

# **ALIPAINETARTTUJEN VERTAILU SEKALAVAUKSESSA**

## Tiivistelmä

Tekijä(t) Kiirikki, Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Syksy 2020
	Sivumäärä 26	
<b>Alipainetarttujen vertailu sekalavauksessa</b>		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä tutkittiin eri vaihtoehtoja Orfer Oy:n sekalavaus projektin tarttujaksi. Vaihtoehtojen tutkimisen lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin tarttuvia yleisesti, alipainetekniikkaa ja pneumatiikkaa. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää eri vaihtoehdot tarttujaksi ja selvittää niiden ominaisuuksien perusteella, mikä näistä vaihtoehdoista olisi paras korvaamaan käytössä olevan tarttujan.</p> <p>Työssä tutustuttiin myös tarttujan valintaan johtavien testien suunnitteluun ja toteutukseen.</p> <p>Lähtökohtana tutkimukseen oli Orfer oy:n sekalavauksessa käyttämä tarttuja. Vaihtoehdoiksi valittuja tarttuvia vertailtiin Orfer oy:n tarttujan ominaisuuksiin, toimintaan, ja hintaan.</p> <p>Lisäksi vertailussa haluttiin selvittää imukuppien ja solumuovin erot sekalavaus käytössä.</p> <p>Tarttumat testattiin robotin sekalavauksessa tekemiä liikkeitä imitoivan testiohjelman avulla.</p> <p>Testeistä selvisi selkeimmät erot imukuppeja käyttävän tarttujan ja solumuovipinnoitteista imupintaa käyttävän tarttujan selkeimmät erot laatikoiden käsittelyssä sekä saatiin hyvä kuva siitä, minkälainen tarttuja sopisi näistä vaihtoehdoista parhaiten sekalavaukseen.</p>		
Asiasanat tarttuja, robotti, alipainetekniikka, pneumatiikka		

## Abstract

Author(s) Kiirikki, Aleksi	Type of publication Bachelor's thesis	Published Autumn 2020
	Number of pages 26	
<b>Vacuum gripper comparison in mixed palletizing</b>		
Name of Degree Bachelor of engineering		
<p>Abstract</p> <p>In this thesis, different alternatives for a vacuum gripper in Orfer Oy 's mixed palletizing project were investigated.</p> <p>In addition to the study of alternatives, the thesis investigated grippers in general, vacuum technology and pneumatics. The purpose of the study was to elucidate the different alternatives to the gripper, and to determine, based on their properties, which of these alternatives would be the best to replace the existing gripper.</p> <p>The study also introduced the design and implementation of tests leading to the selection of a gripper.</p> <p>The starting point for the study was the gripper used by Orfer Oy in mixed palletizing. The grippers selected as alternatives were compared to the properties, operation and price of Orfer Oy's gripper.</p> <p>In addition, the comparison was made to find out the differences between suction cups and the foam pad in that behavior.</p> <p>The grippers were tested using a test program that mimics the movements made by the robot in mixed palletizing and revealed the clearest differences between the suction cup gripper and the gripper using the foam pad in the handling of the boxes. This gave a good idea of which gripper would be best suited for mixed palletizing.</p>		
Keywords gripper, robot, vacuum technology, pneumatics		

## Sisälllys

1	JOHDANTO.....	1
2	YRITYSESITTELY.....	2
3	SEKALAVAUS.....	3
3.1	Yleistä.....	3
3.2	Robotti.....	3
3.3	Tarttuja.....	3
4	VAIHTOEHTOISEN TARTTUJAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	5
4.1	Vaihtoehtojen selvittäminen.....	5
4.1.1	Alipainetekniikka.....	5
4.1.2	Rungot.....	6
4.2	Unigripper.....	7
4.2.1	Mekaaninen rakenne.....	7
4.2.2	Tartuntakomponentit.....	10
4.2.3	Varustelu.....	10
4.3	Schmalz.....	11
4.3.1	Mekaaninen rakenne.....	12
4.3.2	Tartuntakomponentit.....	14
4.3.3	Varustelu.....	14
4.4	Or1.....	16
4.4.1	Mekaaninen rakenne.....	16
4.4.2	Tartuntakomponentit.....	16
4.4.3	Varustelu.....	16
4.5	Imukupit.....	17
4.4	Solumuovi.....	18
5	TESTIT.....	19
5.1	Yleistä.....	19
5.2	Schmalz.....	20
5.3	Unigripper.....	20
5.4	Or1.....	22
5.5	Tulokset.....	22
6	YHTEENVETO.....	25
	LÄHTEET.....	26

## KÄSITTEITÄ

Or1 = Orfer Oy:n sekalavauksessa käyttämä tarttuja.

Foam carrier plate = Osa, joka kiinnitetään unigripper tarttujan runkoon ja johon kiinnitetään solumuovi imupinta.

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mahdollinen vaihtoehtoinen tarttuja Orfer Oy:n sekalavauksessa käyttämän tarttujan (Or1) tilalle. Yksi opinnäytetyön tavoitteista oli selvittää, mitä eroja on imukuppeja käyttävän tarttujan ja solumuovipinnoitetta käyttävän tarttujan suorituskyvyssä pahvilaatikoita käsiteltäessä.

Vertailuun valittiin kaksi tarttujaa, Unigripper 120/600/30.60/20 ja Schmalz FXP-SVK 442 3R18. Näille molemmille suunniteltiin ja valmistettiin rungot.

Tarttuja vaihtoehtoja haluttiin tutkia siksi, koska käytössä oleva tarttuja on rakenteeltaan monimutkainen. Kyseisessä tarttujassa on 3 venttiiliterminaalia, joilla ohjataan lähes jokaista imukuppia erikseen. Valituissa vaihtoehdoissa on käytössä vain 2 venttiiliä ja 2 alipainelähetintä, joka tekee niistä yksinkertaisempia. Tarttujan yksinkertaisuus on hyvä asia tarttujan huoltamisen kannalta. Jos tarttujassa on monta osaa, jotka ovat ahtaasti tarttujassa, sen huoltaminen on vaikeampaa kuin yksinkertaisemman tarttujan.

Tarttujien ominaisuuksien testaus suoritettiin Kawasaki RS080N robotilla, johon liitettynä tarttujilla siirrettiin eri kokoisia, painoisia ja kuntoisia pahvilaatikoita.

Testeistä saatiin selville, että imukuppeja käyttävä tarttuja toimii parhaiten silloin, kun kappaleiden pinnan laatu ei vaihtelee huomattavasti. Imukupit eivät toimi hyvin, jos kappaleen pinta on vaurioitunut tai epätasainen.

Solumuovipinnoitteiset tarttumat toimivat selkeästi varmemmin kappaleen pinnan virheistä, vaurioista ja epätasaisuudesta huolimatta. Testeissä osa laatikoista olivat hyvin vaurioituneita ja pehmenneitä.

Schmalz ja Unigripper tarttumat eivät saavuttaneet esimerkiksi E1 laatikon käsittelyssä yhtä hyvää tulosta, kuin Or1.

Or1:n tulokset testeissä vaihtelivat hyvin suuresti. Valta-osa huonokuntoisista laatikoista ei tarttunut Or1:n imukuppeihin ollenkaan niin hyvin, että olisi voitu edes yrittää testiohjelman ajoa.

## 2 YRITYSESITTELY

Orfer Oy on robotiikkaa ja automaatiota hyödyntäviä kappaleenkäsittelyjärjestelmiä valmistava Suomalainen perheyritys. Orfer on perustettu vuonna 1970. Heidän kehittämänsä järjestelmät ovat käytännöllisiä ratkaisuja monelle eri teollisuuden alalle. Orfer:n päätoimipaikka on Orimattilassa, mutta heillä on muita toimipisteitä muualla kotimaassa ja ulkomailla.

Orfer:n järjestelmät räätälöidään asiakaskohtaisesti. Näin toimimalla asiakas saa juuri heille sopivat ratkaisut. Orfer:n automaatiokokonaisuudet tehdään alusta loppuun heidän omilla tehtaillaan. Suunnittelun, kehityksen ja valmistuksen lisäksi Orfer tarjoaa huolto ja tukipalvelut asiakkailleen. Orfer on Kawasaki ja Toshiba robottien virallinen maahantuojaja.

Orfer Oy:n valmistamia ja suunnittelemaa kokonaisuuksia voidaan käyttää lähes kaikkialla teollisuudessa.

