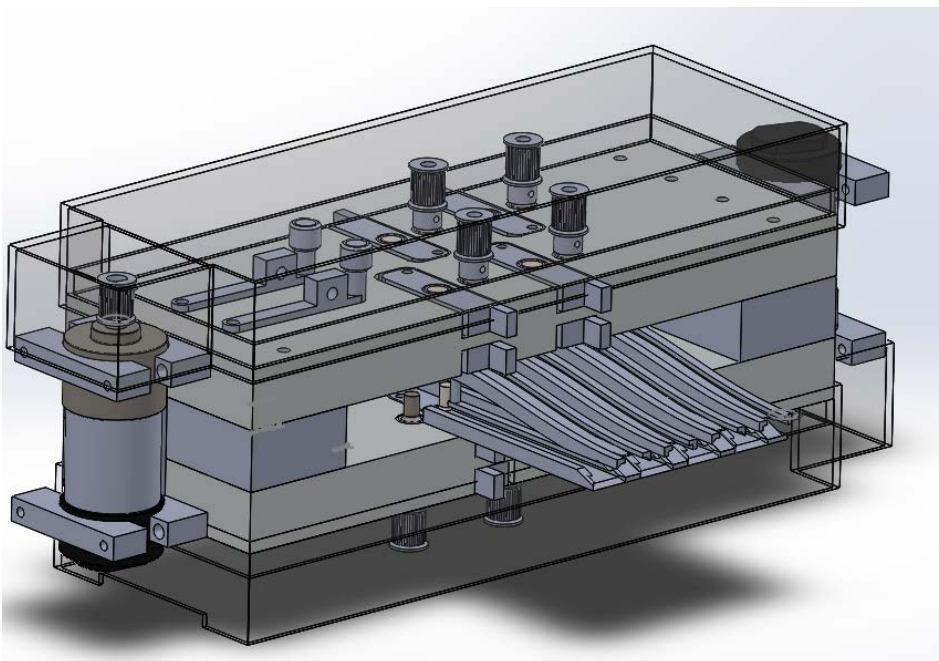


Janne Korhonen

## Levymankeili



Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Kevät 2017



KAJAANIN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Tiivistelmä

**Tekijä(t):** Korhonen Janne

**Työn nimi:** Levymankele, virheellisestä leikkauksesta johtuvan epämuodostuman poistolaitte

**Tutkintonimike:** Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

**Asiasanat:** koneensuunnittelu, 3D-mallinnus, koneistaminen

Tämä insinööryö tehtiin Elektroval Oy:lle. Tässä opinnäytetyössä tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa laite, jolla saadaan korjattua alumiinisten piirikorttien epämuodostumat jo valmistusvaiheessa. Piirikorteissa on epämuodostumia, joiden takia ne eivät mahdu niille tarkoitetulle alumiiniseen alustalle.

Piirikortit tulevat Kiinasta, jossa niihin painetaan v-ura. V-uraa ei pitkän pituuden takia saada painettua täysin suoraan ja tästä johtuen levyt voivat olla liian leveitä. Elektrovalilla piirikorteille ladotaan komponentit, jonka jälkeen kortit erotetaan toisistaan leikkurilla. Leikkuri erottaa piirikortit toisistaan tehtaalla leikatun v-uran mukaan. Leikkauksen jälkeen piirikortit toimitetaan asiakkaalle, jossa ne asetetaan niille tarkoitettuun alumiiniseen alustaan. Tässä vaiheessa levyissä olevat epämuodostumat aiheuttavat ongelman, sillä jos kortti on tässä vaiheessa liian leveä, ei se mahdu sille tarkoitettuun uraan.

Aluksi suunniteltiin laite SolidWorks-ohjelmiston avulla, jonka jälkeen valmistettiin osat koneistamalla. Monimutkaiset osat, esimerkiksi laakerit, hankittiin muualta. Muoviosat, joita ovat esimerkiksi hihnapyörät, valmistettiin 3D-tulostamalla.

Kun laitteen osat oli valmistettu ja laite kasattu toimintakuntoiseksi, luovutettiin se Elektroval Oy:lle. Luovutuksen yhteydessä laite otettiin käyttöön, ja laitteen käyttöön liittyvät koulutukset pidettiin samaan aikaan.

## **Abstract**

**Author(s):** Korhonen Janne

**Title of the Publication:** PCB-mangle, Machine for Malformation Removal

**Degree Title:** Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

**Keywords:** machine design, 3d-modeling, machining

The purpose of this thesis was to design and manufacture a device that corrects malformations from aluminum PCBs at the manufacturing state. PCBs have malformations that causes them not to fit in the aluminum platform.

PCBs come from China, where they press a v-groove to PCBs. At the Elektroval, PCBs are mounted with components and then separated with a cutter. The cutter separates PCBs apart according to the v-groove. After separation, PCBs are delivered to the client where they are installed to the aluminum platform. In this point, malformations cause a problem because if PCBs are too wide they do not fit in the aluminum platform.

Initially, a device is designed with SolidWorks software, after which parts are machined. Complex parts such as bearings are purchased elsewhere. Plastic parts, such as pulleys, are manufactured by 3D printing.

When the parts of the equipment are manufactured and the unit is fully operational it is delivered to Elektroval Oy. When the delivery is made, the device is introduced and the personnel advised to use the device.

## Alkusanat

Haluan kiittää Elektroval Oy:tä insinööriyön aiheesta ja avusta mitä olen saanut työtä tehdessäni. Kiitokseni tahdon esittää myös Kajaanin ammattikorkeakoulun osaavalle henkilökunnalle, jotka ovat avustaneet niin laitteen valmistamisessa kuin suunnittelussakin. Erityisen kiitollinen olen kotiväelleni, joilta olen saanut niin taloudellista kuin henkistä tukea jaksamaan läpi rankan kevään.

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Elektroval Oy.....	2
	2.1 Tuotantolinja .....	2
	2.2 Alumiiniset piirikortit .....	3
3	Koneensuunnittelu yleisesti.....	5
4	Laitteensuunnittelu .....	7
	4.1 Mallintaminen .....	8
	4.2 Mittapiirustukset ja osaluettelo .....	16
5	Valmistaminen .....	17
	5.1 Metalliosien työstäminen .....	17
	5.2 3D-tulostettavien osien valmistaminen .....	20
6	Testaaminen ja käyttöönotto .....	21
7	Käyttökoulutus .....	22
8	Yhteenveto.....	23
	Lähteet.....	24

## 1 Johdanto

Tässä työssä on tarkoituksena valmistaa laite, jolla korjataan viallisesta leikkauksesta johtuvat epämuodostumat. Epämuodostumilla tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että piirikorttipohjien v-uraleikkaus on mennyt vinoon, minkä vuoksi piirikortit ovat liian leveitä.

Piirikorteissa olevat vialliset leikkaukset on tehnyt piirikorttien valmistaja. Vika huomattiin, kun kyseisiä piirikortteja alettiin valmistaa, jolloin piirikorttipohjat oli jo toimitettu.

Viallisesta leikkauksesta johtuen piirikortit eivät mahdu niille tarkoitettulle kiskolle. Siksi robotti ei pysty käsittelemään piirikortteja, sillä se ei kykene käyttämään voimaa asettaessa piirikorttia kiskolle. Koska piirikortin liiallinen leveys aiheuttaa sen, että piirikortti irtaantuu robotin tarttujasta, täytyy piirikortit ”mankeloida” sopivaan leveyteen, jolloin piirikortti asettuu kiskolle toivotulla tavalla.

## 2 Elektroval Oy

Elektroval Oy on Kajaanissa sijaitseva, elektroniikan sopimusvalmistukseen keskittyvä yritys. Elektroval jakautui Planray Oy:stä omaksi yritykseksi vuonna 2014, ja yrityksen pääpaino on elektroniikan tuotanto- ja protosarjojen valmistuksessa. Elektrovalin toimintaa ohjaa ISO 9001-sertifikaatti, ja yritys valmistaa myös ATEX-luokiteltuja laitteita [1].

### 2.1 Tuotantolinja

Elektrovalin tuotantolinjasto koostuu kolmesta eri linjasta sekä muista työpisteistä. Tuotantolinjoilla valmistetaan elektroniikkalaitteita, jotka tarkastetaan ja jatkokäsitellään muilla työpisteillä.

