

Ville Viinikka

Tuotantokoneen luotettavuuden parantaminen

Insinööri (AMK)

Kone- ja
tuotantotekniikka

Kevät 2016



KAJAANIN
AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Viinikka Ville

Työn nimi: Tuotantokoneen luotettavuuden parantaminen

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), kone- ja tuotantotekniikka

Asiasanat: Tuotantokone, luotettavuus, 3D-suunnittelu, konetekniikka, staattinen sähkö, solidworks

Tämä insinöörityö toteutettiin nesteannostelutuotteita suunnittelevan ja valmistavan Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n toimeksiannosta. Tehtävänä oli parantaa muovituotannon puolella pipettien kertakäyttökärkien valmistuksessa käytettävän filtterikoneen luotettavuutta sekä kehittää laitteen toimintaa. Filtterikoneen tarkoituksena on automaattisesti asentaa filterit pipettien kertakäyttökärkien sisään. Kehityskohteeksi valittiin ruiskuvalumuovituotannon yhdessä solussa käytössä oleva filtterikone FT100, jonka kehittämistä, uudelleensuunnittelua ja parannusten käyttöönottoa insinöörityö sisälsi.

Laitteen uusien ja vanhojen osien uudelleensuunnittelussa käytettiin SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmaa. Osien ja kokoonpanojen valmistuksessa hyödynnettiin Sartorius Biohitin koneistamo, jossa osat teetettiin vaadittujen spesifikaatioiden mukaisesti. Muovipuolen tuotannossa esiintyy merkittävästi staattista sähköä, jonka vaikutusta pyrittiin eliminoimaan hyödyntämällä ESD-suojauksia, materiaalivalintoja ja ionisaattoreita.

Lopputuloksena luotettavuuden parantaminen onnistui, ja kone toimi toteutettujen parannusten jälkeen huomattavasti aiempaa paremmin. Koneen tehokkuutta olisi mahdollista parantaa vielä erinäisillä muilla muutoksilla, jotka kuitenkin ovat vielä suunnitteluasteella. Filtterikoneiden erilaisuuden vuoksi niissä kaikissa on erityyppiset puutteet ja ongelmat, mutta yhteen koneeseen tehtyjen parannusten ja testausten pohjalta uusia menetelmiä voidaan soveltaa myös muihin filtterikoneisiin.

ABSTRACT

Author(s): Viinikka Ville

Title of the Publication: Improving the Reliability of a Production Machine

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical and Production Engineering

Keywords: Production machine, reliability, mechanical engineering, development, 3D modeling, solidworks

This Bachelor's thesis was commissioned by the company Sartorius Biohit Liquid Handling Oy – a leading international pharmaceutical and laboratory equipment supplier. The thesis was executed for the manufacturing department of disposable pipette tips with the objective of improving the functioning and efficiency of one specific filter machine, FT100. The purpose of the filter machine is to automatically assemble a filter inside a disposable pipette tip. The thesis included improving, re-designing and bringing this filter machine into use.

SolidWorks 3D-modeling software was used for re-designing the old parts and creating new parts for the filter machine. The construction of parts and assemblies took place in Sartorius Biohit's own machining premises. For eliminating static electricity which is a major issue in the processes of the plastic department, ESD protection, proper materials and ionizers were utilized.

As a conclusion the reliability of the filter machine was improved and the functioning of the machine was considerably better after the new adjustments and improvements. The efficiency of the machine could be further improved by some other changes which, however, are still in their designing stage. Although all the filter machines in the plastic production department are different and have their own malfunctions, the new techniques based on the results of this thesis can be adapted to other filter machines as well.

ALKUSANAT

Toteutin insinööriyöni Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:lle. Työn tilaajana oli kunnossapitoinsinööri Vesa Virtanen. Työ käsittelee muovipuolen yksittäisen tuotantokoneen toiminnan ja luotettavuuden parantamista, joka kuitenkin vaikuttaa koko solun ja robottien toimintaan. Insinööriyön aiheena ja tavoitteena oli filtterikoneen luotettavuuden parantaminen.

Erittäin suuri kiitos Vesa Virtaselle, joka antoi työn aiheen ja auttoi työn aikana monin eri tavoin. Kiitoksia asentajille, kunnossapidolle sekä Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:lle. Kiitos kuuluu myös ohjaaja Pekka Juntuselle, joka auttoi insinööriyön aiheen etsimisessä ja suositteli tiedustelemaan opinnäytetyötä kyseiseltä yritykseltä.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 LÄHTÖTILANNE	3
3 TYÖN TAVOITE	7
4 FILTERIKONEEN TOIMINTA JA PROSESSI.....	8
4.1 Filterikoneen prosessi	9
4.2 Filterikoneen rakenne	10
5 3D-SUUNNITTELU	13
5.1 3D-mallintaminen	13
5.2 SolidWorks.....	14
5.3 3D-mallintamisen perusteet	14
5.4 3D-mallintaminen käytännössä	15
5.4.1 Sketsi	16
5.4.2 Kokoonpano.....	17
5.4.3 Räjätyskuvat ja värien käyttö	17
5.5 3D-mallinnusmenetelmät.....	18
5.6 2D-piirustukset ja 3D-mallit	19
6 STAATTINEN SÄHKÖ.....	20
6.1 Staattisen sähkön synty.....	20
6.2 Staattisesta sähköstä johtuvat ongelmat ja vaarat.....	20
6.3 Materiaalien luokittelu	21
6.4 Staattisen sähkön ehkäisy ja suojaus	21
6.4.1 Ympäristön kosteuden vaikutus	22
6.4.2 Ilmaionisaattorit.....	22
6.4.3 Muut ehkäisevät toimenpiteet	23
7 FILTERIKONEEN TOIMINTAHÄIRIÖT	25
7.1 Filterikoneen toimintahäiriöiden seuraaminen	25
7.2 Käyttäjähaastattelut	25
7.3 Filterikoneen häiriöt.....	26
7.4 Häiriöt ja niiden syyt	26
7.4.1 Annostelulaitteen ongelmat.....	27

7.4.2	Filttereiden kulkeminen	27
7.4.3	Ympäristön aiheuttamat ongelmat	27
8	ANNOSTELUKOKOONPANON MUUTOSTYÖ	28
8.1	Filttereiden annostelu ennen muutostyötä	28
8.2	Uusi annostelukokoonpano	29
8.2.1	Annostelukokoonpanon suunnittelu	29
8.2.2	Annostelukokoonpanon räjäytyskuva	31
8.2.3	Annostelukokoonpanon osat ja materiaalit	32
8.2.4	Annostelukokoonpanon valmistus ja kasaaminen	33
9	FILTTEREIDEN KULKUUN VAIKUTTAVAT MUUTOSTYÖT	35
9.1	Lineaaritärin suojalevy	35
9.2	Uusi suojalevy	35
9.3	Tökkimistökalu	38
9.4	Ionisaattorin asennus	40
9.4.1	Alkuperäinen ionisaattori	40
9.4.2	Uuden ionisaattorin asennus	40
10	YMPÄRISTÖN AIHEUTTAMIEN ONGELMIEN MUUTOSTYÖT	41
10.1	Alkuperäinen filterikoneen solu	41
10.2	Solumuutos	42
10.3	Huoltoaukon asennus	43
10.4	Ejektorien suodattimet	44
10.5	Suojaus	45
11	MUUT KEHITYSTYÖT	46
11.1	Käyttöohjeet	46
11.2	Taskun ja työkaluhyllyn suunnittelu	46
11.3	Matriisin kelkan muutostyö	48
11.3.1	Ledien vaihto	48
11.3.2	Kelkan reiät	49
11.4	Filterikoneen säilytyspaikka	50
12	JATKOKEHITYSKOhteita	51
12.1	Machine Track -seurantaohjelma	51
12.2	Filterikoneen paikka	52

12.3	Filterikoneen syöttökaukalon parannus	52
12.4	Staattista sähköä poistavat ratkaisut.....	53
12.4.1	Filterikoneen säiliö	53
12.4.2	Filterikoneen alusta	53
13	TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU	54
13.1	Annostelukokoonpano	54
13.2	Filtereiden kulkeminen.....	55
13.3	Ympäristön aiheuttamat ongelmat	56
13.4	Tulosten tarkastelu	57
14	YHTEENVETO	58
	LÄHTEET	59
	LIITTEET	

TERMI- JA LYHENNELUETTELO

CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (<i>Computer-aided Design</i>)
EPA	Staattiselta sähköltä suojattu alue (<i>ESD Protected Area</i>)
ESD	Sähköstaattinen purkaus (<i>Electrostatic discharge</i>)
FILTTERI	Pipetin kertakäyttökärkeen asennettu suodatin (Suodatin)
HEPA	Ilmansuodatintyyppi (<i>High Efficiency Particulate Air filter</i>)
OEE	Kokonaistehokkuus (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>)
PC	Polykarbonaattimuovi (<i>Polycarbonate</i>)
PVC	Polyvinyylikloridimuovi (<i>Polyvinyl Chloride</i>)
TIPPI	Pipetin muovinen kertakäyttökärki

1 JOHDANTO

Biohit Oyj on professori Osmo Suovaniemen vuonna 1988 perustama yhtiö, jonka tavoitteena on edistää tutkimusta, lääketiedettä ja ihmisten hyvinvointia. Biohit Oyj myi nesteannosteluliiketoimintansa Sartoriukselle joulukuussa 2011, jonka jälkeen Biohitin nesteannosteluliiketoiminnan nimeksi tuli Sartorius Biohit Liquid Handling Oy. Biohit Oyj toimii vielä omana bioteknologiayrityksenään, joka on erikoistunut tuotteisiin ja järjestelmiin, jotka edistävät ruoansulatuskanavan sairauksien diagnostiikkaa ja ennaltaehkäisyä. Sartorius on johtava kansainvälinen laboratorio- ja prosessiteknologiaa tarjoava yritys, jonka ydinliiketoimintaa ja osaamisalueita ovat bioteknologia ja mekatroniikka. [1, s. 2, 2.]

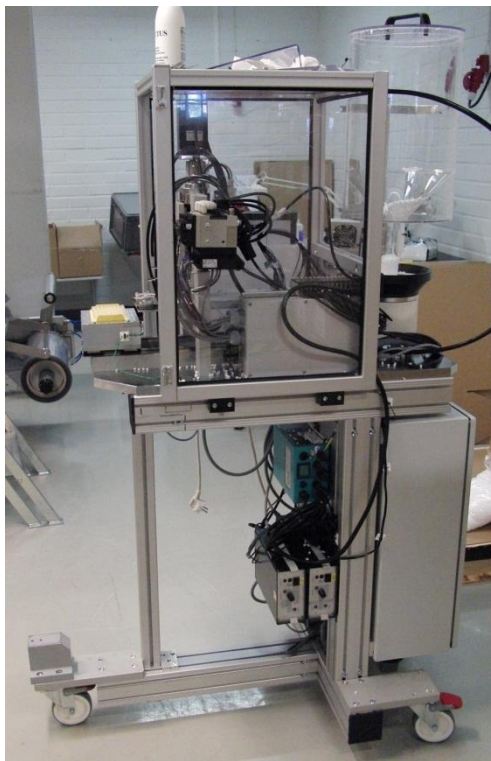
Sartorius Biohit Liquid Handling Oy on yritys, joka kehittää, valmistaa ja myy nesteannostelutuotteita, kuten pipettejä ja kertakäyttöisiä pipetinkärkiä. Tuotteita käytetään maailmanlaajuisesti tutkimuslaitoksissa, yliopistoissa sekä terveydenhuollossa ja laboratorieteollisuudessa. Sartorius Biohitillä on Suomessa kaksi toimipaikkaa, jotka sijaitsevat Helsingissä ja Kajaanissa. Helsingissä sijaitsee yrityksen päätoimisto, tuotteiden suunnittelu ja pipettien muoviruiskuvaluosien tuotantotilat. Kajaanissa sijaitseva tuotantolaitos on erikoistunut nesteannostelijoiden kokoonpanoon ja muoviosien ruiskuvaluun. Kajaanin muoviosasto valmistaa pääasiassa pipettien kertakäyttökärkiä. Tuotantolaitoksessa on panostettu erityisesti ruiskuvalun, materiaalinkäsittelyn ja kokoonpanon automatisointiin. [1, s. 2.]

Tässä insinööriyössä perehdytään Kajaanin tehtaan muovituotannossa toimivan solun yksittäiseen tuotantokoneeseen. Solussa toimii ruiskuvalukoneita, robotteja ja filtterikoneita, joista tähän työhön kehityskohteeksi on valittu yksi filtterikone, tavoitteena parantaa sen toimintaa ja luotettavuutta. Filtterikoneen tehtävänä on asentaa filterit pipettien kertakäyttökärkien sisään. Toimeksiantajan kannalta tärkein tavoite oli filtterikoneen luotettavuuden parantaminen, sillä prosessin keskeytyminen on merkittävä haitta täysin automaattisesti valmistettavien tuotteiden valmistuksessa. Insinööriyön

ohjaajana toimii Sartorius Biohitin puolesta Vesa Virtanen ja Kajaanin ammattikorkeakoulun puolesta Pekka Juntunen.

2 LÄHTÖTILANNE

Aloitin insinööriyön tutustumalla Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n Kajaanin muovituotantoon, jossa valmistetaan automaattisesti pipettien kertakäyttökärkiä. Tämän jälkeen perehdyin tuotannon filtterikoneisiin ja filtteröintiprosessiin. Filtterikoneita käytetään muovipuolella filtereiden automaattiseen asentamiseen pipetinkärkiin. Valitsimme toimeksiantajan kanssa tuotannon kannalta tärkeimmän filtterikoneen, jonka toimintaa aloitin kehittämään ja parantamaan. Insinööriyöksi nimettiin aluksi filtterikoneen luotettavuuden parantaminen, mutta myöhemmin se muutettiin muotoon tuotantokoneen luotettavuuden parantaminen. Kuvassa 1 on alkuperäinen FT100-filtterikone, jonka valitsimme insinööriyötäni varten.



Kuva 1. Filtterikone FT100

Muovipuolella on yhdeksän robottisolua, ja niistä seitsemällä solulla valmistetaan erikokoisia ja -mallisia pipetin kärkiä. Kaksi muuta solua valmistavat automaattisesti pipetin kärkien laatikoita ja kansia. Jokaisessa solussa on robotteja, joiden tarkoitus on liikuttaa muoviosia. Solussa on myös vähintään yksi

ruiskuvalukone, joka valmistaa muoviosan. Tuotannossa on yhteensä kuusi filtterikonetta, joista kaikki ovat erilaisia. Kahdessa solussa filtterikone on integroitu osaksi solua. Yhtä solua kohden on kaksi filtterikonetta, jotka asentavat automaattisesti filtlerin pipetin kärkeen. Nämä koneet on tarkoitettu ainoastaan soluajoa varten. Kaksi muuta filtterikonetta on tarkoitettu käsiajoon, eli näissä koneissa filtteriin asentaminen tapahtuu käsin syöttäen.

Rami I -solussa integroitu filtterikone 1000/1200 asentaa 1000/1200 μ l pipetinkärkeen suodattimen. Kuvassa 2 on Rami I -solun filtterikone 1000/1200. Tämä filtterikone on ensimmäinen tuotantoon otettu solukäyttöinen filtterikone muovipuolella.



Kuva 2. Filtterikone 1000/1200

Rami II -solussa filtterikone FTR 10 asentaa 10 μ l kärkeen suodattimet. Filtterikone FTR 10 on muovipuolen tuotannon uusi filtterikone. Kuvassa 3 on esitetty filtterikone FTR 10.



Kuva 3. Filtrikone FTR 10

Rami I- ja Rami II -solujen sisälle on asennettu kiinteät filtrikoneet, joita ei voi liikutella. Rami I -solussa on 1000/1200 filtrikone, joka asentaa halkaisijaltaan 6,92 mm ja korkeudeltaan 5,00 mm kokoisia filttreitä. Rami II -solussa on filtrikone, joka asentaa 10 μ l kärkiin filttarit, joiden halkaisija on 1,90 mm ja korkeus 2,90 mm.

Simo-solulle on kaksi erillistä liikuteltavaa filtrikonetta: FT100 ja FT200/300. Simo-solussa filtrikoneet asentavat 100/200/300 μ l kärkiin suodattimet. FT100 ja FT200/300-filtrikoneet olivat alun perin lähes samanlaisia, ja niillä on sama valmistaja. FT100-koneella ajetaan halkaisijaltaan 4,37 mm ja korkeudeltaan 3,25 mm kokoisia filttreitä. FT200/300-koneella asennetaan halkaisijaltaan 5,00 mm ja korkeudeltaan 3,5 mm kokoisia filttreitä. Kuvassa 4 on filtrikone FT200, joka on asennettu Simo-soluun käytettäväksi.



Kuva 4. Filtrerkone FT200 Simo-solussa

Näiden soluaioon tarkoitettujen filterrikoneiden lisäksi muovipuolen tuotannossa käytetään käsiajoisia filterrikoneita. Käsiaioon tarkoitetut koneet ovat FT10 ja FT20. Nämä ovat ensimmäiset filteröintiprosessiin tarkoitetut koneet muovipuolella. Näitä filterrikoneita käytetään vielä tänäkin päivänä. Filterrikoneita kutsuttiin aikaisemmin filterinasettajiksi. FT10- ja FT20-koneilla on eri valmistaja, kuin muilla filterrikoneilla.

3 TYÖN TAVOITE

Insinööriyön tavoitteena oli FT100-filtterikoneen luotettavuuden parantaminen ja toiminnan kehittäminen. Toimeksiantajalle tärkeintä oli filtterikoneen vikojen korjaaminen, koska häiriön sattuessa filtterikoneeseen koko solun tuotanto keskeytyy. FT100-koneeseen tehtyjen parannusten ja kehitysten jälkeen yritys pystyy kopioimaan ja tekemään helposti samat, toimivat parannukset muihinkin filtterikoneisiin. Tavoitteena oli myös tehdä filtterikoneeseen käyttöohjeet, joiden avulla kone osattaisiin asentaa, käyttää ja huoltaa. Tämä insinööriyö toimii lisäksi siis hyvänä apuna koneeseen tutustuttaessa ja perehdyttämisessä sekä käyttöohjeena koneelle.

Ihanteellisessa tilanteessa filtterikone toimisi moitteettomasti siten, ettei siihen tulisi ylimääräisiä häiriöitä eikä sen ajoon tarvitsisi puuttua. Ainoastaan pakolliset huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet olisivat tällöin tarpeellisia. Filtterikoneen toiminta vaikuttaa koko tehtaan tuotantoon. Työn pääasiallinen tavoite on se, että OEE (Overall Equipment Efficiency) eli tuotantokoneiden ja Simo-solun kokonaistehokkuus nousisi. Samalla parannettaisiin koko tehtaan tuottoa ja tuotanto kokonaisuudessaan kehittyisi.

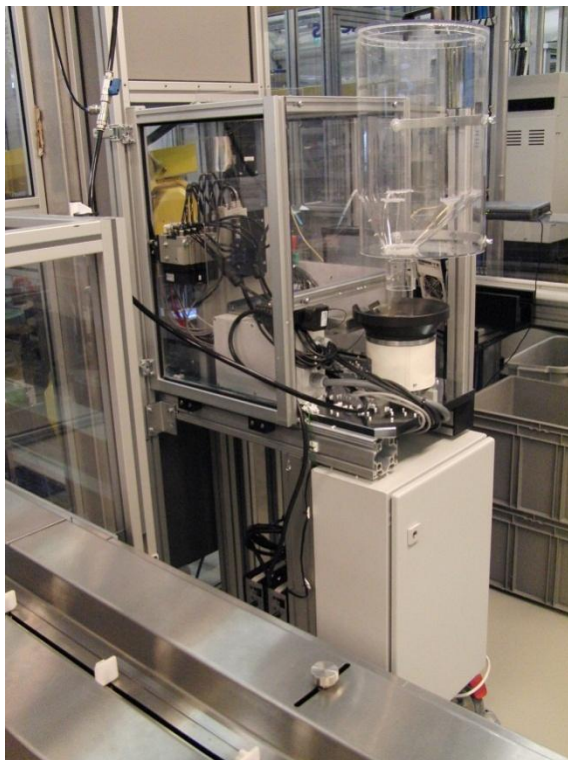
Työn toimeksiantajalla oli hyvin vähän tietoa filtterikoneista, koska valmistaja ei ollut tehnyt filtterikoneisiin käyttöohjeita, eikä kukaan ollut perehtynyt koneisiin tarkemmin. Filtterikoneet on tilattu mittatilaustyönä. Valmistajalla ei ole ollut mahdollisuutta testata koneita tuotantotiloissa ja tuotannossa, sillä filtterikonetta pystytään testaamaan realistisesti vain tuotannon ollessa käynnissä.

Insinööriyön tavoitteena oli perehtyä koneeseen niin hyvin, että voisin myöhemmin tämän työn avulla opastaa ja opettaa työntekijöitä käyttämään konetta. Tein filtterikoneesta myös käyttöohjeet, mutta rajasin ne pois insinööriyöstä. Tekemiäni käyttöohjeita voidaan käyttää perehdyttämiseen, filtterikoneen käyttöön opettamiseen ja huoltamiseen. Tämä työ toimii apuna myös ongelmatilanteessa tai häiriön poistajana. Tästä työstä voidaan kopioida tarvittavat parannukset muihin koneisiin.

4 FILTTERIKONEEN TOIMINTA JA PROSESSI

Filtterikone on tarkoitettu ainoastaan filtteröintiprosessia varten. Filtterikoneen tehtävä on asentaa filterit automaattisesti pipettien kertakäyttöisiin kärkiin. Filtterikoneet on tarkoitettu joko käsi- tai soluajoon. Filtterikone FT100 on tarkoitettu soluajoon, ja se kiinnitetään ajoa varten Simo-soluun. Filtterikone toimii automaattisesti solun tahdissa, kun filtterikone on kiinnitetty soluun ja kummatkin ovat käynnissä.

Lähtötilanteessa filtterikoneet FT100 ja FT200/300 olivat fyysisesti lähes samanlaisia. Koneille ei ollut käyttöohjeita. Kuvassa 5 filtterikone FT100 on kiinnitetty ja asennettu Simo-soluun, ja se on valmiina toimimaan solun tahdissa.



Kuva 5. Filtterikone FT100 Simo-solussa

4.1 Filtrikoneen prosessi

Filtrikoneessa on läpinäkyvä PC-muovista tehty varastosäiliö, johon asennettavat filtrit asetetaan ajoa varten. Varastosäiliöstä filtrit putoavat tärymaljaan, joka annostelee automaattisesti filtreitä lineaaritäryn syöttökaukaloon. Syöttökaukalo annostelee filtrit lineaaritärylle, jossa filtrit ajautuvat kahteentoista jonoon. Jonot on jaettu leveydeltään samaan mittaan kuin matriisissa olevat pipetin kärjet. Lineaaritäryssä filtrit muodostavat jonopaineen, joka kuljettaa filtreitä eteenpäin filtrikoneen päässä olevaan annostelulaitteeseen. Annostelulaite annostelee filtreitä matriisissa oleviin tippeihin. Matriisin kelkka liikkuu sitä mukaa eteenpäin, kun työntötapit työntävät filtrit tippeihin paikoilleen. Tämä toistuu niin kauan, kunnes matriisi on täynnä. Matriisissa on kahdeksan riviä tippejä, joihin jokaiseen on täytettävä sinne tarkoitettu filtri. Filtrikoneen jaksoaika määräytyy yhden matriisin täyttöajasta.

