

Matti Pätsi

TESTIKASETTIEN SYÖTTÖLAITE

TESTIKASETTIEN SYÖTTÖLAITE

Matti Pätsi
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Matti Pätsi
Opinnäytetyön nimi: Testikasettien syöttölaite
Työn ohjaajat: Esa Kontio, Samuli Hietala
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 66 + 1 liite

Opinnäytetyössä suunniteltiin pikadiagnostiikassa käytettävien testikasettien syöttölaitteen prototyyppi. Työn toimeksiantajana toimi Ginolis Oy, joka on Oulunsalossa toimiva automaatioalan yritys. Työn tavoitteena oli suunnitella mekaanisesti toimiva, irtolastitavarana olevien testikasettien syöttölaitteen prototyyppi, jolla pystytään syöttämään testikasetteja tai vaihtoehtoisesti testikasettien pohja- ja kansiosia kokoonpanovaiheeseen.

Työ suoritettiin Oulun ammattikorkeakoulussa opettujen tuotekehitystoiminnan periaatteiden ja sääntöjen mukaisesti. Suunnittelutyön alussa pohdittiin työn ohjaajan kanssa syöttölaitteen toimintaperiaatetta, joka soveltuisi irtolastitavaran käsittelyyn. Yleisesti käytetty irtolastitavaran käsittelyyn tarkoitettu tärysäiliöpoimijan toiminnan periaate hylättiin, koska siitä aiheutuvat värähtelyvoimat voivat aiheuttaa ongelmia kokoonpanolinjan muissa soluissa.

Työssä päädyttiin lineaariliikkeen avulla tapahtuvaan syöttöön. Lineaariliikkeen aikaansaamiseksi työssä suunniteltiin askelmoottorikäyttöön perustuva kulissimekanismi. Lähtötietojen perusteella suoritettiin syöttölaitteen prototyypin mekaniikkasuunnittelu, prototyypin kokoaminen ja testaus. Prototyypin osien ja kokoonpanon mallinnus tehtiin pääosin Oulunsalossa yrityksen tiloissa.

Työn tuloksena saatiin 3D-mallit, työpiirustukset ja testaukseen soveltuva prototyyppi automaattisesta syöttölaitteesta. Prototyypin testauksen aikana todettiin, etteivät valmiit testikasetit sovellu irtotavarana säiliövarastoon, koska testikasettien sisällä olevat tyynyt ja nauha voivat vahingoittua. Syöttölaitteella saatiin syötettyä testaukseen saatavilla olevia testikasettien pohjaosia ulos säiliöstä, mutta hallitun syötön aikaansaamiseksi kehitystyötä ja testausta tarvitaan vielä lisää.

Asiasanat: asettelulaite, syöttölaite, prototyyppi

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical engineering and production technology, machine automation

Author: Matti Pätsi

Title of thesis: Feeder of Test Cassettes

Supervisors: Esa Kontio, Samuli Hietala

Term and year when the thesis was submitted: spring 2015 Pages: 66 + 1 appendix

The commissioner of this thesis was an automation industry company Ginolis Oy. It was founded in 2014, when the Finnish GIN ('10) acquired the Swedish Sigolis ('07). Ginolis Oy is specialized in manufacturing solutions, dispensing pump solutions, contract development and manufacturing services for production of high precision in vitro (IVD) diagnostic disposables.

In this thesis a prototype was designed of a bulk feeder of test cassettes for the test cassettes assembly line owned by the Ginolis Oy. This assembly line is called Ginolis Delilah™ Lateral Flow Assembly (LFA).

The work was carried out in accordance of product development. At first different sorts of feeders were studied, and the found information was exploited to design a mechanical operating bulk feeder. As a result of the design work, it was decided to make a stepper motor driven feeder. The rotary movement of the stepper motor was converted to linear feeding motion with crank mechanism.

At the end of design work the prototype of a bulk feeder was built up and tested. The test results showed that the bulk feeder could work with half parts of the test cassettes. The finished bulk feeder needs more development work in order to make a more accurate feeding possible.

A development proposal for the future could be a turning device which could be placed behind the bulk feeder. This turning device could turn the test cassettes to the right position. Also, the functional parts of the feeder could be a good target for further development so that the feeding could be more accurate

Keywords: layout machines, feeder, prototype

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö tehtiin työn tilaajalle Ginolis Oy:lle. Tässä työssä suunniteltiin ja testattiin syöttölaitteen toimintaa sekä mahdollisuutta olla yksi toiminnallinen osakokonaisuus yrityksen lateral flow assembly (LFA) eli pikadiagnostiikan tuotantolinjasta. Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin projektisuunnitelman teolla ja työn rajauksella syyskuussa 2014. Esisuunnittelu, mallinnus ja työpiirustusten teko saatiin valmiiksi tavoiteaikaan 31.12.2014 mennessä. Prototyypin osien valmistus ja kokoaminen aloitettiin tammikuun ensimmäisellä viikolla 2015, jonka jälkeen ensimmäiset testitulokset saatiin tammikuun kolmannella viikolla.

Alun perin syöttölaitteen prototyypin testauksen ja tulosten saamisen jälkeen helmikuun alussa oli tarkoitus aloittaa valmiin tuotteen suunnittelu. Kuitenkin ajan puutteen ja yrityksen sisällä tapahtuneiden suunnittelutöiden priorisoimisten takia aloitusajankohta on siirtynyt.

Ensisijaisesti haluan kiittää mahdollisuudesta tehdä tämä opinnäytetyö Ginoliselle. Haluan kiittää Ginolis Oy:n työntekijöitä, joilta sain apua tuotteen suunnittelussa, ohjaavaa opettajaa lehtori Esa Kontiota saadusta asiantuntevasta ja eteenpäin kannustavasta ohjaustyöstä sekä varsinaista ohjaajaa, tuoteomistaja Samuli Hietalaa saaduista asiantuntevista ohjeista ja vinkeistä laitteen suunnitteluun.

Oulussa 30.4.2015

Matti Pätsi

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
1.1 Tavoitteet	8
1.2 Ginolis	8
2 ASETTELULAITTEET JA TESTIKASETTIEN KOKOONPANO	9
2.1 Asettelulaitteet	9
2.1.1 Työkappalevarastot	9
2.1.2 Poimintalaitteet	12
2.1.3 Suuntaamislaitteet	13
2.1.4 Syöttölaitteet	13
2.2 Testikasetit	14
2.3 LFA	15
3 SYÖTTÖLAITTEEN SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELU	16
3.1 Lähtökohta ja suunnittelutyön perustana olevat testikasetit	16
3.2 Tehtävän määrittely	19
3.3 Syöttölaitteen vaatimuslista	19
3.4 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin	21
3.5 Syöttölaitteen morfologinen laatikko	22
4 SUUNNITTELUN ETENEMINEN	25
4.1 Mallinnus	25
4.2 Syöttölaitteen runko	25
4.3 Syöttävä toimilaite	27
4.3.1 Luisti	28
4.3.2 Lineaarijohteen valinta	30
4.3.3 Kampi, juoksurulla ja juoksurullan rata-alusta	34
4.3.4 Askelmoottori	35
4.4 Kammen lujuustarkastelu	41
4.5 Säiliövarasto	44

4.6 Passiivinen suuntaamislaite	47
4.7 Syöttölaite ja toimintaperiaate	48
5 PROTOTYYPIN TESTAUS JA TULOKSET	52
5.1 Teline	52
5.2 Syöttölaitteen prototyyppi	53
5.3 Testaus	54
5.3.1 Syöttöliikkeen testaus	54
5.3.2 Testikasettien syötön testauksen kulku	55
5.3.3 Syöttölaitteen muunneltavat asetukset	55
5.3.4 Kokonaiset testikasetit	56
5.3.5 Testikasettipuolikkaat	56
5.3.6 Testauksen yhteenveto	59
6 YHTEENVETO	61
LÄHTEET	64
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä suunnitellaan ja valmistetaan pikadiagnostiikassa käytettävien testikasettien syöttölaitteen prototyyppi. Automaattisen syöttölaitteen tarkoitus on toimia joko testikasettipuolikkaiden syöttäjänä kokoonpanovaiheeseen tai vaihtoehtoisesti toimia puskurivarastona kokoonpanuille testikaseteille. Tällä hetkellä kokoonpanolinjassa tapahtuva testikasettien syöttö tapahtuu makasiini-periaatteella, minkä takia säiliön täyttö on ollut työlästä. Suunniteltava syöttölaitte pystyy automaattisesti syöttämään testikasetit hihnalle irtotavaramateriaalista, jolloin säiliön täyttö ei ole aikaa vievä työvaihe. (Liite 1.)

1.1 Tavoitteet

Työn päätavoitteena on suunnitella irtotavarana olevien testikasettien syöttölaite ja tehdä siitä 3D-mallit, kokoonpano- ja työpiirustukset ja valmistaa näiden pohjalta prototyyppi testausta varten. Prototyypin testauksen aikana on tavoitteena saada mahdollisimman paljon yksityiskohtaista tietoa laitteen toiminnasta käytännössä ja soveltaa saatua tietoa valmiin syöttölaitteen suunnittelussa. Testauksen aikana nähdään myös, soveltuuko syöttölaite testikasettipuolikkaiden syöttölaitteeksi ja kokoonpantujen testikasettien puskurivarastoksi.

1.2 Ginolis

Ginolis Oy on automaatioalan yritys, joka kehittää standardoituja, modulaarisia ja tilaa säästäviä automaatoratkaisuja terveysteknologia- ja diagnostiikkateollisuuden kertakäyttötarvikkeiden ja -testien kehitykseen ja valmistukseen. Näihin kuuluvat esimerkiksi mikrofluidististen sirujen ja mikroneulojen käsittelylaitteistot sekä automaattiset testikasettien valmistamisessa tarvittavat nesteannostelu-, käsittely- ja kokoonpanojärjestelmät. (1.)

Ginolis Oy on perustettu vuonna 2014, kun suomalainen GIN yhdistyi ruotsalaisen Sigoliksen kanssa. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Oulunsalossa ja tytäryhtiö Uppsalassa. (1.)

2 ASETTELULAITTEET JA TESTIKASETTIEN KOKOONPANO

Tässä luvussa käsitellään suunnittelutyöhön liittyvää teoriatietoa asettelulaitteista ja niihin kuuluvista työkappalevarastoista, poimintalaitteista, suuntaamislaitteista ja syöttölaitteista. Suunnittelutyön mahdollistamiseksi luvussa käsitellään myös pikadiagnostiikassa käytettäviä testikasetteja yleisesti ja Ginolixen testikasettien kokoonpanolinjaa (LFA), jonka yhtenä toimivana elimenä suunniteltavan syöttölaitteen tulisi toimia.

2.1 Asettelulaitteet

Koneautomaatio rajoittuu pääasiassa kappaleenkäsittelyteollisuuteen. Tällä teollisuuden alalla, jossa tuotteet liikkuvat yleensä kappalemuodossa (2, s. 3), käytetään paljon asettelulaitteisiin kuuluvia siirto- ja syöttölaitteita. Näiden laitteiden tehtävänä on toimia seuraavasti:

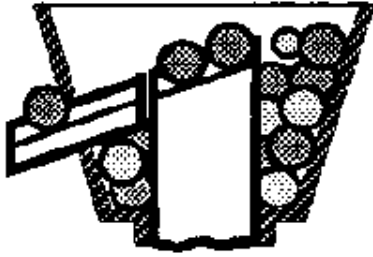
- siirtää kappale varastosta koneelle
- siirtää valmis kappale pois koneelta
- asettaa kappaleet työstökoneen istukkaan tai kiinnittimeen
- syöttää kappaleet ohjatusti työstöasemaan, mittaus- tai kokoonpanopaikalle tai kuljettimelle. (3, s. 15.)

2.1.1 Työkappalevarastot

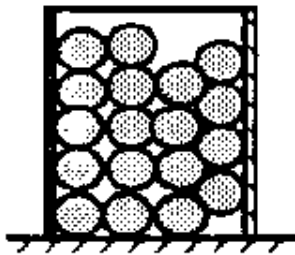
Kappalevaraston tehtävänä on toimia

- työstökoneen syöttövarastona
- tuotelinjan häiriöpuskurina
- tasausvarastona, joka poistaa koneryhmältä samatahtisuusvaatimuksen (2, s. 69).

Kappaleiden järjestyksen perusteella varastot voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään: säiliövarastot, pinovarastot ja makasiinit (kuva 1).



Säiliövarasto
- Kappaleet
epäjärjestyksessä



Pinovarasto
- Kappaleet osittain
epäjärjestyksessä

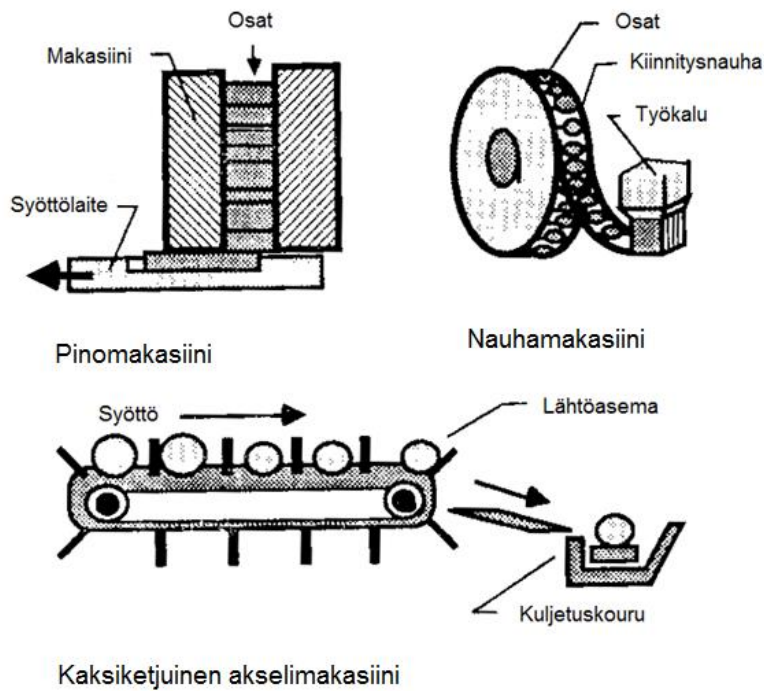


Makasiini
- Kappaleet
järjestyksessä

KUVA 1. Erilaisia työkalujen varastotyyppejä (3, s. 15)

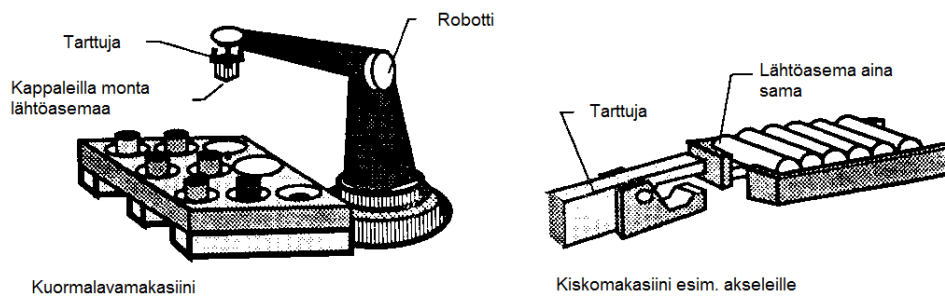
Säiliövarasto soveltuu pienille ja yksinkertaisille kappaleille ja on rakenteeltaan yksinkertainen. Koska robottien hahmontunnistus on nykypäivänä mahdollista konenäkösovellusten avulla (4, s. 206), säiliövarastointia käytetään ja tullaan käyttämään kappaleenkäsittelyautomaatiossa yhä enemmän. Robotti pystyy silloin tunnistamaan kappaleen asennon ja ottamaan kappaleen oikeassa asennossa epäjärjestyksestä seuraavaan työvaiheeseen. Kappaleiden poiminta säiliövarastosta voi kappaleen geometriasta riippuen tapahtua myös erilaisilla syötö- tai poimintalaitteilla.

Makasiineissa työkappaleet ovat hyvässä järjestyksessä, määrätystä asennossa ja tietyssä paikassa. Makasiiniratkaisuja on olemassa monenlaisia, ja käyttö riippuu yleensä syötettävän kappaleen ominaisuuksista. Kuvassa 2 on esitettyjä erilaisia makasiiniratkaisuja.



KUVA 2. Erilaisia makasiiniratkaisuja (3, s. 16)

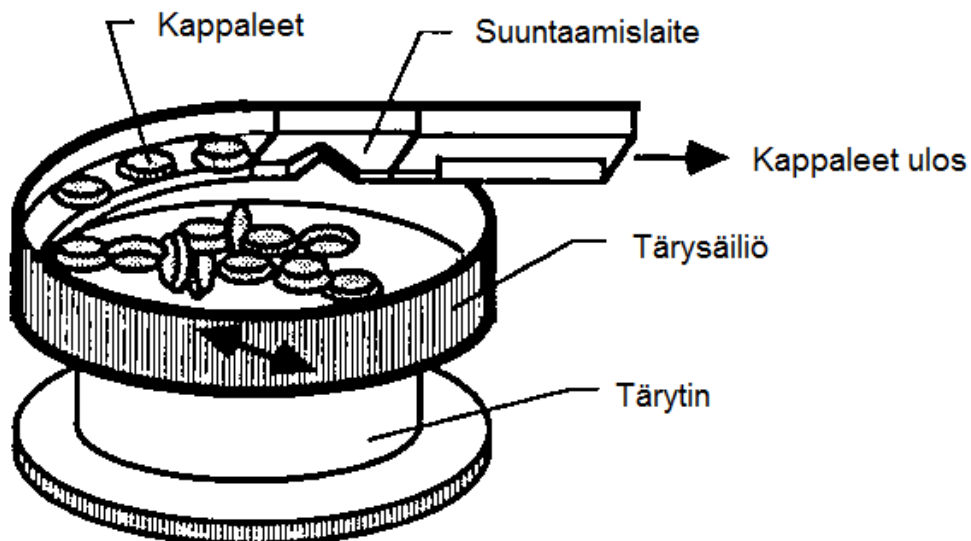
Työkappaleen ottaminen makasiinista tapahtuu syöttö- tai poimintalaitteella. Makasiinit voidaan jakaa luovutus- eli lähtöpaikan mukaan yhden ja monen lähtöpaikan sisältäviin makasiineihin (kuva 3). Yhden lähtöpaikan makasiineissa poimintalaite ottaa kappaleen samasta paikasta ja uusi kappale siirtyy tilalle. Monen lähtöpaikan makasiinien kohdalla kappaleeseen tarttuja siirtyy robotin ohjaamana kappaleen kohdalle. (3, s. 15.)



