

**Anete Vabarna
Kristin Juss**

**VANANENUD FORMAATSAE
LÕIKEPROTSESSI
KIIRENDAMISEKS
VAJAMINEVA SÜSTEEMI
LOOMINE**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Tööstustehnoloogia ja turunduse õppekava
Juhendaja: prof. Toomas Pihl

Tallinn 2022

Meie, Kristin Juss ja Anete Vabarna, tõendame, et lõputöö on meie kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autoritele ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Toomas Pihl (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega nr 1-14/59 (kuupäev digiallkirjas).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Meie, Kristin Juss, Anete Vabarna

sünnikuupäev: 29.08.1999 ; 13.01.1999

anname Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Vananenud formaatsae lõikeprotsessi kiirendamiseks vajamineva süsteemi loomine

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
LÕIKE TÖÖRIISTAD.....	6
1.1 Lõikeseadmed	6
1.2 Olemasolevad formaatsaed	6
1.2.1 Formaatsaag Kappa 400.....	6
1.2.2 Formaatsaag Kappa 550 e-motion	8
2 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE – SAE PIIRAJA AUTOMAATSEKS LIIKUMISEKS VAJAMINEV LISASEADE	10
2.1 Sae piiraja.....	11
2.2 Stepper-mootor Nema 23	12
2.3 Saepiiraja automaatseks seadistamiseks vajaminevad lisad	12
2.3.1 Lineaarne täiturmehhanism.....	12
2.3.2 Enkooder	14
2.3.3 Piirlüliti	15
2.3.4 Toiteplokk	16
2.3.5 Samm-mootori driver.....	16
2.3.6 EK1100 harjatud sisend-väljundi moodul	17
2.3.7 Tööstuslik arvuti	17
2.4 Juhtimissüsteemi skeem.....	19
3 ARVUTI EKRAANI KINNITUS SEINALE.....	20
4 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE – ARVUTI EKRAANI KINNITUS SEINALE.....	22
4.1 Arvuti ekraani kinnitus seinale	22
4.2 Vineeri töötlemine	22
4.3 Arvuti ekraani korpuse valmistamine protsess	25
4.3.1 Detail 1 - kinnitus seinale	26
4.3.2 Detail 2 - Vineerist korpus 1	28
4.3.3 Detail 3 - vineerist korpus 2.....	30
4.3.4 Detail 4 - arvuti kinnitus 1	31
4.3.5 Detail 5 - arvuti ekraani kinnitus	32
4.3.6 Kinnitused.....	33
4.4 Konstruktsiooni kokkupanek	34

4.5	Konstruktsiooni tugevusnäitajad.....	36
5	MAJANDUSLIK OSA	47
6	JÄRELDUS	49
	KOKKUVÕTE	51
	SUMMARY	52
	VIIDATUD ALLIKAD	53
	LISAD.....	56
	Lisa 1. Detail 1	57
	Lisa 2. Detail 2.....	59
	Lisa 3. Detail 3.....	61
	Lisa 4. Detail 4.....	63
	Lisa 5. Detail 5.....	65

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärk on kirjeldada teoreetilist võimalust vananenud formaatsae piiraja automatiseerimiseks, mis parandaks materjali lõikamise ajalist perspektiivi ning oleks ohutu kasutajale. Lisaks konstrueeriti arvuti ekraani kinnitus seinale, mis võimaldab kasutajal mugavalt juhtida piiraja automatiseeritud osa kasutamist.

Vana formaatsae kasutamisel tuleb vajaminev mõõt käsitsi joonlaua seadistada. Mõõdu seadistamine nõuab palju lisa liigutusi, mis võtavad rohkesti lisaaega. Enamikel juhtudel on igal detailil, mida lõigatakse erinev mõõt ning õige mõõdu seadistamine vajab täielikku keskendumist ning täpset silma, mis võib töötajale päeva lõpuks olla kurnav.

Lõiketööde protsessi lihtsustamiseks ja mugavamaks muutmiseks on üheks lõputöö eesmärgiks välja töötada lisaseade vanale formaatsaele, mis tagaks piiraja automaatse liikumise vastavalt töötaja sisestatud mõõdule. Lisa eesmärk on välja töötada lisaseadme juhtimise jaoks arvuti ekraani kinnitus seinale.

Käesolev lõputöö koosneb kuuest osast. Esimeses osas kirjeldatakse lõiketööriistade- ja masinate olemust ja uuritakse turul olevaid formaatsaage. Teises osas keskendutakse sae piiraja automatiseerimise prototüübi loomisele, vajalikele seadmetele ning juhtimissüsteemile. Kolmas osa kirjeldab arvuti ekraani kinnitust seinale tööpõhimõtet ja tutvustab turul olevaid kinnitusi. Neljandas osas antakse ülevaade arvuti ekraani seinakinnituse prototüübist, kasutatavatest materjalidest ning hinnatakse tugevusnäitajaid. Viiendas osas hinnatakse valminud prototüübi ja konstruktsiooni majanduslikku poolt. Kuuendas osas tehakse tööle järeldused, võrreldatakse turul olemasolevate saagidega ning hinnatakse jätkusuutlikkust. Lõputöö graafilise osa läbiviimiseks on kasutatud Solid Edge ST tarkvara.

Lõputöö eesmärgiks on:

- Analüüsida turul olevaid formaatsaage ning nende lisavõimalusi
- Luua prototüüp formaatsae piiraja automaatseks seadistamiseks
- Konstrueerida arvuti ekraani kinnitus seinale
- Analüüsida konstruktsiooni tootmis kulusid

LÕIKE TÖÖRIISTAD

“Inimühiskonna areng on olnud tihedalt seotud tööriistadega ja nende valmistamiseks kasutatud materjalidega. Hinnaliste metalllõikepingi tootlikus sõltub sadu kordi odavamast lõikeriistast, mille võimalused omakorda sõltuvad materjalist, millest ta on valmistatud. [1, p. lk 3] “Lõikeriistad on lõiketöötuseks ettenähtud riistad, mille liike (treiterad, puurid, avardid jm.) käsitletakse seni tavapärastena, nende mõisteid täpsemalt piiritlemata.” [1, p. lk 48]

1.1 Lõikeseadmed

“Masinad on tootmisvahendid, mis kasutavad loodusjõude ühiskonna huvides, kergendades töötaja tööd ja tõstes tootlikkust. Kõige efektiivsemalt saavutatakse töömasinate tootlikkuse ja jõumasinate võimsuse tõus nende kiiruse suurendamise ja tööprotsesside automatiseerimisega.” [2, p. lk 6]

“Tehnoloogiliste protsesside mehhaniseerimise ja automatiseerimise majanduslikku efektiivsust iseloomustavad järgmised näitajad: tööviljakuse tõus, valmistatava toodangu omahinna alandamine, töötingimuste kergendamine, optimaalne tasuvusaeg jt.” [3, p. lk 246] Lõikemasinate kasutusvaldkond on väga lai - tööstus- ja tootmisettevõtetest kuni kodus kasutamiseni. Inimeste asendamine teatud protsessidel masinatega, kergendab töö iseloomu ning vähendab tööõnnetusi. [3]

Lõputöös käsitletav lõikeseade on formaatsaag, mis võimaldab lõigata materjale. Formaatsae piiraja automaatseks seadistamisega parandame ajalist perspektiivi, muudame kasutamise lihtsamaks ja mugavamaks, optimeerime töötaja tööajaga ning selle tulemusena peaks praagi protsent vähenema.

1.2 Olemasolevad formaatsaed

Turul leidub erinevate lisadega formaatsaage, mida on võimalik kohandada oma vajadustele. Võimalik on leida lihtsamate lisadega saage kui ka kõrgtehnoloogilisi. Järgnevalt on välja toodud kaks turul müüdavat formaatsaagi, mis võimaldavad automaatset saekelgu liikumist vastavalt seadistatud mõõtmetele.

1.2.1 Formaatsaag Kappa 400

Formaatsaag Kappa 400 on Austrias toodetud kõrgtehnoloogiline saag. (Joonis 1) Antud masina puhul on suureks eeliseks mitmed digitaalsed võimalused, mis säästavad aega ning muudavad pingil töö ohutumaks. Kliendil on võimalus tellida endale sobiv saag, kasutades erinevaid lisasid. (Tabel 1)

Formaatsaag Kappa 400 baashind on 21000 eurot, vastavalt vajadustele on võimalik juurde osta lisasid. [4]



Joonis 1. Formaatsaag Kappa 400 [4]

Tabel 1. Formaatsaag Kappa 400 tehnilised näitajad [4]

Mootori võimsus	5.5 kW
Saeketta automaatne tõstmine ja kallutamine	90° – 45°
Joonlaua digitaalne lugeja	Aitab võimalikult täpselt mõõtu seadistada
Parallelogram abilaud	Masin võtab vähem ruumi, võimalik materjale erinevate nurkade all lõigata
X-roll kelgu liugsüsteem	Tagab kelgu sujuva liikumise tänu laiale toetuspinnale
Automaatne saeketta lukustussüsteem	Tagab kiire saeketta vahetuse
Tööstuslik saekaitse	Võimalik reguleerida kõrgust ning eemaldada töölaualt

1.2.2 Formaatsaag Kappa 550 e-motion

Formaatsaag Kappa 550 e-motion on Austrias toodetud kõrgtehnoloogiline saag. (Joonis 2) Antud sae eeliseks võrreldes Kappa 400 on uuenduslikud funktsioonid, mis tagavad maksimaalse efektiivsuse ja märgatava tootlikkuse tõusu. Nendeks funktsioonideks on puutetundlik ekraan; ennetatav kontaktsüsteem, mis tuvastab õnnetusohu enne saelehega kokkupuutumist; jalapedaal, mis vabastab pealmise saekaitse lukustusest; võimalus seadistada järjestikke mõõte ning suur valik programme sae juhtimiseks. (Tabel 2) Formaatsaag Kappa 550 e-motion baashind on 25000 eurot, vastavalt vajadustele on võimalik juurde osta lisasid. [5]



Joonis 2. Formaatsaag Kappa 550 e-motion [5]

Tabel 2. Formaatsaag Kappa 550 e-motion tehnilised näitajad [5]

Mootori võimsus	7.35 kW, 3 kiirust: 3000/4000/5000 pööret minutis
Automaatne nurga seadistus	0°– 46°
15,6-tolline puuteekraan	Masina kõikide telgede juhtimiseks
Ennetav kontaktsüsteem	Kõrvaldab ohtliku olukorra millisekundite jooksul
Jalapedaal	Lubab vabastada pealmise saekaitse lukustusest, et see saaks eemale liikuda
X-roll kelgu liugsüsteem	Tagab kelgu sujuva liikumise tänu laiale toetuspinnale
Automaatne saeketta lukustussüsteem	Tagab kiire saeketta vahetuse
Tööstuslik saekaitse	Võimalik kõrgust reguleerida ning eemaldada töölaualt

2 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE – SAE PIIRAJA AUTOMAATSEKS LIIKUMISEKS VAJAMINEV LISASEADE

Lõiketööde protsessi lihtsustamiseks ja mugavamaks muutmiseks on lõputöö eesmärgiks välja töötada lisaseade vananenud formaatsaele, mis tagaks piiraja automaatse liikumise vastavalt töötaja sisestatud mõõdule. Modelleerimiseks ning automatiseerimiseks on kasutatud 2007 aasta formaatsaagi SCM Tecnomax S 315 WS. (Joonis 3)

Automatiseeritava sae parameetrid on järgmised:

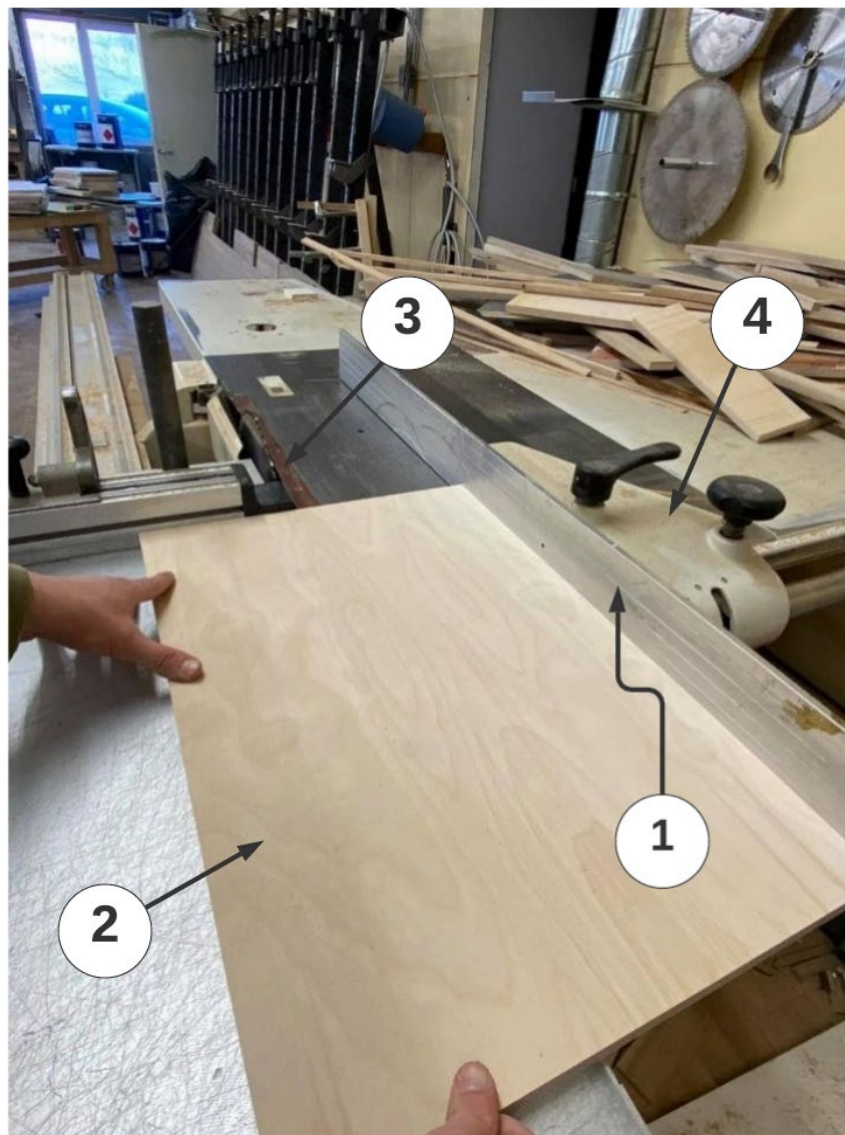
- Mootori võimsus 5,5 kW
- Saeketta manuaalne nurga seadistus 90° – 45°
- Alumiiniumist saekelk mõõtmetega 315 x 142 mm
- Töötasapind karastatud teras mõõtmetega 1600 x 1200 mm



Joonis 3. Automatiseeritav formaatsaag SCM Tecnomax S 315 WS

2.1 Sae piiraja

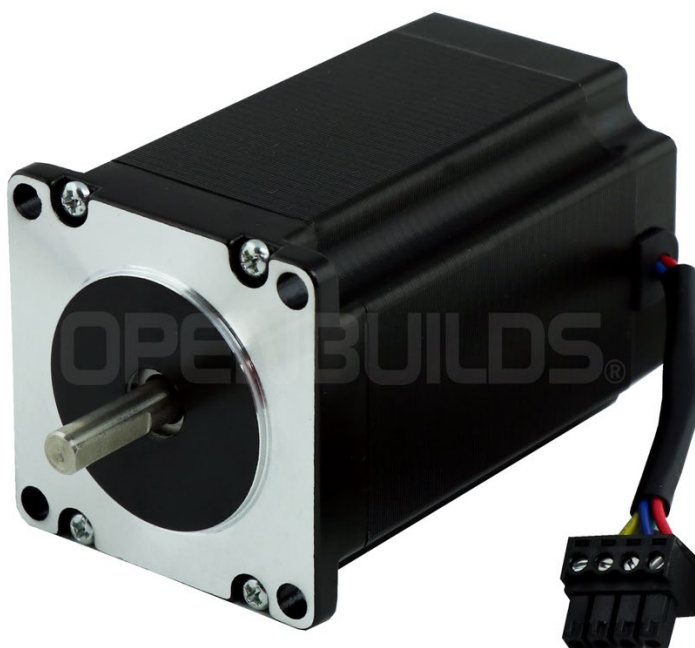
Sae piiraja ehk sae kelk on materjali mõõtmiseks vajalik tugi, mis aitab materjali sirgena ning mõõdus hoida. See liigub mööda joonlauda ning on tähtis komponent sae olemuses. Sae piiraja on tehases monteeritud nii lühikesele kui pikale rõöpale, et teha lõikamist võimalikult lihtsaks. [6] Antud töös on kasutatud olemasolevat sae piirajat. Saepiiraja on suure tõenäosusega valmistatud terasest ning on tsingitud. See tagab pikema kasutusea, kuna saepiiraja saab tihti materjalidelt lööke ning võib kiiresti kuluda.



Joonis 4. SCM Tecnomax S 315 WS lõikeprotsess: 1 – saepiiraja, 2 – töödeldav vineerplaat, 3 – saeketas, 4 – saepiiraja liikumise kinnitus

2.2 Stepper-mootor Nema 23

Antud saepingi ümberehitamiseks otsustati kasutada samm-mootorite seas tuntud stepper- mootorit. Tegemist on suhteliset odava ja usaldusväärse mootoriga, mida kasutatakse seadmete ja CNC-tööpinkide valmistamisel. [7] “Samm-mootor on elektrimootor, mis suudab võlli liigutada sammude kaupa. Iga mootoris tulev impulss sunnib seda pöörlema kindla sammu pikkuse võrra.” [8] Automatiseerimiseks on kasutatud stepper mootori mudelit Nema 23, kuna sellel on suur pöördemoment ning see suudab panna liikuma lineaarse täiturmehhanismi. (Joonis 5) Stepper mootor Nema 23 on ühendatud draiveriga.

