



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Mehhatroonikainstituut

Mehhatroonikasüsteemide õppetool

MHK40LT

Kunnar Loi

16A FAASIKLEMMI VEDRUTUGEVUSE KONTROLLSEADE

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduse
bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

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 Leo Teder'i juhendamisel

“.....”.....2014 a.

Töö autor

Kunnar Loi allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2014 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....201... a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut
Mehhatroonikasüsteemide õppetool

Bakalaureusetööülesanne

2014 aasta, kevadsemester

Üliõpilane: Kunnar Loi, MAHB 104455 (nimi, kood)

Õppekava: MAHB 02/09

Eriala: Mehhatroonika

Juhendaja: Leo Teder, assistent (nimi, amet)

Konsultandid: Mikk Ohakas, konstruktor/tehnoloog, 7 468 871 (nimi, amet, telefon)

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) 16A faasiklemmi vedrutugevuse kontrollseade

(inglise keeles) 16A phase sleeve spring strength checking device

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Teemakohase materjali otsimine ja uurimine	05.04.2014
2.	Erinevate lahenduste pakkumine	15.04.2014
3.	Lõpliku lahenduse valik ja analüüs	30.04.2014
4.	Töö lõplik vormistamine	12.05.2014

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Klemmi vedrutugevuse määramine ja sellega seotud probleemid. Võimalike lahenduste välja pakkumine, nende analüüs ja omavaheline võrdlus.

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 22.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 22.05.2014

Üliõpilane: Kunnar Loi /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja: Leo Teder /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

Bakalaureusetööülesanne	2
Sisukord	3
Eessõna	5
Sissejuhatus.....	6
1. Rõngapaigaldamisprotsessi olemus	7
2. Vedrutugevuse kontroll.....	9
3. Vedrutugevuse määramine.....	11
3.1 Raskusjõu määramise teoreetilised alused	11
3.2 Kaliibrite raskusjõu määramine.....	13
3.3 Vedrutugevuse mõõtmistulemuste analüüs	13
4. Lahendused ja komponendid	16
4.1 Komponentide valik	16
4.2 Jõuanduri valik	17
4.3 Silindrite valik	19
4.4 Juhiku valik.....	21
4.5 Muud komponendid.....	24
5. Vedrutugevuse kontrollseade ja tööpõhimõte.....	26
6. Jõuandur ja Elektroonika	28
7. Vedrutugevuse kontrollseadme ohutus	30
8. Seadme majanduslik arvestus	31
Kokkuvõte.....	32
Summary	34
Kasutatud kirjandus	35
Lisad.....	36

Lisa 1.....	36
Lisa 2.....	37
Lisa 3.....	38
Lisa 4.....	39
Lisa 5.....	40
Lisa 6.....	41
Lisa 7.....	42
Lisa 8.....	43
Lisa 9.....	44
Lisa 10.....	45
Lisa 11.....	46
Lisa 12.....	47
Lisa 13.....	48
Lisa 14.....	49
Lisa 15.....	50
Lisa 16.....	51
Lisa 17.....	52
Lisa 18.....	53

EESSÖNA

Töö teema arenes välja autori enda algatusel ettevõttes HANZA Mechanics Tartu AS. Autor täitis ettevõttes ajavahemikul 25.06.2012-24.08.2012 praktikandi rolli, mille käigus märkas vajadust parendada rõngapaigaldamismasina tööd. Esialgset ideed tootmisprotsessi parendamiseks viisid käesoleva lõputöö kirjutamiseni.

Töö valmis Leo Teder'i juhendamisel. Siinkohal avaldan tänu juhendajale, ettevõtte poolsele kaasjuhendajale Mikk Ohakas'ele, samuti Karin Ruusile ning Liivar Kongile, kelle abiga käesolev lõputöö teoks sai.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on luua seade, mis kontrollib rõngastatud 16 amprilise faasiklemmi vedrutugevust. Teema kasvas välja ettevõttes Hanza Mechanics Tartu AS-s sooritatud praktika käigus. Ettevõtte toodab erinevaid elektriklemme. Osadele klemmidele paigaldatakse vedrurõngad. Vedrurõngaid paigaldatakse enamasti töötajate poolt käsitsi vastavate seadmete abil. Kasutusel on ka spetsiaalne rõngapaigaldamismasin, mis rõngastab ainult 16 A klemme. Hetkel kasutuses oleva rõngapaigaldamismasina üheks ülesandeks on kontrollida vedrurõnga olemasolu, samas aga vedru tugevuse kontrolli ei tee. Vedrutugevuse kontroll jääb masina operaatori ülesandeks. Töö eesmärgiks oleks luua lahendus, millega saab vedrutugevuse kontrolli jätta masina kanda. Teema tundus autorile aktuaalne ja uudne, kuna äratas huvi, et kas oleks võimalik olukorda parandada ja suurendada masina tähtsust ning rolli tootmisprotsessis. Autoril tekkis huvi, kas oleks võimalik ühendada omavahel vedrutugevuse kontroll ja kasutusel olev rõngapaigaldamismasin, mille tulemusel saaks rakendada tänapäevast tehnoloogiat. Valmiv lahendus vähendaks inimtööjõukulu ja suurendaks masina osatähtsust.

Seadme väljatöötamisel tuleks kõigepealt tutvuda probleemiga. Selgitada esmalt välja, millised on hetkel kasutuses oleva masina head ning halvad küljed. Seejärel uurida, mida annab parandada ning millised võiksid olla lahendused, millega muuta olukorda tulemuslikumaks. Töö üheks ülesandeks oleks välja pakkuda erinevad lahendused. Lahenduste seast tuleks välja valida parim variant, mille rakendamine oleks otstarbekohane. Samas võib siinkohal ka võrrelda uue ning vana seadme erinevusi mõju ettevõttele.

Lõputöö tegemisel kasutatakse detaili- ja koostejooniste tegemisel Solidworks tarkvara. Esmalt luuakse 3D mudel, millest hiljem tehakse 2D jooniseid.

1. RÕNGAPAIGALDAMISPROTSESSI OLEMUS

Sissejuhatuses tõi autor välja, et töö teema sai alguse, kui autor täitis praktikandi rolli ettevõttes HANZA Mechanics Tartu AS-s. Siinkohal peatuks pikemalt praktikal toimuvast ja käsitleks rõngapaigaldamisprotsessi lähemalt. Suurema osa praktikal viibitud ajast möödus treimisjaoskonnas nr. 1, kus toodeti peamiselt elektriklemme vastavalt voolutugevusele 16-st amprist 125-e amprini. Klemmide tootmisprotsessi üheks osaks oli vedrurõnga paigaldamine. Väiksematele 16 A klemmidele oli kasutusele võetud spetsiaalne rõngapaigaldamismasin. Suurematele klemmidele toimus rõngapaigaldus operaatori poolt kasutades selleks vastavat pneumaatilist töötavat seadeldist. Seadme operaatori ülesandeks oli võtta klemm ja vedrurõngas, asetada need seadmele ning seadeldis paigaldas vedrurõnga klemmile. Operaatori töö oli aeganõudev, kuna vajas iga klemmi paigaldamist käsitsi. Tegemist oli tükitööga ja tulemusi hinnati rõngastatud klemmide arvu järgi. Vedrutugevuse kontroll jäi siinkohal seadme operaatori kanda. Kontrollida tuli teatud hulk rõngastatud klemmidest. Kontrollsüsteem koosnes teatud hulga rõngastatud klemmide koguse kontrollist, mis ei taganud selle toodangu 100-protsendilist kvaliteeti.

Rõngapaigaldusmasina foto on väljatoodud Lisa 15, lk 49. Autoril tekkis huvi, et kas oleks võimalik vedrutugevuse kontroll viia senise rõngapaigaldusmasina kanda. Rõngapaigaldamismasin koosneb mitmest suuremast tööjaamast. Tööjaama nr. 5 ülesandeks on kontrollida klemmile paigaldatud vedrurõnga olemasolu. Autoril tekkis ühtlasi huvi senise tööjaama nr. 5 parendamise või asendamise võimalike lahenduste väljatöötamise vastu, mis viiksid vedrutugevuse kontrolli masina ülesannetesse.

16 A rõngapaigaldusmasin töötab osaliselt automaatselt. Masinale anti ette elektriklemmid ja vedrurõngad. Seejärel masin järjestas klemmid, söötis ükshaaval pöörlevale alusele, kontrollis klemmi kohalolekut alusel, paigaldas klemmile vedrurõnga, kontrollis vedrurõnga olemasolu ning viimaks väljastas. Väljastamine toimus vastavalt rõnga olemasolu järgi. Kui rõngas puudus, väljastati klemm praagina ning heideti eraldi kasti. Kui masin tuvastas, et rõngas oli olemas, siis loeti klemm korralikuks ning väljastati omakorda vastavasse kasti. Vedrurõngatugevuse kontroll

jäi masina operaatori ülesandeks. Operaatoril tuli kontrollida teatud hulk detaile teatud aja tagant või toodetud kogusest.

Selline vedrutugevuse kontroll tagab kontrollitavuse teatud protsendile klemmidest, kuid ei taga 100-protsendilist klemmide kontrolli. Ettevõttes esines tagastatud toodangut, mille vedrutugevus ei vastanud nõuetele. Tagastatud partiid vajasisid uuesti üle kontrollimist, millega kaasnes omakorda tööjõukulu. Autori arvates annab klemmi vedrutugevuse kontrolli viimine masina ülesandeks ettevõttele kulude kokkuhoiu.

2. VEDRUTUGEVUSE KONTROLL

Rõngastatud klemmi vedrutugevuse kontrolliks võeti teatud hulk klemme toodetud klemmide hulgast. Kontrolli eesmärgiks oli kontrollida toodetud klemmide vedrutugevuse vastavust nõuetele. Klemmile asetatud vedrurõngas pidi tagama teatud pinguse või tugevuse, millega klemm hoiab kinni vastavast kaliibrist. Vedrurõnga tugevuse määramiseks on ettevõttes kasutusel erinevad kaliibrid. Üks väiksema kaaluga kaliiber minimaalse tugevusnäitaja ning üks raskema kaaluga maksimaalse tugevusnäitaja määramiseks. Kui klemm tõstab ülesse väiksema kaliibri ja ei tõsta ülesse raskemat kaliibrit, võib lugeda vedrutugevuse normaalseks. Vedrutugevus ei vasta nõuetele, kui klemm ei suuda ülesse tõsta väiksemat kaliibrit. See tähendab, et juhul, kui väiksem kaliiber ei püsi otsas, libiseb ja kukub ära, siis võib lugeda, et vedrutugevus jääb nõrgaks ning ei vasta nõuetele. Teisalt, kui klemm tõstab ülesse suurema ja raskema kaliibri, siis võib lugeda, et vedrutugevus on liiga tugev ning klemm ei vasta samuti nõuetele. Kontrollimiseks asetatakse või lükatakse klemm kaliibrile ning tõstetakse sujuvalt ülesse. Ülestõstetava kaliibri raskus määrab ning näitab vedrutugevuse.

Kaliibrите joonised leiab lisade 11 ja 12 alt. Kaliibrите erinevusteks on nende kaal, kaliibri nimimõõde ning piirhälbed, samuti pinnakaredus. Kaliibrите erinevused on väljatoodud alljärgnevas tabelis Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kaliibrите erinevused

Nimetus	Tähis	Kaal, g	Nimimõõde ja piirhälbed, mm	Pinnakaredus, Ra
Väike	81813-05	305	$4.8 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \end{smallmatrix}$	0.8
Suur	81813-04	1275	$5.0 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.01 \end{smallmatrix}$	0.25

Tabelis 2.1. väljatoodud nimimõõded ja piirhälbed annavad kaliibrитеle läbimõõdu vahemiku. Väiksema kaliibri vähim piirmõõde võib olla 4.79 mm ning suurim piirmõõde 4.8 mm. Suurema kaliibri mõõtmeteks võivad olla 4.99 kuni 5.0 mm. Arvestades, et ka pinnakaredus võib olla kaliibrитеl erinev, mida näitab tabel 2.1., kus väiksemal kaliibril võib pinnakaredus Ra olla 0.8

ning vastavalt suuremal kaliibril võib pinnakaredus Ra olla 0.25. Kaliibrite erinevusi ning näitajaid tuleb arvestada uue lahenduse loomisel, kuna vedrutugevuse määramisel mängivad kaliibrite mõõtmed ja nende pinnakaredused teatavat rolli. Vedrutugevuse mõõtmisel avaldavad kaliibrite mõõtmed ja pinnakaredus erinevat mõju ning vastavalt võivad mõõtmistulemused olla erinevad või isegi ebatäpsed.

Vedrutugevuse kontrollimine toimus senini käsitsi, kuid, et viia tegevus rõngapaigaldusmasina kanda, tuleks tutvuda probleemiga lähemalt. Seoses sellega, et masinale ei saa rakendada meetodit, kus klemm tõstab kontrollitavat kaliibrit, tuleks rakendada vastupidist tegevust. Sellest järeldeb, et klemmid on asetatud masina poolt pöörleval alusel olevatele pakkudele. Nüüd on võimalik rakendada meetodit, kus kaliiber lükatakse klemmile ja tõmmatakse välja. Klemmide asetsemisel pöörleval alusel vertikaalselt on mõistlik ka kaliibri liikumine viia vertikaalsele ülesse-alla liikumisele.

Hinnates jõudude suurusjärku, mis kulub kontrollimisel kaliibri liikumisel klemmi sisse ja välja, tuleb arvutada hetkel ettevõttes kasutusel olevate kaliibrite raskusjõud. Kaliibrite poolt tekkivad raskusjõud on arvatud peatükis 3.2.

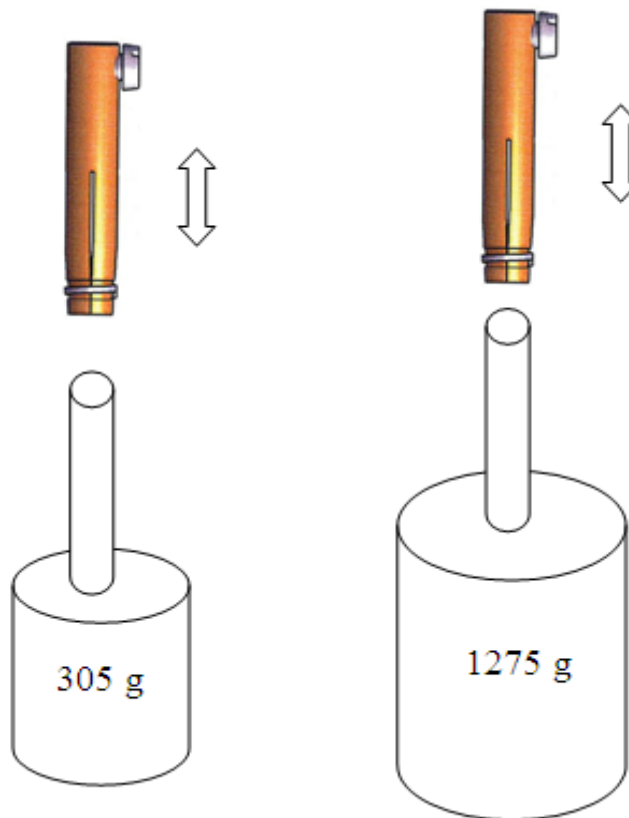
3. VEDRUTUGEVUSE MÄÄRAMINE

3.1 Raskusjõu määramise teoreetilised alused

Käesolevas töös mõõdetava elektriklemmi vedrurõnga tugevuse saamiseks või selle määramiseks on vaja mõõta kaliibri vertikaalsel liikumisel esinevaid jõude. Jõudude määramisel tuleb pigem tähelepanu pöörata jõule, mis esineb kaliibri eemaldumisel klemmist ehk kaliibri raskusjõu mõju. Vedrutugevuse kontrollimisel esineb kaks jõudu. Üks jõududest esineb klemmi lükkamisel kaliibri otsa. Sellisel liikumisel esineva jõu võib vaatluse alt kõrvale jätta, kuna see ei määra nii täpselt klemmil oleva vedrurõnga tugevust. Tähelepanu langeb kaliibri liikumisel klemmist välja esineva hõõrdetakistuse poolt tekkinud jõule, kus hõõrdetakistuse määrab omakorda pindade pinnakaredus ning klemmile paigaldatud vedrutugevus. Suurem huvi on ikkagi üldise jõu vastu, mis esineb kaliibri eemaldumisel klemmist.