Linja 1 koostuu seuraavista laitteista:

- kasettipurkaja
- kuljetin / pinosta purkaja
- sivulataaja / kuljetin
- pastanpainokone
- kuljetin / pastan tarkastusasema
- ladontakone
- kuljetin / portti (kulkua varten linjaston läpi)
- tarkastusasema / kuljetin
- juotosuuni
- sivupurkaja
- kasettilataaja

## 2.2 Alumiiniset piirikortit

Asiakkaan toimesta vialliseksi todetut alumiiniset piirikorttipohjat valmistetaan Kiinassa. Levyt ovat kahdeksan piirikortin pakkauksia. Levyihin painetaan leikkausura tehtaalla, jossa ne valmistetaan. Levyjen suuresta pituudesta johtuen valmistaja ei kykene tarpeeksi suureen tarkkuuteen, minkä vuoksi levyihin painettava V-ura tulee vinoon. Vinosta urasta johtuen levyt eivät mahdu niille tarkoitettuun profiiliin. V-ura painetaan levyihin alla olevan kuvan tapaisella laitteella (kuva 1).



Kuva 1. V-uran painolaite [3]

Piirilevyissä olevat epämuodostumat ovat välillä suurempia ja osittain epäsymmetrisiä. Tavanomainen poikkeama leikkauksessa on, että joka toinen levy on kapeampi. Pienessä osassa levyjä on myös sellaisia poikkeuksia, joissa levy on keskikohdasta eteenpäin liian leveä ja lopusta taas oikean levyinen.

Levyjä on useampia eripituisia, joiden välillä epämuodostumat eroavat paljolti. Lyhyimmät levyt ovat 600 mm pituisia, ja näissä lyhimmissä korteissa ei leikkausvirhettä juurikaan ole. Pisimmät levyt ovat 1500 mm pituisia, ja näissä levyissä leikkausvirhe on pahimmillaan.



Elektrovalilla levyt erotetaan toisistaan leikkurilla, joka on valmistettu juuri tähän tarkoitukseen (kuva 2). Leikkuri koostuu kahdesta rullasta, joiden välistä levyaihiot syötetään. Rullissa on terät, jotka painavat levyt erilleen toisistaan.



Kuva 2. Levyleikkuri

Levyihin syntyy erottaessa myös jonkin verran purseetta, joka myös osaltaan vaikuttaa levyjen liialliseen leveyteen. Purseesta johtuvan liikaleveyden robotti saattaisi pystyä käsittelemään, mutta levymankeili poistaa purseen joka tapauksessa.

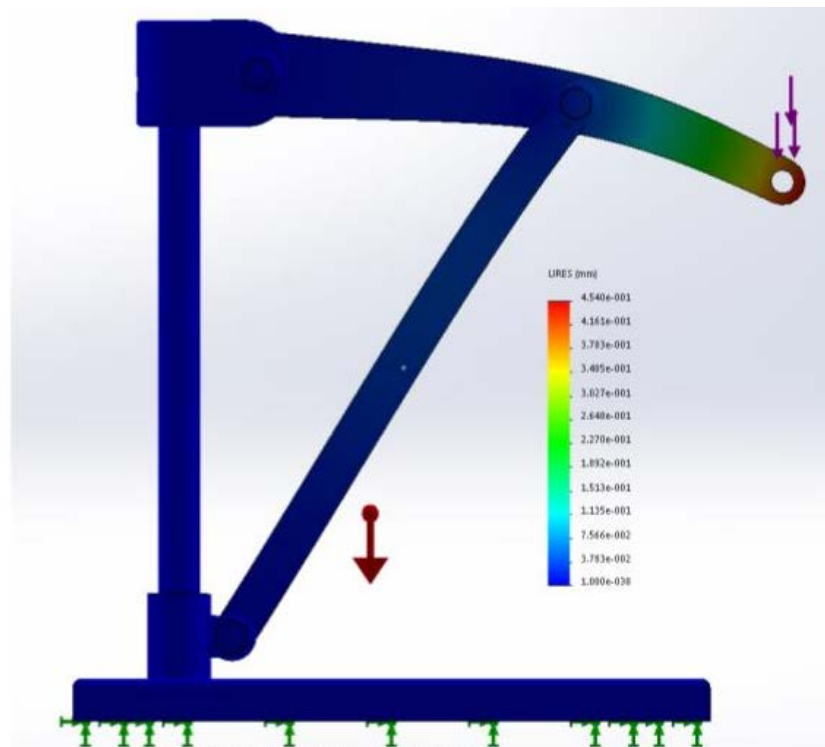
### 3 Koneensuunnittelu yleisesti

Koneensuunnittelu on opintokokonaisuus, joka koostuu useammasta ammattiaineesta. Kajaanin ammattikorkeakoulussa koneensuunnittelu koostuu ammattiaineista, joita ovat koneensuunnitteluoppi, värähtelymekaniikka, FEM-laskenta, tuotekehitys sekä koneensuunnittelun projektityöt.

Koneensuunnitteluopissa suunnitellaan laitteiden rakenteita ja niiden lujuuksia, joiden perusteella valitaan rakenteisiin oikeat materiaalit. Koneensuunnitteluopissa lasketaan myös lujuuksia eri muodoille ja liitoksille.

Värähtelymekaniikassa keskitytään siihen, miten värähtely vaikuttaa laitteen toimintaan ja kestävyYTEEN. Oppiaineessa keskitytään eri taajuuksiin ja siihen kuinka erilaiset rakenteet käyttäytyvät näillä taajuuksilla. Värähtelymekaniikassa haetaan myös ratkaisuja värähtelyjen vähentämiseksi rakenteissa, sekä menetelmiä värähtelyn taajuuden muuttamiseksi.

FEM-laskennassa lasketaan erilaisten materiaalien ja rakenteiden lujuuksia, tietokonetta apuna käyttäen. Esimerkiksi Autodesk-ohjelmistossa on ohjelma, jolla voidaan laskea lujuuksia suoraan 3D-mallista, kun määritetään mallin materiaalit sekä materiaalin tukipisteet. Myös SolidWorks-ohjelmistosta löytyy nämä ominaisuudet (kuva 3).



Kuva 3. Esimerkkikuva FEM-laskentaohjelmasta [4]

Koneensuunnittelun projektitöissä päästään kokeilemaan kursseilla opittuja taitoja. Projektitöiden aikana suunnitellaan jokin rakenne, jolle lasketaan rasitukset ja väsymislujudet. Näissä projekteissa käytetään hyväksi kaikilta yllämainituilta kursseilta saatuja tietoja ja taitoja. Lopuksi kurssilla tehdystä harjoitustyöstä tehdään raportti, joka palautetaan ohjaavalle opettajalle.

#### 4 Laitteensuunnittelu

Laitteen suunnittelun aloitin jo hyvissä ajoin, silloin kun olin Elektrovalilla työharjoittelussa. Idea kyseiselle laitteelle syntyi, kun asiakkaalta ilmoitettiin, että levyt ovat liian leveitä. Kävimme asiakkaan luona tarkistamassa tilanteen, jossa totesimme, että levyt todellakin ovat liian leveitä.

Aloimme miettiä ratkaisua pulmaan ja päätimme kokeilla rakentaa laitteen, jolla levyt saataisiin kapeammaksi. Muutamia ajatuksia heitelttyämme päädyimme mankeli-rakenteseen. Niinpä valmistimme kahdesta laakerista ja 2x4-tuumaisen lankun palasta mankelin prototyypin (kuva 4). Laitteesta tuli käsikäyttöinen, eli levyt työnnetään laakerien välistä käsin, jonka jälkeen levyistä tulee oikean levyisiä. Muutamien testierien jälkeen todettiin, että laite toimi halutulla tavalla. Laitteen toiminnassa ei ollut ongelmia, mutta työtä hidasti se, että levyt täytyi syöttää laitteeseen yksi kerrallaan.

