

POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Denis Dolzhenko

KÄRKIPAKKAAMON ERGONOMIAN PARANTAMINEN JA FILTE-
RÖINNIN PROSESSIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2012
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä(t)

Denis Dolzhenko

Nimike

Kärkipakkaamon ergonomian parantaminen ja filteröinnin prosessin kehittäminen

Toimeksiantaja

Thermo Fisher Scientific Oy

Tiivistelmä

Filteröinnin prosessin kehittäminen ja ergonomian parantaminen toteutetaan uuden mekanismin valmistuksen myötä. Suunnittelussa päätavoitteena oli kehittää uusi mekanismi, joka helpottaisi ja nopeuttaisi filteröintiprosessia. Sen lisäksi parantaisi työprosessin ergonomiaa sekä alentaisi työkuormituksen.

Opinnäytetyö koostuu kahdesta osista, joista ensimmäisenä on mekanismin mekaniikkasuunnittelu. Siinä käytettiin apuna SolidWorks-mallinnusohjelmaa. Suunnitteluvaiheessa oli aina muistettava, että uuden mekanismin on oltava käytännöllinen myös ergonomian kannalta. Opinnäytetyön toinen osa on logiikkaohjelman suunnittelu, mikä tehtiin Omron ZEN -logiikkaohjelmaa käyttäen.

Mekanismin suunnitteluvaiheessa käytettiin eri valmistajien komponentit. Sylinterit ja kaikki pneumaattiset komponentit, joiden avulla mekanismin liikkeitä toteutettiin, oli tilattu maailmaan johtavilta komponenttien valmistajilta SMC ja FESTO:lta. Logiikan suunniteltiin ja ohjattiin hyödyntäen Omronin osia. Noiden osien avulla suunnittelu ja rakentaminen toteutettiin suunnitellun budjetin ja aikataulun rajoissa.

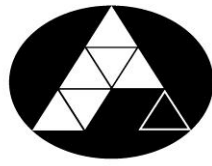
Opinnäytetyö on ollut hyödyllinen, sillä uusi filteröinti – mekanismi tullaan todellisuudessa rakentamaan toimeksiantajan tehtaalla. Mekanismi vastaa kaikkia toimeksiantajan vaatimuksia, sillä uuden filteröinti – mekanismin avulla kyseinen yritys pääsee säästämään tuotannosta johtuvilla kustannuksilla, sekä pystyy huomattavasti vähentämään aikaa, joka meni ennen saman työprosessin hoitoon. Jatkossa tämän opinnäytetyön pohjalta toimeksiantaja voi kehittää ja parantaa mekanisme tarpeen mukaan, muuttaa toimintatavat ja viedä tuotantoprosessin uudelle asteelle.

Kieli
suomi

Sivuja 57
Liitteet 22
Liitesivumäärä 28

Asiasanat

ergonomia, filteri, logiikka, mekaniikkasuunnittelu, pipetin kärki



NORTH KARELIA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
May 2012
**Degree Programme in Mechanical
and Production Engineering**
Karjalankatu 3
FIN 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author(s)

Denis Dolzhenko

Title

Improvement of the ergonomics in the pipette tip wrapping department and development of the filtering process

Commissioned by

Thermo Fisher Scientific Oy

Abstract

The development of the filtering process and the improvement of ergonomic was realized through the production of the new mechanism. The main aim of the process was to develop a new mechanism that would ease and accelerate the filtering process. In addition, it would also improve the work process ergonomics and lessen the work load.

The final project consists of two parts of which first is the mechanical design of the mechanism. SolidWorks-modelling program was used for that. During the design phase it was important to remember that the new mechanism has to be practical also from the ergonomic basis. The second part of my final project is designing a logic program that was conducted using Omron Zen logic software.

Different parts from various companies were used in the design phase of the mechanism. The cylinders and all pneumatic components which were used to accomplish the movement of the mechanism were ordered from world leading component producers SMC and FESTO. The logic was designed and directed using Omron's parts. With those parts the design and building was accomplished according to the budget and timescale.

My final project was successful since the new filtering mechanism will be constructed in reality at the clients factory. The mechanism complies with all the requirements of the client since with the use of the new filtering mechanism the company will be able to save on production costs and also significantly reduce the time used for the process. In the future the client can develop and improve the mechanism, change work processes and take production process to a new level, based on the final project.

Language

finnish

Pages 57

Appendices 22

Pages of appendices 28

Keywords

ergonomics, filter, logic, mechanical design, pipette tip

Sisältö

1	Johdanto.....	5
1.1	Thermo Fisher Scientific.....	5
1.2	Työn tarkoitus	5
1.3	Työn rajaukset.....	7
2	Työn perusteet	7
2.1	Teoria ergonomiasta.....	7
2.1.1	Ergonomian perusteet	7
2.1.2	Ihmisen toiminnat ja ergonomiset edellytykset.....	9
2.2	Aineiston kerääminen ja käsitteet	9
2.3	Nykyisen prosessin kuvaus	12
2.4	Heikkojen kohtien selvittely	13
2.5	Ajan käytön selvittäminen	13
2.6	Tehtävän selvittely	16
2.7	Vaatimuslista.....	17
3	Prosessin luonnostelu	19
3.1	Luonnostelun tarkoitus.....	19
3.2	Morfologinen laatikko.....	20
4	Mekanismin kehitys	25
4.1	Tuotteiden valinta.....	25
4.2	Kelkan kehittäminen	27
4.3	Filtterin säiliön kehittäminen	29
4.4	Puristimen ja pesälevyn kehittäminen ja yhdistäminen	31
4.5	Kohdistuslevy.....	32
4.6	Materiaalien valinta.....	33
5	Uuden morfologisen laatikon laatiminen	34
5.1	Morfologinen laatikko.....	34
5.2	Uuden mekanismin työkuvaus	36
6	Ajan ja kustannuksien säästö.....	39
7	Logiikanohjelman suunnittelu.....	45
7.1	Ohjelmitava logiikka.....	45
7.1.1	Tulot ja lähdöt	46
7.1.2	Apumuisti ja ajastin	46
7.1.3	Omron ZEN –ohjelmisto.....	46
7.2	Omron ZEN –ohjelma.....	47
8	Komponentit.....	48
8.1	Pneumaattiset komponentit	48
8.2	Sähkökomponentit	51
9	Kustannuslaskenta	53
10	Pohdinta.....	54
	Lähteet.....	56

Liitteet

Liite 1	Filtterisäiliö
Liite 2	Pohjalevy
Liite 3	Sylinteritolppa

Liite 4	Kääntö kiinnitykset
Liite 5	Korva
Liite 6	Siili kiinnitys
Liite 7	Ylälevy
Liite 8	Säiliökelkka
Liite 9	Kiinnike
Liite 10	Kohdistuslevyn pidin
Liite 11	Kelkan pohjalevy
Liite 12	Kelkka
Liite 13	Kohdistuslevy
Liite 14	Pesälevy
Liite 15	Holkkilevy
Liite 16	Imulevy
Liite 17	Holkki
Liite 18	Jousitappi
Liite 19	Laakeritappi
Liite 20	Seinät
Liite 21	Filtteröinti-mekanismi. Luonnos
Liite 22	Logiikkaohjelma

1 Johdanto

1.1 Thermo Fisher Scientific

Thermo Fisher Scientific on johtavin yritys tiedettä ja tutkimustoimintaa palvelevalla alalla. Yritys toimittaa laitteita niin laboratorio- ja tuotantoympäristöihin kuin myös optiselle sektorille.

Konsernissa on noin 37 000 työntekijää 150 maassa. Henkilöstö palvelee yli 350 000 asiakasta mm. sairaaloissa, laboratorioissa, tutkimuskeskuksissa, yliopistoissa ja valtion laitoksissa. Palvelua on myös ympäristötekniikan ja teollisuuden laadun- ja prosessivalvonnan parissa. Yritys tarjoaa asiakkaille suuren valikoiman analyttisiä instrumentteja, laboratoriolaitteita, ohjelmistoja, reagensseja, kulutustarvikkeita sekä laboratorion prosesseja tehostavia laitteita. Vuoden 2009 liikevaihto oli yli 10 miljardia dollaria (Thermo Fisher Scientific Oy 2010).

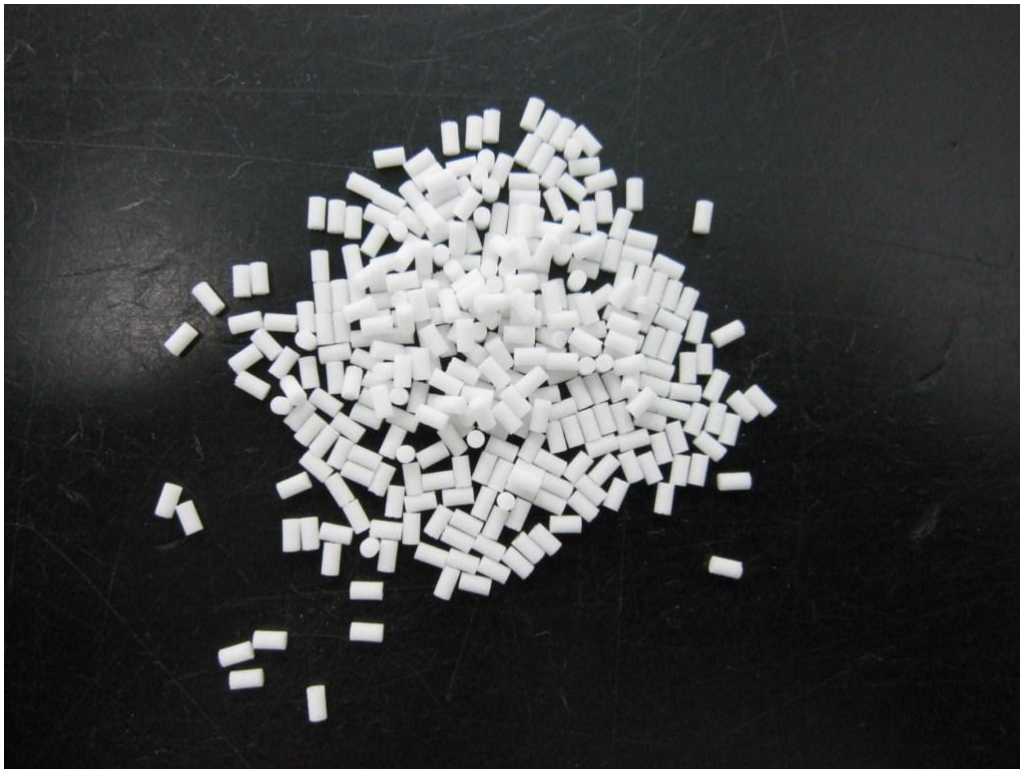
Thermo Fisher Scientific Oy:n tehtävänä on valmistaa, kehittää ja myös markkinoida omia tuotteitaan, järjestelmiään ja palveluitaan asiakkaille. Yrityksen yksiköt Suomessa valmistavat ja kehittävät mm. Finn-pipettejä, pipetinkärkiä, kuoppalevyjä, kuoppalevyinstrumentteja, magneettipartikkeli-prosessoreita sekä Konelab-järjestelmiä ja automaattioratkaisijakliiniseen kemiaan. Thermo Fisher Scientific Oy yksiköitä on Vantaalla ja Joensuussa, niissä työskentelee yhteensä noin 550 työntekijää. Vuoden 2008 liikevaihto oli 123 milj. euroa (Thermo Suomi Intranet 2012).

1.2 Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää filteröintiprosessia tehtaan kärkipakkaamossa ja sitä kautta parantaa työn ergonomiaa. Ongelmana työssä on sopivien prosessien valinta, koska jokaisessa prosessissa lähes kaikki vaiheet tehdään käsin.

Kyseisen osaston tuotevalikoiman laajuudesta johtuen on vaikeaa löytää sopiva parantamisen kohde. Palaverin jälkeen, joka käytiin osaston työnjohtajan Juha Tuupasen sekä osaston työntekijöiden kanssa, olen valinnut parannuskohteeksi Finntip Filter 10 µl Micron. Tuotteen pitkästä nimestä johtuen, nimitän sitä tämän jälkeen mikrokärjeksi, helpottaakseen lukemista ja ymmärtämistä. Sen valmistus ja työergonomia ovat hankalimmat.

Tuote on pieni ja siinä käytettyjen filttäreiden koko on lähes olematon (pituus on 2,50 mm ja halkaisija on 1,23 mm), siksi niitä on erittäin vaikea käsitellä (kuva 3).



Kuva 3. Mikrokärjen filterit.

Jos kyseinen kehitysprosessi onnistuu, sen pohjalta on helppoa parantaa muiden tuotteiden valmistusmenetelmiä.

1.3 Työn rajaukset

Opinnäytetyö rajataan vain yhteen valmistusprosessiin, koska muiden tuotenimikkeiden valmistus on hyvin samantapainen ja tulevaisuudessa on mahdollista käyttää samoja valmistusmenetelmiä kaikkien muiden tuotteiden valmistuksessa. Kustannussyystä valmistusprosessin täysautomatisointi ei ole järkevä. Sen vuoksi keskityn opinnäytetyössäni ainoastaan pienten apulaitteiden kehittelyyn ja ergonomian parantamiseen.

2 Työn perusteet

2.1 Teoria ergonomiasta

Ergonomia on teknisen tuotteen ja ihmisen välinen suhde. Se syntyy ihmisen tarpeista; ihmisen kykyjen ja ominaisuuksien mukaan. Tekninen tuote sovitetaan ihmiselle sopivaksi, ottaen huomioon ergonomian tutkimustuloksia ja rakennemuotoiluja, mutta myös oikea henkilövalinta, opetus ja harjoittelu auttavat ihmistä sopeutumaan tuotteeseen tai sen toimintaan teknisissä systeemeissä (Pahl & Beitz 1990, 283).

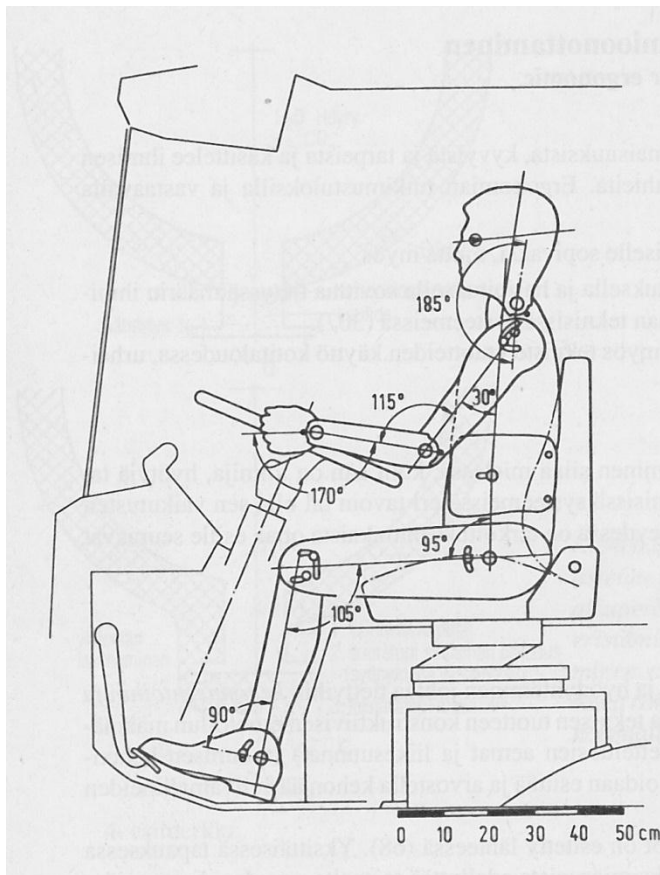
2.1.1 Ergonomian perusteet

Tarkastellaan myös ihmisen toimintaa teknisissä systeemeissä ja otetaan huomioon, että ihminen voi olla niin toimija kuin myös hyötyjä tai kohde. Tähän liittyen tarkastellaan alla olevat näkökohdat:

- *Biomekaaniset näkökohdat*

Teknisten tuotteiden käytössä ihmisten on otettava tietyt kehonasennot ja liikuttava tietyllä tavalla. Tästä johtuen määräytyy tuotteiden konstruktiivinen muotoilu. Näin määräytyvät mm. koneen asetteluosien asemat ja liikesuunnat. Kehon ääriivamallien avulla on mahdollista tarkastella kyseisiä yhteyksiä (kuva 4).

Standardissa DIN 33 411 esitellään kehovoimien maksimiarvot. Jotta yksittäisissä tapauksissa sallittu voima voitaisiin johtaa maksimiarvoista, on otettava huomioon sekä sukupuolen, iän, keston, kokemuksen, useuden mukaiset tekijät että myös säännöt ja menetelmät, joiden avulla yllämainitut asiat otetaan huomioon laskemalla (DIN 33 411, 1982, Pahl & Beitz 1990, 283 mukaan).



Kuva 4. Kehon ääriivamallien avulla arvostellaan kuorma-auton ajajan asento (Pahl & Beitz 1990, 284)

- ***Fysiologiset näkökohdat***

Tarkastellessa teknistä tuotetta ergonomian kannalta on muistettava, että ihmisen on käytettävä staattista ja dynaamista lihasvoimaa käyttääkseen tuotetta hyödyllisesti. Näin on myös eroteltava ihmisen väsymys, raskaus ja kuormitus, sillä esim. kuormitus johtaa aina raskautukseen henkilökohtaisten ominaisuuksien mukaan (terveydentila, sukupuoli, ikä jne.). Pitkäkestoisesta raskautuksesta seuraa yleensä väsymys, jonka tosin voi parantaa

elpymisellä. Kyseinen tapa ei kuitenkaan auta, jos väsymys on monotonista eli ihminen on kyllästynyt samankaltaiseen toimintaan. Siinä tapauksessa vaihtoehtona on toiminnan vaihtaminen.

2.1.2 Ihmisen toiminnot ja ergonomiset edellytykset

Teknisessä tapahtumassa ihminen on yleensä joko aktiivinen tai passiivinen. Ollakseen aktiivinen hänen täytyy aina esim. ohjata, valvoa, ladata tai käyttää tuotetta. Aktiivinen toimija käy läpi yleensä toimintakiertokulussa kaikki alla olevat toiminnot:

- valmisteluvaihe
- informaation vastaanottaminen päätöksiä tekemällä ja orientoimalla prosessi
- itse toiminnan suorittaminen
- seurata työtä ja saatua tulosta, sen olotilaa ja mittasuhdetta
- toiminnan lopettaminen ja tuotteen sulkeminen, jonka jälkeen on joko poistuminen tai toiseen toimintaan ryhtyminen.

Ihmisen toiminnallisuus johtuu juuri edellä mainituista toistuvista toiminnoista. Työhön on aina luotava ne edellytykset, jotka johtaisivat toiminnallisuuteen. Niiden suunnittelu aloitetaan jo silloin, kun asetellaan tarkka tehtävä, ja suunnittelu päättyy vasta toimintarakenteen laatimisen jälkeen (Pahl & Beitz 1990, 283–284).

2.2 Aineiston kerääminen ja käsitteet

Aloitin aineiston keräämisen Thermo Fisher Scientific tehtaalla Joensuussa, jossa ensin tutustuin kärkipakkaamon osaston ja sen toimintaan. Siinä vaiheessa olin tutustunut kaikkiin työvaiheisiin, otin valokuvat, videot ja juttelin työntekijöiden kanssa.

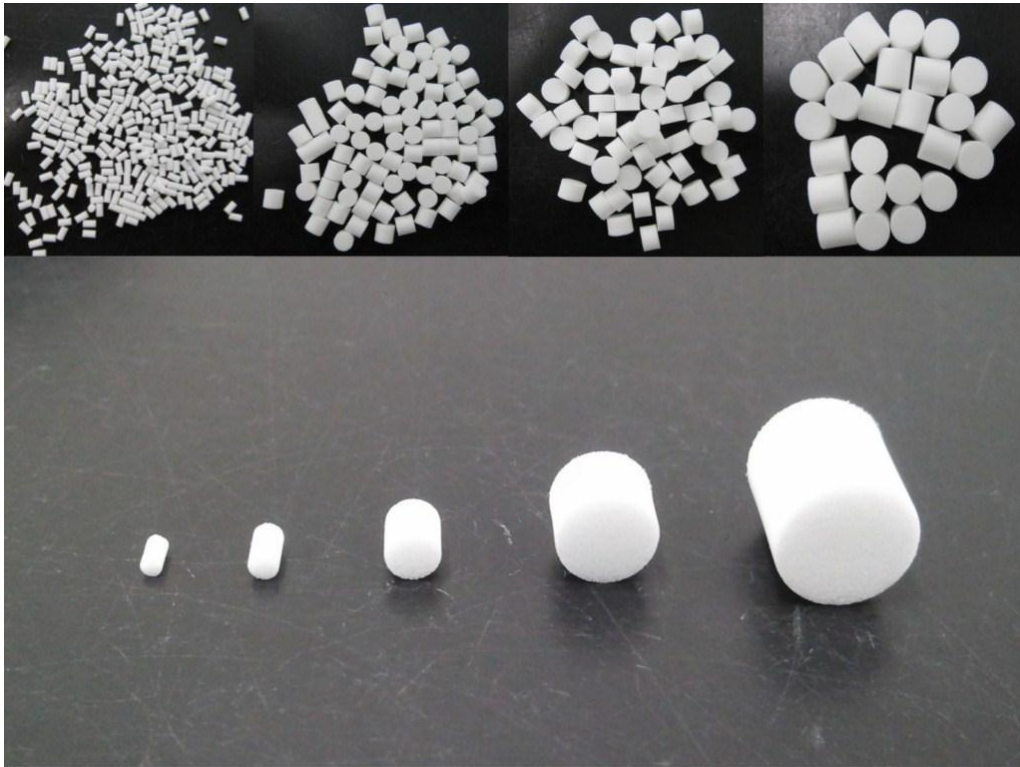
Tämän jälkeen olin tutustunut kirjallisiin materiaaleihin, jotka koskevat valmistusmenetelmiä ja valmistusmääriä.

Opinnäytetyössä esitän käsitteitä, joita käytetään tehtailla ja asiapapereissa:

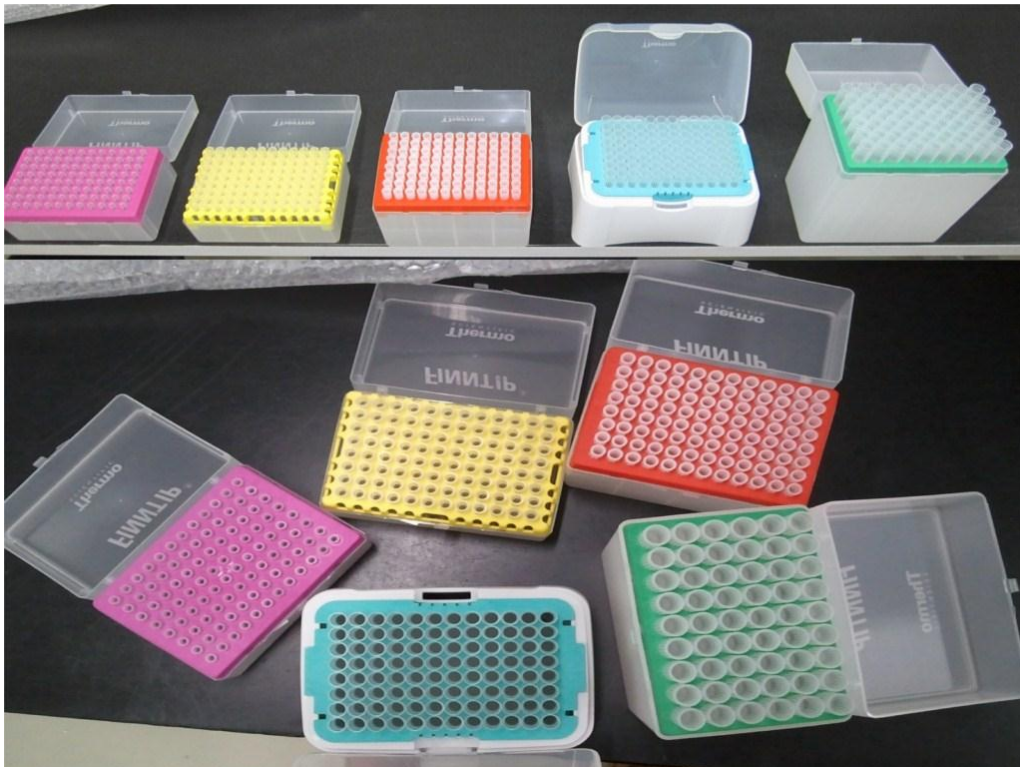
- kärki nesteannostelijan kertokäyttöinen muoviosa. Sen tarkoitus on toimia reagenssin säiliönä (kuva 5).
- filteri pieni suodatin, joka asennetaan kärjen sisälle ja sen tarkoitus on estää reagenssin pääsyä nesteannostelijaan (kuva 6).
- räkki muoviteline (yleensä kertakäyttöinen), jossa säilytetään kärjet (kuva 7).



Kuva 5. Mikrokärki.



Kuva 6. Filterit (Micro, 10 μ l, 100 μ l, 1000 μ l, 5 ml).



Kuva 7. Räkkit.

2.3 Nykyisen prosessin kuvaus

Filtteröintiprosessin tarkoitus on asettaa filterit kärjien sisään tarkasti oikeaan syvyyteen. Nykyinen prosessi käsittää 12 vaiheetta ja kestää noin 50 sekuntia (taulukko 1).

Taulukko 1. Nykyisen prosessin kuvaus.

Nro.	Prosessivaiheet	Käytetty aika
1	Pakkaaja ottaa rakin kuljetuslaatikosta ja nostaa sen pöydälle	3 s.
2	Irrottaa kansi räkistä	2 s.
3	Asettaa räkki tukikehykselle.	5 s.
4	Tukikehyksen päälle asennetaan kohdistusreikälevyn.	6 s.
5	Imupäällä hakee filterit filterilaatikosta.	8 s.
6	Asettaa filteripää kohdistusreikälevyn päälle ja irrottaa imuputki, jonka seurauksena filterit tippuvat kohdistuslevynkautta kärjeihin. Poistetaan filteripään.	4 s.
7	Asetetaan kohdistusreikälevyn päälle filterinpuristustyökalu.	3 s.
8	Asetetaan koko asetelma puristimen alle.	2 s.
9	Painetaan käynnistysnäppiä ja puristin puristaa filterit kärjessä oikean syvyyteen.	2 s.
10	Otetaan asetelma puristimesta ja irrotetaan filterinpuristustyökalu sekä kohdistusreikälevy.	5 s.
11	Tarkistetaan silmämääräisesti, että kaikki filterit ovat paikalla ja oikealla syvyydellä.	5 s.
12	Irrotetaan rakin tukikehys ja asennetaan kansi päälle.	6 s.

