



Tommi Snygg

LKX-vääntimen rasvaustyövaiheen automatisointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

25.05.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Tommi Snygg
Otsikko: LKX-vääntimen rasvaustyövaiheen automatisointi
Sivumäärä: 43 sivua
Aika: 25.05.2022

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine: Konesuunnittelu
Ohjaajat: Logistiikka- ja toimitusketjujohtaja Jesse Kylänpää
Yliopettaja Jyrki Kullaa

Tämän insinööriyön toimeksiantajana oli Suomalainen pääasiassa turvakytkimiä valmistava perheyrittäjä Katko Oy. Työn tarkoituksena oli automatisoida LKX-vääntimen rasvaustyövaihe. LKX-vääntimet ovat Katko Oy:n suurissa 63–800 Ampeerin kuorman- ja vaihtokytkimissä käytettyjä vääntimiä. Tarve työlle syntyi tulevan tuoteuudistuksen myötä, jonka mukana LKX-vääntimien tuotanto kasvaisi vuositasolla monin kymmenkertaiseksi.

Rasvauksen automatisoinniksi suunniteltiin ja valmistettiin automaatiolinjasto, jonka pääosat olivat liukutaso, kääntöpöytä, nostolaite ja rasvauspesä. Laitteen toimilaitteina käytettiin askelmoottoreita, mini DC-moottoria, paineilmasylinteriä ja digitaalista rasva-annostelijaa. Lisäksi laitteessa käytettiin valokennoanturia, rajakytkintä ja painonappia, erilaisten tunnistustehtävien suorittamiseen rasvaustyövaiheen aikana.

Laitteen suunnittelu toteutettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla. Työmenetelminä käytettiin käsin tehtyjen töiden lisäksi CNC-koneistusta, laserleikkausta ja 3D-tulostusta. Laite ohjelmoitiin Siemens LOGO! -järjestelmää käyttäen ja ohjelma tehtiin Siemens LOGO! Soft Comfort-ohjelmalla.

Pääpaino työn aikana oli itsenäisessä suunnittelussa ja rakentamisessa sekä havaittujen ongelmien ratkaisussa. Tuotekehitysosastoa konsultoitiin tarvittaessa ja heidän kanssaan tehtiin yhteistyötä laitteen suunnittelun ja rakennuksen eri vaiheissa.

Lopputuloksena saatiin kehityskelpoinen rasvauslinjasto, joka saatiin tekemään työtä, johon se oli suunniteltu. Ohjelmointi onnistui ja toimilaitteet saatiin toimimaan oikea-aikaisesti. Laitteen liukutason toiminnassa ja rasvattavan osan kohdistuksessa jäi hieman kehitystä vaativia toimenpiteitä.

Avainsanat: LKX-vääntin, lukkorengas, kiinnitysrengas, liukutaso, kääntöpöytä, nostolaite, rasvauspesä, ohjelmointi

Abstract

Author: Tommi Snygg
Title: Automation for LKX-wrench's greasing operation
Number of Pages: 43 pages
Date: 25 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Mechanical Design
Supervisors: Jesse Kylänpää, Chief Logistics and Supply Chain Officer
Jyrki Kullaa, Principal Lecturer

This Bachelor's thesis was commissioned by Finnish based family business Katko Oy, which mainly manufactures safety switches. The purpose of this assignment was to automate greasing operation of LKX-wrench. The need for this automation arose at the upcoming product reformation, which would increase the annual production of LKX-wrenches to at least tenfold.

An automation line including sliding sheet, turning stand, lifting device, and greasing chamber, was designed, and manufactured to automate this greasing operation. Used actuators in this automated greasing line were two stepper motors, mini-sized DC-motor, pneumatic cylinder, and digital fluid-dispenser. A photocell sensor, a micro-switch and a push button were utilized, for several kinds of detection purposes during the automated greasing cycle.

Used designing program was SolidWorks 3D-modeling software. Used manufacturing methods along with the handmade ones, were CNC-machining, laser cutting, and 3D-printing. The automated greasing line was programmed, by using Siemens LOGO! PLC-system, and the programming itself was made with Siemens LOGO! Soft Comfort software.

The main part of the project was the independent work and construction of the device. Consultation with the design department was included when it was needed. Especially during the process of construction, the co-operation was tight.

As a result, developable greasing line was obtained. The created line was able to do the work for which it was designed. Programming was successful, and the chosen actuators were functioning according to designated time frame. There was room left for improvement in sliding sheet's functionality and greasing chamber targeting for the grease to properly land on the wanted section of the greaseable part.

Keywords: LKX-wrench, clasp ring, attachment ring, sliding sheet, turning stand, lifting device, greasing chamber, programming

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Katko Oy	2
1.2	Työn tausta	3
1.2.1	LKX-vääntimet	4
1.2.2	Rasvausprosessi ennen automatisointia	6
2	Rasvaustyövaiheen automaatiolinjasto	7
2.1	Liukutaso	7
2.1.1	Liukutason jalat	11
2.1.2	Liukutason syöttölaite	14
2.2	Kääntöpöytä	16
2.2.1	Alataso	16
2.2.2	Kääntyvä ylätaso	21
2.3	Nostolaite	23
2.4	Nostojigit	25
2.5	Rasvauspesä ja annostelija	26
2.5.1	Rasvauspesän mekaaniset osat	27
2.5.2	Osan pyöritys rasvauspesässä	30
2.6	Rasva-annostelija	33
3	Ohjelmointi	34
3.1	Siemens LOGO! ja Soft Comfort	35
3.2	Toimilaitteiden ohjelmointi ja ohjelman kulku	36
4	Yhteenveto	38
5	Tulokset ja loppusanat	39
	Lähteet	42

Lyhenteet

- CNC: Computer numerical control. Tietokoneistettu numeerinen ohjaus.
- 3D: Three dimensional. Kolmiulotteinen.
- DC: Direct current. Tasavirta.
- PLC: Programmable logic controller. Ohjelmoitavan logiikan ohjain.
- DIN: Deutsches Institut für Normung. Saksalainen standardi (yleisesti käytössä Euroopassa).

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli automatisoida turvakytkinvääntimen muoviosien rasvausvaihe. Tavoitteena oli pääosin omatoimisesti ideoida, suunnitella ja rakentaa laite, joka työn päätteeksi olisi tuotannon käytössä. Toimenkuvaan kuului myös laitteen ohjelmointi. Lopuksi laadittiin käyttöohjeet laitteen käyttöön sekä rasvattavan osan vaihdon vaatimiin toimenpiteisiin. Tarve automatisoinnille syntyi tuloilla olevan tuoteuudistuksen myötä, jonka mukana rasvausprosessien määrä tuotannon vuositasolla moninkymmenkertaisuiksi [1].

Rasvattavia muoviosia olivat LKX-vääntimen osiin lukeutuvat lukkorengas, joka rasvattiin kahdelta puolelta, sekä kiinnitysrengas, josta rasvattiin yksi puoli. Osien rasvauksen tarkoitus oli tiivistää vääntimen. Vääntimen rasvattavien muoviosien muoto vaihteli sekä riippuen itse osasta että rasvattavasta puolesta. Lukkorengkaan molempien puolien sekä kiinnitysrenkaan rasvauksen toteuttamiseksi jouduttiin suunnittelemaan omat nostojigit, sekä lisäosia muoviosien rasvauksen kohdistusta varten.

Suunnittelutyökaluna käytettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmaa ja laitteen osien valmistuksessa työmenetelminä toimivat muun muassa CNC-koneistus, 3D-tulostus ja laserleikkaus. Rasvauslinjaston toimilaitteina käytettiin askelmoottoreita, mini DC-moottoria, paineilmasylinteriä, sekä digitaalista rasva-annostelijaa. Lisäksi linjastolla käytettiin osan tunnistamiseen pientä valokennoanturia ja kääntöpöydän oikean aseman varmistamiseen rajakytkintä.

Toimilaitteiden ohjaamiseen käytettiin 24-Voltin Siemens LOGO! -järjestelmää ja ohjelmointi tehtiin LOGO! Soft Comfort-ohjelmaa käyttäen.

Työn toimeksiantajana toimi Suomalainen perheyrittäjä Katko Oy, jonka Helsingin Konalassa sijaitsevassa tehdas/toimistotiloissa se myös suoritettiin.

Tämän insinööriyöraportin luvuissa 1.1–1.2 kerrotaan työn taustoista ja käsitteään tarkemmin toimeksiannon tilannutta yritystä, rasvausprosessia ennen insinööriyötä ja kerrotaan tarkemmin rasvattavasta tuotteesta.

Luvussa 2 kerrotaan rasvausprosessin suunnitellusta ja rakennetusta automaatiolinjastosta, siinä käytetyistä toimilaitteista ja sen osien valmistuksen työmenetelmistä.

Luvussa 3 käsitellään linjaston ohjelmoinnissa käytettyä järjestelmää ja ohjelmistoa, sekä kerrotaan ohjelman periaatteista ja kulusta käytännössä.

1.1 Katko Oy

Katko Oy on suomalainen perheyriutus, jonka pääasiallisia tuotteita ovat turvakytkimet, kuormankytkimet, kytkinvarokkeet, sekä sähköliittimet. Tuotannossa käytetyt materiaalit ovat 100 % kierrätettäviä. Yrityksessä työskentelee noin 120 työntekijää, joista noin kaksi kolmasosaa Suomessa. Lisäksi Katko Oy:llä on tuotantoyksikkö Puolassa. [2.]

Katkon alkuperä juontuu vuoteen 1938, jolloin Kauko ja Tauno Hyryläinen perustivat auton moottoreiden korjaamiseen erikoistuneen Auto-Koneistamo Oy:n. Yrityksen perustajat olivat kiinnostuneita uusien valmistusmenetelmien käyttöönottamisesta ja he automatisoivat aiemmin käsin tehtyjä työvaiheita. Kytkinten tulo yrityksen toimenkuvaan tapahtui osittain sattuman kautta, sodan jälkeisen Suomen kansanhuoltoministeriön kartoittaessa kytkinvalmistajia. Lähtökohteisesti tavoitteena oli omavaraisuuden lisääminen. [2.]

Automaatio sekä vahva tuotekehitys ovat aina ohjanneet vahvasti Katko Oy:n toimintaa. Alan edelläkävijäksi yritys nousi viimeistään vuonna 1959, Kauko Hyryläisen keksiessä modernin kytkinvarokkeen. Vuonna 1972 yrityksen toiminta oli jo keskittynyt kytkinten, sekä niiden tarvikkeiden valmistukseen. Ensimmäiset

vientituotteet Ruotsiin toimitettiin vuonna 1960, mutta varsinainen kansainvälistyminen alkoi tapahtua 1980-luvun lopulla. Nykypäivänä Katkon tuotteita myydään jopa yli 60 maassa, jokaisessa maanosassa. [2.]

1.2 Työn tausta

Työn tarkoituksena oli automatisoida turvakytkinvääntimen muoviosien rasvausvaihe, eli valmistaa laite, jossa muoviosat siirtyvät rasvattavaksi automaattisesti, noin 10 minuutin puskurilta. Puskurilla tarkoitettiin aluetta, johon työntekijä laistaisi rasvaukseen siirtyvät osat. Suunniteltava automaattisesti toimiva laite siirtäisi osat puskurilta rasvattavaksi, ja poistaisi ne rasvauspisteeltä, joka näin ollen vapauttaisi työntekijän puskuriajan mukaiseksi ajaksi tekemään muuta työtä.

