



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

PAPERIN PÖLYMITTAUSLAITTEEN TUOTEKEHITYS

Juha Lyly

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotekehitys

LYLY, JUHA
Paperin pölymittauslaitteen tuotekehitys

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2017

Tässä opinnäytetyössä käsitellään TAMK:n projektia paperin pölymittauslaitteesta. Työn tarkoituksena oli kehittää pölymittauslaitetta kaupallisempaan suuntaan. Tavoitteena oli suunnitella ja tulostaa 3D-printattu imuosa laitteeseen, joka soveltuisi paremmin liikkuvan paperirainan mittaamiseen. Paperin pinnasta pölyä irrottava kaiutin oli tämän projektin aikana tarkoitus saada samalle puolelle pölyä imevän imuosan kanssa.

Projektin tuloksena oli 3D-malli uudesta imuosasta paperin pölymittauslaitteeseen. 3D-tuloste mallista oli tarkoitus tulostaa muovista 3D-tulostimella ja sen toimivuudesta riippuen myös metallista. Imuosaa ei aikataulullisista syistä päästy tulostamaan, joten siltä osin tavoitteeseen ei päästy. Projektissa tehtiin paljon mittauksia, joissa testattiin muutamia paperia tärisyttäviä kaiutinmalleja. Mittauksia tehtiin myös asiakkaalle, joka halusi selvittää eri paperilaatujensa pölyämistä.

Opinnäytetyöraportissa käydään myös läpi tuotekehityksen peruseriaatteita ja käsitellään hieman tarkemmin tuotekehityksen eri vaiheita kuten luonnostelua, kehittelyä ja viimeistelyä. Raportissa kerrotaan laitteen aikaisemmista kehitystasista ja tulevista kehittämismahdollisuuksista.

Tämä opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä fysiikan ja paperialan opettajien ja muiden toimijoiden kanssa, joten työssä sivutaan myös hieman paperipölyn haittavaikutuksia paperi- ja painoteollisuudessa. Raportin päätteeksi käydään läpi hieman 3D-mallinnusta, 3D-tulostusta ja niiden tarjoamia mahdollisuuksia tuotekehityksessä ja tuotannossa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering
Product development

LYLY, JUHA:

Product development of paper dust measurement device

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 4 pages
May 2017

This thesis concentrated on paper dust measurement machine which is project of Tampere University of applied sciences. The purpose of the whole project was to develop the machine to a commercial direction. The goal of this thesis was to design a suction part that is suitable to measure moving paper web. To achieve this the speaker that is creating a vibration to the paper was designed to be put inside the suction part. The intention was also to print this new part with a 3D-printer.

The result of this thesis was a 3D-model of the new suction part. Aim was to print the part but because of time schedule the part couldn't be 3D-printed. In that part of the project the goal couldn't be reached. During the project a lot of measurements were made with the machine. In the measurement concentrated on different kind of speakers and their ability to remove dust from the surface of the paper. Some measurements were also made for a paper company SharpCell Oy.

This report goes through main principles of product development and digs in some of the main phases of product development process like sketching, developing and finishing. This report also looks to the older versions of the paper dust measurement machine and how it can be developed.

This thesis was made in cooperation with physics teachers and paper industry teachers so in this report some of the problems of paper dusting in paper factories and printing houses are explained. In the end, the report opens a little what kind of opportunities 3D printing and 3D modeling has in product development and what kind of potential they hold in modern day of industrial world.

Key words: 3D printing, 3D modeling, paper dust, product development, paper web

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YLEINEN OSA.....	6
2.1	Tuotekehitys.....	6
2.1.1	Tuotekehitysprojektin käynnistäminen	7
2.1.2	Luonnostelu.....	8
2.1.3	Kehittäminen.....	9
2.1.4	Viimeistely	10
2.2	Paperin pölyäminen	10
2.2.1	Pölyäminen paperikoneella	10
2.2.2	Pölyäminen painokoneella	11
3	PAPERIN PÖLYMITTAUSLAITE.....	12
3.1	Toimintaperiaate	12
3.2	Aiemmat versiot.....	12
3.3	Mittaukset – SharpCell Oy	15
4	UUSI VERSIO	18
4.1	Kolmiulotteinen mallintaminen	18
4.1.1	Autodesk Inventor.....	18
4.2	Imuosan mallinnus	19
4.2.1	1. Malli	20
4.2.2	2. Malli	21
4.2.3	3. Malli	23
4.2.4	4. Malli	25
4.3	3D-Tulostus	27
5	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET	32
	Liite 1. BF 32 – 8Ohm, kaiutin	32
	Liite 2. Mittaukset BF 32 – 8Ohm kaiuttimella	34

1 JOHDANTO

TAMK:n omassa paperin pölymittauslaite -projektissa tavoitteena on tehdä paperin pinnasta irtoavaa pölyä mittaava laite kaupalliseen käyttöön paperitehtaisiin, painotaloihin sekä muihin tutkimusympäristöihin. Projektiin on sisältynyt jo useampi opinnäytetyö ja laitetta on kehitetty jo useamman vuoden ajan.

Opinnäytetyön päätavoitteena on kehittää laitetta kaupalliseen suuntaan ja mahdollistaa sen käyttö paperitehtaissa jopa liikkuvan paperirainan kanssa. Tämän opinnäytetyön aikana niin pitkälle tuotekehitystä ei ajallisesta ja rahallisista syistä pystytä viemään. Sen sijaan laitetta kehitetään edellä mainittua tavoitetta silmällä pitäen. Tavoitteena tässä opinnäytetyössä on saada mitattavaa paperinäytettä tärisyttävä kaiutin samalle puolelle pölyä imevän suuttimen kanssa. Tämä olisi suuri kehitysaskel siihen tavoitteeseen, jossa mittaus tapahtuisi liikkuvasta paperirainasta.

Näihin tavoitteisiin pääsemisessä hyödynnetään konetekniikan opinnoissa saatuja tietoja ja taitoja, joihin lukeutuu muun muassa tuotekehitysoppi, 3D-mallinnus tietokoneella ja tieteellisten mittausten oikeaoppinen suorittaminen.

Projekti alkaa nykytila-analysistä ja sen pohjalta tehdään muutamia kehitysehdotuksia. Kehitysehdotuksista ominaisuuksiltaan parhaat ja toteuttamiskelpoisimmat ideat valitaan jatkokehitykseen. Työ sisältää myös paljon mittauksia liittyen erilaisten paperilaatujen pölyämiseen ja kaiuttimen aiheuttaman värinän vaikutus paperipölyn irtoamiseen paperin pinnasta.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä 3D-tulostettu imuosa, johon on asennettu kaiutin. Jos mittaustulokset ovat kyseisellä mallilla onnistuneita voidaan harkita metallisen 3D-tulosteen tekemistä.

2 YLEINEN OSA

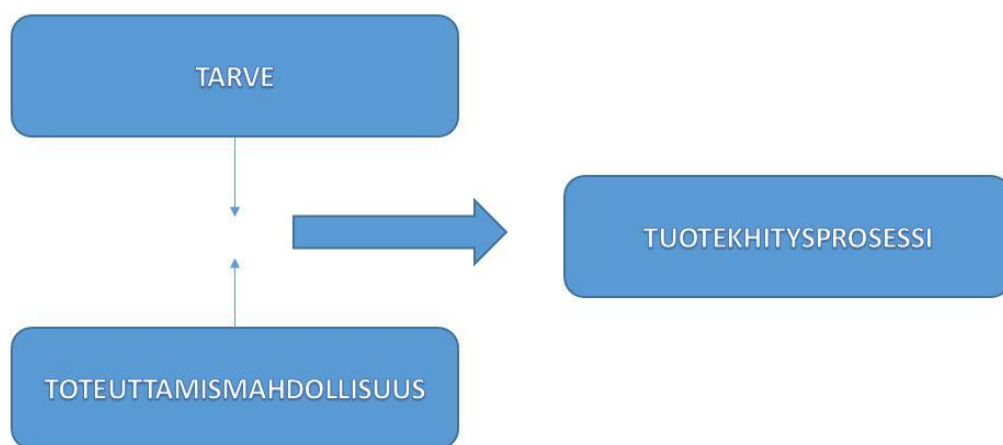
2.1 Tuotekehitys

Tuotekehitys on tieteenä hyvin nuori. Tuotekehitys on saanut alkunsa 1940-1950 lukujen taitteessa. Nykypäivänä tuotekehitys on kasvanut tieteenlajina ja siitä on tehty useita väitöskirjoja. Ennen tuotekehityksen kehittymistä tuotekehitys tapahtui vastaantulevien tilanteiden johdattamina. Tämä johtui suurimmaksi osan siitä, että suunnittelutyö on monitahoista ja luovaa työtä, jota on vaikea yksinkertaistaa kaavioiksi ja ohjenuoriksi. Suunnittelumenetelmien kehittämislle tosin on syntynyt tarve etenkin tuotteiden eliniän lyhenemisen takia. Toinen merkittävä syy on kilpailun kiristymisen aiheuttama hintojen lasku ja laadun nousu. (Tapani Jokinen 2010, 10-11)

Tuotekehitys voidaan jakaa neljään vaiheeseen: käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Käynnistysvaiheessa selvitetään uuden tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkömät, saatavat tuotot, työterveydelliset ja nykyään myös ympäristönsuojelulliset kysymykset. Luonnosteluvaiheessa tehtävä analysoidaan ja tuotteelle asetetaan vaatimukset ja tavoitteet. Luonnosteluvaiheessa tehtävä usein yleistetään, jossa irtaudutaan varsinaisesta tehtävästä ja ajatellaan esimerkiksi minkälainen valmiin tuotteen tulisi olla kiinnittämättä huomiota tuotteen valmistukseen. Tuotteen kehitysvaiheessa luonnosteluvaiheessa päästystä ratkaisusta laaditaan kokoonpanoluonnos. Tässä tarkoituksena on havaita suunnitelmissa teknisesti ja taloudellisesti heikkoja kohtia, jotka pyritään poistamaan. Tämän jälkeen selvitetään vaihtoehtoiset raaka-aineet, geometria ja niin edelleen. Tämän kaiken tuloksena syntyy kehitetty konstruktioehdotus ja jos tämä ei pysty toteuttamaan riittävän hyvin tehtävälle asetettuja vaatimuksia kehitystyö on aloitettava alusta. (Jokinen 2010, 14-15)

2.1.1 Tuotekehitysprojektin käynnistäminen

Tuotekehitysprojektin käynnistämässä on periaatteessa kaksi edellytystä. Kehitettävälle tuotteelle tulee olla tarve. Esimerkiksi tarve pyrkiä ekologisempaan yhteiskuntaan ja pyrkimys kestäväan kehitykseen luovat autonvalmistajille tarpeen luoda entistä ekologisempia auton moottoreita. Toinen kriteeri tuotekehitysprojektin aloittamiselle on toteuttamismahdollisuus. On taloudellisesti ja hyvin monella muullakin mittarilla järjenvastaista kehittää esimerkiksi ikiliikkujaa, joka on itsessään fysikaalinen mahdottomuus.



