

Heikki Suutari

Filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelu

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Syksy 2012



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Heikki Suutari	
Työn nimi Filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelu	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Virtuaalituotanto ja tuotannon johtaminen	Ohjaaja(t) Pekka Juntunen Toimeksiantaja Biohit Oyj
Aika 15.11.2012	Sivumäärä ja liitteet 49 + 14
<p>Insinööriyön aiheena oli suunnitella Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n nesteannostelutuotteisiin kuuluvien pipettien kertakäyttökärjissä käytettävien filttereiden tarkistuslaite. Filttereiden tarkistuslaitteen tavoitteena on parantaa Biohitin nesteannostelutuotteiden pipetinkärkien filteröintiä prosessia suodattamalla spesifikaatioon sopimattomat filterit pois tuotantoprosessista. Toimeksiantajan tarve oli toteuttaa filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelu ja prototyypilaitteen valmistus.</p> <p>Työssä suunniteltiin ja toteutettiin filttereiden tarkastukseen tärytekniikkaan, pneumatiikkaan ja ohjelmoitavaan logiikkaan perustuva lajittelumenetelmä, jolla filterit saadaan lajiteltua automaattisesti tuotantoprosessissa. Laitteen rakennesuunnittelu toteutettiin hyödyntäen 3D-mallinnustyökaluja.</p> <p>Filttereiden tarkistuslaite saatiin toteutettua siten, että filttereiden lajittelu voidaan toteuttaa automaattisesti tuotantoprosessissa. Tarkistuslaitteella voidaan lajitella neljää erikokoista filterilajiketta. Lisäksi tarkistuslaite kykenee suodattamaan filttereiden joukossa olevan filterijauheen pois.</p> <p>Jotta laite voidaan ottaa tuotannolliseen käyttöön, laitteeseen tulee suunnitella ja toteuttaa filttereiden syöttämiseen tarvittava tärymalja ja filttereiden keräämiseen tarvittavat astiat, joiden suunnittelu ei kuulu tähän insinööriyöhön.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	3D-mallintaminen, Suunnittelu, Pneumatiikka
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School School of Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Heikki Suutari	
Title Designing a Filter Checking Device	
Optional Professional Studies Virtual Production and Production Management	Instructor(s) Pekka Juntunen
	Commissioned by Biohit Oyj
Date 15 November 2012	Total Number of Pages and Appendices 49 + 14
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by the company Sartorius Biohit Liquid Handling Oy. Sartorius Lab Products & Services is a leading international laboratory and process technology provider with core areas of expertise in biotechnology and mechatronics. Biohit is a business area of Sartorius which develops, manufactures and markets electronic and mechanical pipettes and disposable pipette tips.</p> <p>The objective of this thesis was to design and produce a test device for filters used in Biohit's manufactured disposable pipette tips. The test device is purposed to assort faulty filters away from the production. Sorting the faulty filters away from the production will improve the filtering process of the pipette tips.</p> <p>This thesis is based on designing and manufacturing a new production device. The device was designed by the SolidWorks 3D-modelling software. The 3D-design parts were machined from 2D-blueprints by the professionals. The device design also concludes pneumatics and a programmable logic controller. The design and assembly of the device is presented in this thesis.</p>	
Language of Thesis	Finnish
Keywords	3D-Modelling, pneumatic, PLC
Deposited at	<input type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	1
2 ALKUTILANNE	2
3 TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT	4
3.1 Tuotteiden kolmiulotteinen suunnittelu	4
3.1.1 Historia	4
3.1.2 3D-mallintaminen suunnittelutapana	5
3.1.3 3D-mallintaminen käytännössä	5
3.1.4 2D-piirustukset	6
3.1.5 Räjätyskuva	7
3.2 Pneumatiikka	7
3.2.1 Paineensäädin	8
3.2.2 Suuntaventtiilit	8
3.2.3 Vastusvastaventtiili	10
3.2.4 Paineilmasylinteri	10
3.3 Ohjelmoitava logiikka	11
3.4 Tärylaitteet	12
3.4.1 Tärymalja	13
3.4.2 Lineaaritäry	15
4 VAATIMUKSET FILTTEREIDEN TARKISTUSLAITTEELLE	16
4.1 Laitteen toiminta	16
4.2 Käytettävät komponentit	16
4.3 Kontaminoitumisen estäminen	17
5 FILTTEREIDEN TARKISTUSLAITTEEN SUUNNITTELU	19
5.1 Suunnitteluohjelma SolidWorks	19
5.2 Luonnostelu	19
5.3 Tarkistuslevyjen mallintaminen	20
5.4 Kiilojen mallintaminen	22
5.5 Tarkistuslevyjen toimintaperiaate	23
5.6 Nostomekanismin suunnittelu	27
5.7 Ulosottokaukalon suunnittelu	29

5.8 Tarkistuslaitteen kokoonpano	30
6 LAITTEEN VALMISTUS	32
6.1 Osien koneistus	32
6.2 Pöydän kasaus	33
6.3 Pneumatiikkakytkennät	35
6.4 Sähkökytkennät	37
6.4.1 Suurjännitekytkentä	37
6.4.2 Pienjännitekytkentä	38
6.5 Logiikan ohjelmointi	39
7 TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU	41
7.1 Koneistus	43
7.2 Testaus	44
7.3 Nykytilanne ja jatkokehitys	45
8 YHTEENVETO	47
LÄHTEET	48
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Biohit Oyj on yritys, joka valmistaa ja kehittää laboratorio- ja lääketieteellisuuden käyttöön nesteannostelutuotteita. Yritys edistää tutkimusta, lääketiedettä ja ihmisten hyvinvointia. Kajaanissa sijaitseva tuotantolaitos on erikoistunut nesteannostelijoiden kokoonpanoon ja muoviosien ruiskuvaluun. Kajaanin muoviosasto valmistaa pääasiassa kertakäyttökärkiä nesteannostelutuotteisiin. Tuotantolaitoksessa on panostettu erityisesti ruiskuvalun, materiaalikäsittelyn ja kokoonpanon automatisointiin.

Insinööriyössä perehdytään Biohitin muovipuolen tuotannossa valmistettavien kertakäyttökärkien sisään asennettavien filttareiden käsittelyyn sekä filttareiden tarkistuslaitteen suunnitteluun. Biohit Oyj:n puolesta insinööriyön ohjaajana toimi Vesa Virtanen ja Kajaanin ammattikorkeakoulun puolesta Pekka Juntunen.

Filtteröintiprosessissa käytettävät filterit tulevat alihankkijalta Kajaaniin tuotantolaitokselle valmiiksi tuotantoprosessiin syötettäviksi. Filterit syötetään prosessiin alihankkijan pakkauksista suoraan suorittamatta erityistä tarkistusprosessia. Tuotantoprosessissa on havaittu, että filttareiden kone menee vikatilaan useasta eri syystä. Yhdeksi isoksi syyksi on havaittu, että filttareissa voi olla valmistusprosessin jäljeltä epämuodostumia, painaumia tai mittaheittoja sallittujen toleranssien ulkopuolelle. Kyseiset viat filttareissa aiheuttavat filttareiden prosessissa tukoksia, jolloin prosessi on keskeytettävä koneen puhdistuksen ajaksi. Prosessin keskeytys on merkittävä haitta tuotteen valmistuksen kannalta, koska tuotteet valmistetaan täysin automaattisesti.

Insinööriyön tehtävänä oli suunnitella nesteannostelutuotteisiin kuuluvien pipettien kertakäyttökärjissä käytettäville filttareille tarkistuslaite, jolla saadaan parannettua pipettinkärkien filttareiden tarkistusprosessia. Filttareiden tarkistuslaitteen tulee lajitella alihankkijalta tuotantoon tulevien filttareiden joukosta spesifikaatioiden ulkopuolella olevat filterit pois. Lajittelun jälkeen saadaan filttareiden prosessiin ajettua vain prosessiin hyväksytyt filterit.

2 ALKUTILANNE

Suunnittelutyö käynnistyi perehtymällä Biohit Oy:n filttärintiprosessiin ja filttärintilaitteeseen FT100. Kuvassa 1 on esitetty filttärintilaite FT200/300.



Kuva 1. Filttärintilaite FT200/300.

Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n Kajaanin tehdas on erikoistunut pipetinkärkien automaattiseen tuotantoon ja pipettien kokoonpanoon. Filttärintilaitetta käytetään Kajaanin tehtaassa muovipuolen soluajossa. Kajaanin tehdas sisältää kolme erillistä automaattista solua, joissa valmistetaan erikokoisia pipetinkärkiä. Rami I-solussa valmistetaan 1000/1200 μm kärkiä, Rami II-solussa valmistetaan 10 μm kärkiä ja Simo-solussa valmistetaan 100/200/300 μm kärkiä.

Rami I sekä Rami II sisältävät solun sisälle kiinteästi asennetut filttärintilaitteet. Rami I sisältää filttärintilaitteen FT 1000/1200, jolla ajetaan halkaisijaltaan 6,92 mm ja korkeudeltaan 5,00 mm kokoisia filttäreitä. Rami II sisältää filttärintilaitteen FT 10, jolla ajetaan halkaisijaltaan 1,90 mm ja korkeudeltaan 2,90 mm kokoisia filttäreitä.

Simo-solulle on rakennettu kaksi erillistä liikuteltavaa filtteröintilaitetta; FT 100 sekä FT 200 / FT 300. FT 100 -koneella ajetaan halkaisijaltaan 4,37 mm ja korkeudeltaan 3,25 mm kokoisia filttäreitä. FT 200 / 300 -koneella käsitellään halkaisijaltaan 5,00 mm ja korkeudeltaan 3,50 mm kokoisia filttäreitä.

Filtteröintilaitteet FT 100 sekä FT 200 / FT 300 ovat lähes samanlaiset. Laitteet sisältävät varastosäiliön, johon ajettavat filtterit voidaan laittaa ajoa varten. Säiliöstä filtterit tippuvat tärymaljaan, joka annostelee filttäreitä automaattisesti lineaaritärylle. Lineaaritäryllä filtterit ajautuvat kahteentoista jonoon, jotka on jaettu leveydeltään samaan mittaan kuin matriisissa olevat tipit. Lineaaritäry muodostaa jonopaineen, joka kuljettaa filttäreitä filtterilaitteen päässä olevaan alipaineyksikköön. Alipaine pitää filttäreitä paikallaan, minkä aikana robotin tuoma matriisi siirtyy määrättyyn kohtaan, jossa filtterit painetaan tippeihin. Filtteröintilaitte on ohjelmoitu toimimaan osana robottisolun työkiertoa täysin automaattisesti omalla laitekohteisesti ohjelmoidulla logiikallaan. Solulle on määritelty useampia ohjelmia eri tuotteiden ajoa varten. Filtteröintiprosessin ajaksi solulle valitaan ohjelma, jossa robotti tuo matriisin filtteröintilaitteelle ja antaa luvan filtteröintiä varten. Filtteröintilaitte täyttää matriisissa olevat tipit, jonka jälkeen robotti saa filtteröintilaitteen logiikalta luvan vaihtaa tuotannosta tulevan uuden matriisin sekä siirtää jo täytetyn matriisin pakkauslinjalle.

Filtteröintiprosessissa käytettävät filtterit tulevat alihankkijalta Kajaaniin tuotantolaitokselle valmiiksi tuotantoprosessiin syötettäviksi. Nykyisin filtterit syötetään prosessiin alihankkijan pakkauksista suoraan suorittamatta erityistä tarkistusprosessia. Tuotantoprosessissa on havaittu, että filtteröintikone menee vikatilaan useasta eri syystä. Yhdeksi merkittäväksi syyksi on havaittu, että filttäreissä voi olla valmistusprosessin jäljeltä epämuodostumia, painaumuksia tai mittaheittoja sallittujen toleranssien ulkopuolelle. Kyseiset viat filttäreissä aiheuttavat filtteröintiprosessissa tukoksia, jolloin prosessi on keskeytettävä koneen puhdistuksen ajaksi. Prosessin keskeytys on iso haitta tuotteen valmistuksen kannalta, koska tuotteet valmistetaan täysin automaattisesti.

3 TYÖSSÄ KÄYTETTÄVÄT MENETELMÄT

3.1 Tuotteiden kolmiulotteinen suunnittelu

3.1.1 Historia

1970-luvulla mekaaninen suunnittelu toteutettiin vielä piirustuslaudalla käsin piirtämällä. Suunnitteluosastot olivat piirustuskonttoreita, joissa koneiden ja laitteiden kokoonpanopiirustukset olivat pääsuunnittelijoiden hallussa. Nuoremmat insinöörit hankkivat tietonsa osapiirroksiin pääsuunnittelijoilta. [1, s. 14–15.]

1960-luvulla on ollut mahdollista käyttää tietokoneita apuna erilaisissa mallinnustehtävissä, mutta tietokoneet olivat tuolloin vielä kalliita ja harvinaisia. 1980-luvun alussa markkinoille tulivat ensimmäiset henkilökohtaiset PC-tietokoneet. 1970- ja 1980-lukujen vaihteessa tyypilliset CAD-systeemit olivat 16-bittisiä, 512 kilotavun muistilla olevia PC-tietokoneita tai 20–300 megatavun muistilla olevia minitietokoneita. Kyseiset järjestelmät maksoivat jopa 125 000 dollaria. [1, s. 14–15.]

1990-luvun alussa järjestelmien kehittyessä ja halventuessa alkoivat ensimmäiset piirto-ohjelmat yleistyä mekaniikkasuunnittelijoiden käyttöön. Alkuvaiheessa suunnitteluohjelmistot pyrittiin luomaan piirustuslaudan kaltaisiksi, jossa piirtäminen tapahtui 2D-maailmassa ja projektiot piirrettiin toisistaan erillisinä ilman riippuvaisuuksia. Piirretyt osat liitettiin kopioimalla kokoonpanopiirustuksiin. Muutokset oli korjattava jokaiseen piirustukseen, joissa kyseistä osakokoonpanoa on käytetty. [1, s. 14–15.]

Ensimmäisiä 3D-suunnitteluohjelmia on kokeiltu 1980-luvulla. Tuolloin tulokset olivat kuitenkin huonoja eivätkä ole kannustaneet kolmiulotteisen järjestelmän käyttöön. Ensimmäinen aidosti kolmiulotteinen suunnitteluohjelmisto valmistui viisivuotisen kehitystyön saavutuksena vuonna 1982 Avions Marcel Dassaultin kehittämänä. Ohjelmiston nimeksi tuli CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application). 1980-luvulla on kehitetty muitakin tunnettuja 3D-mallinnusohjelmistoja, jotka ovat saaneet 3D-mallinnuksen teknologian kehittämisen kiihtymään ja alan kilpailun kasvamaan. [1, s. 14–15.]

3.1.2 3D-mallintaminen suunnittelutapana

Tuotteiden kolmiulotteista suunnittelua kutsutaan nykyisin 3D-mallintamiseksi. Nykyaikaiset 3D-mallinnusohjelmistot nopeuttavat tuotteiden suunnittelua merkittävästi, koska tuote voidaan suunnitella ja mitoitaa tietokoneella tarkasti ja siten saadaan prototyyppien valmistus- ja testausvaiheita huomattavasti vähennettyä. Tämän ansiosta yritykset ovat siirtyneet 3D-mallinnusohjelmien käyttöön. [2, s. 13.]

Tuotteiden suunnittelussa ja prototyyppien valmistuksessa 3D-mallintamisella saadaan suunnittelukustannukset mahdollisimman pieniksi. 3D-mallia voidaan käyttää myös markkinoinnin apuvälineenä tuotekuvien valmistuksessa, vaikka tuotetta ei olisi konkreettisesti vielä valmistettu. Suurin hyöty 3D-mallintamisessa saavutetaan kuitenkin osakokoonpanojen yhteensovittamisessa, jossa nähdään mahdollisen tuotteen tai prototyypin toimivuus. 3D-mallien yhteensovittamisessa voidaan ennalta nähdä osien törmäyspisteet, jotka estävät osien kokoonpanon. Lisäksi 3D-malleja voidaan käyttää lujuus- virtaus- ja aerodynamiikka-analyysien pohjatietoina. [2, s. 13.]

3.1.3 3D-mallintaminen käytännössä

Tuotteen kolmiulotteinen suunnittelu tapahtuu kolmiulotteisessa avaruudessa, joka koostuu x- y- ja z-koordinaattiakseleista. Tuotteet mallinnetaan mallinnusohjelman kolmiulotteiseen avaruuteen koordinaattiakseleille siten, että tuote näyttää oikealta ja tuotteelle annetaan todellisuuden mukaiset fyysiset sekä mekaaniset ominaisuudet. Fyysisillä ja mekaanisilla ominaisuuksilla tarkoitetaan tuotteen ja sen materiaalin ominaisuuksia, mittoja ja muotoja. Koordinaattiakselit tarkoittavat kolmiulotteisessa avaruudessa olevia suuntia, joiden mukaan tuotteelle annetaan fyysisiä mittoja. X-koordinaatilla tarkoitetaan tuotteen vaakasuorassa olevaa akselia. Y-koordinaatilla tarkoitetaan tuotteen pystysuorassa olevaa akselia. Z-koordinaatilla tarkoitetaan tuotteen suunnittelijaan päin osoittavaa eli näytöstä ulospäin tulevaa akselia. [2, s. 17–20.]

Suunnittelun alkuvaiheessa suunnittelijalla on joko idea tai luonnos, jonka pohjalta suunnittelijan tulee suunnitella toteutettava tuote. Vaihtoehtoisesti suunnittelijalla voi olla pohjatietona jo olemassa oleva tuote, johon tehdään muutoksia, parannuksia tai uudistuksia. Suunnitteli-

jalla voi olla pohjatietona valmis toimeksianto, jonka perusteella suunnittelija vain työstää 3D-mallin. [2, s. 17–20.]

Mallinnus alkaa idean, valmiin tuotteen, luonnoksen tai toimeksiannon pohjalta piirtämällä mallinnusohjelmalla karkean luonnoksen eli sketsin. Sketsi on mallinnusohjelmassa oleva piirretty pohjakuva, josta luodaan kolmiulotteinen malli. Kolmiulotteista mallia voidaan leikata ja muokata erityyppisillä ohjelmistokohtaisilla työkaluilla. 3D-malli syntyy luonnosteluvaiheessa, kun mallia on tarpeeksi työstetty. Valmista 3D-mallia kutsutaan osamalliksi. [2, s. 17–20.]

Osamalleista voidaan koota kokoonpano. Esimerkiksi polkupyörää mallintaessa mallinnetaan ensin kaikki irralliset osat kuten runko, vanteet, renkaat, polkimet ja satula erikseen. Kun kaikki osat on mallinnettu valmiiksi, tehdään osista kokoonpano, jossa osat yhdistetään kokonaiseksi tuotteeksi. Kokoonpanossa tarkastetaan osien yhteensopivuudet ja tehdään tarvittavat korjaukset. Kokoonpanosta ja osamalleista voidaan tehdä 2D-piirustukset sekä räjäytyskuvat, jotka sisältävät tuotetiedot ja osaluettelot. [2, s. 17–20.]

3.1.4 2D-piirustukset

3D-mallinnusohjelma on suunnittelijan apuväline 2D-piirustuksen valmistukseen. 2D-piirustuksen tuloksena saadaan tarkka ohjeistus suunnittelijalta tuotantoon tuotteen valmistamista varten. Piirustuksista täytyy selvittää tuotteen valmistajalle mm. valmistusmateriaalit, noudatettavat standardit, pintakäsittelyt, mitoitus, koneistustoleranssit, koneistuspin-tamerkit sekä paikka- ja sijaintitoleranssit.

Kun 3D-malli on hyväksytty valmiiksi tuotettavaksi tuotteeksi, valmistetaan 3D-mallista 2D-piirustukset. Piirustuksia tehdessä on tärkeää, että tekijä on perehtynyt tekniseen piirtämiseen. Piirustukset ovat maailmanlaajuinen ohjeistustapa, joiden on sisällettävä riittävä tieto tuotteen valmistukseen. 2D-piirustusten tulee noudattaa yleisiä määrättyjä piirustusstandardeja. Suunnittelijan on otettava huomioon kaikki tuotteen toimivuuteen vaikuttavat ja tuotantolaitoksen laatustandardien vaatimat toleranssit. Lisätoleransseja määrätään, jos tuotteen toimivuus vaatii tarkempia toleransseja kuin yleiskuvauksissa on määrätty. Yleisvaatimuksista

eroavat merkinnät merkitään piirustuksiin erikoismerkintöinä, joista tuotteen valmistaja saa tarvittavat tiedot tuotteen varmistukseen kuten erityiset pinnanlaadun merkinnät.

Mikäli tuotteen suunnittelija haluaa antaa tuotteen valmistajalle mahdollisuuden muokata piirustuksia, tulee piirustus muokata ohjelman kääntötyökalulla johonkin yleiseen CAD-piirtoformaattiin. Yleisiä piirtoformaatteja, joita suunnitteluohjelmistot lukevat, ovat esimerkiksi dxf- tai dwg-kuvatiedostot. Yleensä kuitenkin piirustusten muokkausmahdollisuutta ei valmistajalle anneta. Tällöin piirustuskuvat välitetään valmistajalle pdf-muodossa. [2, s. 31.]

3.1.5 Räjätyskuva

Räjätyskuva voidaan tehdä joko kokoonpanosta tai jostain osiosta kokoonpanossa. Räjätyskuva on kokoonpanokuva, jossa osat ovat irti toisistaan havainnollistaen kokoonpanoon tulevien osien järjestystä ja asentoa. Räjätyskuvaa voidaan havainnollistaa osasuurenoksella, jossa pienet osat on korostettu suurettamalla kokoonpanokuvasta osakokoonpanokuvaksi. Lisähavainnollisuutta voidaan tuoda merkitsemällä räjätyskuvaan siirroslinjat, joita pitkin osat liittyvät toisiinsa. Esim. ruuviliitokset voidaan kohdistaa siirroslinjaa pitkin. Räjätyskuvia käytetään yleisimmin esim. tuotantolaitosten työvaiheiden, huoltolaitosten sekä varaosahankintojen ohjeistuksessa. [2, s. 140.]

3.2 Pneumatiikka

”Pneuma”-termi tulee kreikan kielestä ja tarkoittaa henkeä, tuulta ja ilmaa. [3, s. 9].

Pneumatiikka on tekniikan haara, joka käsittelee painekaasujen ja erityisesti paineilman käyttöä teknisiin tarkoituksiin. [3, s. 9].

Pneumatiikkaa käytetään eritoten kappaleenkäsittelyautomaatiossa. Pneumatiikkajärjestelmä rakentuu kompressorista, paineilmasäiliöstä ja paineilman jälkikäsittelylaitteista. Kompressorin paineistaa ilmaa säiliöön. Säiliöstä paineilma otetaan käyttöön paineilmaverkostoon. Kompressorin paineistusvaiheessa syntyy paineilman mukana kondensoitunutta vettä. Ilman tiivisyessä säiliössä tiivistyy samalla ilmassa oleva vesi nestemäiseksi vesipisaraksi. Ilman paineistusvaiheessa paineistustekniikasta riippuen voi ilmanpaineen mukaan joutua kompressorissa

käytettyä öljyä. Öljyn ja veden poistamiseksi käytetään erilaisia paineilman jälkikäsitteilylaitteita, kuten vedenerottimia, öljyn poistolaitteita, paineilman kuivauslaitteita ja suodatuslaitteita. Paineilman jälkikäsitteily hoidetaan paineilman käyttötarkoitusten mukaan. Elintarvike- ja lääketieteellisyydessä sekä automaalaamoissa on hyvin tärkeää, että käytettävä ilma on mahdollisimman puhdasta. Konepajan paineilmatyökaluille on tärkeää, että paineilman mukana virtaa hieman öljyä. Öljy parantaa työkalujen toimivuutta ja pidentää käyttöikä.