2.4 Heikkojen kohtien selvittely

Ennen prosessin kehittämisen ja analysoinnin aloittamista tuli löytää filtteriointiprosessin heikot kohdat. Tätä varten päätin pitää epävirallisen kokouksen kyseisen osaston henkilökunnan kanssa ja selvittää, mitkä kohdat ovat heidän mielestä vaikeimmat. Tämän helpottamiseksi olen laatinut kolme kysymystä, jotka esitin työntekijöille:

1. Miltä ovat mielestänne filtteriointiprosessin vaikeimmat kohdat?
2. Mitkä vaiheet ovat ergonomian kannalta hankalimmat filtteriointiprosessissa?
3. Mille vaiheille on suunniteltu enemmän aikaa?

Vastauksien pohjalta sain seuraavaa tietoa: kaikki työntekijät olivat yksimielisesti sitä mieltä, että hankalimpia filtteriointiprosessin kohtia ovat ne, joissa on käytettävä fyysistä voimaa, kuten esim. räkin asennuksessa tukikehykselle. Sain selville myös hankalimmat kohdat ergonomian kannalta. Työntekijöiden mielestä ne ovat kohdat 3, 4, 7, 8, 10. Kaikissa mainituissa kohdissa käytetään lihasvoimaa ja fyysistä energiaa. Ottaen huomioon se, että suurin osa kärkipakkaamon osaston henkilöstöstä on naisia, voidaan päätellä, että ergonomian kannalta yllä mainitut vaiheet ovat heille hankalimmat, sillä naisten lihasvoima on alhaisempi miehen lihasvoimaan verrattuna.

Lisäksi sain tietoa myös niistä vaiheista, joihin annetaan enemmän aikaa. Suurin osa työntekijöistä oli sitä mieltä, että vaiheisiin 3, 4, 5 ja 11 kulutetaan enemmän aikaa ja heidän mielestä asian kehittämiseksi on huomioitava juuri nämä vaiheet, sillä tuotantoprosessiin kulutetun ajan laskeminen auttaa lisäämään tuotannon määrää.

2.5 Ajan käytön selvittäminen

Olen tarkistanut miten kauan menee 10 tuotteen valmistuksessa. Tässä minua ovat auttaneet toimeksiantajani ja muut työntekijät. Kärkipakkaamossa filtteroidaan eri kärki-tyypit, siksi myös työperiaate on erilainen. Näin myös työvoiman kulutus on erilaista. Esimerkiksi Mikrokärjen valmistukseen tarvitaan vain yksi työntekijä, kun taas 100 µl tai 200 µl kärjen tyyppi valmistuksessa on mukana kaksi henkilöä. Toinen filtteriöi kär-

jet ja toinen puristaa filtteriä kärjissä oikealle syvyydelle ja lähettää valmis räkki tulostukseen. Kaksi työntekijää on mukana, jotta prosessi sujuisi nopeammin, sillä kyseisen kärkityypin valmistus on monimutkaisempaa ja eroaa mikrokärkien valmistuksesta.

Testi tehdään siten, että ensimmäinen työntekijä filtteriä kärjet, 10 kappaletta. Ajastin laitettiin päälle silloin, kun hän otti ensimmäisen räkin ja pysäytettiin, kun viimeinen räkki oli filtteroitu. Tämän jälkeen toinen työntekijä puristi filtteriä ja lähetti ne tulostukseen. Ajastin käynnistyi kuten ensimmäisenkin työntekijän kohdalla silloin, kun otettiin ensimmäinen räkki. Ajastin pysäytettiin kun viimeinen 10 räkki lähti tulostukseen.

Testi tehtiin kolmesti, jotta tulokset olisivat mahdollisimman tarkat. Testissä käytettiin räkkit, kuten Finntip Filter 1000 µl, Finntip Filter 100 µl Ext, Finntip Filter Micro, Finntip Filter 100 µl, Finntip Filter 300 µl, Finntip Filter 10 µl, Finntip Filter 20 µl. Valitsen nämä räkkit, koska niillä on suurin vuoden kulutus verrattuna muihin räkkityyppeihin. Lopulta saatiin seuraavat tulokset (kuvio 1).

Koodi	Nimi	Aika	Pakkaamo			
			Filtterointi	Painaminen	Hlö kpl	Muu aika
94052000	FT FILTER MICRO 10*96 PCS	1	0:00:00	0:04:06		0:00:00
		2	0:00:00	0:04:39	1	0:00:00
		3	0:00:00	0:03:12	0:03:59	0:00:00
		Ka	0:00:00	0:03:59	0:03:59	0:00:00
94052100	FT FILTER 10 µl 10*96 PCS	1	0:02:24	0:02:01		0:00:00
		2	0:02:27	0:01:57	2	0:00:00
		3	0:02:41	0:02:18	0:02:31	0:00:00
		Ka	0:02:31	0:02:05	0:05:01	0:00:00
94052150	FT FILTER 20 µl 10x96 PCS	1	0:02:49	0:02:25		0:00:00
		2	0:02:30	0:02:23	2	0:00:00
		3	0:02:21	0:02:37	0:02:33	0:00:00
		Ka	0:02:33	0:02:28	0:05:07	0:00:00
94052200	FT FILTER 100 µl 10x96PCS	1	0:02:07	0:01:34		0:00:00
		2	0:02:00	0:01:35	2	0:00:00
		3	0:01:55	0:01:19	0:02:01	0:00:00
		Ka	0:02:01	0:01:29	0:04:01	0:00:00
94052310	FT FILTER 100 Ext 10x96	1	0:02:30	0:02:11		0:00:00
		2	0:02:37	0:02:11	2	0:00:00
		3	0:02:38	0:02:12	0:02:35	0:00:00
		Ka	0:02:35	0:02:11	0:05:10	0:00:00
94052350	FT FILTER 300 10x96 PCS	1	0:01:52	0:01:23		0:00:00
		2	0:01:35	0:01:19	2	0:00:00
		3	0:01:16	0:01:37	0:01:34	0:00:00
		Ka	0:01:34	0:01:26	0:03:09	0:00:00
94052410	FT FILTER 1000 µl 10x96	1	0:02:19	0:02:08		0:00:00
		2	0:02:09	0:02:10	2	0:00:00
		3	0:02:12	0:02:12	0:02:13	0:00:00
		Ka	0:02:13	0:02:10	0:04:27	0:00:00

Kuvio 1. Mitatut ajat (Thermo Fisher Oy 2009).

Keskimääräinen ajan kulutus saadaan selville seuraavalla tavalla: esimerkkinä on Finntip Filter 10 µl. Ensin selvitetään filteröinnin aikakulutus. Se lasketaan seuraavan kaavan mukaisesti:

$$t_{kesk} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}, \text{ missä}$$

t_{kesk} – keskimääräinen ajan kulutus

t_1, t_2, t_3 - käytetty aika

3 - mittauksien lukumäärä.

Tulokseksi saadaan, että keskimääräinen ajan kulutus on

$$t_{kesk} = \frac{0:02:24 + 0:02:27 + 0:02:41}{3} = 0:02:31$$

Painamiseen tarvittavan ajan kulutus lasketaan samalla kaavalla kuin filteröinninkin:

$$t_{kesk} = \frac{0:02:01 + 0:01:57 + 0:02:18}{3} = 0:02:05$$

Näin meillä on tiedossa molemmat tulokset. Verrataan niitä, jotta saadaan tietää kumpi vaihe vie enemmän aikaa: $0:02:31 > 0:02:05$. Laskiessa koko prosessin keskimääräisen kulutuksen on ensin otettava suurimman tuloksen, joka on tässä tapauksessa filteröinnin ajankulutus $0:02:31$. Tämä aika kerrataan työntekijöiden lukumäärään ja saadaan tulokseksi keskimääräinen aika, joka tarvitaan 10 kpl Finntip Filter 10 µl valmistukseen.

$$t_{kok.kesk} = 0:02:31 * 2 = 0:05:01$$

Tuloksien perusteella voidaan päätellä, että kaksi työntekijää tarvitsee 10 räkin (tyyppi 100 µl, 200 µl jne.) valmistukseen suunnilleen:

$$t_{kesk} = \frac{0:05:01 + 0:05:07 + 0:04:01 + 0:05:10 + 0:03:09 + 0:04:27}{6} = 0:04:42$$

Kymmenen Mikrokärki – räkin valmistukseen yhdeltä työntekijältä kuluu keskimäärän 0:03:59 min.

2.6 Tehtävän selvittely

Jotta voisin aloittaa kehittelyn, on minun itse ymmärrettävä, mitkä ovat filteröinti-prosessin heikoimmat ja työläiset vaiheet. Tätä varten tein vierailukäynnin Thermo Fisher Scientific -tehtaalle, jossa sain työskennellä itse toisen työntekijän sijaisena muutaman tunnin. Filteröinninprosessin aikana kävin läpi kaikki edellä kuvatut vaiheet ja huomasin seuraavat asiat:

- 1) Työn yksitoikkoisuuteen kyllästyminen, mikä vaikuttaa psyykkiseen oloon työpäivän aikana.
- 2) Toisen ja kolmannen vaiheen aikana on käytettävä voimaa, jotta räkki asettuisi tukikehykseen.
- 3) Kuten oli jo mainittu, filtereiden koko on niin pieni, että niitä on vaikea käsitellä, tämä aiheuttaa viivästystä vaiheessa viisi. Siksi tälle vaiheelle onkin tarvittu pitempi aikaväli.
- 4) Voimaa tulee käyttää enimmäkseen vaiheissa 7 ja 10. Kun kootaan räkki, tukikehys, kohdistusreikälevy ja filterinpuristustyökalu yhteen, sen jälkeen puristus puretaan. Muutaman tunnin kuluttua huomasi, että kädet väsyvät ja työpäivän jälkeen ne ovat kipeytyneet. Huomioon tulee ottaa, että olen mies ja lihasvoimaa minulla on naiseen verrattuna enemmän. Kärkipakkaamon osastolla työskentelevät ainoastaan naiset.

Oman ja kokouksen työntekijöiden kokemuksen sekä saadun tiedon pohjalta päädyin siihen tulokseen, että koko filteröinti-prosessin heikoin asia on aika, joka kulutetaan

joka prosessin vaiheessa. Näin on erityisesti vaiheessa viisi (tuotannon kannalta se vie paljon aikaa – 8 sekuntia). Heikko kohta on myös tietyissä vaiheissa (vaiheet 3, 7 ja 10) kulutettava työntekijän lihasvoima ja energia. Näin tuotteen valmistuksessa otetaan ensisijaisesti huomioon ajan kulutuksen laskeminen sekä tarvittavan lihasvoiman väheneminen tietyissä filteröintiprosessin vaiheissa.

2.7 Vaatimuslista

Saadakseen vaatimuslistan aikaiseksi, on selvitettävä kaikki tavoitteet ja rajoitukset. Ilman sitä on lähes mahdotonta välttää virheellisiä kehitelmiä. Vaatimuslista tehdään vaatimusten ja toivomusten muodossa.

Jos vaatimukset jätetään täyttämättä on mahdollista että lopullinen ratkaisu hylätään. (esim. saavutetut tehoarvot tai laatuvaatimukset). Vähimmäisvaatimukset on aina muotoiltava tarkoituksen ilmaisevalla tavalla (esim. $P < 50W$, $h > 10m$).

Toivomukset suositellaan luokitella keskinkertaisten mahdollisuuksien mukaan. Kaikki toivomukset otetaan aina huomioon mahdollisuuksien mukaan ja varaudutaan niissä siihen, että ylimääräisiä kustannuksia saattaa tulla (esim. keskitetty ohjaus, huollon tarve jne.).

Mahdollisuuksien mukaan on vaatimukset hyvä ilmoittaa täsmällisinä lukuarvoina, mutta jos se ei jostakin syystä ole mahdollista, on kirjalliset lausumat esitettävä mahdollisimman tarkasti ja selvästi.

Vaatimuslistalla voi olla myös viittauksia tärkeisiin vaikutuksiin tai suorituksiin. Vaatimuslistan on oltava luettelomuodossa, niiden osastojen kielellä, jotka toteuttavat konstruktion. Vaatimuslista pidetään työskentelyn perusasiakirjana, koska se esittää kaikki ajantasaiset lähtökohdat ja sen on aina oltava ajan tasalla. Vaatimuslista toimii myös todistuksena, sillä esim. yrityksen johto ottaa kannan asiaan juuri vaatimuslistan pohjalta (Pahl & Beitz 1990, 64 – 65; Jorma Tuomala 1995, 80 – 82).

Koska mekanismin kehittäminen eroaa prosessin kehittämisestä, prosessin vaatimuslistassa on vähemmän vaatimuksia ja toivomuksia, mutta ne kaikki ovat varsinaisia ja tärkeitä. Kuviossa 2 on esitetty vaatimuslista filttteröinti prosessille.

Muutos pvm	V T	VAATIMUSLISTA	Tärkeys
6.3.2012	V	1 VAIHEET Vähentää vaiheiden lukumäärä	
	V	2 AIKA Vähentää filttteröinti prosessin aikaa	
	T	3 ERGONOMIA Parantaa hankalimmat kohdat ergonomian kannalta	
	V = vaatimus T = toivomus		

Kuvio 2. Filttteröinti prosessin vaatimuslista.

3 Prosessin luonnostelu

3.1 Luonnostelun tarkoitus

Yksi konstruoinnin osista on luonnostelu. Luonnostelu käydään tehtävän selvittelyn jälkeen ja siinä määritellään ratkaisuperiaate, joka perustuu vaikutusrakenteeseen.

Päästääkseen siihen on yhdistettävä toimintarakenteiden laatiminen, oleellisten ongelmien abstrahointi ja sopivien vaikutusperiaatteiden hakeminen vaikutusrakenteeksi. Näin olleen luonnostelu on prosessi, jossa vahvistetaan ratkaisun periaate.

Usein vaikutusrakennetta on mahdollista arvostella vasta silloin, kun se saa konkreettisemmat muodot. Tätä varten on ensin tehtävä mm. alustava pohjapiirustus (mitoitus), tarkistaa kaikki työaineokset sekä huomioida kaikki tekniset mahdollisuudet. Kelpaava ratkaisuperiaate voidaan arvostella vasta, kun on tehty kaikki yllämainittu. Näin saadaan ratkaisuperiaate, jossa on huomioitu niin tavoitteenasettelu kuin myös rajoittavat ehdot. Tehtävän mukaan on usein myös mahdollista esitellä useita periaatteellisia ratkaisumuunnelmia.

Periaatteellinen ratkaisu voidaan esitellä monella tavalla: esimerkiksi toimintorakenteen lohkokaaaviolla, kytkentäkaavalla tai kulukaaviolla. Tapauksen mukaan on hyvä tehdä myös karkeamittakaavainen piirustus, mutta joskus pelkkä vapaakätinen luonnoskin riittää.

Luonnosmuunnelmien on aina arvosteltava. Näin vaatimuksia täyttämättömät muunnelmien hylätään ja loput arvostellaan kriteerien mukaisesti. Muunnelmien arvostellaan yleensä teknisten näkökohtien mukaan, mutta sen ohella huomioidaan myös taloudelliset näkökohdat. Arvostelu johtaa ratkaisuluonnosten valintaan. Joskus kuitenkin ratkaisu on mahdollista tehdä vasta pidemmälle viedyn konkreettisoinnin jälkeen. Joskus tarjolla on myös useita rakennemuunnelmia yhtä ratkaisuperiaatetta kohti (Pahl & Beitz 1990, 48 – 49).

3.2 Morfologinen laatikko

Se, että tietojen ja tosioiden järjestelmällinen esittäminen on hyödyllistä monin tavoin, on jo todettu työmetodien yhteydessä. Ensinnäkin jäsentelykaavio auttaa uusien ratkaisujen etsimisessä ja toisalta myös helpottaa oleellisten ratkaisujen huomaamista. Joitakin jäsentelykaavioita ja järjestelysteemejä onkin syntynyt näiden etujen takia.

Jäsentelykaaviot voivat toimia kaikissa ratkaisuhaun vaiheissa. Niitä voidaan käyttää eri tavoin esimerkiksi yhdistelyapuna osaratkaisusta kokonaisratkaisuun. Tätä ilmiötä kutsutaan morfologiseksi laatikoksi.

Käytettäessä tätä kaavioita kokonaisratkaisun hakuun, valitaan joka osatoiminnolle (siis joka riviltä) joku vaikutusperiaate, ja nämä yhdistetään keskenään toimintorakenteen määräämässä järjestyksessä vaikutusrakenteeksi. Jos osatoiminnolle F1 voidaan käyttää m1 vaikutusperiaatetta, osatoiminnolle F2 m2 periaatetta jne, täydellisen yhdistelyn jälkeen saadaan $N=m1*m2*m3\dots mm$ teoreettisesti mahdollista muunnelmaa vaikutus-rakenteesta (Pahl & Beitz 1990, 129).

Kyseisen menetelmän pääongelmana pidetään sitä, että on tehtävä päätös vaikutusperiaatteiden yhteen sopivuudesta, jotta ne eivät törmäisi toisiinsa. Toisin sanoen ratkaisukentän on rajoitettava ainoastaan realisoitavissa olevaan kenttään (Pahl & Beitz 1990, 112, 129 – 130).

Morfologiseen laatikkoon laaditaan kaikki vaihtoehdot, toimintoperiaatteet ja toiminnot filttäjäprosessista (kuvio 3). Jälkeenpäin jokaiselle toiminnolle valitaan lopullinen ja paras vaihtoehto (maalattu sinisellä). Jokaiselle valitulle vaihtoehdolle annetaan lyhyt kuvaus ja selitys, miksi juuri tämä toiminto sopii parhaiten.

	1	2	3
Vaihe 1	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 2	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 3	Käsin	Käsin (Irrotetaan reikälevy kotelosta ja asetetaan se kelkalle)	Käsin (Asetetaan räkki kelkalle)
Vaihe 4	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 5	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 6	Käsin	Käsin (vakuumi ohjataan venttiilillä, imuputkia ei tarvitse irrottaa)	Käsin (vakuumi ohjataan venttiilillä, imuputkia ei tarvitse irrottaa)
Vaihe 7	Käsin	Ei tarvitse (filtterinpuristustyökalu yhdistetty pikalukituksella paineensylinterin kanssa)	Ei tarvitse (filtterinpuristustyökalu on kiinteästi yhdistetty paineensylinterin kanssa)
Vaihe 8	Käsin	Pneumaattisesti	Pneumaattisesti
Vaihe 9	Käsin painetaan käynnistysnapit	Käynnistyy anturista, kun kelkka on tullut puristimen alle	Käynnistyy anturista, kun kelkka on tullut puristimen alle
Vaihe 10	Käsin	Automaattisesti palautuu puristimen alta ja käsillä irrotetaan kohdistusreikälevy	Automaattisesti palautuu puristimen alta ja käsillä irrotetaan kohdistusreikälevy
Vaihe 11	Silmämääräisesti	Silmämääräisesti	Silmämääräisesti
Vaihe 12	Käsin	Laitetaan reikälevy koteloon ja asetetaan kansi päälle	Nostetaan räkki kelkalta ja asetetaan kansi päälle

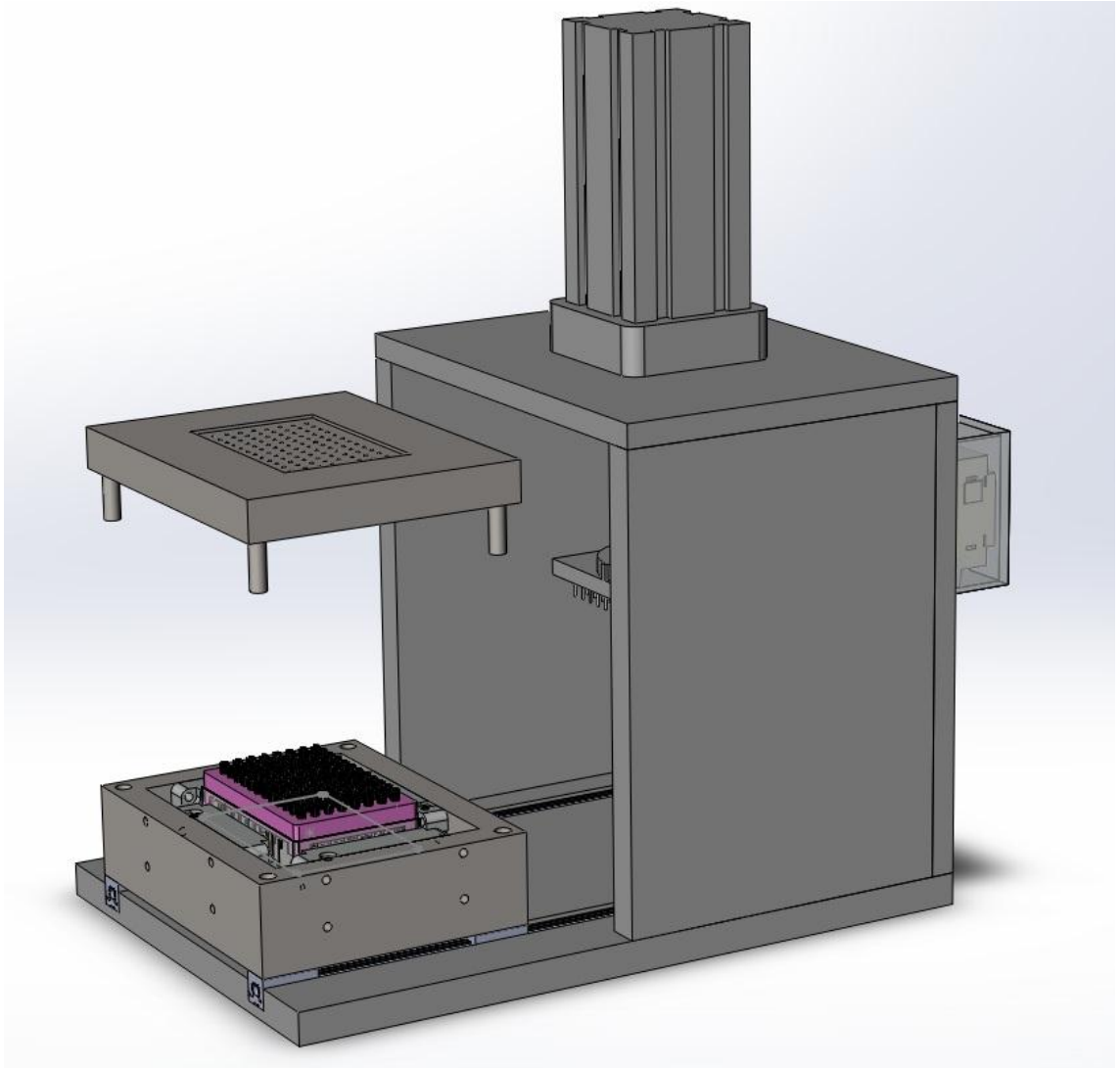
Kuvio 3. Morfologinen laatikko.

Uudella mekanismilla filtteröintiprosessissa käsitellään seuraavia vaiheita:

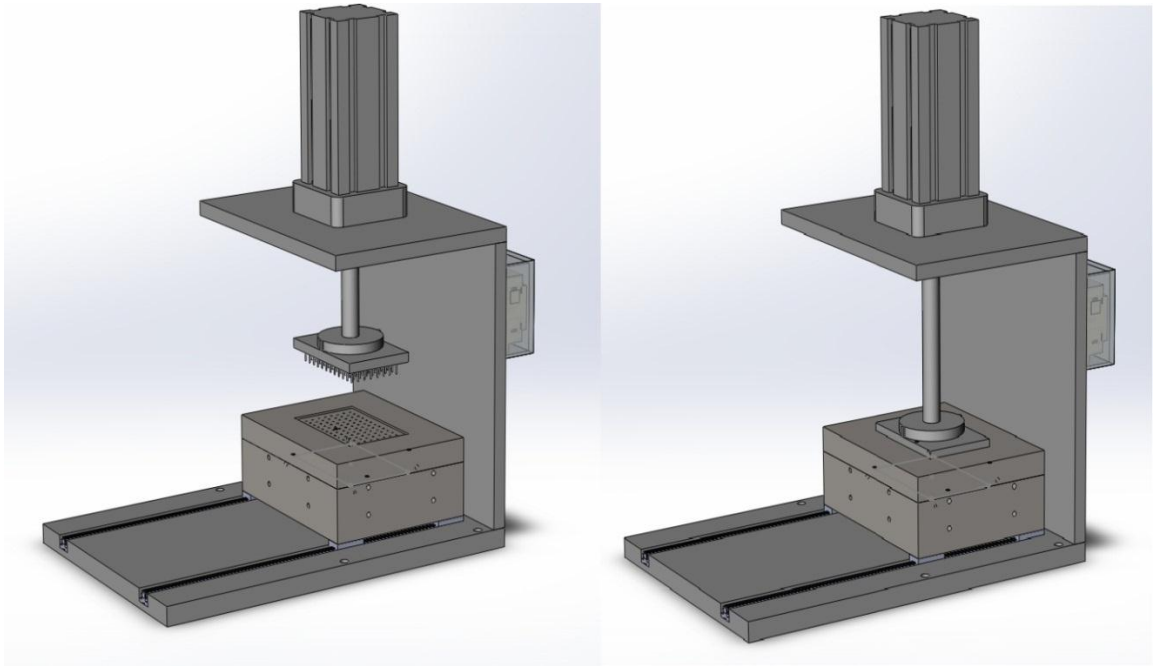
1. Toimintoperiaate on toimia ainoastaan käsin. Kaikki räkit kärkipakkaamoosastolle toimitetaan pakatuissa laatikoissa. Työntekijä purkaa jokaisen laatikon käsin ja valmistaa räkit omalla pöydällä.
2. On mahdotonta irrottaa räkin kansi automaattisesti, robotin avulla tai muualla tavalla. Heikkojen kansien lukituksen takia kansi irrotetaan vain käsin.

