



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

INSENERITEADUSKOND

Elektroenergeetika ja mehhatroonika instituut

Puutetundliku ekraani testijaama loomine

Production of touch screen test station

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Andrei Holtsman

Üliõpilaskood: 164765MAHB

Juhendaja: Anton Rassõlkin
professor

Konsultant: Marko Kleinberg
tootmise insener

Tallinn, 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“20” Mai 2020a

Autor: Andrei Holtsman

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö esitatud nõuetele

“20”Mai 2020a

Juhendaja: Anton Rassõlkin

/ allkiri /

Kaitmisele lubatud

“20 ”Mai 2020a

Kaitsemiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina Andrei Holtsman (sünnikuupäev: 16.01.1997)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
"Puutetundliku ekraani testijaama loomine"

mille juhendaja on Anton Rassõlkin, professor

mille onsaltant on Marko Kleinberg, tootmise insener

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

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

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

20.5.2020 (kuupäev)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Andrei Holtsman 164765MAHB
Õppekava, peeriala: Mehhatroonika MAHB
Juhendaja(d): Anton Rassõlkin professor +372 620 3807
Konsultant: Marko Kleinberg tootmise insener
+372 669 4134 Stoneridge Electronics AS.

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Puutetundliku ekraani testijaama loomine.

(inglise keeles) Production of touch screen test station.

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Projekteerida veaotsingu- ja eeltestijaam ettevõttes Stoneridge Electronics.
2. Tootmisautomaatika seadmete ja lahenduste tundma õppimine ning sobivate valimine käesoleva töö jaoks.
3. Tootmisinseneri tööülesannetega tutvumine ja insenerikogemuse saamine.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Testijaama projekteerimine, 3D mudeli loomine ja prototüübi tegemine.	11/03/20
2.	Elektri- ja pneumaatikaskemide projekteerimine.	25/03/20
3.	Korpuse tegemine ja pneumaatiliste ja elektriliste osade paigaldamine	15/04/20
4.	Süsteemi programmeerimine, testimine, kontrollimine ja vigade parandamine.	1/04/20
5.	Lõputöö vormistamine.	17/05/20

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "19" mai 2020a

Üliõpilane: ".....".....201....a

/allkiri/

Juhendaja: ".....".....201....a

/allkiri/

Konsultant: ".....".....201....a

/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel.

SISUKORD

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE.....	4
SISUKORD.....	5
EESSÕNA	7
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	8
SISSEJUHATUS	9
1 Puuetundlik ekraan – Volvo SID.....	10
1.1. Tehniline kirjeldus	11
1.1.1. Elektrilised omadused	11
1.1.2. Konstruksiooni omadused.....	13
1.2. Tehniliste erinevuste analüüs.....	14
1.3. Testitüübid.....	16
1.3.1. Eeltest.....	17
1.3.2. Lõpptest.....	18
2. Testijaama arendusprotsess.....	19
2.1. Arengu teooria	19
2.1.1. Tehniline prognoosimine.....	19
2.1.2. Analüütiline disain.....	20
2.1.3. Tehniline projekteerimine	20
2.1.4. Tootmine	20
2.1.5. Katsetamine ja kasutamine	20
2.2. Tehniline ülesande sõnastamine	21
2.3. Kinnitusmehhanism	21
2.3.1. Põhikinnitus	21
2.3.2. Täiendav kinnitus	24
2.4. 2D koodilugeja.....	24
2.5. Pneumaatiline süsteem.....	25
2.5.1. Pneumaatiliste komponentide analüüs.....	26
2.5.2. Lukustusmehhanism	26
2.5.3. Konnektori liikumismehhanism	30
2.5.4. Pneumaatilise süsteemi skeem.....	32
2.6. Elektrisüsteem	34
2.6.1. PLC – kontrolleri Mitsubishi FX1N.....	34
2.6.2. Kontrolleri tarkvara	35

2.6.3. Kood ja algoritm.....	36
2.6.4. Elektrisüsteemi skeem	38
2.7. Korpus	39
3. Lõpptulemus.....	41
3.1. Vastavus tehnilistele kirjeldustele	42
3.2. Projekti kuluaruanne.....	43
KOKKUVÕTE	45
SUMMARY.....	46
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU.....	47
LISAD.....	51
Lisa 1 Elltesti täielik nimekiri	51
Lisa 2 Lõpptestide täielik nimekiri	51
Lisa 3 Programmi kood.....	52
Lisa 4 Kinnitusmehhanismi joonised.....	54
Lisa 5 Kinnitusmehhanismi joonised.....	60
Lisa 6 Korpuse joonised.....	62
Lisa 7 Testijaama joonis	64

EESSÕNA

Käesoleva lõputöö teema on valitud koostöös ettevõttega Stoneridge Electronics AS. Töö koostamise vajadus tulenes tööülesandest projekteerida ja toota testijaam puuetundliku ekraani jaoks. Seda testijaama hakatakse edaspidi kasutama Stoneridge AS tootmises. Selle seadme peamine eesmärk on aidata analüüsida tootmistesti mitte läbinud toodete vigu ja vajadusel kasutada ka toote eeltestiks.

Töö käigus analüüsitakse puuetundliku ekraani konstruktsiooni eripärasid, optimaalse paigaldussüsteemi leidmise eesmärgiga. Valitakse ja võrreldakse testijaama loomiseks vajalikke komponente, mis peavad vastama ettevõtte ohutus- ja kvaliteedistandarditele ning võimalusel lähtuda ka hinnast. Lisaks oli vaja välja töötada ja kirjutada töökorralduse algoritm standardse tööstuskontrolleri jaoks, milliseid kasutatakse antud ettevõtte paljudes automaatjaamades.

Tulenevalt asjaolust, et toode, mille jaoks katsejaam on valmistatud, on Stoneridge'i kaubanduslik arendus, intellektuaalomandi säilitamiseks mõned tooteandmed muudetakse või peidetakse.

Bakalaureusetöö koostamisel ja testijaama loomisel konsulteeriti Stoneridge Electronics tehniliste osakondadega. Täname tootmise inseneri Marko Kleinbergi, kes aitas teema valikul ning ülesande eesmärkide püstitamisel ja testijaama loomisel. Täname ka Tallinna Tehnikaülikooli elektroenergeetika ja mehhatroonika instituudi professori Anton Rassõlkini, kelle juhendamisel on käesolev bakalaureusetöö valmistatud.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

Carrier - kandev osa [1]

Back Cover - tagakaas [1]

Bracket – toend või kinnitus [1]

ESD – Electrostatic Discharge - staatilise elektri laeng [2]

SID - Secondary Information Display - Teisene teabekraan [3]

TFT display - Thin-film-transistor display - (Õhuke kiletransistor-ekraan) [4]

PCB plaat - Printed circuit board - Trükkplaat [5]

PLC - Programmable Logic Controller - Programmeeritav loogikakontroller [6]

ABS - Acrylonitrile butadiene styrene - plastiku tüüp [7]

PC – Polycarbonate – Polükarbonaadi plastik [8]

SISSEJUHATUS

Töö eesmärgiks on puutetundliku ekraani testijaama loomine, et kasutada seda tootmises mitte läbinud toodete veaotsinguks ja analüüsimiseks. Vajadusel ka eeltesti jaoks. Projekti käigus valmib töötav testijaama prototüüpi, mida saaks kasutada tootmises ja töötatakse välja tööstusliku versiooni mudel, mida saab hiljem toota ja kasutusele võtta. Töö käigus on vaja analüüsida puutetundliku ekraani konstruktsiooni eripärasid, näiteks: suurus, tüübid, materjal ja palju muud. Neid aspekte tuleb arvestada, sest üks peamisi ülesandeid on tagada, et testijaam ei kahjustaks valmistoodet. Eeltoodu põhjal tuleb välja töötada kinnitusviisid, mis ekraani kindlalt kinnitavad, aga samas ei kahjustaks toodet. Samal ajal peab valima ja võrdlema erinevaid komponente, mida võiks selle projekti loomisel kasutada. Selle töö tulemus on valmis ja töötav prototüüpseade, mida saab kasutada valmistoodete analüüsiks ja testimiseks ning mis vastab Stoneridge Electronics AS-is kehtivatele standarditele.

Muud võimalikud lahendused, mida saab osta masinatootjatelt nagu Tech Group, Hoob, IPTE, on üsna kallid ja neil on mitu funktsioone, mida meie projekti eesmärkide saavutamiseks vaja pole, seetõttu otsustati proovida luua vajalik süsteem majasiseselt.

See bakalaureuseõppe töö jaguneb kolmeks peatükiks. Esimeses uurib autor puutetundliku ekraani omadusi ja funktsioone, samuti kirjeldab üksikasjalikumalt lõpptoote põhinõudeid. Teises peatükis räägib ta katsejaama arengust, analüüsib kasutatud komponente ja esitab tehnilise dokumentatsiooni. Kolmandas peatükis analüüsitakse lõpptulemust, tuuakse välja peamised eelised ja puudused. Samuti pakutakse välja võimalused seadme edasiseks moderniseerimiseks.

1 Puutetundlik ekraan – Volvo SID

Stoneridge Electronics AS on tuntud rahvusvaheline ettevõtte, mis töötab Eestis juba rohkem kui 20 aastat. Stoneridge tegutseb transporditurul, arendades sõidu- ja veoautode, busside jm rasketehnika elektroonikat, alates lülititest, kuni sõidumeerikute, elektrooniliste juhtmoodulite ja kaamerasüsteemideni. Üks ettevõtte toodetest on Volvo SID puutetundlik ekraan (joonis 1.1). Eestis praegu toimub ainult toote lõplik kokkupanek, tarkvara installeerimine, testimine ja vajadusel remont. Kõik monteerimiseks vajalikud komponendid pärinevad ettevõtte teistest filiaalidest või välistarnijatelt, enamjaolt Aasia piirkonnast. Pärast lõppkontrolli, töövalmis toode saadetakse Rootsi kliendile, Volvo montaažitehasesse. Seal see paigaldatakse edasi erinevatele Volvo veoautodele. [9]

SID ekraan ehk Secondary Information Display - teisene ekraan, mis on keskkonsooli lisaelement. Seda kasutatakse mitmesuguse teabe esitamiseks: Raadio- ja helisüsteemid, pardaarvutid, navigatsioonisüsteemid, mobiiltelefonid, Interne. Ka erinevate juhiabisüsteemide, näiteks tahavaate kaamerate ja MirrorEye, [10] andmeid saab esitada keskkonsooli ekraanil. [3] (vt. joonis 1.1.)

Fakt, et ekraani saab paigaldada erinevatele automudelitele, mõjutab nii ekraani elektrilisi omadusi kui ka selle konstruktsiooni omadusi. Elektriliste omaduste erinevus pole selle töö teema jaoks nii oluline, sest hoolimata sellest, millise elektroonika, eraldusvõime või jõudlusega toode paigaldatakse, korpuse üldine geomeetria ei muutu. Arenduse peamised raskused seisnevad konstruktsiooni erinevustes, kuna armatuurlaua kujunduse erinevus on teistsugune. See tähendab, et ekraani paigaldamiseks erinevatele automudelitele kasutatakse erinevaid korpuseid, mis omakorda muudab ekraani mõõtmeid ja raskendab selle fikseerimist testijaamas. Lisaks, üks projekti eesmärkidest eeldab, et testijaama saaks kasutada kõikide tootetüüpide jaoks korraga, ilma märkimisväärseid muudatusi tegemata. Samuti on vaja arvestada, et materjal, millest toote detailid on valmistatud, võivad muutuda ja on vajalik, et kinnitused ei saaks toote pindasid rikkuda. [1]



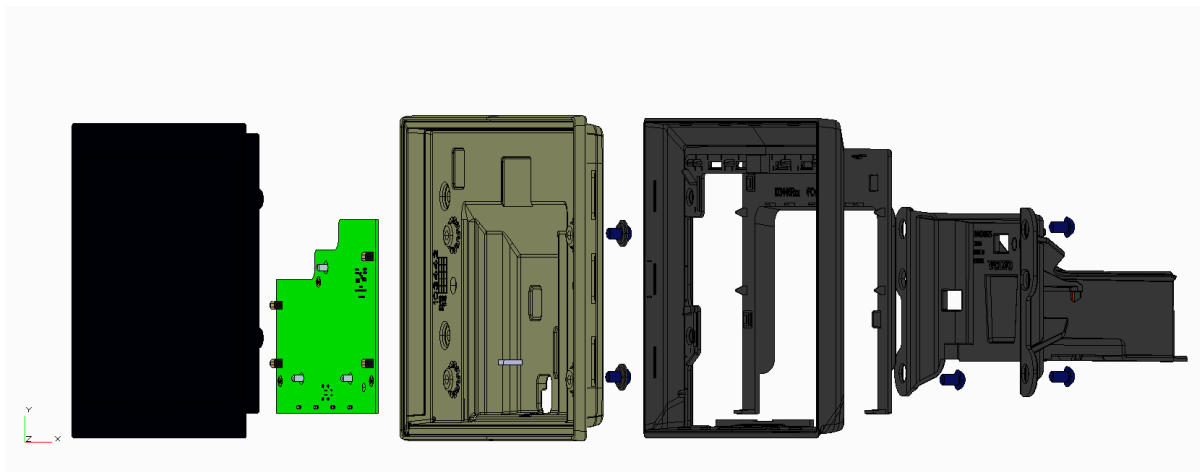
Joonis 1.1. Puutetundliku ekraani Volvo SID eest vaade

1.1. Tehniline kirjeldus

Selle ekraani täpsed tehnilised omadused on Stoneridge Electronics AS-i ärisaladus. Seetõttu selle töö autor ei saa laskuda tootega seotud detailidesse.

Sõltumata tootespetsifikatsioonist, koosneb ekraan järgmistest elementidest. (vt. joonis 1.2.) Vastavalt paigalduskorraldusele:

- *TFT display*
- *PCB plaat*
- *Carrier*
- *Back Cover*
- *Bracket*



Joonis 1.2. Puutetundliku ekraani elemendid: TFT display, PSB plaat, Carrier, Back Cover, Bracket [1]

Kaks esimest elementi on ekraani tehnilised komponendid, millest allpool kirjutatakse allapoole. Kõik ülejäänud on korpuse detailid. Testijaama loomisel on vaja uurida nende ülesehitust.

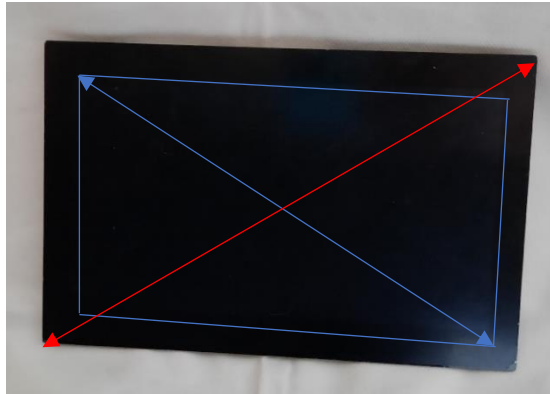
1.1.1. Elektrilised omadused

Nagu eespool mainitud, TFT ekraan ja PCB juhtplaat on peamised tehnilised komponendid. Erinevalt korpuse detailidest, need kaks elementi ei muutu oma vormi või omaduste poolest, sõltumata lõpptoote tüübist.

TFT ekraan on vedelkristallkuvari (LCD) variant, mis kasutab õhukese filmi-transistori (TFT) tehnoloogiat, et parandada pildi omadusi, näiteks adresseeritavust ja kontrasti. See toode kasutab oma 9-tollist versiooni eraldusvõimega 720x1080 pikslit ja on toodetud Stoneridge'i projekti järgi Hiinas asuvas tarnija ettevõttes ja seda tarnitakse Eestisse lõplikuks paigaldamiseks. [1] [11] [4]

Eraan on puutetundlik ja allosas on ka kolm *android-nuppu*. Ekraani ümber on ka 15 mm laiune raam, mis suurendab toote kogu esipinna suurusjärku 10,5 tolli. Puuteekraani välimine klaas on standardsest *Soda* klaasist, paksusega 1,1 mm.

On võimalik järeldada, et teoreetiliselt saab ekraani kinnitamiseks kasutada ka mitteaktiivset ala ekraani ümber laiuks 15 mm, sest see ei mõjuta seadme funktsionaalsust. (vt. *joonis 1.3. ja 1.4.*)



Joonis 1.3. Puutetundliku ekraani eestvaade. Sinine on ekraani aktiivse ala ekraani suurus. Punane on kogu toote suurus



Joonis 1.4. Puutetundliku ekraani tagantvaade.

PCB plaat ehk trükkplaat on elektroonikas kasutatav montaažiplaat, millele on võimalik paigaldada elektroonikakomponendid ja neid elektriliselt ühendada. (vt. *joonis 1.5.*) Selle PCB-plaadi mõõtmed on fikseeritud, ja ainus erinevus on plaadil asuvate elementide paigutuses. Seda plaati toodab Stoneridge Rootsi tehases. Plaadil asub pistik, mille kaudu ekraani hiljem ühendatakse juhtseamega, toite ja signaalide vastu võtmiseks. Seda pistikut kasutatakse ka testimisseadmetega ühendamiseks. [1] [11] [5]



Joonis 1.5. PCB-plaat

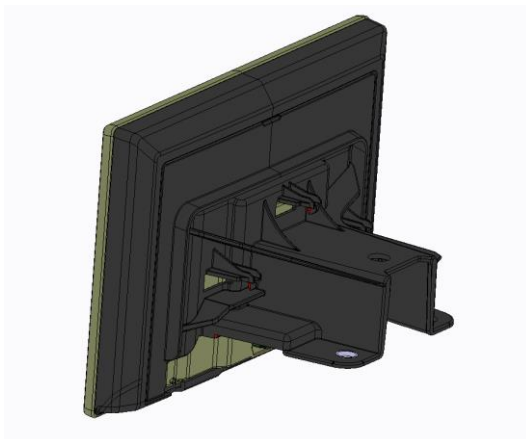
1.1.2. Konstruksiooni omadused

Nagu juba mainitud, korpus koosneb tavaliselt kolmest osast. Sõltuvalt toote tüübist võib kasutada mitmesuguseid korpuse materjale.

Carrier ehk kandev osa on valmistatud magneesiumi sulamist AZ91D. (vt. joonis 1.2) Nagu nimest järeldada võib, see osa on korpuse põhiosa, mis ümbritseb puutetundliku ekraani ja mille sisse on paigaldatud ka kogu elektroonika. See kinnitatakse nelja M6 kruvi ja spetsiaalse liimi - hermeetikuga, mida asetatakse piki ekraani kontuuri. Tänu sellele on ekraan kindlalt fikseeritud, kuid samas muutub pärast liimi kuivamist komponentide eemaldamine väga raskeks. Selle tõttu on vaja enne paigaldamist kontrollida sisemiste elementide töökorras olekut. Samuti on selle külge kinnitatud kõik muud korpuse osad. Carrieri on väga lihtne kriimustada, sest metall on kaetud värviga. Kuna see osa peidab ekraani täielikult selle mõõtmeid võetakse arvesse toote peamiste mõõtmetena (230 x 150 x 25 mm). [1] [11]

Back Cover – tegelikult võib tagakaas koosneda mitmest elementidest, mis on kõik valmistatud PC või ABS plastikust. (vt. joonis 1.2) Sellel elemendil pole praktilist eesmärki, see sulgeb metallosad ja kruvid, et anda tootele esteetilist välimust. Siiski tuleb meeles pidada, et töö arendamisel on vaja arvestada sellega, et tagakaant võib paigaldada või mitte. Igal juhul on vaja jätta mõne millimeetri pikkused lüngad, et toode mahuks alusele. Lisaks on vaja arvestada, et plaat on palju pehmem kui metallisulam ja seda on lihtsam kriimustada. [1] [11]

Bracket - neid võib nimetada ka kinnitusrakisteks, seda kasutatakse toote paigaldamisel autosse. (vt. joonis 1.6. ja 1.7.) Need on testijaama loomisel suurim probleem. Kuna neid on mitu tüüpi, millest igaüks võib olla valmistatud erinevatest materjalidest, välja arvatud see, et kinnitusdetailide kuju on väga spetsiifiline, neil on mittestandardised suurused ja nende erinevus on visuaalselt selgelt nähtav. Testijaama üks nõue on, et seda saaks kasutada erinevate tüüpi toodetega, seega on vaja luua selline kinnitusviis, mis üksi hoiab võrdlemisi erinevat tüüpi kinnitusdetailidega ekraane. [1] [11]



Joonis 1.6. Puutetundliku ekraani Bracket tüüp-1 [1]



Joonis 1.7. Puutetundliku ekraani Bracket tüüp-2 [1]

1.2. Tehniliste erinevuste analüüs

Nagu eelmises peatükis mainitud, see ekraan on paigaldatud erinevatele auto mudelitele. Selle tulemuseks on ekraani konstruktsiooni omaduste varieeruvus. Enne arendamise alustamist oli vaja neid erinevusi analüüsida ja mõista, kui kriitilised need on.

