



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Paulius Lukauskas**

**MANIPULATORIAUS GRIEBTUVO KŪRIMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Jolanta Baskutienė

**KAUNAS, 2015**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**  
**GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(data)

**MANIPULATORIAUS GRIEBTUVO KŪRIMAS IR TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Mechatronikos studijų programa (kodas 621H73001)**

**Vadovas**

(parašas) Doc. dr. Jolanta Baskutienė

(data)

**Recenzentas**

(parašas) Prof. Alvydas Kondratas

(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Paulius Lukauskas

(data)

**KAUNAS, 2015**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

**Mechatronika (kodas 621H73001)**

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Manipulatoriaus griebtuvo kūrimas ir tyrimas“  
**AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

20 \_\_\_\_ m. \_\_\_\_\_ d.  
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Pauliaus Lukausko** baigiamasis projektas tema „Manipulatoriaus griebtuvo kūrimas ir tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

\_\_\_\_\_  
(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

\_\_\_\_\_  
(parašas)

Lukauskas P., Manipulatoriaus griebtuvo kūrimas ir tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Jolanta Baskutienė; Kauno technologijos universitetas, mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 49 psl.

## **SANTRAUKA**

Šiame baigiamajame darbe projektuojamas ir tiriamas universalus manipulatoriaus griebtuvas. Apžvelgti skirtingų tipų griebtuvai, išanalizuoti panašaus pobūdžio griebtuvų patentai ir straipsniai. Aptarti valdymo būdai ir sistemos.

Projektinėje ir tiriamojoje dalyse pasiūlyta griebtuvo struktūrinė schema, suprojektuotas griebtuvo modelis atitinkantis keliamus reikalavimus. Apskaičiuota reikalinga griebtuvo suspaudimo jėga ir parinktos servo pavaros. Su programa „Solidworks“ atlikti griebtuvo konstrukcijos patvarumo skaičiavimai. Parinkti reikalavimus atitinkantys jėgos ir atstumo jutikliai; pateikti pagrindiniai griebtuvo detalių brėžiniai. Sudaryta griebtuvo valdymo schema, nurodyti valdymo komponentai, sudarytas judesio algoritmas. Griebtuvo valdymui panaudotas „Arduino“ valdiklis, sudaryta valdymo programa.

Baigiamojo darbo pabaigoje pateiktos išvados ir pasiūlymai.

Lukauskas P., Design and development of manipulator's gripper. *Master degree* final project / supervisor Assoc. doc. dr. Jolanta Baskutienė; Kaunas University of Technology, Mechanical Engineering and Design faculty, Production Engineering department.

Kaunas, 2015. 49 p.

## **SUMMARY**

The design of the adaptive manipulator gripper is considered in this final Master's work. Various types of grippers are analyzed, the review of patents and scientific publications related to considered type grippers is made. The main control systems are discussed.

In the project and research parts, the gripper layout scheme is proposed and designed gripper model, which meets requirements. Necessary pressure force of the gripper is calculated and actuators are chosen. Durability of gripper construction is calculated by using "Solidworks" software. Taking to the account the requirements, force and distance sensors are selected; drawings of the gripper components are provided. The scheme of the gripper control is made, control components are indicated and motion algorithm is provided. The "Arduino" controller was chosen for gripper control and control code was written.

Conclusions and recommendations are presented in the final part of the thesis

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

**Tvirtinu:**

Gamybos inžinerijos  
katedros vedėjas

\_\_\_\_\_  
(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

\_\_\_\_\_  
(vardas, pavardė)

**MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS  
Studijų programa MECHATRONIKA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu magistrantas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju darbu bei jo gynimu magistrantas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

**1. Darbo tema**

Manipulatoriaus griebtuvo kūrimas ir tyrimas

Patvirtinta dekanu 2015 m. gegužės mėn. 11 d. įsakymu Nr. ST17-F-11-2

**2. Darbo tikslas**

Suprojektuoti ir iširti adaptyvų manipulatoriaus griebtuvą, jo veikimą ir valdymą.

**3. Darbo struktūra**

Įvadas  
Apžvalginė dalis  
Projektinė dalis  
Tyrimų dalis  
Eksperimentinė dalis  
Literatūra  
Priedai

**4. Reikalavimai ir sąlygos**

Griebtuvo keliamos detalės rekomenduojama masė iki 8 kg.  
Eiga vidinėje griebtuvo žiaunų pusėje: 0–85 mm.  
Griebtuvo konstrukcija: dvipirštis, universalus  
Sugriebiamos detalės plotis: 1–80 mm.

5. Darbo pateikimo terminas 2015 m. birželio mėn. 1 d.

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui

Pauliui Lukauskui

Užduotį gavau

\_\_\_\_\_  
(studento vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(parašas, data)

Vadovas

\_\_\_\_\_  
(pareigos, vardas, pavardė)

\_\_\_\_\_  
(parašas, data)

## TURINYS / CONTENT

ĮVADAS	8
1.APŽVALGINĖ DALIS	10
1.1.1. Standartiniai griebtuvai	10
1.1.2. Griebtuvų patentų apžvalga	12
2.PROJEKTINĖ DALIS	17
2.1. Griebtuvo mechaninė dalis	17
2.2. Griebtuvo mechaninės konstrukcijos tobulinimas	20
2.3. Griebtuvo antpirščiai ir jų keitimas	21
2.4. Griebtuvo pirštų spaudimo jėgos skaičiavimas	23
2.5. Griebtuvo pirštų pavarų parinkimas	26
2.6. Griebtuvo grandžių stiprumo kompiuterinis modeliavimas	27
2.7. Suprojektuoto griebtuvo svorio įvertinimas	31
3.TYRIMŲ DALIS	33
3.1. Servo pavaros valdymas	33
3.2. Atstumo matavimo tyrimas	34
3.3. Suspaudimo jėgos matavimo tyrimas	37
3.4. Griebtuvo valdymas	39
3.5. Eksploataciniai reikalavimai ir darbo sauga	42
4.EKSPERIMENTINĖ DALIS	43
4.1. Suspaudimo jėgos eksperimentinis matavimas	44
4.2. Griebtuvo atstumo matavimo eksperimentinis matavimas	45
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	47
LITERATŪRA	48
PRIEDAI	50

## IVADAS

Terminu „griebtuvas“ pasakoma, kad įrenginys gali sugriebti (įtvirtinti) detales. Tačiau mechatronikoje šis terminas reiškia kur kas daugiau. Tai įrenginys, kuris gali sugriebti įvairias detales (objektus), priklausomai nuo to, kokias sąlygas jam kelia valdymo įrenginys.

Pramonėje manipulatoriai yra vienas didžiausių gamybos technologijos ir organizavimo pasiekimų. Manipulatoriai pramonėje gali minimaliomis sąnaudomis atlikti gamybines funkcijas, kurios nuolat kinta. Besiplečiant ir besitobulinant pramonei, manipulatoriams nebeužtenka tiesiog sugriebti ir perkelti detales, todėl yra reikalingi atitinkami griebtuvai, gebantys atlikti darbus kuo didesniu tikslumu ir galintys prisitaikyti darbo metu kintant manipuluojamiems objektams. Manipuliatorių naudojami griebtuvai yra žymiai pranašesni už žmogaus darbo jėgą dėl savo tikslumo, galios, paprasto valdymo, ekonomiškumo, ilgaamžiškumo. Jų jungimas ir valdymas yra labai paprastas, nereikalauja daug pastangų. Nustačius pagrindines sąlygas griebtuvai dirba savarankiškai ir taip mažina žmonių darbo krūvį.

Projektuojamo griebtuvo konstrukcija priklauso nuo daugelio veiksnių: darbo aplinkos, jo paskirties, manipuluojamo objekto formos ir parametrų, technologinio proceso parametrų. Projektuojamas griebtuvas turi galimybę būti lankstus ir prisitaikyti prie kintančių objektų ir aplinkos parametrų. Taip pat didelę dalį sudaro darbo zona, kurioje manipulatorius ir griebtuvas bus naudojami, t.y., prižiūrimo konvejerio ar staklių konstrukcija ir parametrai, atliekamo darbo tikslas, reikalingi griebtuvo judesiai darbo proceso metu.

Kuriant griebtuvą, išskiriamos dvi pagrindinės projektavimo kryptys. Pirmoji kryptis apima specializuotus griebtuvus, kurie yra pritaikyti vienam darbui ir suderinti su viena konkrečia manipuluojama detale. Paprasta šie griebtuvai yra kuriami konkrečiam tikslui ir nėra lankstūs. Antroji kryptis apima universalių ir adaptyvių griebtuvų kūrimą ir projektavimą. Šie įrenginiai geba lanksčiai dirbti besikeičiančioje aplinkoje, sugriebti tiek standartines, tiek sudėtingos formos detales ir pasirenka atitinkamus parametrus kintant manipuluojamiems objektams.

Gamyboje manipulatoriai ir jų griebtuvai yra pranašesni už kitus įtaisus ir gali dirbti nepertraukiamai. Jie yra naudojami kiekvienoje šiuolaikinėje gamybos įmonėje atliekant perkėlimo, surinkimo ir kitus darbus reikalaujančius rankų pagalbos. Griebtuvai yra visą laiką tobulinami ir išrandami nauji našesni modeliai, gebantys atlikti sudėtingus darbus. Besivystant naujoms technologijoms ir besiplečiant pramonei, reikalaujama vis adaptyvesnių ir protingesnių griebtuvų, todėl yra svarbu išmanyti jų sandarą ir gebėti, esant reikalui, sukurti griebtuvą savo manipulatoriaus reikmėms.



Pagrindinis šio darbo tikslas yra sukurti ir ištirti universalų manipulatoriaus griebtuvą, gebantį analizuoti aplinką ir manipuluojamus objektus. Šiam tikslui pasiekti bus sprendžiami tokie uždaviniai:

1. Apžvelgti sukurtų griebtuvų patentus, išanalizuoti jų pranašumus ir trūkumus, išstobulinti griebtuvo modelį;
2. Pritaikyti griebtuvui reikalingus jutiklius ir pavaras, kurie užtikrintų tinkamą jo veikimą;
3. Ištirti parinktų jutiklių sąveiką tarpusavyje ir su projektuojamu griebtuvu;
4. Pagal keliamus reikalavimus apskaičiuoti griebtuvo didžiausią spaudimo jėgą ir parinkti tinkamas servo pavaras;
5. Suprojektuoti griebtuvo mechanizmą su brėžiniais ir specifikacija, taip pat apskaičiuoti griebtuvą veikiančias jėgas, atlikti griebtuvo konstrukcijos simuliacijos tyrimus;
6. Sudaryti pagrindines valdymo schemas ir algoritmą;
7. Atlikti bandymus su suprojektuoto griebtuvo pagamintu eksperimentiniu prototipu.

# 1. APŽVALGINĖ DALIS

## 1.1. Griebtuvai ir jų tipai

Gamyboje naudojami manipulatoriai yra taikomi įvairiose srityse. Priklausomai nuo darbo zonos pobūdžio, gali būti parenkami atitinkami darbo įrankiai, griebtuvai. Darbui atlikti galima taikyti skirtingų tipų griebtuvus, priklausomai nuo to kokioje darbo zonoje dirbama ir kokios yra jungimo galimybės.

### 1.1.1. Standartiniai griebtuvai

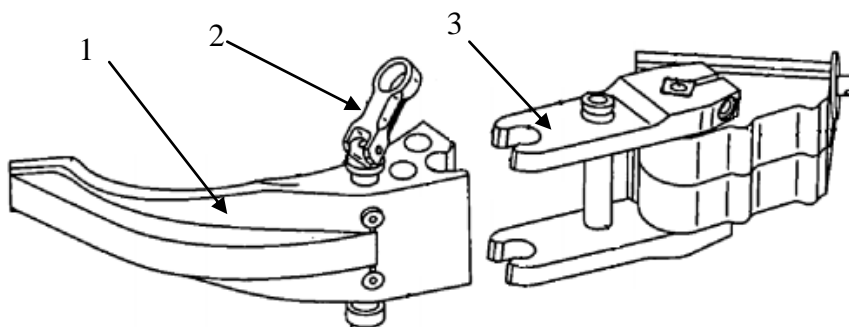
Griebtuvo paskirtis yra paimti ir palaikyti manipulatoriaus darbo aplinkoje pernešamą objektą. Transportuojami objektai gali būti įvairios formos, matmenų, masės, stiprumo todėl būtina parinkti tinkamą griebtuvą. Serijinėje gamyboje, kur nuolatos transportuojami tie patys objektai, naudojami specialūs tam pritaikyti griebtuvai, kurie gali būti bet kada pakeisti kitais, jei pernešamų objektų tipai pasikeistų. Griebtuvai gali būti mechaniniai, vakuuminiai, magnetiniai, hidrauliniai, pneumatiniai, priklausomai nuo to, kokia detalė bus transportuojama ir kokia pavara griebtuvui bus naudojama (1.1 pav.) [6]. Perkeliamas objektas gali būti sugriebtas laikant jį iš apačios, suspaudžiant iš šonų, apimant iš visų pusių, pritraukiant slėgiu ar elektromagnetu ir daugeliu kiltų būdų.