Kappaleenkäsittelyautomaatiossa paineilmaa käytetään toimilaitteiden liikkeiden aikaansaamiseksi. Yleisimpiä toimilaitteita ovat paineilmasylinterit, -moottorit ja -tarttijat. Paineilmatoilaitteita ohjataan joko mekaanisesti, pneumaattisesti tai sähköisesti releohjauksilla tai älykkäällä ohjelmoidulla logiikalla.

3.2.1 Paineensäädin

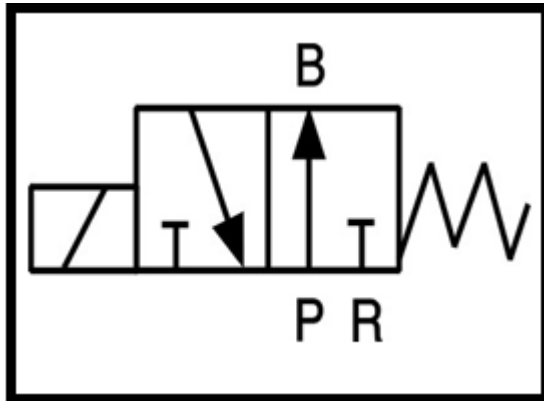
Laajassa paineilmajärjestelmässä paineet ovat usein korkeita ja vaeltavat useamman baarin välillä. Kompressorille on asetettu alaraja paineelle. Säiliön paineen laskiessa alarajalle kompressori alkaa paineistaa säiliötä. Paineen ylärajan saavutettua lopettaa kompressori paineistamisen. Paineilmajärjestelmään liitettävien laitteiden komponentit eivät välttämättä kestä järjestelmässä olevaa maksimipainetta. Myös paineen vaihtelevuus saattaa aiheuttaa laitteen prosessissa toimintahäiriöitä. Tämän välttämiseksi voidaan laitteeseen asentaa paineensäätöyksikkö, jonka kautta ilmanpaine otetaan toimilaitteelle ilmanpainejärjestelmästä.

Paineensäätöyksiköllä saadaan asennettua toimilaitteelle optimaalinen paine, jonka laite ottaa käyttöön paineilmaverkostosta. Paineensäätimellä saadaan suodatettua verkostossa olevat paineenvaihtelut. Paineensäätöyksikkö voi sisältää kiinteästi asennetut öljynerotus- ja vedenerotussuodattimet. Tässä työssä ei ole tarvetta erillisille öljyn- tai vedenerottimille, koska Biohitin paineilmajärjestelmä on puhdistettu jälkikäsitteilylaitteilla.

3.2.2 Suuntaventtiilit

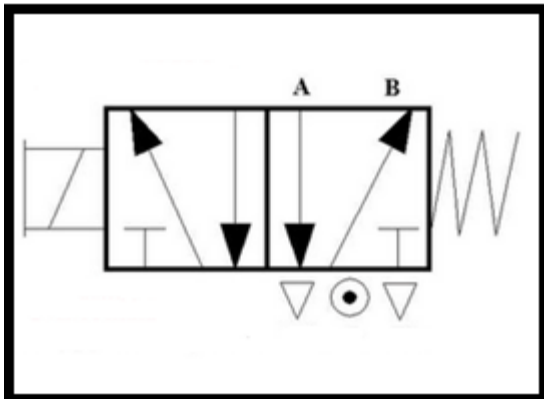
Suuntaventtiileitä käytetään pääsääntöisesti toimilaitteiden ohjauksessa. Venttiileillä ohjataan esimerkiksi paineilmasylinterin liikkeen toistosuuntaa. Suuntaventtiilejä voidaan ohjata mekaanisesti, paineilamalla tai sähköisesti. Yleisimpiä suuntaventtiilejä ovat 5/2- ja 3/2-

suuntaventtiilit. Venttiilit voivat olla jousipalautteisia, jolloin venttiiliä ohjataan paineilmalla vain yhdestä suunnasta. Venttiileitä voidaan ohjata myös kahdesta suunnasta. Kuvassa 2 nähdään 3/2-suuntaventtiilin toimintakaavio ja kuvassa 3 on 5/2-suuntaventtiili.



Kuva 2. 3/2-suuntaventtiili.

Kuvan mukaan 3/2-suuntaventtiilissä tulopaine asennetaan P-kohtaan. Kuvan mukainen venttiili on normaalisti avoin venttiili, jolloin vapaassa asennossa venttiili päästää paineen kulkemaan suoraan välillä P–B. Venttiiliä ohjattaessa venttiili päästää paineen kulkemaan väliä B–R, jolloin paine pääsee järjestelmästä ulos.

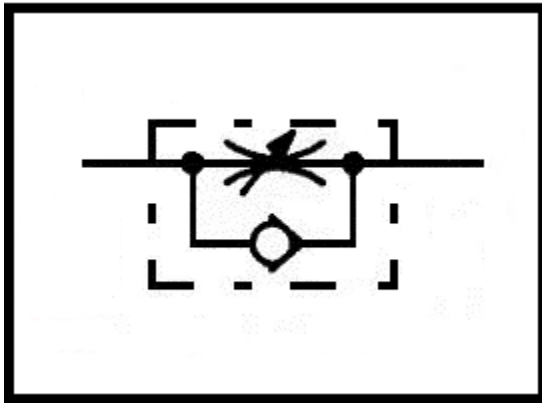


Kuva 3. 5/2-suuntaventtiili.

Kuvan mukainen 5/2-venttiili on jousipalautteinen. Venttiilin tulopaine kytketään kuvassa olevaan ympyränmuotoiseen piirrosmerkin kohtaan. Normaaliasennossa venttiili päästää paineen B-kohtaan ja vapauttaa A-kohdan paineen ulos. Venttiiliä ohjattaessa venttiili päästää paineen A-kohtaan ja vapauttaa paineen B-kohdan paineen ulos.

3.2.3 Vastusvastaventtiili

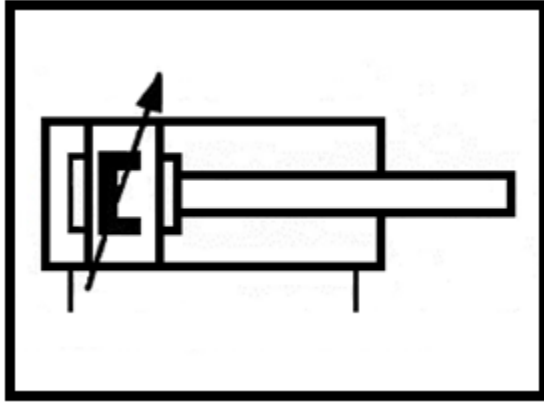
Vastusvastaventtiili päästää paineen kulkemaan lävitseen menosuuntaan vapaasti ja ahdistaa paluusuunnan painetta. Paluusuunnan paineella saadaan säädettyä toimilaitteen nopeutta. Paineilmasylintereiden toimintanopeutta säädetään paluusuunnan paineella, jotta liikkeestä saataisiin mahdollisimman tasainen. Jos vastusvastaventtiili kytketään väärinpäin, ahdistaa venttiili sylinteriin menevää ilmaa, jolloin liikkeestä tulee nykivä. Kuvassa 4 nähdään vastusvastaventtiilin piirrosmerkintä.



Kuva 4. Vastusvastaventtiili.

3.2.4 Paineilmasylinteri

Paineilmasylinteri on yleisimpiä paineilmatoimilaitteita. Paineilmasyntereitä on erityyppisiä ja niistä löytyy kuhunkin toiminnalliseen tarkoitukseen sopiva. Paineilmasyntereitä käytetään pääsääntöisesti kappaleiden siirtämiseen, kiinnittämiseen ja kohdentamiseen. Paineilmasynterin sisällä on mäntä, jota liikutetaan paineilman voimalla. Paineilmaa syötetään männän ja sylinteriputken väliin, jolloin paine sylinteriputkessa kasvaa ja mäntä pyrkii liikkumaan sylinteriputkessa kohti pienempää painetta. Kuvassa 5 nähdään kaksitoimisen sylinterin piirrosmerkintä.



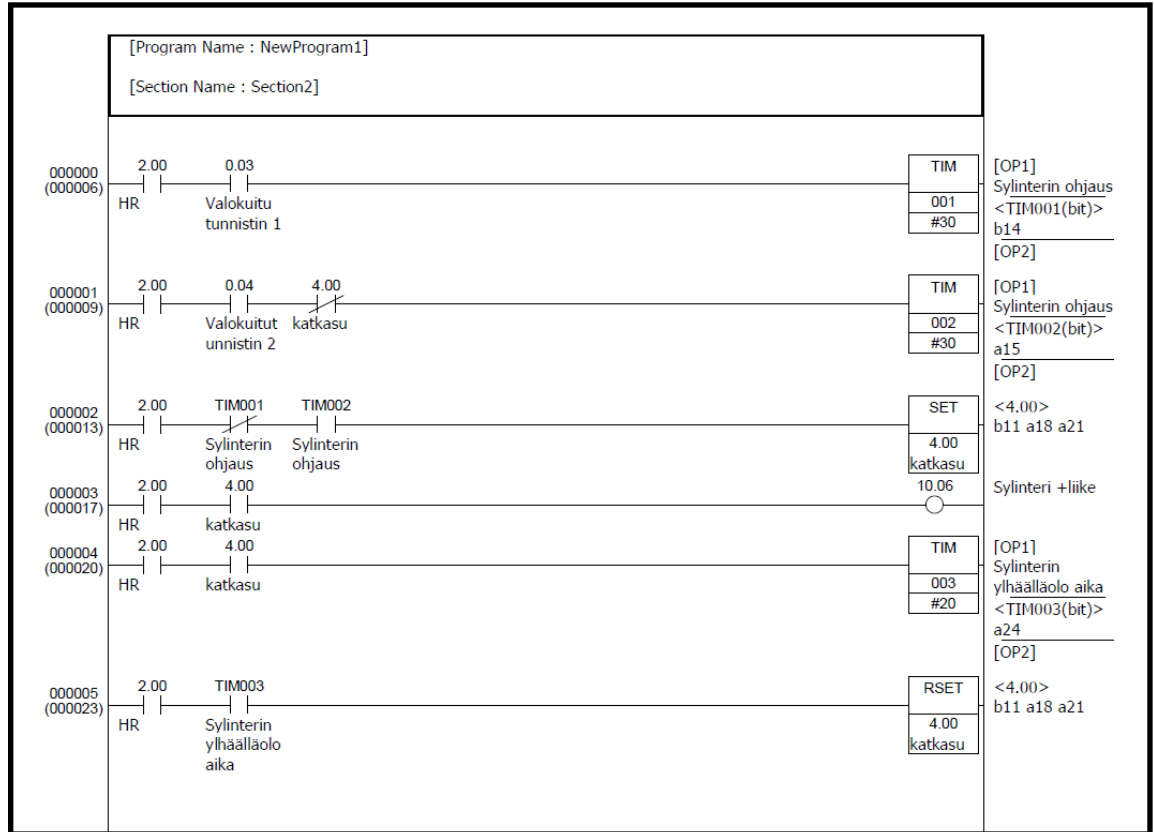
Kuva 5. Kaksitoiminen sylinteri.

3.3 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka on mikroprosessorilla varustettu elektroninen laite, jota käytetään ohjaamaan prosessin toimilaitteita. Logiikan toiminta perustuu tulojen ja lähtöjen tai väylien ohjaukseen sovellusohjelman ohjaamana prosessitietojen perusteella. [4, s. 7.]

Perinteinen ohjelmoitava logiikka koostuu tulo- sekä lähtöliitännöistä ja keskusyksiköstä. Keskusyksikkö sisältää mikroprosessorin, muistin, käyttöliittymän ja väyläliitännät. Sovellusohjelma tallennetaan laitteen muistiin, josta mikroprosessori lukee ohjelmaa. Käyttöliittymän ja väyläliitännöiden avulla sovellusohjelma saadaan suoritettua tietokoneelta käsin. Sovellusohjelma käyttää prosessissa olevien tuloliitännöiden tietoa ja ohjaa prosessissa olevia laitteita lähtöliitännöiden kautta. Tulo- ja lähtöliitännöjä kutsutaan I/O-liitännöiksi, jotka tulevat sanoista IN-put ja OUT-put. [4, s. 7–8.]

Tyypillisiä ohjelmointimuotoja ovat tikapuu- eli relekaavio, logiikkakaavio eli käskylista, toimilohko-ohjelmointi ja lausemuotoinen strukturoitu teksti. Tässä työssä CX-programmer-ohjelmistolla ohjaukset suoritetaan relekaaviomuodossa. Kuvassa 6 nähdään relekaavio-ohjausta. [4, s. 8.]



Kuva 6. Relekaavio-ohjaus.

Relekaavio-ohjauksessa toimilohkoja ohjataan JA- sekä TAI -kytkentävirtapiireillä. Toimilohkot ovat laskureita, ajastimia, matemaattisia toimilohkoja, trigonometrisiä funktioita ja datamuunnosloikkoja. Kytkentävirtapiirit sijoitetaan ohjauksessa vasempaan reunaan, josta ohjelmaa tarkastellaan vaihe vaiheelta. Virtapiirin sulkeutuessa kytketyt toimilohkot suorittavat toimintonsa sekä niille ohjelmoidut käskyt. Virtapiirissä koskettimille asetetaan osoite, joka määrittelee koskettimen toiminnan. Osoite voi olla kentällä toimiva anturi, kytkin tai jonkin toimilohkon asetusarvo.

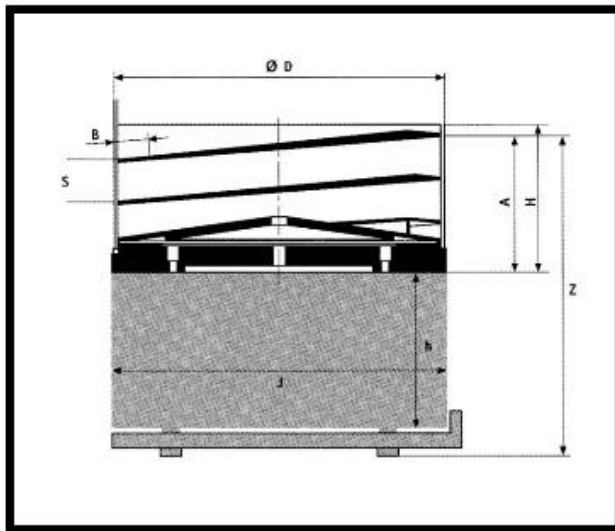
3.4 Tärylaitteet

Tärylaitteita käytetään ensisijaisesti pienten ja keveiden kappaleiden käsittelyssä. Tärylaitteet suunnitellaan käyttökohteen ja tarpeen mukaan. Laitteet siirtävät kappaleita tärisyttämällä tasoa, jossa kappaleet ovat. Tärinä voidaan muodostaa paineilmailla tai sähköllä. Sähköisissä tärylaitteissa tärinä perustuu sähkömagneettiseen värähtelytaajuuteen. Tärylaitteen tärinää voidaan säätää potentiometrin avulla jännitteen suuruutta muuntamalla. Kappaleen liike täry-

laitteessa perustuu siihen, että laite siirtää kappaleita täryalustalla eteenpäin ja täryttää kappaleet ilmaan. Kappaleiden ollessa ilmassa laite siirtää täryalustan takaisinpäin. Tällöin kappale siirtyy alustalla eteenpäin.

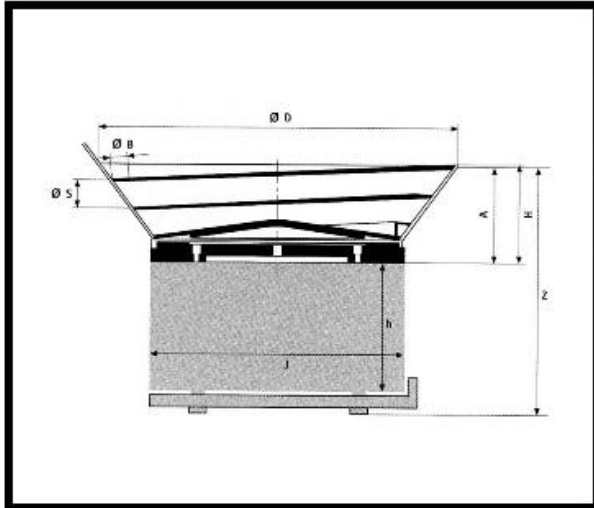
3.4.1 Tärymalja

Yleisimpiä tärymaljoja ovat sylinterimäiset maljat, lieriömaljat sekä porrasmaljat. Tärymalja toimii kappaleiden välivarastona ja prosessiin annostelijana. Tärymalja kiinnitetään tärypohjaan, joka tärisyttää maljaa voimakkaalla sähkömagneetilla saaden kappaleet liikkumaan maljan reunaa pitkin ylöspäin. Kuvassa 7 nähdään sylinterimäisen tärymaljan poikkileikkaus. Kuvassa 8 nähdään lieriömaljan poikkileikkaus ja kuvassa 9 nähdään porrasmaljan poikkileikkaus.



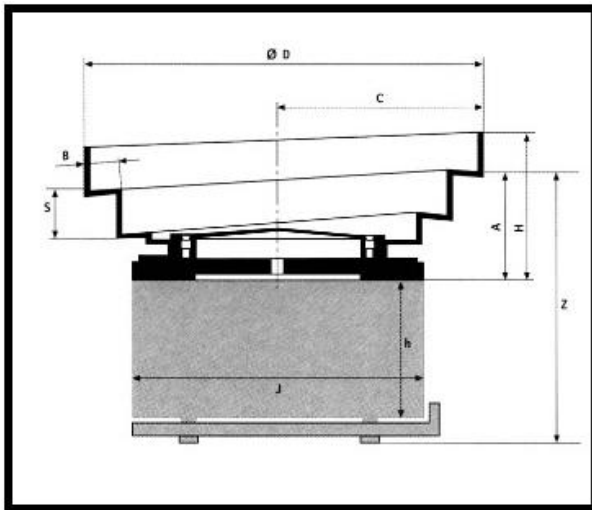
Kuva 7. Sylinterimäinen tärymalja. [5, s. 2.]

Sylinterimäisiä maljoja käytetään, kun halutaan tasainen jatkuva syöttö. [5, s. 2].



Kuva 8. Lieriömalja. [5, s. 4.]

Lieriömaljoja käytetään, kun käsiteltävät kappaleet ovat pieniä ja tarvitaan suuri kapasiteetti. [5, s. 4].



Kuva 9. Porrasmalja[5, s. 6.]

Porrasmaljoilla saadaan kappaleet esiorientoitua. Porrasmaljan etu on suuri kapasiteetti. [5, s. 6.]

3.4.2 Lineaaritäry

Lineaaritäry on tärykuljettimen moottori, jolla voidaan kappaleet kuljettaa vaakasuoraan ja loivaan ylämäkeen. Lineaaritäryllä kuljetetaan kappaleita tuotantoprosessiin. Lineaaritäryn päälle suunnitellaan tuotantoprosessin ja kappaleiden perusteella taso, jossa kappaleet kulkevat. Tuotantoprosessissa tasoa voidaan käyttää myös välivarastona kappaleille, mistä kappaleita voidaan annostella prosessiin. Kuvassa 10 nähdään työssä käytetty RNA:n GL -sarjan lineaaritäry.



Kuva 10. RNA:n GL -sarjan lineaaritäry. [6, s. 1.]

RNA:n GL -sarjan lineaaritäryssä on vaakatasossa olevat jouset poiketen tavanomaisista malleista, joissa ne ovat pystyasennossa. Tämän ansiosta kappaleelle saadaan liukuva liike toisin kuin yleisimmissä lineaaritäryissä, joissa liike on heittävä. Liukuvan liikkeen ansiosta kyseinen lineaaritäry soveltuu filttareiden tarkistuslaitteeseen, koska käsiteltävät filterit ovat pieniä ja tarkastuslaitteessa tarkastellaan myös filttareiden korkeutta. [6, s. 1.]

4 VAATIMUKSET FILTTEREIDEN TARKISTUSLAITTEELLE

Toimeksiantajan kanssa tehtiin alustava selvitys filttäreiden tarkistuslaitteen toiminnallisista vaatimuksista. Työn suunnitteluun ei asetettu rajoituksia, koska aiheena oli täysin uuden tuotantolaitteen suunnittelu ja toteutus. Lähtökohtana oli tavoite, että laitteen tulee toimia tärykuljettimen ja tärymaljan avulla. Toimeksiantajan tarve oli toteuttaa filttäreiden tarkistuslaitteen suunnittelu ja prototyypilaitteen valmistus.

4.1 Laitteen toiminta

Filttereiden tarkistuslaitteen tehtävänä on parantaa pipetinkärkien filtteröintiprosessia. Toimeksiantona oli suunnitella laite, joka suorittaa filttäreiden tarkistuksen automaattisesti. Ajettaessa filterit laitteen läpi laite lajittelee spesifikaatioiden ulkopuolella olevat filterit pois tuotantoon sopivien filttäreiden joukosta. Laitteen tulee kerätä vialliset filterit talteen, jotta niitä voidaan tarkastella jälkeinpäin.

Vaatimuksena oli, että laitteen toiminta tulee perustua tärykuljettimeen ja tärymaljaan, joita käytetään myös filtteröintilaitteessa. Optioksi laitteelle asetettiin, että sillä voitaisiin ajaa neljää erikokoista filterilajiketta. Koska laite tulee olemaan uusi tuotantolaite, jota yrityksessä ei ole aikaisemmin ollut käytössä, jätettiin tavoitteeksi vain yhden filterilajikkeen toimiva lajittelu-tapa.

4.2 Käytettävät komponentit

Biohitin varastosta löytyi lineaaritäry ja tärymalja, jotka olivat jääneet varaston hyllylle puretusta tuotantoprosessista. Päätettiin käyttää nämä tärylaitteet tulevaan filttäreiden tarkistuslaitteeseen hankintakustannusten minimoimiseksi, koska varastossa olleet lineaaritäry-, pystytäry- sekä niiden ohjauslaitteet olivat ehjät ja toimivat moitteettomasti.

Alkuvaiheessa ei ollut varmaa tietoa kaikista komponenteista, joita filttäreiden tarkistuslaite tulisi sisältämään. Vaatimuksina komponenteille asetettiin, että ne tehtäisiin samantyyppisistä osista, joita käytetään Biohitin muistakin tuotantoprosesseissa. Näin saadaan varastonimik-

keet pidettyä hallinnassa, eikä osia tarvitse tilata monelta eri valmistajalta. Koneen alhaisen vikataajuuden varmistamiseksi osien tulisi olla yksinkertaisia ja helposti vaihdettavia.

Biohit Oy:llä on Kajaanissa oma koneistamo-osasto, missä Biohit Oy tuottaa niin tuotantoon tulevia osia kuin tuotantoprosesseissa tarvittavia koneiden osia. Kajaanissa sijaitseva Biohit Oy:n tuotantolaitos sisältää paljon SMC:n pneumatiikkaosia sekä Omronin ohjelmoitavaa logiikkaa, joten käytettävät osat tulisi olla SMC:n ja Omronin valmistamia. Vaativimpiin koneistuksiin Biohit Oy:llä on Helsingissä koneistamo, joka tuottaa Biohit Oy:lle muottien koneistukset ja muut vaativammat osat.

Biohit Oy:n omat koneistamot helpottivat työn toteutusta, koska filttäreiden tarkistuslaite täytyi suunnitella kokonaisuudessaan itse ja koneen osat täytyi teettää koneistamossa. Osat vaativat monta koneistustuntia ja useampaa koneistuskertaa riippuen suunnitelman toimituksesta. Mikäli osat olisi teetetty ulkopuolisella koneistajalla, olisivat filttäreiden tarkastuslaitteen lopulliset valmistuskustannukset nousseet huomattavasti.