KUVA 3. Makasiinit robottikäytössä (3, s. 16)

2.1.2 Poimintalaitteet

Poimintalaitteita tarvitaan silloin, kun automaattisesti on siirrettävä kappaleita seuraavaan työvaiheeseen, kokoonpanoon, pakkaus koneelle, tarkastukseen tai mittaukseen. Poiminta tapahtuu automaattiossa erilaisilla tarttujilla, vetimillä, täryttimillä tai robotilla. (3, s. 17.) Kuvassa 4 on tärysäiliöpoimija, jossa suuntaamislaitte poimii oikeassa asennossa olevat kappaleet ja tiputtaa väärässä asennossa olevat kappaleet takaisin säiliöön.



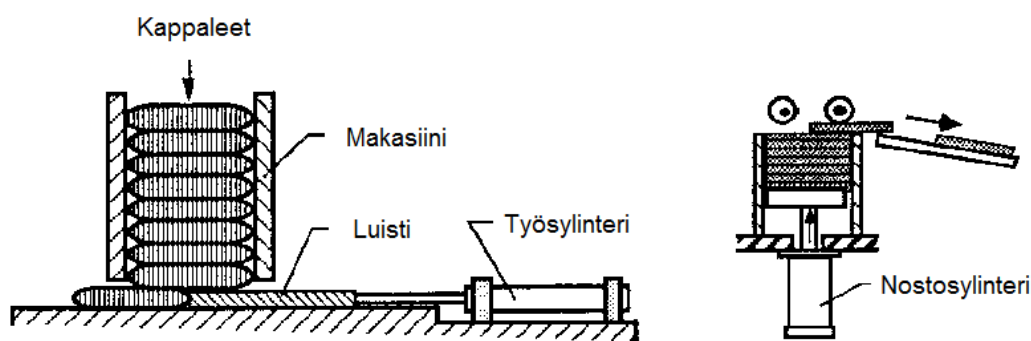
KUVA 4. Tärysäiliöpoimija (3, s. 17)

2.1.3 Suuntaamislaitteet

Suuntaamislaitteiden tehtävä on suunnata kappale haluttuun asentoon seuraavaa työvaihetta varten. Toimintaperiaatteen mukaan ne jaetaan kahteen ryhmään. Asentovalitsevat eli passiiviset hyväksyvät vain oikeassa asennossa olevat kappaleet ja hylkäävät vääräasentoiset. Kääntölaitteet (aktiiviset) hyväksyvät oikeassa asennossa olevat ja kääntävät väärässä olevat kappaleet oikein. Suuntaamislaitteet sijoitetaan varastosäiliöiden ja siirtoratojen yhteyteen. Näiden laitteiden rakentaminen ja valinta perustuu yleensä kappaleen ominaisuuksien tuntemiseen. (3, s. 17 - 18.)

2.1.4 Syöttölaitteet

Syöttölaitteella tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä laitetta, jolla syötetään työkappalevarastosta kappaletavaraa seuraavaan työvaiheeseen. Aimo Vaari toteaa vuoden 1988 automaatiotekniikan kirjassa syöttölaitteista seuraavaa: ”Syöttölaitteilla tarkoitetaan kappaleenkäsittelyautomaatiossa laitetta, jolla otetaan kappale makasiinista, siirretään kappale kuljettimelle tai tuodaan kappale käyttöpaikalle.” Pinomakasiiniperiaatteella toimivat syöttölaitteet voivat syöttää kappaleita joko pinon alta tai päältä (kuva 5). Syöttölaitteet voivat käsitellä automaatiiossa myös jatkuvaa lankaa, nauhaa tai tankoa, akseleita ja levyjä. (3, s. 18.)



KUVA 5. Syöttö kappalepinon alta ja päältä (2, s. 19)

2.2 Testikasetit

Diagnostiikassa käytettävien testikasettien (kuva 6) pääosat ovat kasetin pohja- ja kansiosa sekä näiden väliin asennettavat tyynynpalat ja nitroselluloosanauha. Suurimmassa osassa testeistä ihmisestä saatava näyte asetetaan kalvon päälle testikasetin päällä olevan aukon kautta. Pikatestejä käytetään laajasti monien sairauksien välittömään diagnosoimiseen. Yleisiä käyttökohteita ovat myös erilaiset huume- ja raskaustestit. (5.) Markkinoilla on saatavilla kaikenkokoisia, -värisiä ja -muotoisia testikasetteja, mutta suurimmaksi osaksi testikasettien päämuoto on suorakaide ja paksuus muutamia millimetrejä.



KUVA 6. Testikasetteja (7)

Malariatestissä kalvon pinnalle voidaan imeyttää kolmenlaista markkinoilla saatavilla olevaa vasta-ainetta, jonka tarkoituksena on reagoida näytteen kanssa ja antaa positiivinen tai negatiivinen tulos. Tulos on luettavissa testikasetin aukon kautta nauhalle ilmestyvinä viivoina. (6, s. 2.)

2.3 LFA

LFA (lateral flow assembly) on Ginolixen suunnittelema testikasettien kokoonpanolinja. Renderoidussa esityskuvassa (kuva 7) on pienemmän tuotantokapasiteetin LFA linja. Kuvasta näkee linjan tärkeimmän toiminnallisen kokonaisuuden, joka on Delilah SCARA (selective compliant assembly robot arm) kokoonpanorobotti. (8.)



KUVA 7. Ginolis Delilah™ Testikasettien kokoonpanolinja (LFA) (9, s. 1)

Kokoonpanolinjan toiminta on lyhyesti kerrottuna seuraavanlainen: linjan alkupäässä leikkuuyksikkö leikkaa kahdelta rullalta syötettävää nitroselluloosakalvoa ja tyynynauhaa oikeanpituisiksi paloiksi. Testikasettien sisälle asennettavat kalvon- ja tyynynpalaset kulkevat kuljettimia pitkin kokoonpanorobotille.

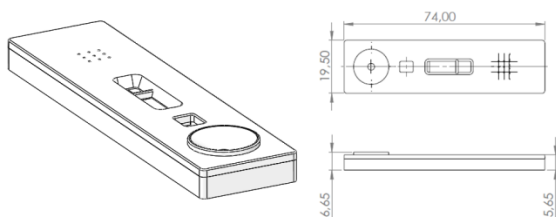
Leikkuuyksikön rinnalla toimii kaksi makasiinisyöttäjää, jotka syöttävät kahdelle rinnakkaiselle kuljettimelle testikasetin pohja- ja kansiosia. Kokoonpanorobotti poimii ensin kalvonpalasen ja asettaa sen kasetin pohjalle, minkä jälkeen sen pinnalle annostellaan pikatestistä riippuen pieni määrä vasta-ainetta. Kalvon päälle nostetaan kaksi tyynynpalasta, minkä jälkeen kansiosa nostetaan pohjapalan päälle ja prässätään kiinni. Viimeisessä vaiheessa testikasetti kulkee tarkastuspisteen kameran alle kuvattavaksi ja kokoonpanon lopputuloksesta riippuen joko hylätään tai hyväksytään.

3 SYÖTTÖLAITTEEN SYSTEMAATTINEN SUUNNITTELU

3.1 Lähtökohta ja suunnittelutyön perustana olevat testikasetit

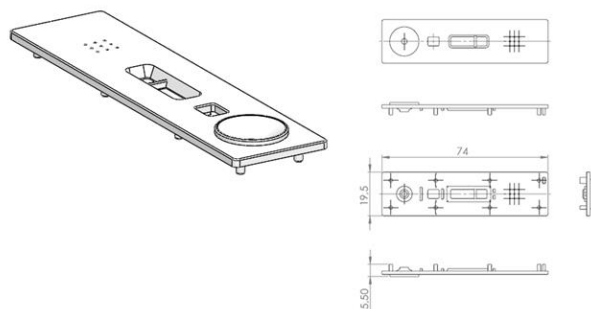
Tämän suunnittelutyön lähtökohtana on suunnitella syöttölaitteen prototyyppi, jonka testaamisen aikana on saada tietoa testikasettien syötöstä käytännössä ja soveltaa sitä valmiin syöttölaitteen suunnittelussa. Prototyypin pitää pystyä syöttämään kahdenlaisia testikasetteja sekä näiden pohja- ja kansiosia. Koska suunniteltava laite on prototyyppi, on sen valmistuskustannusten pysyttävä matalalla.

Työn alussa saatiin käyttöön kolmen eri valmistajan testikasettimallit, joiden perusteella syöttölaitteen suunnittelu toteutettiin. Kuvassa 8 on malariatestiin käytövalmis testikasetti.



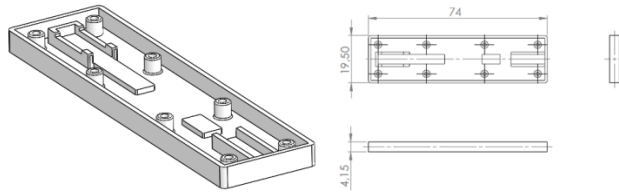
KUVA 8. Malariatestikasetti

Malariatestikasetin yksi pääosa on sen kansiosa. Kansiosan (kuva 9) päällä olevan reiän kautta verinäyte imeytetään testikasetin sisällä olevalle tyynylle. Tyynyn kautta verinäyte imeytyy nitroselluloosanauhan pinnalle. Tulos luetaan näytteenottoreiän vieressä olevan aukon kautta.



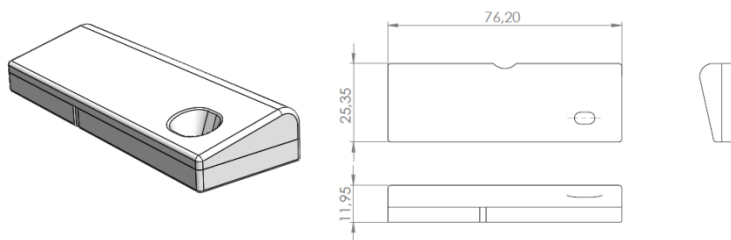
KUVA 9. Malariatestikasetin kansiosa

Nitroselluloosanauha asetetaan pohjaosan (kuva 10) keskellä olevien korokkeiden päälle. Nauhan päälle asetetaan kaksi tyynynpalasta, joiden tehtävänä on pitää nauha paikallaan ja imeä verinäyte.



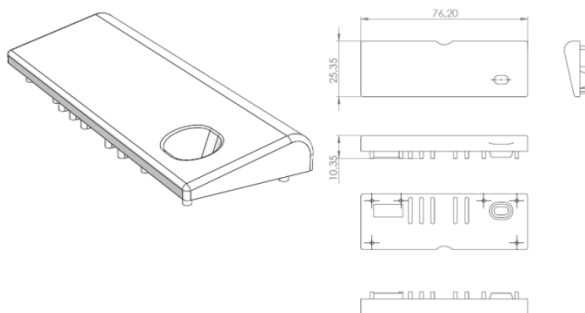
KUVA 10. Malariatestikasetin pohjaosa

Markkinoilla on saatavilla myös hieman isompikokoinen ja läpileikkaukseltaan kolmionmallinen testikasettimalli (kuva 11). Pääosat testikasetissa on samat kuin pienemmässä (kuva 8) malariatestikasetissa.



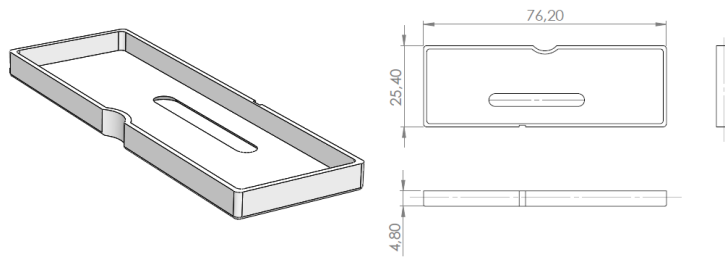
KUVA 11. Toinen malariatestikasetti

Suurin eroavaisuus kuvan 9 malariatestikasettiin verrattuna on sen kolmionmallinen kansiosa (kuva 12). Kansiosan päällä on aukko, jonka kautta verinäyte imeytetään nitroselluloosanauhalle.. Kansiosan sisällä on ulokkeita, jotka pitävät testikasetin sisälle asetettavan nauhan ja tyynyparin paikoillaan.



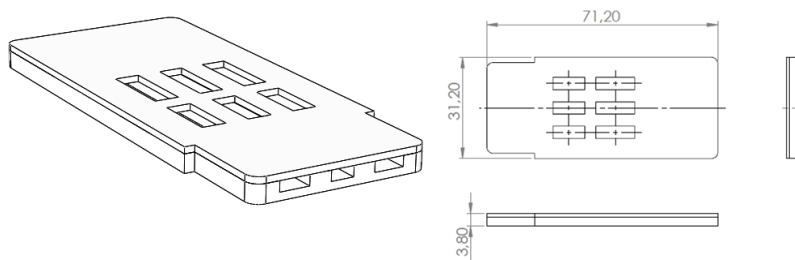
KUVA 12. Toisen malariatestikasetin kansiosa

Toisin kuin kuvan 8 malariatestikasetissa, tässä testikasettimallissa tulos luetaan pohjaosan (kuva 13) aukon kautta.



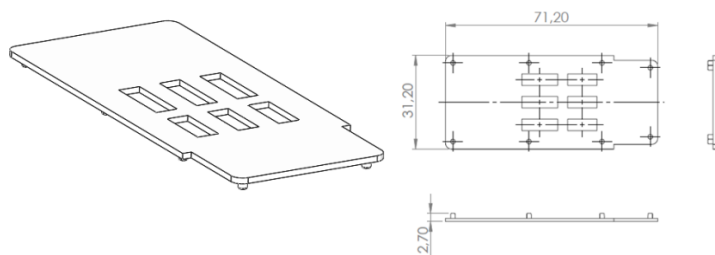
KUVA 13. Toisen malariatestikasetin pohjaosa

Huumetesteihin käytettävä testikasettimalli (kuva 14) on muodoltaan leveämpi kuin malariatesteihin käytettävä. Tämä johtuu siitä, että sen sisälle asennetaan useampi nitroselluloosanauha. Jokaiselle nitroselluloosanauhalle imeytetään eri vasta-ainetta. Tämän avulla on mahdollista testata sylkinäytteestä useamman huumausaineen esiintyvyys.



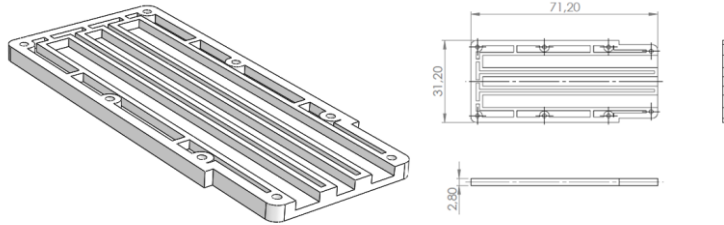
KUVA 14. Huumetestikasetti

Tulos huumausaineiden esiintyvyydestä luetaan huumetestikasetin kansiosan (kuva 15) päällä olevien kolmen jonossa olevan aukkoparin kautta.



KUVA 15. Huumetestikasetin kansiosa

Pohjaosan (kuva 16) sisällä on kolme uraa, johon nitroselluloosanauhat asennetaan. Nitroselluloosanauhojen päälle asennetaan nauhoja paikallaan pitävät tyynyt.



KUVA 16. Huumetestikasetin pohjaosa

3.2 Tehtävän määrittely

Tehtävänä oli suunnitella pikadiagnostiikassa käytettävien testikasettien syöttölaitteen prototyyppi. Syöttölaitteesta suunniteltiin sellainen, että se voi toimia erimallisten testikasettipuolikkaiden syöttäjänä tai käyttövalmiiden testikasettien välivarastona ja syöttäjänä. Kummassakin tapauksessa testikasetit ovat irtovaramateriaalina. Tehtävänä ei ollut suunnitella kääntölaitetta, joka kääntää testikasetit syötön jälkeisessä työvaiheessa oikeaan asentoon. Syöttölaitteen piti kuitenkin sisältää suuntaamislaite, joka suuntaa testikasetit kääntövaiheeseen vaaka-asennossa.

3.3 Syöttölaitteen vaatimuslista

Suunnittelutyön alussa pohdittiin työn ohjaajan kanssa syöttölaitteen prototyypin toiminnan ja toteutuksen onnistumisen kannalta tärkeimpiä vaatimuksia. Vaatimuksista koottiin vaatimuslista (taulukko 1). Koska suunniteltava ja rakennettava syöttölaite on prototyyppi, tärkeimmäksi vaatimuksista nousivat laitteen hinta ja säätömahdollisuus. Lähes yhtä tärkeään asemaan nousivat laitteen toimivuus ilman häiriötiloja, kotelointi ja muutosten tekemä mahdollisuus laitteelle.