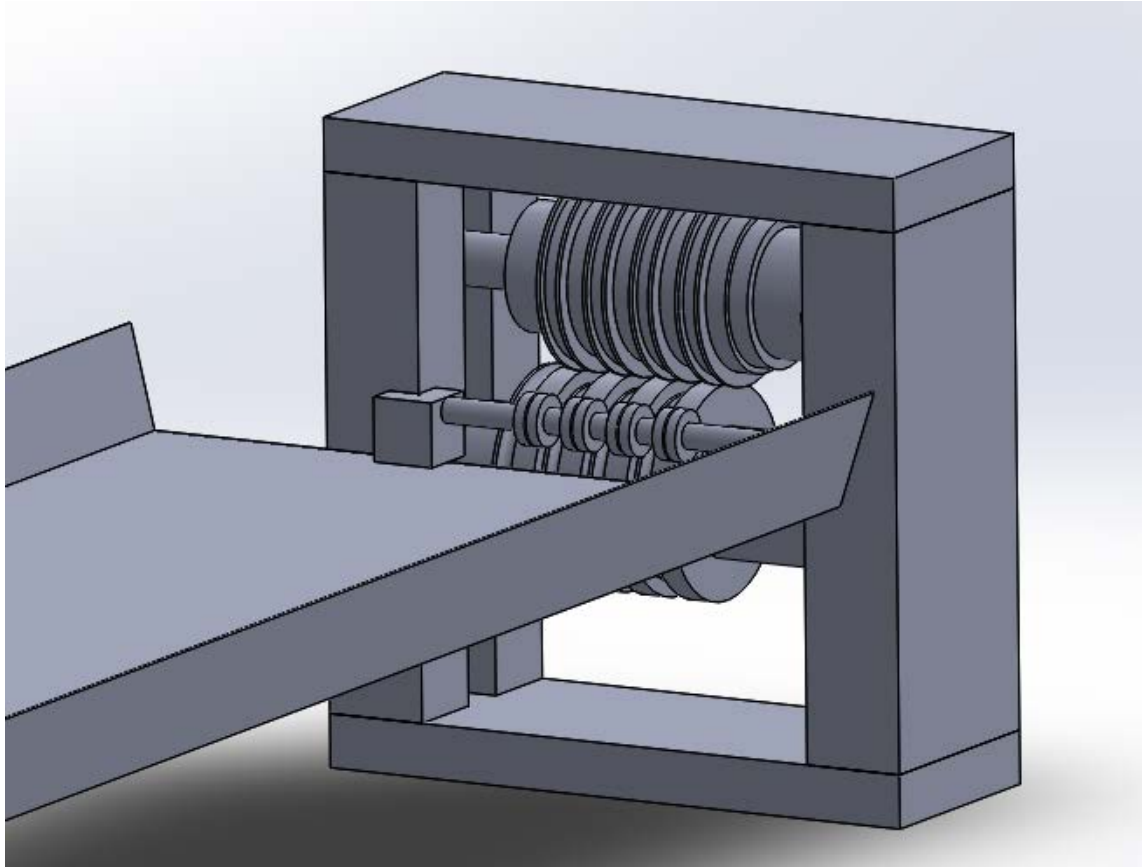


Kuva 4. Levymankelin prototyyppi

Kun prototyyppi oli valmis ja todettu toimivaksi, päätin ottaa haasteen vastaan ja suunnitella Elektrovalille uuden levymankelin, jolla saataisiin kavennettua koko ahiollinen levyjä kerralla. Laitteen tulisi olla automaattinen ja toimia luotettavasti tuotannon yhteydessä. Laitteen avulla säästettäisiin aikaa, eikä ylimääräisiä työvaiheita syntyisi.

#### 4.1 Mallintaminen

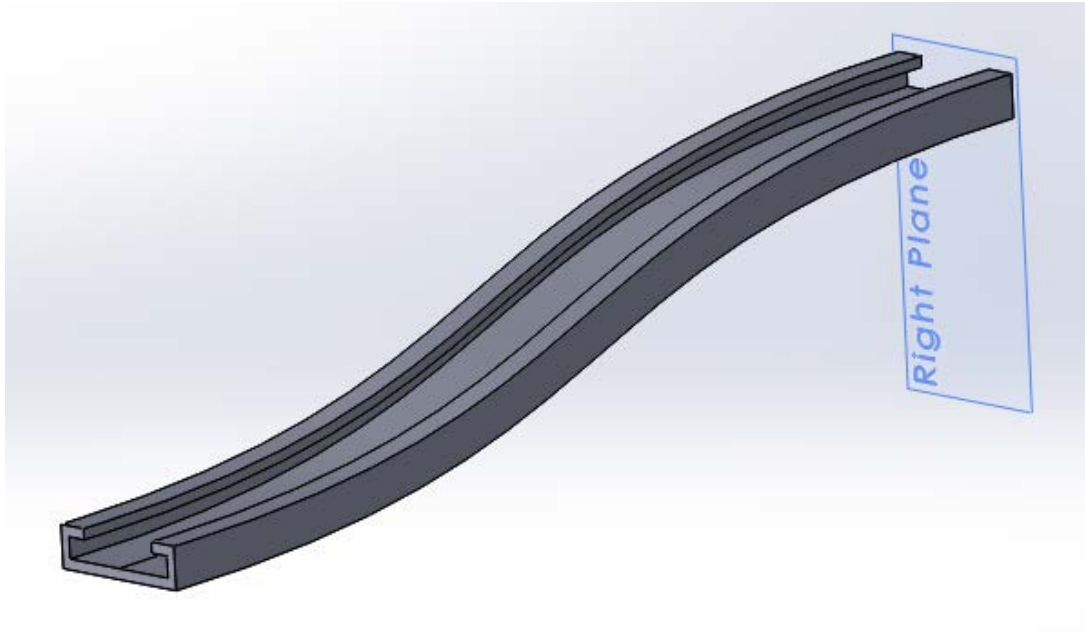
Laitteen suunnittelun aloitin siten, että aloin piirtää 3D-mallia laitteesta. Suunnittelun helpottamiseksi aloitin mallintamisen levyleikkurista, jonka perään mankeli tulisi asettaa (kuva 5).



Kuva 5. Leikkurin 3D-malli [4]

Kun leikkurin 3D-malli oli valmis, suunnittelu helpottui paljolti. Leikkurin 3D-mallista sain tarkastettua tarvittavat mitat, mikä helpotti laitteen mittojen suunnittelussa. Mitat on helppo ottaa mallista measure-työkalun avulla.

Aluksi mietin, kuinka levypohjat saadaan ohjattua oikeille paikoille. Valmistin 3D-tulostimella liukukiskon, jota pitkin levy kulkeutuu oikeaan paikkaan. Liukukiskon tulostettuani huomasin, että nousua oli liian paljon. Nousua oli tässä vaiheessa noin 25 mm, joka aiheutti sen, että kiskolle tuli liian jyrkkiä mutkia, jolloin levy ei kulkenut kiskolla tarpeeksi liukkaasti. Alumiininen levy oli niin jäykkää, että mutkia täytyi hieman loiventaa, jotta levy kulkisi kiskolla tarpeeksi liukkaasti (kuva 6).



Kuva 6. Nousukiskon malli [4]

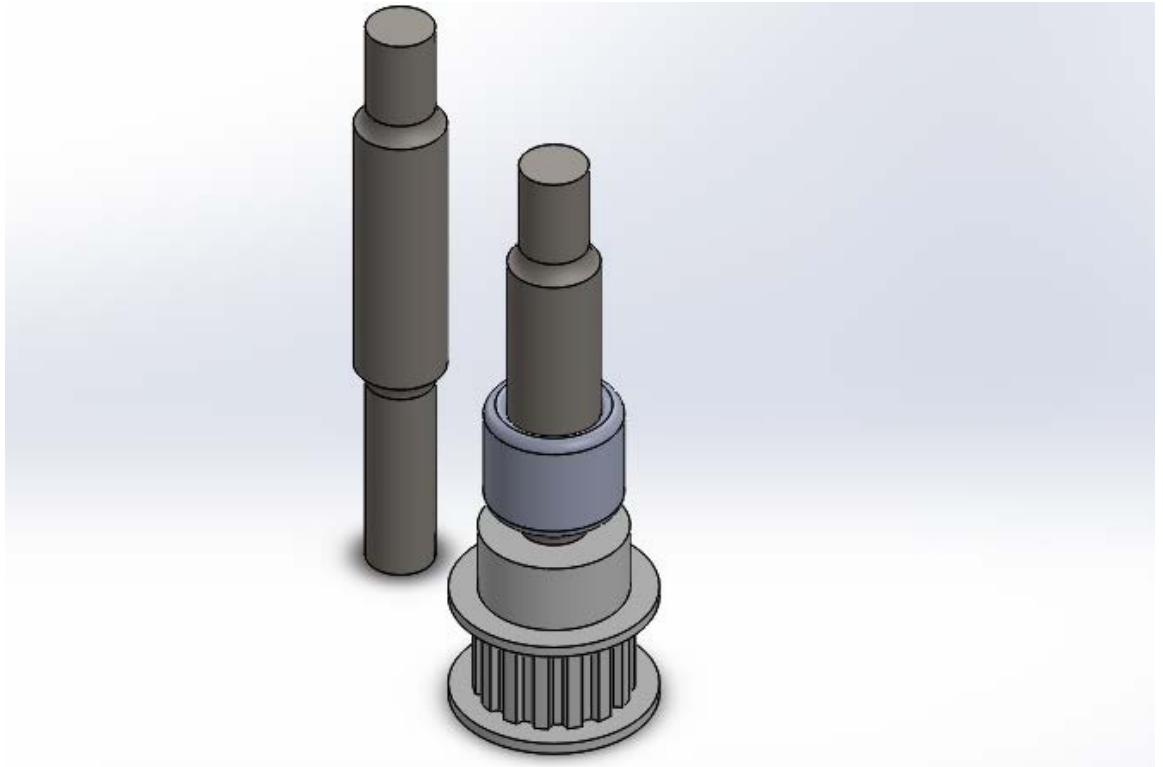
Nousukiskon suunnittelun jälkeen alkoivat laitteen rakenteen mitat selvitä. Liukukiskon nousu määritti sen, kuinka korkea laitteesta voi tulla. Näin ollen laitteen rungon sisäkorkeudeksi tuli 25 mm. Laitteen leveys määräytyi levyleikkurin leveyden mukaan.