4.3 Kontaminoitumisen estäminen

Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n valmistamia nesteannostelutuotteita käytetään maailmanlaajuisesti tutkimuslaitosten, yliopistojen, terveydenhuollon ja teollisuuden laboratorioissa. Kajaanin Biohit Oy:n muovituotantolaitoksessa valmistetaan DNase-, RNase- ja endotoksiinivapaita kärkiä nesteannostelutuotteisiin. Pienikin esim. ihosta tai hengitysilmaasta filteriin jäävä partikkeli voi aiheuttaa laboratoriotutkimuksissa virheellisiä tuloksia. Siksi on hyvin tärkeää, että tuotteen ja niiden valmistusprosessit ovat steriilejä. [7.]

Filttereiden tarkistuskoneen tarkoituksena ei ole tutkia filttäreiden kontaminoitumista, vaan filttäreiden fyysistä kokoa ja muotoa. Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:ssä valmistettavien tuotteiden puhtaus varmistetaan ja todennetaan eräkohtaisilla riippumattoman laboratorion tekemillä testeillä. [7,]

Jokainen tuotantovaihe, jossa filttäreitä käsitellään, lisää kontaminoitumisen riskiä. Tästä syystä koneensuunnittelussa materiaalin valinta on tehtävä huolellisesti ja kaikki kontaminoitumisen riskit on otettava huomioon. Kajaanin tuotantolaitoksella on määrätty toimintatavat, joita puhtaissa tuotantotiloissa tulee noudattaa. Tarkoilla ohjeistuksilla pyritään pienentä-

mään kontaminoitumisen riskiä. Ohjeissa määrätään puhdastiloissa sallittu pukeutuminen, tuotteiden käsittely, materiaalivirrat sekä puhdastilojen siivousmenetelmät.

5 FILTTEREIDEN TARKISTUSLAITTEEN SUUNNITTELU

5.1 Suunnitteluohjelma SolidWorks

SolidWorks on kolmiulotteiseen tietokoneavusteiseen suunnitteluun kehitetty ohjelmisto, joka mahdollistaa 3D-mallintamisen. SolidWorks on ranskalaisen Dassault Systemsin omistama mallinnusohjelma, jonka ensimmäinen versio tuotiin julkisuuteen vuonna 1995. SolidWorks-suunnitteluohjelmisto on monipuolinen ja mahdollistaa kolmiulotteisten kappaleiden lisäksi myös kokoonpanojen, profiilirakenteiden, ohutlevymallien ja muottien mallinnuksen. SolidWorks-ohjelmistoa käyttää noin 1.5 miljoonaa tuotesuunnittelijaa sekä noin 140 000 organisaatiota ympäri maailmaa. SolidWorks-ohjelmiston laajan käyttäjäympäristön ja suunnitteluohjelmiston yhteensopivuuden ansiosta SolidWorks-ohjelmistoa käytetään myös eri oppilaitoksissa ympäri maailmaa. Myös Kajaanin ammattikorkeakoulu on ryhtynyt kouluttamaan SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmiston käyttöön. [8,]

5.2 Luonnostelu

Perehtyessä filtteröintilaitteen FT 100 toimintaan ajatuksena oli, että filttäreiden tarkastuslaite voisi olla rakenteeltaan laitteen FT 100 tyyppinen. Alkupäässä olisi filttäreille vastaavanlainen säiliö, mistä filterit voisivat omalla painollaan pudota tärymaljaan. Tärymaljasta filttäreitä annosteltaisiin lineaaritärylle, joka sisältää esterata-tyyppisen lajittelumenetelmän. Linjan loppupäässä olisi toinen säiliö, johon mittatoleransseihin sopivat filterit kulkeutuisivat. Jos loppupään säiliö olisi samanlainen kuin filtteröintilaitteessa oleva säiliö, filterit voitaisiin kuljettaa säiliössä tarkastuslaitteelta filtteröintilaitteelle. Näin kontaminoitumisen riski pysyisi mahdollisimman alhaisena.

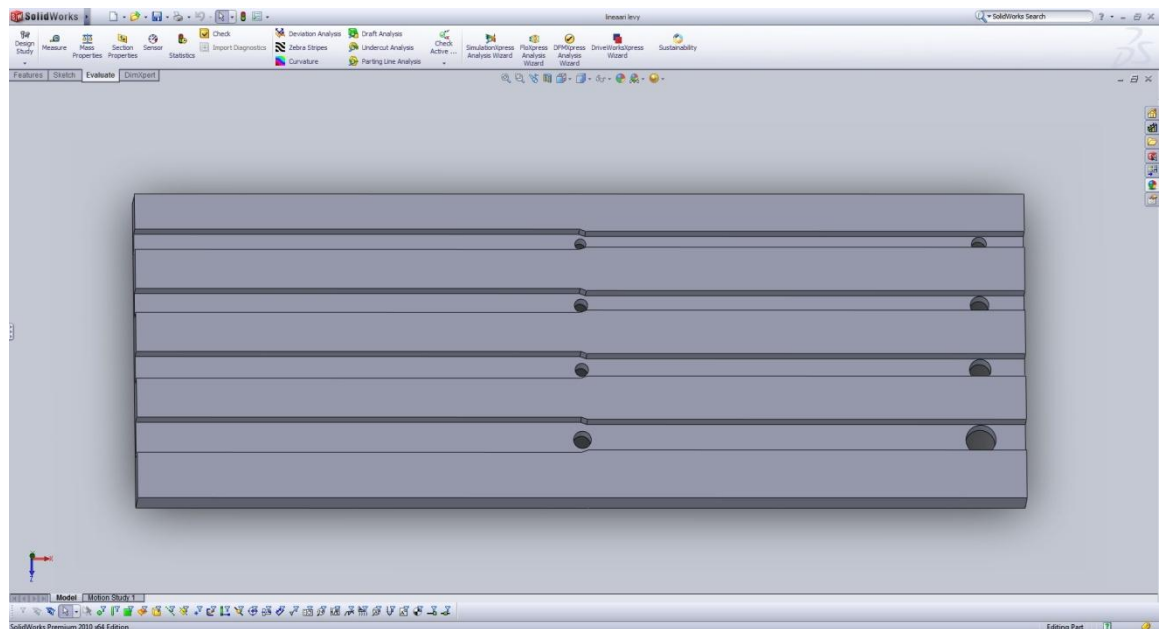
Perehtymisen jälkeen alkoi filttäreiden tarkastuslaitteen suunnittelu. Suunnittelun lähtökohdana olivat mitat neljästä erikokoisesta filteristä, joita koneen tulisi käsitellä, sekä mitatut päämitat työssä käytettävistä tärymaljasta ja tärylaitteesta.

Suunnittelu alkoi luonnostelemalla kynällä paperille suorakaiteen muotoinen levy, joka muistutti filtteröintilaitteessa olevaa levyä, joka kuljettaa tärylaitteen avulla filterit tärymaljalta puristusvaiheeseen. Luonnostuksessa suunniteltiin filttäreille uraa, jossa olisi filttäreiden mitta-

toleranssien mukaisia esteitä. Esteet lajittelevat filttäreitä mittasuhteiden mukaan eri urille, joissa filterit tärylaitteen voimalla kulkisivat eteenpäin.

5.3 Tarkistuslevyjen mallintaminen

Luonnostelun jälkeen ryhdyttiin mallintamaan tarkistuslevyä. Aluksi levy oli yksinkertainen ja sisälsi vain neljä erilevyistä uraa, jotka kaventuvat puolessavälissä levyä. Kavennuksen tarkoituksena oli pysäyttää leveyssuunnassa mittatoleransseiltaan liian suuret filterit. Uran päähän tulisi aukko, josta mittatoleransseiltaan liian kapeat filterit putoaisivat keräysastiaan. Kuvassa 11 alkuvaiheen luonnostelua 3D-mallinnus-ohjelmistolla.

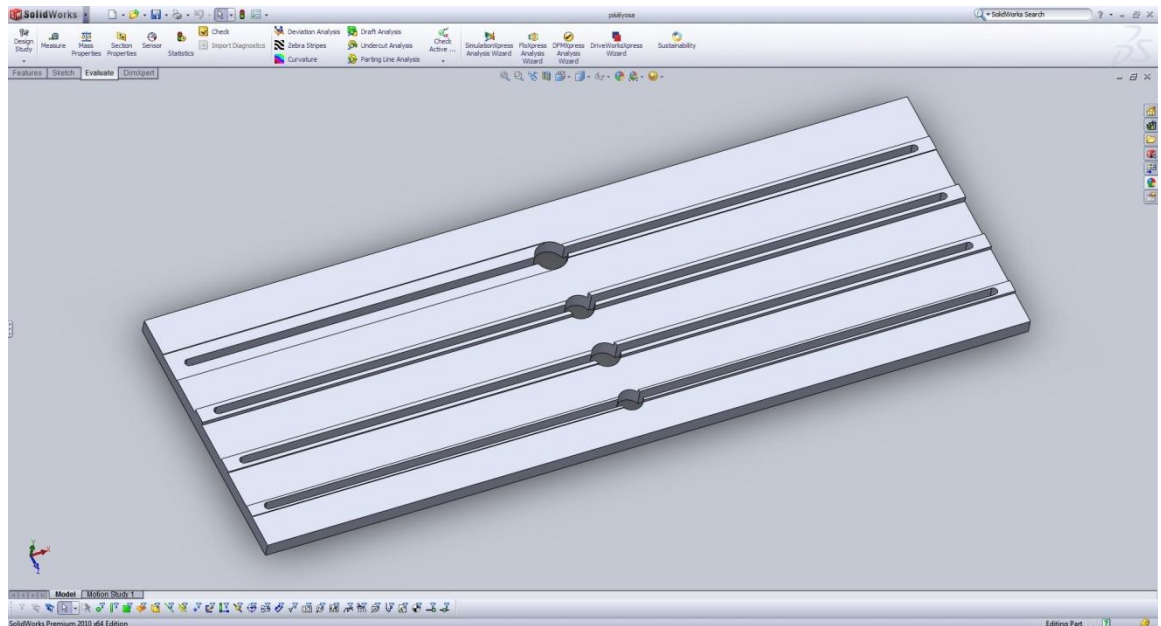


Kuva 11. Tarkastuslevyn luonnostelua.

Tässä vaiheessa suunnitelma tuntui vielä yksinkertaiselta toteuttaa. Lisäksi täytyi ottaa huomioon mittatoleransseissa liian korkeat ja matalat filterit. Jotta liian leveät ja korkeat filterit voitaisiin ohjata pois uralta, täytyi levystä suunnitella kaksitasoinen. Uran kavennuskohtaan ajatuksena oli toteuttaa paineilmasylinteri, joka nostaisi kavennusuraan jäävät filterit ylös seuraavalle tasolle, missä filterit voitaisiin ohjata hylkyjen keräysastiaan.

Tarkistuslevyn päällimmäiseen uralevyyn suunniteltiin jokaiselle filterille korkeussuunnassa olevat kiilat, jotka erittelisivät mittatoleranssien ulkopuolella olevat filterit pois. Kiilat ovat

alkupäästä mittatoleranssien ylärajalla sekä uran kavennuskohdan kohdalla mittatoleranssien alarajassa. Kuvassa 12 nähdään alkuvaiheen luonnostelua päällimmäisestä osasta.



Kuva 12. Päällimmäisen osan luonnostelua.

Tähän vaiheeseen mennessä oli suunniteltu tarvittavat filttreiden tarkastuskohdat, joista filterit tulisivat kulkemaan lävitse. Spesifikaatioiden mukaiset filterit kulkisivat suoraan uralevyn lävitse, josta filterit putoaisivat keräysastiaan. Spesifikaatioiden ulkopuolella olevat filterit tulisi kerätä samaan keräysastiaan. Jotta hylkyyn menevät filterit voitaisiin kerätä samaan astiaan, täytyi uralevyä suunnitella vielä lisää.

Mallinnukset ja muokkaukset oli suoritettu yhteen pohjalevyn 3D-malliin ja yhteen päällimmäisen levyn 3D-malliin. Malleihin oli muokattu ja suunniteltu niin monta erilaista piirrettä, piirteiden leikkausta sekä pursotusta, että niiden muokkaaminen alkoi olla hankalaa. Tarkoituksena oli saada suunniteltua ja muokattua hylkyyn meneville filttreille reitit, joita pitkin filterit kulkisivat samaan keräysastiaan. Koska alkuvaiheen 3D-malleja ei saatu enää muokattua, täytyi mallinnus aloittaa täysin alusta uudelleen. Uudelleen mallintaessa pystyttiin mallintamaan osat käyttämällä yksinkertaisempia piirteitä, jolloin mallinnusohjelman piirrepuu ei mennyt liian sekavaksi.

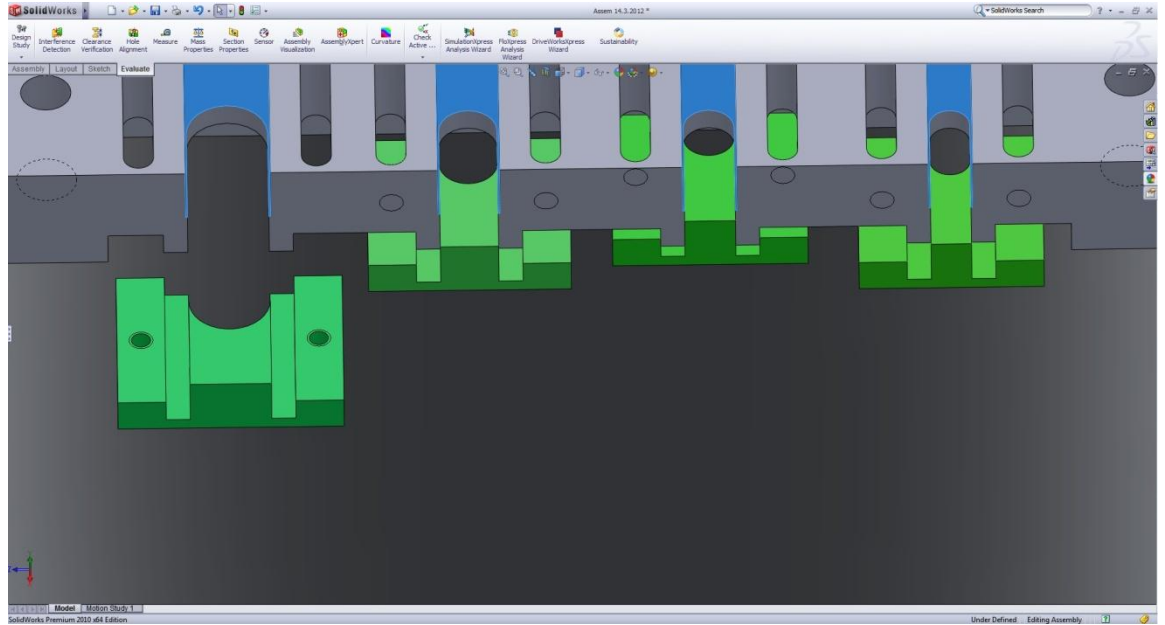
Uudelleen mallintaessa suunniteltiin hylkyyn meneville filttreille uudet reitit, joita pitkin filterit voisivat kulkea tärylaitteen kuljettamana. Päätettiinaventää levyjä, jotta saataisiin mallinnettua urien väliin toiset urat, joita pitkin mittatoleransseiltaan liian matalat filterit voisivat

kulkea hylkyastiaan. Ideana oli, että päällimmäiseen levyyn mallinnettaisiin uran kohdalle kiilamainen muoto, jota pitkin korkeusmittatoleransseiltaan alarajan läpäisseet filtterit ohjautuisivat jatkotarkistukseen menevälle uralle. Liian matalat filtterit jatkaisivat matkaansa suoraan eteenpäin kiilan alitse.

Tässä vaiheessa tarkasteltiin työn ohjaajan kanssa tarkistuspisteitä, kuinka ne toimisivat parhaiten. Tarkastelimme kapeamman uran loppupäässä olevan hylkyaukon toimivuutta. Hylkyaukon tarkoituksena on pudottaa kaikki mittatoleransseiltaan liian kapeat filtterit pois uralta. Hylkyaukko oli luonnosteluvaiheessa vielä pelkästään reikä, joka oli mitoitettu halkaisijaltaan filttäreiden mittatoleranssien alarajan mukaan. Jos aukko olisi pelkästään symmetrinen reikä, filtterit eivät välttämättä tipahda aukosta. Jos aukon aukaisee kokonaan päätyyn asti, filtterit saattaisivat jäädä jumiin. Päätettiin suunnitella aukon kohdalle portaaton säätö, jonka avulla löydetään sopivin aukkokoko, jolla hylätyt filtterit tipahtavat parhaiten hylkyastiaan ja hyväksytyt filtterit kulkevat aukon ylitse.

5.4 Kiilojen mallintaminen

Jokaiselle uralle täytyi mallintaa oma kiila, jolla voidaan säätää hylkyaukon kokoa. Kukin kiila sopii vain omalle uralleen. Kiilat asetetaan uraan ja kiristetään päältäpäin M2-kokoisella ruuvilla. Kuvassa 13 nähdään valmiit kiilat mallinnettuna urien kohdalle.



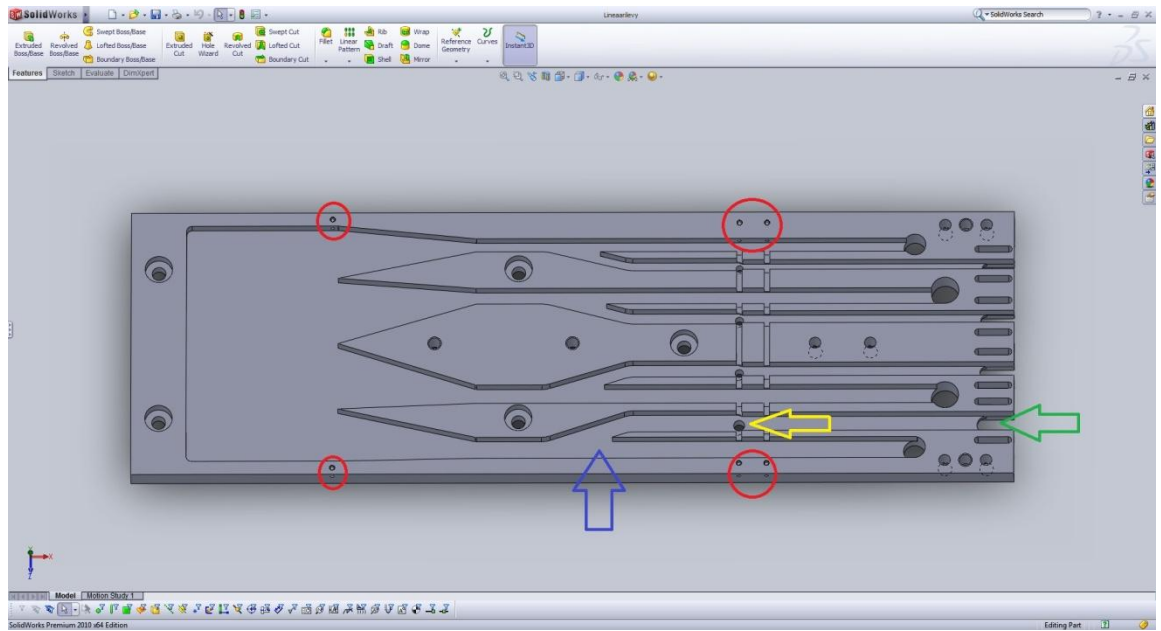
Kuva 13. Kiilat.

Kuvassa näkyy hylkyaukon toiminta. Kuvankaappaus on otettu uralevyn päästä. Kuvan selventämisen vuoksi hylkäysaukon säätökiilat on värjätty vihertäviksi ja urat sinertäviksi, joita pitkin filtrit kulkevat. Urien leveydet on suunniteltu filttreiden leveysuuntaisen toleranssiheiton mukaan, joka on $\pm 0,30$ mm. Aukon kohdalla olevaa filteriä kannatteleva osa on kummallakin seinämällä $0,15$ mm. Hylkyaukon kohdalla oleva uran reuna kannattelee mittatoleransseiltaan sopivat filtrit aukon ylitse ja mittatoleransseiltaan liian pienet filtrit tippuvat hylkyastiaan.

5.5 Tarkistuslevyjen toimintaperiaate

Tarkistuslevyn alkupäähän mallinnettiin syöttökaukalo, johon tärymalja annostelee filttreitä tarkistusprosessia varten. Syöttökaukalosta jakaantuu neljä uraa, joista jokainen on omalle filterikoolleen tarkoitettu. Syöttökaukalon reunalle suunniteltiin valokuituanturille kiinnike. Valokuituanturi tarkastelee filttreiden määrää kaukalossa. Filttreiden painautuessa tarkistusurään tukkivat filtrit valokuituanturin valoheilan, jolloin ohjelmoitava logiikka ohjaa tärymaljan filttreiden annostelua. Syöttökaukaloon tulisi suunnitella manuaalisesti vaihdettavat kiilat, jotka ohjaavat ajettavat filtrit oikealle tarkistusuralle. Koska laite on täysin uudenlainen prototyyppi, jonka toimivuudesta käytännössä ei ollut minkäänlaista tietoa, kiiloja ei tässä vaiheessa suunniteltu.

Alempaan uralevyn urien kavennuskohtaan, jossa erotellaan liian leveät filtteriä, mallinnettiin paikat kahdelle valokuituanturille. Valokuituanturin tarkoituksena on seurata, jääkö tarkastuskohtaan filtteri paikoilleen, jolloin se ei pääse eteenpäin. Ohjelmoitava logiikka ohjaa kavennuskohtaan tulevaa paineilmasylinteriä valokuituantureilta saatavan tiedon ja logiikassa olevan ohjelman perusteella. Kuvassa 14 esitetään valmis mallinnus alemmasta uralevystä.



Kuva 14. Alempi uralevy.