Tarve laitteelle ja tuotantovaiheen automatisoinnille syntyi tuloillaan olevan tuoteuudistuksen myötä, jonka yhteydessä valikoimassa olevat LK12 ja LK14-vääntimet korvattaisiin LKX100, sekä LKX150-vääntimillä. Tämä muutos moninkymmenkertaistaisi rasvausprosessien tarpeen, LKX-vääntimien tuotannon noustessa vuosittaisesta noin 630 kappaleesta noin 47 tuhanteen kappaleeseen. [3.]

1.2.1 LKX-vääntimet

LKX100 (kuva 1) ja LKX150 ovat Katko Oy:n 63–800 Ampeerin vaihto- ja kuormankytkimissä käytettyjä vääntimiä. Vääntimet ovat IP66 NW suojaluokiteltuja, joka takaa niiden turvallisen käytettävyyden haastavissakin teollisuuskohteissa.



Kuva 1. Musta LKX100-väännin

LKX-mallin perässä olevilla luvuilla 100 ja 150 tarkoitetaan akselista mitattua kahvan pituutta. Pituus on ilmaistu millimetreinä. Taulukossa 1 nähdään LKX-vääntimien tyypit kuvauksineen, sekä niitä käyttävät kytkimet.

Taulukko 1. Katko Oy:n LKX-väänninmallit

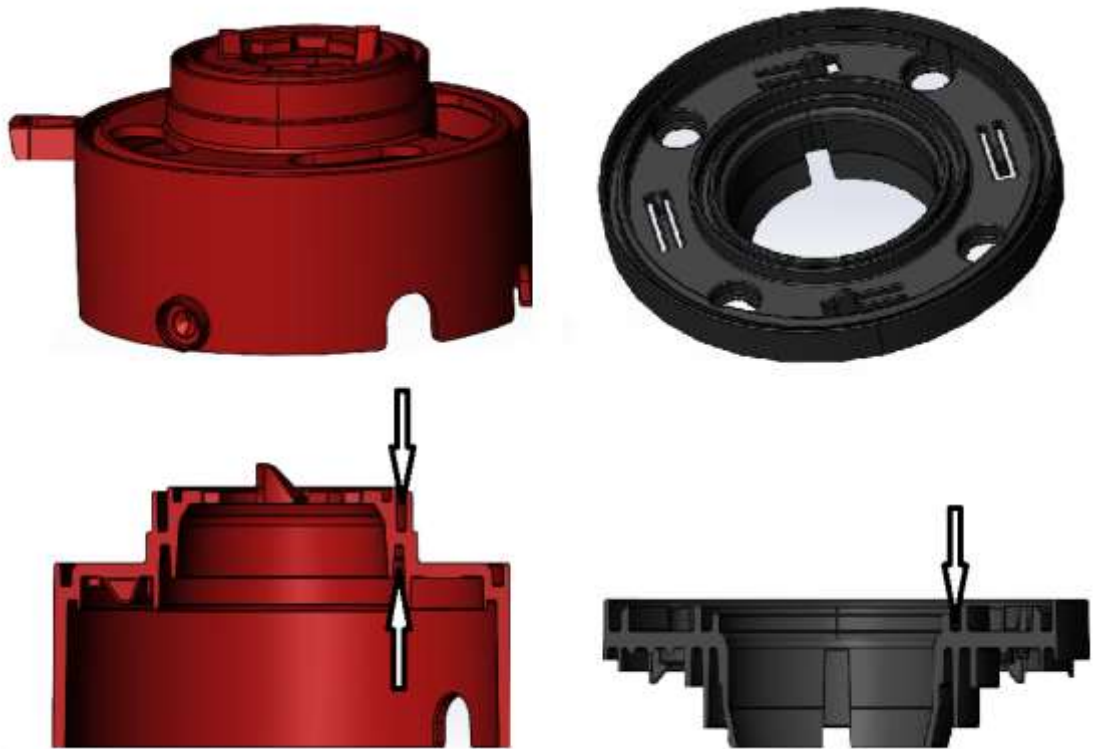
Tyyppi	Kuvaus	Käyttö
LKX100CO102	Musta, 1-0-2 vaihtokytkin	Vaihtokytkimet: KU 100-160 A, KU 200-250 A & 160 A (P)
LKX100CO102YR	Kelt. / Pun., 1-0-2 vaihtokytkin	Vaihtokytkimet: KU 100-160 A, KU 200-250 A & 160 A (P)
LKX 100 Y	Kelt. / Harm.	Kytkimet: KU 100-160 A, KU 200-250 A & 160 A (P), VKE 125-160 A, KVKE 63-160 A, VKA 200-250 A
LKX100	Musta	Kytkimet: KU 100-160 A, KU 200-250 A & 160 A (P), VKE 125-160 A, KVKE 63-160 A, VKA 200-250 A
LKX100YR	Kelt. / Pun.	Kytkimet: KU 100-160 A, KU 200-250 A & 160 A (P), VKE 125-160 A, KVKE 63-160 A, VKA 200-250 A
LKX150CO102	Musta, 1-0-2 vaihtokytkin	Vaihtokytkimet: KU 315-800 A
LKX150CO102YR	Kelt. / Pun., 1-0-2 vaihtokytkin	Vaihtokytkimet: KU 315-800 A
LKX 150 Y	Kelt. / Harm.	Kytkimet: KVKE/VKE 200-630 A, KU 315-800 A
LKX150	Musta	Kytkimet: KVKE/VKE 200-630 A, KU 315-800 A
LKX150YR	Kelt. / Pun.	Kytkimet: KVKE/VKE 200-630 A, KU 315-800 A

LKX-väännin koostuu kehyksestä, kahvasta, sekä lukko- ja kiinnitysrenkaasta. Vääntimiä on saatavilla käyttötarpeen mukaan mustana, keltaharmaana ja keltapunaaisena molemmissa kahva ko'oissa. [4.]

1.2.2 Rasvausprosessi ennen automatisointia

Ennen automatisoidun laitteen suunnittelua, työntekijä teki rasvauksen asettaen yhden kappaleen kerrallaan rasvauslaitteeseen ja pitäen nappia pohjassa rasvausprosessin ajan. Rasvaamisen tarkoitus oli tiivistää väännin. Vanhalla toimintatavalla työntekijä oli täysin sidottuna tähän työhön.

Rasvattavia muoviosia olivat LKX-vääntimen lukkorengas, josta rasvattiin urat molemmilta puolilta, sekä kiinnitysrengas, josta rasvattiin yksi ura. Kuvassa 2 3D-mallit punaisesta lukkorengaasta ja mustasta kiinnitysrenkaasta, sekä niiden leikkauskuvat, joissa nuolin esitetty rasvattavat urat.



Kuva 2. Lukkorengas ja kiinnitysrengas, sekä nuolin kuvattu rasvattavat urat muoviosien leikkauskuvissa.

Yhden kappaleen rasvaamiseen kuluva aika oli alkuperäiseen laitteeseen asettamisen ja rasvatun osan poistamisen kanssa yhteensä noin 12 sekuntia. [3.]

Tätä aikaa käytettiin vertailuarvona rasvausprosessin automatisoinnin suunnittelussa.

2 Rasvaustyövaiheen automaatiolinjasto

Rasvaustyövaiheen automatisoinniksi suunniteltiin monivaiheinen linjasto, joka vaihe kerrallaan toteutti osan syötön rasva-annostelijalle, osan rasvauksen, sekä rasvatun osan poiston rasvauspisteeltä. Rasvauslinjaston pääosat olivat:

- Liukutaso, johon työntekijä lastasi rasvattavaksi menevät osat.
- Kääntöpöytä, joka käänsi osan nostolaitteelle ja rasvausprosessin jälkeen siitä pois.
- Nostolaite, joka nosti osan rasvattavaksi, ja rasvauksen jälkeen laski osan takaisin kääntöpöydän tasolle.
- Rasvauspesä, jossa osaa pyöritettiin ketjuvetoisella mekanismilla rasva-annostelijan samanaikaisesti rasvatessa sen.

Liukutasoon kuului lisäksi muoviosien syöttölaite, joka päästi yhden rasvattavaksi siirrettävän osan kerrallaan ja samalla varmisti rasvattavaksi siirtyvän kappaleen laskeutumisen kääntöpöydälle.

2.1 Liukutaso

Liukutason muotoa suunniteltaessa mietittiin, kuinka siihen saataisiin mahtumaan mahdollisimman suuri puskuritila, jottei se kuitenkaan veisi liikaa tilaa tuotannon tiloista. Liukutason levyosa valmistettiin alumiinista, josta leikattiin kolmiomallinen kappale. Alkuperäisen suunnitelman mukaan levyille mahtui noin 40 kappaletta lukkorenkaita, sekä noin 45 kappaletta kiinnitysrenkaita.

Levyosan testausvaiheessa, jossa määritettiin levyn kääntökulma ja testattiin osien liukumista levyllä, havaittiin kaksi ongelmaa: Alumiinipinnan kitkakerroin oli muoviosiin nähden liian suuri, joten pinta ei ollut riittävän liukas osien liu'uttamiseksi puhdasta alumiinia vasten.

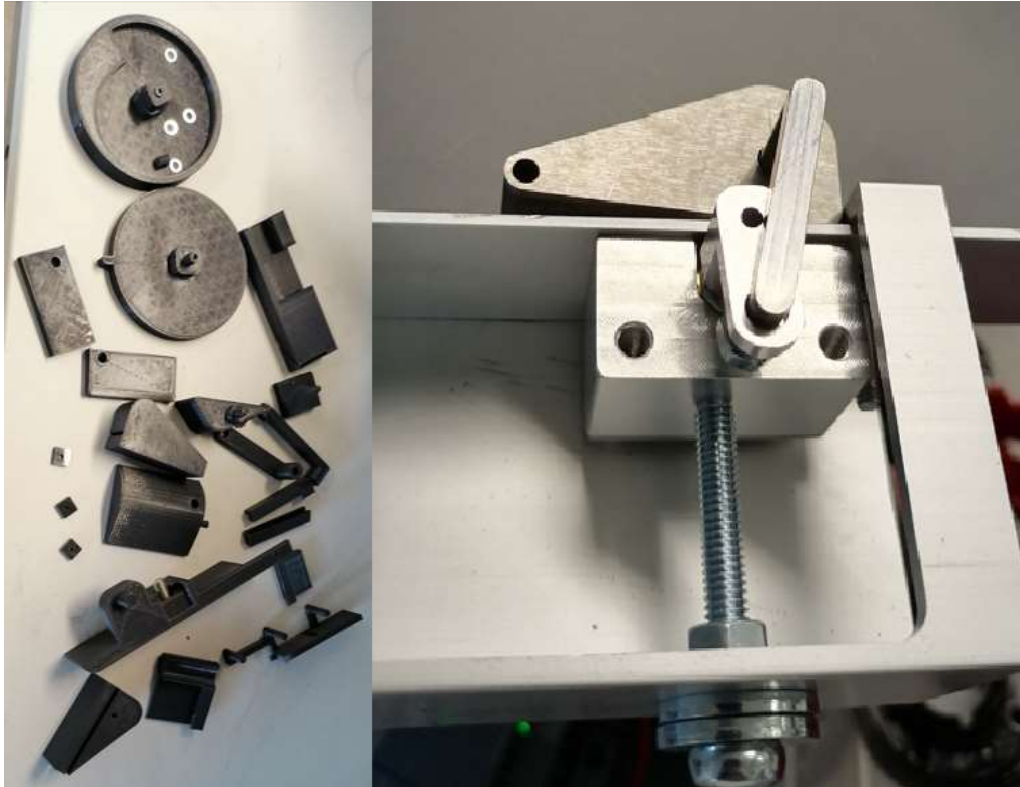
Tämä ongelma saatiin ratkaistua nopeasti päällystämällä levy mattapintaisella teipillä. Kuvassa 3 nähdään työvaiheessa oleva liukutaso ilman jalustoja, mattateipillä päällystettynä.



