



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonika instituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Andres Kivistik

Kilekottide täitmise automaat

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste 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..... juhendamisel

“.....”.....201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

BAKALUREUSETÖÖ ÜLESANNE

2015 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Andres Kivistik 103629MAHB

Õppekava: 02/09 MAHB-Mehhatroonika

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Robert Hudjakov PhD

Konsultandid: -

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) **Koti täitmise automaat**

(inglise keeles) **Plastic bags automatic execution**

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Ülevaade ja turu analüüs, olemasolevate juppide leidmine, sobitamine.	30.03.2015
2.	Lõputöös kasutatavate juppide otsimine, sobitamine ja modifitseerimine. Detailide teoreetilised tugevusarvutused.	15.04.2015
3.	Tehniliste kooste- ja jooniste koostamine.	31.04.2015
4.	Masina valmis ehitamine ja katsetamine.	15.05.2015
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	21.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid Töö eesmärk on automatiseerida taimede kasvamiseks vajalike kottide täitmist, et see protsess oleks kiirem ja odavam.

Täiendavad märkused ja nõuded: -

Töö keel: eesti

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt 28.03.2015

Töö esitamise tähtaeg 22.05.2015

Kuupäev 28.03.2015

Üliõpilane Andres Kivistik

/allkiri/

Kuupäev

Juhendaja Robert Hudjakov

/allkiri/

SISUKORD

BAKALUREUSETÖÖ ÜLESANNE	3
SISUKORD	4
EESSÕNA	5
SISSEJUHATUS	6
PÕHIOSA	9
1. Turuanalüüs	9
2. Süsteemi valik	9
3. Hüdraulika	11
3.1 Töösilinder	12
3.2 Ventiil	12
4. Mehaanika	15
4.1 Raam	15
4.2 Segaja	17
5. Elektroonika	18
5.1 Mikrokontroller	18
5.2 Alaldid	20
5.3 Kolvi andur	20
5.4 Segaja asendiandur	21
5.5 Hüdropumba mootor	22
5.6 Segaja mootor	22
6. Programmeerimine	25
6.1 Programmi ülesehitus	25
6.2 Häirete kõrvaldamine	26
7. Ohutus	27
8. Hind	29
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY	31
KASUTATUD KIRJANDUS	32
LISAD	33

EESSÕNA

Mul oli eesmärk arendada isa firma Roogoja talu OÜ tootmisprotsessi ning see saigi käesoleva lõputöö teema valikul määravaks. Masina väljatöötamine toimus läbi pidevate katsetuste Roogoja talu tootmishoonetes. Suureks abiks nõu ja jõuga oli Taavi Kivistik, kes aitas välja selgitada nõuded masinale ja avastada probleemseid kohti.

SISSEJUHATUS

Bakalaureusetööülesande valimisel kaalusin erinevaid automatiseerimise protsesse, mis aitaks kiirendada Roogoja talu OÜs tootmisprotsesse. Roogoja talu tegeleb elulõnga- ja viinamarja istikute tootmise ja müügiga. Üks ajakulukamaid protsesse tootmises on taimede kasvukottidesse istutamine. Seda muidugi kevadel, kui on niigi üks kiiremaid aegu selles valdkonnas.

Suureõieliste elulõngasortide taimede vegetatiivne paljundamine Roogoja talus toimub pistikute tegemisega taime poolpuitunud varreosast, millest lõigatakse välja umbes 4cm pikkused jupid, milledest igaühel on olemas üks pungapaar ning vähemalt üks leht. Sellised pistikud torgatakse otsapidi juurutussubstraati, kus nad kasvatavad endile algelise juurestiku või vähemalt kalluse. Juurdunud pistikutelt eemaldatakse sügisel lehed, kuna taimed ei vaja neid talvisel puhkeperioodil fotosünteesiks ning ühtlasi välistab lehtede puudumine lehe pinna kaudu vee aurumise ja lehtedel võimaliku seenhaiguste tekkimise. Talve üle elamiseks paigutatakse kõik juurdunud pistikutega kastid keldrisse (temperatuuriga 0 - +6 C) talvituma. Kevadel, kui suuremad öökülmad on möödas, transporditakse kastides olevad taimed jälle kasvuhoonesse. Eelmisel vegetatsiooniperioodil kasvatatud algse juurestiku kaasabil ja vegetatsiooniks sobiliku temperatuuri (+10 C) saabudes hakkab taim arendama talve edukalt üle elanud pungast enda maapealset osa. Mõned pungad võivad talve jooksul hävida või ei ole eelmisel vegetatsiooniperioodil moodustunud kallus taime edapidiseks elutegevuseks piisav, seepärast tehakse pistikute ümberistutustööd kevadel, kui on täiesti selgelt näha, et kõigil ümberistutatavatel pistiktaimedel on potentsiaali saada tugevaks ja terveks istikuks. Elulõnga liike (erialases kirjanduses nimetatud ka looduslikud elulõngad, mägilõngad, väikeseõielised elulõngad) paljundatakse Roogoja talus generatiivselt. Seemnekülvid ajastatakse nii, et taimed tärkavad kevadel või varasuvel, et võimaldada neile piisavalt pikk vegetatsiooniperiood enne esimest talvitumist. Viinamarjaistikute tootmiseks kasutatakse Roogoja talus viinapuu puitunud vartest lõigatud pistikuid, mis pannakse juurduma varakevadel. Algse juurestiku moodustudes vajavad nad kohe pikeerimist.

Kõik pistiktaimed tahaksid ümberistutamist või pikeerimist kevadel või varasuvel. Samal ajal on müügi kõrghooaeg ning seega peaks inimeste tööaega eriti ratsionaalselt kasutama.

Taimi turustatakse kahte liiki konteinerites. Suuremad taimed, mis on ühtlasi vanemad, lähevad müüki plastmassist 2-liitristes pottides. Sinna mahub suurem hulk kasvusubstraati ja seega on ka taime juurestiku arenemiseks paremad võimalused. Teise variandina kasutame turustamiseks kilest 1-liitriseid kotte, mida kutsume tuutudeks. Kasvusubstraadiga täites jäävad need silindrikujuliseks. Tuutu põhja on lõigatud augud, et üleliigne vesi välja voolaks. Taolisi kilest kotte on olnud võimalik oma mõõtude järgi kodumaiselt tootjalt tellida. Tuutus on vähem kasvusubstraati ja seega hakkab see taime arenemist pärssima, kui taim mitmeks aastaks sellesse jääb. Plusspooleks on aga tuutudes taimeistikute märgatavamalt väiksem ruumivajadus, mis transpordikulused aitab kokku hoida. Taimede transportimiseks kasutame plastikust leivakaste, mis on samad, mis pagaritööstustes kasutatakse. Ühte leivakasti mahub kas 9 potti või siis 45 tuutu. Kuna noorele taimele on tuutu mulla maht piisav juurte arenguks ja ei pea muretsema turba liiga kiiresti kuivamise pärast, on just see variant valdavalt kasutusel. Kasvusubstraat segatakse turbast, lubjast ja väetisest kokku talus kohapeal. Pärast pungade väljakasvamist on vaja taim istutada kas potti või tuutusse. Selleks on olemas 2 peamist moodust. Esimese variandi puhul pannakse taim koos substraadiga potti või tuutusse. See moodus võimaldab istutada nii väikesi kui ka juba suuremaid juuri ja võrseid moodustanud pistiktaimi. Õrnade taimede ümberistutamine on käsitsitöö, mis võtab aega. Teiseks võimaluseks on pott või siis tuutu täita eelnevalt turbasubstraadiga Hiljem tehakse pikeerpulgaga turbasse auk, kuhu siis asetatakse pistiktaim sisse ning sama pikeerpulgaga vajutatakse kõrvalt taime juured substraadiga kontakti. Seda nimetame pikeerimiseks. Pikeerimise plussküljeks on kiirus, kuna pottide või kottide turbasubstraadiga täitmisel ei pea arvestama õrna taimega. Samuti on võimalik potid ja kotid täita kasvusubstraadiga kasvõi mitu kuud varem. Negatiivseks küljeks selle mooduse juures on aga see, et taim ei tohi olla pikeerimise ajaks liiga väljakasvanud. Suure juurestikuga taime on raske pikeerida ja osa juuri võib selle käigus katkeda või keerdu jääda.

