



MEHHATROONIKAINSTITUUT

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

Maksim Lutsenko

Automaatne baari jookide valamismasin

Bakalaureusetöö

Autor taotleb tehnikateaduse bakalaureuse akadeemilist kraadi

Tallinn 2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Alina Sivitski juhendamisel

“15” mai 2015. a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2015. a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2015. a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool
BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Maksim Lutsenko 104189MAHB

Õppekava: MAHB 02/09-Mehhatroonika

Spetsialiseerumine: Mehhatroonika

Juhendaja: Assistent PhD Alina Sivitski

Konsultandid:

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Automaatne baari jookide valamismasin**

(inglise keeles) **Automatic Drink Filling Machine**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Turu analüüs - olemasolevate baari jookide valamismasinate eeliste ja puuduste analüüs. Seadme tehniliste parameetrite defineerimine.	02.03.2015
2.	Valamismasina mehaaniliste komponentide ja korpuse kuju valik. Masina osade materjali valik ja konstruktsioon. Hammasrihma valik ja arvutused. Pneumaatikakomponentide valik ja arvutused.	15.03.2015
3.	Valamismasina elektrikomponentide valik ning elektriskeemi koostamine. Seadme toitesüsteemi projekteerimine. Seadme juhtimissüsteemi projekteerimine. Ohutusaspektide käsitus ja majanduslik analüüs.	15.04.2015
4.	Tehniliste kooste- ja detaili jooniste koostamine.	02.05.2015
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	15.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Töö eesmärgiks on projekteerida majandusotstarbekas ja töökindel automaatne baari jookide valamismasin. Töö alguses analüüsitakse turul saadaval olevate analoogsete masinate eelised ja puudused ja defineeritakse projekteeritava masina tehnilised parameetrid. Töö mehaanikaosas valitakse masina pneumaatika- ja mehaanikakomponendid, teostatakse valjalikud tugevusarvutused. Projekteeritakse korpuse kuju, pakutakse masina 3D mudelid ja tehnilised joonised. Elektroonika osas teostatakse elektrikomponentide valik ning koostatakse elektriskeemid. Juhtimise osas projekteeritakse masina juhtimissüsteem: valitakse kontrollid ning koostatakse juhtimisprogramm seadme automatiseerimiseks. Töös käsitletakse ka ohutuse aspekte ja esitatakse lahenduse majanduslik analüüs.

Töö keel: eesti

Kaitsmistaotlus esitada dekanati hiljemalt 12.05.2015 **Töö esitamise tähtaeg** 15.05.2015

Üliõpilane Maksim Lutsenko /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Alina Sivitski /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel.

SISUKORD

EESÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
TURU ANALÜÜS	8
TEHNILISED PARAMEETRID	11
PÕHIOSA	12
1. KONSTRUKTISIOON JA TÖÖPÕHIMÖTTE	12
2. KORPUS	12
2.1. Alumiinium profiili valik	13
2.2. Profiilide omavaheline kinnitus	14
2.3. Teised karkassi osad	15
2.4. Alusplaadid ja katted	16
3. AJAMI VALIK JA RIHMA ARVUTUSED	17
3.1. Rihmaülekande arvutamine. Rihma ja rihmaratta valik	17
3.2. Elektrimootori valik	20
4. Plasttopsi sööturi tööpõhimõtte ja vaakum komponentide valik 21	
4.1. Iminapa läbimõõtu valik	22
4.2. Vaakum generaatori valik	24
5. Vedeliku ette andmine pudelist/reservuaarist	25
5.1. Pudelihoidja ja pudelikork	25
6. Pneumaatika	26
7. Elektrikomponendid ja juhtimine	28

7.1. Toiteplokk	28
7.2. Juhtimisseade	29
7.3. Lihtsustatud juhtimisplokk skeem	30
8. Ohutus	32
9. Majanduslik analüüs	32
KOKKUVÕTE.....	34
SUMMARY	35
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	36
LISAD.....	37

EESÕNA

Bakalaureuse töö teema arenes välja oma huvist automatiseerida kokteili tegemine. Eesmärgiks oli välja mõelda ja projekteerida seade, mis asendab käsitsi tehtava töö, teeb seda kiiremaks ja aitab vältida vead seotud inimteguriga. Seade peaks olema lihtsalt juhitav, automatiseeritud, ohutu ja saamal ajal meeldejäáva töötsükliga.

SISSEJUHATUS

Lõputöö teemaks on valitud automaatne kokteili seade. Enne seadme projekteerimist tuleb teostada turuanalüüs, väljaselgitamaks millised on olemasolevate analoogsete seadmete eelised ja puudused. Seejärel tuleb defineerida seadme tehnilised parameetrid. Selle seadme projekteerimise käigus on vaja kujundada korpuse konstruktsiooni ja leida mehhaanika lahendused, valida sobilikud materjalid ja komponendid, mis tagaksid seadme töökindluse ja töökiiruse. Töö käigus tuleb koostada pneumohüdraulika-, elektri- ja loogika/juhtimisskeemid. Selle lõputöö eesmärgiks on luua seade, mis võimaldab kiirelt ja automatiseeritult valmistada valitud kokteileid. Projekteerimise tulemusena peaks valima lihtsa konstruktsiooniga, töökindla ja majanduslikult otstarbeka seadme, mida saab kasutada nii suurtel üritustel, kui ka kodus.



Sele 1. Automaatne baari jookide valamismasin.

TURU ANALÜÜS

Antud peatükis on läbiviidud olemasolevate automaatsete kokteili seadmete eeliste ja puuduste analüüs.

SOMABAR ja MONSIEUR

Eelised: väike ja kompaktne ((5100 x 5400) mm), võimalik valida kokteilid läbi mobiiltelefoni, suur kiirus, madal hind (600\$).

Puudused: väiksed vedeliku konteinerid (Somabar (6x0,7) l / Monsieur (8x0,7) l), puudub klaasi söötur.



Sele 2. Somabar kokteilimasin [1].



Sele 3. Monsieur kokteilimasin [2].

THE INEBRIATOR

Eelised: X-telje sihiliselt liikuv juhikuga platvorm, mis paneb klaasid horisontaalsihis liikuma puudelite all - meeldejääv disain, lihtne juhtimine Arduino mikrokontrolleri abil, konteinerite asemel pudelid, mis lihtsustavad tara vahetamise.

Puudused: puudub klaasi söötur, joogi annuse jagamine toimub mehaanilise dosatori abil, mis pole piisavalt töökindel, väike kiirus.



Sele 4. The Inebriator [3].

BARTENDRO

Eelised: vedeliku söötmine toimub peristaltiliste pumpade abil.

Puudused: kõrge hind(4000\$), suured gabariitmõõtmed ((1000x600x300) mm), puudub klaasi söötur.



Sele 5. Bartendro kokteilimasin [4].

BAROMAT K10

Eelised: ohutu , kompaktne ((450x450x1000) mm), suur töökiirus.

Puudused: pole klaasi sööturi, piiratud puudeli arv.



Sele 6. Baromat K10 kokteilimasin [5].

Turuanalüüsi tulemusena selgus, et turul saadaval olevatest seadmetest mitte ühtelgi seadmel pole klaasi sööturit. Kõik seadmed jagunevad kaheks – kompaktsed (väikse konteineritega) ja massiivsed (suurte konteinerite mõõtmetega ja kogustega). Internetis saadaval olevast infost on teada, et mehhanilised dosaatorid pole töökindlad. Selles töös projekteeritav seade peaks olema võimalikult väikeste gabariitmõõtmetega, suhteliselt lihtsa konstruktsiooniga ning suure töötsükli kiirusega.

TEHNILISED PARAMEETRID

Nõuded projekteeritavale seadmele:

- Plasttopside sөөtur
- Tootlikkus, vähemalt 10 konteinerit/pudelit
- Kiirus, x-teljel servomootor ja vedeliku sөөtmine suruõhu abil + elektriliselt juhitud klapid.
- Võimalikult kompaktsed gabariitmöödmed (kuni (500x500x900) mm)
- Lihtne kasutamine
- Teenindus puuetundliku HMI paneeli abil