TAULUKKO 1. Syöttölaitteen vaatimuslista

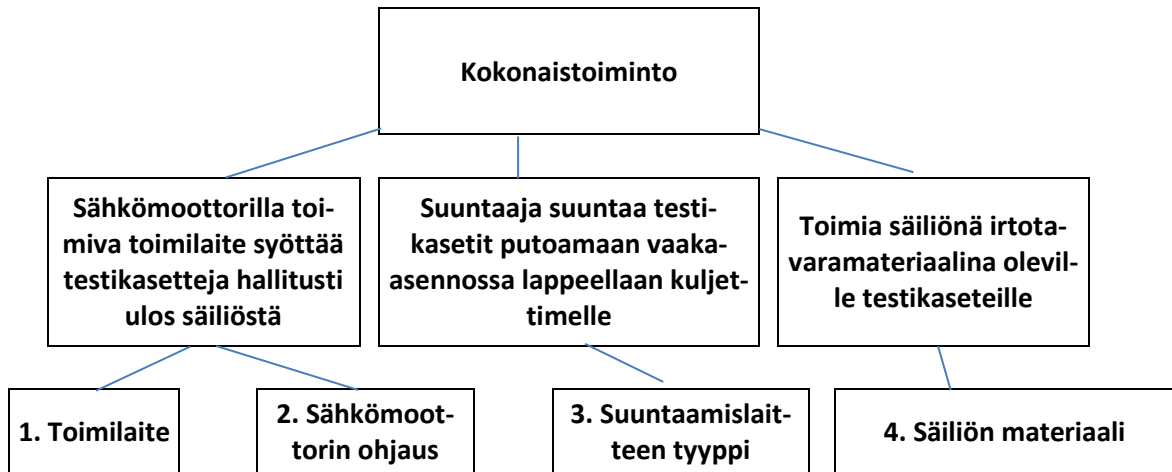
Testikasettien syöttölaitteen prototyypin vaatimuslista		
KV, VV, T	Vaatusmus	Tärke- ys
	1. Geometria	
KV	Syöttölaitteessa oltava säiliötila syötettäville testikaseteille	
KV	Syöttölaitteen pitää pystyä syöttämään testikasetteja ulos säiliöstä ilman häiriötiloja	xx
KV	Geometria laitteella pitää olla sellainen, että se voidaan liittää osaksi LFA tuotantolinjaa	
VV	Säiliöön on mahdollista kahden tunnin aikana syötettävä testikasettimäärä. Syötön tahtiaika yhdelle kasetille 4 sekuntia	
	2. Voimat	
VV	Syöttölaitteen sähkömoottorin vääntömomentin oltava riittävä	
T	Syöttölaitteesta ei saa aiheutua LFA- tuotantolinjaa häiritsevää ääntä	
	3. Energia	
KV	Käyttövoimana DC sähkömoottori	
	4. Aine	
KV	Koneistettavat osat valmistetaan alumiinista	
KV	Mahdolliset ohutlevyosat valmistetaan ruostumattomasta AISI 304 teräksestä	
T	Säiliön levyosat valmistetaan läpinäkyvästä muovista	
	5. Turvallisuus	
KV	Syöttölaitteen liikkuvat osat ja muut komponentit suojataan koteloidulla	x
KV	Syöttölaitteen toiminta on pysäytettävissä mahdollisimman nopeasti vaaratilanteen sattuessa	
	6. Valmistus	
T	Mahdollisimman yksinkertaiset ja koneistuskustannuksiltaan alhaiset osat	xxx
KV	Osto-osat tilataan alan jälleenmyyjiltä	
KV	Prototyyppi kasataan ja testataan Ginoloksen omilla tiloilla	
	7. Tarkastus	
KV	Prototyypin toiminta testataan ja mahdolliset puutteet ja parannusehdotukset kirjataan ylös.	
	8. Käyttö	
KV	Säiliön käsin täyttämisen jälkeen syöttölaite toimii automaattisesti	
VV	Laite pitää olla säädettävissä, jotta erikokoisten testikasettien syöttö onnistuu.	xxx
	9. Kunnossapito	
VV	Laitteen kotelointi ja suurin osa osista pitää pystyä purkamaan mahdollisten muutostöiden takia	xx

KV = Kiinteä vaatimus VV = Vähimmäisvaatimus T = Toivomus

3.4 Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin

Koska syöttölaitteen systemaattinen suunnittelu kokonaisuutena olisi ollut hankalaa, jaettiin syöttölaitteen kokonaistoiminto osatoimintoihin. Näistä osatoimintoista muodostettiin toimintakaavio (taulukko 2). Syöttölaitteen tuli sisältää sähkömoottorilla toimiva toimilaite, joka syöttää testikasetteja säiliövarastosta suuntaamislaitteen kautta kuljetinhihnalle. Tämä kokonaistoiminto jaettiin neljään osatoimintoon, jotka ovat toimilaite, sähkömoottorin ohjaus, suuntaamislaitteen tyyppi ja säiliön materiaali.

TAULUKKO 2. Toimintakaavio



3.5 Syöttölaitteen morfologinen laatikko

Kun kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin oli suoritettu, laadittiin osatoiminnoille morfologinen laatikko (taulukko 3) havainnollistavuuden helpottamiseksi. Morfologinen laatikko sisältää neljä osatoimintoa ja näille osatoiminnoille parhaat ratkaisuvaihtoehdot.

TAULUKKO 3. Morfologinen laatikko

Osatoiminto	Ratkaisu			
	1	2	3	4
Toimilaite	Kolakuljetin	Lineaariliikkeinen luisti	Epäkesko	Sileä muovihihnakuuljetin
Sähkömoottorin ohjaus	Servo	Askel		
Suuntaamislaitteen tyyppi	Passiivinen	Aktiivinen		
Säiliön materiaali	Polykarbonaatti (PC)	Akryyli (PMMA)		

Syöttölaitteen toimilaite, jolla testikasettien syöttö tapahtuu, voisi olla pienikokoinen kolakuuljetin, lineaariliikkeellä toimiva luisti, epäkesko tai sileä muovihihnakuuljetin. Sähkömoottori pitää olla joko servo- tai askelohjattu, jotta syöttötapahtuma on helposti säädettävissä. Suuntaamislaitte voi olla joko passiivisesti tai aktiivisesti toimiva. Säiliövaraston pitää olla läpinäkyvä, jotta testikasettien käyttäytyminen säiliössä syötön aikana voidaan helposti nähdä. Kaksi hyvää vaihtoehtoa läpinäkyväksi säiliön materiaaliksi on polykarbonaatti (PC) ja akryyli (PMMA).

TAULUKKO 4. Ratkaisuvaihtoehdot

Ratkaisuvaihtoehdot	Yhdistelmä			
VE 1	2	2	1	2
VE 2	2	1	2	2
VE 3	3	1	1	1

Ratkaisuvaihtoehdot ovat seuraavat (taulukko 4):

- VE1: Askelmoottoriorhjattu luisti syöttää testikasetteja akryylilevysäiliöstä passiivisesti toimivan suuntaamislaitteen kautta kuljetinhihnalle.
- VE2: Servomoottoriorhjattu luisti syöttää testikasetteja akryylilevysäiliöstä aktiivisesti toimivan suuntaamislaitteen kautta kuljetinhihnalle.
- VE3: Servo-ohjattu epäkeskomoottori tärisyttää testikasetteja polykarbonaattisäiliöstä passiivisesti toimivan suuntaamislaitteen kautta kuljetinhihnalle.

Parhaan ratkaisuvaihtoehdon selvittämiseksi laadittiin arviointitaulukko (taulukko 5), jossa kolmea eri versiota VE1, VE2 ja VE3 arvioidaan kuuden eri vaatimuksen pohjalta. Jos ratkaisuvaihtoehdo täyttää vaatimuksen hyvin, saa se taulukossa merkin +, jos ratkaisuvaihtoehdo täyttää vaatimuksen puutteellisesti saa se silloin merkin -.

TAULUKKO 5. Ratkaisuvaihtoehtojen arviointi

Ratkaisuvaihtoehdot	Tehtävän asetusta vastaava	Toteutuskelpoisuus hyvä	Täyttää kiinteät vaatimukset	Kustannukset sallituissa rajoissa	Täyttää turvallisuusvaatimukset	Sujuva toiminta
VE1	+	+	+	+	+	+
VE2	+	+	+	-	+	+
VE3	+	-	+	+	+	-

Ratkaisuvaihtoehtojen arvioinnit ovat seuraavat (taulukko 5):

- VE 1: Täyttää kaikki taulukon vaatimukset hyvin. Päätös: +, lopulliseen arviointiin.
- VE 2: Täyttää kaikki vaatimukset hyvin, mutta aktiivisesti toimiva suuntaamislaitte lisää kustannuksia merkittäväksi. Päätös: +, lopulliseen arviointiin.
- VE 3: Epäkeskomoottorin värinällä toteutettava syöttötapahtuma, voi muodostua ongelmaksi linjan muulle toiminnalle ja sujuva toiminta voi olla vaikea saavuttaa. Päätös -, hylätään.

Kolmesta eri versiosta VE1 ja VE2 menevät vielä lopulliseen arviointiin (taulukko 6), jossa versiot pisteytetään asteikolla 1-5. Arvioitaville kohdille on annettu painokerroin asteikolla 1-9. Painokertoimeen vaikuttaa vahvasti vaatimuslistassa (taulukko 1) tärkeysasteeltaan korkeimmat vaatimukset. Pisteytys tapahtuu niin, että jokaisessa arvioitavassa kohdassa painokerroin kerrotaan version saamalla pistemäärällä ja tulokset lasketaan yhteen. Lopullisen arvioinnin tuloksena VE1 saa 127 pistettä ja näin ollen siirtyy jatkokehittelyyn.

TAULUKKO 6. Lopullinen arviointi

	Osien määrä	Liikkuvien osien määrä	Huollettavuus	Arvioitu paino	Käytettävyys/Toimintavarmuus	Valmistettavuus	Hinta	
Painokerroin	6	2	4	3	9	8	8	Yhteensä
VE1	4	4	4	4	3	4	4	127
VE2	2	2	3	3	4	4	2	121

4 SUUNNITTELUN ETENEMINEN

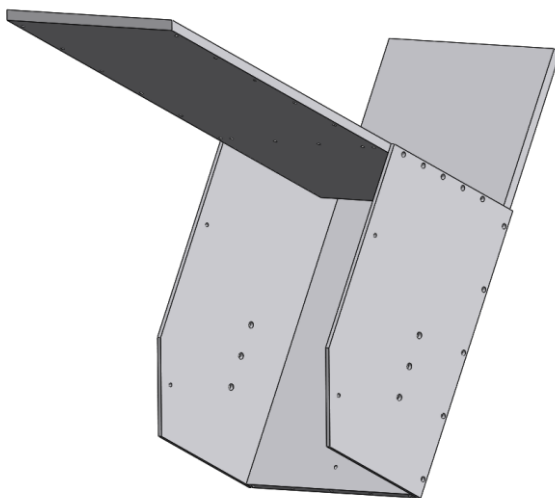
4.1 Mallinnus

Suunnittelussa päätyökaluna käytettiin Solidworks 2014 -3D-suunnitteluohjelmistoa. Tämä mallinnusohjelmisto valittiin siksi, koska tätä ohjelmistoa käytetään yrityksessä päätyökaluna mekaniikan suunnittelussa ja olen itse käyttänyt tätä suunnitteluohjelmistoa eniten. Kyseisellä mallinnusohjelmistolla onnistuu 3D-mallien luominen, mallien pohjalta 2D-piirustusten tekeminen ja voima-analyysien tekeminen osa- ja kokoonpanotasolla.

Syöttölaitteen ensimmäisten luonnosten tekemisessä käytettiin ilmaista opiskelijaversiota. Lopulliset 3D-mallit ja 2D-piirustukset syöttölaitteen osista ja kokoonpanosta tehtiin yrityksen täysversiolla.

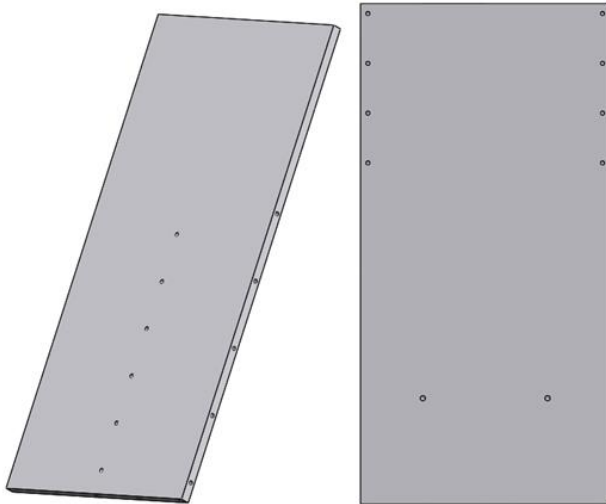
4.2 Syöttölaitteen runko

Syöttölaitteen runko (kuva 17) suunniteltiin alumiinista valmistettavaksi. Runko koostuu neljästä alumiinilevyosasta. Rungon tehtävänä on toimia kiinnitysalustana muille suunniteltaville komponenteille, kuten syöttävälle toimilaitteelle ja testikasettien irtotavarasäiliölle. Rungon kokonaispaino Solidworksin massa-analyysin mukaan on noin 4,25 kg.



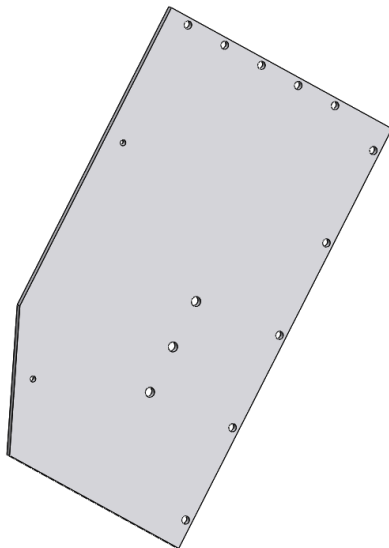
KUVA 17. Runko

Rungon tukilevy (kuva 18) on 8 mm paksu alumiinilevy. Tukilevyn päällä kuu-
teen rivissä olevaan M4-kierre-
reikään kiinnitetään syöttävän toimilaitteen lineaarijohde.



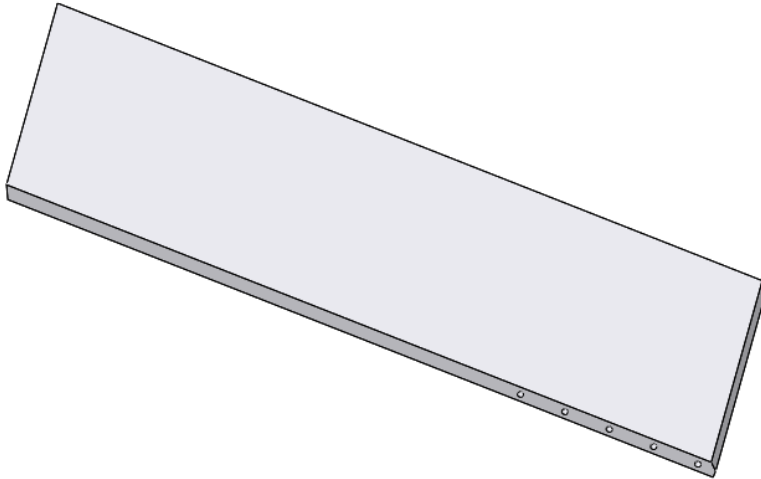
KUVA 18. Rungon tukilevy

Tukilevyn sivuilla oleviin viiteen M4-kierre-
reikään kiinnitetään rungon sivulevyt
(kuva 19). Tukilevyn takaosassa kahdessa pystysuorassa rivissä olevat M4-
kierre-
reikä ovat testikasettien irtotavarasäiliön kiinnitystä varten.



KUVA19. Rungon sivulevy

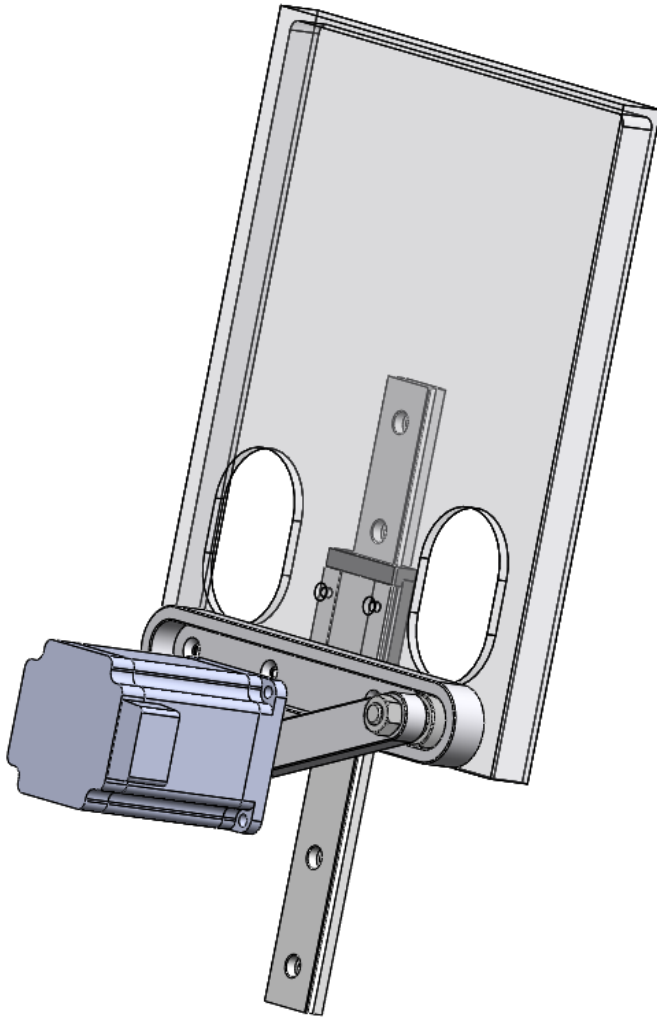
Rungon sivulevyjen (kuva 19) tehtävänä on toimia kiinnitysalustana säiliön pohjalevyille (kuva 20), syöttävän toimilaitteen komponenteille ja koteloinnille. Säiliön pohjalevyn tehtävänä on toimia testikasettien irtotavaräsäiliön pohjana, jonka pintaa pitkin testikasetit valuvat alas syöttävän toimilaitteen poimittavaksi.



