

Oskari Wegelius

Hydraulipumpun sylinterin läppäyskoneen suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

6.5.2015

Tekijä Otsikko	Oskari Wegelius Hydraulipumpun sylinterin läppäyskoneen suunnittelu
Sivumäärä Aika	36 sivua 6.5.2015
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotesuunnittelu
Ohjaajat	Lehtori Heikki Paavilainen Rauno Martikainen, Veranos Oy
<p>Tässä insinööriyössä oli tehtävänä suunnitella ja valmistaa läppäyskone Veranos Oy:lle. Työ sisältää läppäyskoneen suunnittelun ja valmistamisen lisäksi pienen teoriaosuuden, jossa käsitellään lyhyesti hydraulijärjestelmiä ja – pumppuja sekä käydään pääpiirteittäin läpi hydraulipumpun huoltamista.</p> <p>Läppäyskoneen suunnittelussa tutkittiin hieman jo markkinoilla olevia laitteita, joiden pohjalta omaa läppäyskonetta lähdettiin suunnittelemaan. Laite suunniteltiin käytännössä alusta loppuun, jokainen osa erikseen, minkä jälkeen se mallinnettiin yhtenäiseksi. Suunnittelun jälkeen aloitettiin läppäyskoneen rakentaminen, mutta aikataulujen tullessa vastaan läppäyskoneen valmistaminen jäi kesken. Suurin osa osista ostettiin ja valmistettiin, mutta muutaman osan puuttuessa kokoonpanoa ei ehditty suorittamaan. Testaaminen tulee tapahtumaan myöhemmin ja siitä saadaan tulokset vasta sitten.</p>	
Avainsanat	Läppäyskone, suunnittelu, hydraulipumppu

Author Title	Oskari Wegelius Designing a Match Lapping Machine
Number of Pages Date	36 pages 6 May 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Product Development
Instructors	Heikki Paavilainen, Lecturer Rauno Martikainen, Veranos Ltd.
<p>In this Bachelor's thesis the main objective was to design and manufacture a match lapping machine for Veranos Ltd. This thesis discusses the design and manufacturing of the match lapping machine, and also a small theory part is included which briefly examines hydraulic systems and pumps. A brief description of the service and maintenance of the pumps is also included.</p> <p>In the designing of the match lapping machine, similar machines already in the markets were examined and that information was used to begin the designing of the product. Basically the match lapping machine was designed from zero part by part and finally it was designed as a complete assembly. After the designing phase it was time to start manufacturing the machine but because of tight a schedule, some of the manufacturing was not finished and therefore, the assembly of the match lapping machine was not finished. In conclusion, the testing of the match lapping machine will be made later and also the results will be available after that.</p>	
Keywords	match lapping machine, design, hydraulic pump

Sisällys

Sanasto

1	Johdanto	4
2	Teoria	5
2.1	Hydraulipumput	5
2.1.1	Hydraulijärjestelmä sekä erilaiset pumput	5
2.1.2	Hydrauliikkapumpun huoltaminen	6
2.2	Konseptisuunnittelu	8
2.2.1	Konseptisuunnitelman määrittely	8
2.2.2	Konseptisuunnittelun vaiheet	8
3	Läppäskoneen suunnittelu	10
3.1	Pohjustus	10
3.2	Suunnittelu	12
3.2.1	Hydraulipumpun sylinterin pyörittäminen	12
3.2.2	Vaakasuuntainen liike	16
3.2.3	Hydraulipumpun sylinterin kiinnittäminen	18
3.2.4	Karamoottorin korkeussäätö	19
3.2.5	Sorvinpakan akseli ja laakerointi	20
3.2.6	3D-mallin piirtäminen	24
4	Prototyypin rakentaminen	26
4.1	Rungon hitsaaminen	26
4.2	Tarvittavien osien tilaaminen	27
4.3	Suunniteltujen osien koneistaminen	28
4.4	Kokoonpano ja testaaminen	30
5	Tulokset	33
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

Sanasto

Hammasratas on mekaanisen voimansiirtolaitteen osa. Hammasrattaan avulla pyörivä liike voidaan siirtää akselilta toiselle tai muuttaa suoraviivaiseksi liikkeeksi. Hammaspyörän nimi tulee rakenteesta. Siinä on tasavälein poikittaisia tai viistoja harjanteita, eli hampaita.

Hydrauliikkapumppu Hydrauliikka tarkoittaa tehonsiirtoa nesteen paineen ja virtauksen avulla. Paine ja tilavuusvirta tuotetaan koneiston avulla, joka muodostuu pumpusta ja pumppua käyttävästä voimakoneesta.

Hydraulisyylinterit muodostuvat sylintereistä, ja männästä, sekä männänvarresta. Sylinterit mahdollistavat suurien voimien käytön. Sylinterit voivat olla joko yksi- tai kaksitoimisia. Yksitoiminen sylinteri tuottaa voimaa ja liikettä hydraulisesta tehosta ainoastaan yhteen suuntaan, yleensä niin, että sylinteri pitenee. Kaksitoimisilla sylintereillä puolestaan saadaan liikettä ja voimaa molempiin suuntiin.

Karamoottori on sähkömekaaninen lineaaritoimilaite. Karamoottori on usein hyvä vaihtoehto paineilma- tai hydraulisyylintereille. Männän liike syntyy trapetsiruuvin avulla, jota käyttää sähkömoottori planeettavaihteen välityksellä.

Laakerointi tarkoittaa tekniikkaa, jolla liikkuva osa voidaan kiinnittää toiseen osaan siten, että osat voivat liikkua toisiinsa nähden. Esimerkiksi akseliin voidaan laakeroida pyörä.

Läppääminen on metallin työstövaihe, jossa kahta metalliosaa hierotaan yhteen, jolloin ne hioutuvat. Kappaleiden välissä voidaan käyttää erilaisia hioma-aineita, joilla pystytään varmistamaan haluttu pinnanlaatu. Tämä voidaan tehdä käsin tai koneella. Käsin tehtävä läppääminen on hyvin hidasta, kun taas koneella läppääminen säästää aikaa. Läppäämisestä voidaan käyttää myös nimitystä hiertäminen.

Pneumaattinen sylinteri Servo-ohjattuja toimilaitteita voidaan toteuttaa pneumaattisesti. Pneumatiikka on tekniikan ala, jossa käytetään kaasun painetta ja virtausta tehonsiirtoon ja anturitietojen käsittelyyn sekä ohjauskomentojen käsittelyyn ja toteuttamiseen. Hydrauliikka on pneumatiikan kaltainen, mutta siinä käytetään nesteitä kaasujen sijasta.

Servomoottori Servo on asemointiin tarkoitettu toimilaitteen ohjauspiiri, jossa on takaisinkytkentä asema-anturiin. Servomoottorissa on itse moottorin kanssa samaan pakettiin sijoitettu yleensä pulssityyppinen anturi akselin kulman mittaamiseksi ja pyörimiskertojen laskemiseksi. Servomoottoria ohjataan elektronisen servo-ohjaimen avulla.

Sorvinpakka on kiinnike, jolla kiinnitetään kappaleet sorviin. Sorvinpakat voivat olla erikokoisia. Sorvinpakassa on säädettävät leuat, joiden väliin kappale asetetaan ja kiinnitetään.

TIG-hitsaus on kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaari palaa sulamattoman volframidelektrodin ja työkappaleen välissä suojakaasun ympäröimänä. Suojakaasu on poikkeuksetta argonia, joka ei reagoi sulan kanssa. TIG-hitsausta käytetään useimmiten vaativien putkistojen hitsauksiin, ruostumattomien putkien ja putkipalkkien hitsaukseen ja valmistukseen, ohuiden aineiden hitsaukseen, alumiinien ja erikoismetallien hitsaukseen sekä pieniin korjaushitsauksiin.

1 Johdanto

Tämä insinööriyö tehdään Veranos Oy:lle. Se on kansainvälinen maansiirtokoneiden varaosatoimittaja, joka tuo maahan hydraulikkapumppuja tunnetuilta valmistajilta sekä korjaa ja huoltaa niin vioittuneita kuin kuluneitakin pumppuja. Pumppujen lisäksi Veranos Oy myy kaivinkoneiden vetonapoja sekä niihin varaosia ja kääntökehiä. Tässä insinööriyössä tullaan käsittelemään hydraulikkapumppuja sekä niiden huoltoon liittyviä tehtäviä. Tärkeimpänä tehtävänä on suunnitella sekä valmistaa hydraulikkapumppujen sylinterien läppäyskone, jolla läpätään pumpun sylinteri ja venttiililevy täydelliseksi pariksi. Tähän asti läppääminen on tehty käsin, ja se on ollut erittäin työlästä ja aikaa vievää. Läppäyskoneen tehtävänä on tehostaa nykyistä prosessia.

Läppäyskoneen suunnittelu on hyvin spesifinen prosessi, joka pitää sisällään ongelmien ratkaisuja, 3D-mallinnusta, osien etsimistä ja tilaamista sekä eri osien yhteensopivuuden varmistamista. Edellä mainitun lisäksi laitteen valmistaminen vaatii kärsivällisyyttä ja tarkkaavaisuutta, jotta kaikki osat ja kappaleet saadaan yhteensopiviksi sekä toimiviksi.

Läppäyskoneita on vain muutamalla valmistajalla myynnissä markkinoilla. Läppäyskoneen suunnittelussa hyödynnettiin markkinoilta löytyviä laitteita. Näiden tietoja tutkittiin ja hyödynnettiin omassa suunnittelussa. Suurin osa suunnittelusta toteutettiin tutkimalla eri vaihtoehtoja sekä mallintamalla näitä vaihtoehtoja. Suunnittelussa hyödynnettiin konseptisuunnittelun vaiheita.

2 Teoria

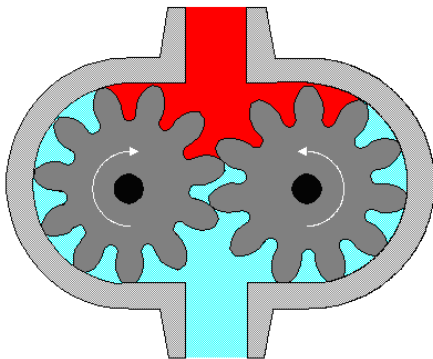
2.1 Hydraulipumput

2.1.1 Hydraulijärjestelmä sekä erilaiset pumput

Hydraulipumppu on oleellinen osa hydraulikkajärjestelmää. Hydraulijärjestelmään kuuluu pumpun lisäksi muun muassa nestesäiliö, erilaisia venttiileitä, käyttösylinteri sekä suodatin. Venttiilejä on useita erilaisia, kuten suuntaventtiili, vastusvastaventtiili, paineenrajoitusventtiili ja vastaventtiili. Venttiilejä käytetään erilaisissa kokonaisuuksissa eri tavalla. Hydraulisyylinterillä saadaan aikaan suoraviivainen mekaaninen liike. Järjestelmässä kulkeva hydraulineeste, useimmiten öljy, liikuttaa käyttösylinteriä eteenpäin ja taaksepäin riippuen sylinteristä. (1; 2.)

Hydraulipumput ovat hydrostaattisia pumppuja, jotka toimivat syrjäytysperiaatteella. Sähkömoottori pyörittää hydraulipumppua, joka tuottaa järjestelmään virtausta, jota vaaditaan liikuttamaan kuormaa järjestelmässä. Ilman toimivaa pumppua neste ei kierrä järjestelmässä, ja tämän seurauksena kone ei toimi. (1; 2.)