Kuva 1 Tuotekehitysprosessin käynnistäminen

Tuotteen tai tuotteen kehityksen tarve voi ilmetä sattumalta tai systemaattisen hakutoiminnan tuloksena. Tuotekehitysprosesseissa voi tapahtua yllättäviä asioita, jotka voivat vaikuttaa projektin tulokseen. Tällaiset asiat täytyy tunnistaa ja raportoida, jotta tiedetään, miten tällaiseen lopputulokseen on päädytty. Tuotekehitystä ei voi kuitenkaan jättää täysin sattuman varaan, joten uusien tuotteiden kehityksen tulee olla organisoitua ja systemaattista. (Jokinen 2010, 17-20)

2.1.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa ei vielä tehdä yksityiskohtaisia piirustuksia tuotteesta vaan pikemminkin luonnoksia, joilla etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja kehitettävälle tuotteelle. Kuvassa 2 on esitetty karkeasti luonnosteluvaiheen eri työvaiheet.



Kuva 2 Luonnostelun työvaiheet

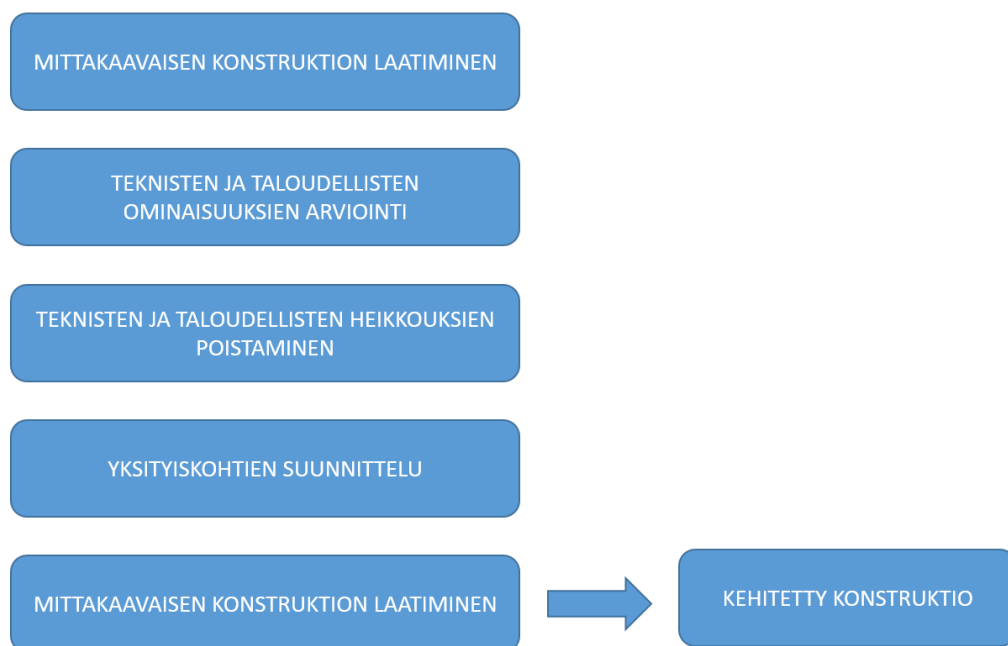
Kuten kuvasta näkee, luonnosteluvaiheessa asetetaan eri vaatimuksia ja tavoitteita. Näiden vaatimusten ja tavoitteiden täyttämiseksi tehdään erilaisia ratkaisuluonnoksia, kui-

tenkaan menemättä liian pitkälle yksityiskohtiin. Näistä ratkaisuluonnoksista sitten valitaan vaatimukset ja tavoitteet täyttävä luonnos, jonka pitää tietenkin olla toteutettavissa. (Jokinen 2010, 21)

2.1.3 Kehittely

Luonnostelun lopputuloksena on ratkaisuluonnos, joka valitaan kehitettäväksi loppuun asti kaikista luonnoksista. Ratkaisuluonnokset ovat nimensä mukaan luonnoksia, joista ei ole tehty tarkkoja osa- tai kokoonpanopiirustuksia. Kehittelyvaiheen tarkoitus on suunnitella tuote yksityiskohtaisesti siten, että niistä voi tehdä työpiirustukset ja niiden pohjalta prototyyppi tai itse tuote.

Kehittelyvaiheessakin on muutama eri askel. Ensin laaditaan ratkaisuluonnoksen pohjalta mittakaavaan tehty konstruktio. Tässä tulee ottaa huomioon tuotteelle asetetut vaatimukset ja tavoitteet. Tämän jälkeen suunnittelun tulos arvioidaan. Arvioinnissa pyritään tuomaan ilmi tuotteen tekniset ja taloudelliset heikot kohdat, jotka seuraavassa vaiheessa pyritään poistamaan. Kun heikot kohdat ovat saatu poistettua tai minimoitua mahdollisimman pieneksi voidaan aloittaa yksityiskohtien suunnittelu. Tästä kaikesta seuraa kehitetty konstruktio, joka on lähes loppuun asti suunniteltu tuote. (Jokinen 2010, 89-90)



Kuva 3 Kehittelyvaihe

2.1.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa kehitetystä konstruktiosta tehdään työpiirustukset, asennusohjeet, käyttöohjeet ja muut vastaavat asiakirjat, joita tarvitaan tuotteen tai prototyypin valmistamiseen. Viimeistelyvaiheessa päätetään myös raaka-aineet, valmistusmenetelmät, toleranssit, pinnanlaadut ja kaikki muu tuotteen valmistukseen liittyvät yksityiskohdat. Kun kaikki yksityiskohdat on viimeistely, tuotteesta tehdään kokoonpanokuvat, työselitykset ja käyttöohjeet. Kun nämä kaikki on tehty, voidaan tuotetta alkaa valmistaa. Jos on mahdollista, olisi tuotteesta hyvä tehdä prototyyppi ennen tuotannon aloittamista. Prototyypillä voidaan testata tuotteen toimivuus ja siinä usein myös huomataan joitakin ongelma-kohtia. (Jokinen 2010, 96-99)

2.2 Paperin pölyäminen

Paperin pölyämisellä tarkoitetaan kuitumaisen heikosti sitoutuneen materiaalin, täyteaineen tai päällystepartikkelin irtoamista paperin pinnasta. Englannin kielessä paperin pölyämiselle on ainakin kaksi eri nimitystä: ”linting” ja ”dusting”. Nämä eroavat toisistaan hieman pölyn syntyvän mukaan. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan kaikkea paperin pinnasta irtoavaa pölyä, joten pölyn syntyvän erittely ei ole tarpeen. (Haaramo 2010, 11)

Paperin pölyämisellä on haittavaikutuksia paperiteollisuudessa sekä paperipainossa. Paperista irtoavan pölyn määrä riippuu valmistusmenetelmistä ja paperin ominaisuuksista, täten paperin pölyäminen on melko tapauskohtaista.

2.2.1 Pölyäminen paperikoneella

Paperin pölyämisestä aiheutuvat ongelmat ja lisäkustannukset ovat suurimmat painokoneella. Paperikoneella pölyäminen aiheuttaa myös ongelmia, jotka eivät tosin ole yhtä suuria kuin painokoneella. (Haaramo 2010, 12)

Paperin valmistuksessa irtoava pöly koostuu pienistä hiukkasista, joka kulkeutuu vaivatta paperikoneen eristämättömiin rakenteisiin. Pölyllä on useita haittavaikutuksia. Erimerkiksi sen päästessä sylinterin ja kaapimen väliin se voi aiheuttaa kulumista. Pölystä voi aiheutua myös viirojen kulumista. Mittalaitteisiin päästessään pöly voi vääristää mittauk-

sia, jolloin mittalaitteet on puhdistettava. Pöly voi häiritä myös sähköisten valvontasilmien toimintaa, josta voi seurata aiheettomia hälytyksiä ja tuotantokatkoksia. Paperista irtoava pöly on myös herkästi syttyvää ja paperin valmistusprosessin eri vaiheissa lämpötila saattaa nousta niin korkeaksi, että pöly leimahtaa. Tällöin paperin pölyäminen on myös paloturvallisuusriski. (Haaramo 2010, 11-12)