Seuraavaksi täytyi miettiä laitteeseen tulevien tappien mittoja. Levyt syötetään näiden tappien välistä, jolloin levystä mankeloidaan liika pois. Tappien paksuutta rajoittaa se, että levyjen välissä ei ole tyhjää tilaa, vaan ne ovat toisissaan kiinni (kuva 7). Yhden levyn leveys on 12 mm.



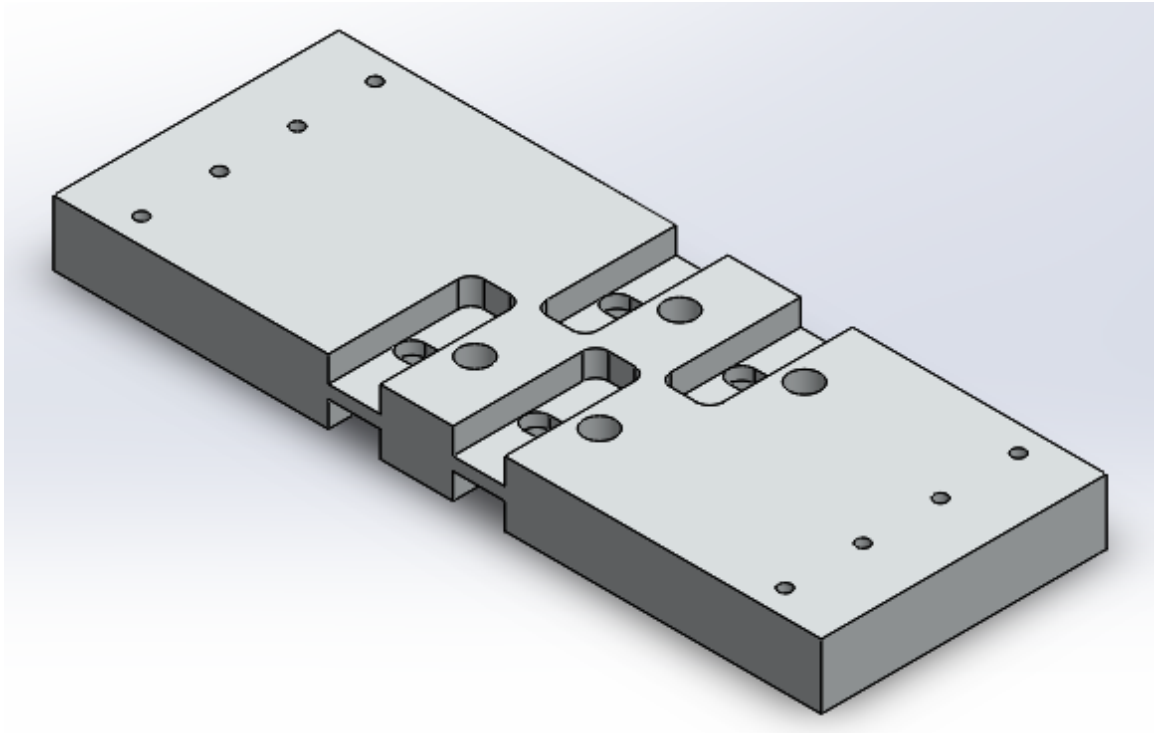
Kuva 7. Levyaihio

Levyjen pienestä leveydestä johtuen tapit täytyi mitoittaa hyvin ohuiksi (kuva 8). Tappien päälle tulevat laakerit vaikuttivat myös mitoittukseen, sillä kun tapin paksuus kasvaa, kasvaa myös laakerin ulkohalkaisija. Tappeille saatiin lisää tilaa asettamalla joka toinen mankelointipiste eri puolille laitetta. Näin ollen sain mitoitettua tappien paksuuden 8 mm:iin. Tappeja laitteeseen tulee kahdenlaisia, hihnapyörällä varusteltuja vetäviä akseleita, sekä lyhempää vapaasti pyöriviä akselitappeja. Tappien pituudet ovat: 55 mm vetävät akselitapit sekä 35 mm vapaasti pyörivät akselitapit.



Kuva 8. Akselikokoonpanon esimerkki [4]

Seuraavaksi täytyi ruveta miettimään, kuinka saadaan säädettyä tappien välinen etäisyys sopivaksi. Säättömahdollisuuden toteutettiin vipurakenteella, joka koostuu kolmesta osasta. Vipuosaan tulee ylä- ja alapuolelle alumiinista valmistettu pala, johon on porattu reikä laakerille sekä vipuosan kokoonpanoruuville. Vipupalojen väliin tulee holkki, joka on sopivan paksuinen laitteen runkoon. Laitteen rungossa on ylä- ja alaosat, joihin jyrsitään taskut vipuosia varten (kuva 9).

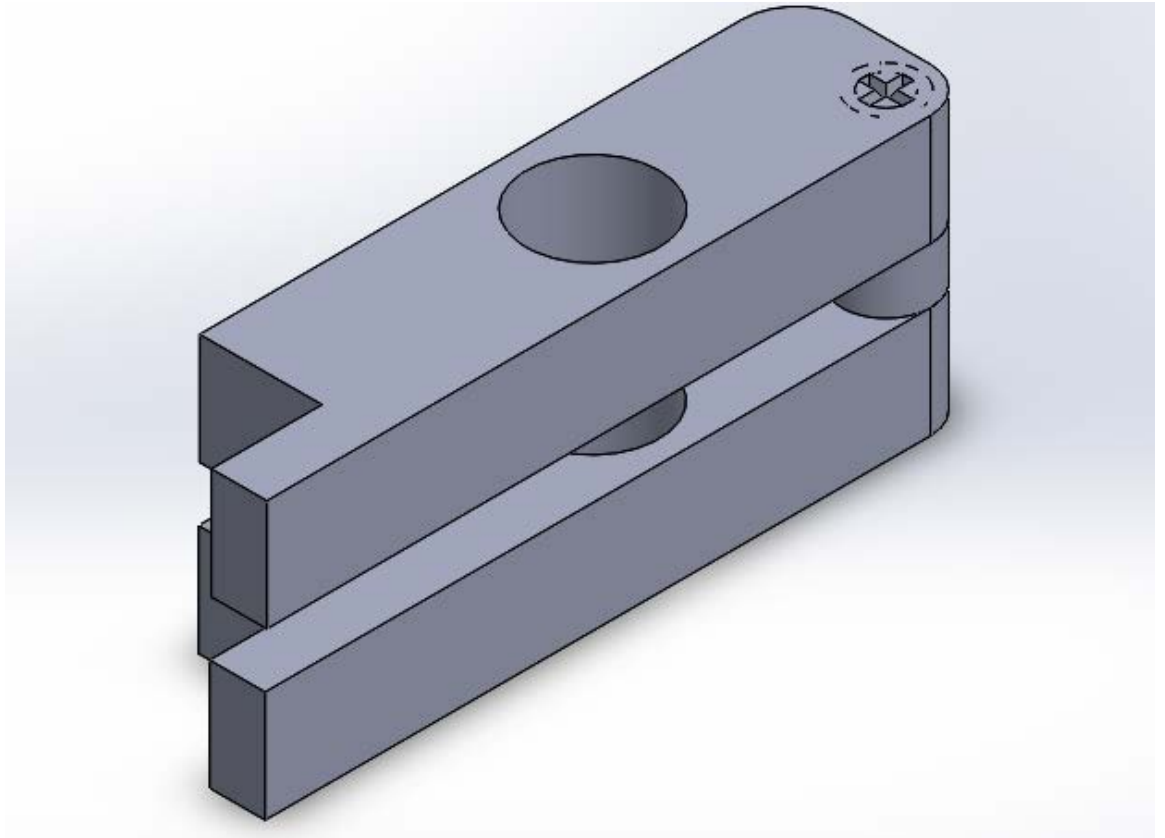


Kuva 9. Mankelin alaosa, jossa upotukset vipuosille sekä reiät laakereille [4]

Vipuosaan kiinnitetään laakerit, joihin kiinnitetään tappiosat (kuva 10). Vipuosan taskun pohjalle jysitään reikä, jossa tappi mahtuu liikkumaan vapaasti. Tällä rakenteella mahdollistetaan yksinkertainen säätömahdollisuus laitteeseen.