3. Asetetaan käsin koko räkki tukikehykselle. Valitsen tämän asetuksen, koska reikälevyn irrotus kotelosta vie enemmän aikaa ja tuotantoprosessi hidastuu.
4. Kohdistusreikälevy asetetaan käsin. Käsi-asennus on helpompi ja halvempi asentotapa filtteriäntiprosesissa. Muut tavat eivät sovi taloudellisesti.
5. Filtrit haetaan filterilaatikosta käsikäyttöisellä työkalulla. Vaiheen automatisointi on liian hankala ja kallis.
6. Poistetaan turha imuputken irrotusliike. Filtrien irrotus hoidetaan vakuumi-venttiilillä.
7. Poistetaan kokonaan. Filtripuristustyökalu on yhdistetty pikalukituksella paineensylinterin kanssa. Ergonomian kannalta tämän yhdistys vähentää työntekijän lihasvoiman ja energian kulutusta.
8. Asetelman asennus tapahtuu pneumaattisesti. Työntekijän kannalta tämän asetelman asennus on helpompi ja ergonomian kannalta tämä prosessi vähentää työntekijän lihasvoimaa kädessä. Tuloksena on käsien rasituksen vähentäminen.
9. Filtrin puristus tapahtuu pneumaattisesti logiikan ja anturin avulla. Puristus alkaa, kun kelkka on tullut puristimen alle.
10. Asetelma tulee puristimen alta pneumaattisesti. Työntekijä irrottaa käsin kohdistusreikälevyn.
11. Filtereiden tarkistus tehdään silmämääräisesti kuten ennenkin. Tarkistus on luotettava ja siitä ei synny lisämenoja ja lisäkustannuksia.
12. Nostetaan räkki kelkalta käsin ja asetetaan kansi päälle. Tämä vaihe ergonomian kannalta on hyvin helpotettu. Työntekijän ei tarvitse enää irrottaa räkkiä tukikehykseltä, vaan otetaan vapaasti räkki kelkalta. Tuloksena on käsien rasituksen vähentäminen

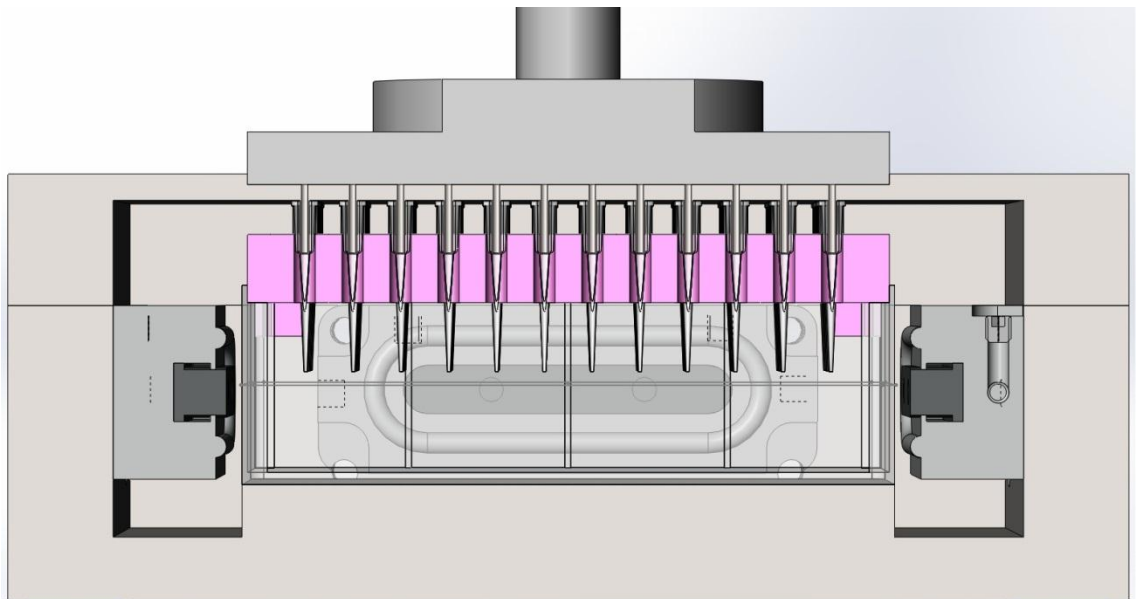
Kuvassa 12 on esitetty SolidWorks:in piirustusohjelmalla mallinnettu ensimmäinen luonnos mekaniismista näiden vaiheiden pohjalta. Mekaniismiin on mallinnettu räkki, joka on kelkassa. Kuvan 13 mallissa on piilotettu sivuseinät, jotta puristusvaihe selvisi paremmin. Kuvassa 14 näkyvässä on kelkan osaleikkaus puristushetkellä. Kuten voidaan huomata, puristis-laite laskee oikealle syvyydelle kärjien sisälle. Kuvassa 12 näkyy myös ohjelmoitava Omron ZEN -rele, joka on kiinnitetty mekaniismin takaseinälle.



Kuva 12. Mekanismin ensimmäinen luonnos.



Kuva 13. Puristusvaihe



Kuva 14. Kelkan osaleikkaus puristushetkellä.

4 Mekanismin kehitys

4.1 Tuotteiden valinta

Ennen mekanismin kehittelyn aloittamista on selvitetävä, mitä kärkityyppejä varten se kehitellään. Toimeksiantaja on toivonut, että mekanismi kävisi yleiseen käyttöön eli sitä voitaisiin käyttää eri kärkityyppien kanssa. Tätä varten toimeksiantaja on lähettänyt minulle listan niistä kärjeistä, joita valmistellaan kärkipakkaamon osastolla (kuvio 4). Tehtävänäni oli lajitella kaikki kärjet kahden pykälän mukaan: 1- mihin räkin koon kärjet kuuluvat; 2 – kärjien vuosikulutus.

1	Koodi	Nimi
2	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile
3	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile
4	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile
5	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile
6	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile
7	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile
8	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile
9	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile
10	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile
11	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile
12	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile
13	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile
14	94052550	Finntip Filter 5ml, 5x54/rack, sterile
15	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile
16	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile
18	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile
19	94052600	Finntip Filter 10ml, 5x24/rack, sterile
20	94056970	Finntip Flex Filter 10mlExt, 50/bag, sterile
21	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile
22	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile
23	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile
24	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile
25	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile

Kuvio 4. Tuotteiden lista (Thermo Fisher Oy 2012).

Näiden tietojen perusteella sain valittua ne tuotteet, joilla on suurin vuosikulutus (maalattu vihreällä, kuvio 5).

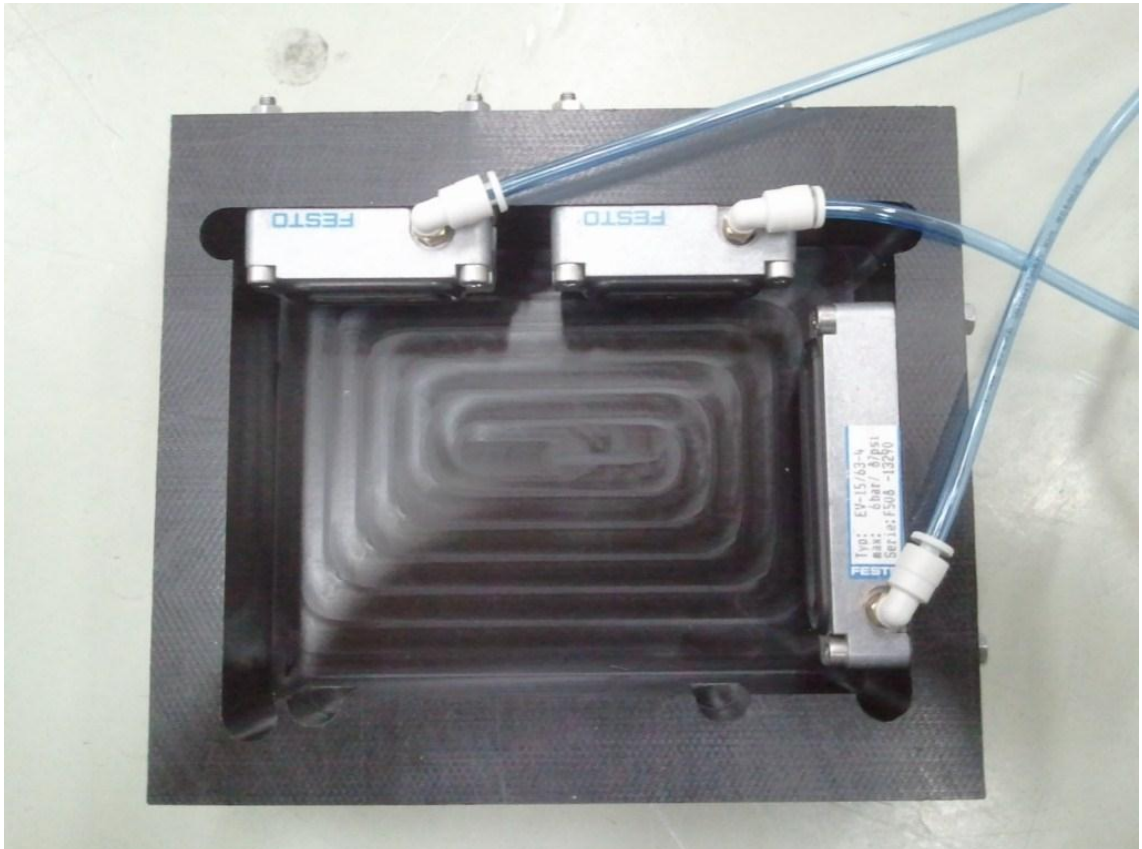
Yleisimmät kärkikotelot voidaan jakaa kolmeen eri tyyppiin: S, L, XL. Näiden koteloiden erona on ainoastaan korkeus, muuten ne ovat samanlaisia. Valittuaan nämä kärjet menin kärkipakkaamo-osastolle, jossa neuvottelin työntekijöiden kanssa ja sain luvalla myös mallikappaleet kaikista tarvittavista kärjeistä. Mallikappaleista saan otettua kaikki mitat, jotta yleisen mekanismin kehittäminen olisi mahdollista.

	A	B	C
1	Tunnus	Koodi	Nimi
2	L	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile
3	L	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile
4	L	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile
5	L	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile
6	L	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile
7	L	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile
8	L	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile
9	L	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile
10	L	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile
11			
12	S	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile
13	S	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile
14	S	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile
15	S	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile
16	S	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile
17	S	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile
18	S	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile
19	S	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile
20	S	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile
21			
22	XL	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile
23	XL	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile

Kuvio 5. Valitut tuotteet (Thermo Fisher Oy 2012 soveltaen)

4.2 Kelkan kehittäminen

Ennen kelkan valmistamista oli ensin tarkistettava, kestääkö räkki puristimen kuormitusta kelkassa olevien kalvosylinterien avulla, niin ettei se rikkoontuisi. Tätä varten valmistettiin testimalliin jolla sitä testattiin (kuva 15).



Kuva 15. Testimalli.

Malli oli valmistettu uuden esisuunnitelman mukaisesti, sillä työnohjaajani oli kanssani samaa mieltä siitä, että asennettuaan kelkkaan 4 kalvosylinteriä räkin ympärille on hankalaa saada sylinterit pitämään räkin keskellä. Räkin pysyminen keskellä on tärkeää, sillä puristuksen aikana puristimen on laskeutuva suoraan kärjeihin, eikä hipoisi sitä.

Jotta räkki pysyisi mahdollisimman keskellä, päätettiin ottaa kaksi isoa sylinteriä pois ja lisätä kaksi pientä. Näin kelkka pysyy toiselta puolelta yhdellä sylinterillä ja toiselta

kahdella pienellä. Sen toiset puolet pitää itse kelkan seinät. Näin saatiin räkki pysymään mahdollisimman keskellä.

Kun saatiin räkki pysymään oikealla paikalla, oli selvitettävä kestäkö räkki puristimen kuormitusta kalvosylintereiden avulla. Tätä varten kelkka laitettiin kärkipakkaamo-osaston käytössä olevan puristimen alle. Testattiin muutamia räkkityyppejä, kuten 100 µl, 200 µl, Mikrokärki. Testi tehtiin kolmesti, jotta tulokset olisivat mahdollisimman tarkat. Kaikki räkkit suoriutuivat testistä ehjinä. Tämä tarkoittaa, että uuden kelkan malli suoriutui onnistuneesti molemmista testeistä ja se voi käyttää uudessa filterointi-mekanismissa.

Jokaisella räkkityypillä tulee olemaan oma kelkka eli vaihtokelkka. Ulkoiset mitat kaikilla kelkoilla tulevat olemaan samanlaiset: leveys 180 mm, pituus 180 mm, korkeus 150 mm. Sisämitat tosin suunnitellaan joka räkkityypin mukaisesti.

Kelkkamateriaaliksi valittiin POM muovi (polyasetaaali). Polyasetaaali on erittäin kiteinen kestopuovi. Polyasetaaalin perusmonomeerina on formaldehydi. Polyasetaalilla on lineaarinen rakenne ja korkea kiteisyysaste. Polyasetaaalin ominaisuuksiin vaikuttavat:

- korkea sitkeys, jäykkyys ja kovuus
- korkea taipumislämpötila (HDT) ja hyvä lämmönkestävyys
- hyvä mittapysyvyys
- hyvät sähköiset ja dielektriset ominaisuudet
- hyvä liuostenkestävyys
- jännityssäröilyn kestävä
- hyvät kitka- ja kulumisominaisuudet
- helppo prosessoida.

Näiden ominaisuuksien kannalta polyasetaaali vastaa vaatimuksia.

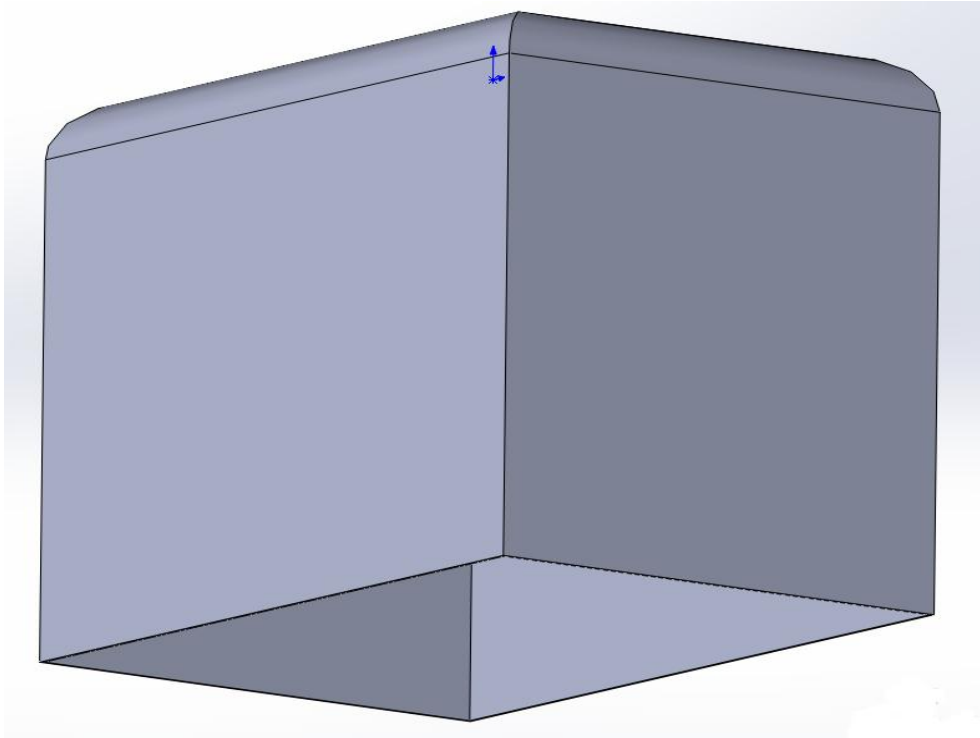
4.3 Filtrerin säiliön kehittäminen

Suunnittelun alkuvaiheessa päätin, etten muuta filtrerin säiliötä vaan se saisi olla alkuperäisenä (kuva 16). Toimeksiantaja oli kuitenkin sitä mieltä, että ottaisin huomioon myös säiliön. Uuden säiliön pitäisi olla ergonomisesti hyvin suunniteltu, kompakti ja helppokäyttöinen. Ottaen kaikki nämä ominaisuudet huomioon, päätin että säiliö on liitettävä itse mekanismiin niin, että se voisi automaattisesti hakea filtrit säiliöstä.

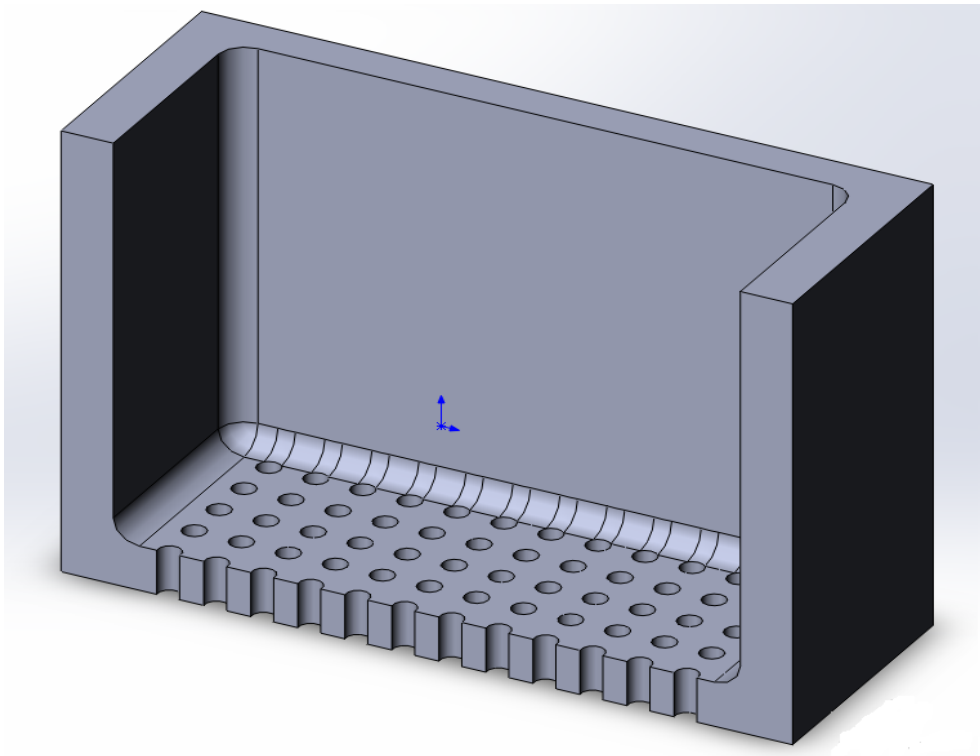


Kuva 16. Filtrerin säiliö.

Ensimmäinen säiliömalli oli ilman pohjaa, niin se kävisi kaikkiin räkkityyppeihin (kuva 17). Filtrereiden haku oli kuitenkin hidasta ja näin hidastui myös koko filteröinnin prosessi. Tämän ongelman ratkaisu syntyi työnohjaajani neuvottelun jälkeen. Päätettiin, että säiliöön on lisättävä puskuri (kuva 18). Se nopeuttaa huomattavasti filterointiä, sillä filtrit ovat aina valmiina puskurissa, eli aika ei kulu filtereiden asettautumiseen kohdistuslevylle. Säiliöstä tulee filterikohtainen eli jokaisella filterikoolla on oma säiliönsä.



Kuva 17. Ensimmäinen säiliömalli ilman pohjaa.

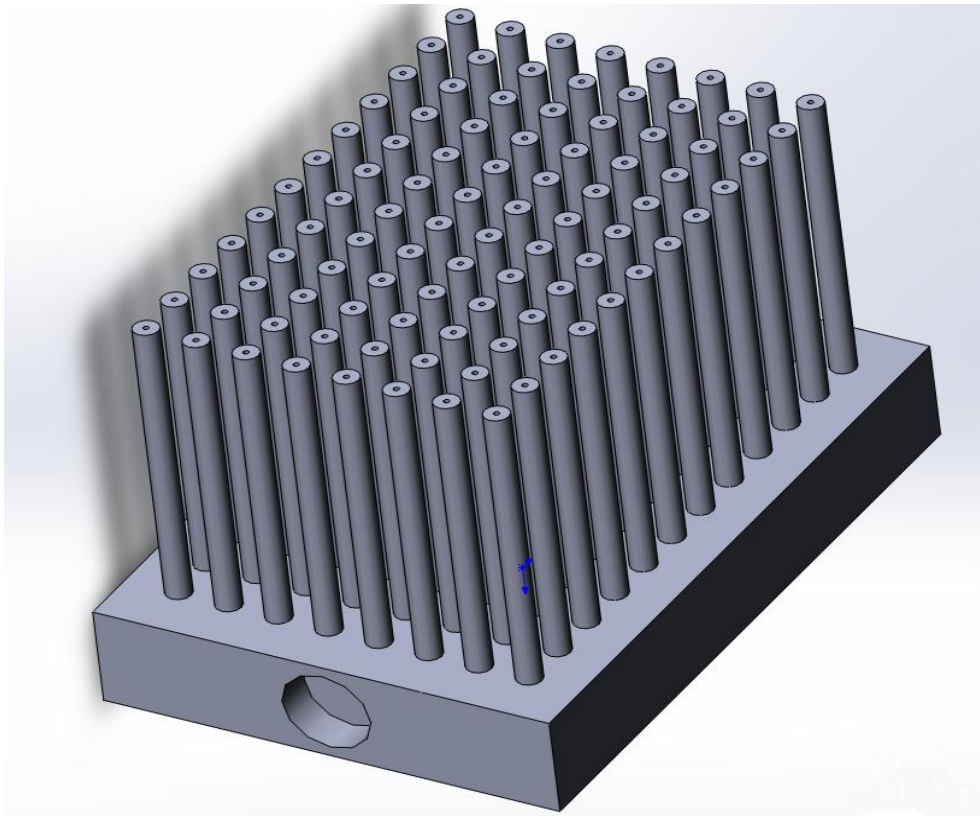


Kuva 18. Säiliö puskurin kanssa. Osaleikkaus.

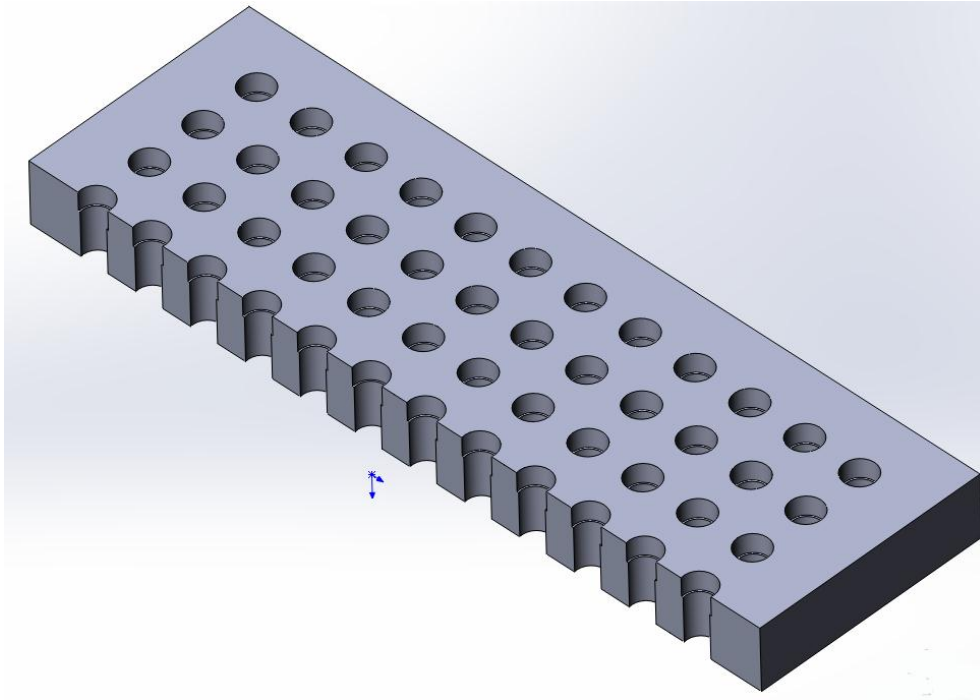
4.4 Puristimen ja pesälevyn kehittäminen ja yhdistäminen

Yksi vaatimuslistan vaatimuksista oli vaiheiden lukumäärän vähentäminen. Sen huomioon ottaen päätin, että filttareiden haku ja puristus voidaan yhdistää yhteen vaiheeseen. Tämän yhdistämisen etuna on se, että filttareiden haku on siten automatisoitu pneu-
matiikan ansiosta. Vaiheiden yhdistäminen on hyvä myös ergonomian kannalta, sillä se vähentää kämmenten kuormitusta.

Uuden puristimen puristustapeissa on aukkoja, joiden kautta syntyy vakuumi (kuva 19). Vakuumi auttaa filttareiden haussa. Filttareiden on pysyttävä oikeassa asennossa. Tätä ajatellen uuden puristimen lisäksi oli kehitetty pesälevy (kuva 20), jonka avulla filterit aseentuvat heti oikeaan asentoon. Pesälevy ja puristin yhdistyvät toinen toisiinsa jousien avulla.



Kuva 19. Puristustyökalu.



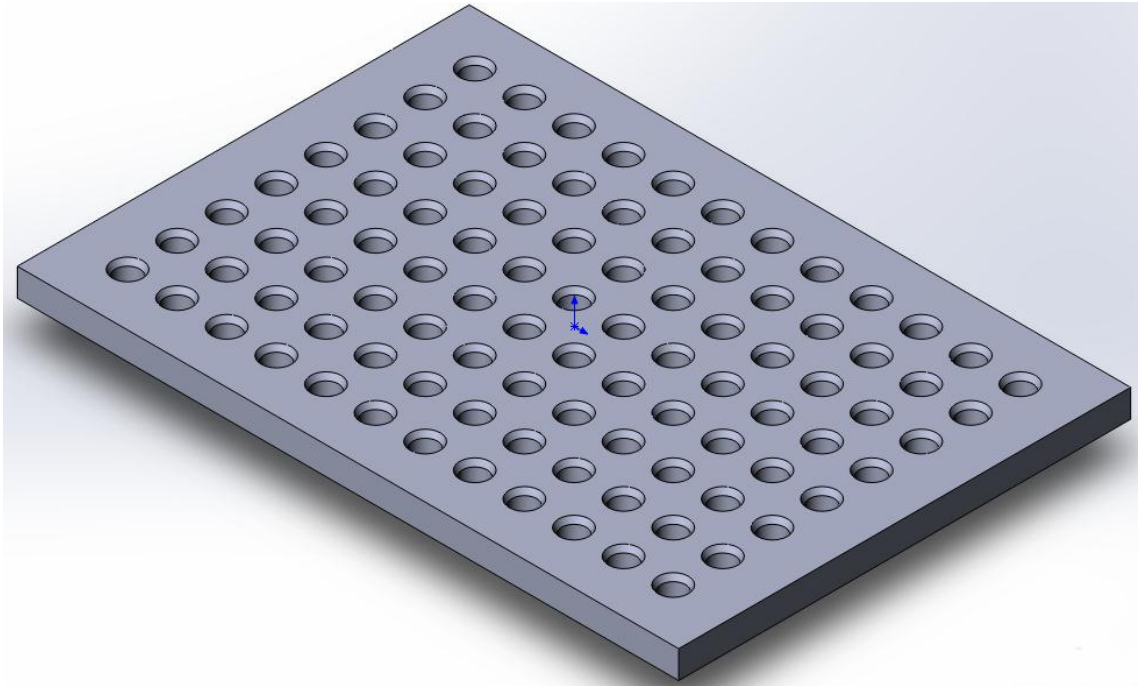
Kuva 20. Pesälevy. Osaleikkaus

4.5 Kohdistuslevy

Työnohjaajani kanssa käydyin neuvottelun jälkeen päätettiin niin, että kohdistuslevy on hyvä yhdistää mekanismin kanssa, sillä toimeksiantaja on toivonut, että kehiteltävä mekanismi olisi mahdollisimman kompakti ja ergonomisesti hyvin suunniteltu. Yhdistäminen on paras vaihtoehto ergonomian kannalta. Näin työntekijän liikkeet jäävät vähäisiksi ja samalla vaiheiden lukumäärä vähenee. Lopulta saadaan täysin automatisoitu laite.