## 3 SEKALAVAUS

### 3.1 Yleistä

Sekalavauksessa robotti siirtää laatikot kuljettimelta tai vastaavalta lavalle. Laatikoiden koot ja painot vaihtelevat sekalavauksessa, josta nimikin tulee. Kun laatikot lähtevät varastolta, robotin ohjelma saa tiedon laatikoiden saapumisjärjestyksestä ja laskee niille mahdollisimman hyvän lavauskuvion. Kun lavauskuvio on selvillä, robotti tarttuu siihen kiinnitettyllä työkalulla, tarttujalla, laatikoihin järjestyksessä yksi kerrallaan ja laskee ne lavalle oikeille paikoilleen.

Or1 tarttujan tiedettiin lähtökohtaisesti suoriutuvan tästä kohtalaisella menestyksellä, mutta Orfer Oy:n mielestä oli hyvä tutkia vaihtoehtoisia tarttujia, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä, monipuolinen ja kustannuksiltaan mahdollisimman alhainen tarttuja olemassa olevan Or1 tarttujan tilalle.

### 3.2 Robotti

Orfer Oy:llä on sekalavaukseen käytössä Kawasaki RS080N nivelvarsirobotti, jonka 80kg kantokyky on Kawasakin R-sarjan roboteista suurin. RS080N on yksi teollisuuden monipuolisimmista nivelvarsiroboteista.

RS080N ohjelmoidaan käyttämällä Kawasakin AS-ohjelmointikieltä. (<https://robotics.kawasaki.com>) Kyseinen ohjelmointikieli on helppo opetella, sillä siihen löytyy paljon ohje videoita.

Sekalavauksessa voidaan käyttää monia eri robotti malleja, laatikoiden koosta ja painoista riippuen. Suurimmassa osassa tapauksia, keskikokoinen nivelvarsi robotti toimii varsin hyvin. Nivelvarsi robotit ovat käytännöllisiä ja pystyvät asettelemaan laatikon vaivatta vaikeampiinkin kohtiin lavalle.

### 3.3 Tarttuja

Tarttujaa sekalavaukseen valittaessa on otettava monta asiaa huomioon. Kyseisen tarttujan on suoriuduttava turvallisesti, nopeasti ja varmasti monien eri kuntoisten, kokoisten ja painoisten kappaleiden käsittelyssä.

Asiaa laajemmin tutkittua huomattiin, että kyseiseen käyttöön on lähes mahdotonta löytää täydellistä tarttujaa, sillä kappaleiden koko voi vaihdella esimerkiksi n.150\*150\*150mm kokoinen laatikon ja 410\*605\*620mm laatikon välillä. Sen lisäksi laatikoiden painot voivat



vaihdella n. 500g ja 25kg välillä. Näistä syistä tähän käyttöön on valittava mahdollisimman monipuolinen tarttuja, joka onnistuisi käsittelemään minkä tahansa näistä laatikoista varmasti.

Tässä käytössä käsiteltiin vain pahvilaatikoiden käsittelyä, mutta sekalavauksessa voi olla paljon muitakin erilaisia pakkauksia käsiteltäväksi. Sekalavaukseen saisikin suurta helpotusta siitä, jos luotaisiin standardoitu laatikko valikoima, jota käytettäisiin kaikkialla. Näin tehden, sekalavaukseen olisi huomattavasti helpompi valita robotti ja tarttuja.

## 4 VAIHTOEHTOISEN TARTTUJAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

### 4.1 Vaihtoehtojen selvittäminen

Tarttuja vaihtoehtoja haluttiin selvittää, jotta sekalavaukseen saataisiin käyttöön mahdollisimman turvallinen, halpa, huolto vapaa ja toimiva tarttuja, jolla ei olisi ongelmia lavauksen suorittamisessa. Tarttuja vaihtoehtoja mietittäessä päätettiin, että mekaaniset tarttumat eivät pysty riittävän monessa tilanteessa asettelemaan laatikoita lavalle osumatta jollain kohdalla lavalla jo oleviin laatikoihin. Tästä syystä vaihtoehtoja lähdettiin etsimään alipainetarttujista.

Selvitettiin useiden eri valmistajien tarttuja vaihtoehtoja, joista valittiin Schmalz ja Unigripper tarkempaan tutkintaan. Schmalz:n ja Unigripper:n valikoimista löydettiin sopivat tarttumat tarkastelemalla eri vaihtoehtojen ominaisuuksia, kuten ilmankulutusta ja kantokykyä.

#### 4.1.1 Alipainetekniikka

Pneumatiikassa käytetään kaasun virtausta ja painetta tehon siirtämiseen ja anturitietojen, sekä ohjaukomentojen toteuttamiseen ja käsittelyyn.

Paineilmaa tuottaminen tapahtuu kompressorilla puristamalla kaasua tiettyyn paineeseen. Paineilman tuottamisprosessissa kaasun paine ja lämpötila kasvaa ja samalla sitoo energiaa. Kompressorilla on mahdollista tuottaa öljytöntä tai öljypitoista paineilmaa. (Wikipedia)

Alipainetta saadaan aikaiseksi sähköisesti, mekaanisesti tai pneumaattisesti. Alipaineella tarkoitetaan sitä, kun tilan ilmanpaine laskee alle vallitsevan ilmanpaineen. Alipaine tarttujissa alipaine luodaan esimerkiksi imukupin sisälle, jolloin imukuppi tarttuu paine-eron takia kappaleeseen kiinni.

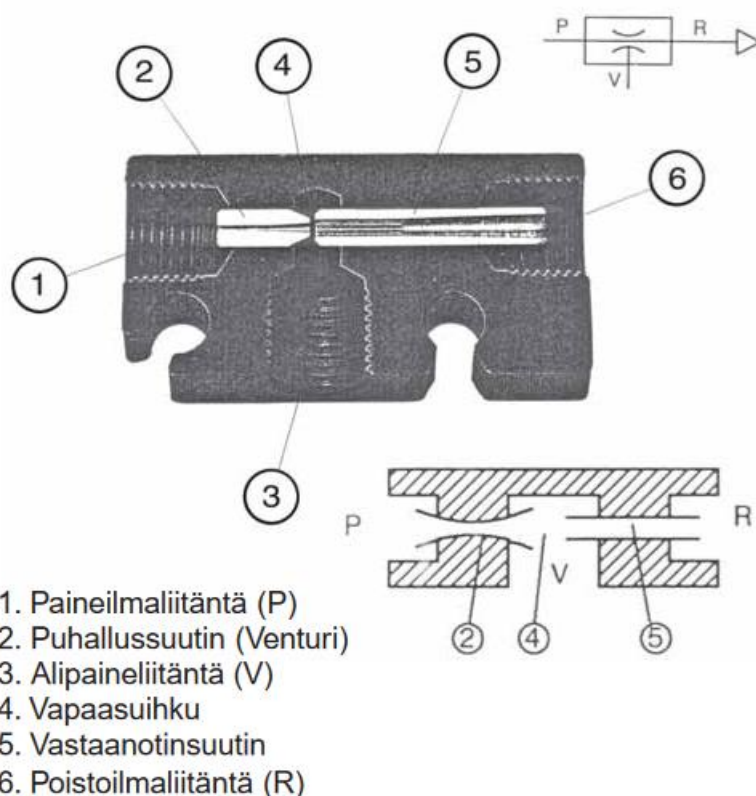
Pneumaattisia toimilaitteita on monenlaisia, kuten moottorit, ejektorit, sylinterit, paineilmarasiat ja lihakset. Pneumatiikkaventtiileitä ovat muun muassa suuntaventtiilit, virtaventtiilit, paineventtiilit, vastaventtiilit, vastusvastaventtiilit ja vastusventtiilit.

Ejektorin avulla voidaan tuottaa ylipaineesta alipainetta. Ejektoreita voidaan käyttää esimerkiksi imukuppien alipaineistamiseen. Erilaiset paineilmaruiskut käyttävät ejektorin toimintaperiaatetta esimerkiksi nesteiden imemiseksi ilmavirtaan.

Alipainetarttujissa tuotetaan kappaleeseen tarttumiseen vaadittava imu joko paineilamalla (ejektori) tai tyhjiöpumpulla.

Ejektorit tuottavat alipainetta (Kuva 1) kuvatulla tavalla:

Paineilmaliitântään (1) kytkettäessä paine, ilma virtaa ejektorin poistoilmaliitântään (6). Puhallussuuttimen (2) ja vastaanottosuuttimen (5) välissä (4) vapaasuihku saavuttaa yläääninopeuden. Tällöin vapaasuihku imee ilmaa mukaansa puhallussuuttimen ja vastaanottosuuttimen välisestä aukosta (4) luoden alipaineliitântään (3) tyhjiön. (Hulkkonen, 2007)



Kuva 1. Ejektori. (Hulkkonen)

#### 4.1.2 Rungot

Molemmille Or1-tarttujaan verrattaville tarttujille, suunniteltiin ja valmistettiin runko, jolla tarttuja kiinnitettiin robottiin. Runkoon laitettiin myös kiinnikkeet venttiileille ja alipainelähetimille.