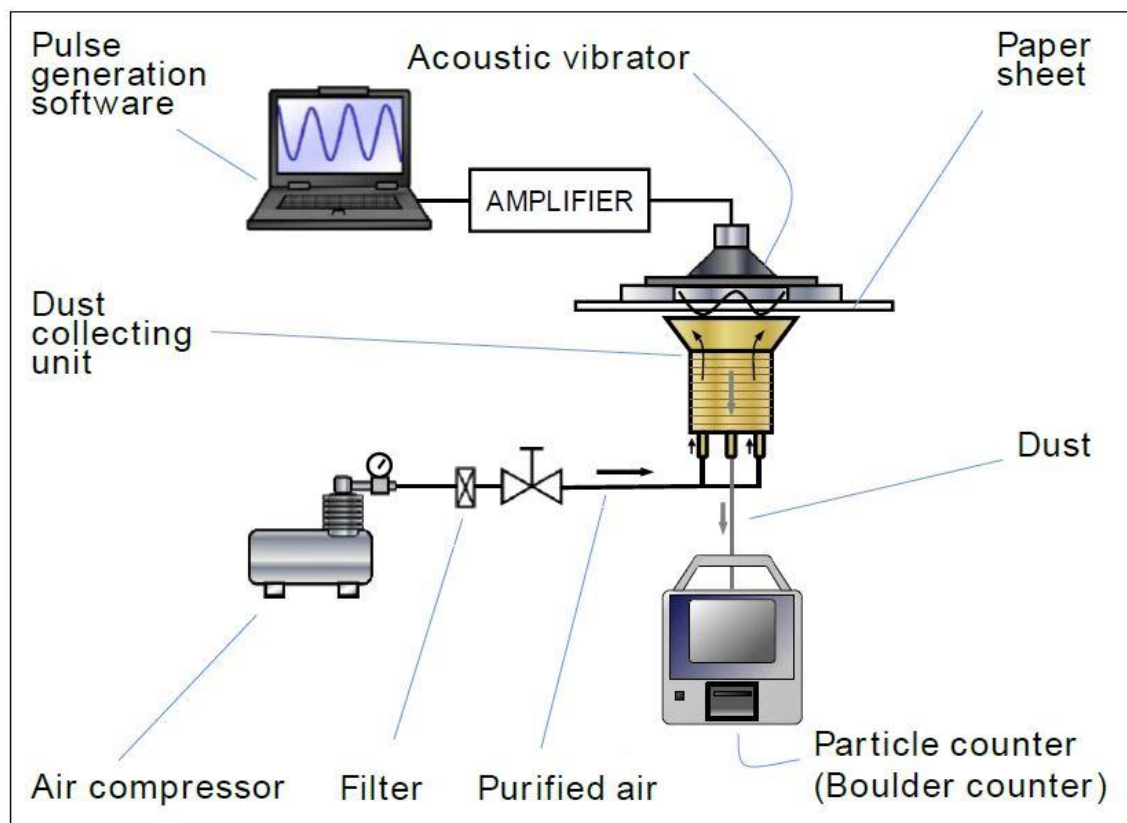
2.2.2 Pölyäminen painokoneella

Kuten aiemmin mainitsin suurimmat ongelmat paperipöly aiheuttaa painokoneessa. Painokoneessa materiaalia irtoaa paperin pinnasta kolmella eri tavalla: irtopöly, musteeseen tarttuva pöly ja kostutusveden irrottama pöly. Irtopöly on irtonaista materiaalia paperin pinnassa, joka on useimmiten paperin täyteainetta tai päällystettä. Tämä irtopöly tarttuu usein painokoneen ensimmäiselle painoyksikön painokumille. Musteeseen tarttuva pöly on taas tahmean musteen irrottamia heikosti sitoutuneita kuituja ja kuidun kappaleita, jotka repeävät irti paperista ja tarttuvat painokumille. Painomusteeseen tarttunut pöly tekee musteesta entistä tahmeampaa, mikä taas lisää paperin pinnasta musteeseen tarttuvan materiaalin määrää. Kostutusvesi taas heikentää kuitujen välisiä sidoksia, jolloin kuituja irtoaa paperista. Pölyn tarttuessa painokumille painojäljen laatu heikkenee, jolloin kumit on putsattava. (Haaramo 2010, 12-13).

3 PAPERIN PÖLYMITTAUSLAITE

3.1 Toimintaperiaate

TAMKissa kehitetyn paperin pölymittauslaitteen toimintaperiaate on yksinkertaistettuna seuraavanlainen. Paperia täristetään pienellä kaiuttimella noin 100 Hz – 200Hz taajuudella. Tämä tärinä irrottaa pölyhiukkasia paperin pinnasta ja hiukkaset kerätään talteen siihen tarkoitukseen suunnitellulla imuosalla paineilmaa hyväksikäyttäen. Hiukkaset kulkeutuvat mittalaitteeseen, joka ilmoittaa hiukkasten määrän. Kuvassa 4 on esitetty koko järjestelmän toimintaperiaate.



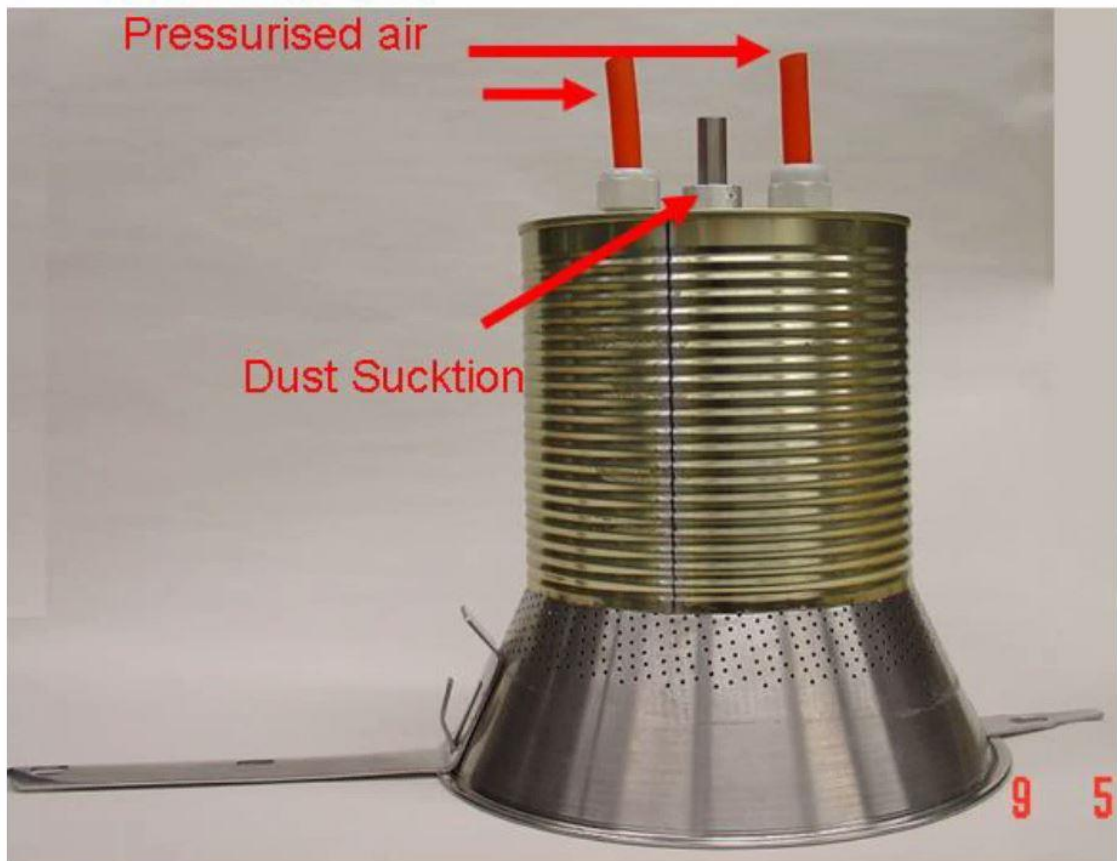
Kuva 4 Mittausjärjestelyt ja järjestelmän toimintaperiaate (Inka Mäkipää, 2013)

3.2 Aiemmat versiot

Mittalaitteeseen liittyen on tehty muutamia opinnäytetöitä, joihin tämä opinnäytetyö on jatkoa. Laitteessa on suurimman muutoksen alla ollut imuosa, jota on kehitetty pienem-

mäksi ja virtaviivaisemmaksi. Ensimmäinen versio oli tehty peltipurkista ja keittiövälineistä. Tämän pohjalta ranskalainen työryhmä teki 3D-tulostamalla uuden version. Tarkoituksena olisi lopulta tehdä suutin osa kokonaan metallista, jolloin pinnanlaatu olisi huomattavasti parempi kuin muovisissa. Metallisessa suuttimessa ei tulisi myöskään sitä ongelmaa, että pölyhiukkaset jäisivät sähkövarauksen takia kiinni suuttimeen, eikä näin kulkeutuisi mittalaitteelle saakka.

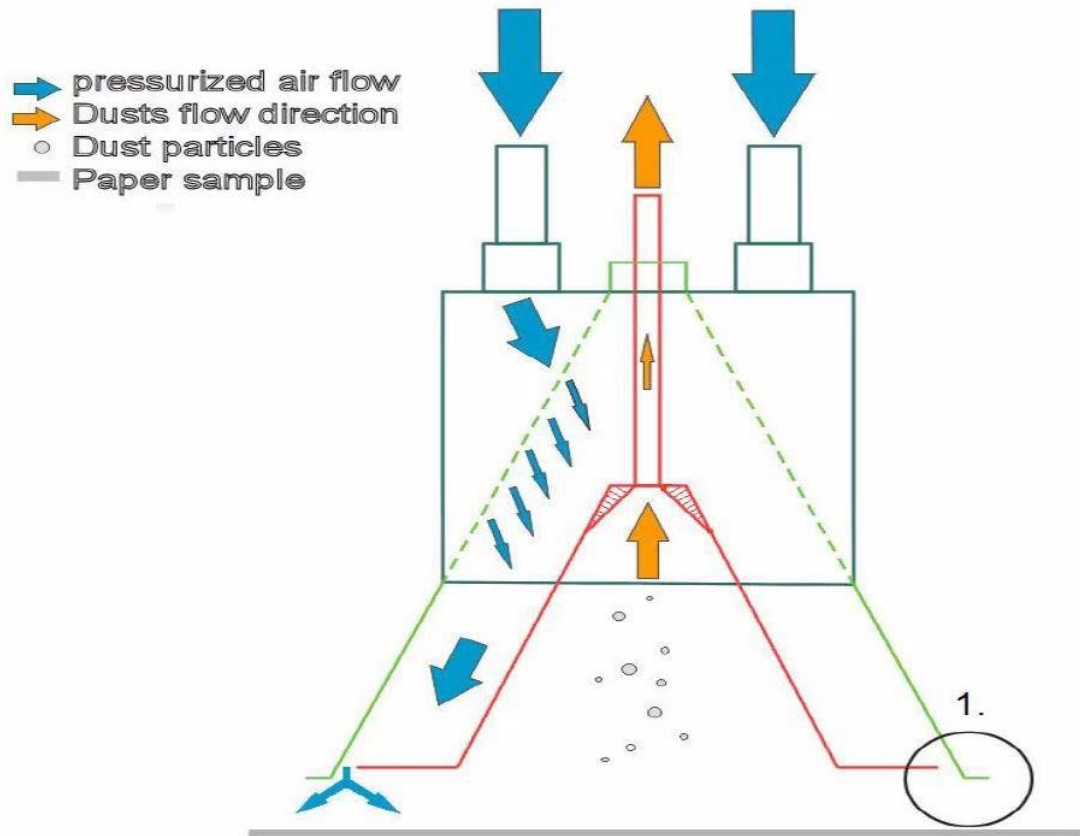
Kuvassa 5 on ensimmäinen versio kehitettävästä imuosasta. Metallipurkista ja keittiövälineistä valmistettu imuosa näyttää hieman alkeelliselta, mutta toimintaperiaate on täysin sama kuin kehittyneemmissä versioissa.