Tätä varten oli ensin muutettava kohdistuslevyä. Sen mitat on muutettava ja tehtävä siitä pienempi, sillä se yhdistetään mekanismin kanssa. Seuraavaksi oli suunniteltava aukot. Puristuksen aikana näiden aukkojen läpi menevät puristustapit filttareiden kanssa, siksi päätavoitteena oli suunnitella aukot niin, että filterit menisivät niihin tarkalleen ja osuivat suoraan räkkeihin. Filttareiden on pysyttävä suorassa kaatumatta puristusprosessin aikana. Siksi aukkojen ylärajat ovat suunniteltu kartiomallisiksi. Näin ne muuttavat filttareiden asentoa, jotta ne menisivät suoraan räkin keskelle (kuva 21).

Kohdistuslevy tule liikkumaan pneumaattisten sylintereiden ansiosta. Kohdistuslevy kiinnittyy sylintereihin pikalukituksella.



Kuva 21. Kohdistusreikälevy.

4.6 Materiaalien valinta

Kohdistusreikälevyn, pesälevyn, pidikkeiden ja kääntösynterinin kiinteyksien valmistukseen valittiin ruostumattoman teräksen AISI 304. Ruostumattomaksi teräkseksi kutsutaan niitä teräslajeja, joilla on tavalliseen niukkaseosteiseen teräkseen verrattuna tosi hyvä korroosikestävyys. Hyvä korroosikestävyys saadaan aikaiseksi lisäämällä teräkseen kromia, vähintään 11 %. Useimmissa ruostumattomissa teräksissä kromipitoisuus on kuitenkin noin 18 % (Ensto Oy 2010). Tosi hyvän korroosionkestävyyden vuoksi usein valitaan myös nikkeli ja molybdeeni, jotka ovat myös seosmetalleja. Materiaali sopii erinomaisesti esimerkiksi elintarviketeollisuuteen. Ruostumaton teräs ei lisäksi tarvitse juuri minkäänlaista huoltoa.

Tyypillä AISI 304 on erinomainen korroosionkestävyys, sillä se sisältää noin 18 % kromia ja 10 % nikkeliä. Se eroaa muista ruostumattomista teräksistä, sillä ei ole mag-

neettista. Magneettisten hiukkasten kulkeutuminen osien pintoihin lisääsi likaantumisen varaa (ACO Nordic Oy 2012). Siksi kaikki mekanismin osat, jotka ovat vuorovaikutuksessa filttareiden kanssa tulevat olemaan puhtaita. Tämä on tärkeä ominaisuus, sillä Thermo Fisher toimittaa laitteita laboratorio- ja tuotantoympäristöihin kuin myös optiselle sektorille.

Kaikki muut mekanismin osat valmistetaan alumiinista AL 6082. Tämä on yleisin koneenrakennusosio. Se on anodisoitava ja helppo työstää, siksi sopii kaikkien osien valmistukseen ja vastaa meidän vaatimuksia.

5 Uuden morfologisen laatikon laatiminen

5.1 Morfologinen laatikko

Mekanismin kehittelyn aikana ollaan toimeksiantajan ja työnhajaajan kanssa päättäneet, että mekanismista on tehtävä yleiseen käyttöön sopiva eli sellainen, että se sopisi koko tuotevalikoimaan, eikä ainoastaan yhteen kärkeen. Jokaiselle kärkityypille varataan omat osat, kuten kelkka, kohdistuslevy, puristusmoduuli (puristustyökalu ja pesälevy) ja filttareiden säiliö. Lisäksi mekanismista tulee täysin automatisoitu. Automatisoituminen vähentää filteröintiprosessin työvaiheita.

Vaiheiden lukumäärä on laskenut, siksi myös entinen morfologinen laatikko ei enää vastaa todellisuutta. Tämän vuoksi tein uuden morfologisen laatikon (kuvio 6), jossa on otettu huomioon kaikki vaatimukset uutta mekanismia kohtaan, sekä on kuvattu valitut prosessien vaihtoehdot (maalattu sinisellä) ja toiminnot.

	1	2	3
Vaihe 1	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 2	Käsin	Käsin	Käsin
Vaihe 3	Käsin	Käsin (Irrotetaan reikälevy kotelosta ja asetetaan se kelkalle)	Käsin
Vaihe 4	Käsin	Käsin	Ei tarvitse
Vaihe 5	Käsin	Käsin	Ei tarvitse
Vaihe 6	Käsin	Käsin (vakuumi ohjataan venttiilillä, imuputkia ei tarvitse irrottaa)	Ei tarvitse
Vaihe 7	Käsin	Ei tarvitse (filteripuristustyökalu yhdistetty pikalukituksella paineensylinterin kanssa)	Ei tarvitse
Vaihe 8	Käsin	Pneumaattisesti	Ei tarvitse
Vaihe 9	Käsin painetaan käynnistysnapit	Käynnistyy anturista, kun kelkka on tullut puristimen alle	Käynnistyy automaattisesti
Vaihe 10	Käsin	Automaattisesti palautuu puristimen alta ja käsillä irrotetaan kohdistusreikälevy	Ei tarvitse
Vaihe 11	Silmämääräisesti	Silmämääräisesti	Silmämääräisesti
Vaihe 12	Käsin	Laitetaan reikälevy koteloon ja asetetaan kansi päälle	Nostetaan räkki kelkalta ja asetetaan kansi päälle

Kuvio 6. Uusi morfologinen laatikko.

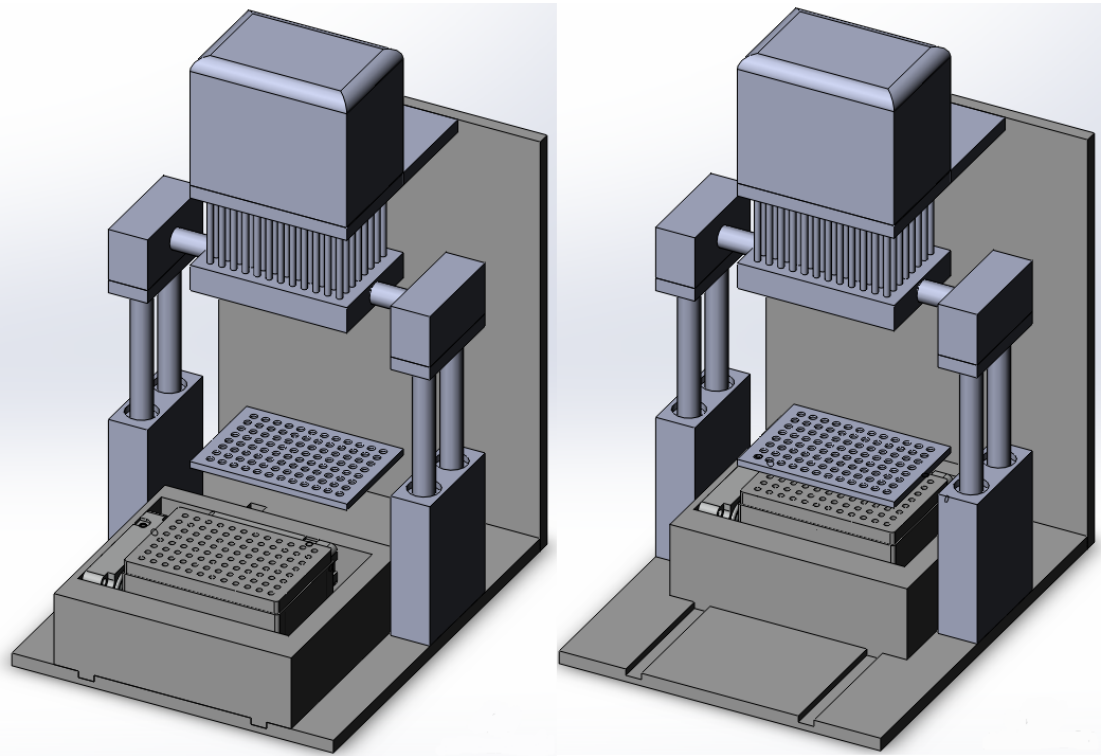
Uuden morfologisen laatikon mukaan uudella mekanismilla filteröintiprosessissa käsitellään seuraavia vaiheita:

1. Toimintoperiaate on toimia ainoastaan käsin. Kaikki räkkit karkkipakkaamo-osastolle toimitetaan pakatuissa laatikoissa. Työntekijä purkaa jokaisen laatikon käsin ja valmistaa räkkit omalla pöydällä.
2. Mahdotonta irrottaa räkkin kansi automaattisesti, robotin avulla tai muualla tavalla. Heikkojen kansien lukituksien takia kansi irrotetaan vain käsin.

3. Asetetaan käsin koko räkki kelkkaan. Valitsen tämän asetuksen, koska reikälevyn irrotus kotelosta vie enemmän aikaa ja tuotantoprosessi hidastuu.
4. Poistetaan kokonaan. Kohdistusreikälevy on yhdistetty mekanismin kanssa ja toimii automaattisesti sylinterien avulla.
5. Poistetaan kokonaan. Filtteriä haetaan automaattisesti.
6. Poistetaan kokonaan. Filttereiden täyttäminen tapahtuu automaattisesti ejektorin avulla.
7. Poistetaan kokonaan. Filtteripuristustyökalu on kiinteästi yhdistetty paineensylinterien kanssa.
8. Poistetaan kokonaan. Asennus tapahtuu automaattisesti.
9. Käynnistyy automaattisesti.
10. Poistetaan kokonaan. Kelkka automaattisesti palautuu kohdistusreikälevyn alta.
11. Pysy samana.
12. Pysy samana.

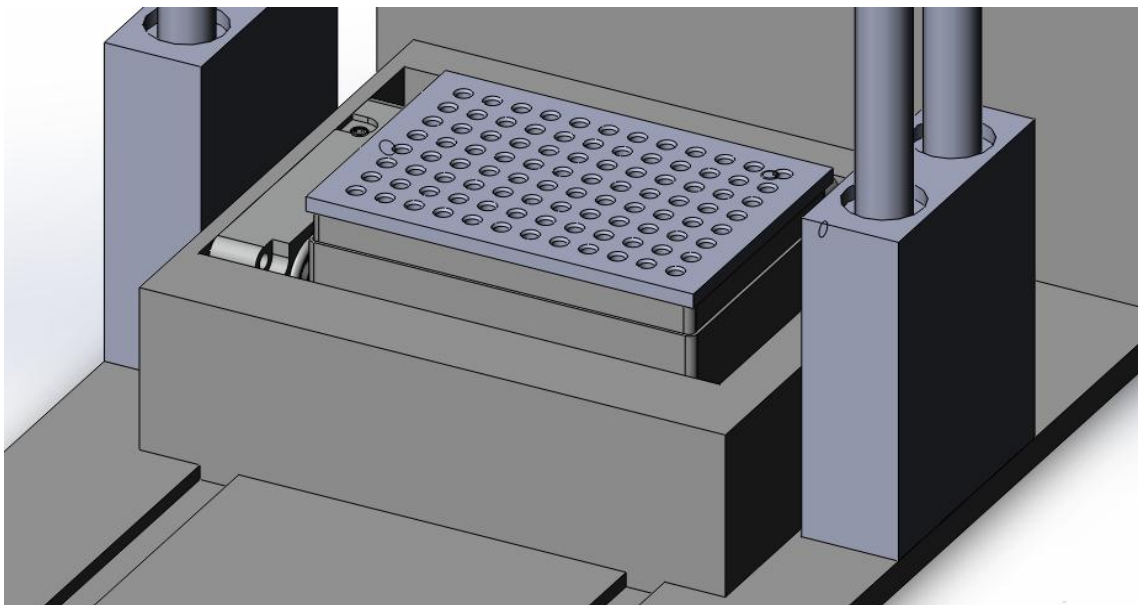
5.2 Uuden mekanismin työkuvaus

Uudessa mekanismissa on erilainen työkuvaus ja se eroa edellisestä työkuvauksesta. Työntekijä asettaa räkin kelkkaan ja painaa kaksi sähkönappia. Kelkan kalvosylinterit puristavat räkin ja kelkka alkaa liikkua kohdistusreikälevyn alle (kuva 22).



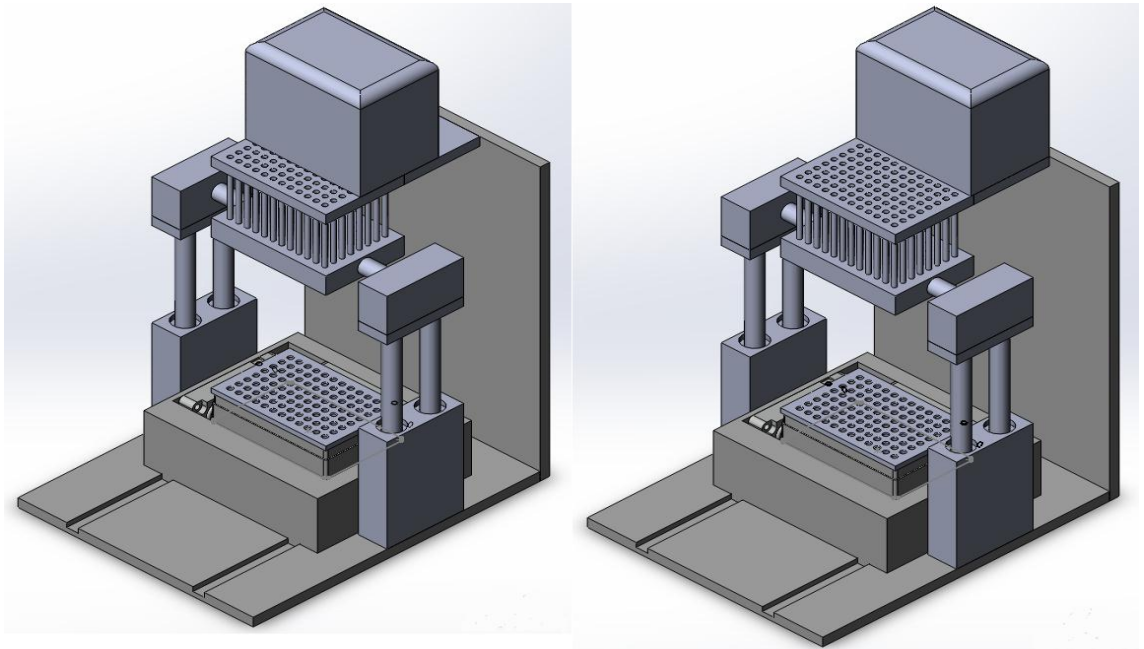
Kuva 22. Kelkan liike. Luonnos.

Kun kelkka on kohdistusreikälevyn alla, se laskeutuu kärkien päälle automaattisesti sylinterien avulla (kuva23).

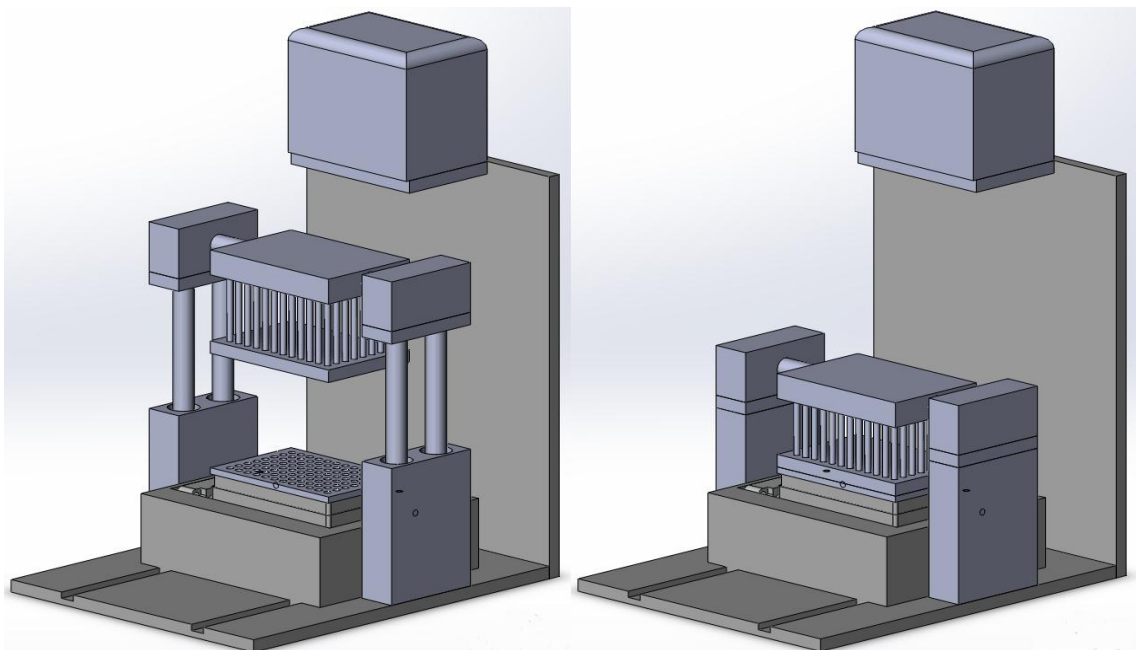


Kuva 23. Kohdistusreikälevyn liike. Luonnos.

Samanaikaisesti tapahtuu filttereiden noutaminen. Filttereiden säiliö liikkuu pesälevyn päältä pois. Pesälevy kääntyy filttereiden kanssa ala-asentoon ja puristaa filtrit kohdistusreikälevyn läpi kärkien sisälle (kuvat 24, 25).



Kuva 24. Säiliön liike. Luonnos.



Kuva 25. Puristusmoduulin liike. Luonnos.

Kun filttrit kärkien sisällä on oikealla syvyydellä, puristusmoduuli (puristustyökalu ja pesälevy) nousevat ylös ja kääntyvät ylä-asentoon. Samanaikaisesti kohdistusreikälevy nousee ylös ja kelkka ajaa kohdistusreikälevyn alta pois. Kun puristusmoduuli ylä-asennossa, filttrin säiliö ajaa sen päälle ja luovuttaa filttrit pesälevyyn.

6 Ajan ja kustannuksien säästö

Toimeksiantajalla oli muutamia olennaisia ehtoja uutta mekanismia kohden:

1. Mekanismin on parantava työolosuhteet ergonomian kannalta.
2. Uuden mekanismin ansiosta tuotantokustannukset ja ajan kulutus on laskettava.
3. Mekanismin kehittäminen ei saisi aiheuttaa paljon kuluja.

Tein seuraavat laskelmat saadakseni tietää, onnistuuko ajan ja kustannuksien säästö.

Ensimmäisenä sain selville, kuinka kauan kestää yhden räjän valmistaminen uudella mekanismilla. SMC:n verkkosivuilta otin kaikkien mekanismissa käytettyjen sylintereiden nopeusarviot, sillä juuri niiden perusteella selvitetään ajan kulutus. Selvitin jokaisen sylinterin ajan kulutuksen. Tätä vasten jaoin männän nopeuden sen matkalta ja sain seuraavat tulokset:

- MY2HT16G-400L (kelkan liike) – 0,4 s
- CXS JL20-30 (kohdistuslevyn liike) – 0,04 s
- MSQB30H2 (kääntö vasen), MSQB30H4 (kääntö oikea) – 2s
- MGPL50-125 (puristus) – 0,25 s
- MXY6-200 (filttereiden säiliö) – 0,5 s.

Uuden tiedon perusteella lasketaan uuden mekanismin ajan kulutus. Painamalla kahta käynnistysnappia saadaan kelkka liikkumaan eteen ja samalla filtereiden säiliön taakse. Verrataan niitä liikkeettä ja otetaan suurempi aikatuloks eli 0,5 s. Kun kelkka asettuu omalle paikalle, kääntösylinterit kääntävät puristusmoduulin ala-asentoon. Kääntöliike

vie 2 s. Seuraavaksi ovat puristimen ja kohdistusreikälevyn alas–liikkeet. Niitä vertaamalla otetaan taas suurempi aikatulos eli 0,25 s. Seuraavaksi on puristimen ylös–liike – 0,25 sekä kelkan viimeinen taakse–liike – 0,4 s. Tulokseksi saadaan maksimiaika, jolla mekanismi valmistaa yhden räkin:

$$t = 0,5 s + 2 s + 0,25 s + 0,25 s + 0,4 s = 3,4 s$$

Tämä on liian nopeata, eikä käy ergonomian eikä osien kulutuksen kannalta. Siksi sylinterit tulevat toimimaan ainoastaan puolella tehosta eli uuden mekanismin ajan kulutus kaksinkertaistuu:

$$t = 3,4 s * 2 = 6,8 s$$

Saatu tulos pyöristetään ylös. Näin yhden räkin valmistukseen uudella mekanismilla kuluu 7 sekuntia. Mekanismi on yleinen ja sopii kaikkien räkkityyppien valmistukseen. Kulutettu aika on räkkityypistä riippumatta myös sama.

Seuraavaksi oli laskettava uuden mekanismin ajan- ja kustannuksien säästämismahdollisuudet. Tätä varten oli selvitettävä nykyisen tuotannon kustannukset ja siihen kulutettu ajan määrä. Näitä tietoja verrattiin uuden mekanismin tuloksien kanssa.

Selvitäkseen nykyiset tuotantokustannukset on ensin laskettava ajan kulutus. Lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$t = \frac{\text{vuosikulutus} * 10 \text{ kpl: } n \text{ keskimääräinen tuotanto} - \text{aika}}{3600 \text{ sekuntia}}$$

Lasketaan juuri 10 kappaleen keskimääräinen tuotanto, koska arvio tehdään pakkausten mukaan (10 kpl/pakkaus) eikä valmistettujen räkkien lukumäärään mukaan. Käyttäen tätä kaavaa sain seuraavat tulokset (kuvio 7).

	A	B	C
1	Koodi	Nimi	Nykyinen valmistuksen kokonaisaika (h)
2	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	591,0
3	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile	680,2
4	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	97,2
5	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile	60,7
6	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	48,3
7	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
8	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	56,0
9	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	
10	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile	7,8
11			
12	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile	569,9
13	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
14	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	662,8
15	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	196,1
16	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	305,1
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile	214,1
18	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	29,6
19	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile	52,4
20	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile	
21			
22	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile	41,1
23	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	
24	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile	146,4
25		Kokonais summa	3758,8

Kuvio 7. Nykyisen valmistuksen kokonaisaika.

Saatujen tulosten perusteella voidaan laskea tuotannon kustannukset (kuvio 8) seuraavalla kaavalla:

$$\text{kustannukset} = \text{nykyinen valmistuksen kokonaisaika} * 17 \text{ €/h}$$

	A	B	C
1	Koodi	Nimi	Nykyvalmistuksen hinta
2	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	10 046,32 €
3	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile	11 563,26 €
4	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	1 652,31 €
5	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile	1 032,68 €
6	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	820,30 €
7	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
8	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	951,53 €
9	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	
10	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile	133,37 €
11			
12	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile	9 689,13 €
13	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
14	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	11 267,89 €
15	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	3 334,38 €
16	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	5 186,65 €
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile	3 640,25 €
18	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	502,65 €
19	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile	890,50 €
20	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile	
21			
22	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile	699,30 €
23	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	
24	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile	2 488,42 €
25		Kokonais summa	63 898,93 €

Kuvio 8. Nykyisen valmistuksen hinta.

Uuden mekanismin tuotantokustannukset ja ajan kulutus lasketaan käyttämällä samoja kaavoja. Saadaan seuraavat tulokset (kuvio 9, 10).

	A	B	C
1	Koodi	Nimi	Uusi valmistuksen kokonaisaika (h)
2	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	154,9
3	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile	153,6
4	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	19,9
5	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile	13,9
6	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	12,5
7	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
8	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	9,0
9	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	
10	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile	1,2
11			
12	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile	166,9
13	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
14	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	192,5
15	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	72,6
16	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	71,0
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile	48,8
18	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	6,9
19	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile	6,5
20	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile	
21			
22	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile	8,3
23	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	14,1
24	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile	39,3
25		Kokonais summa	991,9

Kuvio 9. Uuden mekanismin valmistuksen kokonaisaika

	A	B	C
1	Koodi	Nimi	Uuden mekanismin valmistuksen hinta
2	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	2 633,87 €
3	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile	2 611,06 €
4	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	338,19 €
5	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile	237,01 €
6	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	211,89 €
7	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
8	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	152,42 €
9	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	
10	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile	20,16 €
11			
12	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile	2 837,82 €
13	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile	
14	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	3 272,83 €
15	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	1 234,96 €
16	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	1 206,20 €
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile	830,03 €
18	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	117,68 €
19	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile	109,74 €
20	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile	
21			
22	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile	141,48 €
23	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	
24	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile	667,39 €
25		Kokonais summa	16 622,71 €

Kuvio 10. Uuden mekanismin valmistuksen hinta.

Verrataan tuloksia ja saadaan lopulliset tiedot (maalattu vihreällä) kustannuksista ja ajan kulutuksesta (kuvio 11).

1	Koodi	Nimi	Ajansäästö (h)	Hinnansäästö
2	94052410	Finntip Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile	436,0	7 412,45 €
3	94052310	Finntip Filter 100ul Ext, 10x96/rack, sterile	526,6	8 952,20 €
4	94056580	Finntip Flex Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	77,3	1 314,12 €
5	94052320	Finntip Filter 200ul Ext, 10x96/rack, sterile	46,8	795,67 €
6	94056980	Finntip Flex Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	35,8	608,42 €
7	94056380	Finntip Flex Filter 200ul, 10x96/rack, sterile		
8	94056520	Finntip Flex Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	47,0	799,11 €
9	94056510	Finntip Flex Filter 30ul, 10x96/rack, sterile		
10	94052450	Finntip Filter 1500ul, 10x96/rack, sterile	6,7	113,21 €
11				
12	94052000	Finntip Filter 10ul Micro, 10x96/rack, sterile	403,0	6 851,31 €
13	94052300	Finntip Filter 200ul, 10x96/rack, sterile		
14	94052200	Finntip Filter 100ul, 10x96/rack, sterile	470,3	7 995,06 €
15	94052350	Finntip Filter 300ul, 10x96/rack, sterile	123,5	2 099,42 €
16	94052100	Finntip Filter 10ul, 10x96/rack, sterile	234,1	3 980,45 €
17	94052150	Finntip Filter 20ul, 10x96/rack, sterile	165,3	2 810,23 €
18	94052160	Finntip Filter 30ul, 10x96/rack, sterile	22,6	384,97 €
19	94052060	Finntip Filter 50ul, 10x384/rack, sterile	45,9	780,75 €
20	94052020	Finntip Filter 20ul, 10x384/rack, sterile		
21				
22	94056810	Finntip Flex Filter 1200ul, 10x96/rack, sterile	32,8	557,83 €
23	94056710	Finntip Flex Filter 1000ul, 10x96/rack, sterile		
24	94052430	Finntip Filter 1000ul Ext, 5x96/rack, sterile	107,1	1 821,03 €
25		Kokonais summa	2781,0	47 276,22 €

Kuvio 11. Ajan ja kustannuksien säästö.