KUVA 20. Säiliön pohjalevy

4.3 Syöttävä toimilaite

Luvussa 3.5 päädyttiin syöttävän liikkeen aikaansaamiseksi askelmoottorikäyttöiseen kulissimekanismiin. Syöttävästä toimilaitteesta suunniteltiin kuvan 21 mukainen kokonaisuus, joka koostuu askelmoottorista, kammesta, juoksurullasta, juoksurullan rata-alustasta, luistista ja lineaarijohteesta.

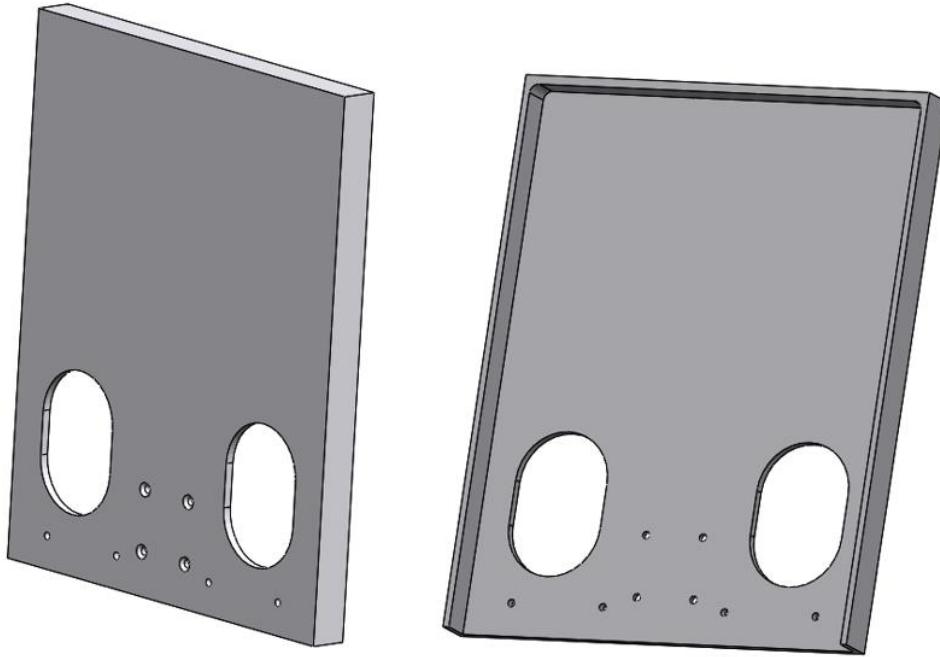


KUVA 21. Syöttävä toimilaite

Askelmoottorin pyörivä liike muutetaan lineaariseksi siten, että askelmoottorin päähän kiinnitetty kampi pyörii ja kammien päässä oleva juoksurulla seuraa rata-alustan syvennyksiä päästä päähän. Luisti tekee edestakaista syöttöliikettä tämän seurauksena.

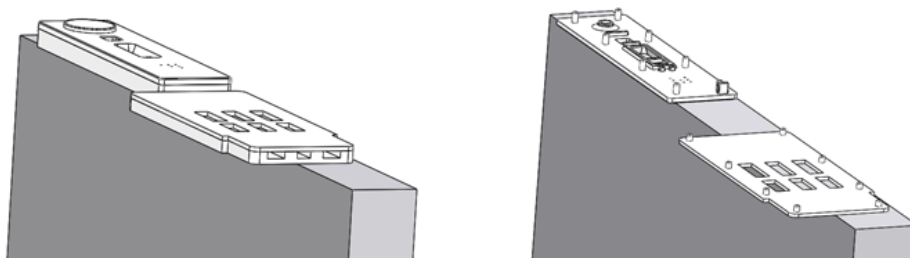
4.3.1 Luisti

Syöttävän toimilaitteen luistin (kuva 22) tehtävänä on annostella irtotavaräsäiliöstä luistin päätympänteen päälle valuvia testikasetteja säiliöstä ulos kuljetinhihnalle. Luistiin suunniteltiin kevennykset, jotta paino saataisiin mahdollisimman pieneksi. Neljän keskellä olevien läpäreikien alle kiinnitetään lineaarijohteen kelkka ja alapäädyssä oleviin neljään kierrereikään juoksurullan rata-alusta.



KUVA 22. Luisti

Luvussa 3.1 käsiteltiin suunnittelun perustana olevat testikasetit. Malariatestikasetin (kuva 8) korkeusmitta on 19,5 mm ja huumetestikasetin (kuva 14) 31,2 mm. Jotta lappeellaan olevat testikasetit ja testikasettipuolikkaat eivät syöttövaiheessa pääse putoamaan luistin päätypinnan päältä pois, mallinnettiin luistin päätypinnan mitoiksi 17,5 x 199 mm. Kuvassa 23 luistin päälle on asetettu kolmesta suunnittelun perusteena olevasta testikasetista levein ja kapein malli.



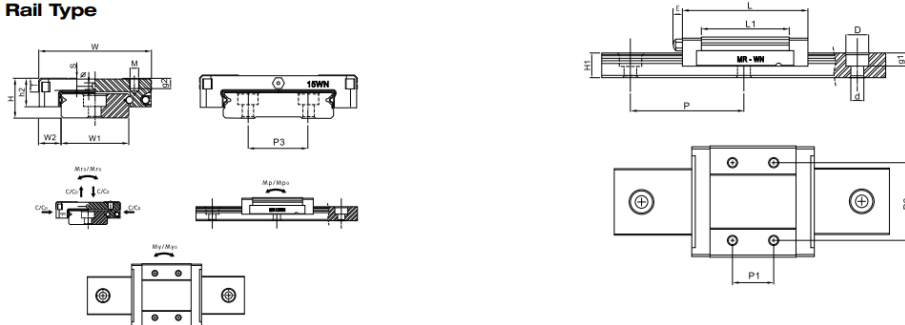
KUVA 23. Testikasetit ja testikasettipuolikkaat lappeellaan luistin päätypinnan päällä

4.3.2 Linearijohteen valinta

Linearijohteen tyypiksi valittiin Rollco Oy:n toimittama ruostumattomasta teräksestä valmistettu miniatyyrijohte. Pienen koon ansiosta ne soveltuvat hyvin sovelluksiin, jossa tilaa on rajoitetusti. Käytettyjen materiaalien ansiosta ne soveltuvat myös diagnostiikkateollisuuden käyttöön. (10.)

Työn ohjaajan kanssa päädyttiin käyttämään kustannus- ja tilanvarausyistä yhtä kelkkaa. Jotta luistin kiinnitys yhteen kelkkaan ilman lisäosia olisi tukeva, pitää kelkan tason pinta-ala olla tuotevalikoiman suuremmasta päästä. Tästä syystä linearijohteeksi valittiin kuvassa 24 sinisellä alleviivattu MR12WL-linearijohte.

Wide Rail Type

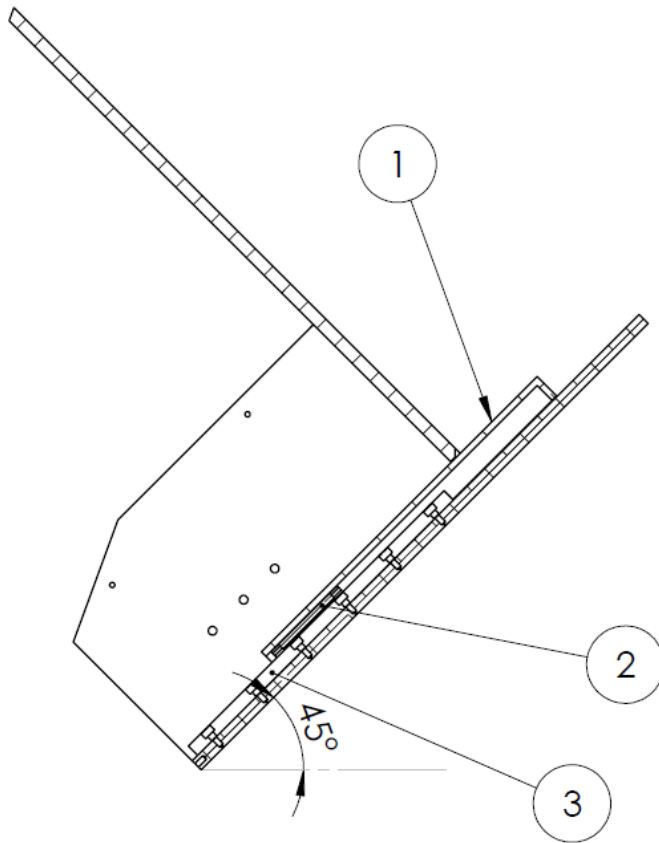


Size	Ass. dimensions		Rail dimensions (mm)						Block dimensions (mm)									
	H	W ₂	W ₁	H ₁	P	P ₃	D	d	x	s ₁	W	L	L ₁	P ₁	P ₂	E	Ø	
MR 3 WN	4.5	3	6	2.6	15	-	4	x	2.4	x	1.5	12	15	10	4.5	-	-	-
MR 3 WL	4.5	3	6	2.6	15	-	4	x	2.4	x	1.5	12	21	15	8	-	-	-
MR 5 WN	6.5	3.5	10	4	20	-	5.5	x	3	x	1.6	17	21	15	8.5	3	-	0.8
MR 5 WL	6.5	3.5	10	4	20	-	5.5	x	3	x	1.6	17	22	21	11	3	-	0.8
MR 7 WN	9	5.5	14	5.2	30	-	6	x	3.5	x	3.5	25	31.6	21.2	10	19	-	1.2
MR 7 WL	9	5.5	14	5.2	30	-	6	x	3.5	x	3.5	25	40.4	30.1	19	19	-	1.2
MR 9 WN	12	6	18	7.5	30	-	6	x	3.5	x	3.5	30	38.2	27.4	12	21	-	1.5
MR 9 WL	12	6	18	7.5	30	-	6	x	3.5	x	3.5	30	50.7	39.5	24	23	-	1.5
MR 12 WN	14	8	24	8.5	40	-	8	x	4.5	x	4.5	40	44.4	31	15	28	-	2.0
MR 12 WL	14	8	24	8.5	40	-	8	x	4.5	x	4.5	40	59.4	45	28	28	-	2.0
MR 15 WN	16	9	42	9.5	40	23	8	x	4.5	x	4.5	60	55.5	39.5	20	45	3.6	2.5
MR 15 WL	16	9	42	9.5	40	23	8	x	4.5	x	4.5	60	74.5	58.5	35	45	3.6	2.5

h2	Block dimensions (mm)				Load Capacity			Static Moment (Nm)			Weight		Size
	M x G ₂	S	T		Dynamic Co(N)	Static Co(N)	M ₁₀	M ₂₀	M ₃₀	Block g	Rail g/m		
3.5	M2 x 1.6	0.8	1.8		280	530	1.6	0.9	0.9	2.4	130		MR 3 WN
3.5	M2 x 1.6	0.8	1.8		280	530	1.6	0.9	0.9	2.4	130		MR 3 WL
5	M2.5 x 1.5	1.1	2.3		475	900	4.8	2.2	2.2	5.9	280		MR 5 WN
5	M2.5 x 1.5	1.1	2.3		615	1215	6.8	4.1	4.1	7.5	290		MR 5 WL
7	M3 x 3	1.6	3.2		1180	2095	7.8	7.3	7.3	17	400		MR 7 WN
7	M3 x 3	1.6	3.2		1570	3140	22.65	14.9	14.9	31	490		MR 7 WL
7.8	M3 x 3	2	4		2030	3605	33.2	13.7	13.7	33	660		MR 9 WN
7.8	M3 x 3	2	4		2550	4990	45.9	26.7	26.7	47	660		MR 9 WL
10	M3 x 3.5	3	4.5		3065	5500	63.7	26.3	26.3	63	1000		MR 12 WN
10	M3 x 3.5	3	4.5		4070	7830	95.6	56.4	56.4	94	1000		MR 12 WL
12	M4 x 4.5	3.5	4.5		5065	8385	127.9	45.7	45.7	128	2828		MR 15 WN
12	M4 x 4.5	3.5	4.5		6725	12580	191.9	93.1	93.1	210	2828		MR 15 WL

KUVA 24. Wide Rail Type (11, s. 8 - 9)

Kuvasta 25 näkee, miten linearijohte (kuva 25, kohta 2) asennetaan luistin (kuva 25, kohta 1) alle mahdollistaen luistin edestakaisen liikkeen. Horisontaalisen ja rungon tukilevyn välinen pienin kulma on 45⁰, jota syöttölaitetta testattaessa käytetään. Oletetaan luistin lepäävän johteen päällä koko painollaan.



KUVA 25. Lämpileikkaus syöttölaitteesta

Koska luistin päälle asettuu syötön aikana testikasetteja, otetaan myös näidenkin massa huomioon. Solidworksin tiedon mukaan yhden kokonaisen testikasetin massa on noin 5 g. Oletetaan maksimi testikasettimääräksi 100 kpl, joka syötön aikana asettuu luistin päälle. Näin ollen testikasettien kokonaismassa m_k on 500 g. Lisäksi luistin päälle kiinnitetään kuvassa 30 oleva juoksurullan rata-alusta. Luistia kuormittava kokonaismassa lasketaan kaavalla 1.

$$m_{kok} = m + m_k + m_{ra}$$

KAAVA 1

m = luistin massa (g)

m_k = testikasettien kokonaismassa (g)

m_{ra} = Juoksurullan rata-alustan massa (g)

Kokonaismassa m_{kok} on

$$m_{kok} = 561 \text{ g} + 500 \text{ g} + 102 \text{ g}$$

$$m_{kok} = 1163 \text{ g}.$$

Vapaakappalekuvassa (kuva 26) painovoiman aiheuttama voima F_G lasketaan kaavalla 2. (17, s. 163.)

$$F_G = m_{kok} * g$$

KAAVA 2

m_{kok} = Luistia kuormittava kokonaismassa (kg)

g = Putoamiskiikkyvyys ($9,81 \frac{m}{s^2}$)

Voima F_G on

$$F_G = 1,163 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_G = 11,41 \text{ N}.$$

Y-suuntainen staattinen kuormitus C_o vapaakappalekuvan (kuva 26) mukaan lasketaan kaavalla 3. (17, s. 160.)

$$C_o = \cos \alpha * F_G$$

KAAVA 3

$$\alpha = 45^0$$

F_G = Pystyakselin suuntainen staattinen kuormitus (N)

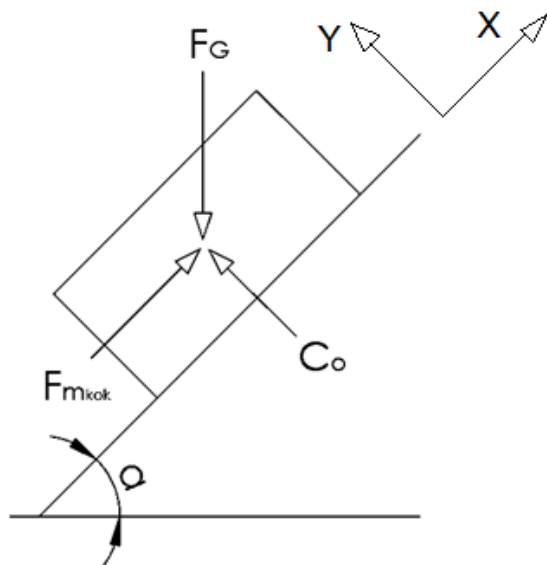
Staattinen kuormitus C_o on

$$C_o = \cos 45^0 * 11,41 \text{ N}$$

$$C_o = 8,07 \text{ N}.$$

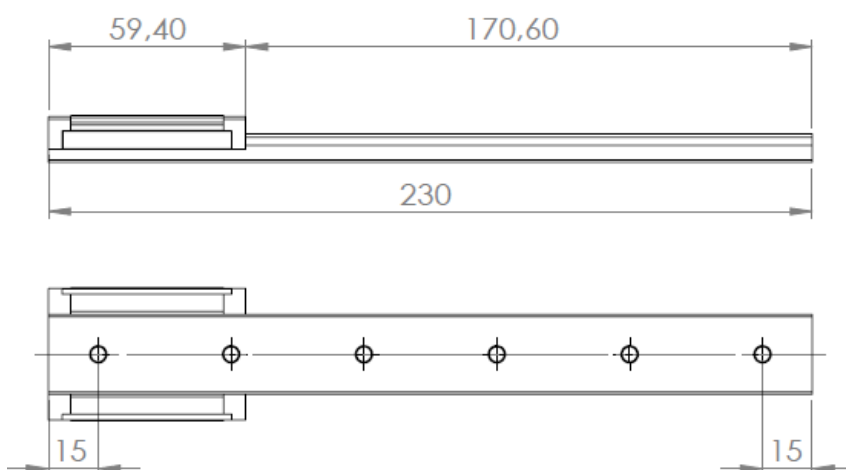
Johteen MR12WL staattinen kantavuus $C_o(N)$ on 7800N (kuva 24).

Staattinen kantavuus $C_o(N)$ on paljon suurempi, kuin johteeseen kohdistuva staattinen kuormitus C_o . Staattisen kantokyvyn suhteen ei ole ongelmaa.



KUVA 26. Vapaakappalekuva liikutettavasta massasta m_{kok}

Linearijohteen pituuden valinta tässä suunnittelutyössä perustuu syöttävän toimilaitteen aikaansaaman syöttöliikkeen pituuteen. Syöttöliikkeen pituus on 150 mm, joka saadaan, kun mitataan kuvassa 17 näkyvän säiliön pohjalevyn pinnan ja rungon tukilevyn yläpinnan välinen matka. Johteen pituuden valitsemiseen vaikuttaa myös kelkan pituus, koska kelkan pitää pysyä koko syöttöliikkeen aikana johteen päällä. Valitaan johteen pituudeksi standardikoko 230 mm, joka mahdollistaa kelkan 150 mm:n liikkeen johteen päällä ja päätyreikien etäisyydet johteen päädyistä saadaan samanmittaiseksi (kuva 27).