Filtrikone on ohjelmoitu toimimaan osana robottisolun työkiertoa täysin automaattisesti omalla laitekohtaisesti ohjelmoidulla logiikallaan. Robottisolulle on ohjelmoitu useampia ohjelmia eri tuotteiden ajoa varten. Filtröintiprosessin ajaksi solulle valitaan ohjelma, jossa robotti tuo matriisin filtrikoneelle ja antaa luvan filtröintiprosessia varten. Filtrikone täyttää matriisissa olevat tipit, jonka jälkeen robotti saa filtrikoneen logiikalta luvan vaihtaa tuotannosta tulevan uuden matriisin, sekä siirtää jo täytetyn matriisin pakkauslinjalle.

Filtröintiprosessissa käytettävät filtrit toimitetaan suoraan Kajaanin tuotantolaitoksen tuotantoprosessiin, jossa pakkaajat ja asentajat syöttävät filtrit filtrikoneeseen. Filtrit syötetään prosessiin suoraan alihankkijan pakkauksista suorittamatta erityistä tarkistusprosessia. Heikki Suutari suunnitteli ja teki opinnäytetyönä laitteen, joka pystyy tarkistamaan filtreiden tasalaatuisuuden ennen kuin ne syötetään filtrikoneeseen.

Tuotantoprosessissa on havaittu, että filtrikone menee vikatilaan useasta eri syystä. Yhdeksi merkittäväksi syyksi on havaittu epäkurantit filtrit. Filtreissä voi olla valmistusprosessin jäljeltä epämuodostumia, painaumuksia, roskia, viiltoja tai mittaheittoja sallittujen toleranssien ulkopuolella. Myös filtreistä irtoava hienoaine ja muruset ovat haitaksi prosessille. Kyseiset viat filtreissä

aiheuttavat filtteriointiprosessissa tukoksia ja epäpuhtautta, jolloin filtteriointiprosessi joudutaan keskeyttämään vian, tukoksen tai puhdistuksen ajaksi. Prosessin keskeytys on iso haitta tuotteen valmistuksen kannalta, koska tuotteet valmistetaan täysin automaattisesti.

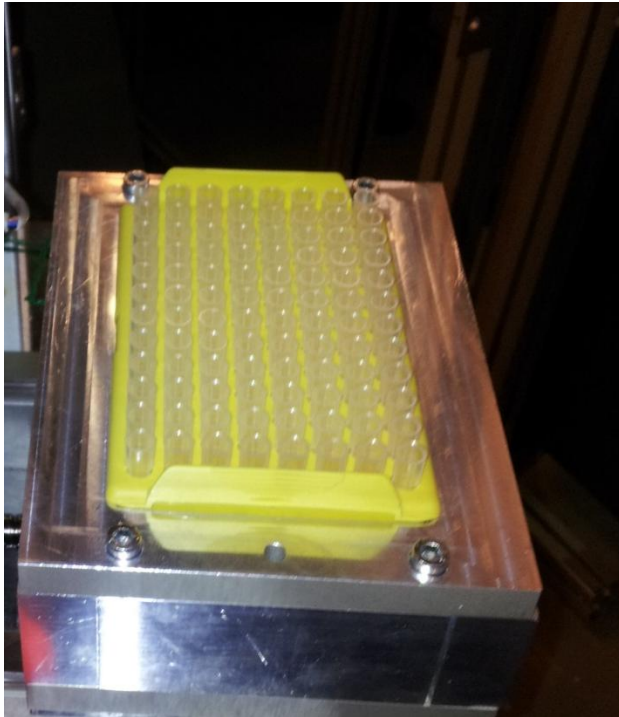
Muita syitä filtterikoneen häiriöihin ja vikatiloihin voivat olla käyttäjävirheet, koneen suunnitteluvirheet tai koneen tekniset puutteet. Myös tuotantotilan olosuhteet, kuten ilmankosteus ja koneen osien resistiivisyys, voivat vaikuttaa koneen toimivuuteen.

Filtteriointiprosessissa koko solun toiminta on täysin riippuvainen filtterikoneesta. Jos filtterikone pysähtyy tai filtteriointiprosessi keskeytyy, myös solu ja robotit pysähtyvät. Robottien ja ruiskuvalukoneiden jaksoaika on nopeampi kuin filtterikoneen, joten filtterikone on tuotannon ja Simo-solun pullonkaula. Filtterikoneen jaksoaikaa ei voida nopeuttaa helposti, mutta tavoitteena oli filtterikoneen luotettavuuden parantaminen ja tuotannon keskeytysten vähentäminen.

4.2 Filtterikoneen rakenne

Filtterikone seisoo omilla jaloillaan, ja jaloissa olevat pyörät mahdollistavat koneen liikuttamisen. Filtterikone tarvitsee paineilman, sähkönsyötön ja solunohjauksen soluajaja varten. Koneita voidaan käyttää myös käsiajossa, jolloin soluohjausta ei tarvita. Käsiajaja käytetään vain, jos halutaan testata laitetta tai valmistaa erittäin pieni tuotantoerä filtteriin sisältäviä pipetinkärkiä. Soluajossa kone on tarkoitettu ainoastaan Simo-soluun, johon se kiinnitetään sille tarkoitettuun paikkaan. Kone on kiinnitettävä tiukasti ja asennettava soluun oikein, jotta kone toimisi moitteettomasti. Solussa toimii neljä Fanuc-robotia, jotka tuovat ja vievät filtterikoneelle kärkimatriisin, kun kone on suorittanut filtteriointiprosessin. Solussa toimii myös kolme ruiskuvalukonetta, jotka valmistavat solussa kärkien pakkauslaatikon pohjan ja kannen sekä sinne menevän matriisin, johon pipetin kärjet asettuvat. Kuvassa 6 on keltainen matriisi

ja pipetin kärjet, joihin filtteriä painetaan. Matriisissa on 96 pipetin kärkeä eli tippiä.



Kuva 6. Matriisi ja tipit

Koneen käyttö vaatii ammattitaitoa ja koneeseen huolellisesti perehtymistä. Koneetta käynnistettäessä on tarkistettava kaikkien johtojen, kaapelien ja kiinnityksien liitännät. Robotista on tarkistettava ohjelma ja muut asetukset ennen ajoa. Käsiäjoa varten filtterikoneessa on oltava oikeat asetukset. Käsiäjossa on noudatettava erityistä varovaisuutta ja huomioitava liikkuvat osat sekä kontaminoituminen, jottei filtereihin pääse epäpuhtauksia. On huolehdittava myös, että syöttösäiliössä on aina filtereitä.

Koneen osat ja toimilaitteet:

- filttarikoneen solu
- filttarikoneen ohjauspaneelin näyttö
- sähkökaappi: logiikka, sulakkeet ja sähkönsyöttö
- täryt: lineaaritäry, maljatäry
- täryjen ohjausyksikkö
- filttareiden syöttösäiliö
- ejektorit
- filttareiden annostelukokoonpano
- paineilmayksikkö
- servo
- matriisikelkka

5 3D-SUUNNITTELU

5.1 3D-mallintaminen

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (*Computer Aided Design*) on muuttanut teknistä suunnittelua ja piirtämistä siten, että perinteinen käsin piirtäminen on loppunut lähes kokonaan. Tilalle ovat tulleet erilaiset suunnittelu- ja piirto-ohjelmistot. Tietokoneavusteinen suunnittelu on käsitteenä varsin laaja. Sillä voidaan tarkoittaa pelkkää luonnosten puhtaaksi piirtämistä kevyellä piirto-ohjelmalla tai tietokoneella tehtävää 3D-mallintamista. [3, s. 13.]

3D-suunnittelu eli tietokoneavusteinen suunnittelu on nykyajan teknistä suunnittelua, mallintamista ja piirtämistä. 3D-mallinnuksella tarkoitetaan erilaisten tuotteiden suunnittelua kolmiulotteisesti. Mallintamiseen voi liittyä esimerkiksi myös lujuuslaskentaa, törmäystarkastelua ja simulaatiota. [3, s. 13.]

Suunnittelutapana 3D-mallintaminen on kasvanut huomattavasti osuuttaan viime vuosien aikana ja yritykset ovat siirtyneet käyttämään yhä enemmän 3D-mallinnusohjelmia, sillä ne ovat tehokkaampia kuin vanhat 2D-ohjelmat. 3D-mallinnus mahdollistaa mallinnuksen ohella useita etuja, joita 2D-ohjelmat eivät pysty tarjoamaan. 3D-mallinnusta voidaan käyttää monipuolisesti tuotekuvien tekemiseen, mutta suurin hyöty saavutetaan, kun sitä käytetään osien yhteensovittamiseen ja rakenteen toimivuuden varmistamiseen. [3, s. 13.]

3D-mallinnusta hyödynnetään useilla eri aloilla, ja sen käyttöalue on erittäin laaja. Mallinnus pysyy pääperiaatteiltaan melko samanlaisena alasta riippumatta, mutta termistö ja mallinnusmenetelmät eroavat toisistaan eri aloilla. [3, s. 16.]

Tekniikan ja teollisuuden alalla käytetään muun muassa seuraavia ohjelmia:

- Autodesk® Inventor™
- SolidWorks
- SolidEdge
- Vertex G4
- Unigraphics
- Pro/ENGINEER
- Catia V5
- Design Modeller
- IronCAD

[3, s. 16.]

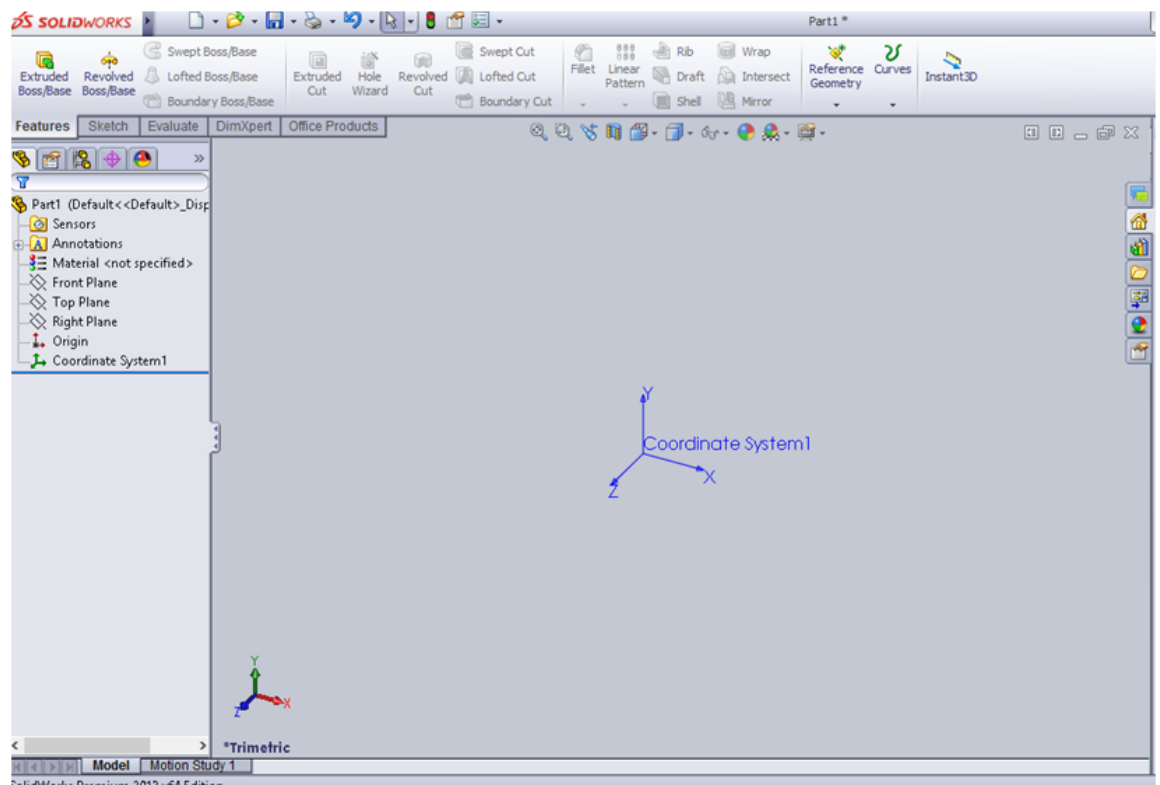
5.2 SolidWorks

SolidWorks on suunnitteluohjelmisto, joka on kehitetty kolmiulotteiseen tietokoneavusteiseen suunnitteluun, ja se mahdollistaa 3D-mallintamisen. Ranskalainen yritys Dassault Systems omistaa SolidWorks-mallinnusohjelman. Yritys on perustettu joulukuussa 1993. SolidWorks-ohjelmaa käyttää yli 2 miljoonaa tuotesuunnittelijaa ja -insinööriä, ja sitä käytetään noin 182 300 organisaatiossa ympäri maailmaa. SolidWorks panostaa tuotteidensa helppokäyttöisyyteen, jotta insinöörit, suunnittelijat ja muut alan asiantuntijat voivat luoda aiempaa parempia tuotteita 3D-ominaisuuksia tehokkaasti hyödyntäen. SolidWorks-ohjelmistoja hyödynnetään niin pienten muovituotteiden kuin myös suurten metsäkoneiden suunnitteluun ja kehittämiseen. SolidWorks-ohjelmiston käyttöä opetetaan Kajaanin ammattikorkeakoulussa. SolidWorks 3D-suunnitteluohjelma on käytössä myös Sartorius Biohitilla. [4.]

5.3 3D-mallintamisen perusteet

3D-mallinnus eli kolmiulotteinen mallinnus tarkoittaa suunnittelijan näkökulmasta sitä, että kappaleet, osat ja kokoonpanot näyttävät oikeilta ja niille annetaan kaikki ne fyysiset sekä mekaaniset ominaisuudet, jotka valmistettavalla tuotteella todellisuudessa on. Tuotteen suunnittelu toteutetaan kolmiulotteisessa

avaruudessa, joka koostuu x-, y- ja z-koordinaattiakseleista, ja se esitetään seuraavassa kuvassa. [3, s. 17.]



Kuva 7. SolidWorks-ohjelman normaali x-, y- ja z-koordinaattiakseli.

Koordinaattiakselit asettuvat tietokoneen näytölle siten, että x-koordinaattiakseli on näytön alareunan suuntainen, y-koordinaattiakseli näytön vasemman reunan suuntainen ja z-koordinaattiakseli osoittaa näytöstä ulospäin kohti suunnittelijaa. Nämä ovat kyseisen koordinaattiakselien positiiviset suunnat. [3, s. 17.]

5.4 3D-mallintaminen käytännössä

Mallinnus tapahtuu aina prosessina, joka pääpiirteittäin sisältää seuraavia vaiheita:

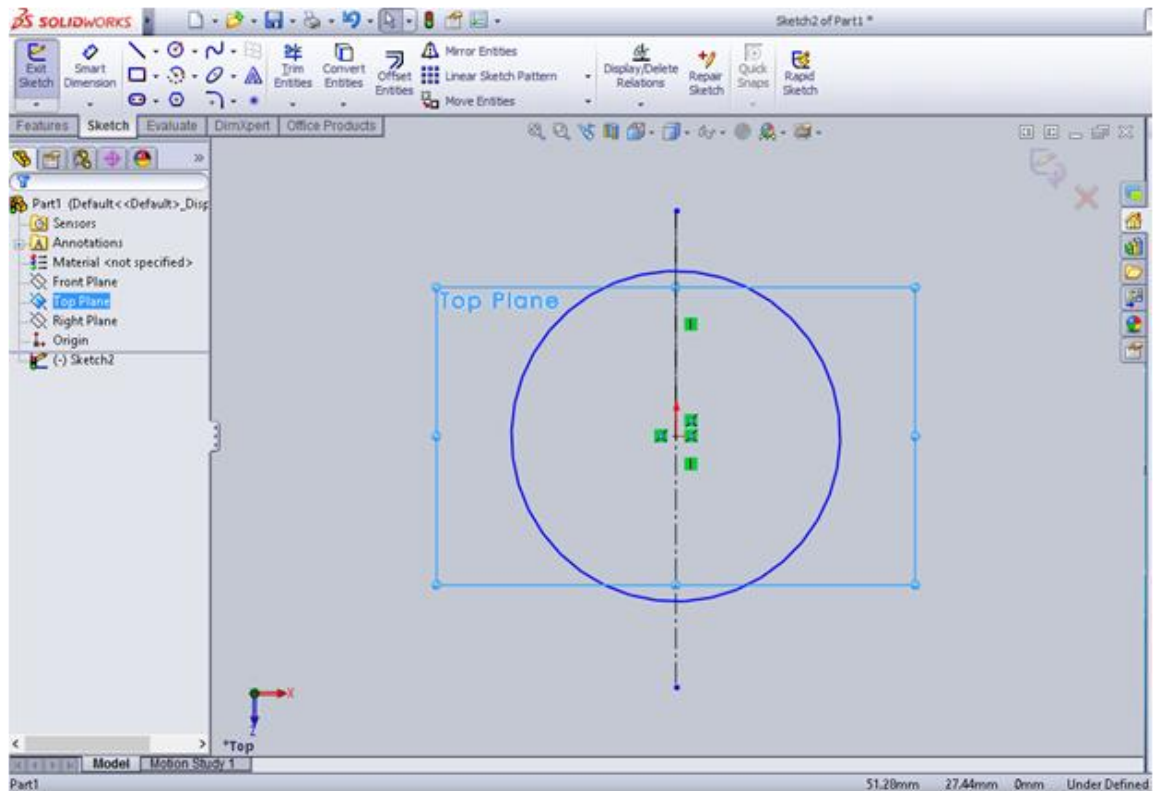
Lähtötiedot. Suunnittelijalla on idea, valmis luonnos tai jopa valmis tuote tai toimeksianto, jota hän lähtee toteuttamaan.

Esivalmistelu. Ohjelmaan syötetään asiakkaan pohjat ja tarvittavat määrittelyt.

Mallinnus. Suunnittelija tekee toimeksiannon pohjalta karkean luonnoksen eli sketsin, jonka jälkeen sketsistä luodaan malli. Kahta edellä mainittua vaihetta toistetaan, kunnes tuote on kokonaisuudessaan mallinnettu, eli siitä on tehty osamallit. Osamalleista taas tehdään kokoonpano. Kokoonpanosta ja osamalleista tuotetaan tarvittavat 2D-piirustukset tuotetietoineen ja osaluetteloineen. [3, s. 19.]

5.4.1 Sketsi

Sketsillä tarkoitetaan karkeaa piirrosta, jolla osa luodaan valmiiksi malliksi. Sketsin muoto riippuu mallinnettavan kappaleen muodosta ja profiilista, joten yksinkertaisimmillaan se voi olla viiva tasolla, toisaalta taas hyvin tarkka muoto. Sketsin suunnittelu aloitetaan valitsemalla taso, jolle se aiotaan luoda. Sketsin luominen aloitetaan aina joltakin seuraavista perustasoista riippuen siitä, mistä perspektiivistä kappaletta halutaan mallintaa: *Front plane* eli taso edestä, *top plane* eli taso päältä tai *right plane* eli taso oikealta. Sketsit eli luonnokset voidaan jakaa karkeasti neljään pääryhmään: aloitussketsit (esimallit), muokkaussketsit, apusketsit ja 3D-sketsit. Kuvassa 8 on piirretty ympyrä *top plane* -sketsiin. [3, s. 61–64.]



Kuva 8. SolidWorks-ohjelman *Top Plane* -sketsi, johon on piirretty ympyränmuotoinen kuvio.

5.4.2 Kokoonpano

Osat ja kappaleet eivät useinkaan ole itsenäisiä yksittäisiä osia, vaan ne liittyvät johonkin suurempaan kokonaisuuteen. Kaikki tuotteet, jotka muodostuvat useammasta kuin yhdestä osasta, ovat kokoonpanoja eli kokonaisuuksia, joissa erikseen luodut osat sovitetaan yhteen. Osat voidaan luoda joko erikseen tai suoran kokoonpanon yhteydessä. [3, s. 98.]

5.4.3 Räjätyskuvat ja värien käyttö

Räjätyskuvaa voidaan käyttää kokoonpanon tai sen osan havainnollistamiseen silloin, kun kuvaa tarvitaan muuhun kuin tuotannon käyttöön. Räjättämistä

käytetään puhtaasti havainnollistamisen vuoksi asettelemalla osat uusiin asemiin. Mallin havainnollisuutta voidaan lisätä myös värien käytöllä etenkin silloin, kun halutaan selventää kappalerajoja ja tutkia osien sopivuutta toisiinsa. [3, s. 140–141.]

5.5 3D-mallinnusmenetelmät

3D-mallinnusmenetelmien päätyypit ovat **kappalemallinnus**, **levymallinnus** ja **pintamallinnus**. Kone- ja laitesuunnittelussa käytetään yleisesti kappale- ja levymallinnusta. [3, s. 26.]

Kappalemallinnus eli solidimallinnus perustuu valmiiden muotojen käyttöön. Mallinnuksen pohjana olevaa umpinaista muotoa, esimerkiksi kartiota, ympyrää, neliötä tai kolmiota, ryhdytään muokkaamaan halutulla tavalla. Kappalemallinnuksella tuotteiden työstömenetelminä käytetään niin sanottuja lastuavia työstömenetelmiä, joita ovat muun muassa sorvaus, jyrsintä, poraus ja erilaiset työstökeskukset. [3, s. 26.]

Levymallinnus perustuu nimensä mukaisesti erilaisten levyjen käyttöön. Levyn paksuus ratkaisee, puhutaanko levymallinnuksesta (*sheet metal*) vai ohutlevymallinnuksesta. Levymallinnuksessa malli tehdään levystä ja työstämisessä käytetään levyille tyypillisiä työstömenetelmiä, kuten esimerkiksi kanttaus, särmäys, puristus-, ja vetotyökalut, pyöristyskoneet ja erilaiset levytyökeskukset. [3, s. 27–28.]

Pintamallinnus perustuu mallin muotoiluun erilaisten pintojen avulla ja eroaa täysin kahdesta edellä mainitusta menetelmästä. Pintamallinnus on pääasiassa muotoilijoiden työkalu, ja sitä käytetään mallinnettaessa joko valamalla valmistettuja tai erilaisia muovimuotteja ja pursotustyökaluja vaativia tuotteita. Pintamallinnuksesta oiva esimerkki on puhelimen kuori. [3, s. 29–30.]

5.6 2D-piirustukset ja 3D-mallit

3D-malleja tehdään 2D-piirustusten valmistamista varten. Sen jälkeen kun mallinnus on tehty sekä rakenne ja osat on sovitettu hyväksyttävästi yhteen, voidaan 3D-mallin pohjalta luoda 2D-piirustus, jota taas käytetään osien tai kokoonpanojen valmistusta varten. [3, s. 31.]

Piirustukset ovat ohjeita, joiden täytyy sisältää tarpeeksi tietoa osien ja kokoonpanojen valmistamiseksi ja niiden on täytettävä piirustusstandardin mukaiset vaatimukset. Mikään ohjelmisto ei kuitenkaan toteuta kaikkia piirustusstandardin vaatimuksia automaattisesti. Tällaista tietoa on muun muassa valmistusmateriaali, noudatettava standardi, pintakäsittely, mitoitus, koneistusteranssit, koneistuspintamerkit, paikka- ja sijaintiteranssit. Suunnittelijan on siis tiedettävä, mihin tarkkuuteen verstaan laitteet tai koneet pystyvät, sekä se, mihin tarkkuuteen tuotannossa halutaan pyrkiä. [3, s. 31–32.]

6 STAATTINEN SÄHKÖ

Staattisen sähkön purkaus ESD (*ElectroStatic Discharge*) tunnetaan yleisesti esimerkiksi salamointina, hankaussähkön epämiellyttävinä tuntemuksina tai pieninä sähköiskuina. Yleensä nämä sähköpurkaukset ovat vaarattomia ihmiselle, mutta ne voivat vaurioittaa koneita ja laitteita. Monilla aloilla onkin alettu kiinnittää huomiota staattisen sähkön purkauksiin. Erityisesti räjähdysvaarallisissa tiloissa, korkean teknologian terveydenhoidossa ja elektroniikassa on oltava tietoinen staattisen sähkön aiheuttamista vaikutuksista ja siitä, kuinka staattisen sähkön purkauksia ja haittoja voidaan ehkäistä. [5, s. 3,19.]