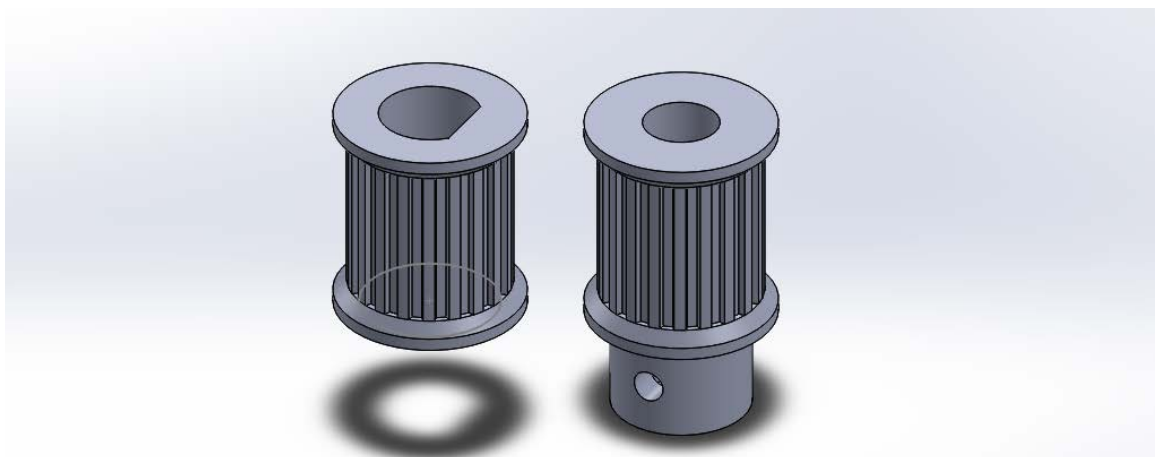
Säätö toimii siten, että vipurakenteessa vivun ylä- ja alaosien väliin jää rako. Vipuosien välissä olevaan rakoon asetetaan säätöruuvi, joka on kiinni laitteen kyljessä olevassa kulmapalassa. Kulmapalaan on tehty kierre, johon säätöruuvi ruuvataan. Nyt tappien väliä voi säätää kiertämällä ruuvia myötä tai vastapäivään.





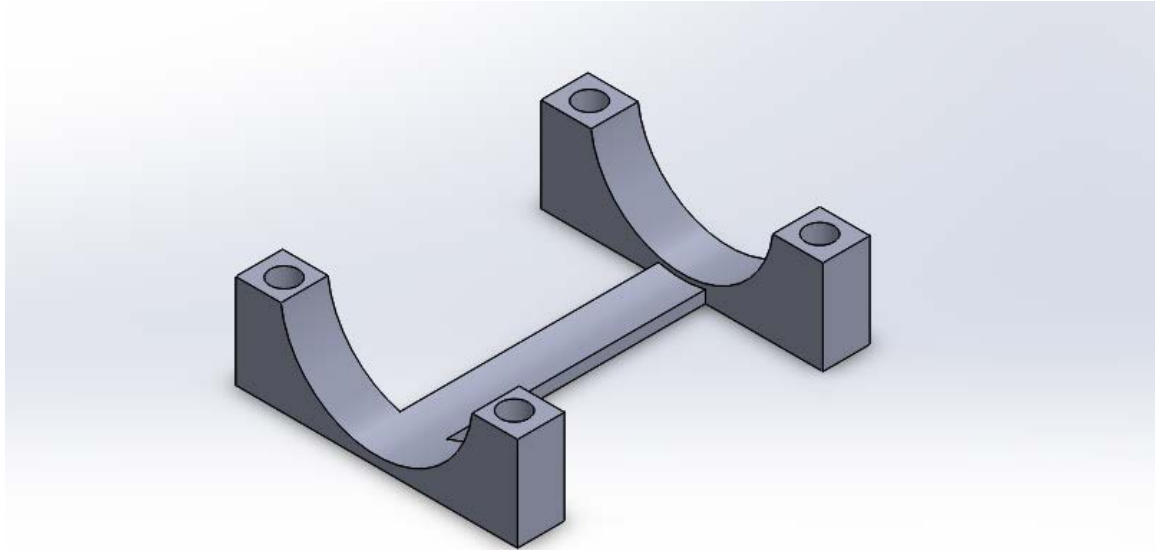
Kuva 10. Vipuosa [4]

Seuraavaksi täytyi suunnitella hammashihnapyörät, joiden avulla saadaan vetävät akselitapit pyörimään. Laitteen molempiin päihin tulee 24 V:n sähkömoottori, jolla pyörimisliike saadaan aikaiseksi. Hammashihnapyörien hampaiden mitat löytyivät hammashihnojen toimittajan kotisivuilta [2]. Hammashihnoja laitteeseen tulee kahdenlaisia (kuva 11).



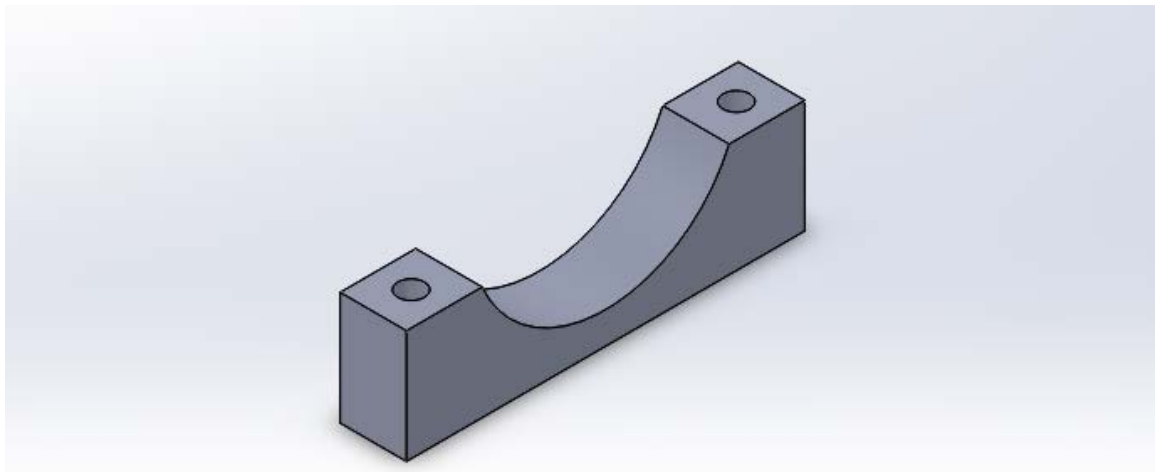
Kuva 11. Hammashihnapyörät [4]

Moottoreita varten täytyi suunnitella telineet, joissa moottorit pysyvät paikoillaan. Mootto-  
reiden telineet oli helppo suunnitella ja mallintaa. Aluksi suunniteltiin alusta, johon moottori  
sijoitetaan (kuva 12).



Kuva 12. Moottorin tukeline [4]

Seuraavaksi suunniteltiin moottoritelineen kiristimet, joilla moottori lukitaan paikoilleen  
(kuva 13). Jos kiristimiä ei olisi, moottori pääsisi pyörimään akselinsa ympäri.