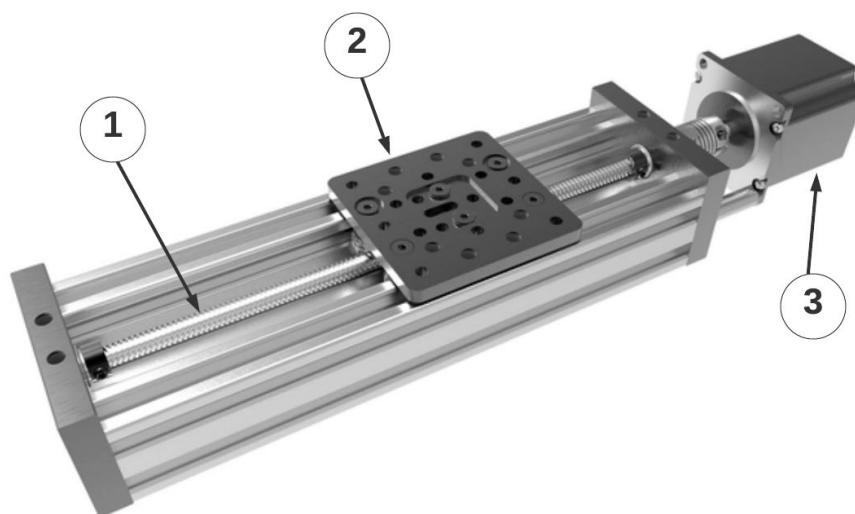


Joonis 5. Stepper-mootor Nema 23 [9]

2.3 Saepiiraja automaatseks seadistamiseks vajaminevad lisad

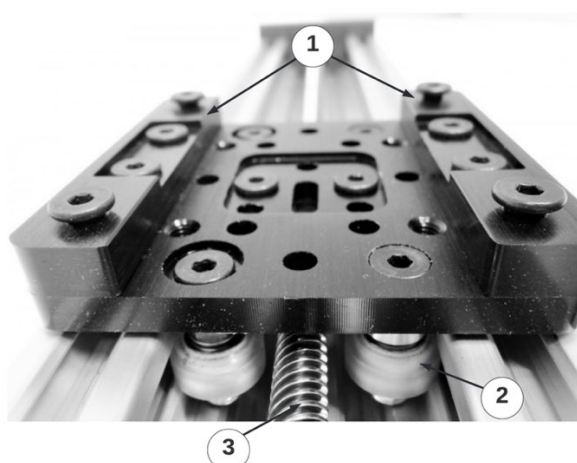
2.3.1 Lineaarne täiturmehhanism

Kelgu liikumiseks x-trajektooriga ehk mööda sae joonlauda on valitud lineaarne täiturmehhanism. Selle külge saab mugavalt kinnitada sae kelgu, mis muudab nii kasutamise kui paigaldamise lihtsaks. „See on täpne ja modulaarne, mis tähendab, et seda saab hõlpsasti igasse süsteemi sisse ehitada.” [10] Pukkplaat liigub mööda käigukruvi vastavalt sisestatud moodsule. Antud näidis sae jaoks on valitud 1500 mm pikkune C-Beam lineaarne täiturmehhanism, mille positsioneerimise täpsus on 0.091 mm. Lineaarne täiturmehhanism kinnitatakse töötasapinna külge.

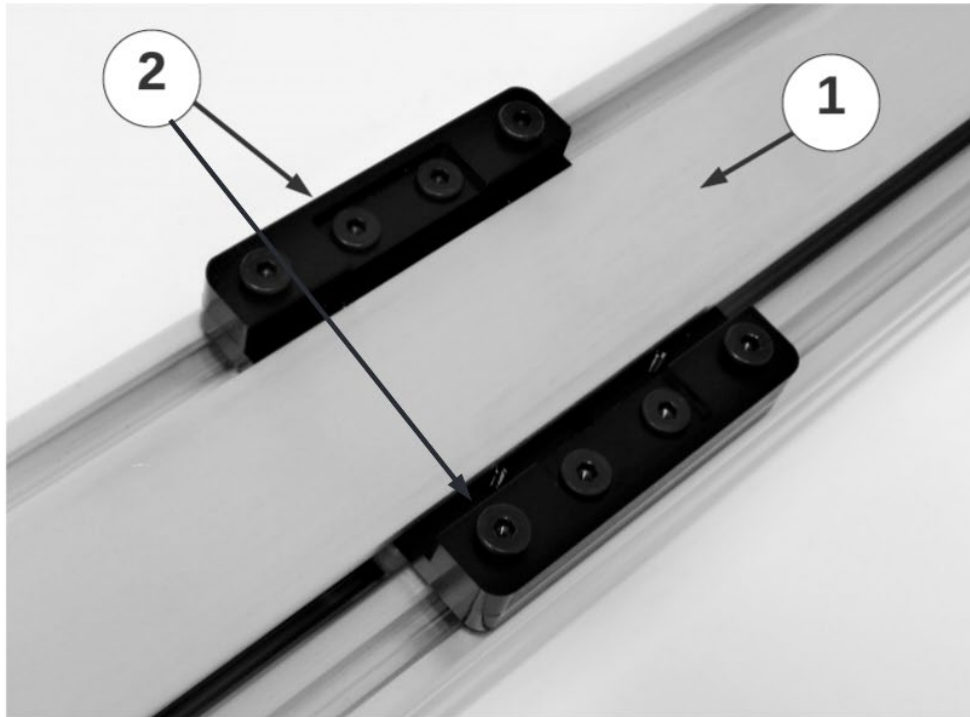


Joonis 6. Lineaarne täiturmehhanism: 1 – käigukruvi, 2 – saepiiraja kinnitus (pukkplaat), 3 – stepper-mootor [10]

Lineaarse täiturmehhanismi kaitsmiseks prahi ja tolmu eest on vaja kinnitada sellele vastupidav alumiiniumsulamist kate. (Joonis 8) Katte pikkuseks on 1500 mm, laius 45 mm ning paksus 3 mm. Lisaks kattele tuleb kinnitada kaks tõsuplaati, mis võimaldavad tõsta kinnituspinda kõrgemale ja on toodud joonisel 7. Tõsuplaatide peale tuleb kinnitada pukkplaat, mille peale omakorda kinnitatakse saekelk.



Joonis 7. Lineaarse täiturmehhanismi tõsuplaadid: 1 – tõsuplaadid, 2 – juhtrullikud, 3 – käigukruvi [11]



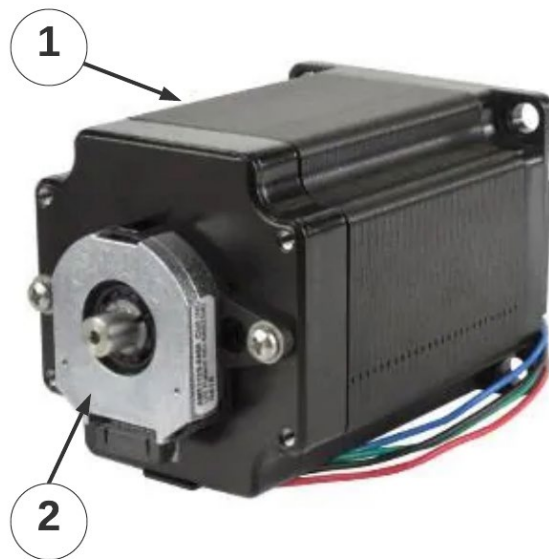
Joonis 8. Lineaarse täiturmehhanismi kaitsekate: *1 – Alumiiniumist kaitsekate, 2 – tõusuplaadid*
[12]

2.3.2 Enkooder

Inkrementaalkoodrit (enkooder) kasutatakse positsioneerimise ja mootori kiiruse tagasiside rakendustes. [13] Valituks osutus inkrementaalne enkooder AMT112S-V, mis sobib hästi tolmusesse keskkonda ning talub vibratsioone ja lööke. (Joonis 9) Turul on saadaval ka komplekte, kus enkooder on ühendatud juba mootoriga, kuid eraldi ostes tuleb see poole odavam. Enkooder AMT112S-V võimaldab digitaalselt seatud nullasendit kalibreerida. Inkrementaalenkooder genereerib impulsse, mis tagab enkoodri suure täpsuse ja dünaamika. [14] See on ühendatud stepper mootoriga NEMA 23, mis on toodud joonisel 10.



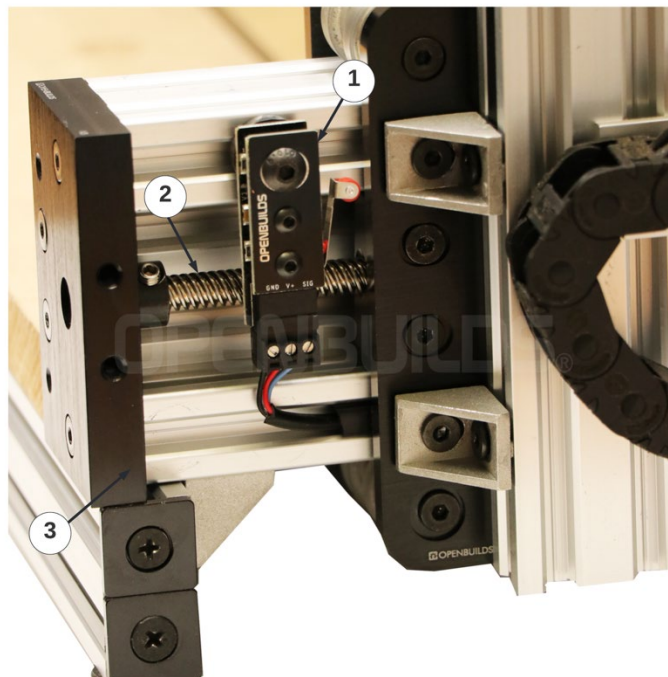
Joonis 9. Enkooder AMT112S-V [15]



Joonis 10. Enkooder koos stepper-mootor NEMA 23: 1 – *Stepper-mootor*, 2 – *Enkooder* [16]

2.3.3 Piirlüliti

Piirlülitid ehk lõpplülitid ehk asendi andurid on vajalikud selle jaoks, et piirata mingi teatud vahemaa või protsessi läbimist, positsioneerimist teatud punktis või ühesuunalise liikumise lõppemist. [17] Piiramiseks on kasutatud kahte Xtension piirlüliti, mis asuvad lineaarse täiturmehhanismi küljes.



Joonis 11. Xtension piirlüliti: 1 – *piirlüliti*, 2 – *käigukruvi*, 3 – *lineaarne täiturmehhanism* [18]

2.3.4 Toiteplokk

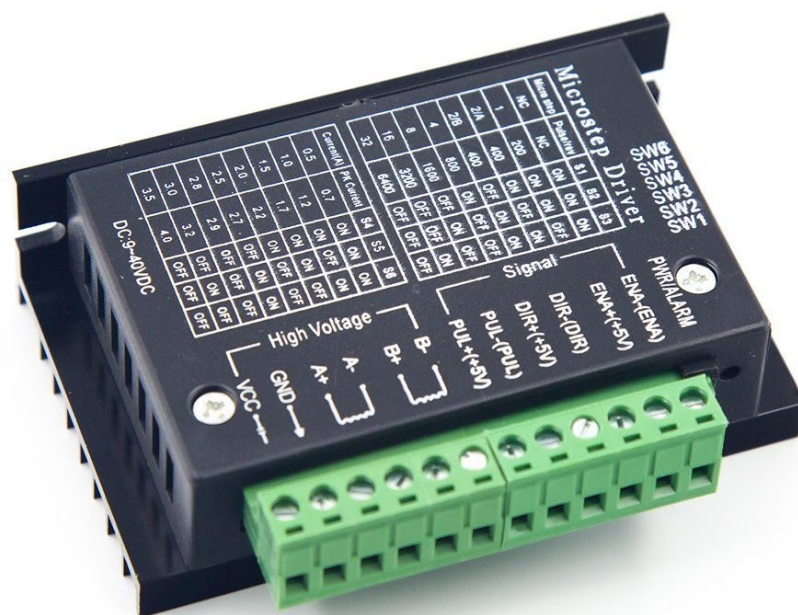
Elektrienergia ülekandmiseks on valitud toiteplokk Meanwell LRS-350-24 mudel, mis on oma tehniliste näitajate poolest sobiv CNC-saepingile. (Joonis 12) Toiteplokis on võimalik reguleerida pinget valiku lüliti abil, see võimaldab kasutada toitepinget 110 V või 220 V. Väljundpinge on 24 V ja maksimaalne voolutugevus 14,6 A, mis suudab käivitada valitud samm-mootorit Nema 23. Toiteploki komponentide jahutamiseks on sisse ehitatud jahutusventilaator. Toiteplokk LRS-350-24 on ühendatud juhtimissüsteemis tööstusliku arvuti ja samm-mootor driveriga. [19]



Joonis 12. Toiteplokk LRS-350-24 [19]

2.3.5 Samm-mootori driver

Samm-mootori driver on mõeldud 2- ja 4- faasiliste mootorite juhtimiseks. Samm-mootori driver TB6600 võimaldab juhtida Nema 8 kuni Nema 24 tüüpi mootoreid. (Joonis 13) Draiveri abil saab muuta mootori kiirust, voolu ning pöörlemissuunda ja pöörete arvu. Draiverile on sisse ehitatud ülekuumenemise-, ülevoolu- ja lühisekaitse, mis tagab seadme töökindluse. Sae automatiseerimiseks on kasutatud ühte samm-mootori draiverit, mis asub juhtimissüsteemis ning on ühendatud toiteploki ja mootori külge. [20]



Joonis 13. Samm- mootori driver TB6600 [20]

2.3.6 EK1100 harjatud sisend-väljundi moodul

Andmete kogumiseks on kasutatud Beckhoff EtherCAT EK1100 harjatud sisend-väljundi moodulit, mille külge saab ühendada erinevaid seadmeid. EtherCAT EK1100 on ühendatud tööstliku arvutiga K3-F17H, samm-mootori draiveriga TB6600 ja lineraarse täiturmehhanismiga. [21]



Joonis 14. Harjatud sisend-väljund moodul EK1100 [21]

2.3.7 Tööstuslik arvuti

Kogu süsteemi juhtimiseks otsustati kasutada tööstuslikku arvutit K3-F17H. (Joonis 15) Tegemist on ventilaatorita arvutiga, mis on tolmu- ja põrutuskindel. Arvutiga on ühendatud toiteplokk LRS-350-24, samm-mootori driver TB6600 ning harjatud sisend-väljundi moodul EK1100. Arvutil on olemas emaplaat kuhu ühendatakse ülejäänud seadmed ning kuhu salvestatakse kogu vajalik info. [22]



Joonis 15. Tööstuslik arvuti K3-F17H [22]

2.2.9 Tööstusliku arvuti ekraan

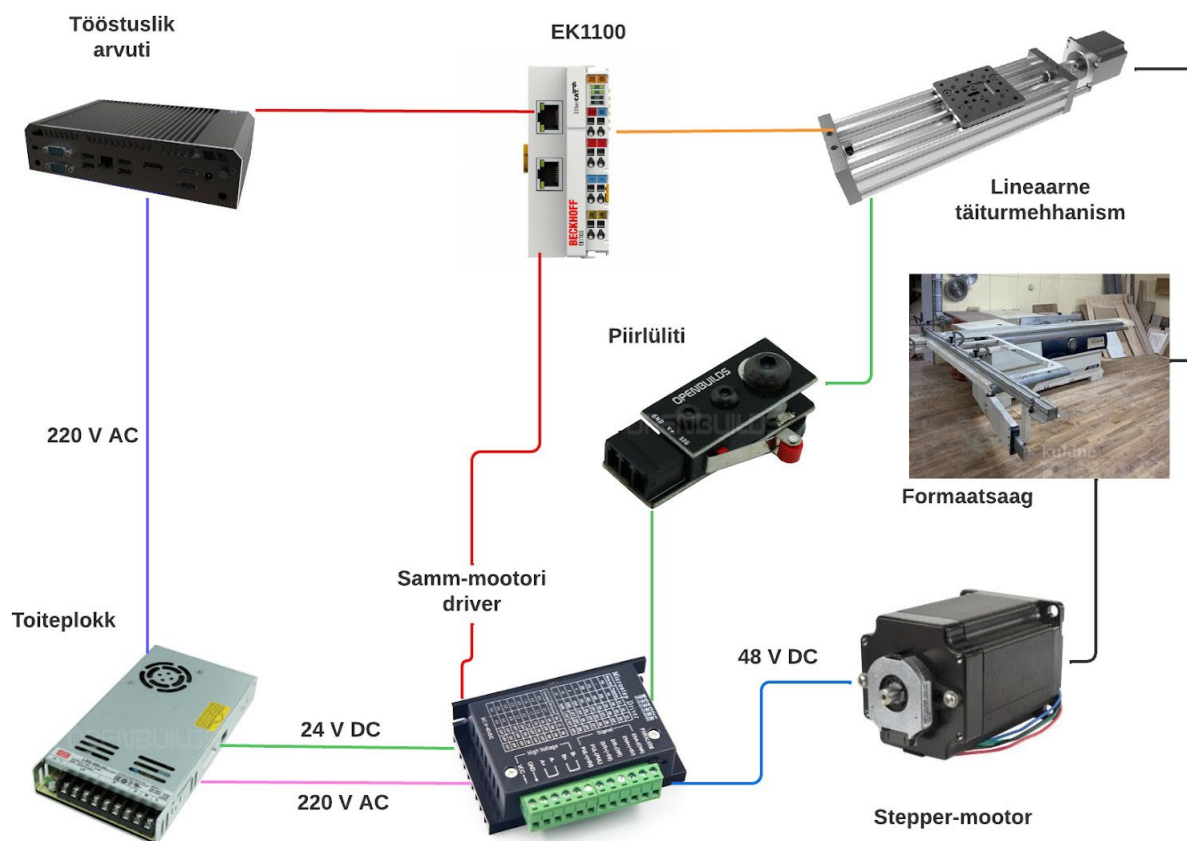
Süsteemi kasutamiseks valiti tööstuslik puutetundlik arvuti ekraan A10-X. Ekraan on loodud kasutamiseks karmides keskkondades ning sobib antud ülesande puhul hästi. Ekraani mõõdud on 283 x 225.2 x 56 mm. [23]



Joonis 16. Tööstuslik arvuti ekraan A10-X [23]

2.4 Juhtimissüsteemi skeem

Sae kelgu automaatseks seadistamiseks on saele lisatud lineaarne täiturmehhanism, mille külge on kinnitatud saekelk. Selleks, et see automaatselt liiguks on jõu andmiseks ühendatud täiturmehhanismi külge stepper-mootor mudel NEMA 23. Stepper-mootori juhtimiseks on tema külge ühendatud samm-mootori driver mudel TB6600, mis edastab stepper-mootorile alalisvoolu 48 V. Teatud vahemaa piiramiseks on täiturmehhanismi otstesse kinnitatud piirlüliti. Kogu süsteemi elektrienergia ülekandmiseks on kasutatud toiteplokki mudel LRS-350-24. Toiteplokk annab samm-mootori driverile alalisvoolu 24 V ning vahelduvvoolu 220 V. Kõikide seadmete andmete kogumiseks ning ühenduseks on kasutatud harjatud sisend-väljundmoodulit EK1100, millele on võimalik hiljem uusi seadmeid ühendada. Süsteemi on lisatud rikkevoolukaitse, mis ohtliku pinge korral elektrivoolus lülitab kaitselüliti seadme automaatselt välja, et kaitsta inimesi ning vältida süsteemi kahjustamist. Kogu süsteemi juhtimiseks on kasutatud tööstuslikku arvutit mudel K3-F17H, mis bluetoothi ühendusel on ühendatud arvuti ekraaniga mudel A10-X, kuhu vajaminevaid mõõte sisestama hakatakse.