Kuva 3. Työvaiheessa oleva liukutaso.

Toisena ja huomattavasti haastavampana ongelmana liukutason kohdalla havaittiin, että kolmionmallisella levyllä kappaleet kiilautuivat toisiaan vasten tukkien puskurin. Tämän ratkaisemiseksi kokeiltiin suurta määrää erilaisia laidoille kiinnitettäviä ohjauskiiloja, sekä mini DC-moottorikäyttöisiä vipumekanismeja, sekä rullahihnaa.

Kuvassa 4 muutamia erilaisia vipumekanismien osia, sekä yksi valmis mekanismi koottuna ja kiinnitettynä liukutason reunalaitaan.



Kuva 4. Erilaisia 3D-tulostettuja vipujen osia ja yksi teräksestä ja alumiinista ko-
neistettu vipumekanismi kiinnitettyä reunalaitaan.

Tämän ongelman ratkaisuun mallinnettiin ja 3D-tulostettiin kymmeniä erimittai-
sia ja muotoisia vipuja ja kokeiltiin niiden erilaisia liikeratoja, jotta kiillautuminen
saataisiin estettyä. Vaikka ne helpottivat tilannetta, mikään edellä mainituista ta-
voista ei ratkaissut ongelmaa täysin. Koska aika oli rajallinen ja toimeksianto
laaja, levy päädyttiin väliaikaisesti rajaamaan siihen sijoitetulla ylimääräisellä lai-
dalla (kuva 5).



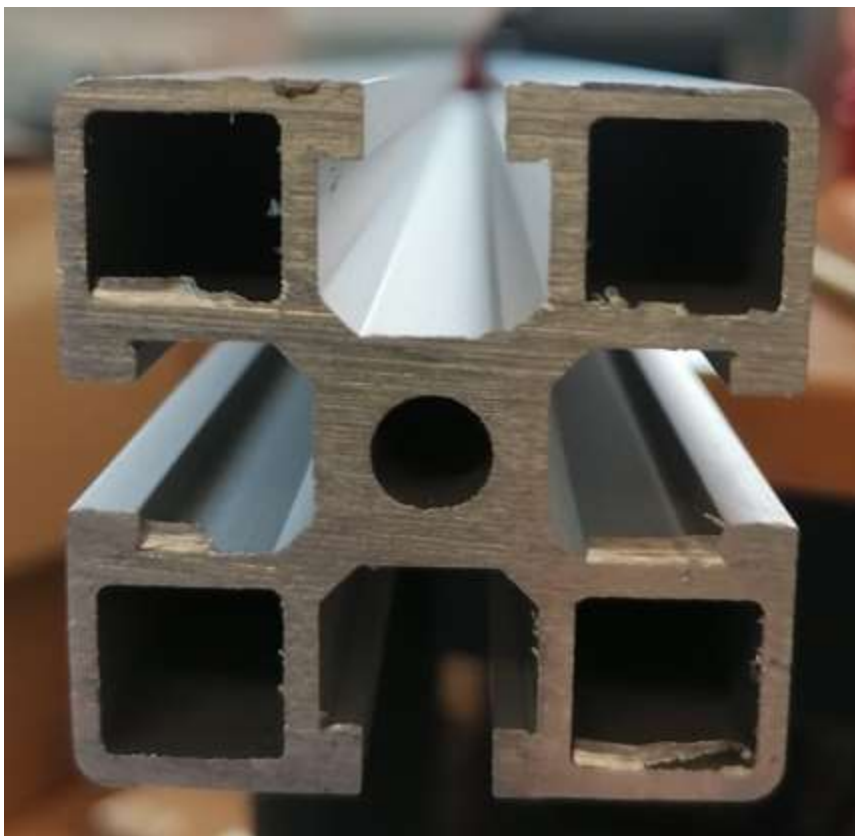
Kuva 5. Oikealla liukutasoon kiinnitetty väliaikainen lisälaita.

Tällä tavalla osat mahtuivat levyille yhteen jonoon, eivätkä näin ollen kiilautuneet toisiaan vasten. Lukkorenkaita mahtui lopulta puskuriin vain 15 kappaletta ja kiinnitysrenkaita 17 kappaletta. Liukutaso jäi insinööriyön osalta kehityskelpoiseksi.

2.1.1 Liukutason jalat

Testaamisen perusteella liukutason levyn tuli olla 23 asteen kulmassa, joten siihen valmistettiin 2 kpl korkeudeltaan 500 mm ja yksi 300 mm jalka. Jalat valmistettiin neliön muotoisesta 45 x 45 mm Proficanin Norcan -alumiiniprofiilista (kuva 6).

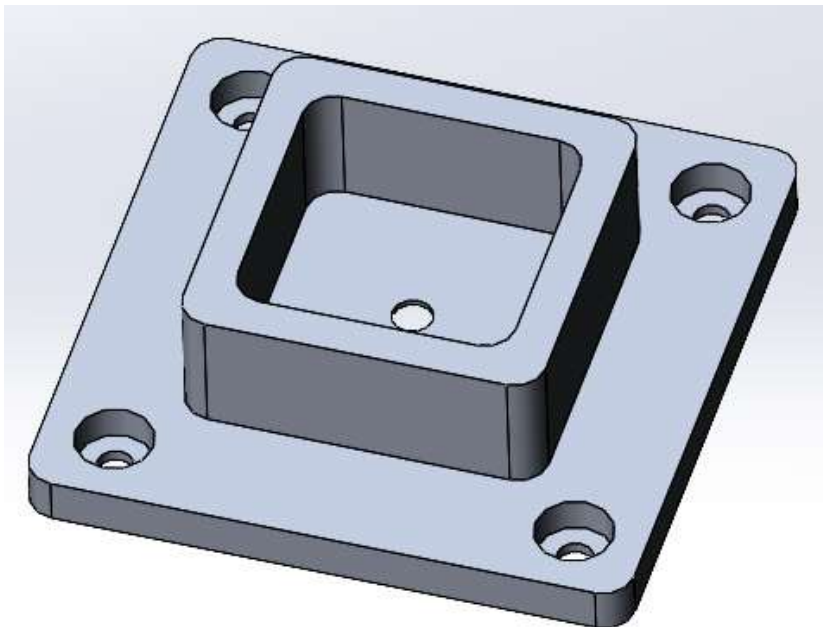
Norcan-alumiiniprofiilijärjestelmät on suunniteltu kone- ja laiterakennukseen, mutta niiden käyttö on monialaista. Järjestelmät käyttävät liitoksissaan M8-va-kiopultteja ja muttereita [5].



Kuva 6. Norcan-alumiiniprofiili.

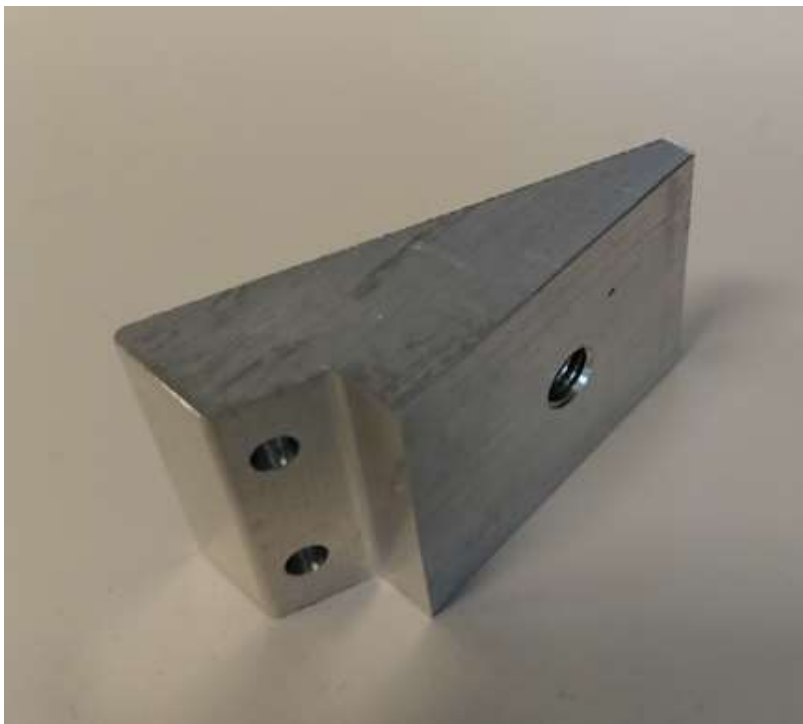
Profiiliin suunniteltiin siihen sopivat alumiinista koneistetut jalustat, joilla liukutason saisi kiinnitettyä työpöytänsä. Kuvassa 7 nähdään 3D-malli jalustasta.

Jalustassa 4 kpl 6 mm kiinnitysreiät ruuvien kannan syvennyksillä pöytään kiinnitystä varten, sekä M8-reikä kuvassa ei-näkyvällä kannan syvennyksellä, Norcan -profiliin kiinnitystä varten.



Kuva 7. Jalusta.

Myös jalan yläosaan sijoitettavat kulmapalat (kuva 8), levyn kiinnitystä varten, suunniteltiin itse ja koneistettiin Katko Oy:n tiloissa. Materiaalina käytettiin saatavilla olevaa terästankoa. Kulmapaloilla saatiin levy sille parhaaksi todettuun 23 asteen kulmaan.

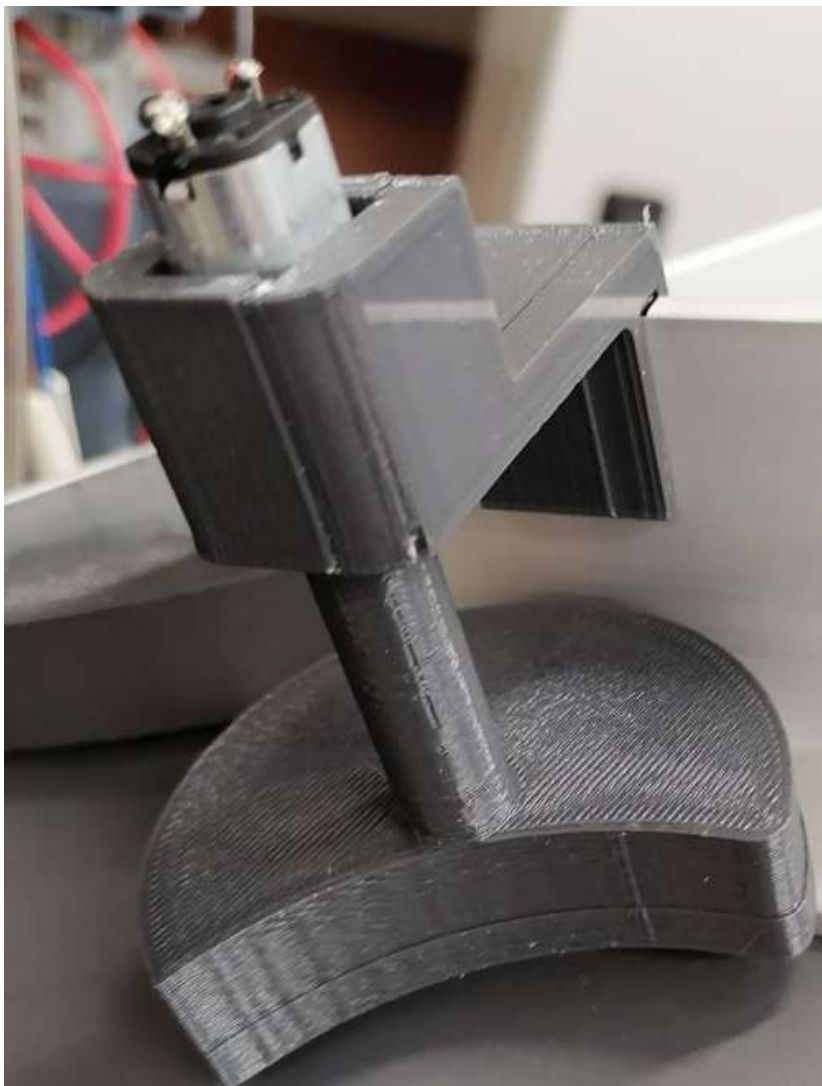


Kuva 8. Jalan kulmapala, levyn jalkaan kiinnitystä varten.