Meetodeid raskusjõu mõõtmiseks võibolla mitmeid. Ettevõttes kasutusel olev meetod, kus klemmi poolt ülesse tõstetava kaliibri raskus määrab vedrutugevuse on kujutatud joonisel 3.1.1. Meetodi eesmärgiks oli operaatori poolt asetada klemm kaliibrile ning seejärel klemm koos kaliibriga ülesse tõsta. Kasutusel oli kaks kaliibrit. Ühte klemmi kontrolliti mõlema kaliibriga.

Väiksema kaliibri otsast ära kukkudes võis vedrutugevuse nõrgaks lugeda. Juhul, kui klemm suutis ülesse tõsta suurema kaliibri, siis võis lugeda vedrutugevust liiga tugevaks. Normaalne vedrutugevus jäi vahemikku, kus klemm tõstis ülesse väiksema ning lasi lahti suurema kaliibri.



Sele 3.1.1 Klemmi vedrutugevuse kontrollimine kaliibritega

Sarnaselt joonisele 3.1 võib raskusjõu määramiseks kasutada meetodit, kus klemm asetseb paigal ja raskustega kaalumise põhimõttel saadakse mõõta klemmi vedrutugevust.

Näitena võib lisada, et veel üks võimalus vedrutugevuse mõõtmiseks on kasutada ka margapuu tüüpi kaalumisseadeldist. Praktikas võib muidugi osutuda vajalikuks kasutada kombineeritud mõõtmise meetodeid.

3.2 Kaliibrite raskusjõu määramine

Väiksema kaliibri poolt mõjuva raskusjõu arvutamiseks kasutab autor valemit 3.1. Valem põhineb Newtoni teisel seadusel, mille kohaselt jõud on võrdeline massi ja kiirenduse korrutisena. Kuna ideaalne olek klemmi vedrutugevuse määramisel on paigalseisev kaliiber koos klemmiga, millele ei rakendu ülesse tõstmisel jõude ega muid kiirendavaid nähtusi, siis valemis 3.1 raskuskiirenduseks g on valitud $9,81 \text{ m/s}^2$ [1].

$$F = m \cdot g \quad (3.1)$$

Kus F – jõud, N;

m – keha mass, kg;

g – raskuskiirendus $9,81 \text{ m/s}^2$

Selles töös on vastavalt eelnevale väiksema kaliibri raskuseks 305 g , mis on märgitud tabelis 2.1. Lisades arvud valemisse 3.1, saame väiksema kaliibri poolt mõjuva raskuse jõuks 3 N .

$$F = 0.305 \cdot 9.8 = 2.989 \approx 3 \text{ N} \quad (3.2)$$

Sarnaselt väiksema kaliibri raskusjõu arvutamisele on võimalik kasutada valemit 3.1 suurema, ühtlasi ka raskema kaliibri raskusjõu arvutamiseks. Suurema kaliibri raskuseks on 1275 g , mis on välja toodud tabelis 2.1. Sisestades andmed valemisse 3.1, saame suurema kaliibri poolt mõjuva raskuse jõuks valemi 3.3 järgi 12.5 N .

$$F = 1.275 \cdot 9.8 = 12.495 \approx 12.5 \text{ N} \quad (3.3)$$

3.3 Vedrutugevuse mõõtmistulemuste analüüs

Vedrutugevuse kontrollil saadud tulemuse või näidu korral tuleb arvestada järgnevate asjaoludega:

- Vedrurõnga puudumine ehk nullnäit
- Vedrutugevuse näidu võrdlemine minimaalse lubatuga

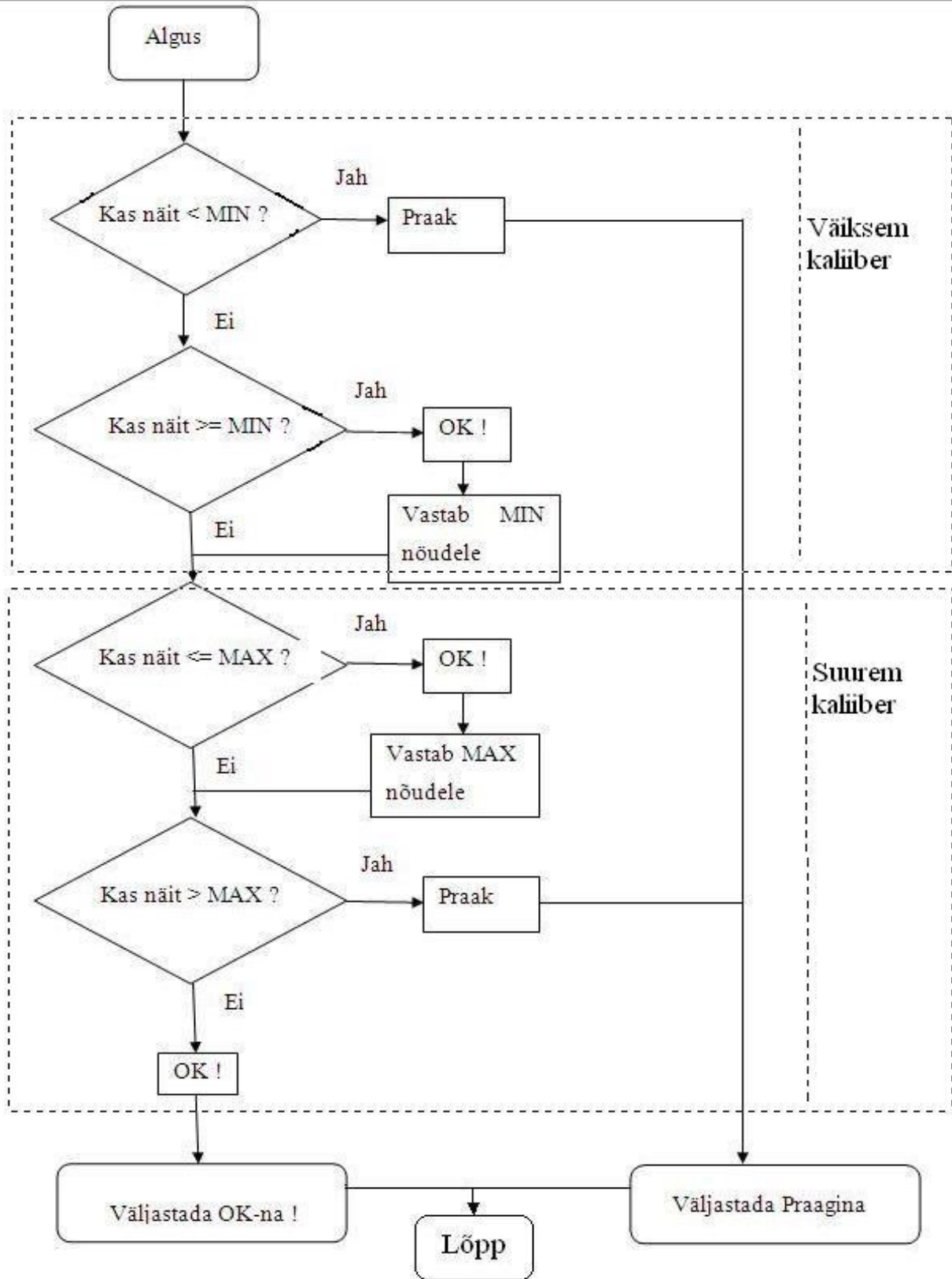
- Vedrutugevuse näidu võrdlemine maksimaalse lubatuga

Vedrutugevuse mõõtmise käigus saadud tulemuse põhjal tuleb langetada otsus, kas kontrollitud klemmi vedrutugevus vastab nõuetele või mitte ning vastavalt väljastada masinast kas praagina või korraliku detailina. Eelnevalt peatükis 3.2 arvatud minimaalse ja maksimaalse raskusjõu näitajate järgi tuleks valida lahendus, mis on võimeline mõõtma esinevaid jõude vahemikus 3 N kuni 15 N või samas reageerima raskustele vahemikus 305 g kuni 1275 g ning sellega määratlema klemmi vedrutugevuse.

Vedrutugevuse mõõtmisel saadud tulemuste põhjal tuleb langetada otsus detaili käsitlemise üle kas praagina või korralikuna. Otsuse langetamise võib kirjeldada plokk skeemina, mis on välja toodud joonisel Sele 3.3.1.

Joonisel Sele 3.3.1 kujutatud MIN ja MAX tähistavad minimaalset ja maksimaalset vedrutugevuse näitajat, millega seatakse piir korraliku ja kehva klemmi vahel. Minimaalne näit MIN on eelnevate katsetustega seatud alumine piirmäär, millest kontrollitava klemmi vedrutugevus ei tohi olla nõrgem. Maksimaalne näit MAX on eelnevate katsetuste teel seatud ülemine piirmäär, millest kontrollitava klemmi vedrutugevus ei tohi olla suurem. Kontrollitava klemmi vedrutugevus peaks mõõtmise käigus jääma minimaalse ja maksimaalse näitaja vahele, mille tulemusena loetakse klemmi vedrutugevus normaalseks, vastasel korral aga mitte ning klemm loetakse praagiks.

Plokk skeemil Sele 3.3.1 on mõtteliselt jaotatud kaheks osaks. Üks osa iseloomustab väiksema kaliibriga mõõdetud tulemuse võrdlemist lubatuga. Teine osa iseloomustab suurema kaliibriga kontrollimise käigus saadud tulemuse võrdlemist lubatuga.



Sele 3.3.1 Plokk skeem

4. LAHENDUSED JA KOMPONENDID

4.1 Komponentide valik

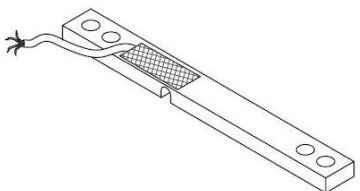
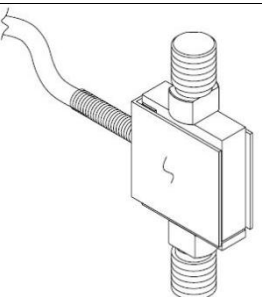
Üks võimalikest lahendustest oleks senise vedru olemasolu kontrolliva tööjaama nr. 5 (vt. Lisa 16, punase joonega tähistatult) asemele paigutada kaks tööjaama, mida kontrollitakse ühtse süsteemina masina poolt. Ühe tööjaama ülesandeks oleks kontrollida vedrutugevuse väikseimat tugevust ja teise ülesandeks oleks kontrollida suurimat tugevust. Vastavalt seatud tingimustele, siis masin otsustab, kas klemm läheb praagi alla või mitte. Juhul, kui üks seadmetest tuvastab, et vedrutugevus ei vasta ootustele, siis langetatakse masina poolt otsus ka klemmi kuuluvuse üle praagiks.

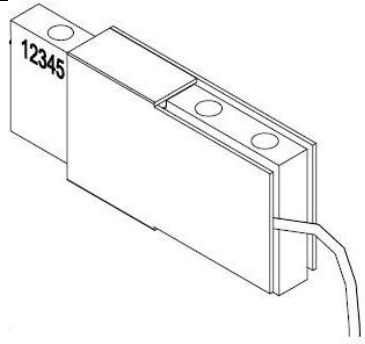
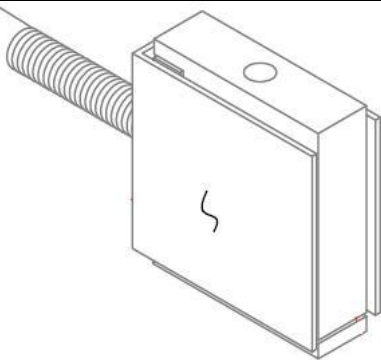
Lahenduse, kus on kasutusel kaks tööjaama, valiku tegemisel sai määravaks vedrutugevuse mõõtmisel vajadus kahe kaliibri järele. Ühe kaliibriga tööjaama või seadme poolt mõõdetud vedrutugevuse näit ei anna päris täpset tulemust. Klemmile paigaldatud vedrurõnga minimaalse vedrutugevuse näidu saamiseks tuleb kasutada kaliibrit ettenähtud nimimõõdu ja piirhälvetega. Väiksemate mõõtmatega kaliibri kasutamisel venib vedrurõngas vähem, millega väheneb ühtlasi ka vedrutugevus. Suuremate mõõtmatega kaliibri kasutamisel suureneb vedrutugevuse mõõtmisel saadud näit. Ei ole hea kasutada suurema mõõtmelist kaliibrit vedrutugevuse minimaalsete näitajate tuvastamisel, kuna tulemus ei ole asjakohane. Sama kehtib vastupidise juhtumi korral, kui kasutada väiksemate mõõtmatega kaliibrit vedrutugevuse maksimaalsete näitajate tuvastamisel. Minimaalse vedrutugevuse näitaja saamiseks tuleb kasutada väiksemat kaliibrit ning vedrutugevuse suurima näitaja jaoks tuleb kasutada suuremat kaliibrit. Vastavalt sellistele asjaoludele on lahenduse loomisel kasutusele võetud kaks kaliibrit. Vastavalt sellele on kasutusele võetud kaks tööjaama. Igale tööjaamale kuulub vastav kaliiber. Kaliibrite joonised koos mõõtmatega on väljatoodud lisadena. Lisa 1 alt on leitav väiksema kaliibri joonis ja lisa 2 alt on leitav suurema kaliibri joonis.

4.2 Jõuanduri valik

Klemmidele paigaldatud vedrurõnga tugevuse või jõu hindamiseks on võimalik kasutada jõuandurit (ingl. *load cell*). Jõuandurit võib mõista kui ka koormusandurina või inglise keelest otse tõlkena koormusrakuna. Üks võimalikest variantidest on valida tootja Futek jõu andureid. Andureid on mitmetes suurustes ja erinevate mõõtmetega ning võimelised mõõtma ka erinevas suurusjärgus jõude. Arvestades, et vedrutugevuse kontrollil esinevad jõud jäävad suurusjärku 12 N või raskustena arvestatuna kuni 2 kg, siis saab jõuanduri suurusjärgu või mõõtmisvahemiku järgi valida sobiliku anduri. Futek koduleheküljel on võimalik valida soovitava anduri suurusjärgu, võimekuse või mahtuvuse (ingl. *capacity*) alusel. Anduri suurusjärguks võib lugeda anduri suutlikust mõõta või registreerida jõu või raskuse vahemikke. Näiteks kas andur suudab mõõta raskuseid vahemikus 0 kuni 1 kg või 1 kuni 2 tonni. Futek kodulehel otsides andureid suurusjärgu 5 lb (22.24 N) alusel osutuvad valituks neli andurit, mis on väljatoodud tabelis 4.1.1.

Tabel 4.1.1 Jõuandurite valik suurusjärgus 22 N

	Mudel	Nr.	Nimetus inglise keeles	Juhtmestiku kood	Illustratiivne joonis
1.	LBB200	FSH00891	<i>Cantilever bending beam</i>	WC3	
2.	LRM200	FSH01673	<i>S-beam with male threads</i>	WC1	

3.	LSM400	FSH00980	<i>Mini beam</i>	WC1	
4.	LSB200	FSH00103	<i>S-beam Junior</i>	WC1	

Tabelis 4.1.1 väljatoodud anduritest langevad välja kaks esimest jõuandurit. Mudel LBB200 suudab taluda ainult ühepoolsete jõudude rakendumist. Mudel LRM200 omab keermetstud kinnituspolte, mis viib lisa kinnitusvahendite vajaduseni ning ühtlasi viib seadme koostamisel mõõtmed suuremaks.