Tarttuihin valikoitiin sopiva varustelu Orfer:n varaston valikoimasta. Rungot valmistettiin LAB-ammattikorkeakoulussa. Tarttujien rungon kokoonpano varustelun osalta suoritettiin LAB-ammattikorkeakoululla ja Orfer Oy:n tiloissa.

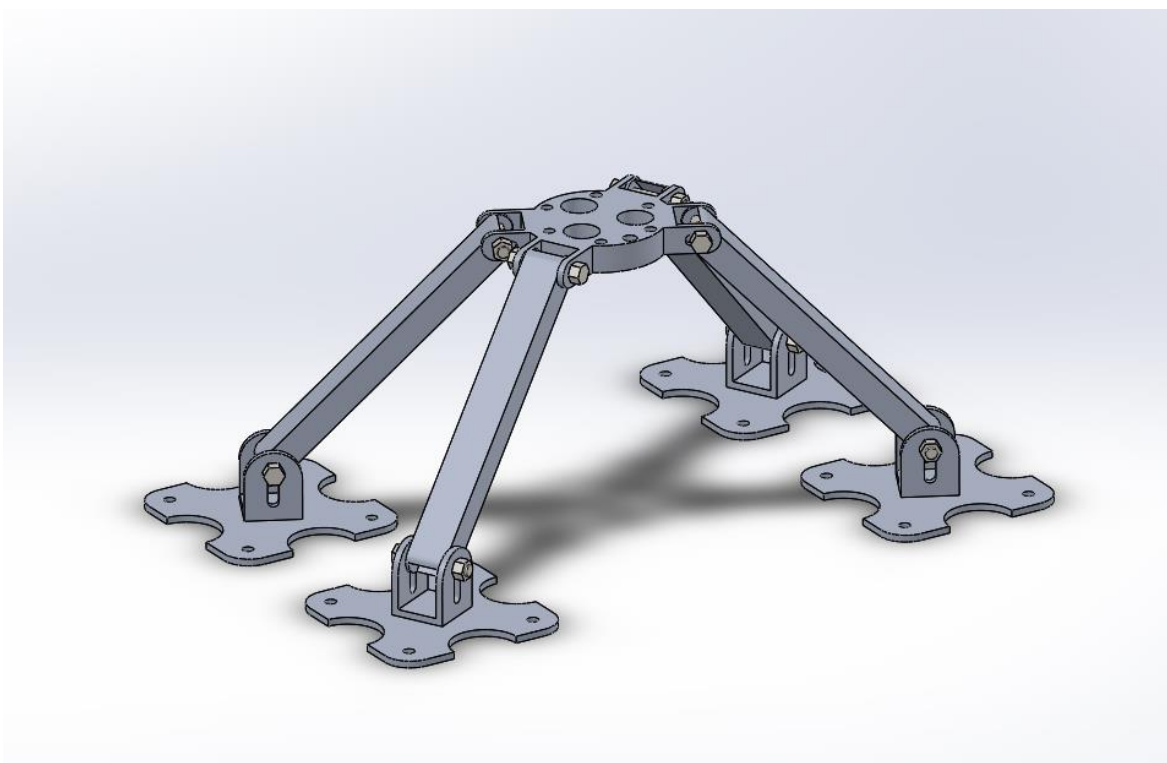
Alipainelähettimet kiinnitettiin tarttuihin vasta, kun tarttujan varsinainen asento robotissa oli varmistettu, sillä näin saatiin varmistettua, ettei mikään johdoista ole liian lyhyt tai

huonossa kohdassa. Testien aikana robotti pyöryttää tarttujaa 360 astetta tarttujan pysty-akselin ympäri. Pyörimisen takia paineilmaletkut ja alipainelähtettimien johdot voivat kiristyä ja katketa, jos niiden pituutta ei ole varmistettu pyörimisliikkeen suorittamista varten.

## 4.2 Unigripper

### 4.2.1 Mekaaninen rakenne

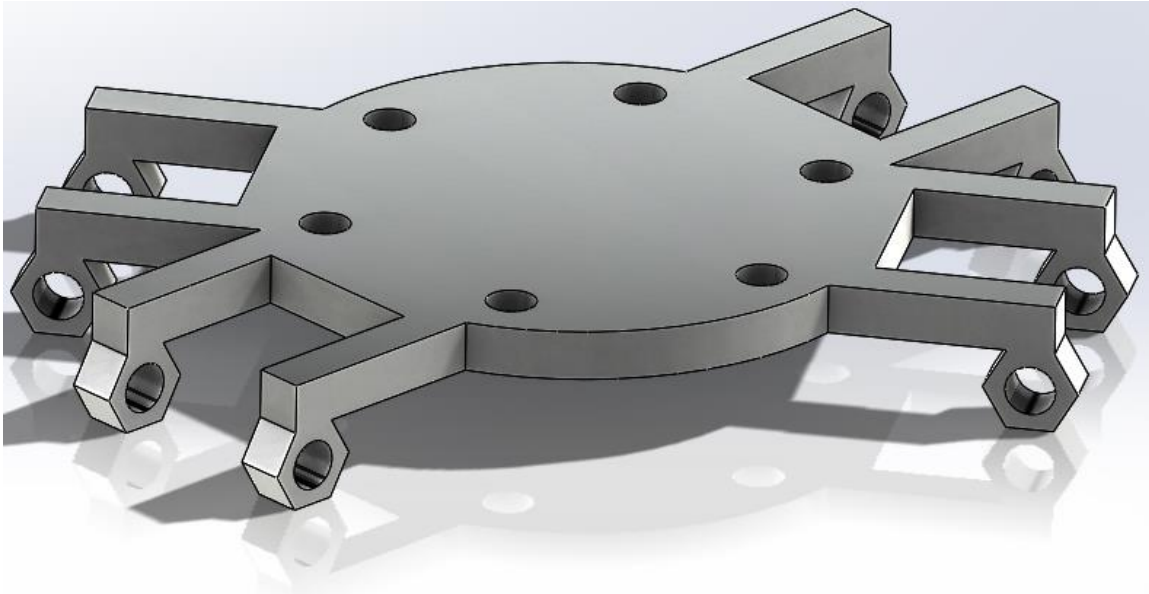
Unigripper tarttujan rungon (Kuva 2) suunnittelussa käytettiin apuna Unigripper 120/600/30.60/20 tarttujan teknisten piirustuksia. Suunnittelutyö tehtiin Solidworks 3d-mallinnus ohjelmalla.



Kuva 2. Unigripper tarttujan rungon 3-d malli. (Solidworks)

Unigripper tarttujan rungosta osat 1-4 (Kuva 4), osat 5-8 (Kuva 5) ja osa 13 ovat 3d-tulostettu polylaktidista (PLA). Nämä osat olisivat järkevämpi tulostaa glykolilla modifioidusta polyeteenitereftalaatista (PET-G), sen parempien mekaanisten ominaisuuksien vuoksi.

PLA valikoitui käytettäväksi materiaaliksi vain sen helpon saatavuuden takia. Osa 13 päätettiin vaihtamaan S235 rakenneteräksestä valmistettuun (Kuva 3) testien aikana. Osien mekaaninen kestävyys tarkistettiin Solidworks:n simulaatioiden avulla.



Kuva 3 Osan 13 3d-malli. (Solidworks)

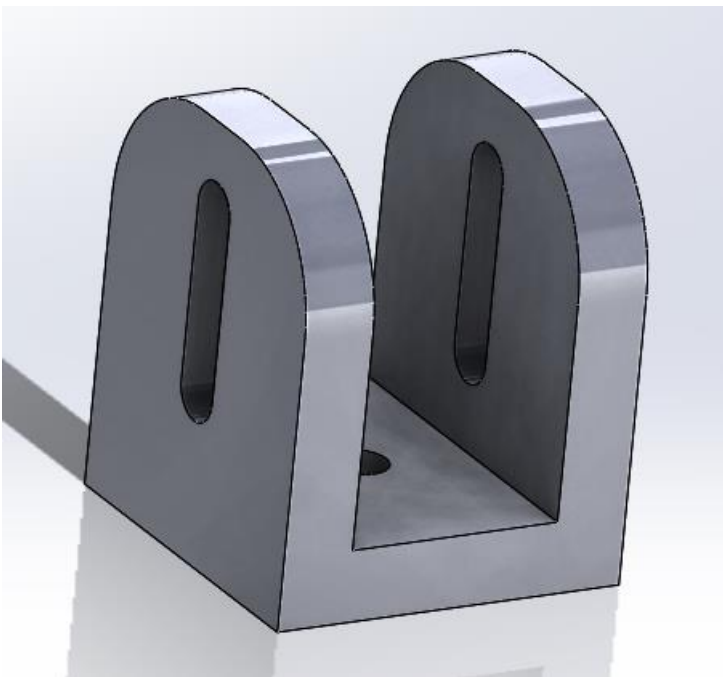
Rungon 3d-mallista puuttuu rungkon lyhemmän sivun osien 1 ja 2 sekä 3 ja 4 väliset C-kiskosta valmistetut tuet, joihin alipainelähtimet kiinnitettiin.