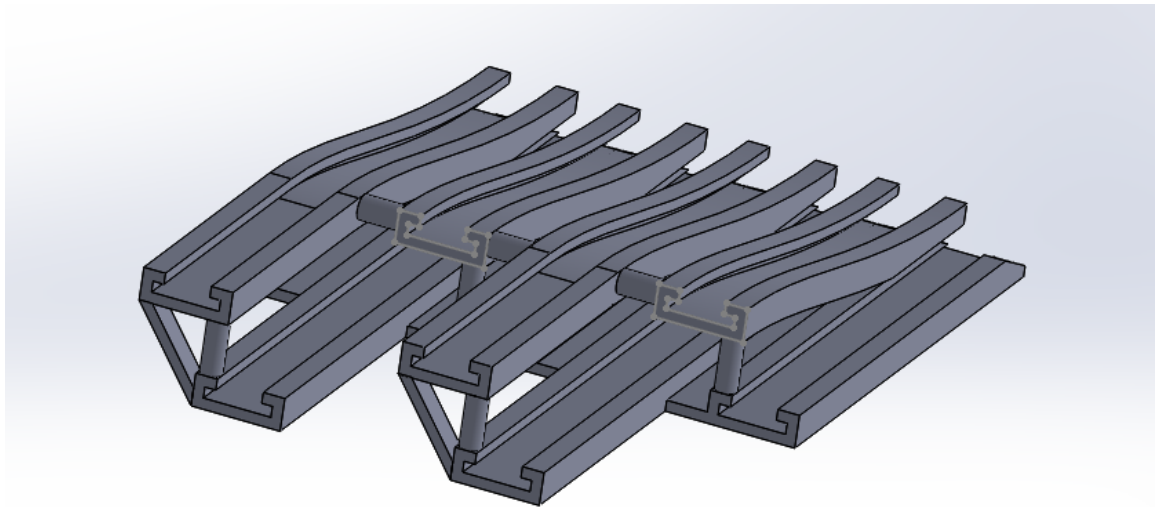


Kuva 13. Moottoritelineen kiristin [4]

Kun kaikki muut osat oli suunniteltu, täytyi alkaa miettiä, kuinka levy-pohjat saadaan oh-  
jattua oikeaan paikkaan levy-mankelissa. Jos levyjä ei ohjata oikeille paikoille, ne pääsevät

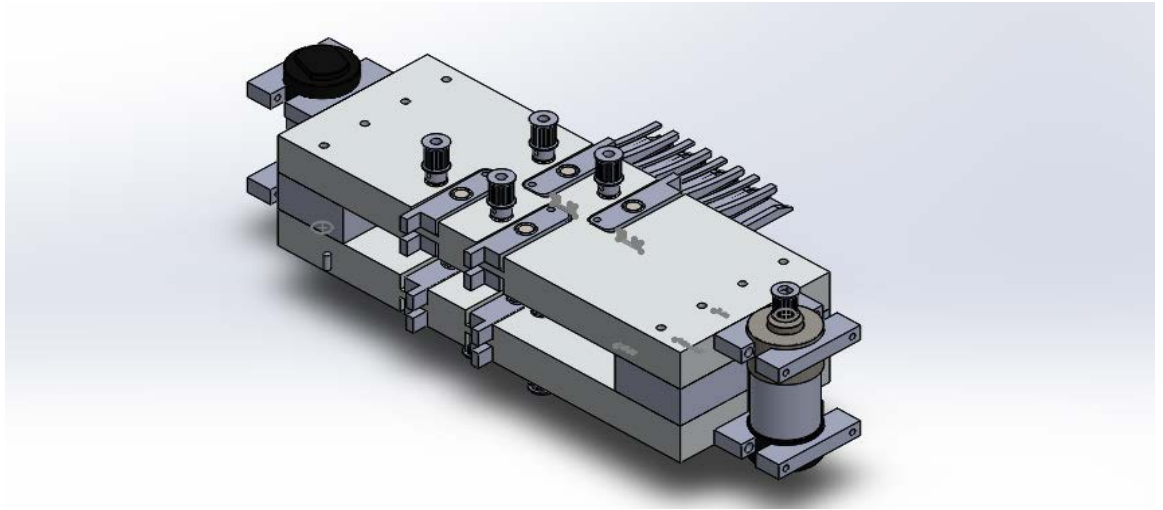
vääntymään vinoon, eikä mankeli siinä tapauksessa toimi toivotulla tavalla. Jos levyt pääsevät kääntymään mankelissa, häviää akselitapeilta pito, jolloin mankelin automaattinen vetotoiminto ei toimi.

Ohjaimen suunnittelua helpotti jo aikaisemmin suunniteltu liukukiskon malli. Lopulliseen ohjaimen tuli liukukiskoja useita kappaleita, joita pitkin levypohjat ohjautuvat oikeille paikoille. Ohjaimessa täytyy olla kaikille levypohjille oma liukukisko, ja jokaisen liukukiskon on mentävä akselitapeille asti. Lopullisen ohjaimen malliksi muodostui kokoonpano, jossa on suoria sekä nousevia liukukiskoja sekä tukirakenteita (kuva 14).



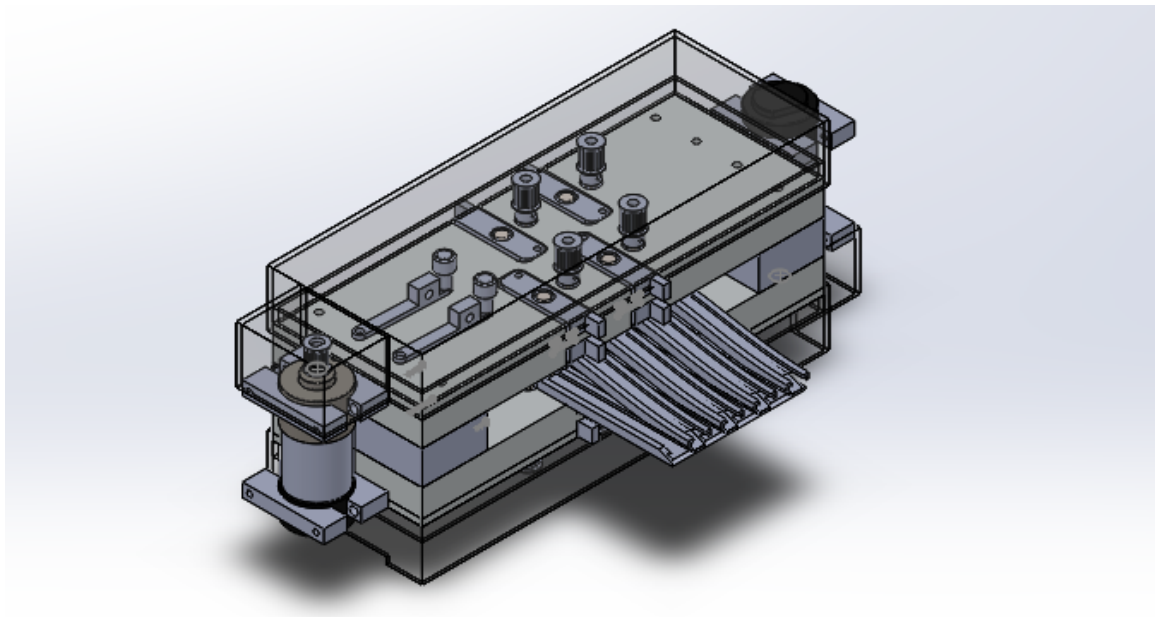
Kuva 14. Liukuohjainkokoonpano [4]

Nyt kaikki osat oli suunniteltu, ja levymankelin kokoonpano alkoi hahmottua. Levymankelin kokoonpanoon oli nyt helppo asetella osat paikoilleen, mate-työkalua käyttämällä (kuva 15).



Kuva 15. Levymankeli edestä [4]

Lopuksi levymankeli täytyy vielä koteloida, että saadaan estettyä esimerkiksi sormien jääminen puristuksiin. Kotelon suunnittelussa mallinnettiin ensin kapea liuska akryylimuovia, joka määrittää kotelon paikan ja johon kiinnitetään leveämmät akryylimuovin palaset, joista kotelo lopulta muodostuu (kuva 16).