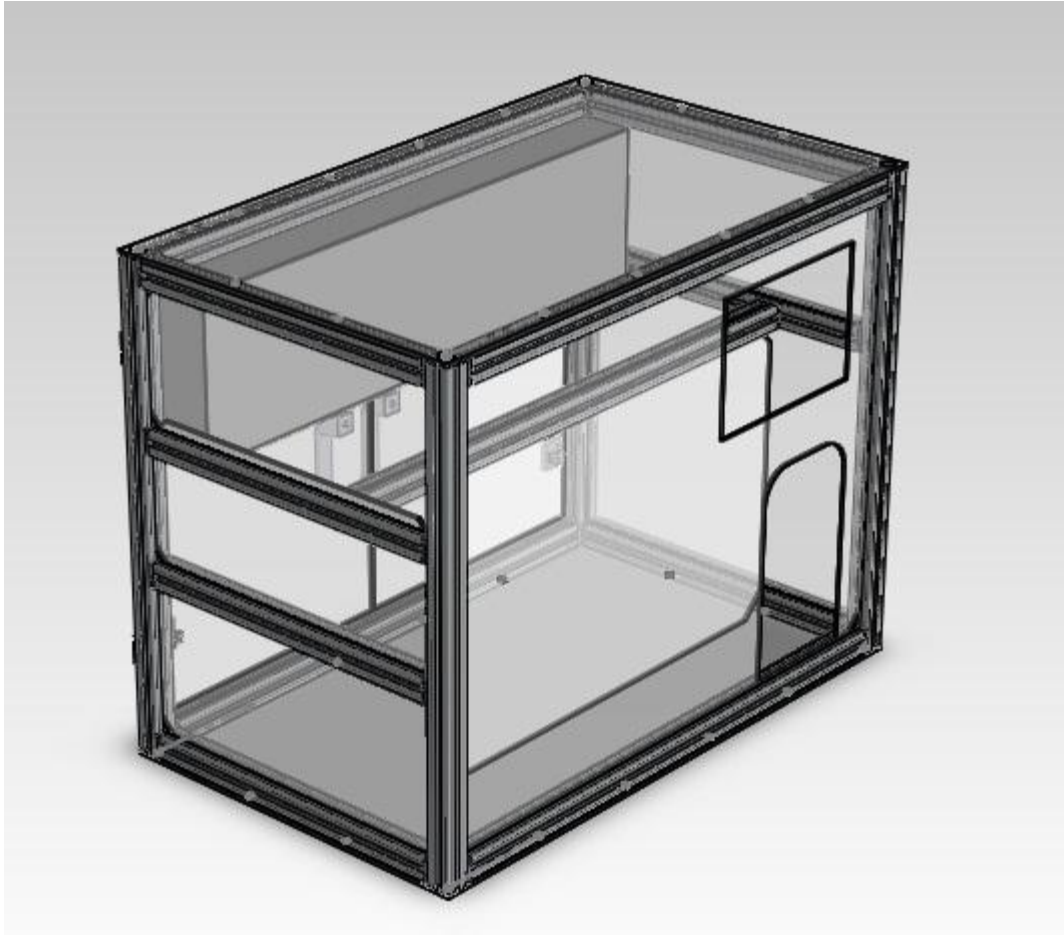
PÕHIOISA

1. KONSTRUKTISIOON JA TÖÖPÕHIMÖTTE

Automaatne baari jookide valamismasin oli projekteeritud SolidWorks raalprojekteerimise tarkvara abil. Konstruktsioon koosneb profiilraamist ja korpusest, kus asuvad pudelid, plasttopsi söötur, pneumo- ja hüdroklappid ja elektrimootor. Seade on projekteeritud kuni 12st 1.5 liitriliste pudelide kasutamiseks, kuid soovi korral on võimalik väikeste muudatusega vähendada või suurendada korpuse mõõtmeid. Karkassi osad on peamiselt ostetavad detailid. Alusplaadid, katted ja suurem osa masina komponentidest on aga jooniste järgi tellitavad detailid. Kui inimene tahab jooki, ta valib puutetundliku ekraani abil kokteili, vajutab Start nuppu, platvorm liigub algpunktisse, kus topsisöötur tõmbab pneumosilindri abil plasttopside virnast ühe topsi välja ja vaakumpadi fikseerib topsi platvormil. Kui rõhuandur annab signaali, et vaakumsüsteemis rõhk on tõusnud (plasttopp on platvormis) topsisöötur liigub tagasi ülesse ja platvorm hakkab liikuma järgmisesse punkti. Iga kokteili valik sisaldab programmis oma koordinatpunkte ja klappide avamise järjekorda ja kestust. Vedelikud juhitakse klappideni läbi voolikute ning et tagada pidev voolikute täituvus, juhitakse suruõhk pudelitesse.

2. KORPUS

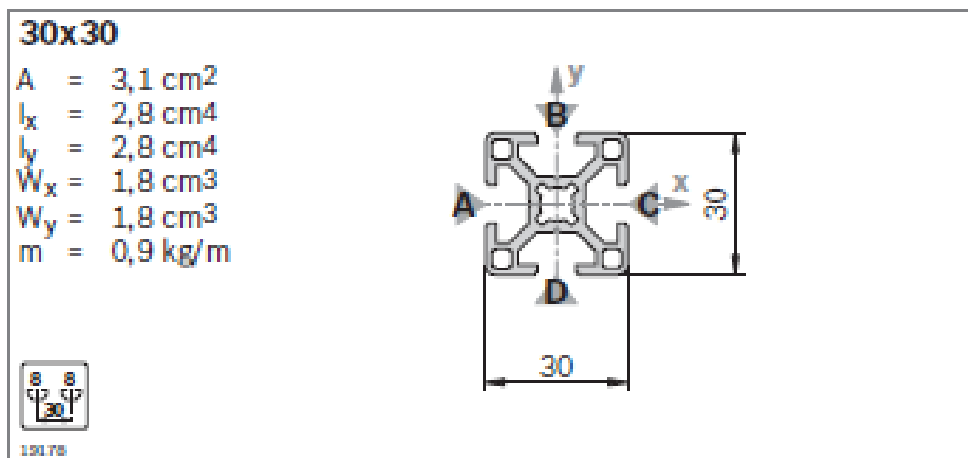
Seadme korpus koosneb karkassist, mis on tehtud Bosch alumiinium profiilidest ja mille külge on kinnitatud alusplaadid ja kated. Selle lahenduse eeliseks on lihtne ja kerge konstruktsioon, mugavus (kõik karkassi osad on Bosch kataloogist tellitavad) ja soovi korras on võimalus tulevikus antud masina edasi arendada.



Sele 7. Masina profiili korpus koos akrüülklaasi kattega.

2.1. Alumiinium profiili valik

Selle seadme jaoks oli valitud profiil 30x30 mm



Sele 8. Bosch profiil 30x30 (ristlöige) [6].

Profiili andmed:

- Tugevuspiir R_m (N/mm^2) : 245
- Tinglik voolepiir $R_{p0,2}$ (N/mm^2) : 195
- Lubatav põikkoormus (M8 T-kujuliste muutrite puhul) (N) : 4000
- Elastsusmoodul E (N/mm^2) : 70000
- Kõvadus : 75 HB
- Sulami nimetus ja number (DIN EN 573) : 6060 AL MgSi

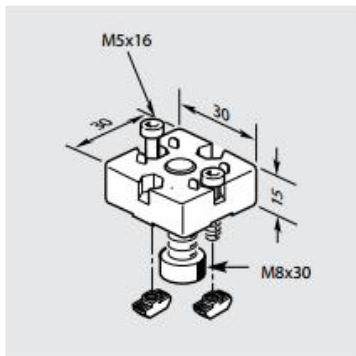
Masina korpusele otseselt koormusi ei mõju. , selle ülesandeks on on seadme komponentide hoidmine ja seadme ohutuse tagamine.

2.2. Profiilide omavaheline kinnitus

Profiilide omavaheliseks ühendamiseks Bosch kataloogist oli valitud 30x30 T-Connector Kit . Selle kinnituse eeliseks on asjaolu, et kinnitus on peidus, mis ei rikku välimust, aga saamal ajal annab tugeva kinnituse.

T-Connector Kits 

30x30 T-Connector Kit 



Features:

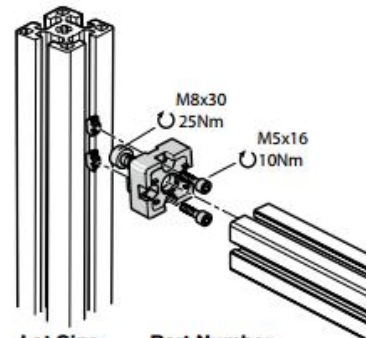
- Includes all fastening hardware
- Can be used ONLY with 30x30 profiles

Machining Required:

- M8 tap in end of one profile

Material:

- Die-cast zinc



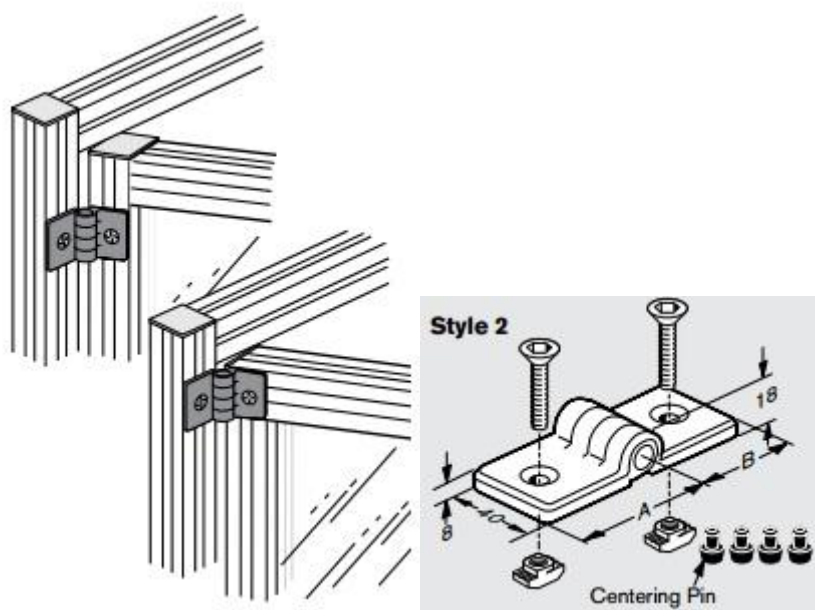
Description	Lot Size	Part Number
30x30 T-connector kit designLINE	1	3 842 538 696
30x30 T-connector kit	1	3 842 524 476

Sele 9. Rexroth Bosch T-Connector Kit [6]

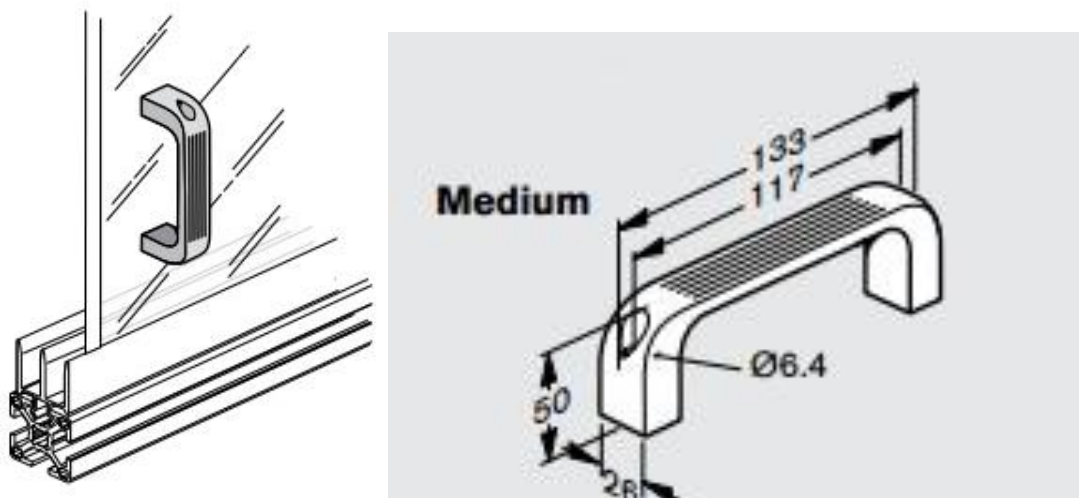
2.3. Teised karkassi osad

Seadme koostamisprotsessi lihtsustamiseks, tellitakse kõik võimalikud komponendid samast Bosch kataloogist. Nende hulgas on ukse hinged, käepidemed, profiilitihendid ja mutrid (detailide monteerimiseks karkassi külge).