Andur LSM400 oma olemuselt sobib, kuid ehituselt ei saa seda koostamisel rakendada kaliibri ja silindri vahele. Andur LSM400 oma ehituselt on mõeldud töötama paindele ning sellest tulenevalt võimalik rakendada olukorras, kus kinnitub liikumatule alusele. Illustratiivne joonis lahendusest, kus vedrutugevuse mõõtmisel on kasutatud LSM400 andurit, on toodud välja Lisadena lisa 13 all. Sellise lahenduse miinuspooleks võib lugeda võrdlemisi pikka jõuõlga, mille moodustavad kaliiber ühendatuna silindriga. Kaliibri liikumisel klemmi sisse võivad jõuõla tõttu mõjuda väänavad jõud andurile, mis võivad andurit kahjustada.

Anduritest kõige sobilikumaks osutub tabelis 4.1.1 viimase ehk neljanda andurina väljatoodud mudel LSB200. Andur on väikeste mõõtmetega ning s-tähe kujulisele struktuurile võimeline mõõtma nii tõmbel kui ka kokkusurumisel esinevaid jõude. Antud lõputöös piisab tõmbejõudude

mõõtmisest, kuid valmisolek ning võimalus andurit kasutada ka kokkusurumisel tekkivate jõudede mõõtmisel annab eelise ja ka võimaluse mõõta seadme edaspidistes arendustes kokkusurumisel esinevaid jõudude. LSB200 võimaldab oma ehituselt kinnitada seda kaliibri ja silindri vahele, viies sellega andurile mõjuva jõuõla väiksemaks. Andur LSB200 on välja toodud lõpliku lahenduse koostejoonisel, mis on leitav lisa 10 alt.

4.3 Silindrite valik

Vedrutugevuse kontrollseade töötab kahe silindri abil. Ühe silindri ülesandeks on liigutada kaliibrit mõõdetava klemmi suhtes vertikaalselt ülesse ja alla. Teise silindri ülesandeks on liigutada horisontaalselt juhikut, mille otsas paiknev rakis takistab klemmi liikumist kaliibriga kaasa.

Vedrutugevuse kontrollseadme vertikaalselt asetseva silindri nr.3 (vt. Sele 5.1.) valikul sai määravaks selle kinnitamine aluse külge. ADN tüüpi silinder võimaldab kinnitada nelja poldiga vertikaalselt aluse külge. Silinder ning selle andmed on kättesaadaval Festo kodulehelt leitava tootekataloogist [3]. Illustreeriv pilt ADN silindrist on leitav Sele 4.3.1. a) osa alt. Silindri valimisel määravateks osutunud parameetrid on koondatud tabelisse 4.3.1, mille viimase tulba alusel on koostatud silindri tellimiseks vajalik kood. Koodiks on ADN-12-40-A-P-A-Q.

Tabel 4.3.1 Silindri parameetrid

Parameeter	Selgitus	Tähis
Funktsioon	Mõlema poolne (ingl. double-acting)	
Tüüp	ADN	ADN
Versioon	Mitte pöörleva kandilise kolvi varrega	Q
Kolvi diameeter (mm)	12	12
Kolvivarre keere	Väliskeere M5x0.8	A
Käigu pikkus (mm)	40	40
Positioneerimine	Anduriga (ingl. proximity sensor)	A
Amortisatsioon	Pehmendusrõngad mõlemas otsas	P



a)



b)

Sele 4.3.1 Silinder ADN – a) ja silinder DSNU – b) [3]

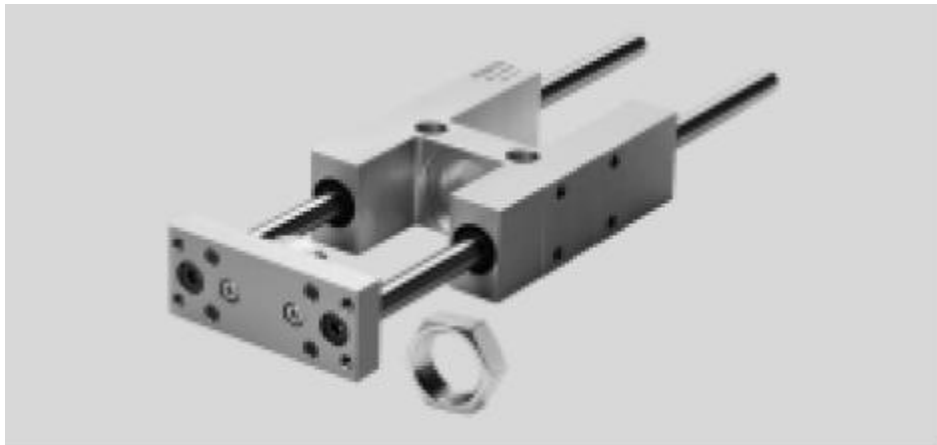
Vedrutugevuse kontrollseadme horisontaalselt asetseva silindri nr. 4 (vt. Sele 5.1.) valikul sai määravaks selle kinnitus juhiku kaudu alusele (vt. Lisa 10). Algselt oli eesmärgiks kasutada ühepoolse (tõmbele töötava) funktsiooniga AEN tüüpi silindrit, mille vars on algselt välja lükatud asendis. Paraku Festo juhikute kataloog [2] ei paku juhikuid ADN/AEN tüüpi silindritele. Samuti ei leidu ESN tüüpi silindrite hulgast [2] ühepoolse funktsiooniga tõmbele töötavat silindrit, mille tõttu langes valik DSN tüüpi silindri kasuks. DSN tüüpi silinder sobib kokku FEN tüüpi juhikuga. Juhiku valik on väljatoodud järgnevas peatükis 4.4. Silindri valikut mõjutanud parameetrid on välja toodud tabelis 4.3.2. Tabelis väljatoodud parameetrite alusel sobilik silinder oleks koodiga 19184 ja tähisega DSNU-10-25-P-A. Silindri DSNU illustratsioon on esitatud Sele 4.3.1 b) osana.

Tabel 4.3.2 Silindri DSNU parameetrid

Parameeter	Selgitus	Tähis
Funktsioon	Mõlema poolne (ingl. double-acting)	
Tüüp	DSNU	DSNU
Versioon	Baas (ingl. basic)	
Kolvi diameeter (mm)	10	10
Kolvivarre keere	Väliskeere M4x0.7	
Käigu pikkus (mm)	25	25
Positioneerimine	Anduriga (ingl. proximity sensor)	A
Amortisatsioon	Pehmendusrõngad mõlemas otsas	P

4.4 Juhiku valik

Juhiku valimisel lähtus autor Festo koduleheküljelt leitava tootekataloogist ning tootekataloogis väljatoodud andmetest. Sobilikuks juhikuks osutus FEN tüüpi juhik toote numbriga 35197 [2]. Juhiku andmed on esitatud tabelis 4.4.1, mõõtmed on väljatoodud Sele 4.4.2 ning illustratiivne joonis on väljatoodud joonisel Sele 4.4.1.



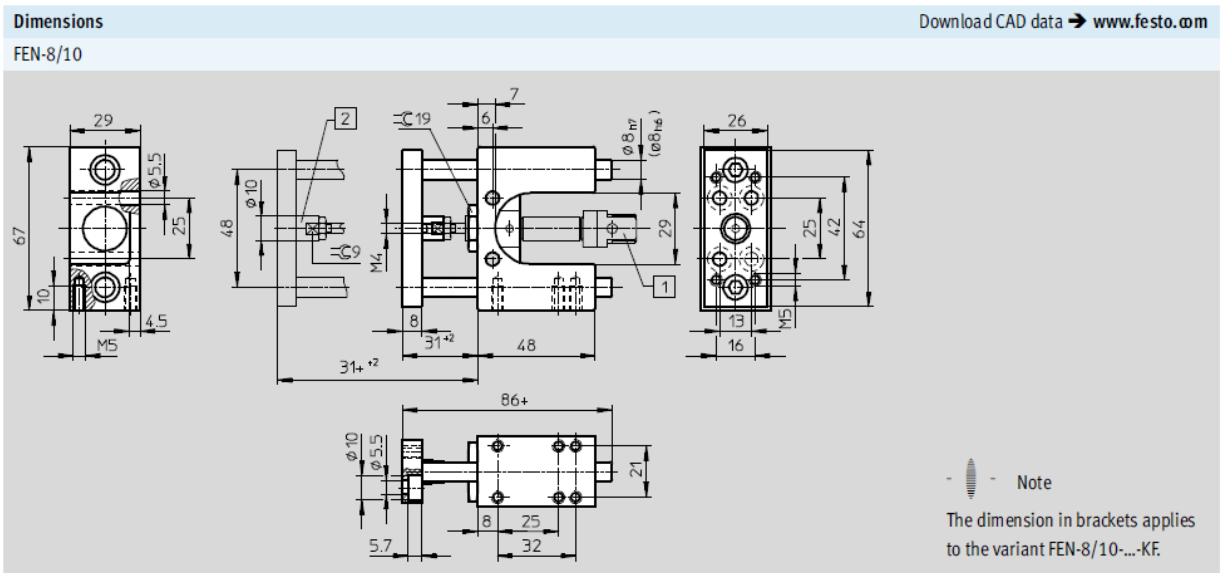
Sele 4.4.1. FEN tüüpi juhik [2]

FEN tüüpi juhik on ettenähtud DSN või DSNU silindritele. Silindritele DNC/DSBC/DSBG/DNG on sobilik kasutada FENG tüüpi juhikut [2]. Tootekataloogis [2] esitatud andmete põhjal langeb valik FEN-8/10-25-KF juhikule koodiga 35197. Juhik on sobilik 8 kuni 10 mm kolvi diameetriga silindritele. Juhiku käigupikkus võib jääda vahemikku 25 kuni 50 mm, sest juhiku tegeliku käigu määrab siiski kasutatava silindri käigupikkus, milleks on 25 mm. Juhiku laagri valikus on võimalik valida kas liuge- või kuullaagri vahel. Valitud juhik töötab kuullaagritel, mida näitab tähis KF.

Guide units FEN/FENG for standard cylinders

Technical data

FESTO



Sele 4.4.2 FEN juhiku mõõtmed [2]

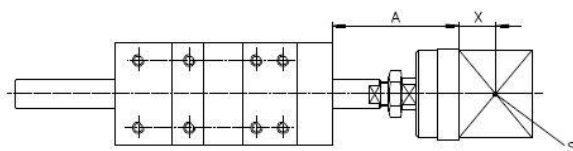
Juhiku valimisel on arvestatud tootekataloogis väljatoodud graafiku (vt. Sele 4.4.3) alusel juhiku tugevust raskuskeskme poolt mõjuvatele jõududele. Selet 4.4.3 välja toodud andmete põhjal tuleb arvestada kaugust juhiku (vt. Sele 5.1 nr.5) äärest rakise (vt. Sele 5.1 nr. 6) otsani, mille kohaselt võib antud seadme korral võtta raskuskeskme kauguseks 33 kuni 48 mm. Täpset raskuskeskme asukohta on raske hinnata, kui võtta aluseks suurim mõõde, milleks on 48 mm, siis sellisel juhul suudab antud juhik Selet 4.4.3 parempoolse graafiku kohaselt taluda maksimaalseid mõjuvaid jõude vahemikus 60 kuni 65 N. Selet 4.4.3 vasakul paiknev graafik iseloomustab liugelaagritel töötava juhiku koormuse taluvust vastavalt raskuskeskme kaugusele juhiku äärest ning paremal asuv graafik iseloomustab kuullaagritel töötava juhiku koormuse taluvust raskuskeskme kaugusele juhiku äärest.

Guide units FEN/FENG for standard cylinders

Technical data

FESTO

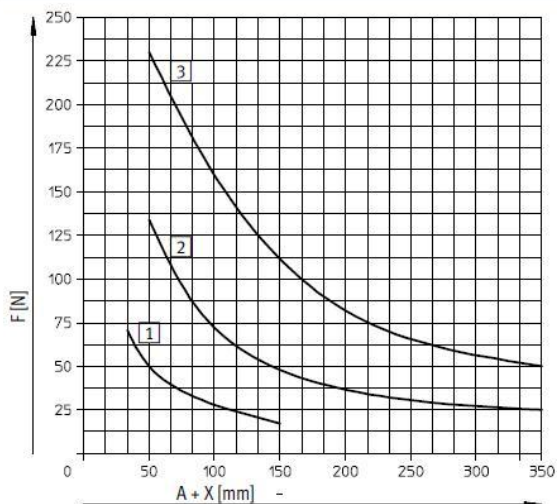
Max. working load F as a function of projection A



- A = Projection
- X = Distance to centre of gravity of working load
- S = Centre of gravity of working load

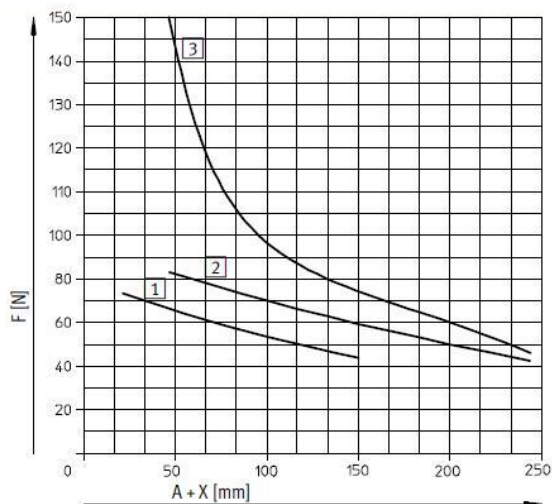
FEN-8 ... 25

with plain-bearing guide



- 1 Ø 8/10
- 2 Ø 12/16
- 3 Ø 20/25

with recirculating ball bearing guide



Sele 4.4.3 FEN juhiku koormuse graafik [2]

Peatükis 3.2 välja toodud valemi 3.1 alusel on võimalik rehkendada mõjuvad jõud tagasi kilogrammideks. Kui jätta raskuskiirendused kõrvale, jääb otsitavaks mass, mille kohaselt tuleb valem kujul 4.1.

$$m = \frac{F}{g} \quad (4.1)$$

Kus F – jõud, N;

m – keha mass, kg;

g – raskuskiirendus $9,81 \text{ m/s}^2$

Asendades tähised arvudega, ning võtta $F=60 \text{ N}$, arvutub tulemuseks.

$$m = 60/9,81 = 6,12 \text{ kg}$$

Kui võtta $F=65 \text{ N}$, siis

$$m = 65/9,81 = 6,62 \text{ kg}$$

Mõlemal juhul jääb tulemus 6 kg lähedale, mis on kolm korda enam kui algselt ettenähtud. Juhik oma tugevuselt vastab antud seadme juures raskuskeskme poolt mõjuvatele jõududele.

Tabel 4.4.1 Juhiku FEN andmed [2]

Nimetus	Silindri kolvi diameeter (mm)	Sobiv silinder	Käigu pikkus (mm)	Algne kaal (g)	Kaal 25 mm käigu korral (g)
FEN	8/10	DSN/DSNU	1...250	332	357

4.5 Muud komponendid

Selles peatükis kirjeldan vedrutugevuse kontrollseadme juures kasutatavaid ülejäänuid komponente. Esmalt kirjeldan suuremaid detaile ning viimati toon välja seadme koostamisel kasutatud poltliidete standardseid tooteid.

Vedrutugevuse kontrollseadme alusplaadiks on võetud lattraud mõõtmetega 90 mm lai, 12 mm kõrge ja pikkuseks 130 mm. Alusplaadi keskele risti asetsevalt on keevitatud ruudukujuline toru mõõtmetega 30 mm küljepikkuseks, üldpikkusega 290,71 mm ning seinapaksusega 2 mm. Ruudukujulise toru otsa on keevitatud lattraud mõõtmetega 30 mm lai, 4 mm kõrge ja 115 mm pikk. Lattraua peale on omakorda keevitatud ristiasetsevalt teine lattraud mõõtmetega 20 mm lai, 115 mm pikk ning 3 mm kõrge. Ruudukujulise toru keskosa külge on keevitatud kaks kolmnurkrauda (Ruukki ebavõrdsed nurgad) märgistusega L 40/20x2x70, mille üks külge on 40 mm, teine külge 20 mm, seinapaksusega 2 mm ning üldpikkusega 70 mm. Kahe kolmnurkraua

vahele kinnitub laagritel liikuv juhik FEN. Juhik kinnitub kaheksa M5x0.8 poldiga kolmnurkraudade külge.