6.1 Staattisen sähkön synty

Staattista sähköä syntyy teollisuudessa ja jokapäiväisessä elämässä silloin, kun kappaleet koskettavat tai irtautuvat toisistaan, tai kun eri materiaalit hankaavat toisiaan vasten. Staattista sähköä syntyy myös nesteen tai jauheen virratessa, hiukkasten ja molekyylien koskettaessa kappaletta sekä induktion vaikutuksesta. Johtavat kappaleet voivat varautua induktion vaikutuksesta, jos ne sijaitsevat esimerkiksi toisen varautuneen kappaleen aiheuttamassa sähkökentässä. [5, s. 16, 6, s. 12.]

6.2 Staattisesta sähköstä johtuvat ongelmat ja vaarat

Staattisen sähkön aiheuttama sähkökenttä voi kohdistaa mekaanisia voimia sen vaikutusalueella oleviin kappaleisiin. Nesteeseen tai kiinteään kappaleeseen varastoituneet varaukset aiheuttavat ongelman, kun varaus purkautuu toiseen kappaleeseen, tuotteeseen tai maahan. Staattisen sähkön purkaukset vaihtelevat suuresti, samoin kuin niiden aiheuttamat vaarat. Staattinen sähkö voi aiheuttaa kipinä-, korona-, huisku-, ja liukupurkauksia. Ihmiskeho aiheuttaa myös sähköpurkauksia, jotka voivat olla haitallisia. [5, s. 19.]

Liukupurkaus

Filterikoneessa ongelmallisin ja yleisimmin esiintyvä purkaus on staattisen sähköön aiheuttama liukupurkaus. Kun kaksi pintaa on varautunut vastakkain ja niiden resistiivisyys on suuri, esimerkiksi laitteen muovilevyjen, seinien tai päällysteiden välillä, voi niiden välille syntyä liukupurkaus. Filttiereihin kohdistuu liukupurkausta, jolloin filterit eivät liiku kunnolla linjalla tai voivat jäädä jopa pyörimään paikallaan. [5, s. 20.]

6.3 Materiaalien luokittelu

Standardin IEC 61340-5-1 mukaan kaikki materiaalit, mukaan lukien pinnoitteet voidaan luokitella pintaresistanssin eli pinnanjohtavuusominaisuuksien mukaan, joka esitetään taulukossa 1. [5, s. 14.]

Taulukko 1. Materiaaliluokittelu

Materiaali	Materiaalin pintaresistanssi	Ominaisuus
Staattista sähköä johtava	$\geq 1 \times 10^2 \Omega$ ja $< 1 \times 10^5 \Omega$	100 Ω
Staattista sähköä poistava	$\geq 1 \times 10^5 \Omega$ ja $< 1 \times 10^{11} \Omega$	100k Ω
Eristävä	$\geq 1 \times 10^{11} \Omega$	100G Ω

Heikosti varautuva materiaali: Materiaali, joka hangatessa tai irrotettaessa toisesta materiaalista synnyttää hyvin vähän varauksia. Tällä ominaisuudella ei ole suoraa yhteyttä materiaalin pintaresistanssiin. [5, s. 14.]

Staattiselta purkaukselta suojaava materiaali: Materiaali, joka rajoittaa virran kulkua ja vaimentaa staattisesta purkauksesta aiheutuvaa energiaa siten, että 1000 V:n henkilöpurkauksesta aiheutuva energia on enintään 50 nJ [5, s. 14.].

6.4 Staattisen sähköön ehkäisy ja suojaus

Ehkäisevillä toimenpiteillä voidaan vähentää tai lähes kokonaan poistaa staattisen sähköön haitalliset varaukset. Tärkein suojausmenetelmä on rakentaa

toimintaympäristö siten, ettei haitallisia varauksia pääse syntymään. Koulutus on myös olennaisessa osassa, jotta staattisen sähkön aiheuttamat vaarat pystytään tunnistamaan. Staattisen sähkön torjuntaan liittyvillä koulutuksilla pyritään siihen, että yrityksen henkilöstö on tietoinen staattisen sähkön aiheuttamista ongelmista ja vaaroista. Kaikkien henkilöiden on kyettävä ymmärtämään staattisen sähkön edut sekä toimimaan oikein siihen liittyvissä asioissa. [5, s. 18.]

6.4.1 Ympäristön kosteuden vaikutus

Kaikki materiaalit sitovat jossain määrin vettä ilmakehästä ja eristeissä tämä lisää varauksen purkautumista. Veden sitoutuessa eristeen pinnalle syntyy pintajohtavuutta, joka poikkeaa materiaalin ominaisjohtavuudesta. Johtavuus siis kasvaa suhteellisen kosteuden lisääntyessä. Tätä tapahtuu myös suhteellisen kuivissa olosuhteissa (alle 20 %), joissa vesi esiintyy ainoastaan molekyylinä, eikä nestemäistä vesipintaa muodostu kappaleen pinnalle. Ympäristön ilmankosteus parantaa johtavuutta, jolloin staattisen sähkön syntyminen vähenee ja hidastuu. [5, s. 18.]

6.4.2 Ilmaionisaattorit

Ilmaionisaattorit tekevät ilman paikallisesti ionirikkaaksi siten, että ne neutralisoivat varaukset johtamattomasta kiinteästä aineesta. Ionisaattorit siis vähentävät staattisen sähkön syntyä eli purkavat positiivisia ja negatiivisia varauksia. Mikäli ionit ovat väärän merkkisiä tai haitallisten varausten muodostumisnopeus on suurempi kuin ionisaattorin ionien muodostumisnopeus, neutralointi ei onnistu. Ionisaattoreille oikea asennuspaikka ja huolto ovat olennaisen tärkeitä. Ionisaattoreita on erilaisia, ja ne voidaan jakaa vaihtojännite- tai vakiotasajänniteionisaattoreihin sekä pulssitettuihin tasajänniteionisaattoreihin tai radioaktiivisiin ionisaattoreihin. [5, s. 16, 6, s. 78–79.]

Ionisaattoreita käytetään usein puhdastiloissa, jolloin niillä estetään pölyn kertyminen pinnoille. Staattinen sähkö on erittäin haitallista puhdastilassa, sillä

se kerää pölyä, roskaa ja muita epäpuhtauksia. Puhdastila tarkoittaa aluetta, jossa ilmassa leijuvien partikkeleiden koko ja maksimimäärä tilavuusyksikössä on määritelty (IEC 61340-5-1, määritelmä 3.4). Sartorius Biohitin muovituotanto on puhdastila. [6, s. 48.]

6.4.3 Muut ehkäisevät toimenpiteet

Staattista sähköä voidaan ehkäistä myös ottamalla huomioon esimerkiksi työvaatetus, työtilojen pinnat sekä työ- ja pakkausmateriaalit. EPA (ESD Protected Area) alue on ESD-suojattu alue, jossa voidaan käsitellä ESD-herkkiä osia hyväksyttävästi. [5, s. 19 ,23,64.]

Vaatteet ja jalkineet

Ehkäiseviä toimenpiteitä ovat esimerkiksi työntekijöillä varausta poistavien rannekkeiden ja ESD-merkinnällä varustettujen suojavaatteiden, käsineiden sekä jalkineiden käyttö. Suojavaatetuksen maadoitusresistanssi on oltava standardin IEC 61340-5-1 mukaan välillä $1 \times 10^8 \Omega \dots 5 \times 10^4 \Omega$, ja se mitataan päivittäin seisomalla molemmilla jaloilla metallilevyn päällä. [5, s. 28–29.]

ESD-lattiat ja -pinnat

Laite-, valmistus- ja korjaamotiloissa voidaan käyttää staattista sähköä johtavaa tai poistavaa lattiapinnoitetta. Käytettäessä lattiapinnoitetta maadoituskeinona on syytä ottaa huomioon myös muut ESD-suojaukseen liittyvät tekijät; esimerkiksi lattiapinnoitteen johtavuudesta ei ole hyötyä, mikäli lattialla liikuttaessa ei samanaikaisesti käytetä ESD-jalkineita.

Työpöydät, tasot ja muut pinnat voidaan ESD-maadoittaa, ja niiden pinnat voivat olla ESD:ltä suojaavaa pöytäpinnoitetta. Työpöytien äärellä työskenneltäessä on sopivaa käyttää ESD-rannekettä. Myös istuimet, karrut ja vaunut voivat olla ESD-materiaalia, ja ne voidaan maadoittaa esimerkiksi lattiaan. Karruissa ja vaunuissa tulisi olla vähintään kahden pyörän maadoitus maahan. [5, s. 26–27,74,84.]

ESD-materiaalit ja materiaalihankinnoissa huomioitavat seikat

Työkaluja, osia ja laitteita hankittaessa ja suunniteltaessa on otettava huomioon materiaalivalinnat. Kaikkien työkalujen tulee olla rakenteeltaan ja materiaaliltaan sellaisia, etteivät ne kehitä tai säilytä varauksia. Myös pakkausmateriaalit voivat olla tarvittaessa ESD-materiaalia, joihin ESD-herkkiä osia pakataan kuljetusta tai varastointia varten. Tällaisiin materiaaleihin kuuluvat muun muassa pussit, laatikot, kääreet, rasiat, pehmusteet, vaahdot ja irtotäytteet. [5, s. 84.]

7 FILTTERIKONEEN TOIMINTAHÄIRIÖT

7.1 Filtrikoneen toimintahäiriöiden seuraaminen

Tuotantoon ja filtrikointiprosessiin tutustumisen jälkeen aloin seurata filtrikoneen toimintaa ja sen toimintahäiriöitä. Opettelin koneen käyttöä ja olin seuraamassa sen ajoa tuotannossa. Koska filtrikonetta ei vielä tässä vaiheessa voinut erikseen testata, sen täytyi olla tuotannon ajossa useita tunteja, jotta häiriöt esiintyivät.

Sartorius Biohitillä on käytössä tuotantokoneiden automaattinen seurantaohjelma *Machine Track*, jolla myös seurasin filtrikoneen toimintahäiriöitä. *Machine Track* -ohjelmalla on mahdollista seurata tuotannon laitteita reaaliaikaisesti ja se kerää erilaista tietoa laitteiden toiminnasta. *Machine Track* -ohjelmalla ei voitu suoraan seurata filtrikoneen toimintaa, sillä konetta ei ollut lisätty ohjelmaan. *Machine Track* seurasi ainoastaan yhden tuotannon solun toimintaa, jossa filtrikone oli käytössä satunnaisesti ja tarvittaessa. Etsin tietokannasta ne tuotannon ajot, joissa filtrikonetta oli käytetty ja tarkastin tuotantoraportit. Tuotantoraporteista etsin vikoja ja häiriöitä sekä niiden syitä. Liitteessä 1 on tuotantoraportti filtrikoneen viasta. Häiriön syynä on annostelulaitteen jumittuminen.

7.2 Käyttäjähaastattelut

Tein käyttäjähaastatteluita Sartorius Biohitin muovituotannon asentajille, pakkaajille ja kunnossapidon työntekijöille. Liite 2 on käyttäjähaastattelu asentajalta, joka on ollut paljon tekemisissä filtrikoneen kanssa. Haastatteluista sain selville filtrikoneen yleisimpiä vikoja ja ongelmia. Kävi myös ilmi, että vain harvat osasivat käyttää konetta, eivätkä he tiesivät, kuinka toimia oikein vian tai häiriön ilmetessä.

7.3 Filterikoneen häiriöt

Käyttjähaastatteluiden sekä koneen pitkäaikaisen käyttämisen, tutkimisen ja seuraamisen ansiosta sain selville filteröintiprosessin ongelmat sekä koneen toimintahäiriöt ja laadin niistä häiriö- ja vikalistan. Tämän jälkeen tutkin, mikä tai mitkä syyt aiheuttivat ongelman, sekä arvioin ongelman vakavuuden. Pitkäaikaisessa seurannassa sain selville myös häiriön esiintyvyyden määrän. Taulukossa 2 on nähtävillä yleisimmät häiriöt ja niiden syyt, häiriön yleisyys ja ongelman vakavuus. Arvioin häiriöiden vakavuuden asteikolla 1–3. Sen vuoksi että kaikki häiriöt ilmetessään pysäyttivät prosessin, ovat ne saaneet vähintään luokituksen kaksi. Sama asteikko kuvaa häiriöiden esiintymistä.

Taulukko 2. Häiriötaulukko

Häiriö/Ongelma	Syy	Yleisyys (1-3)	Tärkeys (1-3)
Filterit eivät kulkeudu syöttökaukaloon	Kuitu ei ole kohdillaan, kuitu rikki tai poikki	2	2
Filtereitä liikaa syöttökaukalossa	Kuitu ei toimi, filterit menevät päällekkäin, mutta eivät liiku	1	2
Filterit eivät kulje tärymaljassa	Staattinen sähkö, epäkurantti filteri, täryn teho heikko, tukos	1	2
Filterit eivät kulje lineaaritäryllä	Staattinen sähkö, epäkurantti filteri	3	3
Filterit eivät mene lineaaritärylle syöttökaukalosta	Staattinen sähkö, tukos	2	2
Filterit kiinni PVC-muovissa	Staattinen sähkö (suojalevy)	2	2
Kelkka ei liiku	Ohjelmassa vika (väärin sammutettu)	2	2
Kone ei lähde käyntiin	Ohjelma jumissa (väärin sammutettu)	1	2
Kone ei tee mitään	Ohjelmavika	1	2
Kuitu poikki	Kiinnitysruuvit	1	2
Pelti ei liiku	Sylinteri, pellin huono kiinnitys, anturi	3	3
Pelti on mennyt rikki	Pellin huono kiinnitys	2	3
Robotti ei hae matriisia	Asennusvika, kommunikaatio-ongelma	2	3
Robotti törmää koneeseen tai johonkin koneen osaan	Asennusvika, anturi, matriisin kelkka	2	3
Servohäiriö	Ohjelmavika	2	2
Työntötapit eivät työnneä filtereitä tippeihin	Työntötapit jumissa, filterit jumissa, pelti jumissa	2	3

7.4 Häiriöt ja niiden syyt

Tavoitteenani oli filterikoneen häiriöiden ja niiden syiden kartoittamisen jälkeen selvittää, mitkä ongelmat olivat vakavimmat ja kehittää ratkaisuja näihin ongelmiin. Vakavimmiksi ongelmiksi luokittelin sellaiset häiriöt, joihin kului eniten korjausaikaa ja jotka aiheuttivat eniten tuotannon seisokkeja. Lisäksi halusin kiinnittää erityistä huomiota steriiliyteen ja kontaminoitumisen estämiseen tuotantoprosessissa.

7.4.1 Annostelulaitteen ongelmat

Luontevin valinta ensimmäiseksi ja tärkeimmäksi kehityskohteeksi oli filtterikoneen lineaaritäryn päässä sijaitseva annostelulaite, sillä siihen liittyi useita häiriöitä ja ongelmia. Esimerkiksi annostelupellin vaihtaminen uuteen vei huomattavasti aikaa ja pahimmassa tapauksessa filtterikoneen tuotannon ajaminen täytyi pysäyttää kokonaan, mikäli uutta peltiä ei ollut heti saatavilla. Annostelulaitteen ongelmat johtuivat suurimmaksi osaksi suunnitteluvirheestä.

7.4.2 Filttäreiden kulkeminen

Yleisin häiriö filtterikoneen toiminnassa oli se, etteivät filterit kulkeneet eteenpäin tärymaljassa, syöttökaukalossa tai lineaaritäryllä. Oli mahdollista, että jokin filtereistä oli juuttunut kiinni, minkä vuoksi filttäreitä ei päässyt kulkemaan matriisiin kaikkiin kärkiin. Edellä mainitut häiriöt saattoivat johtua useista eri tekijöistä, joista suurin oli kuitenkin staattisen sähköön aiheuttama sähkökenttä eli induktio.

7.4.3 Ympäristön aiheuttamat ongelmat

Muut filtterikoneeseen liittyvät vakavat ongelmat eivät olleet konkreettisesti havaittavissa vikaseurannassa, sillä ne liittyivät enemmänkin ulkopuolisiin tekijöihin. Tärkein huomioitava asia oli filtterikoneen steriiliys, koska laboratorioympäristössä pienikin ylimääräinen ihosta tai hengitysilmaasta filteriin jäävä partikkeli voi aiheuttaa kontaminoitumisen. Muut yleiset viat saattoivat johtua koneen puutteellisesta asentamisesta, käytämisestä ja kunnossapidosta.

Seuraavaksi perehdyn tässä kappaleessa mainittuihin kolmeen yleisimpään ongelmakohtaan tarkemmin ja esittelen niihin toteutettuja ratkaisuja.

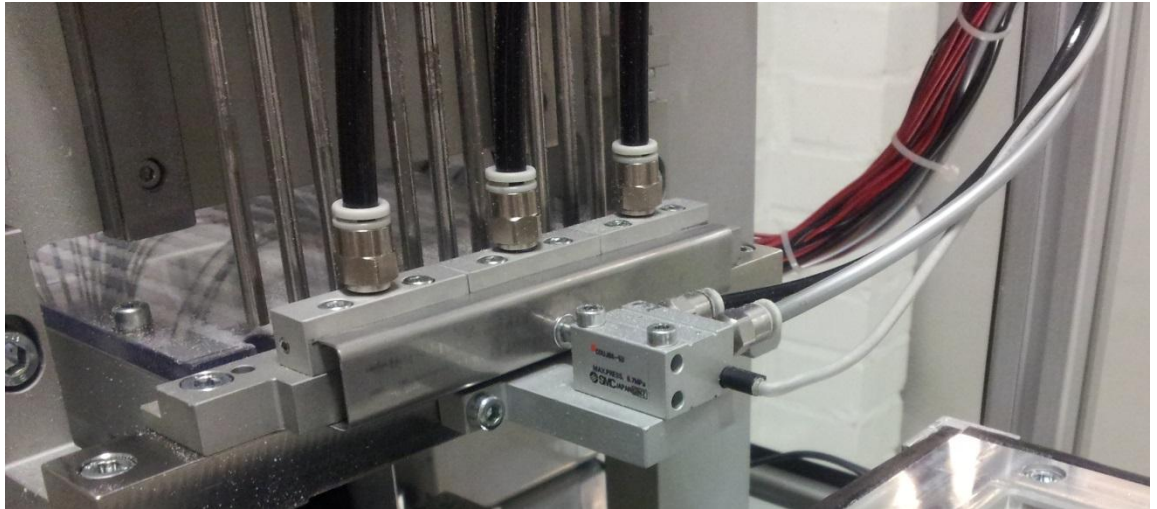
8 ANNOSTELUKOKOONPANON MUUTOSTYÖ

8.1 Filttareiden annostelu ennen muutostyötä

Filttereiden annosteluun liittyvät häiriöt olivat yleisiä ja vakavia häiriöitä filttarikoneen toiminnassa. Valitsin ensimmäiseksi kehityskohteeksi annostelulaitteen muutostyön, joka parantaisi huomattavasti filttarikoneen toimivuutta ja tehokkuutta. Annostelulaitteen tehtävä on annostella filttareita matriisiin ja pitää filterit paikallaan, kunnes työntötappi työntää filterit tippeihin. Annosteluun liittyvät viat johtuivat suurimmaksi osaksi kyseisen prosessin suunnittelusta ja teknisestä toteutuksesta.

Yleinen vika filttareiden annosteluun liittyen oli annostelupellin jumittuminen tai rikkoutuminen, joka johtui pellin huonosta kiinnityksestä ja tuennasta. Annostelukokoonpanossa oleva paineilmalla toimiva sylinteri työnsi annostelupeltiä, joka jumittui usein, koska sylinterin mäntä pääsi liikkumaan eikä pelti ollut tasapainossa. Pelti myös kului tai kokonaan rikkoutui helposti, sillä se heilui ja osui rakenteisiin, ja se täytyi tämän vuoksi vaihtaa usein uuteen. Sen lisäksi, että pellin vaihtaminen oli erittäin vaikeaa, kului siihen myös paljon aikaa, ja koko solun tuotanto oli tällöin pysähdyksissä. Oli myös haastavaa kohdistaa pelti siten, että se liikkuisi hyvin menemättä pian uudestaan rikki.

Sylinterin männän pituus ja liikematka olivat myös liian lyhyitä; annostelupelti ei liikkunut tarpeeksi pitkälle, jolloin filterit päätyivät kallelleen ja ne murskaantuivat helposti työntötappien voimasta. Tämän lisäksi annostelupelti ei liikkunut ulosasennessa tarpeeksi kauas työntötapeista, jolloin työntötapit taivuttivat tai rikkoivat pellin. Myös sylinterin reed-anturi oli vääränlainen. Anturi jäi usein kiinni robottiin tai vääntyi, eikä enää sen jälkeen toiminut. Kuva 9 on vanhasta annostelukokoonpanosta, jossa reed-anturi on vääntynyt.



Kuva 9. Alkuperäinen annostelukokoonpano

Koko annostelukokoonpanoa koskevan suunnitteluvirheen vuoksi kokoonpano ei toiminut oikein ja se täytyikin suunnitella kokonaan uudelleen.

8.2 Uusi annostelukokoonpano

Edellä mainittujen syiden vuoksi näin tarpeelliseksi suunnitella kokonaan uuden annostelukokoonpanon. Kriittiset seikat suunnittelussa olivat uuden kokoonpanon koko ja pellin tuenta. Aloitin etsimällä sopivat tuentaosat, sylinterin ja anturin. Löysin tuentaan ja pellin liikkeeseen sopivat minilineaarijohteet, kelkat, sylinterin ja anturin, jotka sopivat pieneen tilaan ja joilla voidaan taata pellin tuenta ja tasapainoinen liikkuvuus. Tilasin MG-sarjan minilineaarijohteet ja niihin sopivat MGN9-kelkat Etra Oy:ltä. CUJB6-8D-sylinterin sekä reed-anturin 90-asteen käännöllä tilasin SMC:ltä. Tämän jälkeen aloin 3D-mallintamaan SolidWorks-ohjelmalla muita annostelukokoonpanon osia.

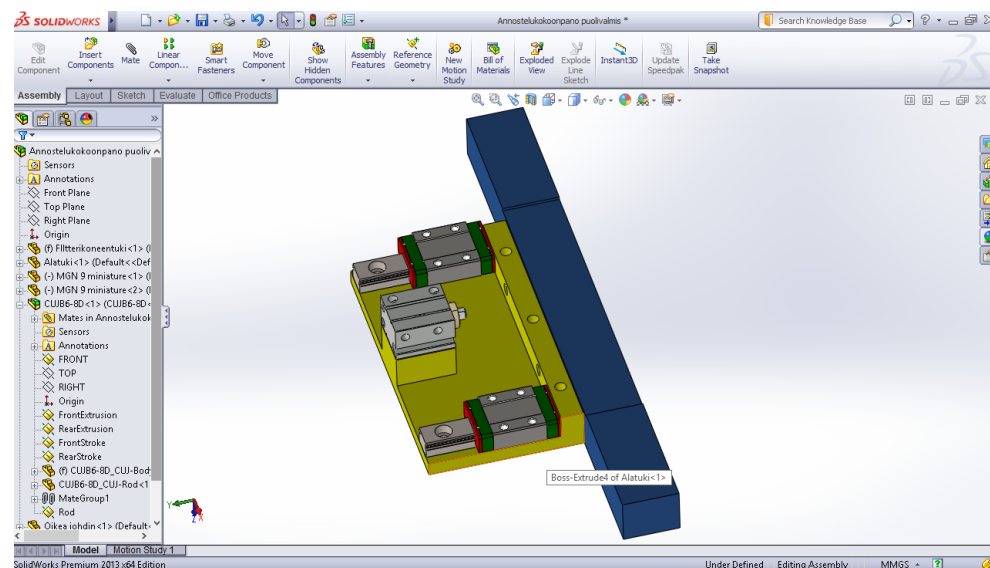
8.2.1 Annostelukokoonpanon suunnittelu

Uuden annostelukokoonpanon suunnittelussa täytyi ottaa huomioon sen fyysinen koko, koska tilaa oli käytössä erittäin vähän. Sain minilineaarijohteiden ja kelkkojen fyysiset mitat sekä 3D-kuvat www.hiwin.com-sivuston kautta. Sylinterin

3D-kuvan sain ladattua SMC:n nettisivujen kautta. Lisäsin nämä 3D-mallit SolidWorks-ohjelmaan ja aloin suunnittelemaan muita osia.