Hydrostaattisilla pumpuilla voidaan tuottaa hyvinkin korkeita paineita, jopa useita satoja baareja. Hydraulipumppujen kokonaishyötysuhde on myös hyvin korkea, jopa 0,9. Verrattuna esimerkiksi polttomoottoriin, jonka hyötysuhde on vain noin 0,25 - 0,3, hydraulipumpun hyötysuhde on moninkertainen. Rakenteellisesti pumpputyyppejä on useita. Yleisimmät pumpputyypit ovat hammaspyöräpumput (kuva 1), ruuvipumput, siipipumput ja mäntäpumput. (1; 2; 3.)

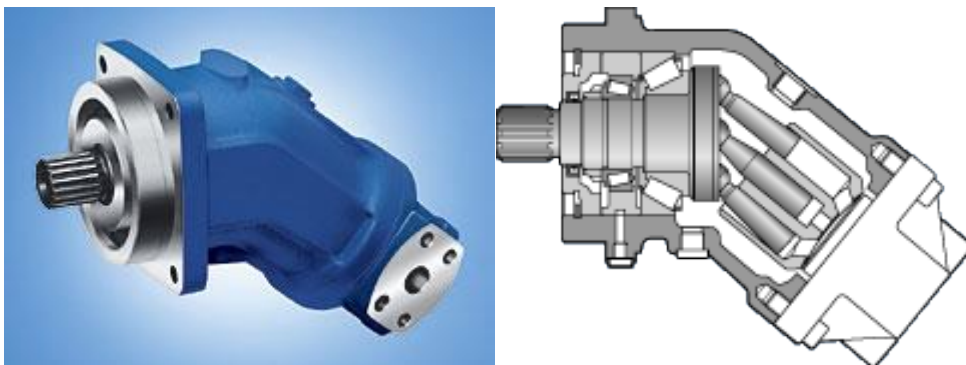


Kuva 1 Hammaspyöräpumpun toimintaperiaate (4)

Hydraulipumppuja käytetään hyvin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi automatisoiduissa prosesseissa sekä erilaisissa koneissa ja laitteissa. Veranos Oy huoltaa hydraulipumppuja, joita käytetään pääsääntöisesti maansiirtokoneissa.

2.1.2 Hydrauliikkapumpun huoltaminen

Hydraulipumppu koostuu useista osista. Tässä työssä käsitellään mäntäpumpun sylinterin ja venttiililevyn välisten pintojen huoltamista. Hydraulipumpun sylinterin ja venttiililevyn välisissä pinnoissa tapahtuu kulumista, kun pumppu on toiminnassa. Jossain vaiheessa, kun sylinteri tai venttiililevy kuluu epätasaisesti tai sinne joutuu roskaa, syntyy sylinterin ja venttiililevyn väliin naarmuja tai välystä. Tästä seuraa ohivuotoa, joka voi estää laitetta toimimasta suunnitellulla tavalla, ja lisäksi hydrauliikkaneeste lämpee. Tämä lämpeneminen johtuu hydraulinesteen kulkeutumisesta pienistä väleistä hyvin suurilla paineilla. Vuotanut hydraulineste kiertää ohivuoto letkun kautta takaisin säiliöön ja näin lämmittää säiliössä olevaa hydraulinestettä. Hydraulinesteen lämmetessä viskositeetti alenee ja vuodot entisestään lisääntyvät. Pieni vuoto ei vaikuta vielä toimintaan, mutta suurempi vuoto voi estää maksimipaineen saavuttamisen. Viimeistään tässä vaiheessa hydraulipumpun sylinteri tulisi huoltaa. (Kuva 2.)



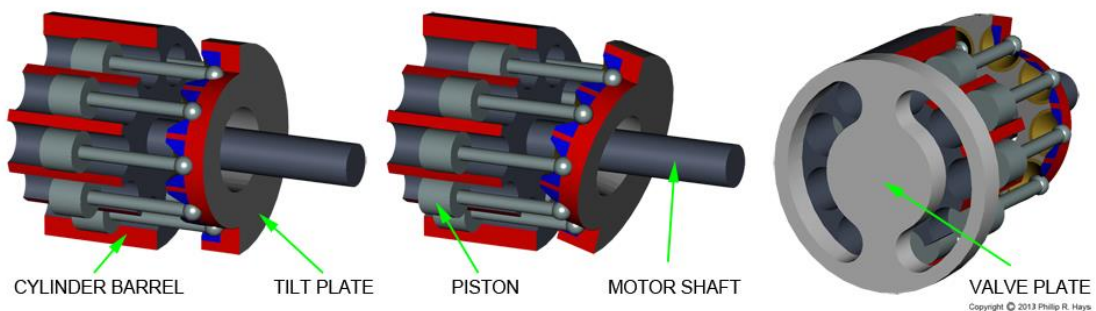
Kuva 2 Bosch Rexrothin mäntäpumppu, sisällä mm. männät, venttiililevy ja sylinteri (5)

Pumpun huoltoprosessissa sylinteri ja venttiililevy vaihdetaan uusiin tai läpätään riippuen siitä, kuinka pahasti pumpun osat ovat kuluneet. Läppäminen on metallin työstövaihe, jossa kahta metalliosaa hierotaan yhteen, jolloin ne hioutuvat toisiinsa sopiviksi. Kappaleiden välissä voidaan käyttää erilaisia hioma-aineita, joilla pystytään varmistamaan haluttu pinnanlaatu. Tämä voidaan tehdä käsin tai koneella. Käsin tehtävä läppäminen on hyvin hidasta, kun taas koneella läppäminen säästää aikaa ja mahdollis-

taa jopa työskentelyn muiden tehtävien parissa koneen hoitaessa läppäyksen. Läppäämisestä voidaan käyttää myös nimitystä hiertäminen.

Prosessissa pinnat hioutuvat toisiaan vasten ja näin saadaan yhtenäiset pinnat. Prosessissa tärkeintä ei ole pintojen tasaisuus vaan nimenomaan pintojen yhtenäisyys. Pinnanlaatuun pystytään vaikuttamaan hionta-aineilla, joita on hyvin erilaisia ja joiden karkeudet vaihtelevat.

Osassa sylintereistä ja venttiililevyistä (kuva 3) on suorat pinnat, kun taas toisissa pinnat ovat koverat ja kuperat. Suorat pinnat ovat huomattavasti helpompia työstettäviä kuin koverat ja kuperat. Nämä pinnat ovat erittäin työläät läpätä, ja jotta niistä on mahdollista saada mahdollisimman yhdenmuotoiset, vaaditaan paljon aikaa ja tarkkuutta. Näiden pintojen läppääminen vie käsin tehtynä hyvin paljon aikaa työntekijältä. Tähän prosessiin halutaan helpotusta ja tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella ja valmistaa kone, joka läppää nämä kappaleet nopeammin, kuitenkin pinnanlaadusta tinkimättä.



Kuva 3 Hydraulipumpun sylinteri ja venttiilevy (kuvassa valve plate) (6)

Läppäämisen jälkeen hydraulipumpun sylinteri ja venttiilevy kootaan hydraulipumpun sisään. Hydraulipumpun toiminta testataan testipenkissä. Siinä pumpun toiminta varmistetaan, ja se säädetään käyttökuuntoon. Testipenkissä pumppu on käytössä samalla tavalla kuin se olisi kiinni itse laitteessa tai koneessa, josta se on irrotettu. Testipenkissä pumppua ajetaan eri kierroksilla ja tällä varmistetaan sen toimivuus koko toimintalueella. Kun pumppu toimii täydellisesti testipenkissä, pitäisi sen toimia myös samalla tavalla sen oikeassa käyttökohteessa.

2.2 Konseptisuunnittelu

2.2.1 Konseptisuunnitelman määritelmä

Konseptisuunnitelma on idean ja sen toteuttamiseen tarvittavien keinojen yhdistämistä. Sitä käytetään hyvin paljon projekteissa, ja se on usein jopa koko projektin tärkein vaihe. Konseptisuunnittelussa tutkitaan eri mahdollisuuksia ja toteutetaan tuote teoreettisella tasolla. Tässä vaiheessa selvitetään tuotevaatimukset. Toisin sanoen selvitetään ne ominaisuudet, joita tuotteelta vaaditaan, jotta se vastaa tarpeita. Konseptisuunnittelu-vaiheessa tutkitaan myös markkinoita, ja selvitetään löytyykö markkinoilta vastaavia laitteita. (7.)

2.2.2 Konseptisuunnittelun vaiheet

Konseptisuunnittelu voidaan karkeasti jakaa viiteen vaiheeseen.

1. Ongelman kartoitus

Konseptisuunnittelun ensimmäisessä vaiheessa selvennetään niin sanottua ongelmaa. Toisin sanoen kerätään tietoa tarvittavista ominaisuuksista. Tässä vaiheessa suurempi ongelmakokonaisuus voidaan jakaa pienempiin osaongelmiin, joita ratkotaan erikseen. (8, s.111 - 115, 133.)

2. Benchmarking

Toisessa vaiheessa selvitetään olemassa olevia ratkaisuvaihtoehtoja sekä kokonaisongelmaan että osaongelmiin. Tämä on myös sellainen vaihe, jonka ajatuksia hyödynnetään koko kehitysprojektin ajan. Usein valmiin ratkaisun käyttö on edullisempaa ja nopeampaa kuin täysin uuden ratkaisun kehittäminen. (8, s.115 - 119, 133.)

Tässä vaiheessa arvioidaan sekä tutkitaan kilpailevien valmistajien jo olemassa olevia tuotteita sekä hyödynnetään mahdollisimman laajasti eri tiedonlähteitä. Tärkeää on etsiä ratkaisukokonaisuuksia, joita myöhemmin hyödynnetään tarkemmin. Tässä voidaan käyttää hyödyksi käyttäjäkokemuksia, asiantuntijoita, voidaan tutkia patenteja ja etsiä tietoa kirjallisuudesta. (8,s.115 - 119, 133.)

3. Konseptien luonti

Vaiheessa kolme luodaan ratkaisu konsepteja. Tässä yksilöt tai ryhmät kehittävät omista tiedoista ratkaisuja. Tämä vaihe voi luoda täysin uusia ratkaisumalleja ongelmiin. (8, s.119, 133.)

4. Järjestelmällinen ratkaisuvaihtoehtojen läpikäynti

Neljännessä vaiheessa konseptisuunnittelua järjestellään ja suodatetaan luotuja ideoita. Näistä ideoista etsitään osaongelmien ratkaisu vaihtoehtoja, jotka voidaan käyttää yhdessä, eli luovat toimivan kokonaisuuden kokonaisongelman ratkaisemiseen. (8, s.122 - 124, 133.)

5. Ratkaisujen arviointi

Viimeisessä vaiheessa konseptisuunnittelua arvioidaan valittuja ratkaisuja ja etsitään kehitysideoita, joita voidaan korjata ja välttää mahdollisissa tulevaisuuden projekteissa. Tätä vaihetta tulisi myös hyödyntää läpi projektin, jotta pystytään heti arvioimaan mahdollisia ongelmia. (8, s.132 - 133.)

3 Lämpäyskoneen suunnittelu

3.1 Pohjustus

Lämpäyskoneen suunnittelussa käytettiin hyödyksi konseptisuunnittelun periaatteita. Projekti käynnistettiin palaverilla, jossa todettiin, että valmiin laitteen hankinnan sijasta voitaisiin tutkia mahdollisuutta itse suunnitella ja valmistaa lämpäyskone. Tärkeintä tässä oli tietysti arvioida, onko tämä vaihtoehto taloudellisesti kannattavampi kuin valmiin laitteen ostaminen. Suunnittelun ja valmistamisen lisäksi kuluisi vielä resursseja laitteen käyttöönotossa niin toimivuuden testaamiseen, kuin oikeiden asetusten löytämiseen.