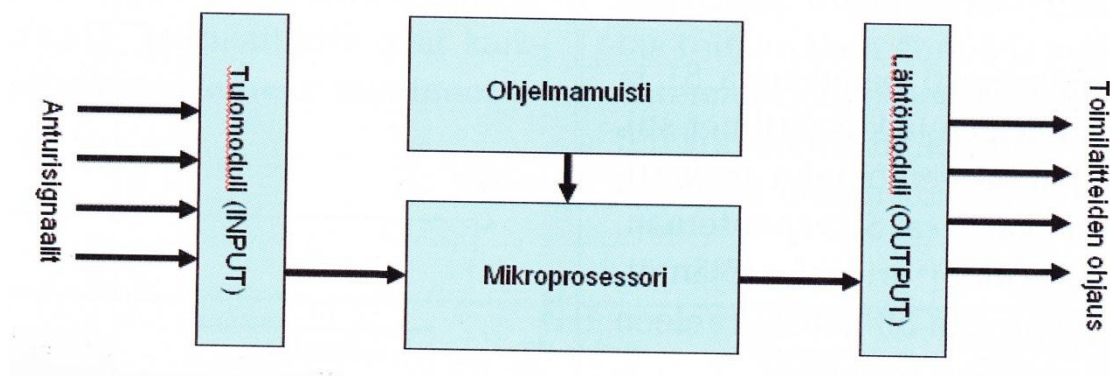
Saatujen tulosten perusteella tulee selväksi, että uutta mekanismia käyttämällä kustannukset laskevat neljä kertaa. Lisäksi uudesta mekanismista aiheutetut kulut palautuvat lyhyessä ajassa. Projekti hyväksyttiin kun esitin yllä mainitut tiedot toimeksiantajalle. Mekanismin testimalli otetaan käyttöön muutamassa kuukaudessa.

7 Logiikanohjelman suunnittelu

7.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavan logiikan PLC-nimitys on peräisin Amerikasta. PLC on lyhennys sanoista Programmable Logic Controller (Ohjelmoitava looginen ohjausjärjestelmä) (Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry 1991, 19).

PLC on tietokone, jossa on mukana mikroprosessori, jota käytetään reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjaukseen. Yksi ohjelmoitava logiikka korvaa tuhansia releitä ja ajastimia. Aluksi ohjelmoitavaa logiikkaa käytettiin autoteollisuudessa. Tätä kautta toiminnallisten muutosten tekeminen tuli helpommaksi. Vikatilanteiden selvittäminen helpottui myös PLC:n ansiosta.



Kuvio 12. Ohjelmoitavan logiikan rakenne.

Kaikki kenttälaitteet ohjelmoitavassa logiikassa ovat kytkettyjä tulo- ja lähtöportteihin (kuvio 12). Valmiiksi tehdyn ohjelman ja sensoreiden tietojen mukaan logiikka ohjaa toimilaitteita. Ohjelmoitavia logiikoita on markkinoilla hyvin erityyppisiä ja eritasoisia. Muutamia releitä voi hyvinkin korvata pienempi logiikka ja suurimmat suoriutuvat helposti vaikeimmistakin ohjausteknisistä vaatimuksista. Aikaisemmin ohjelmoitavat logiikat jaettiin kahteen ryhmään: askeltavat logiikat ja vapaasti ohjelmoitavat logiikat. Tämä jako tehtiin prosessorin suorituskyvyn perusteella. Nykyisin kaikille logiikoille on

mahdollista kirjoittaa ohjelma sekä askeltavaksi että vapaasti kiertäväksi. Valinta tehdään ohjattavan prosessin parhaaksi katsomalla tavalla (Keinänen, Kärkkäinen&Lähetkangas 2007, 212). Ohjelmointitapoja on monia ja erilaisia, mutta periaatteet ovat kaikissa samankaltaiset. Tässä kappaleessa käsitellään toiminnoille oleellisia logiikan sisäisiä toimintoja.

7.1.1 Tulot ja lähdöt

Tulot ja lähdöt ryhmitellään usein tavuiksi ja sanoiksi eli bittiryhmiksi. Tavu on 8 rinnakkaista bittiä ja sama 16 bittiä eli kaksi tavuryhmää. Näistä käytetään B ja W lyhennejä. Tavallisessa ohjelmoinnissa voidaan tulot yleensä ymmärtää riviliitinryhmänä, jonka numerointijärjestelmä vaihtelee logiikkamerkin mukaan (Keinänen, Kärkkäinen&Lähetkangas 2007, 227).

7.1.2 Apumuisti ja ajastin

Apumuistit ovat logiikan mukaan tulevia muistipaikkoja. Apumuistit ovat samankaltaiset kuin mekaaniset releet. Niitä kutsutaankin sisäisiksi releiksi, lipuiksi ja merkkereikiksi. Apumuistilla on olemassa kaksi tilaa, joista ensimmäinen on varattuna - 1 ja ei käytössä - 0 (Keinänen, Kärkkäinen & Lähetkangas 2007, 228).

Ohjelmoitavissa logiikoissa on ajastimet, jotka lähtevät käyntiin joillakin tuloehdolla eli ovat vetohidasteisia. Ajastinta käytetään esim. lisäämään viivettä prosessiin, jotta tietty työvaihe ehtii tapahtua. Hyvänä esimerkkinä tästä on tavaratalojen automaattiovien automatisointi. Käskyrakenne ajastimessa vaihtuu kuitenkin eri logiikkamerkkien välillä (Keinänen, Kärkkäinen & Lähetkangas 2007, 229).

7.1.3 Omron ZEN –ohjelmisto

ZEN -releen ohjelmointiin käytetään Omron ZEN -ohjelmointiohjelmaa. Se toimii tikkapuu-kaavio-periaatteella. Sen toimintaperiaate on sama kuin CX-Programmerin, mutta

se on paljon rajoittuneempi. Käskyjen tietokanta sisältää vain 16 käskyä. Se määrä kuitenkin riittää tarkoitukseen ihan hyvin, koska laite on yksinkertainen, ja se ei tarvitse monimutkaista ohjelmointia.

7.2 Omron ZEN –ohjelma

Mekanismi käynnistetään automaattiajon ON/OFF-painikkeella. Kun painike on ON-tilassa, säiliömoottori käynnistyy ja aloittaa filteripuskurin täyttämisen. Samalla säiliö siirtyy pesälevyn yläpuolelle. Tässä tilassa automaatti jää odottamaan START-käskyä. Kun työntekijä asettaa räkin kelkkaan, hän painaa kaksi START-painiketta. Turvallisuussyystä painikkeet on ohjelmoitu niin, että ne painetaan yhtä aikaa sekunnin sisällä. Painikkeet on asetettu niin, että on mahdotonta painaa niitä yhdellä kädellä. Tämä ratkaisu estää mahdolliset tapaturmat. Kone ei siis käynnisty, kun työntekijän kädet ovat mekanismin sisällä.

Kun työntekijä painaa painikkeista, käynnistyy ohjelman kiertokulku. Kelkka ajaa mekanismin sisään, kalvosylinterit puristavat räkin, ejektori käynnistyy ja samanaikaisesti filterinsäiliö poistuu pesälevyn yläpuolelta. Heti kun säiliö on saavuttanut taka-anturin, pesälevy kääntyy ala-asentoon. Kelkan saavuttaessa anturin, kohdistuslevy laskee räkin päälle. Tämän jälkeen puristusmoduuli laskee ala-asentoon ja työntää filterit kohdistuslevyn läpi kärkien sisään. Kärkien ollessa oikealla syvyydellä, vakuumi poistetaan (ejektori sammuu), puristusmoduuli nousee heti ylös ja samanaikaisesti nousee myös kohdistuslevy. Siiloin kun puristusmoduuli on nostettu ylös, kelkkaa aja ulos, kalvosylinterit vapauttavat räkin ja puristusmoduuli kääntyy ylä-asentoon. Kun puristusmoduuli on ylä-asennossa, filterisäiliö ajaa heti sen päälle ja luovuttaa filterit pesälevylle. Ohjelman työkierto loppuu ja mekanismi odottaa seuraavaa START -käskyä.

8 Komponentit

8.1 Pneumaattiset komponentit

Kelkkaa varten valittiin Feston kalvosylinterit, sillä ne ovat ainoat, jotka vastaavat meidän vaatimuksia. Niiden erikoisuus on siinä, ettei niissä ole mäntää vaan sen liikkuva osa on kumikalvo. Sylintereitä valittiin kahdessa eri koossa: kalvosylinteri EV-15/40-4 (2 kpl) ja kalvosylinteri EV-15/63-4 (kuva 26). Muut sylinterit ja venttiilit valittiin SMC:n tuoteluettelosta.



Kuva 26. Kalvosylinteri EV-15/40-4.

Kelkan liikettä ja filtterin säiliön liikettä varten valittiin MY2HT16G-400L ja MXY6-200. Nämä sylinterit sopivat hyvin kelkan ja mekanismin mittauksia varten ja niiden hinta on kohtuullinen. Sylinterillä MXY6-200 on lisäksi ainoa sopiva liikematka, joka vastaa meidän vaatimuksia. Samoihin vaatimuksiin perustuen valittiin sylinteri CXSJL20-30 kohdistusreikälevyn liikettä varten (kuva 27).



Kuva 27. MY2HT16G-400L-, MXY6-200-, CXSJL20-30- sylinterit

Kääntösyylinterille valittiin MSQB30H2 (vasen kääntösuunta) ja MSQB30H4 (oikea kääntösuunta) sylinterit. Näillä sylinterieillä on ulkoiset stopparit vaimentimien kanssa. Ulkoiset stopparit vastaavat vaatimuksia paremmin, sillä ne ovat tarkempia sisäisiin stoppareisiin verrattuna muissa sylinterieissä (kuva 28).



Kuva 28. Kääntösyylinteri.

Puristinta ajatelleen oli valittu kaksi MGPL50–125 sylinteriä (kuva 29). Niiden mitat vastaavat mekanismin mittoja. Valitun sylinterin voimakkuutta riittää jokaiselle filterityypille. Sen voimakkuus vastaa myös nykyistä sylinteriä.



Kuva 29. Puristin sylinteri.

Vakuumiejektorille oli valittu ZL212-Q. Muihin vakuumiejektoreihin verrattuna sen voimakkuus on kaikkein suurin. Vakuumiejektorin varten oli valittu venttiili VF3140-5GZ1, koska niiden virtausnopeus vastaa ejektorin vaatimuksia (kuva 30).



Kuva 30. Vakuumiejektori ZL212-Q ja venttiili VF3140-5GZ1.

8.2 Sähkökomponentit

Mekanismin ohjaukseen oli valittu ohjelmoitava rele Omron ZEN-20C1DT-D-V2 (kuva 31). Omron ZEN on suunniteltu hallitsemaan pieniä koneita ja laitteita joustavasti ja automaattisesti. Se on laajennettava ja ohjelmoitava rele. ZEN on helppo asentaa ja ohjelmoida, koska se sisältääkin kaikki tarvittavat laskuri-, ajastin- ja reletoinnit. Kaikki kytkentä- ja hallintatyöt voi automatisoida. ZEN on hyvä ratkaisu sellaisissa automaatiosovelluksissa, joissa on tärkeää hallita samalla useita ajastimia.

ZEN-20 I/O:ssa yhdessä yksikössä on 12 tuloa ja 8 lähtöä (rele tai transistori) Sen ansiosta laajamittainen automatisointi on mahdollista. 10 I/O -versioissa ei ole tarpeeksi monta I/O-pistettä näille sovelluksille. 20 I/O-pisteen yksiköstä on saatavilla kolme eri versiota: C1, jossa on LCD - näyttö, ohjelma-/hallintapainikkeet, kalenteri ja kello. C2, jossa on LED-tilailmaisimet, tai C3, joka on samanlainen kuin C1, mutta siinä on kiinteä määrä I/O-pisteitä (Omron Corporation 2012).



Kuva 31. Omron ZEN-20C1DT-D-V2 - rele.

Mekanismissa käytetään paljon venttiilejä, siksi ohjauksessa käytettiin ylimääräinen laajennusyksikkö. Malliksi valittiin ZEN-8E1DR (kuva 32). ZEN-sovellusta voi laajentaa 35 mm levyisillä ZEN-koteloiden laajennusyksiköillä. Jokaisessa niistä on neljä vakiotuloa ja -lähtöä. Yhteen keskusyksikköön on mahdollista lisätä jopa kolme laajennusyksikköä (Omron Corporation 2012).



Kuva 32. ZEN-8E1DR – laajennusyksikkö.

Virtalähteeksi oli valittu Omron ZEN-PA03024 (kuva 33). ZEN-virtalähteessä on sama pienikokoinen kotelo kuin 10 I/O-pisteen keskusyksikössä. 1,3A:n / 30 W:n virta-/teholähdöllä se antaa tarpeeksi virtaa DC ZENille itselleen ja on käytössä mahdollisesti oleville antureille. Rinnankytkentä on tarvittaessa mahdollinen (Omron Corporation 2012).



Kuva 33. ZEN-PA03024–virtalähde.

9 Kustannuslaskenta

Kustannuslaskennan avulla (kuvio 13) yritin laskea koko mekanismin hinnan. Otin huomioon kaikki materiaalit, komponentit sekä työhön liittyvät menot. Kokoonpanokustannuksia ei voitu laskea mukaan, sillä kokoonpano suoritetaan Thermo Fisher Oy:n tehtaalla. Suunnitteluvaiheen menot eivät ole myöskään otettu huomioon.

PAINEILMAKOMPONENTIT			SÄHKÖKOMPONENTIT		
Nimi	KPL määrä	ovh/kpl alv 0%	Nimi	KPL määrä	ovh/kpl alv 0%
MY2HT16G-400L	1	1 049,42 €	ZEN-20C1DT-D-V2	1	163,00 €
CXSJL20-30	2	308,45 €	ZEN-8E1DR	1	65,00 €
MSQB30H2	1	596,01 €	ZEN-PA03024	1	75,60 €
MSQB30H4	1	596,01 €	Summa		303,60 €
RBQ1604	4	41,38 €			
MGPL50-125	2	669,72 €	MATERIAALIT		
MXY6-200	2	463,46 €	Summa		6 000,00 €
ZL212-Q	2	341,19 €			
VF3140-5GZ1	9	89,04 €			
VV5F3-40-092-02F	1	106,19 €			
D-M9PL	7	33,68 €			
BMG2-012	1	1,38 €			
Summa		4 295,93 €	Kokonaissumma		10 599,53 €

Kuvio 13. Mekanismiin liittyvät kustannukset.

Mekanismin kokonaisennakkohinnaksi tuli noin 11 000 euroa. Mekanismin ansiosta on mahdollista säästää jopa 40 000 euroa. Kaikki mekanismin aiheuttavat menot kattautuvat jo vuodessa, jos mekanismia asennetaan esimerkiksi kolme, jokaiselle tuotantolinjalle. Sen ansiosta että mekanismi on yleinen ja sopii kaikille räkkityypeille, suunniteluus jakaantuu laitteiden lukumäärään. Kustannuslaskennan mukaan mekanismin valmistaminen on edullista ja kannattavaa, sillä sääntöjen mukaan kaikkien uusien mekanismien, automaattien ja laitteiden tulee kattaa kaikki kulut kolmen vuoden aikana käyttöönottopäivästä.

10 Pohdinta

Opinnäytetyöni tavoitteena oli suunnitella mahdolliset vaihtoehdot kärkipakkaamon ergonomian parantamiseen ja filteröinnin prosessin kehittämiseen. Kehitetyn uuden mekanismin ansiosta tavoitteet on saavutettu. Mekanismin suunnitteluvaiheessa oli tärkeää huomioida se, että mekanismin on oltava kompakti, automatisoitu eikä sen kehittyminen saisi aiheuttaa paljon kuluja.

Voidaan sanoa, että prosessille asetetut vaatimukset on saatu toteutettua kokonaan. Uuden mekanismin ansiosta työergonomia parantuu huomattavasti, sillä työntekijät suorittavat vähemmän liikkeitä prosessin aikana. Automatisointi on auttanut prosessin vaiheiden vähentämisessä, mikä taas vähentää filteröintiprosessin ajan kulutusta ja tuotantoaika lyhenee.

Opinnäytetyö piti sisällään mekaniikkasuunnittelun lisäksi myös logiikkaohjelman tekoa. Kaikki pohjapiirroksukset ja luonnokset on suunniteltu SolidWorks-ohjelman avulla. Kyseisen ohjelman käyttö ei kuulu opintosuunnitelmaan eli opinnäytetyön ohella opin käyttämään sitä sujuvammin. Logiikkaohjelman kehittämisessä käytössä oli Omron ZEN-ohjelmointiohjelma. Sen käyttö ei tuottanut ongelmia, vaikka olikin aivan uusi kokemus, sillä opintojen aikana useasti käytetyssä CX-Programmer-ohjelmassa on samankaltainen logiikka.

Opinnäytetyöni teon aikana sain paljon uutta tietoa ergonomiasta. Sain tietoa esimerkiksi ihmisen työasennoista, kuormituksesta jakamisesta, työtilaan sopivasta lämpötilasta, työhön vaikuttavasta tekijästä ynnä muusta. Työtä varten jouduin myös ottamaan selvää erilaisten teollisuuskomponentteja valmistavien yritysten toiminnasta. Sitä kautta sain paljon hyödyllistä tietoa komponenteista sekä niiden merkinnöistä ja mitoista.

Haastavinta opinnäytetyöprosessissa oli minulle se, ettei suomi ole äidinkieleni. Kielen taitoni ei ole aina riittänyt selvittämään joitakin asioita. Työni laatiminen oli kuitenkin tosi tärkeä osa opintojani, jossa sain kehittää itseäni monipuolisesti. Sain lisää harjoitusta tiedon itsenäisessä hankinnassa ja tulosten kirjallisessa laatimisessa.

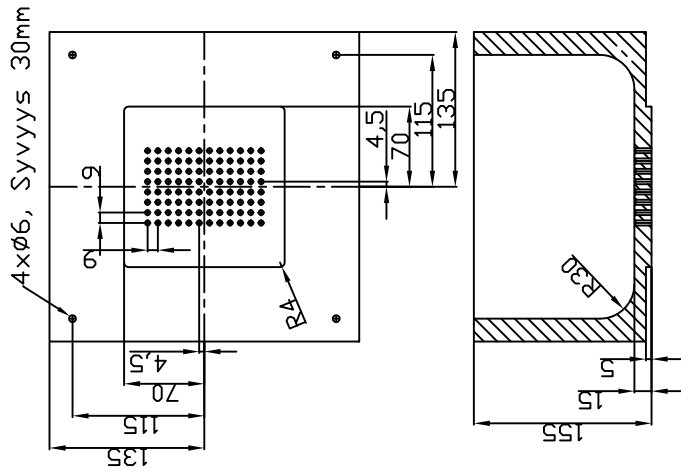
Sain opinnäytetyöprosessin aikana mahdollisuuden tutustua suunnittelun eri vaiheisiin. Uskon hyötyväni tästä kokemuksesta myös tulevaisuudessa. Tärkeä saavutus on myös se, että filteröinti-mekanismi tullaan todellisuudessa rakentamaan ja se otetaan käyttöön avuksi tuotannossa. Mekanismin ansiosta laskevat myös tuotantokustannukset merkittävästi. Opinnäytetyö kokonaisuudessaan oli monipuolinen, sen avulla sain paljon uutta tietoa ja harjoitusta koneen suunnittelussa ja kehittämisessä.

Lähteet

- ACO Nordic Oy. 2012. AISI304/316 Ruostumaton teräs.
<http://www.acodrain.fi/Tuotteet/Hulevesijarjestelmat/Materiaalit/Ruostumat%20ter%C3%A4s.aspx> 18.4.2012.
- Ensto Oy. 2010. Teräs.
<http://www.ensto.com/fi/tukipalvelut/teknisetiedot/kotelointijarjestelmat/materiaali/teras> 19.4.2012.
- Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY Oppimateriaali Oy.
- Omron Corporation. 2012. Katalogi. <http://industrial.omron.fi/fi/home/default.html> 30.4.2012.
- Pahl, G. & Beitz, W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.
- Suomen Sähköurakoitsijaliitto ry. 1991. Automaation perustieto. Espoo: Sähköurakoitsijaliiton Koulutus ja Kustannus Oy.
- Thermo Fisher Oy. 2009. Filtterointiajat. Yrityksen sisäinen tietokanta.
- Thermo Fisher Oy. 2010. Thermo Fisher Scientific. Yrityksen sisäinen tietokanta
<http://phx.corporateir.net/External.File?item=UGFyZW50SUQ9ODgzNDZ8Q2hpbGRJRD0tMXxUeXBIPtM=&t=1> 3.2.2012.
- Thermo Fisher Oy. 2012. Filtterit. Yrityksen sisäinen tietokanta.
- Thermo Suomi Intranet 03.02.2012. Yrityksen sisäinen tietokanta.
- Tuomala, J. 1995. Luova koneensuunnittelu. Tampere: Tammertekniikka ky.
- Tuupanen, J. Toimeksiantaja. Thermo Fisher Scientific Oy. 05.04.2012.

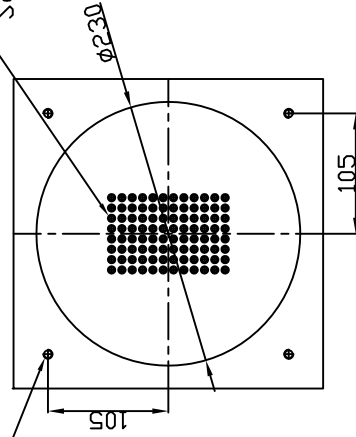
Filterisäiliö

Liite 1



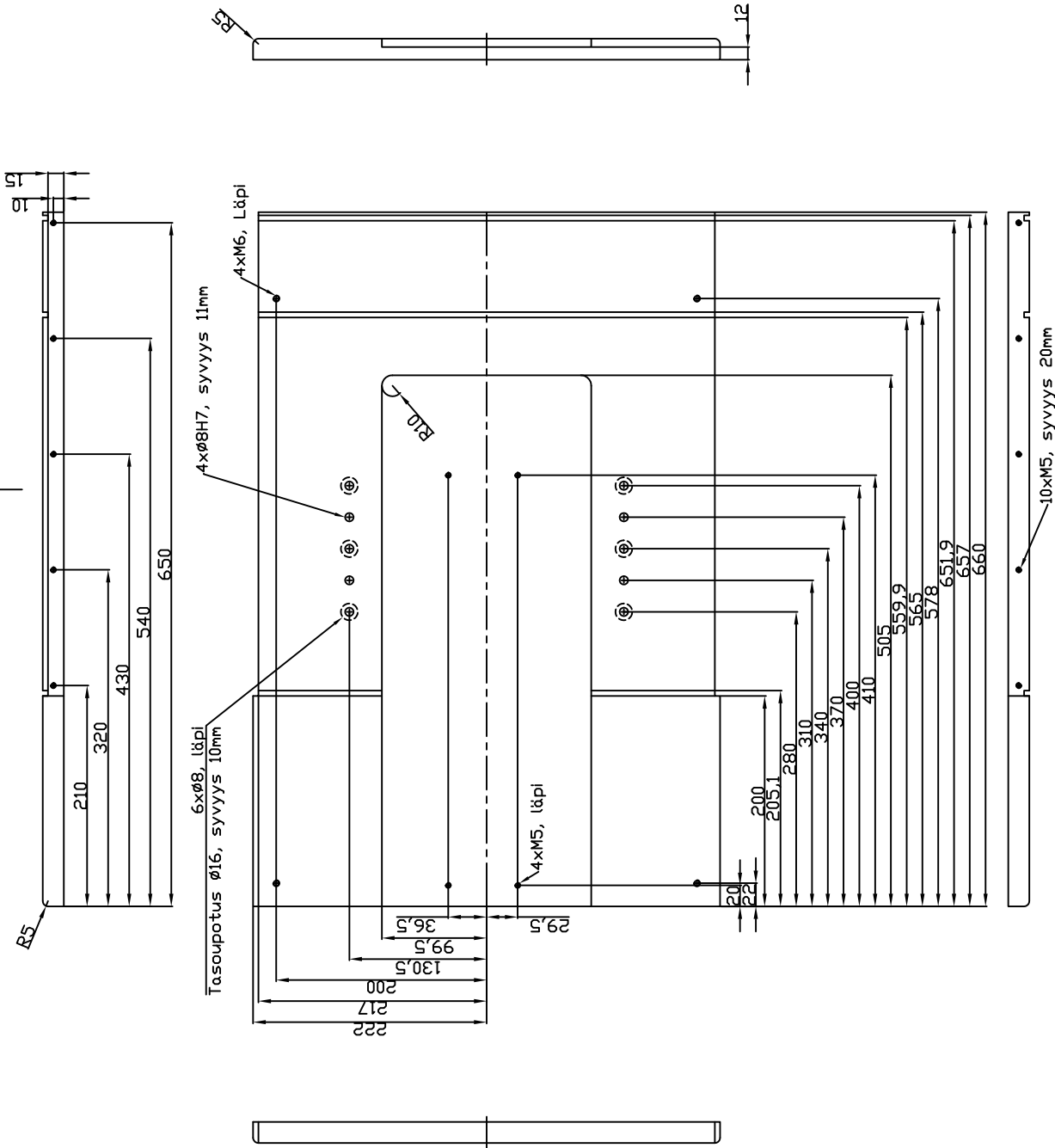
4xM8, Syvyys 30mm

96xØ4.4 Löpi
Senkkous 1x1mm



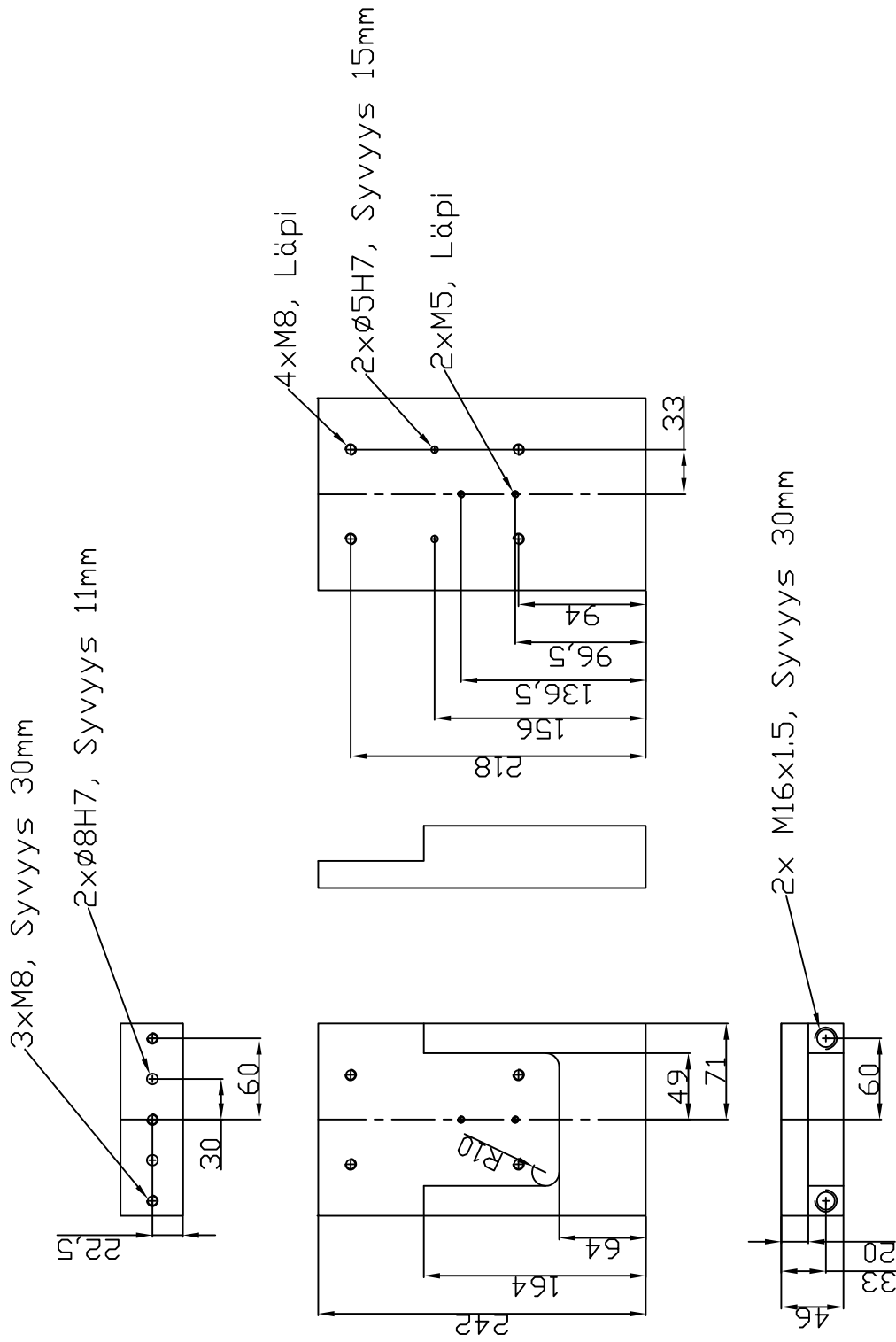
Aine Material		POM		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	1	Säiliö FT-100		Kpl Pcs	1	Laite nro Device No.	2046-1		
Vers/No	01					Laite Device	Filterikone		
Suunn. D.D.						Thermo Electron Oy			
Tark. E.K.						LCP/Automation JOENSUU			
Hyv.									
Tuote Product						Scale			