Aloitin 3D-mallintamisen CUJB6-8D-sylinterin alle sijoittuvasta osasta. Tämä osa on koko annostelukokoonpanon alusta, joka tulee kiinni filtterikoneeseen. Tähän osaan tuli kiinni myös minilinearijohteet ja siihen tarkoitetut kelkat. Linearijohteiden ja kelkkojen tarkoitus on varmistaa pellin kitkaton liikkuvuus, tasapaino ja tuenta.

Kuvassa 10 on keltainen alatuki, joka on kiinni sinisessä palkissa, eli filtterikoneessa. Kuvassa näkyy myös uusi sylinteri ja minilinearijohteet, joiden päällä on kaksi kelkkaa.

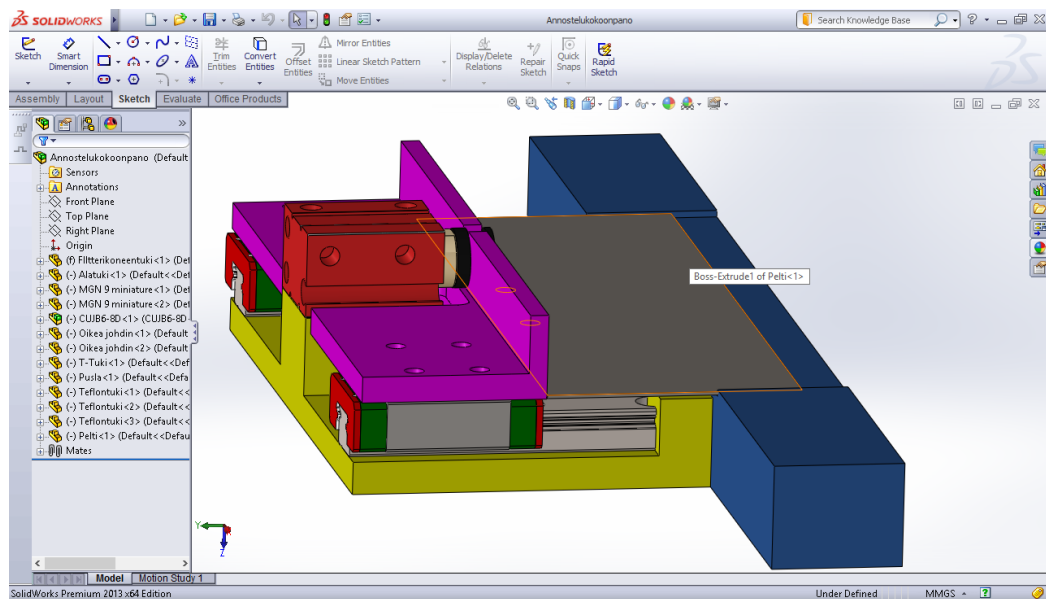


Kuva 10. Annostelukokoonpanon luonnostelusta.

Seuraavaksi aloin suunnittelemaan sylinterin mäntään kiinnittyvää osaa, johon pelti kiinnitettäisiin ja joka kiinnittäisi kelkat yhteen. Nimesin tämän suunnittelemani tukiosan T-tueksi. T-tuki on sylinterin mäntään ja kelkkoihin kiinnitettävä osa, joka liikkuu sylinterin mukaan. T-tukeen kiinnitetään myös annostelupelti, joka voidaan vaihtaa tarvittaessa uuteen kätevästi ja nopeasti. Vanhassa annostelulaitteessa sylinterin mäntä ja pelti pääsi heilumaan, sillä niille ei ollut suunniteltu tukia. Suunnittelin mäntään puslan, joka varmistaa, ettei pelti pääse heilumaan. Pusla on kiinni T-tuessa ja ne voidaan irrottaa toisistaan vaivattomasti, mikä helpottaa annostelukokoonpanon purkamista.

Koska vanha pelti ei enää sopinut kokoonpanoon, suunnittelin sen uudestaan. Uusi pelti on kiinni kahdella ruuvilla T-tuessa, joten se voidaan vaihtaa tarpeen vaatiessa erittäin helposti. Annostelupelti on 0,5 mm paksu, ja se liikkuu kahden alumiiniosan välissä, joiden väli on 1 mm. Pienen liikkumavälin vuoksi suunnittelin myös pellin alle pienet tuet, joiden pintaa pitkin pelti liikkuu.

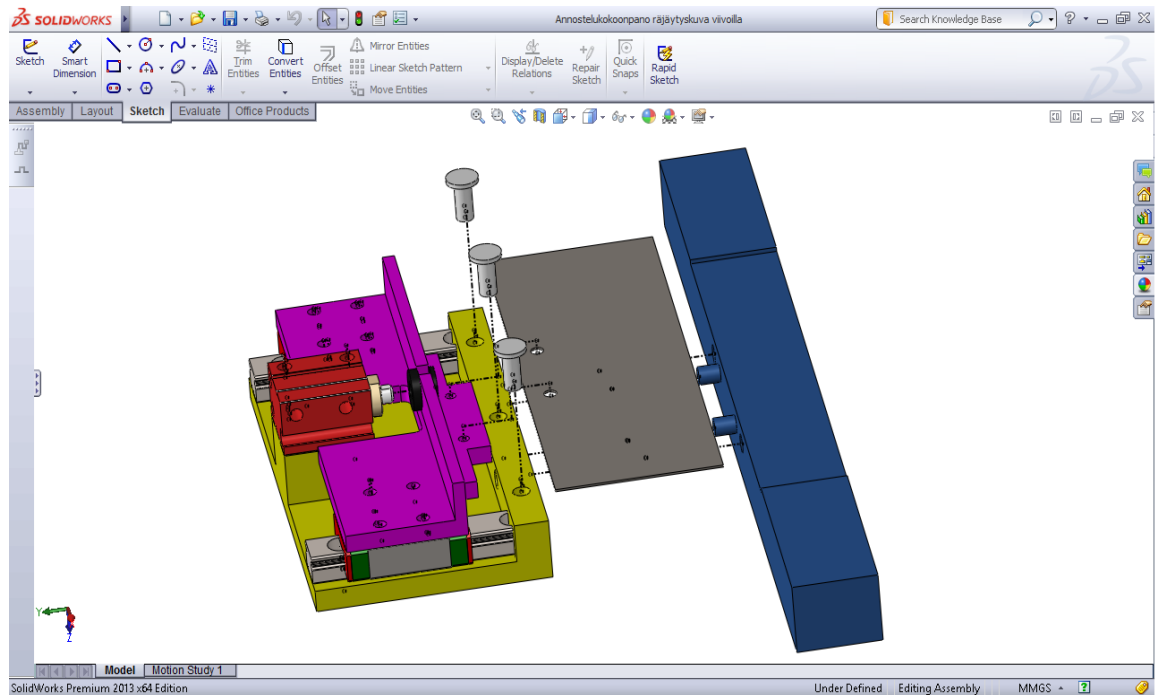
Kuvassa 11 on kokoonpanokuva valmiista annostelukokoonpanosta. Kuvassa on käytetty erilaisia värejä eri osissa, jotta osat erottuisivat paremmin toisistaan.



Kuva 11. Uusi annostelukokoonpano.

8.2.2 Annostelukokoonpanon räjäytyskuva

Kuvassa 12 on uuden annostelukokoonpanon räjäytyskuva. Räjäytyskuva havainnoi hyvin, kuinka osat on kiinnitetty toisiinsa. Kaikki osat on kiinnitetty kuusiokoloruuveilla, jotta ne olisi mahdollisimman helppo avata ja kiinnittää.



Kuva 12. Räjätyskuva annostelukokoonpanosta

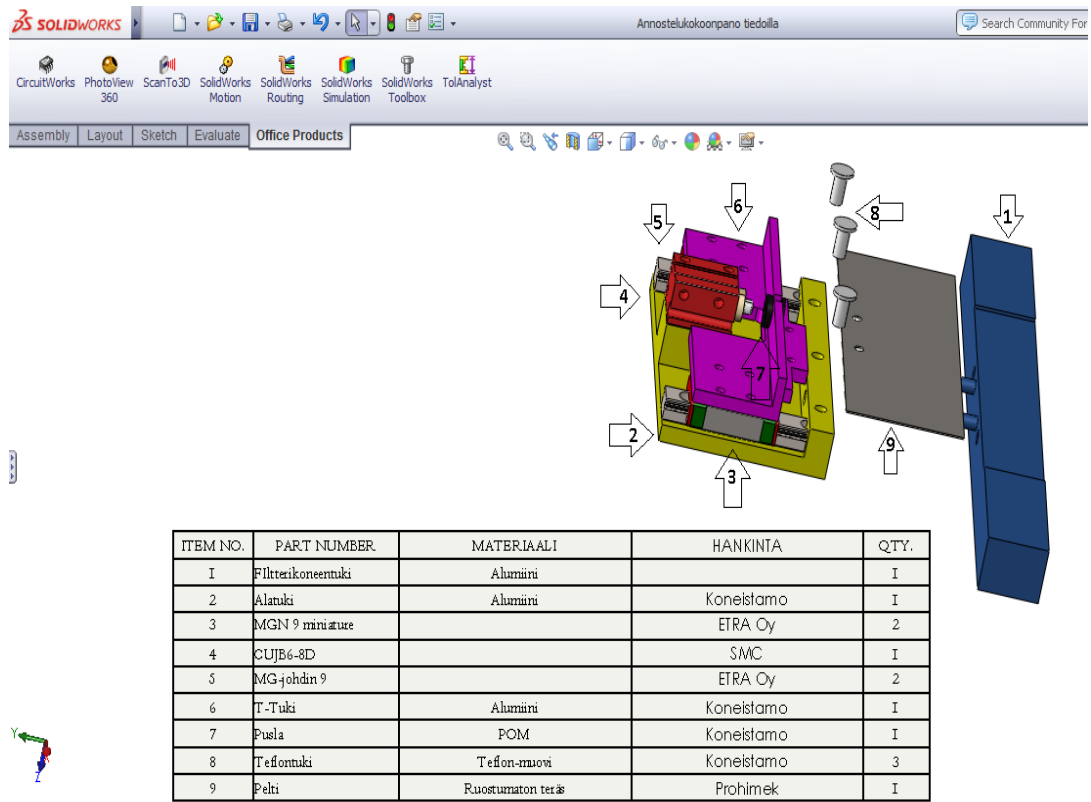
Annostelukokoonpanon alatuki (keltainen) on kiinnitetty filterikoneeseen (sininen) kahdella kohdistustapilla ja kahdella kuusiokoloruuvilla (M8). Linearijohteet (harmaat) on kiinnitetty alatukeen kahdella kuusiokoloruuvilla (M8). Sylinteri (punainen) on kiinnitetty kahdella kuusiokoloruuvilla (M5) alatukeen. Kelkat liikkuvat johteessa, ja ne on kiinnitetty T-tukeen (violetti) neljällä kuusiokoloruuvilla (M5). T-tuki on kiinnitetty sylinteriin puslan avulla ja pusla on kiinnitetty kuusiokoloruuvilla (M5) sylinteriin. Pelti (Harmaa) on kiinnitetty T-tukeen kahdella kuusiokoloruuvilla (M3).

8.2.3 Annostelukokoonpanon osat ja materiaalit

Annoin tälle kokoonpanolle nimeksi annostelukokoonpano. Aiemmin nämä filterikoneen osat tunnettiin nimellä pelti ja sylinteri. Mallinnuksen ja kehityksen myötä siitä tuli kokoonpano, josta on helppo vaihtaa osia.

Alatuen ja T-tuen materiaaliksi valitsin alumiiniin, koska se on kevyttä ja kestävää ja sitä voidaan työstää helposti. Se voidaan myös jälkikäteen pinnoittaa eli anodisoida ja valita sille sopiva väri. Pellin materiaali on ruostumatonta terästä.

Puslan materiaalina toimii POM-muovi. Pellin tukien materiaaliksi valikoitui kestävä teflon-muovi, joka takaa hyvän liikkuvuuden kuluttamatta peltiä. Kuvassa 13 on räjäytyskoonpanokuva, jossa ovat myös osien tiedot. Osat ovat numeroituja. Taulukossa näkyy osien numero, nimi, materiaali, hankintapaikka ja osien määrä. Taulukossa ei ole uutta reed-anturia, joka puuttuu myös kuvasta. Reed-anturi 90-asteen mutkalla on tilattu SMC:ltä.

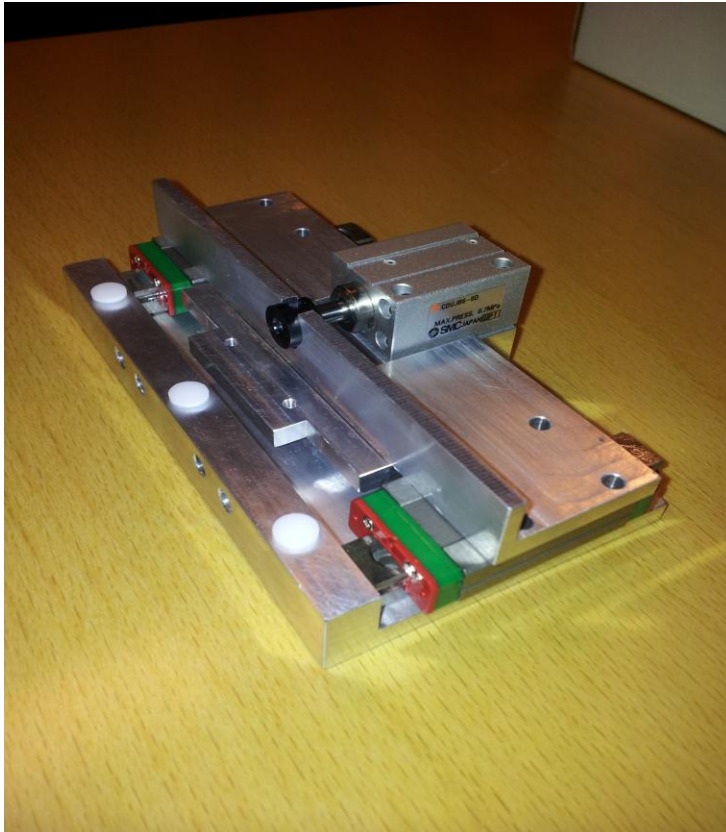


Kuva 13. Räjäytyskuva kokoonpanotiedoilla

8.2.4 Annostelukokoonpanon valmistus ja kasaaminen

Valmiiden 3D-mallinnuskappaleiden ja 3D-kokoonpanon jälkeen tein jokaisesta osasta 2D-piirustuksen, joiden perusteella osat valmistettiin. 2D-piirustukset ovat liitteinä (liite 3,4,5 ja 6). Alatuen ja T-tuen valmistus tapahtui Sartorius Biohitin omalla koneistamolla. Pelti otettiin alun perin eri valmistajalta, mutta en ollut tyytyväinen pellin laatuun, joten etsin uuden valmistajan. Uusi toimittaja valmisti pellin 2D-piirustuksen ja standardien mukaan. 2D-piirustus pellistä on liitteenä 7.

Kun kaikki tilausosat ja valmistusosat olivat saapuneet, pääsin kokoamaan annostelukokoonpanoa. Kasaus oli helppoa, sillä osat olivat 2D-piirustusten ja 3D-mallien mukaisia. Tämän uuden annostelukokoonpanon kasaus ja purkaminen onnistui muutamassa minuutissa riippuen siitä, oliko se kiinni koneessa vai ei. Kuvassa 14 on uusi annostelukokoonpano kasattuna pöydällä ilman peltiä.



Kuva 14. Uusi annostelukokoonpano.

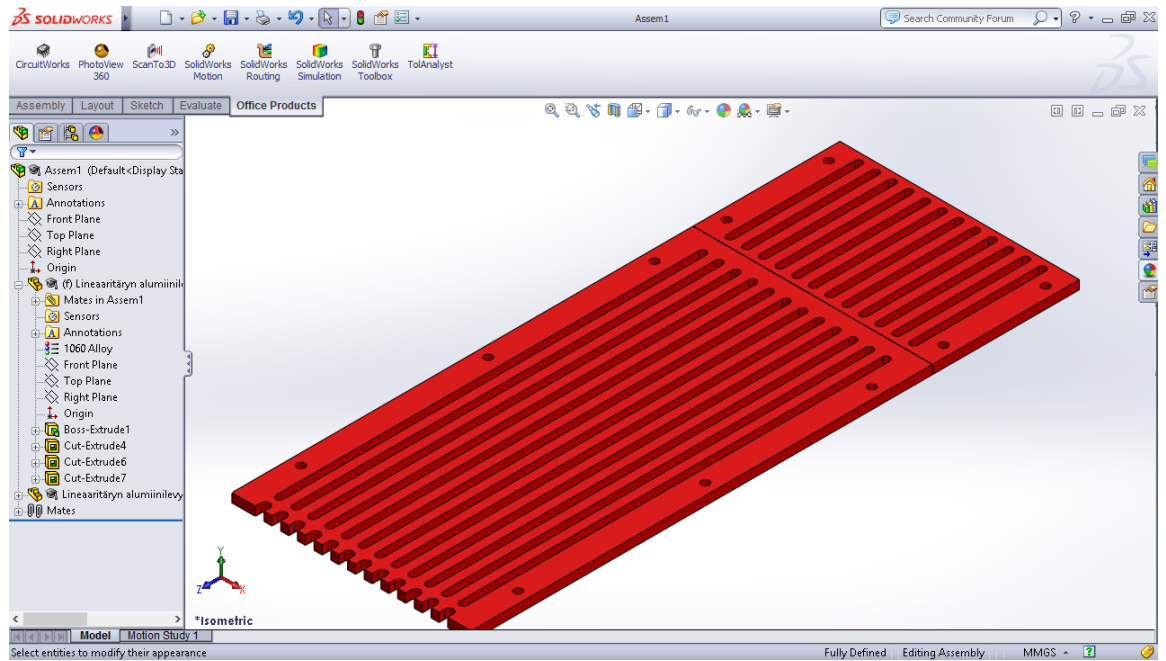
9 FILTTEREIDEN KULKUUN VAIKUTTAVAT MUUTOSTYÖT

9.1 Lineaaritärlyn suojalevy

Lineaaritärlyllä ilmenee staattista sähköä, jonka vaikutuksesta filtit jäävät kiinni joko paikoilleen, toisiinsa tai seiniin, eivätkä siksi liiku tärlyllä. Lineaaritärlyn suojalevy vaikeuttaa filtereiden kulkua tärlyllä, sillä suojalevy on valmistettu PC-muovista. PC-levyn ja filtereiden aiheuttaman hankaussähkön vuoksi PC- ja PVC-muovi ovat staattisensähkön kannalta toimimattomia materiaalivalintoja.

9.2 Uusi suojalevy

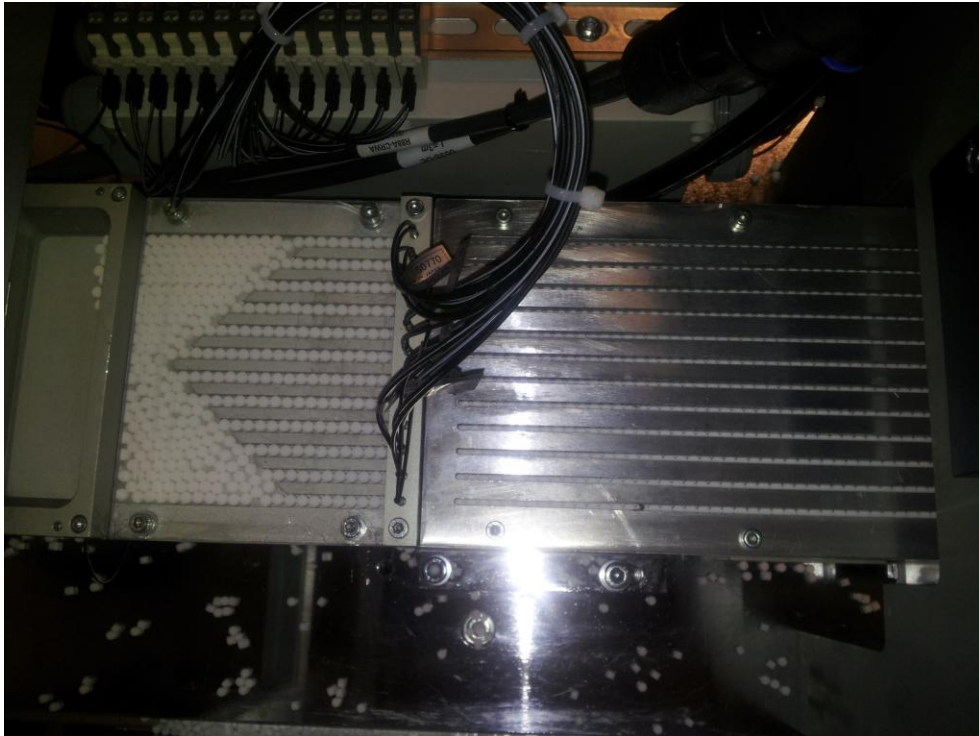
PC-muovin tilalle valitsin materiaaliksi alumiinin ja päätin suunnitella kokonaan uuden suojalevyn. Alumiinilevy vähentää staattisen sähkön muodostumista ja auttaa täten filtereiden liikettä. Levyn tulisi kuitenkin olla läpinäkyvä, jotta käyttäjä huomaisi mahdollisen tukoksen tai häiriön, eikä tämä ole mahdollista alumiinilla. Tästä syystä suunnittelin levyihin urat, joiden avulla voisi huomata mahdolliset tukokset linjassa. Urasta on mahdollista myös työntää filtereitä eteenpäin niiden jäädessä kiinni linjalle. Mallintaminen itsessään oli yksinkertaista, sillä pystyin mallintamaan uudet levyt hyödyntämällä vanhojen levyjen fyysisiä mittoja. Kuvassa 15 on uuden suojalevyn 3D-kuva.