Taimi on võimalik edukalt pikeerida vaid piiratud aja jooksul, aga kuna see on tunduvalt kiirem moodus, siis oleme viimastel aastatel kasutanud just seda varianti. Pottide turbaga täitmine on üsna kiire protsess, sama aga ei saa öelda tuutude täitmise kohta.

Seetõttu ongi vaja arendada masin, mis kiirendaks tuutude täitmise protsessi. Seda tööd peaks olema võimalik teha ka talvel, soojendusega ruumis ja seega siis, kui ei ole aianduses kiiret aega. Samuti peab olema selle masinaga võimalik töötada vegetatsiooniperioodil. Masin peab olema piisavalt stabiilne, et seda oleks võimalik hõlpsasti teisaldada ühest kasvuhoonest teise. Hind peab jääma alla 1500 euro, et see ennast ära tasuks.

Töö põhiosa koosneb neljast peatükist, mis hõlmavad mehaanikat, hüdraulikat, elektroonikat ja programmeerimist. Mehaanika peatükk keskendub masina põhiraami konstrueerimisele ja sinna juurde kuuluva turbasegaja projekteerimisele. Hüdraulika peatükk käsitleb hüdroseadmete tööülesannet ja seadmete valikut. Elektroonika osas on lahti seletatud seadme juhtmoodul ja erinevate elektroonikaseadmete valikud. Programmeerimise peatüki all on lahti kirjutatud programmi ülesehitus ja häirete vältimise võimalused.

Põhilised arvutiprogrammid, mida töös kasutasin, on: SolidWorks ja Multisim.

PÕHIOISA

1. Turuanalüüs

Suuremad firmad turustavad elulõnga- ja viinamarjataimi pottides. Seetõttu ei ole levinud masinad, mis istutaksid taimi kottidesse. Internetis leidub küll erinevaid lahendusi, kuid need on mõeldud suuremate kottide tarbeks.

2. Süsteemi valik

Üks põhilisem küsimus oli see, et kas ehitada süsteem üles pneumaatika või hüdraulika komponentidega. Mõlemal on mitmeid eeliseid ja puudusi. Vt Tabel 1

Tabel 1 Hüdraulika ja pneumaatika võrdlus

	Hüdraulika	Pneumaatika
Eelised	Palju jõudu Energia kulu madalam	Odav ehitada Lihtne Kiire
Puudused	Aeglane Kallis ehitada Keerulisem	Vähe jõudu Energia kulu kõrgem

Katsetused näitasid, et turba surumiseks läbi toru läheb vaja erineva suurusega jõude, vastavalt surumisfaasile. Surumise algfaasis on turvas kohev ja ei vaja märkmisväärset jõudu. Surumise keskfaasis on turvas tihedam ja vajab kordades rohkem jõudu. Lõppfaasis, kui juba enamust turvast on kotis ja vaja on ainult veel viimane osa turvast kotti lükata, jõu vajadus jälle väheneb. Vt Sele 1

Pneumaatilise süsteemiga näeks see välja nii:

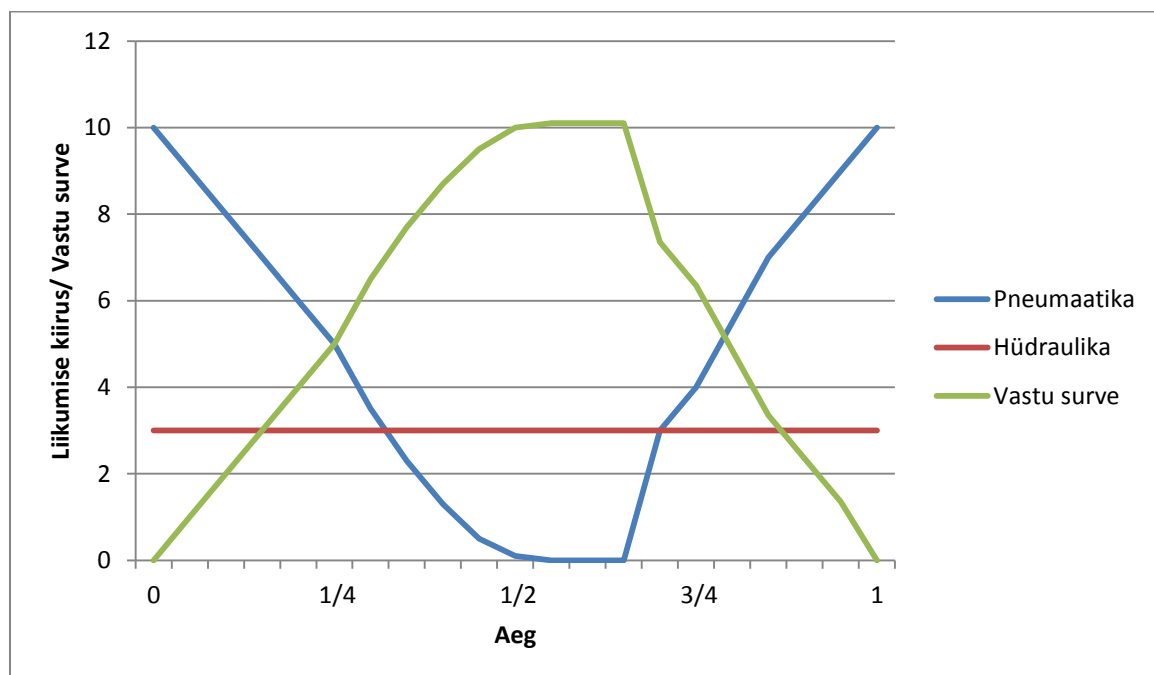
1. Kolb surub turba kokku vastavalt õhu pealevoolule
2. Kui takistus suureneb, jääb kolb seisma ja ootab rõhu suurenemist
3. Piisava rõhu saavutamisel liigub kolb edasi
4. Kuna surumise lõpus takistus väheneb, aga rõhk on ikkagi sama, siis kolb teeb lõppfaasis suurema kiirenduse.

See stsenaarium tähendaks seda, et turvas sisuliselt lükatakse kotti ühe järsu liigutusega.

Selliselt võib turvas ootamatult paiskuda operaatorile näkku. Samuti võib lõpulöökidest ära kuluda silinder ja muud mehaanilised detailid.