Oleellisia kysymyksiä pohjustuksessa oli, miten laitteen tulisi toimia, millaisella kierrosalueella sylinterin pitäisi pyöriä, jotta tapahtuu tarvittava hiertyminen, sekä mikä saisi olla laitteen koko. Tarvittavaa pyörimisnopeutta lähdettiin selvittämään yhteistyöyritykseltä Englannista sekä tutkimalla markkinoilta löytyvistä laitteista niiden teknisiä ominaisuuksia. Näitä tietoja hyödyntämällä todettiin, että pyörimisnopeuden ei tarvinnut ylittää 150 kierrosta minuutissa, mutta varsinaista optimaalista pyörimisnopeutta ei saatu selville. Näillä tiedoilla pääteltiin, että tarvitaan säädettävä pyörimisnopeus, joten moottorin täytyi myös olla säädettävissä. Toimiva kierrosnopeus tulee löytymään näin ollen vasta testaamalla laitetta ja tutkimalla eri nopeuksilla läpättyjen kappaleiden pinnanlaatuja.

Ennen kuin lämpäyskonetta ryhdyttiin suunnittelemaan, tutkittiin olemassa olevia vaihtoehtoja, ja niiden perusteella oli tehtävä päätös, onko kannattavaa lähteä suunnittelemaan sekä valmistamaan vastaavaa laitetta itse. Nopean internet selaamisen jälkeen löytyi yksi vastaava kone (kuva 4). Kyseisen lämpäyskoneen valmistaja on Kemet. Muita samantyyllisiä koneita tutkittiin myös, ja näistä valmiista laitteista etsittiin niiden hyvät sekä huonot puolet, joita pyrittiin hyödyntämään omassa suunnittelussa.



Kuva 4 Kemet läppäyskone (9)

Laitteen koon kannalta tärkeää oli, että se olisi sopivan pieni, sitä olisi mahdollista siirtää tarvittaessa, ja toisaalta sen tulisi olla tarpeeksi tukeva, jotta se ei liikkuisi käytössä. Lisäksi sen käyttöä täytyisi olla mahdollisimman pitkä ilman suurempia huoltotoimenpiteitä. Koska pumppujen sylinteriryhmiä on hyvin erikokoisia, tulee huomioida laitteessa erikokoisten sylintereidien läppäysmahdollisuus. Toisin sanoen läppäyskoneessa tulisi olla korkeussäätö ja kiinnitysmahdollisuudet erikokoisille sylinteriryhmille.

Oleellinen kriteeri läppäystoimenpiteen nopeuttamisen lisäksi on automaattisuus, joka vapauttaa työntekijän muiden tehtävien pariin sillä välin, kun läppäyskone läppää pumppun sylinterin ja venttiililevyn. Toisaalta, jos läppäys onnistuu nopeasti, täysin automatisoitu läppäminen ei ole täysin välttämätöntä. Käsillä läpätessä aikaa kuluu useita tunteja yhteen läppäysprosessiin, ja jos läppäyskoneella läppäysaika saadaan lyhennettyä minuutteihin, nopeuttaa se koko huoltotoimenpidettä.

3.2 Suunnittelu

Pääpiirteet läppäyskoneen suunniteluun olivat selvillä jo heti alusta lähtien. Tehtävänä oli löytää sopivat laitteet pyörivälle liikkeelle ja vaakaliikkeelle, sylinterille toimiva kiinnitys sekä kiinnitys vaakaliikkeen komponentille. Näiden lisäksi oli myös suunniteltava kaikki laakeroinnit sekä huomioitava kaikki pienet liikkuvat osat.

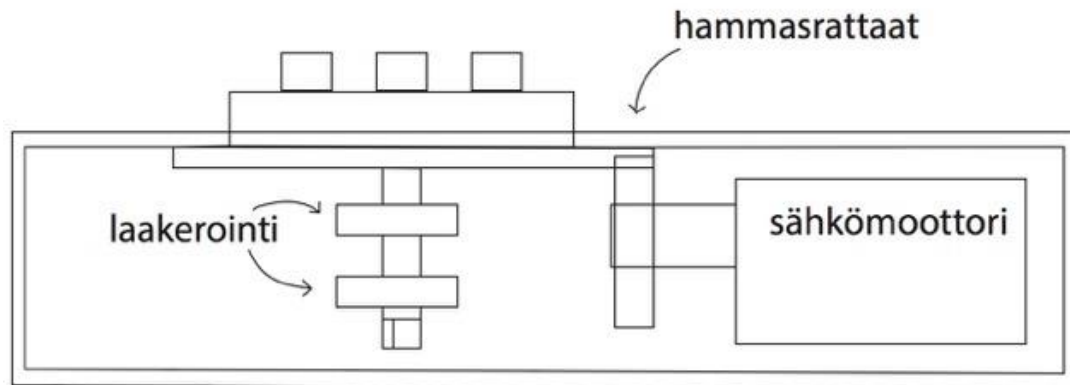
Suunnittelu aloitettiin tutkimalla erilaisia vaihtoehtoja, joilla oli mahdollista saada hydraulikkasynterille oman akselinsa ympäri pyörivä liike sekä venttiililevyllä heilurimainen liike. Tärkeää oli löytää molemmille liikkeille sellainen vaihtoehto, että liikkeiden nopeutta voitaisiin tarvittaessa pienentää tai kasvattaa. Tärkeää oli myös suunnitella toimiva kiinnitys hydraulipumpun sylinterille. Kiinnityksen tuli olla yksinkertainen sekä pitävä, jotta se olisi helppo käyttää, ja sellainen, että sylinteriryhmä ei pääsisi pyörimään itsekseen.

3.2.1 Hydraulipumpun sylinterin pyörittäminen

Aluksi lähdettiin liikkeelle hydraulisynterin pyörittämisestä. Ensiksi tarkasteluun tuli sähkömoottori, ja sitten aloitettiin erilaisten vaihtoehtojen kartoittaminen. Erilaisten vaihtoehtojen rajaamiseen piti löytää kriteerit: millainen sähkömoottori ja millaiset kierroslukemat. Näistä kysymyksistä lähdettiin liikkeelle ja tutkittiin vaihtoehtoja. Hitaan pyörimisnopeuden ongelmaksi syntyi sellaisen moottorin ja vaihteiston löytäminen, että moottori pystyisi jäähdyttämään itsensä, ja silti akselilta ulostuleva pyörimisnopeus olisi tarvittaessa myös tarpeeksi alhainen.

Ensimmäiset vaihtoehdot sähkömoottorin valinnoissa olivat perinteinen sähkömoottori ja siihen hammasratastus, hihna- tai ketjikäyttö (kuva 5). Sähkömoottori pyörittää akselia, johon kiinnitetään hammasrattaat, hihna- tai ketjupyörä ja nämä pyörittäisivät hydraulisynterin kiinnikettä. Näitä vaihtoehtoja mietittiin, mutta muutamien suunnitelmien jälkeen nämä vaihtoehdot todettiin hieman hankaliksi.

Hammasratas



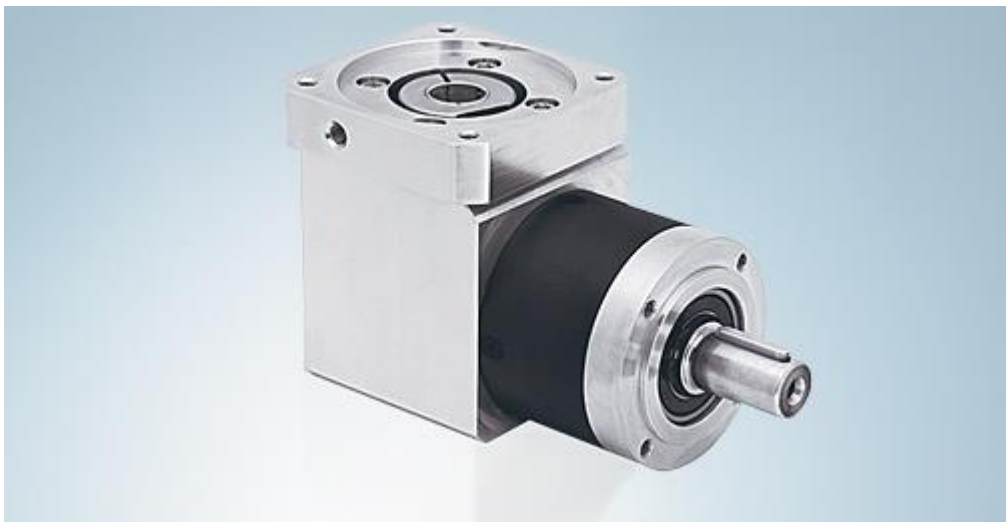
Kuva 5 Sähkömoottori pyörittää akselin päässä olevaa hammasratasta, joka pyörittää hydraulisylinterin kiinnikettä.

Perinteisistä sähkömoottoreista ei löytynyt sopivaa vaihtoehtoa, joka täyttäisi kaikki vaaditut kriteerit: sopivan kokoinen, itse jäähdyttävä myös pienillä kierroksilla ja helppo pyörimisnopeuden säädettävyys. Sopiva moottorivaihtoehto löytyi servomoottoreista. Servomoottorit ovat helposti säädettävissä vapaavalintaisille pyörimisnopeuksille, ja sen lisäksi servomoottoreissa hyötysuhde on hyvin korkea, eivätkä nämä juuri lämpene käytössä. Servomoottori todettiin myös ohjauksensa ansiosta hyvin toimivaksi vaihtoehdoksi. Se kytketään järjestelmään, jossa hyvin tyypillinen ratkaisu on servo-ohjain, jota ohjataan esimerkiksi ohjelmoitavalla logiikalla. Logiikkaan voidaan ohjelmoida erilaisia ohjelmia ja valita käyttöön parhaiten sopiva. Servo-ohjaimelta tulee valittu informaatio servomoottorille, ja näin saadaan servomoottori toimimaan valitulla tavalla. Servo-ohjaimen lisäksi järjestelmässä on muun muassa virtalähteet, servon ohjainkortit, jännitekortti sekä puskurikortti, joka toimii ikään kuin kondensaattorina ja estää virtaa kulkemasta väärään suuntaan.

Pyörimisnopeuden lisäksi oli varmistettava, että kyseinen moottori sekä vaihteisto olisivat riittävän tehokkaita pyörittämään sorvinpakkua ja hydraulipumpun sylinteriä. Tarvitava servomoottori löytyi Beckhoff Automationilta (kuva 6). Tähän laitteeseen valittiin AM-sarjan servomoottori, jonka nimellismomentti on 1,13 Nm ja siihen lisäksi kulmavaihte (kuva 7), jonka pyörimissuhde on 20:1. Tällä vaihteella saatiin nimellismomentti muutettua 20-kertaiseksi, eli noin 20 Nm:iin. Kulmavaihte valittiin suoran vaihteen sijasta siksi, että läppäyskoneen korkeus saadaan pienemmäksi, jolloin painopiste jää alemmaksi. Tämä tekee läppäyskoneesta vakaamman, kun painopiste on lähempänä alareunaa.



Kuva 6 Beckhoffin AM8131 servomootori (10)



Kuva 7 Beckhoffin AG2250 kulmavaihte (10)

Tässä vaiheessa tutkittiin voimia, joita tarvitaan pumpun sylinterin pyörittämiseen sekä hitausmomenteja, joita syntyy pumpun sylinterin pyöriessä.