Kuva 15. 3D-kuva suojalevystä

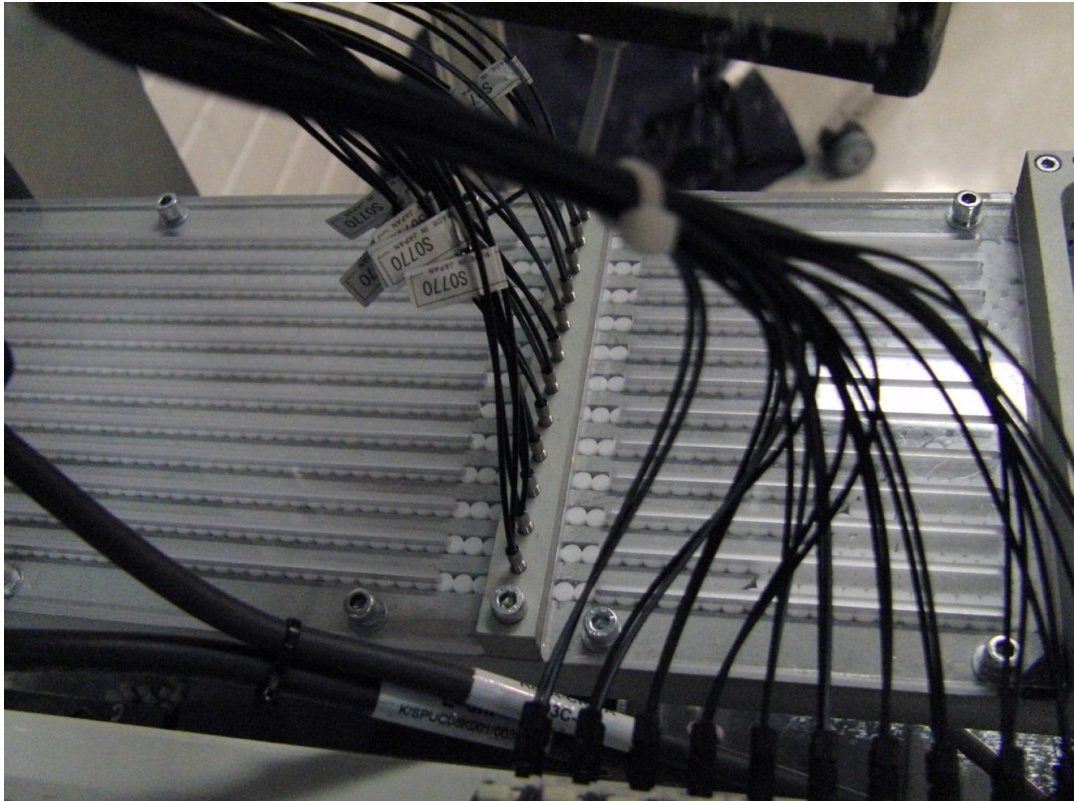
3D-mallin avulla tein suojalevyistä 2D-piirustukset, jotka lähetin Sartorius Biohitin koneistamoon. 2D-piirustus on liitteenä (liite 8 ja 9). Koneistamon jälkeen levyt kävivät pinnoituksessa Anodisointi Janster Oy:ssä. Pinnoitus eli anodisointi lisää osan korroosion kestävyttä ja käyttöikää estäen hiukkasten pääsyn filtereihin, samalla vähentäen staattista sähköä.

Alumiinilevyjen testauksessa ja koeajossa huomasin, että alumiinilevy ”tappaa” lineaaritäryn tärinän, jolloin filtrit eivät liiku täryllä kunnolla. Testasin erilaisia kiinnitystapoja, aluslevyjä ja täryn säätöä, mutta tuloksetta. Alumiinilevy siis poisti staattisen sähkön aiheuttaman ongelman, mutta se ei toiminut täryllä. Filtrit liikkuvat hitaasti ja välillä pysähtyen. En kuitenkaan halunnut palata takaisin vanhaan ratkaisuun, sillä olin huomannut levyyn suunnittelemani urat toimiviksi staattisen sähkön poistamisessa. Kuvassa 16 uusi alumiinilevy on testauksessa.



Kuva 16. Alumiininen suojalevy testauksessa

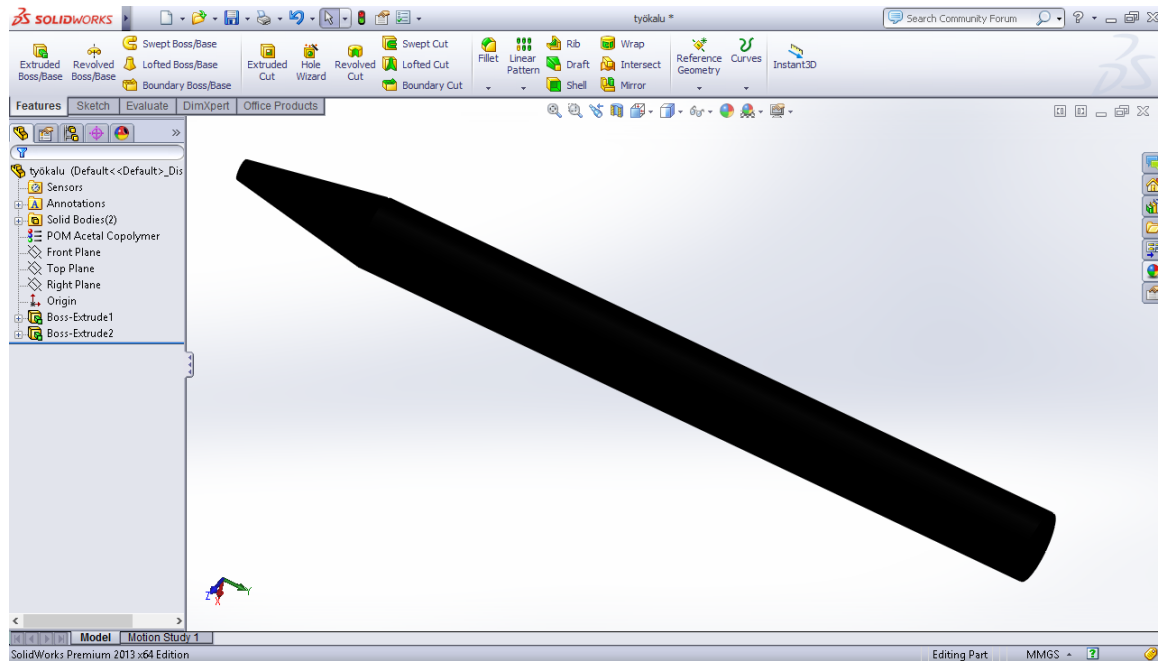
Tässä tapauksessa materiaali oli tekijä, joka tappoi täryn. Niinpä palasin vanhaan materiaaliin, PC:hen, joka toimi täryllä. Koneistin entiseen lineaaritäryn levyyn samanlaiset urat, jotka olin suunnitellut alumiinilevyihin. Urat toimivat myös PC:ssä erittäin hyvin ja ne vähensivät filttäreiden jumiutumista. Kuvassa 17 on vanhat PC levyt ja niihin jyrsityt urat.



Kuva 17. PC-levyt urilla.

9.3 Tökkimistyökalu

Vaikka uusi suojalevy autoikin filttareiden kulkuprosessia lineaaritäryllä, saattoi filttareiden laadussa tai koossa olla eroja, minkä vuoksi jumiutumista tapahtui edelleen. Tämän vuoksi suunnittelin tökkimistyökalun, jota nimensä mukaisesti käytetään filttareiden työntämiseen eteenpäin lineaaritäryllä. Uuden suojalevyn myötä tökkimistyökalua voidaan käyttää myös suojalevyn uriin, sillä työkalu oli myös niihin sopiva. Aikaisemmin tökkimistyökaluna käytettiin nippusidettä, kynää tai jotain muuta vastaavaa ohutta esinettä, mikä ei kuitenkaan ollut kovin hygieenistä. Hygieniasyiden vuoksi näin aiheutta suunnitella filttareiden tökkimiseen kokonaan oman työkalun. Tökkimistyökalu täytyy puhdistaa joka kerta ennen käyttöä, sillä näin estetään filttareiden ja tuotteiden kontaminoituminen. Kuvassa 18 on 3D-kuva tökkimistyökalusta. Työkalun valmistusmateriaali on POM-muovia, joka vähentää staattisen sähkön muodostumista.



Kuva 18. Tökkimistyökalusta

3D-mallin pohjalta tekemäni 2D-piirustuksen lähetin Sartorius Biohitin koneistamoon, jossa työntekijät valmistivat työkalun piirustusteni mukaisesti. 2D-piirustus on liitteenä (liite 10). 3D-mallissa ja piirustuksessa ei ole näkyvässä työkalun päässä olevaa työntöpäätä, sillä asensin sen työkaluun myöhemmin. Valitsin materiaaliksi mustan sähköjohdon, joka on tarpeeksi kovaa, mutta samalla joustavaa. Kuvassa 19 on esitetty valmis tökkimistyökalu.



Kuva 19. Valmis tökkimistyökalu

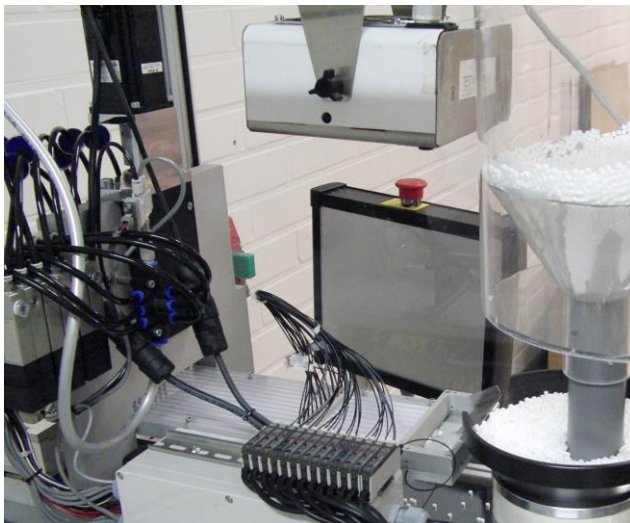
9.4 Ionisaattorin asennus

9.4.1 Alkuperäinen ionisaattori

Filterrikoneeseen oli aikaisemmin asennettu ionisaattori, joka puhalsi ilmaa syöttökaukaloon. Prosessin tarkoituksena oli vähentää staattisen sähkön varauksia filtereissä ja parantaa filtereiden etenemistä lineaaritäryllä. Ionisaattori oli asennettu solun ulkopuolelle, missä syöttösäiliö ja syöttökaukalo sijaitsivat. Tämä aiheutti sen, että ilma, jota ionisaattori puhalsi filtereihin oli likaista, mikä teki prosessista erittäin epähygieenisen.

9.4.2 Uuden ionisaattorin asennus

Asensin uuden ionisaattorin solun sisälle, jossa se puhaltaa puhdasta ja ionisoitua ilmaa lineaaritäryn suojalevyn päälle. Ionisaattori puhaltaa nyt ionisoitua ilmaa levyn urien kautta filtereihin, jotta filtereiden altistuminen staattiselle sähkölle vähenisi, ja että ne kulkisivat lineaaritäryllä paremmin. Samalla ionisaattori puhdistaa filtereitä. Kuvassa 20 näkyy ylhäällä lineaaritäryn päälle asennettu ionisaattori. Sopiva ionisaattori löytyi Sartorius Biohitin varastosta.

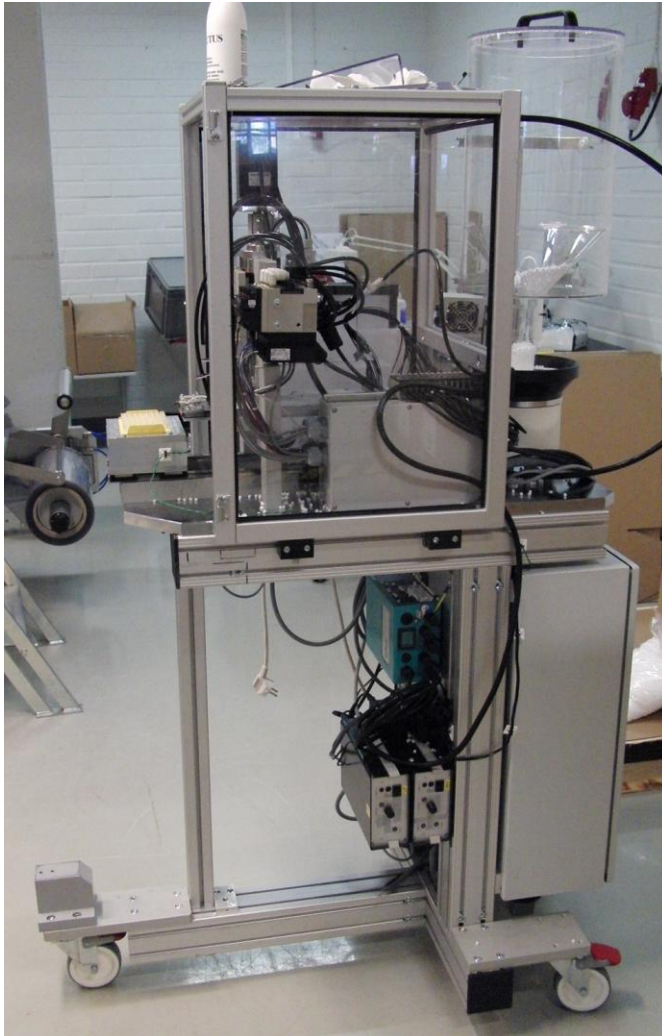


Kuva 20. Uusi ionisaattori asennettuna

10 YMPÄRISTÖN AIHEUTTAMIEN ONGELMIEN MUUTOSTYÖT

10.1 Alkuperäinen filtterikoneen solu

Kontaminoitumisen estämiseksi ja puhtastilavaatimusten vuoksi tein filtterikoneeseen solun muutoksen. Kuvassa 21 on alkuperäinen filtterikoneen rakenne ja solu. Solu ei suojannut filtterikonetta täysin, vaan syöttösäiliö, tärymalja ja syöttökaukalo jäivät suojaamatta. Suojaamattomuus oli todella iso riski sille, että filttereihin pääsee likaista ilmaa, pölyä tai ihmisten partikkeleita.



Kuva 21. Filtterikoneen alkuperäinen rakenne

10.2 Solumuutos

Suunnittelin ja rakensin uuden solun profiilin niin, että filterit eivät ole kosketuksessa tuotantotilan ilman kanssa. Solun uudet profiilit tilasin SKS Mekaniikka Oy:ltä, jonka jälkeen mitoitin ja sahasin ne sopiviksi paloiksi 12 N Metal Band Saw -sahalla. Tämän jälkeen purin vanhan solun ja kasasin uuden. Alumiiniprofiilit kiinnitettiin toisiinsa profiilikiinnikkeillä ja ruuveilla.

Toisin sanoen laajensin solua niin, että kaikki filterikoneen toimilaitteet ovat suojassa. Ainoastaan filterikoneen päässä on ilma-aukko, josta se saa puhdasta ilmaa, kun kone kiinnitetään soluun. Jokaisessa solussa on HEPA-suodattimet, jotka takaavat ilman puhtauden. Kuvassa 22 on uusi rakentamani solu.

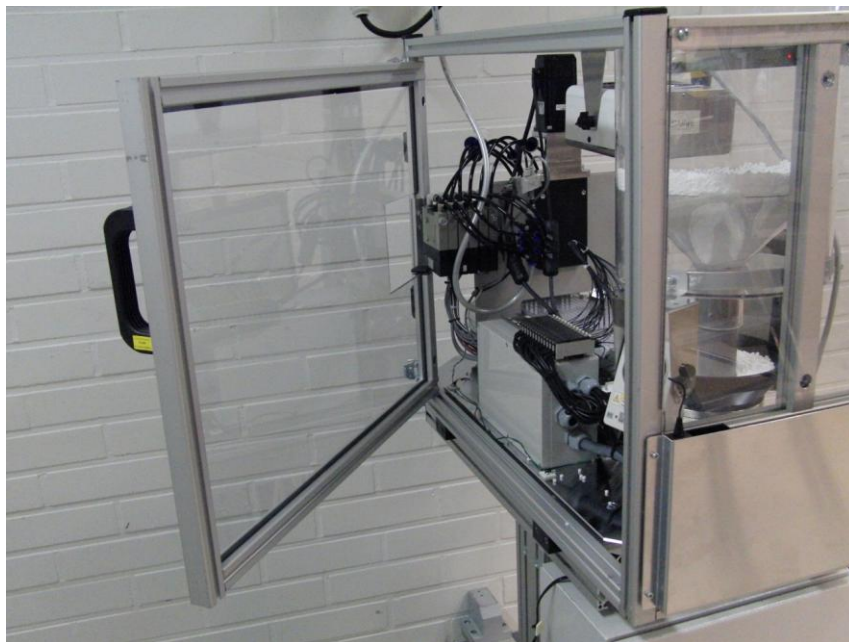


Kuva 22. Uusi filterikoneen solu

10.3 Huoltoaukon asennus

Filterikoneen solussa ei aikaisemmin ollut huoltoaukkoa tai saranoita, josta pääsisi helposti ja nopeasti filterikoneen sisälle. Ainut vaihtoehto oli purkaa solun seinät tai irrottaa filterikone solusta. Tämä vaikeutti ja hidasti koneen huoltoa ja kunnossapitoa. Pelkästään häiriö tai filterikoneen sisällä tapahtunut tukos aiheutti sen, että filterikoneen solun yksi seinä täytyi purkaa. Purkaminen kesti arviolta ainakin viisi minuuttia. Toinen vaihtoehto oli irrottaa PVC-muovipleksi, joka oli kiinnitetty soluun neljällä mutterilla. Valitettavasti muovipleksi sijaitti koneen päässä, josta ei yltänyt tekemään huoltoa koneen kaikkiin osiin. Päästä pystyi ainoastaan työntämään filtereitä eteenpäin tai purkamaan mahdollisen tukoksen.

Edellä mainittujen syiden vuoksi tein soluun huoltoluukun solumuutoksen yhteydessä. Huoltoluukussa on saranat ja kahva, josta luukun voi helposti avata. Huoltoluukku on esitetty kuvassa 23.

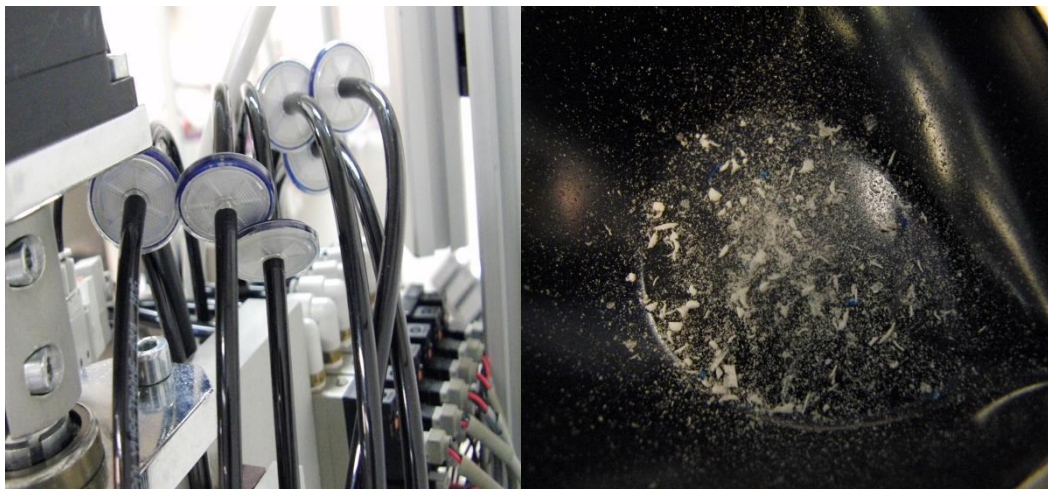


Kuva 23. Huoltoluukku

Huoltoluukku avattaessa työntekijällä täytyy olla yllään normaali puhdasilmavarustus sekä hengityssuoja ja suojäkäsineet.

10.4 Ejektorien suodattimet

Pöly, lika ja muut hienoaineet ovat haitallisia filtereissä ja filteripakkauksissa on paljon hienoainesta, joka ajan mittaan kulkeutuu filterikoneessa lähes kaikkialle. Hienoainesta syntyi myös entisestä annostelupelistä. Uudella annostelukokoonpanolla tätä ongelmaa ei enää ole. Hienoainesta ja paloja on täryillä, paineilmaputkissa, ejektoreissa ja varsinkin filterikoneen päädyssä. Välillä ejektorit ja muut osat menevät jumiin filterien hienoaineesta tai paloista. Tämän vuoksi laitoin ejektoriin suodattimet, jotka suodattavat paineilmasta kaiken hienoaineen, palat ja muut roskat, niin ettei aine pääse ejektoreihin. Hienoaines jää suodattimiin, joiden suositeltava vaihtoväli on 100 ajotuntia. Kuvassa 24 on asentamani suodattimet ja niiden sisälle kertynyt filtereiden roska ja hienoaine.



Kuva 24. Ejektorien suodattimet ja niiden sisälle jäänyt hienoaines.

10.5 Suojaus

Filterikonetta ei ollut aikaisemmin suojattu ollenkaan. Filterikoneen sisäosa ei ole solun laajennuksen jälkeenkään kokonaan suojattu. Filterikoneen etuosa on avoinna, koska filterikone kiinnitetään siitä robottisoluun. Suunnittelin ja mitoitin filterikonetta varten suojahupun ESD-materiaalista. Tilasin suojahupun Kainuun AUTOTEX-liikkeestä. Materiaali on antistaattista kangasta (Proban twill satin) ja se estää hankaussähkön syntymistä. Kuvassa 25 on filterikoneen suojahuppu.



