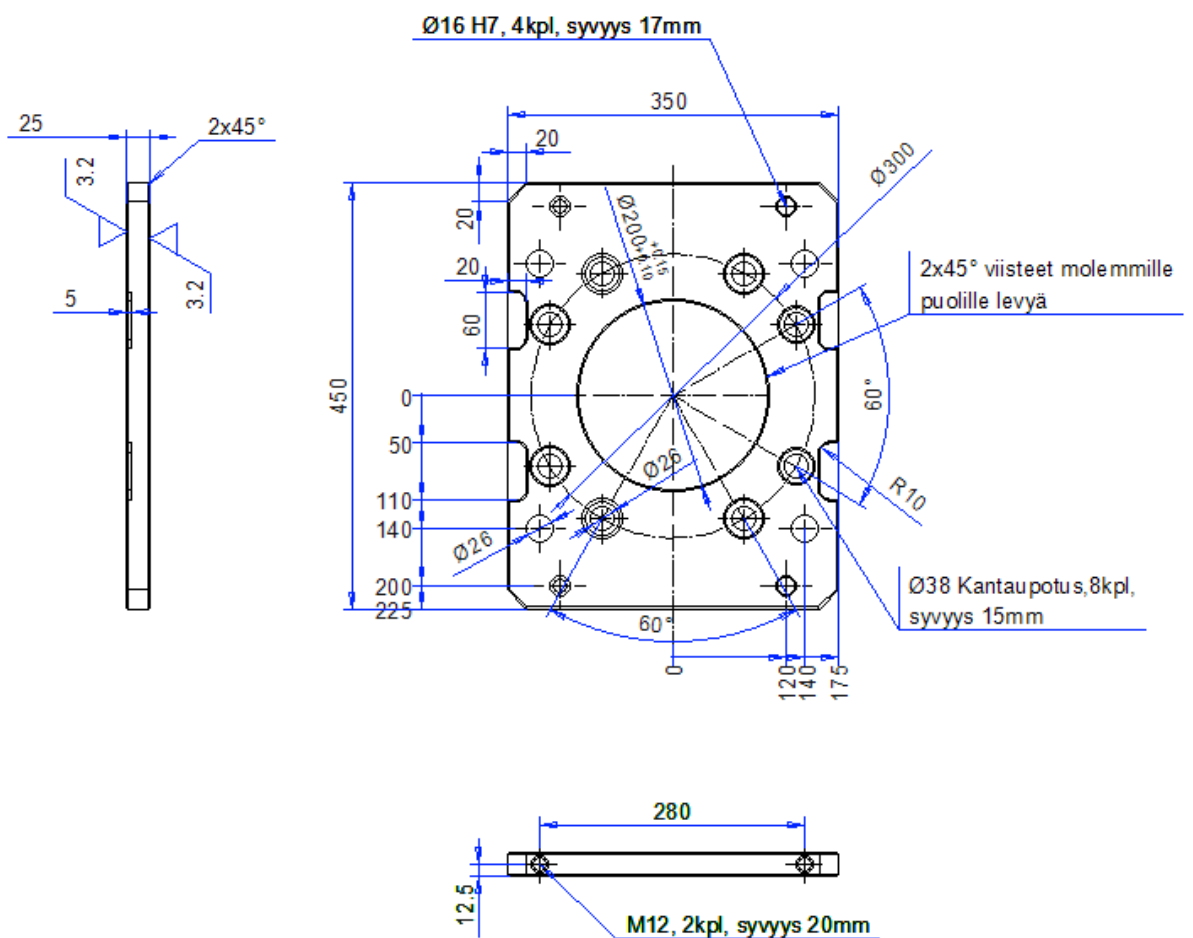
Näin raskaan pumpun liittäminen testikoneikkoon antoi suuntaa teräsrakenteiden koosta. Testipumppuja oli tarkoitus testata maksimissaan 1000 kierroksen testinopeudella, joka tarkoitti, että suurin pumppu tuottaisi tilavuusvirraksi 560 l/min. Testipaineeksi asetettiin 350 baria, mikä antoi kovan haasteen sopivien hydraulikomponenttien etsinnässä.

4.2 Adapterilevyt

Pumppujen liittäminen testipenkkiin haluttiin tehdä mahdollisimman yksinkertaisesti niin, että toimenpiteen pystyi suorittamaan yksi asentaja ilman apua. Veranos Oy asennutti testitilaan vaakatasossa joka suuntaan liikkuvan kattonosturin, joka pystyi nostamaan 500 kg:n maksimikuorman. Jokaisessa testattavassa pumpussa oli nostokorvakkeiden paikat tai ne voitiin turvallisesti nostaa nostoliinon avulla. Jokaisessa eri koon pumpussa kiinnitysrajapinta ja kiinnityspulttien reikäjako

muuttuivat. Pienen pohdinnan jälkeen pumpuille päätettiin tehdä adapterilevyt (kuvio 18), jotka kiinnitettäisiin pumppujen kiinnitysrajapintaan pulttiliitännällä.

Jokaisessa pumpussa pääakselin ulkopuolella oli tasoon koneistettu liitospinta, jossa sijaisi tarkkaan koneistettu ohjaushalkaisija. Tämä halkaisija mitattiin ja arvioitiin koneistetuksi toleranssille H7. Tätä ohjaushalkaisijaa käytettiin hyväksi, että pumppu saatiin keskitettyä tarkasti adapterilevyjen kanssa. Pumpun kiinnitysleikka oli toteutettu niin, että siinä oli neljä vapaareikää kiinnityspulteille. Pumppu kiinnitettiin näistä kiinnitysreifistä adapterilevyyn (kuvio 18).



Kuvio 18. Adapterilevy Kawasaki- K3V280 -pumputle.

Suurimmissa pumpuissa oli halkaisijaltaan suuri laippa, jossa reikäkehällä oli parhaimmillaan kaksitoista pultin vapaareikää. Adapterilevyjen määrää yritettiin minimoida parhaan mukaan, että mahdollisimman moni pumppu mahtuisi levyihin

kiinni. Tämä osoittautuikin niin haasteelliseksi, että vain suurimpien pumppujen adapterilevyt voitiin yhdistää onnistuneesti. Adapterilevyihin myös toteutettiin 90 asteen kulmalla toteutettu toinen vastaava kiinnitysreikäkuvio, jotta pumppua voisi tarvittaessa kääntää kyljelleen testin ajaksi. Tämä myös mahdollisti sen, että pumppuun liitettävien raskaitten ja jäykkien hydrauliputkien kiinnitys saattaisi hyvässä tapauksessa helpottua.

4.3 Pumpun liittäminen testipenkkiin

Pumppujen liittäminen testipenkkiin käytiin moneen kertaan läpi ja todettiin, että adapterilevyidea toimisi kaikissa vaivattomasti. Pumpun kiinnitys testipenkkiin alkaisi niin, että huollettuun pumppuun liitettäisiin sopivan kokoinen adapterilevy. Kun adapterilevy olisi pultattu tiukasti kiinni pumpun kiinnitysrei'istä, se sitten nostettaisiin kattonosturia apuna käyttäen testipenkin yläpuolelle. Toiveena testipenkin rungon toteutukselle oli, että testipenkin ympärille olisi mahdollisimman vapaa pääsy joka puolelta. Tämä lähinnä siitä syystä, että asentaja joutui tarkkailemaan pumppua testin aikana sekä myös syystä, että pumppuun liitettäisiin useampi hydrauliletku, riippuen siitä, mihin pumpun tulo, lähtö ja pumppuun integroidun täyttöapupumpun liitännät oli sijoitettu.

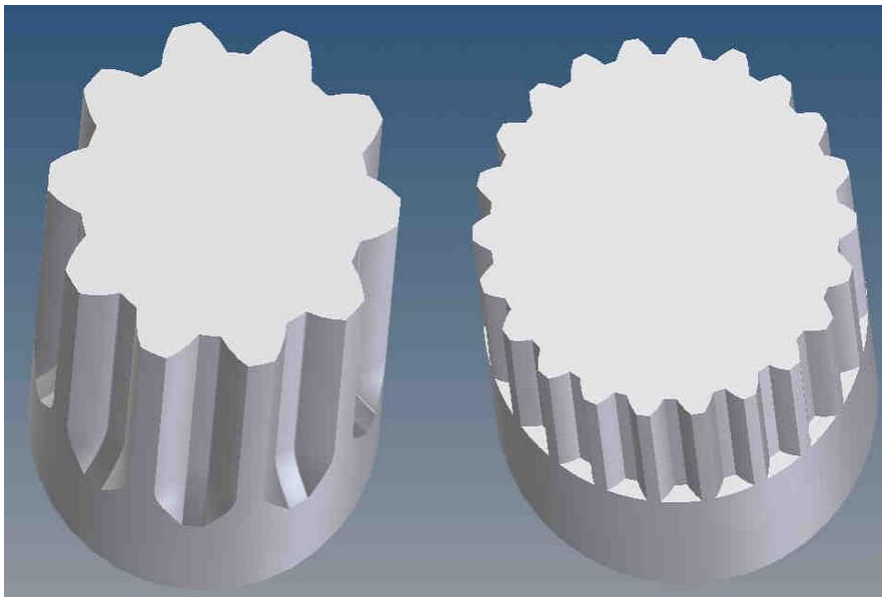
Adapterilevy kiinnitettiin testipumpun pystysuunnassa olevaan runkolevyyn pulttiliitännällä niin, että adapterilevyssä olevat neljä tarkasti hiottua pinnatappia linjaisivat testipumpun pääkselin tarkasti testipumpun runkoon nähden. Veranos Oy:n asentajan toivomuksena oli, että työskentelykorkeus olisi noin metrin korkeudessa ja vapaata tilaa pumpun alapuolella olisi 400 mm.