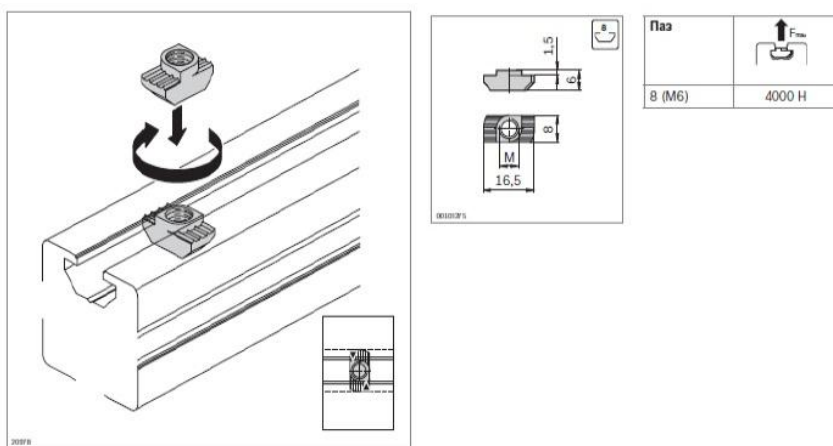
Ukse hinged valitakse Style 2 hinge, 30-series to 30-series, sest neid on mugavam kasutada profiilidega ja hingede küljes on tsentreerimisnõelad, mille abil ukse paigaldamine ei nõua seadistamist.



Sele 10. Style 2 hinge, 30-series to 30-series [6]



Sele 11. Small strap handle käepide [6]



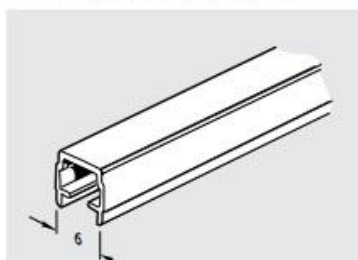
Sele 12. T-kujulised mutrid [6]

Küljeplaadi kinnitamiseks ja vaba profiili soone varjamiseks valisin ühe ja saama T-slot cover , Kui panna tihend profiili soone sisse teise poolega, siis tihend ilusti hoiab plaadid paksusega (3 - 5) mm.



Sele 13. Tihendi kasutamine.

T-Slot Covers 6 8 10

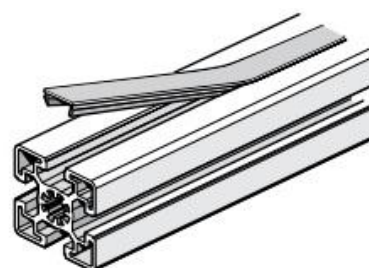


Features:

- Provide clean, finished appearance
- Can be used to conceal wires
- Prevent accumulation of dirt and debris in the T-slot
- Available in several colors

Material:

- Rigid PVC



Sele 14. Profiili tihend [6]

2.4. Alusplaadid ja katted

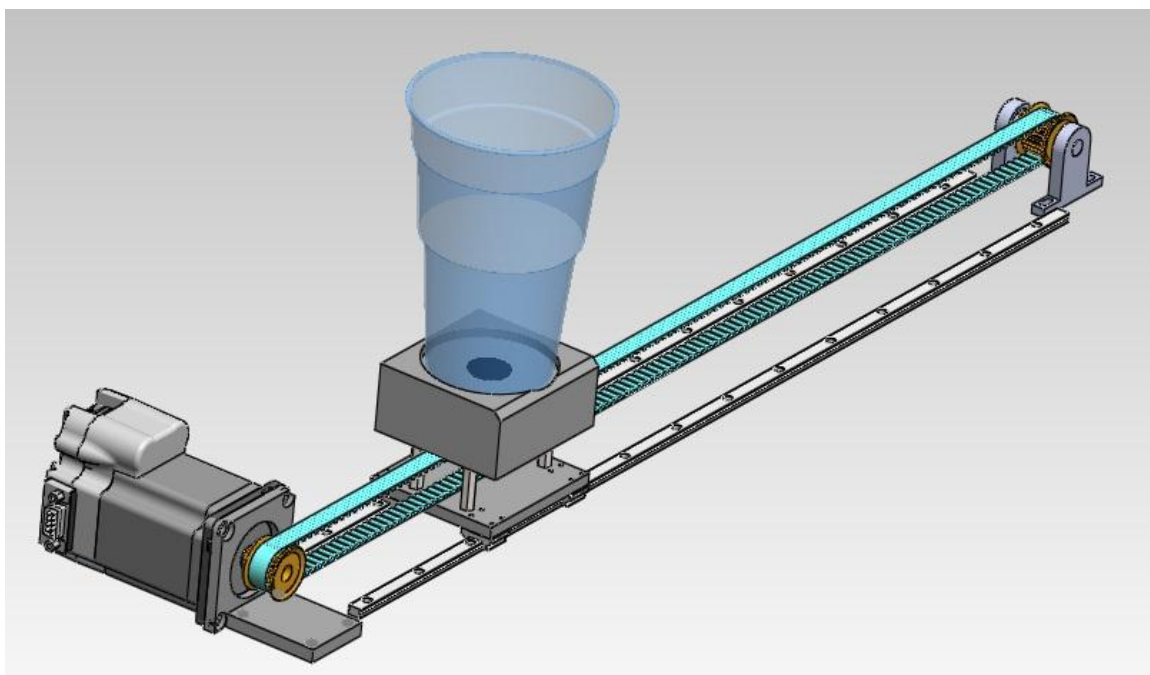
Alusplaadi jaoks valime 6 mm PVC plaat, sest see materjal omab piisavalt suurt tugevust ja saamal ajal kergem ja lihtsam käsitleda kui alumiiniumist plaadid.

Teised katted ja ukсед valmistakse 4 mm läbipaistva PVC materialist ja mängivad kui disaini kui ka ohutuse rolli.

Detailid tehakse vastavalt joonistele, alguses lõigatakse detaili giljotiiniga välja ja siseavad tehakse vesilõikamisega. See on kõige otstarbekam, odav lõikamise viis. Vesilõikamise abil saadud avade ääred jäävad sirged ja ilma kriimuvabad.

3. AJAMI VALIK JA RIHMA ARVUTUSED

Masina automatiseerimiseks on tarvis kasutada ajam platvormi, mis nihutab plasttopsi masina pihustite alla. Selleks on kaks võimalust, kasutada valmis lineaarse liikumisega ajam, näiteks Macron Dynamic MSA-628 [7] või ise projekteerida seda. Kuna valmis elektrijamid on üsna kallid, siis otsustasin ise valida komponendid kataloogist ja leida sobiv mootor koos rihmaülekanedega ja teostada kõik vajalikud arvutused.

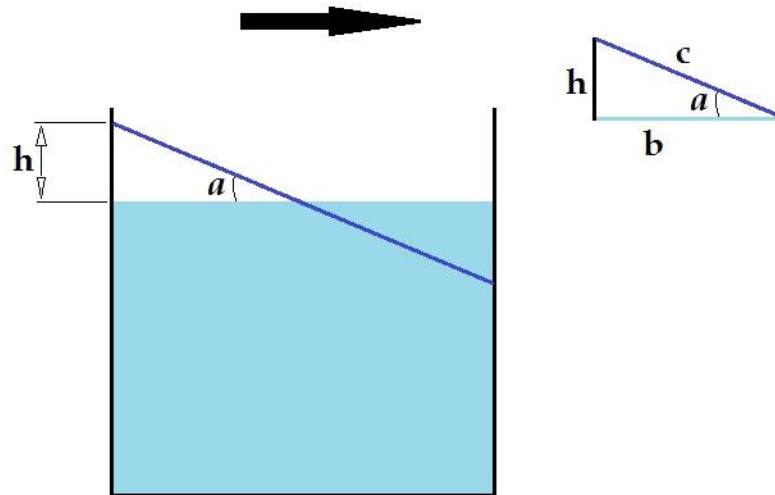


Sele 15. Lineaar ajam platvormiga ja plasttopsiiga.

3.1. Rihmaülekande arvutamine. Rihma ja rihmaratta valik

Esiteks, meil on vaja leida α_{max} (maksimaalne platvormi kiirendus). Maksimaalne kiirenduseks on selline kiirendus, kus vedelik ei loksu klaasist välja. Teatades, et

keskmise kokteili maht on ~ 250 ml, siis kokteili pind topsis kõrgusega 140 mm ulatab umbes 75 mm kõrgusele, kus topsi diameeter on 80 mm.



Sele 16. Vedeliku pinnakihi tasme maksimaalne tõus topsi liikumisel.