Hüdraulika puhul on aga kolvi liikumine igal ajahetkel ja jõuvajadusel konstantne, kuna jõudu on nagunii rohkem kui vaja. Samas on liikumine hüdraulika kasutamisel tunduvalt aeglasem kui pneumoajami puhul. Vt. Sele 1

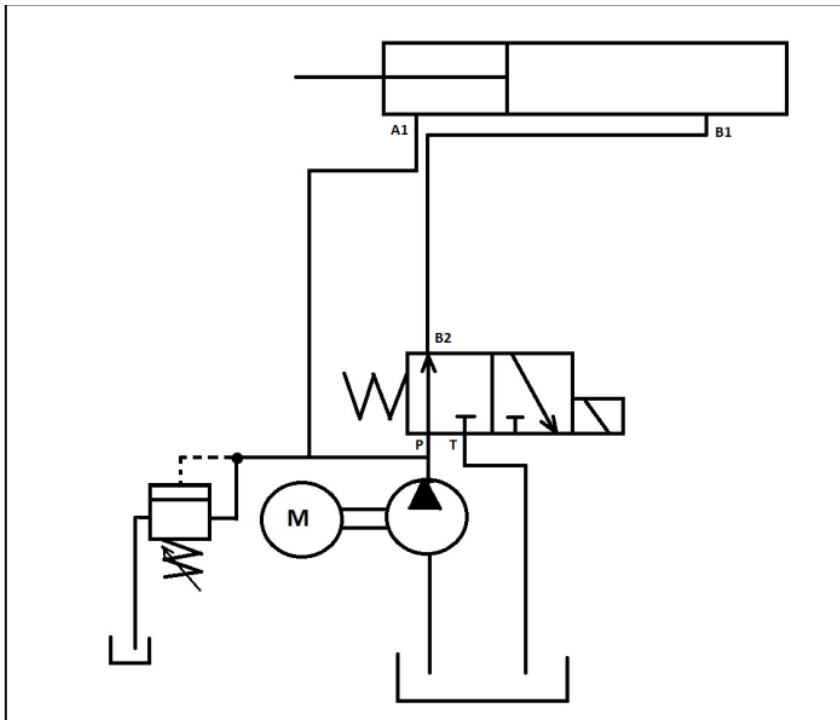
Sele 1 illustreerib kolvi kiirust ja vajaminevat jõudu surumise erinevates faasides.



Sele 1. Kolvi liikumise kiirust näitlikustav joonis.

3. Hüdraulika

Projekteeritud hüdraulikasüsteemi eeliseks on lihtsus ja komponentide vähesus. Puuduseks aga väiksem jõud surumise faasis. Hüdraulikasüsteemi illustreerib Sele 2.



Sele 2. Hüdraulikasüsteem

Ventiili esimeses positsioonis on sama suur õlirõhk mõlemal pool kolbi. Kuna pildil vasaku poole peal on kolvi pindala väiksem, siis liigub varras silindrist välja, ehk siis toimub surumise faas. Pump pumpab õli kolvist paremale poole. Kolvi liikumisega aga omakorda surutakse ka õli silindri vasakust osast paremasse. See tähendab kiiremat lineaarset liikumist, kuna õli peab pumpama juurde ainult varda ruumala osa.

Ventiili teises positsioonis avatakse tagasivool õlimahutisse silindri paremalt poolelt. Samal ajal pumbatakse hüdrovedelik silindri vasakule poolele. Toimub kolvi taganemisfaas. Lahutades silindri siseruumalast varda ruumala, saame koguse, mida on vaja pumpata lineaarseks liikumiseks. Seda on rohkem kui surumisfaasis ning seetõttu on ka liikumine taganemisfaasis aeglasem.

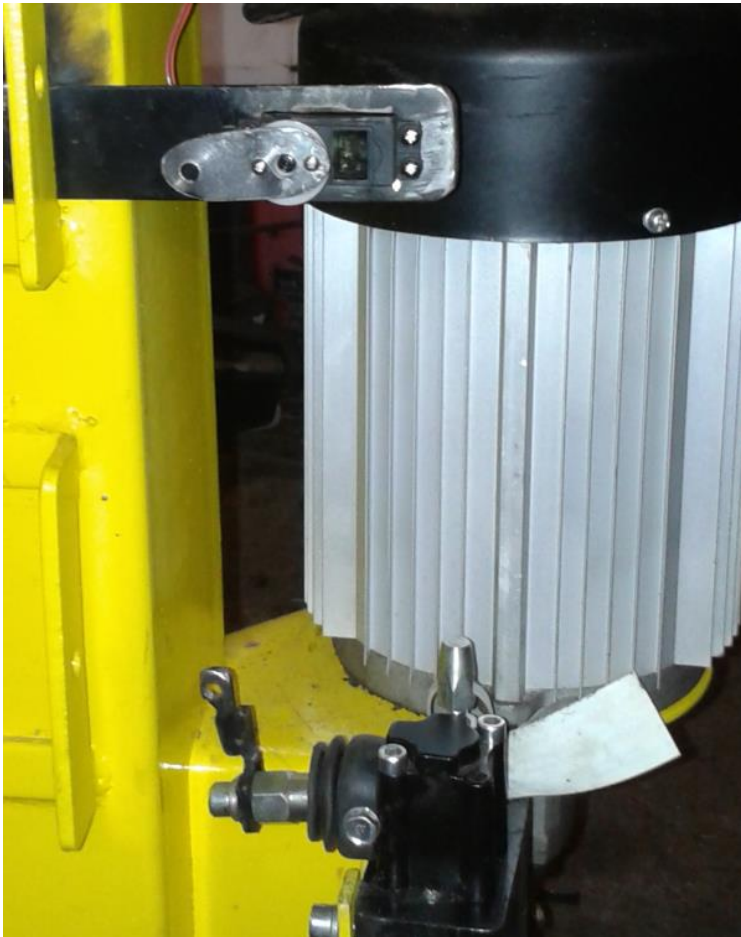
3.1 Töösilinder

Silindri valikul pidasin silmas kahte argumenti: kolvi käigu pikkus ja vajaminev jõud.

Vajamineva jõu katsetamiseks kasutasin 55mm-se siseläbimõõduga ja 500mm-se pikkusega silindrit. Katsete tulemusena võib öelda, et see silinder arendas piisavalt jõudu, et turvast läbi toru suruda, kuid ei olnud piisavalt pika kolvi käiguga. Selle asemel hankisin töösilindri, millel on sama siseläbimõõt, kuid kolvi käik on 850mm. Selliste parameetritega töösilinder on piisav, et lükata toru täies ulatuses tühjaks.

3.2 Ventiiil

Masina hüdraulika osa juhtimiseks on vaja töökindlat ja lihtsat ventiili. Algsel puulõhkujal oli koheselt peal manuaalselt kangiga juhitud ventiil. Selle elektriliseks juhtimiseks vajasin lisaks ka servot. Vt Sele 3



Sele 3. Servo ja ventiili asetus

Servo valimisel oli mul vaja teada kahte parameetrit: jõud ja lülitamise käigu pikkus. Jõu arvutamiseks mõõtsin käsikaaluga ära, mitu kg raskust on vaja rakendada hoova otsale, et teostuks ümberlülitus. Käigu pikkuse mõõtsin ventiili hoova otsast, mõlema tööasendi vahena. Mõõtmise tulemuseks sain 55mm.

$$\text{Mass (m)} = 1,5\text{kg}$$

$$\text{Pikkus (l)} = 55\text{mm}$$

$$\text{Gravitatsiooni tegur maapinnal (g)} = 9,8 \text{ N/kg}$$

F – jõud

Servo hoova pikkus (r) m?