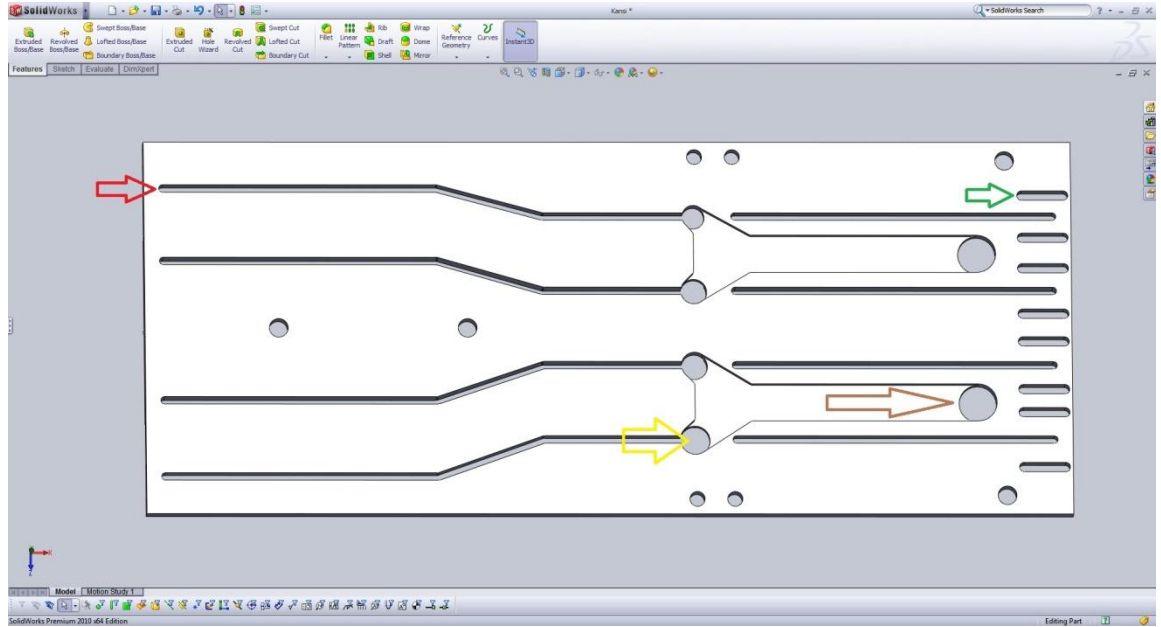
Kuvassa punaisilla ympyröillä merkated kohdat ovat valokuituantureille. Valokuitu tulee sivultapäin reunan lävitse ja se kiristetään ylhäältäpäin ruuvilla kiinni. Filtterit annostellaan tärymaljalta kuvassa esitetyn levyn vasemmassa reunassa olevaan syöttökaukaloon, josta filteerit kulkevat tärylaitteen voimalla lajittelu-uraan. Sinisen nuolen kohdalla ura jakautuu kahtia. Uralevyn kansiosaan on mallinnettu kiilamainen muoto. Kiila ohjaa mittatoleransseiltaan kaikki muut paitsi liian matalat filtteriä jatkolajitteluun seuraavalle uralle. Liian matalat filtteriä jatkavat matkaansa kiilan alitse uran päässä olevaan aukkoon, josta ne tippuvat hylättyjen filtereiden keräysastiaan. Jatkolajitteluun filteerit kulkeutuvat keltaisen nuolen kohdalle, jossa ura kaventuu filteerin leveysuuntaisen mittatoleranssin suurimpaan sallittuun arvoon. Urien kavennuskohdassa on mallinnettu aukot tapeille, jotka nostavan hylätyiksi todetut filteerit kansilevyn päälle. Kansilevyyn on mallinnettu ura, jota pitkin filteerit kulkeutuvat hylkyyn. Filtteriä, jotka läpäisevät tämän tarkastusvaiheen, jatkavat matkaansa kohti viimeistä lajittelu-vaihetta. Vihreän nuolen kohdalla uraan on mallinnettu filteerin leveysmittatoleransseiltaan

pienimmän sallitun arvon kokoinen aukko, josta liian pienet filtit putoavat hylkyastiaan. Aukon kohdalle on säätökiilat, joista mainitaan aikaisemmin.

Mittatoleransseiltaan liian korkeille filtereille ei ole mallinnettu erityistä poistouraa. Kansilevy olisi voitu mallintaa siten, että myös korkeussuunnaltaan liian korkeat filtit olisi karsittu pois uran kavennuskohdassa. Koska Biohitin kokemusten mukaan liian korkeita filtereitä esiintyy todella harvoin, päätettiin, ettei poistoura ole tarpeen. Kansilevy mallinnettiin siten, että liian korkeiden filtereiden pääsy on estetty tarkastusuraan kokonaan ja liian korkeat filtit jäävät pyörimään levyn alkupäässä olevaan syöttökaukaloon. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska haluttiin varmistaa, että uraan pääsevät filtit ovat aina oikeinpäin eikä ura tukkiutuisi virheellisessä asennossa olevan filtin johdosta. Kolme suurinta filtikerikkoa ovat malliltaan leveyssuunnassa suurempia kuin korkeussuunnassa. Tämä mahdollistaa sen, että filtit eivät mahdu kulkemaan tarkastusuraa pitkin kannen ollessa paikallaan muuten kuin filtereiden ollessa pystyasennossa eli tasainen puoli levyn pintaa vasten.

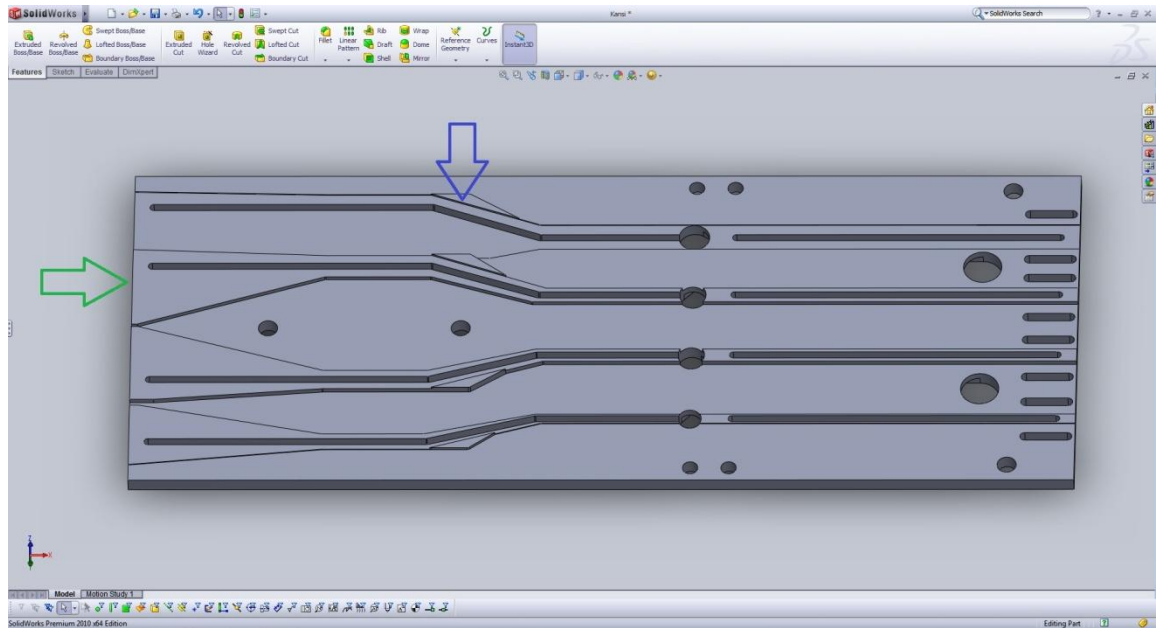
Pienin tarkastuslaitteeseen tuleva filtikerikoko on leveydeltään pienempi kuin korkeudeltaan, jolloin filteri todennäköisemmin kulkee tärylaitteella lappeellaan. Pienintä filtikerikkoa varten täytyisi vielä suunnitella syöttökaukaloon lisämoduuli, joka kääntäisi filtit tarkastusuraan tullessa pystyasentoon. Insinööriyön vaatimuksissa oli yhden filtikerikoon toimiva tarkistusmenetelmä, joten tässä työssä sitä ei toteutettu.

Työssä mallinnettiin pohjalevy ja kansilevy kahtena eri työvaiheena. Kansilevyyn tulevat urat ja kiilat täytyi mitoittaa pohjalevyssä olevien urien mukaisesti. Urien muodot täytyi suunnitella siten, että koneistaja pystyy ne koneistamaan. Kuvassa 15 nähdään kansilevy kuvattuna päältäpäin ja kuvassa 16 kansilevy kuvattuna pohjasta päin.



Kuva 15. Kansilevy päältäpäin.

Punaisen nuolen osoittamat kansilevyn läpäisevät aukot mallinnettiin urien kohdalle siten, että aukoista voidaan seurata filttareiden kulkua tarkastuslaitteessa. Aukot ovat leveydeltään 2 mm, joten ne eivät vaikuta filttareiden kulkuun. Aukosta voidaan työntää filttareita sopivalla esineellä eteenpäin, mikäli filteri jumittuu tarkistusuraan. Keltaisen nuolen kohdalla on reikä, joka on sijoitettu alemman levyn urien kavennuskohtaan. Paineilmasylinteri nostaa hylkyiksi todetut filterit reiän lävitse kansilevyn päälle. Kansilevyyn on mallinnettu leveä ura, jota pitkin filterit kulkeutuvat tärylaitteen voimalla ruskean nuolen osoittamaan reikään. Reikä on mallinnettu myös alempaan uralevyyn. Reiästä filterit tippuvat hylkyastiaan. Kuvassa vihreän nuolen osoittamat levyn läpäisevät aukot on tarkoitettu säätökiilojen kiinnitystä varten.



Kuva 16. Kansilevy pohjasta päin kuvattuna.

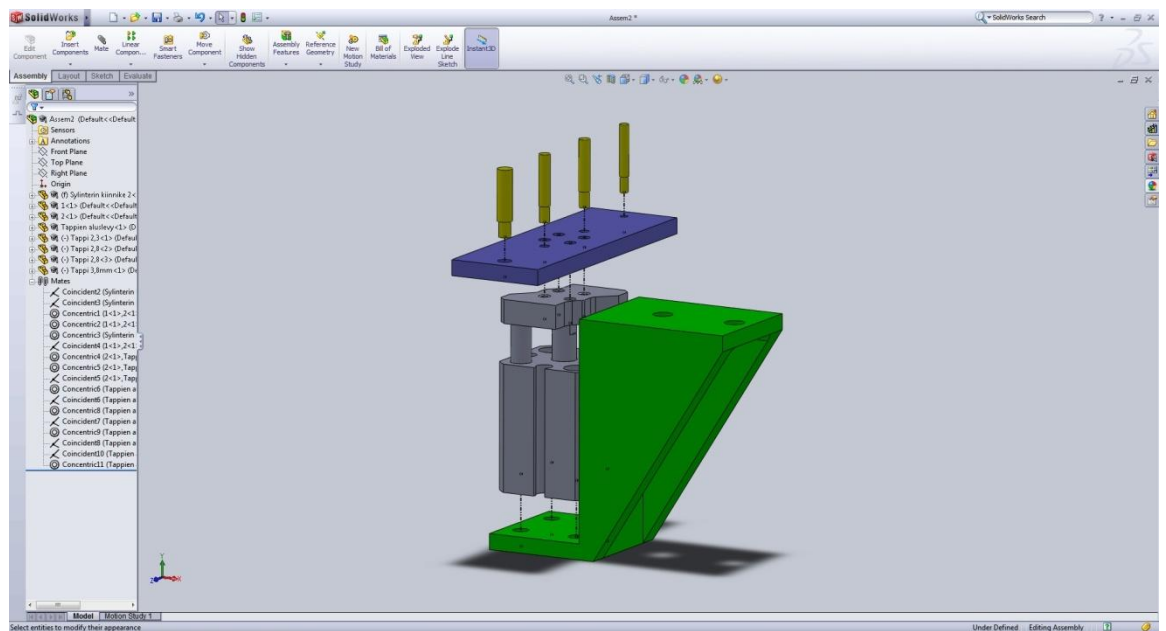
Kansilevyn alapuolelle on mallinnettu alemman levyn tarkastusurien kohdalle filttereiden korkeusmittojen perusteella uramaiset muodot, jotka estävät mittatoleransseiltaan liian korkeiden filttereiden pääsyn tarkistusuraan. Kuvan vihreä nuoli osoittaa alemman levyn syöttökaukalon valokuituanturin kohtaa, mistä liian korkeat filtit eivät pääse etenemään. Muodot on mallinnettu alemman levyn urien mukaisesti siten, että kannessa koholla olevat muodot mahtuvat alemman levyn uria vasten. Sininen nuoli osoittaa kiilaa, joka ohjaa kaikki mittatoleranssien sisällä olevat filtit jatkotarkastusuralle päästämällä kaikki liian matalat filtit kulkemaan alitse.

5.6 Nostomekanismin suunnittelu

Kun tarkastuslevyt saatiin suunniteltua siten, että ne sopivat vastakkain ja kaikki mittasuhteet olivat kohdallaan, ryhdyttiin suunnittelemaan urien kavennuskohtaan tulevaa nostomekanismia, jolla saadaan hylkyyn menevät filtit nostettua kansilevylle. Filttereiden nosto toteutettiin paineilmalla toimivalla sylinterillä, jonka päässä on nostotapit. SMC:n tuoteluettelosta löytyi sopiva paineilmasylinteri. Sylinterin iskunpituudeksi valittiin 10 mm, joka riittää nostamaan filtit alemmalta levytä kansilevyn päälle. SMC:n internetsivuilta saatiin ladattua valmis 3D-malli sylinteristä sekä tarkemmat tekniset tiedot, jotka auttoivat sylinterin kiinnikkeen ja nostotappien suunnittelussa.

Alemman uralevyn urien kavennuskohdan nostotappien reiät suunniteltiin siten, että ne ovat reilusti halkaisijaltaan uralla kulkevia filttäreitä pienemmät, jolloin filtterit eivät jumiudu reikään. Uralevyllä olevien reikien koot ovat 4 mm, 3 mm, 3 mm sekä 2,5 mm. Tappien seinämän ja reikien seinämän väliin suunniteltiin 0,2 mm välystä, jotta tapit mahtuvat liikkumaan reiässä tärinästä huolimatta eivätkä resonoi reiän reunaa vasten kovin helposti. Tappien halkaisijaksi tuli vastaavasti 3,8 mm, 2,8 mm, 2,8 mm ja 2,3 mm. Tapeille suunniteltiin aluslevy, mihin kaikki tapit lyödään ahdistuksella kiinni. Ahdistuskiinnityksessä aluslevyyn tehdään hieman tappeja pienemmät reiät, joihin tapit painetaan. Tappien aluslevyyn suunniteltiin paineilmasylinterin männän päässä olevan kiinnikelevyn mukaisesti neljä reikää, joista levyt voidaan ruuvata kiinni.

Tärylaitteen tärinän vuoksi sylinterin kiinnitys täytyi suunnitella siten, että sylinteri tärisee levyjen mukaan samaan tahtiin. Koska sylinterin kiinnitysreiät sijaitsevat sylinterin pohjassa ja tärinän vuoksi sylinteri tulee kiinnittää filttäreiden tarkastuslevyihin, täytyi sylinterille suunnitella sopiva kiinnitysteline. Kiinnitystelineen täytyy olla tarpeeksi tukeva, ettei sylinterin paino ja tärinä väännä telinettä. Telineen suunnittelussa ei käytetty lujusopin laskumenetelmiä, koska sylinteri on hyvin kevyt eikä aiheuta tärinän kanssa suuria vääntömomenteja. Teline suunniteltiin siten, että sen kolmiomainen muoto estää telineen vääntymisen ja muodostaa samalla sylinterille tukevan kiinnitysalustan. Kuvassa 17 nähdään filttäreiden nostoon suunniteltu paketti sisältäen nostotapit, sylinterin ja kiinnitystelineen.

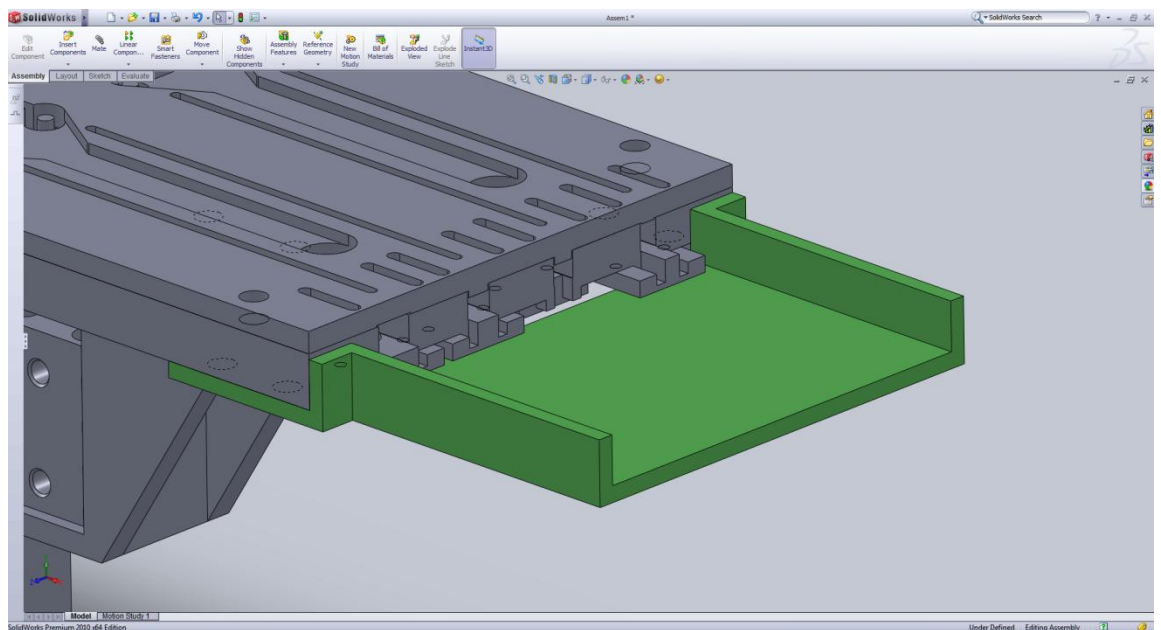


Kuva 17. Nostomekanismi.

Kuvassa nostotapit on väritetty keltaisiksi. Nostotapit kiinnittyvät kuvassa violetiksi värjättyyn aluslevyyn. Aluslevy kiinnitetään neljällä M3-ruuvilla paineilmasylinterin kiinnityslevyyn. Sylinteri kiinnitetään neljällä M4-ruuvilla alapäin kiristettynä kuvassa vihreäksi värjättyyn kiinnityslevyyn. Kiinnityslevy kiinnitetään kahdella M- ruuvilla alapäin kiristettynä alempaan tarkastuslevyyn.

5.7 Ulosottokaukalon suunnittelu

Uralevyn päähän suunniteltiin ulosottokaukalo, jota pitkin kaikki tarkastuksen läpäisseet filtrit kulkeutuvat mittatoleranssien sisällä olevien filttreiden keräysastiaan. Kuvassa 18 nähdään ulosottokaukalo vihreäksi värjättyinä.

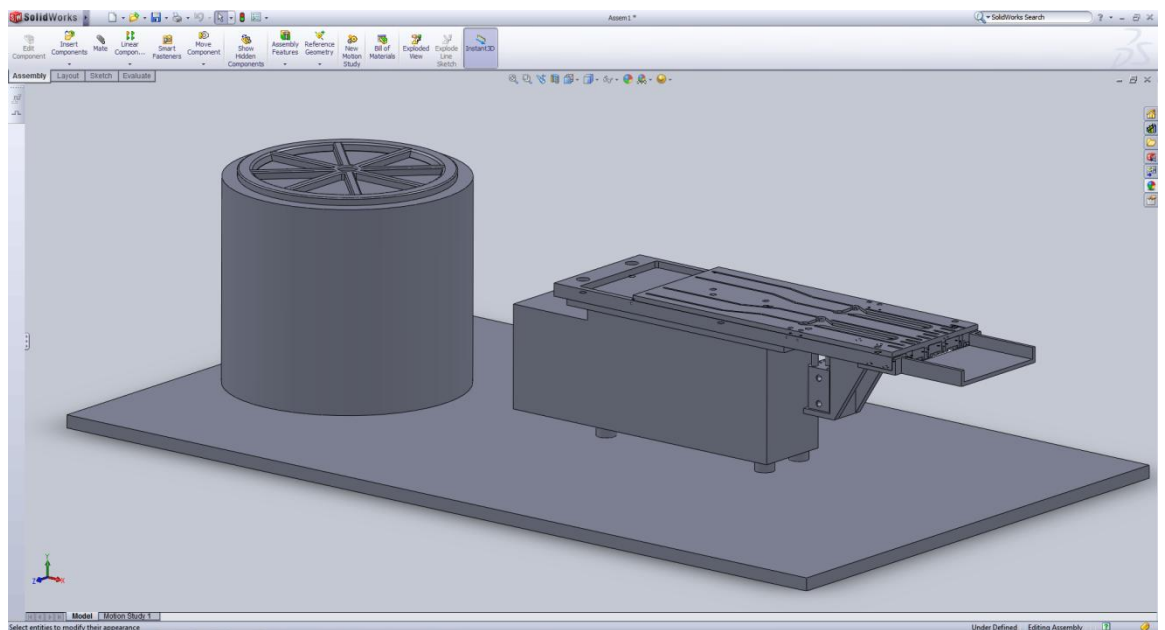


Kuva 18. Ulosottokaukalo.

Ulosottokaukalo suunniteltiin siten, että viimeisessä tarkastusvaiheessa liian pienet filtrit mahtuvat tippumaan tarkastuspisteen kohdalta alla olevaan keräysastiaan ja tarkastuspisteessä olevat kiilat mahtuvat liikkumaan ulosottokaukalon yläpuolella. Ulosottokaukalo kiinnitetään alempaan uralevyyn alapäin M5-ruuveilla ulosottokaukalon reunoista. Tarkastuksen läpäisseet filtrit putoavat uralevyiltä ulosottokaukalolle ja jatkavat matkaa tärylaitteen voimalla ulosottokaukalon päähän, josta ne tippuvat keräysastiaan.

5.8 Tarkistuslaitteen kokoonpano

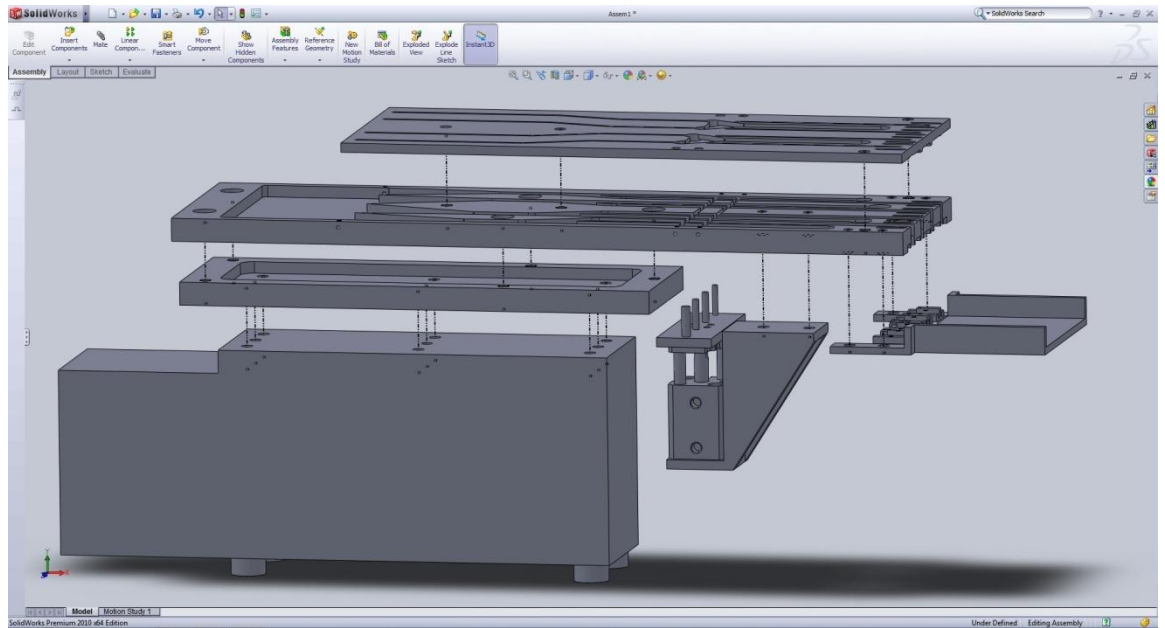
Lopuksi mallinnettiin pöytälevy, jonka päälle tärymalja sekä tärykuljetin tulevat. Pöytälevyyn hahmoteltiin pystytärylaitteen sekä lineaaritärylaitteen paikat. Lineaaritärylaitteeseen suunniteltiin suorakulman muotoinen laatta, jolla saadaan uralevy kiinnitettyä tärylaitteeseen. Kiinnityslaatta on keskeltä jyrsky 5 mm matalammaksi, jotta kiinnityskohtiin mahtuu 5 mm kannalla olevat ruuvit sekä samalla saadaan laatasta myös ylimääräistä painoa pois. Lopuksi osista kasattiin kokoonpanotiedosto, jossa nähdään, kuinka osat sopivat yhteen. Kuvassa 19 on esitetty kokoonpanotiedosto.