Vasemmanpuoleiset reiät toimivat levyn kiinnitysreikinä. Levy kiinnitettiin uppo-kantaisilla M4-ruuveilla, muttereille suunniteltu tila on erotettu pienellä kynnyksellä Norcan-profiiliin kiinnitettävästä tasosta. Kulmapalan jalkaprofiiliin kiinnittämiseen käytettiin M8-kierretankoa.

2.1.2 Liukutasen syöttölaite

Liukutasoon valmistettiin muoviosien syöttölaite (kuva 9), joka esti useamman kuin yhden kappaleen laskeutumisen kerrallaan kääntöpöydälle ja myös varmisti, että uusi osa tulisi siihen edellisen rasvauksen jälkeen.



Kuva 9. Muoviosien syöttölaite.

Syöttölaitteen vipu ja laitakiinnike valmistettiin 3D-tulostamalla ja sitä käytettiin mini DC-moottorilla. Kuvassa 10 nähtävän mini DC-moottorin nimi tulee sen pienestä koosta. Moottorin käyttämiseksi hankittiin jännitteenmuunnin, sillä moottori käytti 5-Voltin jännitettä muun laitteiston 24-Voltin sijaan.



Kuva 10. Syöttölaitetta käyttävä mini DC-moottori.

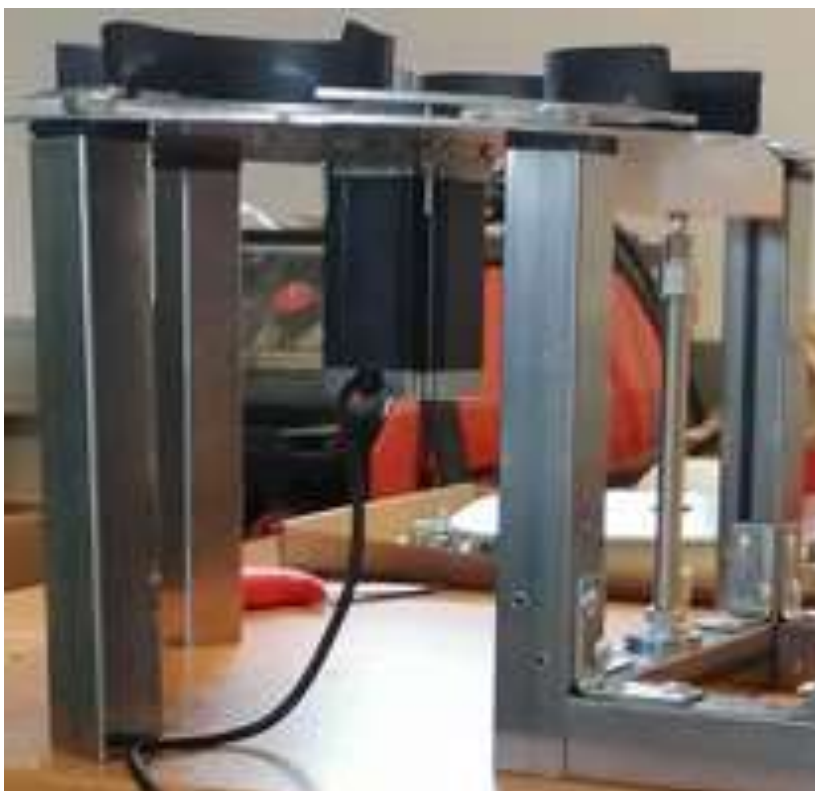
Kääntöpöydällä sijaitseva valokennoanturi oli yhteydessä syöttölaitteeseen lähettäen signaalin moottorille pyörittämään vipua, kun kääntöpöydällä ei havaittu rasvattavaksi siirtyvää osaa. Valokennoanturin havaitessa osan, syöttölaite pysähtyi ja esti seuraavan kappaleen laskeutumisen, kunnes kääntöpöytä oli kääntänyt osan rasvattavaksi. Osan siirryessä rasvattavaksi, syöttölaite syötti jälleen uuden kappaleen kääntöpöydälle.

2.2 Kääntöpöytä

Muoviosien siirtämiseksi rasvauspisteelle ja sieltä rasvausvaiheen jälkeen poistamiseksi suunniteltiin askelmoottorilla käytettävä kääntöpöytä. Pöytä koostui ylä- ja alatasosta, joista ylempi taso liikutti rasvattavia osia askelmoottorin avulla. Levyosat käytiin leikkaamassa Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa laserleikkurilla. Laserleikkaus valittiin työmenetelmäksi sen tarkkuuden ja nopean työstön perusteella. Etenkin yläosaa varten työstön tarkkuus oli tärkeässä roolissa, sillä rasvattavia osia varten leikatut puolikaaren muotoiset syvennykset tuli olla juuri oikeassa kulmassa toisiinsa nähden ja samankokoisia, kääntöta-son symmetrisyyden ja toiminnan varmistamiseksi. Myös rasvauspesää, rasvaannostelijan rasvatuubia ja ketjuvetoista rasvauspesän pyöritystä suorittavaa askelmoottoria kannattelevat levyosat laserleikattiin samassa yhteydessä.

2.2.1 Alataso

Alatasolle asennettiin osan siirtämistä varten kaikki tarvittava sähkölaiteisto: Askelmoottori, valokennoanturi ja rajakytkin. Kuvassa 11 työvaiheessa oleva kääntöpöytä kiinnitettynä rasvauslaitteen runkoon. Liukutason tavoin kääntöpöydän alataso päällystettiin mattapintaisella teipillä, osien paremman liukuvuuden varmistamiseksi, sekä naarmuuntumisen minimoimiseksi.



Kuva 11. Työvaiheessa oleva kääntöpöytä.

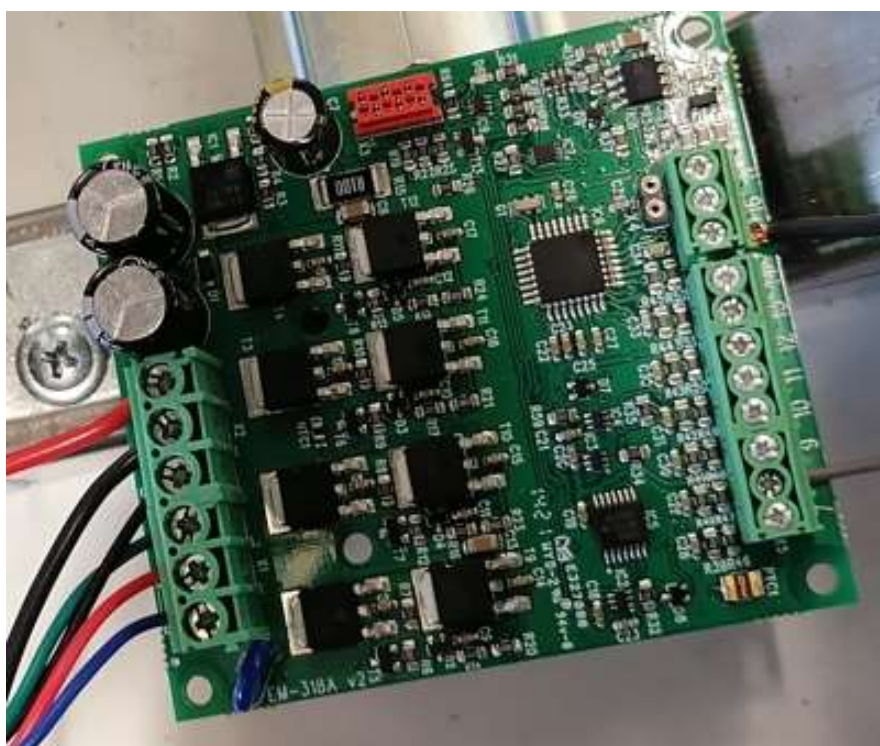
Askelmoottorina käytettiin 3 Ampeerin NEMA23-mallista moottoria. Näitä hankittiin 2 kappaletta, toisella moottorilla välitettiin voima rasvauspesän pyöritystä varten. Tämä malli valittiin moottorin korkean pitomomentin, sekä moottorin tarkan asemointimahdollisuuden perusteella. Pitomomentilla tarkoitettiin voimaa, joka vaadittaisiin käynnissä olevan moottorin aseman muuttamiseen, sen ollessa pysähtyneenä. Askelmoottorin tärkeimmät tekniset tiedot taulukossa 2.

Taulukko 2. Laitteessa käytettyjen askelmoottoreiden tekniset tiedot [6].

Spesifikaatio	Selite	Määrä/yksikkö
Mitat	Askelmoottorin mitat, poislueutuna akseli.	56 * 56 * 101 mm
Paino	Askelmoottorin kokonaispaino.	1.45 kg
Akselin koko	-	Ø 8 * 32 mm

Pitomomentti	Käynnissä paikallaan olevan askelmoottorin aseman muuttamiseen tarvittava voima.	3 Nm
Askelmäärä/kierros	Kokonaisten askelten tarvittava määrä akselin yhden täyden kierroksen suorittamiseksi.	200 kpl
Askelkulma	Yhden kokonaisen askeleen astemäärä.	1,8°

Askelmoottoreiden parametrien asettamiseksi hankittiin Electromenin askelmoottoriohjaimet (kuva 12). Ohjaimilla asetettiin esimerkiksi askelmoodi, jolla määritettiin, montako askeleen osaa moottori askelsi sitä ohjaavan pulssin saadessaan, sekä askelmäärä, jolla määritettiin askeleiden, tai askelosien määrä, jonka moottori kulki. [7.]



Kuva 12. Askelmoottoreissa käytetty ohjainkortti.

Parametrit asetettiin askelmoottorin ohjainkortteille erillisellä EM-236 parametrien asetuslaitteella. Kääntöpöydän askelmoottorille syötetyt parametrit taulukossa 3.

Taulukko 3. Kääntöpöydän askelmoottorille asetetut parametrit.

Parametri	Lukuarvo	Yksikkö
Suunta: Vastapäivään	-	-
Askelmoodi	1/16	Askeleen osa
Askeleiden määrä	800	Kappale
Ramppi	0.3	Sekunti
Maksimi kierrostaajuus	80	Hertsi

Liukutasolta kääntöpöydälle laskeutuneen osan tunnistamiseen käytettiin valokennoanturia. Rasvattavaksi siirrettävän osan tullessa anturin tunnistusetaisyysdelle, se lähetti yhden vaadituista ehdoista kääntöpöydän pyöryksen alkamiselle. Anturina käytettiin SICK:n GTB2S-P0331S03-mallista minivalokennoanturia (kuva 13).