Toote põhielementidega eeltutvumise ajal oli vormistatud järgmine tabel. (vt. tabel 1.1) Mille baasil oli sõnastatud iga elemendi kohta järgmised väited.

Valmistamismatejalist järgi on nähtud, et eksisteerib kaks põhiprobleemi:

- Volvo SID korpuse on võimalik kriimustada päris litsalt.
- Pistiku suhtes ei tohi rakendada suuri jõudusi, et mitte kahjustada teda ennast või PCB-plaati.

Tunnuste varieeruvuse järgi on näha, et peaaegu kõik konstruktsiooni elemendid on sarnase ehitusega, sõltumata lõpptoote mudelist. Välja arvatud kinnituse elemendid, mis erinevad sel määral, et nendele ei ole võimalik leida ühist lahendust, et neid paigutada testijaama.

Testimise ajal kõigepealt on vaja kontrollida puutetundliku ekraani ja PCB plaati. See tõttu on vaja teha lihtne liigepääs nendele, kui toode on paigaldatud jaama. Mis puutud korpuse detailidesse, siis neid on võimalik vabalt kasutada paigaldamiseks, sest neid ei ole vaja testida.

Tabel 1.1. Volvo SID elementide analüüs

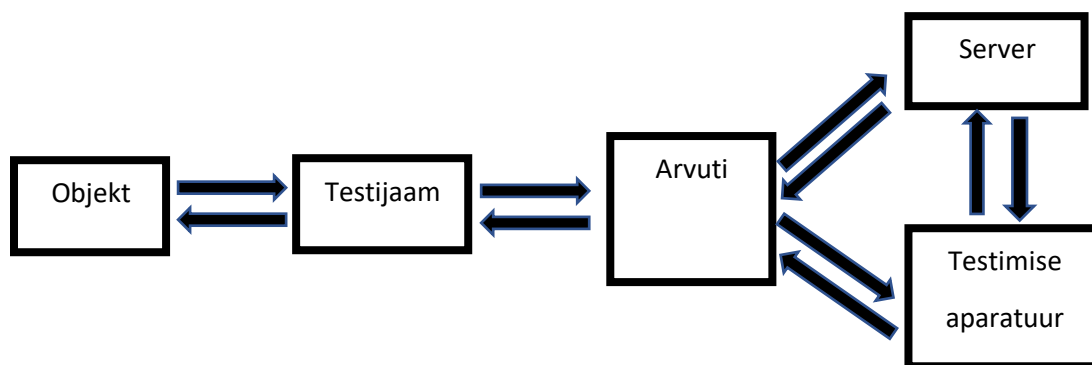
Elemendi nimetus/ hindamiskriteerium	TFT display	PCB plaat	Carrier	Back Cover	Bracket
Valmistamismaterjal - kui lihtne on elementi kahjustada	Pole tähtsust, sest see on korpuses sees. Ainult puutetundliku paneeli pind on väljaspool, ta on kaetud Soda klaasiga.	Pole tähtsust, sest see on korpuses sees. Ainus osa, mis asub väljaspool korpust, on pistik. Vaja selle kohaga ettevaatlik olla, sest on lihtne katkestada PCB-plaati.	AZ91D sulami valatud magneesiumist – ta omandab kõrge tugevus, mis praktiliselt välistab füüsilise deformatsiooni. Kuid see osa on endiselt kaetud musta värviga, on võimalik teda kergesti kriimustada. [12]	PC või ABS plastik. Nendes on hea tugevus, vähem kui Carrier, aga seda veel on raske füüsiliselt kahjustada. Lääkiva viimistluse tõttu on seda väga lihtne kriimustada. [7] [8]	Sõltuvalt manusest võib olla AZ91D sulamist või PC/ABS plastikust. Seepärast vaata Carrier ja Back Cover omadused.
Tunnuste varieeruvus – näitab sama liigi elementide mitmekesisus ja kui suur ta on	Kasutatakse ainult ühte standardset 9-tollist ekraani	Komponendid võivad erineda, kuid lõplik plaadi suurus on alati sama	On alati samad	Need on erineva kujuga ja sõltuvalt mudelist katavad erinevad pindalad. Mõnes kohas võivad nad toote suurust suurendada 2-3 mm.	Neil on radikaalselt erinevad kujundid, on vaja kaaluda iga elementi eraldi.
Testimise olulisus - näitab, kui oluline on see või teine element testimisel	Testide ajal kontrollitakse kõigepealt ekraani. See tähendab, et seda pindala ei tohiks muud testijaama elemendid katta.	Kuna sellel elemendil on sisseehitatud pistik ühendamiseks. Tsoon mille kaudu toimub ühendus, peaks jääma avatuks.	See osa ei osale testimises, seda pindala saab kasutada testijaamas paigaldamiseks.	See osa ei osale testimis, selle pinda saab kasutada testijaamas paigaldamiseks.	See osa ei osale testimis, selle pinda saab kasutada testijaamas paigaldamiseks.
Järeldus	Kuna suurem osa testi tehakse selle elemendiga, tuleb testijaama projekteerimisel veenduda, et selle ees oleks maksimaalselt vaba ruumi.	Kuna selle elemendi külge on paigaldatud pistik, peate selle koha piirkonnas jätma ka piisavalt vaba ruumi.	Kuna see osa on suurim, kasutatakse toote mõõtmetena teda suuruseid Samuti saab selle tagumist seinatugevuse tõttu kasutada toena.	Tulenevalt asjaolust, et see element on valmistatud pehmeimast materjalist, mida kasutatakse erandjuhtumitel Edasise arengu korral on vaja arvestada kinnitismehhanismi tugevust selle materjali suhtes.	Algse funktsiooni tõttu sobivad need kõige paremini testide ajal kinnitusena kasutamiseks. Kuna nende detailide mitmekesisus on kõigist elementidest suurim, peate iga tüübi jaoks välja töötama universaalse fikseerimismeetodi.

1.3. Testitüübid

Testimine on üks kvaliteedikontrolli tehnikatest. Valmistootte testimine on tootmise oluline osa, kuna see aitab tuvastada seadme töös tekkivaid vigu enne kliendile saatmist. Testimine toimub toote tootmise erinevatel tasanditel, et viga võimalikult varakult üles leida. Testimise ajal kontrollitakse, kas testitav toode vastab vajalikele rahvusvahelistele standarditele ja kriteeriumitele või mitte.

Eduka katsetamise korral saab toode vastavuskinnituse ja toote saab saata järgmisesse tootmistappi või kliendile. Kui mõni test ebaõnnestub, saadetakse toodet uuesti testimiseks või remondiosakonda defektide leidmiseks ja parandamiseks. Kõiki katsetamiseks kasutatavaid seadmeid tuleks samuti perioodiliselt kontrollida ja vajadusel kalibreerida.

Puutetundliku ekraani testimiseks on see ühendatud spetsiaalse varustusega - testeriga. Tester on sel juhul arvuti, mis spetsiaalsete programmide abil teostab vajalikud arvutused või installib vajalikku tarkvara. Katse jaoks vajalikud täiendavad mõõteriistad saab ühendada ka arvutiga. Mõnel juhul operaator või insener sisestab sellesse programmi andmeid käsitsi. Kõik testide käigus saadud andmed laaditakse automaatselt ettevõtte siseserverisse, kust saadud teavet saab kvaliteedi kontrollimiseks lugeda igas laboris, mis kuuluvad Stonridge ettevõttele. (vt. joonis 1.8.)



Joonis 1.8. Testimisprotsessi skeem

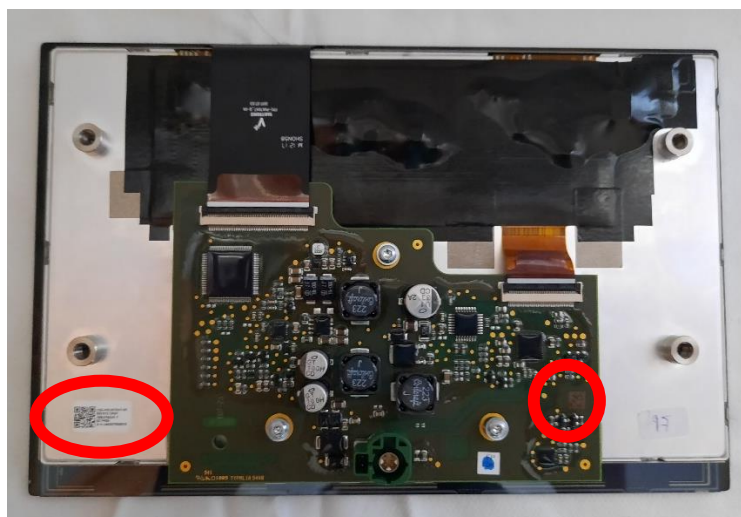
Testijaama kasutamise ajal viiakse läbi kaks peamist katsetüüpi: Eeltest ja Lõpptest. Nende eesmärged, erinevusi ja nõudeid kirjeldatakse allpool.

1.3.1. Eeltest

Eeltest viiakse läbi pärast toote sisemiste komponentide kokkupanemist. Sel ajal saab puuetundlikku ekraani juba tööks kasutada, kuid see pole veel korpusesse integreeritud. See võimaldab kontrollida kogu installitud elektroonika sooritusvõimet, kas kõik juhtmed on terved, kas komponendid on pandud kokku õigesti ja rikete korral teha parandustööd. Niisugused väiksed vead tuleb kontrollida enne korpuse paigaldamist, sest pärast korpuse paigaldamist lahti võtmine on keeruline ja see võib põhjustada tootele kahjustusi.

Eeltesti ajal toode ühendub arvutiga, millel on avatud spetsiaalne programm, mis teeb ekraanile proovikäivituse. See võimaldab kontrollida ekraani toimimist, ekraani tööd, puuetundlike nuppude tööd, energiatarvet ja viia läbi mitmeid muid teste. (Eeltestide täielik nimekiri on saadaval 1.lisas) Eeltesti programm samaaegselt loeb ekraani ja juhtplaadi seerianumbrit ning salvestab need süsteemi, et hiljem oleks võimalik tuvastada, milline komponent sellesse seadmesse paigaldati. Seerianumbrite lugemiseks kasutatakse 2D koodilugeja CAT-FM204SF-P4G, mis paigaldatakse testijaamas. [11]

Seerianumber näeb välja nagu komponentidele trükitud cuire-kood, mis pärast korpuse paigaldamist pole nähtav. (vt. joonis 1.9.)



Joonis 1.9. Seerianumbrite asukoht ekraanil ja PSB-plaatil

Asukoha eripära tõttu on vaja täiendavalt luua kinnitus, mille külge saab ekraani kinnitada ilma korpusega ja mis ei varja lugemiseks vajalikke elemente.

1.3.2. Lõpptest

Lõpptest viiakse läbi pärast toote lõplikku valmimist. Selles etapis on toode juba valmis ja on peaaegu valmis kliendile saatmiseks. Lõpptesti ajal viiakse tavaliselt läbi süsteemi lõplik kontroll, kuid mõnikord võib testimist ühendada tarkvara installimisega. Süsteemi viimane test on toimimise uuesti kontrollimine. Testimisprogramm laadib toote protsessori taotlustega ja kontrollib andmetöötluse kiirust ja täpsust. (Lõpptestide täielik nimekiri on saadaval 2.lisas) Ka sel ajal kohandatakse tarkvara tööd. Testide käigus saadud andmete põhjal väljastatakse hiljem garantiisertifikaadid, kõiki andmeid hoitakse ka serveris. [11]

Selle testi peamine raskus on mitte kahjustada valmistootte korpuse, sest isegi väikseimat kriimustust peetakse praagiks ja selle tulemusel tuleb toode uuesti osadeks võtta või maha kanda. Teine raskus seisneb selles, nagu on märgitud peatükis 1.1.2., et valmistootel on mitu korpuse varianti, aga test peaks olema võimeline testima, sõltumata kasutatavast korpuse tüübist.

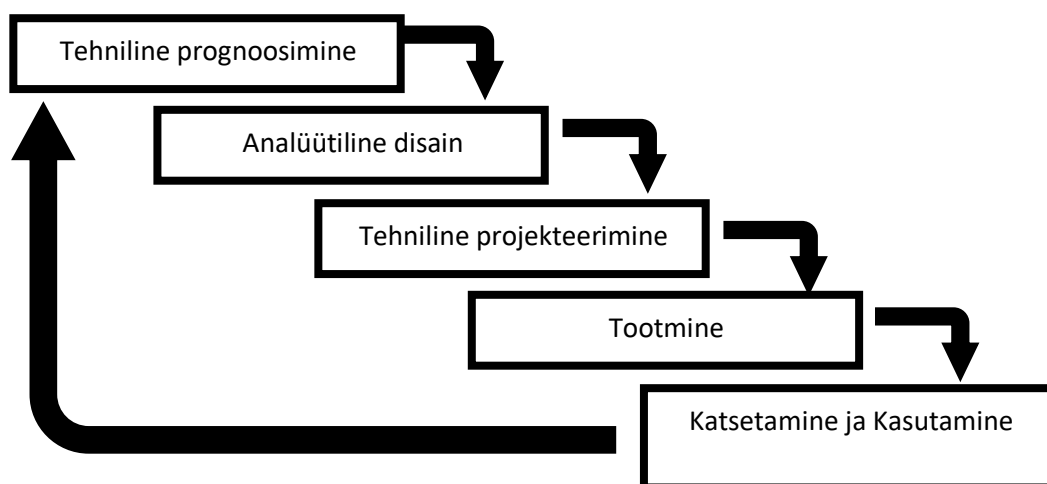
2. Testijaama arendusprotsess

Selles peatükis antakse ülevaade testijaama arendamise protsessi olulistest aspektidest. Antakse teoreetilise arendusekäigu põhjendus. Hea arusaamine sellest peatükist on oluline selleks, et tekkiks arusaam kuidas ja miks tehti järgmised tehnilised otsused.

Selle peatüki käigus sõnastatakse täielik tehniline juhend, kõigi nüansside ja tingimustega, millele lõpptoode peab vastama. Võrreldakse konstruktsiooni osade erinevaid tootmisvõimalusi. Näidatakse arenduse käigus tehtud ja ilmnunud probleeme ja vigu, ning pakutakse välja nende lahendamise meetodid.

2.1. Arengu teooria

Uute masinate, mehhanismide ja muude seadmete loomine on üsna pikk ja keeruline protsess. See eristab järgmisi etappe: tehniline prognoosimine, analüütiline disain, tehniline projekteerimine, tootmine, katsetamine ja ärakasutamine. Kirjeldatud protsessi saab esitada skeemidega. (vt. joonis 2.1.) Iga sammu kohta kirjeldatakse lähemalt allpool. [13] [14]



Joonis 2.1. Arendamise skeem teooria järgi [13]

2.1.1. Tehniline prognoosimine

Projekteerimisprognoosimine sisaldab tehniliste juhiste väljatöötamist ning teadusliku ja tehnilise teabe kogumist tehniliste probleemide lahendamise võimaluste põhjendamiseks.

Selle arenguetapi väljatöötamise käigus autor tutvus toote peamiste tehniliste omadustega. Osaliselt on seda etappi juba kirjeldatud esimeses peatükis. Veel sellel etapil oli sõnastatud tehniline ülesanne, millega on võimalik tutvuda järgmisel alatükis. [14] [15] [16]

2.1.2. Analüütiline disain

Analüütiline disain hõlmab loodud tehnilise objekti matemaatilise kirjelduse (matemaatilise mudeli) väljatöötamist ja selle objekti edasist uurimist mudeli abil. Sageli kasutatakse nendel eesmärkidel arvuteid. Matemaatilised mudelid võimaldavad saada loodud objekti arvutatud tehnilisi omadusi ja parameetreid vajalikel koormustel ja eeldatavates töötingimustes, isegi ilma loodud tehnilise objekti mitterahalise prototüübita. [14]

Testijaama kõigi komponentide üksikasjalik analüüs esitatakse allpool vastavates alampeatükkides.

2.1.3. Tehniline projekteerimine

Tehniline projekteerimine on tehnilise seadme graafilise mudeli väljatöötamine, mille järgi on võimalik loodud seadet materialiseerida, valmistades seda tootmiskeskonnas.

Jooniste ja 3D-mudelite loomiseks kasutati programmi Autodesk Inventor student license. Kõik tehtud joonised saab leida jaotisest "Lisad" ja neid tutvustatakse osaliselt ka järgmistes peatükkides. [14]

2.1.4. Tootmine

Tootmine on tehnoloogiliste protsesside kogum, mis võimaldab realiseerida eelmises punkti kavandatud toodet.

Tootmisprotsess viis läbi töö autor. Kogu protsess viidi läbi käsitsi. Tootmiseks kasutati erinevate seadmetega töökoda, mis asus Stoneridge Electronics AS ettevõtte tootmises. Stoneridge ettevõtte varustas selle töö autorit ka kõikide vajalike komponentidega. [13]

2.1.5. Katsetamine ja kasutamine

Katsetamine ja kasutamine. Need kaks protsessi on üsna sarnased, kuna toimimist võib mingil moel nimetada testiks, millel pole lõppu. Katse sisendiga kontrollitakse vastavust tehnilistele kirjeldustele. Samuti võib see etapp põhjustada kõigi eelseisvate etappide kordumist, kui avastatakse rikkeid või kui tulevikus toimub seadmete moderniseerimisel pöördumatus. Seega on see viimane etapp, aga samal ajal ka toote loomisahela esimene etapp.

Katsetamine ja lõplik kontroll viidi läbi ettevõttes tootmises. Üksikasjad lõpliku arendustulemuse kohta saab leida selle töö kolmandast peatükist. [13]

2.2. Tehniline ülesande sõnastamine

Nagu varem mainitud, on selle töö eesmärk luua Volvo SID puuetundlikule ekraanile katsejaam. Pärast arendamist kasutatakse seda jaama Stoneridge'i tootmises. Selle jaama eesmärk on lihtsustada valmistoote testimisprotsessi ja/või tootevigade analüüsimist.