Kuva 19. Filttareiden testauslaitteen kokoonpanotiedosto.

Kuvassa on esitetty tarkastuslaitteen kokoonpano. Vasemmalla lieriömäinen pystytärylaite on kooltaan 16,5 m korkea sekä halkaisijaltaan 18,5 cm. Lineaaritärylaite on pituudeltaan 24 cm, korkeudeltaan 10 cm sekä leveydeltään 6 cm. Lineaaritärylaitteen päällä oleva filttareiden tarkastuslaite on kokonaismitaltaan 38 cm pitkä.

Kuvassa 20 nähdään räjäytyskuva filttareiden testauslaitteesta, johon on koottu kaikki filttareiden tarkastuslaitteeseen mallinnetut osat.



Kuva 20. Räjätyskuva filttreiden testauslaitteesta.

Mustat katkoviivat osoittavat kiinnityskohdat, joista osat ovat ruuveilla kiinni toisistaan. Levyt kasataan tärylaitteeseen kiinni yksi kerrallaan. Kiinnityslaatta kiinnitetään ensin kuudella ruuvilla tärylaitteeseen, jonka jälkeen alempi uralevy kiinnitetään viidellä ruuvilla kiinnityslaattaan ja päällimmäinen levy kiinnitetään alempaan uralevyyn neljällä ruuvilla. Sylinteripaketti ja ulosottokaukalo kiinnitetään alapäin M5-ruuveilla alempaan uralevyyn.

6 LAITTEEN VALMISTUS

Insinööriyön vaatimukset koulunpuolesta olivat laitteen suunnittelu. Suunnitteluvaihe eteni suhteellisen hyvin ja suunnitelmat vaikuttivat siltä, että niitä voitaisiin testata käytännössä. Insinööriyö olisi ollut keskeneräinen, jos se olisi jätetty suunnitteluvaiheeseen. Tämän vuoksi päätettiin, että insinööriyötä jatketaan käytännön vaiheeseen ja laite rakennetaan sille tasolle, että nähdään laitteen toimivuus käytännössä.

Tähän vaiheeseen mennessä oli suunniteltu kaikki koneistettavat osat, joita laitteeseen tarvitaan. Filttareiden tarkistuslaite toimii sähköenergialla sekä paineilmalla, joten laitteeseen täytyi suunnitella tarvittavat sähkökytkennät, pneumaattikkytkennät, ohjelmoitavan logiikan kytkennät sekä tarvittava ohjelmointi. Näiden suunnittelu ja toteutus on kuvattu jäljempänä.

6.1 Osien koneistus

Suunniteltujen osien valmistus suoritettiin koneistamalla Biohitin omassa koneistamossa. Koneistamista varten 3D-malleista täytyi tehdä 2D-piirustukset. Piirustusten luominen aloitettiin yksinkertaisimmista osista, kuten kiiloista, ulosottokaukalosta ja kiinnityslaipasta.

Filttereiden tarkistuslaitteen tarkoituksena on lajitella mittatoleransseiltaan liian suuret sekä liian pienet filterit pois hyväksyttävien filttareiden joukosta. Biohit on määrännyt tuotantoon kelpaaville filttareille mittatoleranssit, joiden sisällä hyväksytyt filterit täytyy olla. Korkeustoleranssi on $\pm 0,30$ mm ja leveystoleranssi on $\pm 0,15$ mm. Laitteen toimivuuden kannalta on tärkeää, että lajitteluun suunnitellut kriittiset kohdat saadaan koneistettua mahdollisimman lähelle niille asetettuja arvoja. Tästä johtuen 2D-piirustuksissa käytettiin kriittisissä kohdissa $\pm 0,01$ mm koneistustoleranssiarvoja. Filttareiden tarkistuslaitteen 2D-piirustukset on esitetty liitteissä 1–13.

Piirustuksiin tehtiin tarvittavat muutokset, minkä jälkeen lähetettiin laitteen kansiosa, uralevy ja kiilat Biohitin Helsingissä sijaitsevaan koneistamoon. Loput osat koneistettiin Biohitin Kaajanissa sijaitsevassa koneistamossa. Koneistukseen kului aikaa 50 työtuntia. Osat koneistettiin alumiinista materiaalin keveyden vuoksi pois lukien nostotapit, jotka koneistettiin polycarbonaatti-muovista. Kuvassa 21 nähdään valmiiksi koneistetut osat yhteen koottuna.

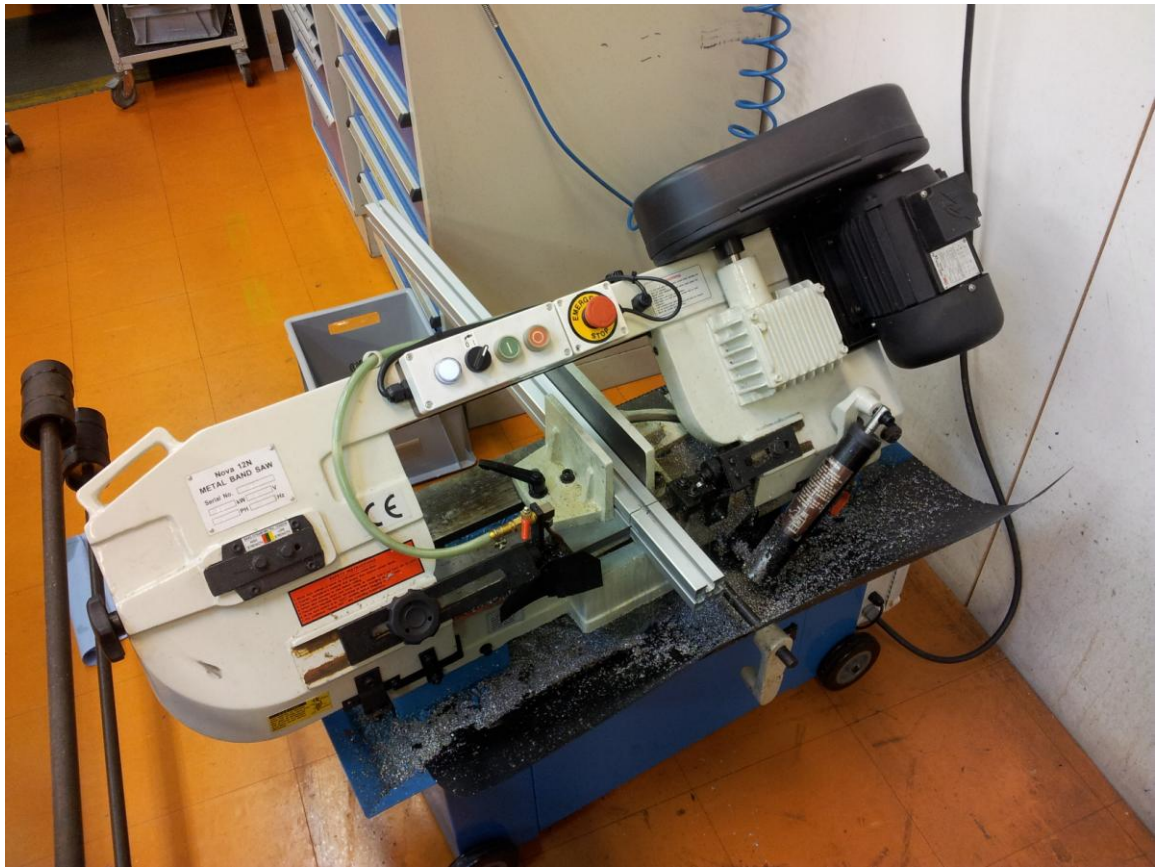


Kuva 21. Koneistetut osat.

6.2 Pöydän kasaus

Filttereiden tarkistuslaitteelle täytyi rakentaa pöytätaaso, johon laite voidaan kasata kiinteästi paikoilleen. Laite sisältää kaksi tärylaitetta, tarkistuslaitteen, pneumatiikkakomponentit, ohjelmoitavan logiikan, 24 VDC-muuntajan, tärylaitteiden ohjausyksilöt ja sähköiset kytkennät. Lisäksi pöytätaason suunnittelussa täytyi ottaa huomioon Biohitin tuotantotiloille asetetut vaatimukset. Tästä johtuen päätettiin rakentaa pöydän runko alumiiniprofiilista ja pöydän pinta alumiinilevystä. Pöytä mitoitettiin siten, että tärylaitteet tarkastuslaitteineen sopivat pöydän pinnalle ja kaikki muut komponentit sijoitetaan pöydänpinnan alapuolelle. Alumiiniprofiilit pöytään hankittiin Biohitin vanhoista puretuista tuotantolaitteista ja pöydän pinta hankittiin valmiiksi mittaan leikattuna Kainuun käyttörauta Oy:stä. Rungon alumiiniprofiili leikattiin Nova 12N METAL BAND SAW-leikkurilla, joka on metallien leikkaukseen tarkoitettu vanesaha. Saha nostetaan ylös nestesynterinin varaan, josta se omalla painollaan laskeutuu alas

ja leikkaa ruuvipenkin leukoihin puristetun kappaleen. Kuvassa 22 nähdään alumiiniprofiili leikkauksessa.



Kuva 22. 12N METAL BAND SAW.

Alumiiniprofiilit kiinnitettiin toisiinsa profiilin mukaan suunnitelluilla profiilikiinnikkeillä. Profiilikiinnike kiristää profiilit toisiinsa kiinni ruuvilla ja profiilin sisään tulevalla vastakappaleella. Pöytätelineen jalkoihin lisättiin korkeussäädettävät jalkatapat, joilla pöytä saadaan säädettyä vaakatasoon. Pöydän takaosaan ruuvattiin Akryl PMMA-muovista takalevy, johon pöytätason alapuolelle tulevat komponentit saadaan kiinnitettyä. Kuvassa 23 nähdään valmis pöytätaaso ja tärylaitteet, tärylaitteiden ohjauslaitteet ja tarkastuslaite sijoitettuna tuleville paikoilleen.



Kuva 23. Pöytätaso.

6.3 Pneumatiikkakytkennät

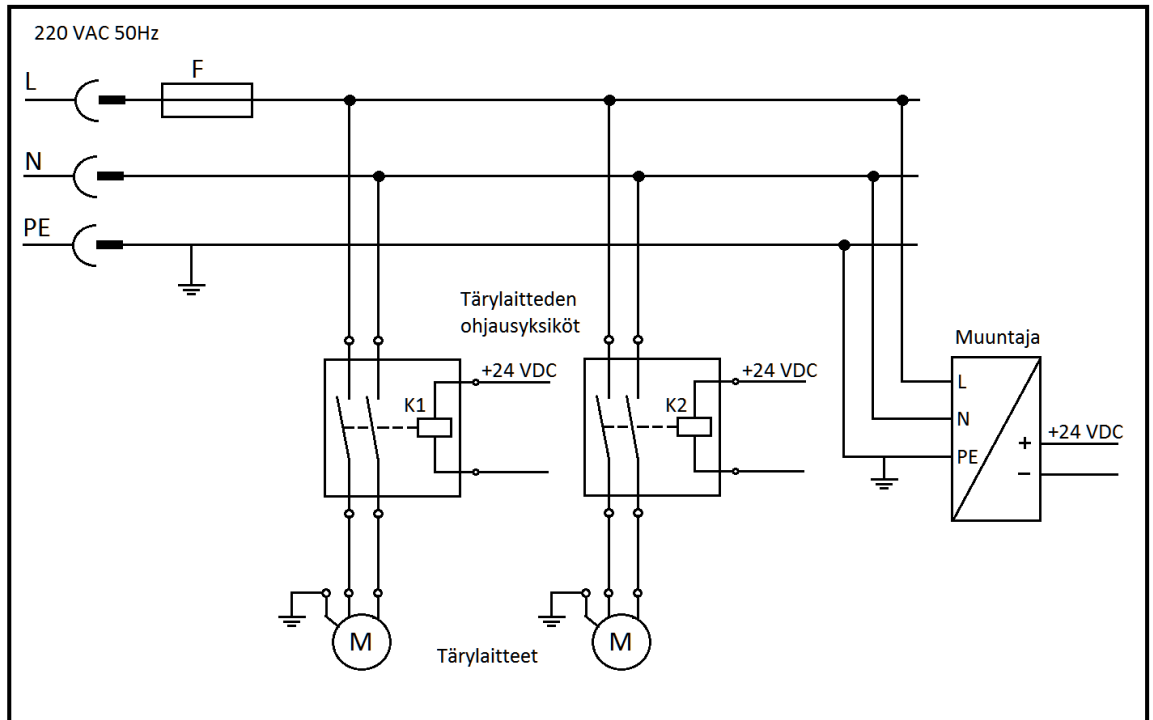
Pöytätason rakentamisen ja laitteiden sijoittamisen jälkeen ryhdyttiin suunnittelemaan pneumatiikkaosien sijoitusta ja pneumatiikkaletkujen kytkemistä. Koska laite on kasattu omalle liikuteltavalle pöytätasolle, pneumatiikka- ja sähkökytkennät päätettiin suunnitella siten, että laitteen voi kytkeä normaaliin pistorasiaan ja paineilmalitaintaan. Tällöin paineilmalitaintaan täytyy asentaa oma paineensäädin, jolla varmistetaan, että laitteessa on paikasta riippumatta

lin ollessa lepotilassa palautusjousi ohjaa venttiiliä siten, että paineilma kulkee kuvassa esitetyn nuolen osoittamaa reittiä välillä 1-2, jolloin paineilma pääsee sylinterin palauttavalle puolelle ja ohjaa sylinterin miinusasentoon. Sähkömagneetin vetäessä suuntaventtiili vaihtaa asentoa, jolloin paine kulkee venttiilin 1-4 väliä ja paineilma pääsee kulkeutumaan paineilmasylinterin työntävälle puolelle ja sylinteri tekee plus-liikkeen. Paineilmasyylinterin tehdessä plus- ja miinusliikkeitä poistuu sylinterissä oleva paine vastusvastaventtiileiden lävitse takaisin suuntaventtiilille. Suuntaventtiilissä on paineelle poistoaukko, joka päästää tulopaineen pois painepiiristä. Vastusvastaventtiilillä voidaan säätää poistoilman kulkua kuristamalla painetta. Mitä enemmän poistoilmaa kuristetaan, sitä hitaammin sylinterin liikkeet tapahtuvat.

6.4 Sähkökytkennät

6.4.1 Suurjännitekytkentä

Lainsäädännön ja yleisen turvallisuuden mukaisesti kaikki suurjännitteiset kytkennät tehtiin kotelon sisälle. Kotelon sisälle asennettiin myös 24 voltin muuntaja, josta saadaan ohjelmoitavan logiikan sekä tarvittavien antureiden käyttöjännite. Tärylaitteet käyttävät verkkovirtaa, mutta niiden ohjaus on kytketty pienjännitteellä logiikan kautta. Tärylaitteiden ohjauslaitteet sisältävät transistorikytkennän, jonka kautta tärylaitteita voidaan ohjata myös pienjännitteellä. Kuvassa 25 nähdään sähkökaavio, jossa on kytketty kaikki verkkovirtaan liittyvät komponentit.

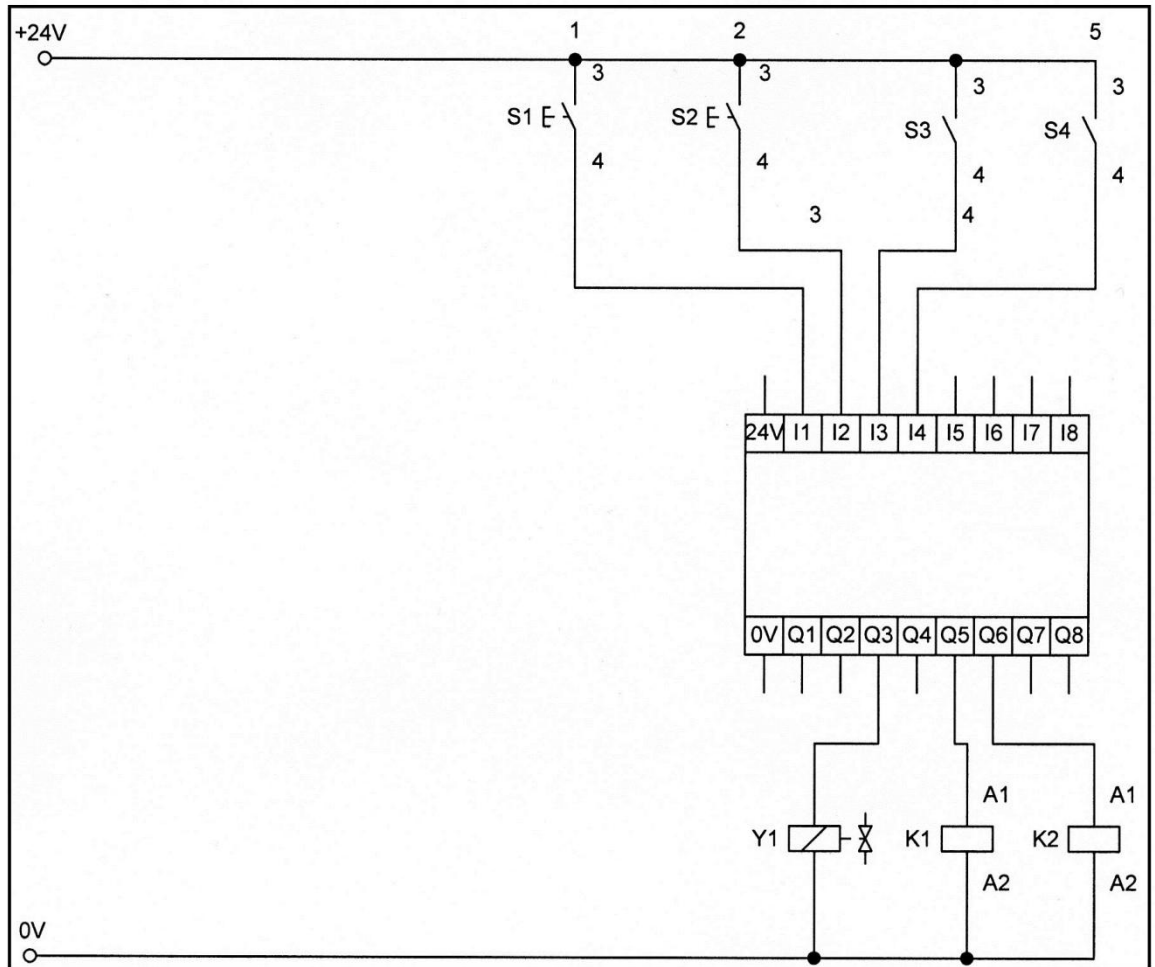


Kuva 25. Sähkökaavio.

Kuvassa olevat piirrosmerkit on piirretty kuvastamaan tärylaitteiden ohjauksen toimintaa. Tärylaitteet ottavat verkkovirrasta käyttöjännitteen ja kuvassa olevat K1- sekä K2-kelat kuvaavat täryjenohjauslaitteiden sisällä olevaa kytkentää. K1- ja K2-kelat ovat myös piirikaavio-kuvassa, jossa kuvataan logiikan kytkentäkaaviota.

6.4.2 Pienjännitekytkentä

Laitteen ohjaus tapahtuu pienjännitteellä. Ohjaukseen tarvitaan kaksi painonappia, joista laite kytketään päälle ja pois päältä. Pystytärylaitteen ohjaukseen tarvitaan yksi valokuituanturi ja sylinterin ohjaukseen kaksi valokuituanturia. Pystytärylaitteen ohjaukseen ei tässä vaiheessa ole kytketty mitään, koska tärylaitteeseen ei ole asennettu tärymaljaa. Painonapit ja valokuituanturit kytketään ohjelmoitavan logiikan In-put-liityntöihin, joista logiikka saa tarvittavat tiedot tärylaitteiden ja sylinterin ohjaukseen. Tärylaitteiden ja sylinterin ohjausjännitteet tulevat logiikan Out-put-liityntöjen kautta. Kuvassa 26 on esitetty logiikan kytkentäkaavio.



Kuva 26. Piirikaavio.

Kuvassa kytkimet S1 ja S2 ovat laitteessa olevia painonappeja. S1 on START-painike ja S2 on STOP-painike. Kytkimet S3 ja S4 ovat tarkastuslaitteessa olevia valokuituantureita, jotka ovat sylinterin ohjausta varten. Kuvassa Y1-venttiili kuvaa sylinterin ohjauksessa käytettävää 5/2-suuntaventtiilin relettä. K1- ja K2-kelat kuvaavat tärylaitteiden ohjauslaitteiden sisällä olevia 24 voltin ohjauksen kytkentänastoja.

6.5 Logiikan ohjelmointi

Logiikan ohjelmointiin käytettiin Omronin CX-programmer-ohjelmistoa. Ohjelmointimenetelmänä käytettiin tikapuukaaviota.

Laitte ohjelmoitiin siten, että laitteen START-painiketta S1 painettaessa tarkastuslaitteen tärylaite käynnistyy. Tärylaite kuljettaa filttarit tarkastusuriin. Filttareiden kuljettua tarkastuspis-

teen valokuituanturin S3 valokeilan eteen käynnistyy logiikan ohjelmassa ajastin. Ajastin ja valokuituanturi S4 tarkastelevat yhdessä, pääsevätkö filtrit kulkemaan tarkastuspisteen lävitse. Jos filteri jää tarkastuspisteeseen pidemmäksi aikaa kuin kolme sekuntia, antaa logiikka venttiilille Y1 plus-liikeohjauksen, jolloin tarkastuspisteessä oleva filteri nousee ylemmälle tasolle hylkyyn. Logiikan ohjelma palauttaa sylinterin alas ajastimeen määrätyn ajan jälkeen ja logiikka alkaa tarkastella uudelleen, pääsevätkö filtrit tarkastuspisteen lävitse.

Logiikan ohjelma on esitetty liitteessä 14.

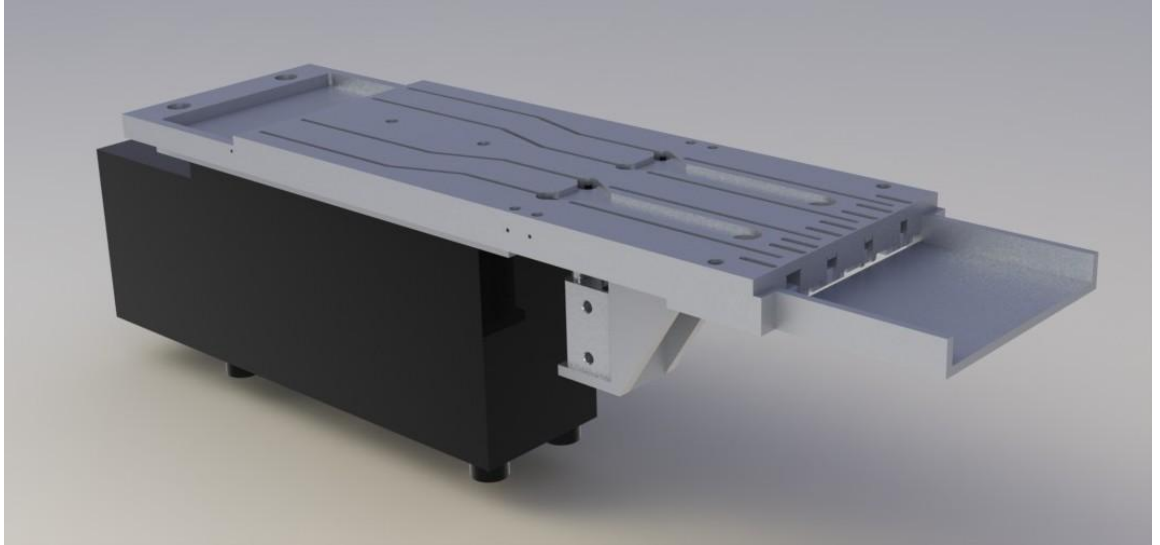
7 TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU

Filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelu oli haastava ja mielenkiintoinen prosessi. Laitteen suunnittelu- ja toimintamenetelmät sain päättää itse. Toimeksiantajan edellytys työlle oli toteuttaa filttäreiden tarkistuslaitteen suunnittelu sekä mahdollisesti protolaitteen valmistus. Laitteelle asetettiin tavoitteeksi toimia tärykuljettimien ja tärymaljan avulla. Optioksi laitteelle asetettiin, että sillä voitaisiin ajaa neljää erikokoista filtterilajiketta. Koska laite tulisi olemaan uusi tuotantolaitte, jollaista yrityksessä ei ole aikaisemmin ollut käytössä, jätettiin tavoitteeksi kuitenkin vain yhden filtterilajikkeen toimiva lajittelutapa.