Pöördemoment (N) ...N/m ?

Et juht hoova käik oleks vähemalt 55mm, siis võtan radiuseks (r)

$$r = l \div 2 = 55 \div 2 = 27,5 \approx 30\text{mm} = 0,03\text{m}$$

$$F = m \times g$$

$$N = r \times F$$

$$F = 1,5 \times 9,8 = 14,7\text{N}$$

$$N = 0,03 \times 14,7 = 0,441\text{N} / \text{m}$$

Arvutus näitab, et servo peaks võimaldama vähemalt 0,441 N/m momenti. Seda on mudelismis kasutatavatele servodele üsna vähe. Kuna paljudel mudelismis kasutatavatel servodel on kasutatud pöördemomendi näitaja asemel ühikut kg/cm, arvutan ka selle välja:

$$3 \times 1,5 = 4,5\text{kg} / \text{cm}$$

Lisades sellele vähemalt 2-kordse varuteguri, valisin välja servo: „MG995“. Vt Tabel 2

Tabel 2 Servode näitajad (Fong electronics blogi)

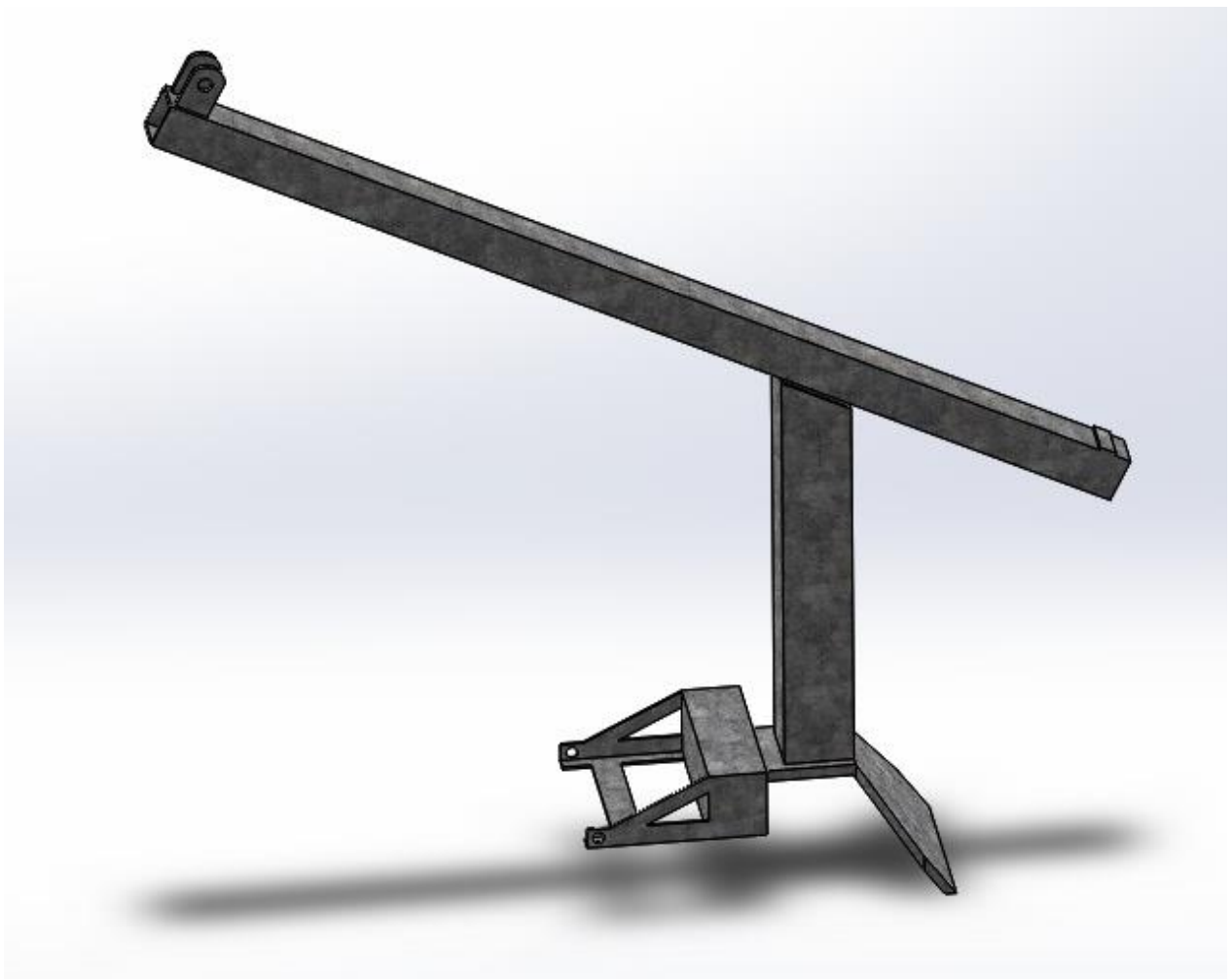
Mfr	Servo	Claimed Torque (kg.cm)	Speed (s/60)	Weight	Price (AUD)
GWS	GWS S048B	13	0.20	110g	\$20
Hitec	HSR-5995TG	24	0.15	62g	\$143
Hitec	HSR-5985MG	12.4	0.13	62g	\$100
Futaba	S5050	19	0.20	128g	\$117
Futaba	S9351	13.8	0.13	57g	\$143
Futaba	RS403PR	13.8	0.13	63g	\$168
TowerPro	MG995	11	0.20	55g	\$22
TowerPro	SG-5010	11 (tested 3)	0.11	39g	\$35
Kondo	KRS-2346	20	0.16	57g	\$254

Selline servo – mehaanilise ventiili kombinatsioon ei osutunud aga piisavalt töökindlaks lahenduseks. Üsna tihti kiilus ventiili hoob kinni ja vajas suuremat jõudu. Seetõttu võtsin kasutusele elektroventiili, mille eeliseks on töökindlus ja ümberlülituse kiirus, puudusteks aga seadme kallis hind ja eraldi trafo vajadus 12V tekitamiseks.

4. Mehaanika

4.1 Raam

Masina raami hakkasin ehitama toorikuks võetud puulõhkuja baasil. Alustasin üleliigsete detailide eemaldamisega. Järgi jäi hüdraulikasüsteem koos vertikaaltalaga, kuhu kogu süsteem kinnitatud oli. Vt Sele 4



Sele 4. Seadme raam

Kuna originaalrattad olid väga lähedal vertikaaltalale, siis ehitasin neile lisakonstruktsiooni. Selle lahendusega said rattad viidud kaugemale raskuskeskmest – selline konstruktsioon tagab masina parema stabiilsuse. Lisaks paigaldasin suuremad, 8-tollised rattad, millega saab ilma suurema raskuseta liikuda üle ebatasase maapinna.

Raami edasisel ehitamisel tekkis küsimus, et kas ehitatada surumissüsteem vertikaalses või horisontaalses asendis. Mõlemal lahendusel on omad eelised ja puudused. Vt Tabel 3

Tabel 3 Raami asetuse eelised ja puudused

	Eelised	Puudused
Horisontaalne	1.Operaatoril on lihtsam kotti otsa panna 2.Turba mahuti serv on madalamal	1. Turvas ei varise augu poole
Vertikaalne	1. Turvas variseb juba gravitatsiooni jõul augu poole	1.Turba mahuti serv on kõrgemal 2.Raskendatud koti paigaldamine mahuti alla

Et mõlema variandi eeliseid ära kasutada, langes otsus hoopis diagonaalse asetuse kasuks. Selliselt on olemas piisavalt suur toru läbilõikepindala ja turvas on suunatud gravitatsiooni jõul rohkem toru ava poole kui täiesti horisontaalses asendis. Surumissüsteem on ehitatud 120x120mm metallist nelinurkse tala külge.