Lõpptulemus peab vastama järgmistele kriteeriumidele:

- Võimaldama toote testimist enne lõppkoostamist;
- Lihtsustada toote veaotsingut selleks ettenähtud töökohas;
- Olema usaldusväärne ja vastupidav;
- Kindlalt kinnituma testitava toode külge;
- Olema universaalne kasutamiseks erinevate tootemudelitega;
- Olema hõlpsasti teisaldatav;
- Ei kahjusta valmistooteid;
- Olema odavam kui võimalikud analoogid;
- Omama ESD – kaitset;

2.3. Kinnitusmehhanism

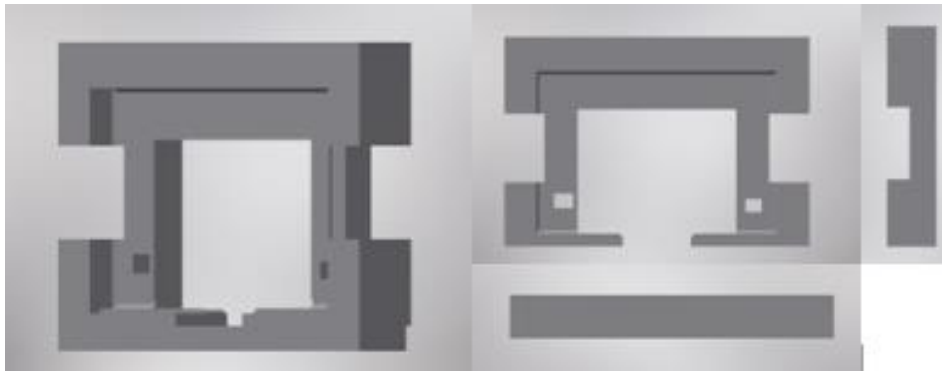
Nagu varem peatükis 1.1 mainitud, Volvo SID puuetundlik ekraan koosneb mitmest erinevast elemendist. Peatükis 1.2 tehtud järelduse põhjal on kõige sobivam konstruktsioonelement, mille abil on võimalik fikseerida toote testijaamaas, *Bracket* (toeng/kinnitus).

Kuna tootmises kasutatakse praegu vähemalt kahte erinevat kinnituse detaile, oli vaja välja töötada universaalsed kinnitusmehhanismid. Samuti, kuna eeltesti ajal oli ekraan endiselt ilma korpuseta, oli vaja teha täiendav kinnitusviisi, mis ei kasutaks *Bracketi*.

2.3.1. Põhikinnitus

Põhikinnitus või universaalne kinnitus on osa, mille külge oleks võimalik kinnitada katsetatav objekt.

Alguses kavandati raam, kuhu oleks võimalik ekraani sisestada ja see hoiaks ekraani tema oma raskust kasutades, kuid see kinnitusvalik polnud usaldusväärne ega mugav, kuna nõudis, et ekraan oleks kogu aeg horisontaalasendis. Pärast seda otsustati lisada veel üks spetsiaalne lukustusmehhanismi, pneumaatilist silindrit, mida käsitletakse ühes järgmistest peatükkidest. (vt. joonis 2.2.)



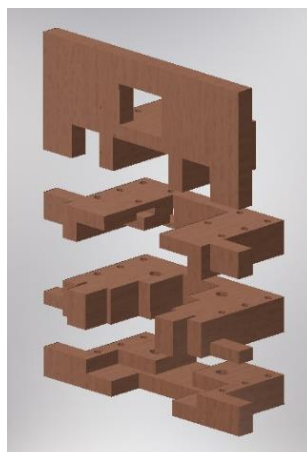
Joonis 2.2. Esiraami põhivaade / eestvaade / pealtvaade / külgvaade

Oli vaja lisapinda, et kuskile saaks paigaldada pneumaatilise silindri. Otsustati lisada aukudega lisaraam, mis oleks ekraani aluste aukude suhtes sümmeetriline ja mille kaudu oleks ekraani võimalik kinnitada tihvtide abil.

Tuginedes aluste geomeetrilistele omadustele kujundati järgmine detail. Selle abil saab kinnitada mõlemat tüüpi aluseid. (vt. joonis 2.3.)



Joonis 2.3. Kinnituse põhivaade / eestvaade / pealtvaade / külgvaade

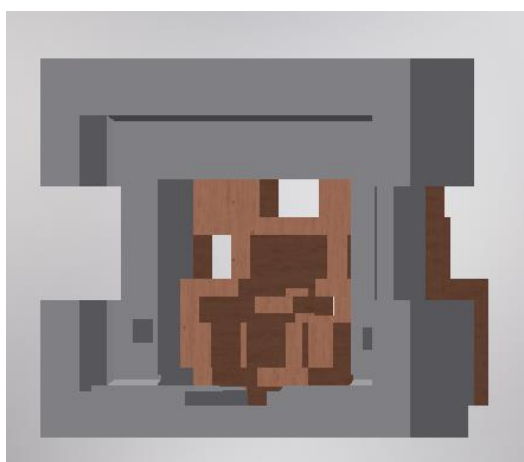


Joonis 2.4. Jagatud kinnitus

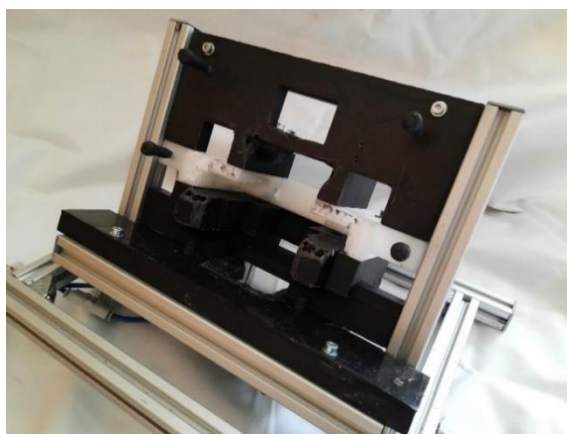
Alguses oli kavas saadud struktuur valmistada metallist või tihedast plastist, kasutades freespinkki. Siiski otsustati proovimustrite tegemiseks kõigepealt kasutada 3D-printerit, et kontrollida suuruste

õigsust, nii et peale seda oleks selliseid mustreid palju lihtsam parandada ja anda soovitud kuju. Mugavamaks printimiseks jaotati algne kujundus neljaks osaks. (vt. *joonis 2.4.*) Kasutati 3D-printerit, mis printis iga detaili PC-plastist. Detailide sisemine täitematerjal 65% -ni plastikust. Omavahel ühendatakse osad 120 mm M4-poltide abil. Esiraami mõõtmed on 300 mm kuni 180 mm, aga kuna 3D-printeri võimaliku printimise suurus oli 200 mm kuni 200 mm, küsiti esiraami valmistamise hinnapakumine ettevõttest, mis tegeleb 3D trükkimisega.

Kuna selle töö keskmine hinnapakumine algas 150 eurost, mida saaks võrrelda metallist detaili töötlemise hinnaga ja ka oodatud tarneaeg oli ka päris suur (kokku umbes kaks nädalat), oli ostustatud mitte teha seda detaili. Lõpuks oli tehtud kõik kinnitusdetailid, välja arvatud esiraam. (vt. *joonis 2.5. ja 2.6.*)



Joonis 2.5. Kinnituse lõplik 3d mudel



Joonis 2.6. Kinnituse valmistatud versioon paigaldatud korpuses

See otsus oli õige, kuna jaama kokkupanemise käigus tuvastati mõned kavandamisvead. Selle informatsiooni põhjal tehti hiljem uued 3D-mudelid ja joonised. Hiljem, kontroll test pärast otsustati esiraamist täielikult asendada ja selle asemel otsustati kasutada reguleeritavaid kronsteineid. Kõik kinnitusmehhanismi joonised on saadaval lissas 4.

2.3.2. Täiendav kinnitus

Kuna eeltesti jaoks oli vaja kasutada ekraani ilma korpuseta, otsustati teha täiendavad kinnitused. Lisakinnitus on spetsiaalselt projekteeritud ekraanikorpus, millesse on võimalik ekraani kinnitada ilma tavalisi kruvisid ja liimi kasutamata. Kui ekraan on sel juhul fikseeritud, saab kinnitada seda konstruktsiooni testijaamas nagu tavalise lõpptesti ajal.

Samuti, kuna testi ajal tuleks ikkagi lugeda PCB-plaadist ja ekraanilt trükitud cuire-koodi, siis nii lisakinnitusse kui ka põhikinnitusse on tehtud vajalikesse kohtadesse augud. (vt. joonis 2.7.)



Joonis 2.7. Aukude asukoht täiendav kinnituse

2.4. 2D koodilugeja

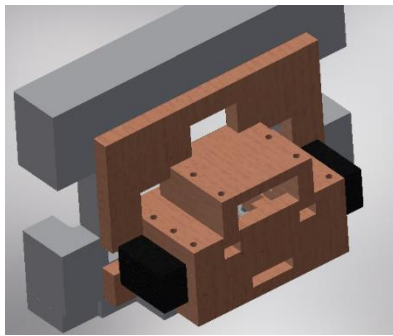
Seerianumbri lugemiseks kasutatakse Jadak koodilugeja mudelit CAT-FM204SF-P4G. (vt. joonis 2.9.) Seda koodilugejat kasutatakse kahel põhjusel. Esiteks on see üsna kompaktne ja suudab lugeda teavet suurte nurkade alt ning selle töökaugus on maksimaalselt 250 mm, mis vastab täielikult vajadustele. Teine põhjus on järgmine: kuna seda konkreetset koodilugeja mudelit (CAT-FM204SF-P4G või CAT-FM204SF-P5G) kasutatakse Stoneridge'i tootmises kõige sagedamini, siis neid koodilugejaid on laos palju, mis võimaldab uue skanneri ostmiseks lisaraha mitte kulutada.

Sagedase kasutamise tõttu on enamus tarkvara selle kasutamiseks juba konfigureeritud ja tulevikus ei ole vaja täiendavaid *draivereid* installida ega muid töid olemasolevatesse võrku integreerida.

Kokku kasutatakse kahte identset skannerit, mida paigaldatakse põhikinnituse servadele. (vt. joonis 2.10.)



Joonis 2.9. Koodilugeja CAT-FM204SF-P4G [17]



Joonis 2.10. Koodilugeja asukoht testijaamas

2.5. Pneumaatiline süsteem

Projektis kasutatud pneumaatiline süsteem koosneb pneumaatilistest ühesuunalistest ja kahe-suunalistest silindritest, drosselklappidest, ventiilidest, baromeetrist ja mitmesugustest ühenduselementidest. Pneumatika on usaldusväärne ja praktiline lahendus kasutamiseks lukustusmehhanismidena. Pneumaatilise silindri konstruktsioon võimaldab teha päris lihtsat mehhanismi ilma suure hulga lisaosade kasutamiseta, mis omakorda vähendab purunemise tõenäosust. Selle süsteemi peamine puudus on vajadus järjekordse energiaallikate järele.

Pneumaatilise süsteemi töötamiseks tööstuses tavaliselt kasutatakse suruõhku või kokkusurutud inertgaase. Töötamiseks peab jaam olema ühendatud rõhuallikaga. Tavaliselt kasutatakse elektriajamiga kompressoreid, mis panevad tööle silindreid, pneumomootoreid ja muid pneumaatilisi seadmeid. Kompressori vajadus tavaliselt suurendab kogu süsteemi eelarvet ja tähendab, et kogu süsteem peab olla statsionaarne. Need puudused kompenseeritakse sellega, et Stoneridge tootmises on olemas suur kompressor, millest väljuvad kommunikatsioonid, mis jooksevad mööda tervet tehist ja moodustavad suure võrgu. See tähendab, et ekraani kinnitamiseks kasutatavat pneumaatikat saab ühendada tootmispinna igas punktis. [18]

Veel üks põhjus, miks oli valitud pneumaatiline süsteem on see, et selle komponendid pakuvad elektrimootoritele ja ajamitele odavamaid lahendusi. Kui alustada võrdlust samas hinnaklassis, selgub, et pneumaatilistel elementidel on suur jõud ja nagu varem mainitud, ei vaja nad ülesande täitmiseks keerukate mehhanismide kasutamist.

2.5.1. Pneumaatiliste komponentide analüüs

Paljud erinevad ettevõtted toodavad pneumaatilisi elemente. Stoneridge Electronics AS eelistab SMC pneumaatilisi seadmeid osta, kuid isegi sel juhul oli võimalike komponentide valik piisavalt lai. Kõik kasutatud komponendid võib jagada kahte rühma. [19]

Esimene rühm on universaalsed elemendid, mida saab kasutada kõikide seadmetega, mis töötavad samas rõhuvahemikus, antud juhul see vahemik on 0 kuni 6 baarini. Sellesse rühma kuuluvad baromeeterid, drosselid ja mitmesugused ühenduselemendid. Kõik need valiti torude ristlõike suuruse järgi, mis oli 6 mm, ja rõhu järgi, mida süsteemis kasutatakse, see oli vahemikus 0 kuni 6. Need detailid toodi varuosade laost.

Teine rühm on elemendid, mis tuleb konkreetsete projektiülesannete jaoks eraldi valida. Need on pneumaatilised ventiilid ja silindrid. Ventiilid tavaliselt jagunevad kaheks tüübiks: need mis aktiveeritakse suruõhuga või elektri abil (Solenoidventiilid). Kuna kogu süsteemi juhitakse kontrolleri abil, on vaja kasutada teist tüüpi. Töös oli kasutatud SMC ventiile syj3143-5lou-q. Need oli valitud sellepärast, et uued solenoidventiilid maksab umbes 70 eurot, mis oli päris palju projekti eelarve kohta. Kuna valitud ventiili mudelit kasutatakse tootmisel ka teistes jaamades, siis on võimalik vähendada koostamise hinda, kuna need oli Stoneridge'i laos olemas. [20]

Mis puutub pneumosilindreid, siis nende spetsifikatsioone on palju ja need võivad erineda suuruse, kolbi pikkuse ja suuruse poolest, kaalu ja jõu järgi. Vajalike omaduste paremaks mõistmiseks peab eraldi kaaluma mehhanisme, milles neid kasutatakse.

2.5.2. Lukustusmehhanism

Testitava toote kinnitamiseks otsustati kasutada spetsiaalset disainilahendust, mida on kirjeldatud peatükis 2.3, ja pneumaatilisi silindreid. Selle mehhanismi idee on järgmine; Iga puutetundliku ekraani korpuse kinnituses on olemas avad, mida kasutatakse ekraani paigaldamiseks autosse. Otsustati kasutada neid ka ekraani kinnitamiseks testijaamas. Pärast toote paigaldamist kinnitusdetaili, peavad need augud kattuma kinnitusdetailide aukudega. Pärast seda tuleb aktiveerida silinder, et see fikseeriks ekraani fikstuuri külge nende aukude kaudu.

Sellisel juhul peab mõistma nende aukude ja silindrite asukoha eripära. Nagu joonistel on näha, sõltuvalt kinnituse tüübist tasanditest, kus nad asuvad. (vt. joonis 2.11.)

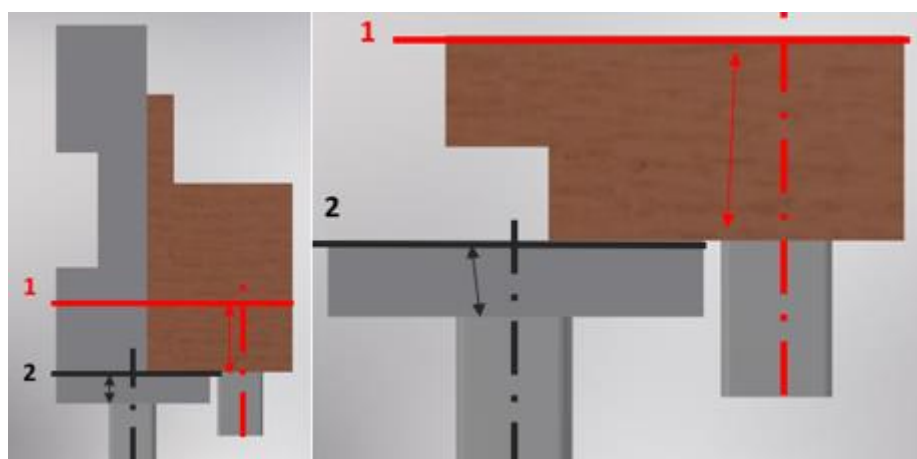
Number 1 all on esimest tüüpi plastist kinnitus, mille avade läbimõõt on 10 mm. Silindri tasapinna ja kinnitusdetaili vaheline kaugus on 50 mm. (vt. joonis 2.12.)

Numbri 2 all on teist tüüpi magneesiumi kinnitus, selle avade läbimõõt on 8 mm, silindri tasapinna ja kinnitusdetaili vaheline kaugus on 20 mm. (vt. joonis 2.12.)

Mõlema kinnituse paksus avade lähedal on 3,5 mm. Kolb peaks avadest läbi minema ja selleks on veel jäänud paar millimeetrit varu.



Joonis 2.11. Augu asukoht



Joonis 2.12. Avade asukoht aluse suhtes

Neid andmeid teades võib järeldada, et on vaja silindrit, mille pika kolvi käik on vahemikus 25 mm kuni 55 mm ja paksus on vähemalt 6 mm. Sellel juhul on silindri käik, mis on vajalik ainult kinnitamiseks, alates 5 mm või rohkem. Selle põhjal saab ette tuua mitmeid lahendusi. Võib valida silindri, mille kolvi käigu pikkus on maksimaalne ja ta fikseerib ekraani. Teine võimalus on see, et võib võtta silindri, mille kolvi käik on 5 mm ja teha pikendus, mis pikendab kolvi soovitud kauguseni.

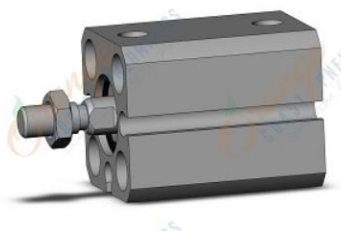
Järgmisena kaalutakse ja analüüsitakse nende karakteristikud.



Joonis 2.13 Pneumaatiline silinder CQSB12-10S [21]

CQSB12-10S – Kolvi käigu pikkus varieerub võrdeliselt läbimõõdu muutusega. (vt. joonis 2.13.) Antud juhul on kõige sobivam läbimõõt 10 mm ja sellega maksimaalne võimalik käik on 15mm. [21]

- Ühe või Kahesuunaline, ühe vardaga, kompaktne silinder
- Avade suurused: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100
- Standardne kolvivahe: 5 kuni 100
- Hind: 16,03 euro



Joonis 2.14. Pneumaatiline silinder CQSB12-15DM [22]

CQSB12-15DM– Kolvi käigu pikkus varieerub võrdeliselt läbimõõdu muutusega. (vt. joonis 2.14.) Antud juhul on kõige sobivam läbimõõt 12 mm ja sellega maksimaalne võimalik käik on 18 mm. [22]

- Kahesuunaline, ühe vardaga, kompaktne silinder
- Avade suurused: 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100
- Standardne kolvivahe: 5 kuni 100
- Hind: 21,96 euro



Joonis 2.15. Pneumaatiline silinder CDU6-60D [23]

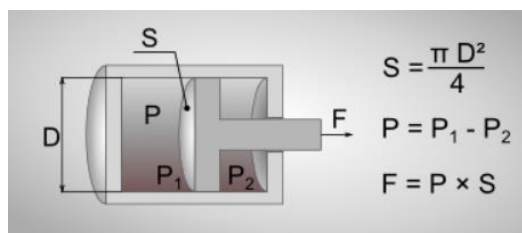
CDU6-60D– Kolvi käigu pikkus varieerub võrdeliselt läbimõõdu muutusega. (vt. joonis 2.15.) Antud juhul on kõige sobivam läbimõõt 10 mm ja sellega maksimaalne võimalik käik on 35 mm. [23]

- Kahesuunaline, ühe vardaga
- Avade suurused: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 24, 32
- Standardne kolvivahe: 5 kuni 50
- Hind: 55,66 euro

Sellest tulenevalt võib järeldada, et kõigi silindrite puhul on kolvi suurus võrdeline selle käiguga. Kuna nõutav diameeter on piisavalt väike ja käigu pikkus üsna väike, siis ainsaks variandiks on kolmas tüüp CDU6-60D.