Kuva 25. Filterikoneen suojahuppu

11 MUUT KEHITYSTYÖT

11.1 Käyttöohjeet

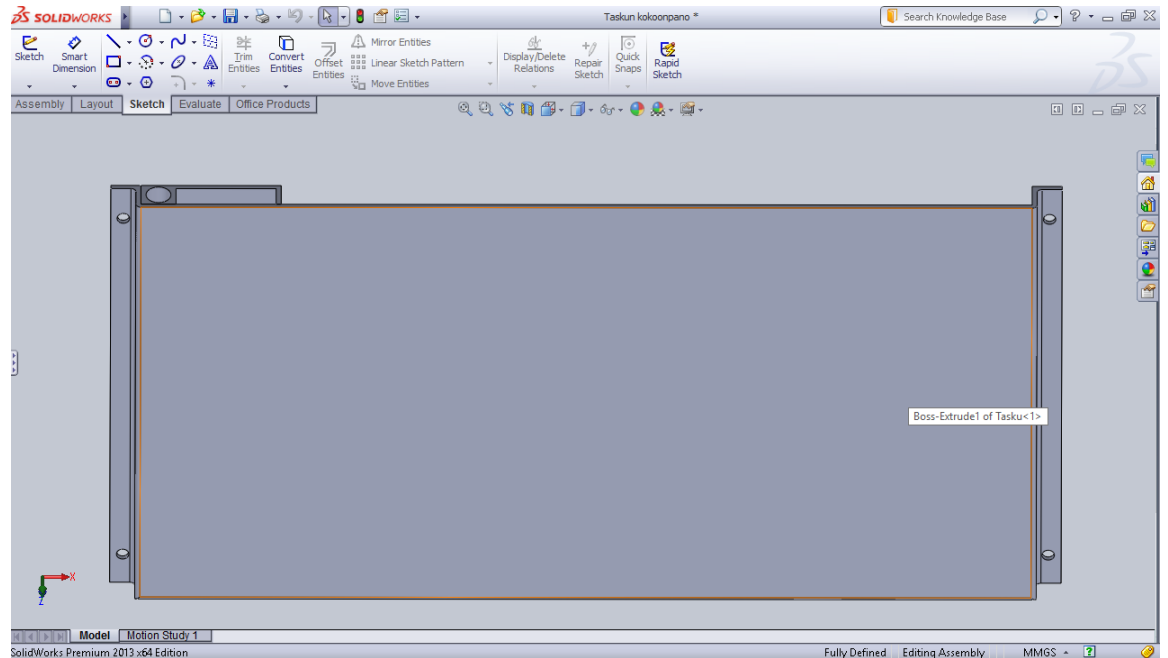
Filterrikoneeseen ei ollut käyttöohjeita, ja vain muutama työntekijä osasi käyttää ja huoltaa konetta. Tämän takia tein koneeseen käyttöohjeet, jotta kaikki työntekijät voisivat tarpeen tullen opetella käyttämään filterrikonetta. Tein käyttöohjeet FT100-filterrikoneeseen. Käyttöohjeet ovat 32:n sivun mittaiset ja pitävät sisällään seuraavat asiat:

- Johdanto
- Valmistaja- ja laitetiedot
- Turvallisuusohjeet
 - Yleiset turvallisuusohjeet
 - Sähkölaitteiden varo-ohjeet
- Rakenne
- Ohjauspaneelin toiminnot
- Asennus
 - Asennuspaikka
 - Asentaminen
 - Liitännät
- Koneen käyttö ja toiminta
 - Koneen käynnistäminen
 - Kone ajossa
 - Koneen sammuttaminen
 - Järjestelmän resetointi
- Huolto
 - Sulakkeet
 - Puhdistus ja suojaus
- Vian etsintä
- Varaosat
- Liitteet

11.2 Taskun ja työkaluhyllyn suunnittelu

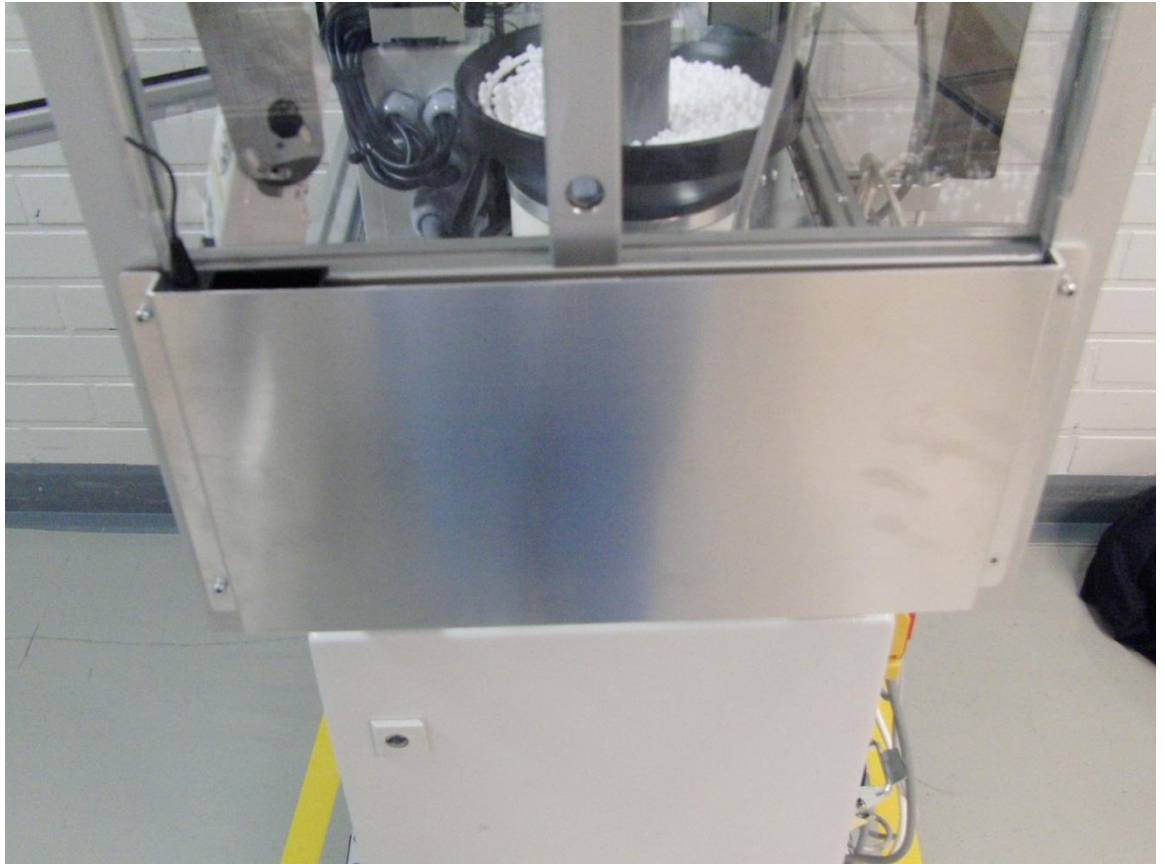
Filterrikoneen työkaluille, käyttöohjeille, huoltovihkolle ja muille osille ei ollut kunnollista paikkaa, joten suunnittelin niille säilytystaskun ja työkaluhyllyn. Taskuun sopii käyttöohjeet ja huoltovihko. Työkaluhyllyyn mahtuu filtereiden

tökkimistyökalu ja annostelukokoonpanon pellit, jos niitä on tarvetta vaihtaa. Suunnittelin osat SolidWorks -ohjelmalla. 3D-mallinnuskuva on esitetty kuvassa 26.



Kuva 26. Työkaluhylly

Työkalukotelon materiaali on POM-muovia ja se on koneistettu Sartorius Biohitin omalla koneistamolla. Teline on koneistettu Prohimek Oy:ssä ja sen materiaali on ruostumatonta terästä. 2D-piirustukset ovat liitteinä (liite 11 ja 12). Työkalukotelo on mitoitettu niin, että se menee hyllyn sisälle. Kiinnitin hyllyn filterikoneeseen, jotta työkalu, ohjeet ja pellit ovat lähellä niitä tarvittaessa. Muut varaosat on sijoitettu muoviosaston varaosavarastoon. Tasku ja työkaluhylly on esitetty kuvassa 27.



Kuva 27. Tasku ja työkalukotelo.

11.3 Matriisin kelkan muutostyö

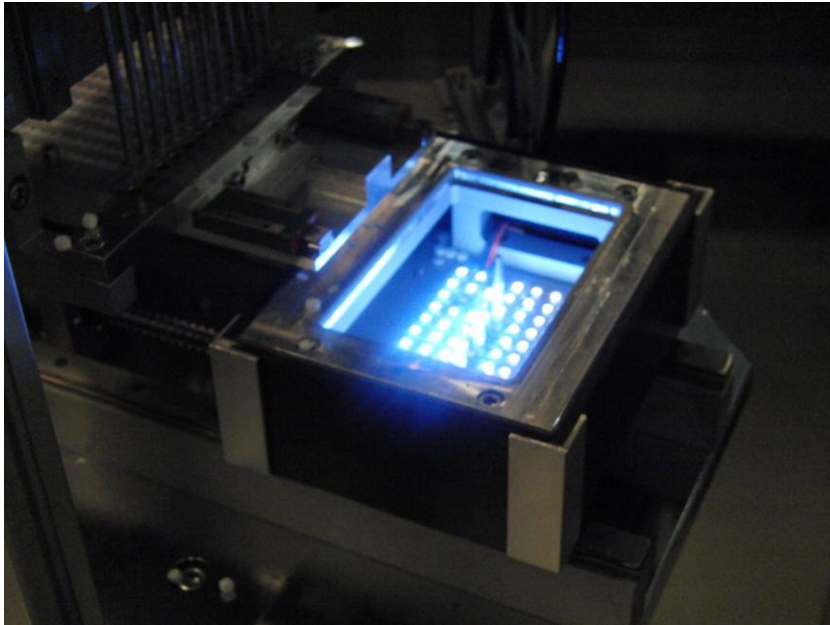
Matriisin kelkan parantaminen oli yksi asentajien ja kunnossapitohenkilöstön muutostöistä. Toteuttamani muutokset ovat pieniä, mutta niiden vaikutukset laitteen toimivuuteen ovat merkittäviä.

11.3.1 Ledien vaihto

Yksi kelkan muutostöistä oli matriisikelkan alalevyn ledien vaihto. Ledien tarkoitus on näyttää tarpeeksi valoa tarkistuskameralle, joka kuvaa ja tarkastaa, ovatko kaikki filterit titeissä. Jokaiselle tipille on oma miniatyyrikokoinen pintaliitos-SMD-ledi, joiden käyttöjännite on yhteensä 3,5 voltia. Ledit ovat valkoisia ja niiden kynnysjännite on 3,0 voltia. Ledeille on oma virtalähde: 12 V

muuntaja. Koska muuntaja oli käyttötarkoitukseensa nähden liian tehokas ja sitä ei voinut säätää, se aiheutti ledien ylikuumentumista ja rikkoutumista.

Piirilevyssä ei tarvita 96:tta lediä, sillä pienempikin valoteho riittää tarkistuskameralle. Olisi kuitenkin ollut valtava työ irrottaa kaikki ledit ja tehdä uusi piirilevy, jossa olisi ollut vähemmän ledejä. Ratkaisuna ongelmaan toimi tilaamani uusi säätömuuntaja, jolla ledien teho voitiin säätää sopivaksi ja samalla tarkistuskameralle saatiin sopiva valaistus. Aikaisemmin ledit kuumentuivat liikaa ja sen takia rikkoutuivat. Myös valon määrä oli liiallinen, joten valon tehoa säätävä muuntaja sopi tähän käyttöön erittäin hyvin. Nyt ledit eivät enää lämpene liikaa ja ne kestävät huomattavasti pidempään. Irrotin vialliset ledit ja juotin tilalle uudet. Kuvassa 28 on uudet ledit asennettuna.



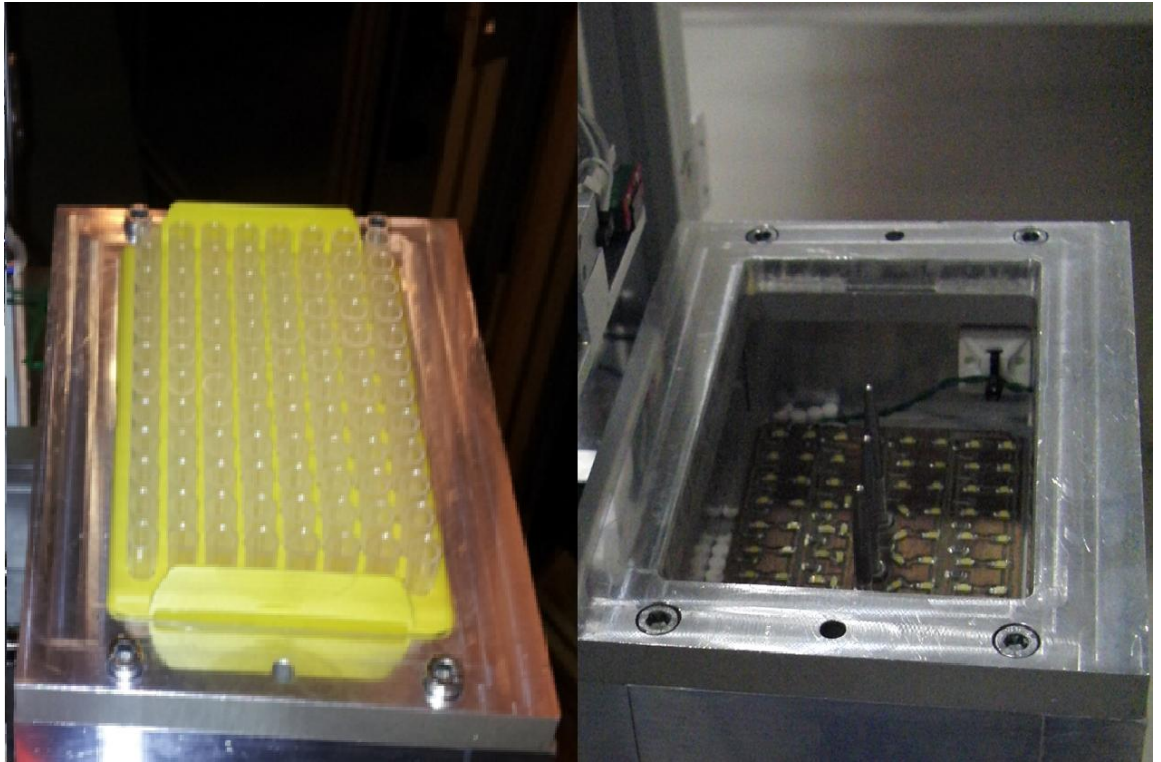
Kuva 28. Matriisikelkka ja ledit

11.3.2 Kelkan reiät

Toinen muutostyö koski matriisikelkan kuusiokoloruuvien reikien suurentamista. Kelkan kuusiokoloruuvien reiät olivat liian pienet, sillä ruuvit jäivät kelkasta ulkopuolelle siten, että se haittasi filttterikoneen asentamista ja ajoa. Ruuvien

jäädessä kelkan pinnan ulkopuolelle robotin työkalu törmäsi ruuviin aiheuttaen häiriön tuotantoprosessiin.

Tämän ongelman korjasin yrityksen konepajalla, jossa suurensimme reikiä niin, että kuusiokoloruuvi meni täysin kelkan pinnan alle, jolloin se ei enää osunut robotin työkaluun. Muutos on esitetty kuvassa 29.



Kuva 29. Matriisikelkan kuusiokoloruuvit

11.4 Filterikoneen säilytyspaikka

Filteerikoneille ei ollut käytössä vakinaista paikkaa, jossa niitä säilytettäisiin, vaan ne sijaitsivat ympäri muovihallia. Välillä filteerikoneita joutui jopa etsimään hallista. Merkitsin filteerikoneelle oman paikan halliin keltaisella värinauhalla, jota käytetään merkkamaan tuotantotilojen alueita. Nyt filteerikoneella on oma paikka, johon se viedään käytön jälkeen ja suojataan suunnittelemani suojahupulla.

12 JATKOKEHITYSKOhteita

Filterikoneen tehokkuutta ja luotettavuutta voitaisiin parantaa niin paljon kuin aika ja resurssit vain sallivat. Optimaalisin ratkaisu moniin ongelmiin olisi filtterikoneiden integrointi soluun. Tällöin filtterikone toimisi synkronoituna solun robottien ja ruiskuvalukoneiden kanssa ja sen toimintavarmuus olisi tehokkain. Tässä kappaleessa tuon esille muutamia mahdollisia kehitysideoita, joita voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa.

12.1 Machine Track -seurantaohjelma

Machine Track on Arrow-yhtiön kehittämä tuotannon automaattinen seurausohjelma, jota käytin filtterikoneen ajon seurannassa. Ongelma Machine Trackin käytössä on kuitenkin se, että ohjelma seuraa ainoastaan Simo-solun robotteja ja ruiskuvalukoneita – ei filtterikoneita. Seurantaohjelma ilmoitti ongelmasta vasta silloin, kun robotti pysähtyi filtterikoneen häiriön seurauksena.

Filterikoneen hitauden takia filteriajossa tehdään yleensä rinnakkaisajoa, jolloin robotti tekee välillä toista työtä. Useissa tapauksissa solun robotit suorittavat toista työtä filtterikoneen vikatilasta huolimatta. Ainoastaan tietyissä tilanteissa robottiin tulee häiriö, jolloin voidaan epäillä filtterikoneen olevan vikatilassa. Muussa tilanteessa filtterikoneen häiriötä on mahdotonta havaita, ellei suoriteta henkilökohtaista tarkastusta filtterikoneen toimivuudesta.

Ratkaisu edellä mainittuun ongelmaan olisi filtterikoneen liittäminen Machine Track -ohjelmaan, josta voitaisiin helposti ja yksinkertaisesti seurata filtterikoneen toimintaa. Tämä vaatisi kuitenkin uuden käyttöliittymän ja asennuksen. Lisäksi se edellyttäisi, että FT100-filtterikoneelle olisi oma paikka solussa.

12.2 Filtrikoneen paikka

Tällä hetkellä FT100- ja FT200-filtrikoneita liikutellaan ja siirrellään edestakaisin niiden ajovuorojen mukaisesti; solussa paikallaan on aina se kone, joka on ajovuorossa. Koska koneiden siirtely ja uudelleen asentaminen on hankalaa ja aikaa vievää, olisi helpompaa, jos kummallekin koneelle olisi oma määrätty paikka solussa, eikä niitä tarvitsisi siirtää ollenkaan.

Tekemällä muutostöitä solun seinään koneet saataisiin kiinnitettyä vierekkäin ja molemmilla olisi pysyvä paikka. Lisäksi tarvitaan toinen tarkistuskamera sekä muutoksia robotin ohjelmointiin.

12.3 Filtrikoneen syöttökaukalon parannus

Filtrikoneen syöttökaukalon tukkiutuessa filtrit eivät pääse kulkemaan eteenpäin lineaaritärylle. Syöttökaukaloon asennettu ionisaattori vähentää tukoksia, mutta pitkien ajojen aikana niitä on silti mahdollista syntyä. Myös tärymalja voi annostella kaukaloon liikaa filtreitä kaukalon tunnistinkuitujen toimimattomuuden takia. Lisäksi filtrit kulkeutuvat syöttökaukalossa helposti lineaaritäryn toiselle laidalle, mikäli filtrikone on hiemankin epätasapainossa tai jos ionisaattori ei puhalla filtreitä kohtisuoraan lineaaritäryn mukaisesti.

Filttereiden kulkeutumista syöttökaukalossa voitaisiin tehostaa suunnittelemalla siihen esimerkiksi hämmentäjä, joka estäisi filttereiden jumittumisen tai niiden kulkeutumisen toiseen laitaan. Toinen vaihtoehto on tehdä syöttökaukaloon ja lineaaritärylle pienet urat, joita pitkin filtrit kulkisivat suoraan.

12.4 Staattista sähköä poistavat ratkaisut

12.4.1 Filterikoneen säiliö

Filterikoneessa on oma PC-muovista valmistettu säiliö, johon filterit kaadetaan säilytys- ja kuljetuspusseista. PC-muovi materiaalina ei kuitenkaan ole paras mahdollinen ratkaisu staattisen sähköön muodostumisen kannalta. PC-muovi lisää staattisen sähköön syntyä, varsinkin kun säiliö on tiivis. Staattista sähköä voitaisiin poistaa staattista sähköä johtavalla tai poistavalla säiliöllä. [5, s. 49.]

12.4.2 Filterikoneen alusta

Filterikone on vaunu, jota voidaan liikuttaa ja siinä on kolme pyörää. Pyörissä saattaa olla vierasta ainetta, tai ne eivät ole kosketuksissa lattian johtavan osan kanssa, jolloin staattinen sähkö ei pääse purkautumaan. Staattisen sähköön syntyä voitaisiin vähentää rakentamalla filterikoneen rungosta maadoitus esimerkiksi ESD-lattiaan. Toisena vaihtoehtona pyörien sijasta voitaisiin käyttää johtavia ketjuja. [5, s. 84.]

13 TYÖN TULOKSET JA TARKASTELU

Toimeksiantajalle tärkeintä oli parantaa filtterikoneen tehokkuutta ja luotettavuutta. Filtterikoneen kehittäminen oli monipuolinen ja vaativa työ. Koneen relevantit viat ja ongelmat olivat vaikeita havaita tai selvittää, mutta kehitysprosessi onnistui hyvin perusteellisen taustatyön ja vikaseurannan jälkeen.

Filtterikoneen lukuisten vikojen ja ongelmien joukosta valittiin kehityskohteiksi kolme kriittisintä. Nämä viat ja häiriöt liittyivät annostelukokoonpanon toimintaan, filtereiden kulkemiseen sekä ympäristön vaikutuksiin. Jokaisen vian käsittely vaati erilaisia toimintatapoja, suunnittelua ja ongelmanratkaisua.

Uusien teknisten muutosten ja uudistusten testaaminen toteutettiin filtterikoneen käsiajossa parin tunnin aikana. Vaikka koneen häiriöt ja viat paljastuvat yleensä ainoastaan pitkissä tuotannon ajoissa, saatiin tässä lyhyemmässäkin ajassa muutosten toimivuus selvitettyä.

13.1 Annostelukokoonpano

Annostelukokoonpano oli tärkein kehitystyö ja se vaikutti hyvin paljon filtterikoneen toimintaan. Uusi annostelukokoonpano suunniteltiin ja mallinnettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla. Ohjelma antoi edellytykset kokoonpanon suunnitteluun visuaalisesti ja realistisesti mittasuhteita myöten. Suunnitteluvaiheessa voitiin konkreettisesti varmistaa uuden kokoonpanon toimivuus koneessa edellyttäen, että mittasuhteet pysyivät niille annetuissa rajoissa.

Suunnitteluvaiheessa oli tärkeää eliminoida kaikki vanhaa annostelukokoonpanoa koskevat ongelmat ja häiriöt. Suunnittelu ja toteutus olivat onnistuneita, sillä uuden annostelukokoonpanon testausvaiheessa ei ilmennyt enää aiotakaan häiriötä tai vikaa. Ainoastaan annostelukokoonpanon

visuaalista ulkomuotoa ja värejä voisi parantaa, mutta nämä asiat ovat toissijaisia koneen toimivuuden kannalta.

Annostelukokoonpanoa testattiin filttarikoneen käsiajolla kaksi tuntia, jonka jälkeen se jäi koneeseen pysyvästi tuotannon ajoa varten. Muutaman seuraavan kuukauden aikana filttarikoneessa ei ilmennyt yhtäkään annostelukokoonpanosta aiheutuvaa häiriötä. Kuvassa 30 on uusi annostelukokoonpano ensimmäisessä tuotannon ajossa.



Kuva 30. Annostelukokoonpano

13.2 Filttareiden kulkeminen

Filttereiden kulkemiseen liittyviä kehitystöitä oli useita, joista merkittävimmät filttareiden kulkemista parantavat muutokset olivat lineaaritäryn suojalevyn muutostyö ja solumuutos, jonka yhteydessä asennettiin ionisaattori lineaaritäryn päälle. Mahdollisia filttareiden tukoksia varten suunniteltiin tökkimistyökalu, jolla ilmeneviä tukoksia voitaisiin avata. Lineaaritäryn suojalevy ja tökkimistyökalu olivat yksinkertaisia mallinnuksia ja ne suunniteltiin ja mallinnettiin SolidWorks 3D-mallinnusohjelmalla.

Jo testausvaiheessa huomattiin, ettei lineaaritäryn suojalevyn ensimmäinen prototyyppi tuonut toivottua parannusta. Testaus osoitti, että suojalevyn materiaali oli väärä, minkä vuoksi filterit eivät kulkeneet halutulla tavalla lineaaritäryllä. Lineaaritäryllä kahden metallin tärjestässä yhteen syntyy mekaanista resonanssia, joka aiheuttaa filtereiden kulkemista vaikeuttavia sähkö- ja magneettikenttiä. Staattisen sähkön syntymistä ehkäistiin palaamalla vanhaan materiaaliin sekä koneistamalla suojalevyyn staattista sähköä vähentävät urat.

Uusi lineaaritäryn suojalevy toimi filterikoneen testauksessa hyvin ja se otettiin heti tuotantokäyttöön. Suojalevyyn ei ole tämän jälkeen tarvinnut tehdä muutoksia.

13.3 Ympäristön aiheuttamat ongelmat

Ympäristön aiheuttamien ongelmien eliminoinnissa tärkeimpiä kehitystoita olivat solumuutos ja huoltoaukko. Näillä muutostöillä voidaan taata, että filterit ovat puhtaampia ja sterilisoituja. Lisäksi filterikoneeseen liittyviä häiriöitä tai tukoksia on näiden muutostöiden jälkeen helpompi selvittää.

Ejektoreihin asennetut suodattimet vähensivät filtereiden mukana tulevia roskia ja pölyä huomattavasti. Kolmen pidemmän ajokerran jälkeen ejektorien suodattimet avattiin ja roskat ja hienoaines kerättiin kulhoon. Punnituksessa selvisi suodattimiin kertyneen roskan määrän olevan noin yhden gramman verran. Mikäli suodattimia ei olisi, roskat päätyisivät lineaaritärylle tai filterikoneen solun sisälle.

Filterikoneen ollessa käyttämättömänä se suojataan suojahupulla, joka vähentää pölyn kertymistä ja staattisen sähkön syntymistä filterikoneen solun sisällä. Lisäksi laaditut käyttöohjeet parantavat työntekijöiden tietämystä filterikoneen suojaamisesta ja sen hygieniaan liittyvistä asioista.

13.4 Tulosten tarkastelu

Työn tulokset näkyvät konkreettisesti filterikoneessa ja sen luotettavuudessa sekä toimintavarmuudessa. Filterikoneen häiriöt ja viat vähenivät huomattavasti. Häiriötaulukoon (taulukko 2) viitaten häiriöt ovat vähentyneet yli 60 %, ja jäljellä on vain ohjelmavikoja, joihin tässä opinnäytetyössä ei tarvinnut keskittyä.