Juhiku liikuva osa külge kinnitub nelja M5x0.8 poldiga hoidik (rakis), mille eesmärgiks takistada klemmi liikumist kaliibri eemaldumisel klemmist. Hoidik on koostatud erinevatest lattraudadest ning koosneb kahest osast. Hoidiku osad on omavahel ühendatud nelja M4x0.7 poldiga.

Anduri LSB200 (vt. Sele 5.1 nr. 8) ühendamiseks ADN silindriga (vt. Sele 5.1 nr. 3) on loodud spetsiaalne üleminek (vt. Sele 5.1 nr. 7), mille tehniline joonis ja andmed on leitavad Lisa 14 alt.

Parema ülevaate saamiseks on komponendid koondatud tabelisse 4.5.1.

Tabel 4.5.1. Kontrollseadme komponendid

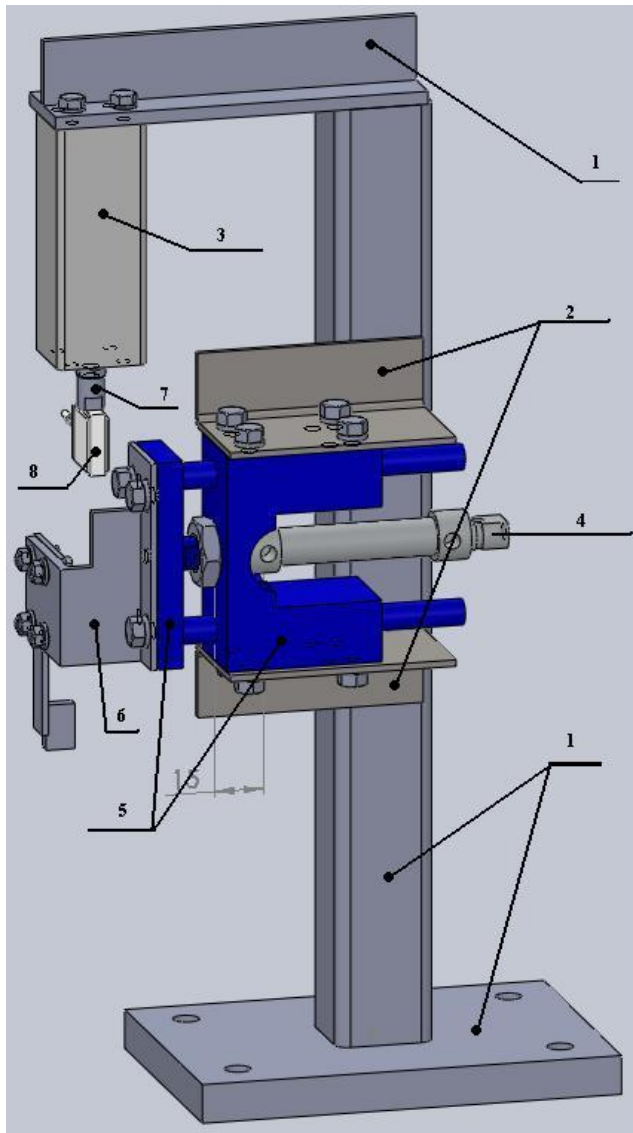
Nimetus	Mõõtmed (mm)				Hulk
	Laius	Kõrgus	Üldpikkus	Seinapaksus	
Alusplaat	90	12	130		1
Ruudukujuline toru	30			2	1
Ebavõrdsed nurgad	40/20		70		2
Lattraud 20x3	20	3	115		1
Lattraud 30x4	30	4	115		1
Standardsed tooted					
Polt M5x0.8					12
Polt M4x0.7					8
Mutter M5					5
Mutter M4					4
Seib 5					12
Seib 4					8

5. VEDRUTUGEVUSE KONTROLLSEADE JA TÖÖPÕHIMÕTE

Vedrutugevuse kontrollseade koosneb kahest pneumosilindrist, mis on kinnitatud jaama alusele (vt. Sele 5.1 nr. 1). Ühe silindri, milleks on ADN tüüpi silinder joonisel Sele 5.1 tähistatud nr. , ülesandeks on liigutada kaliibrit vertikaalselt ülesse ja alla. Silindri käigupikkus on 40 mm. Silindri varre külge on kinnitatud jõuandur LSB200 (vt. Sele 5.1 nr.8). Jõuanduri külge on omakorda kinnitand vahetükiga (vt. Sele 5.1 nr.7) kaliiber. Jõuandur mõõdab kaliibri klemmist välja liikumisel esineva jõu suurust.

Teiseks silindriks on valitud DSNU tüüpi silinder (vt. Sele 5.1 nr.4). Teise silindri ülesandeks on liigutada horisontaalselt seadeldist, mille eesmärgiks on takistada klemmi kaasa liikumist välja tõmmatava kaliibriga. Silinder kinnitub kahe osalise juhikule (vt. Sele 5.1 nr.5), mis omakorda kinnitub kahe kolmnurkraua (vt. Sele 5.1 nr.2) kaudu jaama alusele. Juhiku eesmärgiks on vähendada silindri varrele mõjuvaid põikjõude. Juhik koosneb kahest osast. Juhiku ühe osa külge kinnitub hoidik (rakis) (vt. Sele 5.1 nr.6), mis takistab klemmi liikumist kaliibriga kaasa ning teise osa külge kinnitub silinder nr. 4 Sele.5.1. Juhik koosneb kahest osast, mis liiguvad üksteise suhtes kahel vardal. Vardad kinnituvad juhiku ühe osa külge ning toetuvad juhiku teise osa laagritele. Laagrid võimaldavad lineaarset liikumist. Juhiku käigu määrab nr.4 (Sele 5.1) silindri käigu pikkus, milleks on 25 mm. Algasendis on silinder välja lükatud kolvivarrega.

Algselt on silinder nr. 3 Sele 5.1 asendis, kus kolvivar on silindri sees ehk sisse tõmmatud kolvivarrega ning silinder nr. 4 Sele 5.1 on väljalükatud kolvivarrega asendis. Silinder nr. 4 liigub lõppasendisse (kolvivar väljas), millega lükkab ühtlasi kaliiri klemmi sisse. Seejärel liigub silinder nr. 4 lõppasendisse (sisse tõmmatud kolvivarrega), millega liigutab hoidiku klemmi kruvi kohale. Kui silinder nr. 4 on lõppasendisse jõudnud alustab silinder nr. 3 Sele 5.1 tagasi liikumist algasendisse, mille ajal registreerib jõuandur nr. 8 Sele 5.1 klemmi vedrutugevuse kaliibri kinni hoidmisel. Kui silindri nr. 3 Sele 5.1 kolb on jõudnud algasendisse, alustab silinder nr. 4 kolb teekonda algasendisse. Kui mõlemad silindrid on liikunud algasenditesse, võib protsessi uuesti alustada.



- 1 - Jaama alus
- 2 - Kolmnurkraud
- 3 - Silinder ADN
- 4 - Silinder DSNU
- 5 - Juhik FEN
- 6 - Hoidik (Rakis)
- 7 - Uleminek M5 to M3
- 8 - Andur LSB200

Sele 5.1 Vedrutugevuse kontrollseade

Vedrutugevuse kontrollseadme koostejoonis on leitav Lisa 10 alt. Tehniliste jooniste loomisel on autor lähtunud kasutatud kirjanduse all väljatoodud allikates [8] ja [9] tehnilistele joonistele esitatavatest nõuetest.

6. JÕUANDUR JA ELEKTROONIKA

Antud peatükis käsitletakse elektroonika all jõuanduri olemust, tööpõhimõtet ning ühendusviisi. Käsitletavaks jõuanduriks on Futeki mudel LSB200. Käesoleva lõputöö raames ei ole käsitletud seadme täielikku juhtimissüsteemi ega selle ühildamist ettevõttes kasutatava rõngapaigaldusmasinaga.

Vedrutugevuse kontrollseadme juures kasutatav jõuandur (ingl. *load cell*) LSB200 oma olemuselt kujutab muundurit, mis konverteerib füüsilise jõu elektriliseks signaaliks. Andurile rakenduv jõud mõjutab või moonutab anduri sees koormusele tundlikku osa. Tundlik osa koosneb elektrit juhtivatest radadest, mille paindumisel või moonumisel selle takistus kas suureneb või väheneb. Vastavalt on jõuandureid, mis töötavad kas ühepoolsele jõule või kahepoolsele ehk suudavad reageerida nii tõmbele kui suruvale jõule. Tundliku osa elektrirajad omavad kindlat takistust. Kui elektrirajad koormuse mõjul paksenevad või lühenevad, siis nende takistus väheneb. Kui elektrirajad koormuse mõjul ahenevad, muutuvad kitsamaks, siis nende takistus suureneb. Takistuse muut mõõdetakse Wheatstone silla (ingl. *Wheatstone bridge*) abil.

Takistuse muut mõjutab omakorda väljundpinget, milleks on tavaliselt millivolt (mV) [7]. Koormuse rakendumisel jõuanduri väljundpinges tekkinud väikest muutust on võimalik mõõta ja digitaliseerida. Sageli võimendatakse (ingl. *amplification* - võimendus) väljundpinge suurema amplituudiga 0 kuni 5 volti või 0 kuni 10 volti väljundpingeni. Võimendatud väljundpinge tagab täpsema ja selgema signaali [7].

Wheatstone silla elektriskeem on väljatoodud joonisel Sele 6.1. [5]. Wheatstone sild koosneb neljast takistist ühendatuna ergutuspingega (ingl. *excitation voltage*) V_{EX} (vt. Sele 6.1). Algselt on silla pinge tasakaalus (ingl. *balanced*) ning väljundpinge V_0 on valemi 6.1. kohaselt null volti. Juhul kui mõne takistuse suurus peaks muutuma, liigub paigast silla tasakaal ning muutub ka väljundpinge V_0 näit [4].

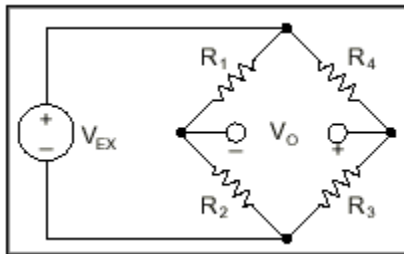
$$V_0 = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_{EX} \quad (6.1)$$

Kus V_0 – väljundpinge,

V_{EX} – ergutuspinge,

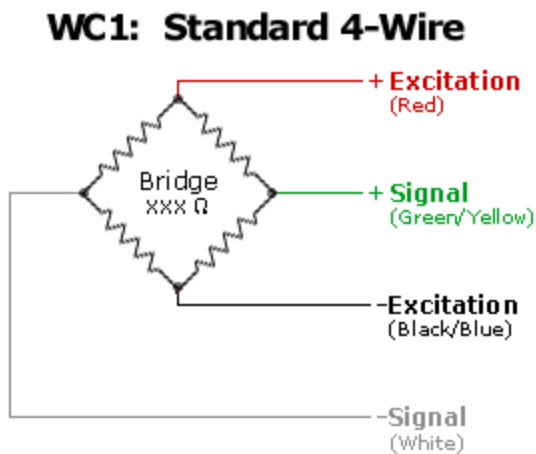
R_1, R_2, R_3, R_4 – takistid

Jõuandurile koormuse rakendumisel muutuvad anduri sees olevate takistite väärtused, millega liitatakse paigast Wheatstone silla tasakaal ning saadakse muutus väljundpinges. Väljundpinge võibolla millivoltides.



Sele 6.1. Wheatstone silla elektriskeem [4]

Jõuanduri LSB200 juhtmestiku koodi WC1 (vt. Tabel 4.1.1) kohaselt näeks juhtmestiku skeem välja joonisel Sele 6.2. tooduga.



Sele 6.2. Juhtmestiku kood WC1 skeem [6]

7. VEDRUTUGEVUSE KONTROLLSEADME OHUTUS

Ohutusega seoses võib rõngapaigaldusmasina juures käsitleda kahte peamist valdkonda. Üheks valdkonnaks oleks ohutus töötava masina ning seda ümbritseva keskkonna vahel. Teiseks ohutuslaseks valdkonnaks võib pidada masina enda ning tööjaamade talitlust.

Vedrutugevuse kontrollseadme loomisel arvestas autor asjaoluga, et vedrutugevuse kontrollseadme asukohaks saab olema rõngapaigaldusmasin, mille töökeskkond on eraldatud kaitsekupliga muust ümbritsevast keskkonnast. Kaitsekuppel asetseb rõngapaigaldusmasina peal, eraldades sellega töötavate tööjaamade ning nende liikuvate osade poolt tekkiva ohu lähedalolevale keskkonnale. Kuppel on pneumosilindri abil liigutatav, mis tagab masinale juurdepääsu selle rikke või hoolduse korral.

Rõngapaigaldusmasina ohutu töötamise peaks tagama masina juhtsüsteem. Tähelepanu tuleks pöörata rikestest või muudest asjaoludest tingitud sündmustele, mille tulmusena võib tekkida rõngapaigaldusmasinale ulatuslikum kahju. Rikete või muude masina tööd kahjustavate asjaolude tuvastamiseks oleks mõistlik kasutada iga tööjaama liikuva osa alg- ja lõppasendi fikseerimist. Masina juhtsüsteem peaks kontrollima andurite kaudu iga tööjaama tegevust. Sellise tegevusega on võimalik vältida olukordi, kus mõni mehhanism on kiilunud kinni, takerdunud või mingil muul põhjusel purunenud ning ei ole fikseerinud oma alg- või lõppasendit. Sellise asendite kontrolliga on võimalik peatada masina rikke korral edasine kahju masinale.

8. SEADME MAJANDUSLIK ARVESTUS

Käsitletud vedrutugevuse kontrollseadme peamine majanduslik eelis seisneb tööjõukulu vähendamises. Antud seade teostab kontrolli automaatselt ning pole enam vajadust kasutada nii palju inimtööjõudu.

Seadme loomisel kasutatavad komponendid on vabalt leitavad vastavate tootjate ning müüjate interneti kodulehekülgedelt või veebipoodidest. Näiteks latt- ja kolmnurkraud, nelikanttoru, standardsed poldid ning andurid jne. Mõnevõrra muudab täpse kalkulatsiooni esitamise keerukaks kajastatud detailide kokkuleppehinnad, s.t. hinnad ei ole konkreetselt esitatud avalikus inforuumis. Usun siiski, et juba mehatroonika valdkonnas tegutsevatele suurettevõttele ei tohiks nende hankimine olla ülejõukäiv ning on lisaks toimivatele hankesuhetele kindlasti majanduslikult soodsam, kui seda oleks autori isikliku hinnapäringu põhjal koostatud eelarve.

Mitte väheolulisem majanduslikust aspektist on asjaolu, et antud ettevõttes juba on ametis palgaline koostelukksepp, kes suudaks vajalikest komponentidest luua tervikliku seadme prototüübi.

Kokkuvõtvalt on käesoleva seadme koostamiseks vajalikud sisendid selles ettevõttes juba olemas nende majandusliku igapäevase tegevuse raames või on need siis lihtsalt juurde hangitavad. Sellest tekki juba mainitud tööjõukulude kokkuhoid muudab selle kindlasti majanduslikult perspektiivaks.