Kuva 13. Minivalokennoanturi [8].

Valokennoanturi kohdistettiin pienen 3D-tulostetun kohdistajarampin avulla. Ramppi kiinnitettiin valokennoanturin mukana tulleiden kiinnitysruuvien avulla anturin yhteydessä kääntöpöydän alatasen reunaan. Anturin tärkeimmät ominaisuudet taulukossa 4.

Taulukko 4. Valokennoanturin ominaisuudet [8].

Spesifikaatio	Selite / määrä	Yksikkö
Tunnistusperiaate	Kohdevalokenno, taustahäivennys	-
Mitat	L 7,7 * K 21,8 * S 13,5	mm
KytKentäetäisyys	5–30	mm
Taustahäivennys	38	mm
Valontyyppi	Näkyvä punainen valo	-
Valonlähde	PinPoint-LED	-
Valopisteen koko	∅ 3	mm
Aallonpituus	640	nm
Liitäntäjohto	5	m

Lisäksi kääntöpöydän ylätasen oikean aseman varmistamiseksi hankittiin rajakytkin. Kuvassa 14 rajakytkin ja sille suunniteltu ja 3D-tulostettu kiinnitin kiinnitettynä kääntöpöydän alatasoon. Kuvan yläreunassa näkyvissä myös rajakytkimen laukaisin kääntöpöydän ylätasossa.



Kuva 14. Rajakytkin asennettuna kääntöpöydän alatasoon.

Kytkimen tarkoitus oli estää sylinterin nostoliike pöydän ollessa asemassa, jossa ylätasoon rasvattavia osia varten leikattu syvennys ei ollut oikeassa kohdassa. Tällä varmistettiin, ettei sylinteri törmää esimerkiksi pöydän kääntyessä ylätasoon pohjaan, mikäli ohjelmointivaiheessa määritetty ajastus olisi arvioitu väärin. Rajakytkin hankittiin Partco Oy:ltä.

2.2.2 Kääntyvä ylätaso

Ylätaso vastasi muoviosien siirtämisestä nostolaitteelle. Pyöreän tason reunoihin laserleikattiin rasvattavia osia varten symmetrisin välein 4 kappaletta syvennyksiä, joihin osat laskeutuivat liukutasolta. Syvennyksiin tehtiin lisäksi kumiset laidat, joilla estettiin osien liukuminen syvennyksen yli kääntöpöydän keskelle (kuva 15).



Kuva 15. Kääntöpöydän ylätasoon syvennyksiin tehdyt kumiset laidat.

Ylätaso kiinnitettiin askelmoottoriin siihen alumiinista koneistetulla kiinnityskappaleella, jolla se lukittiin akselin kahdella sivulla oleviin tasopintoihin siipimuttereilla (kuva 16). Tämä varmisti, ettei akseli pyöri tyhjä, moottorin tehdessä osan siirtävää liikettä.

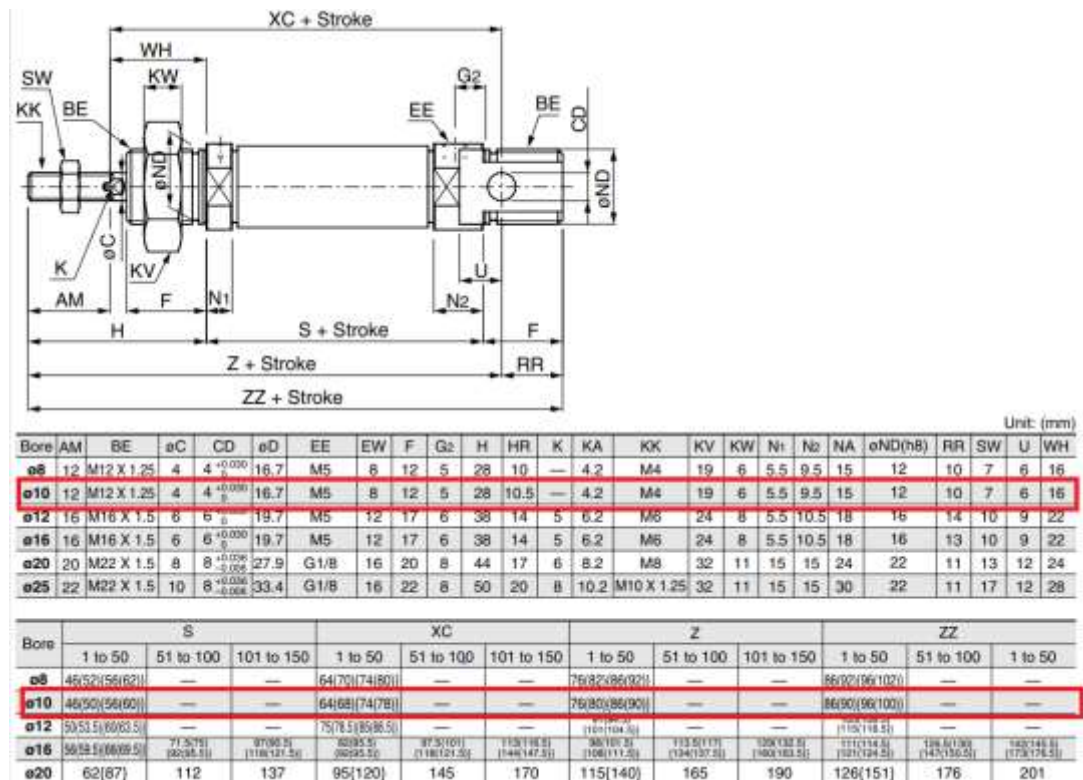


Kuva 16. Ylätasoon kiinnityskappale kiinnitettynä askelmoottorin akseliin.

Ylätason reunoille 3D-tulostettiin myös rajakytkimen laukaisimet, jotka painoivat rajakytkimen pohjaan tason ollessa oikeassa asemassa. Tämä oli välttämätöntä, sillä ohjelmointivaiheessa määritettiin rajakytkimen pohjassa olo yhdeksi ehtoista sylinterin nostoliikkeen alkamiselle.

2.3 Nostolaite

Muoviosien nostamiseksi rasvauspesään käytettiin 10 mm paineilmasylinteriä. Rasvattavat muoviosat ja nostojigit olivat kevyitä eikä nostokapasiteettia tarvittu paljoa, joten valittiin mahdollisimman pieni sylinteri toimittajan varastotuotteista. Kuvassa 17 sylinterin mittapiirros.



Kuva 17. Paineilmasylinterin mittapiirros [9].

Sylinterin iskun pituus oli 100 mm, jota käytettiin rasvauspesän sijoituksen suunnittelussa vaatimuksena. Pesä tuli sijoittaa siten, että rasvattava osa puristuisi akselin sisäpinnan kynnykselle kiinnitettyä kumivastetta vasten. Iskun jää-

dessä vajaaksi rasvattava osa ei pyörisi pesän mukana ja pesän ollessa korkeussuunnassa liian lähellä sylinteriä, mäntä saattaisi vääntyä nostamiseen vaaditun tilan ollessa liian pieni. Kuvassa 18 nähdään sylinteri nostojigin kanssa kiinnitettynä rasvauslaitteen rungon alaosaan.



Kuva 18. Paineilmasyylinteri ja nostojigi rasvauslaitteen runkoon kiinnitettynä.

Sylinterin käyttöä varten hankittiin uusi paineilmajärjestelmä SMC Corporation:lta, johon sylinterin lisäksi kuuluivat:

- Ilmanhuoltolaite paineilman sulkuhanalla (kuva 19).
- Magneettiventtiili, jolle syötettiin sylinterin ohjaamiseen tarvittava sähkövirta.
- 2 kpl vastusvastaventtiiliä, joilla hallittiin sylinterin nosto- ja laskuliik-
keiden nopeutta.

- Äänenvaimentimet, joilla minimoitiin paineilman melu.
- 6 mm paksuista paineilmaletkua ja sille sopivat liittimet.



Kuva 19. Ilmanhuoltolaite kiinnitettynä rasvauslaitteen runkoon.

Punaisesta kääntövivusta saatiin kytkettyä paineilmat päälle ja pois laitteesta. Huoltolaitteen mittaristolta nähtiin, kuinka paljon painetta laitteessa on. Rasvauslaitteessa käytettiin 5 Barin painetta.

2.4 Nostojigit

Jokaiselle rasvattavalle muoviosalle valmistettiin omat nostojigit, jotka koneistettiin halkaisijaltaan 80 mm POM-muovitangosta. Jigien pohjiin koneistettiin sylinterin päähän sopivat M4-vakiokierteet, jotta niiden vaihto onnistuisi tuotannossa

mahdollisimman helposti ja nopeasti. Kuvassa 20 nähdään koneistetut nostojigit, niille kuuluvien osien kanssa.



Kuva 20. Nostojigit rasvattavien osien kanssa.

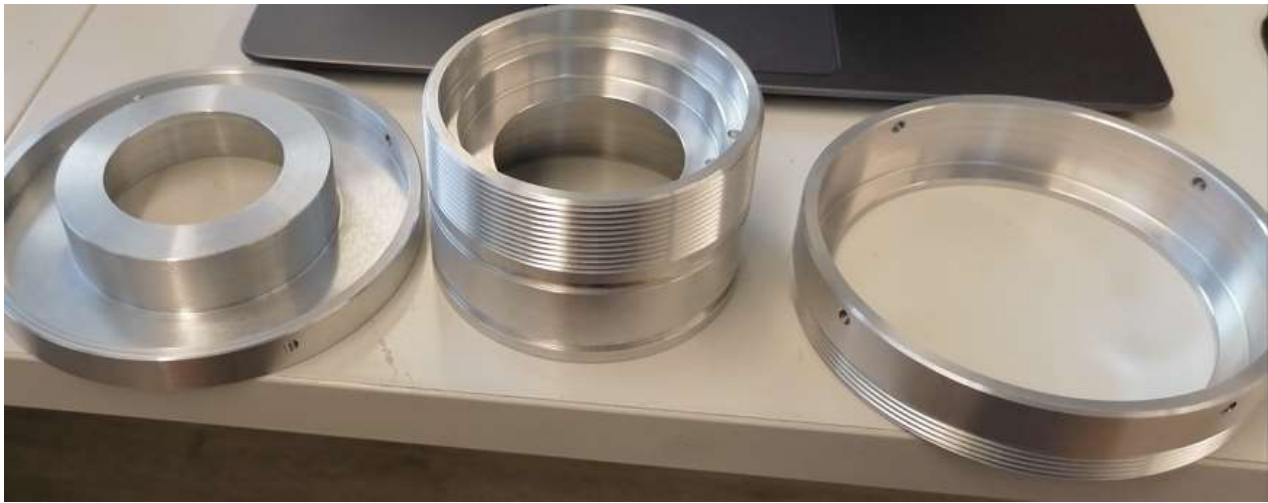
Jigejä suunniteltaessa otettiin huomioon, että rasvattavat osat pysyisivät niissä rasvausvaiheen ajan, mutta kuitenkin pääsisivät nousemaan niistä pois rasvauksen jälkeen. Rasvatuubin neulan tuli lähtökohtaisesti osua lähes rasvattavan uran pohjalle, että rasvausjälki olisi mahdollisimman tasainen. Tämä toi oman haasteensa suunnittelussa, sillä jokaisessa eri osassa uran etäisyys rasvauspesästä vaihteli muutamia millejä, verrattaessa samassa tasossa olevia osia toisiinsa. Jokaisen jigin tarkoitus oli samalla kohdistaa sille kuuluva muoviosa oikealle korkeudelle.