14 YHTEENVETO

Insinööriyön tehtävänä oli parantaa muovituotannossa pipettien kertakäyttökärkien valmistuksessa käytettävän filtterikoneen luotettavuutta, sekä kehittää laitteen toimintaa. Filtterikoneen tarkoituksena on automaattisesti asentaa filterit pipettien kertakäyttökärkien sisään.

Työ oli luonteeltaan haastava ja monipuolinen. Koneen osien suunnittelussa hyödynnettiin SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmaa. Osien ja prototyyppien suunnittelu ja testaus olivat työn vaikeimmat osiot, suunniteltujen osien toimivuus oli mahdollista todeta vasta testausvaiheessa. Filtterikoneen vikojen laajuuden vuoksi myös kehityskohteiden rajaaminen oli vaativaa.

Uusien työssä suunniteltujen osien ja parannusten testaus osoitti, että filtterikoneen luotettavuus ja tehokkuus parani huomattavasti. Filtterikoneen parannusten käyttöönoton jälkeen tuotantoraportissa ei näkynyt viikon ajan aikana ainuttakaan filtterikoneesta johtuvaa katkosta tai häiriötä. Täyden toimivuuden varmistamiseksi filtterikonetta tulisi seurata pidemmältä ajanjaksolta, mutta jo lyhyempi seuranta antoi viitteitä parannusten onnistuneisuudesta. Myös filtterikoneen huoltaminen ja kunnossapito on jatkossa työntekijöiden kannalta käytännöllisempää ja selvempää.

Tässä työssä kehitetyt menetelmät antoivat paljon uutta tietoa filtterikoneen toiminnasta työn toteuttajan lisäksi myös toimeksiantajana toimivalle yritykselle, koneen käyttäjille ja kunnossapidolle. Filtterikoneen toimivuuden kehittymisen ohella merkittävä lopputulos oli uusien menetelmien sovellettavuus myös muihin tuotannon filtterikoneisiin, joihin toimintaa parantavia kehitysmenetelmiä oli mahdollista kopioida.

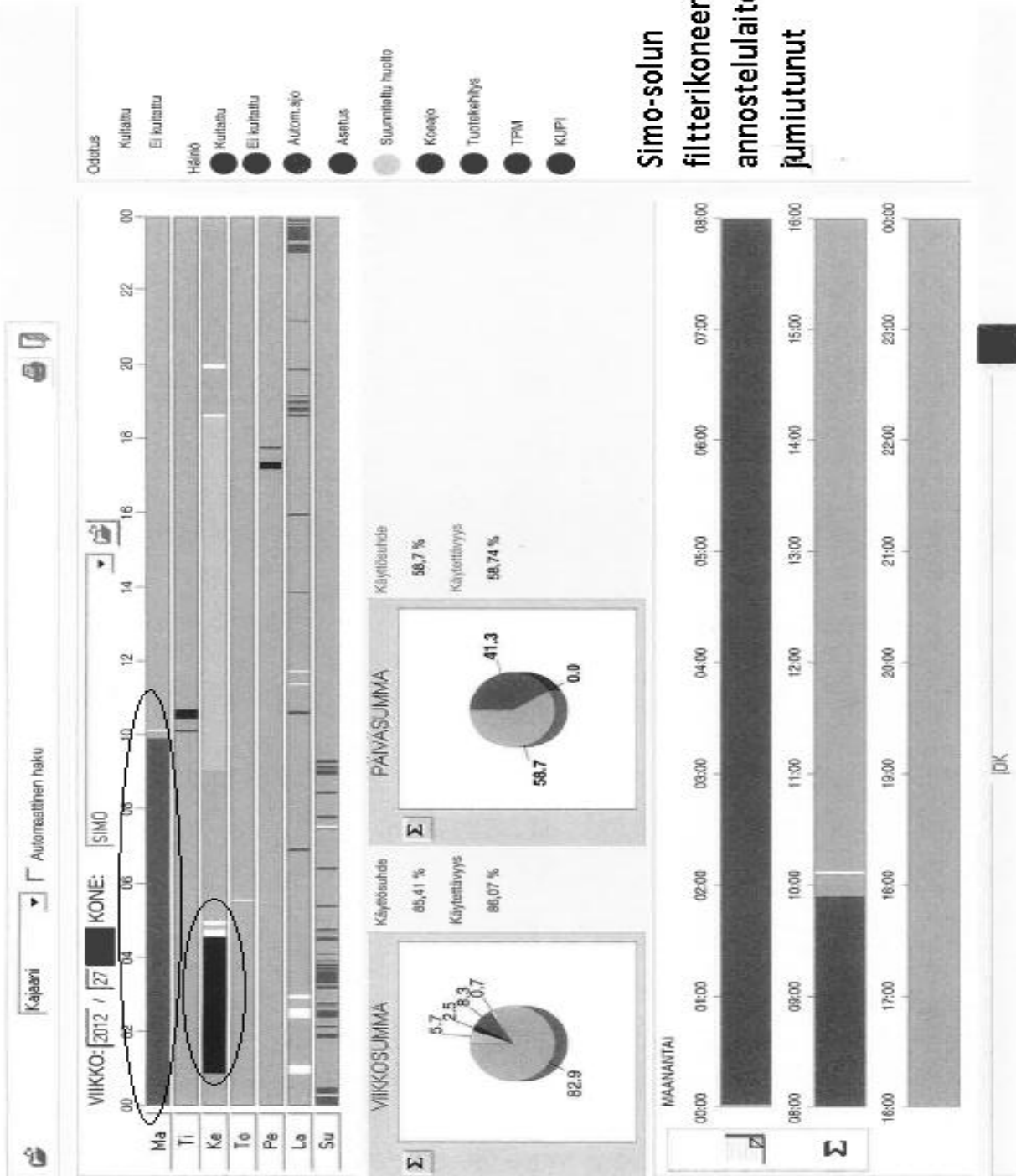
Insinööriyön käytännön osuus suoritettiin vuosina 2012 ja 2013 ja kirjallinen raportti koottiin niiden jälkeen. Filtterikoneen suunnittelu- ja käytännön vaiheet toteutettiin itsenäisenä työnä. Toimeksiantajalle täytettiin heidän edellyttämät vaatimukset ja tavoitteet.

LÄHTEET

1. Biohit työntekijänpas / B / Rev. 5 (2011)
2. Sartorius Biohit Liquid Handling Oy:n kotisivut, luettu 5.3.2016.
Internetosoite: <http://www.Biohit.com/fi/>
3. Tuhola, E. & Viitanen, K. (2008). 3D-mallintaminen suunnittelun apuvälineenä. Tammertekniikka.
4. SolidWorks Oy:n kotisivut, luettu 17.1.2016 internetosoite:
<http://www.solidworks.com/>
5. Kyriiri Oy (2002). Staattisen sähkön hallinta elektroniikkateollisuudessa.
Helsinki.
6. SFS (2006). Staattinen sähkö. Ohjeita staattisen sähkön aiheuttamien vaarojen välttämiseksi. Helsinki.

LIITTEET

1. Filterikoneen tuotantoraporttidokumentti
2. Käyttäjähaastatteludokumentti
3. Filterikoneen annostelukokoonpanon alatuen 2D-piirustus
4. Filterikoneen annostelukokoonpanon t-tuen 2D-piirustus
5. Filterikoneen annostelukokoonpanon puslan 2D-piirustus
6. Filterikoneen annostelukokoonpanon teflon-tuen 2D-piirustus
7. Filterikoneen annostelukokoonpanon pellin 2D-piirustus
8. Filterikoneen lineaaritäryn ison suojalevyn 2D-piirustus
9. Filterikoneen lineaaritäryn pienen suojalevyn 2D-piirustus
10. Filterikoneen työkalun 2D-piirustus
11. Filterikoneen taskun 2D-piirustus
12. Filterikoneen työkalukotelon 2D-piirustus



Ville Viinikka
25.5.2012
Sartorius Biohit Liquid Handling Oy

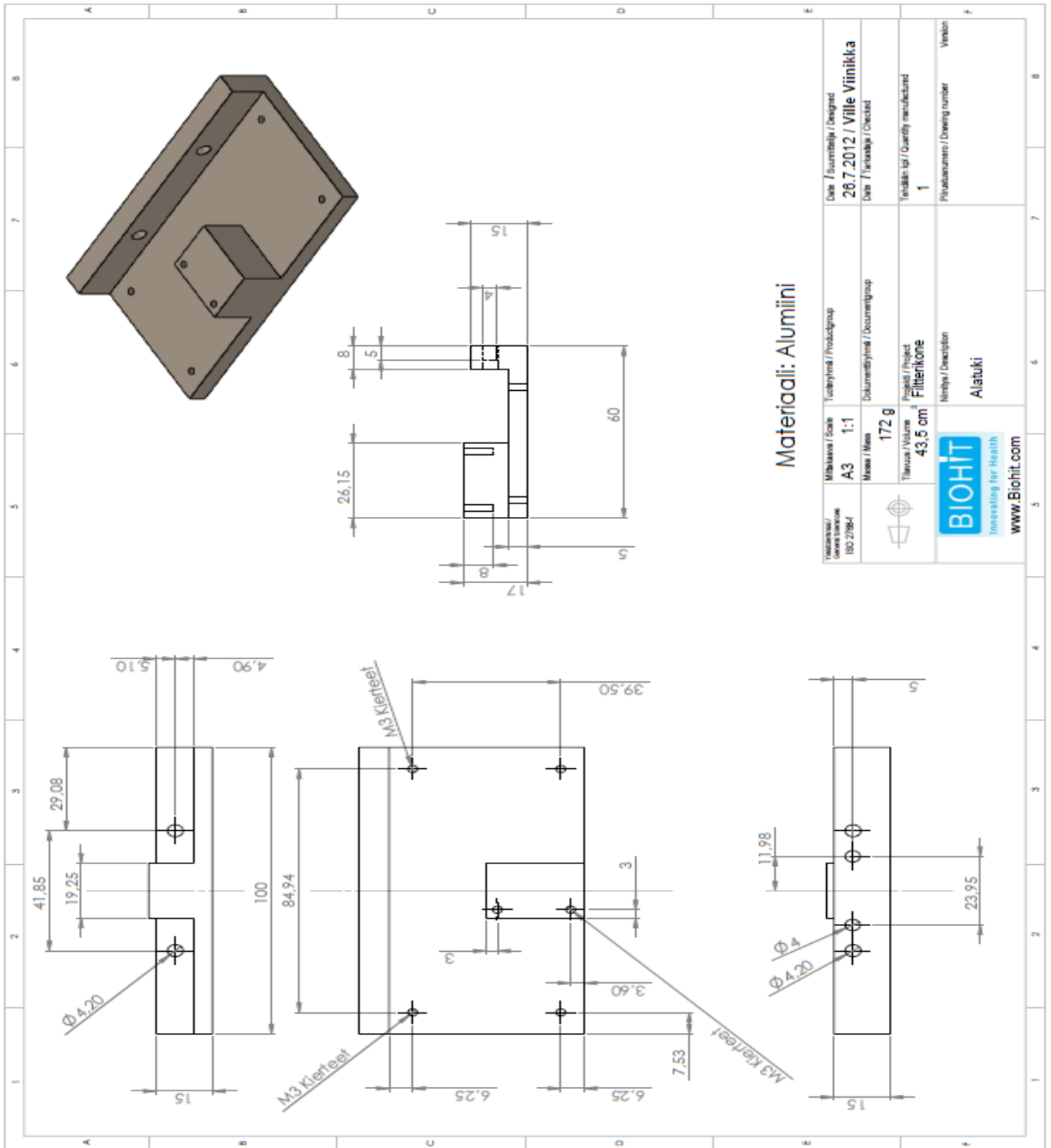
Filterikoneen käyttäjä- ja kunnossapitohaastattelu

Nimi:

Aika ja paikka:

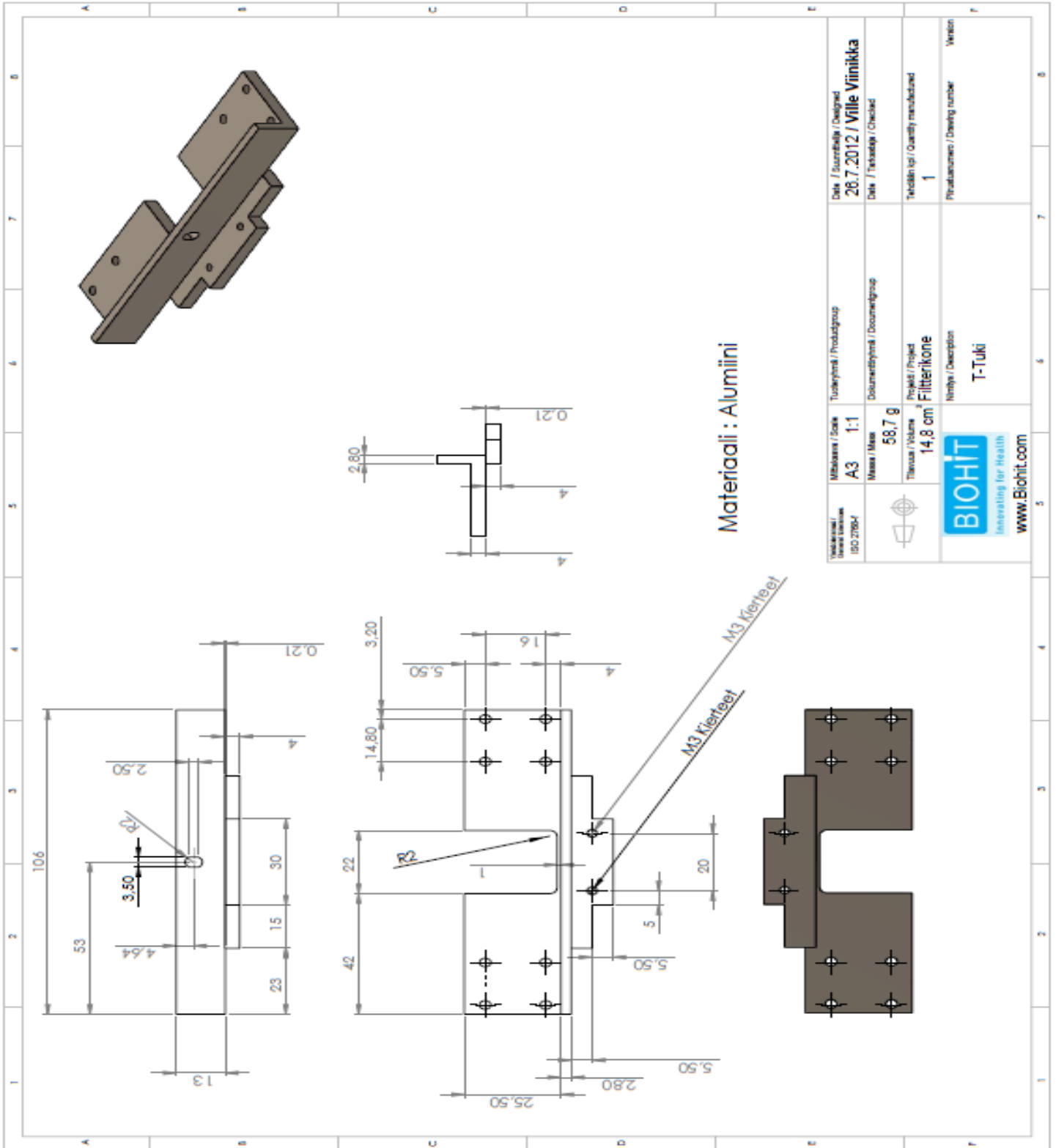
Työnimike:

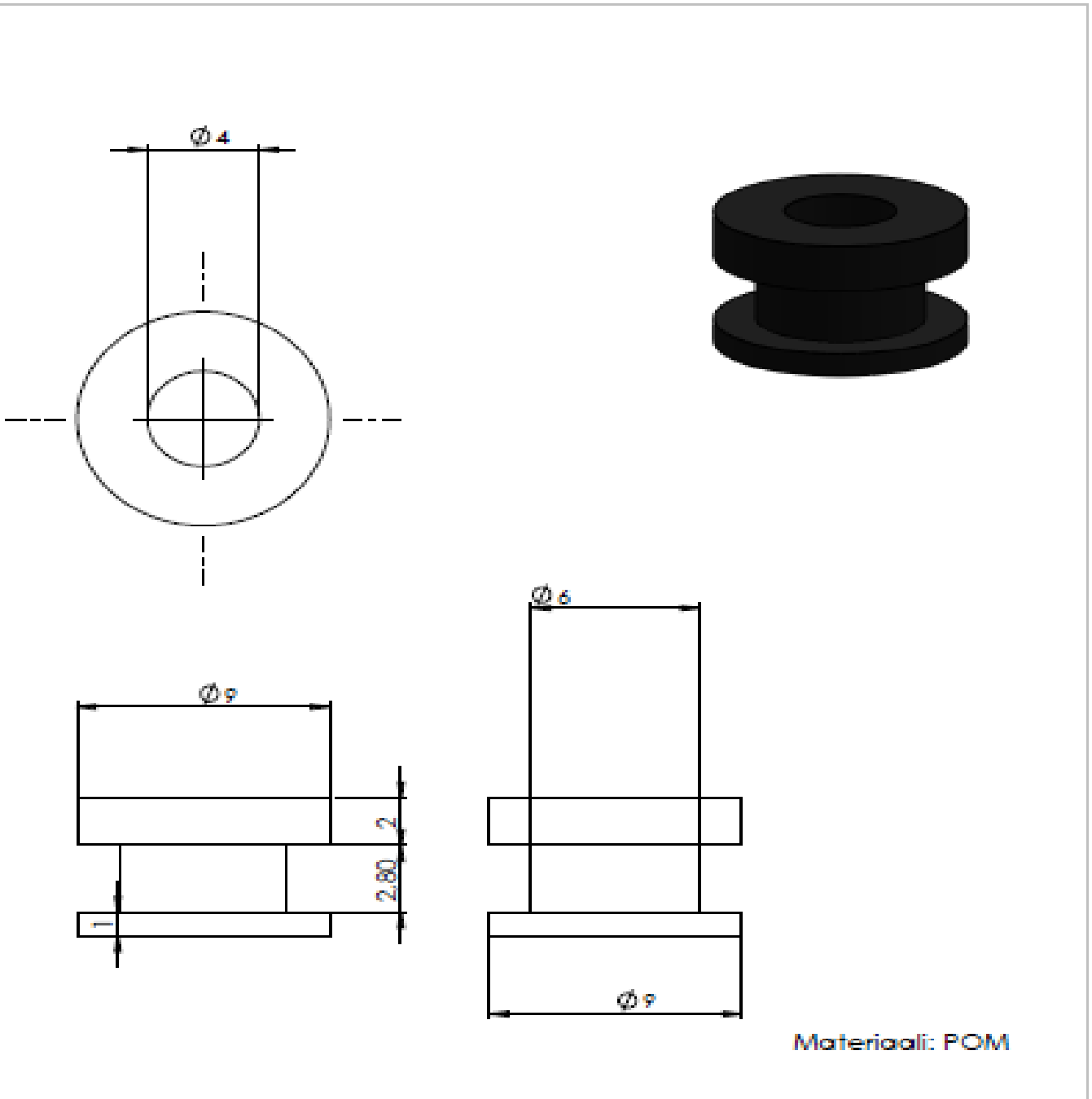
1. Kuinka kauan olet ollut töissä Sartorius Biohitillä?
2. Mitä tehtäviä sinun työhösi kuuluu?
3. Ovatko filterikoneet sinulle tuttuja?
4. Miten useasti käytät konetta tai olet tekemisissä koneiden kanssa?
5. Osaatko käyttää koneita?
6. Osaatko huoltaa koneita?
7. Osaatko asentaa koneet paikoilleen?
8. Onko koneiden toimintavarmuus sillä tasolla mitä sen pitäisi olla?
9. Osaatko toimia oikein vikatilanteen tai ongelmatilanteen sattuessa?
10. Onko koneisiin käyttö-, huolto- tai kunnossapito-ohjeita?
11. Mitkä ongelmat ja viat ovat tavallisimpia koneissa?
12. Onko jossakin tietyssä filterikoneessa enemmän vikoja kuin toisissa? Mitä?
13. Miten useasti huomaat FT100-koneessa ongelmia tai vikoja kun se on ajossa? Per/päivä
14. Onko vikoja mielestäsi liikaa tai paljon muihin koneisiin verrattuna?
15. Mistä uskot ongelmien ja vikojen johtuvan?
16. Onko sinulla FT100-koneeseen liittyen parannus- tai kehitysohjeita? Mitä?
17. Muuta sanomista filterikoneista?
18. Onko toivomuksia filterikoneeseen liittyvissä asioissa?