Tala esimeses osas paikneb hüdrosilinder, mis asetseb paralleelselt talaga. Ühest otsast on see kinnitatud 25mm-se läbimõõduga poldiga ja teisest otsast on painutatud keermelatt, mis on mutritega konkreetselt tala külge kinnitatud. Silindri õige suund on saavutatud silindri ja tala vahele käivate plastmassplaatide ning mutrite õige pingutamise abiga.

Tala teises osas on pooleldi pooleks lõigatud toru, kus toimub siis turba kotti surumine. Toru on ühest otsast kinnitatud raamile samamoodi painutatud keermelati abiga. Silindripoolsesse otsa on aga sälgud sisse lõigatud ja lükatud silindri ümber selliselt, et toru ots ulatub silindri klambri alla. See lahendus tagab võimaluse reguleerida silindri ja toru asetuse ideaalselt üksteise otsa. Vastasel juhul hakkaks hüdrosilindri varras painduma, mis võib viia hiljem õlileketeni.

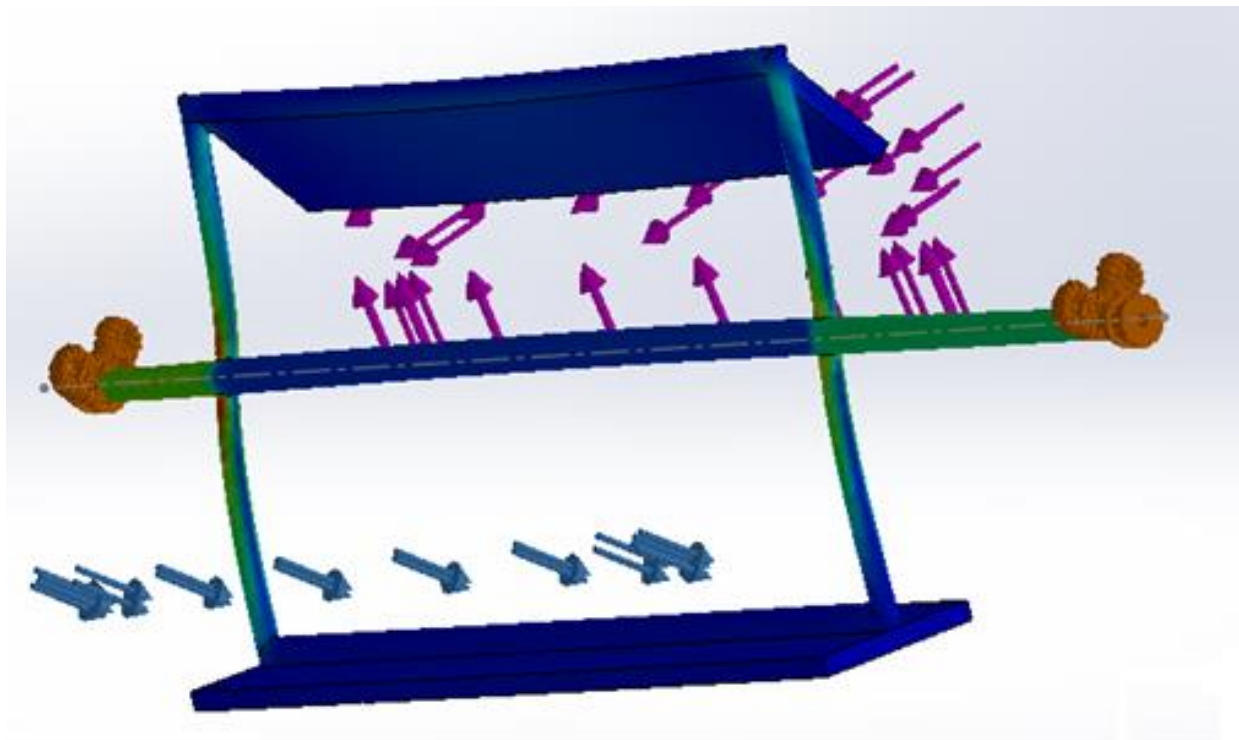
Lisaks on tala külge keevitatud turbamahuti 4 nurgaposti. Nende külge käivad 2 mm paksusest lehtmestallist välja lõigatud seinad. Kinnitusvahenditeks kasutasin 3 mm

läbimõõduga neete. Katsetamise faasis jätsin ühe külje neetimata, et oleks võimalik vajadusel kiiresti mahuti turbast tühjendada.

Tulevikus on plaanis paigaldada süsteem horisontaalsesse asendisse, kuna segaja töö ajal võib juhtuda, et ajab turvast üle mahuti serva operaatori poole. Tulemuseks on ebamugav töökeskkond.

4.2 Segaja

Turba kolvi ette varisemiseks on vaja punkri sisse midagi, mis turvast edasi liigutaks. Vastasel juhul jääb kolvi ette lihtsalt tühimik. Selle probleemi kõige paremaks ja lihtsamaks lahenduseks leidsin, et on vaja ehitada pöörlev konstruktsioon. Segaja efektiivsuse tõstmiseks ehitasin ühe laba kaldega nii, et see suruks turvast renni. Teine laba on oma suunalt risti raadiusega. Hetkel on see veel planeerimise faasis, aga teoreetiliselt peaks see risti asetsev laba jääma surumise ajaks seisma täpselt kolvi peale. Selline lahendus takistab turba liikumist tagasi üles ja märksa rohkem turvast peaks suunduma läbi toru kotti. Segaja materjaliks valisin 8mm ja 12mm läbimõõduga ümmarguse lattraua. 12mm lattrauast on põhiline pöörlemistelg ja 8mm lattrauast on segaja kõrvad. Kõrvadeks on ristkülikukujulise läbilõikega lattraud mõõtudega 60x5mm. Detailid keevitasin omavahel kokku.



Sele 5. Segaja tugevuse simulatsioon

Nõrgaks kohaks saab olema peavõlli ja sellega risti olevate pulkade liitekoht, seega sai see koht suurema tähelepanuga kinni keevitatud. Vt Sele 5

Segaja ise on ühest otsast kinnitatud kuullaagriga mahuti serva külge. Teise otsa on keevitatud 7cm pikkune metalltoru, millest on auk läbi puuritud. Segaja mootoriga ühendamiseks läheb mootori võll selle toru sisse ja poldiga kinnitatakse need kaks detaili omavahel kokku. See lahendus tagab vajadusel segaja kiire eemaldamise. Tihti on vaja ka lihtsalt võlli käsitsi teise asendisse keerata. Kuna mootoril on pidur peal, kui ta parasjagu ei tööta, siis on võimatu segajat liigutada koos mootoriga. Siin aitab jällegi poldi kiirest eraldamisest. Kogu süsteem on jällegi paralleelselt põhitala ja silindriga, et võimaldada segaja paigutamise võimalikult lähedale kolvi liikumisele.