Kohtalaisen suuren huojumisen takia testien aikana runkoon lisättiin ristituet osien 9 ja 11 sekä 10 ja 12 (Kuva 6) välille tukevoittamaan rakennetta.

Tarttujan osat liitettiin toisiinsa pultti liitoksella.

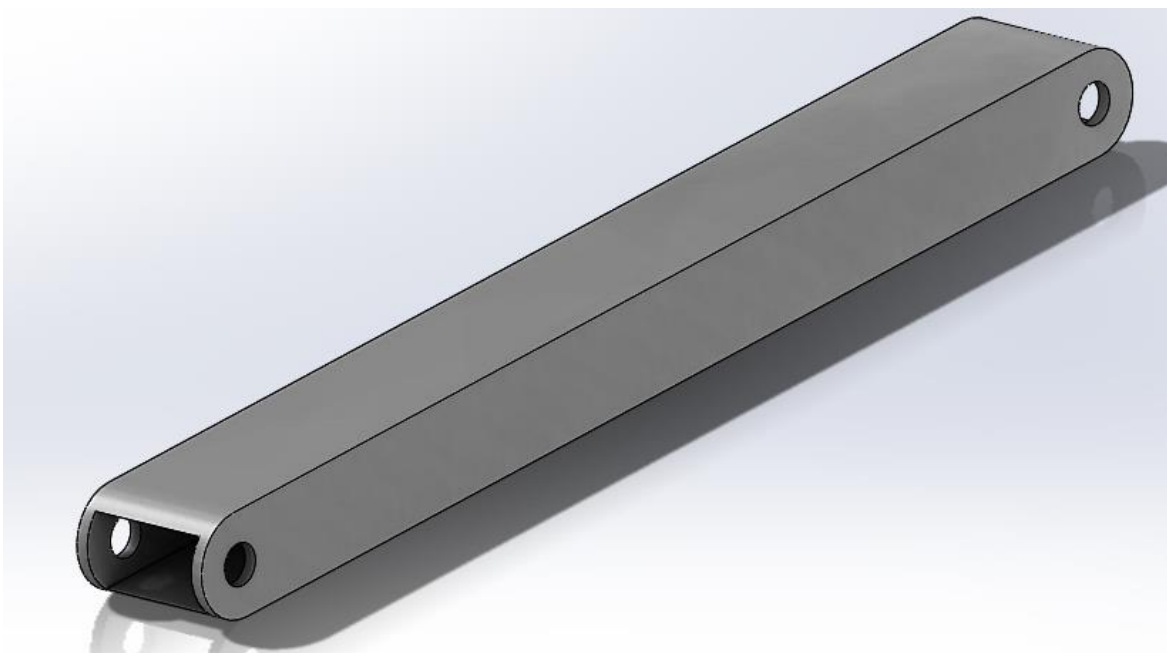


Kuva 4. Osien 1-4 3d-malli. (Solidworks)



Kuva 5 Osien 5-8 3d-malli

Osat 9-12 (Kuva 6) valmistettiin suorakulmaisesta huonekaluputkesta, sillä ne eivät olisi 3d-tulosteena kestäneet testeistä aiheutuvaa räsitusta.



Kuva 6 Osien 9-12 3d-malli

#### 4.2.2 Tartuntakomponentit

Unigripper tarttujan tartunta komponentteina käytettiin 2 kappaletta Unigripper 120/600/30.60/20 alipainetarttujaa. Tarttijat ovat rungossa kiinni 85mm etäisyydellä toisiinsa vierekkäin. Unigripper tarttujan tartuntakomponenttien ilmankulutus on verrattain hyvä, 105l/min/kpl.

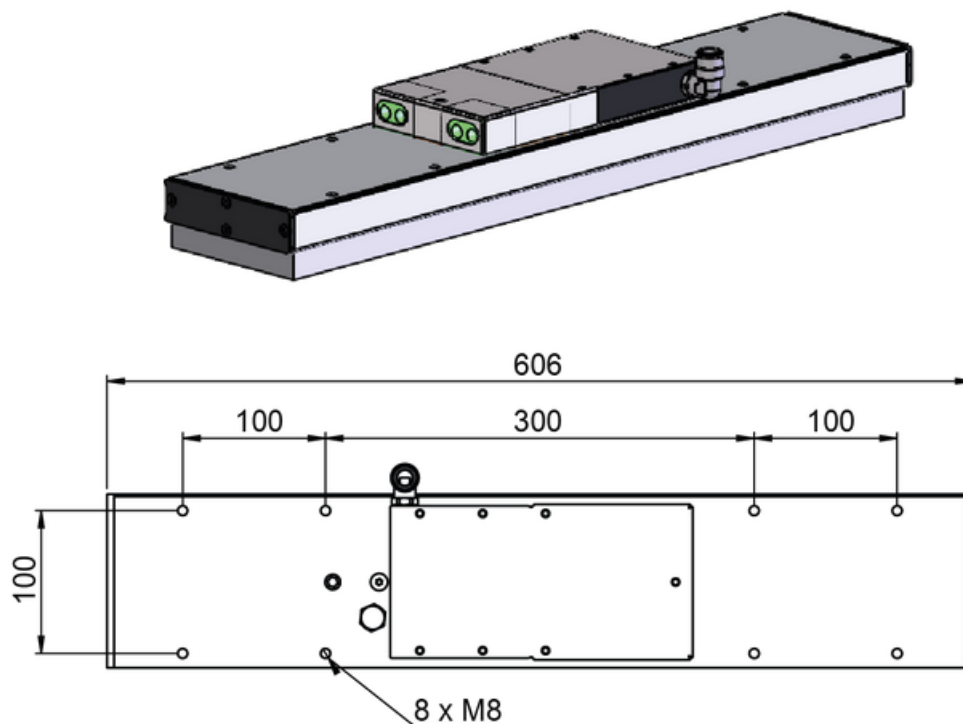
Kyseiset komponentit valittiin testeihin niiden kantokyvyn ja hinnan perusteella. Unigripper 120/600/30.60/20 on hinnaltaan huomattavasti muita testattavia tarttujia halvempi. Kyseiseen tarttujaan on hyvin helppoa ja nopeaa vaihtaa imupinta, silloin kun se sitä vaatii. Vanha poistetaan ja tarttujaan jääneet liimat puhdistetaan huolella, jonka jälkeen uusi imupinta liimataan kiinni. Mikäli käytössä on ylimääräinen foam carrier plate, voidaan tästä seisahdus ajasta saada vielä liiman kuivumisaika pois.

#### 4.2.3 Varustelu

Unigripper tarttujaan valittiin seuraavanlaiset osat:

- 2x venttiili
- 2x alipainelähetin
- 2x unigripper 120/600/30.60/20 alipainetarttuja