Pohjalevy



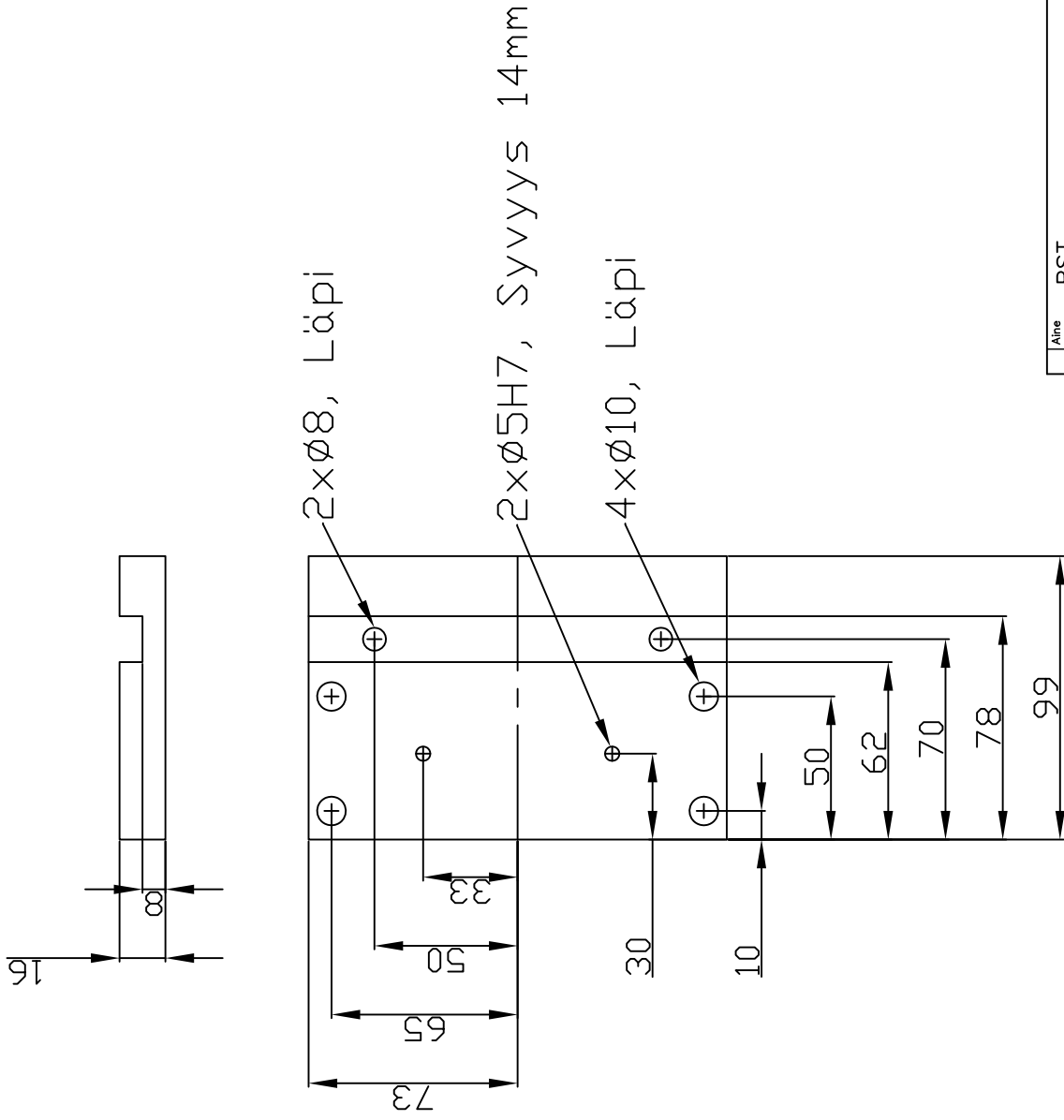
Pintakäsittely Surface finish		Eloksointi (luonnonväri)	
Kpl	1	Yleistoleranssi General Tolerance	Keski
Pcs	1	Laite nro Device No.	2046-2
		Laite Device	Filterikone
		Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU	
Aine Material	AL		
Osa Part	2 Pohjalevy		
Vers/No	01		
Suunn. D.D.			
Tark. E.K.			
Hyv.			
Tuote Product			
		Scale	

Sylinteritolppa



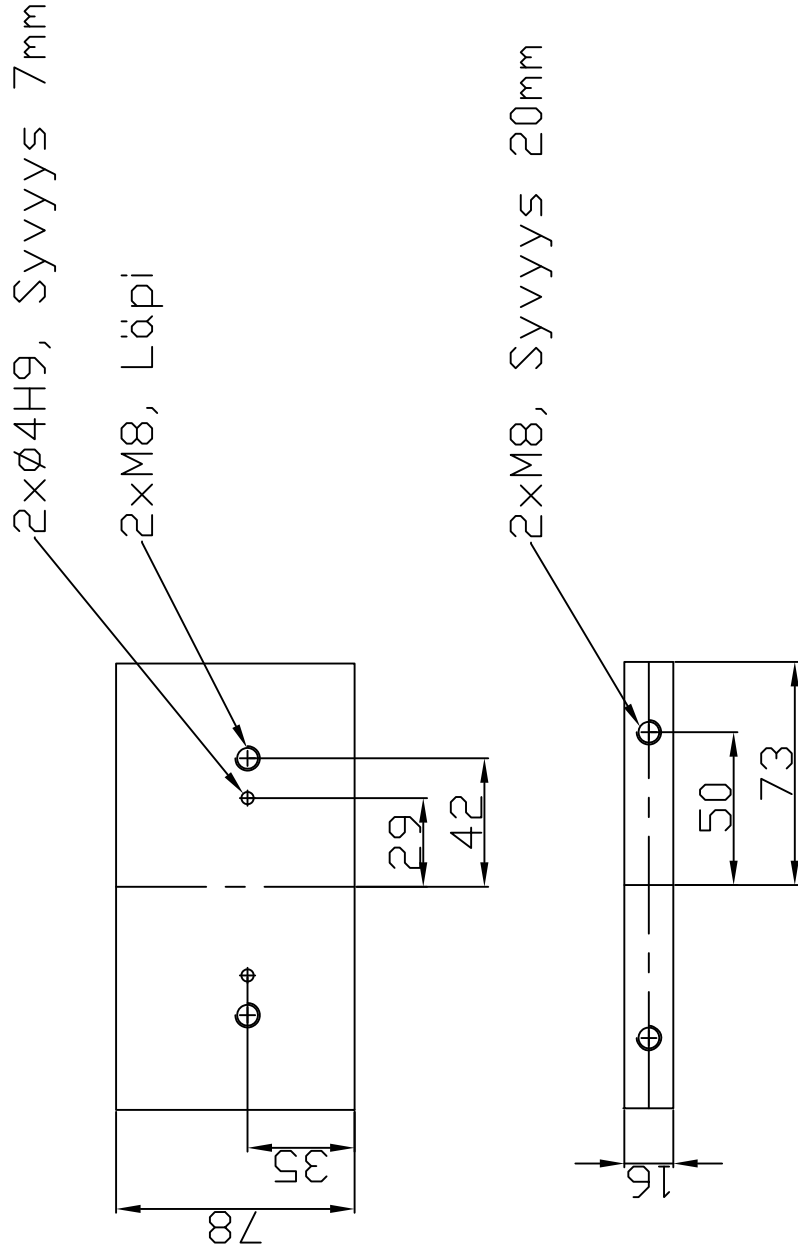
Aine Material		AL		Pintakäsittely Surface finish		Eloksointi (luonnonväri)	
Osa Part	3 Sylinteritolppa			Kpl Pcs	2		
Vers./No	01			Yleistoleranssi General Tolerance			
Suunn.	D.D.			Laite nro Device No.			
Tark.	E.K.			2046-3			
Hyv.				Laite Device			
Tuote Product				Filterikone			
				Thermo Electron Oy			
				LCP/Automation JOENSUU			

Oikea käntö kiinnitys



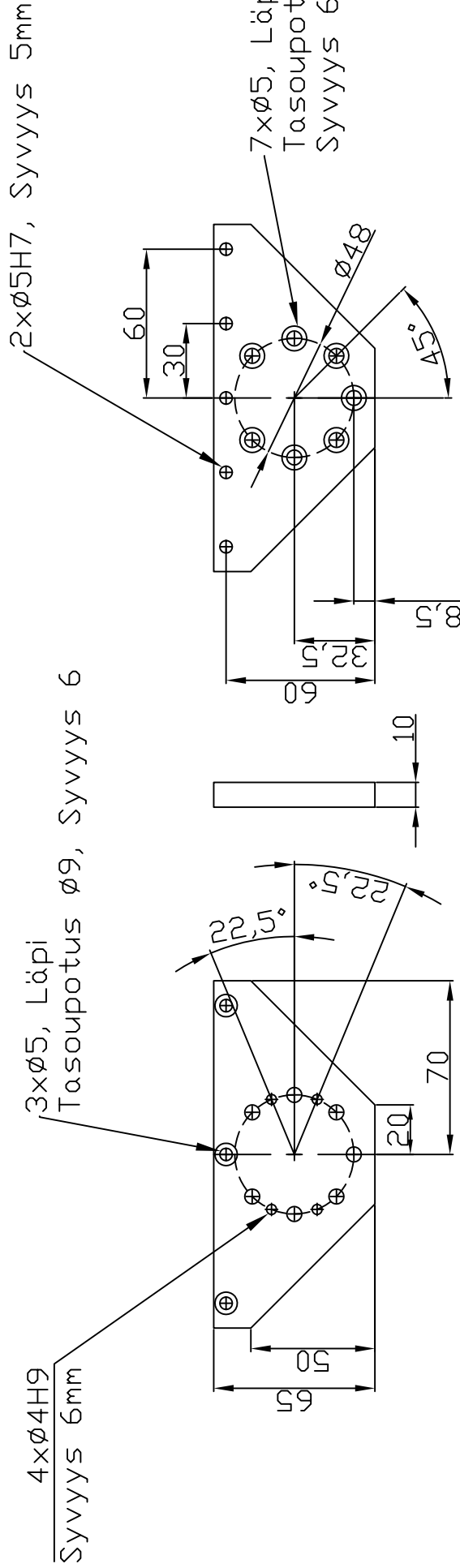
Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	4			Kääntökiinnitys 1		Kpl Pcs	2		
Vers/No	01							Laite nro Device No. 2046-4	
Suunn.	D.D.							Laite Device Filterikone	
Tark.	E.K.							Thermo Electron Oy	
Hyv.								LCP/Automation JOENSUU	
Tuote Product					Scale				

Vasen kääntö kiinnitys



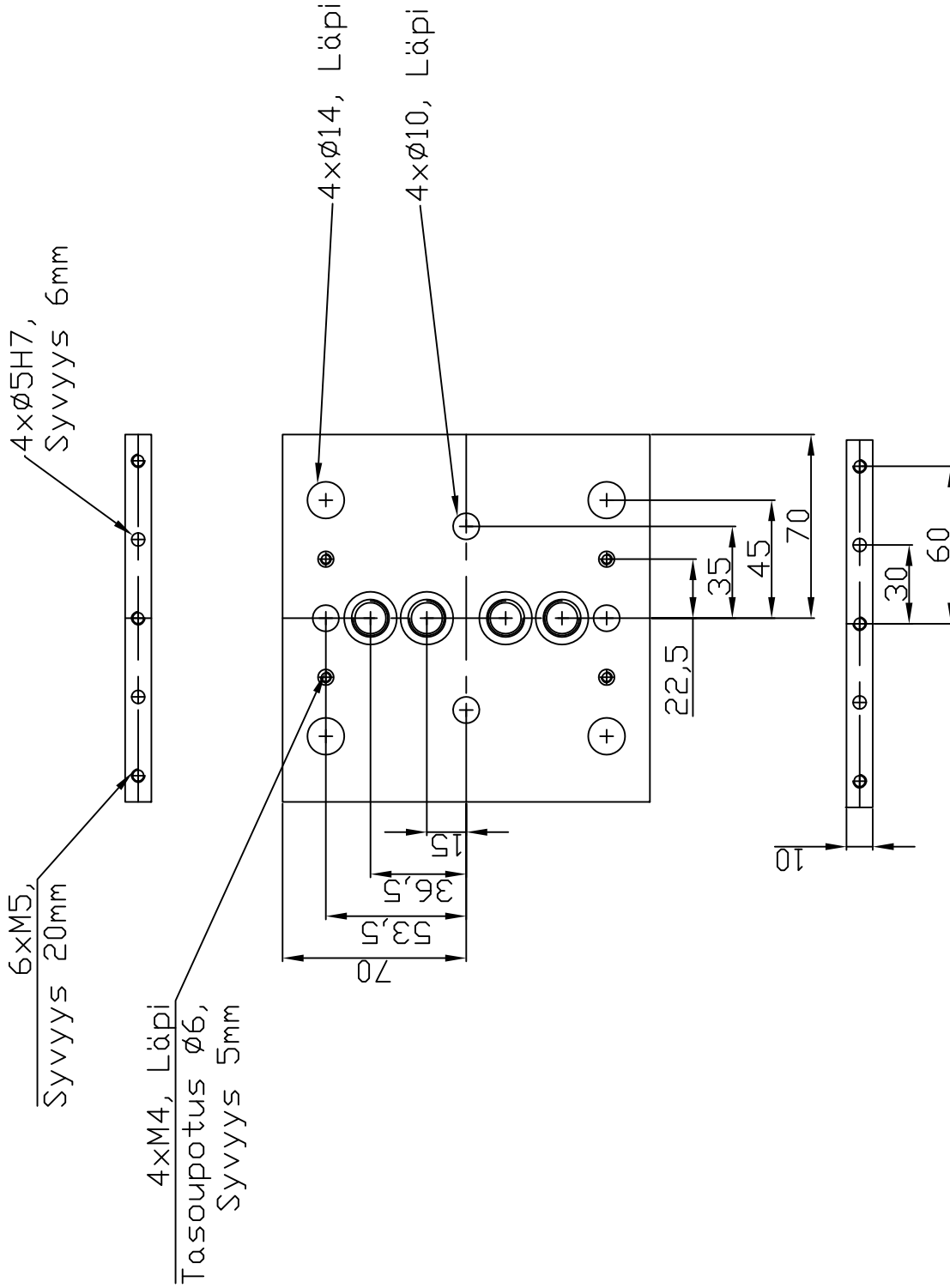
Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	5 Kääntökiinnitys 2			Kpl Pcs	2		Laite nro Device No.	2046-5	
Vers./No	01					Laite Device		Filterikone	
Suunn.	D.D.							Thermo Electron Oy	
Tark.	E.K.							LCP/Automation JOENSUU	
Hyv.									
Tuote Product									

Korva



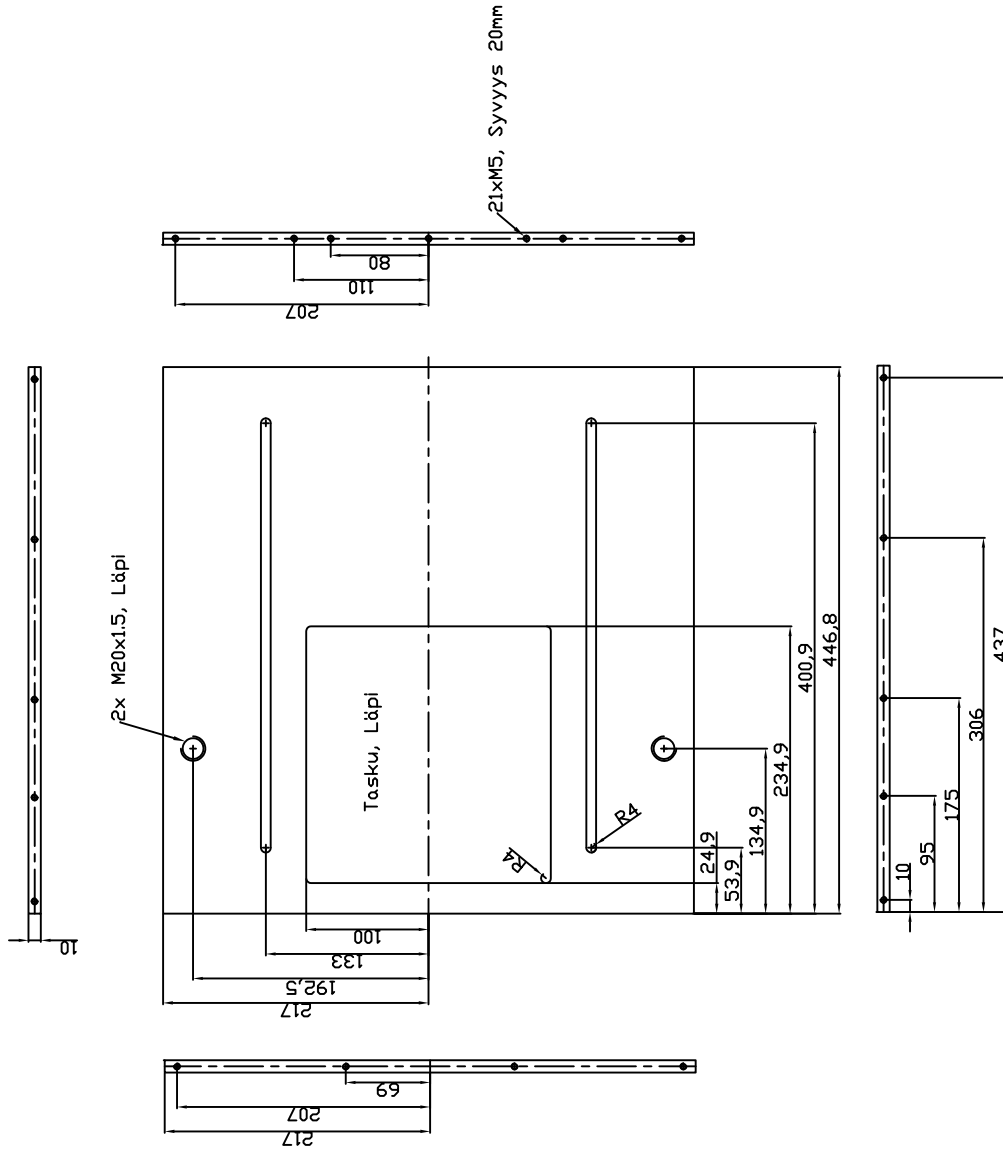
Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	6 Korva			Kpl Pcs	2		Laite nro Device No.		2046-6
Vers/No	01			Laite Device		Filterikone		Thermo Electron Oy	
Suunn.	D.D.			LCP/Automation		JOENSUU			
Tark.	E.K.								
Hyv.									
Tuote Product					Scale				

Siilikiinnitys



Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	7 Siilikiinnitys			Kpl Pcs	1		Laite nro Device No.	2046-7	
Vers./No	01					Laite Device		Filterikone	
Suunn.	D.D.							Thermo Electron Oy	
Tark.	E.K.							LCP/Automation JOENSUU	
Hyv.									
Pl									
Tuote Product									

Ylälevy



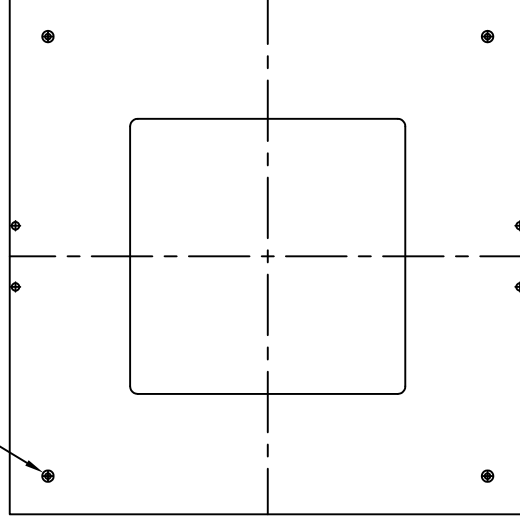
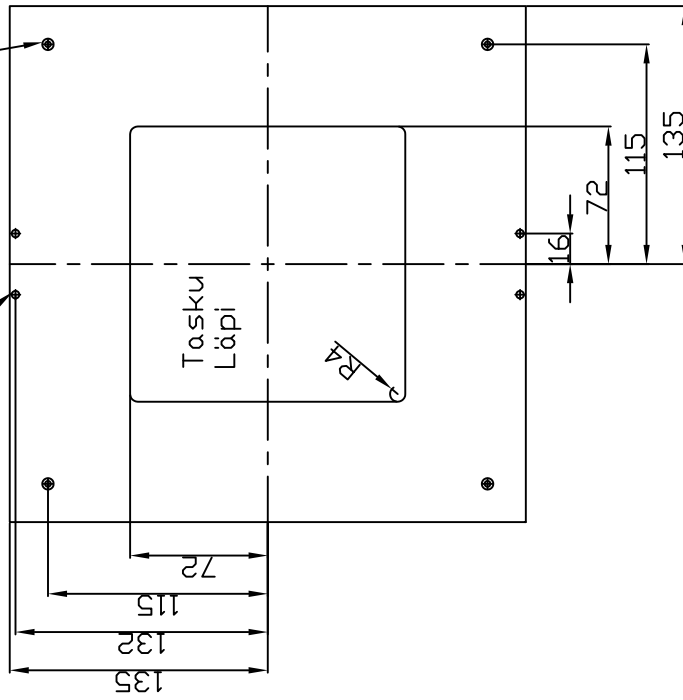
Aine Material	AL	Eloksointi (luonnonväri)
Osa Part	8 Ylälevy	Kpl Pcs
Vers./No	01	Yleistoleranssi General Tolerance
Suunn. D.D.		Laite nro Device No.
Tark. E.K.		2046-8
Hyv.		Laite Device
Tuote Product		Filterikone
		Thermo Electron Oy
		LCP/Automation JOENSUU