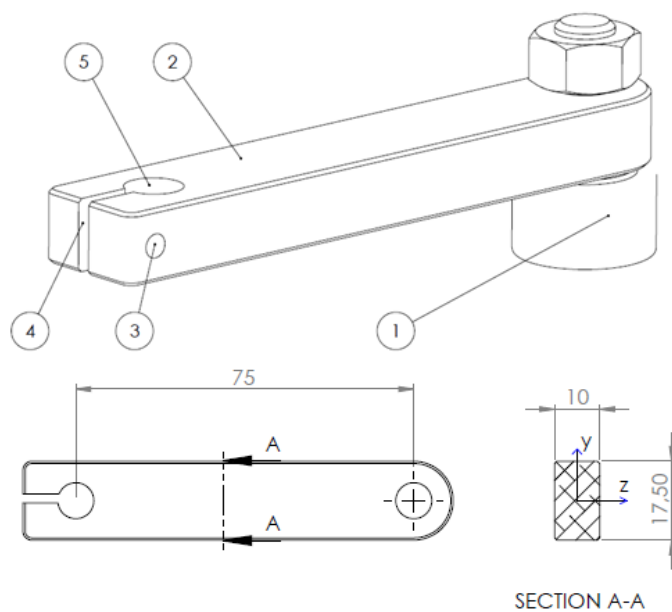


KUVA 27. Johteen pituus

Linearijohteen tuotekoodi on MR12WL1V0N-230L-15 -15.

4.3.3 Kampi, juoksurulla ja juoksurullan rata-alusta

Askelmoottorin akseliin kiinnitetyn kammen tehtävänä on muuttaa pyörivä liike lineaariseksi. Alumiinista valmistetun kammen (kuva 28, kohta 2) päähän kiinnitetty juoksurulla (kuva 28, kohta 1) seuraa juoksurullan rata-alustan (kuva 30) syvennystä. Askelmoottorin akseliliitos tapahtuu kiristysruuvilla, joka kiristetään kierrereikään (kuva 28, kohta 3). Kiristyessään kammen kahden tasopinnan (kuva 28, kohta 4) välimatka ja akselireiän (kuva 28, kohta 5) halkaisija pienenee.



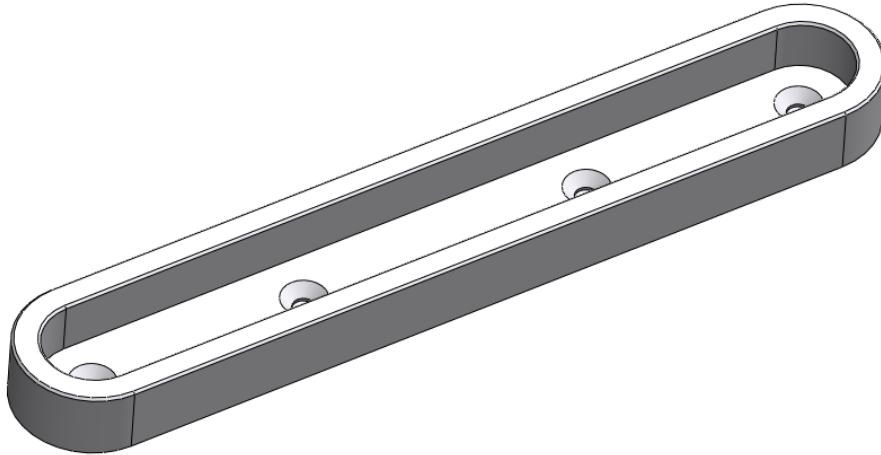
KUVA 28. Kampi ja juoksurulla

Juoksurullan toimittajaksi valittiin Misumi ja tyyppiä CFFR8-19 tiivisteellä oleva juoksurulla. Kuvassa 29 näkyvät tämän juoksurullatyyppin päämitat. Juoksurullan laakeriosan ulkohalkaisija D on 19 mm, kokonaispituus L on 32 mm ja M8-kierteen pituus l on 11 mm.

Part Number		D (Selectable)	MxPitch	B	B ₁	L	d ₁	l	r	f (Min.)	Unit Price				
Type	d _{h7} Tolerance										CFFR	CFFRS	CFFRC	CFR	CFRS
(With Seal)	5	0	13	5x0.8	9	10	23	3.1	7.5	9.7					
CFFR	6	-0.012	16	6x1.0	11	12	28	4	9	0.5					
CFFRS															
CFFRC															
	8		19	8x1.25			32		11	13					
(No Seal)	10	-0.015	22	10x1.25	12	13	36	13	1	15					
CFR															
CFRS															

KUVA 29. CFFR8-19 (12)

Juoksurullan rata-alusta (kuva 30) valmistetaan myös alumiinista ja sen sisäpinnan tehtävänä on toimia juoksurullan laakerin ulkokehän kosketuspintana. Rata-alusta kiinnitetään neljällä uppokantaruuvilla luistin (kuva 22) päälle.

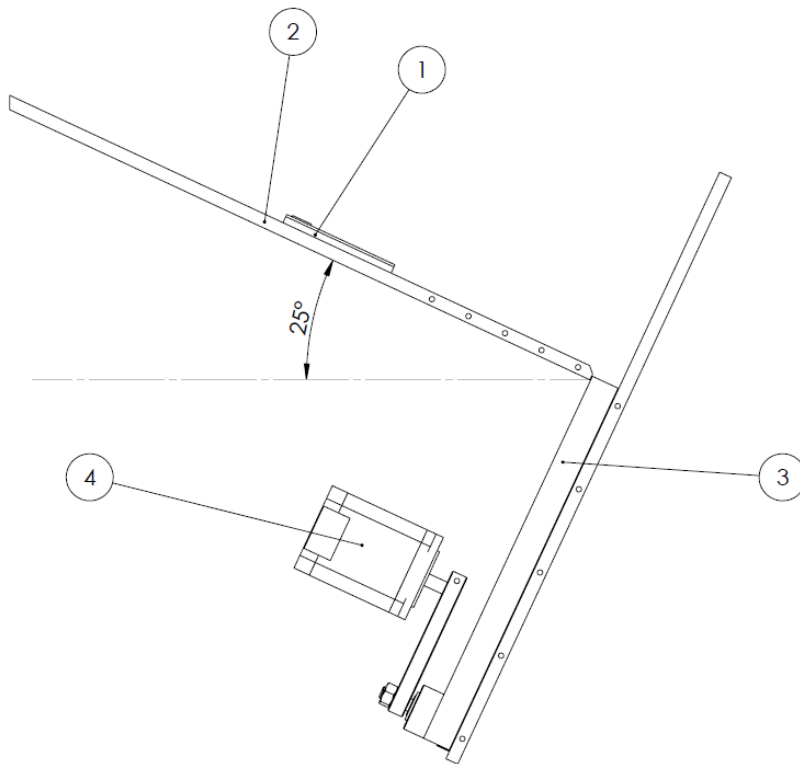


KUVA 30. Juoksurullan rata-alusta

4.3.4 Askelmoottori

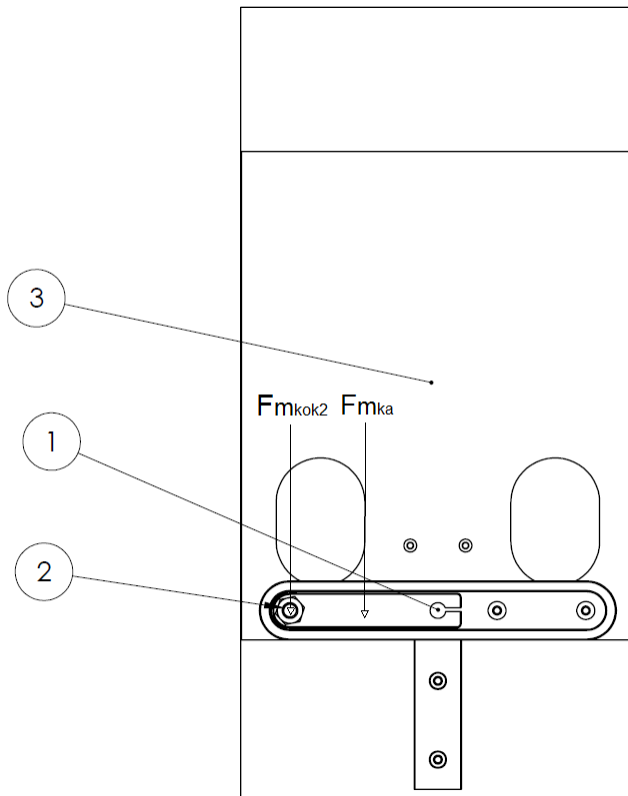
Askelmoottorin (kuva 31, kohta 4) valinta perustuu tarvittavan vääntömomentin laskentaan. Tarvittavan vääntömomentin laskemiseen pitää ensin tietää pienin horisontaalitason ja säiliön pohjalevyn (kuva 31, kohta 2) välinen kulma, jolla testikasetit (kuva 31, kohta 1) liukuvat luistin päätyypinnan (kuva 31, kohta 3) päälle säiliössä.

Koska kitkakerroin tietoja testikasettien ABS-muoville ja pohjalevyn alumiinin välille ei löytynyt, pienin kulma testattiin alumiinilevyn ja testikasetin kanssa käytännössä. Testien perusteella pienimmäksi kulmaksi todettiin 20° , jolla testikasetit liukuvat säiliön pohjalevyä pitkin. Jotta testikasettien liukuminen pohjalevyä vasten varmistetaan, valitaan pienimmäksi testauksen aikana käytettäväksi kulmaksi 25° (kuva 31).



KUVA 31. Pienin kulma

Syöttölaitteen syöttöliikkeen aikana suurin kuormitustapaus tapahtuu silloin, kun kambi on kuvan 32 mukaisesti vaaka-asennossa. Vaikuttavat voimat ovat kokonaisuusmassan ja juoksurullan aiheuttama voimakomponentti $F_{m_{kok2}}$ ja kammien painopisteen kohdalla vaikuttava voimakomponentti $F_{m_{ka}}$. Askelmoottorin kiinnityskohdan (kuva 32, kohta 1) ja juoksurullan (kuva 32, kohta 2) keskipisteiden välinen matka r on 75mm.



KUVA 32. Suurin kuormitustapaus

Kokonaismassa m_{kok2} koostuu kokonaismassasta m_{kok} ja juoksurullan massasta m_j . Kokonaismassa m_{kok2} lasketaan kaavalla 4.

$$m_{kok2} = m_{kok} + m_j$$

KAAVA 4

m_{kok} = Kokonaismassa (g)

m_j = Juoksurullan massa (g)

Kokonaismassa m_{kok2} on

$$m_{kok2} = 1163 \text{ g} + 28,5 \text{ g}$$

$$m_{kok2} = 1191,5 \text{ g}.$$

Kuvan 33 vasemman puoleisen vapaakappalekuvan painovoiman aiheuttama voima F_G lasketaan kaavalla 5. (17, s. 163.)

$$F_G = m_{kok2} * g$$

KAAVA 5

m_{kok2} = kokonaismassa (kg)

g = Putoamiskiihtyvyys ($9,81 \frac{m}{s^2}$)

Voima F_G on

$$F_G = 1,1915 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_G = 11,69 \text{ N}.$$

Kuvan 33 vasemman puoleisen vapaakappalekuvan mukaan juoksurullan keskipisteen kohdalla vaikuttava X-suuntainen voimakomponentti $F_{m_{kok2}}$ lasketaan kaavalla 6. (17, s. 160.)

$$F_{m_{kok2}} = \sin \alpha_2 * F_G$$

KAAVA 6

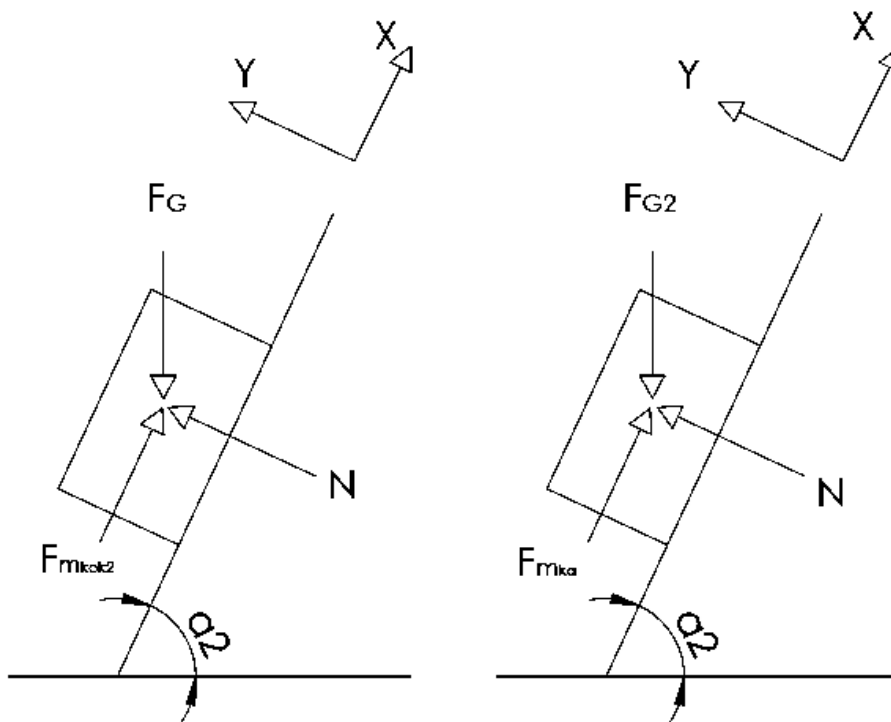
$$\alpha_2 = 65^0$$

$$F_G = \text{Voimakomponentti (N)}$$

X-suuntainen voimakomponentti $F_{m_{kok2}}$ on

$$F_{m_{kok2}} = \sin 65^0 * 11,69 \text{ N}$$

$$F_{m_{kok2}} = 10,6 \text{ N}.$$



KUVA 33. Vapaakappalekuva liikutettavasta massasta m_{kok2} ja m_{ka}

Koska kammen aiheuttama voimakomponentti $F_{m_{ka}}$ vaikuttaa kammen painopisteen kohdalla, joka on noin puolet juoksurullan keskipisteen ja askelmoottorin kiinnityspisteen välisestä etäisyydestä, lasketaan sen voimakomponentti erikseen kuvan 33 oikean puolimmaisena vapaakappalekuvan mukaan.

Kuvan 33 oikeanpuoleisessa vapaakappalekuvassa painovoiman aiheuttama voima F_{G2} lasketaan kaavalla 7. (17, s. 163.)

$$F_{G2} = m_{ka} * g \quad \text{KAAVA 7}$$

m_{ka} = Kammen massa (kg)

g = Putoamiskiihtyvyyden (9,81 $\frac{m}{s^2}$)

Voimakomponentti F_{G2} on

$$F_{G2} = 0,040 \text{ kg} * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_{G2} = 0,392 \text{ N.}$$

Kuvan 33 oikean puoleisen vapaakappalekuvan mukaan juoksurullan keskipisteen kohdalla vaikuttava X-suuntainen voimakomponentti $F_{m_{ka}}$ lasketaan kaavalla 8. (17, s. 160.)

$$F_{m_{ka}} = \sin \alpha_2 * F_{G2} \quad \text{KAAVA 8}$$

$$\alpha_2 = 65^\circ$$

F_{G2} = Voimakomponentti (N)

X-suuntainen voimakomponentti $F_{m_{ka}}$ on

$$F_{m_{ka}} = \sin 65^\circ * 0,392 \text{ N}$$

$$F_{m_{ka}} = 0,36 \text{ N.}$$

Käytetään saatuja voimakomponentteja $F_{m_{kok2}}$ ja $F_{m_{ka}}$ tarvittavan vääntömomentin laskemiseen. Otetaan laskuun mukaan myös varmuuskerroin n kitkavoimien takia. Käytetään varmuuskertoimen arvona 1,5. Lasketaan vapaakappalekuvan (kuva 34) mukaan vääntömomentti M kaavalla 9. (17, s. 174 - 175.)

$$M = \left((F_{m_{kok2}} * r) + (F_{m_{ka}} * \frac{1}{2} r) \right) * n \quad \text{KAAVA 9}$$

$F_{m_{kok2}}$ = Voimakomponentti (N)

$F_{m_{ka}}$ = Voimakomponentti (N)

r = Moottorin akselin keskipisteen ja juoksurullan keskipisteen välinen etäisyys (m)

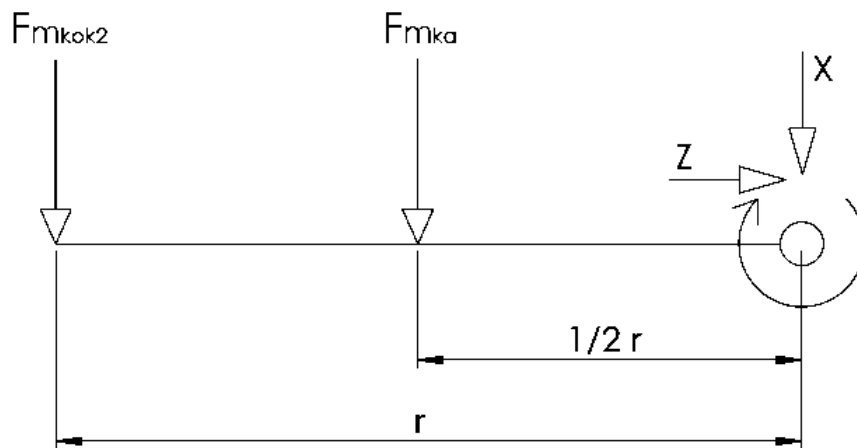
$\frac{1}{2} r$ = Kammen massakeskipisteen ja moottorin akselin keskipisteen välinen etäisyys (m)

n = Varmuuskerroin

Vääntömomentti M on

$$M = ((10,6 \text{ N} * 0,075 \text{ m}) + (0,36 \text{ N} * 0,0375 \text{ m})) * 1,5$$

$$M = 1,213 \text{ Nm} \approx 1,2 \text{ Nm}.$$



KUVA 34. Kammen vapaakappalekuva

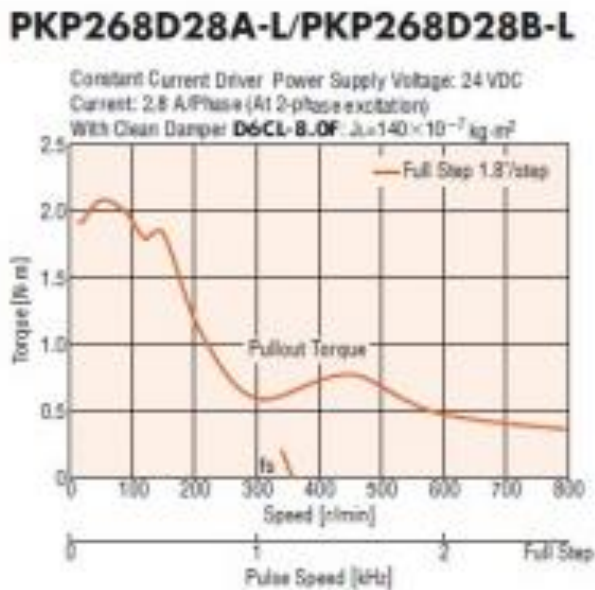
Askelmoottorin toimittajaksi valittiin Oriental Motor Europa. Yrityksen valikoi-
masta valittiin PKP268D28A-L (kuva 35) askelmoottori.