- runko

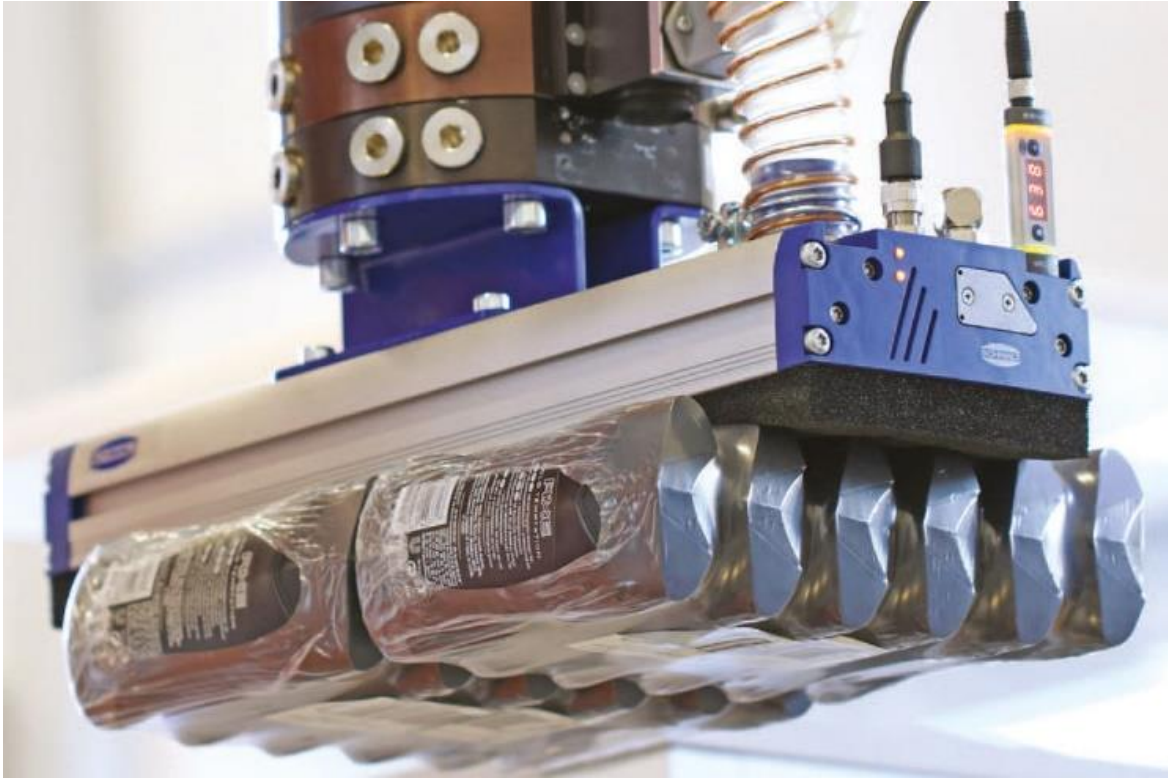


Kuva 7 Unigripper 120/600/30.60/20 (Unigripper)

#### 4.3 Schmalz

Schmalz tarttujaan haluttiin käyttää vastaavaa runkomallia kuin unigripper tarttujaankin. Schmalz tarttujan ejektoreiden sijainnin takia tätä ei täysin pystytty tekemään, joten siihen suunniteltiin hieman erilainen runko.

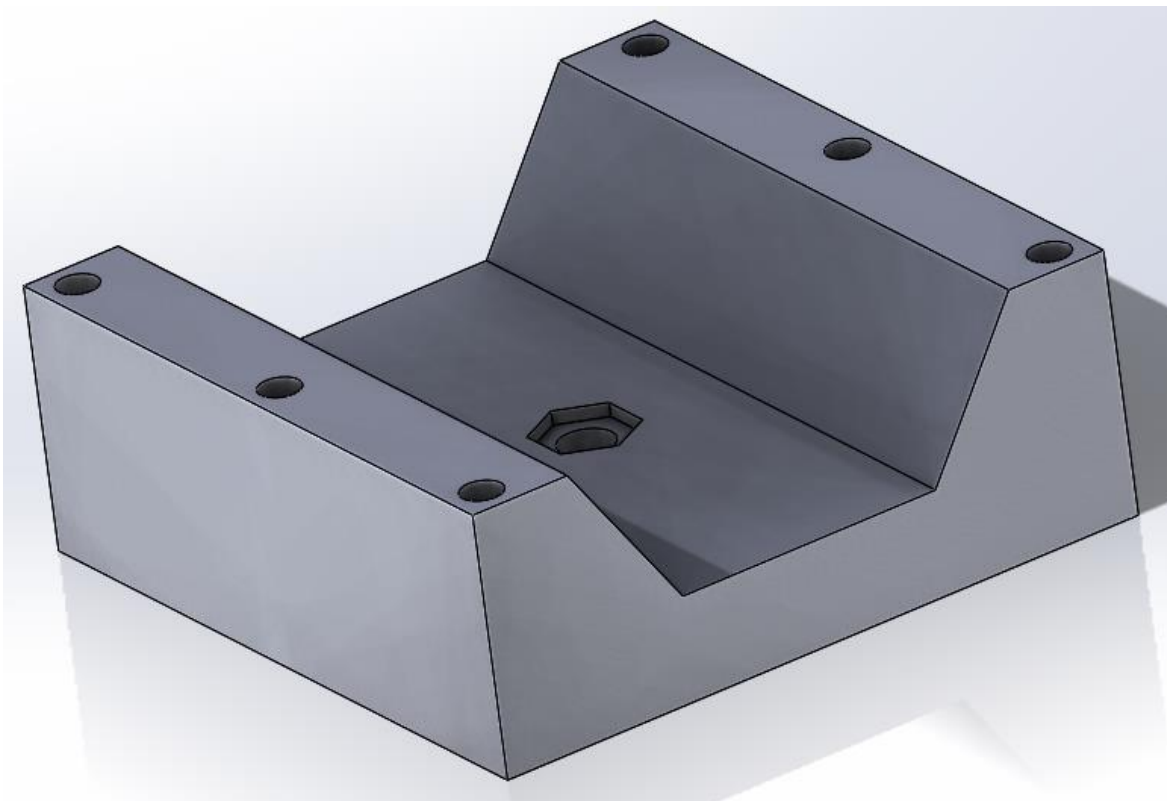




Kuva 8. Schmalz alipainetarttuja. (<https://www.schmalz.com>)

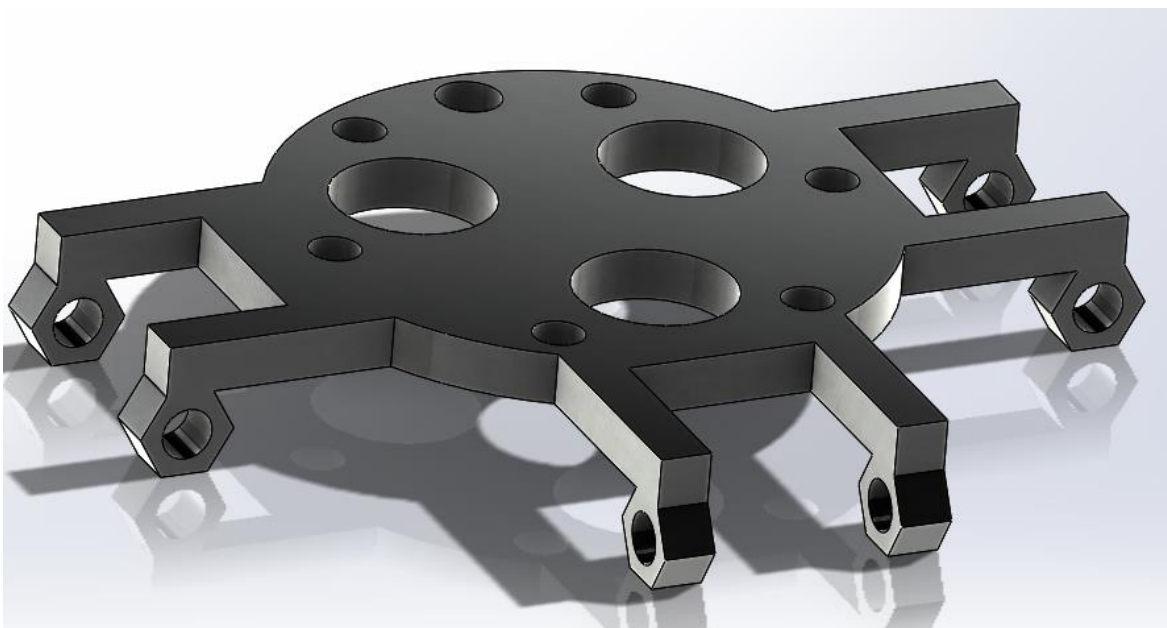
#### 4.3.1 Mekaaninen rakenne

Schmalz tarttujaan valmistettiin osat 1-4(Kuva 9) ja 5-8 polylaktidista 3d-tulostamalla. Osat 5-8 ovat samanlaiset osat kuin Unigripper tarttujan osat 5-8(Kuva 5).



Kuva 9 Osien 1-4 3d-malli kuvattuna alaviistosta

Tähänkin tarttujaan valmistettiin osien 5-8 ja osan 9 välille putkirakenne 20\*30mm huonekaluputkesta. Osa 12 3d-tulostettiin polylaktidista, mutta se murtui testien alettua. Uusi osa (Kuva 10) murtuneen tilalle valmistettiin S235 rakenneteräksestä.



Kuva 10 Osan 12 3d-malli

Osat 1-4 kiinnitettiin tarttujien runkoon. Osat 5-8 kiinnitettiin osiin 1-4. Osien 5 ja 12 sekä 6 ja 12 väleille kiinnitettiin osat 9 ja 10 (Kuva 11).