1.1 pav. Skirtingų tipų griebtuvų pavyzdžiai [1]

Labai dažnai naudojami universalūs, adaptyvūs griebtuvai, galintys sugriebti įvairių formų ir matmenų detales. Jie nėra labai tinkami kai kurioms specifinėms detalėms, pvz., didelių gabaritų stiklui ar metalo plokštėms, tačiau jie gali būti labai dažnai naudojami kur griebtuvas turi galimybę sugriebti ir pakelti objektą. Dažniausiai yra konstruojami universalūs mechaniniai griebtuvai su 2 ir daugiau pirštų. Patys paprasčiausi naudojami griebtuvai yra griebtuvai su pirštais. Jie paprastai turi du arba tris pirštus. Piršai yra valdomi kartu, kad pagriebtas objektas būtų sucentruotas griebtuve. Tai duoda lankstumo objektų padėčiai pagriebimo metu. Dviejų pirštų griebtuvai gali būti skirstomi į lygiagrečius ir kampinio judėjimo pirštus. Kai kuriems darbams atlikti, kai perkeliama objektai yra trapūs arba lankstūs, gali būti naudojami vakuuminiai arba magnetiniai griebtuvai. Naudojant šiuos griebtuvus ant perkeliama objekto paviršiaus, pritraukimui yra naudojamas vakuumas arba elektromagnetas pritraukimui. Vakuuminiam griebtuvams reikia švaraus paviršiaus, pastovaus oro slėgio, specialaus tvirtinimo prie manipulatoriaus. Magnetiniai griebtuvai yra žymiai paprastesni už vakuuminius, taip pat yra saugesni ir lengviau valdomi, tačiau juos galima naudoti tik perkeliant feromagnetinius objektus.

Kai manipulatoriai darbo metu perkeliama skirtingus objektus atlieka daugiau nei vieną skirtingą veiksmą, tada yra naudojami universalūs griebtuvai. Pastoviai kintant manipuluojamiems daiktams, atsiranda poreikis naudoti skirtingus sugriebimo tipus. Visi įrankiai, reikalingi perkėlimui, negali būti pritvirtinti prie griebtuvo vienu metu, nes tai pridėtų daug nereikalingo svorio darbo metu ir mažintų darbo spartą. Siekiant to išvengti, yra naudojami keičiami įrankiai (gali būti naudojamas atitinkamas prietaisas automatiškai pakeičiantis įrankius). Vienas iš pavyzdžių būtų užpatentuotas griebtuvo piršto pakeitimo mechanizmas (1.2 pav.), kuris yra lengvai pakeičiamas, atkabinus fiksavimo kabliuką (2, 1.2 pav.) ir pašalinant pirštą (1, 1.2 pav.). Pašalintas pirštas gali būti pakeistas kitu, paprastai pritaikytu skirtingoms keliamo objekto paviršiaus formoms.



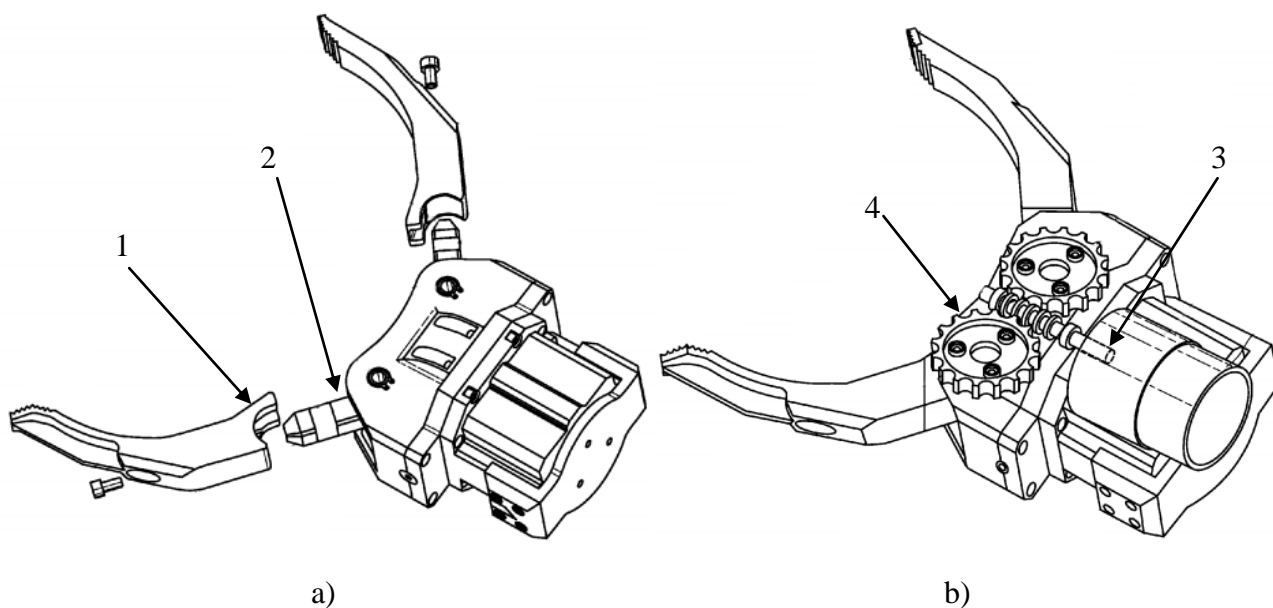
**1.2 pav.** Greitai pakeičiamas pirštas manipulatoriaus griebtuvui [2]

1 – keičiamas pirštas; 2 – fiksavimo kabliukas; 3 – nekeičiama griebtuvo dalis

Šie keičiami pirštai stipriai padidina griebtuvo naudojimo galimybes, tačiau stengiamasi jų nenaudoti, jei to nereikia, nes pakeitimo mechanizmas prideda papildomos masės griebtuvui, kuri pailgina darbo trukmę.

### 1.1.2. Griebtuvų patentų apžvalga

Šiame patente pateiktas griebtuvas turi kečiamus pirštus, tvirtinamus dviem varžtais (1.3 pav.). Pirštų tvirtinimo vietose yra naudojami jėgos jutikliai kurie fiksuoja ant jų pritvirtinto piršto poslinkius. Griebtuvas yra valdomas viena pavara perduodant judesį per krumpliaraičius. Šis griebtuvas yra pranašus tuo, kad turi gerai išvystytą nedidelę konstrukciją ir puikiai pritaikytus jėgos jutiklius. Šio griebtuvo universalumą mažina naudojama viena pavara, kuri neleidžia abiem pirštams judėti nepriklausomai vienas nuo kito, tačiau dėl sliekinės perdavos tokia pavara leidžia išvystyti didelę suspaudimo jėgą. Taip pat keičiami pirštai sudaro labai didelę griebtuvo keičiamą dalį ir skirtingų pirštų gamybos kaštai gali sparčiai išaugti dėl jų sudėtingumo. Papildomi keičiami pirštai gali labai ženkliai padidinti viso griebtuvo kainą.



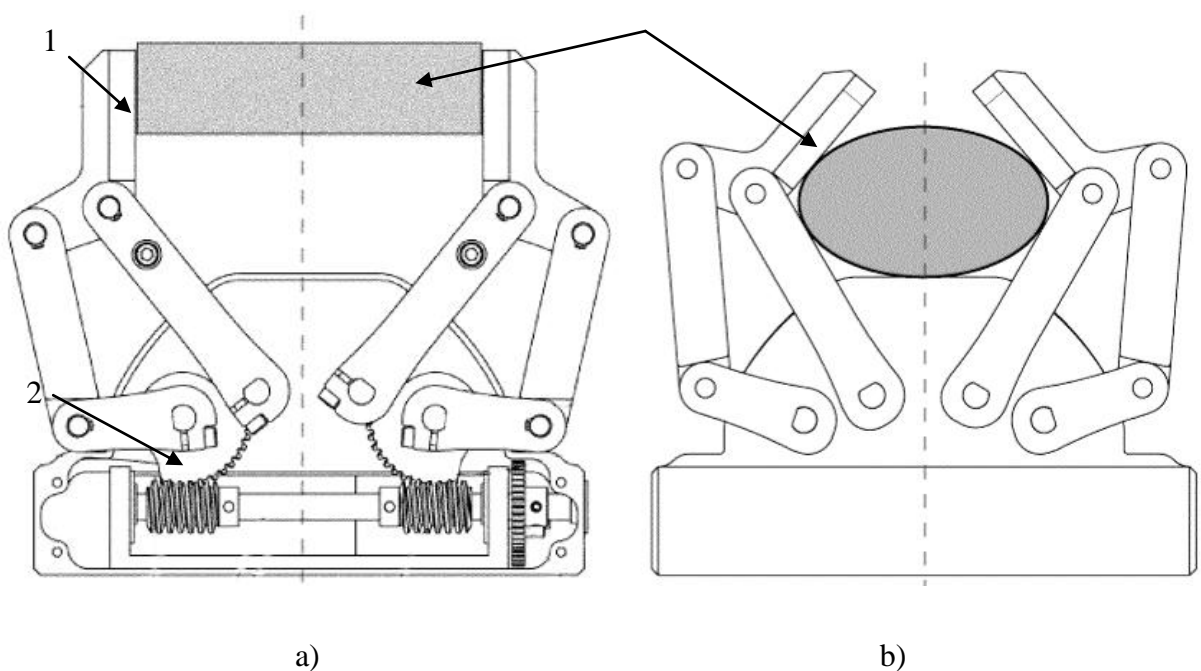
1.3 pav. Griebtuvai su keičiamais pirštais [7, 8]

a – griebtuvas su keičiamais pirštais [7]; b – dvigrandis griebtuvas [8]

1 – Griebtuvo pirštas; 2 – Jėgos jutiklis; 3 – Griebtuvo pavara; 4 – perdava

Kompanija „Robotiq“, užsiimanti robotizuotų manipuliatorių įrankių gamyba, yra užpatentavusi dviejų laisvės laipsnių griebtuvą. Šis griebtuvas turi du vienas nuo kito nepriklausomus pirštus, kadangi pirštai yra valdomi atskiromis pavaromis. Pavarų judesiai pirštams

yra perduodami krumpliaračiais ir sliekinėmis perdavomis. Vienas pagrindinių šio griebtuvo privalumų yra tai, kad vietoje keičiamų pirštų jis turi pasyvius adaptyvius pirštus, kurie suspaudžia detalę priklausomai nuo jos formos (1.4 pav. a, b). Pagal kompanijos „Robotiq“ pateikiamą informaciją, griebtuvo pirštų suspaudimo jėga yra nematuojama, yra tik sekama jų padėtis. Griebtuvo suspaudimo jėga yra nustatoma programiniu būdu, o priklausomai nuo keliamo objekto tipo, yra parenkami atitinkami pirštų aktyvūs spaudžiantys paviršiai. Naudojant griebtuvą tvirtų objektų perkėlimui, pirštų pagrindai yra kieti, o naudojant trapių objektų, pvz., lemputės perkėlimui, yra naudojami itin minkšti pirštų paviršiai. Griebtuvo orientacija aplinkoje yra aprašoma papildomo jėgos sukimo momento jutiklio, prie kurio yra tvirtinamas griebtuvas, duomenimis.



**1.4 pav.** Kompanijos „Robotiq“ griebtuvo patentas [9]

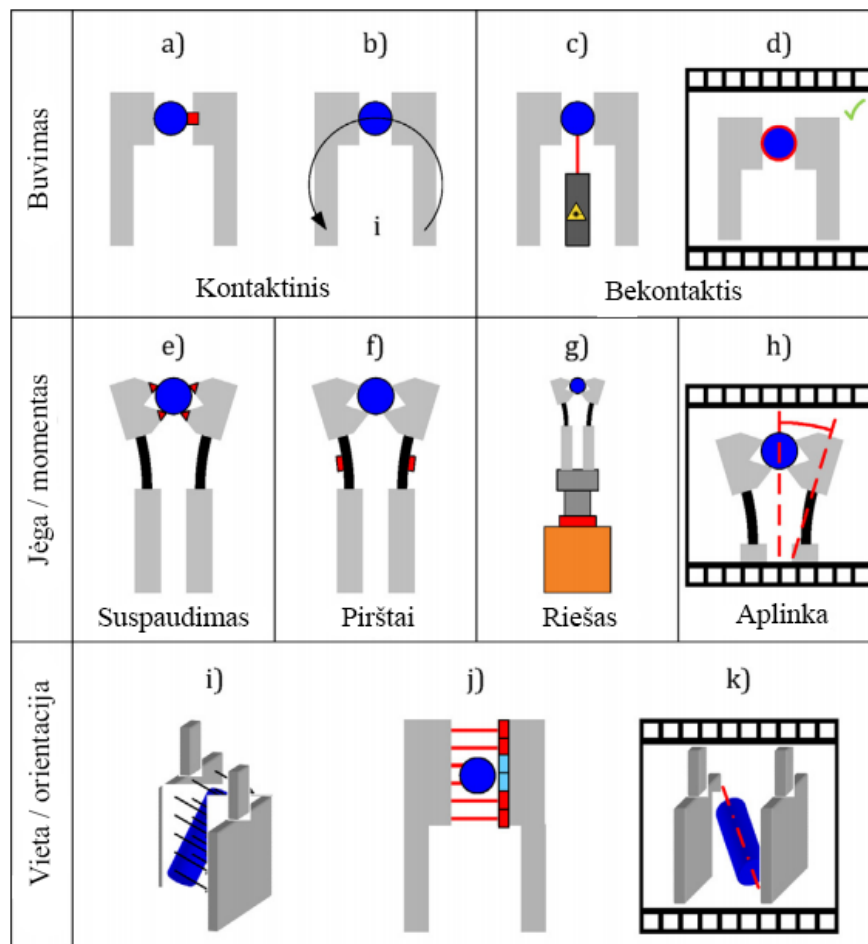
a – lygiagrečios detalės griebimas; b – apvalios detalės griebimas

1 – Griebtuvo pirštas; 2 – Perdava; 3 – Sugriebiama detalė

Trijų pirštų griebtuvai yra kur kas stipresni ir gali pakelti sunkesnius objektus. Papildomas pirštas jiems leidžia nesiremti vien tik suspaudimo trintimi tarp piršto ir objekto. Taip pat trijų pirštų griebtuvai labai gerai geba centruoti objektus. Dviejų pirštų griebtuvai yra lankstesni nei trijų pirštų griebtuvai ir gali puikiai sugriebti sudėtingesnių formų objektus. Taip pat juos yra lengviau suprojektuoti naudojant keičiamas detales, kad būtų galima dar labiau praplėsti jų lankstumą darbo aplinkoje. Dėl tokio lankstumo ant šio tipo griebtuvų yra sunku taikyti specialios paskirties jutiklius, todėl naudojant šiuos griebtuvus, reikalingi jutikliai yra dedami į orientavimo mechanizmą, prie kurio yra tvirtinamas griebtuvas.