Kuva 16. Levymankelin kokoonpanokuva [4]

## 4.2 Mittapiirustukset ja osaluettelo

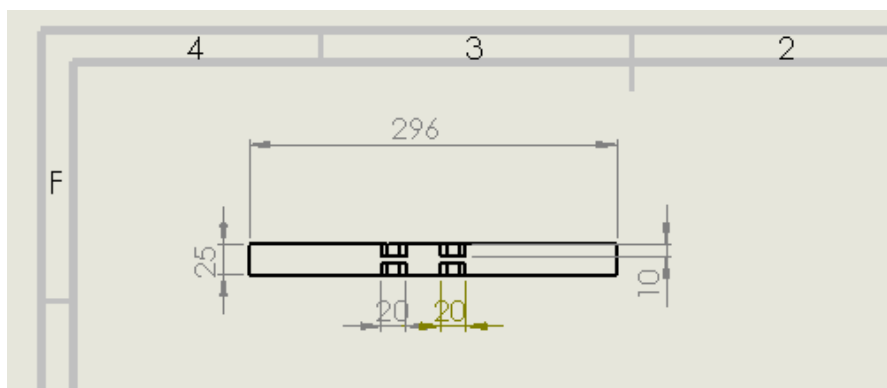
Kun levymankele oli valmiiksi suunniteltu ja mallinnettu, täytyi laitteesta tehdä myös tekniset piirustukset. Teknisistä piirustuksista näkee laitteen osia valmistettaessa mitat sekä muut tarvittavat tiedot, jotka ovat oleellisia laitteen valmistuksen kannalta.

Osaluettelon tekeminen on hyvin yksinkertainen. Kun laitteesta on tehty valmis 3D-malli, johon on kaikki osat sijoitettu, valitaan SolidWorks-ohjelmiston Assembly-välilehdeltä Bill of Materials -toiminto. Tällä toiminnolla ohjelmisto osaa itse tehdä listan laitteessa käytetyistä osista ja komponenteista (taulukko 1).

Taulukko 1. Malliesimerkki osaluettelosta [4]

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	MankelinYläosa		1
2	MankelinAlaosa		1
3	MankeliSivuseinä		2
4	Laakeri0812		34
5	Mankelitappi8mm		8
6	Mankelitappi8mmksel itapilla		8

Seuraavaksi täytyi tehdä piirustukset kaikista osista, jotka näkyvät osaluettelossa ja ovat kokoonpanossa on käytössä. Piirustukset tehtiin SolidWorks-ohjelmiston Make drawing from part/assembly -toiminnon avulla. Tällä toiminnolla saadaan kappaleesta tehtyä projektioita, joihin saadaan merkittyä mitat ja tarvittavat kulmat Smart dimension -työkalulla (kuva 18).



Kuva 17. Esimerkki mittapiirustuksesta [4]

## 5 Valmistaminen

Laitteen valmistaminen alkoi siten, että hankittiin tarvittavat materiaalit. Runko-osaan tarvittavat materiaalit hankittiin Kainuun käyttöraudalta. Muut osat esimerkiksi laakerit ja hammashihnat, olivat tilaustavaraa.

Ensimmäinen vaihe oli valmistaa laitteen runko, jonka valmistamista yritettiin toteuttaa yhteistyössä Kainuun ammattiopiston kanssa. Tarkoituksena olisi ollut, että ammattiopiston opiskelijat olisi valmistaneet tarvittavat kappaleet. Tarjotessani työtä ammattiopistolle selvisi, että kaikki ns. tekijät olivat työelämässä. Tästä johtuen täytyi kappaleet valmistaa itse. Kappaleiden valmistaminen tapahtui Kajaanin ammattikorkeakoulun protopajalla.

### 5.1 Metalliosien työstäminen

Aluksi valmistin seinäpalat, jotka olivat yksinkertaisimmat kappaleet, joita laitteessa tarvitaan. Seinäpalat ovat 110 x 48 x 25 mm kokoiset, ja niiden valmistaminen oli helppo toteuttaa jyrsimällä. Aluksi kappaleet täytyi katkaista sahalla sopivaan mittaan, jonka jälkeen jyrsimällä lopulliseen mittaan.

Seuraavana valmistin laitteen rungon alaosan, joka olikin jo huomattavasti monimutkaisempi työstää. Aluksi leikkasin sopivan kokoiset palaset alumiinilevystä, jonka jälkeen kappaleiden ulkomitat jyrsittiin sopivaksi jyrsinkoneella. Kun kappale oli saatu oikeisiin mittoihin, alkoi taskujen jyrsintä kappaleeseen. Taskujen jyrsinnän toteutin Pinnacle-jyrsinkoneella (kuva 19). Taskujen jyrsintään valittiin 12 mm tappijyrsinterä, jolla taskut tulivat oikeaan mittaan yhdellä edestakaisella liikkeellä. Yhdellä jyrsintäkerralla otettiin materiaalia pois 2 mm:n verran. Taskujen paikkojen mitoittaminen onnistui siten, että jyrsimen terälle haettiin nollapisteeet, joiden mukaan paikoittaminen onnistuu helposti.



Kuva 18. Pinnacle-jyrsinkone

Nollapisteiden määrittäminen on yksinkertaista. Aluksi ajetaan jyrsimen terä lähelle kappaleen yläpintaa, jonka jälkeen laitetaan paperin pala terän ja kappaleen väliin. Nyt lähdetään laskemaan terää kohti kappaletta, samanaikaisesti heiluttamalla paperia. Kun paperi jämähtää paikoilleen, on jyrsimen terän Z-akseli nollapisteessä. Z-akseli nollataan painamalla ensin Z-painiketta, ja kirjoittamalla arvoksi 0 ja painamalla enter-painiketta. Seuraavaksi siirretään jyrsinterä kappaleen reunaan, ja lasketaan Z-akselia alaspäin, kunnes jyrsinterä on riittävän alhaalla nollapisteen mitoittamiseksi. Nyt siirretään jyrsinterä lähelle kappaleen reunaa ja asetetaan paperi kappaleen ja terän väliin. Nyt toimitaan samalla tavalla kuin Z-akselin kanssa. Nyt X-akseli on nollattu, mutta tässä vaiheessa täytyy ottaa huomioon, että X-akselin nollakohtaan lisätään jyrsinterän paksuus.

Lopuksi täytyy nollata vielä Y-akseli, joka onnistuu samalla tavoin kuin X-akselin nollaminen. Y-akselia nollattaessa ei tarvitse ottaa huomioon terän paksuutta, koska taskun jyrsintä alkaa juurikin siitä reunakohdasta, johon akseli on nollattu.

Kun nollakohdat oli asetettu, alkoi taskujen jyrsintä. Jyrsimen ohjaaminen suoritettiin taskujen jyrsinnässä käsin, koska umpinaista kappaletta jyrsittäessä jyrsinterä menee tukkoon erittäin helposti. Kun terä tukkeutuu, alkaa se polttaa kappaletta lastuamisen sijasta. Kun terää ohjataan käsin, on terän liike helppo pysäyttää ennen kuin on liian myöhäistä. Kappaleeseen tuli taskut molemmille puolille, joten nollapisteiden kohdistus täytyi muistaa tehdä, kun kappale käännettiin.

Kun taskut oli jyrsitty, täytyi kappaleeseen tehdä reiät laakereita ja akselitappeja varten. Akseleita varten tulevat reiät tehtiin 8 mm jyrsintapilla ja käsiohjauksella, sillä reiät ovat pitkulaiset. Laakereiden reikiä tehtäessä on monta vaihetta, sillä reikien mitat ovat tarkat. Ja koska reikien paikoitus on tarkka, käytettiin Pinnacle-jyrsinkoneen pattern-ohjelmaa. Tässäkin työvaiheessa täytyy nollapisteet kohdistaa, mutta nyt nollakohtaan lisätään puolet terän paksuudesta, sillä nollapisteen täytyy olla porattaessa keskellä terää.

Laakereita varten tulevien reikien poraus täytyi tehdä kolmessa vaiheessa, koska reikien täytyi olla juuri oikean kokoiset. Reikien poraaminen tapahtui siten, että ensin porattiin 11 mm terällä aloitusreikä ja sen jälkeen reikä porattiin 12 mm:ksi avennin-terällä. Tämän jälkeen reikä hoonattiin 12 mm h7-toleranssin terällä, jolloin reiästä tuli juuri oikean kokoinen (kuva 20).



Kuva 19. Reikien viimeistelyä

Kun laitteen rungon osat oli tehty, alettiin valmistaa akselitappeja. Akselitappien valmistaminen aloitettiin siten, että katkottiin 8 mm:n paksuisesta terästangosta sopivan pituisia tappeja. Tappeja tuli kahden mittaisia, 35 mm ja 65 mm pitkiä. Vetävän akselitapin ohennukset tehtiin sorvilla protopajalla. Ohennuksia täytyi tehdä mankeliosaan, sekä hammashihnapyörän kiinnityskohtaan tapin toiseen päähän. Akselitappien loppuhionta tehtiin koulun pikkupajalla, porakonetta ja hiomapaperia käyttäen. Myös laakereiden kohtia täytyi hioa hieman ohuemmaksi kuin tangon alkuperäinen paksuus.