5. Elektroonika

5.1 Mikrokontroller



Sele 6. Arduino plaat

Masina juhtimiseks on vajalik mikrokontroller. Vt Sele 6 Et kasutada ära võimalikult palju letitooteid, valisin seadme juhtimiseks Arduino Uno plaadi. Selle suur eelis on see, et kõik vajalikud baaskomponendid on ühele plaadile kokku pandud. Mikrokontrollieriks on sellel plaadil ATmega328. Sellel on 14 digitaalset sisendit/väljundit (nendest 6 saab kasutada PWM

väljunditena), 6 analoogsisendit, 16 MHZ keraamiline resonaator, USB ühendus, Toiteühendus ja 'reset'- nupp. Ehk siis see sisaldab kõike, mida on vaja mikrokontrolleri tööks.

Plaadi toitmiseks on 2 võimalust: läbi USB ühenduse või eraldi toitepistikust. Nende kahe toite vahel valib Arduino automaatselt sobiva toiteallika. Seade töötamiseks on vajalik 6-20V. Sellegipoolest, kui pinge on üle 12V, võib voluregulaator üle kuumeneda ja alla 7V puhul võib 5V ühendus vähem pinget välja anda. Seega soovituslik oleks ikkagi 7-12V kasutada. Arduino programmeerimine on tehtud lihtsaks ja selleks vajaminev on kõigile vabavaraliselt kättesaadav. Programmi peale laadimiseks ei vajata eraldi riistvara ja kogu suhtlus plaadiga käib läbi STK500 protokoll. Vt Tabel 4

Tabel 4 Arduino tehnilised andmed

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

5.2 Alaldid

Süsteemi töös hoidmiseks on vaja 2 erineva pingega toidet. Segaja ja hüdropumba mootorid vajavad toiteks 220V. Ventiili tööks on vajalik 12V ja Arduino plaadile on soovituslik 7-12V. See tähendab, et on vaja alaldit, mille väljundpinge on 12V. Laadijatele omaselt on reaalne pinge nimipingest veidi suurem. Voltmeetriga mõõtes sain tulemuseks 13,4V. See ei sobi aga Arduinole pikemaks ajaks töötamiseks, kuna vooluregulaator võib üle kuumeneda. Seega on mul vaja 2 erinevat alaldit.

Ventiili juhtimiseks võtsin kasutusele akutrelli laadija. Komponentide plaadilt lõikasin välja selle osa, kus oli diodide ja kondensaatoriga tekitatud AC-DC konverter. Ülejäänud osa polnud vajalik. Konverter koosneb 4 diodist, mis on 2 kaupa jadamisi ühendatud ja paarid omavahel paraleelselt.

Arduino plaadile paigaldasin toiteks universaalse seinakontakti käiva alaldi, millel saab potentsiomeetriga reguleerida sobivat pinget.

Mõlemad alaldid paigutasin suuremasse harukarpi, arduino plaadist eraldi. Sellega üritasin vältida võimalikke häireid mikrokontrolleri töös, mida elektriväli võib tekitada.

5.3 Kolvi andur

Kolvi juhtimiseks on vaja teada tema asukohta. Pole oluline teada pidevat asukohta, aga vähemalt korra ühe käigu kohta. Selleks on 2 peamist moodust: lüliti, mida kolb läbi toru lülitaks või magnetandur. Esimesena katsetasin lülitiga, kuna sobiv andur oli käepärast võtta. Esialgu töötas lülitiga variant väga hästi. Kui aga turba kogus punkris on suurem ja masina tööpäevad on samuti pikemad, siis lüliti hakkas lülitusi vahele jätma. Turvas, mida kasutatakse, ei ole ka päris laitmatult puhas. Tihti on seal taimejäänuseid või väiksemaid puutükke. Üsna tihti sattusid lüliti vahele prahiosakesed, mis segasid korrektset tööd. Eesmärk on aga võimalikult töökindel masin välja töötada. Et asi oleks töökindel, proovisin seda probleemi lahendada magnetanduriga. Suureks eeliseks on sellel lahendusel mehaanilise kokkupuute puudumine. Selle tõttu jäävad ära ka sellised mured nagu turba valedesse kohtadesse sattumine ja detailide kulumine. Anduriks valisin ukse magnetanduri, mis on mõeldud turvasüsteemidele. Magnet, mis anduriga komplektis oli, aga ei sobinud, kuna töötas ainult siis, kui see praktiliselt anduri vastu panna. Üks probleem on veel selles, et magnetit ümbritseb suures koguses metalli, mis enamuse magneti energiast endale tõmbab. Teine

probleem seisneb selles, et üsna raske on magnetvoogu suunata anduri poole. Kolb käib üsna palju ringi ümber oma kesktelje, nii et õiget suunda ei olegi.



Sele 7. Magnet (Estmagnet-i Interneti lehekülg)

Nende probleemide vältimiseks kasutasin 40mm diameetriga neodüümmagnetit. Vt Sele 7 See on ringmagnet, mille tõmbejõuks on märgitud 46kg. Seda on piisavalt, et magnetandur suudaks kolbi tuvastada isegi väljaspool magnetvälja tsentrit. Lisaks hoiab see jõud ennast ise kolvi küljes kindlalt kinni. Kolvi ja magneti vahele panin siiski liimi, kuna erinevad jõud surumisel (kivid ja muu praht) liigutasid magneti kolvi tsentrist välja. See tähendas muidugi magneti purunemist kolvi sisenemisel torusse.

5.4 Segaja asendiandur

Katsetused on näidanud, et masina efektiivsust tõstab oluliselt asjaolu, kui segaja 90 kraadi all olev laba alumisse asendisse seisma jätta. See takistab kolvi surumise faasis turba kolvi eest kõrvale kaldumist. Selleks on vaja aga andurit, mis segaja alumise asendi ära tuvastaks. Kuna anduri töökeskkond on väga niiske, siis see peaks olema täielikult veekindel. Teiseks oluliseks kriteeriumiks on töökindlus. Segaja tööga kaasneb suurel hulgal lülitusi, millega andur ei tohi olulisel määral kuluda. Sobivaimaks lahenduseks leidsin mehaanilise lüliti, mille

paigaldasin segaja võlli vahetusse lähedusse. Võlli külge keevitasin metallist sõrme, mis iga ringi tagant lülitlele pihta liigub. Selle järgi saan ajaliselt konfigurereida seisma jäämise õigele kohale.

5.5 Hüdropumba mootor

Hüdropumba ringi ajamiseks on vaja piisavalt võimast ja õige pöörlemissagedusega mootorit, et pumba efektiivsus kõige suurem oleks. Kuna ma võtsin baasmasinaks töötava puulõhkumismasina, millel oli korralik mootor olemas, siis jäi otsus ka selle kasuks. See tarbib kuni 3000W võimsust.

5.6 Segaja mootor

Segaja liigutamiseks on vaja võimalikult lihtsat ja töökindlat mootorit, mis jõuaks ka täis turbamahuti korral segajat turbas segada. Katsetuseks võtsin Nissani tagumise kojamehe mootori. Vt Sele 8



Sele 8. Algne segaja mootor

Esimeste katsetustega toimis see väga hästi. Kui aga turvast rohkem mahutisse panin, siis jäi ilmselgelt jõust väheks. Lisaks töötas kojamehe mootor 12V pingega, mille tekitamiseks on vaja lisaks piisavalt võimast alaldit. Katsete tulemusena tekkisid sobivale mootorile uued nõudmised. Mootor peab töötama 220V pinges juures (jääb ära alaldi vajadus), arendama turbas liikumiseks piisava jõumomendi ja olema peatatav konkreetses asendis. Selleks on vaja elektrimootorile lisaks ülekannet, mis tõstaks mootori pöördemomenti ja vähendaks pöörlemissagedust. Lisaks on vaja pidurdavat seadet. Mootori, ülekande ja piduri eraldi ostmise osutus üsna kulukaks.