2.5 Rasvauspesä ja annostelija

Rasvauspesä suunniteltiin muoviosien pyörittämiseksi rasvan annostelun aikana. Osat nostettiin sylinterin avulla rasvauspesään, jossa niitä pyöritettiin askelmoottorin avulla ketjuvetoisella mekanismilla. Askelmoottorina käytettiin samanlaista moottoria, kuin kääntöpöydän pyörittämiseen hankittu oli.

2.5.1 Rasvauspesän mekaaniset osat

Rasvauspesä koostui alun perin neljästä pääosasta, jotka laakeria lukuun ottamatta suunniteltiin itse, mutta koneistettiin ulkoisesti Koneistus Ora Oy:n toimesta. Koneistetut kappaleet nähtävissä kuvassa 21. Myöhemmin rasvauksen kohdistamiseksi 3D-tulostettiin vaihdettavat kohdistimet jokaiselle osalle, sekä valmistettiin näille pidin, joka rasvauspesän pyöriessä piti kohdistimet paikoillaan.



Kuva 21. Koneistus Ora Oy:n koneistamat rasvauspesän osat.

Pesään kuuluvat osat olivat lopulta:

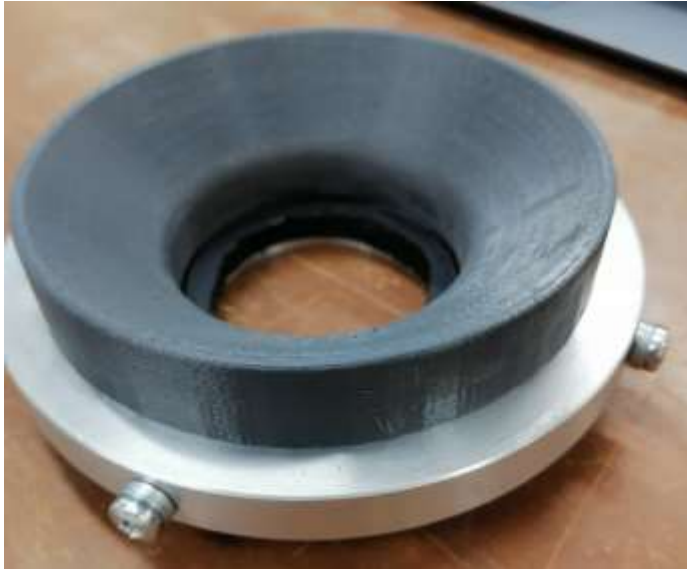
- Kuulalaakeri.
- Kuvan keskimäinen osa akseli, jonka sisään osat nostettiin.
- Akseliin lukittava hammaspyörän kiinnitysrengas.
- Irrotettava lisäholkki pesän madallusta varten.
- 3D-tulostetut kohdistimet rasvattaville osille.
- Kohdistimien pidin, näiden paikallaan pysymisen varmistamiseksi.

Rasvauspesä kokonaisuudessaan kiinnitettynä sen kannatinlevvyyn, ja sitä pyörittävä ketju asennettuna nähtävissä kuvassa 22.



Kuva 22. Rasvauspesä kokonaisuudessaan asennettuna laitteeseen.

Lisäholkki suunniteltiin ja valmistettiin pesän madaltamiseksi kiinnitysrenkaan rasvausta varten, sillä kyseessä oleva osa oli huomattavasti matalampi kuin lukkorengas. Lisäholkkiin 3D-tulostettiin ohjainkaulus, joka esti mahdollisesti nostojigille vinoon menneen osan törmäämisen rasvauspesän reunaan ja suoristi osan nostojigillä. Kuvassa 23 lisäholkki ja siihen kiinnitetty 3D-tulostettu ohjainkaulus.



Kuva 23. Kiinnitysrengasta varten valmistettu lisäholkki, johon kiinnitetty ohjainkaulus.

Rasvauspesän akselin sisäpinnan kynnykselle liimattiin kuminen vaste, jota vasten rasvattava osa puristuisi ja pysyisi pesässä paikallaan rasvan annostelun ja osan pyörimisen ajan. Lisäksi akselin yläpuolisille kynnyksille 3D-tulostettiin jokaista osaa varten erilliset rasvatuubin kohdistimet, jotka kohdistuksen lisäksi asemoivat tuubin oikealle korkeudelle, rasvattavasta osasta riippuen. Kuvassa 24 lukkorengaan rasvauksen kohdistusta varten tulostettu kohdistin.

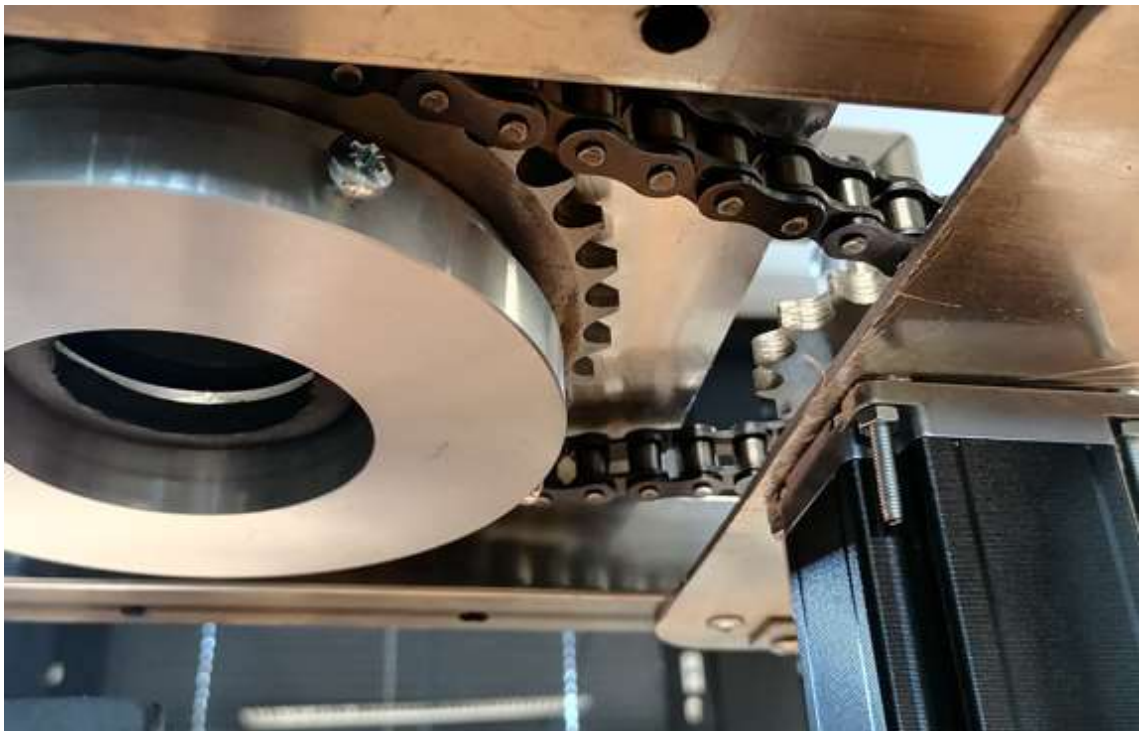


Kuva 24. Lukkorengaan rasvauksen kohdistusta varten 3D-tulostettu kohdistin.

Hammaspyörän kiinnitysrengas puristettiin akseliin DIN471-standardin mukaisilla akselilukkorenkailla. Näitä varten oli akseliin suunniteltu ja koneistettu kyseisen standardin mukaiset syvennysurat. Paikallaan pysymisen varmistamiseksi pesä tiivistettiin 8 mm paksulla kumilla. Samaa kumia käytettiin myös ylätason reunalaidassa, sekä kumivasteena rasvauspesän sisällä.

2.5.2 Osan pyöritys rasvauspesässä

Rasvauspesän pyörykseen valittiin DIN8187-standardin mukainen ketjuvetoinen mekanismi, jolle välitettiin askelmoottorilla sitä pyörittävä voima. Ketjupyörinä käytettiin 1/2 tuuman 39 hampaista sekä 16 hampaista ketjupyörää. Ketjupyörät valittiin ja ketju mitoitettiin rasvauspesän vaatiman suuren halkaisijan, sekä niiden työstettävyyden perusteella. Isomman ketjupyörän keskeltä poistettiin jyrsimällä osa, jonka sisäpinnalle koneistettiin kierteet Katko Oy:n työkaluosastolla sen kiinnittämistä varten. Kuvassa 25 nähdään ketjuvetoinen mekanismi asennettuna.



Kuva 25. Ketjuvetoinen mekanismi asennettuna ja yhdistettynä kuvan oikealla puolella nähtävään askelmoottoriin.

Jotta mekanismia saataisiin pyöritettyä, myös pienemmästä ketjupyörästä poistettiin jyrsimällä neliönmallinen kappale, jonka tilalle koneistettiin askelmoottorin akseliin sopiva sovitepala (kuva 26).



Kuva 26. Askelmoottorin akseliin sopiva ketjupyörän sovite.

Askelmoottorin parametrit (taulukko 5), asetettiin rasvausprosessille sopivaksi siten, että rasva-annostelijalla olisi tarpeeksi aikaa rasvata pesän mukana pyörivä kappale, mutta kuitenkin mahdollisimman nopeasti. Itse rasvan annostelun ja rasvauspesän pyörittämiseen käytetty aika määritettiin ohjelmointivaiheessa.

Taulukko 5. Rasvauspesää pyörittävän askelmoottorin parametrit.

Parametri	Lukuarvo	Yksikkö
Suunta: myötäpäivään	-	-
Askelmoodi	1/2	Askeleen osa/askel
Askeleiden määrä	999	Kappale

Ramppi	2	Sekunti
Maksimi kierrostaajuus	13	Hertsi

Laitteen käyttöä varten tuli myös laskea välityssuhde. Tämä määrittä kuinka paljon pienemmän askelmoottoriin kiinnitetyn ketjupyörän tuli pyöriä, jotta isompi ketjupyörä ja näin ollen rasvauspesä pyörähtäisi vähintään kokonaisen kierroksen rasvausprosessin aikana. Välityssuhteen kaava johdettiin hihnakäyttöisen vääntömomentin kaavasta:

$$M_2 = M_1 i \rightarrow F_2 * z_2 = F_1 * z_1 i \rightarrow z_2 = z_1 i$$

Jossa:

- M=vääntömomentti
- F=voima
- z=hammasluku
- i=välityssuhde. [10; 173,183.]

Välityssuhdetta laskettaessa ketjuvetoisessa järjestelmässä hammasluku oli suoraan verrannollinen levyketjupyörien säteeseen. Näin ollen laskettiin välityssuhde hammaslukua käyttäen normaalisti käytetyn säteen r sijaan. Välityssuhde saatiin laskettua jakamalla käytetyn ketjupyörän hammasmäärä käyttävän ketjupyörän hammasäärällä. Näin saatiin välityssuhteeksi:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{39}{16} \approx 2,44$$

Askelmoottorin akselin ja siinä kiinni olevan käyttävän ketjupyörän tuli siis pyörähtää vähintään 2,44 kierrosta, jotta rasvauspesän käytetty ketjupyörä ja näin ollen itse rasvauspesä pyörisi yhden rasvaussyklin aikana täyden kierroksen.