Joonis 17. Formaatsae piiraja automaatseks seadistamise juhtimissüsteem

3 ARVUTI EKRAANI KINNITUS SEINALE

Lõputöö teiseks tehniliseks ülesandeks oli valmistada arvuti ekraani kinnitus seinale, mida on mugav kasutada ning efektiivne.

Arvuti ekraani kinnitus seinale on liigutatav. See on mõeldud seadmete juhtimiseks ning võimaldab seada juhtpaneeli vastavalt töötaja kaugusele arvuti ekraanist. Toode võimaldab kasutajal mugavalt arvuti ekraanil olevat programmi kasutada, vähendades seejuures täiendavaid liigutusi ning aega. Antud töö puhul aitab see optimaalselt sae tööd juhtida.

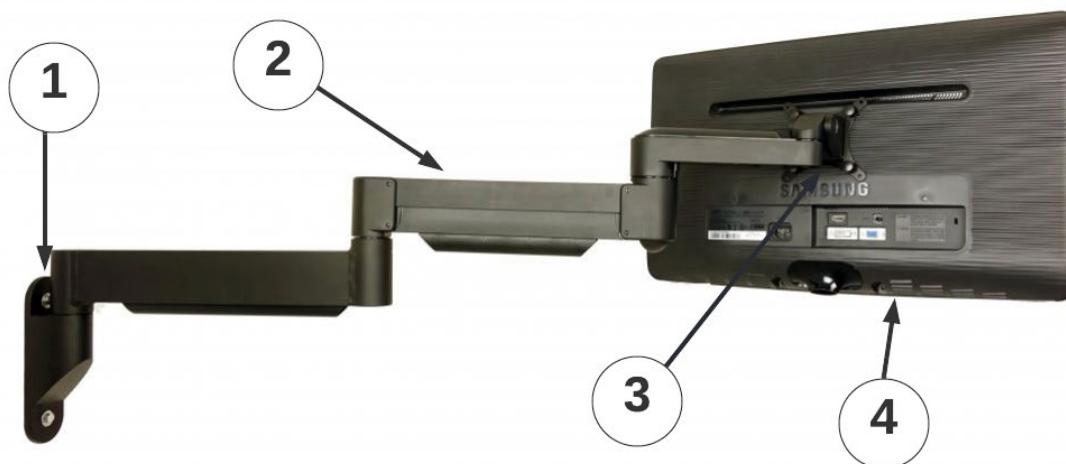
Nõuded arvuti ekraani kinnitusele seinal:

- Konstruktsiooni liigutamine horisontaalselt
- Konstruktsiooni kauguse reguleerimine horisontaalselt
- Arvuti ekraani liigutamine horisontaalselt
- Arvuti ekraani kallutamine vertikaalselt

Lõputöö teise tehnilise osa teostamiseks tuli valida kahe materjali vahel - vineer või metall. Mõlemal materjalil on oma plussid ning miinused. Metall on kõrgete tugevusnäitajatega, vastupidav ning kallis materjal, mis on raskemini töödeldav kui vineer. Vineer on kõrgete tugevusnäitajatega, kergesti töödeldav ja odav materjal. Vineeri eluiga on lühem kui on metallil. Turul müüdavad arvuti ekraani kinnitused on peamiselt metallist ning nende hind varieerub 700 - ... €. Pakutakse erinevate lahenduste, pikkuste ning omadustega arvuti ekraani kinnitusi seintele, mis on toodud joonistel 18 ja 19.



Joonis 18. Tööstuslik arvuti ekraani kinnitus seinale: 1 – arvuti ekraan, 2 – juhtimisseade, 3 – reguleeritav lüli



Joonis 19. Arvuti ekraani kinnitus seinale: 1 – arvuti ekraani kinnitus seinale, 2 – pööratav lüli, 3 – arvuti ekraani kinnitus, 4 – arvuti ekraan [24]

4 PROTOTÜÜBI VALMISTAMINE – ARVUTI EKRAANI KINNITUS SEINALE

4.1 Arvuti ekraani kinnitus seinale

Kuna idee sai alguse mööblifirmast, siis omapärasuse ja hinna tõttu otsustati kasutada tarbimata jäänud vineeri. Vineer on kõrgete tugevusnäitajatega ja odav materjal, mis suudab hoida arvuti ekraani üleval, lisaks on see kergesti töödeldav. Vineer kuulub kihtarmeeritud- ehk laminaatkomposiitide hulka. Materjal on saadud tänu erinevate kihtide liitmisel üheks tervikuks. Vineer on üks kõige tavalisemaid konstruktsioonimaterjale. [25] „Vineeri saamiseks liimitakse spoonid kokku paketiks. Paketis on kindel arv spoone 3...11, paksusega 1,4...3,2 mm. Iga järgmine kiht on eelmisega risti. Paaritu arvu spooni kihtidega tagatakse, et vineertahvli väliste spoonide kiud on ühesuunalised, mis on vajalikud vineertahvli kaardumise tõkestamiseks. Vineeri valmistamiseks kasutatakse kase- ja okaspuud.” [26] Antud prototüübi valmistamiseks on valitud kasepuu vineer.

Kinnituse tugevdamiseks ning pikendamiseks otsustati lisaks vineerile kasutada teleskoopliugurit. See tagab piisava tugevuse ning jäikuse arvuti ekraani kinnituse kasutamisel. Metallist osa võimaldab arvuti ekraani väikese vaevaga ning mugavalt liigutada endale lähemale või kaugemale.

4.2 Vineeri töötlemine

Vineerplaadist lõigatakse formaatsaega välja vastavalt mõõtudele sobivad detailid. Seejärel kantakse materjali nähtavad servad kasutades kantimismasinat. See muudab korpuse servad ilusamaks, ehk ei jää näha vineeri kihtide mustrit. (Joonis 20)



Joonis 20. Puidust spoonkant

Peale servade kantimist tuleb vineerist detailid lihvida üle lihvimismasinaga, mille lihvimispaber on teralisusega 120. See muudab edasise viimistlemise lihtsamaks. Kui vineerist detailid on töödeldud siis need krunditakse ning seejärel lihvitakse uuesti lihvimismasinaga siledaks, mille lihvimispaber on teralisusega 240. (Joonis 21) Krunt toob esile materjalis vigastatud kohad, mis tuleb ära pahteldada ning lihvida.



Joonis 21. Lihvimistarvikud: 1 – lihvimisklots, 2 – eksentriklihviija

Peale viimistlust on vineerist detailid valmis värvimiseks. Vastavalt soovile on võimalus toodet värvida paljudes värvitoonides. (Joonis 22) Värvimiseks kasutatakse Akzo Nobeli alküüdvärvi, sest sellel on hea nakkuvus puiduga ning peab kauem vastu hõõrdumisele võrreldes lateksvärviga. Värv pealekandmiseks kasutatakse värvipüstolit Walther Pilot III. “Püstol pihustab vedela viimistlusmaterjali peene tolmana puidu pinnale, kus see moodustab ühtlase pinnakatte. Päästikule vajutamine avab suruõhule tee püstolisse, kus see seguneb värvi anumast imetud viimistlusmaterjaliga. [27, p. lk 326]



Joonis 22. Värvimise protsess: 1 – Värvipüstol Walther Pilot III, 2 – värvipaak, 3 – suruõhuvoolik

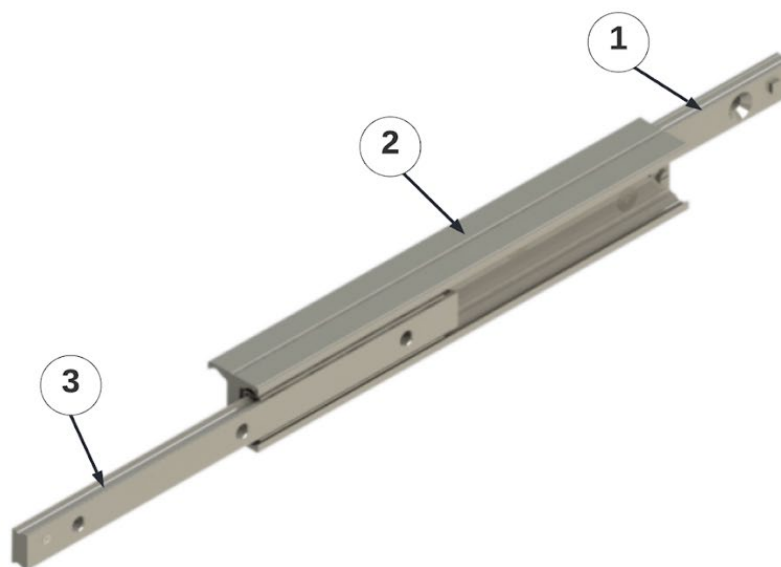
Peale värvimis on toode valmis kokkupanekuks.

4.3 Arvuti ekraani korpuse valmistamine protsess

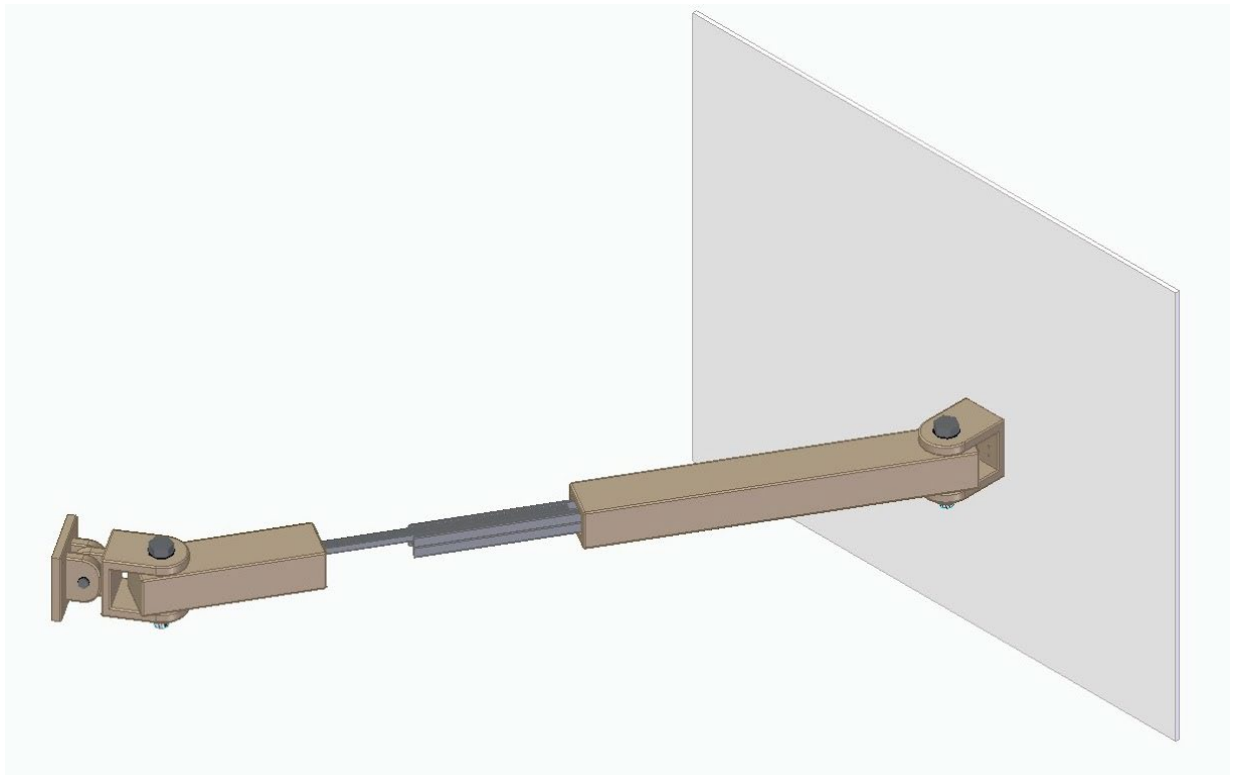
Arvuti ekraani kinnitus seinale koosneb viiest puit detailist:

1. Detail 1. Kinnitus seinale (Joonis 25)
2. Detail 2. Vineerist korpus 1 (seina kinnituse poolne) (Joonis 28)
3. Detail 3. Vineerist korpus 2 (ekraani poolne) (Joonis 31)
4. Detail 4. Ekraani kinnitus 1 (Joonis 33)
5. Detail 5. Ekraani kinnitus 2 (Joonis 34)

Arvuti ekraani konstruktsiooni pikendamiseks on Detail 2 ja 3 vahele kinnitatud teleskoopliugur. Liuguri mõõtmed on: 610 x 43 x 44 mm. [28] See koosneb kolmest osast, tänu millele on võimalik teleskoopliugurit pikendada 633 mm võrra. (Joonis 23) Fikseeritud liugur on kinnitatud Detail 2 korpuse põhja külge, mis asub paralleelselt avaga, korpuse keskel. Liigutatav liugur on kinnitatud 140 mm ulatuses Detail 3 korpuse keskele, ülemise sisepinna külge. Fikseeritud ja liigutatavat liugurit ühendab kaks pikendatavat siini, mis on omavahel poltidega kinni. Liugurid liiguvad siinide vahel laagrite abil.



Joonis 23. Teleskoopliuguri asendid: 1 – Liigutatav liugur, 2 – Kaks pikendatavat siini, 3 – Fikseeritud liugur [29]



Joonis 24. Arvuti ekraani kinnitus seinale

4.3.1 Detail 1 - kinnitus seinale

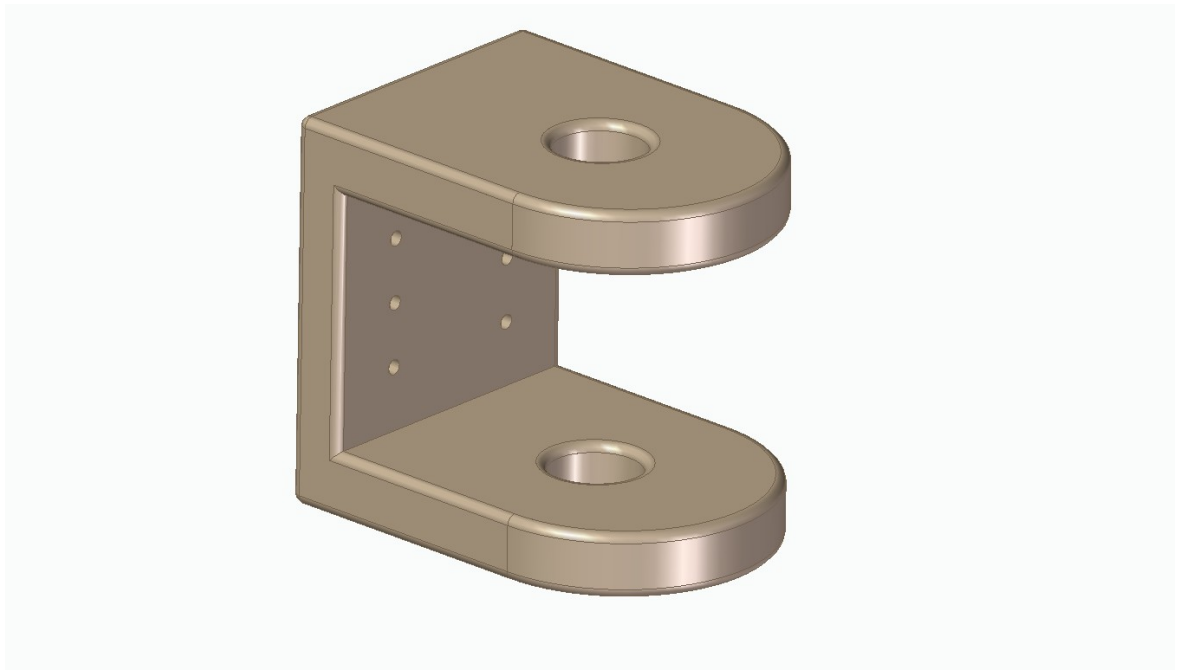
Detail 1 on mõõtmatega 153 x 100 x 126 mm (Lisa 1).