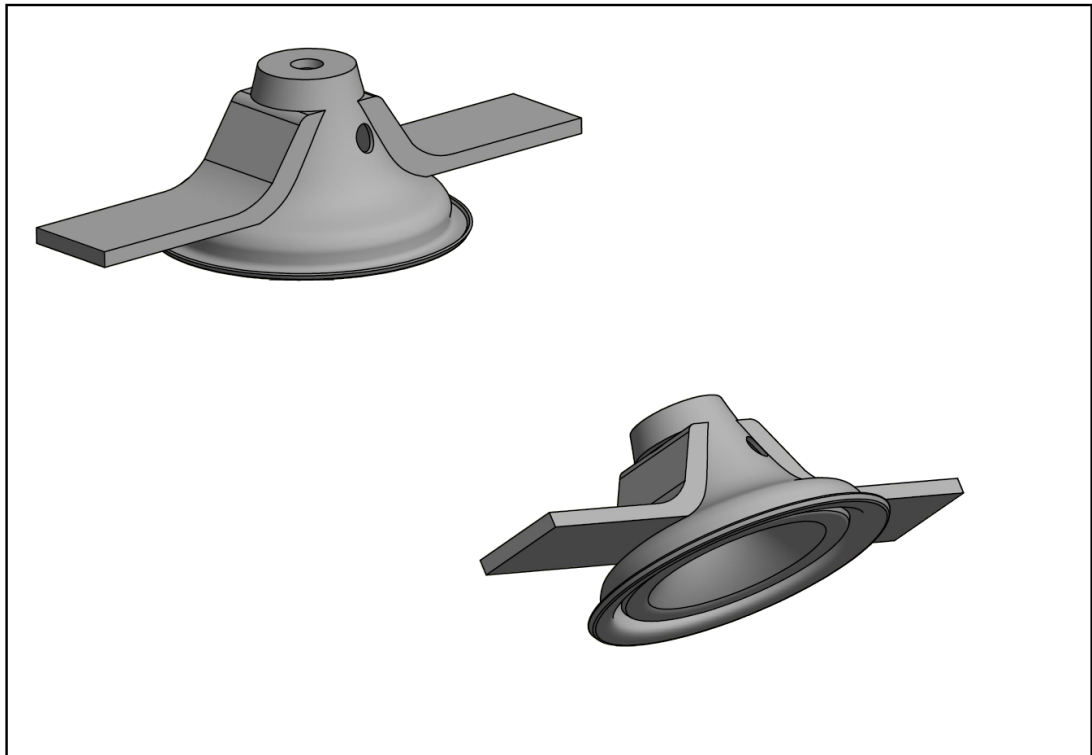
Kuva 5 Metallipurkista valmistettu imuosa. Jani Kurra, 2008

Kuvassa 6 on esitetty imulaitteen toimintaperiaate. Kahdesta ulommasta, sinisellä nuolella merkityistä putkista ilmaa syötetään suuttimeen. Ilma kulkeutuu nuolten osoittamalla tavalla ulos suuttimesta, pitääkseen huonepölyn ja kaikki muut hiukkaset poissa mittauskohdasta. Syötetty ilma luo myös ylipaineen imuosan keskelle, joka taas lisää imun tehoa. Keskimmäisestä putkesta imetään ilmaa, joka ylipaineen kanssa yhdessä luovat il-

mavirran, jonka mukana paperipölyhiukkaset kulkeutuvat mittalaitteelle. Kuvassa oranssit nuolet kuvastavat ilmavirtaa. Sama periaate on käytössä myös uudemmissa versioissa. Uusin käytössä oleva versio on kuvassa 6. Imuteho ei ole kuitenkaan riittävän suuri nostakseen pölyhiukkaset ylös, joten imuosa on sijoitettu paperin alapuolelle, jolloin pöly putoaa maan vetovoiman ja ilmavirran yhteisvaikutuksesta suppiloon.



Kuva 6 Toimintaperiaate, Jani Kurra 2008



Kuva 7 Ranskalaisen työryhmän suunnittelema uusin käytössä oleva malli

3.3 Mittaukset – SharpCell Oy

SharpCell Oy on suomalainen Kausalassa sijaitseva yritys joka tuottaa kuivamenetelmällä valmistettuja paperituotteita siivoamiseen, henkilökohtaiseen hygieniaan, ruokapöytään ja moneen muuhunkin tarkoitukseen. (SharpCell, Home)

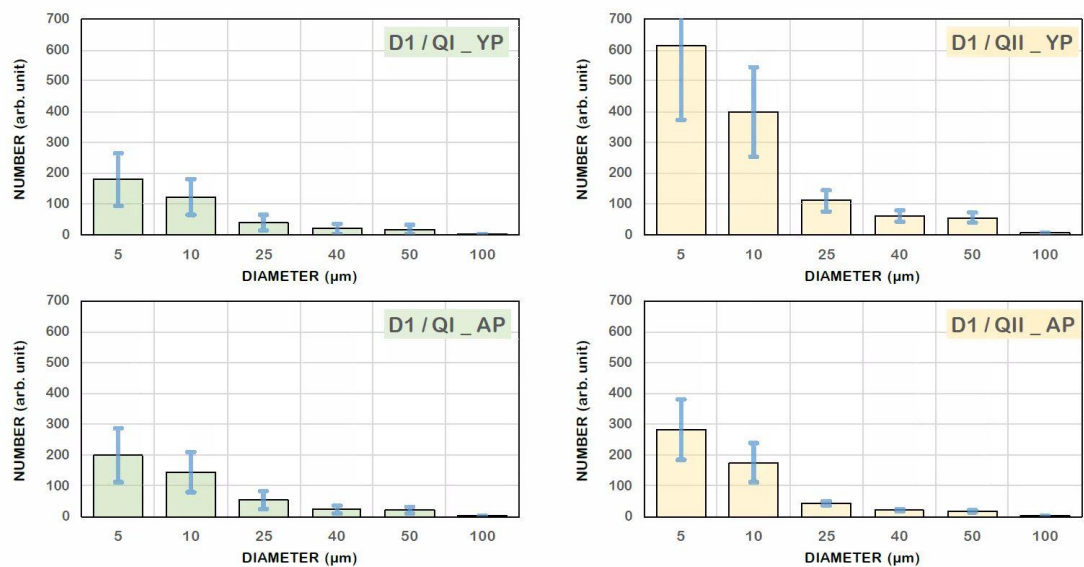
SharpCell Oy painottaa verkkosivuillaan ympäristöystävällisiä arvojaan ja kertoo pyrkivänsä minimoimaan päästöt veteen, maahan ja ilmaan. Tuotannossa käytetään myös uusiutuvaa energiaa ja raakamateriaalikin on uusiutuvista lähteistä.

(SharpCell, Environment)

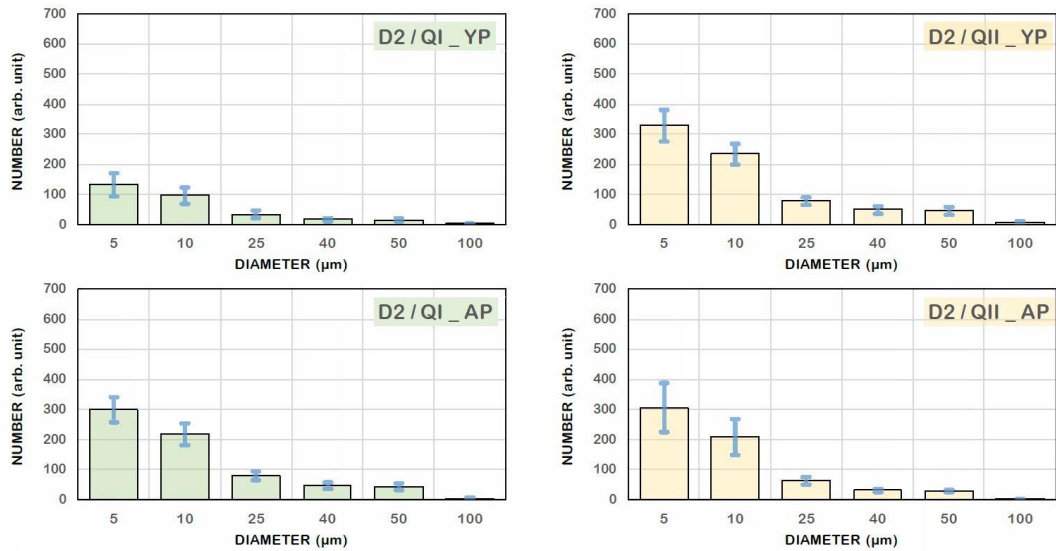
SharpCell Oy lähetti kahta erilaista paperilaatua mitattavaksi pölymittauslaitteella. Materiaali oli hyvin kangasmaista ja toinen näytemateriaaleista oli hieman jäykempää kuin toinen. Mittauksia tehtiin maanantaina 20.3.2017 ja keskiviikkona 22.3.2017. Kaiken kaikkiaan mitattavia näytteitä oli 16 kappaletta, 8 kumpaakin laatua. Kustakin näytekapaleesta otettiin 6 mittausta, kolme kummaltakin puolelta.

Alla olevissa kuvioissa on esitetty mittaustulokset. Mittalaite havainnoi pyöreitä partik-

keleita ja erottelee ne halkaisijansa mukaan. Pienimmät kappaleet ovat näissä mittauksissa 5 mikrometriä ja suurimmat 100 mikrometriä. Tosiasiassa hiukkaset eivät ole pyöreitä ja mittalaite saattaa mitata pitkän kuitumaisen kappaleen pituudeksi 100 mikrometriä ja esittää, että hiukkanen olisi pyöreä halkaisijaltaan 100 mikrometriä oleva hiukkanen, vaikka näin ei todellisuudessa ole. Kiinnostavinta näissä mittauksissa onkin ehkä hiukkasten lukumäärä. Kuvion yläkulmassa kirjainnumeroyhdistelmä D1 ja D2 tarkoittavat mittauspäivämäärää. D1 mittaukset tehtiin 20.3.2017 ja D2 mittaukset suoritettiin 22.3.2017. Q1 ja Q2 tarkoittavat paperilaatua. SharpCelliltä saatuja näytteitä oli kahta eri laatua ja niiden pölyävyys erosi toisistaan hieman. YP ja AP tarkoittavat taas paperin kahta eri puolta. AP on näytteen kuviopuoli, ja YP on taas vastapuoli. Q2 näytteissä kuviopuolta oli hyvin vaikeaa erottaa vastapuolesta, joten tältä osin mittauksissa saattaa olla heittoa.



Kuvio 1 20.3.2017 tehdyt mittaukset (Jarmo Lilja, 2017)



Kuvio 2 22.3.2017 tehdyt mittaukset (Jarmo Lilja, 2017)

Kuten kuvioista huomaa Q2 näytteistä irtosi enemmän paperipölyä. Tämä oli hyvinkin toivottu tulos mittauksista, joiden tarkoituksena oli nimenomaan saada eroa näiden kahden mitattavan kappaleen välille. Tämä kertoo meille sen, että laite toimii ja asiakkaalle sen, että heidän toisesta paperilaadustaan irtoaa enemmän pölyä kuin toisesta. Mittauksia tehtiin melko vähäinen määrä ja täten ne eivät ole vielä kovin luotettavia. Jotta mittauksia voitaisiin kutsua tieteellisesti luotettaviksi, tällaisia tuloksia tarvittaisiin huomattavasti suurempi määrä, mutta suunta on oikea.