Silindri rõhujõudu valemi järgi, kus "S" on kolvi pindala ja "P" on rõhk süsteemis, selgub, et igal tüübil silindrite rõhku peetakse samaks. See tähendab, et hind jääb peamiseks kriteeriumiks. Kuna kolmandal tüübil on kõrgeim hind, langeb see välja. (vt. joonis 2.16. ja tabeli 2.1. järgi)

Tegelikult selles mehhanismis on oluline ainult see, et mehhanism fikseeriks toote, ehk kuidas silinder liigub edasi. Kiirus, millega ta liigub tagasi pole oluline. Selletõttu, kulude edasiseks vähendamiseks otsustati kasutada ühepoolseid silindreid. Seega sobib ainult esimene variant, sest teda on võimalik tellida ühesuunalisena. [24]

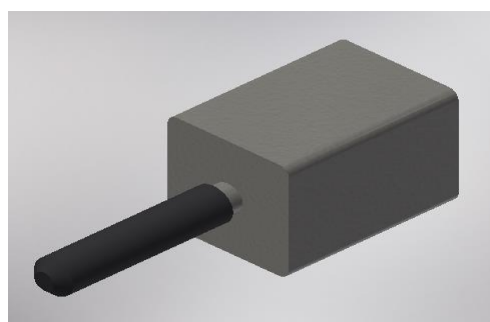


Joonis 2.16 Silindri rõhujõu valem [24]

Tabel 2.1. Silindri rõhujõudu valemi arvutused

	CQSB12-10S	CQSB12-15DM	CDU6-60D
S(mm²)	78,5	113,04	78,5
P(Ba)	6	6	6
F(N)	47,1	67,824	47,1

Kuna valitud silindri kolvi liikumise pikkus on lühem kui silindri ja kinnituse vaheline kaugus, oli tehtud pikendus. Pikendus oli ettevalmistatud treipingi abil ja näeb välja nagu metallist valmistatud silinder, mille pind on kaetud kummiga. Ühelt poolt tehakse keere, millega see pneumaatilise silindri külge kinnitatakse. Teisest küljest on auku sisenemise hõlbustamiseks tehtud kitsendus e. faas. (vt. joonis 2.17.)



Joonis 2.17 Pikendus koos pneumosilindridega

2.5.3. Konnektori liikumismehhanism

Konnektori liikumismehhanismi abil ühendatakse testitav toode arvutiga, mille kaudu viiakse läbi erinevad testid, mida on kirjeldatud peatükis 1.3. Nagu juba oli öelnud, PCB-plaadis asub pistik, mille kaudu ekraan hiljem ühendatakse autokompuutriga ja mille kaudu ta võtab vastu toidet ja signaale. (vt. joonis 2.18.) Seda pistikut kasutatakse ka testimisseadmete ühendamiseks. Tulevikus kasutamisel, "VOLVO SID" on ühendatud autoarvutiga läbi selle pistiku spetsiaalse juhtmega. Kuna on oluline, et oleks hea ühendus ja signaali kvaliteet säiliks kogu aeg, sõltumata auto liikumisel tekkiva vibratsioonist, antud juhe on projekteeritud selliselt, et tihedalt istuks pesas. Selle fakti tõttu on võimatu kasutada originaaljuhett, sest juhtme mitmekordne ühendumine pesaga ja juhtme pesast välja võtmine võib tekitada nende riket. Pesa rikkumise vältimiseks, testimise ajal VOLVO SID puutetundliku ekraani testimisriistvaraga ühendamise jaoks kasutatakse spetsiaalset konnektorit.



Joonis 2.18 VOLVO SID pistik [11]

Projekti jaoks kasutatakse originaalset konnektorit INGUM HFS-819, sellel pole kinnitusemehhanismi, ning see siseneb ja väljub vabalt. (vt. joonis 2.19.) Tal on keeruline kuju, ühelt poolt on see pistikuga ühendatav osa, teisest küljest on teiseldatav osa, mille külge on kõik juhtmed kinnitatud. Kõik muud konnektori pinnad on siledad, mis raskendab konnektori kinnitamist liikumismehhanismiga. [25]

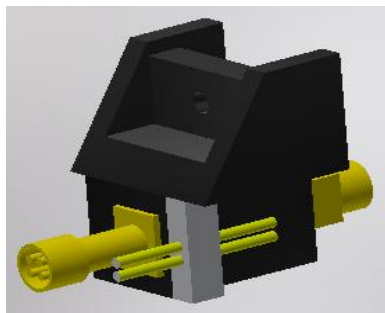


Joonis 2.19 Konnektor INGUM HFS-819 [25]

Selle mehhanismi peamised nõuded on järgmised:

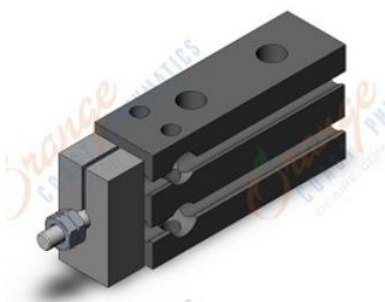
Kasutatav konnektor peab liikuma pistiku sisse ja välja väga täpselt, et mitte kahjustada teda. Selle tõttu on vaja teha niisugust liikumismehhanismi, et oleks võimalik muuta selle positsiooni pistiku suhtes. Selleks otsustati teha kogu mehhanismi jaoks kinnitus, mille asukohta saaks kruvide abil reguleerida.

Konnektor peab olema silindri külge kindlalt kinnitatud, ja samal ajal peaks olema võimalus juhtmeid sellega ühendada. Nagu varem mainitud, pistiku keeruka kuju tõttu on vaja teha spetsiaalne adapter, mille kaudu oleks võimalik konnektor silindri külge kinnitada. Valmistati järgmise vormiga korpus, mida tehti ka 3D-printeriga testimiseks. (vt. joonis 2.20.)



Joonis 2.20 Projekteeritud korpus

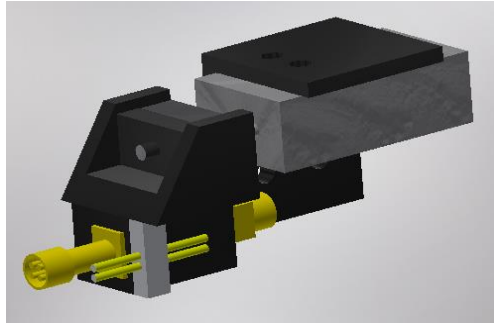
Kogu mehhanismi liikumine peab olema sujuv ja täpne. Erinevalt kinnitusmehhanismilt, liikumismehhanismi asukohta saab muuta. Peamine on see, et see peab olema pistikuga ühel teljel. Esialgse plaani järgi oli plaanitud kasutada samasugust silindritüüpi nagu kinnitusmehhanismis. Testemise ajal leiti, et tavaline ühe vardaga silinder ei sobi, sest liikumise ajal projekteeritud korpus hakkas pöörlema ümber telje. Selle probleemi lahendamiseks ühe vardaga silinder CQSB12-10S oli asendatud kahe vardaga silindriga CDUK6-10D. (vt. joonis 2.22.)



Joonis 2.21 Pneumaatiline silinder CDUK6-10D [26]

CDUK6-10D – Kolvi käigu pikkus varieerub võrdeliselt läbimõõdu muutusega. (vt. joonis 2.21.) Antud juhul on kõige sobivam läbimõõtu 10 mm ja sellega maksimaalne võimalik käik on 15mm. Tänu sellele saab keha liikuda ainult ühel tasapinnal. Liikumise kiirust edasi ja tagasi reguleerib drossel. [26]

- Kahesuunaline, kahe vardaga
- Avade suurused: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 24, 32
- Standardne kolviahemik: 5 kuni 50
- Hind: 40.91 euro

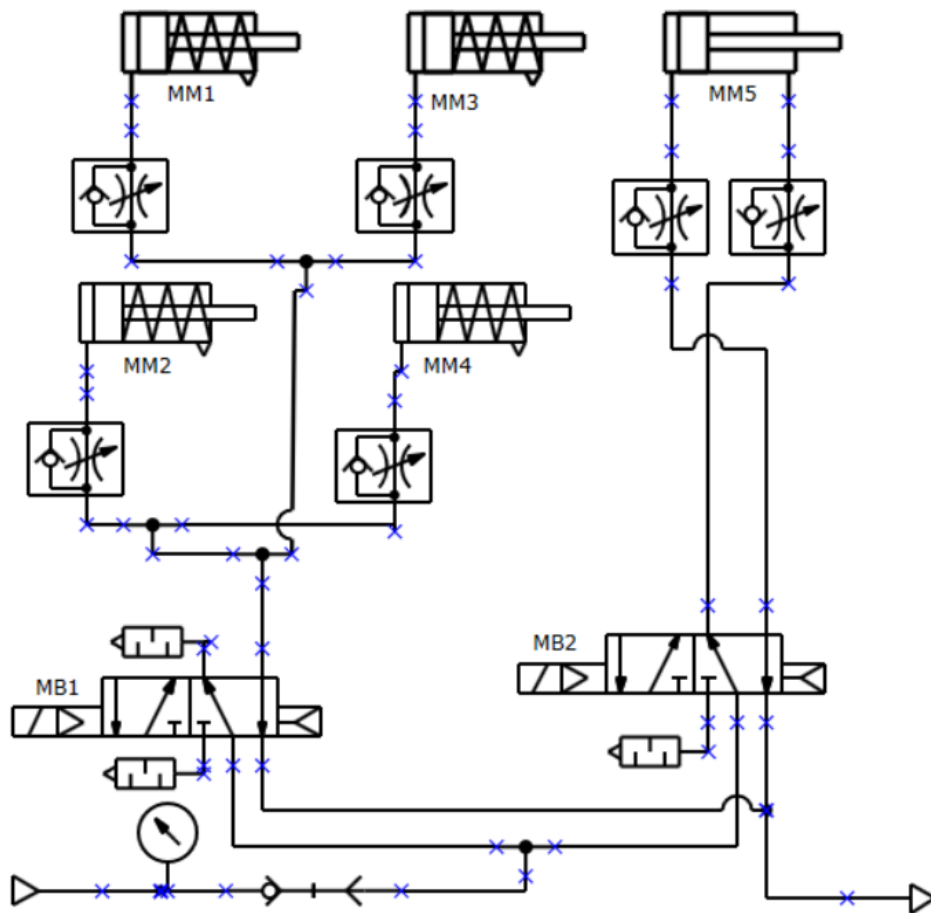


Joonis 2.22 Kogu konektori liikumismehhanism

Kõik konektori liikumismehhanismi joonised on saadaval liisas 5.

2.5.4. Pneumaatilise süsteemi skeem

See skeem näitab testijaama pneumaatilise süsteemi ülesehitust. (vt. *joonis 2.23.*) Sellel on skemaatiliselt joonistatud kinnituse ja konektori liikumismehhanismi pneumaatiline osa. Skeem on koostatud "SMC Pneumatic Circuit Diagram Creation Program" programmi abil. Allpool on ka esitatud nimikiri koos skeemis kasutatud sedmetega. [27] (*tabeli 2.2. järgi*)



Joonis 2.23 Pneumaatilise süsteemi skeem

Kasutatavate komponentide nimikiri on järgmine.

Tabel 2.2. Pneumaatika süsteemis kasutatud seadmed

Elemendi nimetus	Selgitus	Kasutatud seadmed
MM1-MM4	Pneumaatiline silinder	SMC CQSB12-10S [21]
MM5	Pneumaatiline silinder	SMC CDUK6-10D [26]
MB1-MB2	Pneumaatiline klapp	SMC syj3143-5lou-q [20]
DR1-DR6	Drossel	AS1002F [28]
BR1	Baromeeter	G(A)36 [29]
F1-F3	Õhufilter	ANA1/ANB1 [30]

2.6. Elektrisüsteem

Elektrisüsteem koosneb PLC kontrollerrist, toiteallikast, elektriklappidest ja erinevatest lülititest. Nagu eelmises alatükis juba mainitud, aktiveeritakse kogu pneumaatika läbi elektriklappide, mida juhib PLC kontrollerr.

2.6.1. PLC – kontrollerr Mitsubishi FX1N

Programmeeritav loogiline kontrollerr (PLC) või programmeeritav kontrollerr on tööstuslikult kasutatav digitaalkompuuter, mis on tugevdatud ja kohandatud tootmisprotsesside jaoks.



Joonis 2.24 Mitsubishi FX1N PLC kontrollerr [31]

Näiteks konveieri või robotiseadmete juhtimiseks või mistahes toiminguks, mis nõuab suurt töökindlust, programmeeritavust ja lihtsust rikke tuvastamisel. Jaama valmistamiseks valiti Mitsubishi kontrollerr FX seeriast. [31] [32](vt. joonis 2.24.)

FX-seeria kontrollerrid on kulutõhusad lahendused väikeste ja keskmiste suuruselga juhtimis- ja positsioneerimisülesannete jaoks tööstuses. Nendel kontrollerritel on 10 kuni 256 sisendit ja väljundit. Kontrollerrite rühmasid on võimalik ühendada ühte võrku või ühendada serveriga. Serveri kaudu on veel võimalik nende tööd reguleerida. Seda kontrollerrite perekonda Stoneridge tootmises kasutatakse juba pikka aega, mis tähendab, et neid kontrollerrid on Stonridge'i laos palju, mis omakorda võimaldab uue kontrollerride ostmiseks lisaraha mitte kulutada. [33]

Veel üks eelis on selles, et kontrollerrite operatsioonisüsteem on päris arusaadav ja väga mugav programmeerida. Kogu protsess toimub Mitsubishi tarkvarakeskkonnas, mida nimetatakse GX works2/3. [34]

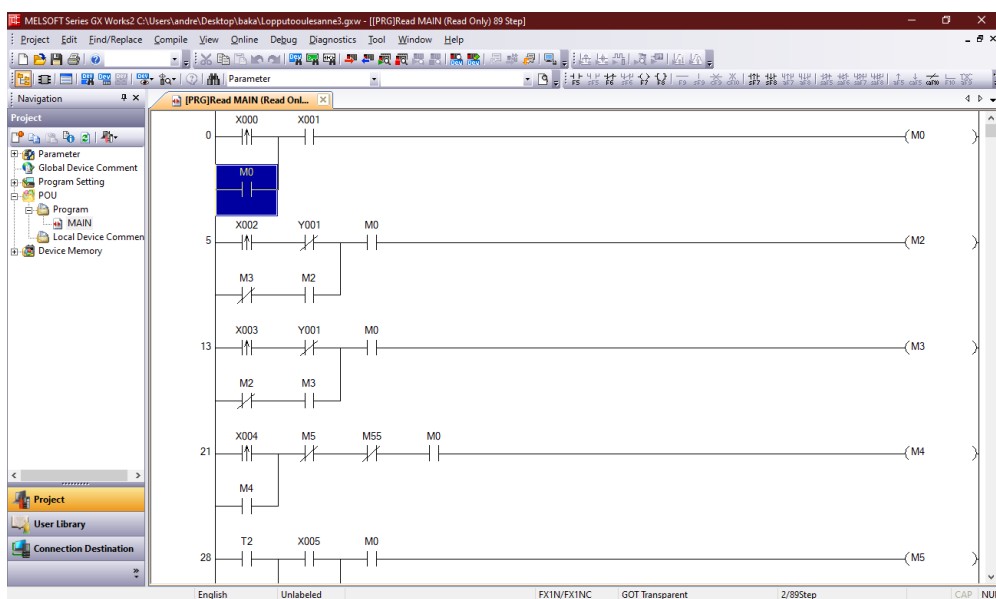
Kasutatava kontrollerride mudeli täpne nimi on Mitsubishi FX1N. See kontrollerr on kõige väiksem seerias, selle mälu on piiratud 2000 reaga ja sellel on ainult 30 sisendit ja väljundit. Nagu praktika on näidanud, oli projekti jaoks selline mälumaht piisav ja ei pidanud täiendavaid mooduleid lisama. Kuna see kontrollerr töötab 24 voltiga ja tal pole 220-voldist transformatori, tuli kasutada välist toiteplokki transformatoriga. [31]

2.6.2. Kontrolleri tarkvara

Nagu varem mainitud, on Mitsubishi välja töötanud oma programmi, mille abil on võimalik programmeerida nende tootmiskontrollereid. Praegu on programmil kaks aktuaalset versiooni: GX works2 ja GX works3. Mõlemad on saadaval ainult tasuliste litsentsidena, seega andis Stoneridge autorile sellele ligipääsu piiratud ajaks. [35](vt. *joonis 2.25.*)

Versioonide peamine erinevus seisneb selles, et teine versioon toetab kontrollereid, mis oli toodetud 2015 aastal või varem; kolmas versioon aga toetab kõiki kontrollereid, mis on toodetud nii enne kui pärast 2015 aasta. Kolmas versioon on muutunud täpsemaks ja toetab mitmeid programmeerimiskeeli, teine aga ainult ühte - Ladder logic. Seda programmeerimiskeelt kasutatakse laialdaselt PLC programmeerimisel, kus on vaja järjestikust protsessi või tootmise juhtimist. Redeliloojika on kasulik lihtsate, kuid oluliste juhtimissüsteemide jaoks. Keelt ennast võib vaadelda ühenduste kogumina loogiliste lülituste (contacts - kontaktide) ja ajamite (coils - mähiste) vahel. Kui kinnitatavate (tõeste või "suletud") kontaktide kaudu saab sammu vasaku külje ja väljundi vahel jälgida rada, on samm tõene ja väljundmähise salvestusbitt on kinnitatud (1) või tõene. Kui teekonda pole võimalik jälgida, siis on väljund vale (0) ja "mähist" analoogia põhjal elektromehaaniliste releede suhtes loetakse "energiata". [6]

Kuna kasutatav kontrolleri on dateeritud 2011. aastaga, vastavalt sellele oli võimalik kasutada ainult programmi teist versiooni. Vaatamata vanusele oli programmi graafiline liides üsna mugav, vajadusel oli võimalik pöörduda abimenüü poole, et täpsemalt lugeda, kuidas konkreetne loogiline funktsioon või taimer töötab. Programm võimaldab käivitada ka kontrolleri simulatsiooni ilma nende omavahelise ühendamiseta.



Joonis 2.25 GT Works 2 interface näidis koos koodiga [34]

2.6.3. Kood ja algoritm

Enne programmeerimise alustamist oli vaja uurida programmide põhimõtet. Selleks tehti mitu lihtsat harjutust vastavalt kasutusjuhendile. (vt. joonis 2.26.)

Algoritmi tähenduse paremaks mõistmiseks peab kõigepealt mõistma põhioõudeid, millele kood peab vastama.

- Peab olema programmi hädastopp, mis aitab peatada kõik tsükliid, juhul kui tekkis mingi ohtlik olukord.
- Kasutaja peab käsitsi valima soovitud testiprogrammi.
- Peab olema kaks erinevat programmi, Eel- ja Lõpptest.
- Nuppude korduva vajutamise eest peaks olema kaitse.