Hitausmomentit:

Hitausmomentti umpinaiselle lieriölle, jonka säde on 350 mm ja massa 30 kg.

$$J_1 = \frac{mr^2}{2}, \text{ jossa } m = \text{massa, } r = \text{säde}$$

$$= \frac{30\text{kg} \cdot 0,35^2}{2} = 1,8375 \text{ kgm}^2$$

Ontolle lieriölle, jonka sisäreiän halkaisija on 100 mm ja ulkohalkaisija 300 mm.

$$J = \frac{1}{2}m(r^2 + R^2), \text{ jossa } m = \text{massa, } r = \text{sisähalkaisija ja } R = \text{ulkohalkaisija}$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 30 \text{ kg} (0,1^2 + 0,35^2)$$

$$= 1,9875 \text{ kgm}^2$$

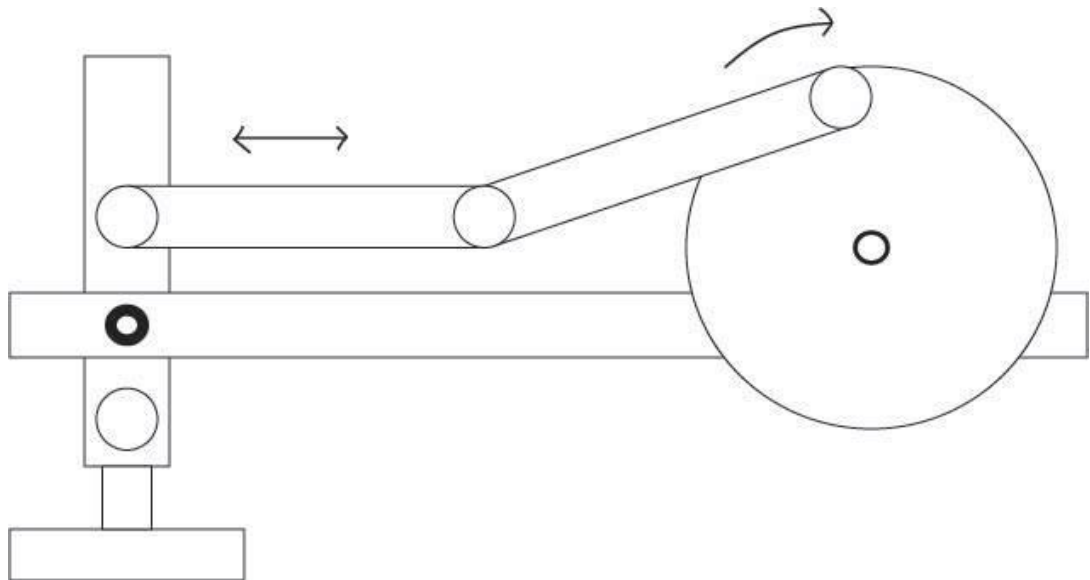
Tästä voitiin havaita, että massahitausmomentti kasvaa, kun massan etäisyys pyörimisakselista kasvaa. Laskettu muutos oli kuitenkin hyvin pieni, joten oletuksena voitiin käyttää umpinaista sylinteriä. Hitausmomentti vaikuttaa vain moottorin kiihtyvyyteen. Tässä tapauksessa kiihtyvyydellä ei ole suurta merkitystä. Oleellista on, että laite kiihtyy haluttuun pyörimisnopeuteen, mutta aika halutun pyörimisnopeuden saavuttamiseen ei ole niin oleellista.

Oleellinen voima on kitkan aiheuttama voima hydraulipumpun sylinterin ja venttiilevyn välissä, joka vastustaa pyörivää liikettä. Kitkan aiheuttamaan voimaan vaikuttaa kuorma, joka painaa venttiililevyä hydraulipumpun sylinteriä vasten. Tätä voimaa arvioitiin, koska varmaa tietoa ei ollut saatavilla. Tässä arvioitiin käsin läppäämisessä syntyvää voimaa. Kun pumpun sylinteriä läpätään käsin, pidetään usein venttiililevy paikallaan ja pumpun sylinteriä hierretään tätä vasten. Tässä pumpun sylinterin oma massa ja läppäjän käyttämä voima vaikuttavat syntyvään kitkavoimaan. Koska läppäjän käyttämä voima ei ole aina sama, on hyvin vaikea määrittää kitkavoima, joka syntyy läpätessä. Ainoa kitkavoimaan vaikuttava vakio tekijä on sylinterin massa.

Läppäyskoneessa asetelma on toisin päin. Pumpun sylinteri on niin ikään paikallaan ja sen sijaan venttiililevylle kohdistetaan voimaa. Venttiililevy kiinnitetään heiluriakseliin, ja sen sallitaan hieman liikkua pystysuunnassa. Heiluriakseliin voidaan lisätä massaa ja näin vaikuttaa syntyvään kitkavoimaan. Moottorin tehon on oltava tarpeeksi suuri, jotta siitä saadaan momentti joka on suurempi kuin kitkavoima. Tätä tutkiessa todettiin, että läppäyskoneella tapahtuva läppääminen on nopeampaa kuin käsin tehtävä. Voidaan olettaa, että koneella tehtävään läppäämiseen ei tarvita yhtä suurta voimaa, koska kieroksia tulee enemmän. Lisättävä massa voidaan rajata sellaiseksi, että pyöritysmoottori ei ylikuormitu.

3.2.2 Vaakasuuntainen liike

Venttiililevyn hiontaan tarvittiin vaakasuuntainen liike, jolla venttiililevy saatiin tekemään heilurimaista liikettä. Vaakasuuntaisen liikkeen aikaansaamiseksi ideoitiin erilaisia sylintereitä, joita olisi mahdollista ajaa edestakaisin jatkuvasti vapaasti valittavan ajan verran. Vaihtoehtoina oli sähkösylintereitä, hydraulisia sekä pneumaattisia sylintereitä, ja näiden lisäksi yhtenä vaihtoehtona oli pieni sähkömoottori, johon kiinnitettäisiin pieni ympyrälevy. Ympyrälevyn reunaan kiinnitettäisiin kampi, joka liikkuisi edes takaisin ympyrälevyn pyöriessä ja saisi aikaan tarvittavan liikkeen. (Kuva 8.)



Kuva 8 Sähkömoottori pyörittää ympyrälevyä, kampi liikkuu edes takaisin ja saa aikaan heiluriliikkeen

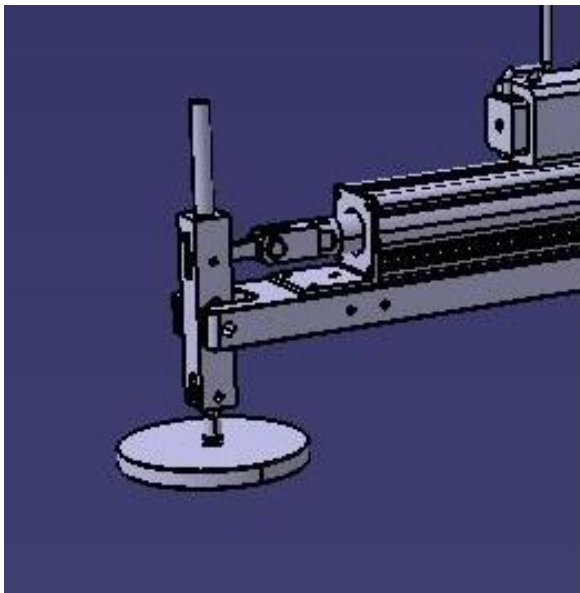
Hydrauli- ja pneumaattisillasylintereillä molemmilla oli sama ongelma: tarvittaisiin erikseen toiminnalle välttämättömät omat järjestelmät. Nämä todettiin työläiksi toteuttaa ja käytännöllisistä syistä toimimattomiksi.

Parhaaksi vaihtoehdoksi valittiin SMC:n valmistama karamoottori (kuva 9), joka on siis sähkötoiminen sylinteri. Karamoottorit vievät vähemmän tilaa kuin hydrauliset tai pneumaattiset sylinterit, koska ne eivät tarvitse erillisiä pumppuja tai letkuja. Karamoottorin toiminta perustuu pieneen sähkömoottoriin, jossa pyörivä liike muuttuu lineaariseksi liikkeeksi. Karamoottorit ovat pitkäikäisiä ja huoltovapaita. Karamoottoria ohjataan kontrollerilla, joka on hyvin samantyyppinen kuin aikaisemmin käsitelty servomoottorin ohjausjärjestelmä. Sitä ohjataan ohjelmoitavan logiikan avulla ja logiikalle laaditaan tarpeen mukainen ohjelma. Käytännössä sama ohjelmoitava logiikka kykenee ohjaamaan sekä sylinterin pyörittämistä, että venttiililevyn sivuttaisliikettä. (11.)



Kuva 9 SMC LEY 25 karamoottori (12)

Karamoottorin sylinterin päähän tilattiin haarukkanivel, johon liitetään kampi. Tämä kampi kiinnitetään heiluri-akseliin. Karamoottorin karan liikkeessa edes takaisin, liikuttaa se koko heiluriakselia ja näin saadaan tarvittava heilurimainen liike. (Kuva 10.)



Kuva 10 Heiluriakseli, kampi sekä karamoottorin päähän kiinnitetty haarukkanivel

3.2.3 Hydraulipumpun sylinterin kiinnittäminen

Hydraulipumpun sylinterin kiinnittämiseen tarvittiin yksinkertainen ja toimiva ratkaisu. Sen lisäksi, että hydraulipumpun sylinteri pysyisi tukevasti kiinnikkeessä, kiinnikkeen tuli olla pyörivä. Kiinnitysvaihtoehtoja tähän tarkoitukseen ei ollut monta, joten valinta pystyttiin tekemään helposti. Tähän tarkoitukseen valittiin itsekeskittävä kolmileukainen sorvinpakka. Sorvinpakan koon valinnassa vertailtiin erikokoisia hydraulipumpun sylindereitä, joita Veranos Oy huoltaa. Toistaiseksi suurimmat sylinterit ovat noin 200 mm halkaisijaltaan. Isommissa hydraulipumpun sylindereissä on alaosassa pieni olake, josta sylinteri on mahdollista kiinnittää sorvinpakkaan. Tämä olake on halkaisijaltaan huomattavasti pienempi kuin itse sylinteri. Näillä tiedoilla uskallettiin todeta, että 200 mm halkaisijaltaan oleva sorvinpakka riittää ongelmitta myös tulevaisuudessa, vaikka isompiakin sylindereitä tulisi huollettavaksi. (Kuva 11.)



Kuva 11 HBM-merkkinen 200 millimetrinen sorvinpakka (13)

Sorvinpakalle suunniteltiin kiinnitys aluslautaseen, jonka keskellä on reikä akselille. Akseli koneistettiin ja prässättiin aluslautaseen, jolloin se pysyy lujasti kiinni, eikä lähde pyörimään. (Kuva 12.)