Levymankelissa täytyy olla säätö levyjen leveyttä varten, joten vipurakenteiden valmistaminen aloitettiin, kun muut osat olivat valmiita. Vipuosien valmistusta varten katkottiin 10



mm x 20 mm alumiinitangosta 55 mm:n pituisia pätkiä. Alkuleikkaukset tehtiin koulun pikkupajalla. Seuraavaksi täytyi siirtyä protopajalle, jossa vipuosat jyrsittiin oikeaan mittaansa. Vipukokoonpanoja tulee laitteeseen 8 kpl, joten vipuosia täytyi tehdä 16 kpl. Vipuosat pystyttiin jyrsimään mittaansa 8 kpl:n paketeissa. Kun kappaleet olivat oikeissa mitoissa, täytyi vielä jyrsiä vipuosan päähän tuleva syvennys. Seuraavaksi vipuosiin porattiin reiät laakereita varten. Reikien poraaminen tapahtui samalla menetelmällä kuin runkoon tulevien reikien poraaminen. Vipukokoonpanoa varten vipuosien kulmaan porattiin vielä 4 mm:n reikä koulun pikkupajalla.

## 5.2 3D-tulostettavien osien valmistaminen

Kun metalliosat oli valmistettu, alkoi muoviosien valmistus. Muoviosat valmistettiin 3D-tulostimella, jolloin pystyttiin valmistamaan myös monimutkaisia osia. Esimerkiksi hammashihnapyörät olisi ollut todella työläs valmistaa työstämällä esim. metallista. 3D-tulostimelle tehtiin kuvat SolidWorks-ohjelmistolla, ja tallennettiin kuvat USB-muistitikulle STL-muodossa. Tikku asetettiin 3D-tulostimen pc:n USB-porttiin ja avattiin tiedostot 3D-tulostimen Client manager -ohjelmalla.

Ensimmäiset 3D-tulostettavat osat olivat hammashihnapyörät. Tähän työvaiheeseen tuli viivästystä, koska hammashihnojen toimitusaika oli todella pitkä. Viivästys johtui siitä, että hammashihnapyörien leveys määräytyi hammashihnan mukaan.

Seuraavana 3D-tulostettiin muokatut hihnapyörät moottoria varten, moottorien tukirakenteet, kiristimet ja liukukiskot. Näitä osia tulostettaessa pitää tehdä uusia asetuksia tulostukseen. Koska osien STL-tiedostoja on yksi kappaletta kohti, täytyy tulostuksen esikatseleissa kopioida tarvittava määrä osia tulostukseen. Myös osien asento tulostusalustalla on hyvä asettaa siten, että kappaleen tulostuksessa tarvitaan mahdollisimman vähän tukiainetta.

## 6 Testaaminen ja käyttöönotto

Kun laite oli valmistettu tarpeeksi pitkälle, alkoi laitteen testaaminen. Laitteen testauksessa kokeillaan, että levyt kulkevat laitteen läpi moitteettomasti. Myös levyjen ohjautuminen oikeille paikoille ilman takertumisia on tärkeää, sillä levyleikkuri työntää levyjä voimalla eteenpäin. Jos levyt jumittuvat kiinni liukukiskolla, saattaa käydä siten, että levyt vääntyvät mutkalle ja pahimmassa tapauksessa turmeltuvat käyttökelvottomiksi.

Aluksi testattiin levyjen ohjautumista oikeille paikoille, jolloin huomattiin pientä takertelua levynohjaimen suuaukolla. Tämän takia ohjaimen suuaukon reunoja täytyi hieman hioa, että levyt liukuvat esteettömästi omille urilleen.

Seuraavaksi täytyi testata laitteen levyvetoisuuden toimivuus, eli miten hyvin laite kykenee liikuttamaan levyä omin avuin. Tässä vaiheessa huomattiin, että alumiinisen piirikortin ja teräksisen tapin väliin ei synny tarpeeksi kitkaa, että laite jaksaisi vetää levyjä sisään. Tämä ongelma oli todella paha, sillä koko laitteen toiminta riippuu juuri tästä ominaisuudesta.

Ongelmaan lähdettiin hakemaan ratkaisua siitä, että teräksiseen akselitappiin tehtäisiin karhennuksia, saataisiin siten nostettua tapin ja levyn välistä kitkaa. Karhennuksien tekeminen osoittautui kuitenkin mahdottomaksi tehtäväksi, koska koulun protopaja ei ollut enää käytössä. Täytyi miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja kyseiseen ongelmaan.

Seuraavana vaihtoehtona oli muuttaa laitteessa olevat vapaasti pyörivät akselitapit vetäviksi, jolloin levyyn kohdistuva veto tulisi molemmille puolille levyä jolloin veto paranee. Tämän toteuttamiseksi riittäisi se, että vaihtaa vapaasti pyörivien akselitappien tilalle pidemmät tapit, joihin saataisiin kiinnitettyä hihnapyörät, joilla saataisiin veto aikaiseksi myös näille akselitapeille.

Tällä muutoksella saatiin laite toimimaan siten, että levyt vetäytyvät automaattisesti laitteeseen. Myös levyjen liikkumisnopeus oli toivotulla tasolla.

Seuraavaksi alettiin testata, kuinka laitteen levynohjain toimii, kun syötetään kokonainen aihio kerralla laitteeseen. Tässä vaiheessa vastaan tuli suurempi ongelma, koska kokonainen aihio ei mahtunutkaan kerralla liukuohjaimen. Liukuohjaimen leveys määräytyi alkuperäisessä suunnitelmassa oletetun levypohjan leveyden mukaan, mutta todellinen levyaihion leveys onkin aavistuksen leveämpi, sillä levyjen välissä on v-ura, joka levittää levyaihiota.

## 7 Käyttökoulutus

Käyttökoulutuksella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että neuvotaan Elektrovalin henkilökunnalle, kuinka laitteen saa säädettyä haluttuihin säätöihin. Koulutuksessa käytiin myös läpi se, mistä laitteeseen saadaan tarvittavia varaosia.

Levymankeleä voi käyttää myös erillisenä laitteena, esimerkiksi reklamaatiopalautuksien korjaamiseen. Näiden palautuksien mankelointiin voidaan laitetta käyttää omassa työpisteessä, joten levymankelelin käyttö erillisenä laitteena täytyi koulutuksessa opettaa. Kun laitetta käytetään erillisenä huoltotyökaluna, täytyy laite irrottaa linjasta. Tämän seurauksena laitteen kiinnitys ja irrotus oli opetettava henkilöstölle. Kun laite asennetaan linjalle takaisin, se täytyy kohdistaa uudelleen.

## 8 Yhteenveto

Loppujen lopuksi laitteen rakentaminen osoittautui haastavammaksi, kuin mitä aluksi oli ajateltu. Laitteen valmistusvaiheessa esiintyi erinäisiä ongelmia, joista kuitenkin selvittiin tekemällä asiat hieman eri tavalla. Lopulta laite saatiin toimimaan toivotulla tavalla, eli laite kykenee liikuttamaan levyjä omin voimin. Myös liukuohjaimen toiminta saatiin toivotun mukaiseksi, kun 3D-tulostettiin liukuohjaimesta hieman leveämpi versio.

Laitetta suunnitellessa ja valmistettaessa syntyi paljon niin sanottuja ”ahaa”-elämyksiä. Esimerkiksi laitteessa olevat vipuosien kiristinhahlot olisi voinut suunnitella puolet pitemmäksi, jolloin vipuosien kiristimet olisi ollut huomattavasti helpompi toteuttaa.

## Lähteet

1. Sitefactory Oy. Elektroval Oy. 2014; Available at: <http://www.ektroval.fi/etusivu/>. Accessed .05.05, 2017.
2. OEM Automatic. OEM Automatic. 2013; Available at: [http://www.oem.fi/Tuotteet/Moottori/Voimansiirto/Hammashihnat\\_ ja \\_hihnapyorat/Hammashihna\\_MXL/824277-500459.html](http://www.oem.fi/Tuotteet/Moottori/Voimansiirto/Hammashihnat_ ja _hihnapyorat/Hammashihna_MXL/824277-500459.html). Accessed .05.05, 2017.
3. Developed by ECER. SMTFly. Available at: <http://www.szsmfly.com/sale-8480495-pneumatic-pre-score-pcb-depanelizer-machine-for-pcb-separator-with-ce.html> Accessed 05.06., 2017.
4. Dassault Systèmes SolidWorks Corp. SOLIDWORKS 2016 x64 Edition. 2016; 2016 x64 Edition.