Kinnitus seinale koosneb kolmest detailist: (Joonis 25)

- Plaat, mis kinnitub seinale
- Ülemine plaat
- Alumine plaat

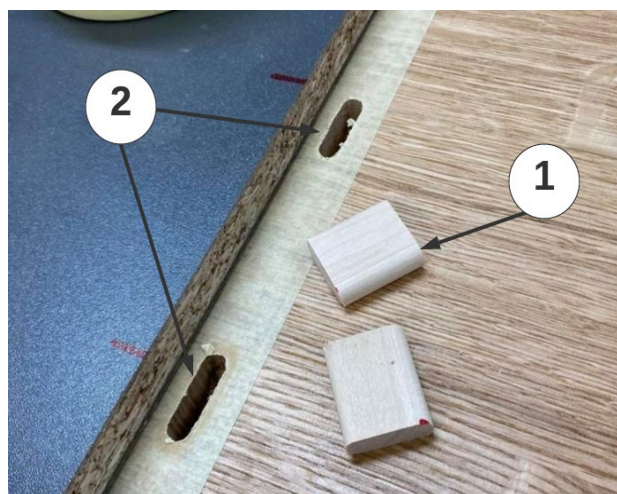
Esimene plaat, mis kinnitub seinale on mõõtmatega: pikkus 84 mm ja laius 100 mm . Plaadi paksuseks on 18 mm. Detailile tuleb puurida kokku kuus ava mõõtmatega 5 mm, millega kinnitub detail seinale.

Ülemine ja alumine plaat on identsed, mõõtmatega: pikkus 153 mm ja laius 100 mm. Plaatide paksus on 21 mm. Plaatidesse tuleb puurida ava, mis asub plaadi paremast otsast 51 mm kaugusel ning ava diameetriks on 30 mm. Plaatide parempoolne külg tuleb freesida raadiusega 50 mm.



Joonis 25. Detail 1 - Kinnitus seinale

Kõik kolm plaati on omavahel tappidega kokku liimitud. Tapid on puidust väikesed klotsid, mis aitavad hoida konstruktsiooni paremini koos. (Joonis 26) Tapifreesiga Domino DF 500 Q Set freesitakse kahe detaili sisse tappide suurusele vastavad avad. (Joonis 27) Seejärel tuleb avad täita puiduliimiga, asetada tapp ühte avasse ning pitskruvi abil avaldada survet, et teise detaili ava läheks esimese detaili tapiga kokku. Seejärel tuleb jätta detailid surve alla, kuni liimi kuivamiseni. Tapikeelte vahekaugus ei tohiks olla suurem kui kolmandik sarja laiusest. Kaardumise vältimiseks jäetakse keelte vahele tavaliselt väike aste. [27, p. lk 250] Detail 1 tuleb kinnitada seinale tüüblite ja kruvidega.



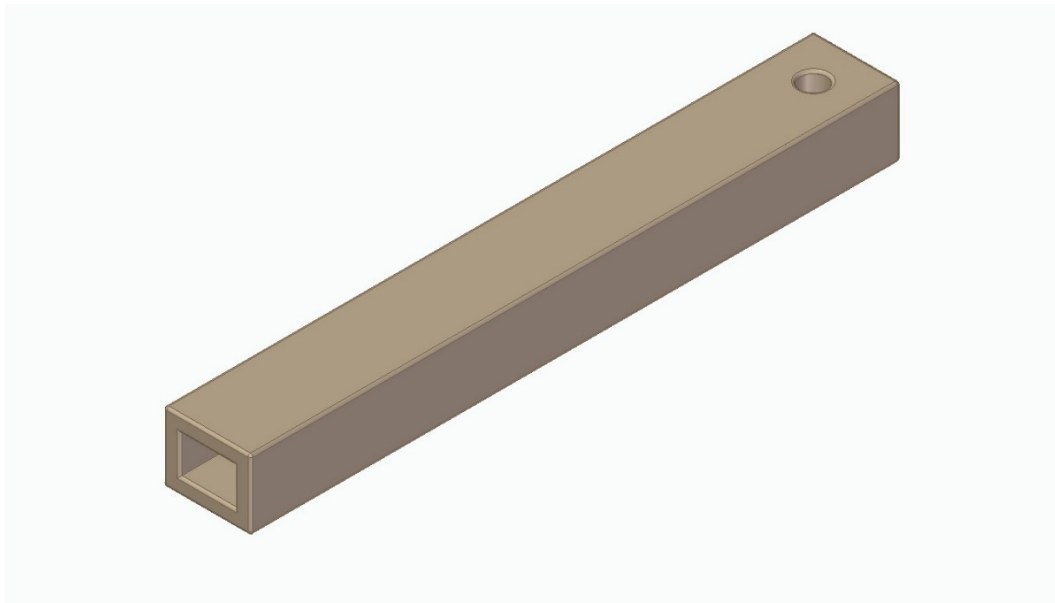
Joonis 26. Tapid kinnitamiseks: 1 – Tapid, 2 – freesitud tapiavad



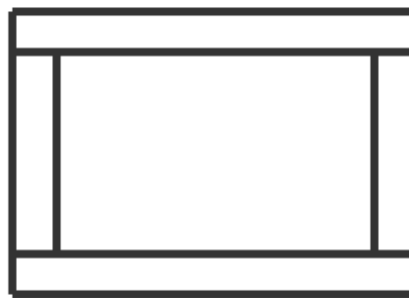
Joonis 27. Tapifrees Domino DF 500 Q Set Festool

4.3.2 Detail 2 - Vineerist korpus 1

Detail 2 on mõõtmatega: 750 x 100 x 80 mm, vineeri paksuseks on 18 mm (Lisa 2). Korpus koosneb neljast pikast detailist, mis on omavahel kokku naelutatud naelapüstoliga. Vineerid on kokku naelutatud pikematest külgedest ning tänu sellele tekib kinnine korpus. (Joonis 28) Antud korpuse tegemiseks tuleb lõigata välja kaks detaili mõõtmatega 750 x 100 mm ning kaks detaili 750 x 44 mm. Korpuse kokkupanekul istuvad ülemine ja alumine detail külje detailide peale. (Joonis 29) Detaili paremasse otsa tuleb lõigata 64 x 44 mm detail, mis kinnitatakse korpuse vahele. Antud detailile on kinnituseks puuritud paremasse otsa 30 mm diameetriga ava kogu ulatuses, mis asub detaili paremast otsast 50 mm kaugusel.

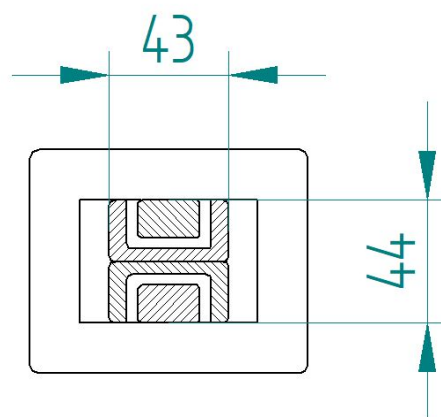


Joonis 28. Detail 2 - Vineerist korpus 1



Joonis 29. Vineerist korpuse detailide asetus

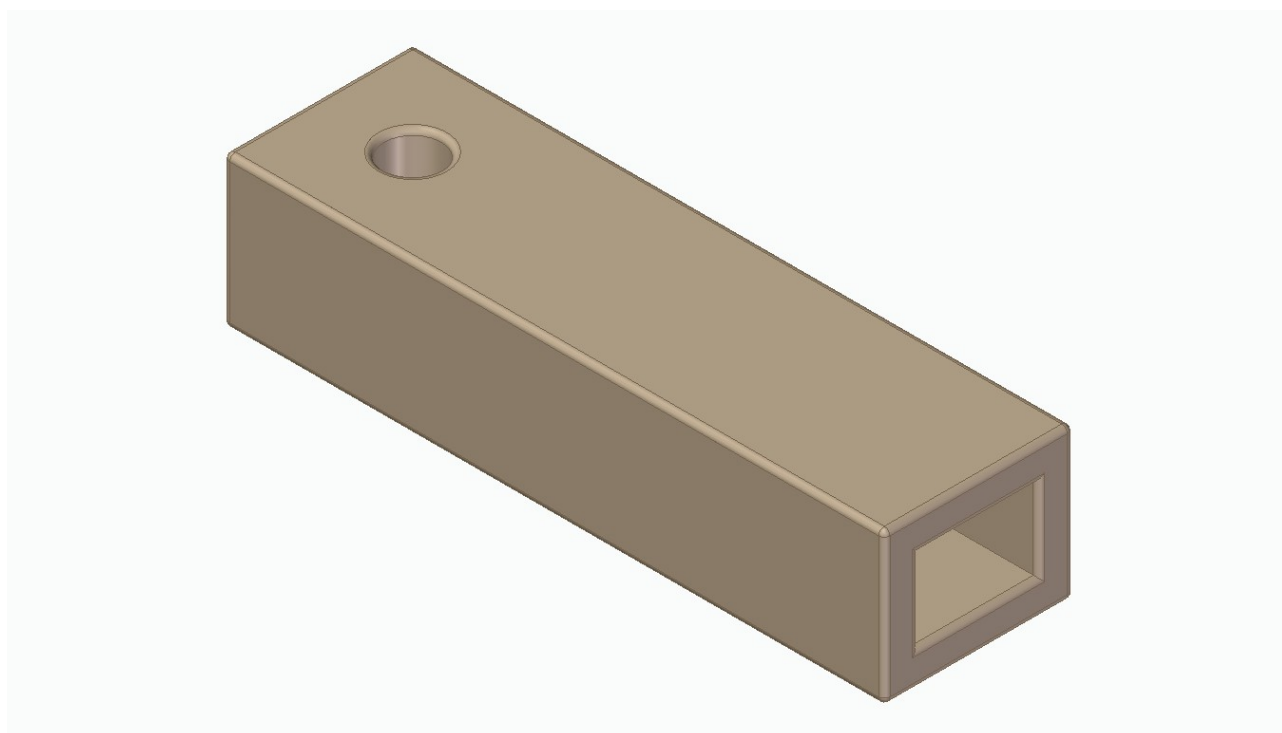
Detail 2 korpuse põhja külge on kinnitatud teleskoopiuguri fikseeritud liugur. Tänu millele on vastavalt vajadusele võimalik pikendada arvuti ekraani kinnitust endale endale lähemale. Fikseeritud liugur asub paralleelselt avaga, korpuse keskel.



Joonis 30. Teleskoopiuguri positsioon Detail 2's

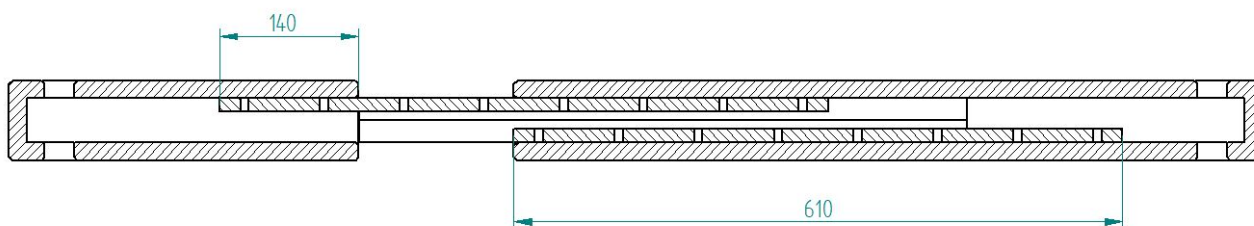
4.3.3 Detail 3 - vineerist korpus 2

Detail 3 on mõõtmetega: 350 x 100 x 80 mm, vineeri paksuseks on 18 mm (Lisa 3). Korpus koosneb neljast pikast detailist, mis on omavahel kokku naelutatud naelapüstoliga. Antud korpuse tegemiseks tuleb lõigata välja kaks detaili mõõtmetega 350 x 100 mm ning kaks detaili 350 x 44 mm. Vineerid on kokku naelutatud pikematest külgedest ning tänu sellele tekib kinnine korpus. (Joonis 29) Detaili vasakusse otsa tuleb lõigata 64 x 44 mm detail, mis kinnitatakse korpuse külge. Antud detailile on puuritud vasakusse otsa 30 mm diameetriga ava kogu ulatuses, mis asub detaili vasakust otsast 50 mm kaugusel. (Joonis 31)



Joonis 31. Detail 3 - Vineerist korpus 2

Detail 3 ülemise sisepinna külge on kinnitatud 140 mm ulatuses liigutatav liugur. Liigutatavat liugurit ühendab fikseeritud liuguriga kaks pikendatavat siini, tänu millele saab konstruktsiooni endale lähemale liigutada.



Joonis 32. Teleskoopliuguri positsioon Detail 2's ja Detail 3's

4.3.4 Detail 4 - arvuti kinnitus 1

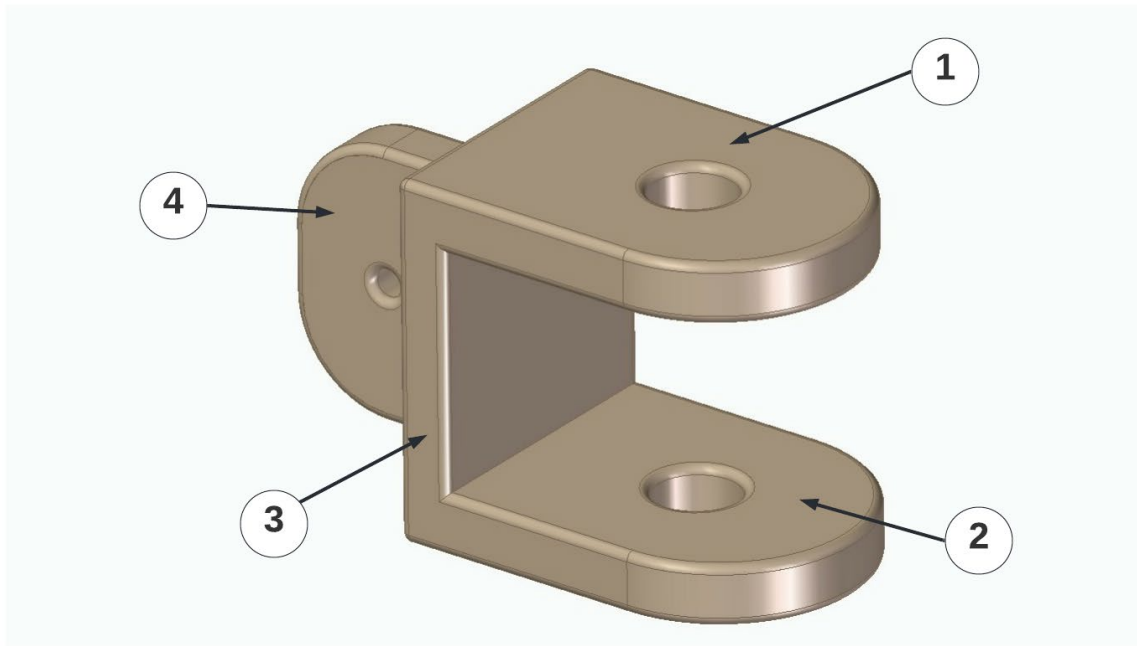
Detail 4 on mõõtmetega 218 x 100 x 126 mm (Lisa 4).

Detail 4 koosneb neljast detailist: (Joonis 33)

- Ülemine plaat
- Alumine plaat
- Tugiplaat
- Kinnitus Detailile number 5

Tugiplaat on mõõtmetega: pikkus 84 mm ja laius 100 mm. Vineeri paksuseks on 18 mm. Selle külge on tapitud kinnitus Detailile number 5, mille mõõtmed on: pikkus 95 mm ja laius 65 mm. Vineeri paksuseks on 21 mm. Kinnitus Detailile number 5 tuleb sisse puurida 10 mm kinnitus ava, mis on plaadi vasakust otsast 30 mm kaugusel. Plaadi vasakpoolne külg tuleb freesida raadiusega 50 mm.