Kuva 11 Osien 9 ja 10 3d-malli

#### 4.3.2 Tartuntakomponentit

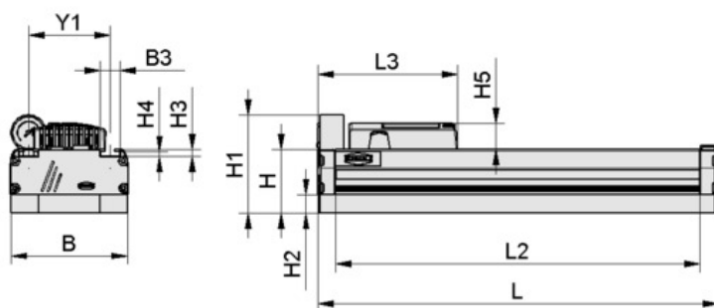
Schmalz tarttujan tartuntakomponenteiksi valittiin 2kpl Schmalz FXP-SVK 442 3R18 alipainetarttujaa. Nämä haluttiin testeihin niiden hieman lyhemmän pituuden takia, jotta nähtäisiin, onko n.600mm pitkien laatikoiden käsittelyyn tarvetta olla pidempi tartunta pinta.

Ilmankulutus Schmalz FXP-SVK 442 3R18:llä on huonompi kuin muilla, 250l/min/kpl. Tästä syystä sen käyttö on kalliimpaa.

#### 4.3.3 Varustelu

Schmalz tarttujaan valittiin seuraavanlaiset osat:

- 2x venttiili
- 2x alipainelähetin
- 2x Schmalz FXP-SVK 442 3R18 (Kuva 13 ja Kuva 12)
- runko



Attribute	Value
B	130 mm
B3	21.6 mm
H	70 mm
H1	109 mm
H2	20 mm
H3	7.7 mm
H4	5.5 mm
H5	28 mm
L	442 mm
L2	402 mm
L3	154 mm
Y1	90 mm
Valve type	SVK

Kuva 12 Schmalz FXP-SVK 442 3R18 (Schmalz)



Kuva 13 Schmalz FXP-SVK 442 3R18 (Schmalz)

## 4.4 Or1

Or1 tarttuja on Orfer Oy:n suunnittelema ja valmistama tarttuja sekalavaukseen. Kyseinen tarttuja on alun perin suunniteltu toimivaksi ratkaisuksi, mutta sille ei ole löydetty paremmin toimivaa vaihtoehtoa.

### 4.4.1 Mekaaninen rakenne

Tarttujan mekaaninen rakenne on hieman monimutkainen sen suuren venttiilimäärän takia. Lähes jokaista tarttujassa olevaa imukuppia ohjataan erillisellä venttiilillä. Tämän takia laitteen rakenne ei ole täysin optimaalinen.

Mikäli tarttujaa tarvitsee huoltaa, siitä joutuu purkamaan paljon osia ja sen takia tuotanto seisahtuu pidemmäksi ajaksi.

### 4.4.2 Tartuntakomponentit

Tarttujassa on käytössä n. 100 kpl paljeimukuppeja, joita ohjataan venttiileillä. Osa imukuppeista on yhdistetty pariaksi, jotta venttiileitä ei tarvittaisi niin montaa. Ilmankulutus tällä kokoonpanolla on n. 420l/min.

### 4.4.3 Varustelu

Or1 tarttujan osat:

- Festo VTUG-10 -venttiiliryhmiä
- Schmalz SBPL-ejektorit
- Festo DSNU-sylintereitä
- Festo VAF-alipainesuotimia

#### 4.5 Imukupit

Alipainetarttujiin on tarjolla hyvin laaja valikoima erilaisia imukuppeja. Näillä imukupeilla on monia eri tarttumista helpottavia ominaisuuksia.

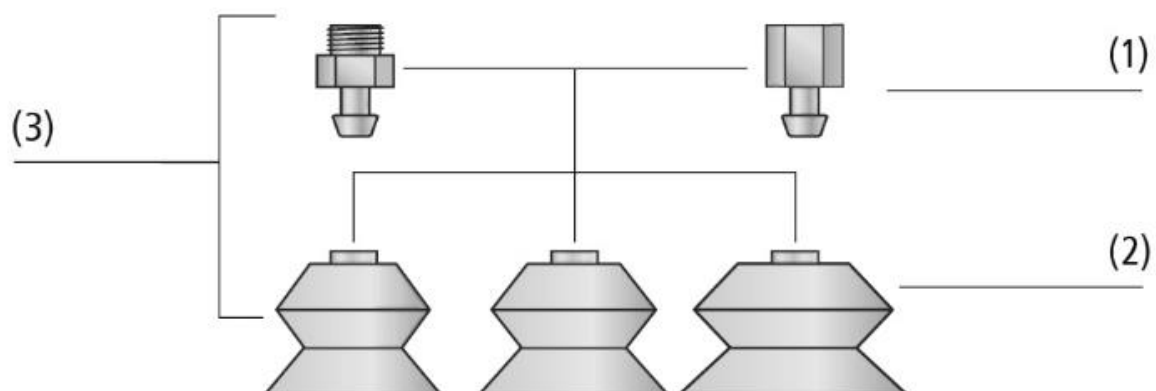
Imukupit (Kuva 14) toimivat niin, että imukuppi on painettuna kappaleeseen kiinni, sen sisäpuolelle imetään alipaine, jolloin imukuppi tarttuu kappaleeseen. Imukuppien tartuntaominaisuuksiin vaikuttaa suuresti imukupin materiaali. Imukuppeja voidaan valmistaa esimerkiksi polyuretaanista (PU).

Imukuppeja löytyy monilla eri rakenteilla. Kaikki erilaiset imukuppi mallit ovat luotu erilaisia käyttökohteita varten. Tavallisesti imukupit toimivat parhaiten tasaisilla sileillä pinoilla.



Kuva 14. Schmalz paljeimukuppi. (Schmalz)

Imukuppien rakenne määräytyy käsiteltävän kappaleen pinnan laadun ja muodon mukaan. Eniten käytettyjä malleja ovat erilaiset matalat, tuetut, syvät ja litteät imukupit ja paljeimukupit (Kuva 14 & Kuva 15). (Hulkkonen, 2007)



Kuva 15. Schmalz imukupin rakenne. (Schmalz)

#### 4.4 Solumuovi

Solumuovipinnoitetta käytetään alipainetarttujissa imukuppien korvaajana. Perinteisesti solumuovipinnoitteisia tarttuvia käytetään pinnaltaan epämääräisten kappaleiden käsittelyyn, kuten koiranruokapussit. Muita käyttöjä solumuovipinnoitteisille tarttujille löytyy muun muassa puuteollisuudesta, jossa esimerkiksi vanerilevyjä nostetaan käyttämällä solumuovipinnoitteisia tarttuvia.

Solumuovipinnoitteen materiaalin mukautuvuus kappaleen muotoihin on sen suurin vahvuus, kun kyseessä on epämääräisen muotoinen kappale. Solumuovi toimii myös varsin hyvin monilla sileillä pinnoilla.

## 5 TESTIT

### 5.1 Yleistä

Testit suoritettiin Orfer Oy:n tiloissa Orimattilassa. Käytössä oli Kawasaki RS080N nivelvarsi robotti (Kuva 16). Sekalavaus vaatii tarttujalta ominaisuuden pystyä käsittelemään monia eri kokoisia ja painoisia laatikoita.

Kaikilla tarttujilla testattiin useita eri kokoisia laatikoita useaan kertaan, jotta saataisiin mahdollisimman hyvä kuva tarttujien eri ominaisuuksista. Testattavia laatikoita oli yhteensä 12, osa huonokuntoisia.

Testeissä haluttiin selvittää tarttujien kyky käsitellä erilaisia laatikoita, sekä selvittää tarttujien ilmankulutus, syöttöilmanpaine ja saavutettu alipaine.