## 1.2. Griebtuvų jutikliai

Greitai spartėjant automatizuotai gamybai, yra diegiamos vienos už kitas pranašesnės technologijos. Tai reikalauja greito technologinės įrangos atsinaujinimo ir prisitaikymo. Pramonėje naudojami universalūs manipulatoriai turi sugebėti greitai prisitaikyti prie kintančių perkeliamų objektų. Tai lemia manipulatoriuose naudojamų griebtuvų lankstumas. Jis yra užtikrinamas į griebtuvus diegiant atitinkamus jutiklius, kurie aprašo aplinką ir manipuluojamus objektus. Priklausomai nuo naudojamų jutiklių tipo ir galimybių, gali būti gaunama informacija, kuri, apdorota, leidžia manipuliatoriui labai greitai prisitaikyti prie sparčiai kintančių perkeliamų objektų. Priklausomai nuo manipulatoriaus užduoties, griebtuvo jutikliai gali būti skirtingi, todėl juos būtų galima klasifikuoti į kelias sritis (1.5 pav.) [10]:

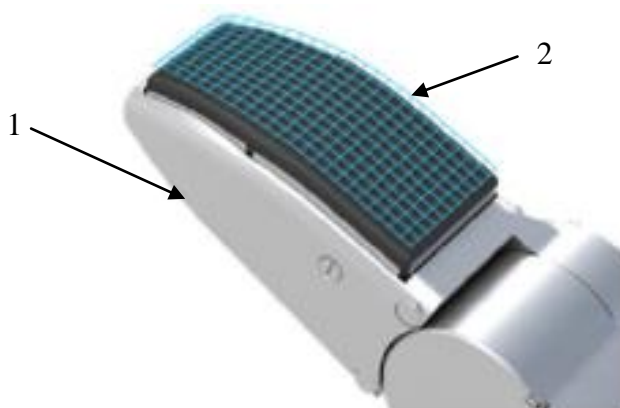


1.5 pav. Griebtuvo jutiklių klasifikacija [10]

čia a – mechaninė jungtis; b – elektrinis jutiklis; c – fotoelektrinis jutiklis; d – grafinis atpažinimas; e – taktilinis jutiklis; f – paviršiaus įtempių jutiklis; g – jėgos / momento jutiklis; h – grafinis atpažinimas; i – talpinis arba elektrostatis atpažinimas; j – infraraudonųjų spindulių jutiklis; k – vaizdu paremtas stebėjimas.

Objekto būvimo atpažinimas gali būti kontaktinis ir bekontaktis. Kontaktiniam atpažinimui paprastai naudojamas jungiklis arba elektrinis laukas (jei detalė yra laidži elektros srovei). Bekontakčiui būvimo atpažinimui gali būti naudojami fotoelektriniai jutikliai arba grafinis atpažinimas. Norint aptikti suspaudimo jėgas, griebtuvo pirštų deformacijas, judėjimo metu atsirandančius momentus, paprastai yra naudojami suspaudimo jėgos jutikliai, paviršiaus deformacijos jutikliai, manipulatoriaus rieše tvirtinami jėgos ir momento sekimo jutikliai, taip pat gali būti naudojamas grafinis atpažinimas priklausomai nuo perkeliama objekto tipo. Manipuliuojamo objekto vietai erdvėje nustatyti, gali būti naudojami talpiniai, elektrostatiniai, infraraudonųjų spindulių jutikliai, taip pat gali būti naudojami vaizdu paremti stebėjimai. Priklausomai nuo to, kokie jutikliai yra naudojami, skiriasi ir jų tvirtinimo vietos. Jie gali būti tvirtinami ant griebtuvo pirštų, griebtuvo korpuso, manipulatoriaus riešo, darbo erdvėje nepriklausomai nuo manipulatoriaus būsenos.

Kai perkeliama objektų forma, dydžių ir svorių diapazonas pastoviai kinta, yra labai pravartu naudoti taktilinius jutiklius. Šie jutikliai paprastai tvirtinasi ant darbinės pirštų dalies ir gali kontaktuoti su objekto paviršiumi tiesiogiai (1.6 pav.) arba netiesiogiai priklausomai nuo griebtuvo konstrukcijos. Tokie jutikliai yra labai naudingi kai griebtuvas turi du ir daugiau, vienas nuo kito nepriklausomų, pirštų t.y., kiekvienas pirštas gali judėti atskirai.

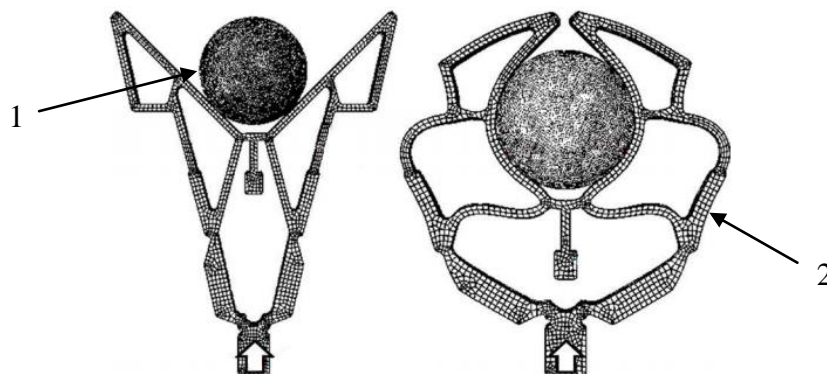


**1.6 pav.** Griebtuvo taktilinis jutiklis [10]

1 – griebtuvo pirštas; 2 – taktilinis jėgos jutiklis

Šių jutiklių pagalba, atsiranda galimybė griebtuvo pirštus valdyti nepriklausomai vienas nuo kito. Esant trims ir daugiau pirštų, galima naudoti skirtingas suspaudimo jėgas ant kiekvieno piršto. Tokie jutikliai labai padidina griebtuvo pritaikymą kai darbo aplinkoje yra dirbama su objektais, kurių parametrai aktyviai kinta darbo metu.

Be standartinių griebtuvų taip pat gali būti naudojami ir pasyvūs adaptyvūs griebtuvai (1.7 pav.). Jie yra unikalūs tuo, kad jų pirštai geba prisitaikyti prie perkeliama objekto paviršiaus.



**1.7 pav.** Pasyvus adaptyvus griebtuvas [11]

1 – griebiamas objektas; 2 – pasyvus adaptyvus griebtuvas

Paprastai šie griebtuvai yra gaminami iš plastiškos medžiagos ir dėl savo unikalios konstrukcijos geba apimti įvairių formų objektus. Šie griebtuvai neturi labai daug galios, tačiau puikiai tinka naudoti maisto pramonėje įvairių vaisių ir daržovių rūšiavimui. Kadangi šie griebtuvai neturi jokių spaudimo jėgą reguliuojančių jutiklių, o suspaudimą paskirsto vienodai dėl savo unikalios konstrukcijos, jie yra įvardinami kaip pasyvūs prisitaikantys (adaptyvūs) griebtuvai.

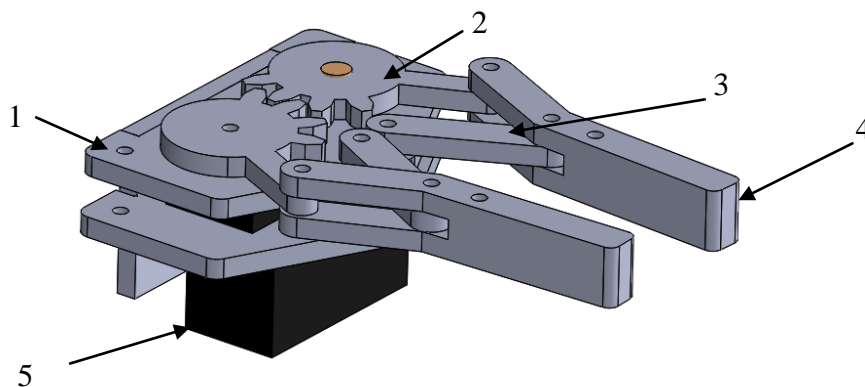
Besiplečiant pramoniniams manipulatoriams, reikalingi vis sudėtingesni ir lankstesni griebtuvai, kadangi jie yra ekonomiškai, tikslūs, turi puikias valdymo galimybes. Jie stipriai praplečia manipulatoriaus galimybes ir produkcijos kokybę, todėl yra svarbu mokėti sukurti ir iširti griebtuvą, norint suprasti jo galimybes, našumą ir naudingumą.



## 2. PROJEKVINĖ DALIS

### 2.1. Griebtuvo mechaninė dalis

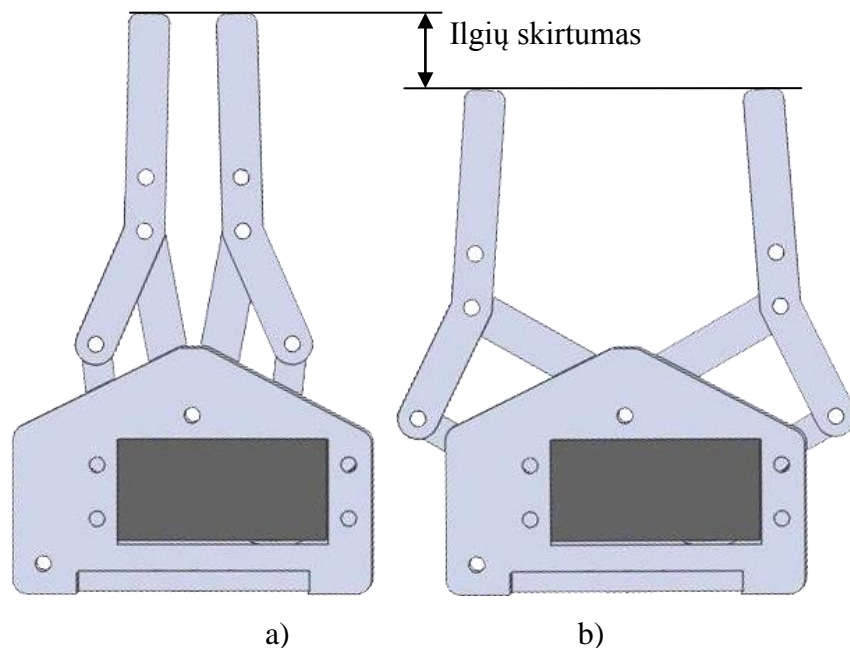
Pasinaudojant apžvelgtais patentais suprojektuotas pirmasis griebtuvo prototipas (2.1 pav.) darbą atliko puikiai, tačiau jis turėjo ir didelių trūkumų bei netikslumų. Šis griebtuvo prototipas turi surenkamą korpusą (2.1 pav., 1), vieną servo pavara, per krumpliaračius valdančią abu griebtuvo pirštus. Projektuojant griebtuvą, pažvelgus keletą patentų, nuspręsta naudoti dvipirštį mechanizmą. Naudojant dviejų pirštų mechanizmą galima lengviau pritaikyti atitinkamus jutiklius, taip pat griebtuvas tampa pigesnis, lengvesnis ir paprastesnis valdant. Šis prototipas turi daug trūkumų, tačiau jis leidžia pastebėti klaidas, jas tobulinti ir vystyti adaptyvų griebtuvą. Šis griebtuvas turi nedaug lankstumo ir judrumu, kadangi jis neturi reikalingų jutiklių aplinkos analizavimui. Taip pat pirštų valdymas krumpliaračiais parodė, kad gali atsirasti dideli valdymo nuokrypiai ir netikslumai dėl atsirandančio laisvumo tarp krumpliaračių. Surenkamas griebtuvo korpusas neužtikrina norimo tvirtumo ir stabilumo. Pirmasis griebtuvo prototipas taip pat nesugebėjo įgyvendinti baigiamojo darbo keliamų reikalavimų dėl savo dydžio, ir konstrukcijos tvirtumo.



**2.1 pav.** Griebtuvo pirštų ilgiai

1 – korpusas; 2 – varančioji grandis; 3 – kreipiančioji grandis; 4 – griebtuvo pirštas;  
5 – servo pavara

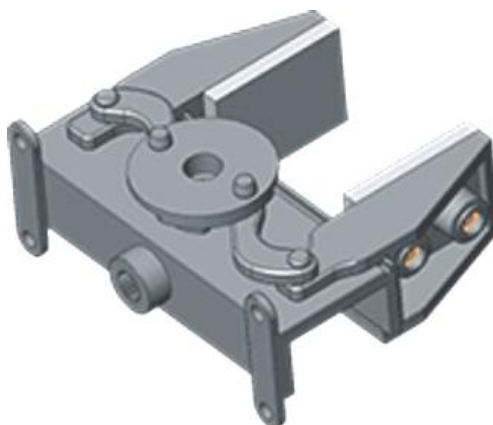
Griebtuvo valdymui panaudotas servo variklis (2.1 pav., 5), kuris valdė vieną griebtuvo pirštą. Kitam pirštui judesys perduodamas per krumpliaračius. Griebtuvas turi du pirštus, judančius vienoje plokštumoje. Pirštai paprasti, be papildomų jungimų, leidžiančių pajvairinti sugriebiamų detalių tipus. Modeliuojant pirmą prototipą pastebėta, kad konstrukcija neužtikrina keliamų tikslumo reikalavimų. Taip pat manipulatoriaus struktūra ir judėjimas reikalavo įvertinti papildomą atstumą iki reikiamos padėties. Nustatyta, kad manipulatoriaus pirštams susispaudžiant, jų ilgis kinta (didėja) (2.2 pav.).