4.4 Pumpun akseliliitos

Kun pumppu oli viimein saatu liitettyä testikoneikkoon, se tuli liittää sitä pyörittävään testivaihteeseen. Veranos Oy oli valinnut sopivan kokoisen Brevini-merkkisen alennusvaihteen (Liite 3), jossa oli kolme sisääntuloa ja yksi ulostulo. Vaihteen välityssuhde oli 1:1.35. Vaihteen kolmeen sisääntuloakseliin oli liitetty kaksi Linden hydraulimoottoria sekä yksi hydraulipumppu. Tämä yhdistelmä tuottaisi testipumppua pyörittävän voiman ja välittäisi sen vaihteen akselin kautta itse testattavan pumpun

akselille. Testattavan pumun ja vaihteen akselit päätettiin yhdistää sakarakytkimellä toisiinsa. Pienen etsinnän jälkeen löydettiin sopiva kytkinkoko, joka pystyisi välittämään tarvittavan maksimimomentin.

Veranos Oy päätyi tilaamaan KTR:n valmistaman sakarakytkimen, jonka runkokoko oli 75. Kytkin oli varustettu sakaroiden väliin asennettavalla joustoelementillä, joka pienensi käynnistyksestä aiheutuvaa momenttipiikkiä. Sakarakytkimet tilattiin umpinaisena niin, että niihin voitiin koneistaa tarvittavat kiinnityspinnat. Koska kumpikin sekä pumppu että vaihde (Liite 3) oli varustettu evolventtihakastetulla ura-akselilla (kuvio 19 ja 20), tuli kytkimeen koneistaa vastaava ura-akselille sopiva reikä. Vaihteen puolen kytkinosa pysyi vakiona, mutta koska testattavissa pumpuissa oli eri standardilla varustettuja ja erikokoisia ura-akseleita, päätettiin testattavan pumpun puoleiseen kytkimeen koneistaa vaihtoholkkeja, jotka mahdollistivat tarvittavan sovituksen pumpun kytkinpuolikkaaseen. Holkkien ulkopinnassa oli ulkopuolinen uritus ja keskirei'ässä sisäpuolinen uritus.



Kuvio 19. Evolventtihakastettu ura-akseleita eri moduulilla [10].

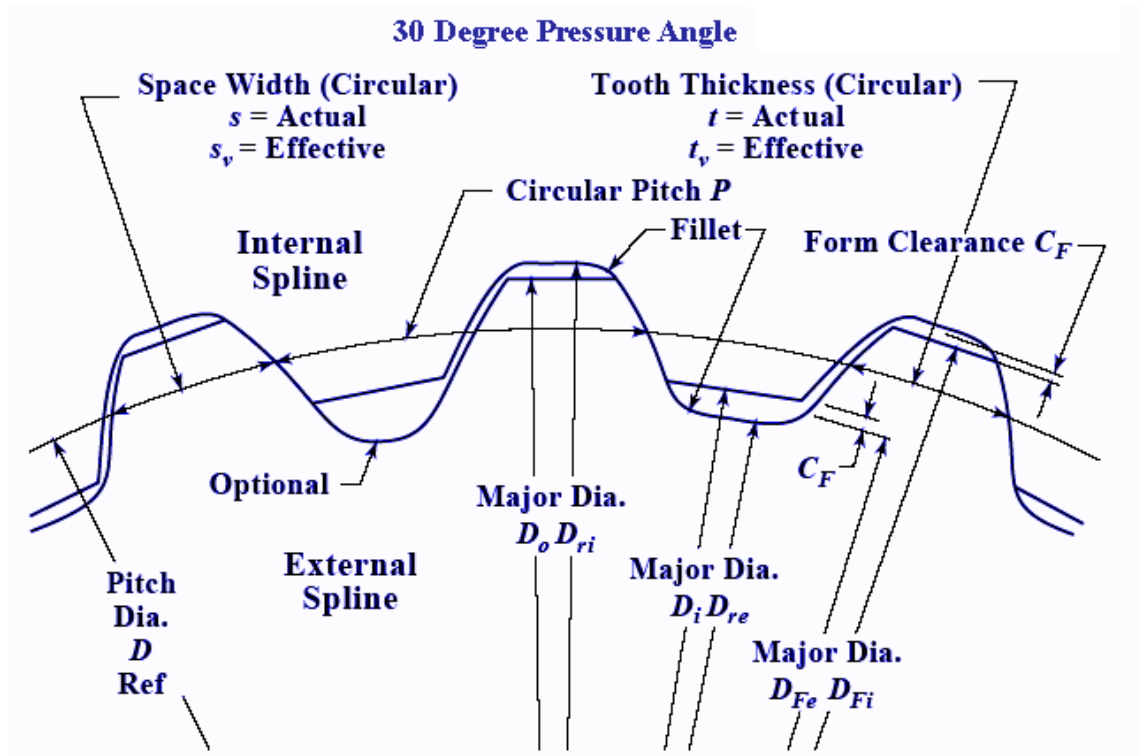
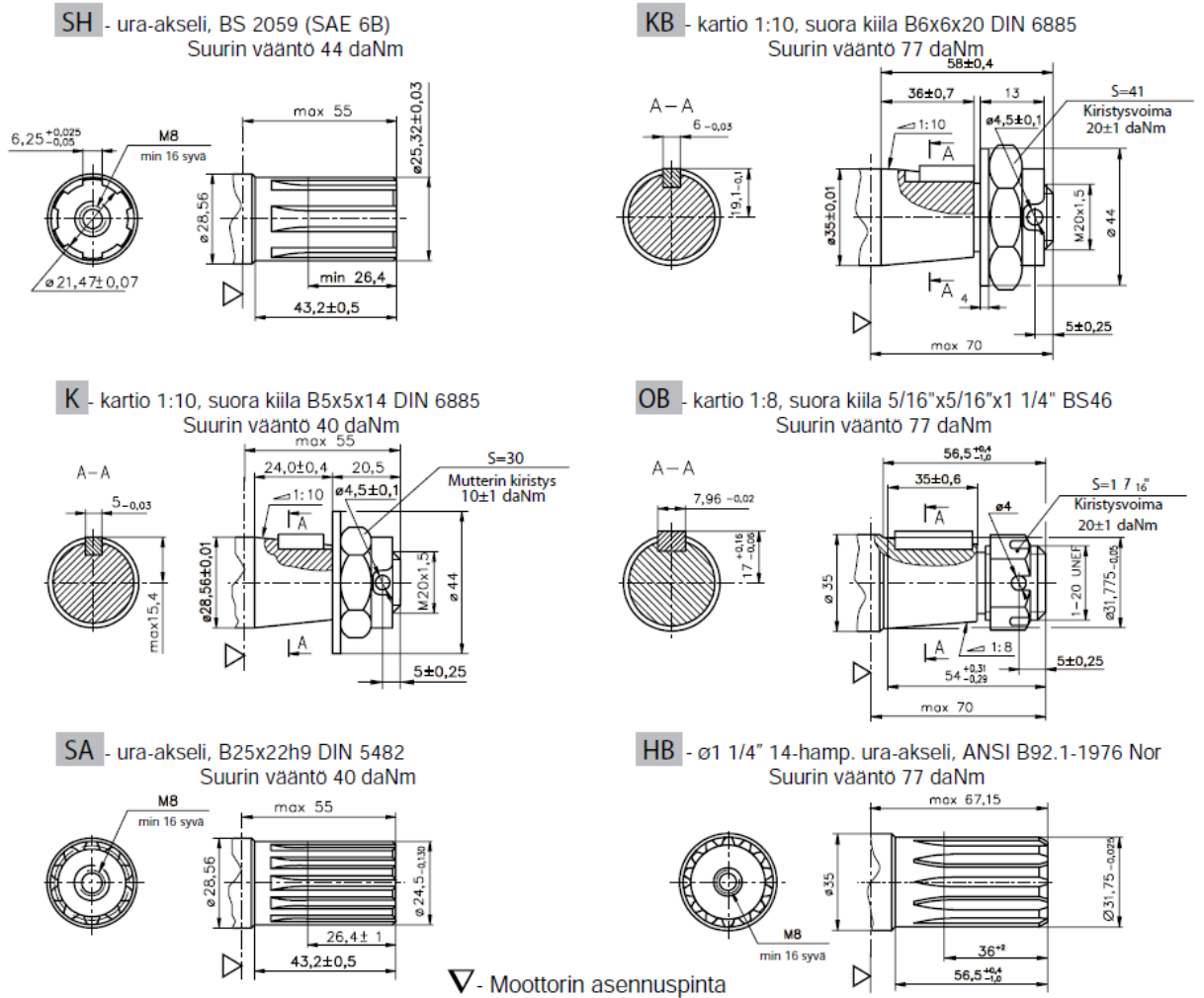


Table A

Spline Terms, Symbols, and Drawing Data, 30-Degree Pressure Angle, Flat Root Side Fit ANSI B92.1-1970, R1993

Kuvio 20. Ura -akselin päämitat [10].

Toisena liitosvaihtoehtona mietittiin kiilauraliitosta, mutta ajatus hylättiin, koska se vei niin paljon tilaa ja oli työläs irrottaa. Paljon helpommin irtoava sekä muutenkin kestävämpi ura-akseliliitos koettiin paremmaksi (kuvio 19 ja 20). Liitos pystyi myös välittämään pieneen kokoonsa nähden paljon paremmin momenttia verrattuna kiilaliitokseen, jossa rakennetta heikentävä lovivaikutus oli paljon suurempi. Kiilaura- ja ura-akseliliitoksia oli monta eri standardia. Jotkut näistä ovat vielä varustettuna kartiosovitteella, joka tehostaa kitkaliitosta (kuvio 21)



Kuvio 21. Pumppujen/moottoreiden erilaisia akseliiliitosratkaisuja [9].