KUVA 35. Askelmoottori PKP268D28A-L (13)

Varmistetaan vielä, ettei kuorman aiheuttama vääntömomentti M pääsee ylittämään askelmoottorin pitomomentin raja-arvoa. Rajan ylittyessä on vaarana askelien katoaminen ja paikkatiedon häviäminen. (14.)

Askelmoottorin pitomomenttikaaviosta (kuva 36) nähdään, että pitomomentin arvo alle 200 r/min kierrosnopeudella on yli 1,2 Nm. Syöttölaitteen askelmoottoria ei tulla missään tilanteessa ajamaan yli 200 r/min kierrosnopeudella, joten kaavalla 9 laskettu momentin arvo M ei ylitä 1,2 Nm pitomomenttia.

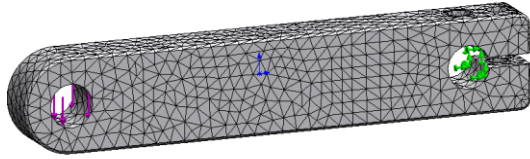


KUVA 36. Pitomomentti (13, linkit Media -> characteristic)

4.4 Kammen lujuustarkastelu

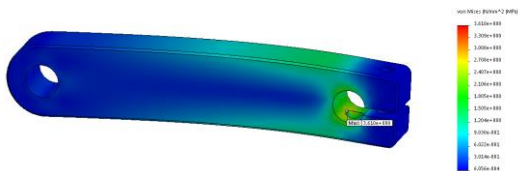
Lujuustarkastelu toteutettiin Solidworksin simulointiohjelmistolla.

Kammen 3D- mallista määriteltiin moottorin akselin kiinnityskohta täysin lukitukseksi (kuva 33) (vihreät nuolet). Elementtiverkon tyypiksi valittiin curvature based mesh tarkemman lopputuloksen varmistamiseksi. Lopuksi määriteltiin luvussa 4.3.4 laskettu voimakomponentti $F_{m_{kok2}}$ vaikuttamaan juoksurullan akselin kiinnityskohdan tasolle alaspäin (kuva 37). Voimakomponentti $F_{m_{kok2}}$ on 10,6 N.



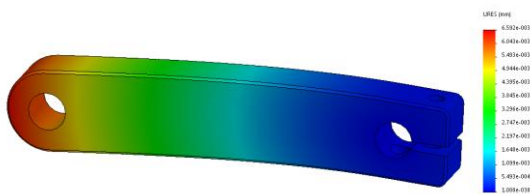
KUVA 37. Elementtiverkko ja voimakomponentti

Alumiini luokitellaan sitkeisiin materiaaleihin, joten vertailujännityksenä käytettiin von Mises jännitystä. Analyysi ajettiin kolmeen kertaan tuloksen varmistamiseksi. Suurimmaksi von Mises σ_{vm} vertailujännityksen arvoksi saatiin 3,6 MPa. Jännitys kohdistuu moottoriakselin kiinnityskohtaan (kuva 38).



KUVA 38. Von Mises jännitys

Suurin kammessa tapahtuva siirtymä 0,065 mm sijaitsee kammessa juoksurullan kiinnityskohdan puoleisessa päädyssä (kuva 39).



KUVA 39. Siirtymä

Kammen valmistukseen käytetty alumiiniaiho haettiin Wegeralta. Wegeralla aiho sahattiin ylijäämä alumiinista sopivan mittaan. Kammen materiaalista saatiin se tieto, että se on korroosiokestävä ei-lämpökäsiteltävä 5000-sarjan alumiini. 5000-sarjan alumiineista pienin myötöraja on 5052 alumiinilla (15). Koska tarkempaa materiaalitietoa ei ole, pidetään 5052 alumiinin myötörajaa R_{eH} vertailuarvona. Lasketaan varmuuskerroin n_{st} kaavalla 10.

$$n_{st} = \frac{R_{eH}}{\sigma_{vm}}$$

KAAVA 10

R_{eH} = 5052 alumiinin myötöraja (MPa)

σ_{vm} = Von Mises vertailujännitys (MPa)

Varmuuskerroin n_{st} on

$$n_{st} = \frac{65 \text{ MPa}}{3,6 \text{ MPa}}$$

$$n_{st} = 18,1.$$

Tarkastellaan kammien kestävyys myös taivutusväsymislajuuden mukaan.

Alumiinin ja sen seosten väsymislajuus on yleensä 0,35 - 0,55 kertaa murtolajuus. Yleisesti alumiinin väsymislajuus ilmoitetaan lujuusarvona, joka vastaa väsymislajuutta noin $3-5 \times 10^8$ kuormanvaihtokerran jälkeen (16, s.39).

Käytetään kertoimen arvona 0,35. Taivutusvaihtolajuus σ_W lasketaan kaavalla 11. (17, s. 280.)

$$\sigma_W = R_m * 0,35$$

KAAVA 11

R_m = 5052 Alumiinin murtolajuus (MPa)

Taivutusvaihtolajuus σ_W on

$$\sigma_W = 170 \text{ MPa} * 0,35$$

$$\sigma_W = 59,5 \text{ MPa}.$$

Varmuuskerroin n_W on taivutusvaihtolajuuden ja todellisen taivutusjännityksen suhde. Lasketaan varmuuskerroin n_W kaavalla 12.

$$n_W = \frac{\sigma_W}{\sigma_{tod}}$$

KAAVA 12

σ_W = Vaihtolajuus (MPa)

σ_{tod} = Todellinen taivutusjännitys (MPa)

Todellinen taivutusjännitys σ_{tod} lasketaan kaavalla 13. (17, s. 271.)

$$\sigma_{tod} = \frac{M_t}{W_z}$$

KAAVA 13

M_t = Taivutusmomentti (Nmm)

W_z = Taivutusvastus (mm^3)

Kammen taivutusvastus z-akselin ympäri tapahtuvassa taivutuksessa lasketaan kaavalla 14. (17, s. 305.)

$$W_z = \frac{bh^2}{6}$$

KAAVA 14

b = Kammen läpileikkauksen z-akselin suuntainen mitta (mm)

h = Kammen läpileikkauksen y-akselin suuntainen mitta (mm)

Taivutusvastus W_z on

$$W_z = \frac{10 \text{ mm} \cdot 17,5 \text{ mm}^2}{6}$$

$$W_z = 510,4 \text{ mm}^3$$

Todellinen taivutusjännitys σ_{tod} on

$$\sigma_{tod} = \frac{1213 \text{ Nmm}}{510,4 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{tod} = 2,38 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{tod} = 2,38 \text{ MPa}$$

Varmuuskerroin n_W on

$$n_W = \frac{59,5 \text{ MPa}}{2,38 \text{ MPa}}$$

$$n_W = 25$$

Varmuuskerroin n_W väsyttävässä kuormituksessa on suurempi kuin varmuuskerroin n_{st} staattisessa kuormituksessa. Tämä johtuu siitä, ettei pinnanvaikutus- ja lovenmuotolukua otettu huomioon. Varmuuskertoimet ovat kuitenkin niin suuria, ettei kammen myötämisen vaaraa ole syöttölaitetta ajaessa.

4.5 Säiliövarasto

Säiliövarasto päätettiin valmistaa akryyli (PMMA) levyistä luvun 3.5 mukaan. Säiliön suunnittelussa piti ottaa huomioon sen kokoonpano, asennus sekä tilavuus.

Säiliön tilavuuden laskennassa otetaan huomioon seuraavat asiat:

1. Prototyyppiin valmistettavan säiliön tilavuus toisen malariatestikasetin pohjaosan mukaan (kuva 15).
2. Luvussa 3.3 syöttölaitteen vaatimuslistassa on ilmoitettu yhden testikasetin syötön tahtiajaksi $T = 4 \text{ s}$.

3. Oletetaan testikasettien täyttösuhteeksi 1,4 => Säiliön tilavuus 1,4 kertaa suurempi kuin kasettien tilavuus. Arvo on suuntaa antava ja täyttösuhde on kasettimallista riippuvainen. Todellinen täyttösuhde selviää prototyypin testauksen aikana.

Kuvasta 15 nähdään toisen malariatestikasetin pohjaosan päämitat, jotka ovat: 76,2 mm, 25,4 mm ja 4,8 mm. Lasketaan yhden testikasetin pohjaosan tilavuus V_k kaavalla 15. (17, s. 22.)

$$V_k = 76,2 \text{ mm} * 25,4 \text{ mm} * 4,8 \text{ mm} \quad \text{KAAVA 15}$$

$$V_k = 8441,5 \text{ mm}^3 = 0,00000929 \text{ m}^3.$$

Syöttölaitteen vaatimuksissa todettiin säiliötä täytettävän aina kahden tunnin välein. Tämän tiedon pohjalta suoritetaan kappalekohtaisen testikasettimäärän T_{kpl} laskeminen kaavalla 16.

$$T_{kpl} = \frac{2 \text{ h} * 60 \text{ min} * 60 \text{ s}}{T} \quad \text{KAAVA 16}$$

$$T = 4 \text{ (s)}$$

Kappalekohtainen testikasettien pohjaosien määrä on

$$T_{kpl} = \frac{2 \text{ h} * 60 \text{ min} * 60 \text{ s}}{4 \text{ s}}$$

$$T_{kpl} = 1800.$$

Tarvittava säiliötilavuus V lasketaan kaavalla 17.

$$V = T_{kpl} * V_k * 1,4 \quad \text{KAAVA 17}$$

$$T_{kpl} = \text{Kappalekohtainen testikasettien pohjaosien määrä (kpl)}$$

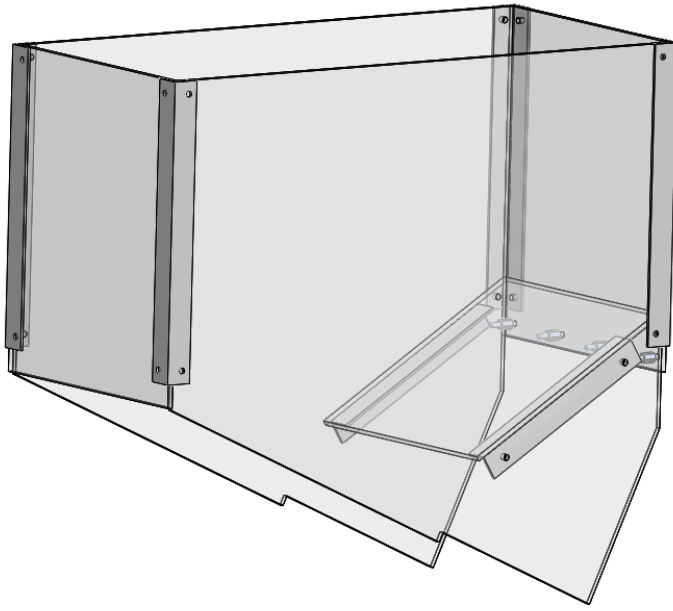
$$V_k = \text{Yhden testikasetin pohjaosan tilavuus (m}^3\text{)}$$

Säiliötilavuus V on

$$V = 1800 * 0,00000929 \text{ m}^3 * 1,4$$

$$V = 0,0234 \text{ m}^3 = 23 \text{ l.}$$

Säiliövarasto (kuva 40) suunniteltiin viidestä akryylilevystä kokoonpantavaksi. Purkamisen mahdollistamiseksi akryylilevyt kiinnitetään toisiinsa alumiinikulmalistoilla (kuva 40).

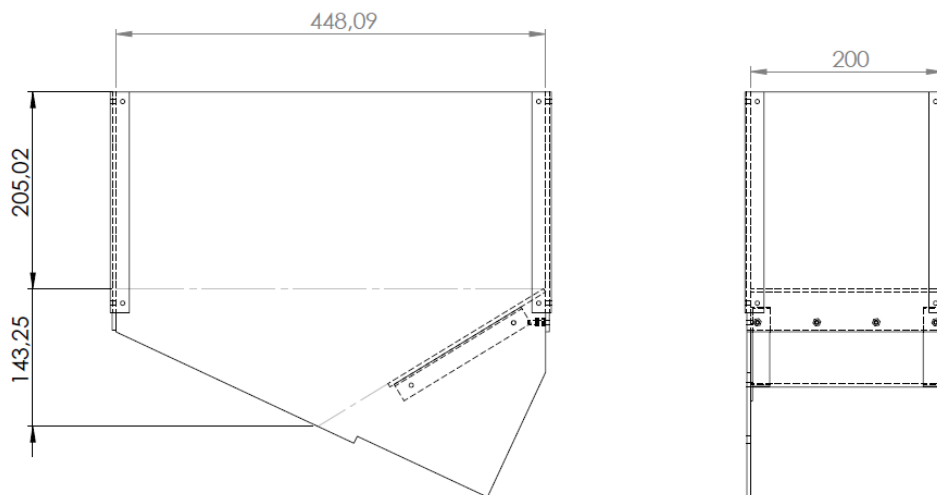


KUVA 40. Säiliövarasto

Lasketaan suunnitellun säiliövaraston tilavuus V_s sisämittojen (kuva 41) perusteella kaavalla 18.

$$V_s = (0,76 \text{ m} * 0,205 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) + (0,5 * (0,14 \text{ m} * 0,448 \text{ m} * 0,2 \text{ m})) \quad \text{KAAVA 18}$$

$$V_s = 0,02464 \text{ m}^3 \approx 0,025 \text{ m}^3 = 25 \text{ .}$$

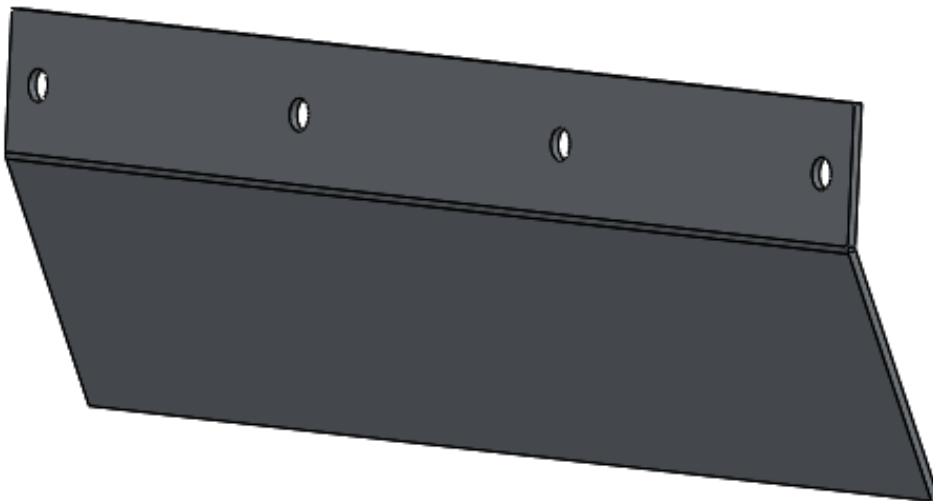


KUVA 41. Säiliövaraston sisämitat

4.6 Passiivinen suuntaamislaitte

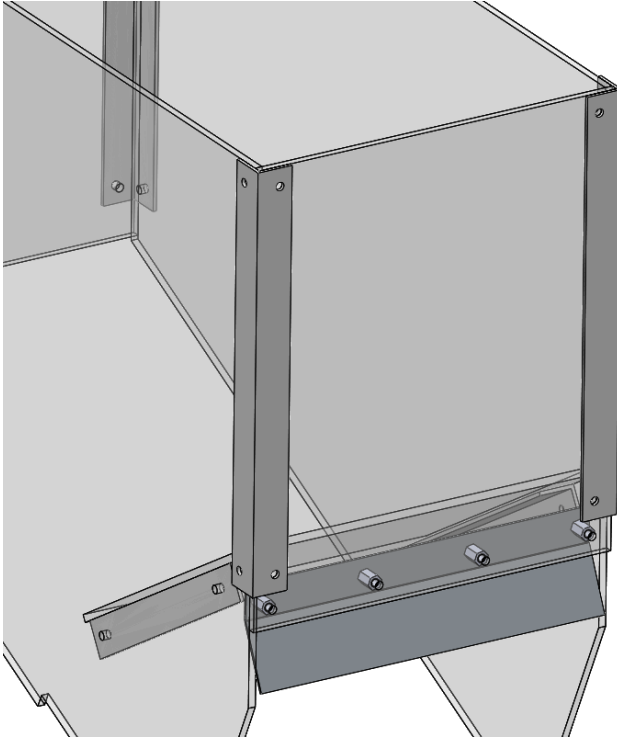
Luvussa 2.1.3 suuntaamislaitteet jaoteltiin kahteen eri ryhmään, asentovalitsevat (passiiviset) ja kääntölaitteet (aktiiviset). Testikasettien syöttölaitteen tehtävänä on syöttää testikasetteja vaaka-asennossa lappeellaan seuraavaa työvaihetta varten, joten syöttölaitteeseen suunniteltiin yksinkertainen asentovalitseva suuntaamislaitte: passiivinen suuntaamislevy (kuva 42).