4 UUSI VERSIO

4.1 Kolmiulotteinen mallintaminen

Konepiirustukset ovat nimensä mukaan piirustuksia suunnitellusta tai jo olemassa olevasta tuotteesta tai kappaleesta. Ennen tietokoneiden kehittymistä nykyiselle tasolle, piirustukset tehtiin käsin apuna käyttäen erilaisia piirtopöytiä. Tietokoneiden kehittyttyä tuli 2D-piirustusohjelmia joilla piirustukset pystyttiin kätevästi tekemään tietokoneella.

Nykypäivänä teknisessä suunnittelussa käytetään paljon 3D-mallinnusohjelmia, joilla voidaan mallintaa koneen osia ja erilaisia kokoonpanoja. Tämä mahdollistaa yhä tarkemman suunnittelutyön.

3D-malleja käytetään myös moderneissa työstökoneissa, jossa työstökone tekee halutun kappaleen 3D-mallin pohjalta. Malleja voidaan käyttää myös esimerkiksi 3D-tulostuksessa.

4.1.1 Autodesk Inventor

Autodesk Inc. on amerikkalainen monikansallinen yhtiö, joka tekee ohjelmistoja arkkitehteille, insinööreille, rakennussuunnitteluun, tuotantoon, medialle ja viihdeteollisuuteen. Autodeskin pääpaikka on San Rafaelissa Californiassa.

Autodeskien ensimmäinen merkittävä tuote oli AutoCAD mikä tulee sanoista Computer-Aided design. Tästä lähtien AutoCAD ohjelmaa on käytetty laajasti eri aloilla eri puolella maailmaa ja se onkin yksi suosituimmista 2D-suunnitteluohjelmistoista.

Autodesk julkaisi vuonna 2004 3D-mallinnus ohjelman, jolla mallinnetaan koneenosia ja kokoonpanoja ja näiden piirustuksia. Autodesk Inventor kilpailee muun muassa Solidworksin ja Dassault Systemesin Catian kanssa. Autodesk Inventorin hyviä puolia on etenkin se, että se kääntyy helposti 2D malliksi AutoCADiin jolloin kappaleen voi mallintaa 3 ulottuvuudessa, jolloin näkee helpommin kaikki hankalat kohdat ja asiat, joita ei välttämättä 2D mallinnuksessa tulisi mieleen. Tämän mallin voi sitten siirtää helposti AutoCAD ohjelmaan ja liittää se olemassa olevaan piirustukseen. Inventorissa on myös hyvänä ominaisuutena se, että se tunnistaa 3D mallinnuksessa tehdyt muutokset ja siirtää ne

muutokset myös piirustuksiin. Ohjelma myös tunnistaa kierteet, reiät ja muut muodot ja osaa lisätä niistä merkinnät myös piirustuksiin. Inventorissa on myös laaja materiaali-pankki ja laaja valikoima erilaisia standardisoituja osia kuten pultteja, muttereita, laakereita, tiivisteitä ja laippoja. Tämä tarkoittaa sitä, ettei internetistä tarvitse etsiä 3D malleja tai valmistajan antamia mittoja standardiosille.

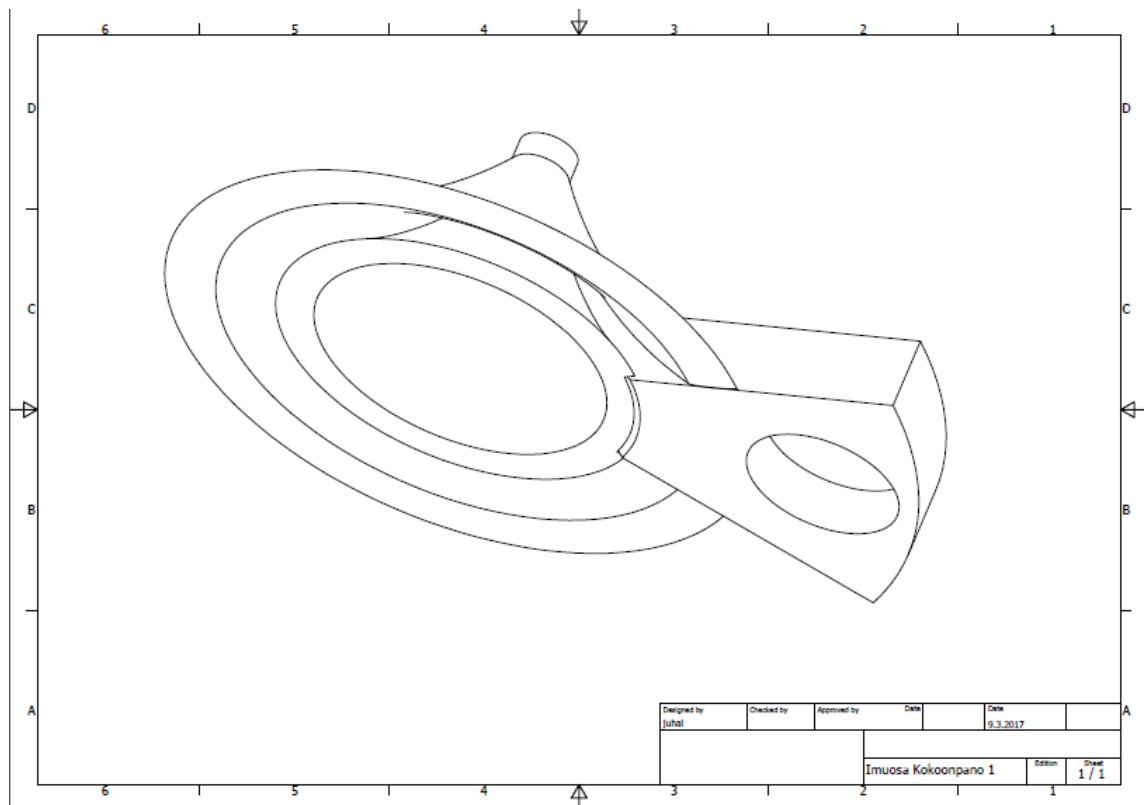
Pääsääntöisesti nämä kaksi työkalua ovat käytössä jokapäiväisessä suunnittelijan työssä. Vastaaviakin ohjelmia löytyy, vaikka millä mitalla ja kilpailu alalla onkin erittäin suuri. (Autodesk)

4.2 Imuosan mallinnus

Aloittaessani opinnäytetyötäni paperin pölymittaajan kanssa, ei ollut vielä täysin selvää mihin suuntaan mitaajaa olisi tarkoitus kehittää. Keskusteltuani aiheesta projektissa mukana olleiden lehtorien Jarmo Liljan sekä Pasi Arvelan kanssa päädyimme siihen tulokseen, että pölymittaajassa olisi saatava pölyä imevä suutin ja paperia tärisyttävä kaiutin samalle puolelle. Tästä aloitin luonnosteluvaiheen. Tein karkeita 3D malleja siitä miten kaiuttimen saisi sijoitettua imuosaan.

4.2.1 1. Malli

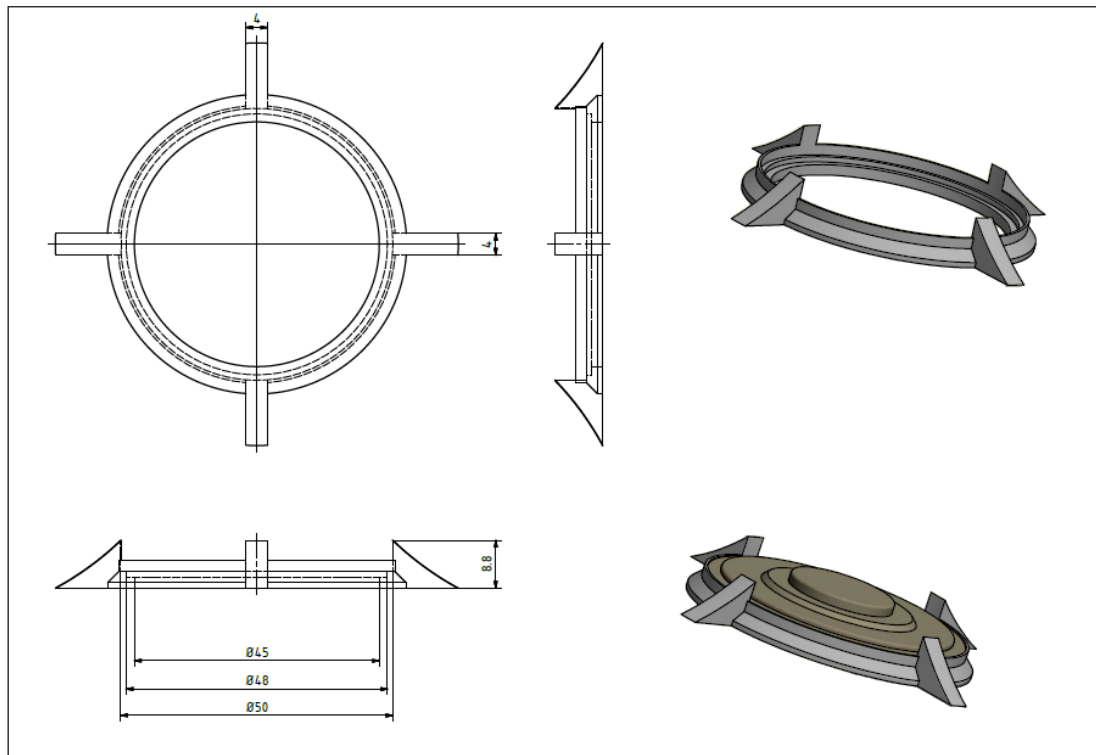
Ensimmäisessä mallissa ajatuksena oli, että kaiutin sijoitetaan imuosan ulkopuolelle, jotta kaiuttimen pölyhaitta olisi mahdollisimman pieni. Tässä mallissa kuitenkin kaiuttimen tärinän irrottama pöly ei kulkeutuisi imuosan alle, jolloin pöly pysyy paperin päällä eikä lähde poistu imun mukana. Tämä malli voisi toimia paremmin liikkuvalla rainalla, jolloin pöly irtoaa paperin pinnassa kaiuttimen kohdalla ja rainan liikkeessa imuosan alle se imeytyisi ilmavirran mukana pois.