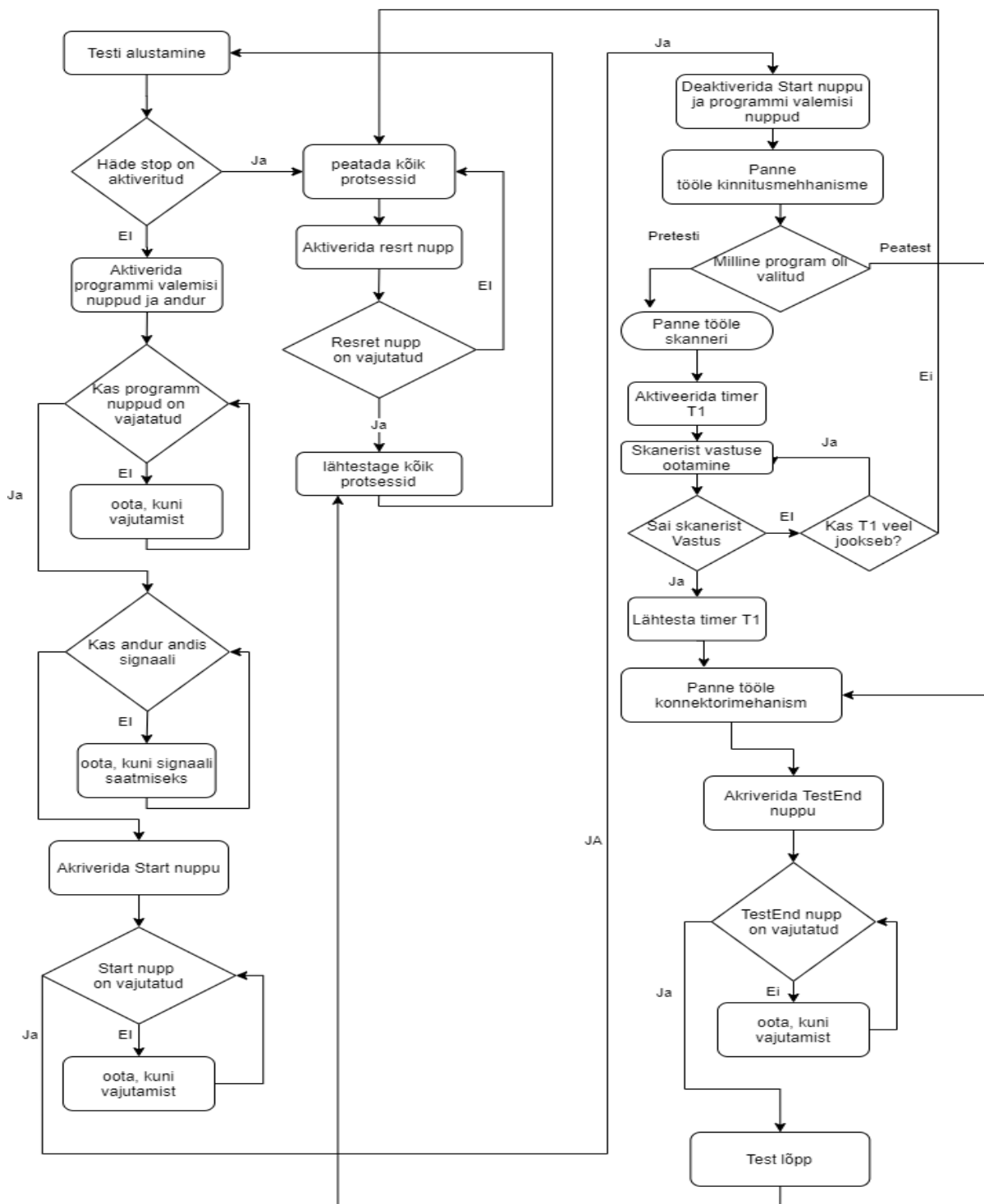
Pärast teatud kavandamisega ja proovikatseid koostati järgmine töö algoritm. Enne selgituse alustamiseks, on vaja natuke rääkida kaitsme režiimist, mille tegi autor nuppude ja lüliti jaoks. Kõigi lülitite ja nuppude jaoks on programmis tehtud kaitse, mis teeb enneaegse nupuvajutuse kasutuks. See tähendab, et kui kasutaja soovib vajutada näiteks test-režiimi valimise nuppu, ajal, millal režiimi valimise samm juba möödus, ei toimu midagi. Sama asi tekib näiteks reset nupuga, kuna programm veel ei ole peatatud.

Kui PLC-kontroller on sisse lülitatud, tehakse pidevalt sama kontroll, et näha, kas stopp-nupp on aktiveeritud. Kui jah, siis kõik programmid peatakse etapil, kus nad on. Pärast seda aktiveeritakse restart nupp. Programm ei ole võimalik panna käima enne, kuni operaator vajutab seda nuppu.

Pärast vajutamist lähtestatakse kogu tsükkel ja programm käivitub uuesti. Kui stopp-nuppu pole vajutatud, liigub tsükkel järgmisse sammu. Pärast seda saab operaator sisestada testitava toote jaama ja valida soovitud testimisrežiimi. Programm ootab andurilt signaali, mis kontrollib signaalide saadavust jaamas. Kui andurilt saadav signaal on vastu võetud ja režiim valitud, operaator peab alustamise kinnitamiseks vajutama start nuppu. Pärast seda toimingut ei saa korduvalt nuppu Start või režiimi valides nuppu enam kasutada. Pärast seda aktiveeritakse pneumaatiline ventiil, mis vastutab kinnitussüsteemi eest.

Nüüd valitud testimisrežiimi põhjal algab üks kahest tsüklist. Eeltesti korral aktiveeritakse koodilugeja ja spetsiaalne taimer. Kontroller ootab koodilugejalt vastust, et seerianumber on loetud. Kui vastust pole, korraldatakse katset seni, kuni taimer töötab. Niipea kui taimer lõppeb, peatatakse kõik protsessid automaatselt ja kuvatakse vastavalt viga. Kui saadi signaal, et seerianumber on loetud, lähtestatakse taimer nulli ja programm liigub järgmisse sammu. Kui oli valitud lõpptestimisrežiim, siis jäetakse see samm vahele.

Viimase sammu ajal aktiveeritakse pneumaatiline ventiil, mis vastutab konnektori liikumise mehhanismi eest. Pärast seda ühendatakse testijaama puuetundliku ekraaniga ja algavad peamised testid. (peatükk 1.3.) See etapp kestab, kuni kontrolleri ei saa arvutilt signaali, et seda sammu on võimalik lõpuni viia, või kuni operaator ei vajuta testimise lõpu nuppu. Pärast seda lähtestatakse kõik tsüklid ja toode saab testijaamast välja võtta.

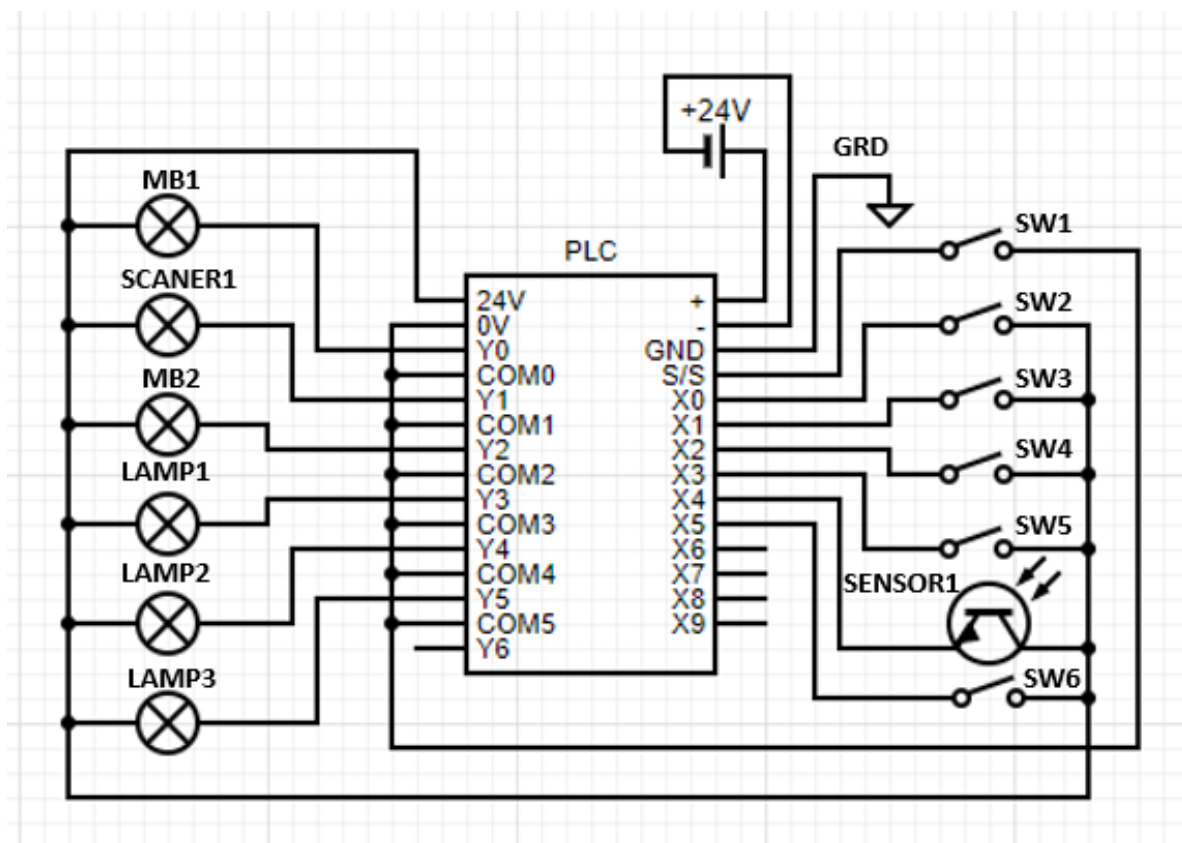


Joonis 2.26 Programmi algoritm [36]

Kood töötab õigesti, võtab programmis umbes 120 rida. Täiskood on esitatud lisa 3.

2.6.4. Elektrisüsteemi skeem

See skeem näitab testijaama elektrisüsteemi ülesehitus. (vt. joonis 2.27.) Nendel on skemaatiliselt joonistatud testijaama elektreline osa ühendus koos PLC kontrolloriga. Skeem on koostatud "Circuit Diagram Web Editor" programmi abil. Allpool on ka esitatud nimikiri koos skeemi kasutatud elementidega. [37](tabeli 2.3. järgi)



Joonis 2.27 Elektrisüsteemi skeem

Kasutatavate komponentide nimikiri on järgmine.

Tabel 2.3. Elektrisüsteemi kasutatud sedmeid

Elemendi nimetus	Selgitus	Kasutatud seadmed
PLC	PLC kontrollor	Mitsubichi FX1N [31]
POWER SUPPLY	Transformaator 220st. -24sse.	Omron S82K-03024 [38]
SW1	Hädastop nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek01 [39]
SW2	Hädastop nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek01 [39]

SW3	Reset nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek10 [39]
SW4	Eeltestprogrammi valiku nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek10 [39]
SW5	Lõpptestprogrammi valiku nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek10 [39]
SW6	Testi lõpetamise nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek10 [39]
SENSOR1	Optiline andur	Omron e3t-fd13 [40]
MB1	Lukustusmehhanismi aktiveerimise pneumoklapp	SMC syj3143-5lou-q [20]
SCANER1	2D koodilugeja	CAT-FM204SF-P4G [17]
MB2	Konnektori liikumismehhanismi aktiveerimise pneumoklapp	SMC syj3143-5lou-q [20]
LAMP1	Eeltesti valiku indikaator	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ef [41]
LAMP2	Lõpptesti valiku indikaator	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ef [41]
LAMP3	Testi lõpetamise indikaator	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ef [41]

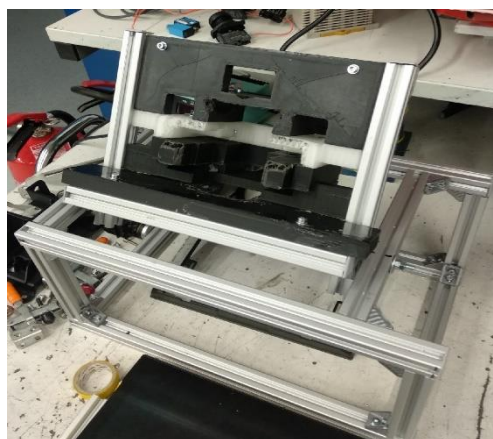
2.7. Korpused

Korpuse valmistamiseks otsustati kasutada alumiiniumprofiili Bosch suurusega 20/20 mm. Seda profiili kasutatakse sageli mitmesuguste tööstuslike mehhanismide kokkupanekul. Tänu oma kujule ja ühenduselementide mitmekesisusele on sellest võimalik kokku panna täiesti erineva kujuga konstruktsioone.

Vaja oli teha korpused, kuhu oleks võimalik paigaldada kõik jaama loomisel kasutatud elemendid, nimelt PLC-kontroller, pneumaatika- ja toitesüsteem ja kogu ülejäänud elektroonika. Fikstuuri kogusuuruseks sai 350/250/220 mm, mis võimaldas paigaldada endasse kõik koostelemendid ja samal ajal jääda piisavalt väikeseks. Seinte valmistamiseks kasutatakse PVC-plastikut. Töö käigus selgus, et laos ei piisa vajaliku suurusega profiilist, mistõttu kasutati aluse jaoks 35/35 mm profiili. Samuti tehti korpused maandus ja paigaldati kaitse staatilise elektri eest. [42] (vt. joonis 2.28. ja 2.29.) Kõik korpused on saadaval liisas 6.



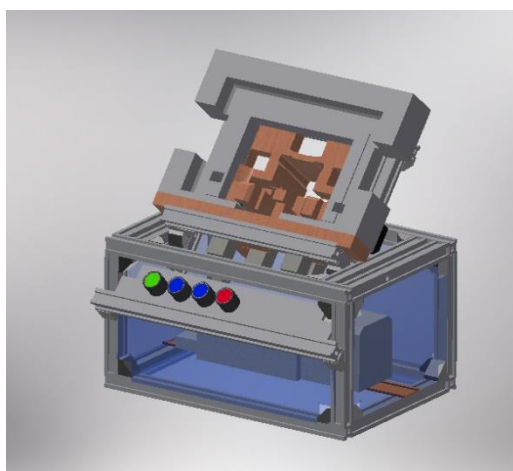
Joonis 2.28 Korpuse 3D-muudel



Joonis 2.29 Valmistatud korpus

3. Lõpptulemus

Selle töö tulemuseks oli testijaama prototüübi loomine. Testijaama oli valmistatud käsitsi autoriga. Töö kestab umbes neli kuud, mille jooksul oli tehtud palju proovikatseid, analüüsitud ja kaalutud erinevaid ideid ja lõpus valiti parimad lahendused. Eelmistes peatükkides seletati lahti kõik valitud lahendused. Arendusprotsess ise oli perioodiliselt katkenud seetõttu, et oli vaja oodata, kuni vajalik komponent saabus või vajaliku osa valmistati. Osaliselt tänu sellistele katkestustele oli võimalik mõnda lahendust ümber mõelda ja täiustada. Selles peatükis analüüsitakse üksikasjalikumalt plusside ja puudustega lõpptulemust, samuti kaalutakse võimalikke parandusi tulevikus. (vt. joonis 2.28. ja 2.29.) Kõik lõpptoote joonised on saadaval liisas 7.



Joonis 3.1. Testijaama lõplik 3D-mudel



Joonis 3.2. Tehtud testijaam

3.1. Vastavus tehnilistele kirjeldustele

Vastavalt tehnilistele kirjeldustele katsejaam peab vastama teatud kriteeriumitele, millised oli mainitud 2.2 alatükis. Vastavuse kontrollimiseks oli tehtud kontroll test, mis kestis üks nädal. Selle testi käigus kontrolliti iga kriteeriumi punkti eraldi ja kõikide hinnangute põhjal oli tehtud lõplik otsus.

Mõnel juhul pole lõplikku järeldust veel võimalik teha, kuna mõned punktid selguvad alles pärast pikka katsetamist töö ajal.

Lõpptulemus peab vastama järgmistele kriteeriumidele:

Võimaldama toote testimist enne lõppkoostamist - See funktsioon on olemas. Täiendav kinnitus saab oma töö ära teha. Väike puudus on see, et kinnitus pole operaatorile eriti mugav, sest ekraan tuleb paigaldada väga hoolikalt ja täpselt. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele aga tuleks parandada.

Lihtsustada toote veaotsingut, selleks ettenähtud töökohas – Testijaam on väga kompaktne ja ta on võimalik paigaldada tavalise töölaua peale. Töötaja ei pea veaotsingu jaoks minema liinile, et selleks tootmiseseadmeid kasutada. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Olema usaldusväärsed ja vastupidavad -. Praegu on nõrgim konstruktsioonelement 3D-printeril trükitud kinnituskonstruktsioon. Jaama esimese nädala jooksul kasutamisel töötab kõik hästi ja mingeid olulisi defekte pole tuvastatud. Kuna tulevikus asendatakse plastdetailid metalliga, on prognoositav tööperiood kuni viis aastat, ehk kuni selle toote tootmise sulgemiseni. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele kui vajalikud elemendid asendatakse.

Kindlalt kinnitatud testitav toode - Testitud element on kindlalt fikseeritud ja see on praktiliselt liikumatu. Testimise ajal pöörati fikseeritud ekraaniga käiku 180 kraadi ja ekraan oli liikumatu. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Olema universaalne kasutamiseks erinevate tüüpide toodetega - Kinnitus on universaalne ja sobib täielikult igat tüüpi korpuste jaoks. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Olema liikuv ja hõlpsasti kaasaskantav - Nagu juba peatükkides 2.5.1 ja 2.7 mainitud, testijaam on päris kompaktne. Kuna suruõhku kommunikatsioonid jooksevad mööda tervet tehast, testijaama on lihtne liigutada. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Ei kahjusta valmistoote terviklikkust – Kontroll testimise ajal ei tekkinud ühtegi toote kahjustamise juhtumit. Sellised juhtumid võivad tulevikus ilmned, kui kasutatakse metallist korpuse kinnitusmehhanismi, kuid praegu on disain kujundatud nii, et seda ei juhtuks. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele aga tuleb veel testida.

Olema odavam kui võimalikke analooge - Jaam osutus palju odavamaks kui tema konkurendid. Peatükis 3.3 toodud võrdlust kirjeldatakse üksikasjalikumalt. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Omada ESD – kaitse. Jaam on projekteeritud elektriliselt juhtivast alumiiniumprofiilist ning eraldi on paigaldatud ka maandus. Plastikdetailid tuleks valmistada materjalist, mis ei kogu elektrilaenguid. Kui hästi see kaitse töötab, näitab jaama pikaajalist igapäevast kasutamist. Praegune hinnang: tulemus vastab nõuetele.

Arengu teooria järgi, kuna selle töö kirjutamise ajal testijaam töötas väga vähe aega, umbes paar nädalat - peab olema valmis selleks, et tulevikus leitakse puudused, mida varem pole märgatud. Praegu võib teha sellise üldise järelduse: hetkel testijaam on täiesti valmis, ta vastab kõikidele nõuetele ja seda on võimalik kasutada tootmises. Mis tähendab, et autor sai ülesandega hakkama.

3.2. Projekti kuluaruanne

Vastavalt ühele töötingimusele, oli vaja teha jaam odavamaks kui selle võimalikud analoogid teistelt ettevõtetelt. Loodud jaama peamine alternatiiv on teine testijaam toomises, mida kasutatakse seeriatoodangu lõpptestimiseks. Suurte mõõtmete tõttu seda on võimalik seda kasutada ainult tootmisliinil ning ei võimalda tootevigade analüüsiks kasutamist. Selle testijaama hind on üle 60 000eurot. Tootevigade analüüsiks tekkis vajadus veel üheks testijaamaks, mis oleks kompaktsem ja soodsam.