KOKKUVÕTE

Käesolev bakalaureusetöö teema sai alguse autori algatusel ettevõttes HANZA Mechatronics Tartu AS. Ettevõtte üheks valdkonnaks oli erinevate elektriklemmide tootmine. Klemmide tootmisprotsesside hulka kuulus vedrurõnga paigaldamine klemmidele. 16A faasiklemmide jaoks oli ettevõttes kasutusel spetsiaalne rõngapaigaldusmasin. Autor nägi võimalust parendada ettevõttes kasutusel oleva 16A klemmide rõngapaigaldusmasina tööprotsessi. Töö eesmärgiks oli täiustada masina vedrurõnga kontrollseadet selliselt, et see suudaks lisaks vedrurõnga olemasolule tuvastada ka vedrurõnga tugevust. Töö üheks eesmärgiks oli projekteerida rõngapaigaldusmasina vedrutugevuse kontrollseade.

Töö esimeses osas autor tutvustab rõngapaigaldusprotsessi ning sellega seoses selgitab ettevõttes kasutusel olevat meetodit klemmidele paigaldatud vedrutugevuse kontrollimiseks. Seejärel selgitab 16A faasiklemmide rõngapaigaldusmasina tööd ning masina esialgse vedrurõnga kontrollseadme põhimõtet.

Töö suurem osa keskendub kontrollseadme loomisele, selle lahenduste väljatöötamisele ning seadme komponentide valikule. Põhilisteks kõneainet pakkuvateks komponentideks osutusid pneumosilindrid, silindri juhik ning jõuandur. Töös tutvustatakse projekteeritava vedrutugevuse kontrollseadme ehitust. Sealjuures tuuakse välja vedrutugevuse kontrollseadme tööpõhimõte.

Töö lõpuosas tuuakse välja vedrutugevuse kontrollseadme juures kasutatava jõuanduri tööpõhimõte ning peatatakse vedrutugevuse kontrollseadme kasutusele võtmisega kaasnevatel ohutusega seotud aspektidel.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et käesolev lõputöö annab ülevaate ettevõttes HANZA Mechatronics AS-s kasutusel oleva rõngapaigaldusmasina olemusest, selle masina vedrutugevuse kontrollseadmest ning vedrurõnga tugevuse määramisel esinevatest probleemidest. Töö käigus autori poolt projekteeritud vedrutugevuse kontrollseade annab klemmide vedrutugevuse määramiseks esialgse lahenduse, mida on võimalik edaspidi täiustada ning edasi arendada.

Edasiarendusele aitab kaasa töö käigus loodud põhjalik Solidworks-i 3D mudel ning sellega seoses loodud osad, koosted ja joonised.

SUMMARY

This Bachelor's thesis has been proposed by author himself due to performing practice tasks in HANZA Mechatronics Tartu AS company. Author saw an opportunity to improve one of the processes of 16A phase sleeve spring placing machine. The improvement involves spring placing machine and method how spring strength checking is carried out.

At first this thesis introduces the concept of spring placing machine and spring checking unit. Then author describes spring checking method that is used to test the correct spring strength and how this method can be carried out by machine.

Major part of this thesis focuses of which part to choose, which part has selected and solutions on how to create this spring checking device. Onward this thesis gives overview of how this spring checking device has been created and its constructional explanation. Afterwards thesis describes the principals of the operation of this spring strength checking device.

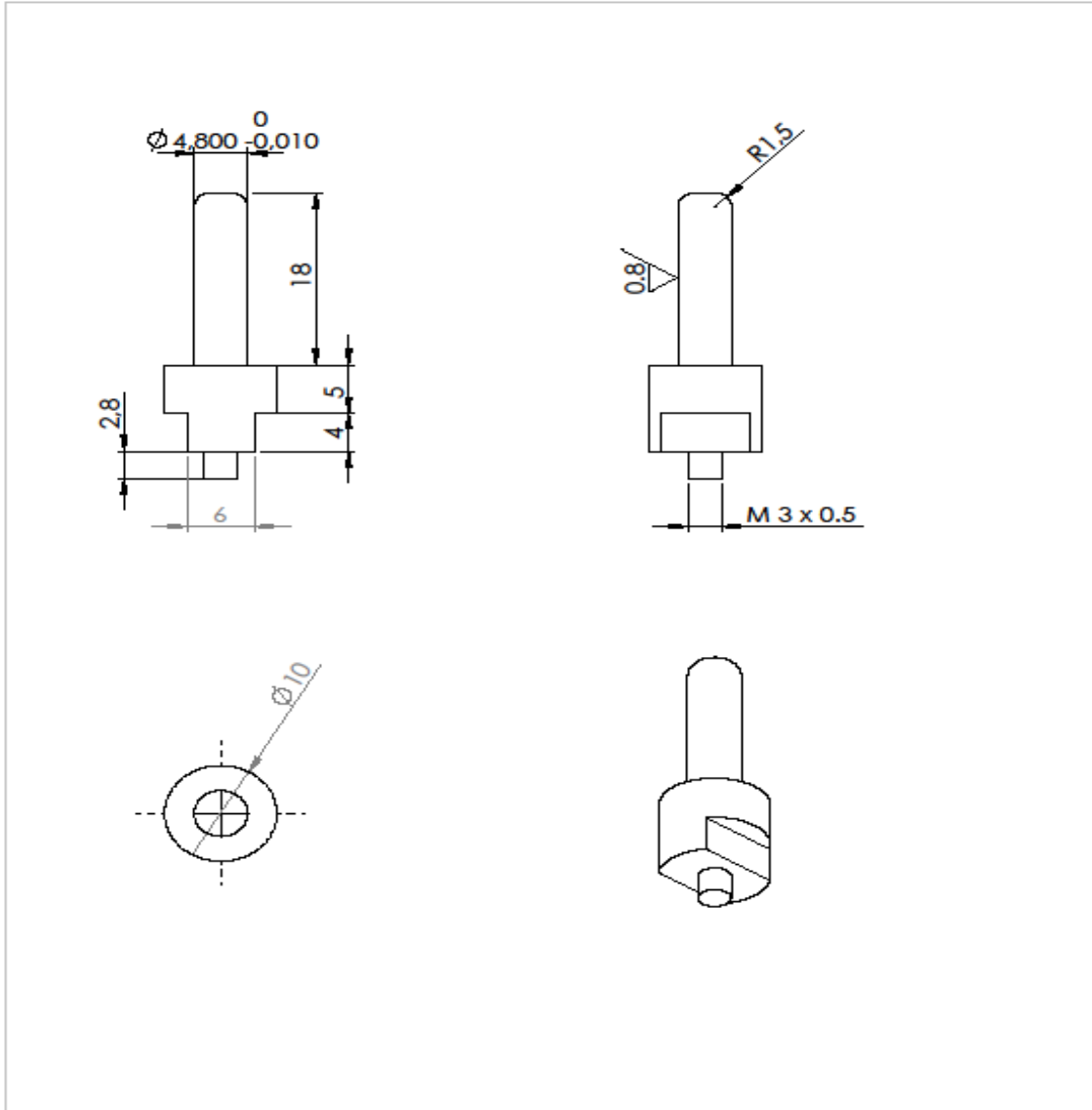
At the last stage this Bachelor's thesis introduces load cells working principals. Afterwards thesis describes some safety and precaution aspects involving spring strength checking device.

In conclusion this Bachelor's thesis gives good overview of spring checking method that is being used in the company and a solution on how this spring checking method can be transferred to the spring placing machine tasks. Thesis is a start and gives ideas and good opportunities to develop this kind of devices furthermore. Creation of Solidworks parts, assemblies, drawings and 3D model ease the future development.

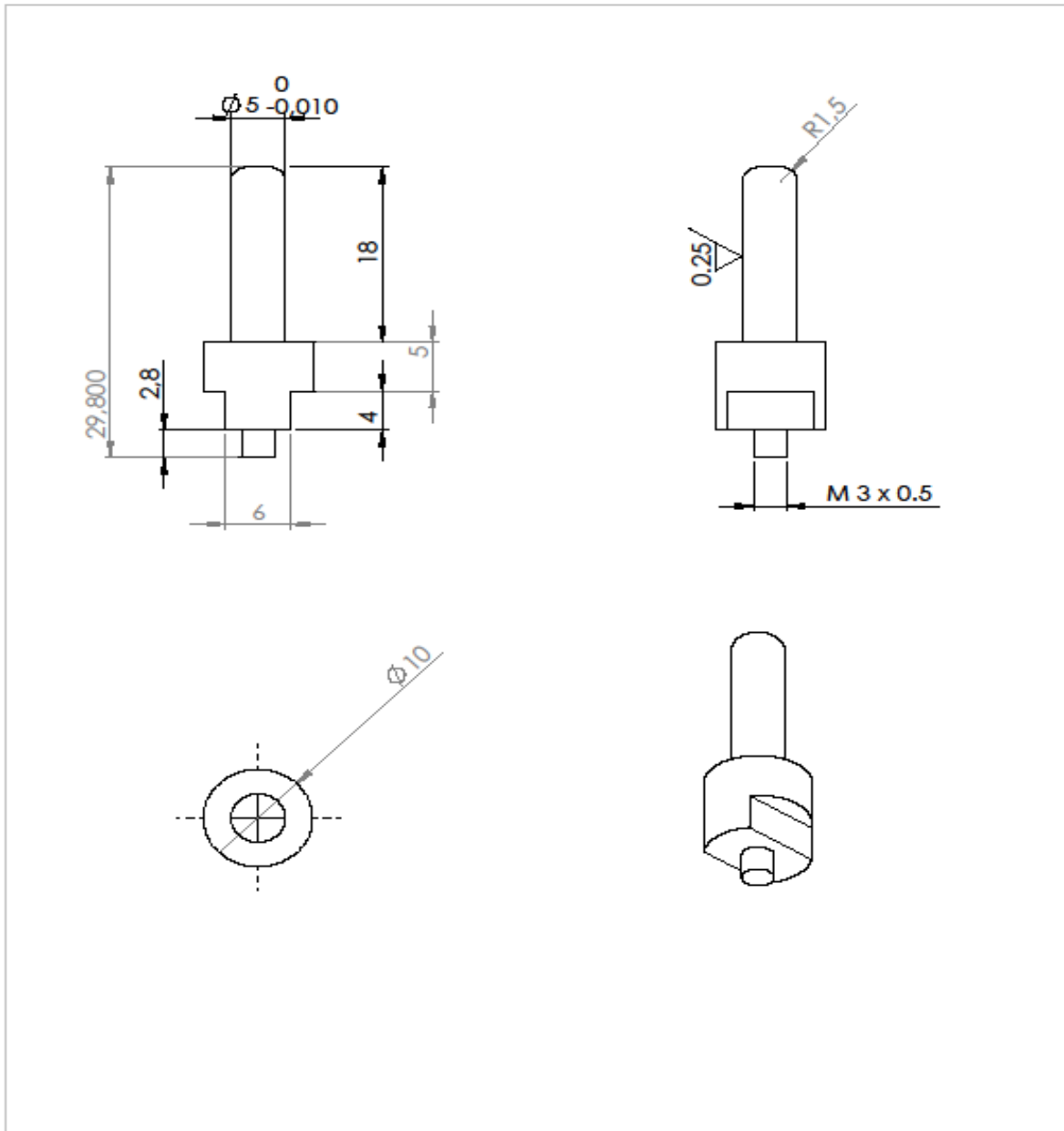
Author believes that this thesis gave him create opportunity and experience to work on this kind of subject and it becomes useful to the company.

KASUTATUD KIRJANDUS

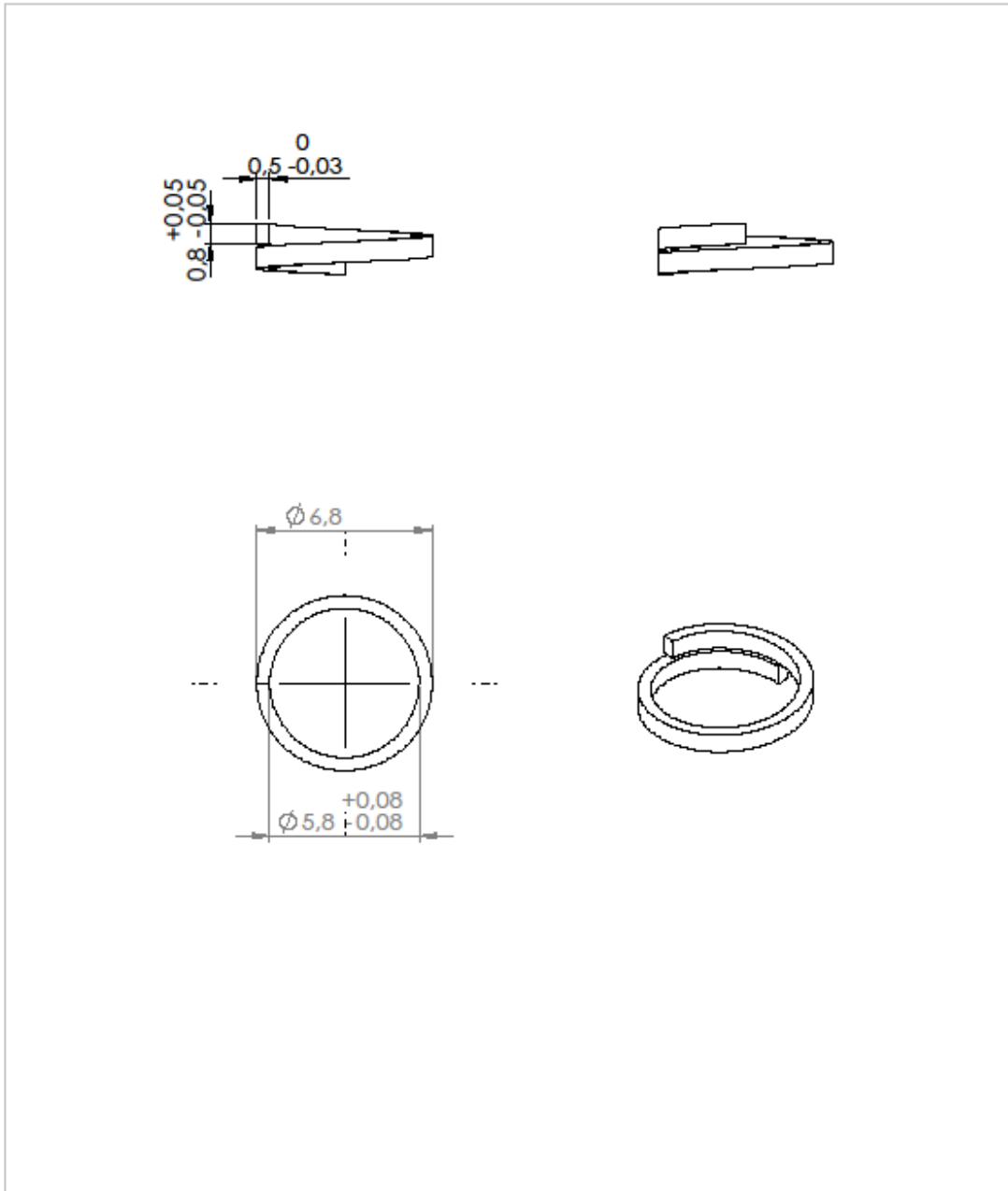
1. Oberg, E., Jones, D.F., Horton, H., Ryffel, H. (2008). Machinery's handbook 28th ed. New York : Industrial Press.
2. Guide units FEN/FENG for standard cylinders [WWW] http://www.festo.com/cat/et_ee/data/doc_engb/PDF/EN/FEN-FENG_EN.PDF (07.05.2014)
3. Compact cylinders ADN/AEN, to ISO 21287 [WWW] http://www.festo.com/cat/et_ee/data/doc_engb/PDF/EN/ADN_EN.PDF (09.05.2014)
4. Measuring strain with Strain Gauges [WWW] <http://www.ni.com/white-paper/3642/en/> (14.05.2014)
5. Wheatstone bridge [WWW] http://en.wikipedia.org/wiki/Wheatstone_bridge (14.05.2014)
6. Futek wiring codes [WWW] http://www.futek.com/code_wire.aspx (14.05.2014)
7. Loadstar sensors, What is a load cell? [WWW] <http://www.loadstarsensors.com/what-is-a-load-cell.html> (14.05.2014)
8. Riives, J., Teaste, A., Mägi, R. (1996). Tehniline joonis. Tallinn: „Valgus”.
9. Riives, J., Tihase. K. (1983). Joonestamine, õpik tehnikumidele. Tallinn „Valgus”.