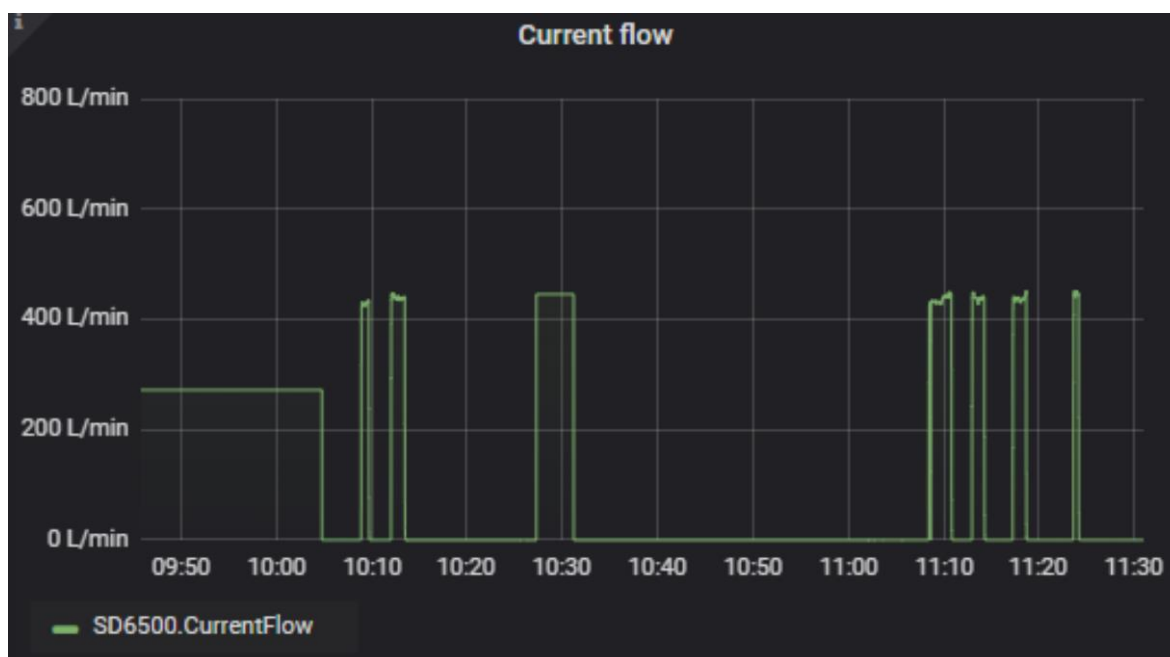


Kuva 16. Kawasaki RS080N. (<https://robotics.kawasaki.com/en1/>)



## 5.2 Schmalz

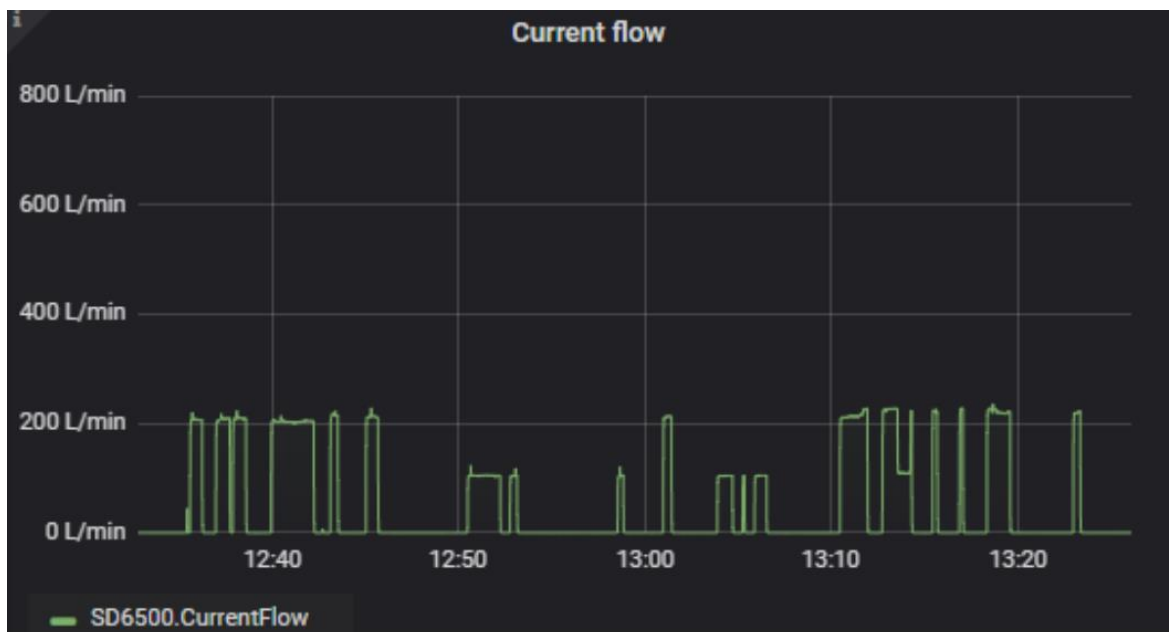
Schmalz tarttuja suoriutui testeistä kohtaisen hyvin ollakseen pienin tarttuja näissä testeissä. Suurin heikkous tarttujalla oli sen ilmankulutus (Kuva 17), joka on suurin näistä kolmesta testattavasta tarttujasta. Schmalz:n katalogin mukaan yhden Schmalz FXP-SVK 442 3R18 tarttujan ilmankulutus on 250l/min 5,5bar syöttöpaineella. Kyseisessä tarttujassa käytettiin kahta, jolloin ilmankulutus olisi 500l/min. Testeissä kuitenkin huomattiin, että todellinen ilman kulutus oli hieman vähäisempää, mutta silti enemmän kuin muilla tarttujilla.



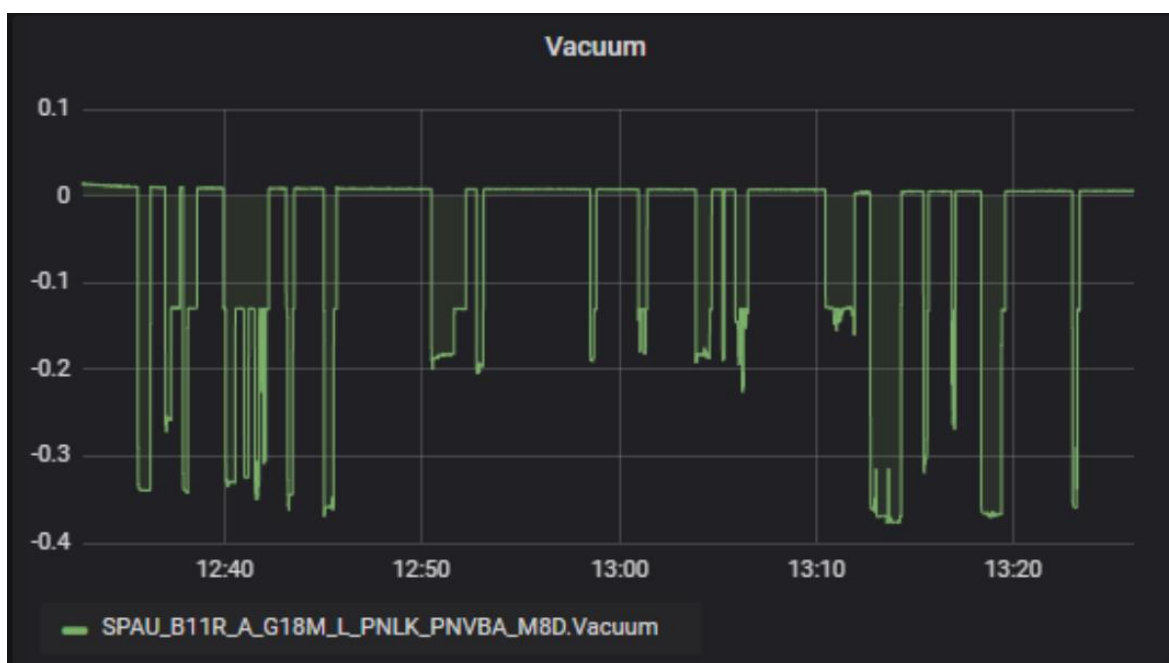
Kuva 17. Schmalz ilmankulutus

## 5.3 Unigripper

Unigripper tarttuja pärjäsi testeissä monin osin varsin hyvin. Ilmankulutus (Kuva 18) Unigripper tarttujalla oli huomattavasti vähäisempi kuin muilla, vain n.210l/min 6bar syöttöpaineella. Tämän lisäksi Unigripper tarttujan kyky toimia erilaisten laatikoiden käsittelyssä oli hyvä. Unigripper tarttuja on myös hinnaltaan huomattavasti pienempi kuin muut tarttijat, n.1000€ kokonaiskustannuksiltaan. Unigripper tarttujalla saatiin myös paras alipaine aikaiseksi, -0,53bar. Unigripper tarttujalla saatiin aikaiseksi suurimmassa osassa laatikoita n. -0,3bar alipaineen (Kuva 19).