**2.2 pav.** Griebtuvo pirštų ilgiai

a – suskleisti griebtuvo pirštai; b – praverti griebtuvo pirštai

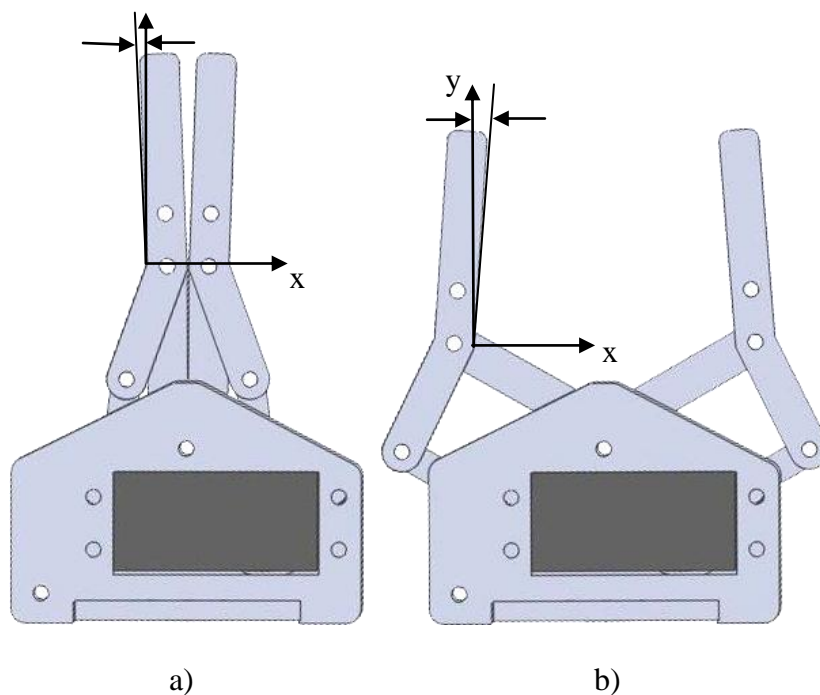
Šis ilgių skirtumas priklauso nuo griebiamos detalės pločio, todėl norint žinoti tikslų griebtuvo ilgį, reikia žinoti manipuluojamos detalės plotį. Visa tai būtų aprašyti programiniu būdu ir skaičiuoti griebtuvo ilgį su paklaida. Kitas variantas, yra naudoti kitokios struktūros griebtuvą, kurio pirštai slinktų tiesia trajektorija į šonus (2.3 pav.).



**2.3 pav.** Griebtuvas su horizontaliai judančiais pirštais [3]

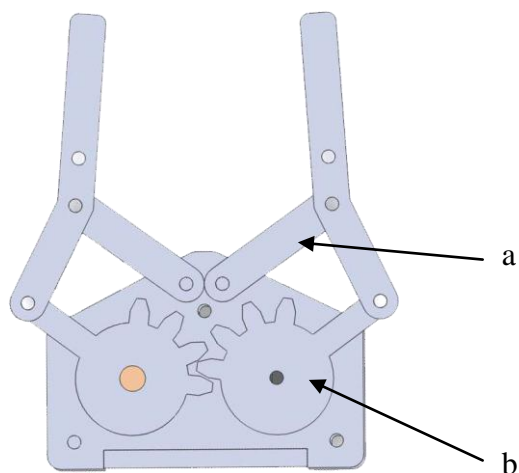
Kitas išlikęs griebtuvo trūkumas yra, modeliavimo netikslumai. Manipulatoriaus tiksliam darbui užtikrinti, griebtuvas turi tvirtai prispausti kintančio pločio detales savo darbo zonos ribose. Jei griebtuvo pirštai nebus lygiagretūs vienas kitam, detalė gali būti neprispausta visu piršto darbinio paviršiumi. Taip nutikus keliama detalė gali pakeisti savo padėtį griebtuvo atžvilgiu, o taip

atsitikus dingsta manipuliavimo tikslumas, kuris gali būti labai svarbus keliant trapias detales. Šiuo metu suprojektuoto griebtuvo pirštai nėra lygiagretūs vienas kitam ir atstumas  $y$  kinta priklausomai nuo atstumo tarp pirštų (2.4 pav.).



**2.4 pav.** Griebtuvo pirštų lygiagretumas

a – suskleisti griebtuvo pirštai; b – praverti griebtuvo pirštai



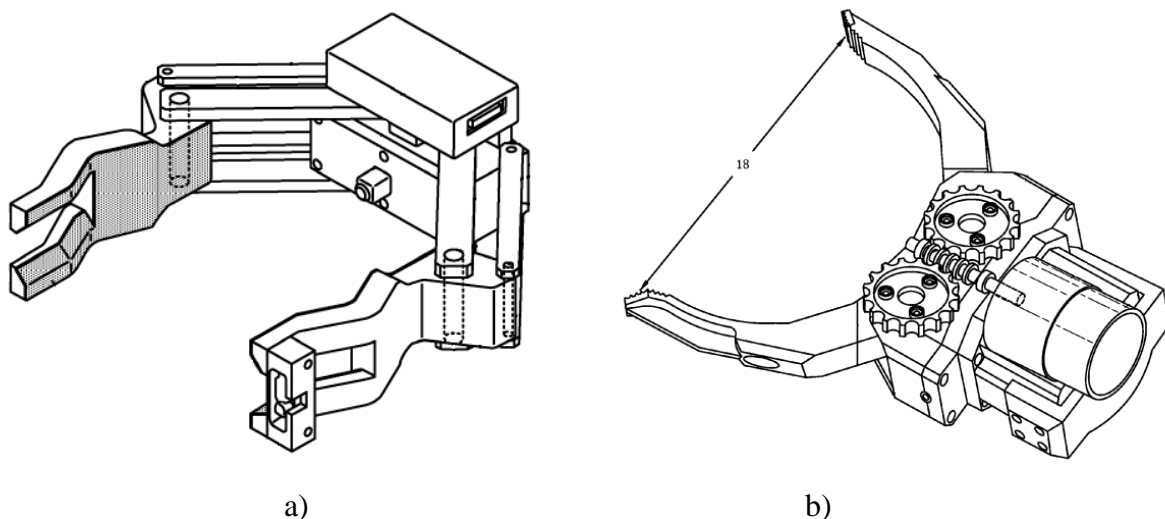
**2.5 pav.** Griebtuvo kreipiančiosios

a – kreipiančioji grandis; b – varančioji grandis

Taip yra todėl, nes griebtuvo pirštų kreipiančiųjų ir pirštų lenktuvų ilgai nesutampa. Tolimesnėje eigoje apžvelgiami griebtuvo detalių modeliai ir patikslinti jų matmenys, kad patikslinti griebtuvo darbą.

## 2.2. Griebtuvo mechaninės konstrukcijos tobulinimas

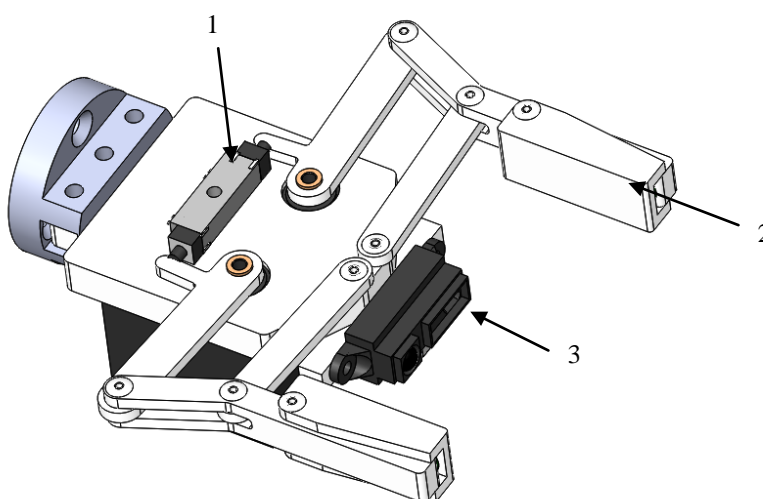
Kuriant antrąjį griebtuvo prototipą buvo padaryta patentų apžvalga. Kadangi kuriamas manipuliatorius turi du pirštus, apžvelgti įvairūs patentai ir ieškoma panašių griebtuvų, iš kurių atsirastų galimybė pritaikyti naudingų idėjų.



2.6 pav. Dviejų pirštų griebtuvų patentai [4, 5]

a – keturių grandžių griebtuvas [4]; b – dviejų grandžių griebtuvas [5]

Pasinaudojus patentų idėjomis (2.6 pav.), sumodeliuotas antrasis griebtuvo prototipas su keturių sijų mechanizmu, kuris padeda pamatyti jutiklių pozicijas, apytikslę griebtuvo formą, gabaritus ir trūkumus (2.7 pav.):



2.7 pav. Suprojektuotas griebtuvo prototipas

1 – galinės padėties jutiklis; 2 – suspaudimo jėgos jutiklis; 3 – atstumo jutiklis

#### Griebtuvo su keturių sijų mechanizmu plusai:

- Labai paprasta konstrukcija;
- Juo perkeliamas objektas išlaiko orientaciją;
- Griebtuvui valdyti, esant reikalui, užtenka naudoti vieną varančiąją grandinę (kita grandinė gali būti varoma perduodant judesį per krumpliaračius (2.5 pav.);
- Lengvai programuojamas;
- Griebtuvas suteikia „siekimo“ funkciją t.y. griebtuvo pirštai susiskleisdami juda į priekį griebtuvui nejudant;
- Dviejų pirštų mechanizmas gali būti labai plačiai taikomas;
- Griebtuvas su keturių sijų mechanizmu suteikia galimybę pritaikyti lengvai keičiamus pirštus be sudėtingesnių konstrukcijų dėl gero prieinamumo.

#### Griebtuvo su keturių sijų mechanizmu minusai:

- Gali atsirasti dideli momentai varančiojoje grandinėje;
- Sujungimų apkrovos gali būti didelės;
- Griebtuvas gali būti neatsparus šoniniams smūgiams;
- Esant pirštams arti vienas kito mažėja suspaudimo jėga dėl ilgėjančio atstumo tarp pavaros ir piršto darbinės dalies.

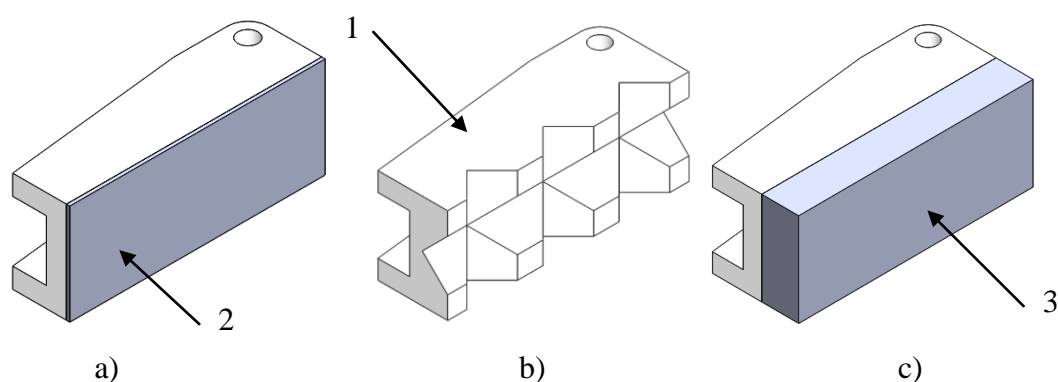
Griebtuvo prototipas puikiai parodo, kaip bus tvirtinami spaudimo jėgos jutikliai, atstumo jutiklis ir griebtuvo pirštų galinės padėties jutikliai. Šis antrasis prototipas yra sumodeliuotas kai griebtuvo pirštai yra valdomi dviem atskirais servo varikliais. Griebtuvo gale yra tvirtinimo detalė (2.7 pav., 4). Ji skirta griebtuvo tvirtinimui prie manipulatoriaus orientavimo mechanizmo.

### **2.3. Griebtuvo antpirščiai ir jų keitimas**

Projektuojant universalų griebtuvą, yra labai svarbu, kad jis galėtų būti pritaikomas kuo plačiau. Pramonėje naudojami manipulatoriai su griebtuvais perkelia įvairių formų, matmenų ir medžiagų detales priklausomai nuo to, kuo užsiima įmonė. Besivystant naujoms technologijoms manipulatoriai naudojami surinkti vis sudėtingesniems objektams, kurie susideda iš daugelio skirtingų detalių. Kad manipulatoriaus darbas vyktų kuo sparčiau, yra stengiamasi suprojektuoti griebtuvą taip, kad su minimaliais pakeitimais jis galėtų greitai prisitaikyti prie naujos formos detalių. Vienas iš būdų to pasiekti yra keičiamų griebtuvo antpirščių naudojimas. Vienas didžiausių

keičiamų antpirščių privalumų yra tai, kad jų pakeitimas yra greitas ir gali būti automatizuotas. Automatizavimui svarbu, kad griebtuvo antpirščių nuėmimas būtų kuo paprastesnis. Kadangi griebtuvo antpirščiai yra tvirtinami ant pirštų darbinės dalies, viena jų pusė remiasi į piršto darbinę dalį, o kita į sugriebiamą detalę. Toks tvirtinimas leidžia antpirščius gaminti iš silpnesnių ir lengvesnių medžiagų, kurios užtikrina minimalų griebtuvo pasunkėjimą.

Projektuojant griebtuvą apžvelgus pramonėje manipuliuojamas detales, nuspręsta naudoti trijų tipų antpirščius (2.8 pav.).