Suunnittelu alkoi tutustumalla Biohitin pipetinkärkien filtteröintiprosessiin, jossa kyseisiä filtereitä käytetään. Filteröintiprosessi suoritetaan Biohitin tuotantolaitoksessa olevilla filteröintilaitteilla. Tutustuttuani filteröintilaitteen FT200/300 toimintaan kehittyi toiminta-ajatus siitä, millä menetelmällä filttäreiden tarkistuslaite tulisi toimimaan.

Filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelu suoritettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmistolla. Ohjelmisto antoi edellytykset laitteen suunnitteluun virtuaalisesti 3D-maailmassa realististen mittasuhteiden myötä. Mallinnusohjelmistolla pystyttiin testaamaan tarkistuslaitteen filttäreiden tarkistuskohdat mallintamalla mittatoleranssien ylä- sekä alarajalla olevat filterit. Filterimalleilla saatiin testattua törmäyskohdat virtuaalisesti ennen laitteen valmistusta. 3D-mallinnukset näyttivät toimivilta, joten päätettiin valmistaa osat käytännössä, jotta suunnitelman toimivuudesta saataisiin realistiset tulokset. Toteutuksen jälkeen tehdyt testaustulokset osoittivat, että toteutettu ratkaisu on toimiva. Tämän työn puitteissa kehitettyä filttäreiden tarkistuslaitetta ei ehditty ottamaan tuotannolliseen käyttöön.

Kuvassa 27 on esitetty 3D-mallinnuskuva filttäreiden tarkistuslaitteesta.



Kuva 27. Filttereiden tarkistuslaitteen 3D-malli.

Kuva sisältää mallinnuksen Vibratecin GL-sarjan lineaaritryllylaitteesta sekä mallinnukset filttereiden tarkistukseen tarvittavista mekaanisista osista. 3D-mallista tehtiin aidon mukainen kuva SolidWorks-ohjelmiston kuvankäsittelyosiossa. Kuvassa 28 nähdään samasta kuvakulmasta otettu kuva valmiista laitteesta.

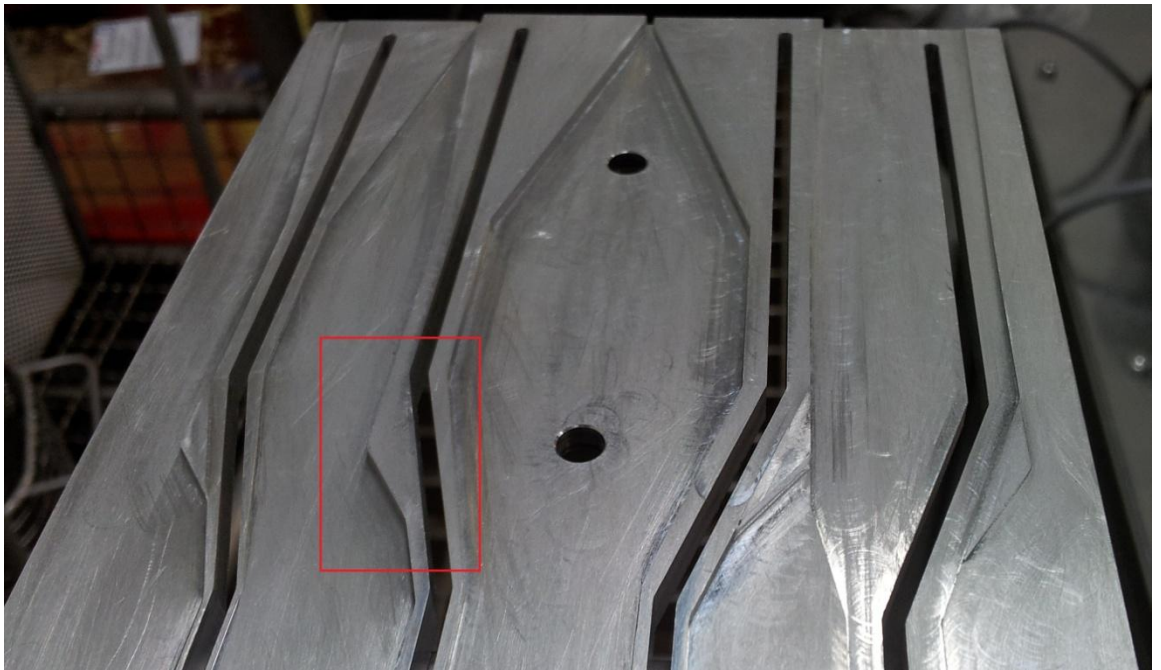


Kuva 28. Filttereiden tarkistuslaitteen koneistetut osat ensitestauksessa.

7.1 Koneistus

Valmistusmateriaaliksi valittiin alumiini. Ylemmän levyn paksuudeksi määriteltiin 6,05 mm paksuimmasta kohdasta ja 4 mm perustason kohdalta. Koneistusvaiheessa selvisi, että tarkistuslaitteen ylempi levy tulisi olla koneistuksen kannalta paksumpi. Levyn koneistusvaiheessa levy lämpenee ja lämpö aiheuttaa ohuessa levyssä hieman vääntymistä. Vääntymisen johdosta tarkistusurat voivat heittää suunnitelluista mitoista, tästä johtuen filtterit voivat jumittua keskelle uraa. Käytettäessä terästä valmistusmateriaalina vääntymisongelmat olisivat merkittävästi pienemmät, mutta tärylaitteen asettamien painovaatimusten vuoksi päädyttiin käyttämään terästä keveämpää alumiinia.

Tarkistuslaitteen testausvaiheessa huomattiin, että koneistusvaiheessa yksi kiilamuoto oli koneistettu pois poiketen suunnitelmasta. Kiilan tarkoituksena on päästää korkeussuunnaltaan alimittaiset filtterit alitse hylkyreitille ja ohjata korkeussuunnaltaan spesifikaation mukaiset filtterit jatkotarkistukseen. Kiilan puuttuessa kyseisen filtterikoon tarkistustestausta ei voitu suorittaa. Kuvassa 29 nähdään kohta, josta kiila puuttuu.



Kuva 29. Tarkistuslaitteen kansilevyn pohja.

Kuvassa punaisella merkitty alue osoittaa kohdan, josta kiilamuoto puuttuu. Kiilan tulisi olla 0,15 mm tasosta koholla, kuten kolme muuta viereistä ovat.

7.2 Testaus

Laitteen testausta varten sorvattiin muovista filttäreitä kuvastavat lieriökappaleet, jotka mitoitettiin filttäreiden mittatoleranssien mukaan. Filttäreille on asetettu toleranssimitat, joiden sisällä tuotantoon hyväksyttävät filtteriä täytyy spesifikaation mukaan olla. Filttäreiden toleranssimitat ovat leveyssuunnaltaan $\pm 0,15$ mm sekä korkeussuunnaltaan $\pm 0,30$ mm. Testausta varten sorvattiin jokaista toleranssimittaa erikseen ylittävä filtteri, jotta voidaan testata jokainen filttäreiden testauslaitteeseen suunniteltu hylkykohta erikseen. Taulukossa 1 kuvataan testaukseen sorvattujen lieriöiden koot.

Taulukko 1. Testauskappaleiden mitat.

Filtterin koko	Max. korkeus	Min. korkeus	Max. leveys	Min. leveys
3.51x4.45mm	3.51x4.75mm	3.51x4.15mm	3.81x4.45mm	3.21x4.45mm
4.37x3.25mm	4.37x3.55mm	4.37x2.95mm	4.67x3.25mm	4.07x3.25mm
5.00x3.50mm	5.00x3.80mm	5.00x3.20mm	5.30x3.50mm	4.70x3.50mm
6.92x5.00mm	6.92x5.30mm	6.92x4.70mm	7.22x5.00mm	6.62x5.00mm

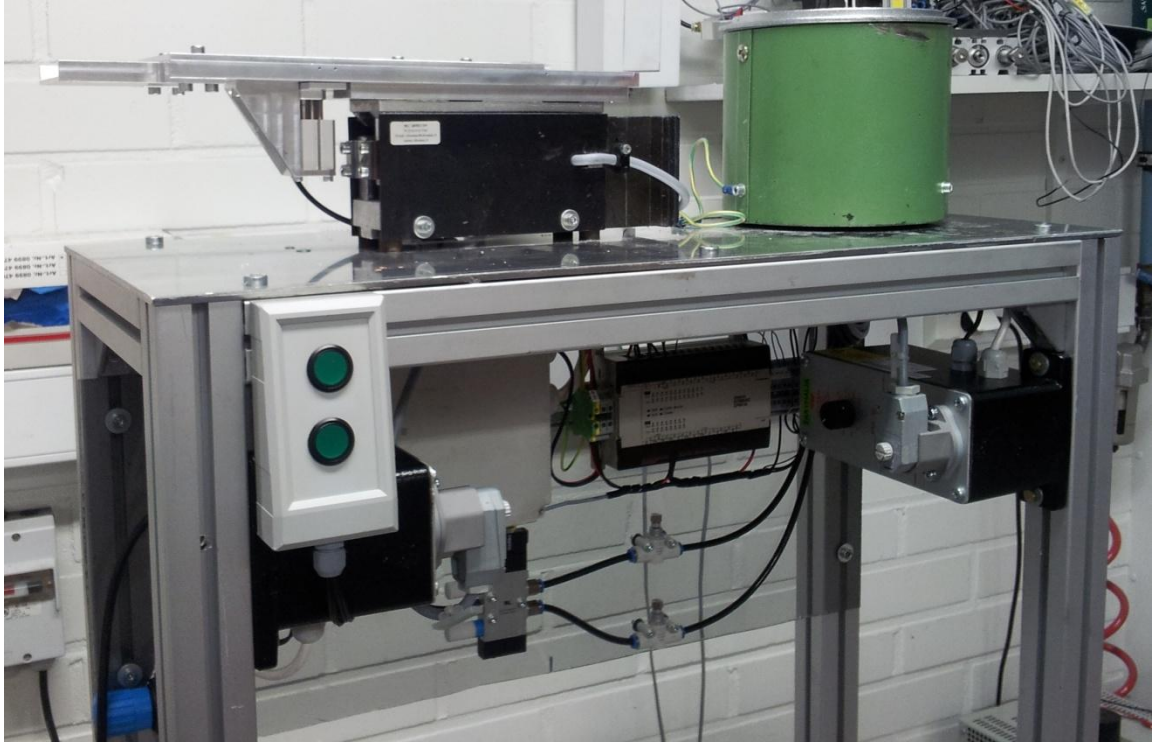
Testausvaiheessa huomattiin, että pystymitan testaukseen sorvatut kappaleet oli sorvattu toleranssin rajalle $\pm 0,30$ mm filtterin spesifikaation mitasta. Tämä ei haitannut testausta, koska toleranssin rajalla olevat filtteriä läpäisevät välillä hylkäyskohdan ja välillä menevät hylkyyn johtuen testauskohdassa olevan kappaleen takana vaikuttavan jonopaineen suuruudesta sekä tärylaitteiden värinän voimakkuudesta. Testi osoitti, että kappaleiden lajittelu tärylaitteen avulla toimii hyvin. Leveyssuunnaltaan testauskappaleet sorvattiin tarkoituksen mukaisesti 0,15 mm ylitse sallitun toleranssiarvon ja nämä kappaleet laite lajitteli suoraan hylkyreittiin jokaisella testauskerralla.

Testauksessa todettiin, että uralevyn loppupäässä olevien hylkyaukkojen säätökiiloja ei tarvittu. Hylkyaukko toimii ilman kiiloja ja filtteriä kulkevat aukon reunan mukaan häiriöttä.

7.3 Nykytilanne ja jatkokehitys

Filttereiden tarkistuslaitteen suunnittelun tavoitteena oli suunnitella tärytekniikalla toimiva laite, jolla saadaan lajiteltua alihankkijalta tulevien filttäreiden joukosta spesifikaatioon sopimattomat filttrit pois. Toiveena oli, että laitteella saadaan lajiteltua Biohitin tuotannossa käytettäviä neljää eri filtterilajiketta. Toiminnalliseksi tavoitteeksi asetettiin kuitenkin vain yhden filtterilajikkeen lajittelumenetelmä.

Valmiin toimivan laitteen toteutus oli insinööriyötä laajempi kokonaisuus. Työssä toteutettiin laitteiston suunnittelu ja valmistettiin tarkastuslaitteen prototyyppi toimivuuden testausta varten. Filttereiden tarkistuslaite saatiin rakennettua siten, että filttäreiden tarkistus voidaan toteuttaa automaattisesti. Työ oli kokonaisuudessaan laaja ja sisälsi monta suunnittelun eri aihealuetta, kuten mekaanisten osien, sähkökytkentöjen, pneumaatiikan suunnittelun sekä ohjelmoitavan logiikan kytkennät ja ohjelmoinnin. Kuvassa 30 nähdään filttäreiden tarkistuslaite insinööriyöhön rajatussa muodossaan.



Kuva 30. Filttäreiden tarkistuslaite.

Tuotannolliseen käyttöön laite ei vielä sellaisenaan ole valmis, koska laitteesta puuttuu filttäreiden syöttämiseen tarvittava tärymalja sekä filttäreiden keräämiseen tarvittavat astiat. Näiden suunnittelu ja toteutus eivät kuuluneet insinööriyöhön. Toteutetulla filttäreiden tarkistuslaitteella voidaan ajaa neljää erikokoista filttäriä. Tuotannollisen toimintakapasiteetin parantamiseksi tulee filttäreiden tarkistuslaitteen tarkistuslevyt suunnitella siten, että jokaiselle filttarikoolle on omat mitoitettut tarkistuslevyt, jotka voidaan vaihtaa ajettavan filttärilajikkeen mukaan.

Biohitin tuotannossa on havaittu, että alihankkijalta tulevat filttärisäkit sisältävät filttäreiden joukossa hienojakoista filttärijauhetta, joka tulee filttäreiden valmistusprosessista. Filttärijauhe aiheuttaa filttärointiprosessissa toimintahäiriöitä. Filttäreiden tarkistuslaitteen testauksessa todettiin, että laitteella saadaan filttäreiden lajittelun yhteydessä suodatettua filttäreiden joukosta säkistä tulevat filttärijauheet pois.

Edellä esitettyjen jatkokehitystöiden jälkeen laitteisto voidaan ottaa tuotantokäyttöön.

8 YHTEENVETO

Insinööriyön tehtävänä oli suunnitella nesteannosteluotteisiin kuuluvien pipettien kertakäyttökärjissä käytettäville filtereille tarkistuslaite, jolla saadaan parannettua pipetinkärkien filteröintiprosessia. Filtereiden tarkistuslaite lajittelee alihankkijalta tuotantoon tulevien filtereiden joukosta spesifikaatioiden ulkopuolella olevat filterit pois automaattisesti. Lajittelun jälkeen saadaan filteröintiprosessiin ajettua vain prosessiin hyväksytyt filterit. Toimeksiantajan tarve oli toteuttaa filtereiden tarkistuslaitteen suunnittelu ja prototyypilaitteen valmistus toimivuuden testausta varten.

Työ oli luonteeltaan monipuolinen. Laitteen suunnittelu toteutettiin SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmistolla. Haastavaa suunnittelussa oli huomioida osien koneistusvaiheiden vaatimukset. 2D-piirustusten luonti koneistusta varten oli vaativaa, koska suunnitellut osat ovat muodoltaan monimutkaisia ja edellyttävät tarkkoja mittatoleransseja.

Laitteen suunnittelu ja prototyypilaitteen toteutus onnistuivat hyvin. Laitteella suoritettut testit osoittivat, että tarkistus- ja lajittelumenetelmä on toimiva ja kykenee erottelemaan spesifikaation ulkopuolella olevat filterit pois filteröintiprosessin vaatimalla tarkkuudella. Lisäksi laite kykenee erottelemaan filtereiden joukosta filterijauheet pois.

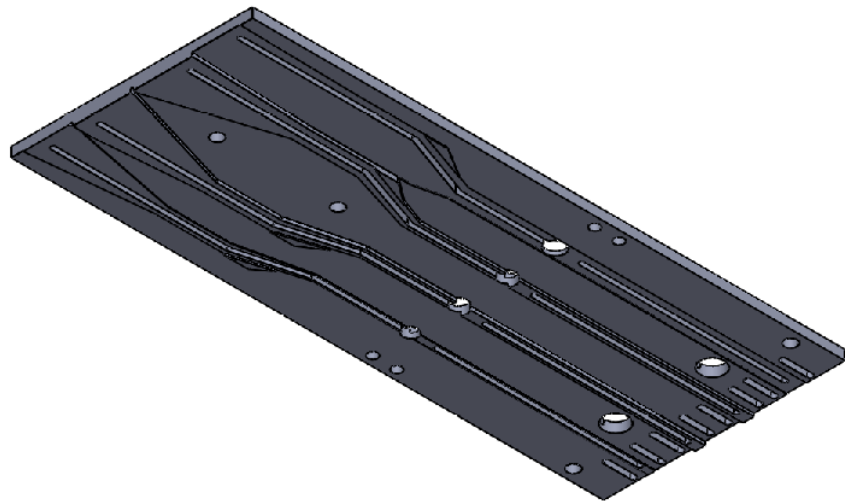
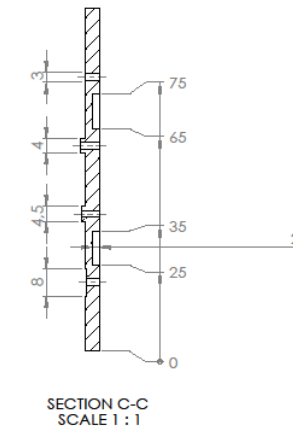
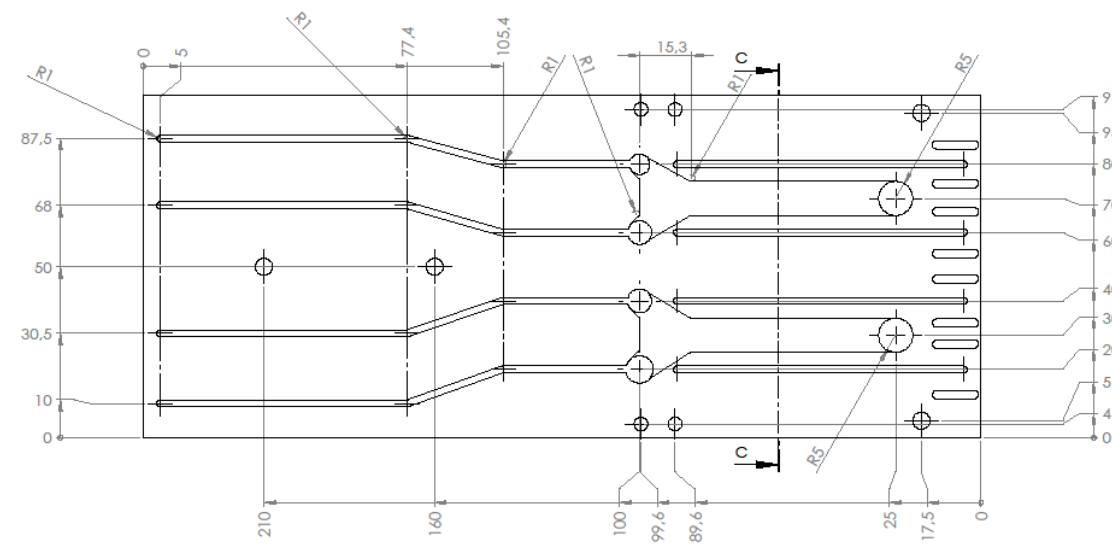
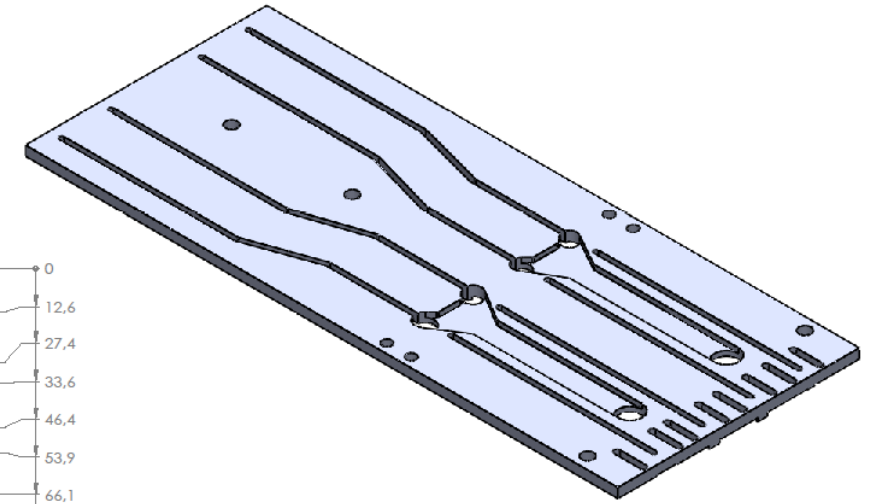
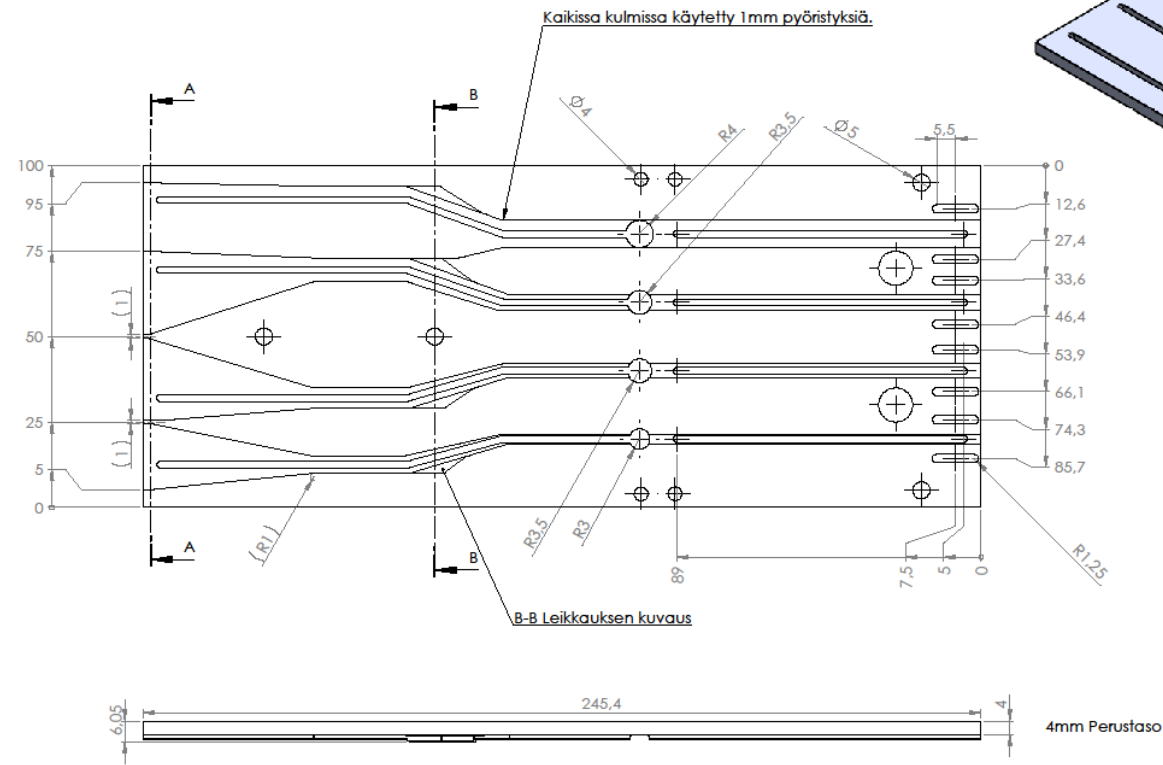
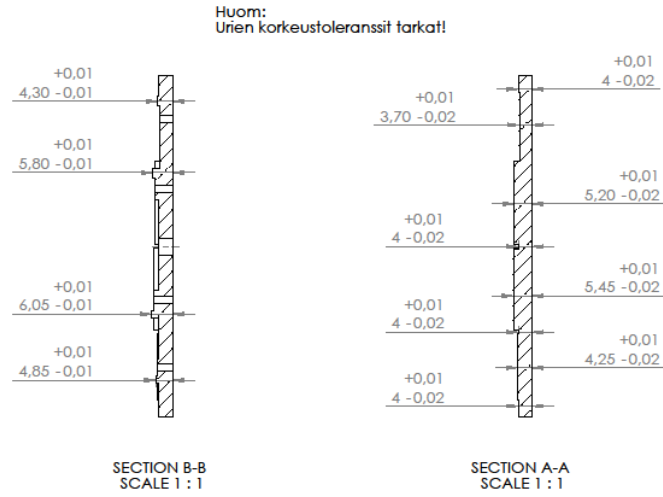
Insinööriyöhön liittyvä käytännön osuus suoritettiin kevään 2012 aikana sekä työn kirjallinen raportointi syksyn 2012 aikana. Työn suunnittelun sekä prototyypilaitteen valmistuksen tein itsenäisesti. Työn toimeksiantajan tavoitteena on tehdä filtereiden tarkistuslaitteeseen tässä työssä todetut tarvittavat jatkokehitystyöt ja saada laite tuotantoprosessiin käyttöön.