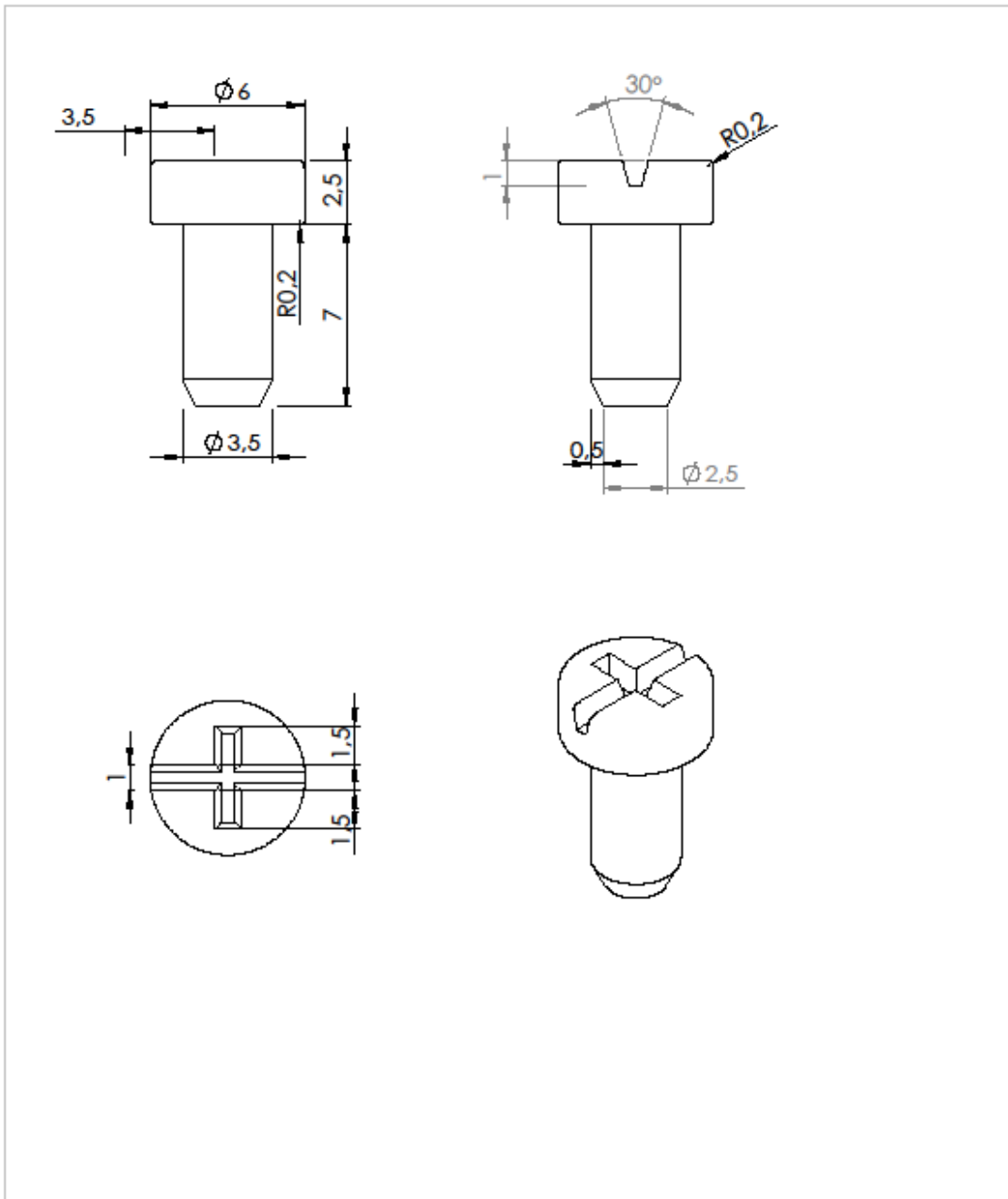
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: Väike kaliiber	
CHK'D	Kunnar Lal					DWG NO.	A4
APP'VD						LOI.00.03	
MFG				MATERIAL:		SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1
QA				WEIGHT:			



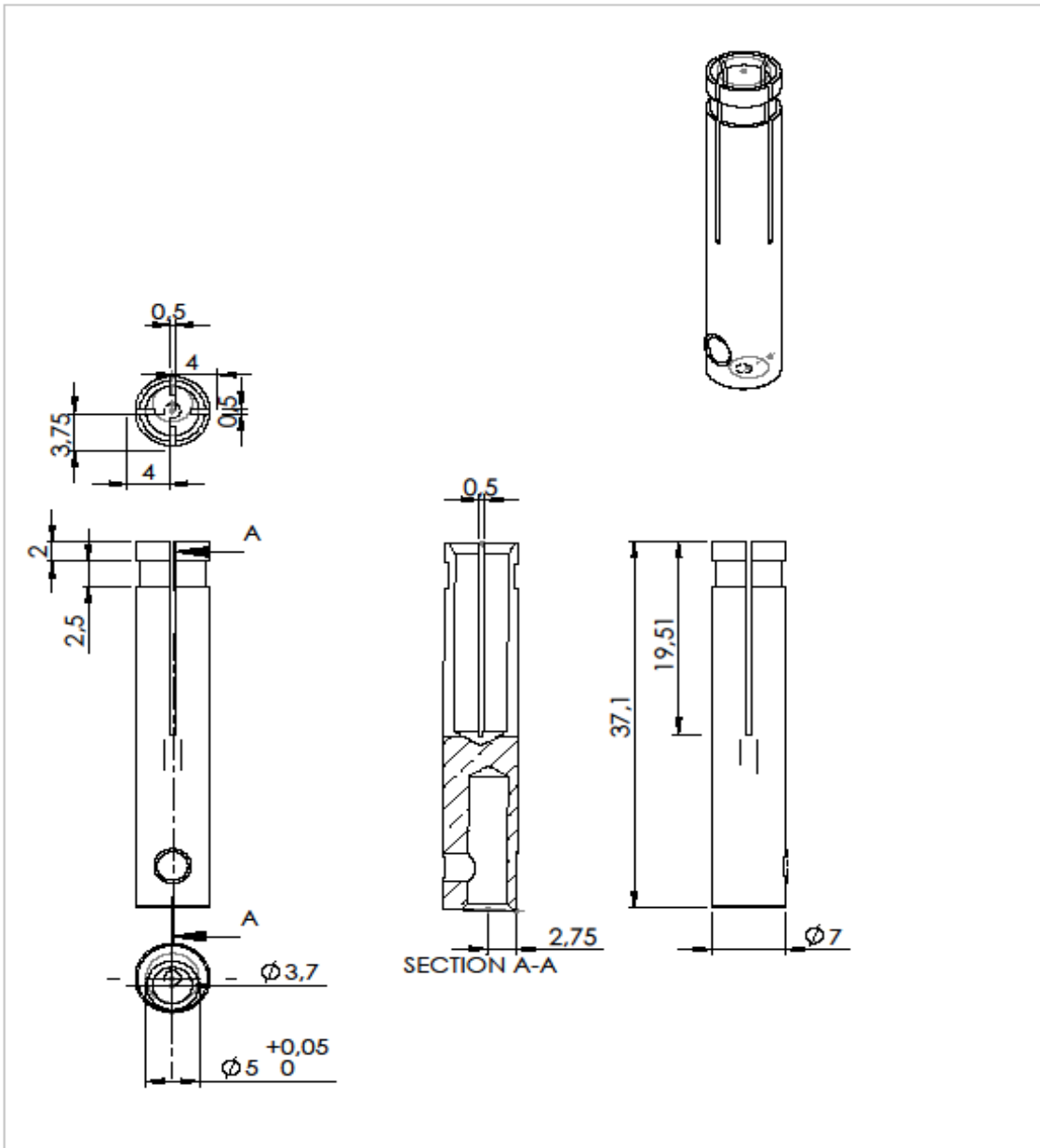
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN: Rumar Lal		SIGNATURE:		DATE:		TITLE:		Suur kaliber	
CHKD:		SIGNATURE:		DATE:		DWG. NO.:		LOI.00.04	
APPVD:		SIGNATURE:		DATE:		SCALE: 2:1		SHEET 1 OF 1	
MFG:		SIGNATURE:		DATE:		MATERIAL:		A4	
Q.A.:		SIGNATURE:		DATE:		WEIGHT:			



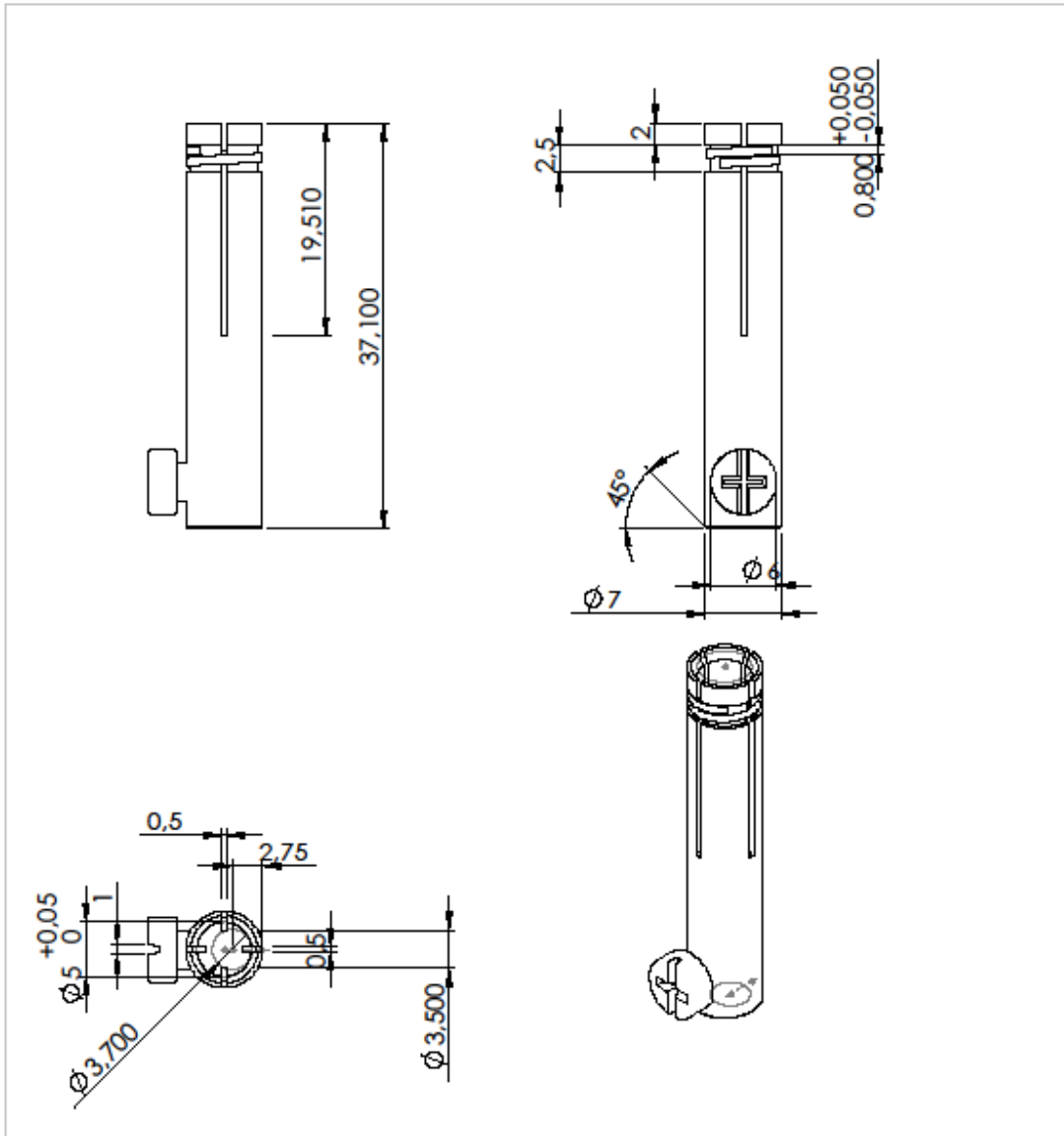
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
DRAWN Kumar Lal		SIGNATURE		DATE		TITLE: Vedru			
CHKD									
APPRD									
MFG						DWG NO. LOI.02.00		A4	
Q.A				MATERIAL:		SCALES:1		SHEET 1 OF 1	
				WEIGHT:					



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHKD		Kumar Lal						Kruvi M3.5 M3.5			
APPVD											
MFG											
G.A						MATERIAL:		DWG NO.		A4	
								LOI.01.00			
						WEIGHT:		SCALES:		SHEET 1 OF 1	

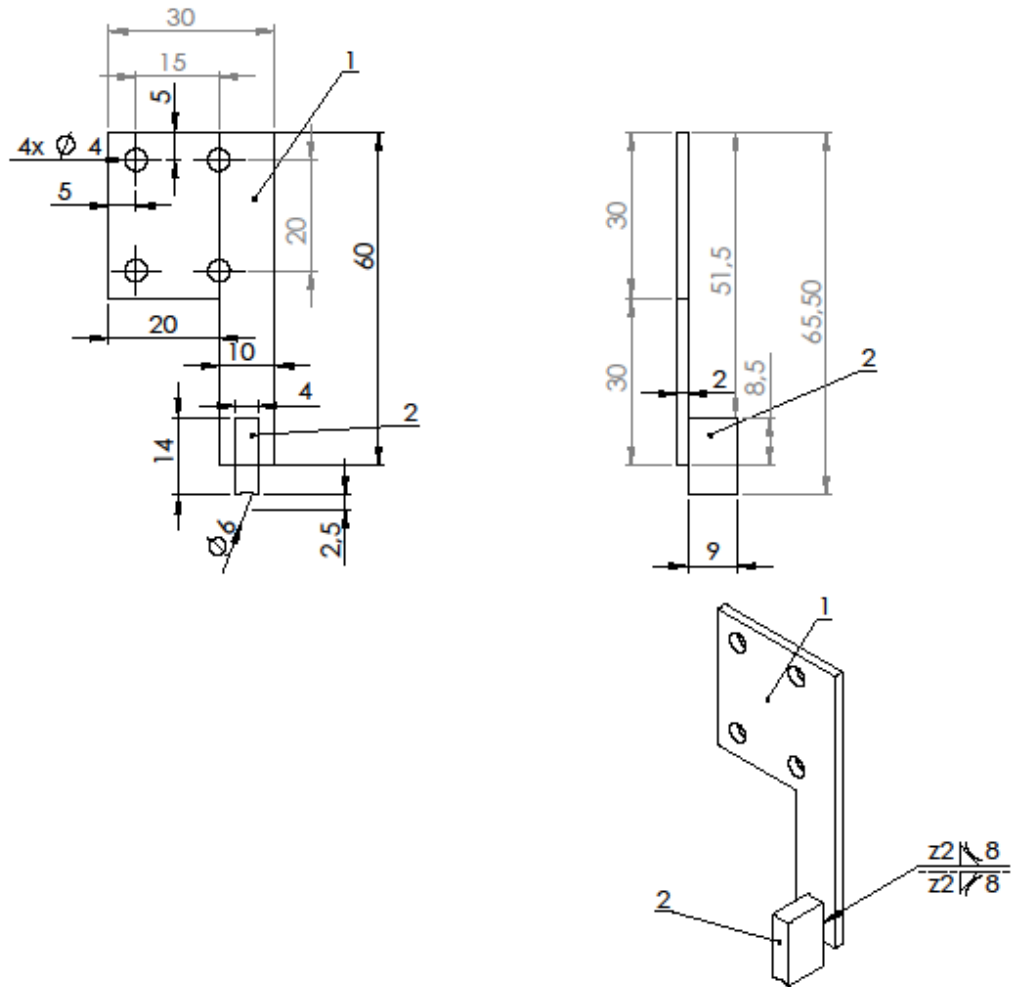


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			<p style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">Klemm</p>	
CHKD	Kumar Lal						
APPVD							
MFG							
G.A.							
				MATERIAL:	DWG NO.	LOI.03.00	A4
				WEIGHT:	SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1	