Siin arvutatakse kõigi jaama loomiseks kasutatud komponentide kogumaksumus. (*tabeli 3.1. järgi*)

Tabeli järgi kogu testijaama teoreetiline eelarve on 859,70 eurot, kui arvutada kõik elemendid keskmine turu hindadega. Kuna palju elemendid oli valitud niimoodi, et need oleks Stoneridge ettevõtte laos, kogumaksumus on väiksem. Kui lahutada kõik elemendid, mis olid juba laos, saame reaalse kulude summa: 223,12. Lõppkokkuvõttes on mõlemad numbrid kordades väiksemad kui alternatiivse testijaama hind.

Tabel 3.1. Testijaama elementide eelarve

Testijaama osa	Selgetus	Kasutatud seadmeid	Kogus	Hind/ tükkides (euro)	Koguhind (euro)	Oli Stoneridge laos
Kinnitusmehhanism	Materjal 3D- printerile	Spectrum Group Smart ABS [43]	3 rullid	19	57	ei
Pneumaatiline süsteem	Pneumaatiline silinder	SMC CQSB12-10S [21]	4 tükkid	16,03	64,12	ei
Pneumaatiline süsteem	Pneumaatiline silinder	SMC CDUK6-10D [26]	1 tükk	40,91	40,91	ja
Pneumaatiline süsteem	Pneumaatiline klapp	SMC syj3143-5lou-q [20]	2 tükkid	43,08	86,16	ja
Pneumaatiline süsteem	Drossel	AS1002F [28]	6 tükkid	3	18	ja
Pneumaatiline süsteem	Baromeeter	G(A)36 [29]	1 tükkid	25	25	ja
Pneumaatiline süsteem	Õhufilter	ANA1/ANB1 [30]	3 tükkid	4,63	13,89	ja
Pneumaatiline süsteem	Konnektor	Konnektor INGUM HFS-819 [25]	1 tükk	112	112	ei
Elektrisüsteem	PLC kontrolleri	Mitsubichi FX1N [31]	1 tükk	93,24	93,24	ja
Elektrisüsteem	Transformaator 220st. -24sse.	Omron S82K-03024 [38]	1 tükk	62,78	62,78	ja
Elektrisüsteem	NC nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek01 [39]	2 tükkid	15,42	30,84	ja
Elektrisüsteem	NO nupp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ek01 [39]	4 tükkid	12,71	50,84	ja
Elektrisüsteem	Optiline andur	Omron e3t-fd13 [40]	1 tükk	22,3	22,3	ja
Elektrisüsteem	2D koodilugeja	CAT-FM204SF-P4G [17]	2 tükkid	74,36	74,36	ja
Elektrisüsteem	Lamp	moeller iec 947 en 60947 vde 0660 ef [41]	3 tükkid	10,42	31,26	ja
Korpuss	Alumiiniumprofiili 20/20 mm	Alumiiniumprofiili Bosch 20/20 mm [42]	3 meetrit ehk 1 varb	32	32	ja
Korpuss	Alumiiniumprofiili 35/35 mm	Alumiiniumprofiili Bosch 35/35 mm [42]	3 meetrit ehk 1 varb	45	45	ja

KOKKUVÕTE

Koostatud bakalaureusetöö sisu on testijaama loomise projekt, mis oli tehtud koostöös ettevõttega Stoneridge Electronics AS. Töö koostamise vajadus tulenes tööülesandest projekteerida ja toota testijaama puuetundliku ekraani jaoks, täpsemalt „Volvo Secondary Information Display (SID)“ jaoks. Seda testijaama hakatakse edaspidi kasutama Stoneridge AS tootmises. Selle seadme peamine eesmärk on aidata analüüsida tootmistesti mitte läbinud toodete vigu ja vajadusel kasutada ka toote eeltestiks. Lõputöö kirjeldab testijaama arenguprotsessi ja esindab töötavat prototüüpi.

Käesoleva töö esimeses osas on kirjeldatud Volvo SID tehnilisi omadused ja funktsioonid. Kuna Volvo SID paigaldatakse erinevatele Volvo veoautodele, see mõjutab nii ekraani elektrilisi omadusi kui ka selle konstruktsiooni omadusi. Need erinevused on võrreldatud ja analüüsitud, et leida optimaalse paigaldussüsteemi. Samuti neid järeltusi on kasutatud edasi, et valida sobilikke komponente. Esimese peatükki lõpus on toodud testide kirjeldus, mille jaoks testijaama kasutatakse.

Töö teises osas on kirjeldatud testijaama arendamise protsessi olulised aspektid. Antakse teoreetilise arendusekäigu põhjendus. Teooria annab ettekujutuse sellest, kuidas on õigemini arenguprotsessi läbi viia. Selles peatükis on sõnastatud täielik tehniline juhend, kõigi nüansside ja tingimustega, millele lõpptoode peab vastama. Samuti siin on toodud testijaama põhikomponentide loomise protsess ja võrreldakse nende konstruktsiooniosade tootmisvõimalusi. Näidatakse arenduse käigus tehtud ja ilmnunud probleeme ja vigu, ning pakutakse välja nende lahendamise meetodid. Selles peatükis on esitatud ka kõik olulised joonised, diagrammid, algoritmid ja muu oluli dokumentatsioon.

Kolmas osas on valmis projekti lõpptulemus. Analüüsitakse jaama vastavust tehnilistele juhendile, selle analüüsi põhjal määratakse ka lõplik hinne. Samuti on esitatud projekti kuluaruanne, mis loetleb kõik jaama loomiseks kasutatud komponendid.

Lõputööülesannet võib lugeda täidetuks seepärast, et kõik ülesanded olid täidetud. Testijaama prototüüp on täielikult tehtud ja seda juba kasutatakse Stoneridge AS tootmisel. Kõikides osades on tehtud joonised ja elektriskeemid, kirjeldatud komponentide arv. Selle järgi saab edasi arendada testijaama, kui tulevikus tekib vajadus moderniseerimiseks.

SUMMARY

The content of the prepared bachelor's thesis is a project to create a test station, which was done in cooperation with Stoneridge Electronics AS. The need to compile the work arose from the task of designing and manufacturing the test station for the touch screen, specifically the "Volvo Secondary Information Display (SID)". This test station will be used in the production of Stoneridge AS in the future. The main purpose of this device is to help analyze defects in products that have not passed the production test and, if necessary, to use the product for pre-testing. The thesis describes the development process of the test station and represents a working prototype.

The first part of this paper describes the technical features and functions of the Volvo SID. Because the Volvo SID is installed on a variety of Volvo trucks, it affects both the electrical properties of the screen and its design features. These differences have been compared and analyzed to find the optimal installation system. These findings have also been used to select appropriate components. At the end of the first chapter, there is a description of the tests for which the test station is used.

The second part of the thesis describes important aspects of the test station development process. The justification of theoretical development is given. The theory gives an idea of how it is better to carry out the development process. This chapter provides a complete technical guide, with all the nuances and conditions that the final product must meet. The process of creating the main components of the test station is also presented here and the production possibilities of their structural parts are compared. Problems and mistakes made and encountered during development are shown, and methods for solving them are proposed. This chapter also provides all important drawings, diagrams, algorithms, and other important documentation.

In the third part, the final result of the project is presented. The compliance of the station with the technical instructions is analyzed, and the final grade is determined based on this analysis. A project cost statement listing all the components used to build the plant has also been included.

The thesis task can be considered completed since all tasks were completed. The prototype of the test station has been fully completed and is already used in the production of Stoneridge AS. Drawings and wiring diagrams are made in all parts, the number of components is described. According to this, the test station can be further developed if there is a need for modernization in the future.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Stoneridge document server, *1402_001-900584 08 PRODUCTION TESTSPECIFICATION FOR HERVOR.docx*, 2018.
- [2] K. Michaels, „Electrostatic Discharge: Causes, Effects, and Solutions,“ 1 9 1999. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.ecmweb.com/content/article/20897138/electrostatic-discharge-causes-effects-and-solutions>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [3] Continental-automotive, „Secondary Displays,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.continental-automotive.com/en-gl/Passenger-Cars/Information-Management/Display-Solutions/Display-Solutions>.
- [4] „LCD Panel Types: IPS, VA, PLS, AHVA & TN Monitors,“ 21 07 2013. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.pchardwarehelp.com/guides/lcd-panel-types.php>.
- [5] „What Is a Printed Circuit Board (PCB),“ 10 04 2020. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-printed-circuit-board-pcb/>.
- [6] „Control Systems & Automation,“ 23 7 2019. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.controlsystemsandautomation.com/learn/plc/plc-programming-basics-i/>. [Kasutatud 10 5 2020].
- [7] „Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and its Features,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-plastic>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [8] „Answers to Common Questions about Bayer Polycarbonate Resins,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://web.archive.org/web/20100210070124/http://www.bayermaterialsciencenafta.com/faq_pcs/index.html. [Kasutatud 13 5 2020].
- [9] Stoneridge, „Kontakt,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.stoneridge.com/welcome/ekk/>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [10] Stoneridge, „MirrorEye,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.stoneridge.com/mirroreye/>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [11] Stoneridge document server, *1232_023-990196 01B Material choices in Hervor.docx*, 2017.

- [12] Yilametal, „Molybdenum-Magnesium,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.yilametal.com/products/collections/molybdenum-magnesium.html?gclid=Cj0KCQjw-_j1BRDkARIsAJcfmTE36apv2FhAUoEtszszs5xniQNEsUbNZT6Sk-zDiWquUuEepFbBrYSgaAs8CEALw_wcB. [Kasutatud 13 5 2020].
- [13] Л. В. К. Б.Е., Проектирование и конструирование (основы), 2004.
- [14] „Основные этапы создания технических устройств,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://getpatent.narod.ru/aspekty/08.html>.
- [15] Chengyangi ettevõtte, Qingdao, „Этапы проектирования и изготовления станков и машин,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://best-china.ru/p14>.
- [16] J. Mankins, „Technology Readiness Level,“ 1995. [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://www.researchgate.net/publication/247705707_Technology_Readiness_Level_-_A_White_Paper.
- [17] „FM-204 & FM-205,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.mikrocontroller.net/attachment/149767/fm204-manual.pdf>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [18] „Four Ways to Boost Pneumatic Efficiency,“ 15 1 2010. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.designworldonline.com/Four-Ways-to-Boost-Pneumatic-Efficiency/>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [19] SMC, „Production,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc.eu/en-eu/products/jc-d-q-compact-cylinder-double-acting-single-rod~139043~cfg>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [20] SMC, „SYJ3143-5LOU-Q,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc Pneumatics.com/SYJ3143-5LOU-Q.html>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [21] SMC, „CQSB12-10S,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc Pneumatics.com/CQSB12-10S.html>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [22] SMC, „CQSB12-15DM,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc Pneumatics.com/CQSB12-15DM.html>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [23] SMC, „CDU6-60D,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc Pneumatics.com/CDU6-60D.html>. [Kasutatud 13 5 2020].

- [24] „Расчет силы и давления пневмо или гидро системы,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://promtk.com/calc/pressure/>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [25] Ingum, „HFS-819,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://ingun.com/DE/Produkte/Produktfinder/HFS_SML/HFS-819/HFS-819-0007/downloads. [Kasutatud 13 5 2020].
- [26] SMC, „CDUK6-10D,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc-pneumatics.com/CDUK6-10D.html>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [27] SMC, „Model Selection Software,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smcworld.com/select/pcds/en-jp/index.html>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [28] SMC, „AS.indd,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <http://promtekspb.ru/images/smc/as1002.pdf>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [29] SMC, „G(A)36,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc.eu/ru-ru/products/g-a-36-manometr-standartnyj-vneshn-diam-37~38265~cfg>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [30] SMC, „ANA1/ANB1,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.smc.eu/ru-ru/products/ana1-anb1~134616~nav>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [31] Mitsubishi Electric, „FX_manual,“ 27 1 2011. [Võrgumaterjal]. Saadaval: http://www.esspb.ru/Documents/FX_manual.pdf. [Kasutatud 13 5 2020].
- [32] Mitsubishi Electric, „FX2NC-ENET-ADP Ethernet adapter USER'S MANUAL,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy997d12301/jy997d12301f.pdf. [Kasutatud 13 5 2020].
- [33] Mitsubishi Electric, „jy992d89301r.pdf,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plc_fx/jy992d89301/jy992d89301r.pdf. [Kasutatud 13 5 2020].
- [34] Mitsubishi, „GT Works2 Version1,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/got/sh080250/sh080250d.pdf>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [35] „Ladder Logic Tutorial for Beginners,“ 4 9 2017. [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.plcademy.com/ladder-logic-tutorial/>. [Kasutatud 13 5 2020].

- [36] Draw io, „Draw io,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: Diagrams.net. [Kasutatud 13 5 2020].
- [37] Circuit-diagram, „Circuit-diagram,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.circuit-diagram.org/editor/>. [Kasutatud 5 13 2020].
- [38] Omron, „S82K power supply data sheet,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Omron%20PDFs/S82K.pdf>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [39] Moeller, „Industrial Automation Product Overview,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: http://www.moeller.net/binary/w_brochures/w7570en.pdf. [Kasutatud 13 5 2020].
- [40] Omron, „E3T Datasheet,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: https://assets.omron.eu/downloads/datasheet/en/v4/e71e_e3t_miniature_square_photoelectric_sensor,_plastic_housing_datasheet_en.pdf. [Kasutatud 13 5 2020].
- [41] Moeller, „STARTER-CAT-USA-1206-web.pdf,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://klocknermoeller.com/klockner.moeller/klockner.moeller.pdf/STARTER-CAT-USA-1206-web.pdf>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [42] „Basic mechanic elements,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/assembly-technology/basic-mechanic-elements>. [Kasutatud 13 5 2020].
- [43] 1a.ee, „Spectrum Group Smart ABS 1.75mm 1kg Deep Black,“ [Võrgumaterjal]. Saadaval: <https://www.1a.ee/ru/p/spectrum-group-smart-abs-1-75mm-1kg-deep-black/7r9m>. [Kasutatud 13 5 2020].

LISAD

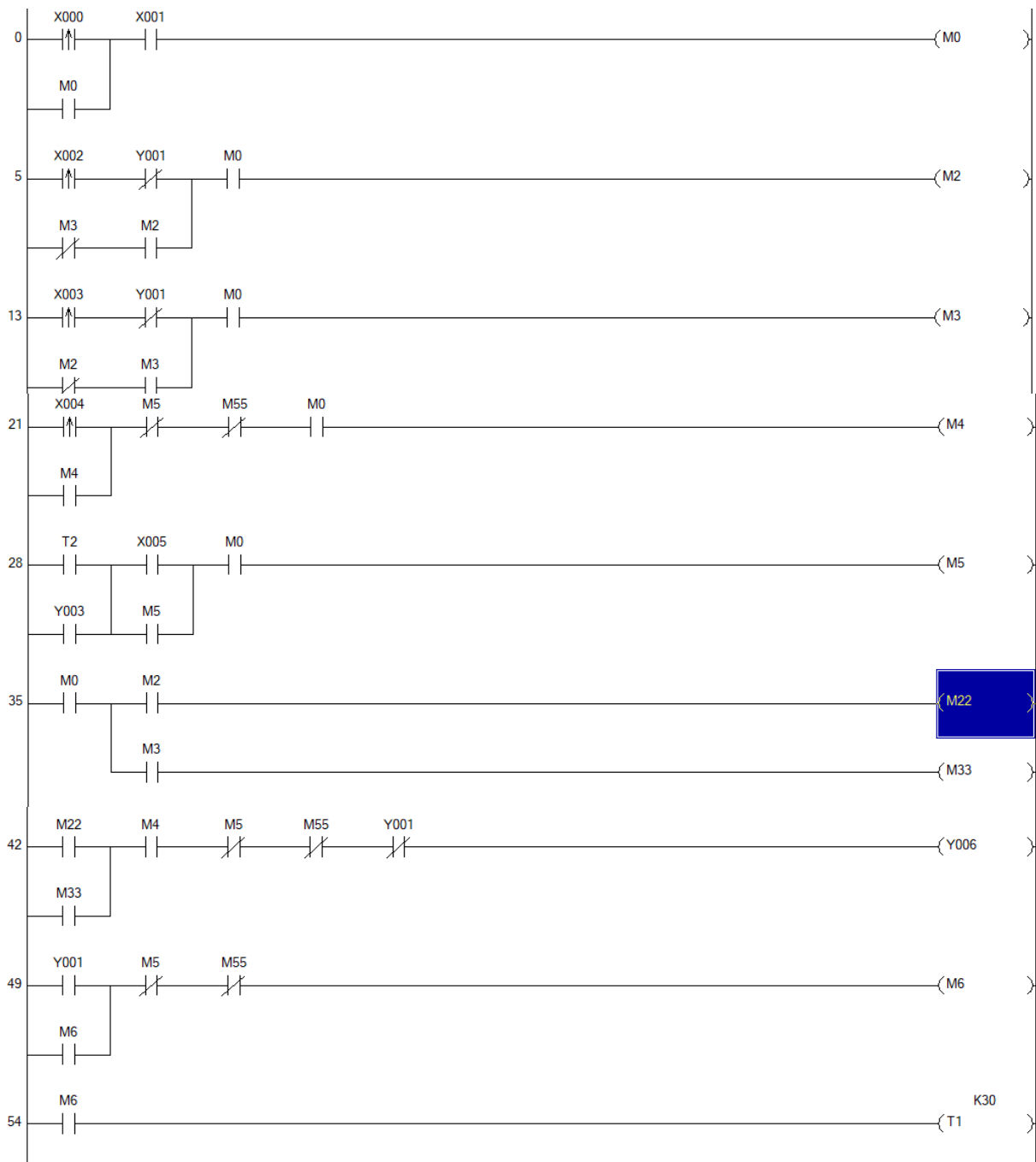
Lisa 1 Elltesti täielik nimekiri

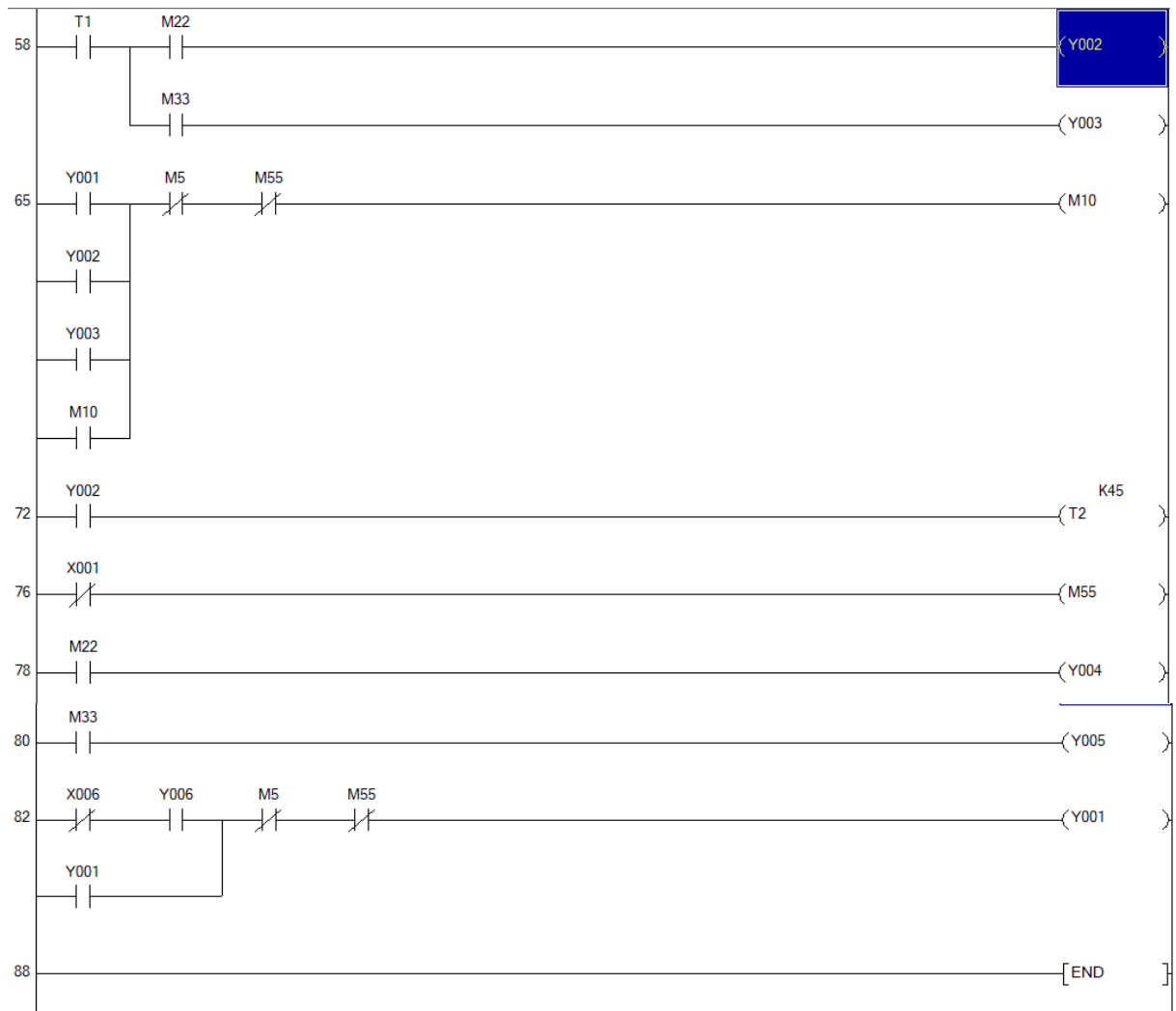
Testi nimi	Eesmärk
On/Off test	kontrollige, kas tootab töötab põhimõtteliselt
Communication test;	kontrollige elementidevahelist vastust
Current consumption test	kontrollige ekraani energiatarvet magamis ja aktiivsel režiimil