Sele 9. Elektrivints (Hintaseuranta interneti pood)

Need kõik 3 elementi on aga olemas elektrivintsidest. Seega on mõistlikum osta üks töötav elektrivints. Segajal aga eriti suuri jõudusid pole vaja, seega otsisin turul olevatest vintsidest väikseimat. Eestis on kodutarbijate seas peamiselt hea hinna tõttu üsna laialt levinud erinevad AWD tooted. Vt Sele 9 Sellepärast valisingi vintsi AWD toodete seast. Vt Tabel 5

Tabel 5 Elektrivintside võrdlus (Tööriista marketi interneti kataloog)

Tehnilised andmed:	AWD152	AWD153	AWD155
PINGE	220-230V 50HZ	220-230V 50HZ	220-230W
MOOTOR	580W	780W	1600W
TÕSTEVÕIME	125/250 KG	200/400 KG	500/1000 KG
TÕSTEVARU	11M/5,5M	11M/5,5M	11M/5,5M
TÕSTEKIIRUS	5,5 M/MIN	5,5M/MIN	5,5 M/MIN
TROSSI LÄBIMÕÕT	3,18 MM	3,6 MM	5,6 MM
TROSSI TÕMBETUGEVUS	1960N/MM	1870 N/MM	1960 N/MM
TROSSI PIKKUS	12M/6M	12M/6M	12M/6M
JUHTIMISJUHTME			
PIKKUS	1,5M	1,5 M	1,5 M
MÜRATASE	80 DB	80 DB	80DB
KAITSEKLASS	IP54	IP54	IP54
MÕÕDUD	33*13*18 MM	33*13*18MM	48*17*25
KAAL	12 KG	16 KG	35 KG

Sobiliku vintsi välja valimiseks mõõtsin ära segajale vaja minema jõumomendi täis mahuti korral. Selleks paigaldasin võllile 23cm pikkuse mutrivõtme, mille otsast tõmbasin läbi käsikaalu segajat ringi. Kaalu tulemuseks sain 12,5kg. Vintsi tross asub keskmiselt võlli keskpunktist 6cm kaugusel. Nende andmete järgi arvutan, kui suur peaks olema vintsi tõmbetugevus.

$$12,5 \times 23 \div 6 = 47,92 \approx 48kg$$

Kuna vajaminev tõmbetugevus on tunduvalt väiksem vintsi omast, siis osutub sobivaks AWD mudelite seast AWD152. See on väike, kerge, madala energiatarbimisega, kuid omab seejuures vajalikku jõudu turba segamiseks. Vintsi installeerimiseks oma masinale eemaldasid viimatimainitult kõik mittevajalikud detailid. Alles jäi ainult mootor koos ülekandega ja sisseehitatud pidurisüsteem.

6. Programmeerimine

Programmeerimiseks kasutasin Arduino 1.0.5 versiooni vabavara programmi. See on lihtne ja praktiline tarkvara, mis ühildub enamike Arduino plaatidega. Eesmärk oli kirjutada võimalikult lihtne ja töökindel programm. Et asi lihtsam oleks, tõin kohe programmi alguses välja parameetrid, mille muutmisega saab masinat erineva mulla niiskuse järgi seadistada.

Nendeks konstantideks on:

```
const int t1 = 3500; //Esimese surumise kestus (millisekundit)
const int t2 = 3900; //Teise surumise kestus (millisekundit)
const int t3 = 3500; //Kolmanda surumise kestus (millisekundit + 1000ms)
const int t = 0; //Kolvi taganemise kestus pärast andurit (millisekundit)
```

6.1 Programmi ülesehitus

Programm algab sellega, et kolb taandub. Andurini jõudes käivitub „Delay“, mis vastavalt seadistusele on muudetav (`const int t = 0`). Pärast seda algab surumise faas. See kestab jällegi vastavalt etteantud ajale. Konstandiks on: `const int t1 = 3500`. Kolvi liikumiskiirus on pidevalt konstantne juhul, kui rõhk pole ületanud ülerõhuklapi seadistust. Selle tõttu liigub kolb lineaarselt konkreetse vahemaa vastava ajaühiku jooksul. Pärast surumiskauguse saavutamist kolb jällegi taandub. Samal ajal hakkab pöörlema segaja, mis lõpetab oma töö koos kolvi liikumissuuna muutumisega surumise faasis. Selliselt teostab kolb kokku kolm surumisliigutust. Viimase surumisfaasiga kaasneb ka piiksuv helisignaal, mis informeerib operaatorit tsükli lõpust.

6.2 Häirete kõrvaldamine

Magnetanduri kasutamisel puutusin kokku häiretega. Arduino registreeris ära ka signaalid, mis võisid tekkida elektrivälja indutseerimisel anduri juhtmesse. See tekitas omakorda palju plaanimata liigutusi kolvi töös. Probleemi lahendust hakkasin otsima tarkvara osast. Pidasin vajalikuks kirjutada koodijupp, mis kõrvaldaks valed signaalid. Lahenduse sain Arduino lehelt erinevate näidiskoodide seast.

```
int reading = digitalRead(pushButton);
if (reading != lastButtonState) {
  lastDebounceTime = millis();
}
if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
  if (reading != buttonState) {
    buttonState = reading;
    if (buttonState == HIGH) {
      ledState = !ledState;
    }
  }
}
lastButtonState = reading;
```

Siin on kasutusel funktsioon „`millis()`“. See funktsioon loeb millisekundeid, mis on möödunud mikrokiibi käivitamisest. Iga kord, kui „`digitalRead(pushButton)`“ sisendis väärtus muutub, saab „`lastDebounceTime`“ oma väärtuseks hetke „`millis()`“ väärtuse. Lahutades nüüd hetke „`millis()`“ väärtusest „`lastDebounceTime`“, saame vaheks aja, mis möödus viimasest signalist. Nüüd saame panna paika konstandi, kui suur see aeg peab vähemalt olema, et reaalne lülitus registreeruks. Mina panin selleks ajaks 50ms, ehk siis `long` `debounceDelay = 50`. See on piisavalt pikk aeg, et kõrvaldada valed signaalid ja piisavalt lühike, et õiged registreerimised vahele ei jääks.

7. Ohutus

Nagu ka iga teise seadmega, on ka käesoleva masina kasutaja turvalisus väga tähtis. Seadme loomisel olen arvestanud erinevate ohtudega.

Neist kõige suuremaks ohuks pean seda, et kellelgi võib sattuda käsi punkrisse segaja või kolvi vahele. Lisaks võib turba sees leiduda puutükke ja kive, mis samuti pole masinale hea. Selle vältimiseks plaanin ehitada mahuti peale teisaldatava võre, mis sõeluks suuremad tükid masinast välja ja ka käega ei ole enam võimalik kuhugi vahele jääda. Võre jääb piisavalt kaugele liikuvatest osadest, et ka sõrmed vahele ei ulatuks. Paigaldasin masinale ka hoiatussildi tähelepanu tõstmiseks.