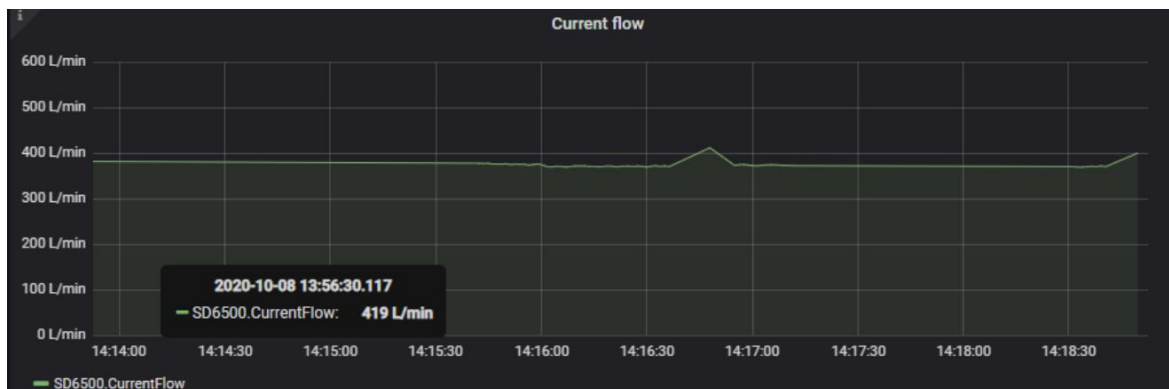
Kuva 18. Unigripper tarttujan ilmankulutus



Kuva 19. Unigripper tarttujan alipainetasoja

## 5.4 Or1

Or1 toimi testeissä oletetusti. Se suoriutui hyvä kuntoisten laatikoiden käsittelystä hyvin. Huomattiin, että kun käsiteltävä laatikko oli vähänkin kolhiintunut, ei Or1 onnistunut siihen enää tarttumaan samalla varmuudella kuin hyväkuntoiseen.



Kuva 20. Or1 ilmankulutus

## 5.5 Tulokset

Testitulokset taulukoitu (Kuva 22), jossa:

- Uni = Unigripper tarttuja,
- Sch = Schmalz tarttuja,
- Or1 = Orferin tarttuja, jolla laatikkoon on tartuttu kaikilla imukupeilla, jotka ovat laatikon alueella,
- Or1 2 = Orferin tarttuja, jolla laatikkoon on tartuttu Orferin käyttämän ohjelman mukaisesti, eli niin, että vain laatikon reunoilla olevat imukupit ovat käytössä.

Tuloksissa esitetty prosentteina robotin nopeus testiohjelmassa, jolla kyseisellä tarttujalla laatikon käsittely on onnistunut. Testeissä käytettiin useita eri kokoisia ja painoisia laatikoita (Kuva 21). Suurin testien laatikoista on E1, jonka mitat ovat 410\*605\*620, ja paino 19kg.

Laatikko	Paino (kg)	Pituus (mm)	Leveys (mm)	Korkeus (mm)
E1	19	605	410	620
E1M	4	605	410	620
A48	6,5	590	350	175
A48M	25	590	350	175
D1	2	325	235	285
A10M	5,9	200	150	120
A37M	15,9	390	290	250

Kuva 21 Laatikoiden koko ja paino taulukko.

E1 (19kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		65	65	90	90
E1 huono (19kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		60	55	0	0
E1 (muok. 4kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	100	100
E1 huono (4kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	0	50
A48 (6.5kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	100	100
A48 huono (6.5kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	65	100
A48 (25kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		70	90	0	0
A48 huono (25kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		50	30	0	0
D1 (2kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	100	100
D1 huono (2kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		100	100	100	100
A10 (5.9kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		60 huono	85	71	62
A37 (15,9kg)	Tarttuja	Uni	Sch Solu	Orfer kok	orfer
Nopeus johon pystyi (%)		50	50	50	60

Kuva 22. Tulostaulukko

Unigripper ja Schmalz tarttujilla testien tulokset olivat todella selkeät ja tasaiset. Näillä tarttujilla tulos pysyi joka kerralla samana, tai parempana, toisin kuin Or1 tarttujalla, jolla testituloksien vaihtelu oli suurimmillaan jopa 100% ero saman laatikon eri testi kerroilla. Suurimmat erot Or1 tarttujan testeissä oli huonokuntoisia laatikoita käsiteltäessä, kuten D1 laatikon käsittelyssä ei aluksi laatikko ollenkaan tarttunut imukuppeihin, vaan irtosi samantien. D1 laatikko saatiin kuitenkin lopulta pysymään imukupeissa kiinni, ja saatiin D1 laatikko pysymään kiinni 100% nopeudessa. Tästä saatiin selkeä kuva siitä, että kuinka suuri merkitys laatikon asennolla on, silloin kun kyseessä on imukuppitarttuja, sekä se kuinka epävarma kyseinen tarttuja on verrattuna toisiin tarttuja vaihtoehtoihin.

Tuloksista saatiin hyvin selkeä kuva imukuppien ja solumuovin välisistä eroista. Imukupit ovat parempi vaihtoehto silloin, kun tiedetään tarkalleen mihin tartutaan ja se, mihin tartutaan, pysyy samana ja saman kuntoisena. Tämä johtuu täysin siitä, että imukupit eivät ole luotu toimimaan epätasaisilla ja huonokuntoisilla pinnoilla. Solumuovipinnoite taas toimii paremmin näillä huonokuntoisemmilla pinnoilla, johtuen siitä, että se onnistuu mukautumaan kappaleen muotoihin paremmin kuin imukupit.

Tarttuja vaihtoehtojen tuloksia verratessa tarttujien hankinta ja valmistus kustannuksiin, näistä tarttujista parhaiten suoriutui Unigripper. Unigripper tarttujan hankinta ja valmistus kustannukset ovat huomattavasti vähäisemmät kuin muilla vaihtoehtoilla. Myös Unigripper tarttujan jatkuvat kulut, kuten ilmankulutuksesta aiheutuvat kulut ovat huomattavasti pienemmät kuin Or1 tai Schmalz tarttujalla. Unigripper tarttujan eduksi selvisi myös solumuovipinnoitteen imupinnan vaihtotyön nopeus. Tarttujan huolto kulut ja huolloista johtuvat tuotannon seisahdukset

## 6 YHTEENVETO

Tarttujen vaihtoehtojen tuloksia verratessa tarttujen hankinta ja valmistus kustannuksiin, näistä tarttujista parhaiten suoriutui Unigripper. Unigripper tarttujen hankinta ja valmistus kustannukset ovat huomattavasti vähäisemmät kuin muilla vaihtoehdoilla. Myös Unigripper tarttujen jatkuvat kulut, kuten ilmankulutuksesta aiheutuvat kulut ovat huomattavasti pienemmät kuin Or1 tai Schmalz tarttujalla.

Unigripper tarttujen eduksi selvisi myös solumuovipinnoitteen imupinnan vaihtotyön nopeus. Tarttujen huolto kulut ja huolloista johtuvat tuotannon seisahdukset aiheuttavat asiakkaille suuria kuluja. Tuotannon seisahdusaikaa lyhentämällä saadaan työt jatkumaan nopeammin ja vältetään ylimääräiset huollon valmistumisen odottelusta johtuvat kulut.

Unigripper 120/600/30.60/20 alipainetarttujen hankinta hinta, ja rungon osien valmistuskulujen alhaisuus luovat asiakkaalle alemman kynnyksen kertainvestoinnissa, kun uudenlaista sekalavaus järjestelmää hankitaan. Tarttujen rungon osien yksinkertaisuus ja alhaiset valmistuskustannukset tekevät tästä helposti ja nopeasti kokoonpantavan kokonaisuuden.

Unigripper tarttujen rungon mekaanisen rasituksen kestoa ja tarttujen suorituskykyä voidaan parantaa. Unigripper tarttujen alhainen hinta mahdollistaisi myös kolmannen Unigripper 120/600/30.60/20 alipainetarttujen lisäämistä testeissä olleiden kahden väliin. Tällä voitaisiin saavuttaa paremmat tulokset kyseisissä testeissä.

Sekalavauksen edelleen kehittämistä varten voisi tutkia sitä, että voitaisiinko standardoitu laatikko valikoima toteuttaa ja mitä sen toteuttaminen vaatisi. Lisäksi olisi hyvä tutkia löytyisikö solumuovipinnoitteen materiaaliksi joku vielä olemassa olevia materiaaleja paremmin pahlavilaatikoihin tarttuva materiaali.

## LÄHTEET

Hulkkonen, Veli 2007: Tyhjiötekniikka – ejektorit <https://www.salhydro.fi/files/PDF/2.tyhjiotekniikkaejektorit.pdf>

Kawasaki Robotics <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS080N/>

[https://robotics.kawasaki.com/userAssets1/productPDF/AS\\_Language.pdf](https://robotics.kawasaki.com/userAssets1/productPDF/AS_Language.pdf)

MPaVI Levin ammatit paineilman ja alipaineen. - M .: Konetekniikka, 1989. - 256 s.. - 15 000 kappaletta. - [ISBN 5-217-00601-3](https://www.isbn-international.org/number/978-952-17-0060-1)

Schmalz, <https://www.schmalz.com>

Schmaltz <https://www.schmalz.com/en/vacuum-technology-for-automation/vacuum-components/area-gripping-systems-and-end-effectors/vacuum-area-gripping-systems-fxp-fmp>