Siit saame:

$$h = 55 \text{ [mm]}, b = 40 \text{ [mm]}, g = 9,8 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Kasutades hüdrostaatika valemit [8] saame teada maksimaalse kiirenduse.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{h} \rightarrow \frac{b}{h} = \frac{a}{g} \rightarrow a = \frac{b \cdot g}{h}$$

$$a = \frac{40 \cdot 9800}{55} = 7127 \left[\frac{mm}{s^2} \right]$$

$$7127 \left[\frac{mm}{s^2} \right] = 0.7265 G \approx 7 \left[\frac{m}{s^2} \right]$$

Sellest arvutusest tulenevalt, valitakse rihma, hammasratta ja kinnitusklambri ECOBELT kataloogist[9]:

- Rihm: ALPHA LINEAR T5/10 mm
Rihma samm [mm] p : 5
Kõrgus [mm] H : 2,2
Rihma hammaste kõrgus [mm] h : 1,2

Rihma kaal/1 meeter [kg] : 0,022

Rihma pikkus:

$$L = 2c + \pi d = 2 \cdot 0,6 + \pi \cdot 0,02865 = 1,29 \text{ [m]}$$

,kus L – rihma pikkus [m]

c – kaugus hammasratta tsentrite vahel [m]

d – hammasratta läbimõõt [m]

Rihma kaal:

$$W_b = 0,022 \cdot 1,29 = 0,0283 \text{ [kg]}$$

- Hammasrihmaratas: ZRS 21 T5/18-2

Hammaste arv: 18

Välisläbimõõt [mm] d : 28,65

Täis läbimõõt koos servadega [mm] d_i : 32

Laius [mm] b : 15

Kaal [kg] m_i : 0,031

Ava läbimõõt [mm] d_b : 6

- Kinnitusplaat: CP10T5

Materiaal : Al

Mõõdud [mm] : 29 · 41,8

Kaal [kg] : 0,025

Mootori valimisel tuleb leida nõutav pöördemoment. Pöördemomendi leidmiseks kasutame valemit [10] :

$$M = T_e \cdot \frac{d}{2}, \text{ kus } M \text{ – nõutav pöördemoment [Nm]}$$

T_e – efektiivne ringjõud [N]

d – hammasratta välisläbimõõt[mm]

$$T_e = F_a + F_f + F_w + F_g + F_{ab} + F_{ai}$$

,kus F_a – lineaarse liuguri kiirendusest tingitud jõud [N]

F_f – hõõrdejõud [N]

F_w – töökormus [N]

F_g – raskusjõud [N]

F_{ab} – inertsjõud [N]

F_{ai} – hammasrata pöörlemisjõud [N]

$m_s = 2 + 0,025 = 2,025$ [kg] – platvormi kaal koos kokteiligaga.

$$a = 7 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

1. $F_a = m_s \cdot a$

2. $F_a = 2,025 \cdot 7 = 14,175$ [N]

3. $F_f = \mu_r \cdot m_s \cdot g \cdot \cos \beta + F_{fi} = 0,004 \cdot 2,025 \cdot 9,81 \cdot \cos 0 \cdot 2,65 = 2,73$ [N]

, kus μ_r – dünaamiline lineaarlaagrite hõõrdumise koefitsient (võtame *HIWIN linears* kataloogist [11])

β – platvormi kaldenurk

F_{fi} – lineaarjuhiku hõõrdejõud (määrde, tihendid)

4. $F_g = m_s \cdot g \cdot \sin \beta = 2,03 \cdot 9,8 \cdot \sin 0 = 0$ [N]

5. $F_{ab} = \frac{w_b \cdot L \cdot b}{g} \cdot a = \frac{0,0283 \cdot 1,29 \cdot 0,01}{9,8} \cdot 7 = 0,00026$ [N]

6. $F_{ai} = \frac{m_i}{2} \cdot \left(1 + \frac{d_b^2}{d_i^2} \right) \cdot a = \frac{0,031}{2} \cdot \left(1 + \frac{0,006^2}{0,032^2} \right) \cdot 7 = 0,1123$ [N]

$$T_e = 14,175 + 2,73 + 0 + 0,112 \approx 17 \text{ [N]}$$

$$M = T_e \cdot \frac{d}{2} = 17 \cdot \frac{0,02865}{2} = 0,24 \text{ [Nm]}$$

3.2. Elektrimootori valik

Lineaar ajami süstemides on tarvis kasutada servo- või samm-mootoreid.

Mina valisin samm mootori, sest tema eelised võrreldes servo mootoriga on madalam hind, samm mootori juhtimiseks pole vaja tagasisidet ja meie seadmes pole oluline selline täpsus, nagu servomootoril.

Elektrimootoriks oli valitud samm mootor MDrive23Plus NEMA23 korpuses [12]. Selle mootori valimise eeliseks olid meile sobilik pöördemoment koos varuga, sobilik suurus antud konstruktsiooni jaoks, 24VDC toide ja integreeritud juhtimis driver.

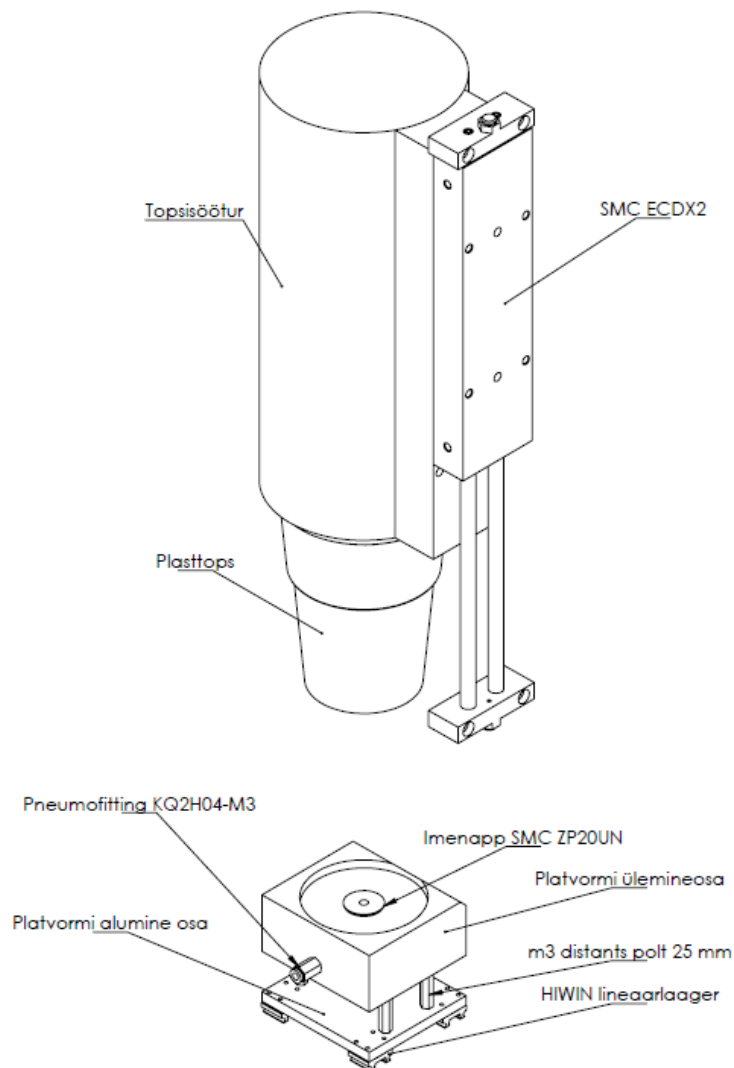
Elektrimootori andmed:

- Nominaalpinge (V): 12-75VDC
- Nominaalnevool (A): 2-3,5
- Pöördemoment (Nm): 0,64
- Pöörlemissagedus, (min^{-1}): kuni 1800
- Inertsimoment ($\text{kg}\cdot\text{cm}^2$): 0,18



Sele 17. MDrive23Plus [12].

4. Plasttopsi sööturi tööpõhimõtte ja vaakum komponentide valik



Sele 3. Plasttopsi sööturi süsteem.

Tööpõhimõtte:

Töotsükli alguses platvorm liigub algasendisse sööturi alla, siis kontrolleri lülitab esimest pneumoklappi, mille abil pneumokelk SMC ECDX2 (140mm töökäikuga [13]) hakkab liikuma alla poole ja saamal ajal avatakse teine pneumoklapp koos vaakum generaatoriga. Plasttopsi ja imenappi eduka kokkupuutumise kasvat rõhk süsteemis ja rõhuandur saadab signaali kontrolleri, mille järel esimene pneumoklapp läheb algasendise ja pneumoajam koos topsisööturiga liigub tagasi algasendisse.

Selleks, et valida vaakumi komponendid, oli tarvis teada, kui palju jõudu on vaja rakendada, et saada 1 topsi hoidjast. Teostasid katsed jõudünamomeetri ALLURIS FMI-200BU [14] abil.



Sele 18. Katsed plasttopsi saamisega jõudünamomeetri abil.

Katsete tulemuseks on selline, et saada 1 topsi topside virnast välja tõmmata on vaja rakendada ~ 7N.

4.1. Iminapa läbimõõtu valik

$$D = 35.7 \sqrt{\frac{F_n \cdot SH}{P_v \cdot n}}$$

kus, D (mm) = iminapa läbimõõt

F_n (N) = tõstejõud

SH = varutegur

P_v (kPa) = töö vakuüm rõhk =
iminapaarv

Kui arvutakse tõstejõud , siis kui tegemist vertikaalse suunatud F_n vektoriga –varutegur $SH= 2$, kui horisontaalse , siis varutegur $SH= 4$. Tegemist ebakorrapärase kujuga, raske pindadega nõuab täiendavaid varutegurite väärtusi.

$$D = 35.7 \sqrt{\frac{7.2}{61.1}} = 17.1 \text{ mm}$$

Kataloogist Parker Pneumatics 0802-E [15] tuleneb, et iminappi läbimõõt peaks olema vähemalt 18 mm , töö vakuumrõhuga 61 kPa=0,6 bar.