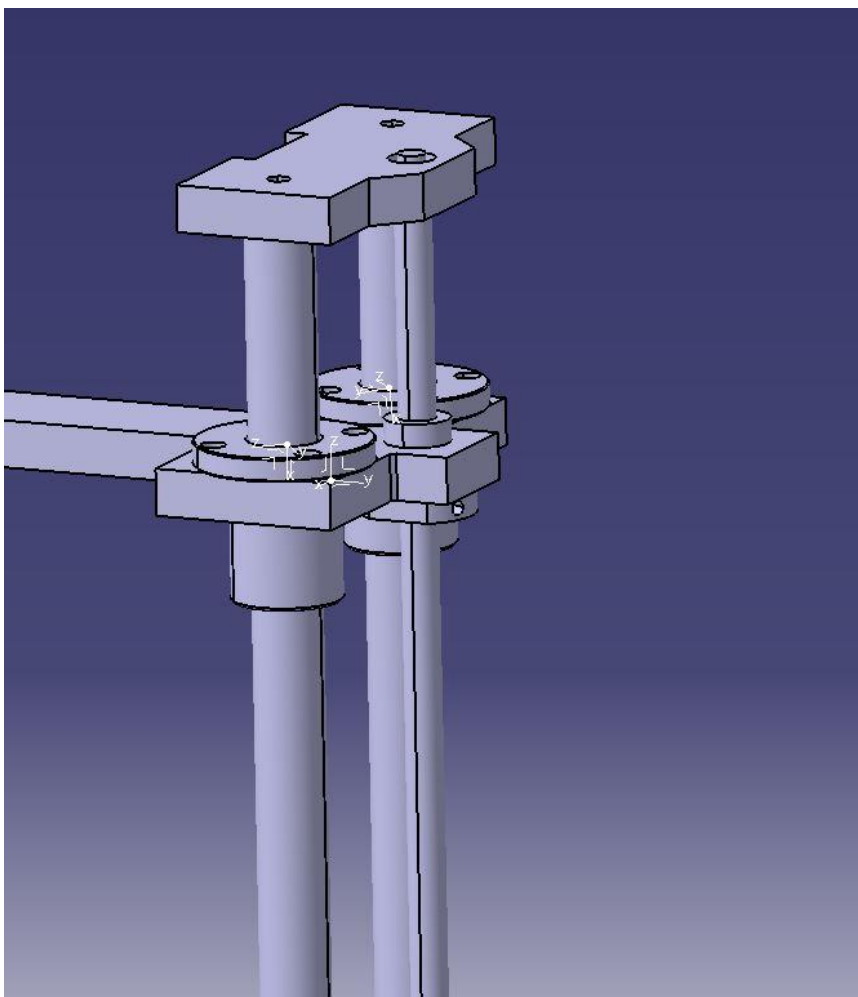
Kuva 12 Sorvinpakka kiinnitettyä aluslautaseen

3.2.4 Karamoottorin korkeussäätö

Hydraulipumpun sylinterin venttiililevylle tarvittiin oma kiinnitys. Koska hydraulipumpun sylintereitä on hyvin paljon eri halkaisijoilla, ja korkeudet vaihtelevat, oli suunniteltava sellainen vaihtoehto, joka mahdollistaa korkeussäädön. Ensimmäisenä tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja, joilla korkeutta olisi helppo ja nopea säätää ilman erillisiä työkaluja. Vaihtoehtoja korkeudensäätöön oli aluksi vaikea löytää, varsinkin helposti säädettäviä. Ensimmäinen idea oli johteet, joiden pituutta voitaisiin säätää. Toisin sanoen johteet liikkuisivat, ja niiden aseman muutoksella saataisiin korkeus valittua. Tätä suunniteltiin aluksi, mutta pian todettiin, että olisi parempi jos löytyisi vieläkin yksinkertaisempi ratkaisu. Johteita ei kuitenkaan ole mahdollista liikuttaa rajattomasti, koska johteet eivät mahtuisi tarpeeksi paljon laitteen sisään. Tämän seurauksena suunniteltiin kiinteät johteet, joissa liikutetaan kelkkaa. Karamoottorin kelkkaan suunniteltiin kiinnitys kuulaholkeille, jotka helpottavat kelkan kulkemista johteissa.

Korkeudensäätöön löydettiin vaihtoehdoksi trapetsiruuvi ja siihen mutteri. Tämä mutteri kiinnitettäisiin yllä mainittuun kelkkaan, ja kun trapetsiruuvia pyörittää, liikuttaa se koko kelkkaa johteiden suunnassa joko ylöspäin tai alaspäin. Trapetsiruuvien sujuvaa pyörimistä varten tarvittiin laakerointi. Aluksi laakeroinniksi suunniteltiin perinteiset urakuula-laakerit, jotka upotettaisiin rakenteeseen ja trapetsiruuvien päädyt koneistettaisiin niihin sopiviksi. Tätä ideaa muutettiin hieman siinä vaiheessa, kun otettiin yhteyttä Moveteciin, josta johteet ja trapetsi tilattiin. Movetecillä oli valmiit laakeriyksiköt olemassa tra-

petsiruuville, ja näin ollen nämä valittiin. Tällä muutoksella laakeriyksiköille tarvittiin pelkästään sopivat reiät, joihin ne upotettaisiin, ja koneistuksetkin tulisivat juuri oikein. (Kuva 13.)



Kuva 13 Trapetsiruuvin, johteiden ja kelkan 3D-malli

Trapetsiruuvin päähän suunniteltiin pieni käsipyörä, jota pyörittämällä kelkkaa pystytään liikuttamaan helposti ylös- ja alaspäin.

3.2.5 Sorvinpakan akseli ja laakerointi

Koska sorvinpakka pyörii, suunniteltiin sille laakerointi. Laakeroinnin suunnittelussa oli huomioitava, että sorvinpakka painaa noin 10 kg ja aluslautanen, johon sorvinpakka kiinnitettiin, painaa myös. Näiden lisäksi hydraulipumpun sylinteri painaa muutamasta kilosta ylöspäin riippuen täysin tämän koosta. Suurimmat pumpun sylinterit, joita Ve-

ranos huoltaa, painavat toistakymmentä kiloa. Laakerointi mitoitettiin 50 kg:aan asti. Tämän oletettiin olevan suurin massa, joka tulisi laakeroinnin päälle. Tässä ensimmäisessä prototyypissä käytetään urakuulalaakereita. Urakuulalaakerit ovat huoltovapaita. Urakuulalaakereiksi valittiin 6008-malliset laakerit. Tämä laakeri on 68 mm ulkohalkaisijalta, 40 mm reiän halkaisijalta ja 15 mm paksu. 6008 valittiin myös siksi, että se on tarpeeksi suuri. Tämän laakerimallin aksiaalinen voiman kesto riittää kestämään sorvinpakan ja hydraulisylinterin massat. Jos käy niin, että laakeri ei kestäkään, voidaan se vaihtaa kartiolaakeriin. Tarvittaessa löytyy lähes samankokoinen; 68 millimetriä ulkohalkaisijalta, 40 mm reiän halkaisijalta, mutta tässä laakeri on hieman paksumpi eli 19 millimetriä. Tämä 4 mm muutos ei vaikuta laitteen toimivuuteen.

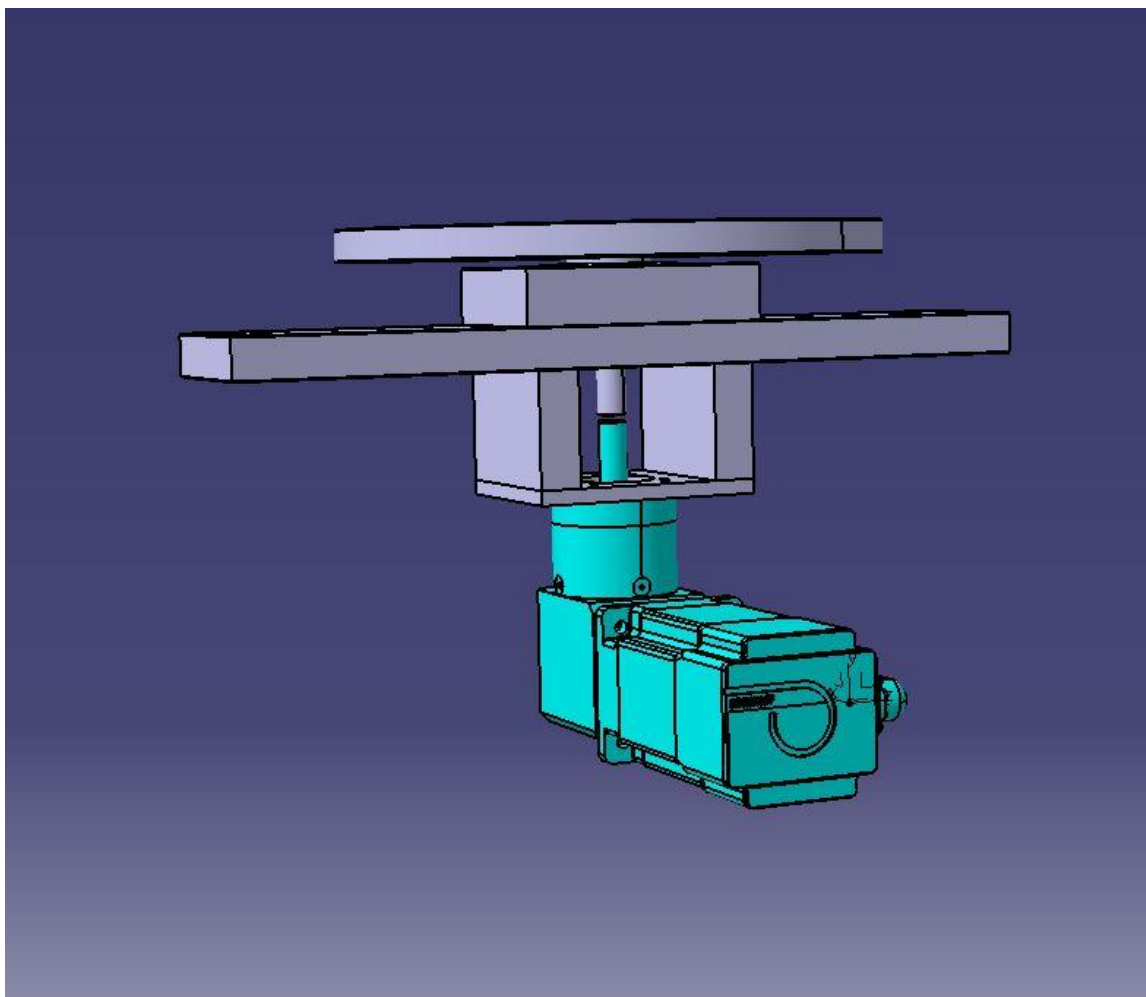
Sorvinpakan akselille suunniteltiin laakerointi, jossa on kaksi laakeria. Ylemmän laakerin tehtävä on ottaa vastaan kaikki akselin suuntaiset voimat, ja alempi laakeri varmistaa, että akseli on suorassa.

Sorvinpakan akseli ja kulmavaihteen akseli liitetään toisiinsa paljekyllätkimellä. Valittu paljekyllätkin koostuu kolmesta osasta: kahdesta alumiinivahvasta, jotka kiinnitetään akselien päihin sekä kevlar vahvisteisesta elastomeeriholkista, joka tulee näiden väliin. Tämä elastomeeriholkki mahdollistaa pienen kulma- ja säteispoikkeaman liitokseen. Tämä poikkeama mahdollistaa pienen liikevaran liitokseen, joten vaikka valmistamisessa tapahtuisi pieni toleranssivirhe, saadaan akselit silti liitettyä toisiinsa. Rakenteensa ansiosta valittu paljekyllätkin toimii myös ylikuormitussuojana.



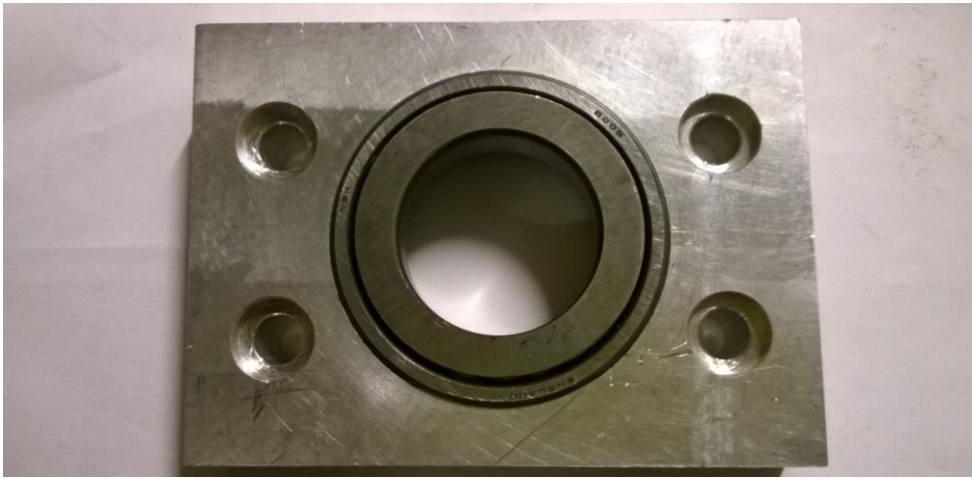
Kuva 14 Paljekyllätkin kokonaisuudessaan sekä osissa (14)

Kuvassa 15 päällimmäisen kappaleen eli aluslautasen alla olevassa alumiinikappaleessa on ylemmän laakerin pesä, ja tämän alla olevassa alumiinikappaleessa on alempi laakeripesä. Sorvinpakan aluslautasen ja ylemmän laakerin väliin suunniteltiin aluslevy, eli ohut levy, jolla laakerin toiminta saadaan varmistettua. Tämä aluslevy on samankokoinen tai hieman suurempi kuin laakerin sisempi rengas (kuva 17), jolloin laakeri pääsee pyörimään ilman, että aluslautanen koskettaa laakerin ulompaa rengasta (kuva 17).