Ülemine ja alumine plaat on identsed, mõõtmetega: pikkus 153 mm ja laius 100 mm. Plaatide paksus on 21 mm. Plaatidesse tuleb puurida ava, mis asub plaadi paremast otsast 51 mm kaugusel ning ava diameetrik on 30 mm. Plaatide parempoolne külg tuleb freesida raadiusega 50 mm. (Joonis 33)



Joonis 33. Detail 4 - Ekraani kinnitus 1: *1 – ülemine plaat, 2 – alumine plaat, 3 – tugiplaat, 4 – kinnitus Detailile number 5*

4.3.5 Detail 5 - arvuti ekraani kinnitus

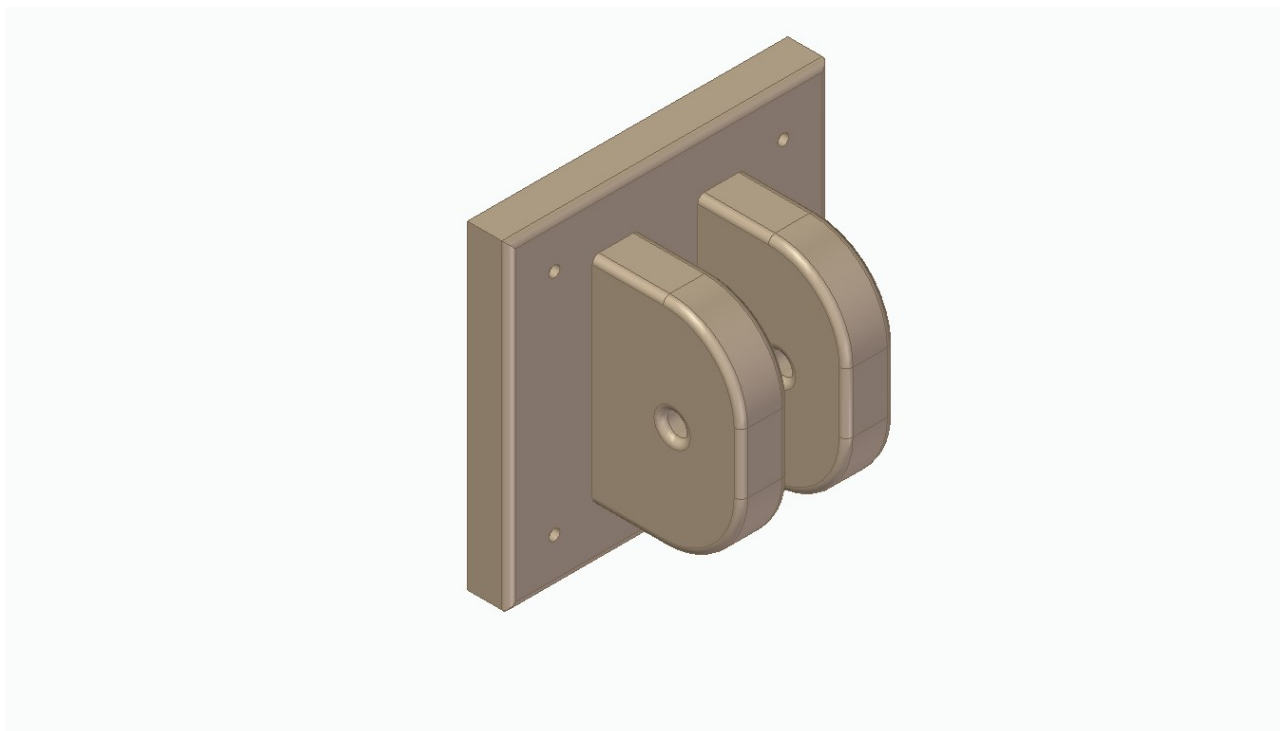
Detail 5 on mõõtmetega 83 x 140 x 140 mm (Lisa 5).

Arvuti ekraani kinnitus koosneb kolmest detail:

- Arvuti ekraani kinnitusplaat
- Kinnitusplaat 1
- Kinnitusplaat 2

Arvuti ekraani kinnitusplaat on mõõtmetega: pikkus 140 mm, laius 140 mm ja paksus 18 mm. Arvuti ekraani kinnitamiseks tuleb detaile puurida kokku neli ava mõõduga 5 mm, mis asuvad üksteisest 100 mm kaugusel. (Joonis 34)

Kinnitusplaat 1 ja 2 tulevad identsed, nende plaatide pikkuseks on 94 mm, laiuks 65 mm ja paksuseks 21 mm. Plaatidele tuleb puurida sisse ava, mis asub plaadi paremast otsast 30 mm kaugusel ning ava suuruseks on 10 mm. Plaatide parempoolne külg tuleb freesida raadiusega 34 mm. Kõik kolm plaati on omavahel tappidega kokku liimitud.



Joonis 34. Detail 5 - Arvuti ekraani kinnitus 2

4.3.6 Kinnitused

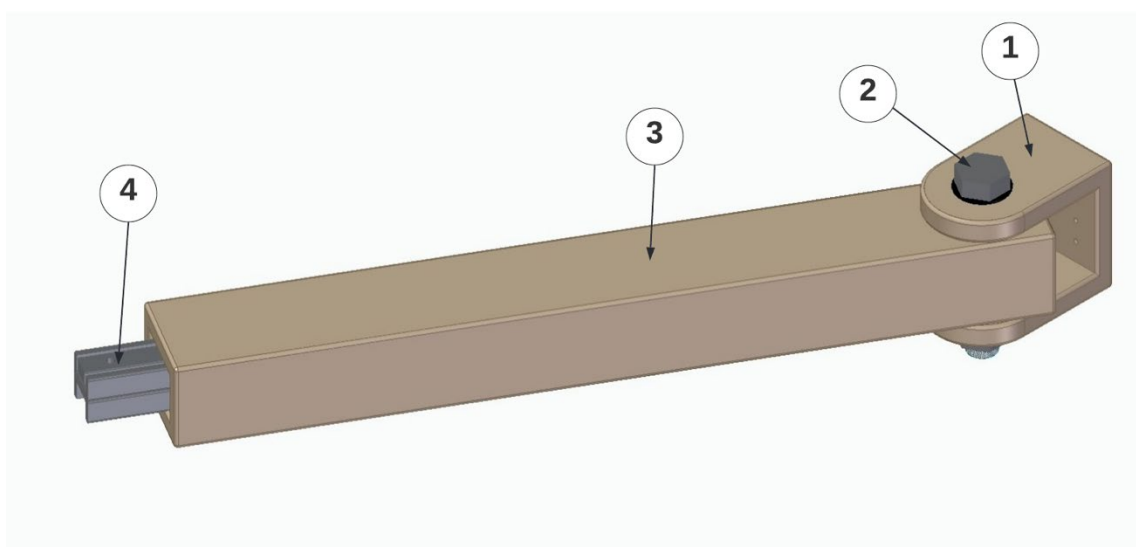
Detail 1 ja 2 ning Detail 3 ja 4 ühendamiseks on kasutatud terasest polte, mis on osaliselt keermestatud. Poldi laiusteks on 27 mm, pikkusteks on 190 mm, millest 66 mm on keermestatud. Poldi pea diameetriks on 41 mm. [30] Detail 4 ja 5 ühendamiseks on kasutatud terasest polti, mis on osaliselt keermestatud. Poldi laiuseks on 10 mm ning pikkuseks 95 mm, millest 26 mm on keermestatud. Poldi pea diameetriks on 17 mm. [31] Poldi keermestatud osa otsa on kinnituseks keeratud mutrid. Vineeri kaitsmiseks on poldi pea ja mutri vahele lisatud kummist seibid. Seibid on lisatud ka detailide kokkupuute kohtadesse.



Joonis 35. Terasest polt

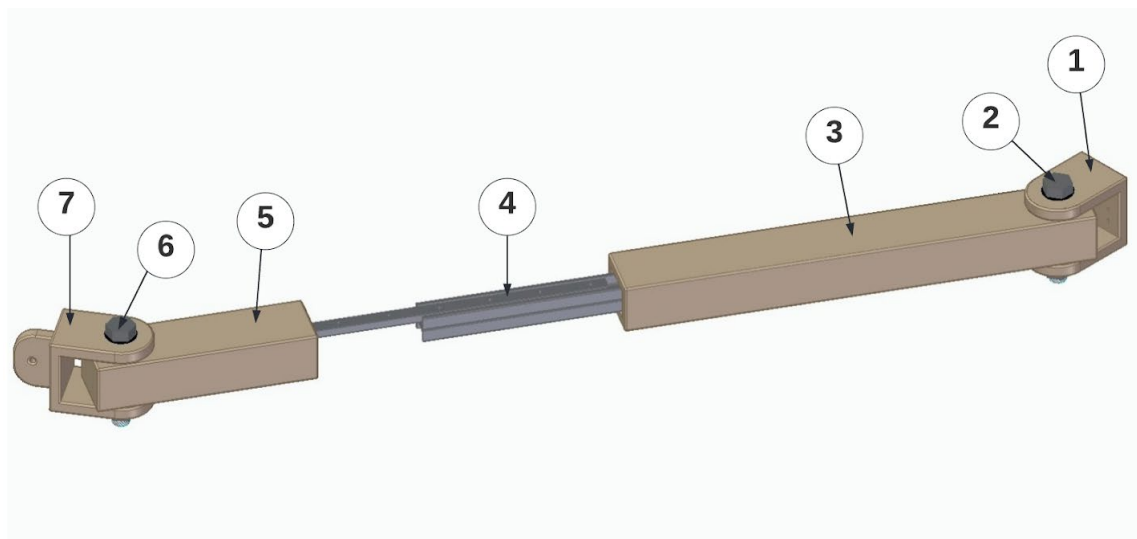
4.4 Konstruktsiooni kokkupanek

Detail 1 kinnitub seinale, selle vahele on kinnitatud Detail 2. See tagab konstruktsiooni liigutamise horisontaalselt. Detailid on omavahel ühendatud M27 x 190 mm poldiga, mis on kinnitatud mutriga. (Joonis 35) Detail 2 sisse on kinnitatud teleskoopliuguri fikseeritud osa, mis asub paralleelselt avaga, korpuse keskel. (Joonis 36)



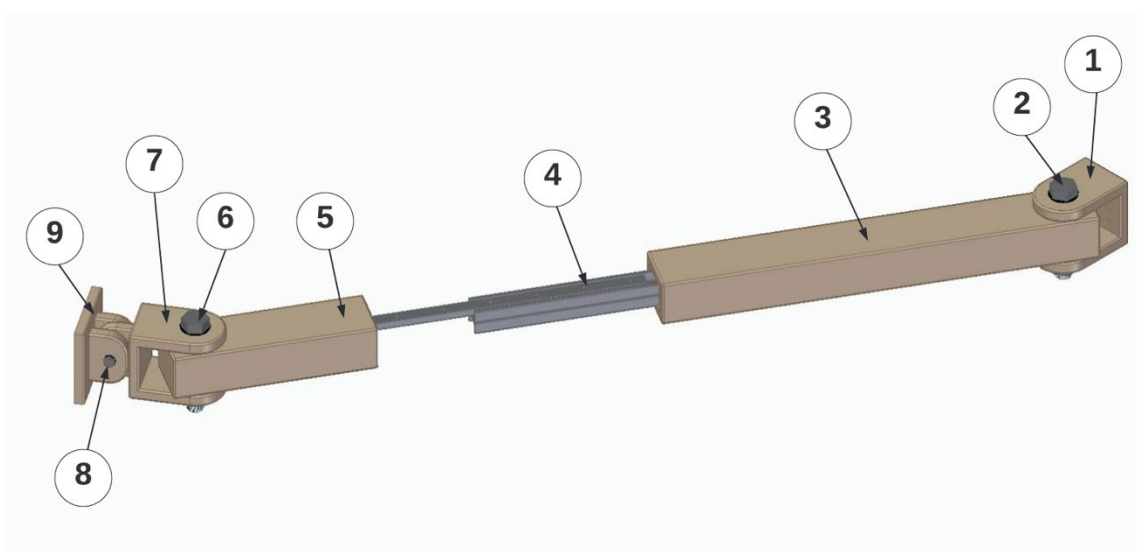
Joonis 36. Detail 1 koos Detailiga 2: 1 – Detail 1, 2 – M27 polt,
3 – Detail 2, 4 – teleskoopliugur

Detail 3 korpuse ülemise sisepinna külge on kinnitatud 140 mm ulatuses liigutatav liugur. Teleskoopliugur aitab ühendada Detail 2 ja 3 omavahel. Detail 4 on kinnitatud Detail 3 külge M27 x 190 mm poldiga, mis on kinnitatud mutriga. See tagab arvuti ekraani liigutamise horisontaalselt.



Joonis 37. Detail 1, 2, 3, 4 konstruktsioon: 1 – Detail 1, 2 – M27 polt, 3 – Detail 2, 4 – teleskoopliugur, 5 – Detail 3, 6 – M27 polt, 7 – Detail 5

Detail 4 külge on kinnitatud Detail 5, M10 x 95 mm poldiga, mis on kinnitatud mutriga. (Joonis 35) See tagab ekraani kallutamise vertikaalselt. Viimasena tuleb kinnitada kogu süsteemile tööstuslik arvuti ekraan A10-X.

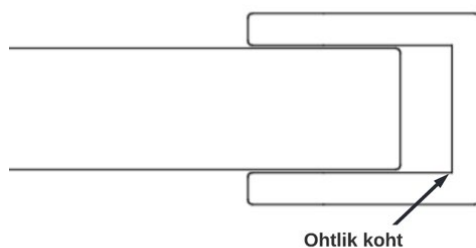


Joonis 38. Arvuti ekraani kinnituse konstruktsioon: 1 – Detail 1, 2 – M27 polt, 3 – Detail 2, 4 – teleskoopliugur, 5 – Detail 3, 6 – M27 polt, 7 – Detail 4, 8 – M10 polt, 9 – Detail 5

4.5 Konstruktsiooni tugevusnäitajad

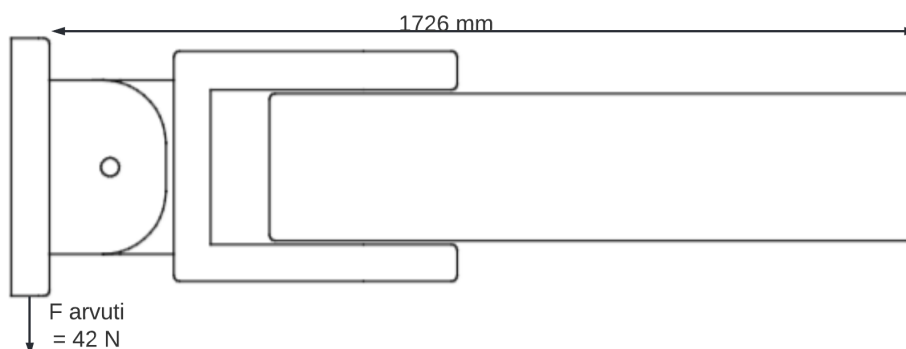
Arvuti ekraani kinnitusega seinale konstruktsioonilt avastati neli ohtliku kohta, kus koormus võib kahjustada detaili. Riski maandamiseks teostati tugevusarvutused ohtlikes kohtades.

Ohtlik koht 1 asub Detail 1 ääres. (Joonis 39)



Joonis 39. Ohtlik koht 1

Seinakinnitusel asuva ohtliku koha pinge jaoks tuleb leida kogu konstruktsiooni moment.



Joonis 40. Arvuti ekraani poolt tekitatud moment

Leitakse arvuti ekraani poolt tekitatud moment M_1 ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (1):

$$M_1 = F_{\text{Arvuti}} \times l, \quad (1)$$

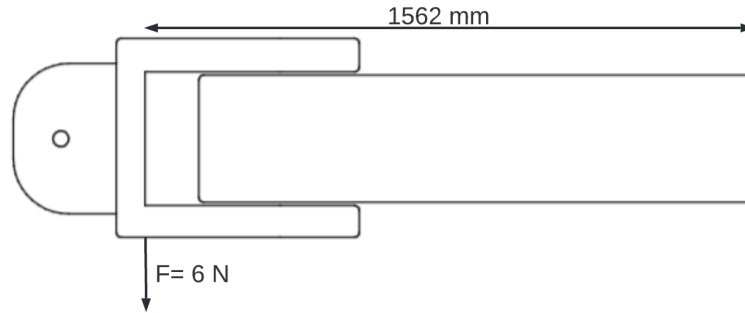
kus F_{arvuti} – jõud, N;

l – pikkus Detail 5 kuni Detail 2, m.

Arvuti ekraani poolt tekitatud moment vastavalt valemile (1) on:

$$M_1 = 42 \times 1,726 = 72,5 \text{ N} \times \text{m}.$$

Vastavalt arvutustele on arvuti poolt tekitatud moment on $72,5 \text{ N} \times \text{m}$.



Joonis 41. Detail 4 poolt tekitatud moment

Detail 4 kaalub 0,6 kg. Leitakse Detail 4 poolt tekitatud moment M_2 (N × m) valemiga (2):

$$M_2 = F_{kinnitus} \times l, \quad (2)$$

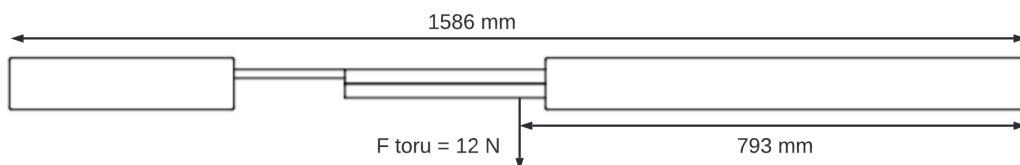
kus $F_{kinnitus}$ – jõud, N;

l – pikkus Detail 4 kuni Detail 2, m.

Detail 4 poolt tekitatud moment vastavalt valemile (2) on:

$$M_2 = 6 \times 1,562 = 9,3 \text{ N} \times \text{m}.$$

Vastavalt arvutustele on Detail 4 poolt tekitatud moment on 9,3 N × m.



Joonis 42. Detail 2, Detail 3 ja teleskoopliuguri poolt tekitatud moment

Leitakse konstruktsiooni osa, vineerist korpused koos teleskoopliuguriga, poolt tekitatud moment M_3 (N × m) valemiga (3):

$$M_3 = F_{liugur} \times l, \quad (3)$$

kus F_{liugur} – jõud, N;

l – pikkus Detail 3 kuni Detail 2, m.

Antud konstruktsiooni osa poolt tekitatud moment vastavalt valemile (3) on:

$$M_3 = 12 \times 0,793 = 9,5 \text{ N} \times \text{m}.$$

Vastavalt arvutustele on konstruktsiooni osa, vineerist korpused koos teleskoopliuguriga, poolt tekitatud moment 9,5 N × m.