Lisa 2 Lõpptestide täielik nimekiri

Testi nimi	Eesmärk
On/Off test	kontrollige, kas tootab töötab põhimõtteliselt
Communication test;	kontrollige elementidevahelist vastust
Current consumption test	kontrollige ekraani energiatarvet magamis ja aktiivsel režiimil
Luminance test (op and camera)	operaator ja spetsiaalne kaamera kontrollivad ekraani heledust
Color test (op and camera)	operaator ja spetsiaalne kaamera kontrollivad erinevate värvide edastuskvaliteeti
Touch test;	Kontrollitakse puutetunlikupaneeli töö
Pixel test;	kontrollitakse, kas kõik pikslid on terved ja töötavad õigesti

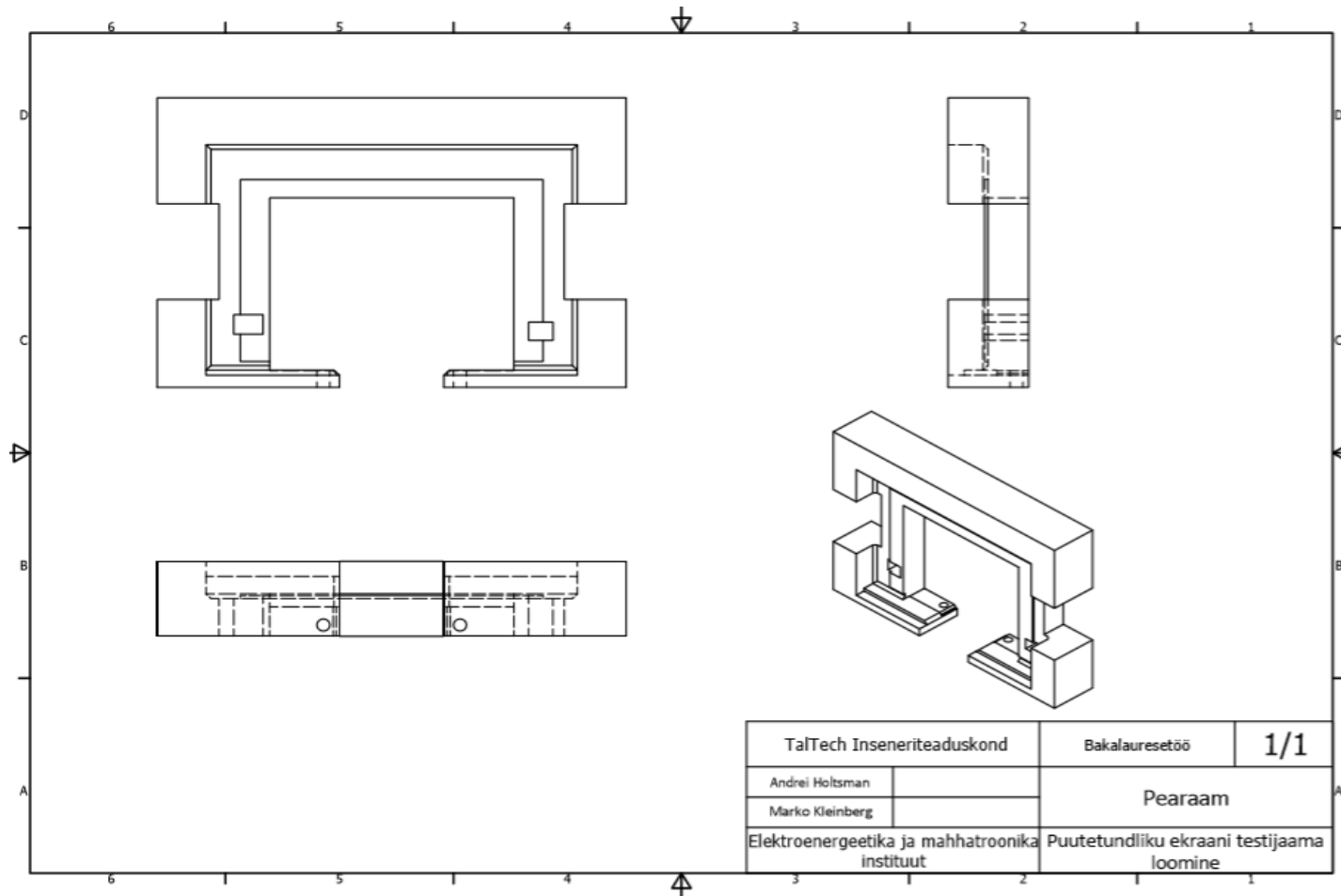
GX Works 2 programmi geograafilise liidese iseärasuste tõttu kood on esitatud piltide kujul.

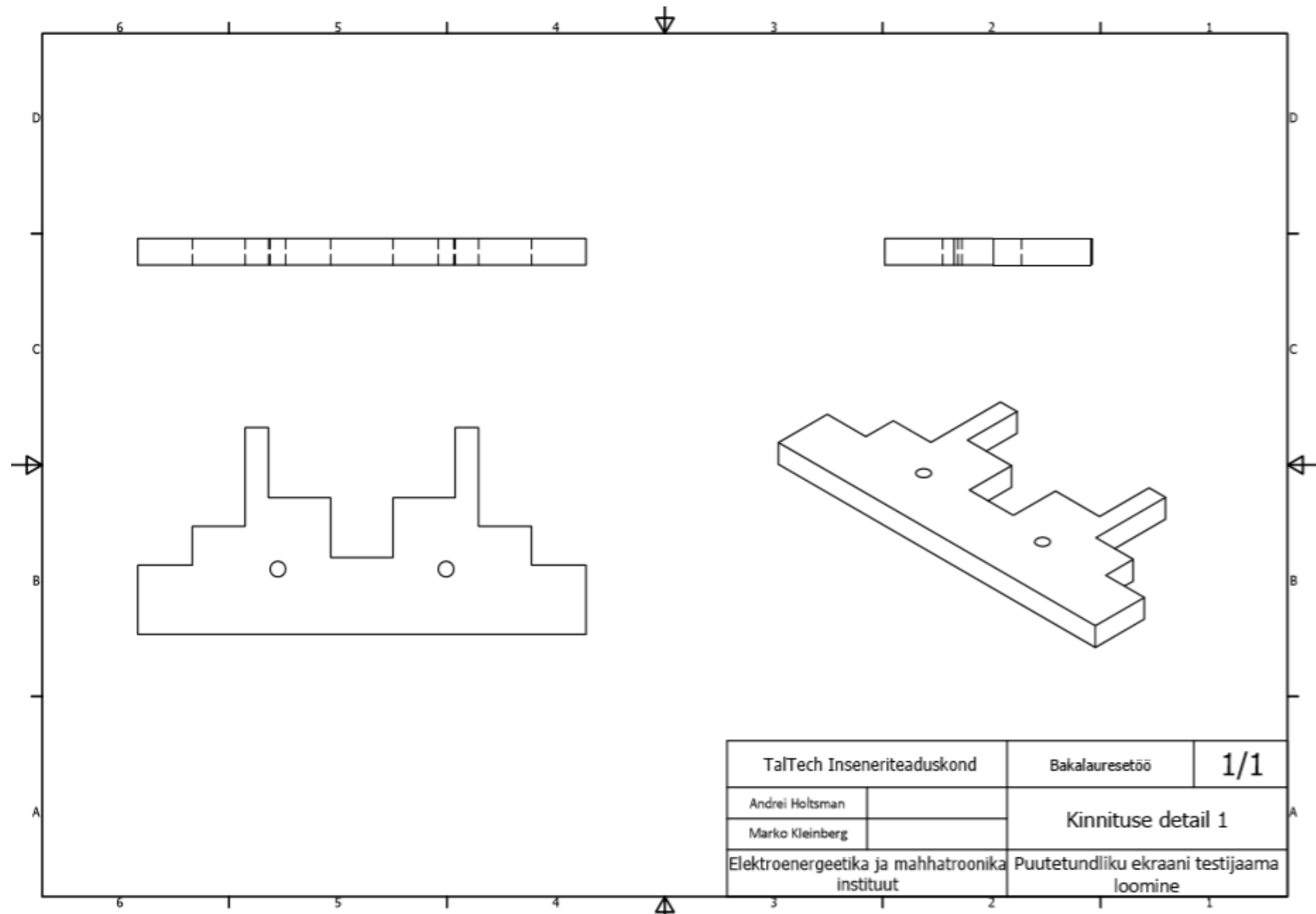




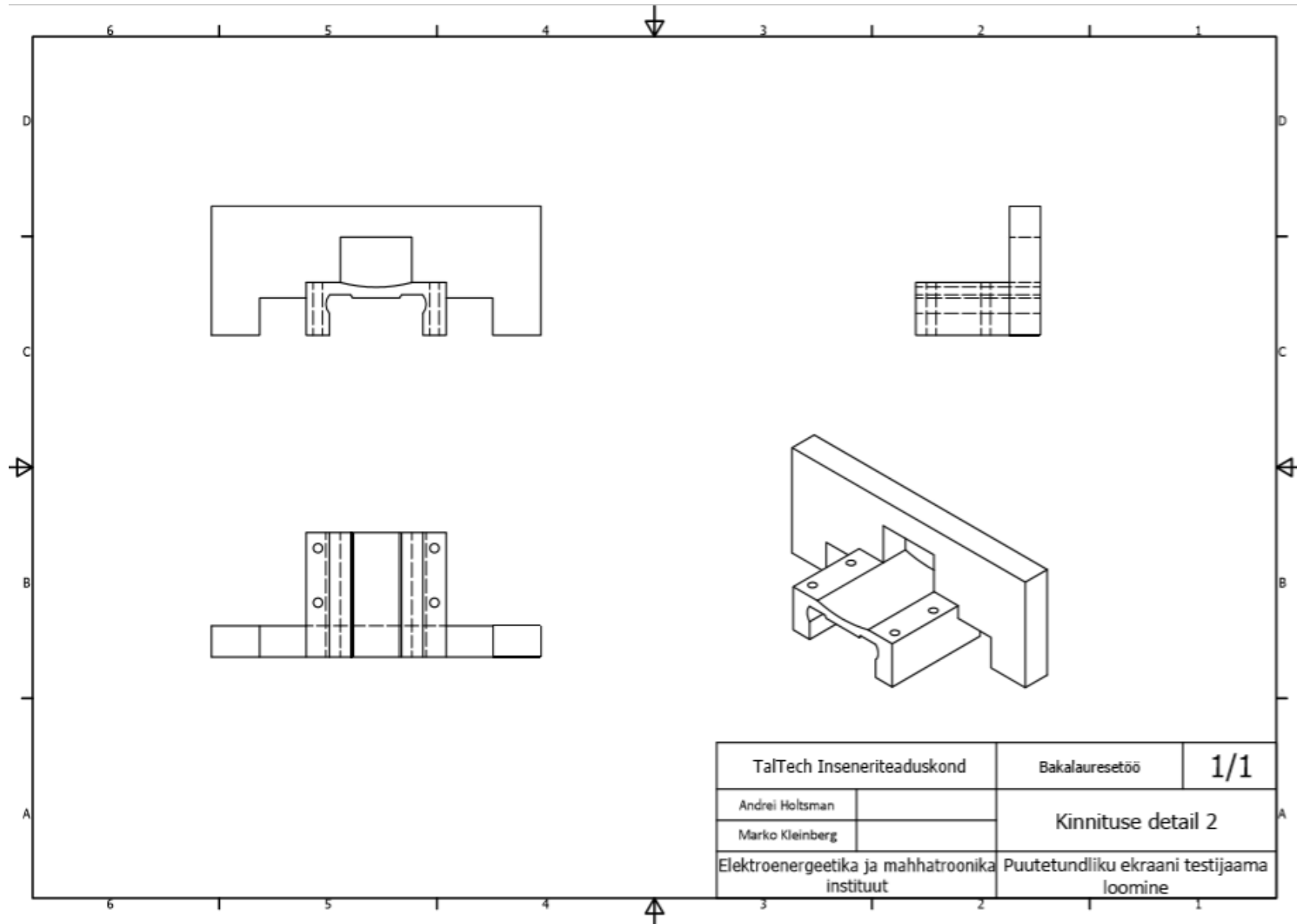
Lisa 4 Kinnitusmehhanismi joonised

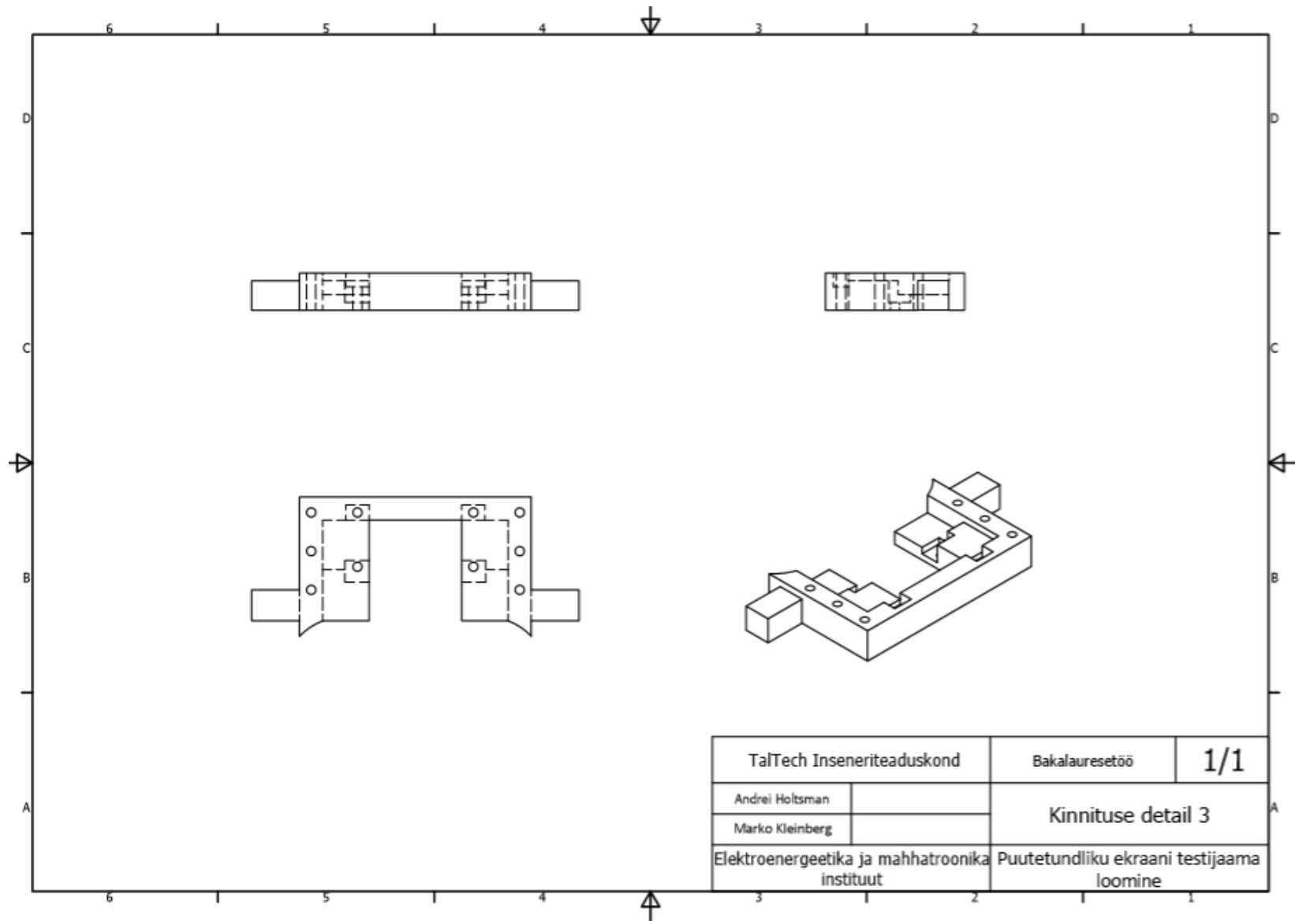
Järgmisena antakse kinnitusmehhanism detailide joonised. Kuna see töö oli kirjutatud Stoneridge AS jaoks. Töö autor ei saa toote tegelikke mõõtmeid välja tuua.