Cup	Diameter mm	Area cm ²	Vacuum level									
			3 inHg	6 inHg	9 inHg	12 inHg	15 inHg	18 inHg	21 inHg	24 inHg	27 inHg	
			-1.5 PSIG 10.2 kPa	-3 PSIG 20.3 kPa	-4.5 PSIG 30.5 kPa	-6 PSIG 40.6 kPa	-7.5 PSIG 50.8 kPa	-9 PSIG 61 kPa	-10.5 PSIG 71.1 kPa	-12 PSIG 81.3 kPa	-13.5 PSIG 91.4 kPa	
			10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	
1.5	0.01		0.004 (0.02)	0.008 (0.04)	0.008 (0.04)	0.014 (0.06)	0.018 (0.08)	0.022 (0.10)	0.026 (0.12)	0.032 (0.14)	0.032 (0.14)	
2	0.03		0.007 (0.03)	0.013 (0.06)	0.022 (0.10)	0.029 (0.13)	0.036 (0.16)	0.043 (0.19)	0.049 (0.22)	0.056 (0.25)	0.063 (0.28)	
3.5	0.10		0.022 (0.10)	0.045 (0.20)	0.065 (0.29)	0.088 (0.39)	0.110 (0.49)	0.133 (0.59)	0.155 (0.69)	0.175 (0.78)	0.198 (0.88)	
5	0.20		0.045 (0.20)	0.090 (0.40)	0.135 (0.60)	0.180 (0.80)	0.225 (1.00)	0.270 (1.20)	0.315 (1.40)	0.360 (1.60)	0.405 (1.80)	
6	0.28		0.065 (0.29)	0.130 (0.58)	0.196 (0.87)	0.270 (1.20)	0.315 (1.40)	0.382 (1.70)	0.450 (2.00)	0.517 (2.30)	0.585 (2.60)	
7	0.39		0.088 (0.39)	0.175 (0.78)	0.265 (1.18)	0.360 (1.60)	0.450 (2.00)	0.540 (2.40)	0.607 (2.70)	0.697 (3.10)	0.787 (3.50)	
8	0.50		0.117 (0.52)	0.229 (1.02)	0.346 (1.54)	0.450 (2.00)	0.585 (2.60)	0.697 (3.10)	0.809 (3.60)	0.922 (4.10)	1.034 (4.60)	
10	0.79		0.180 (0.80)	0.360 (1.60)	0.540 (2.40)	0.719 (3.20)	0.899 (4.00)	1.079 (4.80)	1.259 (5.60)	1.439 (6.40)	1.619 (7.20)	
15	1.77		0.404 (1.80)	0.809 (3.60)	1.216 (5.41)	1.619 (7.20)	2.023 (9.00)	2.426 (10.8)	2.833 (12.6)	3.237 (14.4)	3.642 (16.2)	
18	2.55		0.585 (2.60)	1.169 (5.20)	1.751 (7.79)	2.338 (10.4)	2.923 (13.0)	3.507 (15.6)	4.089 (18.1)	4.676 (20.8)	5.238 (23.3)	
20	3.14		0.719 (3.20)	1.439 (6.40)	2.158 (9.60)	2.878 (12.8)	3.597 (16.0)	4.316 (19.2)	5.036 (22.4)	5.755 (25.6)	6.474 (28.8)	
25	4.91		1.124 (5.00)	2.248 (10.0)	3.372 (15.0)	4.496 (20.0)	5.620 (25.0)	6.744 (30.0)	7.868 (35.0)	8.992 (40.0)	10.116 (45.0)	

Sele 19. Parker Pneumatics 0802-E kataloog [15].

Kuna meil topsi põhjal on lamepind siis, sobivad imenappid ZP serias :

Ø	ZP08UN	ZP08US	ZP08UU	ZP08UF	
10	ZP10UN	ZP10US	ZP10UU	ZP10UF	ZPL1
13	ZP13UN	ZP13US	ZP13UU	ZP13UF	
16	ZP16UN	ZP16US	ZP16UU	ZP16UF	
20	ZP20UN	ZP20US	ZP20UU	ZP20UF	ZPL2
25	ZP25UN	ZP25US	ZP25UU	ZP25UF	



Sele 20. Imenappi valik SMC kataloogist [16].

Valisin NBR materialist SMC ZP20UN , sest meil on vaja et iminap oleks pehme , aga samal ajal vastupidav. Iminapa adapteri valik tuli konstruktsioonist , oli vaja väikest lahendus ilma pneumovooliku sisendita, vaid M4-6 kermega. SMC kataloogist valisin SMC ZPT3-A6, M6 väliskeermega.

4.2. Vaakum generaatori valik

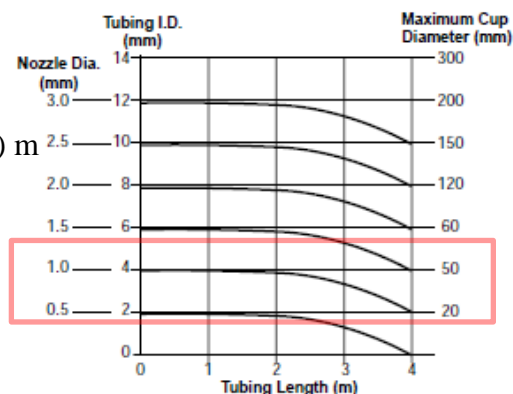
Vaakum generaatori tuleb valida , düüsi läbimõõdu, vooliku pikkuse ja iminapa suuruse järgi . Lähtudes projekteeritava konstruktsiooni ehitusest , tuleb valida kompaktne generaatori lahendus.

Meie lähteandmed:

- 1) iminapa läbimõõt (mm): 20
- 2) vooliku pikkus vakuumi generaatorist iminapani (mm): 50-100
- 3) vakuumi tõrõhk(bar): 0,5-0,7

Düüsi läbimõõdu leidmiseks kasutasin skeemi Parker Pneumatics PDN1000-2US kataloogist.

Skeemist saime, 20 iminappa, 4 mm pneumovooliku pikkusega(0,005-0,01) m tuleb valida vakuum generaatori düüs läbimõõduga (0,5-1) mm.



Sele 21. Skeem Parker Pneumatics PDN1000-2US kataloogist düüsi läbimõõdu leidmiseks.[17]

Vacuum ejector Inline Series ZU



- Plug connection Ø 6 mm.
- Superior suction capacity (L type).
- Can be mounted directly to the suction pad.
- Light, compact design.
- Built-in silencer.

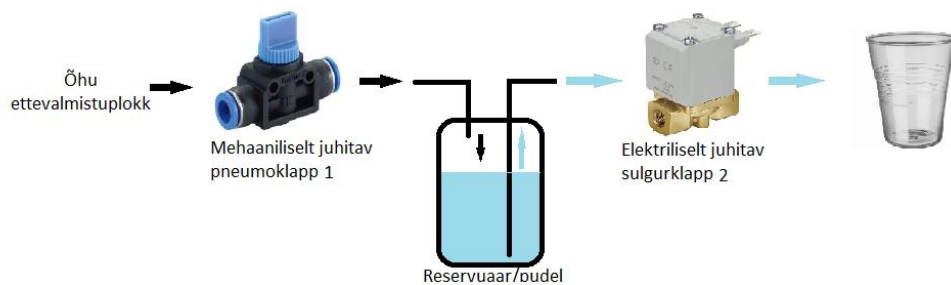
Nozzle Ø (mm)	Type number	Suction cap. (l/min)	Port	Max. vacuum pressure	Circuit Symbol
0,5	ZU05S	7	ø6	-85KPa	
0,7	ZU07S	12,5	ø6	-85KPa	
0,5	ZU05L	12,5	ø6	-48KPa	
0,7	ZU07L	22	ø6	-48KPa	

Sele 22. Vaakum generaatori valik ZU Series vahel.

Valisin SMC ZU05S , düüsi läbimõõduga 0,5 mm ja pneumovooliku M6 kiirliitmik. Töörõhk kuni -85 kPa = 0,85 bar.

Vakuum süsteemis on vaja kasutada filtrit, selleks , et vältida mustuse ja niiskuse sattumist vaakum generaatorisse. Valisin SMC ZFC100-06B 10 mikromeetrit filtreerimisastmega ja M6 kiirühendusega.

5. Vedeliku ette andmine pudelist/reservuaarist



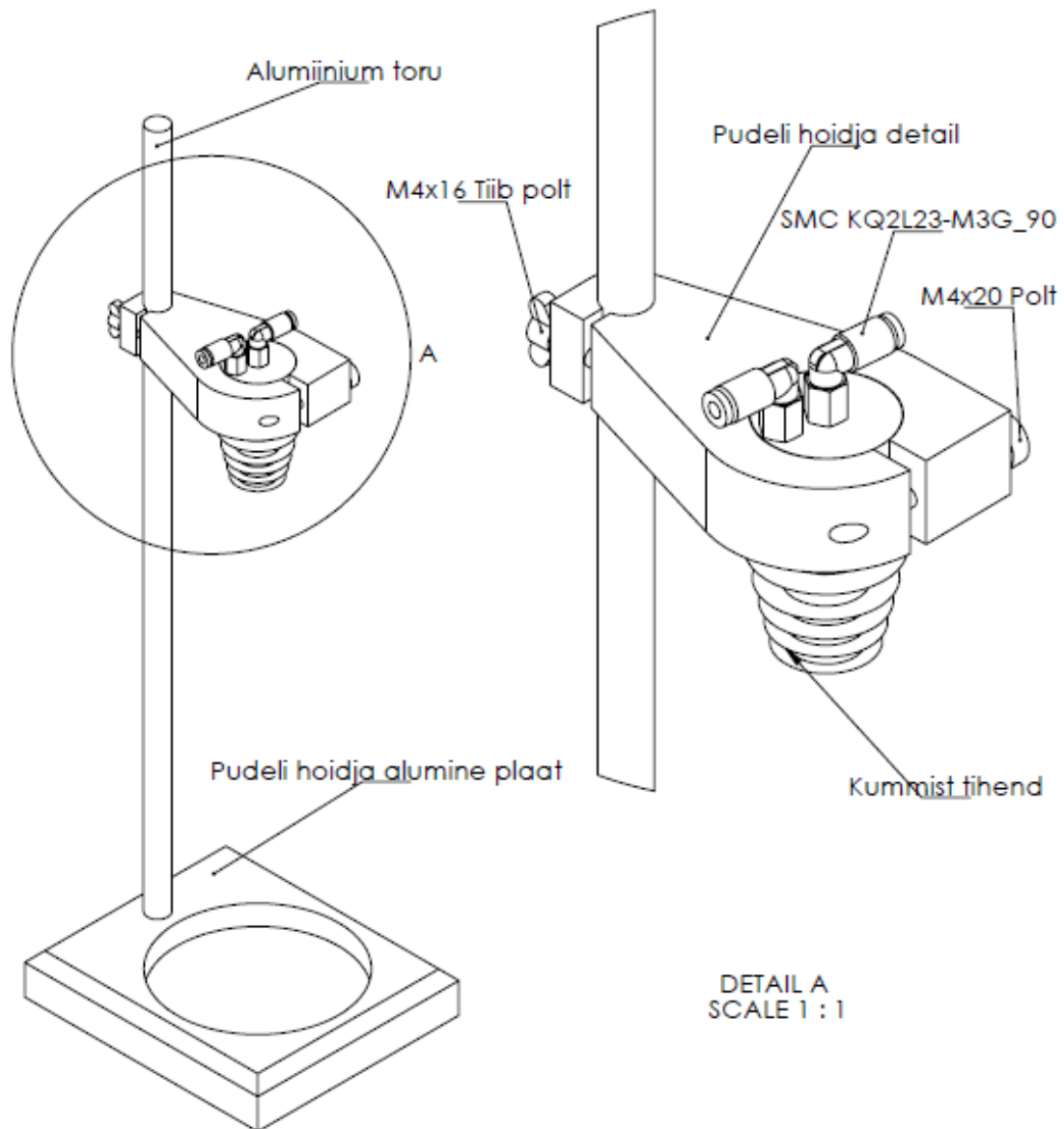
Sele 22. Lihtsustatud töö skeem.