Kytkimen rajoituksena oli se, että niihin pystyi koneistamaan maksimissaan 95 mm kiinnitysreiän. Hetken selvittelyn jälkeen, päädyttiin sopivan kokoiseen uritettuun reikään, joka mahdollisti mahdollisimman suuren seinämähalkaisijan vaihtoholkeille. Veranoksen toimittamasta Kawasaki -pumppujen esitteestä selvisi jokaisen pumpun pääakselin pituus ja kaikki pääakselin ura-akselin tiedot. Näitten tietojen perusteella pystyttiin piirtämään mittakuvat, jotka lähetettiin tarjouskyselyitä varten alihankkijoille.

4.5 Kytkinliitos

Koska testattavan pumpun ja sitä pyörittävän vaihteen välinen etäisyys muuttui aina testipumpun akselin pituuden mukaan, päädyttiin sakarakytkinliitos tehtäväksi

liukukelkkamallisella ratkaisulla. Testattava pumppu liitettäisiin siis testipenkin rungossa vapaasti vaakasuunnassa liikkuvaan kelkkaan, jota siirreltiin käsiveivin avulla. Käsiveivin akseliin oli taas liitetty hammaspyörä, joka liikutti kelkkaa hammastangon avulla (kuvio 22). Käsiveivin halkaisija ja sen paikka laitettiin sopivasti kelkan sivulle, että asentaja pystyi samalla katsomaan, milloin kytkinpuolikkaat olivat yhdessä. Halkaisijaltaan 135 mm:n käsiveivi tilattiin Spinealta.



Kuvio 22. Sivukuva hammaspyörä- hammasakseli kokoonpanosta [21].

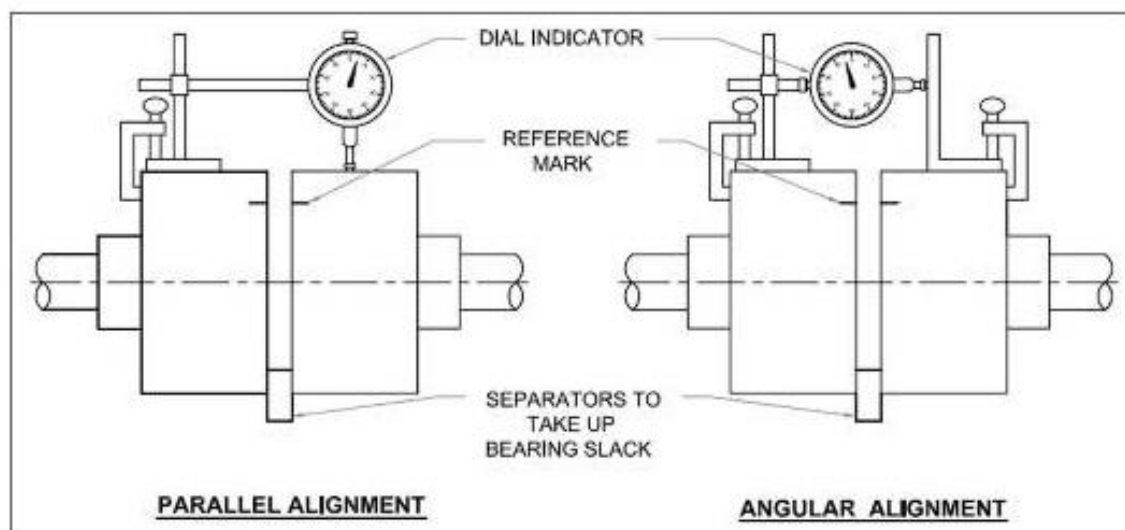
Kelkkaa liikuttavassa hammaspyörä-vipu-yhdistelmässä huomioitiin sopiva käyttövoima, arvioiden itse kelkan paino, sekä tietäen raskaimman pumpun paino. Kelkka liukui testipenkin koneistettuja pintoja vasten, jotka edesauttoivat kelkan helppoa liikuteltavuutta. Pumpun puolen kytkintä voitiin myös tarvittaessa liikuttaa työkalua apuna käyttäen, mikäli se ei ollut oikeassa asennossa. Pöydän liikevara arvioitiin sopivaksi, huomioiden se, että testipumpun sakarakytkin piti mahtua irrottamaan ja kiinnittämään. Penkin sopivaksi liikematkaksi sovittiin 250 mm. Testipenkin päätyyn suunniteltiin päätypalat, jotka estivät kelkan putoamisen pöydältä, kelkan tullessa ääriasentoonsa.

4.6 Vaihteen ja testipumpun linjaus

Kun vaihde ja testattava pumppu liitetään yhteen sakarakytkinliitoksella, tulee toivotunlaisen toiminnan takaamiseksi saavuttaa tarvittava mittatarkkuus kytkinpuolikkaiden välillä. Kytkimen valmistaja ohjeistaa tuoteoppaassaan sallitun säteis- ja kulmavirheen, joiden sisällä kytkinliitoksen on oltava (kuvio 23). Jotta tarvittava tarkkuus testipumpun ja sitä pyörittävän vaihteen välillä saavutettaisiin, vaihteen kiinnityspisteisiin tehtiin reilu vaakasuuntainen liikkumavara. Linjauksen lähtökohdaksi oli, että referenssipisteenä toimi kelkan runkolevyn halkaisijaltaan 220 mm:n keskireikä.

Maximum Allowable Misalignment		
Parallel	Angular	
0.04mm	0.03 degrees	
(0.002 in.)	[0.125 mm/cm (0.0005 in./in.) of coupling face diameter.]	

Methods	Pro's	Con's
Dial Indicator [Rim-and-face]	<ul style="list-style-type: none"> • Relatively simple with good accuracy, especially on short spans • Can be used on equipment whose shafts cannot turn 	<ul style="list-style-type: none"> • Outer diameter of coupling flange [rim] must be smooth and concentric to shaft centerline. • Face of coupling must be smooth and square to shaft. • Accuracy affected by axial movement of shafts

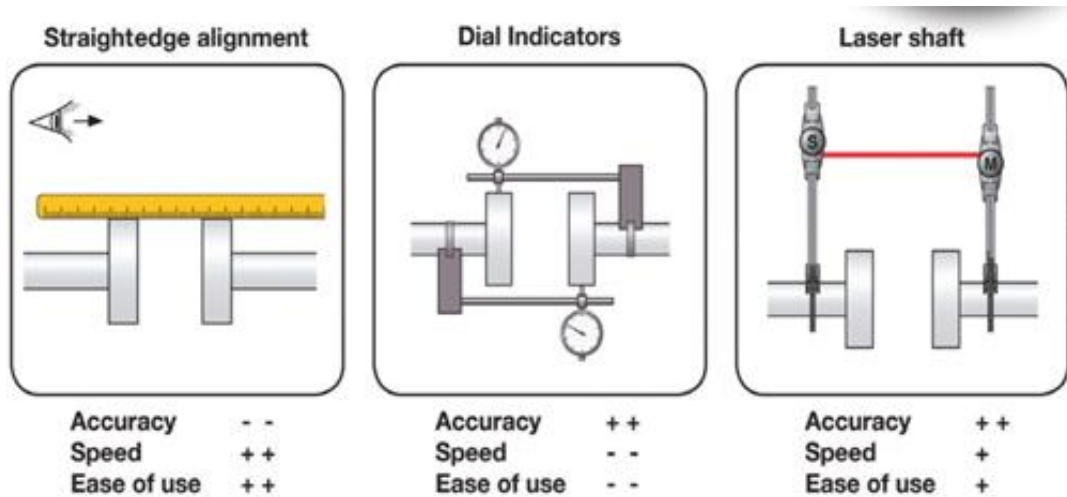


Kuvio 23. Kytkinpuolikkaiden linjaaminen heittokelloa apuna käyttäen [22].

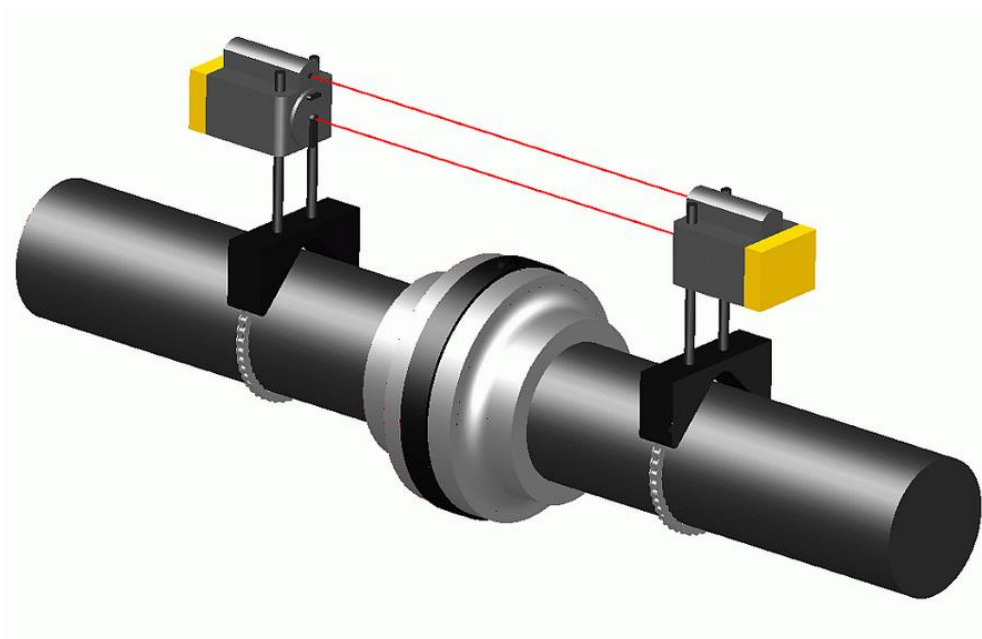
Keskireikä koneistetaan tarkkaan toleranssiin ja sen sisäpinnalle asetettaisiin asennusvaiheessa heittokello, joka mittaisi, kuinka paljon vaihteen ura-akseli poikkeaisi

pumpun pääakselin keskilinjasta. Kelkan runkolevyn otsapintakin koneistettaisiin suoraksi referenssipinnaksi, jota voidaan käyttää apuna linjauksessa. Kun vaihde olisi koputettu mahdollisimman tarkasti kumivasaralla ja heitto olisi joitain sadasosamillejä, kiristettäisiin vaihteen kiinnityspultit lopulliseen kireyteen.