2.6 Rasva-annostelija

Rasva-annostelijana käytettiin digitaalista Techcon TS350-laitetta (kuva 27).

Laite on tarkoitettu nesteiden tarkkaan ja nopeaan annosteluun. Rasva-annostelija oli insinööriyön alkaessa hankittuna edellisen rasvauslaitteen käyttöön.



Kuva 27. Techcon TS350 rasva-annostelija.

Rasva-annostelijaa käytettiin samalla paineilmajärjestelmällä kuin nostolaitteen sylinterissä. Sähkön laite sai verkkovirrasta, mutta rasvaussykliä ohjattiin muiden laitteiden ohella Siemens LOGO! -järjestelmällä. Taulukossa 6 kuvattu rasva-annostelijan tärkeimmät tekniset tiedot.

Taulukko 6. Rasva-annostelijan tekniset tiedot [11].

Spesifikaatio	Selite/lukuarvo	Yksikkö
Rasvausnopeus	1200	sykliä/minuutti
Ajoitusväli	0.008–60.000	sekunti
Syöttöpaine	100 (6,9)	psi (bar)
Käyttöpaine	1–100 (0,07–6,9)	psi (bar)
Annostelutapa	Ajastus, katkaisu, annostelusyklin opetus ja päästö	-

3 Ohjelmointi

Laitteen toimilaitteiden ohjaaminen toteutettiin Siemens LOGO! -järjestelmää käyttäen ja ohjelma tehtiin Siemens LOGO! Soft Comfort -ohjelmalla. Logiikka-moduulin lisäksi järjestelmään hankittiin virtalähde, jonka avulla verkkovirran jännite muunnettiin LOGO!:lle sopivaksi 24Voltin jännitteeksi. Kuvassa 28 logiikkamoduuli ja virtalähde.



Kuva 28. LOGO! Logiikkamoduuli ja virtalähde.

Lisäksi hankittiin 8 input- ja output -porttia sisältävä lisäkappale. Järjestelmässä oli näin ollen 16 input- ja output -porttia. Lisäksi mini DC-moottorin käyttöä varten hankittiin jännitteenmuunnin, jolla muunnettiin 24Voltin LOGO!sta saatava jännite DC-moottorille sopivaksi 5Voltin jännitteeksi.

3.1 Siemens LOGO! ja Soft Comfort

Siemens LOGO! on monenlaisiin käyttökohteisiin tarkoitettu pienohjausjärjestelmä. PLC-logiikkamoduuli on tarkoitettu pienten automaatioprojektien ohjelmointiin teollisuudessa ja kotikäytössä. PLC (programmable logic controller) tarkoittaa ohjelmoitavan logiikan ohjainta [12]. Yleisiä käyttökohteita ovat muun muassa valojen käytön automatisointi, rullaverhojen ohjaus, lämmitys, sekä kone- ja venttiiliohjaus [13]. LOGO!:n input, eli sisääntuloportteihin voitiin liittää esimerkiksi antureita, painonappeja ja muita kytkimiä. Output, eli lähtöportteihin puolestaan liitettiin toimilaitteet, kuten moottorit ja sylinterit.

Toimilaitteet ohjelmoitiin Siemens LOGO! Soft Comfort:lla, joka on Siemensin PLC-logiikkojen ohjelmointiin tarkoitettu graafinen ohjelma. Varsinaista tekstimuodossa olevaa ohjelmakoodia ei LOGO!-ohjelmoinnissa tarvinnut kirjoittaa. Soft Comfort -nimellä viitattiin sen nopeaan ja helposti toteutettavissa olevaan ohjelmointiin. Soft Comfort -ohjelmassa voitiin simuloida valmista ja kesken-eräistä ohjelmaa, sen toiminnan testaamiseksi ennen asennusta logiikkamoduulille [14]. Ohjelmointi perustui usean muun eri ohjelmoinnin tapaan AND, OR, NOR ym. ehtojen, sekä erilaisten viiveajastimien ja laskureiden käyttöön.

3.2 Toimilaitteiden ohjelmointi ja ohjelman kulku

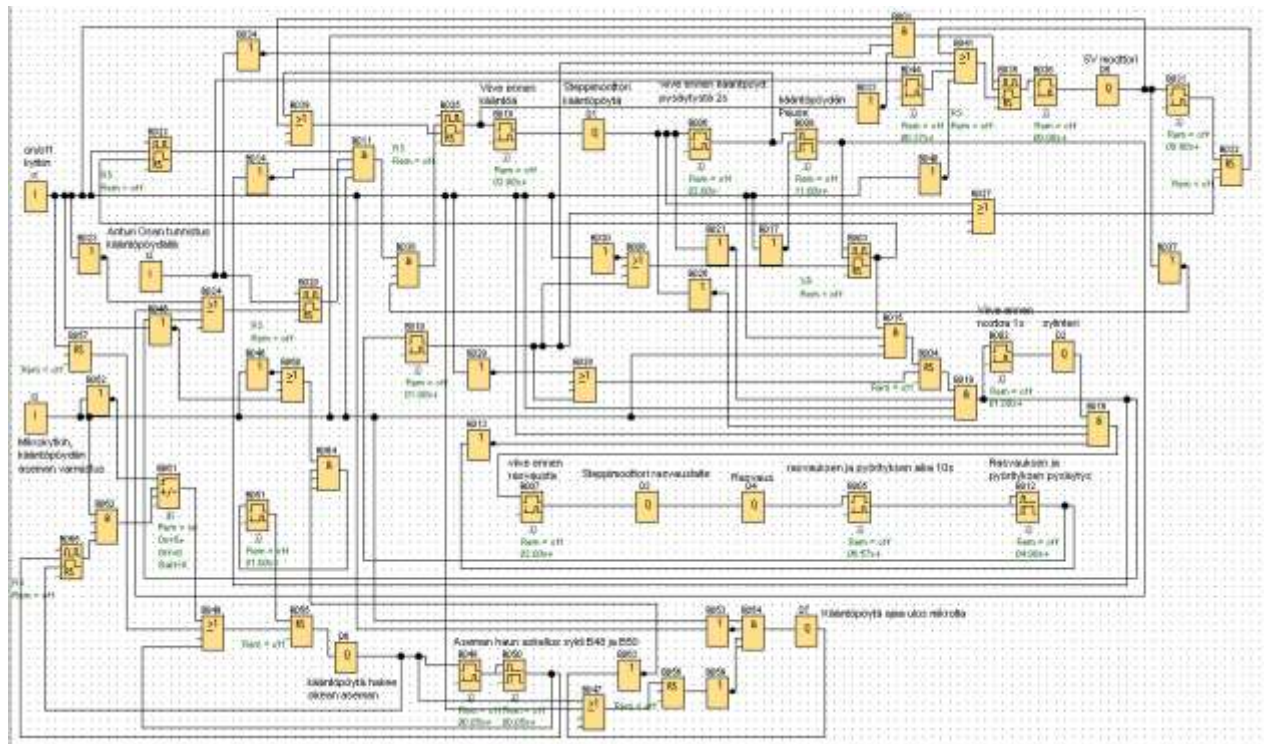
Varsinaisen rasvausohjelman ulkopuolelle tehtiin esiohjelma, jolla kääntöpöydän askelmoottoria käyttäen asemoitiin kääntöpöydän ylätaso. Käynnistyksen yhteydessä askelmoottorin akseli haki asemansa automaattisesti seuraavaan kokonaiseen askeleeseen. Tämä tapahtuma käänsi usein kääntöpöydän ylätason joitakin millejä väärään asemaan. Esiohjelma käynnistyi, kun laitteeseen kytkettiin virrat ennen varsinaisen ohjelman käynnistävän painonapin ON-asettoon laittamista. ON-napin pohjaan painaminen lähetti esiohjelmalle käynnistyksen eston, joka ei enää käynnistynyt ennen kuin laitteen virrat oli kokonaan kytketty pois päältä. Mikäli ON-nappi oli pohjassa virrat kytkiessä laitteeseen, esiohjelma ei käynnistynyt lainkaan. Tämän vuoksi myös laitteen käyttöohjeissa ohjeistettiin työntekijät laittamaan virrat laitteeseen vain ON-napin ollessa vapautettuna.

Rasvauslinjaston toimilaitteiden tuli toimia oikea-aikaisesti, jotta vältyttäisiin osien ja toimilaitteiden rikkoutumiselta, tai muilta vahingoilta. Tämän varmistamiseksi jokaisen toimilaitteen output-porttiin menevälle pulssin lähettämiseksi asetettiin useita ehtoja. Esimerkiksi kääntöpöydän toiminnalle asetettiin AND-komentoja ja pulssireleitä käyttäen käsky pyöriä vain jos:

- Ohjelman käynnistävä painonappi on ON-asennossa.
- Kääntöpöydän valokennoanturi havaitsee osan kääntöpöydällä.

- Kääntöpöydän ylätason oikean aseman varmistava rajakytkin on pohjassa.
- Paineilmasyylinteri ei saa outputin releeseen virtaa.
- Rasvauspesää pyörittävä askelmoottori ei saa outputin releeseen virtaa.
- Jokin LOGO!-n sisäinen pulssirele ei ole saanut pulssia resetoida virran syötön katkaisua, toisin sanoen ohjelmaa ei ole viety loppuun.

Jos yksikin näistä ehdoista jäi toteutumatta, pöytä ei pyörisi eikä näin ollen käynnistäisi muun ohjelman kulkua. Jokaisen toimilaitteen output-porttiin tuli toiminnan aloittava pulssi vasta, kun sitä edeltävän toiminnan suorite oli saatu päätökseen. Mikäli jokin toimilaitteen suorittama tapahtuma ei toteutunut ehtojen ollessa vajaasti täytetty, ohjelma jäi kesken ja jatkui ohjelman kesken jääneestä kohdasta vasta, kun kaikki vaaditut ehdot olivat täyttyneet. Poikkeus tähän sääntöön tehtiin rasvan annosteluvaiheen kohdalla. Jos ohjelma jäi kesken osan ollessa rasvattavana, rasvan annosteluvaihe aloitettiin alusta. Kuvassa 29 nähdään kuvakaappaus Soft Comfort -ohjelmasta, jossa rasvauslinjaston ohjelma kokonaisuudessaan.



Kuva 29. Rasvauslinjaston ohjelma.

Rasvausohjelman kulkuehdot mukaan lukien ja toimilaitteiden toimintajärjestys toteutettiin seuraavasti:

- Esiohjelma ennen varsinaista rasvausohjelmaa, jossa kääntöpöydän askelmoottori hakee ylätasoon oikeaan asemaan.
- Vaadittujen ehtojen täytyessä toimilaitteet alkavat suorittaa rasvauslinjaston vaiheita.
- Kääntöpöydän askelmoottori siirtää osan nostolaitteelle.
- Kääntöpöydän pysähtyessä liukutason syöttölaite syöttää uuden rasvattavaksi siirrettävän osan kääntöpöydälle, jos valokennoanturi ei havaitse osaa.
- Nostolaite nostaa rasvattavan osan rasvauspesään. Sylinteri pysyy yläasennossa rasvan annosteluvaiheen ajan.
- Rasvauspesää pyörittävä askelmoottori alkaa pyörittää osaa.
- Rasvauspesän askelmoottorin käynnistyessä myös rasva-annostelija käynnistyy ja alkaa syöttää rasvaa osan uraan.
- Rasvauspesä ja rasva-annostelija pysähtyvät.
- Nostolaite laskee rasvatun osan takaisin kääntöpöydän tasolle.
- Kääntöpöytä siirtää samanaikaisesti rasvatun osan pois pöydältä ja rasvattavaksi tulevan osan nostolaitteelle.