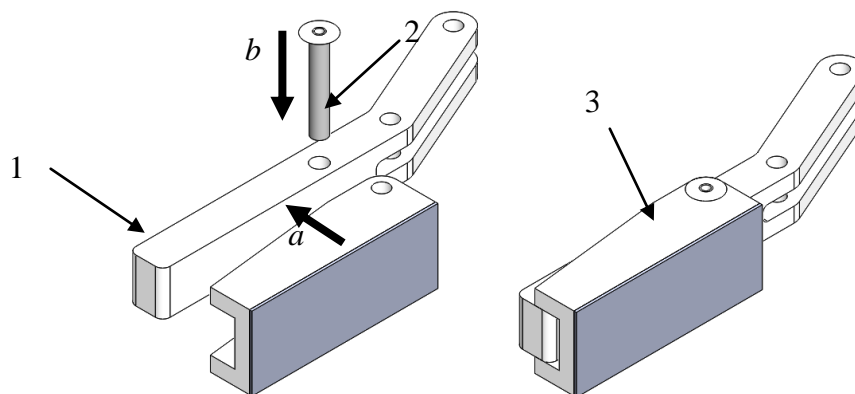
**2.8 pav.** Projektuojamo griebtuvo keičiami antpirščiai

a – standartinis antpirštis; b – antpirštis įgilintomis briaunomis; c – antpirštis su paminkštinta darbine plokštuma

čia 1 – griebtuvo antpirštis; 2 – guma dengtas paviršius; 3 – elastiška medžiaga dengtas paviršius.

Šios antpirščių konstrukcijos pasirinktos dėl galimų labai skirtingų darbo sąlygų ir detalių. Standartinis griebtuvo antpirštis (2.8 pav., a) turi plokščią darbinę plokštumą, kuri yra padengta guma. Tai suteikia griebtuvo pirštams didesnę trintį, kurios dėka su mažesne suspaudimo jėga galima pakelti detales. Apvalioms, detalėms perkelti, gali būti naudojamas antpirštis su įgilintomis briaunomis (2.8 pav., b). Šios įgilintos briaunos leidžia griebtuvui bazuoti apvalias detales tiek vertikaliai, tiek horizontaliai. Taip pat ši konstrukcija leidžia perkelti nestandartinės formos detales, kurios neturi lygiagrečių plokštumų. Kai griebtuvo perkeliama detalė yra labai trapias (lemputės, porcelianas, figūrėlės ir kt.) reikėtų naudoti antpirščius su paminkštinta darbine plokštuma (2.8 pav., c), kuri spausdama detalę deformuojasi ir dalinai atkuria detalės paviršių.

Tvirtinant prie griebtuvo piršto reikiama antpirštį, reikalingi du pagrindiniai veiksmi. Parinkus darbui tinkamą antpirščio tipą, jis visų pirma yra uždedamas ant griebtuvo piršto (2.9 pav., a). Sucentravus antpirščio ir griebtuvo piršto tvirtinimo skyles, yra įstatoma tvirtinimo kniedė (2.9 pav., b), kuri užtikrina stabilų antpirščio padėtį.



**2.9 pav.** Griebtuvo antpirščio tvirtinimas

a – antpirščio statymas ant piršto; b – antpirščio įtvirtinimas

1 – griebtuvo pirštas; 2 – tvirtinimo kniedė; 3 – keičiamas antpirštis

Norint automatiškai pakeisti antpirštį, reikia modifikuoti tvirtinimo kniedę taip, kad ji greitai ir lengvai būtų pašalinama ir vėl įdėta su įrankio keitimo mechanizmu.

#### 2.4. Griebtuvo pirštų spaudimo jėgos skaičiavimas

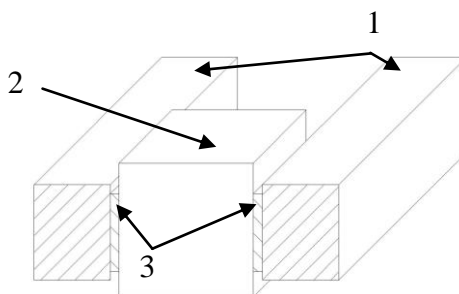
Keliamos detalės parametrai:

Griebiamos detalės masė: 8 kg.

Griebiamos detalės plotis: 80 mm.

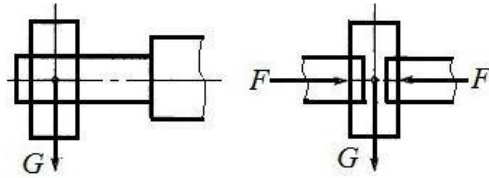
Griebiamos detalės aukštis: 80 mm.

Projektuojant griebtuvą, labai svarbu apskaičiuoti, kokia pirštų suspaudimo jėga yra reikalinga užduotų parametru detalėi pakelti ir manipuluoti. Tai skaičiuojant reikia atsižvelgti į daugelį veiksnių, tokių kaip trintis, manipulatoriaus ilgis ir greitis, judesio metu atsirandanti inercija ir aplinkos veiksniai. Projektuojamas griebtuvas yra valdomas dviejų elektros pavarų ir jėgos jutiklių (2.10 pav.).



**2.10 pav.** Mechanškai spaudžiančio griebtuvo suspaudimo schema

1 – Griebtuvo pirštai; 2 – griebiama detalė; 3 – jėgos jutikliai, kontroliuojantys spaudimo jėgą.



2.11 pav. Objekto laikymo griebtuvu schema [12]

Projektuojamas manipulatorius gali judėti horizontalia, vertikalia kryptimis. Taip pat orientavimo mechanizmas gali sudaryti ir sukimo momentą griebtuve. Didžiausios jėgos veikia manipuluojamą detalę kai griebtuvas juda vertikalia kryptimi ir yra veikiamas gravitacijos ir inercijos jėgų. 2.11 paveikslėlyje pavaizduota, kaip griebtuvas laiko detalę tik trinties jėgų pagalba ir juda vertikalia kryptimi. Suspaudimo jėga  $F$  yra lygi [12]:

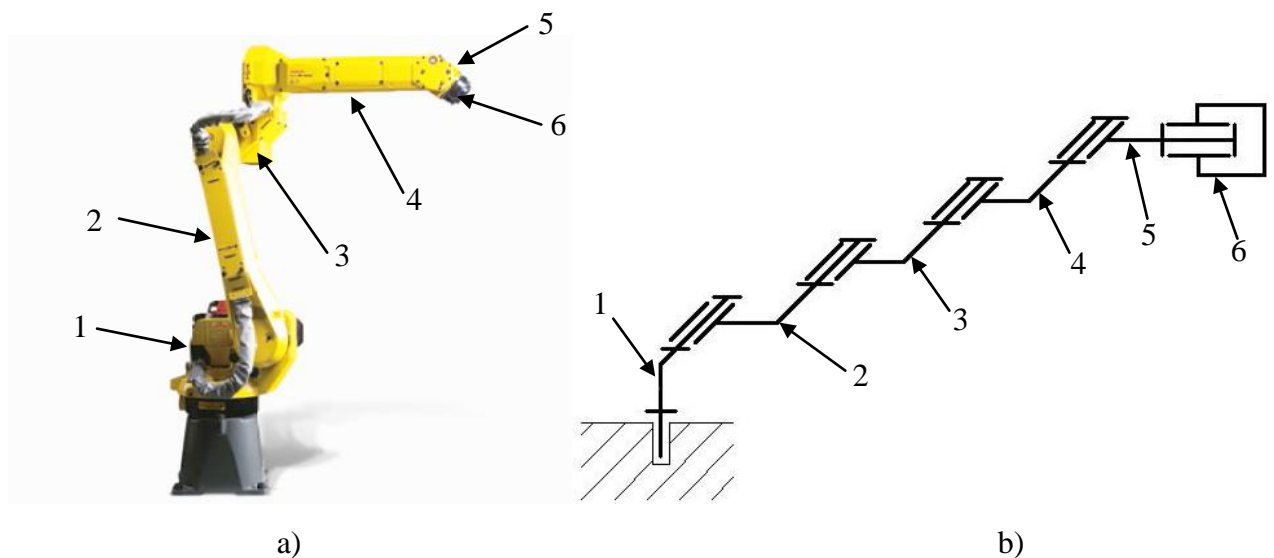
$$F = \frac{m_0 * k_s}{\mu} \left( 1 + \frac{a_z}{g} \right) \quad (2.1)$$

čia  $m_0$  – keliamos detalės masė, kg;  $k_s$  – atsargos koeficientas;  $\mu$  – trinties koeficientas.

Statinis trinties koeficientas tarp dviejų metalo paviršių yra  $\mu = 0,15 \div 0,6$  [13].

Priimama, kad  $k_s = 2$  [12];  $\mu = 0,3$ .

Iš „Fanuc“ pramoninių robotų katalogo [14] buvo pasirinktas manipulatorius M-10iA/12 (2.12 pav., a).



2.12 pav. Objekto laikymo griebtuvu schema [12]

a – „Fanuc“ pramoninis robotas; b – „Fanuc“ roboto kinematinė schema

1 – pirma jungtis; 2 – antra jungtis; 3 – trečia jungtis; 4 – ketvirta jungtis; 5 – penkta jungtis;  
6 – šešta jungtis



Žemiau pateiktoje lentelėje (2.1 lentelė) yra pateikti pasirinkto „Fanuc“ pramoninio roboto pagrindiniai parametrai. Jungčių greičiai atitinka jungtis pavaizduotas 2.11 paveikslėlyje.

**2.1 lentelė.** Fanuc M-10iA/12 manipulatoriaus techniniai parametrai.

Maksimali keliamoji galia ( $m$ )	12 kg
Maksimalus manipulatoriaus ilgis ( $l$ )	1420 mm.
Kontroliuojamų ašių skaičius	6
Manipulatoriaus judesio pakartojimo paklaida	$\pm 0,08$ mm
Manipulatoriaus svoris	130 kg
Maksimalus pirmos jungties greitis $J_1$	230 $^{\circ}/s$
Maksimalus antros jungties greitis $J_2$	225 $^{\circ}/s$
Maksimalus trečios jungties greitis $J_3$	230 $^{\circ}/s$
Maksimalus ketvirtos jungties greitis $J_4$	430 $^{\circ}/s$
Maksimalus penktos jungties greitis $J_5$	430 $^{\circ}/s$
Maksimalus šeštos jungties greitis $J_6$	630 $^{\circ}/s$

Kadangi griebtuvas tvirtinasi ant manipulatoriaus galo (6 jungties), skaičiavimai atliekami pasinaudojant 6 grandies greičiu.

Norint atlikti skaičiavimus, duotas manipulatoriaus  $J_6$  greitis yra paverčiamas į rad/s [15]:

$$1 \text{ rad} = 1 * \frac{180^{\circ}}{\pi} \approx 57,2958^{\circ} \quad (2.2)$$

$$J_6 = \omega_{\max} = \frac{630}{57,2958} = 10,996 \text{ rad/s} \approx 11 \text{ rad/s}$$

Grandies vidutinis pagreitis paskaičiuojamas pagal šias formules [16]:

$$a_{\text{vid}} = \frac{V_{i \max}}{t_{is}}, \text{ m/s}^2 \quad (2.3)$$

$$\varepsilon_{\text{vid}} = \frac{\omega_{i \max}}{t_{is}}, \text{ 1/s}^2 \quad (2.4)$$

Čia  $t_{is}$  – pavaros įsibėgėjimo laikas (elektrinėms pavaroms  $t_{is}=(0,3 - 0,5s)$  [12].

Priimama  $t_{is}=0,4s$

$$\varepsilon_{\text{vid}} = \frac{\omega_{\max}}{t_{is}} = \frac{11}{0,4} = 27,5 \text{ rad/s}^2,$$

Grandies maksimalus pagreitis paskaičiuojamas pagal šias formules [16]:

$$a_{max} = k_a * a_{vid}, \text{ m/s}^2 \quad (2.5)$$

$$\varepsilon_{max} = k_a * \varepsilon_{vid}, \text{ 1/s}^2 \quad (2.6)$$

Čia  $k_a$  – elektrinei pavarai 1,5 [12]

$$\varepsilon_{max} = k_a * \varepsilon_{vid} = 1,5 * 27,5 = 41,25 \text{ rad/s}^2$$

Griebtuvo suspaudimo jėga:

$$F = \frac{m * k_s}{\mu} \left( 1 + \frac{a_{max}}{g} \right) = \frac{m * k_s}{\mu} \left( 1 + \frac{\varepsilon_{max} * l}{g} \right)$$

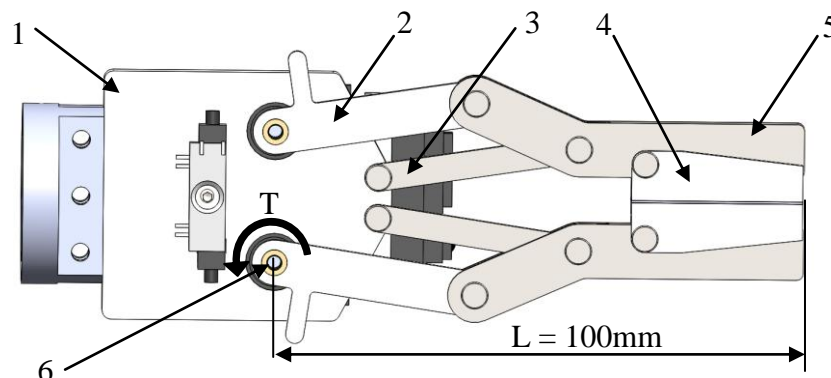
$$F = \frac{8 * 2}{0,3} * \left( 1 + \frac{41,25 * 1,42}{9,81} \right) = 371,78 \text{ N}$$

Skaičiavimai parodė, kad 8 kg masės detalės perkėlimo metu griebtuvo suspaudimo jėga turi būti 371,78N.