Tämän jälkeen heittokello asetettaisiin taas runkolevyn keskireikään, josta pystytettäisiin mittaamaan akselitappien pystyheitto. Vaihteen kiinnitystassujen alle lisättäisiin tämän jälkeen tarvittava määrä osamillilevystä laserleikattuja mellalevyjä, jotka nostaisivat vaihteen tarvittavalle korkeudelle. Linjaus suoritettaisiin uudelleen, kunnes vaihde olisi tarvittavalla tarkkuudella niin pysty- kuin vaakasuunnassakin. Muita kytkimen linjaustyökaluja ovat erilaiset suorakulmat, viivaimet (kuvio 24) sekä tarkimpana lasermittaus (kuvio 25).



Kuvio 24. Eri linjaustapoja [20].



Kuvio 25. Kytkinpuolikkaiden linjaaminen laserilla [23].

Edellä mainittu linjausperiaate antaa anteeksi testipenkin rungossa olevia epätarkkuuksia, joita näin suuressa kokoonpanossa tulee luonnollisesti olemaan. Tätä periaatetta seuraten, voidaan saavuttaa lähes heitoton linjaus. Suunnittelussa ja mittapiirustuksien luomisessa huomioitiin kokoonpanon eri osien epätarkkuuksien kerrannaisvaikutus. Koska vaihteen ja testattavan pumpun välillä välittyy suuria momenteja, testausvaiheen voimat ovat muuttuvia, sekä testipumppu itsessään painaa liukukelkan runkoa omalla painollaan, tulee linjaus varmistaa säännöllisin väliajoin.

4.7 Kelkan lukitus

Kun akseliliitos oli saavutettu, tuli liukukelkka lukita paikalleen mahdollisimman tukevasti ja turvallisesti koko pumpun testiajon ajaksi. Testipenkin liukukelkan rungon mitat olivat niin suuret, että lukitus olisi tehtävä monesta eri pisteestä. Ensimmäisenä oli mielessä, että lukitus tehtäisiin yksinkertaisesti, jonkinlaisella pulttiliitoksella. Tämä tapa olisi varmistanut kelkan todella tukevasti ja luotettavasti paikoilleen, mutta oli kiinnityksen kannalta työläs.

Kelkan kiinnitykselle alettiin hahmotella hydraulista kiinnitystä, itsenäisellä kompaktilla hydraulipiirillä. Kiinnitystä varten löydettiin lyhytiskuiset, yksitoimiset, jousipalautteiset

hydraulisyliinterit (kuvio 26,)), jotka kykenivät tuottamaan tarvittavan kiinnitysvoiman jo pienillä paineilla. Kyseiset hydraulikkasyliinterit oli tarkoitettu työkalujen kiinnitykseen ja soveltuivat hyvin kyseiseen käyttötarkoitukseen.

Hudraulisyliinteriä oli yhteensä neljä kappaletta ja ne asennettiin pulttiliitoksella kiinteästi liukukelkan alle, näin ollen suojassa mahdollisilta iskuilta. Sylinterien tarvittava liikematka oli vain muutamia millijä. Sylinterit liikkuvat kelkan mukana niin, että lukitus voitiin suorittaa portaattomasti mihin kohtaan tahansa, heti kun kytkinpuolikkaitten etäisyys oli sopiva.

Hydraulic block cylinder, single acting

Application example



Support is necessary in case of operating pressure over 160 bar

model no.	Clamping force		Repair kit	Piston Ø	Stroke* S max.	Piston surface area	Oil consumption/stroke	Spring retracting force		Connection G	Weight ~
	at 100 bar [kN]	at 500 bar [kN]						min [N]	max [N]		
722E16202-1	1,9	9,7	720V16-0003	16	20	2,01	4,02	50		G1/4	1,0
722E25202-1	4,6	22,9	720V25-0005	25	20	4,91	9,82	104		G1/4	2,0
722E32202-1	7,7	38,4	720V32-0005	32	20	8,04	16,08	200		G1/4	3,0
722E40202-1	12	59,8	720V40-0005	40	20	12,56	25,12	270		G1/4	3,7
722E50202-1	18,9	94,5	720V50-0004	50	20	19,64	39,27	460		G1/4	5,7

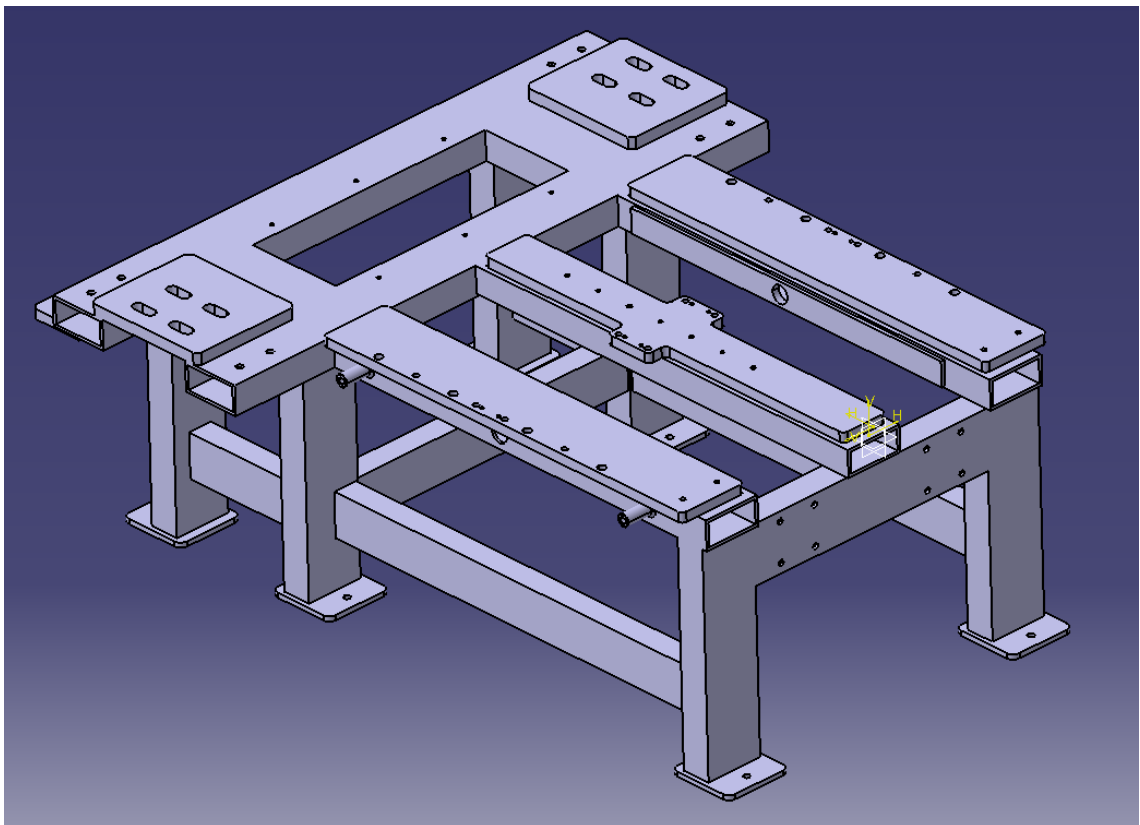
Kuvio 26. hydraulikiinnittinen tuottama kiinnitysvoima eri paineilla [8].

Lukituspaineen luomiseksi testipenkin kylkeen asennettiin käsipumppu, jolla saavutettiin muutamalla pumppauksella tarvittava lukituspaine. Käsipumppu oli yhdistetty taipuisalla letkulla luistin alapuolelle pultattuun jakokappaleeseen, mistä jokaiselle sylinterille lähti erikseen kiinteät hydrauliputket. Järjestelmän ilmaus suoritettiin jokaisen lukitusyliinterin yhteyteen asennetun ilmausnipan avulla. Tilanne,

jossa lukituspaine jostain syystä äkillisesti romahtaisi, huomioitiin asentamalla jakokappaleeseen painekeytkin. Painekeytkimen tehtävänä oli estää testipenkin käyttö, ellei tarvittavaa lukituspainetta olisi kytketty. Käsipumpun yhteyteen oli tarkoitus asentaa myös manuaalinen mittari, josta asentaja näkisi, milloin tarvittava lukituspaine olisi saavutettu.

4.8 Päärungon suunnittelu

Testipenkin rungon tärkeimpiin vaatimuksiin luettiin vankka rakenne, joka värähtelisi mahdollisimman vähän. Suunnittelussa pyrittiin myös yksinkertaisuuteen sekä helppoon ja kustannustehokkaaseen valmistukseen. Runko (kuvio 27) suunniteltiin pääosin 120x60x5 putkipalkista, johon hitsattiin kiinni tarvittavia teräslevystä polttoleikattuja tasoja ja korvakkeita.