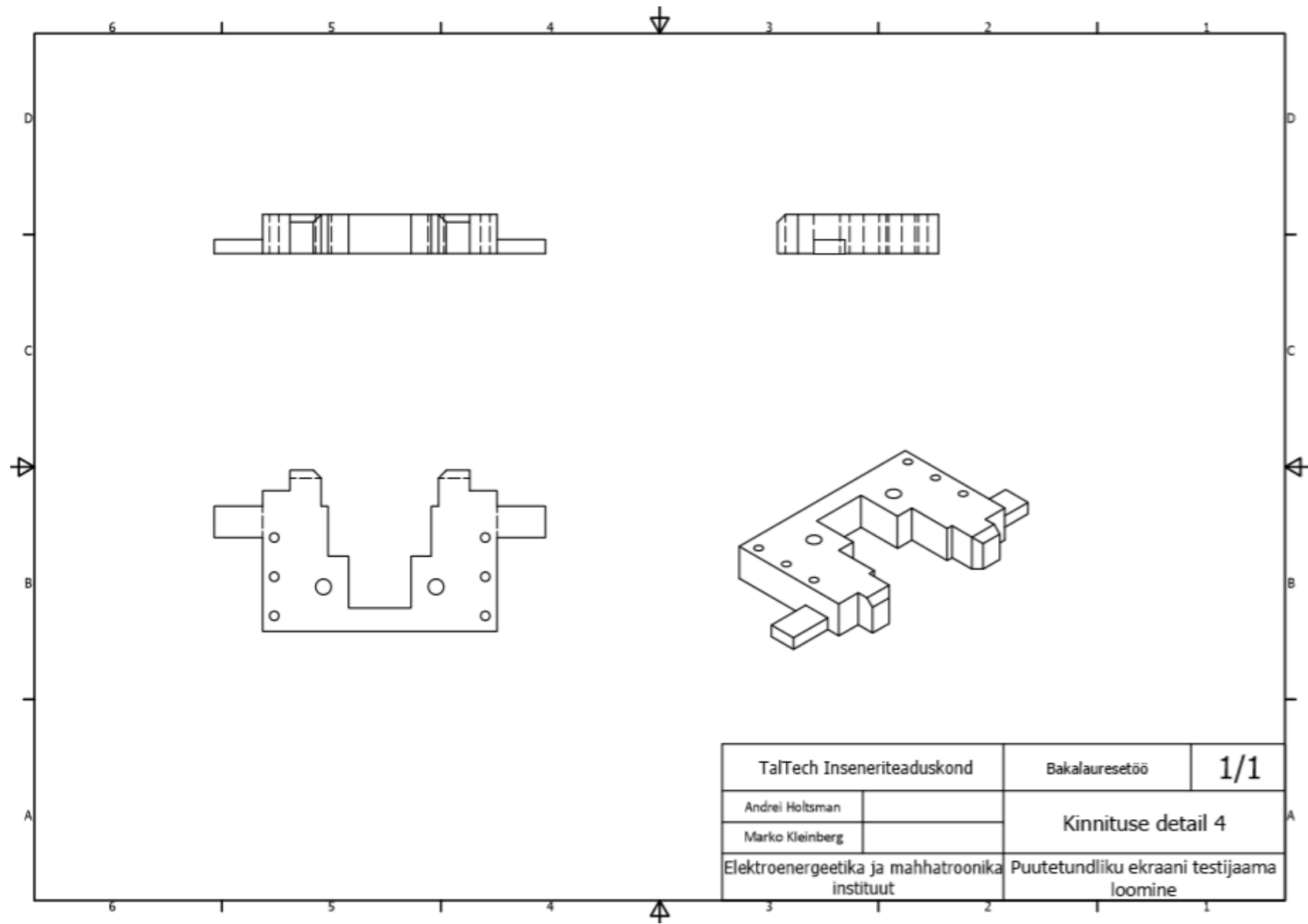


TalTech Inseneriteaduskond		Bakalauresetöö	1/1
Andrei Holtsman		Kinnituse detail 1	
Marko Kleinberg			
Elektroenergeetika ja mahhatroonika instituut		Puutetundliku ekraani testijaama loomine	

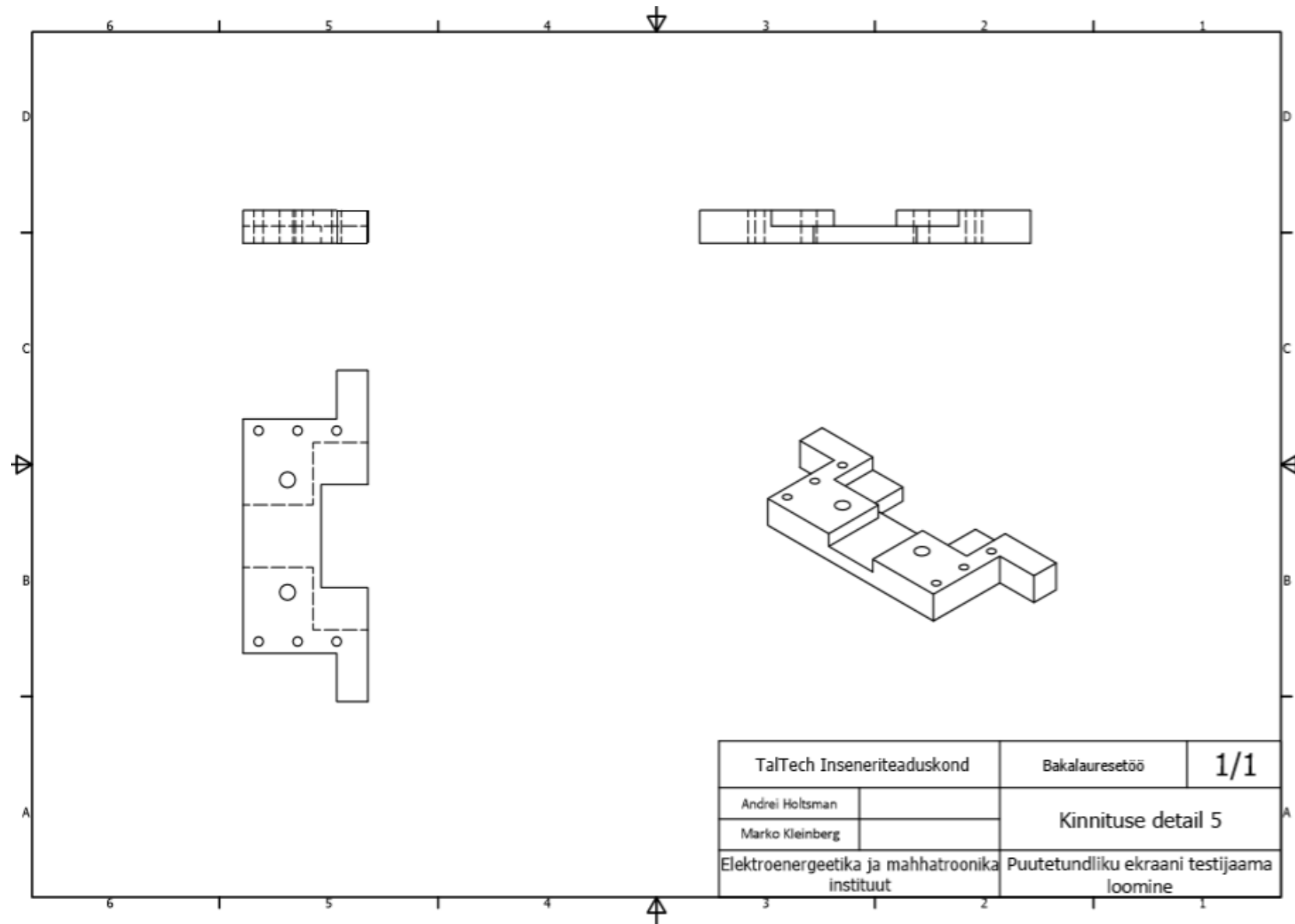




TalTech Inseneriteaduskond		Bakalauresetöö	1/1
Andrei Holtsman		Kinnituse detail 3	
Marko Kleinberg			
Elektroenergeetika ja mahatsoonika instituut		Puutetundliku ekraani testijaama loomine	



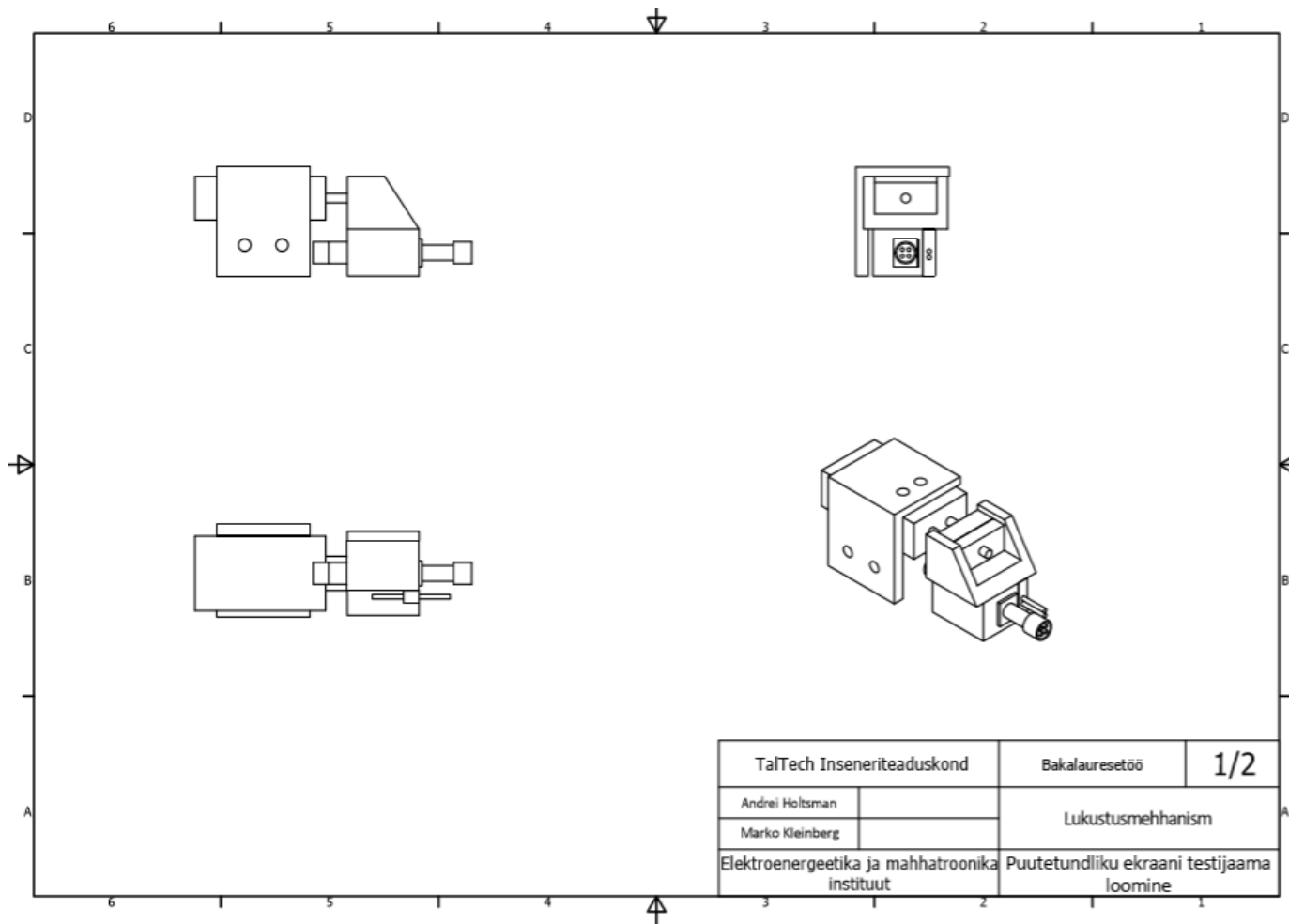
TalTech Inseneriteaduskond		Bakalauresetöö	1/1
Andrei Holtsman		Kinnituse detail 4	
Marko Kleinberg			
Elektroenergeetika ja mahatsoonika instituut		Puutetundliku ekraani testijaama loomine	



TalTech Inseneriteaduskond		Bakalauresetöö	1/1
Andrei Holtsman		Kinnituse detail 5	
Marko Kleinberg			
Elektroenergeetika ja mahatruonika instituut		Puutetundliku ekraani testijaama loomine	

Lisa 5 Kinnitusmehhanismi joonised

Järgmisena antakse konektori liikumismehhanismi detailide joonised. Kuna see töö oli kirjutatud Stoneridge AS jaoks. Töö autor ei saa toote tegelikke mõõtmeid välja tuua.



6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D

C

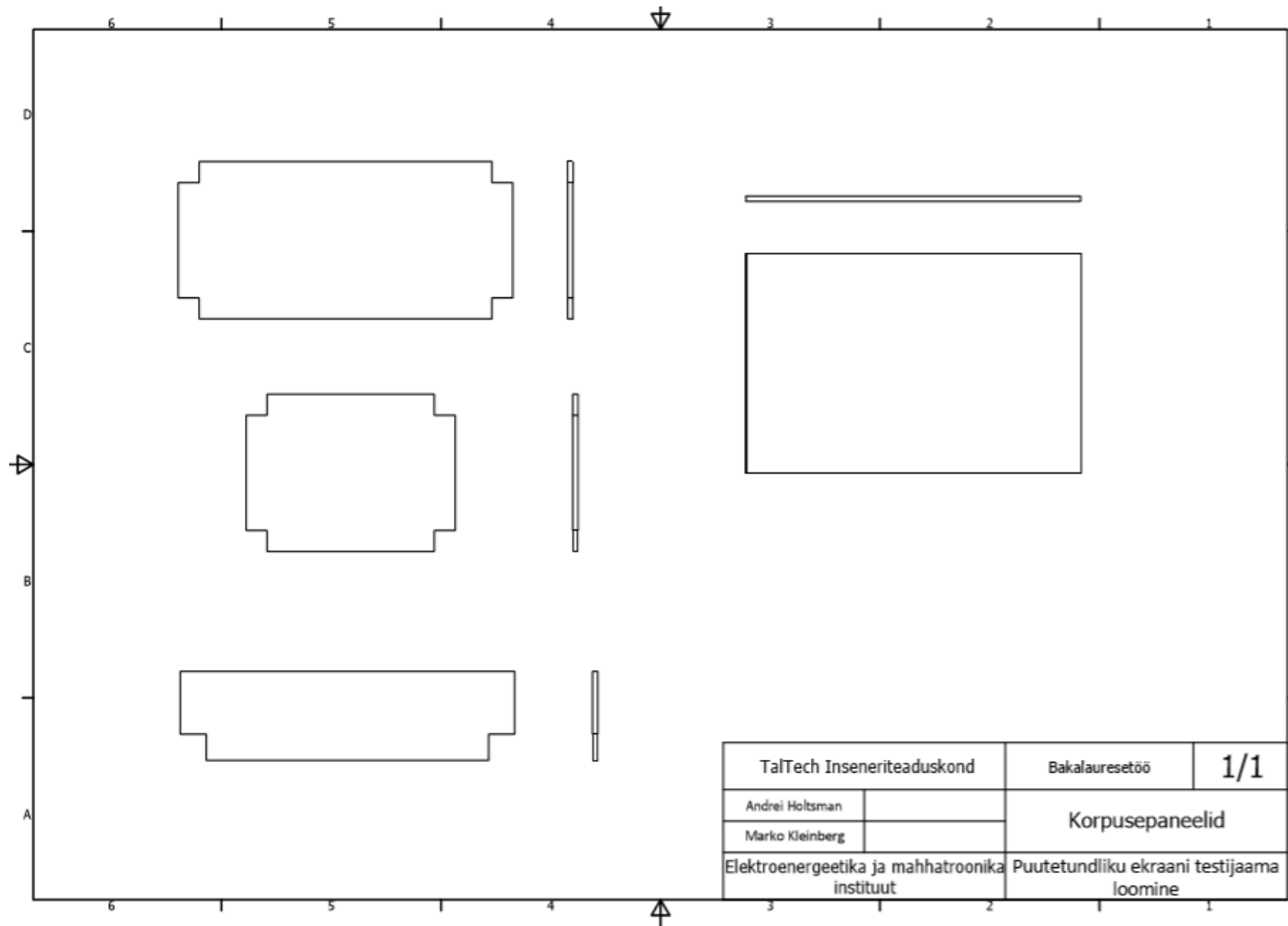
B

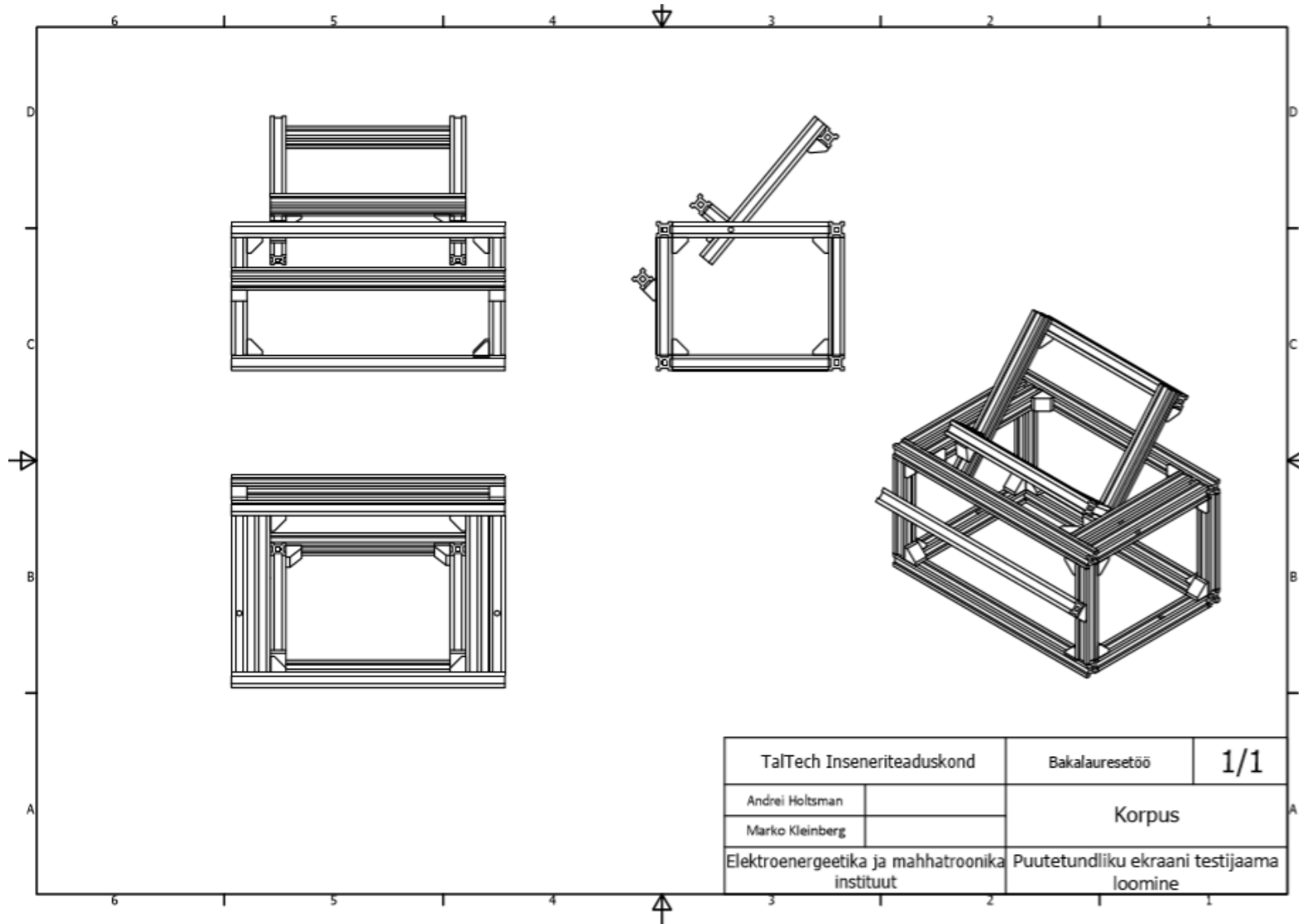
A

TalTech Inseneriteaduskond		Bakalauresetöö	2/2
Andrei Holtsman		Lukustusmehhanism	
Marko Kleinberg			
Elektroenergeetika ja mahatroonika instituut		Puutetundliku ekraani testijaama loomine	

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

Järgmisena antakse korpuse joonised. Kuna see töö oli kirjutatud Stoneridge AS jaoks. Töö autor ei saa toote tegelikke mõõtmeid välja tuua.





Järgmisena antakse testijaama joonis. Kuna see töö oli kirjutatud Stoneridge AS jaoks. Töö autor ei saa toote tegelikke mõõtmeid välja tuua.