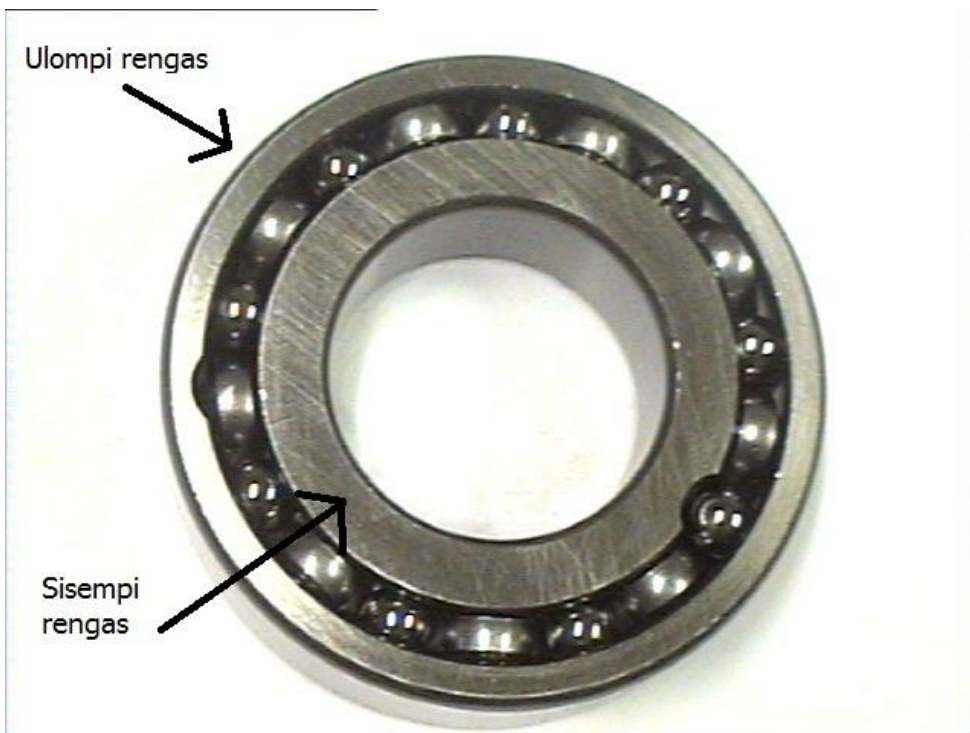


Kuva 15 Akselin laakerointi, aluslautanen, servomootori ja kulmavaihte

Kulmavaihteen ja servomootorin kiinnitys suunniteltiin suoraan sorvinpakan alapuolelle (kuva 15). Tässä kulmavaihte kiinnitetään kiinnikelevyllä pystytukiin, jotka ovat kiinni alemmassa laakeripesässä (kuva 15). Pystytuet suunniteltiin juuri sen korkuisiksi, että kulmavaihteen ja laakeripesän väliin mahtuu paljekyllin. Suunnittelussa huomioitiin myös mahdollisuus päästä käsiksi paljekyllimeen siinä vaiheessa, kun sorvinpakka ja akselointi halutaan irrottaa.



Kuva 16 Ylempässä kuvassa laakerin päällä aluslevy ja alemmassa vain laakeri



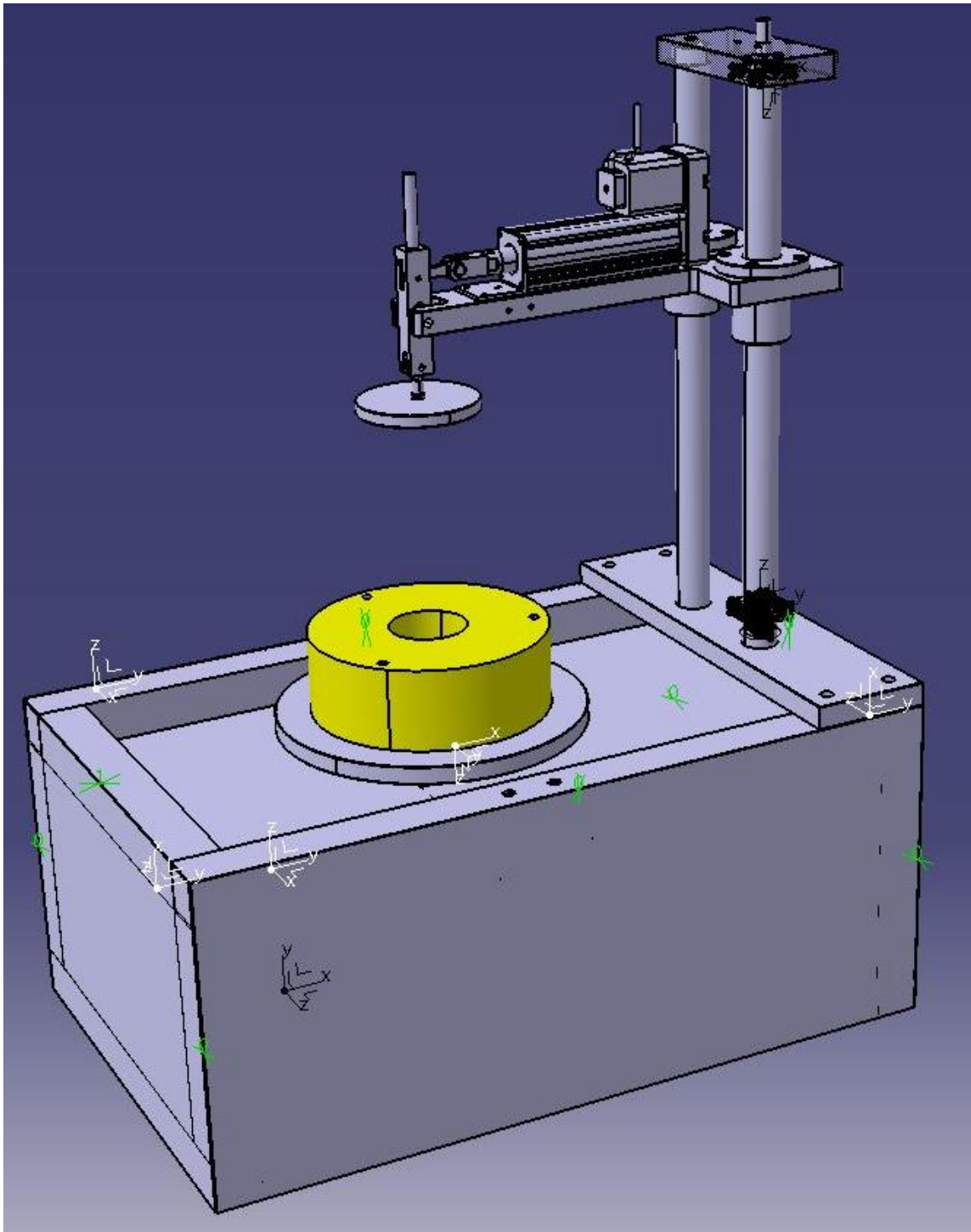
Kuva 17 Urakuulalaakeri

3.2.6 3D-mallin piirtäminen

Läppäyskoneen mallintamisessa käytettiin Dassault Systemesin mallinnusohjelmaa Catia V5 R20. Tätä ohjelmaa käytettiin myös aikaisemmin opinnoissa, joten sen käyttäminen oli varsin luontevaa tähän projektiin. Catia V5 R20 on monipuolinen mallinnusohjelma, jolla on mahdollista mallintaa osa kerrallaan ja tämän jälkeen ohjelmalla voidaan tehdä kokoonpano suunnitelluista osista. Tällä ohjelmalla voidaan myös tehdä työkuvat sekä kokoonpanosta että yksittäisistä osista.

Jokainen mallinnettava osa käytiin ensin läpi yksilöidysti, minkä jälkeen kokonaisuutta alettiin mallintaa, jotta saataisiin 3D-malli piirrettyä ja nähtäisiin kokonaisuus. Läppäyskoneetta varten monet osat suunniteltiin täysin tyhjästä. Näiden osien 3D-mallit tehtiin myös alusta pitäen itse ja sitä mukaa, kun suunnittelu eteni, jouduttiin myös hieman muokkaamaan malleja. 3D-malliin piirrettiin lähes kaikki osat, jotta voitiin nähdä millainen laitteesta tulisi (kuva 18). Valmistajilta, joiden osia läppäyskoneessa käytetään, saatiin suoraan kotisivuilta tai yhteyden oton kautta tuotteiden valmiit 3D -mallit. Näin ollen 3D -mallit olivat todellisen kokoisia ja kaikki yksityiskohdat oli helppo huomioida omia osia suunnitellessa.

Parin osan kohdalla 3D-mallia täytyi muuttaa siinä vaiheessa, kun otettiin yhteyttä valmistajaan, koska alkuperäinen suunnitelma olisi ollut huomattavasti vaikeampi ja työläämpi toteuttaa kuin vaihtoehto, joka valmistajalla oli jo olemassa. Tämä helpotti lopullista suunnittelua, vaikka aluksi olikin tehty jo täysin erilainen vaihtoehto. Tästä voidaan ottaa esimerkkinä trapetsiruuvien laakerointi. Ensiksi oli ajatus, että laakeri upotetaan sellaisenaan trapetsin kiinnikelevyyn ja tähän päälle asetettaisiin trapetsi. Keskusteltua trapetsin valmistajan kanssa, selvisi, että heillä on valmiit laakeroinnit olemassa trapetsille, jolloin laakerointi ja trapetsi tulevat valmiiksi yhteensopivina, ilman erillistä suunnittelua. Tämä huomioitiin omassa suunnittelussa, ja trapetsin sekä johteiden kiinnikelevyyn tehtiin muutos, joka mahdollistaa valmiiden laakeriyksiköiden asentamisen kiinnikelevyyn.