Kuvio 27. Testipenkin päärunko.

Rungon tasopinnat jyrssiin suoraksi. Tasopintoja käytettiin hyväksi, kun runko linjattiin vaakatasoon vesivaakaa ja testipenkin jaloissa olevia korkeussäädettäviä tassuja apuna

käyttäen. Korkeussäädettävien tassujen pohjaan oli vulkanoitu paksu kumikerros, joka vaimensi värähtelyjä. Tassujen valinnassa huomioitiin testipenkin painojakauma sekä tassujen maksimi staattinen kantokyky.

4.9 Apurungon suunnittelu

Jotta testipenkin rakenteesta ei tulisi liian iso, kokonaisuus jaettiin osiin siten, että testipenkin päärunkoon liitettiin pulttiliitoksella apurunko, johon tarkoituksena oli sijoittaa kaikki tärkeimmät hydraulikomponentit. Myös rajapinta kiinteiden hydrauliputkitusten ja testattavan pumpun mukaan vaihtuvien hydrauliletkujen välillä suunniteltiin sijoittavaksi johonkin päärungon ja apurungon väliin. Apurungon jalkoihin asennettiin värinänvaimennustassut sekä suunnittelussa huomioitiin helppo liikuteltavuus, niin kuin kaikissa testipenkin eri kokonaisuuksissa.

4.10 Valuma-altaat

Koska jokaisen testin yhteydessä letkujen liitántä- ja irrotusvaiheessa hydraulinestettä pääsee valumaan, suunniteltiin testipenkin alle valuma-altaat. Valuma -altaiden tehtävänä oli kerätä tippunut hydraulineste öljytilaan ,josta se pumpattiin edelleen testausjärjestelmän isoon päähydraulinesäiliöön. Valuma-altaat jaettiin kolmeen eri osioon. ja ne liitettiin päärunkoon pulttiliitoksella. Valuma altaat valmistettiin 2 mm paksusta teräslevystä. Ne kantattiin kokoon ja hitsattiin öljytiiviksi. Valuma -altaat yhdistettiin joustavilla letkuilla toisiinsa, minimoiden mahdolliset vuotokohdat.

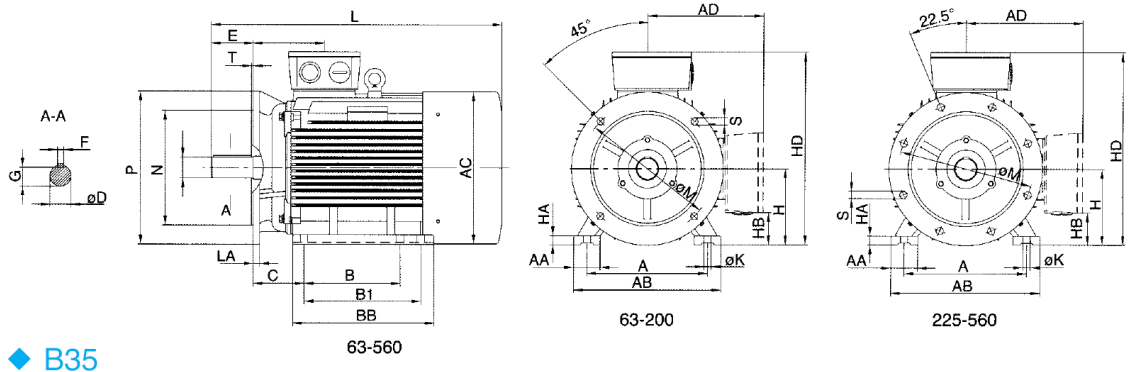
Valuma-altaat ulottuivat koko testipenkin alle siten, että mistä tahansa hydraulikomponentista, putkistosta, moottoreista tai vaihteesta tippunut vuoto päätyisi altaaseen. Viimeisen, testipenkin hydraulikomponenttien alla olevan valuma-altaan öljytilan pohjaan oli asennettu imulähtö. Imulähtöä edeltävä karkea imusihtisuodin suodatti kaiken karkean lian pois nesteestä. Karkeasti suodatettu neste jatkoi matkaansa pienen pumpun avulla suodatinpatruunan kautta edelleen päähydraulinesäiliöön.

Pumppu käynnistyi, kun nestepinta oli saavuttanut määrätyn korkeuden ja sammui, kun nestepinta oli laskenut niin matalalle, että rajakytkimestä ohjaukselle välittynyt

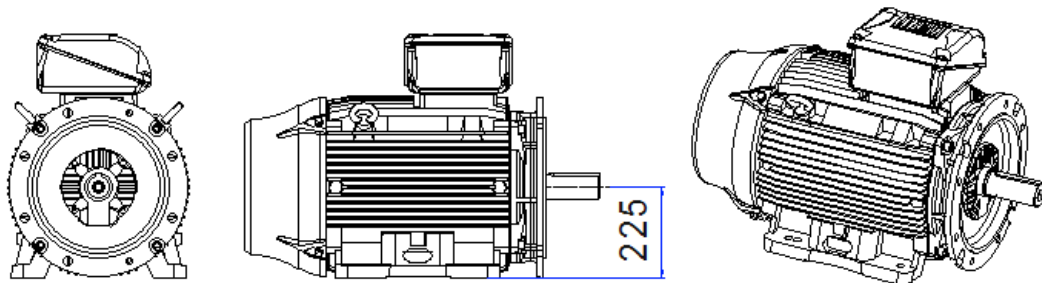
signaali katkaisi pumpun toiminnan. Valuma -altaiden lisäksi suunniteltiin erilliset irrotettavat roiskesuojat. Roiskesuojat estivät hydraulinesteen roiskumisen, kun testipumpun hydrauliletkuja irrotettiin. Ne liitettiin käsiruuveilla kiinni testipenkin alla olevaan valuma- altaaseen ja kyettiin irrottamaan, jos niiden todettiin olevat tiellä testin aikana.

4.11 Sähkömoottorin alusta

Testipenkin päävoimalähteenä toimi 40 kW:n oikosulkusähkömoottori, joka pyöritti primääripiirin pumppuja. Sähkömoottorin runkokoot ja tietyt mitat ovat yleisesti standardoituja (kuvio 28). Valitus sähkömoottorin IEC- runkokoko oli 225 (kuvio 29). Tämä tarkoitti sitä, että sähkömoottorin jalan pohjasta akselin keskilinjaan oli 225 mm. Sähkömoottorin pohjan kiinnitysreikäkuviokuva seurasi myös standardia.

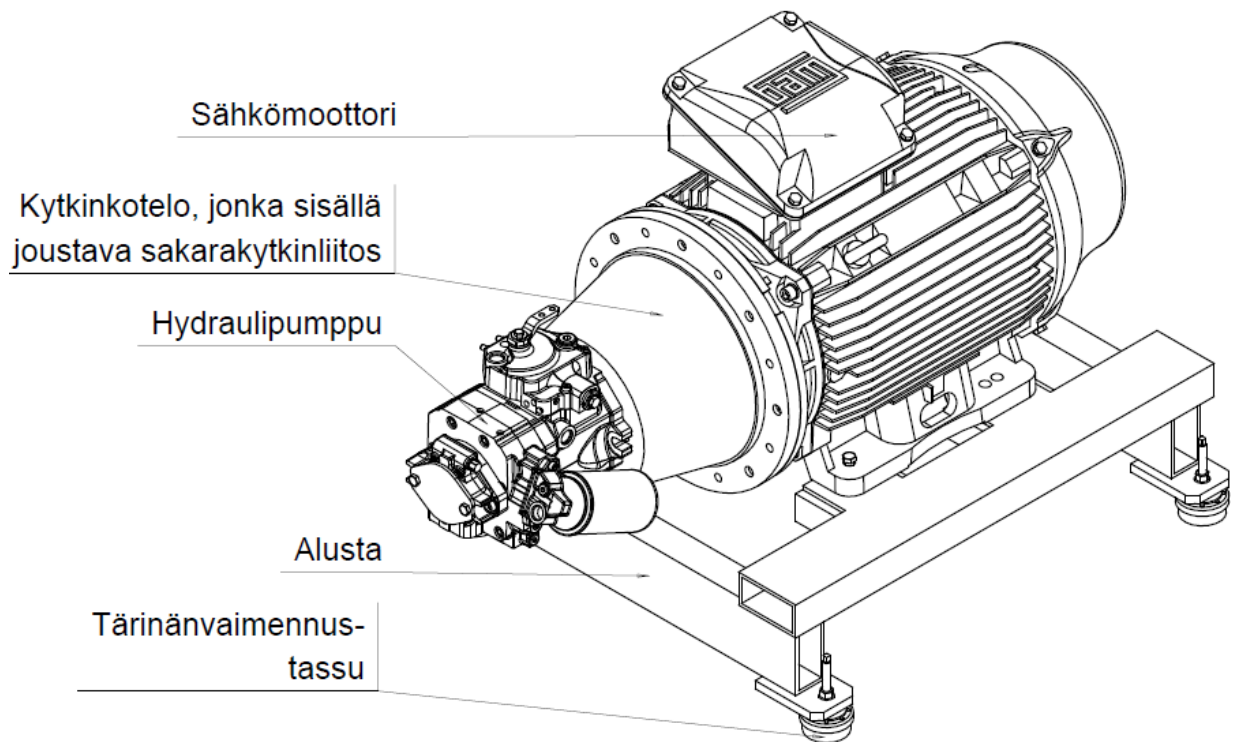


Kuvio 28. Sähkömoottorin standardimitat [12].



Kuvio 29. Sähkömoottorin runkokoon muodostuminen.