Suuntaamislevy mahdollistaa testikasettien syötön vain vaaka-asennossa ja pystyasennossa luistin päällä nousevat testikasetit putoavat takaisin säiliövaraston pohjalle. Toisaalta suuntaamislevyllä on myös aktiivisen suuntaamislaitteen ominaisuuksia, koska se kääntää ei lappeellaan olevat testikasetit lappeelleen syöttöliikkeen loppuvaiheessa. Suuntaamislevyn toiminta käydään tarkemmin läpi luvussa 4.7.



KUVA 42. Passiivinen suuntaamislevy

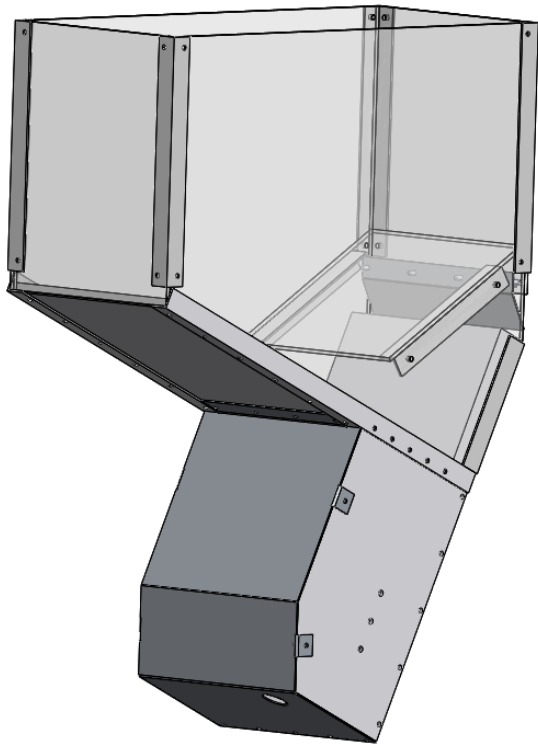
Suuntaamislevy on ruostumattomasta AISI 304 teräksestä kulmaan taivutettu levyn pala. Suuntaamislevy kiinnitetään neljällä korotusruuvilla ja neljällä ruuvilla säiliövaraston etuseinään (kuva 43).



KUVA 43. Passiivisen suuntaamislevyn sijainti

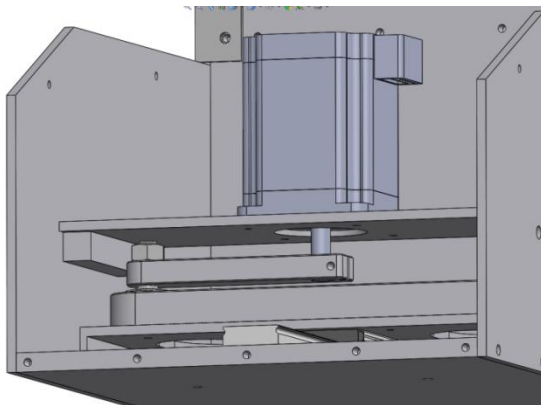
4.7 Syöttölaite ja toimintaperiaate

Syöttölaite (kuva 44) kokoonpanona sisältää kolme alikokoonpanokokonaisuutta: runko, syöttävä toimilaitte ja säiliövarasto. Kokonaispaino Solidworksin massa-analyysin mukaan on noin 9 kg. Säiliövaraston kiinnitys runkoon tapahtuu alumiinikulmalistojen avulla. Ideana on rakentaa säiliövarasto omana kokonaisuutena ja asentaa se alumiinikulmalistojen ja rungon levyosien päätypintojen väliin. Syöttävän toimilaitteen suojaus suunniteltiin toteutettavaksi yhdellä AISI 304 ohutlevyosalla.



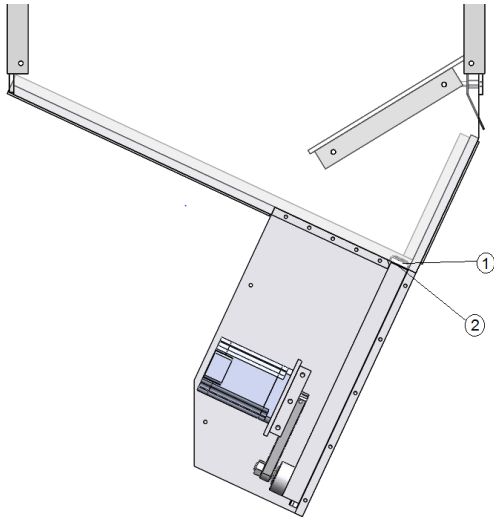
KUVA 44. Syöttölaite

Askelmoottorin kiinnitysosiksi suunniteltiin kuvassa 45 oleva alumiininen moottorinasennuslevy ja alumiinilevyille kaksi kulmakiinnityspalaa. Asennuslevyn keskellä on aukko, jonka kautta askelmoottorin akseli kiinnitetään kampeen. Kulmakiinnityspalat kiinnittävät asennuslevyn oikealle korkeudelle rungon sivulevyihin.



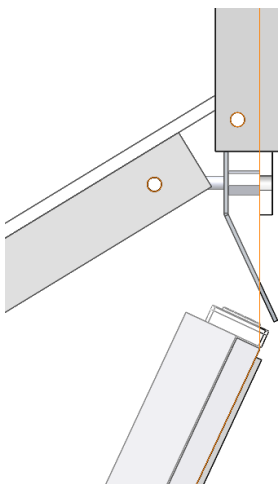
KUVA 45. Askelmoottorin kiinnitys

Syöttölaitteen toimintaperiaate voidaan kuvata kaksivaiheisena tapahtumana. Ensimmäisessä vaiheessa (kuva 46) säiliövarastossa olevat testikasetit (kuva 43, kohta 1) valuvat säiliön pohjalevyä pitkin luistin päätyypinnan päälle (kuva 46, kohta 2).



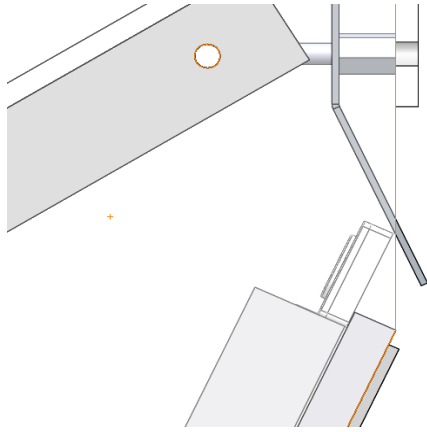
KUVA 46. Vaihe 1

Toisessa vaiheessa luisti työntää testikasetin ylös suuntaamislevyn kohdalle. Testikasetilla on kolme mahdollista asentoa, jolla testikasetti on asettunut luistin päälle syöttövaiheessa. Syöttöliikkeen toisessa vaiheessa lappeellaan oleva testikasetti putoaa säiliöstä normaalisti ulos (kuva 47).



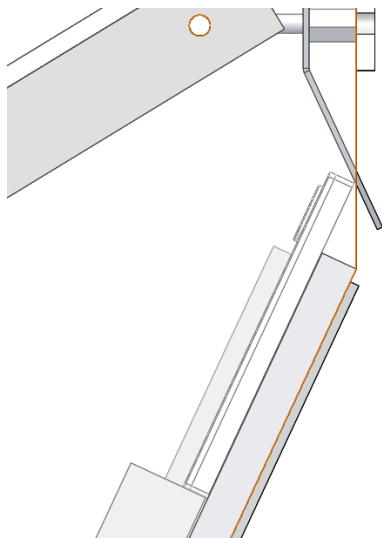
KUVA 47. Vaihe 2, testikasetti lappeellaan

Testikasetin asettuessa syöttöliikkeen ensimmäisessä vaiheessa kylki edellä olevana asentoon, testikasetti nousee suuntaamislevyn kohdalle ja osuu suuntaamislevyyn (kuva 48). Suuntaamislevyyn osuessaan testikasetti kääntyy lappeelleen ja putoaa säiliöstä ulos.



KUVA 48. Vaihe 2, testikasetti kylki edellä

Kolmannessa tapauksessa (kuva 49) testikasetti nousee luistin päällä pystyasennossa. Suuntaamislevyyn osuessaan testikasetti putoaa takaisin säiliön pohjalle.



KUVA 49. Vaihe 2, testikasetti pystyasennossa

Syöttölaitteen kaksivaiheinen syöttötapahtuma kuvattiin kokonaisten testikasettien avulla, mutta sama pätee myös testikasettipuolikkaisiin. Prototyypin testauksen aikana nähdään, että toimiiko suuntaamislevy kuvan 48 ja 49 mukaisesti.

5 PROTOTYYPIN TESTAUS JA TULOKSET

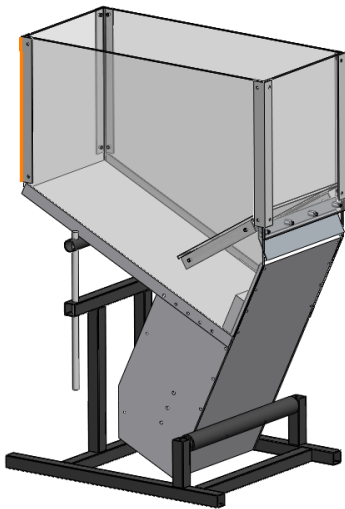
5.1 Teline

Syöttölaitteen prototyypin testausta varten suunniteltiin teline (kuva 50). Teline suunniteltiin valmistettavaksi S235 rakenneteräsputken paloista sekä kahdesta M10-kierretangosta joita oli saatavilla Ginolixsen prototestaustiloissa. Kierretankojen päähän kiinnitetään pyöröputki. Pyöröputki kiinnitetään kahteen kierretankoon neljällä M10-mutterilla ja kierretangot telineen neliöputkeen neljällä M10-mutterilla.



KUVA 50. Syöttölaitteen testausteline

Syöttölaite kiinnitetään kahdella M5-ruuvilla rungon tukilevystä telineen vapaasti pyörivään pyöröputken palaan (kuva 51). Pyöröputki toimii eräänlaisena saranana. Säiliön pohjalevy nojaa vapaasti telineen yläpuolisen pyöröputken päällä. Syöttölaitteen kulmaa on mahdollista säätää M10 muttereita pyörittämällä kierretangossa, jolloin kierretangot nostavat tai laskevat pyörityssuunnasta riippuen säiliövaraston takaosaa.



KUVA 51. Syöttölaitteen kiinnitys telineeseen

5.2 Syöttölaitteen prototyyppi

Suurin osa syöttölaitteen alumiiniosista tilattiin koneistuspalveluita tarjoavalta Wegera Oy:ltä ja ohutlevyosat Veslatec Oy:ltä. Syöttölaitteen kulissimekanismin osista kampa ja juoksurullan rata-alusta koneistettiin Ginolixsen omalla 5-akselisella Kolibri CNC-koneella. Syöttölaitteen osien valmistuttua ja saapuessa tammikuun ensimmäisten viikkojen aikana, päästiin kasaamaan prototyyppi (kuva 52). Kasausvaihe sujui ongelmitta, jonka jälkeen päästiin ajamaan ensimmäiset testit.



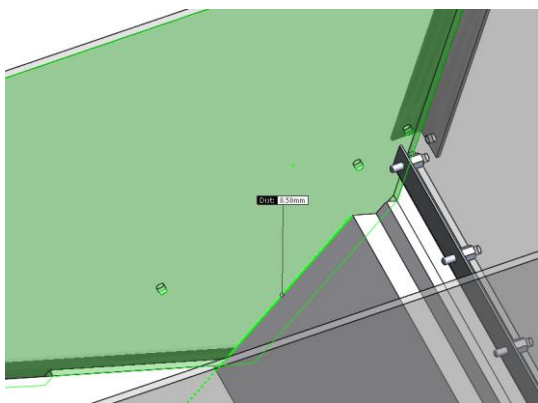
KUVA 52. Syöttölaitteen prototyyppi

5.3 Testaus

5.3.1 Syöttöliikkeen testaus

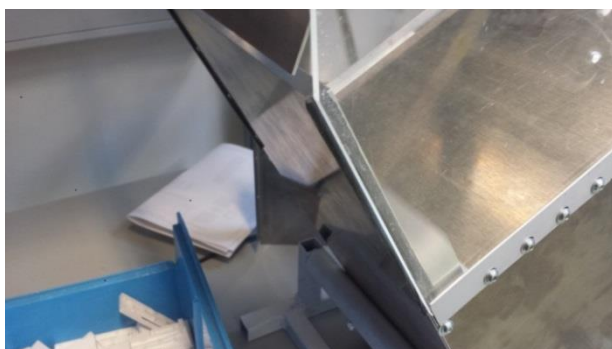
Syöttölaite laitettiin toimintakuntoon kytkemällä askelmoottori ohjainkortille ja syöttämällä sille 24 voltin tasajännitettä. Toimintakuntoon laittamisen jälkeen syöttölaitteen askelmoottoria ajettiin nopeudella 0,5 r/s.

Luistin sivupintojen ja säiliön sivulevyjen välinen etäisyys mitoitettiin 0,50 mm:n (kuva 53). Testauksen aikana kuitenkin huomattiin, että väli on liian pieni ja luistin sivupinta pääsi koskettamaan säiliön sivulevyä luistin ollessa yläasennossa. Pintojen välisen hetkittäisen kosketuksen takia pitomomentin raja ylittyi ja askelmoottori jätti askeleita väliin.



KUVA 53. Luistin ja sivulevyn välinen etäisyys

Korjaavana toimenpiteenä rungon tukilevyn molempiin sivupintoihin asetettiin 2 mm:n tiivistenauhaa (kuva 54). Näin väliä saatiin kasvatettua sen verran, että kosketusta ei enää syntynyt ja testejä voitiin jatkaa.



KUVA 54. Tiivistenauha

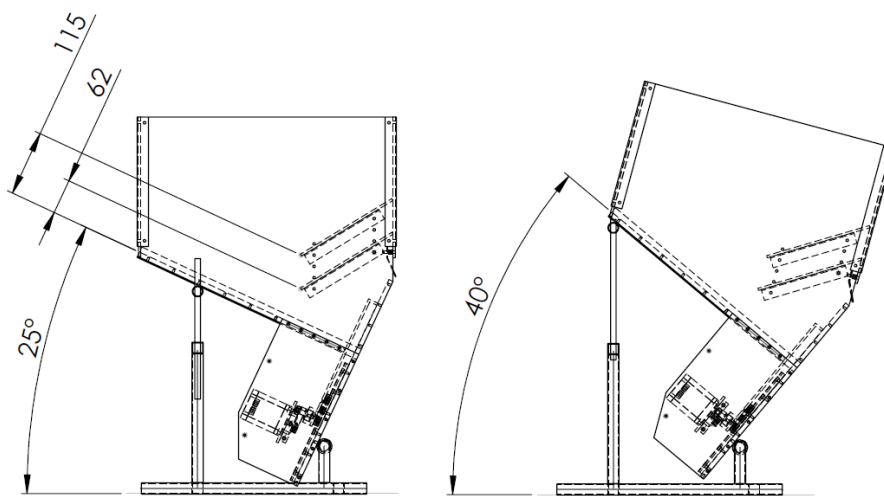
5.3.2 Testikasettien syötön testauksen kulku

Testauksen aikana ei ollut saatavilla luvussa 3.1 olevia malariatestikasetteja (kuva 8) eikä huumetestikasetteja (kuva 14). Testauksessa käytettiin kokonaisia testikasetteja (kuva 11) ja testikasettien pohjaosia (kuva 13). Näissä testikaseteissa pohjaosan geometria vastaa hyvin yleisimpiä markkinoilla saatavilla olevia testikasettien pohja-osia.

Syöttölaitteen testaus suoritettiin ensin kokonaisilla testikaseteilla, jonka jälkeen siirryttiin testikasettien pohjaosien syöttöön. Testiajojen aikana merkattiin ylös havaitut ongelmat, korjaustoimenpiteet ja asetusarvot. Testauksen aikana seurattiin myös eri asetusarvojen vaikutusta testikasettien syöttötapahtumaan. Jokaisella testatulla asetusarvolla syötettiin viisi kertaa 160 testikasettia ulos säiliöstä.

5.3.3 Syöttölaitteen muunneltavat asetukset

Syöttölaitteessa on kaksi muunneltavaa asetusta, joita muutettiin testauksen aikana. Ensimmäinen muunneltava asetusarvo on säiliön pohjalevyn ja horisontaalitason välinen kulma (kuva 55). Kulmaa voidaan säätää välillä 25 - 40°. Toinen asetusarvo on säiliön välilevyn ja säiliön pohjalevyn väliin jäävän aukon pituus. Aukon pituus on muunneltavissa välillä 62 - 115mm pohjalevyn kiinnityskohtaa muuttamalla (kuva 55).



KUVA 55. Asetusarvot

5.3.4 Kokonaiset testikasetit

Ensimmäisenä testattiin kokonaisten testikasettien soveltuvuutta syöttölaitteella syötettäväksi. Saatavilla ollut testikasettimäärä oli 160. Kun testikasetit kaadettiin syöttölaitteen säiliövarastoon, huomattiin että testikasettien kulma oli vaarassa osua muiden testikasettien kansiosan aukkoon. Aukon kautta testikasetin kulma voisi vahingoittaa testikasetin sisällä olevaa nauhaa ja tyynyä, jotka kokoonpanovaiheessa asetetaan testikasetin sisälle. Tästä johtuen kokonaiset testikasetit eivät sovellu irtotavaramateriaalina syötettäväksi.