LÄHTEET

1. Esa Hietikko 2007, Autodesk Inventor
2. Esa Tuhola & Kristiina Viitanen, 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä
3. Tommi Keinänen/Pentti Kärkkäinen, Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka,
4. CX-One ja logiikkaohjelmointi NRO:041-FIN-6
5. Vibratec Oy:n kotisivut, luettu 14.10.2012 [www.dokumentti],
<http://www.vibratec.fi/sivut/pienosa.htm#malja>
6. Vibratec Oy:n kotisivut, luettu 14.10.2012 [www.dokumentti],
<http://www.vibratec.fi/sivut/pienosa.htm#gl>
7. Biohit oy:n käytössä oleva puhtaantilan sopimus. Ei julkinen. (SOP 6-004-004)
8. SolidWorks Oy:n kotisivut, luettu 6.9.2012 [www.dokumentti],
<http://www.solidworks.com/>

LIITTEET

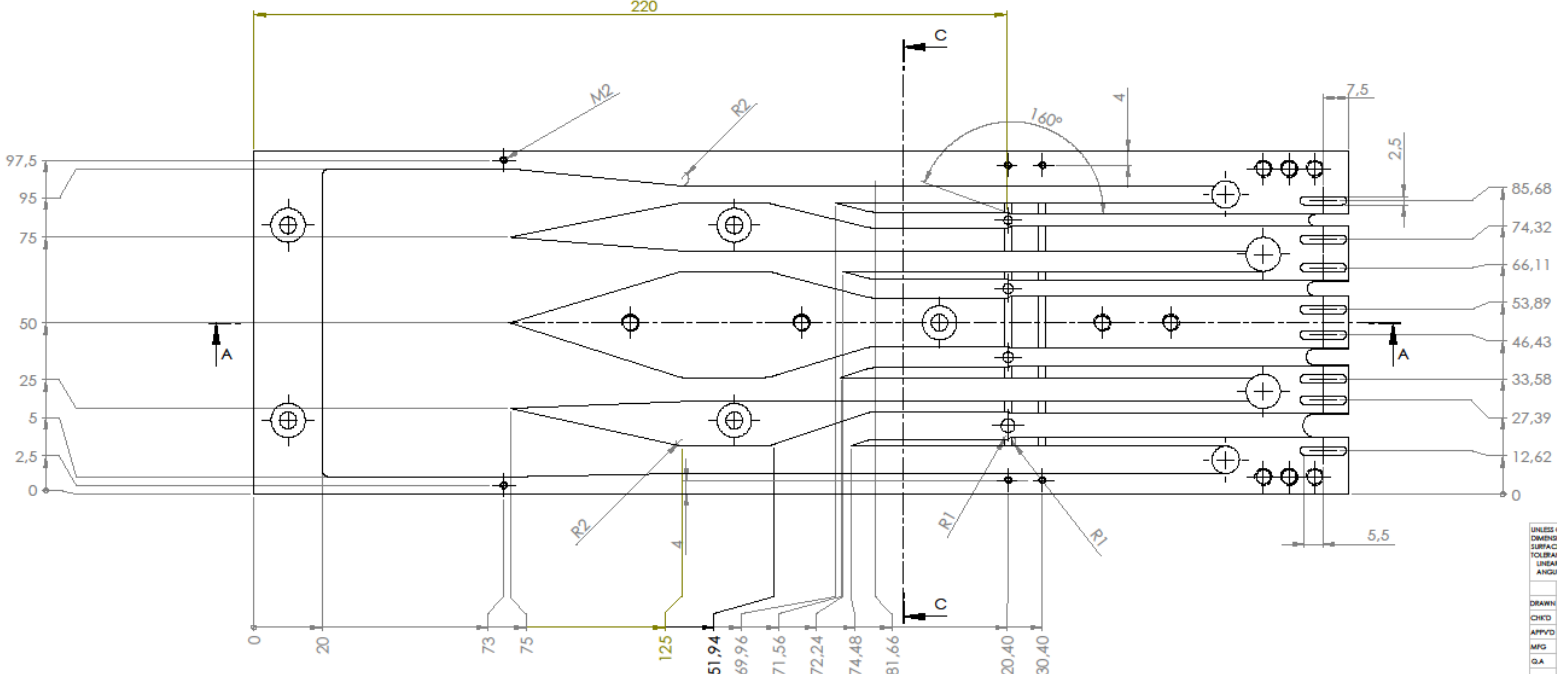
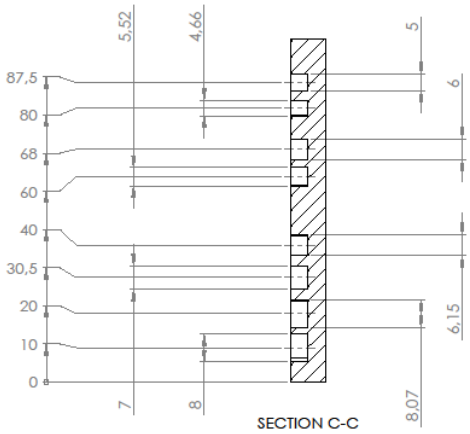
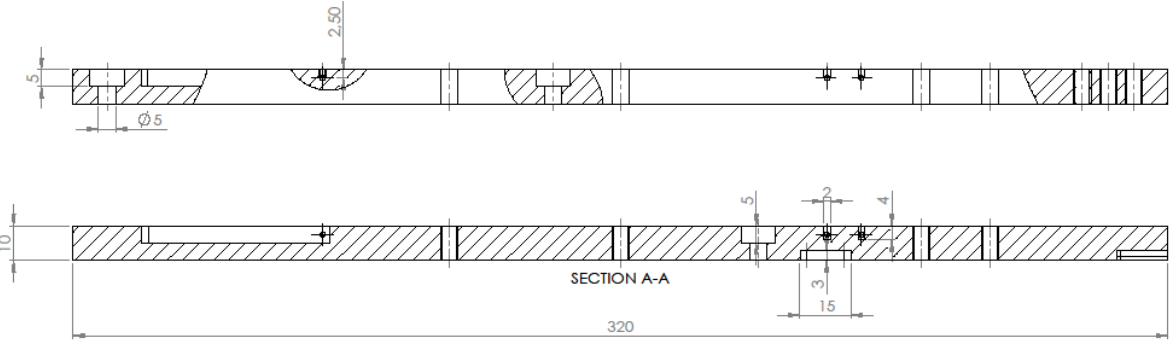
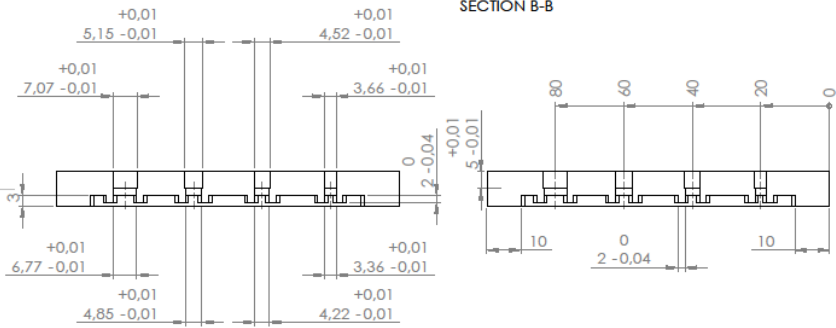
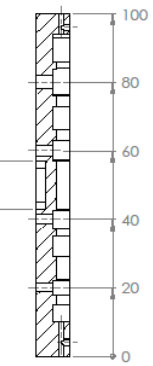
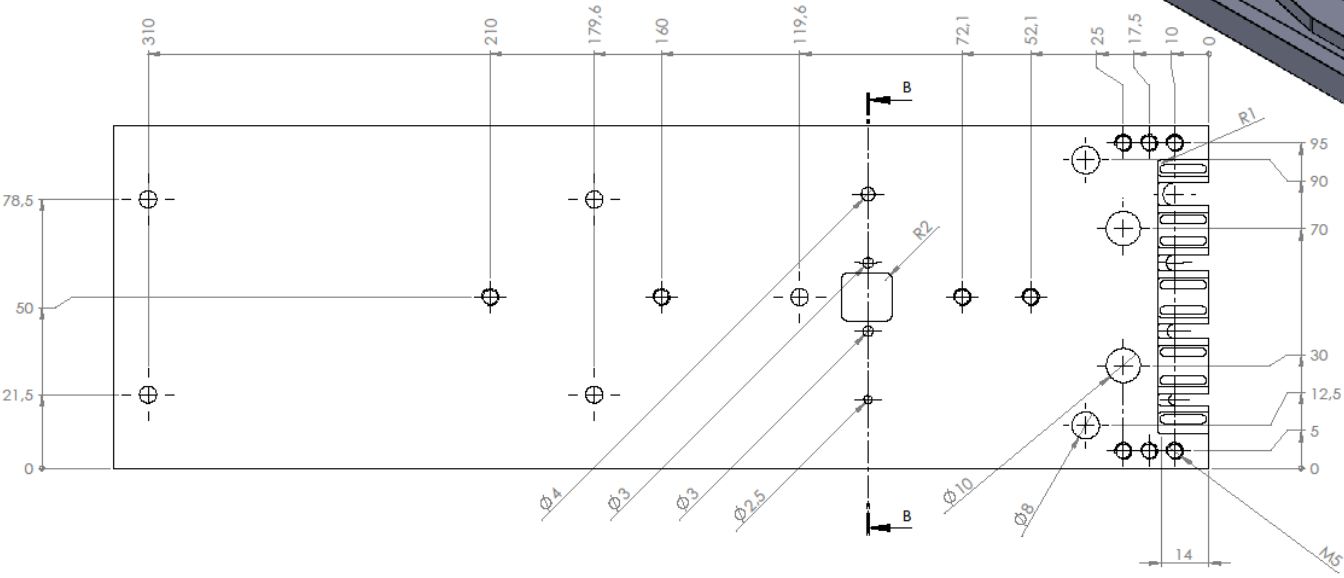
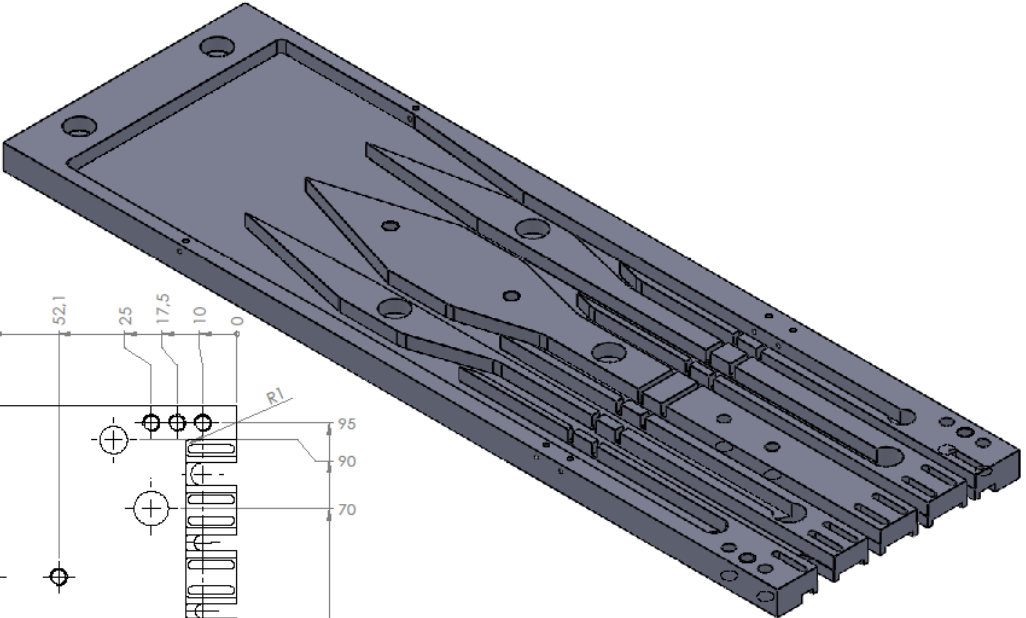
1. Filttäreiden tarkistuslaitteen kansiosan 2D-piirustus
2. Filttäreiden tarkistuslaitteen uralevyn 2D-piirustus
3. Filttäreiden tarkistuslaitteen uralevynkiinnikkeen 2D-piirustus
4. Filttäreiden tarkistuslaitteen kiilan 1. 2D-piirustus
5. Filttäreiden tarkistuslaitteen kiilan 2. 2D-piirustus
6. Filttäreiden tarkistuslaitteen kiilan 3. 2D-piirustus
7. Filttäreiden tarkistuslaitteen kiilan 4. 2D-piirustus
8. Filttäreiden tarkistuslaitteen ulosottokaukalon 2D-piirustus
9. Filttäreiden tarkistuslaitteen sylinterinkiinnikkeen 2D-piirustus
10. Filttäreiden tarkistuslaitteen tappienaluslevyn 2D-piirustus
11. Filttäreiden tarkistuslaitteen tapin 2.3 2D-piirustus
12. Filttäreiden tarkistuslaitteen tapin 2.8 2D-piirustus
13. Filttäreiden tarkistuslaitteen tapin 3.8 2D-piirustus
14. Filttäreiden tarkistuslaitteen logiikan ohjelma



Huom:
Urien leveydellä kannessa ei ole tarkkoja toleransseja,
kunhan kansi mahtuu Lineaarilevyn paikalleen!

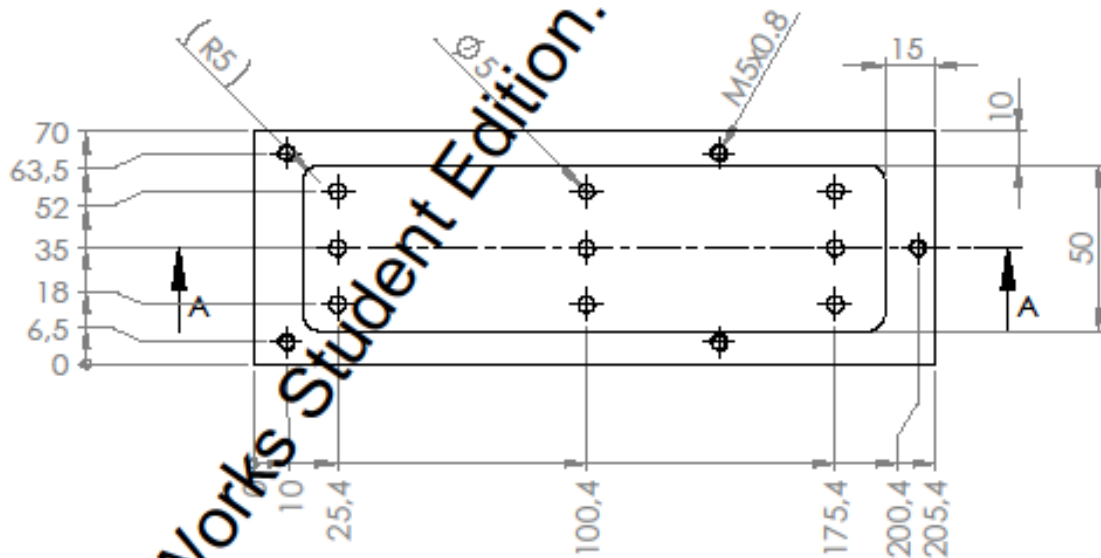
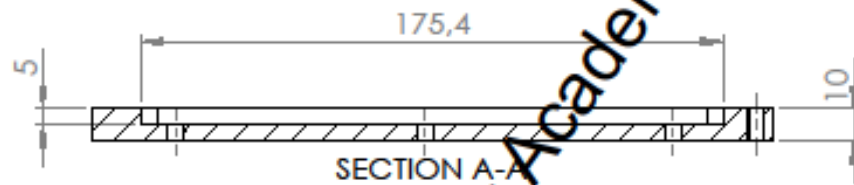
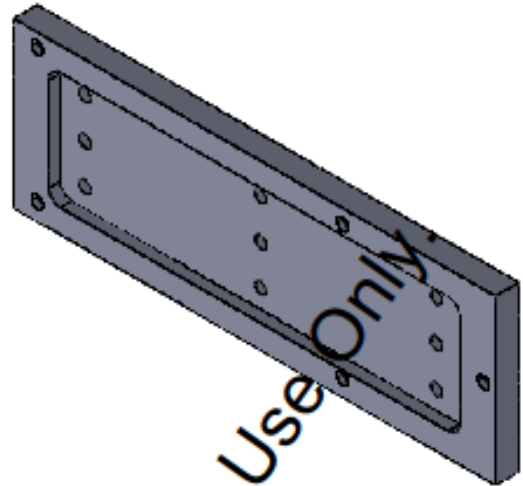
SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES: ISO 2768-F LINEAR: ANGULAR:		FRG:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWING:			TITLE:		
NAME	SIGNATURE	DATE			
CHEK					
APPV					
MFG					
QA					
MATERIAL: Al			DWG NO. Kansi	A1	
WEIGHT:			SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1	

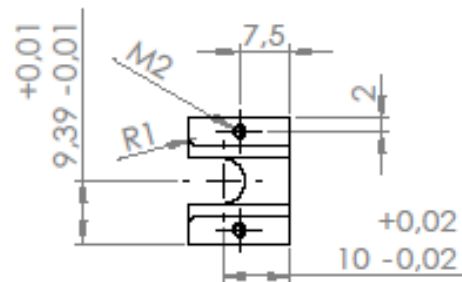
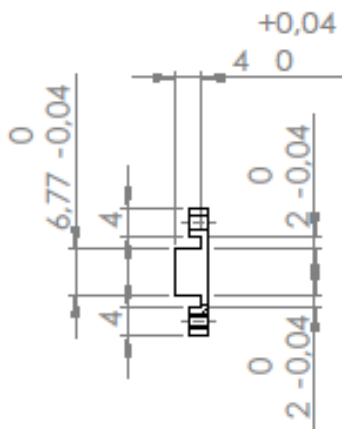
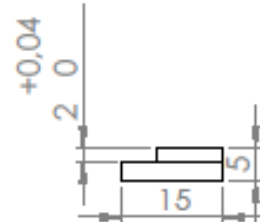
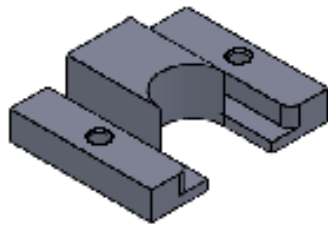


SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only.