Parinktas suspaudimo jėgos jutiklis „FlexiForce A201-H“ [19], kurio maksimali suspaudimo jėga yra  $F_{max} = 445\text{N}$ .

## 2.5. Griebtuvo pirštų pavarų parinkimas

Apskaičiavus reikalingą maksimalią griebtuvo suspaudimo jėgą, galima nesunkiai apskaičiuoti reikalingą sukimo momentą. Tuomet pagal apskaičiuotą sukimo momentą iš katalogo parenkamos servo pavaros.



2.13 pav. Griebtuvo vaizdas iš viršaus

1 – Griebtuvo korpusas; 2 – varančioji dalis; 3 – kreipiančioji dalis; 4 – keičiami antpirščiai; 5 – griebtuvo pirštas; 6 – Servo pavara

Reikalingas momentas griebtuvo pirštams suspausti, apskaičiuojamas pagal šią formulę [21]:

$$T = F * L, Nm \quad (2.7)$$

čia  $T$  – Maksimali reikalinga griebtuvo suspaudimo jėga;  $L$  – atstumas tarp pirštą (2.13. pav., 5) veikiančios spaudimo jėgos ir pirštą valdančios servo pavaros.

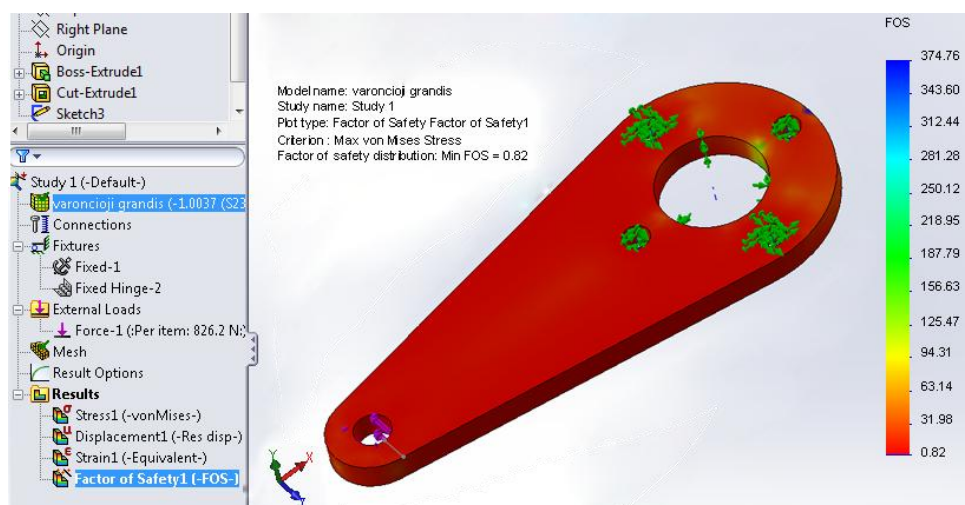
$$T = 371,78 * 0,1 = 37,18 Nm$$

Parinktas servo variklis „Tonegawa Seiko SSPS-105 – UAV“ [22], kurio didžiausias sukimo momentas  $T = 37,26 Nm$ , masė  $m = 0,78 Kg$ , maitinimo įtampa  $U = 12 V$ .

## 2.6. Griebtuvo grandžių stiprumo kompiuterinis modeliavimas

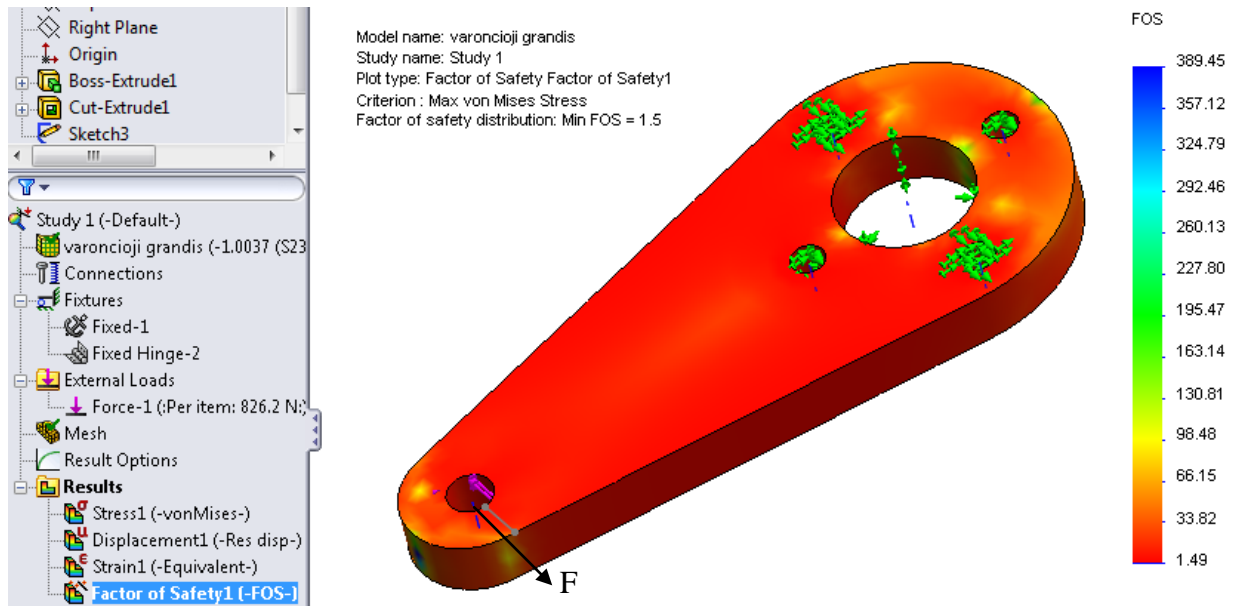
Įvertinus griebtuvo konstrukcijos ypatumus ir apskaičiavus reikalingą pirštų spaudimo jėgą, reikalingą 8 kg svorio objektui pakelti, atliktos griebtuvo grandžių stiprumo kompiuteriniai modeliai (simuliacijos). Simuliacijos reikalingos tam, kad būtų galima parinkti pakankamo tvirtumo medžiagas griebtuvo detalės, taip pat norint optimizuoti detalių matmenis, kad užtikrinti pakankamą atsargos koeficientą ir nenaudoti tvirtesnių nei reikalaujama detalių.

Simuliacijoms atlikti panaudota „Solidworks“ programine įranga. Darbo eigoje atlikti tyrimai su trimis pagrindinėmis detalėmis: griebtuvo pirštas (2.13 pav., 5), kreipiančioji grandis (2.13 pav., 3) ir varančioji grandis (2.13 pav., 2). Atliekant griebtuvo varančiosios grandies simuliaciją, uždavus apskaičiuotas jėgas ir naudojant S235 plieną, detalės atsargos koeficientas gautas  $FOS = 0,82$  (2.14 pav.)



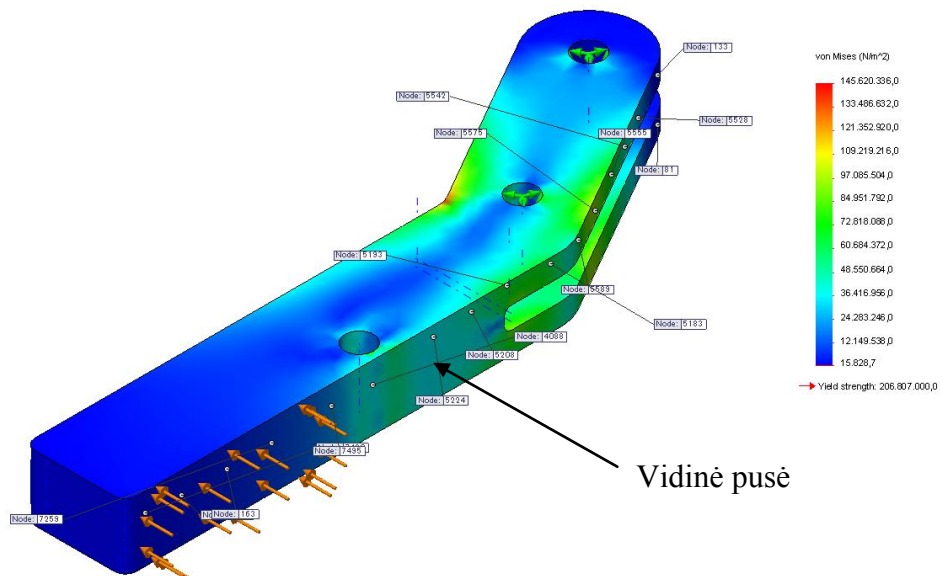
2.14 pav. Griebtuvo varančioji dalis prieš optimizaciją

Optimizavus detalės matmenis ir storį, buvo atlikta dar viena simuliacija, kurios metu atsargos koeficientas  $FOS = 1,5$  (2.15 pav.). Šis atsargos koeficientas tenkina reikiamą stiprumą ( $FOS = 1,3 - 1,5$ ) [23] ir užtikrina, kad detalė, veikiant didžiausioms jėgoms, nesideformuos.

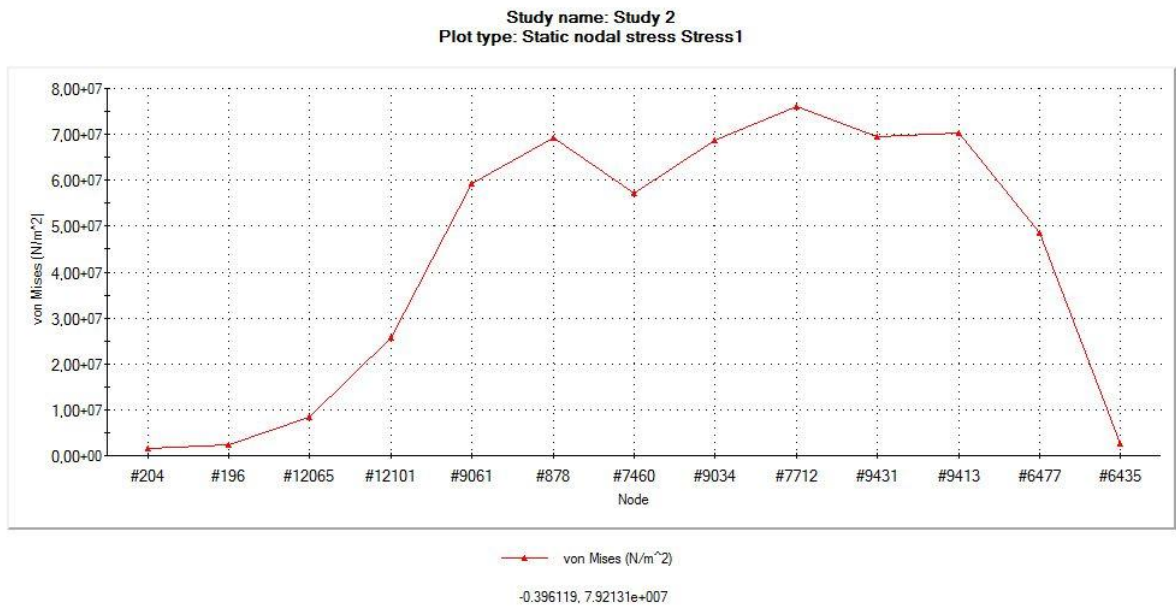


2.15 pav. Griebtuvo varančioji dalis po optimizacijos

Atliekant griebtuvo piršto stiprumo tyrimus, simuliacijos metu, taip pat atlikti tyrimai kaip yra pasiskirstę įtempiai vidinėje piršto pusėje (2.16 pav.). Įtempių pasiskirstymas duomenys buvo pateikti grafiniu pavidalu (2.17 pav.).