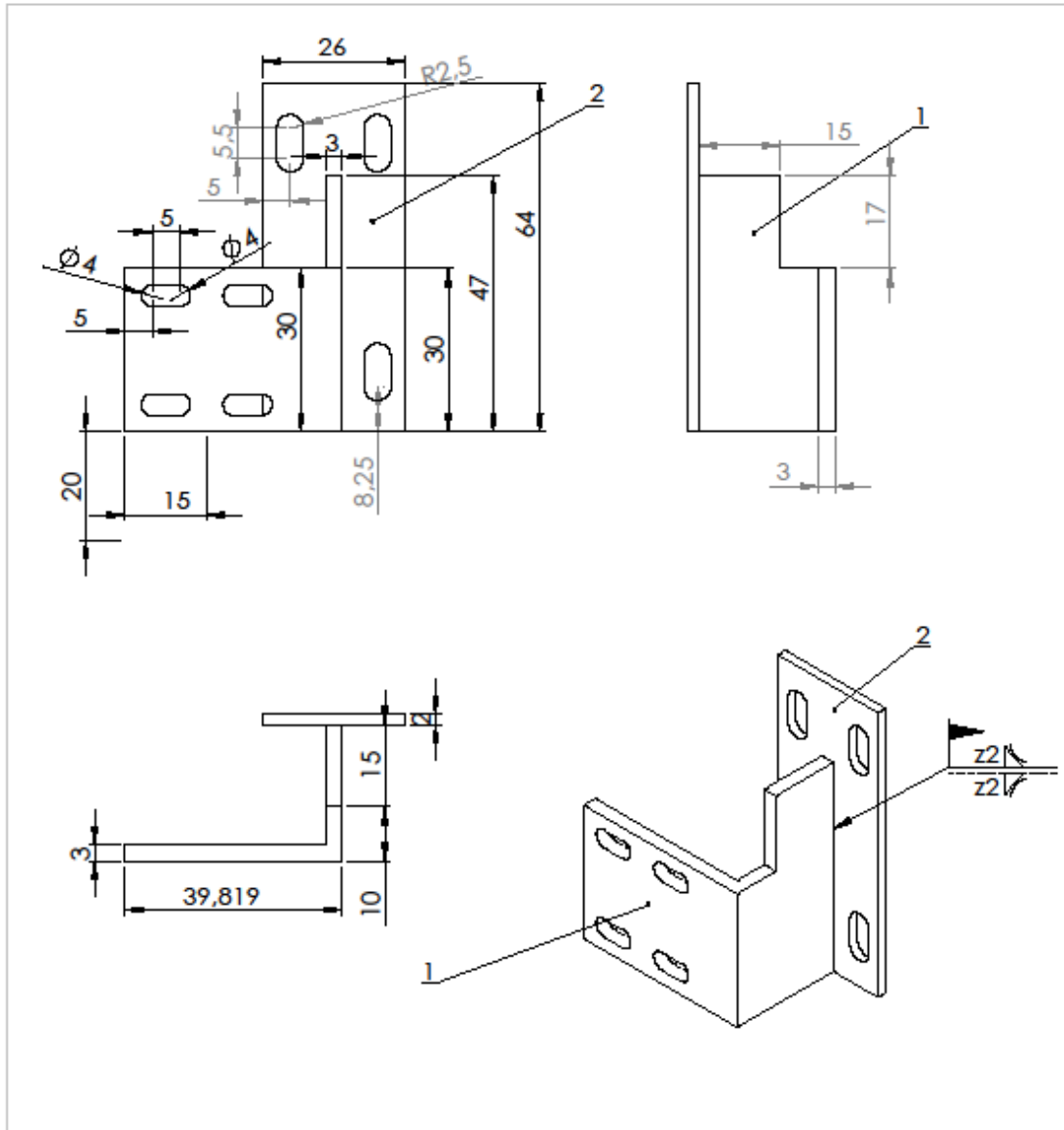
3	-	Kruvi	LOI.01.00	1	
2	-	Vedru	LOI.02.00	1	
1	-	Klemm	LOI.03.00	1	
Osa	Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN	Kunna Loh			Klemm kruvi ja vedruga	
CHKD				DWG NO.	A4
APPVD				LOI.04.00	
MFG				SCALE:2:1	SHEET 1 OF 1
QA				WEIGHT:	



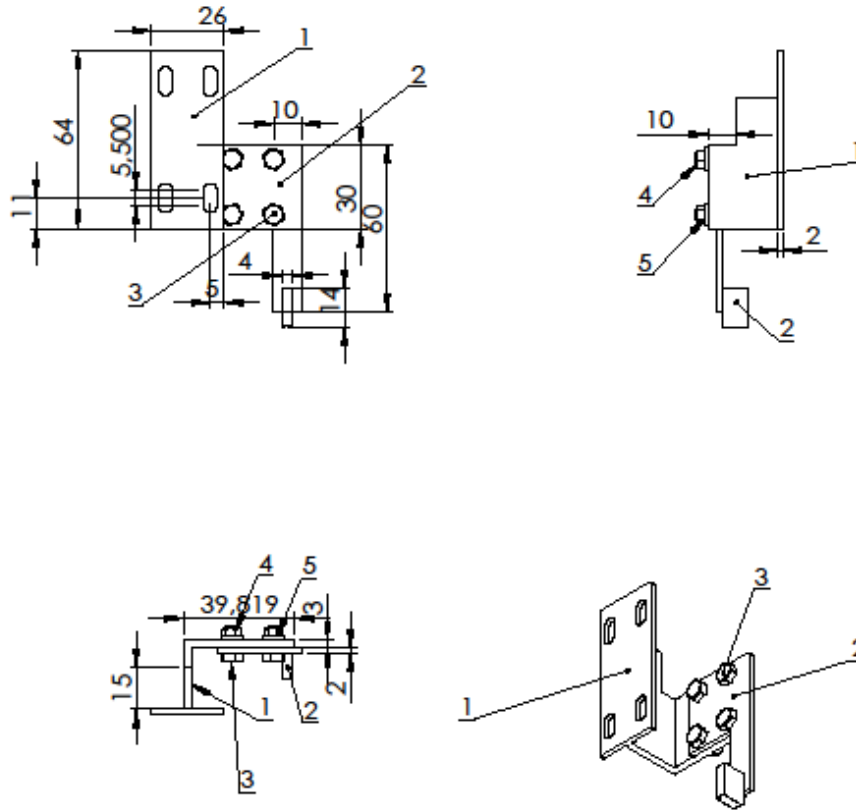
2		Lattraud x4		1	
1		Lattraud 30x2		1	
Osa	Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN	Kunna Lal					<h1>Hoidiku osa</h1>			
CHKD									
APPVD									
MFG									
G.A.				MATERIAL:		DWG NO.	LOI.00.00		A4
				WEIGHT:		SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1		



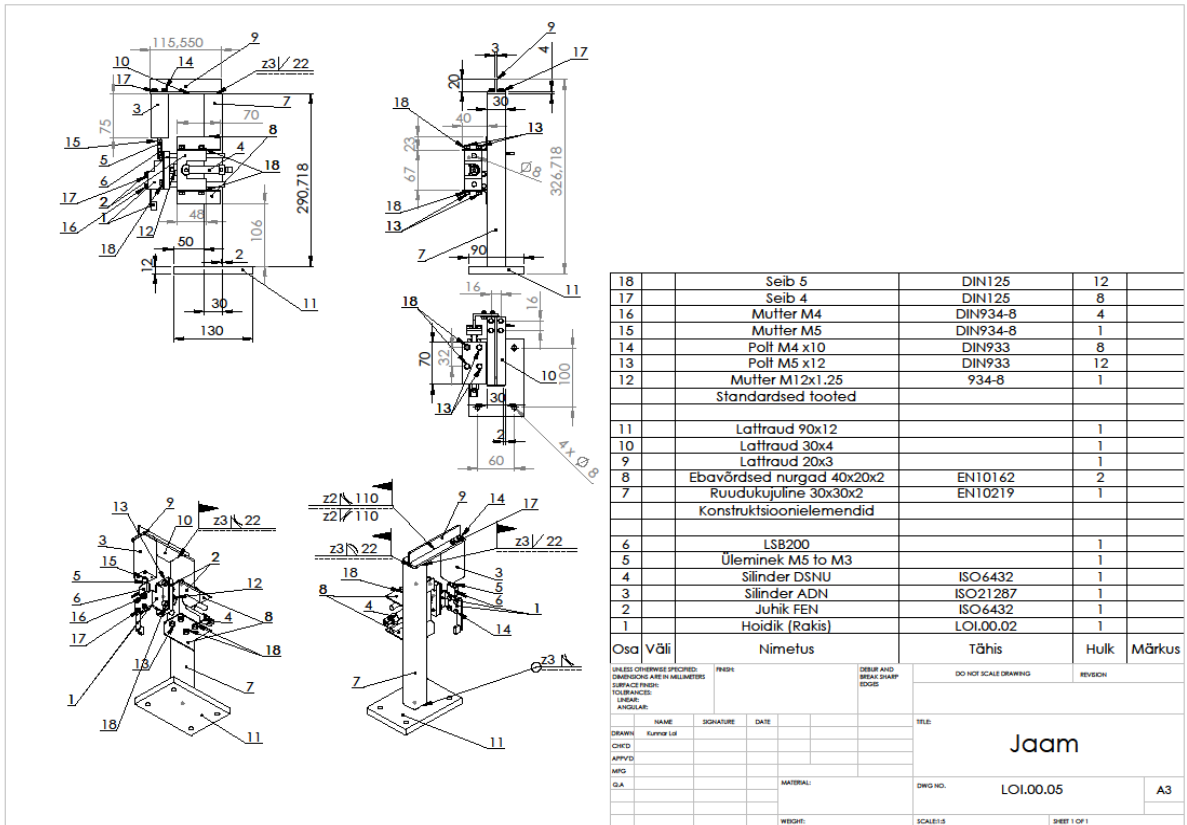
3					
2		Lattraud 30x2			
1		Lattraud 30x3			
Osa	Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus

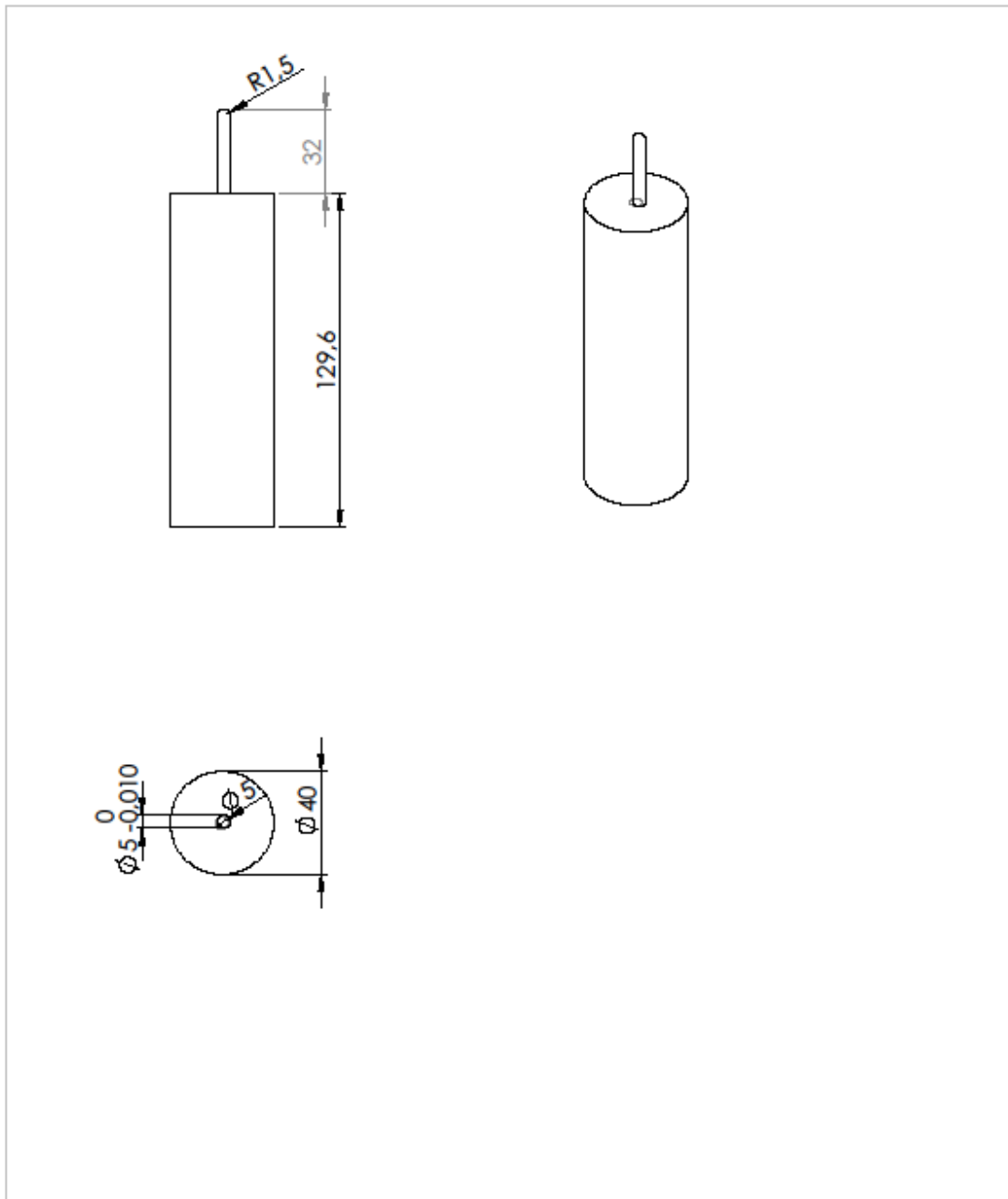
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE:			
DRAWN	Kunnal Lot					<h1>Hoidik liikuv</h1>			
CHKD									
APPVD									
MFG									
QA									
		MATERIAL:		DWG NO.		LOI.00.01		A4	
		WEIGHT:		SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1			