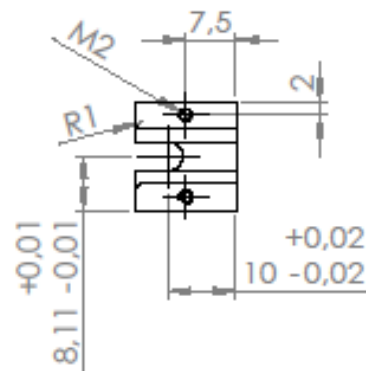
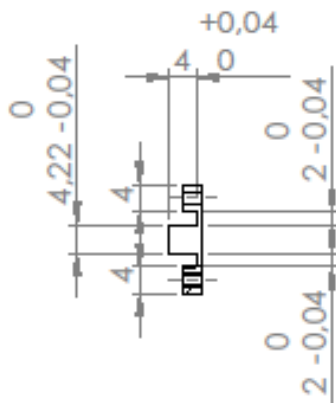
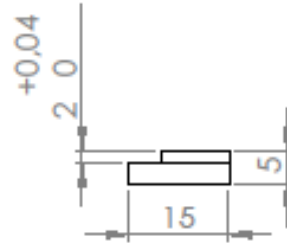
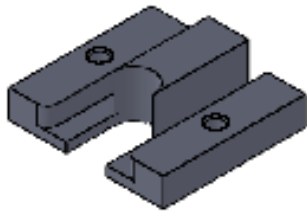
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-F LINEAR: ANGULAR:			FINISH	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN: _____				NAME: _____		TITLE: _____
CHECKED: _____				SIGNATURE: _____		DATE: _____
APPROVED: _____				DATE: _____		SCALE: 1:1
MATERIAL: Al				DWG NO: Linearilevy		SHEET 1 OF 1
WEIGHT: _____				SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						1kpl			
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE	
CHKD									
APPVD									
MFG									
G.A				MATERIAL:		Al		DWG NO. Lineaaritärykiinnike ^{A4}	
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-M LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
						1 kpl	
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:				
DRAWN			<h1 style="text-align: center;">SolidWorks Student Edition.</h1> <h1 style="text-align: center;">For Academic Use Only</h1>				
CHK'D							
APP'VD							
MPG							
QA							
WEIGHT:				SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1		

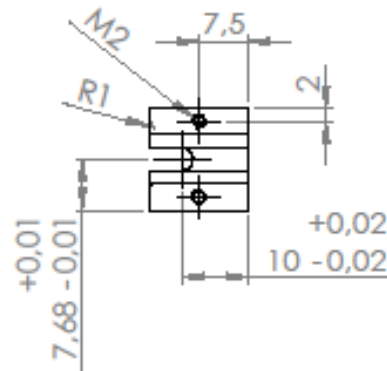
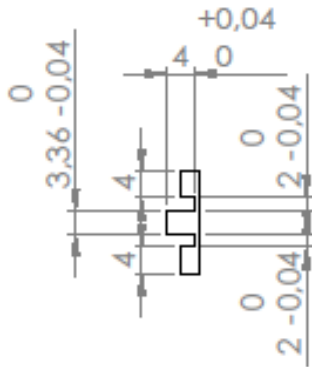
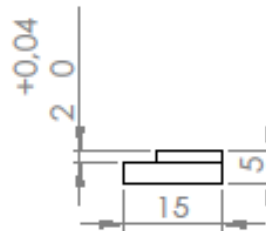
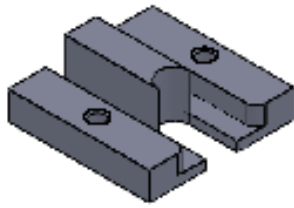


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-f LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
					1 kpl	
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			<h1 style="text-align: center;">SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only</h1>			
CHKD						
APPVD						
MFG						
Q.A						
WEIGHT:			SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1		

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only**

Kuva 3

A4



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: ISO 2768-f
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

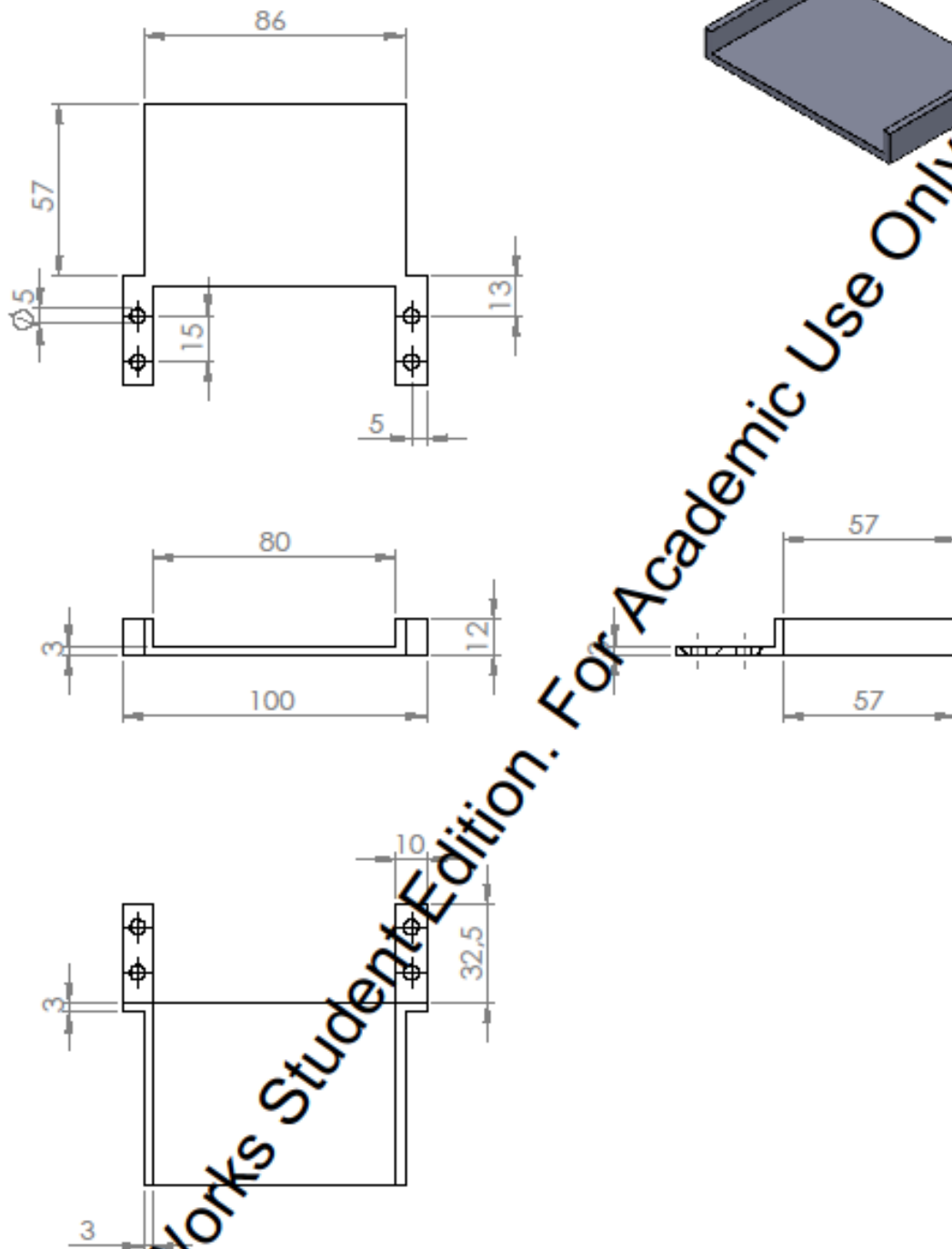
REVISION

1 kpl

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHKD					
APPVD					
MFG					
Q.A.					
				WEIGHT:	

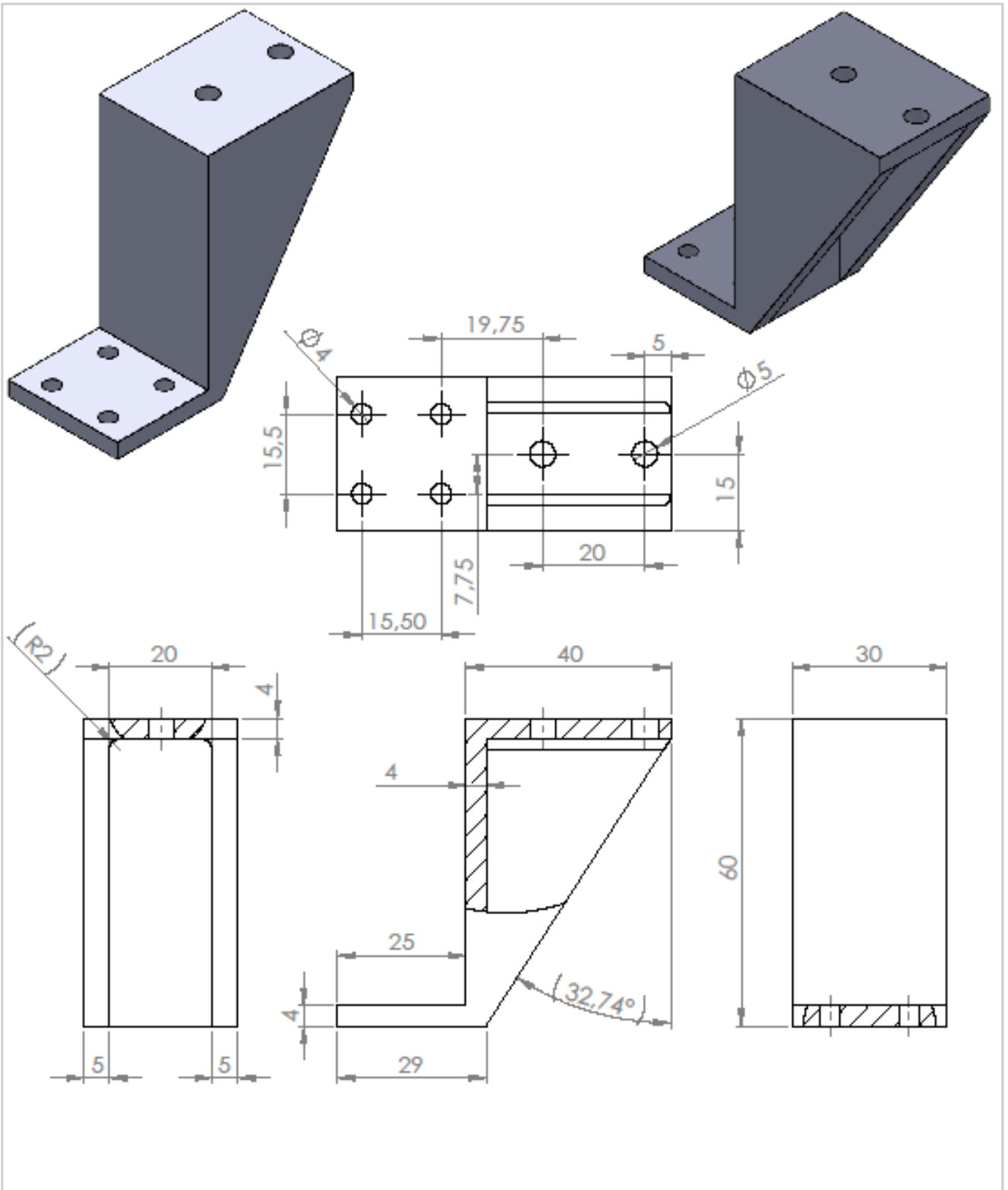
TITLE:		SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1
DW			
A4			

**SolidWorks Student Edition.
For Academic Use Only**

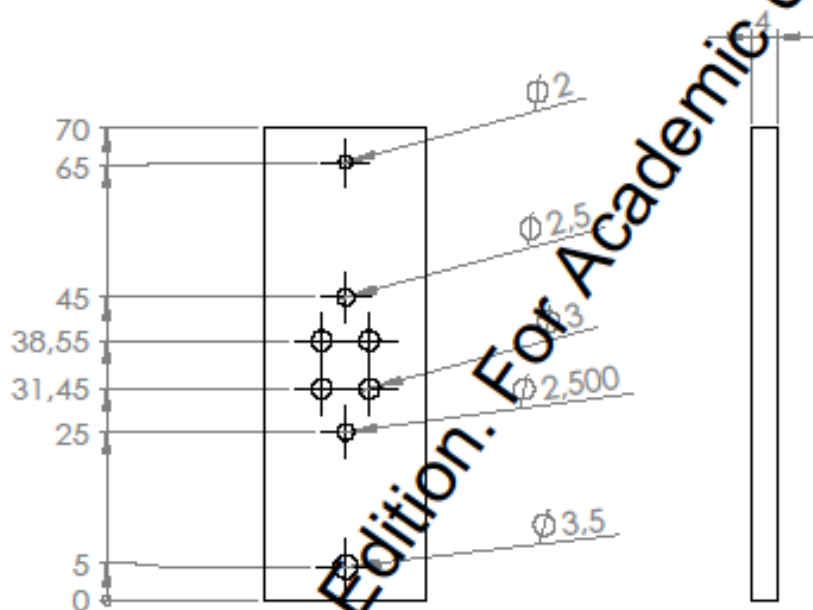


SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-f LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		1 kpl			
NAME				SIGNATURE		DATE		TITLE:	
DRAWN									
CHKD									
APP'VD									
MFG									
G.A.				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				Al		Ulosottokaukalo			
				WEIGHT:		SCALE:1:2		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
					1Kpl	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
CHKD	<h1>SolidWorks Student Edition.</h1> <h2>For Academic Use Only</h2>					
APPVD						
MFG						
QA						
					SCALE:1	SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES: ISO 2768-M
 LINEAR:
 ANGULAR:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

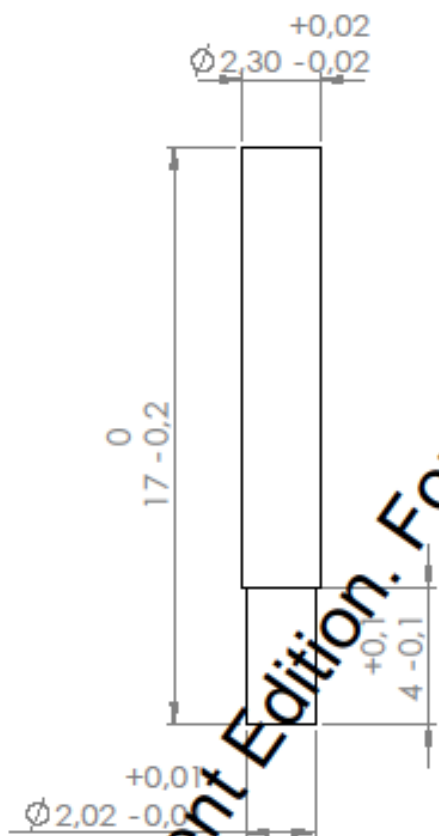
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

1 kpl

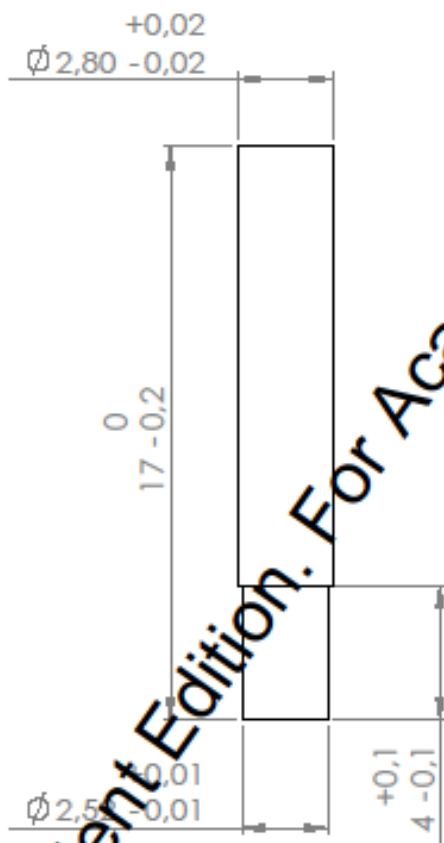
	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHKD					
APPVD					
MFG					
G.A				MATERIAL:	
				Al	
				WEIGHT:	

TITLE:	
DWG NO.	Tappien aluslevy
SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1
	A4



SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-f. LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
								1 kpl			
								TITLE:			
DRAWN				SIGNATURE		DATE					
CHKD											
APPVD											
MFG											
Q.A								MATERIAL: AI		DWG NO. Tappi 2,3	
								WEIGHT:		SCALE:1	
										SHEET 1 OF 1	
										A4	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES: ISO 2768-f
 LINEAR:
 ANGULAR:

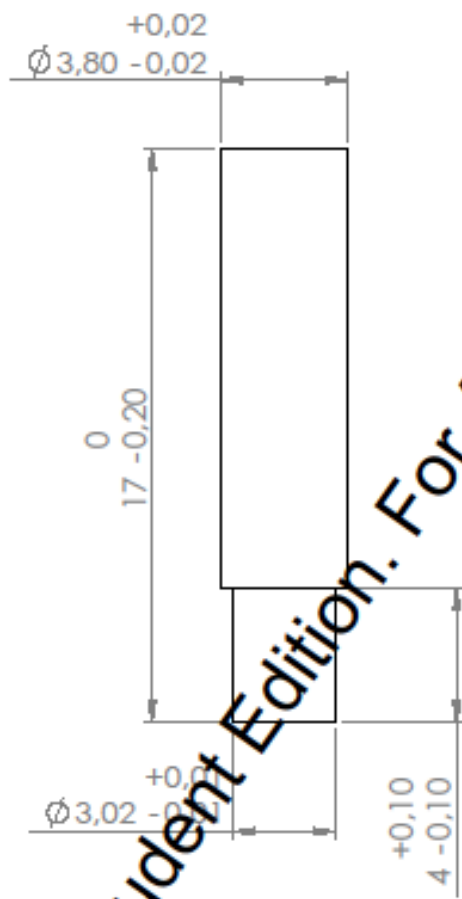
DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

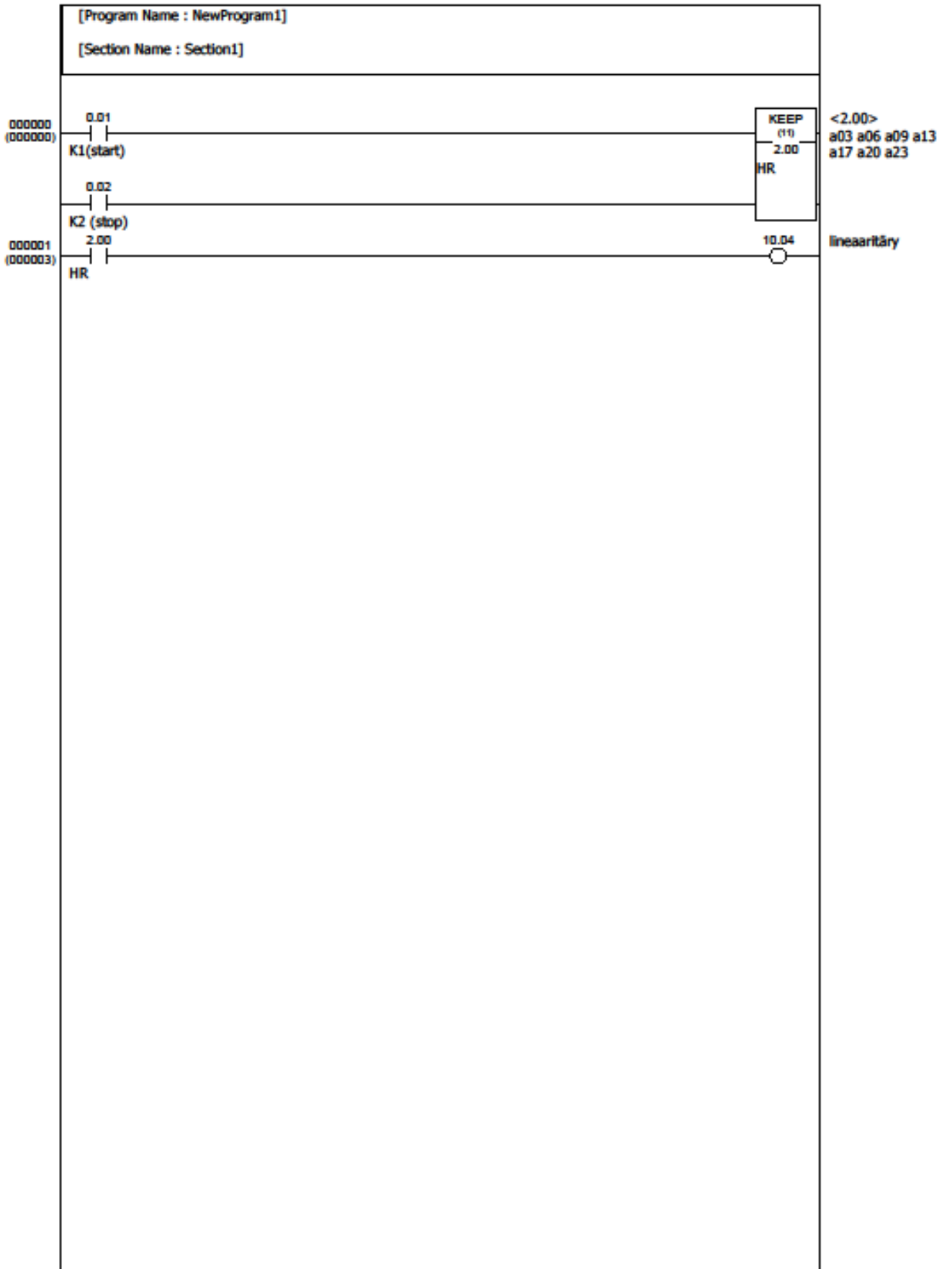
NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APP'VD		
MFG		
QA		
MATERIAL: Al		
WEIGHT:		

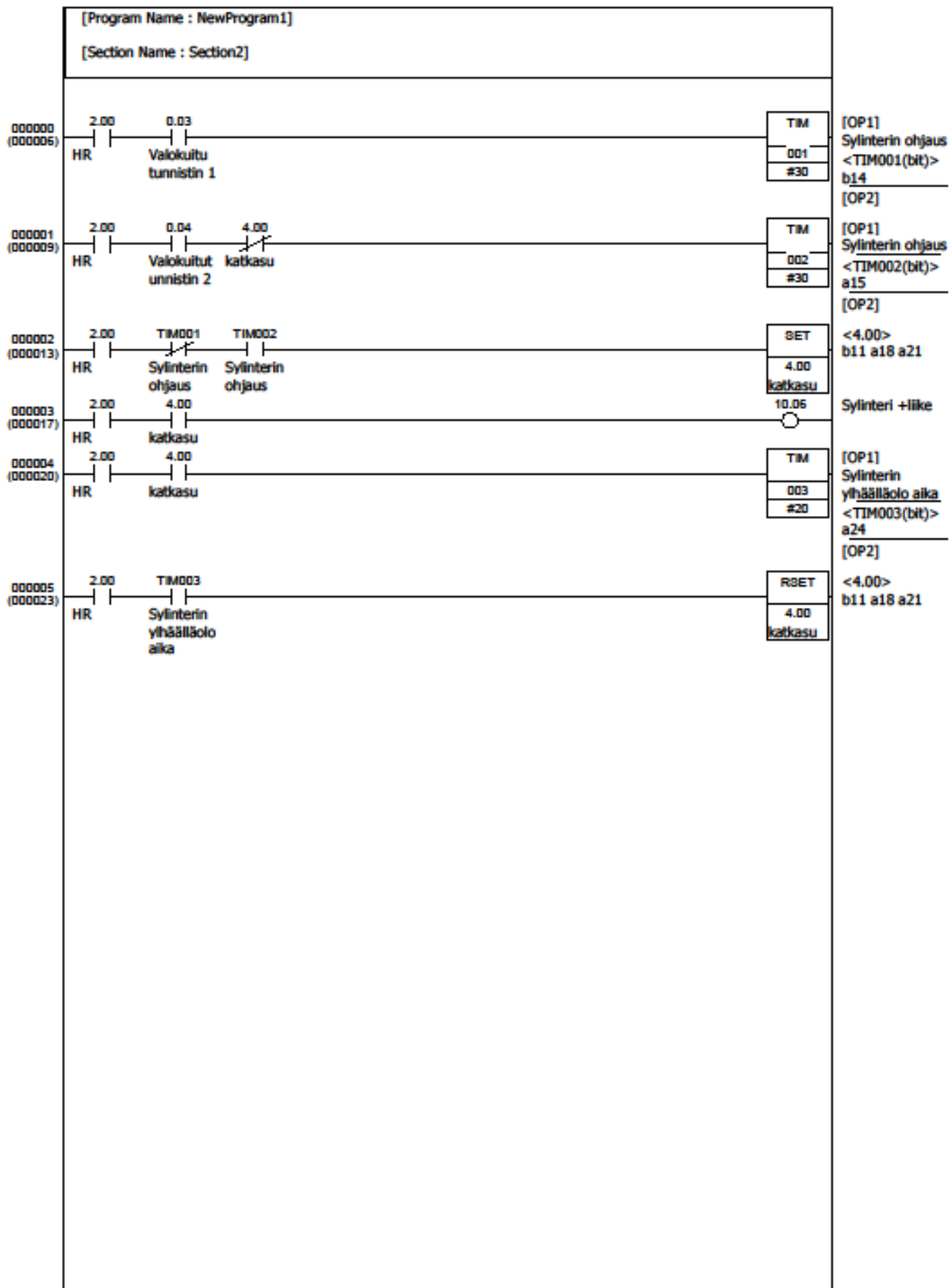
TITLE: 2 kpl		DWG. NO. Tappi 2,8	A4
SCALE: 1		SHEET 1 OF 1	



SolidWorks Student Edition. For Academic Use Only.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: FINISH: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: ISO 2768-M LINEAR: ANGULAR:				DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
						1 kpl			
						TITLE:			
DRAWN									
CHKD									
APP'VD									
MPG									
Q.A.				MATERIAL:		DWG NO.		A4	
				Al		Tappi 3,8mm			
				WEIGHT:		SCALES:1		SHEET 1 OF 1	





[Program Name : NewProgram1]

[Section Name : END]

000000
(000027)

END
(01)