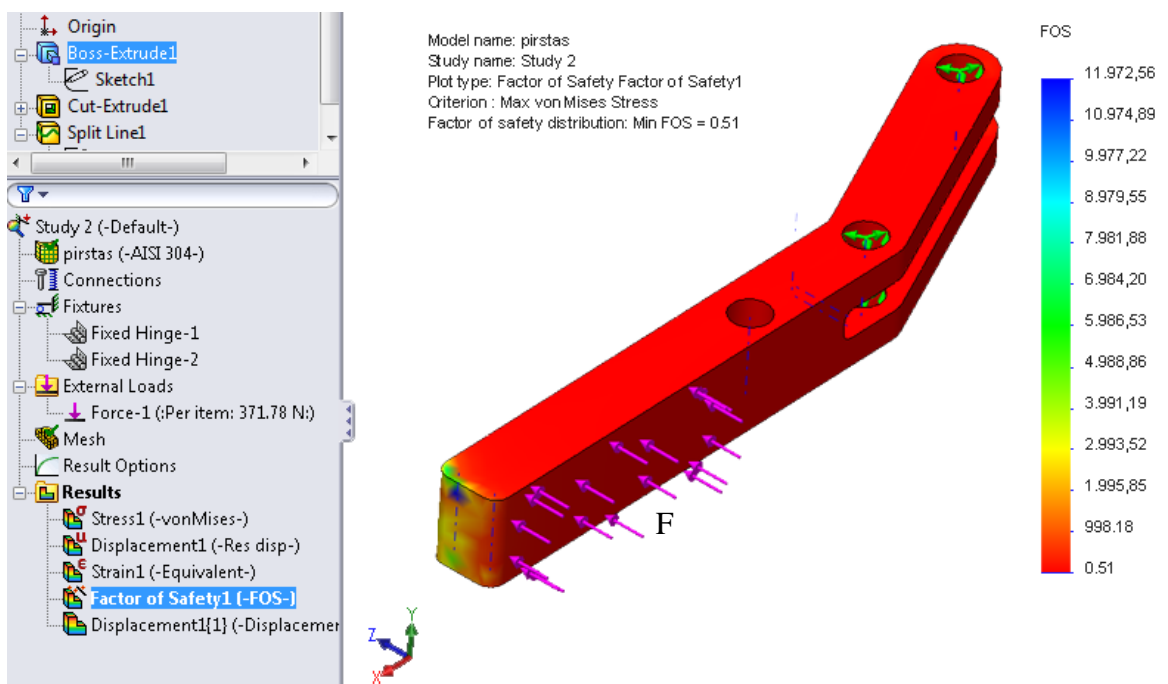


2.16 pav. Griebtuvo piršto įtempių simuliacija

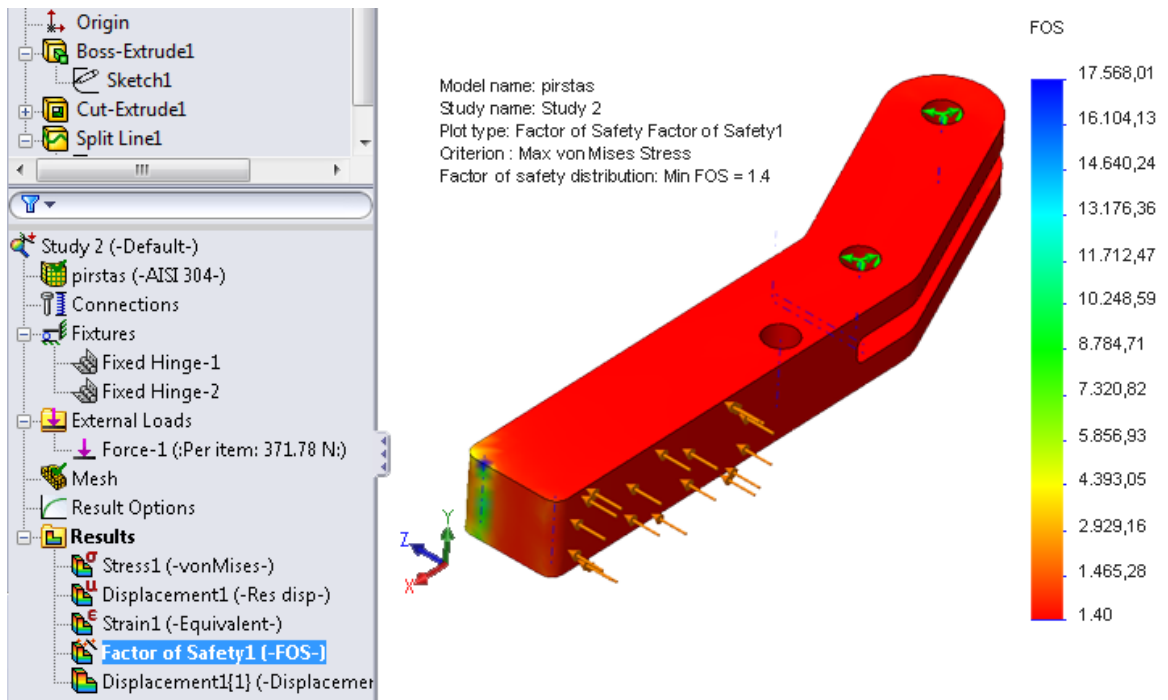


2.17 pav. Griebtuvo piršto įtempių pasiskirstymo grafikas

Tiriant griebtuvo piršto stiprumą parinktas AISI 304 plienas. Pirminio modelio tyrimo metu gautas labai mažas atsargos koeficientas  $FOS = 0,51$  (2.18 pav.). Esant tokiam žemam atsargos koeficientui, griebtuvo darbo metu, jo pirštas gali stipriai deformuotis ir sudaryti didelius darbo netikslumus. Optimizavus griebtuvo piršto matmenis, gautas atsargos koeficientas  $FOS = 1,4$  (2.19 pav.), kuris tenkina minimalų reikiamą stiprumą ( $FOS = 1,3 - 1,5$ ) [23] ir užtikrina, kad detalė, veikiant didžiausioms jėgoms, nesideformuos.

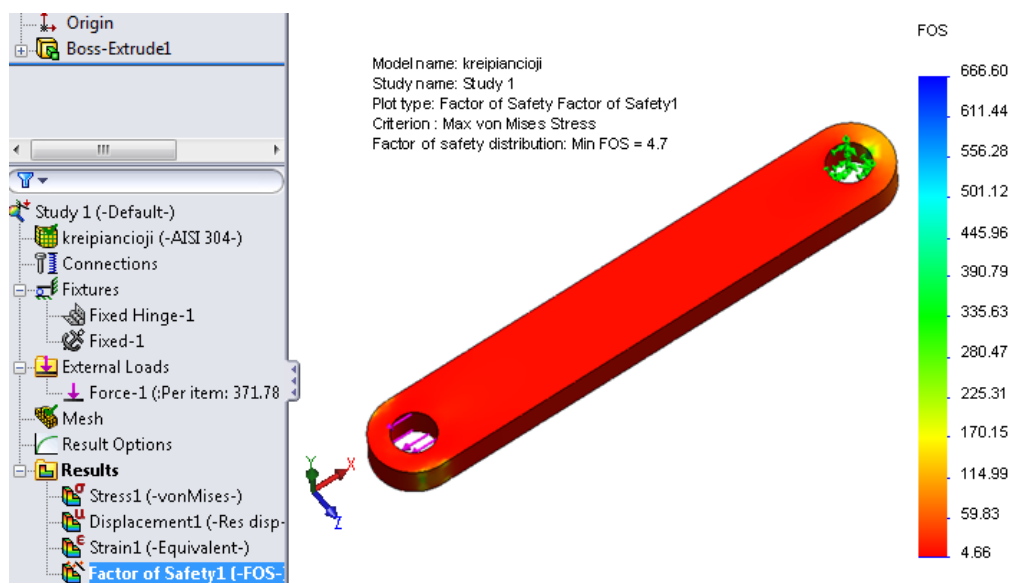


2.18 pav. Griebtuvo pirštas prieš optimizaciją

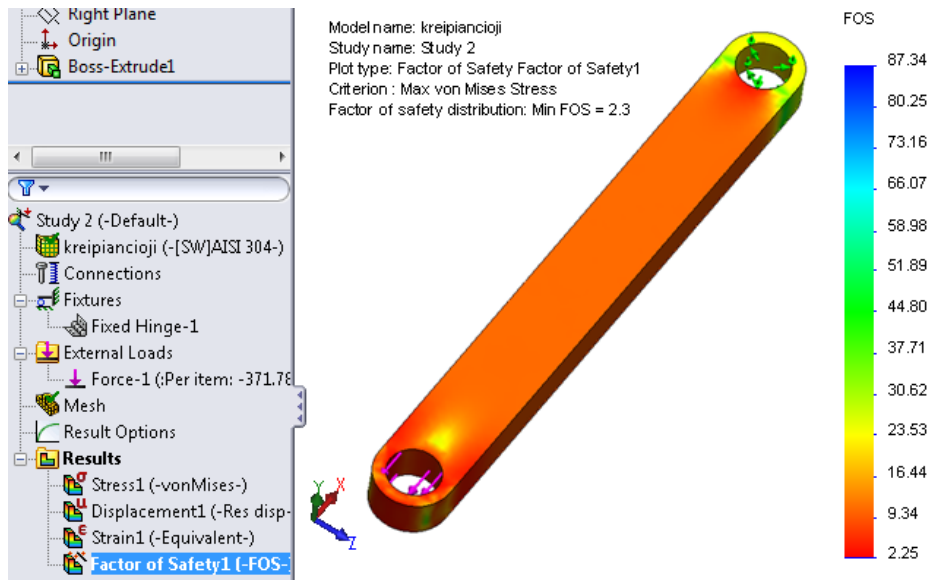


2.19 pav. Griebtuvo pirštas po optimizacijos

Tiriant griebtuvo kreipiančiosios grandies stiprumą, pasirinktas AISI 304 plienas. Kadangi ši griebtuvo detalė yra labai paprastos konstrukcijos ir ją veikia tik išilginio tempimo jėga, stengiamasi sumažinti esamos detalės atsargos koeficientą ir ją išlengvinti nepadidinant jos sudėtingumo. Prieš optimizaciją, detalės atsargos koeficientas gautas  $FOS = 4,7$  (2.20 pav.). Po optimizacijos, atsargos koeficientą pavyko sumažinti iki  $FOS = 2,3$  (2.21 pav.). Kad dar labiau sumažinti detalės atsargos koeficientą, reiktų keisti jos formą.



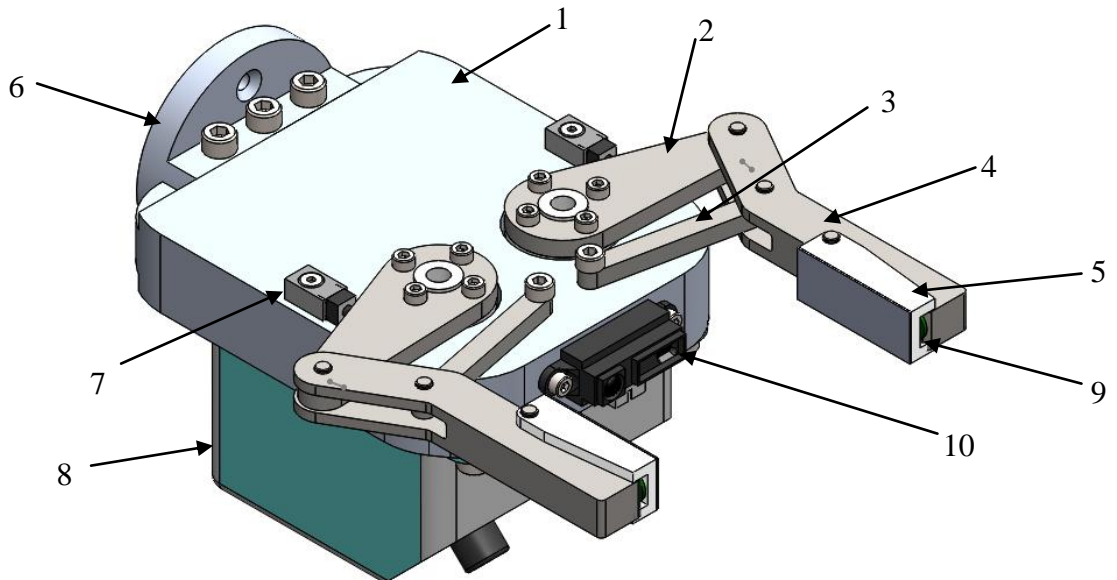
2.20 pav. Griebtuvo kreipiančioji dalis prieš optimizaciją



**2.21 pav.** Griebtuvo kreipiančioji dalis po optimizacijos

## 2.7. Suprojektuoto griebtuvo svorio įvertinimas

Įvertinus griebtuvą veikiančių jėgų skaičiavimus, parinkus pavarą ir ištyrus atitinkamas griebtuvo detales su „Solidworks“ programinės įrangos simuliacija, suprojektuotas galutinis griebtuvo prototipas (2.22 pav.). Griebtuvo surinkimo ir detalių brėžiniai pateikti 6 priede.



**2.22 pav.** Griebtuvo kreipiančioji dalis po optimizacijos

1 – korpusas; 2 – varančioji grandis; 3 – kreipiančioji grandis; 4 – griebtuvo pirštas; 5 – griebtuvo antpirštis; 6 – orientavimo mechanizmo tvirtinimo detalė; 7 – galinės padėties jutiklis; 8 – servo pavara; 9 – spaudimo jėgos jutiklis; 10 – infraraudonųjų spindulių atstumo jutiklis.



Griebtuvo bendras svoris yra labai didelis faktorius, taikant jį prie manipulatoriaus. Kadangi manipulatoriai yra parduodami be griebtuvų, renkantis manipuliatorių reikia įvertinti koks bus naudojamo griebtuvo svoris. Suprojektuoto griebtuvo svoriui nustatyti panaudota „Solidworks“ programinė įranga. Čia sumodeliavus atitinkamą detalę ir parinkus jai medžiagą, programa automatiškai apskaičiuoja detalės masę. Kadangi griebtuvo korpusas (2.22 pav., 1) yra didelių matmenų ir jo neveikia jokios didelės jėgos, naudojant plieną kaip medžiagą, gaunamas labai didelis atsargos koeficientas. Kad jį sumažinti buvo nuspręsta naudoti aliuminį „1060 Alloy“, kuris žymiai palengvina korpusą. Dėl tos pačios priežasties aliuminis „1060 Alloy“ parinktas naudoti ir ant tvirtinimo detalės (2.22 pav., 6). Griebtuvo varančiajai grandžiai buvo parinktas grūdintas plienas „X40Cr14“. Šios medžiagos pasirinkimą lėmė susidarantis labai didelis sukimo momentas  $T$  (2.13 pav.) dėl kurio paprastas plienas stipriai deformuojasi. Grūdintas plienas suteikė detalei reikalingo trūkstamo stiprumo. Kreipiančiajai grandžiai ir griebtuvo pirštui buvo parinktas paprastas nerūdijantis plienas „AISI 304“ Atlikus kompiuterinį modeliavimą su šia medžiaga, su minimalia detalių optimizacija gautas pakankamas stiprumas.

**2.2 lentelė.** Griebtuvo svorio įvertinimas

<b>Detalė</b>	<b>Kiekis</b>	<b>Medžiaga</b>	<b>Masė, kg.</b>
Korpusas	1	„1060 Alloy“ Aliuminis	0,389
Varančioji grandis	2	X40Cr14	0,047
Kreipiančioji grandis	2	AISI 304	0,012
Griebtuvo pirštas	2	AISI 304	0,091
Antpirštis	2	POM	0,005
Tvirtinimo detalė	1	„1060 Alloy“ Aliuminis	0,073
Servo pavara	2	-	0,780
Jutikliai	-	-	0,010
Tvirtinimo detalės	-	-	0,080
<b>Bendra masė:</b>			<b>2,422</b>

Įvertinus visų griebtuvo komponentų svorius, bendras griebtuvo svoris  $m = 2,422 \text{ kg} \approx 2,43 \text{ kg}$ .