Leitakse kogu konstruktsiooni poolt tekitatud moment M ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (4):

$$M = M_1 + M_2 + M_3, \quad (4)$$

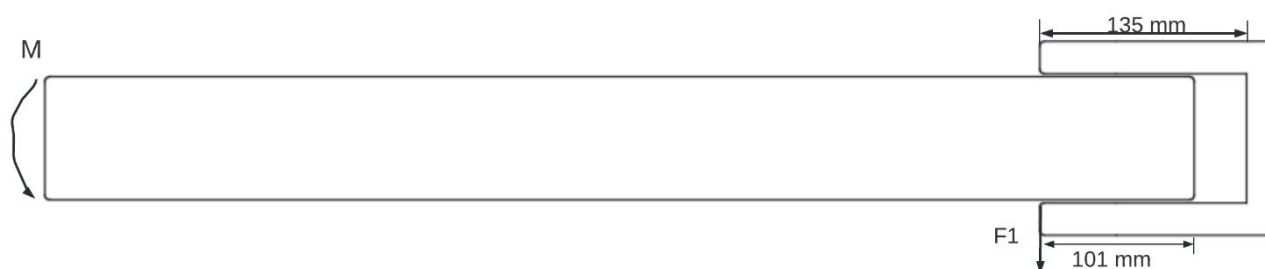
kus $M_{1;2;3}$ – moment $\text{N} \times \text{m}$.

Kogu konstruktsiooni poolt tekitatud moment vastavalt valemile (4) on:

$$M = 72,5 + 9,3 + 9,5 = 91,3 \text{ N} \times \text{m}.$$

Vastavalt arvutustele on kogu konstruktsiooni poolt tekitatud moment $91,3 \text{ N} \times \text{m}$.

Kui kogu konstruktsiooni poolt tekitatud moment on leitud saab arvutada paindemomendi ohtlikus kohas (seinakinnitusel).



Joonis 43. Jõu mõju Detail 1 asuvas ohtlikus kohas

Leitakse jõud, mis mõjub Detail 1 ohtlikus kohas F_1 (N) valemiga (5):

$$F_1 = \frac{M}{l}, \quad (5)$$

kus M – moment, $\text{N} \times \text{m}$;

l – pikkus, mm.

Detail 1'le mõjuv jõud vastavalt valemile (5) on:

$$F_1 = \frac{91,3}{101} = \frac{91300}{101} = 903 \text{ N}.$$

Vastavalt arvutustele on Detail 1'le mõjuv jõud 903 N.

Leitakse paindemoment ohtlikus kohas M_{ohtlik} ($N \times m$) valemiga (6):

$$M_{ohtlik} = F_1 \times l, \quad (6)$$

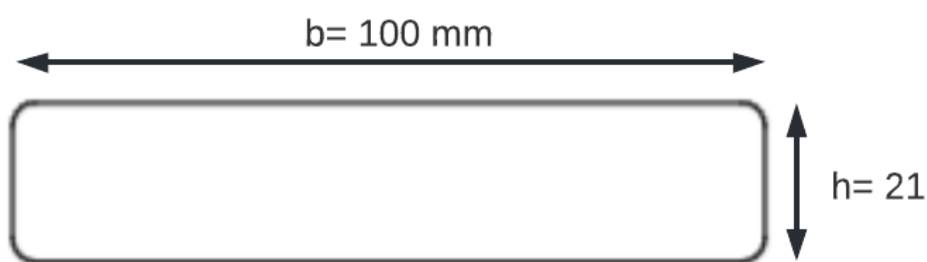
kus F_1 – Detail 4 äärele mõjuv jõud, N;

l – pikkus, m.

Paindemoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (6) on:

$$M_{ohtlik} = 903 \times 0,135 = 122 \text{ N} \times \text{m}.$$

Vastavalt arvutustele on paindemoment ohtlikus kohas $122 \text{ N} \times \text{m}$.



Joonis 44. Detail 1 haar

Leitakse vastupanumoment ohtlikus kohas W (mm^3) valemiga (7):

$$W = \frac{b \times h^2}{6}, \quad (7)$$

kus b – Detail 4 haara laius, mm;

h – Detail 4 haara kõrgus, mm.

Vastupanumoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (7) on:

$$W = \frac{100 \times 21^2}{6} = 7350 \text{ mm}^3.$$

Vastavalt arvutusele on vastupanumoment ohtlikus kohas 7350 mm^3 .

Selleks, et teada kas konstruktsioon peab vastu tuleb leida Detail 1'l asuva ohtliku koha paindemoment.

Leitakse Detail 1'l asuva ohtliku koha paindemoment δ_p (MPa) valemiga (8):

$$\delta_p = \frac{M_2}{W}, \quad (8)$$

kus M_2 – moment ohtlikus kohas, N × mm;

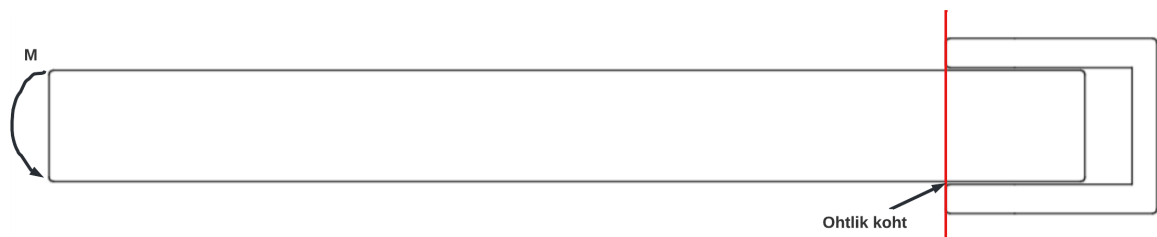
W – vastupanumoment ohtlikus kohas, mm³.

Paindemoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (8) on:

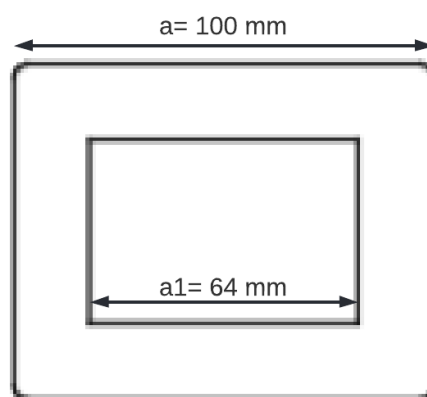
$$\delta_p = \frac{122000}{7350} = 16,6 \text{ MPa.}$$

Vineeri tõmbetugevus on 30 MPa. Pinge antud ohtlikus kohas on 16,6 MPa. Sellest saab järeldada, et Detail 1 ohtlikus kohas peab konstruktsioon pingele vastu.

Teine ohtlik koht asub Detail 1 haara ääres.



Joonis 45. Ohtlik koht 2



Joonis 46. Detail 2 külje vaade

Leitakse vastupanumoment ohtlikus kohas W (mm³) valemiga (9):

$$W = \frac{a^3}{6} - \frac{a_1^3}{6}, \quad (9)$$

kus a – välimine pikkus, mm;

a_1 – sisemine pikkus, mm.

Vastupanumoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (9) on:

$$W = \frac{100^3}{6} - \frac{64^3}{6} = 122976 \text{ mm}^3.$$

Vastavalt arvutusele on vastupanumoment ohtlikus kohas 122976 mm³.

Leitakse paindemoment ohtlikus kohas δ_p (MPa) valemiga (10):

$$\delta_p = \frac{M_{\text{ohtlik}}}{W}, \quad (10)$$

kus M_{ohtlik} – moment ohtlikus kohas, N × mm;

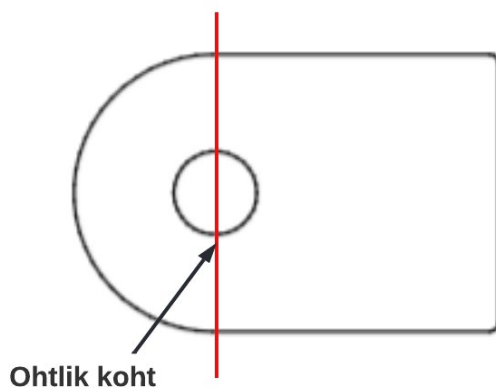
W – vastupanumoment ohtlikus kohas, mm³.

Paindemoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (10) on:

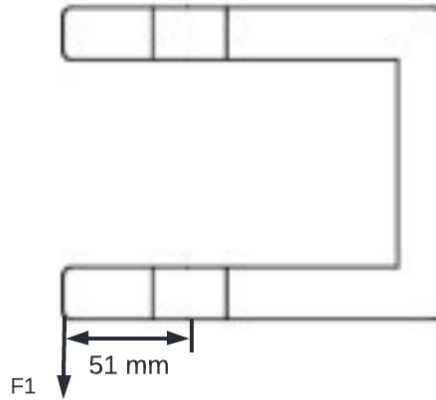
$$\delta_p = \frac{91,3}{122976} = 0,74 \text{ MPa}.$$

Vineeri tõmbetugevus on 30 MPa. Paindepinge antud ohtlikus kohas on 0,74 MPa. Sellest saab järeldada, et Detail 1 ohtlikus kohas peab konstruktsioon pingele vastu.

Kolmas ohtlik koht asub Detail 1 kinnitus ava juures, kus detail võib ava tõttu murduda.



Joonis 47. Ohtlik koht 3



Joonis 48. Detail 1 mõjuv jõud

Leitakse kinnitus ava poolt tekitatud moment M ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (11):

$$M = F \times l, \quad (11)$$

kus F – Detail 1 haara äärelle mõjuv jõud, N;

l – pikkus Detail 1 haara äärest kuni kinnitus ava keskkohani, m.

Kinnituse ava poolt tekitatud moment vastavalt valemile (11) on:

$$M = 903 \times 0,051 = 46 \text{ N} \times \text{m}.$$

Kinnituse ava poolt tekitatud moment on $46 \text{ N} \times \text{m}$.



Joonis 49. Detail 1 haara siselõige

Leitakse vastupanumoment ohtlikus kohas W (mm^3) valemiga (12):

$$W = \frac{b \times h^2}{6}, \quad (12)$$

kus b – Detail 1 haara materjali laius, mm;

h – kõrgus, mm.

Vastupanumoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (12) on:

$$W = \frac{70 \times 21^2}{6} = 5145 \text{ mm}^3.$$

Vastupanumoment ohtlikus kohas on 5145 mm^3 .

Leitakse paindemoment ohtlikus kohas δ_p (MPa) valemiga (12):

$$\delta_p = \frac{M_{\text{ohtlik}}}{W}, \quad (13)$$

kus M_{ohtlik} – moment ohtlikus kohas, N × mm;

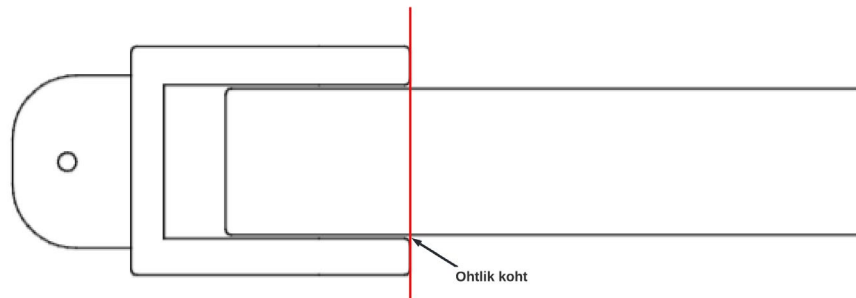
W – vastupanumoment ohtlikus kohas, mm³.

Paindemoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (12) on:

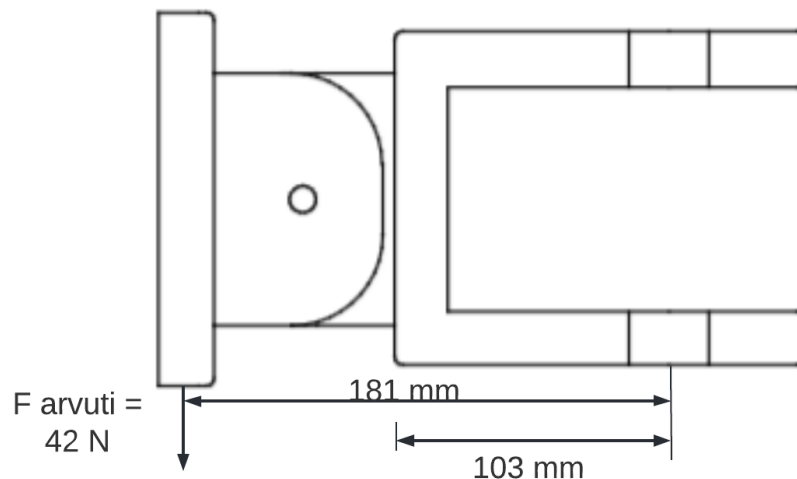
$$\delta_p = \frac{46}{5145} = 8,9 \text{ MPa.}$$

Paindemoment ohtlikus kohas on 8,9 MPa. Sellest saab järeldada, et Detail 1 ohtlikus kohas peab konstruktsioon pingele vastu.

Neljas ohtlik koht asub Detail 4 haara juures.



Joonis 50. Ohtlik koht 4



Joonis 51. Ekraani poolt tekitatud moment

Arvuti ekraan kaalub 4,2 kg = 42 N. Arvuti kinnitus kaalub 0,6 kg = 6 N.

Leitakse ekraani poolt tekitatud moment M_1 ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (14):

$$M = F \times l, \quad (14)$$

kus F – ekraani poolt mõjuv jõud, N;

l – pikkus ekraanist kuni Detail 4 kinnitusava keskkohani, m.

Ekraani poolt tekitatud moment vastavalt valemile (14) on:

$$M_1 = 42 \times 0,181 = 7,6 \text{ N} \times \text{m}.$$

Ekraani poolt tekitatud moment on $7,6 \text{ N} \times \text{m}$.

Leitakse Detail 5 poolt tekitatud M_2 ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (15):

$$M = F_{\text{kinnitus}} \times l, \quad (15)$$

kus F_{kinnitus} – jõud, N;

l – Detail 4 pikkus avast kuni Detail 5 kinnituseni, m.

Detail 5 poolt tekitatud moment vastavalt valemile (15) on:

$$M_2 = 6 \times 0,103 = 0,618 \text{ N} \times \text{m}.$$

Detail 5 poolt tekitatud moment on $0,618 \text{ N} \times \text{m}$.

Leitakse ekraani ning Detail 5 poolt tekitatud moment M ($\text{N} \times \text{m}$) valemiga (16):

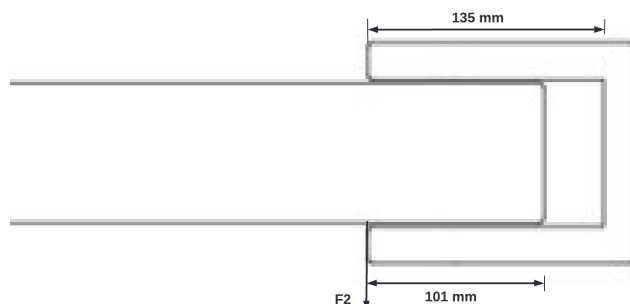
$$M = M_1 + M_2, \quad (16)$$

kus $M_{1,2}$ – moment, $\text{N} \times \text{mm}$.

Ekraani ning Detail 5 poolt tekitatud moment vastavalt valemile (16) on:

$$M = 7,6 + 0,618 = 8,218 \text{ N} \times \text{m}.$$

Ekraani ja Detail 5 poolt tekitatud moment on $8,218 \text{ N} \times \text{m}$.



Joonis 52. Ohtlikule kohale mõjuv jõud

Leitakse ohtlikule kohale mõjuv jõud F_2 (N) valemiga (17):

$$F_2 = \frac{M}{l}, \quad (17)$$

kus M – moment, $N \times m$;

l – Detail 4 ulatuv Detail 3 pikkus, mm.

Ohtlikule kohale mõjuv jõud vastavalt valemile (17) on:

$$F_2 = \frac{8,218 N \times m}{101 mm} = 81,3 N.$$

Ohtlikule kohale mõjuv jõud on 81,3 N.

Leitakse moment ohtlikus kohas M_3 ($N \times m$) valemiga (18):

$$M = F \times l, \quad (18)$$

kus F – jõud, N;

l – Detail 4 avatud osa pikkus, m.

Ohtlikus kohas tekkinud moment vastavalt valemile (18) on:

$$M_3 = 81,3 \times 0,135 = 11 N \times m.$$

Moment ohtlikus kohas on 11 $N \times m$.

Leitakse vastupanumoment ohtlikus kohas W (mm^3) valemiga (19):

$$W = \frac{b \times h^2}{6}, \quad (19)$$

kus b – Detail 4 haara laius, mm;

h – Detail 4 haara kõrgus, mm.

Vastupanumoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (19) on:

$$W = \frac{100 \times 21^2}{6} = 7350 mm^3.$$

Vastupanumoment ohtlikus kohas on 7350 mm^3 .

Leitakse paindemoment ohtlikus kohas δ_p (MPa) valemiga (20):

$$\delta_p = \frac{M}{W}, \quad (20)$$

kus M_{ohtlik} – moment ohtlikus kohas, N × mm;

W – vastupanumoment ohtlikus kohas, mm³.

Paindemoment ohtlikus kohas vastavalt valemile (20) on:

$$\delta_p = \frac{11}{7350} = 1,5 \text{ MPa.}$$

Paindemoment ohtlikus kohas on 1,5 MPa. Sellest saab järeldada, et Detail 4 ohtlikus kohas peab konstruktsioon pingele vastu.