Vedeliku ette andmine toimub tänu sellele, et pudelis/reservuaaris tekitatakse kõrge õhurõhk, mis vajutab veepinna peale, ja surub vedeliku läbi voolikud välja. Doseerimine toimub läbi elektriliselt juhitud viad sulgurklappi, kontrolleri abil ,töö programmis pannakse iga kokteili komponendi sulgurklappi avamise-sulgemise ajavahemikud. Selleks, et lihtsustada pudeli vahetamist, tühjendamise korral, iga pudelile/reservuaarile kuulub oma mehhaniliselt juhitud pneumoklapp. See annab võimaluse vahetada tühja pudeli,samal ajal kui terve pneumosüsteem töötab ja on rõhu all.

5.1. Pudelihoidja ja pudelikork

Pudelihoidja ja pudelikork valmistatakse selliselt, et rõhu andmise ajal pudelisse kork välja ei lendaks ja ei laseks läbi õhku. Koostu alumised ja ülemised detailid (vt Sele 23) tehakse vastavalt koostejoonisele. Materialiks valisin POM-C plastik (Polyacetal Copolymer), selle materjali valimise eeliseks on madal hind, kerge töödeldavus ja head tugevuse näitajad. Pikk alumiiniumi varas ja kummist tihend annab võimaluse kasutada

erinevate mõõtudega pudeleid. Tiibpolt annab võimaluse käsitsi ja kiiresti vahetada pudeleid tühjendamise korral.



Sele 23. Pudelihoidja koostuskeem.

6. Pneumatika

Pneumoskeemi koostamise jaoks oleks vaja 11 elektrijuhtimisega monostabiilse sulgurklappi, 1 elektrijuhtimisega suunaventiil 5/3, 10 mehaaniliselt juhitavat sulgurklappid jaotusjaamaga, õhu ettevalmistusplokk, vakuumi komponendid ja paar vooluventiili. Skeem tehtud D&C Scheme Editor 5 tarkvara abiga (vt. Lisa lk. 38).

Mehaaniliselt juhitava sulgurklappi valisin SMC NARM2500-A-N02 [18] jaotusjaamaga, selle eeliseks on kompaktsus, kuna jaotusjaamas on võimalus kasutada ainult 1 ja sama sissendit kõikidele klappidele.



Sele 24. SMC NARM2500-A-N02 [18].

Elektrijuhtimisega monostabiilse sulgurklappi valimisel võtsin arvesse tema korpuse materjali ja 24VDC toide, kuna need omadused on meie masina süsteemis kõige olulisemad. Valisin SMC VX213HG [19], korpus valmistatud messingust, mis võimaldab kasutada erinevad vedelikuid nagu alkohoolsed joogid ja siirupid, mähis 24VDC.



Sele 25. SMC VX213HG [19]

Plasttopside pneumokelgu juhtimise jaoks kasutatakse suunaventiili 5/3 SMC VQZ132-5G1-C4 [20].



Sele 26. SMC VQZ132-5G1-C4 [20].

Pneumoskeemis kasutatakse T-seeria SMC voolikut välisläbimõõduga 6 mm ja 4 mm. T-seeria voolikud sobivad alkoholsete jookide jaoks. Seoses sellega, et pneumoskeem on väike ja pneumotorustik ei ole pikk, peaks niisuguse läbimõõduga voolik sobima.

Pneumoskeemis kasutatavad ühendused on kõik kiirühendusega SMC liitmikud (*One-touch fittings*).

Õhu ettevalmistus plokis tuleb kindlasti kasutada õli eraldajat ja võimalusel kasutada membraankompressorit, mille rõhukamber on õli vaba, sest meie masinas komponendid on kokkupuutes toiduainetega.

7. Elektrikomponendid ja juhtimine

Elektriskeem koostatud QElectroTech tarkvara abiga (vt. Lisa lk. 39).

7.1. Toiteplokk

Selleks, et tagada ohutu töö, masinas kasutatakse 24VDC pinget. Selleks seadmes on olemas toiteplokk Mean-Well SP-240-24 [221]. Seadme elektritarbijate maksimaalne võimalik vool on 6.5 A. Toiteploki valimisel tuleb arvestada vähemalt 25% voolu varu.

Toiteploki andmed:

- Sisendpinge (V): 88-264VAC/ 124-370VDC
- Maksimaalne väljundvool (A): 10
- Väljundpinge (VDC): 24
- Väljundvõimsus (W): 240
- Mõõdud (mm): 190x93x50



Sele 27. Mean-Well SP-240-24 [21].

7.2. Juhtimisseade

Seadme automatiseeritud protsessi juhib programmeeritav loogikakontroller Allen Bradley Micro830 (2080-LC30-24QWB) [22]. Allen Bradley kontrollerid on Rockwell Automationi odavad lahendused väikeste tootmisprojektidele. Selle kontrolleri eelisteks on madal hind, erinevate laiendusmoodulite valimisvõimalus, mis suurendab funktsionaalsust. Kontrolleri programmeerimiseks kasutatakse tavalist USB sisendit ja tasuta Connected Components Workbench tarkvara. Programmeerimiseks kasutatakse 3 viisi : redel loogika skeem, funktsionaal-plokkskeem või struktureeritud tekst.

Kontrolleri andmed:

- Sisendid: 12 digitaal (saab lisada I/O laiendusmoodul)
- Väljundid: 10 digitaal (saab lisada I/O laiendusmoodul)
- Kontaktid: USB , Ethernet , RS232/485
- Kasutatav pinge: 24VDC
- Mõõdud: 90x145x80



Sele 28. Allen Bradley Micro830 (2080-LC30-24QWB) [22].

Laiendusmoodulid:

Kasutusmugavuse tagamiseks projekteeritav seade onvarustatud HMI 3,5 tolli kuvariga 2080-REMLCD , mille abil saab valida antud kokteili, sisestada oma valikut programmi, käivitada masina või teha muudatusi. Moodulö ühendatakse kontrolleri RS232 abil.



Sele 29. 2080-REMLCD.

Servomootori juhtplaadi ühendamiseks ja andmevahetuseks kontrolleri kasutan 2080-SERIALISOL, mis annab lisa RS232/485 COMporti. Väljundite arvu suurendamiseks kasutan 2080-OV4 laiendusmoodul 4 lisa väljunditega.

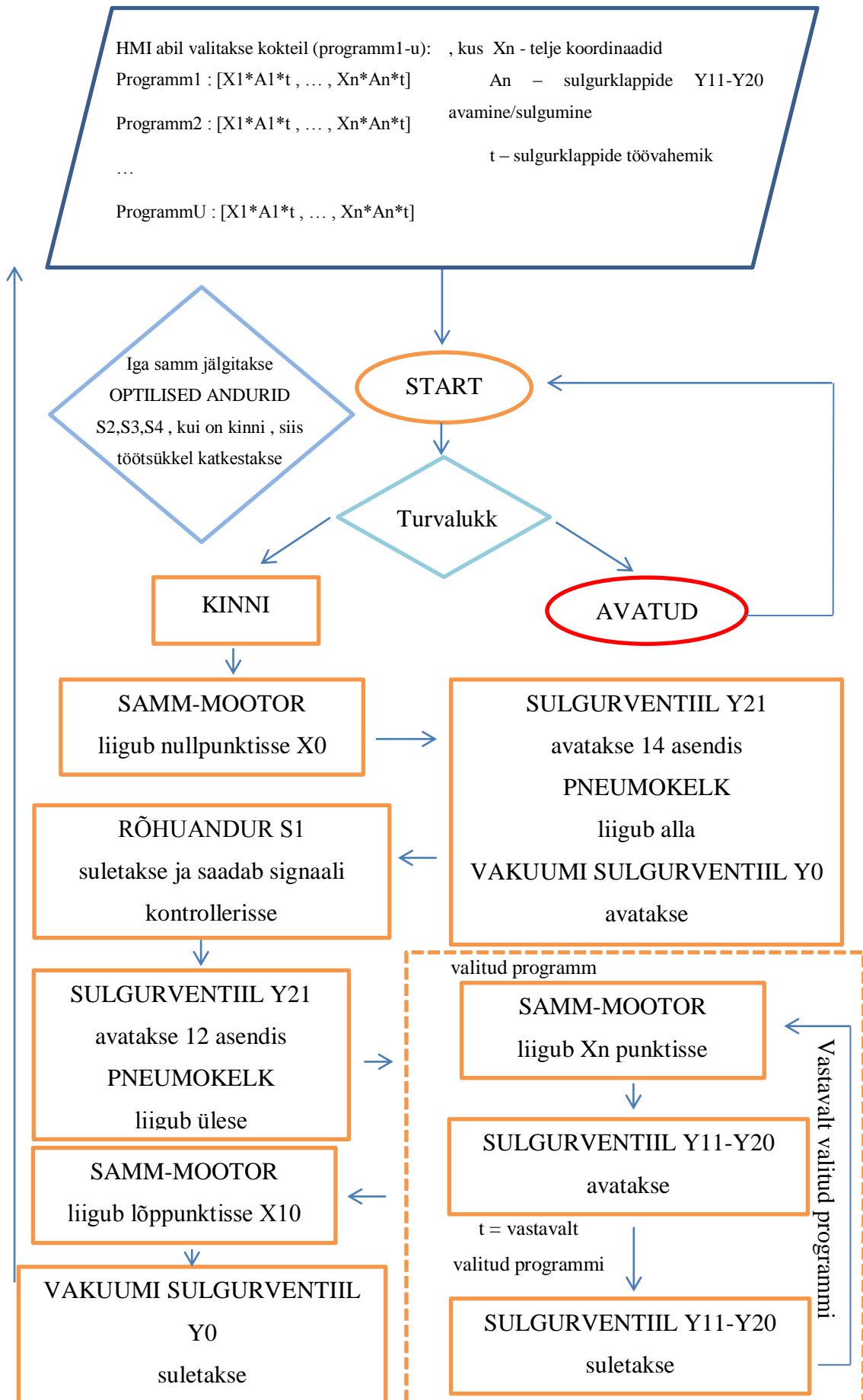


Sele 30.2080-OV4.