Elektrishoki vältimiseks on kõik elektriseadmed korralikult maandatud Kogu elektroonika on paigaldatud veekindlatesse karpidesse. Seega on võimalik masinat hoida ja sellega töötada niiskes kasvuhuones või ka õuetingimustes.



Sele 10. Pealüliti

Kui peaks tekkima ikkagi ohtlik olukord, siis on olemas kättesaadavas kohas suur punane nupp, mis katkestab kogu süsteemil ühenduse vooluvõrguga. Vt Sele 10 Hiljem masina tööle lülitamiseks tuleb lülitilt eemaldada kaas, mille all asetsevad toitenupud.

Masina ümberkukkumise vältimiseks on rattad viidud raskuskeskmest kaugemale. Sellega on tagatud masina stabiilsus.

8. Hind

Projekti üheks tähtsaks teguriks on ka selle hind, seetõttu arvestasin kokku suuremad kulutused ligikaudsete hindadega, mida ma selle projekti peale kulutasin. Vt Tabel 6. Kõik kilekottide täitmise automaadi ehitamiseks kasutatud materjalid, seadmed ja tarvikud kokku läksid maksma 1368 eurot, mis jäi eesmärgiks seatud 1500 euro piiresse.

Tabel 6 Kulutused projektile

Detail	Kogus	Hind
Mootor koos pumbaga	1	378
Elektri vints	1	119
Raami materjal	1	134
Arduino plaat	1	23
Ventiil	1	150
Voolikud kokku	1	180
Releed+pesad	4	11
Magnetandur	1	5
Magnet	1	7
Elektri karbid	2	7
Summer	1	3
Hüdrosilinder	1	112
Servo	1	49
Muud kulud		150
Kokku		1368

KOKKUVÕTE

Selle bakalaurusetöö teema pakkus välja Roogoja talu peremees Taavi Kivistik, kes tegeleb elulõnga- ja viinamarjaistikute paljundamise ja turustamisega. Töö eesmärk oli kiirendada paljundamise juures kõige aeganõudvamat protsessi ja seeläbi vähendada kulutusi tööjõule. Kõige suuremaks kitsaskohaks aianduses osutus pistikute istutamine turbaga täidetud kottidesse, milles need hiljem kliendile müüakse. See on üsna monotoonne töö ja töötajad tüdinevad kiiresti. See tähendab aga tootlikuse langust.

Projekti algusetapil tuli kaaluda kahe protsessi vahel: taim koos mullaga kotti istutada või siis kõigepealt kotid mullaga täita ja hiljem paigaldada taim. Teine variant osutus ajaliselt ja kvaliteeti arvesse võttes sobilikumaks. Valminud koti täitmis automaat kiirendab oluliselt ajakulukat protsessi. See on kergesti transporditav ja valmistamise maksumus jääb alla 1500 euro.

SUMMARY

This Bachelor's thesis has been proposed by Taavi Kivistik, who is owner of Roogoja farm. He is dedicated to grow clematis- and grape plants and selling these to customers. Main purpose for current thesis is to develop new planting technics, which can fast up process. Plastic bags automatic execution can significantly fast up process.

KASUTATUD KIRJANDUS

Allikas: Estmagnet-i Interneti lehekülg:

<http://www.estmagnet.com/Epood/Ringmagnetid/N50%20D40-20x5mm>

Allikas: Fong electronics blogi: <http://fongelectronics.blogspot.com/2013/03/mg995-memory-refreshing-old-blog-posts.html>

Allikas: Hintaseuranta interneti pood: <http://hintaseuranta.fi/tuote/sahkotalja-125250kg-awd152/390330>

Allikas: Tööriista marketi interneti kataloog:

http://www.tooriistamarket.ee/files/Tools_2012/32_Lifting_and_lashing_equipment_tarpaulins_2009.pdf

Allikas Arduino kodulehekülg: <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>

LISAD

Täispikk kood seletustega, mis on laetud Arduino plaadile:

```
const int t1 = 3500; //Esimese surumise kestus (millisekundit)
const int t2 = 3900; //Teise surumise kestus (millisekundit)
const int t3 = 3500; //Kolmanda surumise kestus (millisekundit + 1000ms)
const int t = 0; //Kolvi taganemise kestus pärast andurit (millisekundit)
const int pushButton = 2; //magnetanduri sisend
const int s = 13; //summeri väljund
const int segaja = 12; //segaja väljund
const int ventiil = 8; //ventiili väljund

int a = 0; //Tehtud kottide arv

int ledState = LOW; //Siin on muutujad, mis on vajalikud mürast õige signaali välja selgitamiseks
int buttonState;
int lastButtonState = LOW;

long lastDebounceTime = 0;
long debounceDelay = 50; // aeg, kui kaua peab signaal kestma, enne kui seda arvestatakse

void setup()
{
  pinMode(ventiil, OUTPUT);
  pinMode(pushButton, INPUT);
  pinMode(s, OUTPUT);
  pinMode(segaja, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
}

void loop()
{ ledState = LOW;
  while (ledState == LOW) {
    digitalWrite(ventiil, HIGH); //kolb liigub üles
    digitalWrite(segaja, HIGH); //üles liikumisega kaasneb ka segaja töötamine
    int reading = digitalRead(pushButton); //Süsteem kontrollib magnetanduri signaalide õigsust
    if (reading != lastButtonState) {
      lastDebounceTime = millis();
    }
    if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
      if (reading != buttonState) {
        buttonState = reading;
        if (buttonState == HIGH) {
          ledState = !ledState;
        }
      }
    }
  }
  lastButtonState = reading;
```

```

}
delay (t);

digitalWrite(ventiil, LOW); //kolb surub 1. korda
digitalWrite(segaja, LOW);
delay(t1);

ledState = LOW;
while (ledState == LOW) {
    digitalWrite(ventiil, HIGH); //kolb liigub üles
    digitalWrite(segaja, HIGH);
    int reading = digitalRead(pushButton);
    if (reading != lastButtonState) {
        lastDebounceTime = millis();
    }
    if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
        if (reading != buttonState) {
            buttonState = reading;
            if (buttonState == HIGH) {
                ledState = !ledState;
            }
        }
    }
}
lastButtonState = reading;
}
delay (t);
digitalWrite(ventiil, LOW); //kolb surub 2. korda
digitalWrite(segaja, LOW);
delay(t2);
ledState = LOW;
while (ledState == LOW) {
    digitalWrite(ventiil, HIGH); //kolb taandub
    digitalWrite(segaja, HIGH);
    int reading = digitalRead(pushButton);
    if (reading != lastButtonState) {
        lastDebounceTime = millis();
    }
    if ((millis() - lastDebounceTime) > debounceDelay) {
        if (reading != buttonState) {
            buttonState = reading;
            if (buttonState == HIGH) {
                ledState = !ledState;
            }
        }
    }
}
lastButtonState = reading;
}
delay (t);
digitalWrite(ventiil, LOW); //kolb surub 3. korda
digitalWrite(segaja, LOW);
digitalWrite(s, HIGH); //masin teeb 3. surumise puhul piiksu
delay (1000);
digitalWrite(s, LOW);

```

```
delay(t3);  
  
  a++;  
  Serial.println("Tehtud kottide arv:"); //väljastab tehtud kottide arvu  
  Serial.println(a);  
}
```



Sele 11. Hüdraulikasüsteem



Sele 12Segaja arendusfaasis



Sele 13. Üldpilt masinast