Kuva 18 Läppäyskoneen 3D-malli

4 Prototyypin rakentaminen

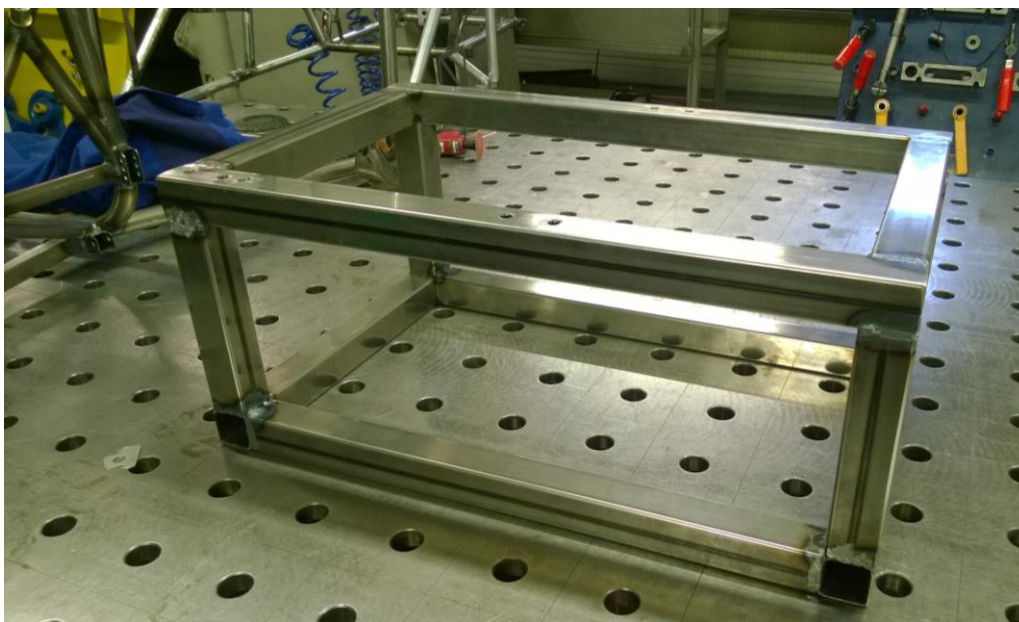
4.1 Rungon hitsaaminen

Prototyypin rakentaminen aloitettiin rungosta. Rungon hitsaus suoritettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun hitsauslaboratoriossa. Hitsausmenetelmänä käytettiin TIG-hitsausta (Tungsten Inert Gas Arc Welding). TIG-hitsauksessa sulamattoman volframielektrodin ja työkappaleen välissä palaa valokaari. Tässä prosessissa käytetään suojakaasua, joka on aina inertti kaasu. Argon on yleisin suojakaasuna käytetty kaasu TIG-hitsauksessa. Suojakaasu myös suojaa kuumaa elektrodia hapettumiselta. TIG-hitsauksessa voidaan käyttää lisäainetta, mutta se ei aina ole välttämätöntä. (15.)

TIG-hitsaus on hyvin yleisesti käytetty ja sitä voidaan käyttää hyvin laajasti. Sillä voidaan muun muassa hitsata alumiinia ja erikoismetalleja. TIG-hitsaus muistuttaa hyvin paljon kaasuhitsausta. Kaasuhitsauksessa palaa liekki ja TIG-hitsauksessa valokaari. Molempiin hitsausprosesseihin tuodaan lisäaine hyvin samalla tavalla. TIG-hitsauksen etuja ovat esimerkiksi sulan ja tunkeuman hyvä hallinta, sen lämmöntuonti on helposti säädettävissä, eikä hitsaus aina vaadi lisäainetta. (15.)

Koneenrunko hitsattiin kokoon teräsputkesta, joka oli profiililtaan 40x40x2 mm. Osassa hitsausseamoja tarvittiin hieman lisäainetta, kun taas muutamat saumat pystyttiin hitsaamaan ilman. Hitsauksessa syntyy aina pieniä jännityksiä ja lämpö saa aikaan kappaleiden vääntymistä johtuen lämpölaajenemisesta. Runko hitsattiin käyttäen apuna jigi-pöytää. Se on pöytä, johon on mahdollista kiinnittää kappaleet tarkasti valittuihin asentoihin, joihin ne hitsauksessa on tarkoitus saada. Jigi-pöytä oli tärkeä apuväline tässä vaiheessa, koska runko oli hitsattava mahdollisimman tarkasti, jotta voitiin minimoida hitsauksesta syntyvä rakenteen muodonmuutos.

Runko (kuva 19) onnistuttiin hitsaamaan melko hyvin, ilman suurempaa rungon vääntymistä. Pientä epätasaisuutta syntyi, koska teräsprofiileita ei onnistuttu saamaan täysin samanmittaisiksi sahausvaiheessa. Tämä ei kuitenkaan vaikuta rungon suoruteen merkittävästi tässä vaiheessa, mutta kokoonpanovaiheessa tämä pienikin epätasaisuus voi vaikuttaa ja tehdä kokoamisesta työläämpää. Tämä selviää vasta, kun laitetta päästään kokoamaan.



Kuva 19 Runko hitsattuna

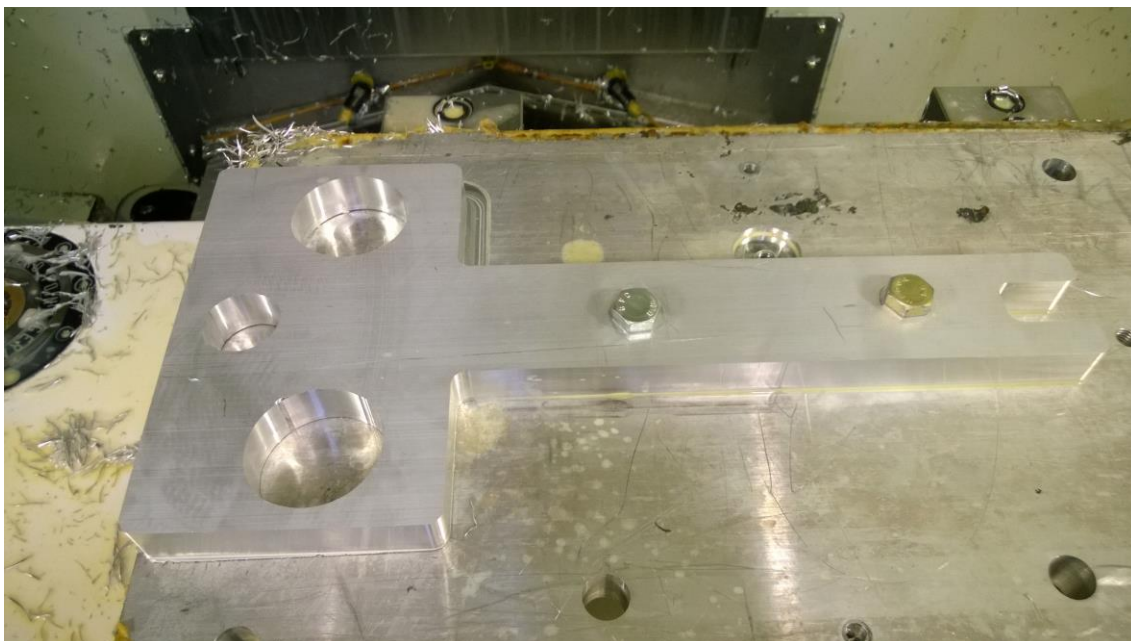
4.2 Tarvittavien osien tilaaminen

Suunnitellessa oli tärkeä miettiä, mitä osia kannattaa valmistaa sekä myös tutkia ne osat, jotka on järkevämpää tilata valmiina. Kaikki sähköiset osat tilattiin valmiina, koska niiden valmistaminen itse olisi ollut hyvinkin haastavaa. Näihin osiin lukeutui muun muassa servomoottori ja sen lisätarvikkeet sekä karamoottori ja sen ohjausjärjestelmä. Näiden osien lisäksi oli tilattava melkoisen paljon muita osia. Seuraavassa luettelo osista, joita tilattiin:

- laakerit (NSK)
- johteet, trapetsi, trapetsimutteri, kuulaholkit sekä laakeriryksiköt (Movetec Oy)
- vesileikattu ympyrälevy sorvinpakan kiinnittämiseen (Laserle Oy)
- sorvinpakka (Rautajätti.fi)
- servomoottori ja siihen tarvittavat lisätarvikkeet (Beckhoff Automation)
- karamoottori / Lineaariaktuaattori ja sen ohjaustarvikkeet (SMC)
- ruuvit, mutterit, kiilat ja holkit (IKH)
- paljekyllin, Käsipyörä (SKS Group)

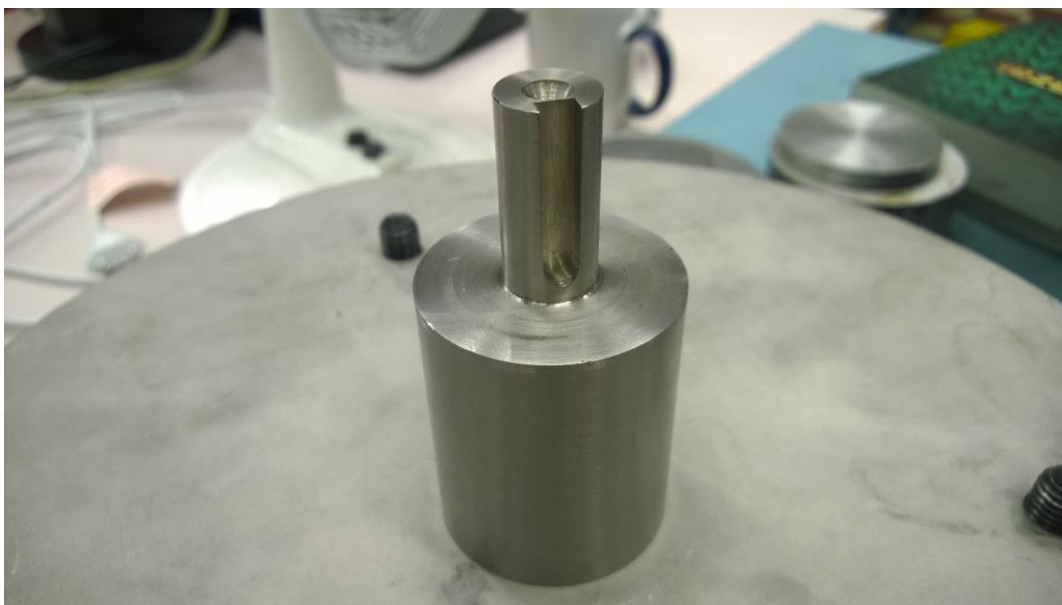
4.3 Suunniteltujen osien koneistaminen

Läppäyskoneeseen suunniteltuja osia koneistettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun koneistuslaboratoriossa. Osia koneistettiin sekä manuaalisorvilla että CNC- koneistuskeskuksella. Kaikkia osia ei ollut aikaa koneistaa itse, minkä seurauksena muutamien osien koneistaminen ulkoistettiin.



Kuva 20 Karamoottorin kelkka CNC-keskuksessa

Karamoottorin kelkka (kuva 20) koneistettiin ahiosta, jonka mitat olivat 200x20x370 mm. Materiaaliksi valittiin alumiini. Kelkkaan kohdistuvat rasitteet eivät ole oletettavasti kovinkaan suuret, joten voitiin olettaa, että alumiini on riittävän kestävä. Koneistusohjelmassa tehtiin työstöradat kappaleelle. Työkalut valittiin CNC- keskukseseen ja jokainen työkalu määriteltiin erikseen. Työkalujen pituudet ja säteet määriteltiin CNC- keskukseseen, jolloin ohjelma osasi laskea työstöradat oikein.



Kuva 21 Sorvinpakan akseli ja kiilaura

Sorvinpakan kiinnitykseen suunniteltu aluslautanen valmistettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa tilattiin vesileikattu ympyrälevy, koska sen koneistamiseen ei ollut mahdollisuutta. Seuraavaksi tämä ympyrälevy sorvattiin manuaalisorvilla. Aluslautaseen sorvattiin sorvinpakkaa varten pieni olake, joka helpottaa sorvinpakan asentamista paikoilleen ja toiseksi toimii ohjurina sorvinpakalle eli keskittää sen. Aluslautasen keskelle tehtiin reikä, johon kiinnitettäisiin akseli. Tämä akseli (kuva 21) koneistettiin myös manuaalisorvilla. Akseli ja laakerit suunniteltiin sillä tavalla, että akseli on helposti nostettavissa laakereilta. Toisin sanoen sorvinpakka voidaan irrottaa ja nostaa pois paikoiltaan. Tämä helpottaa läppäyskoneen puhdistamista.



Kuva 22 Kulmavaihteen kiinnityslevy

Kulmavaihteen kiinnityslevy (kuva 22) valmistettiin 8 mm paksusta lattaraudasta. Keskellä kiinnityslevyä on läpireikä kulmavaihteen akselille sekä reiät, joista kulmavaihte pultataan kiinni tähän levyyn.