5 MAJANDUSLIK OSA

Projektist saadava efekti ning turul olevate saagidega võrdlemiseks tuleb teada projekti kogukulu. Sae kelgu automatiseerimiseks vajaminevad lisad lähevad maksma ligikaudselt 867 eurot. (Tabel 3) Kuna näidis sael on olemas korralik saekelk, siis on kasutatud olemasolevat, selleks et kulusid kokku hoida. Vajaminevate lisade hinnad on ainult projektis kasutatud saele ning kõik summad sõltuvad vastavalt saele ning vajadustele. Ettevõttele loodud kinnituse tegemiseks kasutatakse taaskasutuse eesmärgil olemasolevaid vineeri jääke ja värvi. Toote tegemiseks on kasutatud ettevõttes olevaid tööriistu ja seadmeid. Tänu sellele muutub toote hind odavaks, kogumaksumusega 423 eurot. (Tabel 4) Kui arvestada tootmiseks vajaminevate materjalide ja toodete soetamisega siis kinnituse kogumaksumus on ligikaudu 519 eurot. Järgnevates tabelites on toodud välja kolm kategooriat: toode, ettevõtte, kust toode soetatakse ning hind. Hinnad on võetud aprill 2022 seisuga ning need võivad ajas muutuda.

Tabel 3. Automatiseeritud sae kelgu kogukulu

Toode	Ettevõtte	Hind (€)
Stepper mootor NEMA 23	Openbuilds part store	24,89
Lineaarne täiturmehhanism	Openbuilds part store	212,21
Alumiiniumist kaitsekate	Openbuilds part store	38,91
Tõusuplaadid	Openbuilds part store	8,06
Pukkplaat	Openbuilds part store	12,10
Enkooder AMT112S-V	Mouser Electronics	29,27
Xtension piirlüliti	Openbuilds part store	11,36
Toiteplokk Meanwell LRS-350-24	Openbuilds part store	64,10
Samm-mootori draiver	RParts OÜ	14,95
EK 1100 harjatud sisend-väjundi moodul	S.C AUTOMATION CENTER S.R.L	129
Kaitsmed	Oomipood	4
Tööstuslik arvuti K3-F17H	Shenzhen Sharevdi Technology Co.,Ltd	394,91
Tööstuslik ekraan A10-X	Shenzhen Sharevdi Technology Co.,Ltd	338,76
Summa:		866,67

Tabel 4. Arvuti ekraani kinnitus seinale kogukulu

Toode	Ettevõte	Hind (€)	Hind ühe toote kohta (€)
Kasevineer 18mm (1525 x 1525mm)	Interbauen	36,70	12,20
Kasevineer 21 mm (1525 x 1525mm)	Interbauen	46,80	7,30
Värv, 1 liiter	Karl Bilder OÜ	11,41	3,80
Lihvimispaber 120	Karl Bilder OÜ	3	3
Lihvimispaber 240	Karl Bilder OÜ	3	3
Lihvimisklots	Karl Bilder OÜ	1,90	1,90
Kant	AS Mass	60	60
Pahtel	Bauhof	4,65	2
Pahtlilabidas	Bauhof	2,10	2,10
Teleskoopliugur	Sliding Systems	359,21	359,21
M27 x 190 mm polt	Accu Limited	52,1	52,1
M10 x 95 mm polt	Accu Limited	2,55	2,55
Poldid	Accu Limited	7,31	7,31
Seibid	Amazon	2,7	2,7
Summa:		592,43	519,17

6 JÄRELDUS

Käesolevas lõputöös arendati lisaseadet vananenud formaatsaele, mis tagaks saepiiraja automaatse liikumise, vastavalt sisestatud mõõdule. Lisaks konstrueeriti omanäoline arvuti ekraani kinnitus seinale, mis aitab kaasa piiraja automatiseeritud osa kasutamisele.

Parema ülevaate jaoks analüüsiti turul olevaid formaatsaage ning nende võimalusi. Turul olev valik on väga lai, saadaval on lihtsamate lisadega saage kui ka kõrgtehnoloogilisi. Uuriti kahte turul olevat formaatsaagi- Kappa 400 ja Kappa 550 e-motion. Mõlemal sael on mitmeid digitaalseid võimalusi, mis säästavad aega ning muudavad pingil töö ohutumaks ja mugavamaks. Sealhulgas on mõlemal seadmel automaatne saekelgu liikumine. Ettevõtte jaoks, kust lõputöö idee alguse sai on antud saagide hinnad üpriski kõrged - 21000 € ja 25000 €. Tänu kõrgetele hindadele sai loodud prototüüp sae kelgu automaatseks liikumiseks, vastavalt ettevõtte vajadustele.

Prototüüp loodi ettevõttes olevale formaatsaele SCM Tecnomax S 315 WS. Saekelgu automatiseerimiseks vajaminevate lisade valikul lähtuti sellest, et kõik seadmed omavahel ühilduks ning toimiksid. Põhiliseks seadmeks kogu süsteemis on lineaarne täiturmehhanism, mille külge on kinnitatud saepiiraja. Võimsuse andmiseks on kasutatud stepper-mootorit, mis aitab saekelgul liikuda vastavalt mõõdule. Elektrienergia ülekandmiseks on kasutatud toiteplokki. Süsteemi on lisatud harjatud sisend-väljund moodul, millele on võimalik juurde lisada erinevate tööprotsesside automatiseerimiseks vajaminevaid seadmeid. Lisaks on kasutatud veel enkodeerit, samm-mootori driverit, piirlüliteid ning juhtimiseks tööstuslikku arvutit. Kogu süsteemi maksumus on ligikaudu 867 eurot.

Saekelgu automaatse lisaseadme juhtimiseks loodi arvuti ekraani kinnitus seinale. Kinnitus peab olema mugav ja väikese vaevaga liigutatav. Analüüsides materjale, jõuti järeldusele, et arvuti ekraani kinnitus seinale valmistatakse vineerist. Seda omapärasuse, tugevuse ja hinna tõttu, kuid ka loodus säästlikkuse poolest, kuna selle tegemiseks kasutatakse mööblitööstuses kasutamata jäetud vineeri. Tööpõhimõtteid analüüsides lähtuti sellest, et konstruktsiooni oleks võimalik liigutada horisontaalselt ja tõmmata endale lähemale. Samuti, et arvuti ekraani oleks võimalik liigutada horisontaalselt ning ekraani kallutada vertikaalselt. Valminud prototüüp koosneb viiest detailist, teleskoopiugurist ja kinnitustest, mis täidavad püstitatud tööpõhimõtteid. Arvuti ekraani kinnituse konstruktsioonile on lisatud tööstuslik ekraan, kuhu vajaminevaid mõõte sisestama hakatakse. Arvuti ekraan on bluetoothi kaudu ühenduses tööstusliku arvutiga. Teoreetiliselt peaks töötaja sisestatud mõõdule arvuti andma

ülejäanud süsteemile signaali, liigutada lineaarne täiturmehhanism õigele mõõdule. Prototüübi maksumus on ligikaudu 423 eurot.

Sae piiraja automaatseks seadistamiseks vajamineva lisaseadme maksumus on ligikaudu 867 eurot. Arvuti ekraani kinnituse maksumus on ligikaudu 423 eurot. Vananenud formaatsae lõikeprotsessi kiirendamiseks vajamineva süsteemi loomine läheb ligikaudu maksma 1290 eurot. Loodud süsteemi maksumus on odavam võrreldes automatiseeritud formaatsae soetamisega. Turul olevad automatiseeritud formaatsaad on rohkete lisadega, seega otsest võrdlust välja tuua ei saa. Kui võrrelda antud süsteeme, siis peaks lõputöös loodud süsteem tulema odavam. Turgu uurides avastati, et sarnaseid süsteeme või teenuseid, mis pakuvad võimalust olemasolevat formaatsaagi arendada, ei müüda.

Valminud süsteemid täidavad teoreetiliselt oma eesmärgi ja on jätkusuutlikud. Sackelgu automaatseks seadistamine parandab ajalist perspektiivi, muudab kasutamise lihtsamaks ja mugavamaks, optimeerib töötaja tööaega ning selle tulemusena peaks praagi protsent vähenema. Arvuti ekraani kinnitus täidab oma tööpõhimõtteid ning võimaldab mugavalt juhtida piiraja automatiseeritud osa kasutamist. Konstruktsioon on tugev ning peab pingele vastu.

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöös kirjeldati teoreetiliselt vananenud formaatsae piiraja automatiseerimist, mis parandaks materjali lõikamise ajalist perspektiivi ning oleks ohutu kasutajale. Lisaks konstrueeriti arvuti ekraani kinnitus seinale, mis võimaldab kasutajal mugavalt juhtida piiraja automatiseeritud osa kasutamist.

Vastavalt esimesele eesmärgile analüüsiti turul olevaid formaatsaage ning nende lisavõimalusi täideti. Peatükis uuriti kahte turul müüdavat formaatsaagi, mis võimaldavad automaatset saekelgu liikumist vastavalt seadistatud mõõtmetele.

Teiseks eesmärgiks oli luua lisaseadme prototüüp formaatsae piiraja automaatseks seadistamiseks. Prototüübi loomine täideti. Saekelgu automaatseks seadistamisega parandati ajalist perspektiivi, muudeti kasutamist lihtsamaks ja mugavamaks, optimeeriti töötaja tööajaga ning selle tulemusena vähendati praagi protsenti.

Kolmas eesmärk konstrueerida arvuti ekraani kinnitus seinale täideti. Analüüsides materjale, jõuti järeldusele, et arvuti ekraani kinnitus seinale valmistatakse vineerist. Seda omapärasuse, tugevuse ja hinna tõttu. Kinnituse tegemiseks on kasutatud taaskasutuse eesmärgil mööblitööstuse vineeri ülejääke. Eesmärgi täitmiseks loodi konstruktsioonile mudel, leiti ohtlikud kohad ning tehti tugevusarvutused. Jõuti järeldusele, et konstruktsioon peab paindepingele vastu.

Neljas eesmärk hinnata konstruktsiooni tootmis kulusid täideti. Sae piiraja automaatseks seadistamiseks vajamineva lisaseadme maksumus on ligikaudu 867 eurot. Arvuti ekraani kinnituse maksumus on ligikaudu 423 eurot. Vananenud formaatsae lõikeprotsessi kiirendamiseks vajamineva süsteemi loomine läheb ligikaudu maksma 1290 eurot.

Lõputöö põhjal võib järeldada, et valminud süsteemid täidavad teoreetiliselt oma eesmärgi ja on jätkusuutlikud. Saekelgu automaatseks seadistamine parandab ajalist perspektiivi, muudab kasutamise lihtsamaks ja mugavamaks, optimeerib töötaja tööaega ning selle tulemusena peaks praagi protsent vähenema. Arvuti ekraani kinnitus täidab oma tööpõhimõtteid ning võimaldab mugavalt juhtida piiraja automatiseeritud osa kasutamist. Konstruktsioon on tugev ning peab pingele vastu.

SUMMARY

The purpose of this graduation thesis “The Creation of a Necessary System for Accelerating an Aged Format Saw’s Cutting Process” is to describe a theoretical possibility to automate an obsolete/aged format saw sled, which would improve the time perspective of cutting the material and would be safe for the user. In addition, to construct a computer screen mount on the wall that would allow the user to conveniently control the use of the automated portion of the limiter.

Chapter 1 describes the nature of cutting tools and machines and examines the format saws on the market. Chapter 2 focuses on creating a prototype for saw sled automation, the necessary equipment, and a control system. Chapter 3 describes how a computer screen mount works and introduces the mounts on the market. Chapter 4 provides an overview of the prototype, materials, and strength indicators for the computer screen wall mount. Chapter 5 evaluates the economics of the completed prototype and design. Chapter 6 draws conclusions, compares them with format saws on the market and assesses sustainability.

The additional device to automatically set up the saw sled costs roughly around 867 euros. The computer screen mount costs roughly around 423 euros. The necessary system for accelerating the obsolete format saw’s cutting process costs around 1290 euros. The created system costs less compared to buying an automated format saw. There are many additional extras for the format saws on the market, therefore a direct comparison is not possible. If the given systems are compared, then the created system for graduation thesis should be cheaper. It was discovered during market research, that similar systems or services which offer the development of existing format saws, are not for sale.

The completed systems theoretically fulfill their purpose and are sustainable. Setting the saw carriage automatically improves the time perspective, makes it easier and more convenient to use, optimizes the working time of the employee and as a result should reduce the percentage of scrap. The computer screen mount fulfills its operating principles and allows you to conveniently control the use of the automated part of the limiter. The construction is strong and withstands tension.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] A. Hõbemägi, A. Jaanson ja B. Levin, Lõike- ja survetöötlusriistad, Tallinn: Valgus, 1987.
- [2] V. Dobrovolski, K. Zablonski, S. Mak, A. Radtsik ja L. Erlih, Masinaelemendid, Tallinn: Kirjastus Valgus, 1971.
- [3] F. A. Barbašov, Freesimistööd, Tallinn: Valgus, 1979.
- [4] F. G. Estonia, „Felder Group,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://www.felder-group.com/en-ee/products/sliding-table-saws-c1947/sliding-table-panel-saw-kappa-400-p143824>. [Kasutatud 8. märts, 2022].
- [5] F. G. Estonia, „Felder Group,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://www.felder-group.com/en-ee/products/sliding-table-saws-c1947/sliding-table-panel-saw-kappa-550-p613703>. [Kasutatud 8. märts, 2022].
- [6] „husqvarnacp,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://www.husqvarnacp.com/ee/lisavarustus/lisatarvik/sae-kelk/505226903/>. [Kasutatud 2. märts, 2022].
- [7] „Marshalinstrument,“ 2019. [Vörgumaterjal]. Available: <https://marshalinstrument.ru/et/tips/shagovyi-motor-nema-17-chem-otlichayutsya-tipy-shagovyh-dvigatelei-nema-sketchi/>. [Kasutatud 21. veebruar, 2022].
- [8] H.Altin, T.Duvin, S.Hendrikson, I.Jõe, H.Pikner, R.Rantsus, R.Sarapuu, R.Sell, A.Villems ja E.Väljaots, Mehhatroonika ja robotika õpik, Tallinn: Tartu Ülikool, 2013.
- [9] „Openbuilds partstore,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://openbuildspartstore.com/nema-23-stepper-motor-high-torque-series/>. [Kasutatud 9. märts, 2022].
- [10] „Openbuild partstore,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://openbuildspartstore.com/c-beam-linear-actuator-bundle/>. [Kasutatud 9. märts, 2022].
- [11] „Maker supplies,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://makersupplies.dk/en/c-beam-plates/283-c-beamr-riser-plates-2pack.html>. [Kasutatud 9. märts, 2022].
- [12] „Maker supplies,“ [Vörgumaterjal]. Available: <https://makersupplies.dk/en/c-beam-plates/284-c-beamr-shield.html>. [Kasutatud 9. märts, 2022].
- [13] „Dynapar,“ [Vörgumaterjal]. Available: https://www.dynapar.com/technology/encoder_basics/incremental_encoder/. [Kasutatud 10. märts, 2022].

- [14] „Cui devices,“ 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.cuidevices.com/product/resource/amt11.pdf>. [Kasutatud 10. märts, 2022].
- [15] „Automationdirect,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.automationdirect.com/adc/shopping/catalog/sensors_-z-_encoders/rotary_encoders/cui_devices_configurable_modular_kit_encoders_for_stepper_motors/amt112s-v?fbclid=IwAR0YwP8LDUoqsmqIImyHymW7RC7rrCwv_PQfApNJcS0-kF-pZnClcZxXZRY. [Kasutatud 10. märts, 2022].
- [16] „Sparkfun,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.sparkfun.com/products/15060?fbclid=IwAR0vJxeEBg-auuXkFR4YcmHyOeVqAkO3tE4hDY7yqB2ZVu0Msokn71L8-Ic>. [Kasutatud 10. märts, 2022].
- [17] T. Lehtla, ANDURID, Tallinn: TTÜ Trükikoda, 1996.
- [18] „Openbuilds partstore,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://openbuildspartstore.com/xtension-limit-switch-kit/?fbclid=IwAR3wriYLHDrHhnanyuctHmop-35bOAOuCeVHalurGSGR4TknO4GWef3npJk>. [Kasutatud 11. veebruar, 2022].
- [19] „Openbuilds partstore,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://openbuildspartstore.com/24v-meanwell-power-supply-bundle/>. [Kasutatud 3. märts, 2022].
- [20] „Rparts,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rparts.ee/toode/tb6600-05a-40a-stepper-mootori-driver>. [Kasutatud 6. märts, 2022].
- [21] „Beckhoff,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.beckhoff.com/et-ee/products/i-o/ethercat-terminals/ek1xxx-bk1xx0-ethercat-coupler/ek1100.html>. [Kasutatud 14 veebruar, 2022].
- [22] „Sharevdi,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.sharevdi.com/industrial-pc/k3-f17h-10110.html?fbclid=IwAR1VFAG-2CE97Nf6a0QUGb2NN-c7rz8_QOaV7OGZC2pipIETul6gOBvm88o. [Kasutatud 12 märts, 2022].
- [23] „Sharevdi,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://www.sharevdi.com/industrial-pc/industrial-panel-pc/a10-x.html?fbclid=IwAR3Hvi0A0HdAS_xOcw9TeulKHvA4zFBty9WO7rJUSd2lB_xRaKR8UEaMIQ8. [Kasutatud 12. märts, 2022].
- [24] „Ergodirect,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ergodirect.com/18597-extra-long-reach-monitor-arm-edm->

1301w.html?fbclid=IwAR2lDJxqiLwV58dMWR6y5TbiWLGor5rCdWqubpsNY7jHC4R9cx
b396HO-iQ. [Kasutatud 16. jaanuar, 2022].