Kuva 8 1. Malli

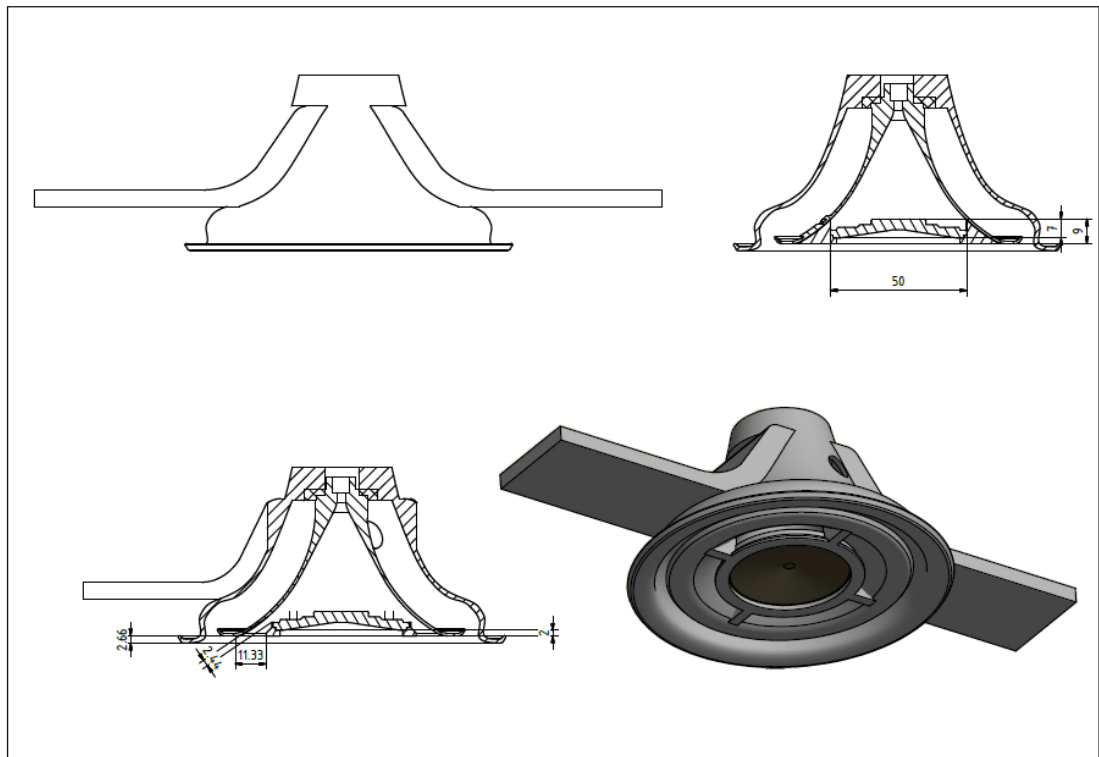
4.2.2 2. Malli

Toisessa mallissa tehtiin kaiutinteline, joka liitettäisiin imuosan sisään. Tässä mallissa kaiutin on noin 50 millimetriä halkaisijaltaan, joka on pienimpiä kaiuttimia jonka alin taajuus olisi aiemmissa mittauksissa käytetty 150 hertsiä. Ongelmaksi tässäkin mallissa on pölyn kulkeutuminen ns. imualueelle. Kuvassa 9 on itse kaiutinteline ja kuvassa 10 kaiutinteline kiinnitettynä imuosaan.



Kuva 9 2. Malli

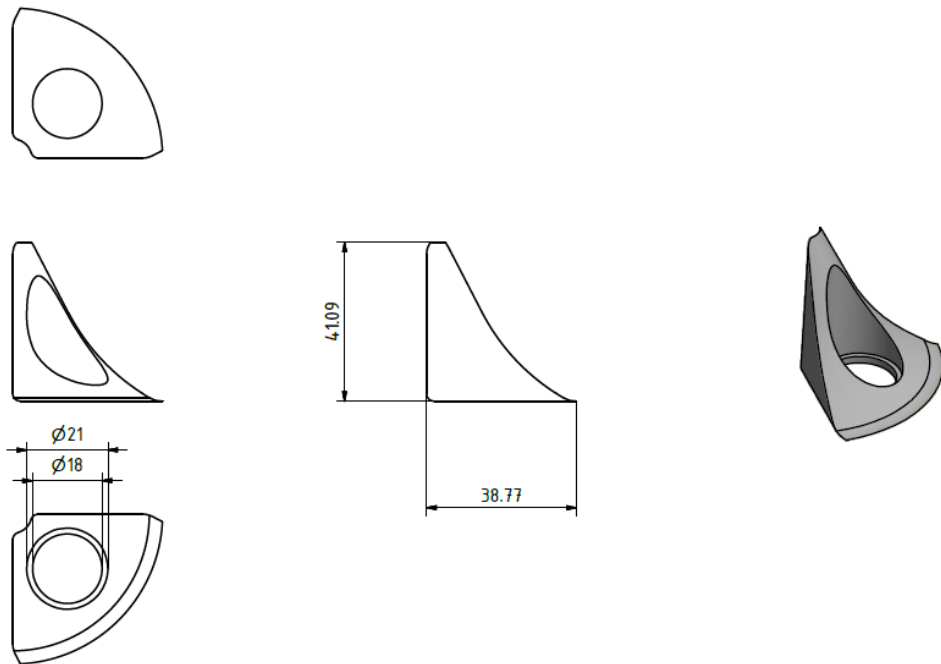
Toinen ongelma tässä mallissa on myös kaiuttimen koosta johtuva pieni imualue. Imualue olisi ollut alle 12 millimetrin paksuinen rinki, jonka arvioimme liian pieneksi.



Kuva 10 2. Malli kiinnitettyä imuosaan

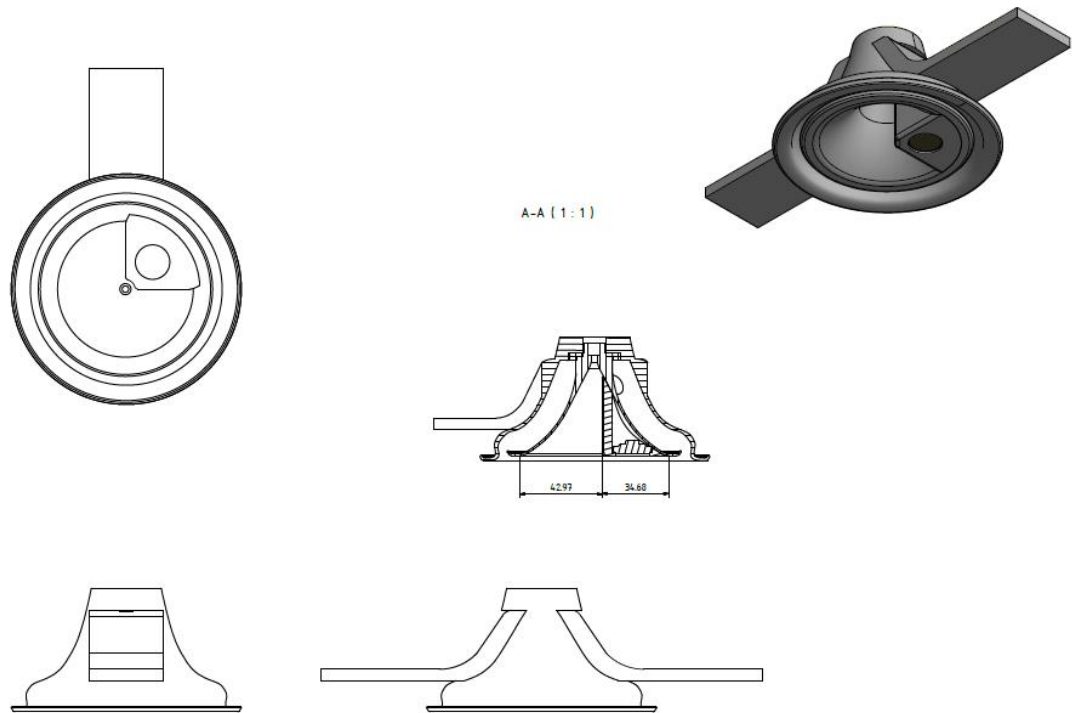
4.2.3 3. Malli

Kolmannessa mallissa ajatuksena oli tehdä toisen mallin tapaan kaiutinteline, mutta sijoittaa se imuosan reunaan, jolloin ulkoapäin sisälle liikkuva ilmavirta imaisisi pölyn mukanaan. Tässä mallissa kaiutinkokoa piti hieman pienentää noin 20 millimetriin, jolloin imualue säilyy riittävän suurena. Kaiuttimen koon pienennyksessä piti toki tehdä sellainen kompromissi, että taajuusalue nousee. Kaiuttimia, joiden halkaisija olisi enintään 20 millimetriä, löytyi muutamia ja niiden taajuusalue alkoi matalimmillaan 400 hertsistä. Kuvassa 11 on 3. Mallin kaiutinteline.



Kuva 11 3. Malli

Kuvassa 12 on kaiutinteline kiinnitettynä imuosaan. Kuten kuvasta näkee teline vie vain alle neljäsosan imualueesta. Tämä mahdollistaa sen, että tarvittaessa imuosaan voisi lisätä vielä toisen kaiuttimen, jolloin imualueesta jäisi kuitenkin vielä yli puolet jäljelle.



Kuva 12 Kaiutinteline kiinnitettynä imuosaan

Ennen kuin tuosta kolmannelle mallista tehtiin 3D-tuloste, siihen tilattiin siihen suunniteltu kaiutin. Kaiuttimen kanssa tehtiin testejä, jolla yritimme irrottaa pölyä paperin pinnasta siinä onnistumatta. Kaiuttimen tekniset tiedot ovat alla:

CS20-100R

Pienoiskaiutin 20mm 100ohm 0,15W

Tekniset tiedot

Pienoiskaiutin.

Tilauuskoodi: CS20-100R

Impedanssi: 100 ohm

Tehonkesto: 0,15 W

Taajuusalue: 400-5 000 Hz

Herkkyys: 83 dB \pm 3 dB

Liitäntä: juotettava

Halkaisija: 20 mm

Korkeus: 4 mm

Paino: 4,7 g

Edellä mainittu kaiutin ei kyennyt tuottamaan kyllin voimakasta värähtelyä, jotta paperi olisi tärisynyt niin paljon, että siitä olisi irronnut pölyä. Mittauksia tehtiin käyttämällä pelkkää imua ja tuloksia verrattiin mittauksiin, jossa kaiuttimella tuotettiin ääntä eri taajuuksilla paperin pintaan. Tulokset eivät poikenneet toisistaan lainkaan. Kaiutin oli noin 5mm päässä paperin pinnasta, jonka takia kaiuttimelle tehtiin vielä teline, jotta se saataisiin lähemmäksi paperin pintaa. Kaiutin oli jälkimmäisissä mittauksissa alle 1mm etäisyydellä paperin pinnasta, eikä tällöinkään pölyä irronnut. Tämän perusteella voidaan sanoa, että kaiuttimen tuottamalla värähtely ei ollut kyllin voimakasta irrottamaan pölyä paperin pinnasta.