Sele 31.2080-SERIALISOL.

7.3. Lihtsustatud juhtimisplokkskeem



8. Ohutus

Selleks, et masin oleks võimalikult ohutu, kasutame 24VDC pinget. Toiteplokk ja korpus tuleb ka maandada. Toiteploki võrgust kiire väljalülitamise jaoks, tagapaneelile on lisatud pealüliti. Seadmel on aga kaks kohta, kus tuleb tagada kasutaja ohutus. Esiteks, liikuvad osad, tuleb jälgida, et midagi ei satuks sinna vahele, ja keegi ei paneks käsi masina sisse, kui platvorm liigub. Kohtadesse, kus inimesel on võimalik ennast vigastada on paigaldatud 3 optilist andurit. Mis saadavad signaali kontrollerrisse ja kõik liikumised katkestakse.

Teine koht on pudeli ala, selleks et elektrilised komponendid ei puutuks kokku niiskusega, on enamus elektriosad paigutatud elektrikilpi või eraldatud PVC plaadiga. Need elektikomponendid (mootor ja HMI kuvar), millel on oht puutuda vedelikuga kokku on IP54 ja IP65 kaitseastmega. IP54 tähendab et, tolmu ei häiri seadme töötamist ja suvalisest küljest pritsiv vesi ei mõjuta kahjulikult. IP65 tähendab, et seade on täielikult tolmukindel ja korpus on kaitstud kahjuliku vee mõju eest.

9. Majanduslik analüüs

Tabel 1.1. Tellitavate komponentide hinnad.

Nimetus	Kogus	Hind, €
Elektrimootor	1tk	90
Toiteplokk	1tk	46.50
Sulgurklapp	10tk	60
Suunaventiil	2tk	61.30
Vaakum generaator	1tk	22.60
Vaakum imenapp	1tk	13.50
Mehaaniliselt juhitud ventiil	10tk	22
Pneumovoolikud, liitmikud ja drosselid		30
Kontroller + laiendusmoodul	1tk+3tk	~400
Optiline andur	3tk	63.90
Rõhuandur	1tk	20.80

Jooniste järgi tellitavad detailid (korpuse osad ja kaanetamis mehhanismi osad)		~100
Poltid ja mutrid, lukustusseibid		20
Teised Bosch katalogist tellitavad detailid		60
Bosch profiil	9m	108
Toiteploki jaoks pöördlüüti	1tk	7.20
Lineaar juhik	2tk	96.40
Laagrid	2tk	21.80
Hammasrattas+rihm	2tk+1tk	49
Topsisöötur	1tk	30
DIN terminaali tarvikud		~40
Muu elektrikomponendid		~100
Kokku:		~1500

Hinnakalkuleerimise käigus selgus, et seade läheb maksma umbes 1500 EUR. Tuleb ka märkida, et projekteerimis- ja koostamiskulud ei ole selle hinna sees. Võrreldes teistega masinatega see hind on päris hea. Praktiliselt kõik olevad automatiseeritud masinad on mõeldud rohkem kodu kasutamiseks ja ilma klaasisööturit. Projekteeritud seade sobib rohkem suure baari või suurtel üritusel kasutamiseks.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös on projekteeritud automatiseeritud baari jookide masin. Projekteeritud seade vastab püstitatud nõuetele. Arvestades nõudega, et seade oleks töökindel ja madala hinnaga, olid tehtud konstruktsiooni arvutused ja valitud õiged ajamid ja teised komponendid. Seadme mudel on projekteeritud Solidworks raalprojekteerimise tarkvara abil. Mudeli projekteerimise käigus on arvesse võetud, et seade oleks võimalikult kompaktne, lihtsalt kokkupandav ja seda oleks mugav ja meeldiv kasutada. Selle projekti põhjal saab kokku panna baari jookide seadme, mis võimaldab lihtsustada ja teha kiiremaks kokteili valmistamise protsessi, tõsta tootlikkust ettevõttes ja kvaliteeti. Huvi korral saab edasi arendada masina, näiteks muuta disaini, koostada seadme juhtimise mikrokontrolleri peal või vähendada mõõdud tootlikuse kaotamiseta. Selle projekti käigus sain rakendada oma teadmised raalprojekteerimises, pneumaatika ja elektri valdkondades ja omandasin uued teadmised.

SUMMARY

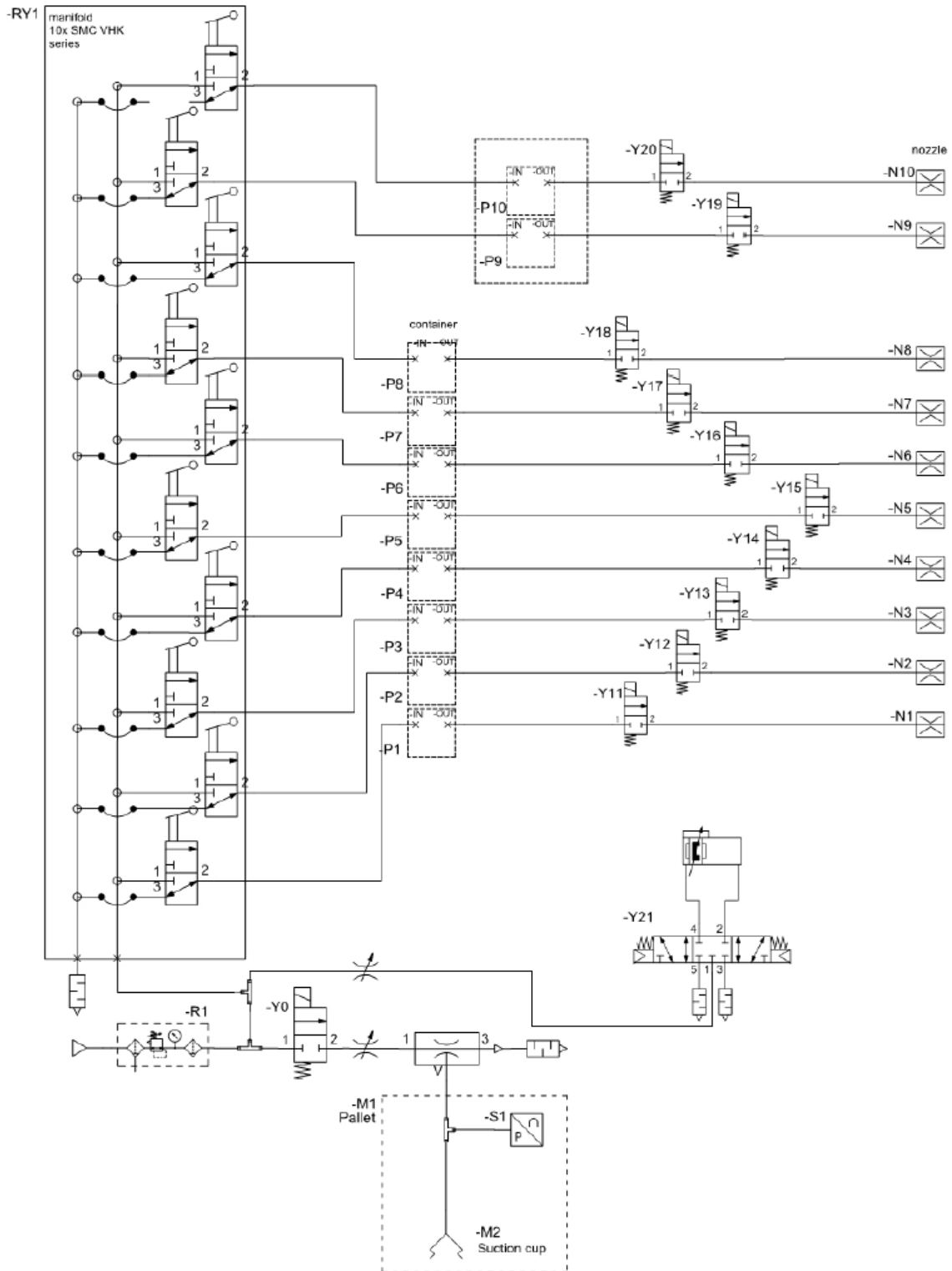
This project is representing the automatic machine for making any kind of bar drinks. The manufactured equipment meets all the requirements and standards. Therefore, the structure is being reliable and low cost, as it was developed together with all the required sets of calculations and analysis in order to select the appropriate materials and components for manufacture. The 3D design of the machine was modelled using the Solidworks CAD software. During the project development, the purpose was to create a model as much compact as possible, it also had to be easy assembled, in order to the product to be comfortable and convinient for consumer to use. The main aim of the project was to simplify the equipment of process for creating bar coctails. Moreover, it had to be easy to use with the ability of quick coctail creation process, due to improvement of productivity and quality of the company. As a future recommendations, this product could go through the further development, for example the design of the machine could be slightly changed with the injection of micro controller in the process for equipment and process control or slightly reduce the size of the model without any performance losses. During the project process and realisation, I have achieved the experince in CAD modelling, pneumatics and electric fields and overall gained a new an enormous amount of knowledge.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