- [25] P.Kulu, J.Kübarsepp, A.Laansoo ja R.Veinthal, MATERJALITEHNIKA I, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2015.
- [26] S. Suviste, „Puitmaterjalid, Ehitusmaterjalid ja tehnoloogiad,“ [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 12. detsember, 2021].
- [27] A. Jackson ja D. Day, Puutöömeistri käsiraamat, Tallinn: TEA kirjastus, 2006.
- [28] „Sliding systems promount,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://gsf-promounts.com/product/tdb-43-full-extension-606-3092-n-radial-load-slide-hardened/>. [Kasutatud 15. mai, 2022].
- [29] „Takachiho,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.takachiho-kk.co.jp/prod/mechanical/slide/heavyduty/tdb43/>. [Kasutatud 15. mai, 2022].
- [30] „Accu,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.accu.co.uk/hexagon-bolts/378940-SEB-M27-190-A2-BL?fbclid=IwAR1kgJm39mDsC1sm2nWaq28ELQFCSZbgjQ4dG4GLQx5BOiHUPEj9jg6y zug>. [Kasutatud 11. mai, 2022].
- [31] „Accu,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.accu.co.uk/hexagon-bolts/160298-SEB-M10-95-A2-BL>. [Kasutatud 11. mai, 2022].

LISAD

Lisa 1. Detail 1

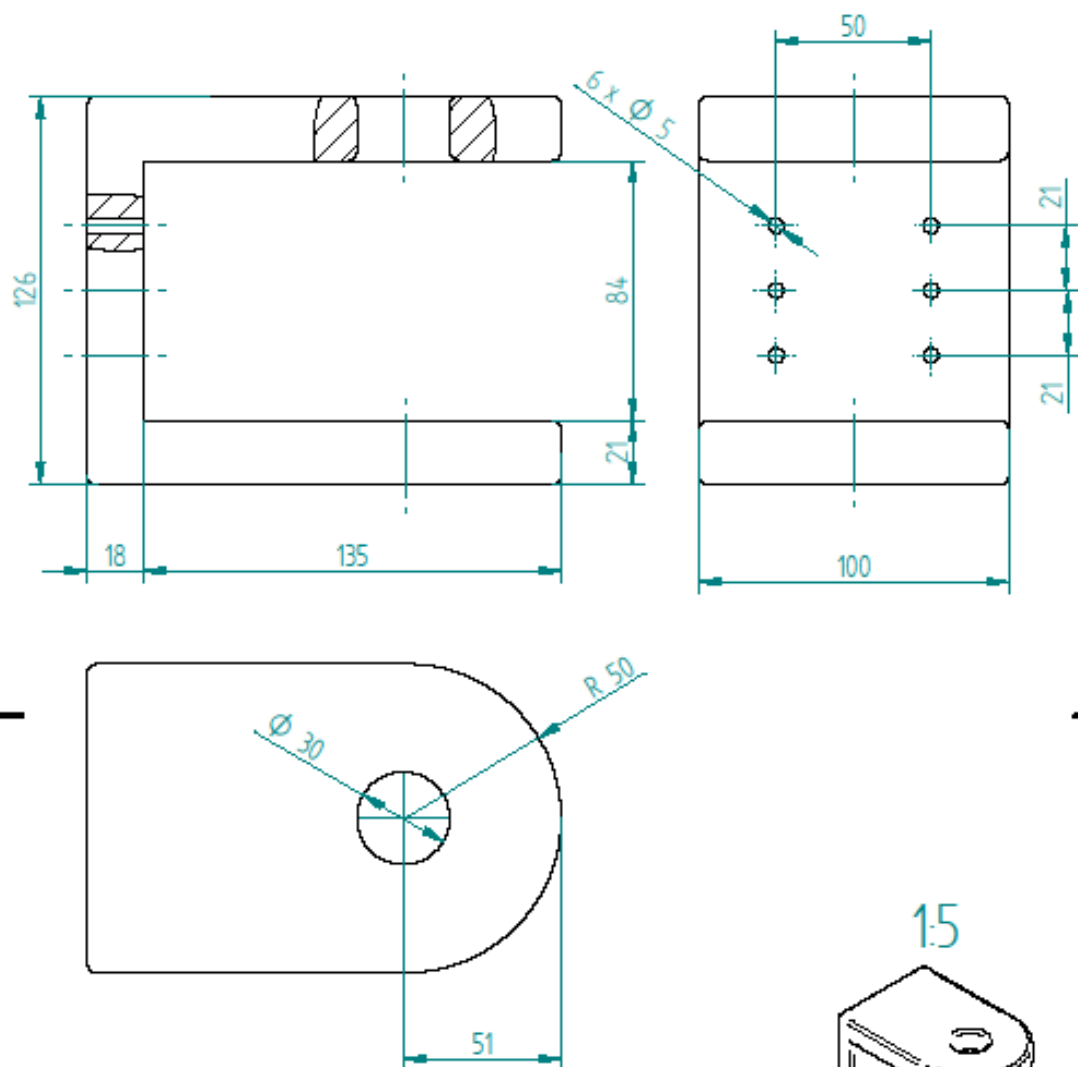
Lisa 2. Detail 2

Lisa 3. Detail 3

Lisa 4. Detail 4

Lisa 5. Detail 5

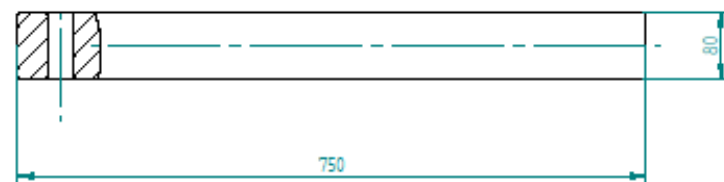
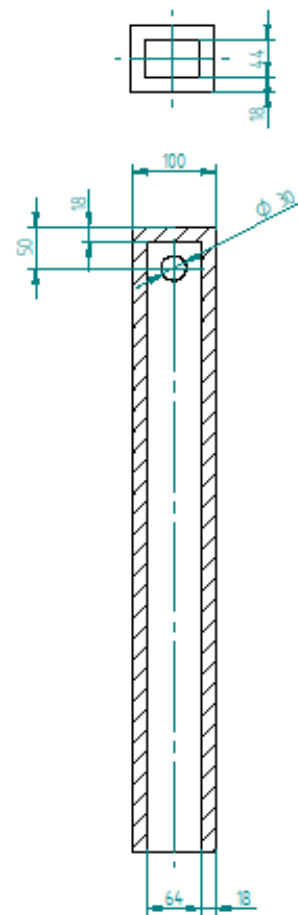
Lisa 1. Detail 1



1. Märkimata raadiused 3mm

	Materjal: Kasevineer		Markimata piirhalbed:	Mass:	Moot: 12
	Teostas	Kristin Juss	Nimetus: Detail 1	Faili nimetus: Joonised.dft	
	Kontrollis				
	Kinnitas				
TTK TT2018		Leht: 1	Tahts: EAD00.00.01	Formaat: A4	

Lisa 2. Detail 2



1:10

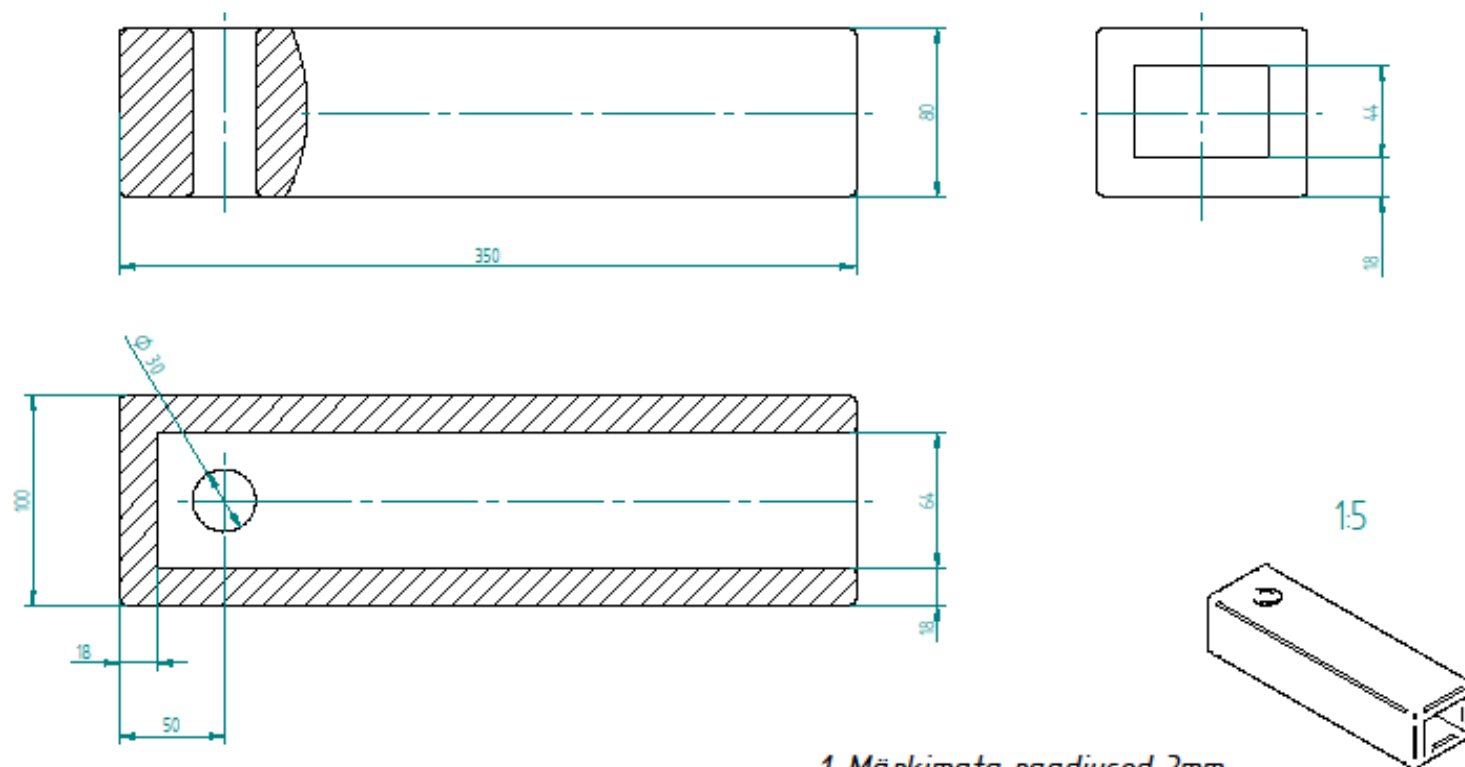


1. Märkimata raadiused 3mm

	Materjal: Kasevineer	Märkimata pindlbed	Mass:	Moot: 15
Teostas	Kristin Juss	Nimetus:	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis		Detail 2		
Kinnitas				
TTK TT2018		Leht: 1	Tahis: CAD00.00.02	Formaat: A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lisa 3. Detail 3

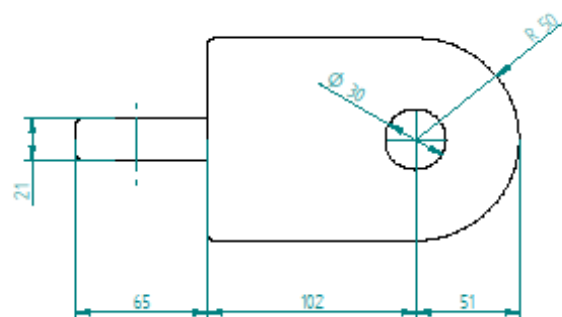
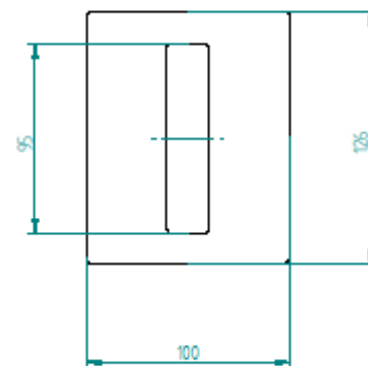
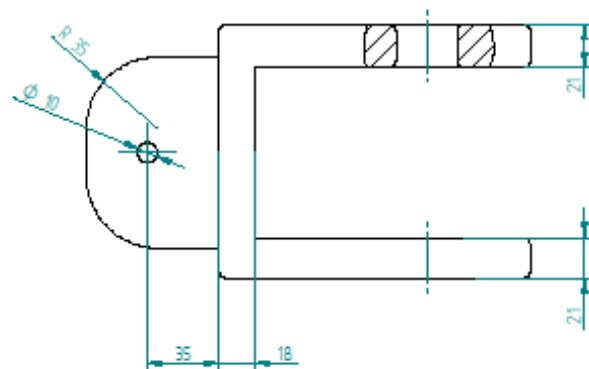


1. Märkimata raadiused 3mm

	Materjal: Kasevineer	Märkimata pinnalbed:	Mass:	Moot: 12
Teostas:	Kristin Juss	Nimetus:	Detail 3	
Kontrollis:				
Kinnitas:			Faili nimetus: Joonised.dft	
TTK TT2018		Leht: 1	Tahis: CAD00.00.03	Formaat: A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lisa 4. Detail 4

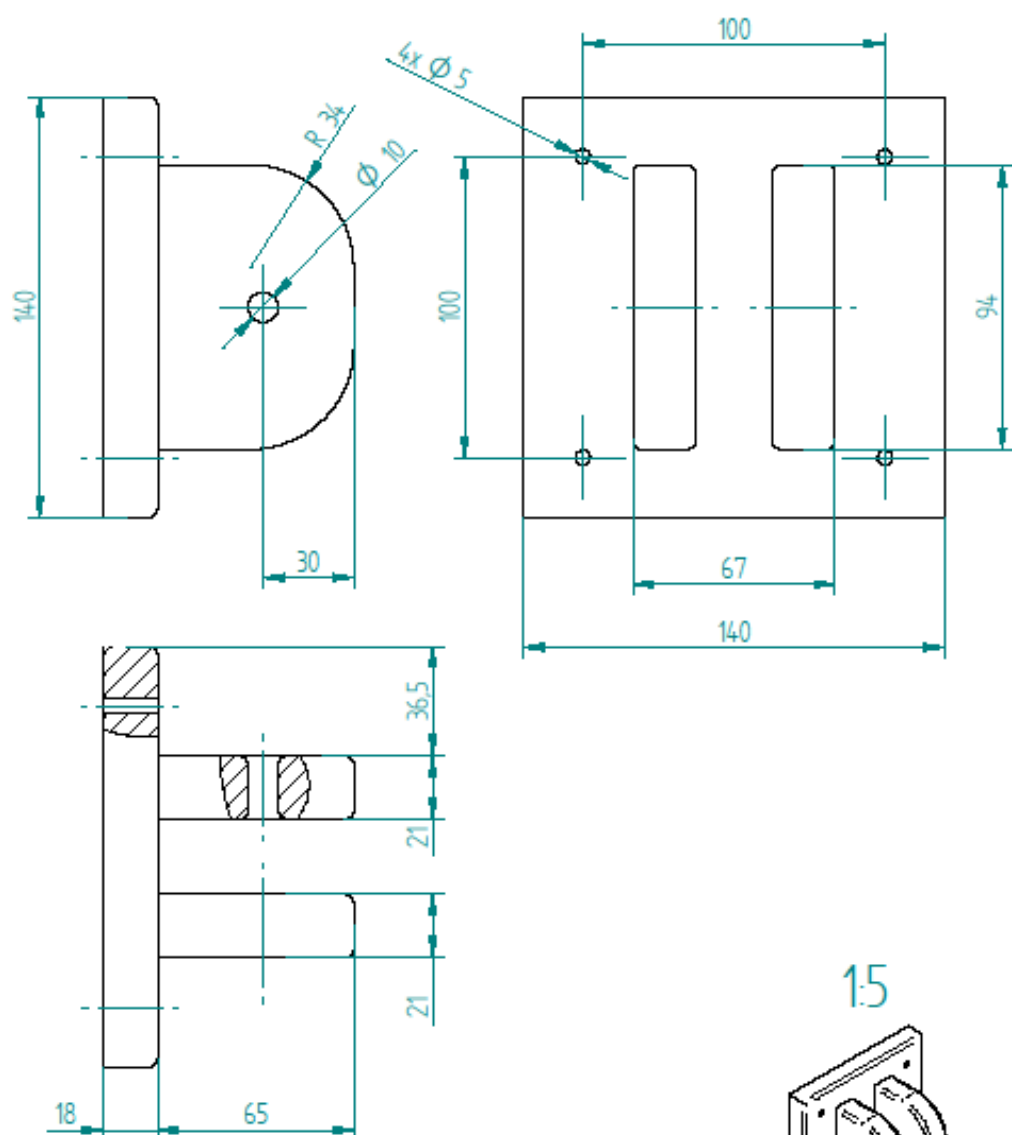


1. Märkimata raadiused 3mm

	Materjal: Kasevineer	Märkimata piirid/bed	Mass:	Maot: 12
Teostas	Kristin Juss	Nimetus: Detail 4	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis				
Kinnitas				
TTK TT2018		Leht: 1	Tahis: CAD00.00.04	Formaat: A3

SOLID EDGE ACADEMIC COPY

Lisa 5. Detail 5



1. Märkimata raadiused 3mm

	Materjal: Kasevineer	Markimata piirhalbed:	Mass:	Moot: 12
Teostas	Kristin Juss	Nimetus:	Faili nimetus: Joonised.dft	
Kontrollis		Detail 5		
Kinnitas				
PTK TT2018		Leht: 1	Tahts: LAD00.00.05	Formaat: A4