Säiliökelkka

4xØ3, Läpi
Tasouputus Ø6, Syvyys 2mm

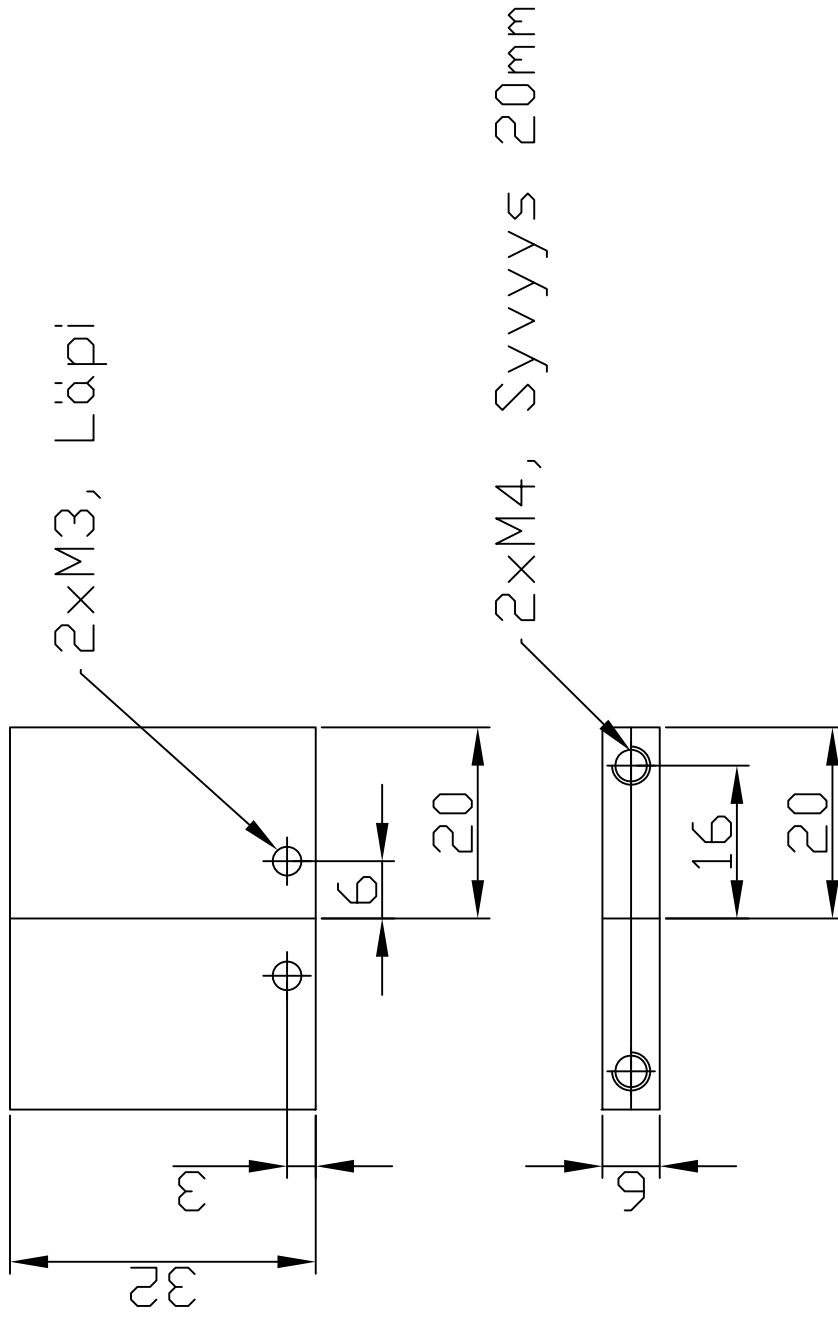
4xØ4, Läpi

4x Kartioupotus
M3 uppokantaruuvulle



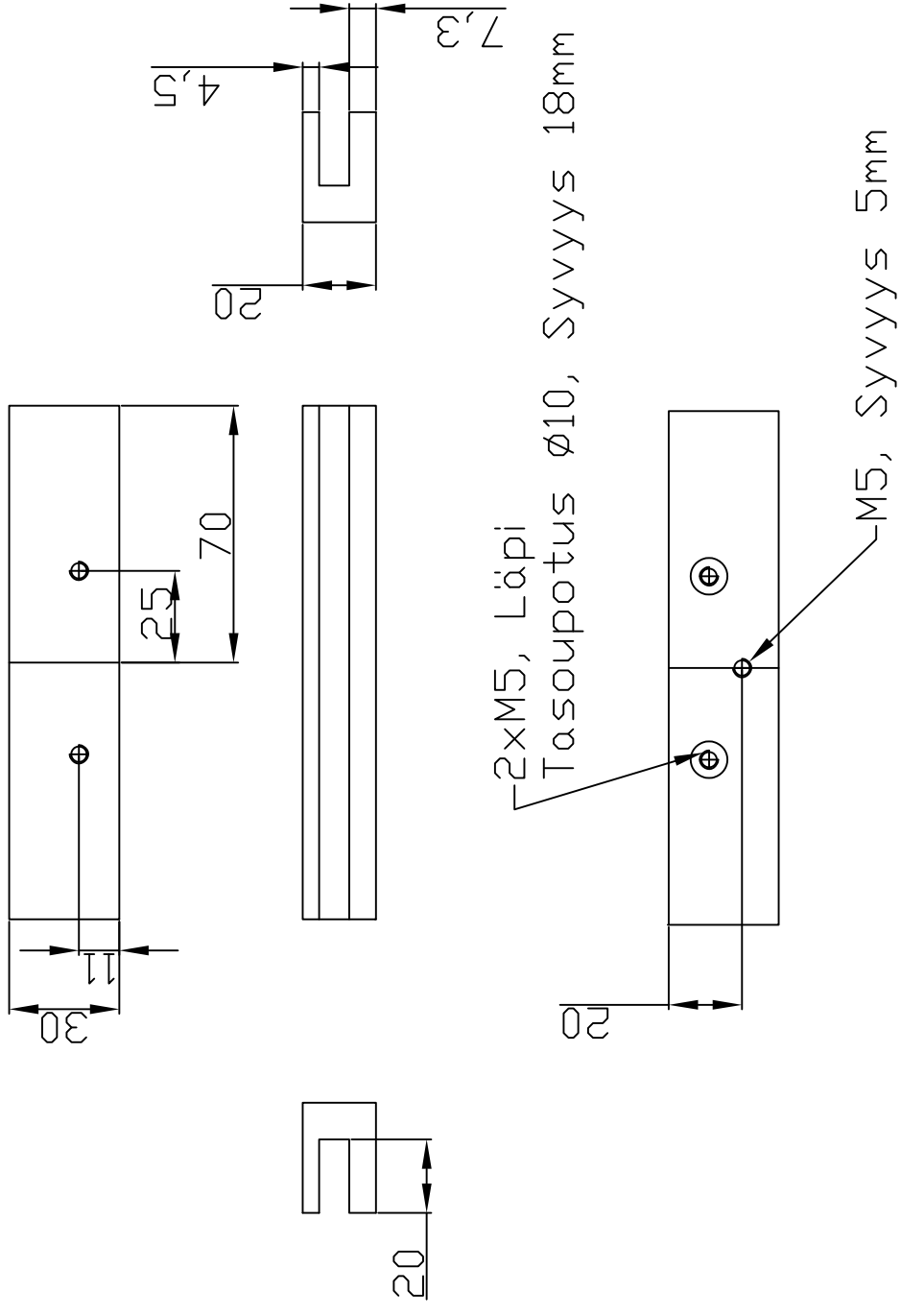
Aine Material	RST	Pintakäsittely Surface finish	Kal Pcs	Yleistoleranssi General Tolerance	Keski
Osa Part	9	Säiliökelkka	1	Laite nro Device No.	2046-9
Vers./No	01			Laite Device	Filterikone
Suunn.	D.D.				
Tark.	E.K.				
Hyv.					
Tuote Product					Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU

Kiinnike



Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	10 Kiinnike			Kpl Pcs	2		Laite nro Device No.	2046-10	
Vers/No	01					Laite Device		Filterikone	
Suunn.	D.D.							Thermo Electron Oy	
Tark.	E.K.							LCP/Automation JOENSUU	
Hyv.									
Plt									
Tuote Product									

Kohdistuslevyn pidin



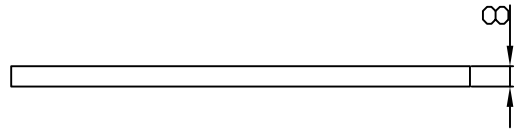
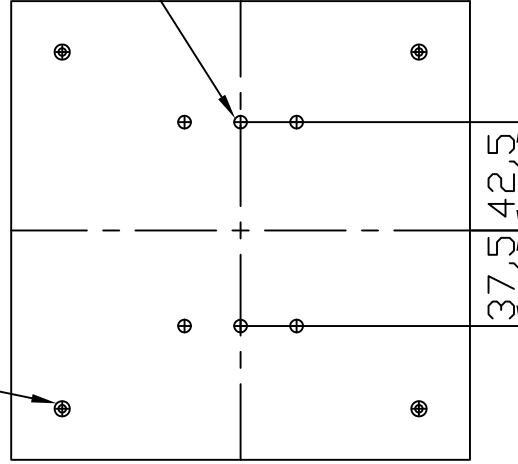
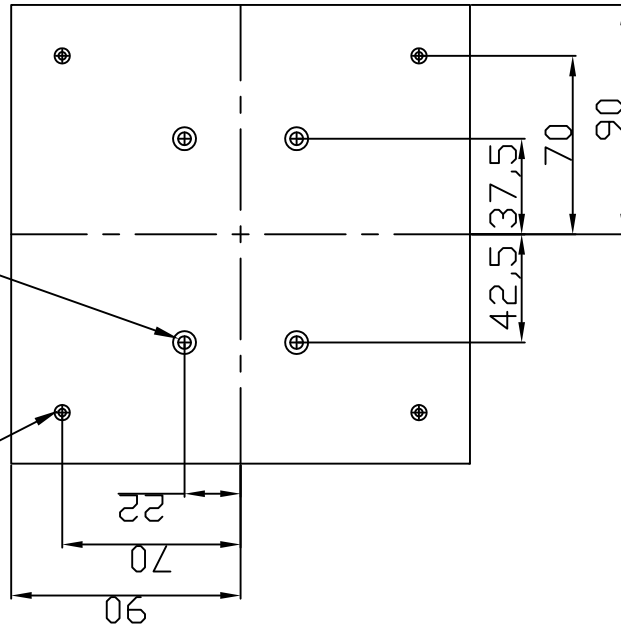
Aine Material	RST	Pintakäsittely Surface finish	Kal Pcs	Yleistoleranssi General Tolerance	Keski
Osa Part	11 Kohdistuslevyypidin		2	Laite nro Device No.	2046-11
Vers/No	01			Laite Device	Filterikone
Suunn. D.D.					
Tark. E.K.					
Hyv.					
Tuote Product					Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU

Kelkan pohjalevy

4x ϕ 3, Läpi
Tasoupotus ϕ 6,
Syvyys 4mm

4x ϕ 5, Läpi
Tasoupotus ϕ 9,
Syvyys 5.5mm

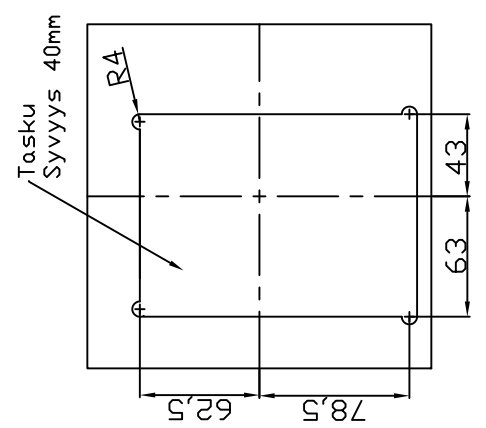
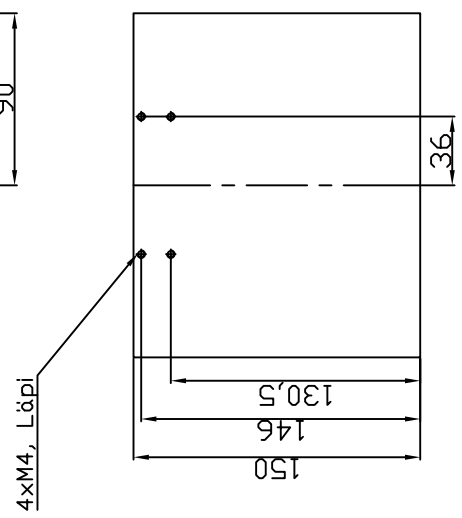
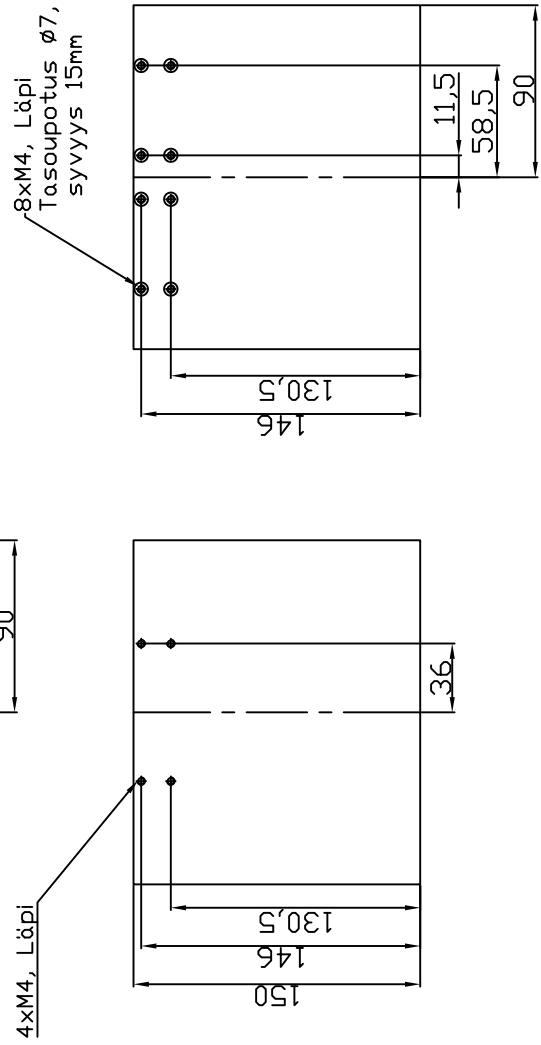
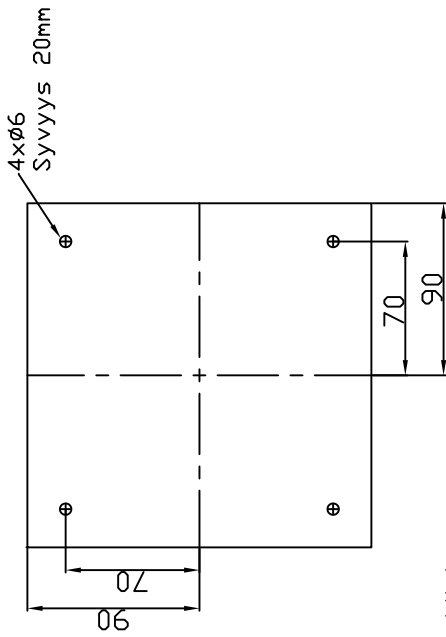
4xKarttioupotus
M3 uppokantaruuvulle



2x ϕ 5
Syvyys 6mm

Aine Material	RST	Pintakäsittely Surface finish	Keski
Osa Part	12 Kelkan pohjalevy	Kpl Pcs	1
Vers./No	01	Yleistoleranssi General Tolerance	Keski
Suunn. D.D.		Laite nro Device No.	2046-12
Tark. E.K.		Laite Device	Filterikone
Hyv.			Thermo Electron Oy
Tuote Product		Scale	LCP/Automation JOENSUU

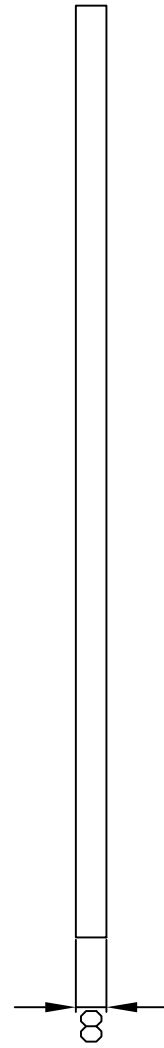
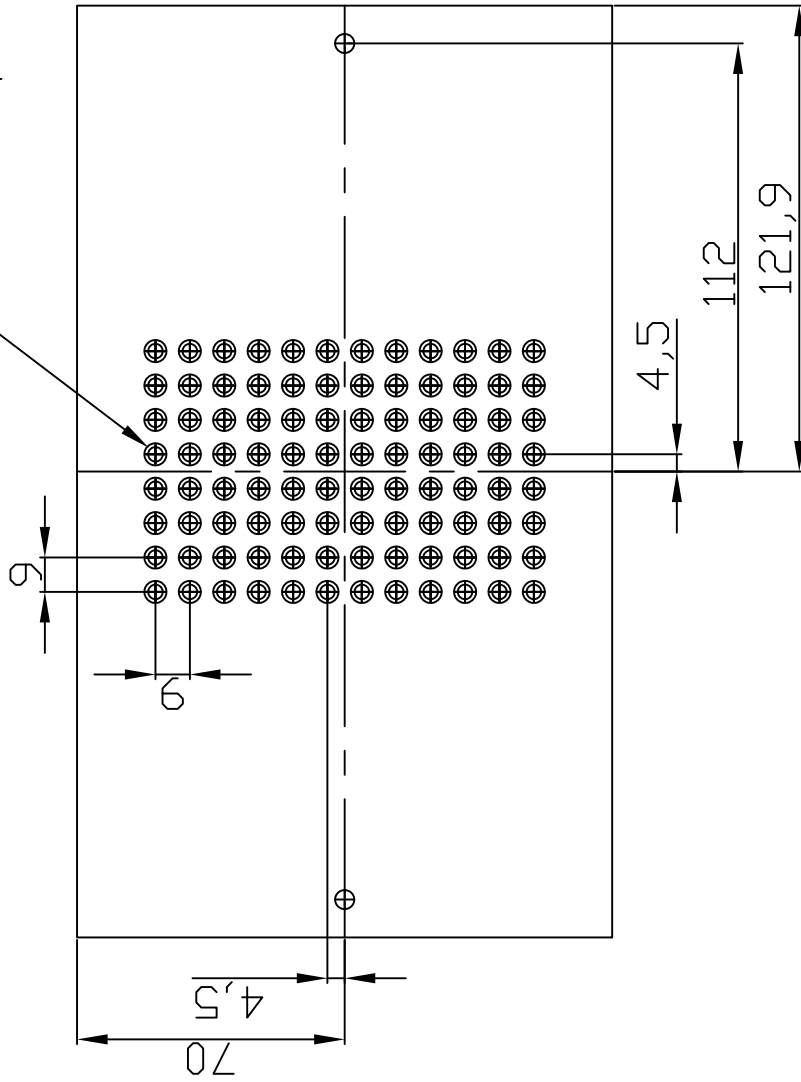
Kelkka



Aine Material		POM		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	1 Kelkka S			Kpl Pcs	1		Laite nro Device No.		
Vers./No	01					2046-13		Laite Device	
Suunn.	D.D.							Filterikone	
Tark.	E.K.							Thermo Electron Oy	
Hyv.								LCP/Automation JOENSUU	
Tuote Product				Scale					

Kohdistuslevy

96xØ3,8 Läpi Kartiopotitus 1x1mm

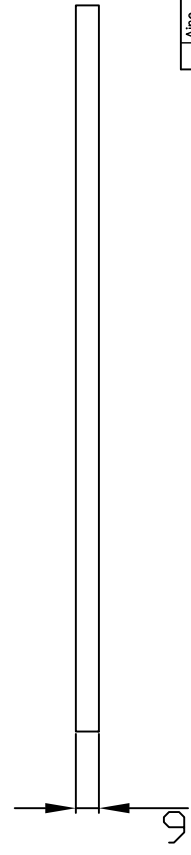
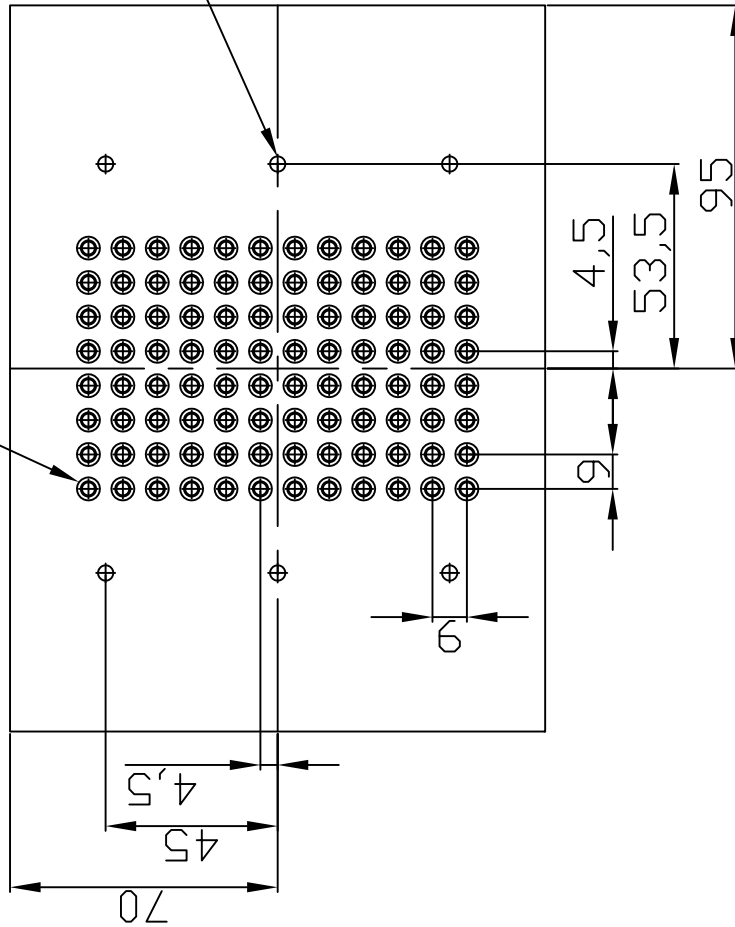


Aine Material	RST	Pintakäsittely Surface finish	
Osa Part	14 Kohdistuslevy FT100	Kpl Pcs	1
Vers/No	01	Yleistoleranssi General Tolerance	Keski
Suunn. D.D.		Laite nro Device No.	2046-14
Tark. E.K.		Laite Device	Filterikone
Hyv. P.			Thermo Electron Oy
Tuote Product			LCP/Automation JOENSUU

Pesälevy

96xØ3.4, Läpi
Tasouputus Ø4, Syvyys3.6
Kartiouputus 1x1mm

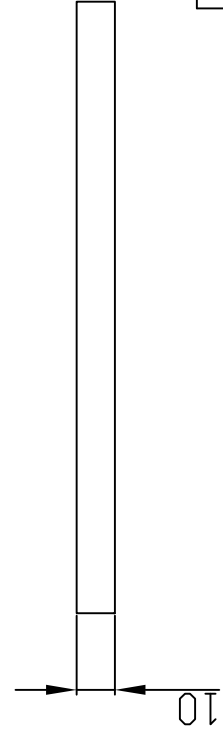
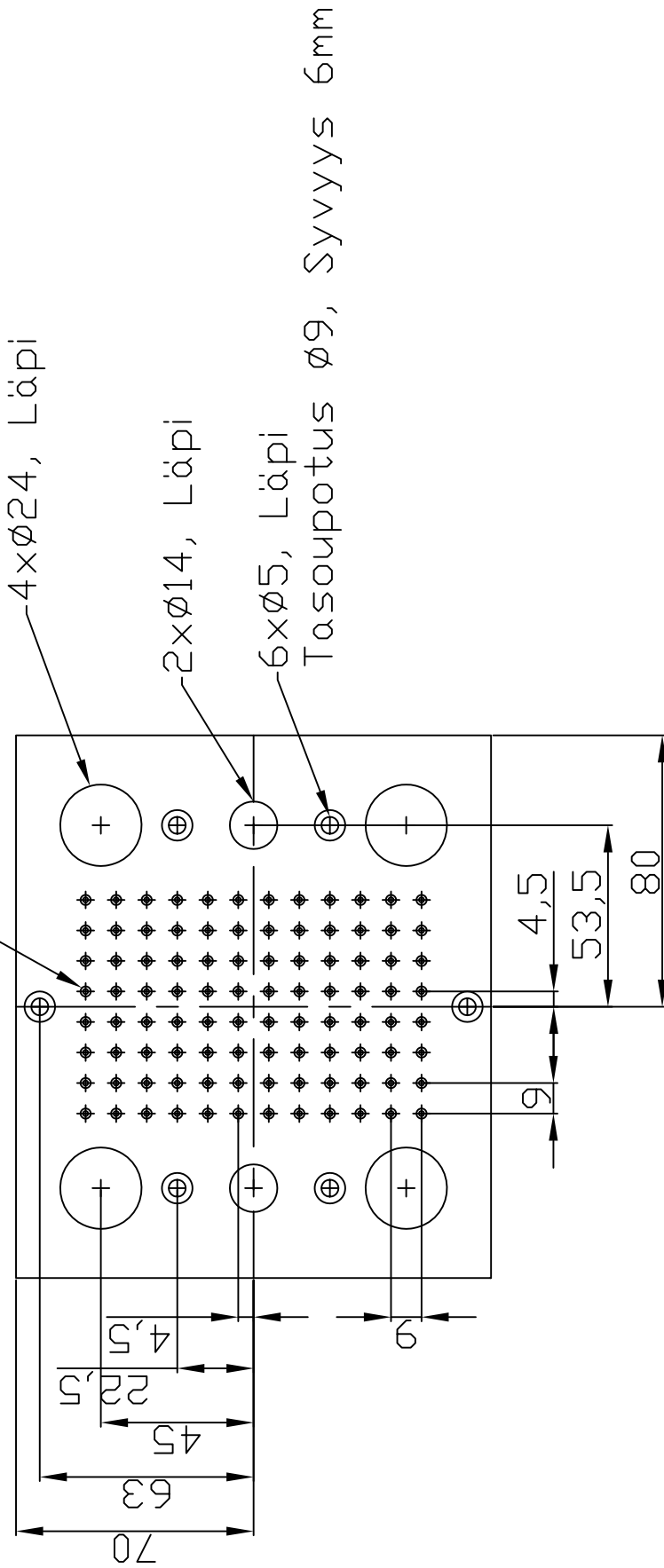
6xØ4, Läpi



Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	15 Pesälevy FT100			Kpl Pcs	1				
Vers./No	01								
Suunn.	D.D.								
Tark.	E.K.								
Hyv.									
Tuote Product				Laite nro Device No.		2046-15		Laite Device	
				Thermo Electron Oy		LCP/Automation JOENSUU			

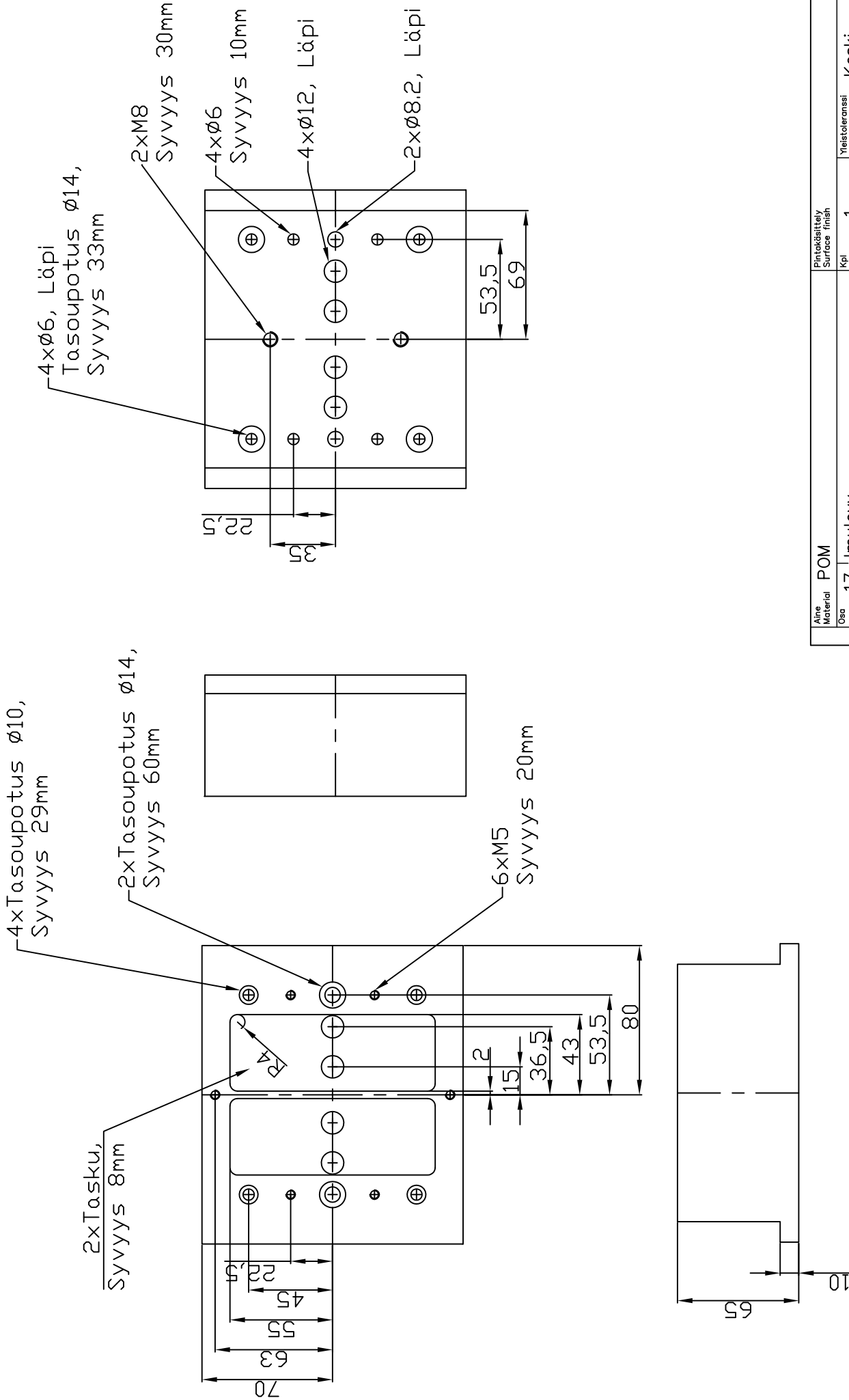
Holkkilevy

96xØ1.5, Läpi
Tasoupotus Ø3, Syvyys 7mm



Aine Material	AL	Pintakäsittely Surface finish	Elokointi Musta
Osa Part	16 Holkkilevy FT100	Kpl Pcs	Yleistoleranssi General Tolerance Keski
Vers/No	01		Laite nro Device No. 2046-16
Suunn. D.D.			Laite Device Filterikone
Tark. E.K.			
Hyv.			
Tuote Product		Scale	Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU

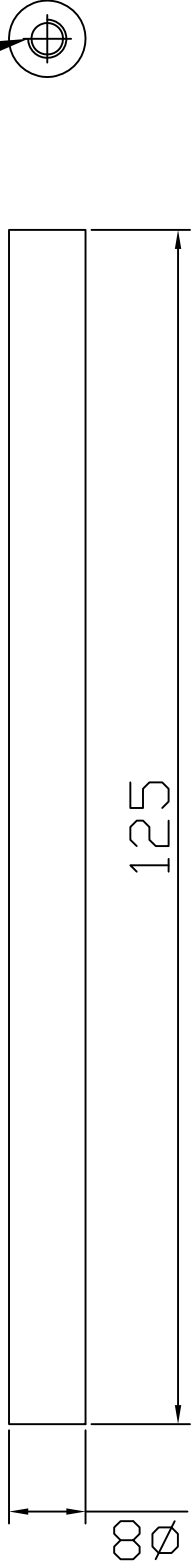
Imulevy



Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Kpl	Pcs	1			
Osa Part		17 Imulevy			
Vers./No Part		01			
Suunn. Design		D.D.			
Tark. Check		E.K.			
Piht. Date					
Tuote Product		Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU			
Laite nro Device No.		2046-17			
Laite Device		Filtertikone			

Jousitappi

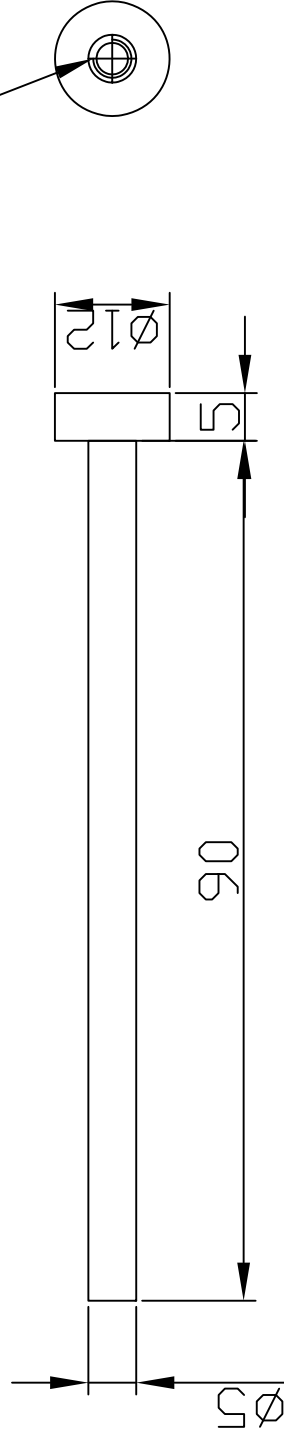
M4, Syvyys 20mm



Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	19 Jousitappi FT-100			Kpl Pcs	2		Laite nro Device No.	2046-19	
Vers/No	01					Laite Device		Filterikone	
Suunn. D.D.								Thermo Electron Oy	
Tark. E.K.								LCP/Automation JOENSUU	
Hyv.									
Tuote Product									

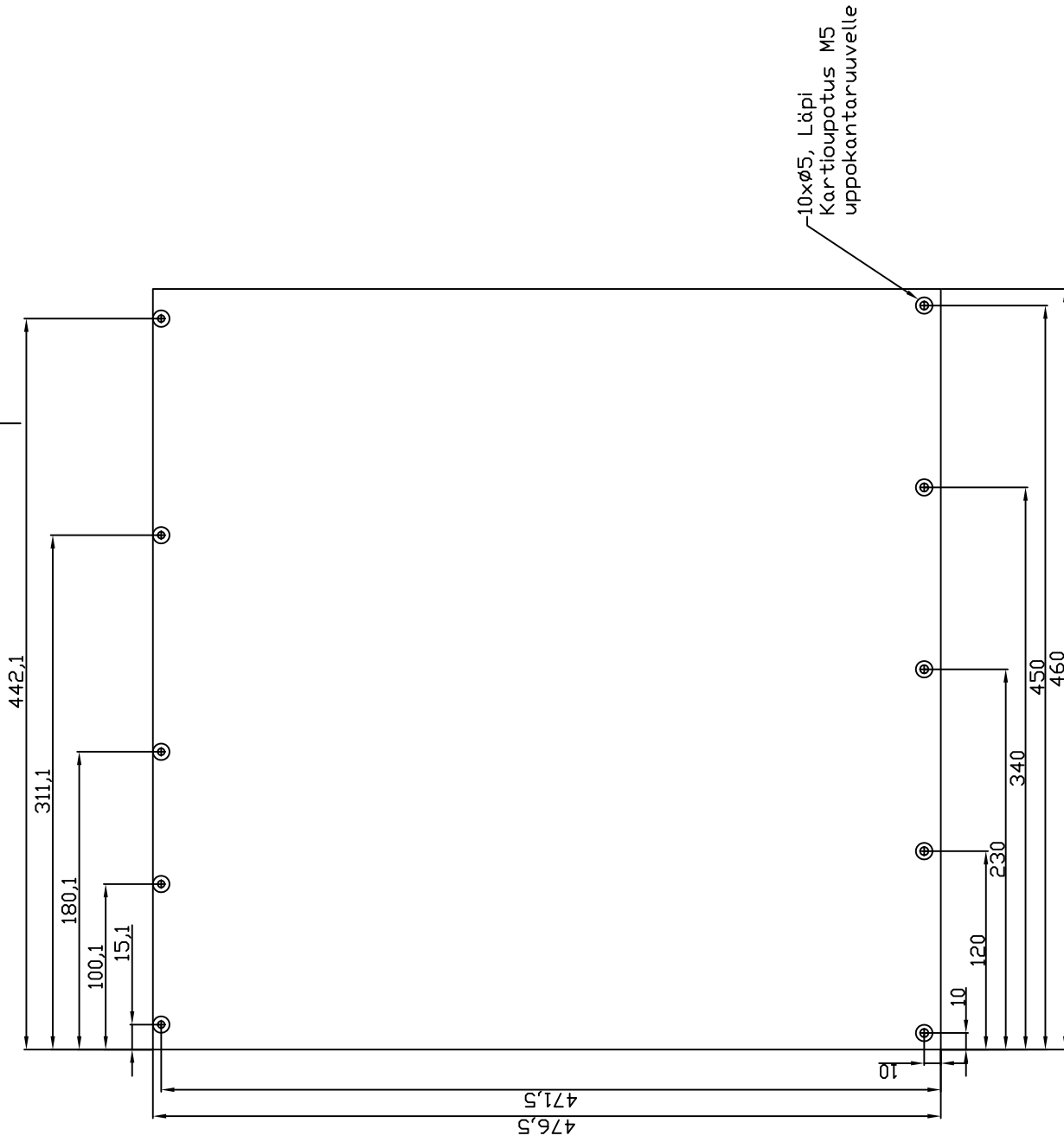
Laakeritappi

M4 Syvyys 10



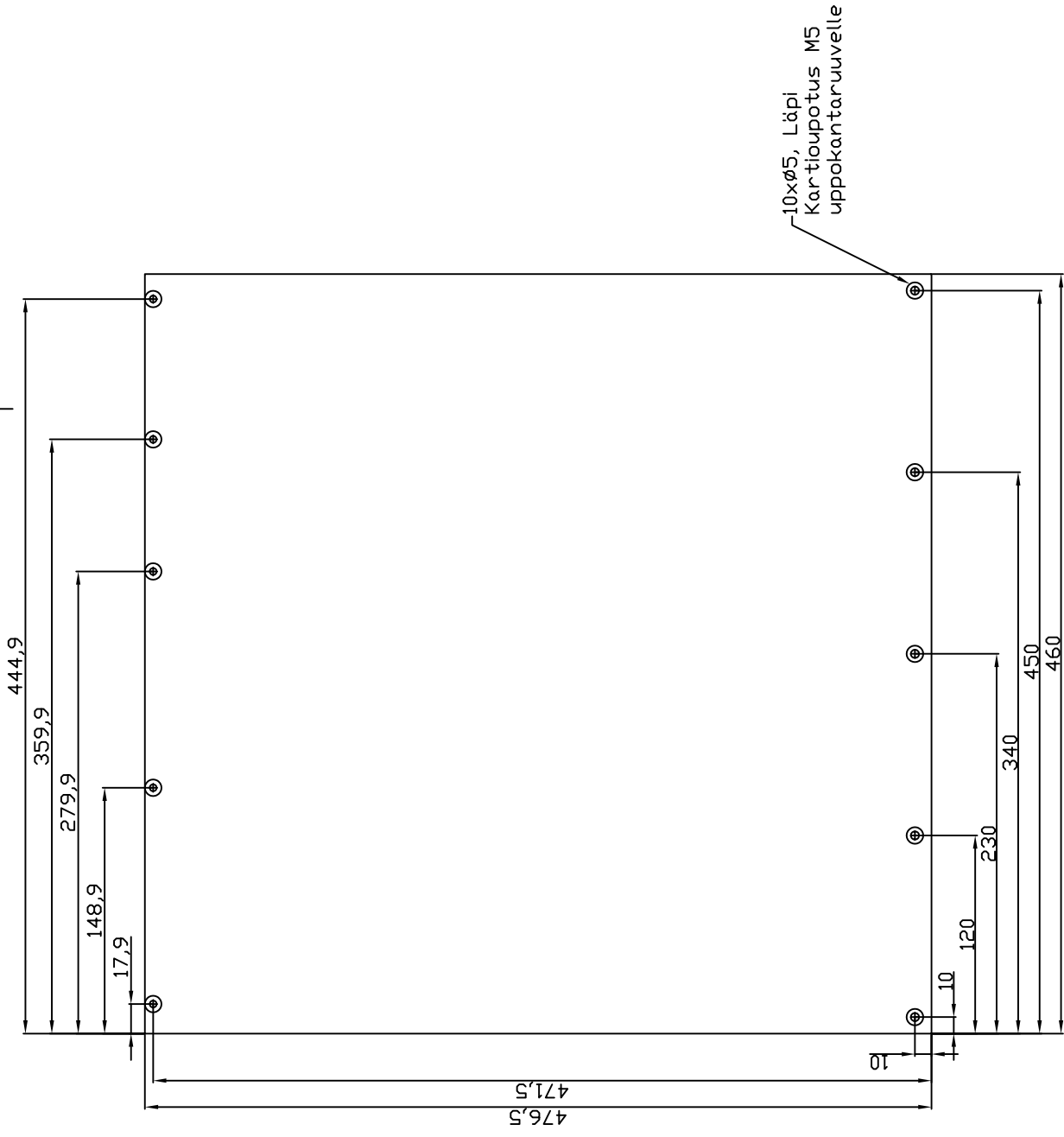
Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	20 Laakeritappii FT-100			Kpl Pcs	4		Laite nro Device No.	2046-20	
Vers/No	01					Laite Device		Filterikone	
Suunn. D.D.								Thermo Electron Oy	
Tark. E.K.								LCP/Automation JOENSUU	
Hyv.									
Tuote Product									

Oikea seinä



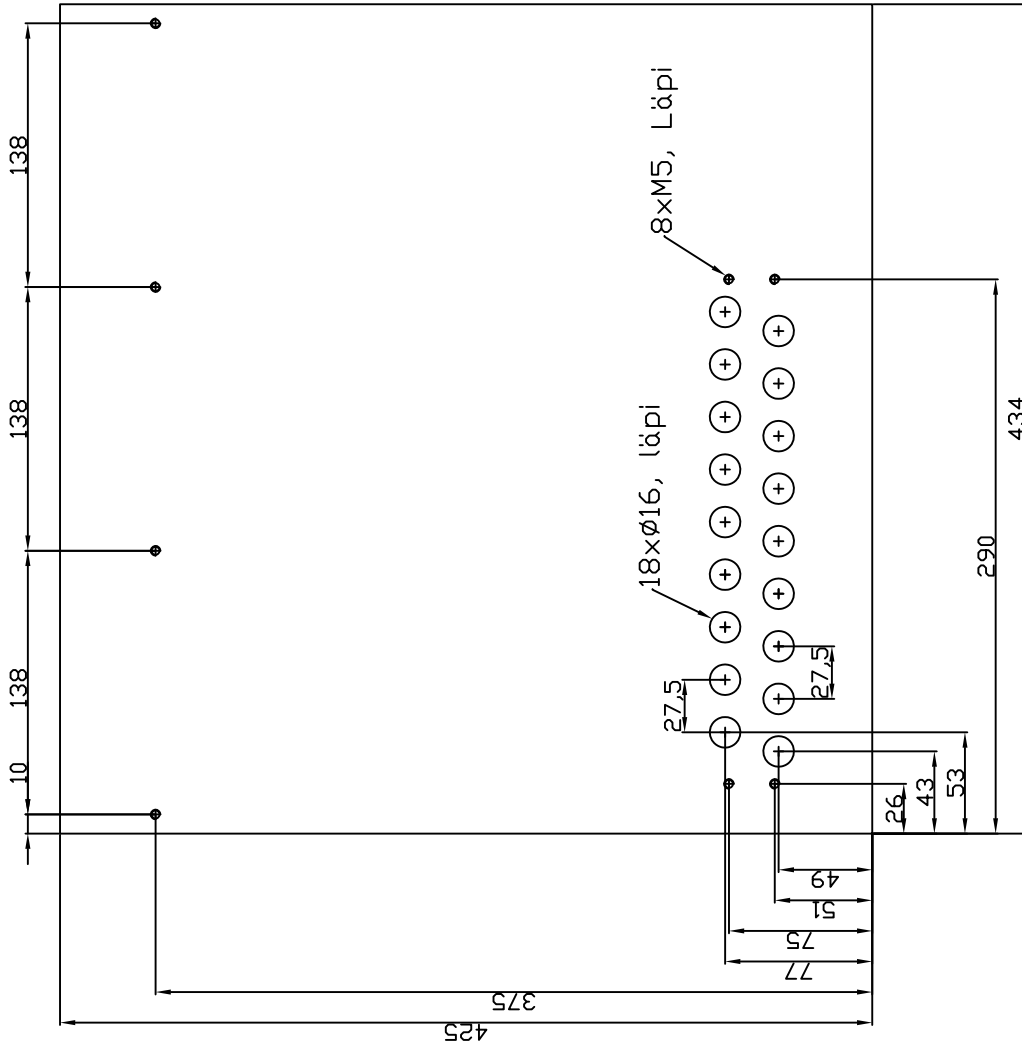
Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Kpl	Pcs	1		Laite nro Device No. 2046-21	
Aine Material		Osa Part		Laite Device	
AL 5mm		21 Seinä		Thermo Electron Oy	
Vers./No		01		LCP/Automation JOENSUU	
Suunn.		D.D.		Filterikone	
Tark.		E.K.			
Hyv.					
Tuote Product				Scale	

Vasen seinä



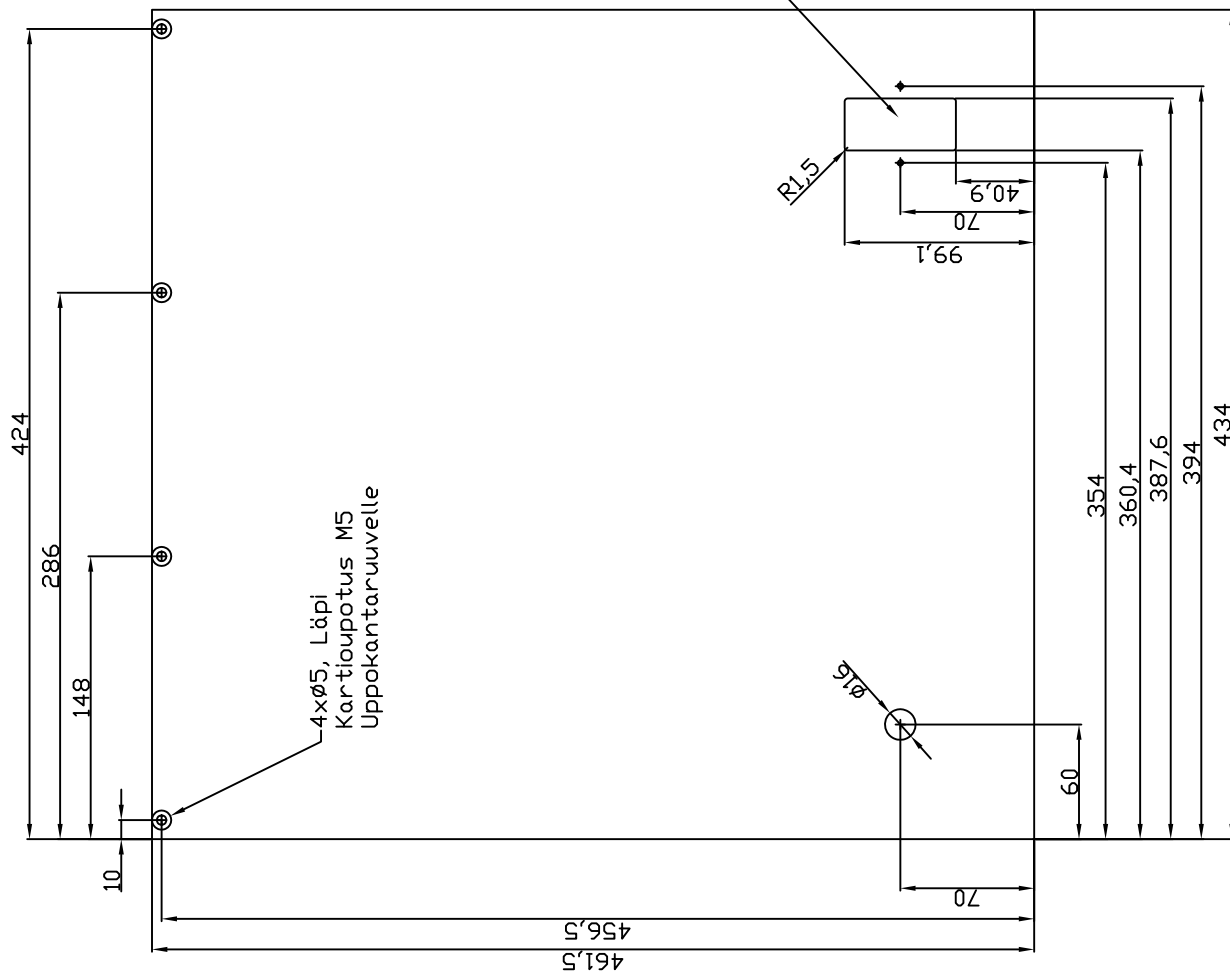
Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance	
Kal	Pcs	Keski	
1		2046-22	
AL 5mm		Laite nro Device No.	
22 Seinä2		01	
Vers/No		Suunn.	
D.D.		E.K.	
Tark.		Hyv.	
Tuote Product		Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU	
Scale		Filterikone	

Väliseinä



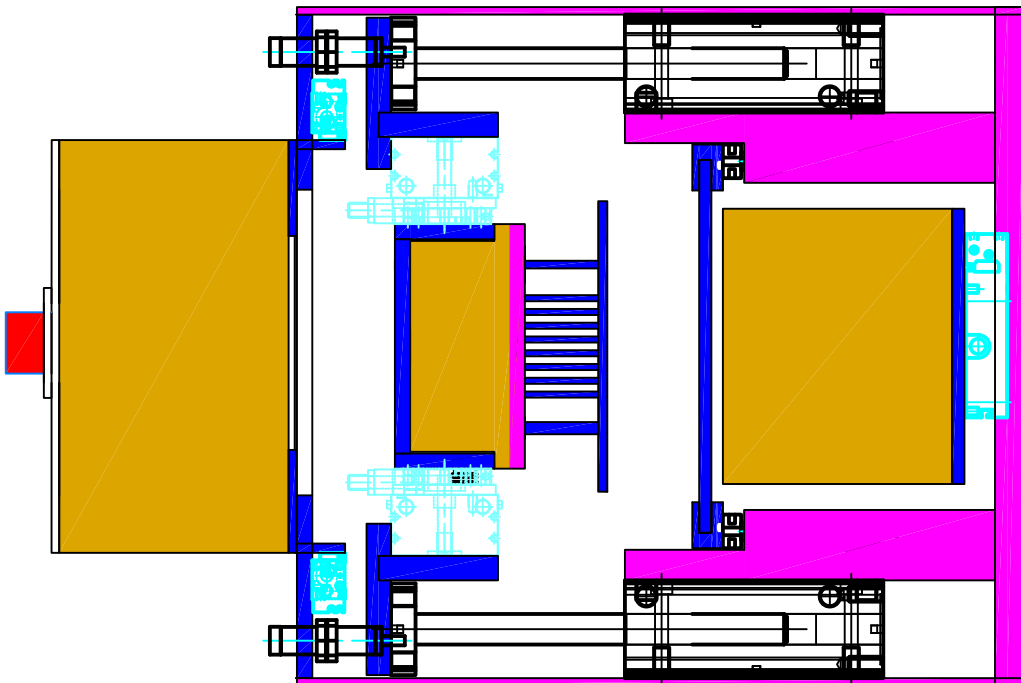
Aine Material		AL 5mm		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	23 Väliseinä			Kpl Pcs	1		Laite nro Device No.	2046-23	
Vers./No	01					Laite Device	Filterikone		
Suunn.	D.D.					Thermo Electron Oy			
Tark.	E.K.					LCP/Automation JOENSUU			
Hyv.						Scale			
Tuote Product									

Takaseinä



Aine Material		AL 5mm		Pintakäsittely Surface finish		Eloksointi (Luonnonväri)	
Osa Part	24 Takaseinä			Kpl Pcs	1		
Vers/No	01			Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Siun.	D.D.			Laite nro Device No.		2046-24	
Tark.	E.K.			Laite Device		Filterikone	
Hyv.				Scale			
Tuote Product		Thermo Electron Oy LCP/Automation JOENSUU					

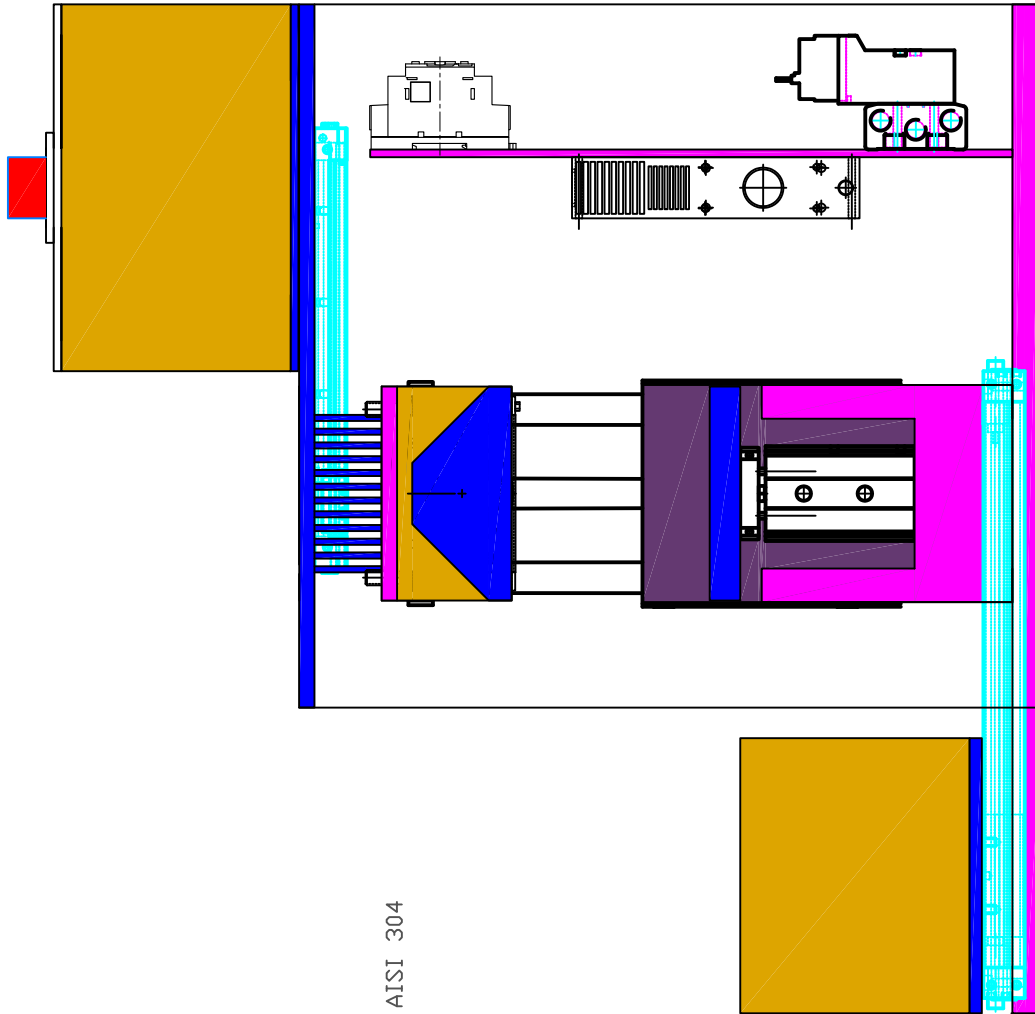
Filteröinti-mekanismi. Luonnos 1



- Polyasetaali
- Ruostumaton teräs AISI 304
- Alumiini AL 6082

Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	Luonnos			Kg	Pcs		Laite nro Device No.		
Vers./No	01							2046-0	
Suunn.	D.D.							Laite Device	
Tark.	E.K.							Filterikone	
Hyv.								Thermo Electron Oy	
Tuote Product								LCP/Automation JOENSUU	

Filteröinti-mekanismi. Luonnos 2



- Polyasettaali
- Ruostumaton teräs AISI 304
- Alumiini AL 6082

Aine Material		RST		Pintakäsittely Surface finish		Yleistoleranssi General Tolerance		Keski	
Osa Part	Luonnos			Kg	Pcs		Laite nro Device No.		
Vers/No	01							2046-0	
Suunn.	D.D.							Laite Device	
Tark.	E.K.							Filterikone	
Hyv.								Thermo Electron Oy	
Pl								LCP/Automation JOENSUU	
Tuote Product								Scale	

Logiikkaohjelma