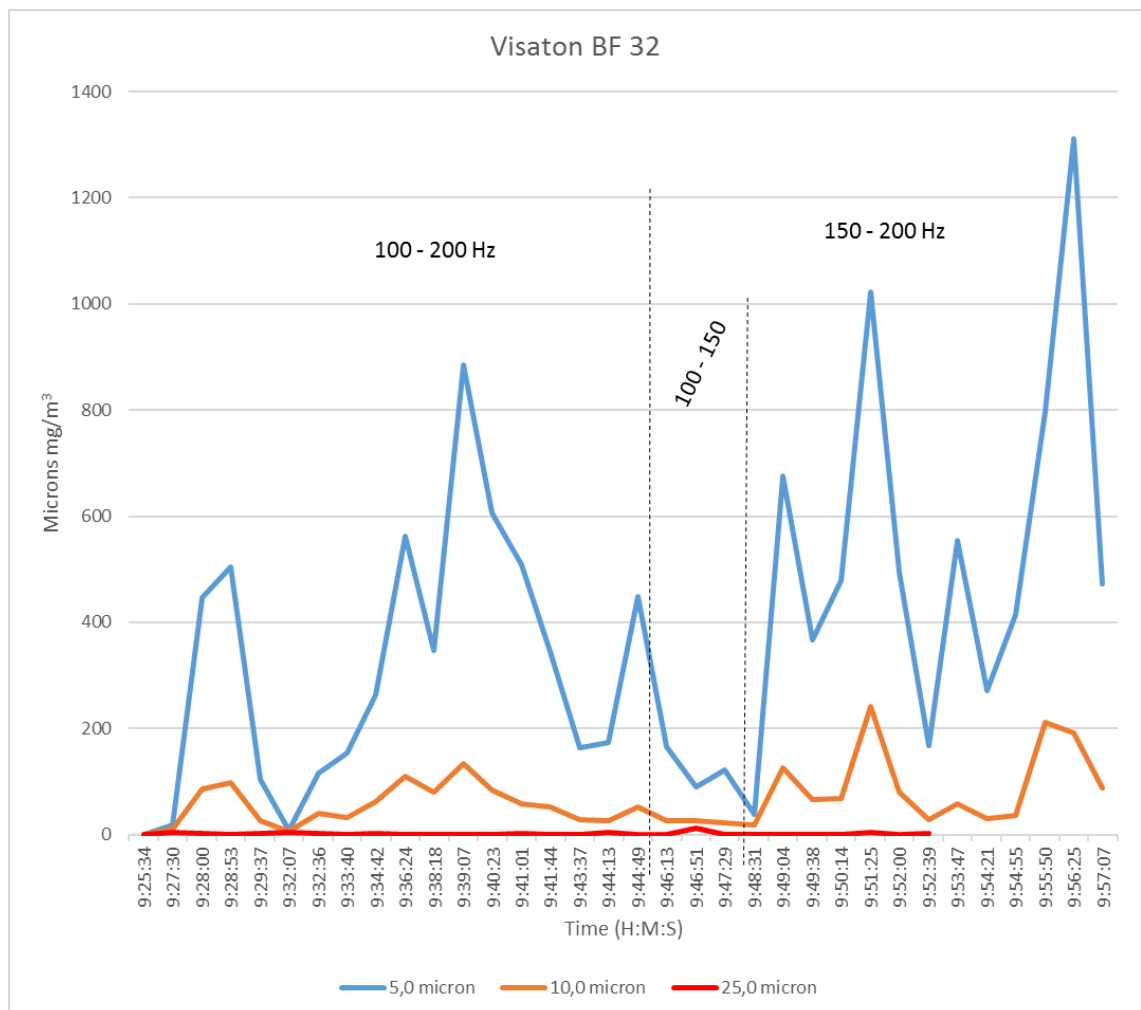
4.2.4 4. Malli

Edellä mainittujen mittausten jälkeen päätettiin vielä kokeilla hieman isompaa ja voimakkaampaa kaiutinta, mikä kuitenkin olisi vielä tarpeeksi pieni mahtuakseen imuosaan. Tilasimme uuden kaiuttimen, jonka tiedot löytyvät Liitteestä 1.

Tässä kaiuttimessa tehonsieto oli 5 W edellisen 0,15 W sijaan. Eli kyseessä oli paljon voimakkaampi kaiutinmalli.

Mittaukset osoittivat, että tämä kaiutinmalli irrotti pölyä paperin pinnasta paljon tehokkaammin kuin edellinen kokeilemamme malli. Tulokset olivat samaa luokkaa kuin testeissä jossa käytettiin alkuperäistä kaiutinta. Liitteessä 2 on testeistä saatu mittaustulokset.

Alla olevassa kuviossa on esitetty mittaustulokset graafisessa muodossa. Y-akselilla on esitetty irtoavien hiukkasten määrä ja X-akselilla kellonaika. Sinisellä on ilmaistu hiukkaset, joiden halkaisija on 5 mikrometriä, oranssilla 10 mikrometriä ja punaisella 25 mikrometriä. Mittauksia otettiin a4 kokoisesta paperiarkista kolmesta eri kohtaa. Nämä kolme kohtaa näkyvät kuvaajassa viivan suunnanmuutospöydässä. Matalimmat, lähellä nollaa olevat, mittaukset ovat niin sanottuja nollamittauksia, joissa mittaus tehtiin ilman kaiutinta, jotta saadaan vertailukohtia mittauksiin, jossa käytettiin kaiutinta. Mittauksia tehtiin liukuvalla taajuudella ja kuvaajassa on esitetty nuo taajuusalueet. Parhaiten pölyä irtosi, kun kaiuttimen taajuus läheni 200 Hz.



Kuvio 3. Mittaustulokset BF 32 kaiuttimella.

Mittauksia tehdessä teimme huomion, että kaiuttimen elementti liikkui hyvin paljon. Yritimme selvittää, johtuuko nämä hyvät tulokset siitä, että tosiasiaassa kaiutin elementti kosketti fyysisesti paperin pintaa luoden näin tärinää paperiin. Kaiuttimen nostaminen vain noin 0,6 millimetriä vaikutti radikaalisti mittaustuloksiin. Tämä saattaa johtua myös siitä, että ääniaaltojen vaikutus heikkenee etäisyyden kasvaessa.

4.3 3D-Tulostus

3D-tulostuksessa kolmiulotteinen virtuaalinen malli tulostetaan fyysiseksi esineeksi siihen suunnitellulla tulostimella. Tulostuksessa käytettäviä materiaaleja ovat pääsääntöisesti muovit, metallit, keraamit ja lasi. Muitakin tulostettavia materiaaleja on, mutta niiden käyttö on harvinaisempaa eikä yhtä hyvin tuloksiin kuin edellä mainituilla materiaaleilla päästä. Kolmiulotteisessa tulostuksessa valittu materiaali johdetaan tulostuspäähän nauhana tai jauheena. Usein muovit johdetaan tulostuspäähän nauhana ja jauhetta käytetään esimerkiksi metallin tulostuksessa. Tulostuspää sulattaa tulostusmateriaalin ja joissakin tapauksissa liuottaa sen nesteeseen. Tämän jälkeen materiaali suihkutetaan tulostinalustalle. Suihkutettu materiaali kovettuu ohuina kerroksina haluttuun muotoon, ja näin ennen pitkään ohuista kerroksista syntyy haluttu esine.

3D-tulostus sai alkunsa 1980-luvulla, jolloin tehtiin ensimmäiset kolmiulotteiset tulostimet. Nämä olivat kuitenkin erittäin suuria, niiden tulostusmateriaalit olivat rajoittuneet ja ne olivat kalliita. Nykypäivänä halvimmat 3D-printterit ovat alle 600 euron tietämällä. Nämä halvemmat 3D-tulostimet tulostavat pääosin yksinkertaisia muoviesineitä. Esimerkiksi 3D-metallitulostimet ovat taas hieman kalliimpia.

Kolmiulotteinen tulostus on siinä mielessä vielä hieman alkutekijöissään, että sitä ei laajamittaisesti käytetä vielä teollisuudessa. Toki 3D-tulostettuja osia käytetään laajaltikin eri tuotteissa, esimerkiksi Airbus A350 XWB lentokoneessa on 1000 3D printattua osaa. (BBC News, 2015). Kolmiulotteinen tulostus ei myöskään rajoitu pelkästään teollisuuden vaan esimerkiksi Yhdysvalloissa Wake Forrest Institutessa on kehitetty kudosprintteri, jolla voidaan printata elävää kudosta. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että sillä pystytään tulostamaan luuta, lihasta ja rustoa ihmiselle. (Pekka Numminen, 2016).

3D-printterit eivät siis vielä sovellu täysin teollisuuteen, mutta ne soveltuvat loistavasti prototyyppien luomiseen. Muovista voidaan tulostaa hyvinkin halvalla kolmiulotteinen

malli halutusta 3D-mallista muutamissa tunneissa. Perinteisillä valmistusmenetelmillä aikaa voi mennä jopa viikkoja. Tällaisella prototyypillä voidaan testata tuotteen toimivuutta ja prototyypin toimiessa voidaan siirtyä muihin parempiin valmistusmenetelmiin ja materiaaleihin. Tällä hetkellä onkin yrityksiä, joiden liiketoiminta perustuu siihen, että asiakkaille tulostetaan muovista halpoja prototyyppejä. Aikaisemmin pienoismallien ja prototyyppien tekemiseen kului jopa tuhansia euroja. 3D-printterillä on myös mahdollista tuottaa samalla hinnalla tai halvemmallakin pieniä eriä tuotetta ja testata tuotteen toimivuus markkinoilla. (Antti Seppälä, 2014), (Vilhelmiina Hjort, 2016)

5 POHDINTA

Projekti oli alusta alkaen hyvin mielenkiintoinen ja pohdittavaa riitti joka osa-alueella. Alkuun opinnäytetyöaihe ja työnkuva ei ollut täysin selvillä johtuen, eri tekijöistä. Kun asiat hieman selkiytyivät, aiheeksi muodostui imuosan kehittäminen. Alkuun tämäkin aihe tuntui hyvin laajalta eikä ollut selkoa mihin suuntaan tuotetta tulisi lähteä kehittämään. Muutaman palaverin ja keskustelutuokion jälkeen päätavoitteeksi muodostui kaiuttimen sijoittaminen imuosaan.

Tältä pohjalta lähdettiin hahmottelemaan kehitysehdotuksia uudelle imuosalle. Suunnittelukokemus koulussa ja työelämässä auttoi etenkin varhaisten mallien hahmottelemisessa. Vaikeuksia hieman tuotti tietämättömyyteni paperiteollisuudesta ja muutenkin paperin ominaisuuksista, mutta asiantuntijoiden neuvot ja aiemmat opinnäytetyöt tarjosivat hyvin tietopohjan siltäkin osin.