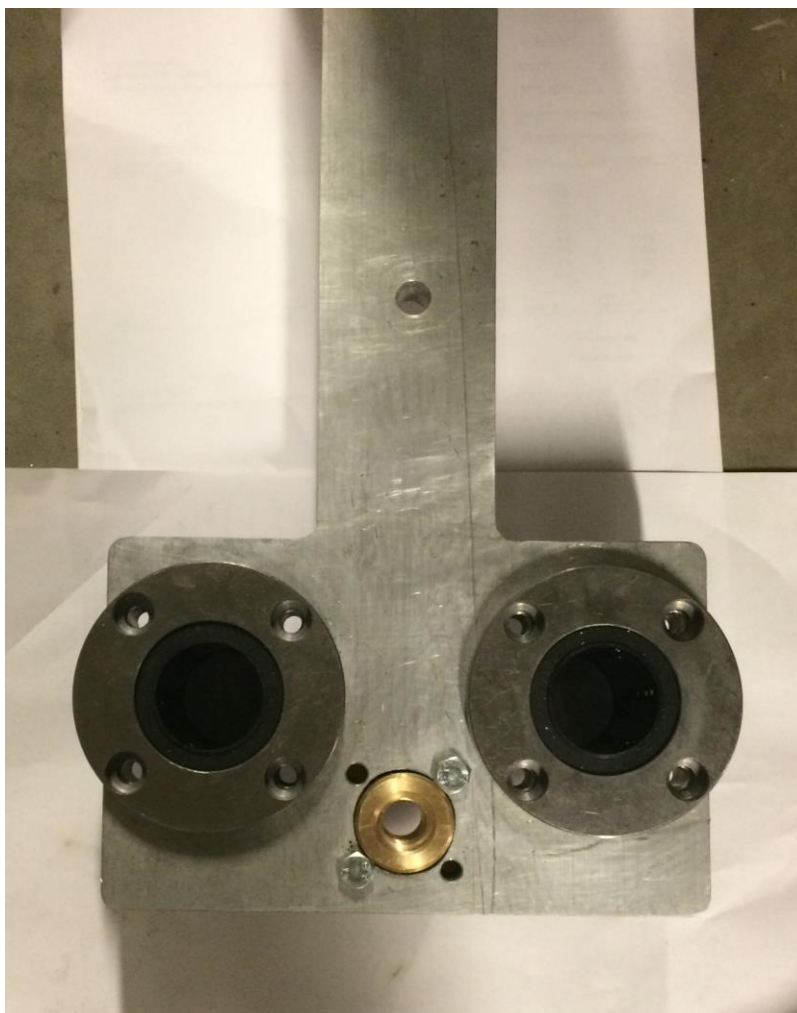
Kuva 23 Toinen laakeripesä koneistettuna ja laakeri asetettuna paikoilleen.

Laakereille koneistettiin laakeripesät (kuva 23). Nämä koneistettiin CNC-koneistuskeskuksella. Näiden koneistamisessa tärkeää oli koneistuksen tarkkuus. Laakereiden tuli olla samankeskiset, jotta akseli saadaan asennettua oikein.

4.4 Kokoonpano ja testaaminen

Kokoonpano on vielä kesken aikataulun tullessa vastaan tämän opinnäytetyön palauttamisen määräaikaan mennessä, projektin pitkittymisen seurauksena. Lähes kaikki osat ostettiin ja koneistettiin, mutta muutaman koneistettavan osan puuttuessa kokoonpanoa ei voitu suorittaa loppuun asti. Kun loput osat saadaan valmiiksi, suorite-

taan kokoonpano. Toistaiseksi ei pystytä varmasti sanomaan, toimiiko laite halutulla tavalla, vai joudutaanko ensimmäistä prototyyppiä vielä muuttamaan. Tarvittavien muutosten tarve selviää vasta, kun läppäyskonetta päästään testaamaan käytössä, jolloin nähdään läppäyksen laatu. Laadun varmistamiseksi on laitetta testattava eri pyörimisnopeuksilla ja karamoottorin liikenopeuksilla.



Kuva 24 Kuulaholkit ja trapetsimutteri kiinnitettyinä karamoottorin kelkkaan

Kuulaholkit ja trapetsimutteri (kuva 24) kiinnitettiin karamoottorin kelkkaan pulteilla ja muttereilla. Näiden sovittamisessa havaittiin pientä mitoitusvirhettä. Koneistusvaiheessa, reiät jäivät hieman liian pieniksi, jolloin holkit ja trapetsimutteri eivät sopineet suoraan reikiin. Tämä virhe johtui koneistusohjelmassa valituista asetuksista, jotka jättivät liian suuren työvaran. Näitä reikiä avarrettiin jälkikäteen. Avartamisen jälkeen holkit voitiin naputella kevyesti kumivasaralla paikoilleen.

Kokoonpanovaiheessa trapetsin laakeroinnin kanssa havaittiin ongelmia. Trapetsin yläpää oli koneistettu 12-millimetriseksi, mutta laakeri, jonka piti olla sopiva, osoittautuikin pienemmäksi eli 10-millimetriseksi reiän halkaisijalta. Tämän seurauksena trapetsin pää jouduttiin koneistamaan uudestaan, nyt 10 millimetriseksi, jotta laakeri saatiin sopimaan. Koska trapetsin päähän oli suunniteltu käsipyörä, joka oli tarkoitus kiinnittää 12-millimetriseen trapetsin päähän, täytyi valmistaa sopiva soviteholkki, jolla suunniteltu käsipyörä saatiin sopimaan paikoilleen. Tämä tietysti lisäsi työmäärää entisestään. Toistaiseksi ei ole tullut vastaan enempää ongelmia.

5 Tulokset

Läppäyskone saatiin suunniteltua ja siihen löydettiin sopivat osat. Suurin osa kappaleista ja osista on jo ostettu sekä koneistettu, mutta muutama osa puuttuu. Tämän seurauksena läppäyskoneen valmistaminen on vielä kesken ja sen toimivuutta ja läppäyslaatua ei pystytty testaamaan vielä tässä vaiheessa. Läppäyskoneen kokoaminen jatkuu, ja kun se saadaan valmiiksi, päästään testaamaan laitteen toimivuutta. Toimivuuden kannalta on oleellista, miten servomoottori ja karamoottori saadaan toimimaan ja kuinka niitä saadaan säädettyä. Laitteen toimivuuden lisäksi tarpeeksi hyvä läppäyksen laatu vaatii varmasti asetusten testaamista ja testiläppäyksiä ennen kuin sillä voidaan läpätä asiakkaiden sylintereitä. Läppäyskoneen käyttöönotto tulee käyttämään vielä resursseja.

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa läppäyskone. Suunnittelussa päästiin tavoitteisiin eli se onnistuttiin suunnittelemaan toimivaksi. Läppäyskoneeseen saatiin suunniteltua komponentit tarvittaville liikkeille. Hydraulipumpun sylinterin pyörittämiseen valittiin servomootori ja siihen sopiva vaihde. Venttiililevyn liikuttamiseen valittiin karamootori ja sille suunniteltiin trapetsi sekä johteet, joilla karamootorin kelkan korkeutta voidaan säätää pumpun sylinterin korkeuteen sopivaksi. Laakerointi suunniteltiin myös ja tämä todettiin suunnitteluvaiheessa toimivaksi.

Läppäyskoneen valmistamisessa päästiin pitkälle ja kokoonpano on muutamaa osaa vaille valmis koottavaksi. Läppäyskoneen osien valmistamisen yhteydessä opeteltiin TIG-hitsaamaan, CNC-koneistamaan sekä sorvaamaan. Näiden taitojen opettelu vei aikaa ja hieman hidasti projektin etenemistä. Koska useiden valmistettavien osien kohdalla oikeiden mittojen saavuttaminen oli hyvin tärkeää, vaati se erittäin paljon kärsivällisyyttä ja tarkkuutta. Muutamien osilla kohdalla jouduttiin tekemään jälkikäteen hieman viimeistelyä ja hienosäätöä, jotta osista saatiin yhteensopivat.

Tässä opinnäytetyössä pääosassa oli konkreettinen tekeminen sekä tarvittavien ratkaisujen etsiminen. Pääasiassa keskityttiin suunnitteluun ja ideoiden tutkimiseen. Oikeiden ratkaisujen löytämiseksi käytiin useita keskusteluita niin puhelimitse kuin sähköpostitse sekä tapaamisia, jossa varmistettiin omien ideoiden ja mahdollisten komponenttien yhteensopivuus käytännössä. Tapaamisista ja keskusteluista saatiin hyvää tietoa, joiden perusteella omia ideoita muokattiin toimivammiksi.

Läppäyskoneen toimivuus saadaan varmistettua vasta sitten, kun sen kokoonpano saadaan valmiiksi ja päästään testaamaan sen toimivuutta sekä löydetään oikeat asetukset läppäämiseen.

Lähteet

- 1 Hydrauliiikkapumput. 2009. Verkkodokumentti.
<https://wiki.metropolia.fi/display/koneautomaatio/9.+Hydrauliiikkapumput>>. Luettu 29.03.2015.
- 2 Hydrauliiikka. Verkkodokumentti.
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/hydrauliiikka/index.html>>. Luettu 15.3.2015.
- 3 Hammaspyöräpumput. Verkkodokumentti. http://www.masino.fi/wp-content/uploads/2013/06/0201_hammaspyorapumput.pdf> Luettu 24.4.2015
- 4 Hammaspyöräpumppu. Verkkodokumentti.
<https://wiki.metropolia.fi/download/attachments/12158134/9.5.PNG?version=1&modificationDate=1251200902000&api=v2>> Luettu 28.4.2015.
- 5 Bosch Rexroth. Verkkodokumentti. <http://www.boschrexroth.com/mobile-hydraulics-catalog/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=EN&VHist=g54069,g55968&PageID=m3439>> Luettu 12.4.2015.
- 6 Hydraulic Pump. Verkkodokumentti.
<http://www.okieboat.com/Copyright%20images/Hydraulic%20pump.jpg>> Luettu 24.4.2015.
- 7 Konseptisuunnittelu. Verkkodokumentti.
http://www2.uiah.fi/~mmaenpaa/lectures/konseptisuunnittelu_perusteet.pdf>. Luettu 24.4.2015.
- 8 K. Ulrich & S. Eppinger. 2000. Product Design and Development. Boston. Irwin McGraw-Hill.
- 9 Kemet Match Lapping Machine. Verkkodokumentti.
<http://i.ytimg.com/vi/v3jdkMbl4Ug/hqdefault.jpg>> Luettu 20.1.2015.
- 10 Beckhoff Automation. Verkkodokumentti. <http://www.beckhoff.fi/>> Luettu 20.4.2015.
- 11 Mikä on Lineaarinen Karamoottori. Verkkodokumentti.
<<http://www.linak.fi/yleista/?id3=4951>>. Luettu 23.3.2015.
- 12 SMC LEY25. Verkkodokumentti.
<http://www.smc-pneumatics.com/images/7054.jpg>> Luettu 12.4.2015.

- 13 HBM 3-jaw chuck. Verkkodokumentti.
<http://www.rdgtools.co.uk/acatalog/200mm3jawchuck.jpg>> Luettu 24.4.2015.
- 14 Paljekyllin SKS Group. Verkkodokumentti. [http://www.sks.fi/SKS-Group/sksproducts.nsf/0/Eurogrip/\\$FILE/gates-eurogrip.jpg](http://www.sks.fi/SKS-Group/sksproducts.nsf/0/Eurogrip/$FILE/gates-eurogrip.jpg)> Luettu 20.4.2015.
- 15 TIG-Hitsaus. Verkkodokumentti. <http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>>. Luettu 29.3.2015.