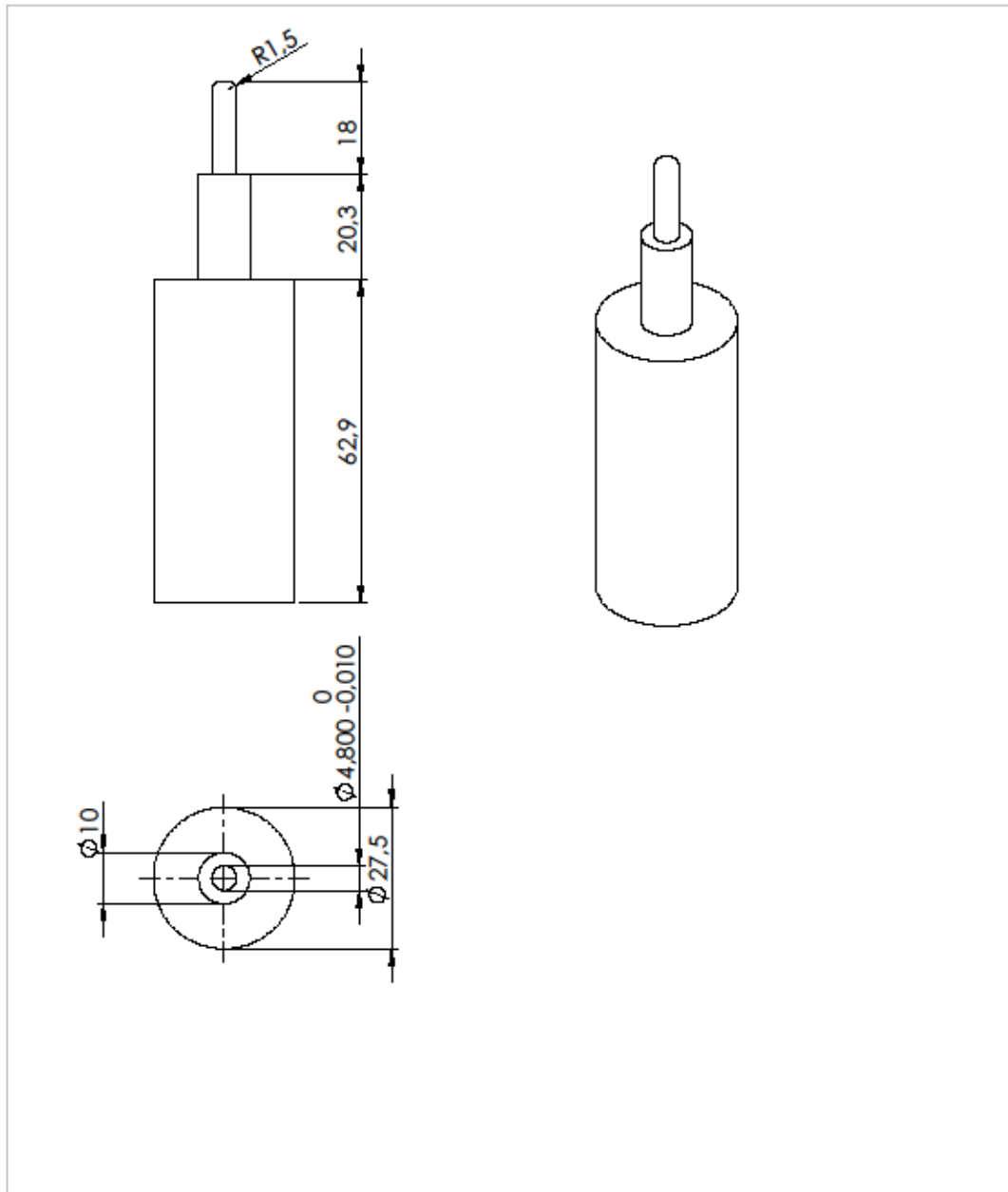
5		Seib 4	DIN125	4	
4		Mutter M4	DIN934-8	4	
3		Polt M4	DIN933	4	
2		Hoidik liikuv	LOI.00.01	1	
1		Hoidik osa	LOI.00.00	1	
Osa	Väli	Nimetus	Tähis	Hulk	Märkus

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN Kumar Lal				Hoidik koost	
CHKD					
APPVD					
MFG					
Q.A.			MATERIAL:	DWG NO.	A4
			WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1



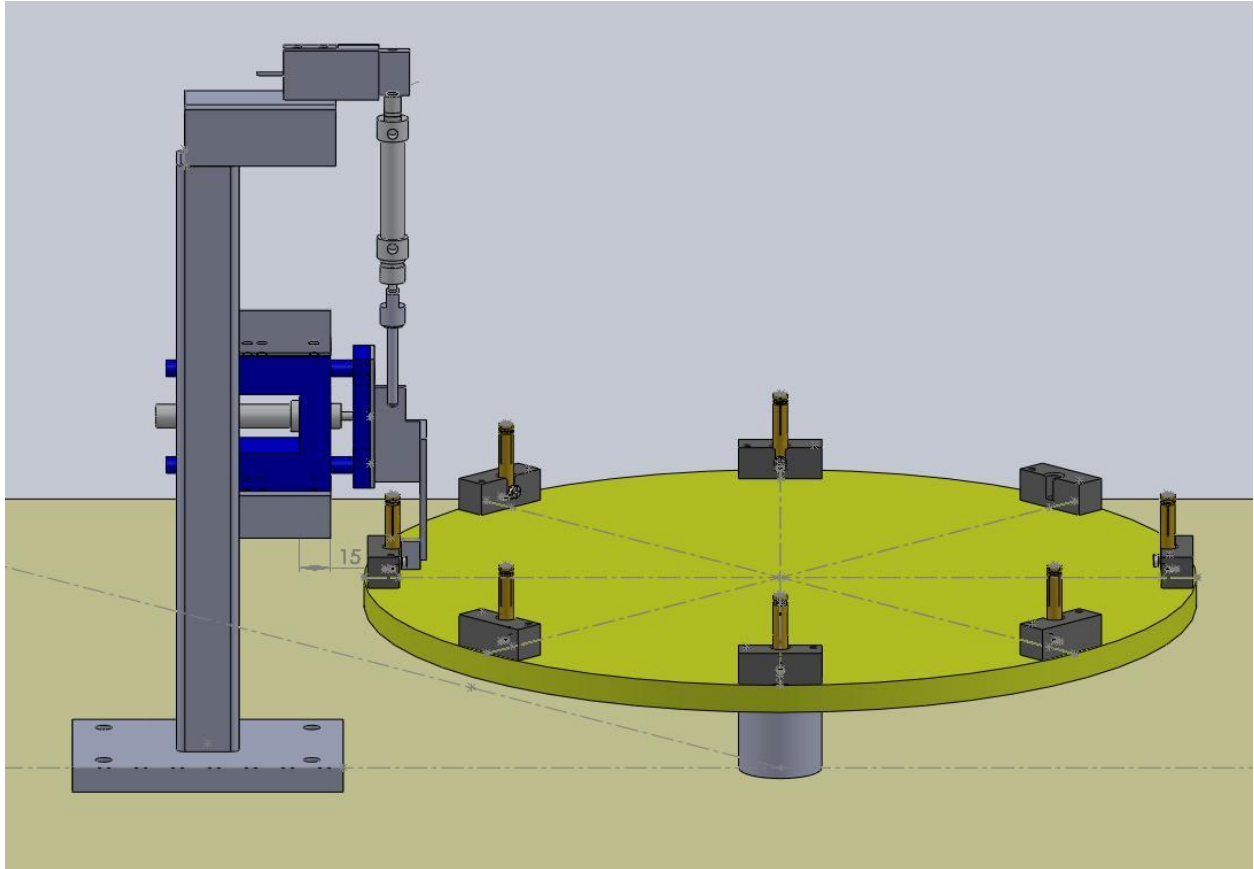


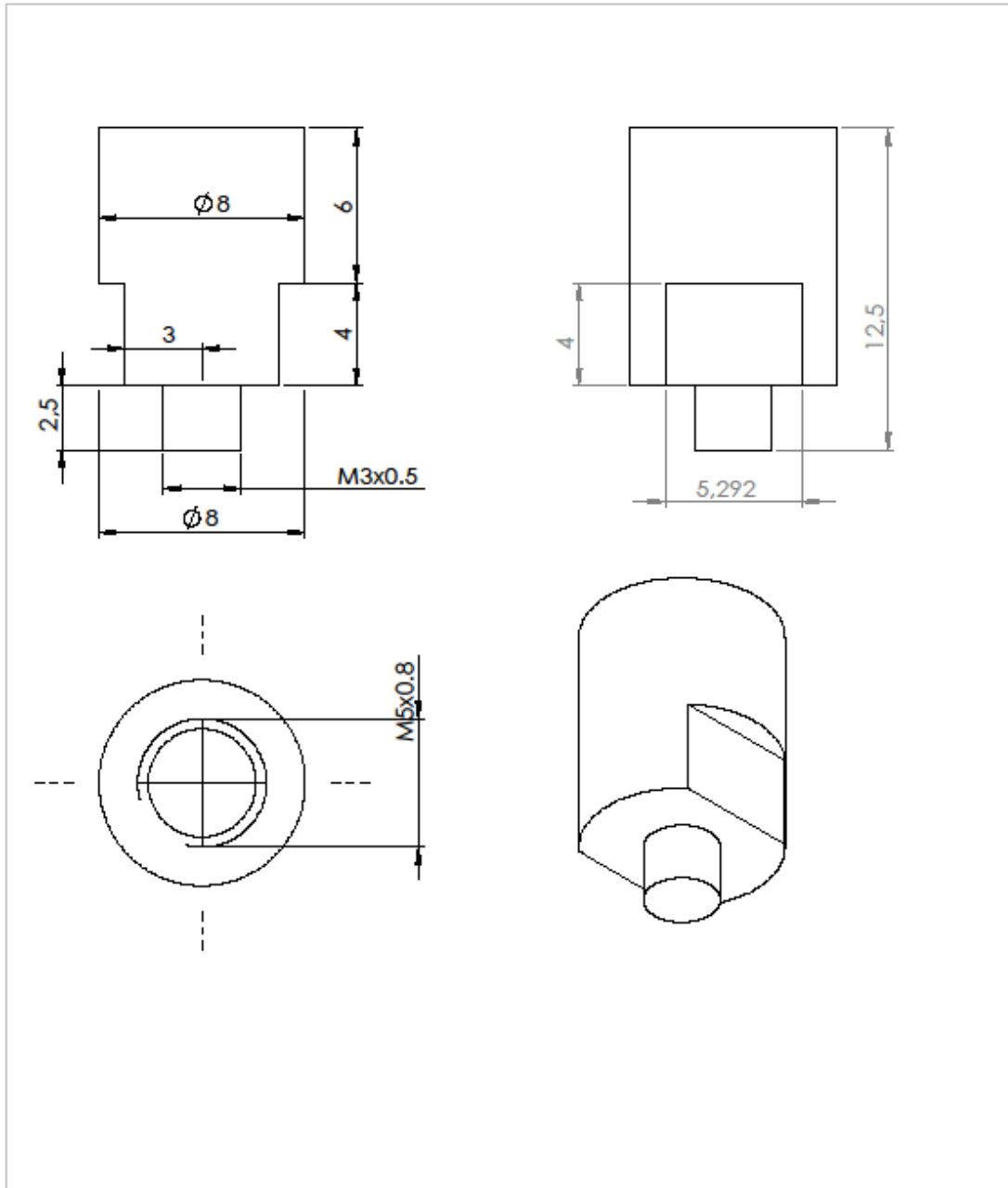
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: Suurem kaliiber	
CHKD	Kunnar Lot						
APPVD							
MFG							
Q.A.					MATERIAL:	DWG NO. LOI.20.00	A4
					WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE: Vaike kaliber	
DRAWN Kumar Lal						
CHKD						
APPVD						
MFG						
G.A.				MATERIAL:	DWG NO. LOI.10.00	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1

Kontrollseade LSM400 anduriga.



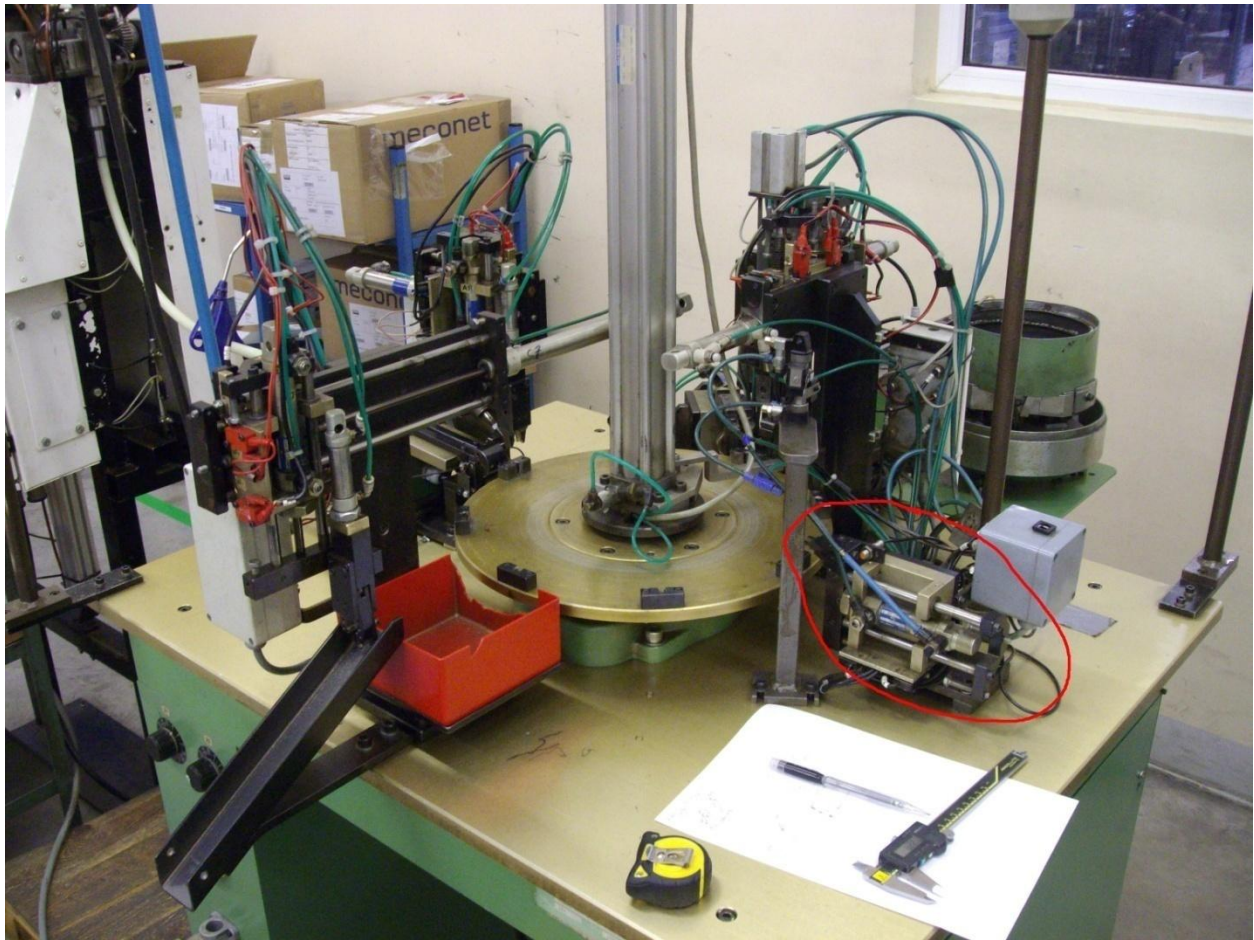


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DESUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE: Uleminek M5 to M3	
DRAWN Kumar Lal				DWG NO. LOI.00.01	A4
CHK'D				SCALE:1	SHEET 1 OF 1
APP'VD					
MFG					
G.A.			MATERIAL:		
			WEIGHT:		

Rõngapaigaldusmasin



Rõngapaigaldusmasina tööjaam nr. 5



METAANDMED

Töö pealkiri (eesti keeles): 16A faasiklemmi vedrutugevuse kontrollseade

Töö pealkiri (inglise keeles): 16A phase sleeve spring strength checking device

Autor: Kunnar Loi

Juhendaja(d): Leo Teder

Kaitsmise kuupäev: 10.06.2014

Töö keel: est / eng / rus: EST

Asutus (eesti keeles): TTÜ / TTÜ õppeasutus (nimi): Tallinna Tehnikaülikool

Asutus (inglise keeles): TTÜ / TTÜ õppeasutus (nimi): Tallinn University of Technology

Teaduskond (eesti keeles): Mehaanikateaduskond

Teaduskond (inglise keeles): Faculty of Mechanical Engineering

Instituut (eesti keeles): Mehhatroonikainstituut

Instituut (inglise keeles): Department of Mechatronics

Õppetool (eesti keeles): Mehhatroonikasüsteemide õppetool

Õppetool (inglise keeles): Chair of Mechatronics System

Märksõnad /kui on/ (eesti keeles):

Märksõnad /kui on/ (inglise keeles):

Õigused: juhul kui ligipääs on piiratud, siis sellekohane märkus

Lihlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina _____ (autori nimi) (sünnikuupäev: 04.06.1983)

Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihlitsentsi) enda loodud teose

_____ ,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on _____ ,

(juhendaja nimi)

- 1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

1. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

2. Kinnitan, et lihlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ *(allkiri)*

_____ *(kuupäev)*