Mittaukset Sharpcellille olivat loistava tilaisuus perehtyä kehitettävän laitteen toiminta-periaatteisiin ja ominaisuuksiin. Näiden mittauksien aikana sain melko kattavan kuvan laitteesta ja siitä miltä osin sitä voisi kehittää. Mittaukset onnistuivat vielä kohtuullisen hyvin ja tulokset olivat myös sellaisia mitä odotimme, joten niistä sai hyvän vertailupohjan tulevia testimittauksia varten.

Haasteitakin projektissa oli riittämiin. Suurimpina näistä oli 3D-tulostus ja pienten kaiuttimien ominaisuudet. Hyvin myöhäisessä vaiheessa projektissa kävi ilmi, että 3D-tulostaminen ei olisi mahdollista ilman tarvittavia kursseja. Minun opinto-ohjelmaani ei kuulunut tuota 3D-tulostuskurssia, joten minulla ei ollut asiaa 3D-tulostimille. Toukokuun alussa laitoimme avoimen hakemuksen, jossa haimme 3D-tulostus taitoista harjoittelijaa, jotta saisimme tulostettua prototyypin.

Toinen suuri haaste, jonka kohtasimme, oli pienen kaiuttimen tehottomuus. Tuotekehitys oli jo hyvin pitkällä ennen ensimmäisiä testejä tarkoituksenmukaisilla kaiuttimilla. Testien pohjalta tehtiin johtopäätös, että pienet kaiuttimet eivät tuota paperiin tarpeeksi värähtelyä, joten kaiutin tuli vaihtaa suurempaan. Tästä johtuen koko mallia piti taas muuttaa, joka lisäsi työmäärää.

Näiltä molemmilta haasteilta oltaisiin voitu välttyä paremmalla suunnittelulla. Olisi voitu ottaa aikaisemmin selvää 3D-tulostusmahdollisuuksista koululla, jolloin harjoittelijan haku oltaisiin voitu aloittaa aikaisemmin. Kaiutinongelmaan ratkaisu olisi ollut kaiuttimen testaaminen ennen mallin tarkempia suunnitelmia.

Kaiken kaikkiaan projekti sujui hyvin, vaikka tavoiteltuun lopputulokseen ei päästykään. Tästä huolimatta kehitystä tapahtui ja mentiin eteenpäin. Tämän työn ja näiden tutkimusten pohjalta seuraavan tuotekehityskokoonpanon on hyvä jatkaa kehitystyötä.

LÄHTEET

Jani Kurra (2008), Development and application of acoustic air flow paper dust measuring device in politest -project

<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9422/Kurra.Jani.pdf?sequence=2>

Anssi Haaramo (2010), Pölymittalaite LPA ja sanomalehti- ja luettelopaperin pölyäminen

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14604/Haaramo.Anssi.pdf?sequence=1>

Kolmiulotteinen tulostus

https://fi.wikipedia.org/wiki/Kolmiulotteinen_tulostus

Dan Simmons, Airbus had 1,000 parts 3D printed to meet deadline

<http://www.bbc.com/news/technology-32597809>

Pekka Numminen, 3D-printterillä voi tulostaa elävää kudosta

http://www.iltalehti.fi/ulkomaat/2016021721133729_ul.shtml

http://www.veko.com/product_info.php?cPath=84_437_501&products_id=24496

Tapani Jokinen (2010), Tuotekehitys

<http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Autodesk

<https://www.autodesk.fi/products/inventor/overview>

SharpCell Oy, Home

<http://www.sharpcell.fi/Home/>

SharpCell Oy, Environment

<http://www.sharpcell.fi/Environment/>

Antti Seppälä ja Riikka Pennanen, 3D-tulostus mahdollistaa yksilölliset tuotteet ja halvat prototyypit

<http://yle.fi/uutiset/3-7263686>

Vilhelmiina Hjort, 3D-tulostus on tuotekehityksen kulmakivi

<http://www.teknologiainfo.com/innovaatiot/3d-tulostus-on-tuotekehityksen-kulmakivi>

Inka Mäkipää (2013), Particle measurement with PM10 impactor and image analysis in polytest project

http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/105357/Makipaa_Inka.pdf?sequence=1

LITTEET

Liite 1. BF 32 – 8Ohm, kaiutin

Breitband-Systeme / Fullrange Systems

GERMANY
VISATON[®]

BF 32 - 8 Ohm

Art. No. 2242



3,2 cm (1,3") Breitbandlautsprecher mit breitem, ausgewogenem Frequenzgang und sehr guter Tieftonwiedergabe. Mit kräftigem Neodym-Antrieb. Geeignet für Anwendungen, die zugleich geringe Abmessungen und gute Musik- und Sprachwiedergabe fordern. Quadratischer Korb mit vier Befestigungslöchern ermöglicht einfache Montage.

3.2 cm (1.3") fullrange speaker with a wide and balanced frequency response and very good low range reproduction. With powerful Neodymium driver. Suitable for applications where slim construction and good music and speech reproduction are requested. Square basket with four mounting holes for easy mounting.

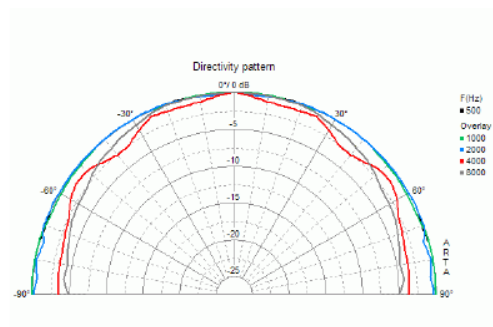
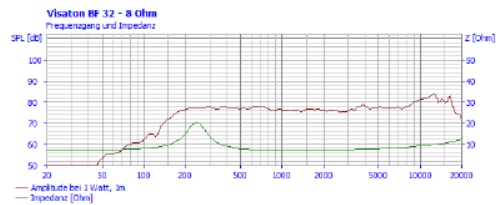
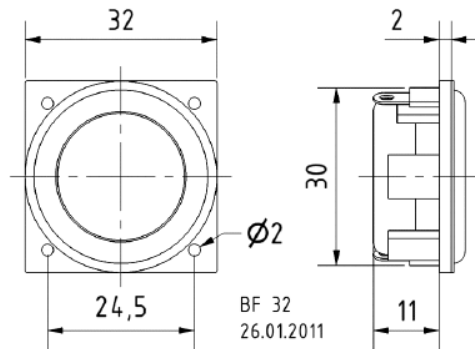
Anwendungsmöglichkeiten / Typical applications

- Flachbildschirme (TV und PC)
- Infoterminals
- andere kompakte Geräte und Automaten zur Sprach- und Musikwiedergabe

- flat screens (TV and PC)
- info terminals
- other compact devices speech and music reproduction

BF 32 - 8 Ohm

Art. No. 2242



Technische Daten / Technical data

Nennbelastbarkeit Rated power	2 W
Musikbelastbarkeit Maximum power	5 W
Nennimpedanz Z Nominal impedance Z	8 Ohm
Übertragungsbereich Frequency response	150-20000 Hz
Mittlerer Schalldruckpegel Mean sound pressure level	78 dB (1 W/1 m)
Resonanzfrequenz f_s Resonance frequency f_s	220 Hz
Schwingspulen­durchmesser Voice coil diameter	20 mm
Wickelhöhe Height of winding	3 mm
Schallwandöffnung Cutout diameter	31,5 mm
Gewicht netto Net weight	0,028 kg

Liite 2. Mittaukset BF 32 – 8Ohm kaiuttimella

15.5.2017 12:00:00 to 15.5.2017 13:47:00

Time Stamp	Location 000	Location 000	Location 000	Location 000
	10,0 micron (Counts)	25,0 micron (Counts)	40,0 micron (Counts)	5,0 micron (Counts)
15.5.2017 12:01:29	9	3	2	22
15.5.2017 12:02:01	13	3	1	26
15.5.2017 12:02:35	11	1	1	25
15.5.2017 12:03:16	14	4	4	45
15.5.2017 12:04:27	19	1	0	51
15.5.2017 12:05:17	14	1	0	73
15.5.2017 12:05:59	16	0	0	144
15.5.2017 12:06:59	63	4	1	307
15.5.2017 12:07:33	66	1	0	372
15.5.2017 12:08:10	89	1	0	484
15.5.2017 12:09:16	46	1	1	269
15.5.2017 12:09:56	33	2	0	200
15.5.2017 12:10:33	138	1	0	840
15.5.2017 12:11:50	150	6	2	816
15.5.2017 12:12:23	49	0	0	536
15.5.2017 12:13:04	30	1	0	217
15.5.2017 12:14:14	450	30	9	2458
15.5.2017 12:14:58	64	0	0	711
15.5.2017 12:15:31	97	0	0	659
15.5.2017 12:30:54	14	1	0	32
15.5.2017 12:31:22	14	1	1	26
15.5.2017 12:32:00	7	0	0	22
15.5.2017 12:32:32	5	1	1	7
15.5.2017 12:34:07	7	0	0	13
15.5.2017 12:34:44	6	1	0	11
15.5.2017 12:35:24	5	1	1	12
15.5.2017 12:36:27	5	0	0	16
15.5.2017 12:37:01	9	0	0	14
15.5.2017 12:37:32	10	0	0	19
15.5.2017 12:38:46	8	0	0	20
15.5.2017 12:40:18	15	2	0	38
15.5.2017 12:41:08	3	1	0	21
15.5.2017 12:42:12	87	2	0	519
15.5.2017 12:45:19	4	1	0	9
15.5.2017 12:46:03	0	0	0	1
15.5.2017 13:12:24	271	8	6	1760

15.5.2017 13:14:07	49	2	2	386
15.5.2017 13:16:06	85	2	1	457
15.5.2017 13:19:21	204	3	1	1330
15.5.2017 13:22:03	51	0	0	279
15.5.2017 13:22:39	82	0	0	394
15.5.2017 13:25:36	2	0	0	7
15.5.2017 13:26:24	4	0	0	11
15.5.2017 13:27:16	3	0	0	17
15.5.2017 13:28:23	11	1	0	20
15.5.2017 13:29:17	2	0	0	3
15.5.2017 13:30:15	5	0	0	15
15.5.2017 13:31:27	2	0	0	2
15.5.2017 13:33:40	6	0	0	13
15.5.2017 13:34:36	7	0	0	21
15.5.2017 13:35:56	28	2	0	172
15.5.2017 13:37:06	25	0	0	99
15.5.2017 13:37:51	7	0	0	52
15.5.2017 13:38:44	37	0	0	251
15.5.2017 13:39:44	56	5	2	255
15.5.2017 13:40:23	8	0	0	34
15.5.2017 13:41:11	13	0	0	81
15.5.2017 13:42:00	46	0	0	291
Average	44,4	1,6	0,6	258,4
Maximum	450	30	9	2458
Minimum	0	0	0	1
Standard Deviation	74,8	4,1	1,5	447,7