5.3.5 Testikasettipuolikkaat

Testi suoritettiin saatavilla oleville 160:lle testikasetin pohjaosalle (kuva 15). Ensimmäiset viisi ajoa suoritettiin 25^o:n kulmalla ja 62 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välisellä aukolla. Testauksen aikana kirjattiin muistiin seuraavat havainnot:

1. Testikasetit liukuvat ongelmitta säiliön pohjalevyn päällä.
2. Välilevyn ja säiliön pohjalevyn välillä esiintyi pullonkaulailmiö.
3. Osa kaseteista jäi pitkittäis- ja vaaka-asennossa suuntaamislevyn ja rungon tukilevyn väliin roikkumaan ensimmäisen kierron jälkeen. Kasetit kuitenkin putosivat toisen kierron aikana, kun uusi kasetti työnsi roikkuvan kasetin pois tieltä.
4. Testikasetti putosi ulos säiliöstä keskimäärin kahden syöttöliikekierron jälkeen.
5. Puolet testikaseteista tuli ulos säiliöstä lappeellaan pitkittäisasennossa ja puolet vaaka-asennossa lappeellaan.
6. Testikasetteja tuli ulos noin 2 - 6 kpl kerralla.
7. Testin lopussa noin 1 - 2 testikasettia jäi lepäämään luistia vasten (kuva 56), eivätkä päässeet luistin päälle.
8. Luistin päälle pääsi useampi testikasetti ja syöttöliikkeen loppuvaiheessa osuivat suuntaamislevyyn. Tämän seurauksena askelmoottoriin kohdistui ajoittain suurempi voima ja askelmoottorin askeleita jäi väliin.



KUVA 56. Testikasetti luistia vasten

Kohtaan 3 korjaavana toimenpiteenä, tukilevyn päähän kiinnitettiin väliaikaisratkaisuna 90⁰:n kulmaan taivutettu teräslista (kuva 57). Listan tarkoituksena on toimia laskupintana testikaseteille, jotta ne eivät jäisi roikkumaan suuntaamislevyn ja rungon tukilevyn väliin.



KUVA 57. Laskupinta

Toinen testiajosarja suoritettiin $27,5^0$:n kulmalla ja 80 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välisellä aukolla. Testauksen aikana kirjattiin muistiin seuraavat muutokset ensimmäiseen testikierrokseen verrattuna:

1. Testikasetit eivät jääneet enää roikkumaan suuntaamislevyn ja rungon tukilevyn väliin.
2. Testikasetit putosivat yhä useammin ulos säiliöstä ensimmäisen syöttöliikekierron jälkeen.

Kolmas testiajosarja suoritettiin 30^0 :n kulmalla ja 115 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välisellä aukolla. Testauksen aikana kirjattiin muistiin seuraavat muutokset toiseen testikierrokseen verrattuna:

1. Pullonkaulailmiötä ei enää syntynyt.
2. Luistin päälle asettui useammin monta testikasettipuolikasta kerralla ja askelmoottori jätti askeleita väliin.

Neljäs testiajosarja suoritettiin $32,5^0$:n kulmalla ja 115 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välisellä aukolla. Testauksen aikana kirjattiin muistiin seuraavat muutokset kolmanteen testikierrokseen verrattuna:

1. Luistin päälle asettui useammin monta testikasettipuolikasta kerralla ja askelmoottori jätti askeleita väliin.

Neljän testiajokierroksen jälkeen päädyimme siihen lopputulokseen, että paras asetusarvo testikasettipuolikkaiden syöttämiseen on $27,5^0$:n kulma ja 115 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välinen aukko.

Kolmas testiajosarja suoritettiin $27,5^0$:n kulmalla ja 115 mm:n välilevyn ja säiliön pohjalevyn välisellä aukolla. Tällä kertaa testiajoja suoritettiin 10 kertaa ja ylös kirjattiin askelmoottorin pitovoiman ylittävät syöttöliikekerrat ja syöttöliikekiertojen määrä 160 kpl:n testikasettipuolikkaan syöttöön. Tuloksista koostettiin taulukko 7.

TAULUKKO 7. Kymmenen ajokertaa ja tulokset

Ajokerta	Askeleiden väliinjättö	Syöttöliikekiertojen määrä
1	3	56
2	0	53
3	1	45
4	3	58
5	3	63
6	2	53
7	2	52
8	2	56
9	0	59
10	2	60
	1,8	55,5

Tuloksista käy ilmi, että luistin päälle asettui liian monta testikasettia kerralla noin joka 31:n. syöttöliikekierron aikana. Tämän takia askelmoottoriin kohdistui pitovoiman ylittävä voima ja sen seurauksena syöttöliike pysähtyi hetkellisesti ja askelmoottori jätti askeleita väliin. Taulukon 7 mukaan kerralla syötetyn testikasettimäärän keskiarvo on noin 3.

5.3.6 Testauksen yhteenveto

Testauksen tuloksena saatiin aikaiseksi yhteenveto, josta käy ilmi seuraavat syöttölaitteen toimintaan liittyvät asiat:

1. Paras asetuskulma syöttölaitteelle on 25⁰:n ja 27,5⁰:n välillä. Liian pienellä kulmalla testikasetit eivät pääse liukumaan säiliön pohjaa pitkin. Liian suurella kulmalla useampi testikasetti pääsee helpommin luistin päälle, ja pysäyttää syöttöliikkeen.
2. Tässä testissä käytetyille testikasettipuolikkaille pullonkaulailmiön välttämiseksi välilevyn ja säiliön pohjalevyn välinen aukko pitää olla yli 110 mm.
3. Testikasettipuolikkaat tulivat ulos säiliöstä pitkittäis- ja vaaka-asennossa lappeellaan.
4. Testikasetteja tuli ulos säiliöstä noin kolme kappaletta kerrallaan.

5. Askelmoottoriin kohdistui noin joka 31:s. syöttöliikekerta useamman testikasetin aiheuttama pitovoiman ylitys.
6. Tässä testissä käytettyjen malariatestikasetin pohjaosien todellinen täytösuhde oli noin 2.

6 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin irtotavaramateriaalina olevien testikasettien syöttölaite. Työ toteutettiin yleisten tuotekehityksessä käytettyjen periaatteiden mukaisesti. Opinnäytetyö aloitettiin projektisuunnitelman teolla, josta siirryttiin esisuunnitteluvaiheeseen. Esisuunnitteluvaiheen aikana päätettiin syöttölaitteen toiminnallisten osien rakenne ja toimintatapa. Suunnitteluvaiheessa nämä esisuunnitteluvaiheessa päätetyt rakennemallit ja toimintatavat konkretisoitiin 3D-malliksi ja 2D-piirustuksiksi Solidworks 2014 -3D-suunnitteluohjelmiston avulla.

Suunnitteluvaiheen tuloksena saatujen 2D-piirustusten pohjalta tilattiin prototyypin rakentamiseen tarvittavat osat ja syöttölaitteesta rakennettiin fyysinen prototyyppi. Prototyypin valmistuttua kokonaan tammikuun kolmannella viikolla päästiin syöttölaitteella ajamaan ensimmäiset testit. Testausta jatkettiin vielä myöhemmin huhtikuun aikana ja testaustulokset tarkentuivat. Testausten aikana kirjattiin syöttölaitteessa olevia ongelmakohtia ja osa niistä pystyttiin ratkaisemaan pikaisilla korjauksilla ja syöttölaitteen asetusarvoja muuttamalla.

Syöttölaitteen rungosta tuli tarpeettoman suuri. Luistin 150 mm:n iskupituuden takia ja mahdollisimman vähän osia käyttäen runkorakenne päädyttiin tekemään neljästä tukevasta alumiinilevystä. Jos rungon osien määrää lisättäisiin tai rakennetta muutettaisiin ja luistin iskupituutta lyhennettäisiin, saataisiin syöttölaitteesta suunniteltua kevyempirakenteinen.

Luistin iskupituuden lyhentäminen keventäisi luistin rakennetta ja sallisi lyhyemmän kammien käytön. Näiden muutosten myötä askelmoottoria voitaisiin pienentää. Pienemmän askelmoottorin käyttö vähentäisi tilantarvetta ja syöttölaitteen ulkoisten mittojen pienentäminen olisi mahdollista.

Säiliö mitoitettiin 1,4 kertaa suuremmaksi kuin mitä säiliöön menevien kasettipuolikkaiden laskennallinen tilavuus on. Todellisuudessa kasettipuolikkaiden täyttösuhde oli noin 2, joten likimääräinen säiliöön mahtuva testikasettipuolikkaiden määrä on noin 1 260. Kasettimallin riippuvuus täyttösuhteeseen pitäisi testata erikseen eri kaseteilla, mutta lähtökohtaisesti voidaan ajatella, että pienemmillä kaseteilla se on pienempi.

Tavoitteena syöttölaitteella oli saada syötettyä testikasettien pohja- ja kansiosia hallitusti säiliöstä ulos lappeellaan. Testaus oli mahdollista toteuttaa vain saatavilla olevilla testikasettien pohjaosilla. Saatavilla olevilla testikasettien pohjaosilla syöttölaitetta testattaessa saatiin kuitenkin hyviä tuloksia ja päästiin näkemään tämän hetkisen syöttölaitteen ongelmakohdat.

Yksi ongelmakohdista oli liian monen testikasettipuolikkaan pääsy kerralla liikuvan luistin päälle. Tämän seurauksena syöttötapahantuma ei ollut enää hallittavissa ja joidenkin syöttöliikekiertojen aikana askelmoottorin pitomomentin raja ylittyi useamman testikasettipuolikkaan osuttua suuntaamislevyyn. Tämän ongelmakohdan korjaamiseksi syöttölaitteen säiliön pitäisi olla joko monitasoinen tai säiliöön pitäisi suunnitella puskurivyöhyke, joka säännöstelee syöttövaiheeseen pääsevien testikasettipuolikkaiden määrää.

Suunniteltu syöttömekanismi pystyi poimimaan testikasettipuolikkaita useassa asennossa. Ongelmakohta pyrittiin ratkaisemaan suuntaamislevyn avulla. Suuntaamislevyn piti pudottaa pystyasennossa tulevat testikasettipuolikkaat takaisin säiliöön ja kääntää kylki edellä tulevat testikasettipuolikkaat lappeelleen syöttövaiheen loppuvaiheessa. Suuntaamislevy käänsi testikasettipuolikkaat odotetusti kylkiasennosta lappeelleen, mutta päästi pystyasennossa tulevat testikasetit ulos säiliöstä. Tämän ongelmakohdan ratkaisemiseksi suuntaamislevyn rakennetta pitäisi muuttaa tai vaihtoehtoisesti suunnitella syöttömekanismista asentovalitseva. Asentovalitseva syöttömekanismi poimisi vain lappeellaan olevat testikasetit ulos säiliöstä ja suuntaamisesta syöttöliikkeen loppuvaiheessa voitaisiin luopua.

Vaikka suurin osa markkinoilla olevista testikaseteista on suorakaiteen muotoisia, on niissä kuitenkin pituus-, leveys- ja korkeusmitoissa pieniä eroavaisuuksia. Joissakin kasettimalleissa läpileikkaus ei ole suorakaiteen muotoinen, kuten toisessa malariatestikasetissa (kuva 11), joka saatiin testauksen aikana käyttöön. Näiden erojen takia suuntaamislaite pitää olla kasettimallin mukaan vaihdettavissa tai säädettävissä. Asentovalitsevassa syöttömekanismissa testikasetteja poimiva komponentti pitäisi olla rakenteeltaan sellainen, että sen

muokkaaminen eri kasettimalleille sopivaksi olisi yhden adapteriosan vaihdon varassa.

Muutosten teon jälkeen syöttölaite toimisi siten, että testikasettipuolikkaita tulisi ulos säiliöstä yksi kerrallaan. Syötön loppuvaiheessa testikasetit tulisivat ulos säiliöstä lappeellaan, mutta mahdollisia asentoja olisi kuitenkin tämän jälkeen vielä neljä erilaista. Tämän takia hyvä jatkokehityskohde olisi syöttölaitteen jälkeinen kääntölaite. Kääntölaite voisi saada tiedon kasetin asennosta konenäkösovelluksen avulla. Konenäkösovelluksen antaman tiedon perusteella kääntölaite pystyisi kääntämään kasettipuolikkaan kahdessa eri akselisuunnassa oikeaan asentoon.

Ilman täryominaisuuksia toimiva syöttölaite on haastavaa suunnitella toimivaksi. Markkinoilla ei oman tietämykseni mukaan ole yhtäkään hallittuun syöttöön kykenevää syöttölaitetta, joka ei toimisi täryperiaatteella. Tässä opinnäytetyössä täryperiaatteesta pystyttiin luopumaan suunnittelemalla syöttölaite lineaariliik-
keiseen testikasettipuolikkaita ulos säiliöstä syöttävään luistiin perustuvaksi. Perusajatus syöttölaitteen toiminnasta toimi, mutta hallittavuudessa riittää vielä töitä.

LÄHTEET

1. Ginolis. Saatavissa: <http://ginolis.com/company-introduction>. Hakupäivä 13.1.2014.
2. Fonselius, Jaakko - Laitinen, Esko - Pekkola, Kari - Suosara, Eero 1985. Kappaleenkäsittelylaitteet. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
3. Vaari, Aimo 1988. Automaatiotekniikka. Kokeilupainos. Juva: WSOY.
4. Keinänen, Toimi - Kärkkäinen, Pentti - Lähetkangas, Markku - Sumujärvi, Matti 2009. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. 1.-2.painos 2009. Helsinki: WSOYpro Oy.
5. Rapid Diagnostic Tests: How They Work. 2014. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention. Saatavissa: http://www.cdc.gov/malaria/malaria_worldwide/reduction/dx_rdt.html. Hakupäivä 19.2.2015.
6. Malaria diagnosis: A guide for selecting rapid diagnostic test (rdt) kits – 1st edition. 2007. Unisef. Saatavissa: http://www.unicef.org/french/supply/files/Guidance_for_malaria_rapid_tests.pdf. Hakupäivä 7.5.2015.
7. Rapid Test Diagnostic Cassettes. 1996 - 2015. IndiaMART InterMESH Ltd. Saatavissa: <http://www.indiamart.com/kanani-industries-rajkot/rapid-test-diagnostic-cassettes.html>. Hakupäivä 19.2.2015.
8. Ginolis launches the lateral flow assembly (LFA) manufacturing product. 2014. Ginolis Ltd. Saatavissa: <http://ginolis.com/news/ginolis-launches-the-lateral-flow-assembly-lfa-manufacturing-product>. Hakupäivä 19.3.2015.

9. Ginolis Delilah™ Lateral Flow Assembly (LFA). 2014. Ginolis Ltd. Saatavissa: http://ginolis.com/uploads/Delilah_LFA_white_paper.pdf. Hakupäivä 19.3.2015.
10. Miniatyyrijohteet. Rollco Oy. Saatavissa: <http://rollco.fi/tuotteet/miniatyyrijohteet>. Hakupäivä 19.3.2015.
11. Miniature linear guides. Wide Rail Type. Rollco Oy. Saatavissa: <http://rollco.fi/wp-content/uploads/2012/07/Miniature-2013-10.pdf>. Hakupäivä 31.3.2015.
12. Cam Followers/Flat Type/No Seal. CFFR8-19. MISUMI. Saatavissa: <http://uk.misumi-ec.com/vona2/detail/110300111330/?CategorySpec=00000235730%3A%3Aa%0900000005546%3A%3A19%0900000005547%3A%3A11%090000005553%3A%3AM8%2CM8x1.25>. Hakupäivä 7.4.2015.
13. High-Torque Stepper Motors 1.8⁰/0.9⁰/Geared (PKP). PKP268D28A-L. 2011. Oriental Motor Europa GmbH. Saatavissa: http://www.orientalmotor.eu/Products/Stepper_motors/Stepper_motors/high_torque_2phase_motors_pkp/?&filter1=Standard&filter2=56.4+mm&arid=7997&dwn=artnr. Hakupäivä 14.4.2015.
14. What is Pull-in torque and Pull-out Torque in synchronous machines. 2010. Electrotechnik. Saatavissa: <http://www.electrotechnik.net/2012/02/what-is-pull-in-torque-and-pull-out.html>. Hakupäivä 14.4.2015
15. Alumiinien vertailutaulukko. ThyssenKrupp Aerospace Finland Oy. Saatavissa: <http://www.thyssenkrupp.fi/alumiinit/alumiinit/alumiinit>. Hakupäivä 4.5.2015

16. Kytönen, Heli 2010. Alumiiniseosten valmistus ja ominaisuudet.
TKK/Metallurgia Aalto-yliopisto. Teknillinen korkeakoulu. Saatavissa:
https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/mt-0.4016/luennot/MT-0_4016_5_luento.pdf. Hakupäivä 4.5.2015.
17. Valtanen, Esko 2013. Tekniikan taulukkokirja. Mikkeli: Genesis-kirjat Oy.

Lähtötietomuuistio

Matti Pätsi

Tilaaaja

Ginolis Oy

Tilaaajan yhdys henkilö ja yhteystiedot

Samuli Hietala

Automaatitietie 1

90460 Oulunsalo

Työn nimi

Pikadiagnostiikkatestin osien syöttölaite

Työn kuvaus

Pikadiagnostiikkaan käytettäviä testitikkua käytetään yleisesti mm. sairauksien diagnosoimiseen. Yleisiä käyttökohteita ovat myös erilaiset huumetestit ja raskaustesti. Pikatestejä valmistetaan vuosittain miljardeja ja niiden kokoonpano on pääasiassa manuaalista. Pikatestin pääosat ovat pohja, kansi ja niiden välissä oleva nitroselluloosastrippi. Automatisoinnin haastavin osa on näiden osien hallittu syöttömenetelmä ns. bulkkitarvarasta robotille.

Työn tavoitteet

Tavoitteena on suunnitella pikadiagnostiikkaan käytettävien lateraalitestitikkujen syöttölaitteen prototyyppi automaattiseen kokoonpanolinjaan. Lähtökohtana pidetään sitä, että testikasetit tulevat laitteelle irtolastitavaraana epämääräisessä järjestyksessä eli ns. bulkkina.

Tavoiteaikataulut

Suunnittelutyön tulee olla valmiina 31.12.2014 mennessä. Kirjallisen raportin eli opinnäytetyön tulee olla valmiina 30.4.2014 mennessä.