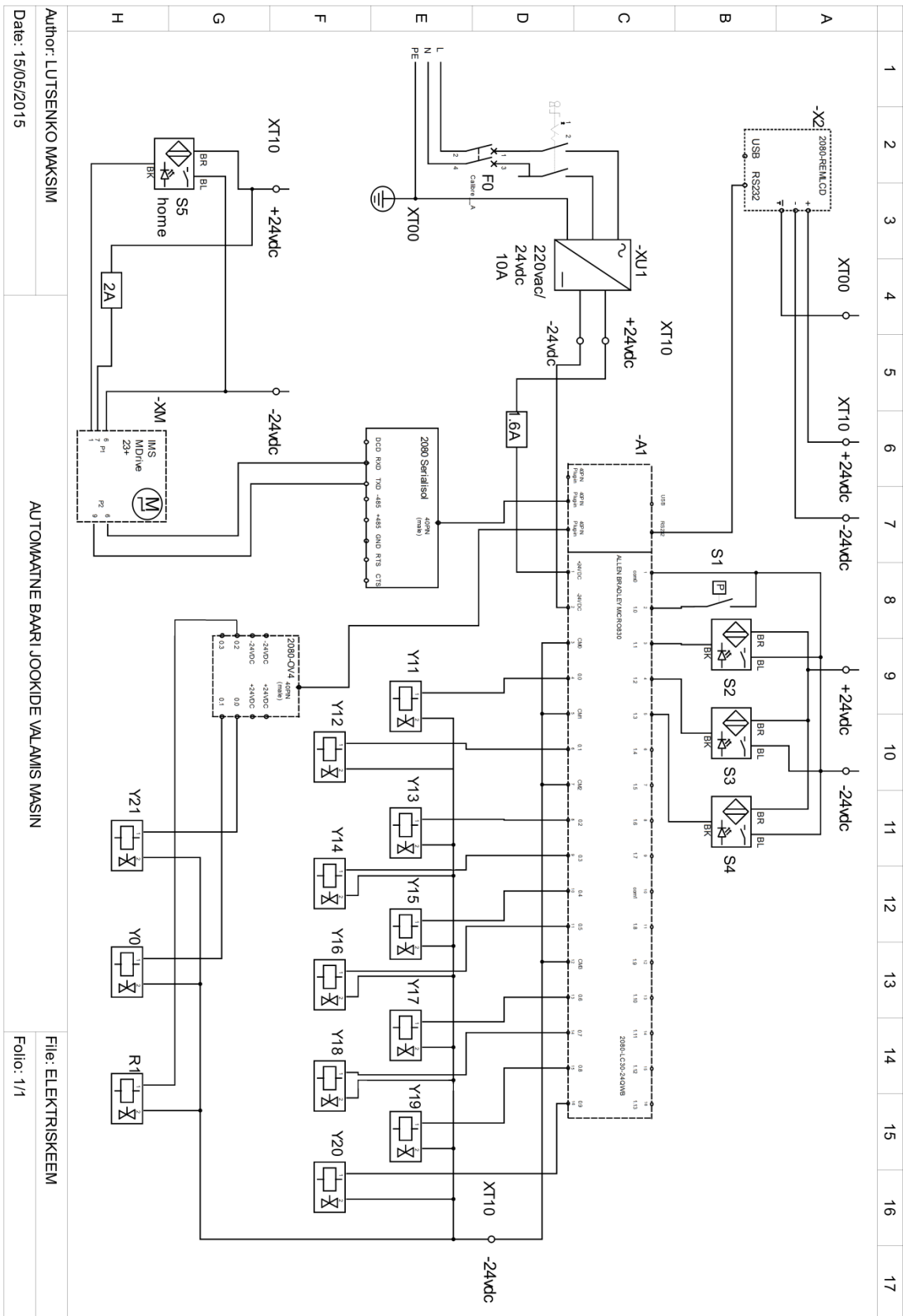
1. <http://www.somabarkickstarter.com> (23.01.2015)
2. <http://monsieur.co> (23.01.2015)
3. <http://www.theinebriator.com/> (23.01.2015)
4. <http://partyrobotics.com/> (23.01.2015)
5. <http://www.oborud.info/product/jump.php?21991&c=814> (23.01.2015)
6. http://www13.boschrexroth-us.com/Framing_Shop/Product/Default.aspx?units=1 (15.02.2015)
7. <http://www.macrondynamics.com/belt-actuator/msa-628> (29.02.2015)
8. <http://alsak.ru/item/263-5> (27.03.2015)
9. <http://www.optibelt.com/en/material-handling/products.html> (29.04.2015)
10. http://www.gatesmectrol.com/mectrol/downloads/download_common.cfm?file=Belt_Theory06sm.pdf&folder=brochure (01.05.2015)
11. http://www.hiwin.com/pdf/lg/QE/QE-Linear_20Guideway-%28E%29.pdf (29.04.2015)
12. <http://www.motionsolutions.com/store/pc/MDrive-23-Plus-Motion-Control-133p458.htm> (01.05.2015)
13. https://www.smc.eu/portal_ssl/WebContent/local/DE/Pg_Produktuebersicht/pdf/CJ.pdf (04.03.2015)
14. http://www.alluris.de/de/messtechnik/Kraftmessgeraete/FMI-200/kraftmessung_fmi_200.php#tabs-1 (27.03.2015)
15. http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/pneumatic/Literature/Vacuum/0802-E_Cover.pdf (27.03.2015)
16. <http://www.smc Pneumatics.com/pdfs/smc/70MAIN.pdf> (27.03.2015)
17. http://www.parker.com/literature/Literature%20Files/pneumatic/Literature/PDN1000US_Sections/PDN1000-2US_Valve-Products.pdf (27.03.2015)
18. <http://www.smc Pneumatics.com/NARM2500-A-N02.html> (29.03.2015)
19. <http://www.smc Pneumatics.com/VX213HG.html> (29.03.2015)
20. <http://content2.smcetech.com/pdf/VQ.pdf> (29.03.2015)
21. <http://www.mouser.com/ProductDetail/Mean-Well/SP-240-24/?qs=LeLPI0PaGCiSRomprY2ydQ%3D%3D> (10.05.2015)
22. http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/sg/2080-sg001_en-p.pdf (13.05.2015)

LISAD

Lisa 1. Seadme pneumaatika skeem (valmistatud D&C Scheme Editor 5 tarkvaraga).



Lisa 2. Seadme elektriskeem (valmistatud QElectroTech tarkvaraga).

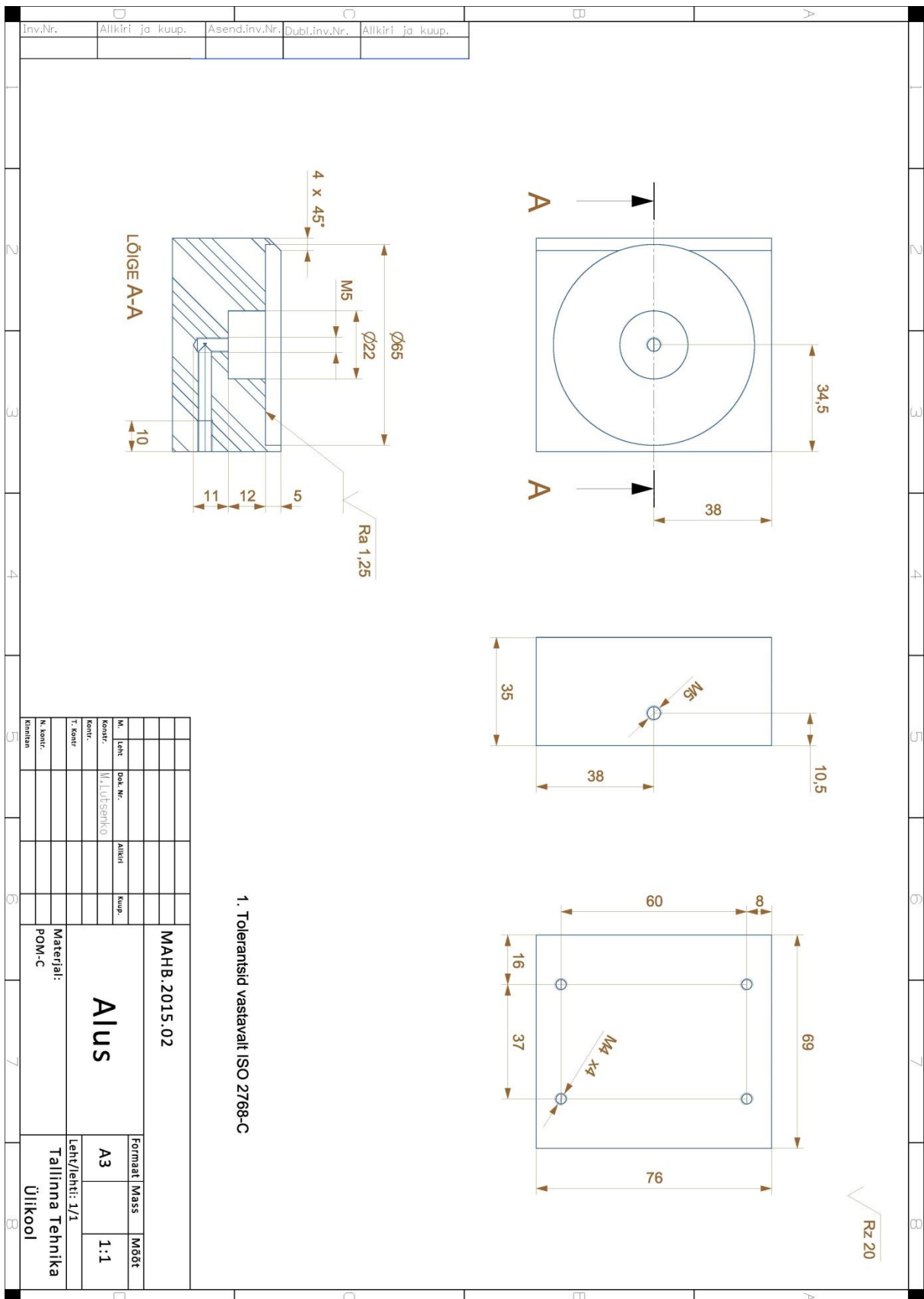


Autor: LUTSENKO MAKSIM
Date: 15/05/2015

AUTOMAATNE BAARI JOOKIDE VALAMIS MASIN

File: ELEKTRISKEEM
Folio: 1/1

Lisa 3. Platvormi detaili tehniline joonis.



Lisa 5. Seadme kopruse koostejoonis.