Koska sähkömoottori toimi omana yksikkönään, se päätettiin pultata kiinni putkipalkista hitsatun alustan päälle (kuvio 30). Helpon siirrettävyyden aikaansaamiseksi, sähkömoottorin alusta suunniteltiin siten, että pumppukärkyjen piikit mahtuivat helposti sen alle ja koko paketti oli helposti siirrettävissä testitilassa. Alusta valmistettiin samankokoisesta putkipalkista, kuin testipenkin päärunko. Alustan pohjaan asennettiin samanlaiset värinää vaimentavat, korkeussäädettävät kumitassut kuin testipenkissäkin.

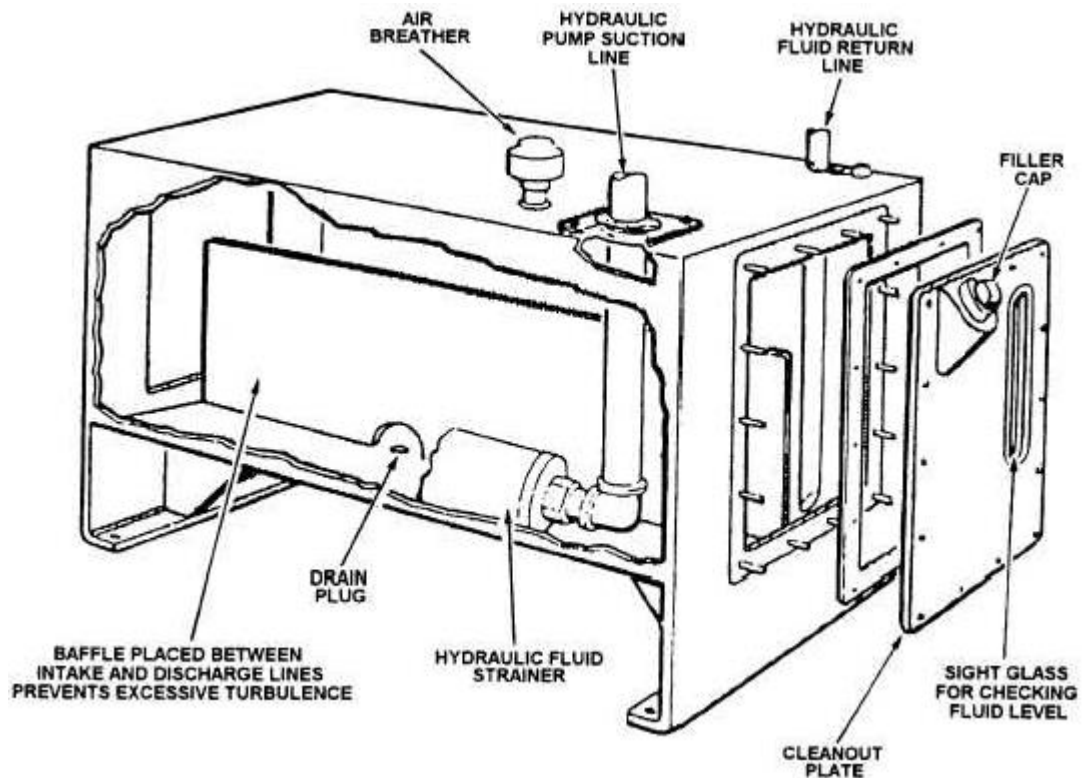


Kuvio 30. Sähkömoottorikokoonpano alustan päällä.

4.12 Hydraulinesesäiliön suunnittelu

Koska testipumppuja ajettiin lähinnä 1000 r/min kierrosnopeudella ja suurimpien pumppujen kierrostilavuudet yhteenlaskettuna olivat parhaimmillaan yli 500 cm³, tuli tilavuusvirraksi suuria, jopa 500 l/min ylittäviä lukemia. Tästä syystä testipenkin ulkopuolelle piti suunnitella kookas hydraulinesesäiliö. Yleisen suosituksen mukaan nesteen tuli seisoa tankissa minimissään noin 2 - 4 min, ennen kuin se lähtee uudestaan kierto. Syinä tähän ovat se, että hydraulineeste ehtii luovuttaa lämpöä ja hydraulineesteeseen sitoutuneet pienet ilmakuplat ehtivät poistumaan nesteestä. Tankin nimellistilavuudeksi tuli näin 1500 l.

Tärkeitä huomioitavia asioita olivat myös, että imuputki (kuvio 31) oli aina tarvittavan määrän nestepinnan alapuolella, eikä näin vahingossakaan päässyt imemään ilmaa nesteen mukana. Järjestelmästä tankkiin johdettu neste tuli myös syöttää nestepinnan alapuolelle putkella, joka esti nesteen vaahtoamista ja sitä kautta minimoi nesteessä olevan ilman määrän.



Kuvio 31. Hydraulitankin leikkaus [15].

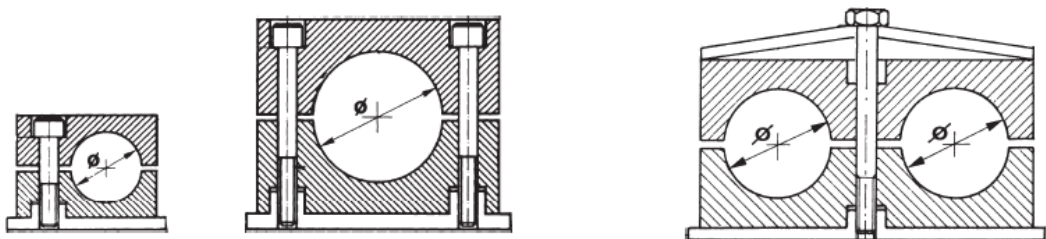
Huomioiden testitila, johon tankki sijoitettiin, toivomuksena oli myös, että se oli helposti siirrettävissä ja että se mahtui helposti sisään oviaukoista. Tankin äärimitat suunniteltiin, että se vastasi eurolavan mittoja 1200x1000. Tankin korkeus sovitettiin sopivaksi huonekorkeuden kanssa.

Korkeuden määrittelemisessä oli myös mukana ajatus, että mitä korkeammalla tankin sisällä oleva nestepinta oli testattavaan pumppuun nähden, sitä enemmän nesteellä olisi hydrostaattista vaikutusta, joka varmisti sen, että testipumpun imupuolelle saavutettiin tarvittava virtaus. Tankki tuli makaamaan putkipalkista valmistetun alustan

päällä, joka oli helposti liikuteltavissa pumppukärryillä. Kuten kaikki muutkin testipenkkiin kuuluvat putkipalkkivalmisteiset teräsrakenteet, myös tankin alusta tehtiin samankokoisesta putkipalkkiprofiilista.

4.13 Tankin liitännät

Projektin aikana tuotetusta hydraulikaaviosta näki kaikki tankkiin vaaditut hydrauliliitännät. Pääliitännät olivat iso 4" halkaisijalla oleva imulähtö testipumpulle, joka asetti hydraulinesteen suositellulle maksimissaan 1 - 1,5 m/s virtausnopeudelle (Taulukko 1 ja 2). Paluupuolen linjasto suunniteltiin 3" putkelle, joka kiinnittyi tankin päällä sijaitsevalle "komponenttilevyssä" asennetulle paluusuodattimelle SAE- laippaliitoksella (Liite 1). Hydrauliputkissa käytetään yleisesti erilaisia tuumaisia standarikierteitä. Esimerkki tässä työssä käytetyistä tuumaisista putkikierteistä taulukossa 3. Putkia varten tankin etupuolelle hitsattiin sopivan kokoiset pohjalevyt, joihin oli mahdollista kiinnittää putken kannattimia niin (kuvio 32), että putket saatiin asianmukaisesti vedettyä tankin yläpään.



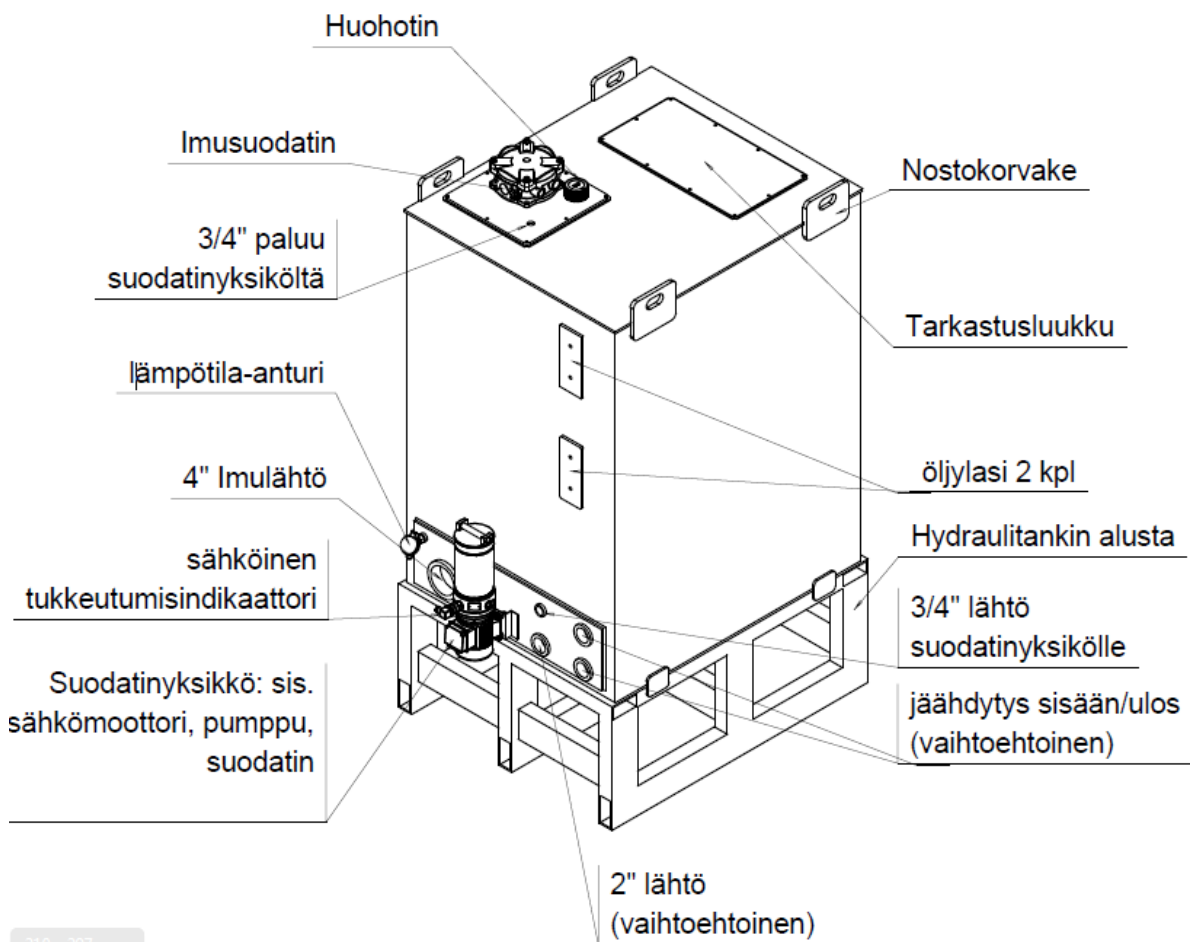
Kuvio 32. Putkenkannattimia hitsattavilla pohjalevyillä [9].