Materiaali: Alumiini

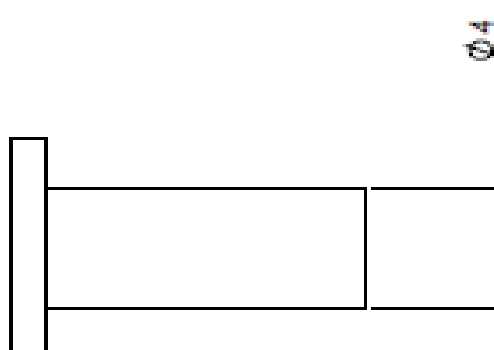
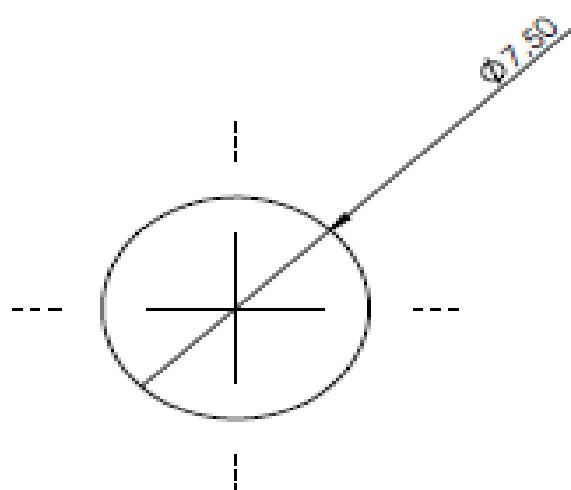
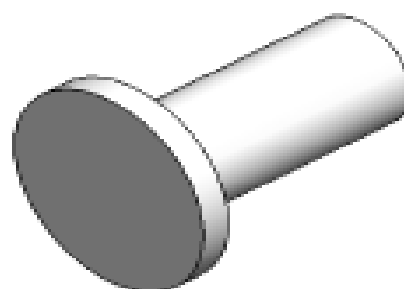
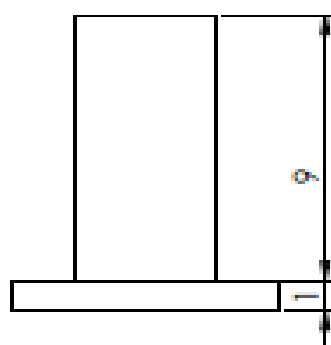
Tekniset / General ISO 2768-M	Mitat / Scale A3 1:1	Tuoteryhmä / Product group Dokumentiryhmä / Document group	Date / Suunnittaja / Designed 26.7.2012 / Ville Viinikka
	Massa / Mass 172 g	Ohje / Project Filterikone	Tekijän ldi / Quantity manufactured 1
	Tilaus / Volume 43,5 cm	Nimitys / Description Alatuki	Piirustuksen / Drawing number Vn100
www.Biohit.com			





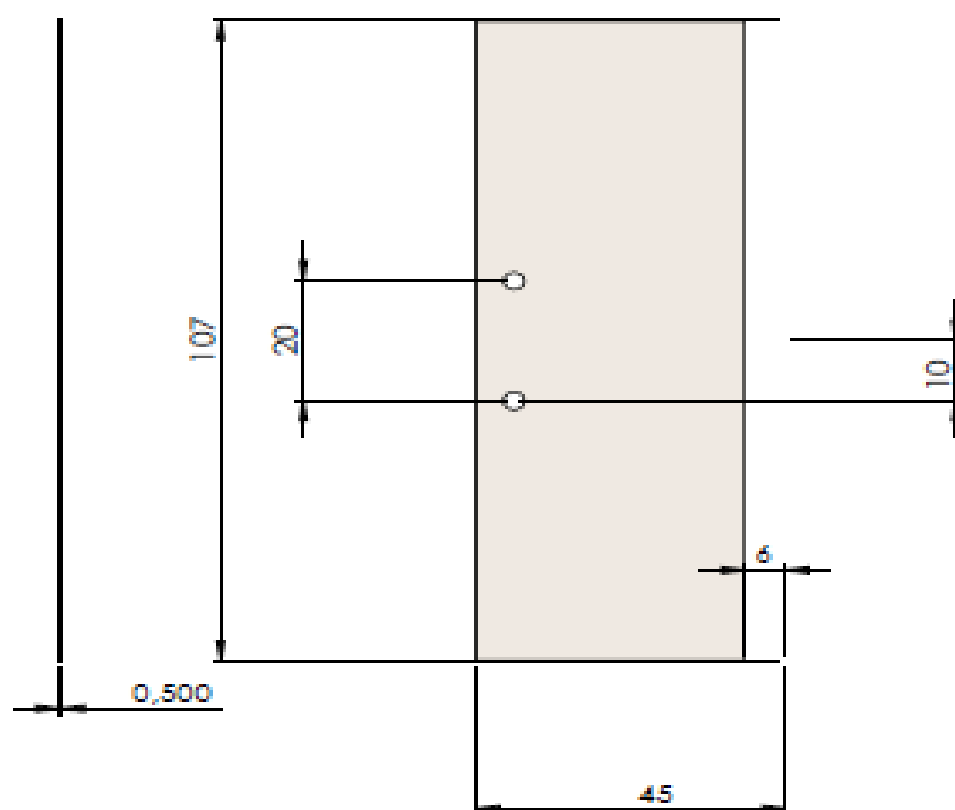
Materiali: POM

THESE OTHERS SPECIFIED: DIMENSIONS ARE BY MILLIMETER SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		CORNER AND BREAK SHAPE: EDGE:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION:		
DRAWN:			NAME:		SIGNATURE:		DATE:		TITLE:		
CHECKED:			NAME:		SIGNATURE:		DATE:		MATERIAL:		
APPROVED:			NAME:		SIGNATURE:		DATE:		DWD NO.:		
DWA:			NAME:		SIGNATURE:		DATE:		PUSLA		A4
APPROVED:			NAME:		SIGNATURE:		DATE:		SCALE: 1		SHEET 1 OF 1



MATERIAALI: TEFLON MUOVI

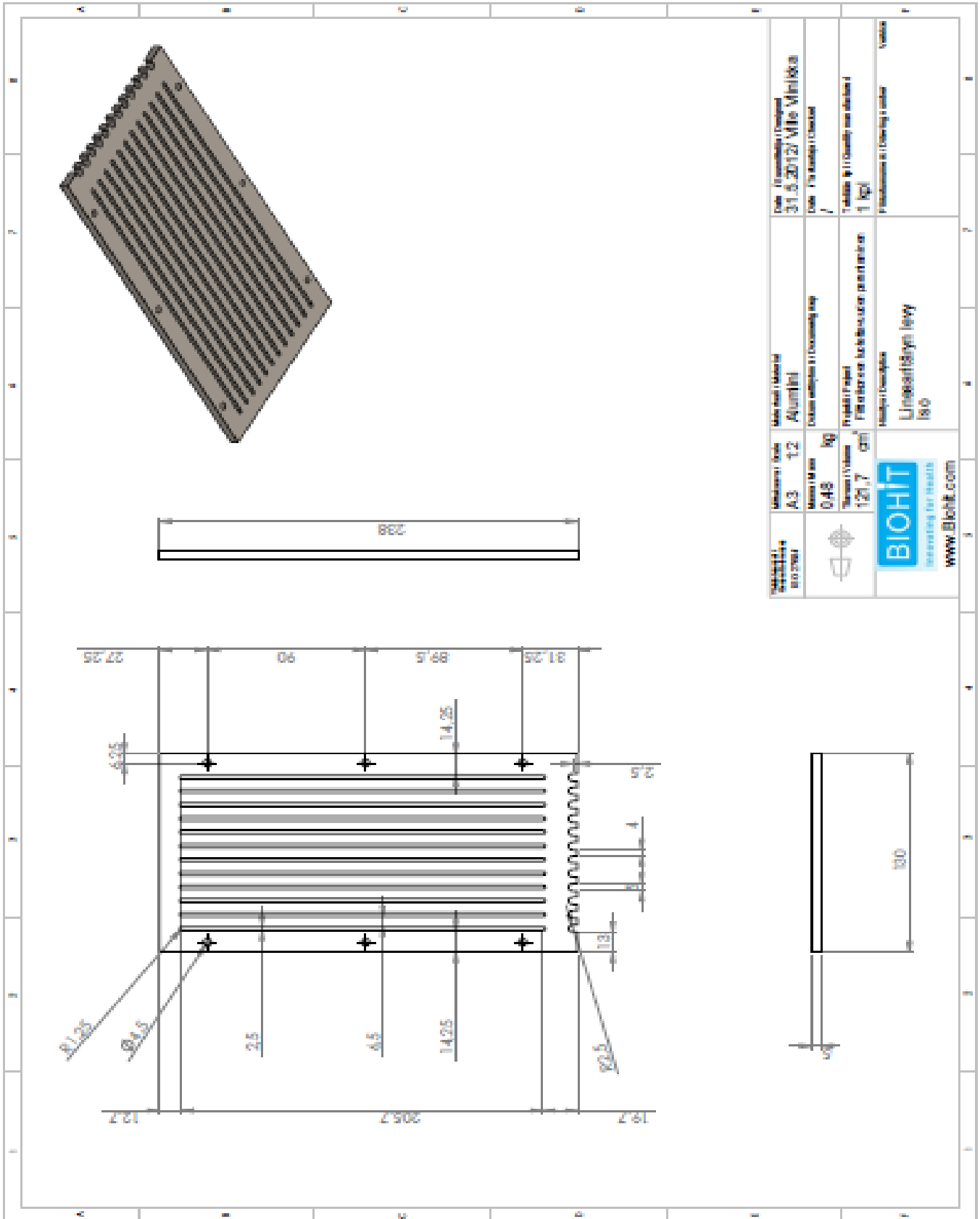
Yleistiedot / General information ISO 2768-M	Mittakaava / Scale A3 5:1	Tuoteryhmä / Productgroup Filterikone FT100	Päivä / Suunnittelija / Designed 28.7.2012 / Ville Viinikka	
	Massa / Mass 0,36g	Documentiryhmä / Documentgroup	Päivä / Tarkastaja / Checked	
	Tilavuus / Volume 157,3 mm ³	Projekti / Project Annostelukokoonpano	Tehdään kpl / Quantity manufactured 3kpl	
 Innovating for Health www.Biohit.com		Nimitys / Description Teflon-tuki	Piirustuksennumero / Drawing number 1	Version A

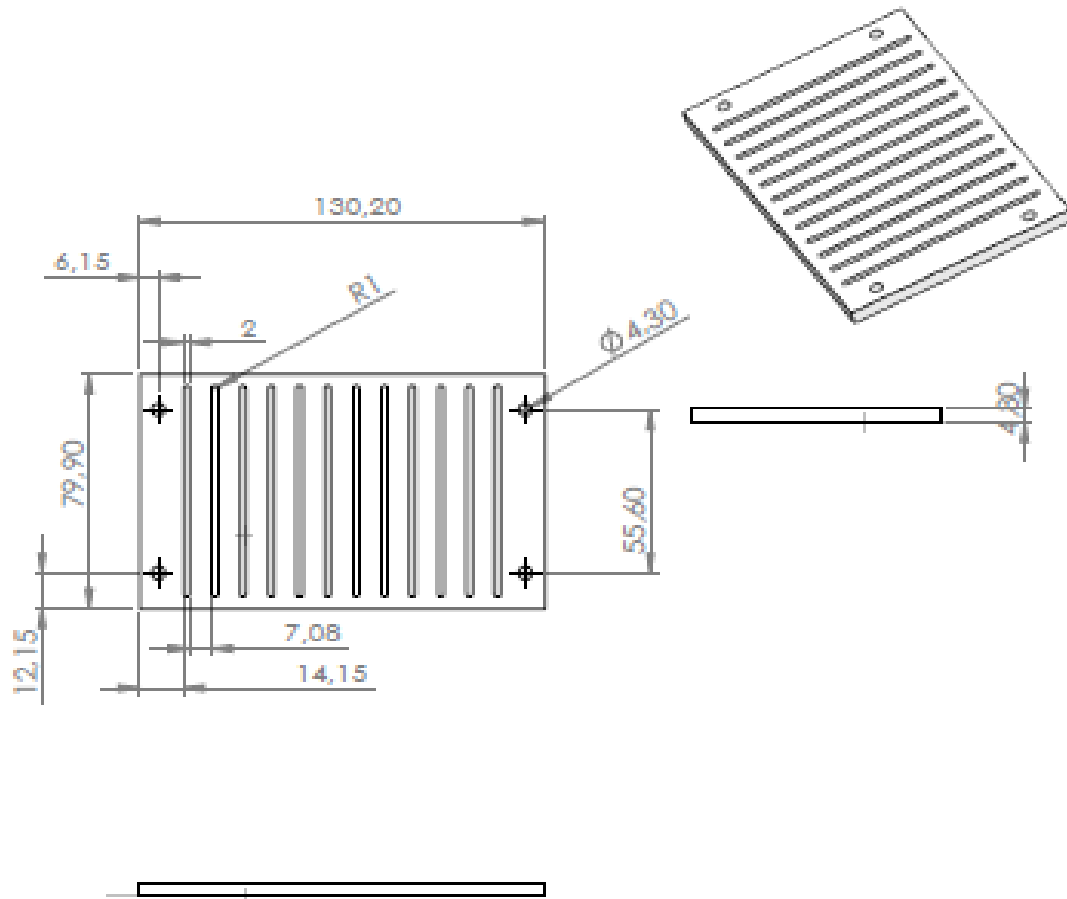


Valmistetaan 3kpl:ta

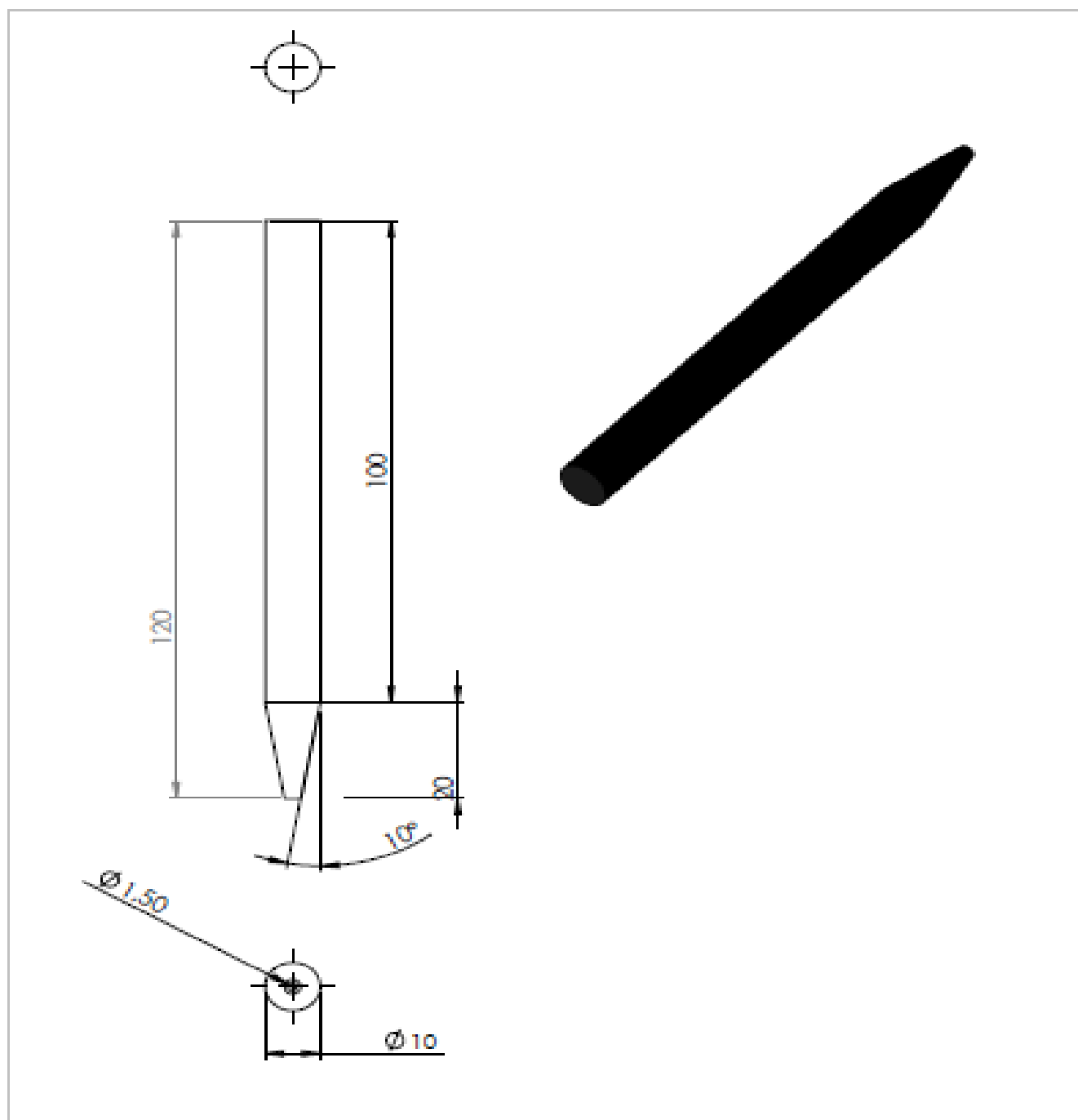
Materiaali: Rosteri

Yleistiedot / General Information ISO 2768-F	Mittakaava / Scale A4 1:1	Tuoteryhmä / Productgroup	Date / Suunnittelija / Designed Ville Viinikka / 27.8.12	
	Massa / Mass kg	Dokumentiryhmä / Documentgroup	Date / Tarkastaja / Checked	
	Tilavuus / Volume cm³	Projekti / Project	Tehdään kpl / Quantity manufactured	
 BIOHIT Innovating for Health www.Biohit.com		Nimitys / Description Pelti/Filtterikone	Yritys/ Laskutus	Version



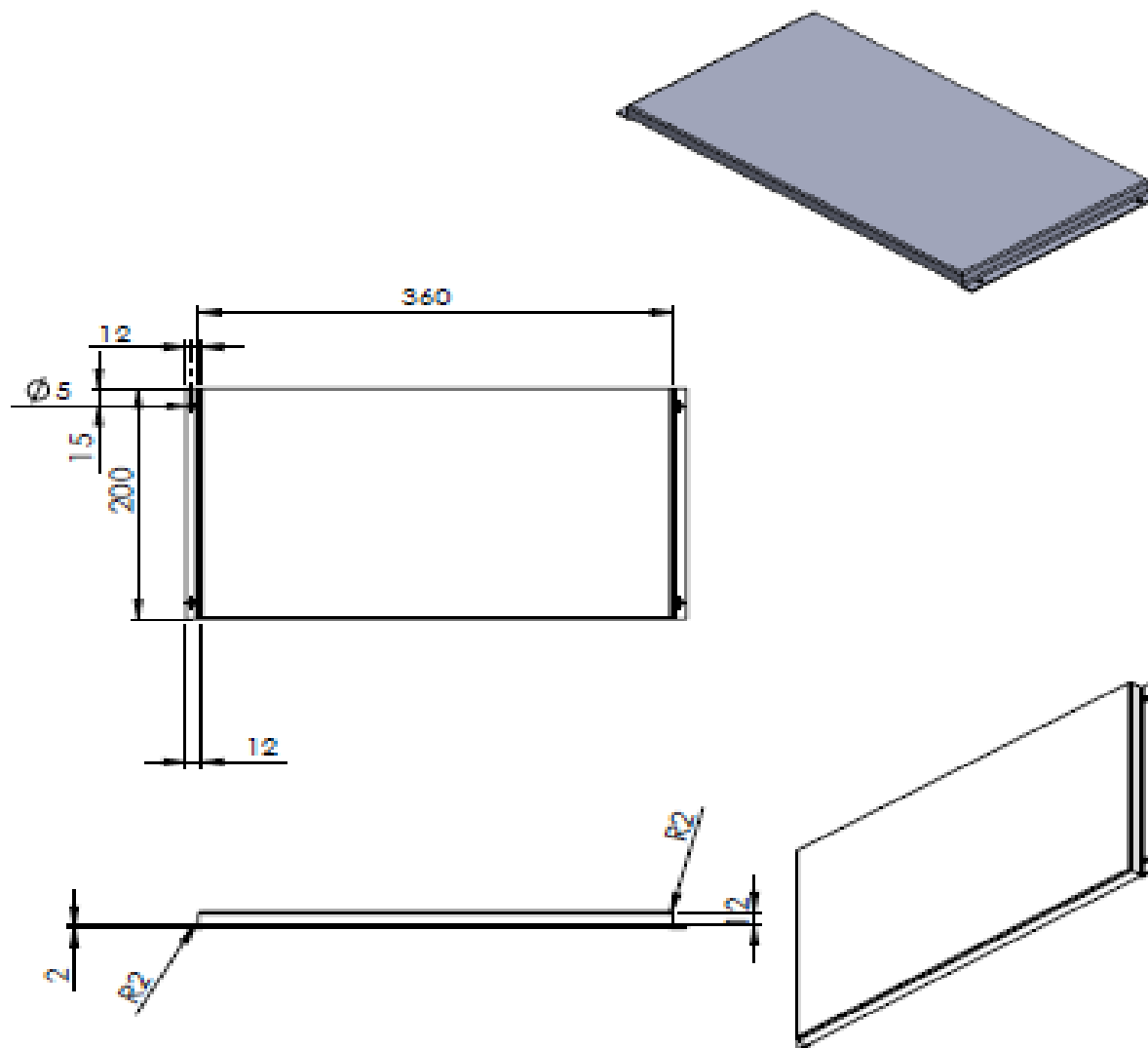


USE THE FOLLOWING SPECIFICATIONS: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR ANGULAR				FINISH		DRILL AND BORE DIA/EP HOLE		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN				SIGNATURE		DATE		TITLE		DRAWING NO.	
CHECKED										Lineaaritrynlevy 2 ^{A4}	
APPROVED										SCALE: 1:1	
MFG										SHEET 1 OF 1	
DIA										REVISION	

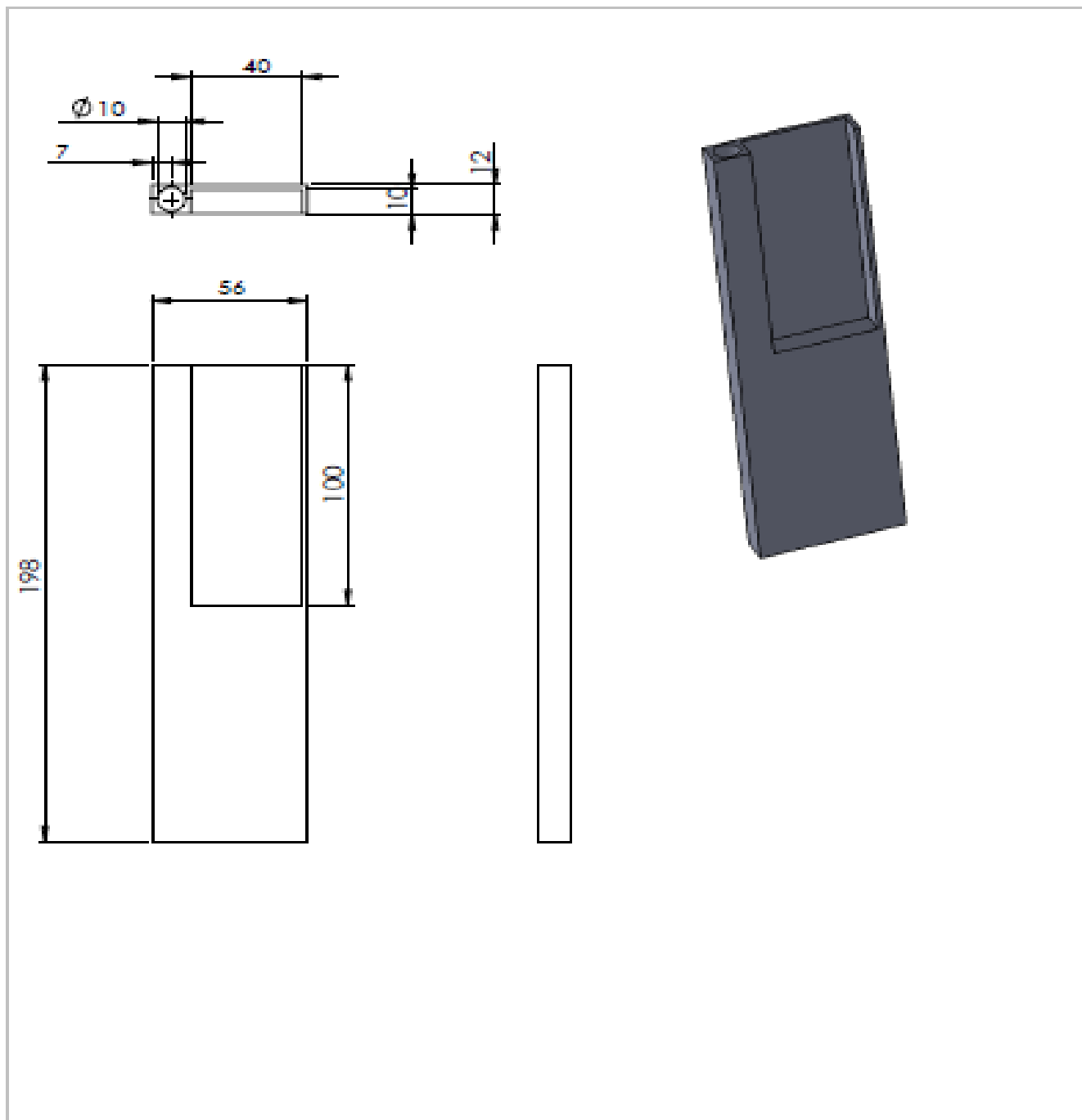


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TOLERANCES UNLESS ANGULAR		FINISH		DRESS AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHECK									
APP'D									
MFG									
D.A.				MATERIAL		DWG NO.		A4	
				FINISH		SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	

työkalu 2



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH TO BE AS FOLLOWS: UNLESS INDICATED				FINISH		CORNER AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
										TITLE	
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE								
CHECK											
APPROV											
MFG											
D.A.				MATERIAL:				DWG NO.		Tasku	
				WEIGHT:				SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1	
										A4	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED, DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS DIMENSIONS IN PARENTHESIS INDICATE LOCAL DIMENSIONS UNLESS INDICATED OTHERWISE		FINISH		DIMENSIONS AND TOLERANCES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHECKED									
APPROVED									
MATERIAL									
REVISION						DRAWING NO. Työkalunkotelo		A4	
						SCALE 1:1		SHEET 1 OF 1	