Rasvaussyklin kestoksi tällä ohjelmalla saatiin 17 sekuntia, josta rasvan annosteluvaihe hieman yli 6.5 sekuntia. Suurin osa kokonaisprosessin ajasta meni toimilaitteiden toiminnan välissä oleviin varmistusviiveisiin. Jokaisen työvaiheen välissä oli pieni itse määritetty viive, joiden avulla vältettiin edellisen ja seuraavan toimintavaiheen samanaikaisuus.

4 Yhteenveto

Tämä insinööri työ toteutettiin Katko Oy:n toimeksiantona. Työssä pääpaino oli itsenäisessä suunnittelussa, rakentamisessa, sekä havaittujen ongelmien ratkaisussa. Myös Katko Oy:n tuotekehitysosaston kanssa tehtiin yhteistyötä ja kokeneempia suunnittelijoita konsultoitiin tarpeen vaatiessa.

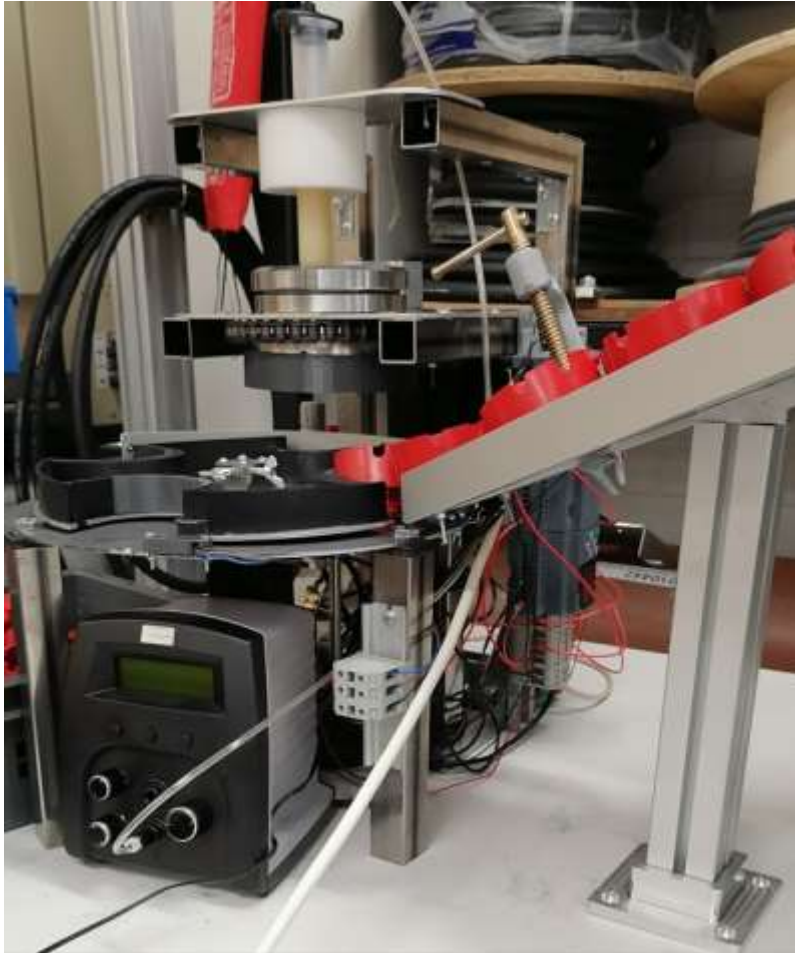
Työn aikana suunniteltiin, rakennettiin ja ohjelmoitiin laite LKX-vääntimen muoviosien rasvausprosessin automatisoinniksi. Rasvattavia muoviosia olivat kyseessä olevan vääntimen lukkorengas, josta rasvattiin urat kahdelta puolelta, sekä kiinnitysrengas, josta rasvattiin yksi ura. Työn tarkoituksena oli vapauttaa työntekijä rasvausprosessin ajaksi tekemään muuta työtä.

Tarve työlle syntyi tulevan tuoteuudistuksen myötä, jonka ohessa LKX-vääntimen korvaisi valikoimassa olevat LK12- ja LK14-vääntimet. Uudistuksen myötä LKX-vääntimien tuotanto moninkymmenkertaisuksi ja niitä tulotaisiin valmistamaan vuositasolla nykyisen 630 kappaleen sijaan noin 47 tuhatta kappaletta.

Suunnittelussa käytettiin SolidWorks 3D -mallinnusohjelmaa ja työmenetelminä olivat käsin tehtävien töiden lisäksi laserleikkaus, CNC-koneistus ja 3D-tulostus. Laitteen toimilaitteina käytettiin kahta askelmoottoria, yhtä mini DC-moottoria, paineilmasylinteriä, sekä digitaalista rasva-annostelijaa. Lisäksi laitteeseen kuuluivat valokennoanturi osan havaitsemiseksi kääntöpöydällä, rajakytkin kääntöpöydän oikean aseman varmistamiseksi ja ohjelman käynnistävä painonappi. Toimilaitteiden ohjaamiseen käytettiin Siemens LOGO! -ohjelmoitavaa logiikkaa ja laitteen ohjelma tehtiin Siemens LOGO! Soft Comfort -ohjelmalla.

5 Tulokset ja loppusanat

Työn lopputuloksena saatiin valmistettua kehityskelpoinen rasvausvaiheen automaatiolinjasto, johon kuuluivat puskurina toimiva liukutaso, osia siirtävä kääntöpöytä, rasvaukseen osia nostava nostolaite, sekä rasvan annostelun aikana pyörivä ketjuvetoinen rasvauspesä. Laite saatiin toimimaan itsenäisesti 10–15 sekunnin lastausajalla noin 4.5 minuutin ajaksi. Tuona aikana se rasvasi 15–17 muoviosaa kokoonpanoon kelpoiseksi noin 90 prosentin varmuudella. Arvio perustui satojen kappaleiden rasvauksen testikäyttöihin. Kuvassa 30 nähdään insinööriyön päätösvaiheessa oleva rasvausvaiheen automaatiolinjasto.



Kuva 30. Rasvauslinjasto insinööriyön päättyessä.

Laitteen ohjelmointi onnistui ja toimilaitteet saatiin toimimaan oikea-aikaisesti rasvauslinjastolla. Lisäksi laadittiin kahdet erilliset käyttöohjeet laitteen käyttöä, sekä rasvattavan osan vaihtoa vaativia toimenpiteitä varten.

Kehitettävää jäi liukutasen osalta puskuritilan jäädessä haluttua pienemmäksi. Tavoitteena oli vähintään 10 minuutin laitteen itsenäinen työskentelyaika, joka jäi insinööriyön osalta noin 4.5 minuuttiin. Osien kiilautuminen kolmionmallisella liukutasolla pakotti rajaamaan puskuritilan haluttua pienemmäksi. Tämän vuoksi osia ei mahtunut tarpeeksi tavoitteena ollutta laitteen itsenäistä työskentelyä varten.

Myös osan kohdistuksessa rasvauspesässä rasvausvaiheen ajaksi jäi kehitettävää. Haluttu varmuus oli 100 prosenttia, mutta rasva osui oikeaan paikkaan ja rasvausjälki oli tyydyttävää työn päättyessä vain 90 prosentissa kappaleista.

Toimenkuvan laajuus ja monipuolisuus suhteessa työhön käytettyyn aikaan, sekä toimitusvaikeudet etenkin askelmootoreiden kohdalla huomioon ottaen, insinöörityö voitiin puutteista huolimatta laskea onnistuneeksi. Laite saatiin tekemään työtä, johon se oli suunniteltu ja siihen liittyvät puutteet olivat osaavan henkilöstön ratkaistavissa.

Haluan kiittää Katko Oy:tä mahdollisuudesta tehdä insinöörityö heidän yrityksellensä ja erityisesti Jesse Kylänpäätä, josta on kiittäminen toimeksiannon laatimisesta. Lisäksi kiitän asianomaisia henkilökunnan jäseniä ammatillisesta avusta, sekä henkisestä tuesta työn suorittamisen aikana. Työn aikana uutta oppia kertyi erittäin paljon ja laaja-alaisesti kiitos toimeksiannon laajuuden. Vaikka itse laitteeseen jäi kehittämistä vaativia toimenpiteitä, pidin kovasti sen suunnittelusta ja rakentamisesta. Olen tyytyväinen lopputulokseen ja valmiiksi saatuun kokonaisuuteen.

Lähteet

- 1 Kylänpää, Jesse. 2021. Katko Oy. Logistiikka ja toimitusketjujohtaja, Helsinki. Insinööriyön aloituspalaveri 29.04.2021.
- 2 Yritys. 2022. Verkkoaineisto. Katko Oy. <<https://www.katko.com/fi/yritys/>>. Luettu 15.04.2022.
- 3 Kylänpää, Jesse. 2021. Insinööriyön toimeksianto. Excel-taulukko. Katko Oy.
- 4 Vääntimet. 2022. Verkkoaineisto. Katko Oy. <<https://www.katko.com/fi/tuotteet/tarvikkeet/vaantimet/>>. Luettu 15.04.2022.
- 5 Alumiiniprofiilit. 2022. Verkkoaineisto. Profican Oy. <<https://profican.fi/tuote-osasto/alumiiniprofiilit/>>. Luettu 16.04.2022.
- 6 Askelmoottori NEMA23. 2022. Verkkoaineisto. Partco Oy. <https://www.partco.fi/fi/saehkoemekaniikka/moottorit/askelmoottorit/21544-asmot-57shd4934-34b.html?search_query=askelmoo&results=41>. Luettu 16.04.2022.
- 7 EM-318 STEPPER MOTOR DRIVER 3A 12-24V, microstepping and pre-settable function inputs. 2017. Electromen Oy. Ohjekirja. Luettu 17.04.2022.
- 8 Minivalokennot G2S. 2022. Verkkoaineisto. SICK Oy. <<https://www.sick.com/fi/fi/valokennot/valokennot/g2s/gtb2s-p0331s03/p/p400746>>. Luettu 17.04.2022.
- 9 SMC Corporation. Series C85. PDF-dokumentti. Saatavissa: <<https://content2.smcetech.com/pdf/C85.pdf>>. Luettu 18.04.2022
- 10 Valtanen, Esko. 2019. Tekniikan taulukkokirja. Genesis-Kirjat Oy. Luettu 18.04.2022.
- 11 TS350 Precision Dispenser Controller. 2022. Verkkoaineisto. Techcon OK International. <<https://store.techcon.com/en-us/products/fluid-dispensers/digital-dispensers/TS350>>. Luettu 19.04.2022.
- 12 Zorz, Zeljka. 2021. Siemens LOGO! vulnerabilities. Verkkoaineisto. Helpnet security. <<https://www.helpnetsecurity.com/2019/05/31/siemens-logo-vulnerabilities/>>. Luettu 20.04.2022.

- 13 Ohjelmoitava logiikka Siemens LOGO!. Verkkoaineisto. PJ Control Oy.<<https://www.pjc.fi/automaatio/ohjelmoitava-logiikka/58/ohjelmoitava-logiikka-siemens-logo>>. Luettu 20.04.2022
- 14 LOGO! Software, The soul of the LOGO!. Verkkoaineisto. Siemens Corporation. <<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/logo/logo-software.html>>. Luettu 20.04.2022.