Kaikki tankin imu- ja lähtöliittimet, lukuun ottamatta tankin päällä olevaa komponenttilevyä, sijaitsivat tankin etupuolella. Tankin päätälevy oli vahvistettu 8 mm paksulla teräslevyllä. Tähän levyyn oli hitsattu ainesputkea, johon oli kierteitetty sopivankokoiset putkikierteet. Tankin päätälevyyn suunniteltiin tämän lisäksi 3 kappaletta 2" kierrereikiä, joista kaksi varattiin jäähdytystä varten optiona ja kolmas jätettiin varalle mahdollisia kytkentöjä varten (kuvio 33).

Tankin pätyyn tehtiin myös paikka lämpötila-anturia varten sekä 3/4" lähtö tankin sisäisestä suodatuksesta huolehtivalle suodatinyksikölle, joka asennettiin tankin etupuolella sijaitsevaan teräslevystä valmistettuun kiinnityspisteeseen. Suodatinyksikkö

oli kompakti paketti, joka sisälsi pienen moottorin, kierrätyspumpun sekä vaihdettavan patruunasuodattimen. Suodatinyksikkö varustettiin tukkeutumista indikoivalla anturilla. Tankin päälle pultattu komponenttilevy sisälsi myös liitännän suodatinyksiköstä tulevalle suodatetulle hydraulinesteelle. Lisäksi komponenttilevyssä oli paikka huohottimelle.

Veranos Oy:n toivomuksena oli myös, että tankissa olisi erillinen huoltoluukku, joka toteutettiin erillisenä tankin yläpään, takalaitaan. Itse tankkiin suunniteltiin nostokorvakkeet, ja se oli nostettavissa tyhjänä. Tankin eteen myös asennettiin kaksi kappaletta mittalaseja, joista nestepinnan korkeutta voitiin tarkkailla. Mittalaset olivat myös varustettu rajakytkimillä, jotka lähettivät signaalin ohjaukselle, kun nestetaso oli liian matala. Ylemmän mittalasin ylärajaksi suunniteltiin 1500 l:n raja ja mittalasin näyttörajan alaraja tuli vastaan, kun nestepinta oli laskenut noin 150 l.



Kuvio 33. Lopullinen kuva hydraulitankista liitännöineen.

Veranos Oy jätti myös varan sille, että tankkiin laitettaisiin vain 1000 l hydraulinestettä, joka toimisi alemman mittalasin ylärajana. Tankin sisäpuolelle hitsattiin loiskepellit (kuvio 31, s. 33), jotka rauhoittivat nesteen pyörteilyä tankissa. Toissijaisena tehtävänä oli nesteen loiskumisen estäminen tankkia siirrettäessä. Tankki valmistettiin 3 mm paksusta teräslevystä ja pintakäsiteltiin niin ulko- kuin sisäpuoleltakin pulverimaalauksella. Sisäpuolinen maalaus esti korroosion muodostumisen tankkiin, joka tukkisi suodattimet nopeasti ja sitä kautta aiheuttaisi järjestelmän vikaantumisen. Toisin kuin kaikille muille testipenkin rakenneosuuksille, tankin alustan alle ei asennettu värinänvaimennustassuja. Tankin rungon ajateltiin taipuvan sopivasti lattian mukaan oman painonsa alla, sekä alle asennettaisiin sopivan paksuista kumimattoa.

Taulukko 1. Suositellut virtausnopeudet hydrauliputkistossa [4 s. 5].

Putkiston osa	suositeltu virtausnopeus (m/s)	Suurin sallittu virtausnopeus (m/s)
Imuputki	0,5 - 1,0	1,0 - 1,5
Paluuputki	1,0 - 3,0	3,0 - 4,0
Painelinja		
63 - 100 bar	4,0 - 4,5	6,0
100 - 160 bar	4,5 - 5,0	6,0
160 - 250 bar	5,0 - 5,5	6,0
250 - 400 bar	5,5 - 6,0	6,0

Taulukko 2. Suositellut hydrauliputkien seinämävahvuudet eri paineilla [4, s. 16].

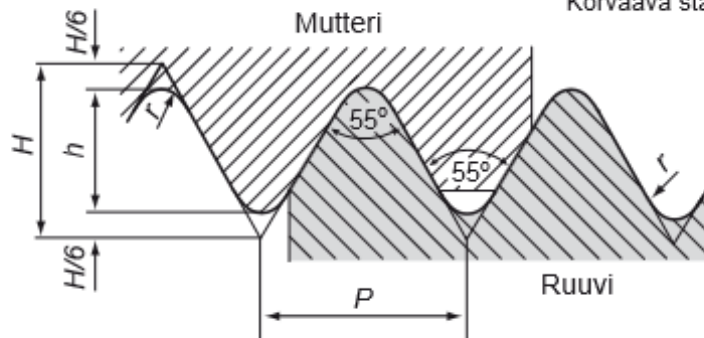
Putkiston suositellut seinämävahvuudet					
	Suositeltu seinämäpaksuus (mm) paineella (bar)				
Putken ulkohalk. (mm)	63	100	160	250	400
6	1	1	1	1	1,5
8	1	1	1	1,5	1,5
10	1	1	1	1,5	2
12	1	1	1,5	2,5	2,5
16	1,5	1,5	1,5	2	3
20	1,5	1,5	2	2,5	4
25	2	2	3	4	6
30	2	2	3	4	6
38	3	3	4	5	7
50	3	3	6	6	9

Taulukko 3 Tuumaiset putkikierteet [2 s. 857]

British Standard Pipe BSP

Putkikierte R, Whitworth-muoto

Korvaava standardi SFS-EN ISO 228-1 (2003/06)



$$H = 0,96049 \cdot P$$

$$h = 2/3 H = 0,64033 \cdot P$$

$$H/6 = 0,16008 \cdot P$$

$$r = 0,13733 \cdot P$$

Kierrekoko x nousu (P)	Ruuvin ulko- halkaisija	Mutterin sisä- halkaisija	Suositteltu po- raushalkaisija	Minimi kierre- syvyys, DIN 3852 mukaan	Tiivistyspinnan minimihalkai- sija, DIN 3852 mukaan
	mm	mm	mm	mm	mm
1/8" – 28	9,728	8,566	8,80	8,0	19
1/4" – 19	13,157	11,445	11,80	12,0	25
3/8" – 19	16,662	14,950	15,25	12,0	28
1/2" – 14	20,955	18,631	19,00	14,0	34
5/8" – 14	22,911	20,587	21,00	16,0	42
3/4" – 14	26,441	24,117	24,50	16,0	42
7/8" – 14	30,201	27,877	28,25	18,0	47
1" – 11	33,249	30,291	30,75	18,0	47
1 1/8" – 11	37,897	34,939	35,00	20,0	51
1 1/4" – 11	41,910	38,952	39,50	20,0	56
1 3/8" – 11	44,323	41,365	41,50	22,0	58
1 1/2" – 11	47,803	44,845	45,50	22,0	61
1 3/4" – 11	53,746	50,788	51,00	24,0	69
2" – 11	59,614	56,656	57,0	24,0	76

5 Yhteenveto ja pohdinta

Insinööriytyö saatiin päätökseen, kun viimeiset mittakuvat toimitettiin Veranos Oy:lle. Yritys aloitti tarjouskyselyiden tekemisen eri alihankkijoilta. Tarkoituksena oli, että löydettäisiin sopiva yritys, joka kykenisi tekemään kaikki kokoonpanoon liittyvät osat, ja testikokoonpano voitaisiin suorittaa samassa paikassa.

Veranos Oy oli tyytyväinen testipenkin rakenneratkaisuihin, mutta varsinaisen testipenkin toimintaan saattaminen vaati vielä automaatio suunnittelua. Toimiakseen testipenkki vaatisi myös ohjauksen, joka pitää erikseen teettää.

Testipenkin kokoonpanon valmistuessa, tuli penkkiin lisätä tarvittavat kiinnityspisteet ja tuet tarvittavia hydrauliputkia ja letkuja varten. Tiedot lopullisista putkiko'osta ja komponenteista tulivat vasta, kun tehtiin päätökset, mitä komponentteja lopulliseen kokoonpanoon lisättiin. Testipenkkiprojekti sai jatkoa niin, että Veranos Oy halusi kehittää siihen myös mahdollisuuden testata hydraulimoottoreita. Tämä projekti luotiin omaksi kokonaisuudekseen ja sitä jatkettiin yhteistyössä Metropolian opiskelijoiden kanssa.

Insinööriytyö koettiin onnistuneeksi. Työn lopputuloksena saatiin järkevä ja perusteltu kokoonpano, johon asiakas oli tyytyväinen. Yhteistyö Veranos Oy:n kanssa toimi hyvin ja projektia kehitettiin avoimesti yhteistoimin, miettien parasta mahdollista ratkaisua.

Haasteellisena koettiin hydraulikomponenttien hyvin laaja valikoima, jonka selvittämisessä käytettiin apuna Salhydro Oy:n asiantuntijaa. Niin kuin minkä tahansa projektin, niin myös tämän tärkeimpiä asioita oli: projektin oikea aikataulutus, päätösten tekeminen sekä asioista kiinnipitäminen. Projektin ajava voima tulee henkilöltä tai taholta, joka päätyy tai määrätään projektinomistajan tehtäviin. Tämä henkilö hyväksyy tai torjuu projektiosakkaiden ehdotukset ja tekee päätökset siitä, siirrytäänkö projektissa aina seuraavaan vaiheeseen. Se kuka tai mikä tämä taho on, tulee tietää ennen kuin projekti saa alkunsa.

Projektin työläin osuus oli 3d -mallin luominen. Vaikka visuaalisesti se antoi kaikista parhaimman kuvan siitä, millainen lopullinen rakenne tulisi olemaan, kaikki isoon 3-d -kokoonpanoon tehtävät muutokset olivat melko työläitä ja aikaavieviä. Tästä syystä

moneen kertaan vaihtuvat komponentit tai komponenttiedon puute saattoi aiheuttaa turhaa lisätyötä mallinnuksessa. Tämä tarkoitti myös sitä, että ennen kuin mittapiirustuksia oli järkevä aloittaa tehdä, tuli lopullisen 3d-mallin olla hyväksyttynä tuotantoon.

Projektin aikana muistui mieleen projektinhallintaan liittyvästä kurssista opitut keskeiset asiat, jotka vaikuttavat onnistuneen projektin läpiviemiseen. Ensinnäkin projektin tehtävät ja laajuus tulee rajata oikein ja realistisesti, muuten pelkona on, että projekti pitkittyy tai sen pääidea hämärtyy. Projektin suunnittelussa tulee myös huomioida se, missä vaiheessa eri osapuolet osallistuvat työpanoksellaan projektiin. Sopivan kokoinen projektiryhmä, jonka jokaisella osallisella on selkeä tehtävä ja vastuualue, pystyy suoriutumaan projektista kaikista tehokkaimmin ja nopeimmin. Viimeisimpänä tärkeänä asiana pitää vielä mainita se, että projektiryhmässä tulee vallita avoin kannustava ilmapiiri. Näin projektin edetessä kaikki kannustavat toisiaan parempiin suorituksiin ja tärkeä, yhteinen usko projektiin säilyy.

Lähteet

1. Airila, Markku, Ekman, Kalevi, Hautala, Pekka, Kivioja, Seppo, Kleimola, Matti, Martikka, Heikki, Miettinen, Juha, Niemi, Erkki, Ranta, Aarno, Rinkinen, Jari, Salonen, Pekka, Verho, Arto, Vilenius, Matti, Välimaa, Veikko. Koneenosien suunnittelu. 2010. Helsinki. WSOY.
2. Valtanen, Esko. 2009. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli. Genesis-Kirjat Oy.
3. Mäkinen, Reijo. 1978. Hydrauliiikka 2. Keuruu. Otava.
4. Hydrauliputkistot. 2010. Kerava. KP-Media Oy.
5. Koneenasennus ja kunnossapito. Oppimateriaalit Oy 2009. Helsinki. WSOY.
6. Rotex. Verkkodokumentti.
<<http://www.ktr.com/en/service/catalogextract.htm?pnr=02&spr=EN>>. Luettu 10.3.2013.
7. Hammaspyörät ja –tangot. Verkkodokumentti.
<http://www.sks.fi/inet/sks/flow.nsf/products_FI_ul?openview&Company=SKS_Mekaniikka_Oy>. Luettu 10.3.2103.
8. Hydraulikiinnitin. Verkkodokumentti.
<<http://www.destaco.com/cylinders.html>>. Luettu 10.3.2013.
9. Hydraulikomponentit. Verkkodokumentti.
<http://www.salhydro.fi/files/PDF/salhydro_hyd_2011.pdf>. Luettu 10.3.2013.
10. Evolventtihammastettu ura-akseli, Verkkodokumentti,
<<http://www.google.com/patents/US2015430>>. Luettu 10.3.2013.
11. Brevini Planeettavaihteet. Verkkodokumentti.
<<http://www.brevini.fi/gb/download01.asp?Categ=2&IdCategoria=10>>. Luettu 10.3.2013.

12. Felm-sähkömoottorit. Verkkodokumentti.
<<http://www.felm.it/english/cataloghi.htm>>. Luettu 10.3.2013.
13. Hasari, Heikki., Salonen, Pekka. 2006. Teknillinen piirtäminen. Keuruu. Otava.
14. Martikainen, Rauno. Yrittäjä, Veranos Oy, Helsinki. Haastattelu. 3.4.2013.
15. Hydraulitankki. Verkkodokumentti.
<http://enginemechanics.tpub.com/14081/css/14081_100.htm>. Luettu 10.3.2013.
16. Hydraulipumppu. Verkkodokumentti. <http://www.designworldonline.com/a-quick-and-easy-guide-to-hydraulic-pump-technology-and-selection/>>. Luettu 10.3.2013.
17. Rigid couplings. Verkkodokumentti.
<<http://www.automotioncomponents.co.uk/en/catalog/rotary/rigid-couplings/rigid-shaft-couplings/r3202>>. Luettu 10.3.2013.
18. Oil filter. Verkkodokumentti. <
http://constructionmanuals.tpub.com/14050/css/14050_245.htm>. Luettu 10.3.2013.
19. Hydraulic pump. Verkkodokumentti. <http://www.kmakris.gr/AircraftComponents/Hydpamp/hyd_pump.htm>. Luettu 10.3.2013.
20. Kawasaki hydraulics. Verkkodokumentti. <<http://www.kpm-usa.com/products/hydraulic-pumps/>>. Luettu 10.3.2013.
21. Gear rack. Verkkodokumentti.
<<http://iescjmechanisms.wikispaces.com/RACK+AND+PINION+SYSTEM.>>
Luettu 10.3.2013.

22. Coupling alignment. Verkkodokumentti.

<<http://www.flowcontrolnetwork.com/articles/the-importance-of-shaft-alignment>>. Luettu 10.3.2013.

23. Laser alignment. Verkkodokumentti. <<http://www.laseralignment.co.uk/laser-shaft-alignment.html>>. Luettu 10.3.2013

24. Main Pump Regulator. Verkkodokumentti. http://earthmoving-equipment-blog.blogspot.fi/2013/04/328d-lcr-excavator-hydraulic-system_6434.html.

Luettu 10.03.2013.

SAE-laipan kiinnityspala 3000 psi



TILAUSNUMERO	Laippa-koko
Specma	
2133-08	1/2
2133-12	3/4
2133-16	1
2133-20	1 1/4
2133-24	1 1/2
2133-32	2
2133-40	2 1/2
2133-48	3

SAE-laipan kiinnityspala 6000 psi



TILAUSNUMERO	Laippa-koko
Specma	
2136-08	1/2
2136-12	3/4
2136-16	1
2136-20	1 1/4
2136-24	1 1/2
2136-32	2

SAE-laipan kiinnityspala yhtenäinen 3000 psi



TILAUSNUMERO	Laippa-koko
Specma	
2123-12	3/4
2123-16	1
2123-20	1 1/4
2123-24	1 1/2
2123-32	2

SAE-laipan kiinnityspala yhtenäinen 6000 psi



TILAUSNUMERO	Laippa-koko
Specma	
2126-12	3/4
2126-16	1
2126-20	1 1/4
2126-24	1 1/2
2126-32	2

SAE-kierrelaippa, suora 3000 psi



TILAUSNUMERO	Kierre	Laippa-koko
Specma	BSP	
2203-08	1/2	1/2
2203-12	3/4	3/4
2203-16	1	1
2203-20	1 1/4	1 1/4
2203-24	1 1/2	1 1/2
2203-32	2	2
2203-40	2 1/2	2 1/2
2203-48	3	3

SAE-kierrelaippa, suora 6000 psi



TILAUSNUMERO	Kierre	Laippa-koko
Specma	BSP	
2206-08	1/2	1/2
2206-12	3/4	3/4
2206-16	1	1
2206-20	1 1/4	1 1/4
2206-24	1 1/2	1 1/2
2206-32	2	2

SAE-kierrelaippa, 90° 3000 psi



TILAUSNUMERO	Kierre	Laippa-koko
AFS-080/90G	1/2	1/2
AFS-100/90G	3/4	3/4
AFS-102/90G	1	1
AFS-104/90G	1 1/4	1 1/4
AFS-106/90G	1 1/2	1 1/2
AFS-108/90G	2	2

SAE-kierrelaippa, 90° 6000 psi



TILAUSNUMERO	Kierre	Laippa-koko
AFS-401/90G	1/2	1/2
AFS-402/90G	3/4	3/4
AFS-403/90G	1	1
AFS-404/90G	1 1/4	1 1/4
AFS-405/90G	1 1/2	1 1/2