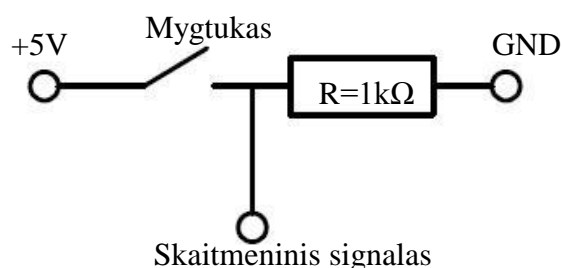
Šis svoris turi būti rezervuotas pasirenkant manipuliatorių pagal didžiausią jo keliamą svorį.



### 3. TYRIMŲ DALIS

#### 3.1. Servo pavaros valdymas

Norint užtikrinti saugų manipulatoriaus darbą nuspręsta naudoti galinės padėties jutiklius ties kiekviena servo pavara. Jų paskirtis yra apsaugoti manipulatoriaus mechanines dalis nuo priverstinio judėjimo daugiau nei tam leidžia korpusas, kad nepažeisti manipulatoriaus. Galinės padėties jutiklis veikia kaip paprastas mygtukas. Jį nuspaudus, sugeneruojamas signalas kuris siunčiamas į valdiklį pranešti, kad servo pavara turi būti sustabdyta. Jei jutiklio nebūtų ir būtų užduota klaidinga judesio komanda, servo pavara galėtų sugadinti manipulatoriaus korpusą. Naudojant „Arduino UNO R3“ programuojamą loginį valdiklį, suprogramuotas vienos servo pavaros valdymas naudojant du mygtukus valdymui ir du mygtukus kaip galinės padėties jutiklius, kurie turėtų sustabdyti servo pavara aktyvacijos metu. Žemiau pavaizduota mygtuko elektrinė schema pavaizduota (3.1 pav.). Visiems mygtukams naudojama tokia pati schema, tačiau signalo išėjimai pajungti ant skirtingų skaitmeninių loginio valdiklio skaitiklių.

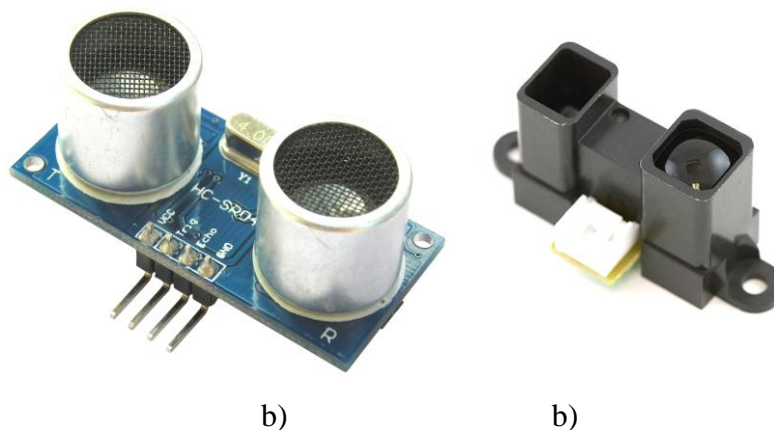


**3.1 pav.** Griebtuvo valdymo mygtuko elektrinė schema

Programoje (1 Priedas) suprogramuotas servo pavaros valdymas. Du mygtukai naudojami servo pavaros sukimui pasirinkta kryptimi. Galinės padėties jutikliai suprogramuoti taip, kad jiems suveikus būtų atjungti valdymo mygtukai. Suveikus atgalinės padėties jutikliui pavara sustoja ir laukia sekančios komandos. Kol kas yra bandoma suprogramuoti griebtuvo valdymą rankiniu būdu naudojant visus reikalingus jutiklius. Priklausomai nuo to kaip griebtuvas elgsis valdymo metu, gali keistis ir valdymo tipas bei įranga. Baigus šį etapą bus daromas savarankiškas valdymas pagal užduotas koordinates.

### 3.2. Atstumo matavimo tyrimas

Šio etapo metu atlikti dviejų atstumo jutiklių tyrimai, norint išsiaiškinti jų sąveikavimą su griebtuvu. Bandymai atlikti su ultragarsiniu atstumo jutikliu (3.2 pav., a) ir infraraudonųjų spindulių (IR) jutikliu (3.2 pav., b). Programos naudotos atstumo jutiklių bandymui pateiktos 2 ir 3 prieduose. Visų pirmiausia ištirtos matavimo ribos dirbant su kiekvienu jutikliu.



3.2 pav. Atstumo jutikliai [17, 18], čia:

a – ultragarsinis atstumo jutiklis; b – infraraudonųjų spindulių atstumo jutiklis

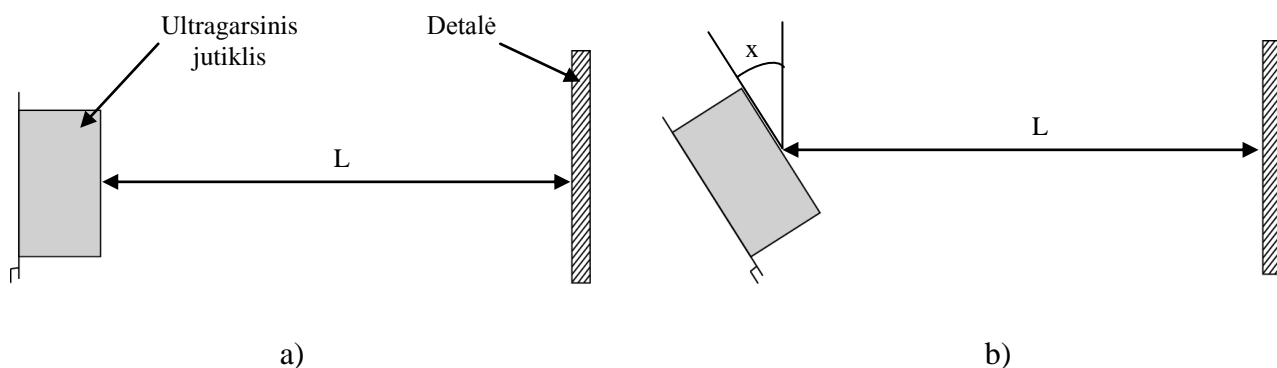
3.1 lentelė. Griebtuve naudojamų jutiklių matavimo ribos

Atstumo jutiklis	Matavimo ribos
Ultragarsinis jutiklis	3cm – 200cm
Infraraudonųjų spindulių jutiklis	3cm – 25cm

Išmatavus matavimo ribas, toliau ištirta matavimo galimybės pagal padėtį ir i keliamos detalės formą. Atstumas  $L$  tarp jutiklio ir detalės  $L = 5$  cm (apytikslis atstumas tarp jutiklio tvirtinimo vietos ir detalės kai ji turėtų būti sugriebiama..

Tiriant ultragarsinį jutiklį (3.3 pav.), atsižvelgta į du aspektus: kai detalės paviršius yra statmenas jutikliui (3.3 pav., a) ir kai detalės paviršius yra pakrypęs kampu  $x$  nuo jutiklio plokštumos (3.3 pav., b). Esant pirmam variantui, atstumas matuojamas su 2-3 milimetrų paklaida ir reagavimas į besikeičiantį atstumą yra labai sklandus, taip pat greitas reagavimas į staigius atstumo pokyčius. Tačiau atlikus matavimus su pasukimo kampu  $x$ , labai greitai atsirado matavimo klaidos. Apytiksliai nuo  $10^\circ$  pasukimo kampo, ultragarsinis jutiklis padėjo rodyti klaidingus duomenis. Kadangi pagal tyrimo rezultatus ultragarsinis jutiklis yra labai jautrus paviršiui ir jo formai, jo nederėtų taikyti ant griebtuvo, kuris yra projektuojamas perkelti įvairių formų, medžiagų ir svorių detalėms ir kitiems objektams. Taip pat ultragarsinis jutiklis pagal savo gabaritus yra truputį

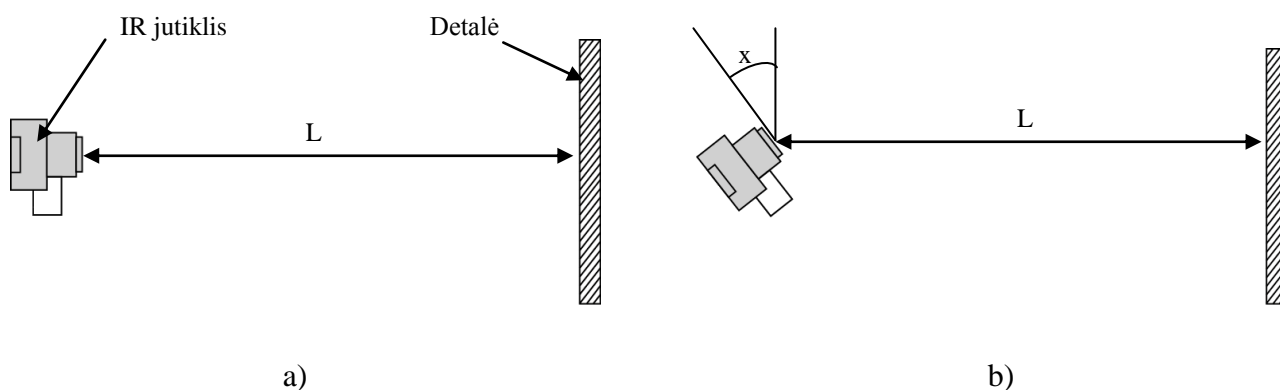
didesnis už infraraudonųjų spindulių jutiklį, o tai prideda griebtuvo konstrukcijai papildomo dydžio kuris gali kenkti darbui tam tikrose naudojimo aplinkose.



**3.3 pav.** Ultragarsinio jutiklio panaudojimo griebtuve tyrimas

a – statmenai detalei; b – pasuktas kampu  $x$  nuo detalės

Tiriant infraraudonųjų spindulių jutiklį (3.4 pav.), atsižvelgta į tokius pačius aspektus. Esant statmenam detalės paviršiui (3.4 pav., a) matavimo tikslumas taip pat labai didelis su 2-3 milimetrų matavimo paklaida. Infraraudonųjų spindulių (IR) jutiklis taip pat labai greitai reagavo į atstumo pokyčius ir staigius judesius. Pasukus detalės paviršių  $x$  kampu, IR jutiklis parodė daug geresnius rezultatus. Didinant kampą, tikslūs rodmenys išliko iki didesnio kampo. Pasiekus apytiksliai  $30^\circ$  kampą, pasirodė klaidingi rodmenys nes detalė, kur buvo matuojama, pasitraukė iš jutiklio darbo zonos.



**3.4 pav.** IR jutiklio panaudojimo griebtuve tyrimas

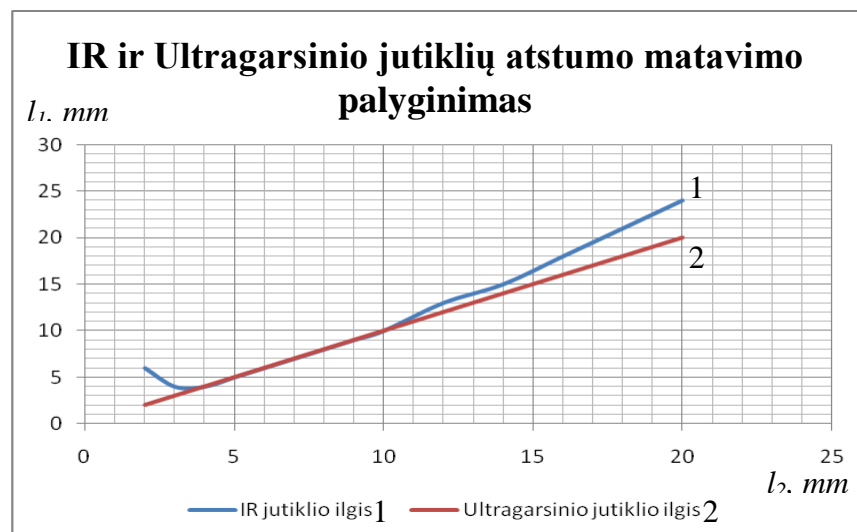
a – statmenai detalei; b – pasuktas kampu  $x$  detalės atžvilgiu

Žemiau pateiktoje 3.2 lentelėje atvaizduoti abiejų jutiklių matavimo rezultatai atliekant praktinį bandymą, kai matuojamas objektas yra statmenas jutikliams ir jo matuojama plokštuma yra lygi bei vienspalvė.

**3.2 lentelė. IR ir ultragarsinio jutiklių matavimo duomenys**

Matavimo atstumas, cm	IR jutiklio pamatuotas ilgis, cm	Ultragarsinio jutiklio pamatuotas ilgis, cm
2	6	2
3	4	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
12	13	12
14	15	14
16	18	16
18	21	18
20	24	20

Atlikus matavimo bandymus matyti, kad abu atstumo matuokliai yra pakankamai tikslūs ir puikiai reaguoja į besikeičiančius atstumus, tačiau infraraudonųjų spindulių jutiklis dėl savo platesnių matymo ribų. IR jutiklis užtikrintų kur kas stabilesnę ir saugesnę matavimų atlikimą naudojant griebtuvę, nes griebtuvo griebiami objektai gali būti įvairių formų ir medžiagų, todėl jis pasirinktas naudoti kartu su projektuojamu griebtuvu.



**3.5 pav. IR ir ultragarsinio jutiklių matavimo palyginimas**

Iš grafiko (3.5 pav.) matyti, kad ultragarsinis jutiklis atstumą matuoja tiksliai daug ilgesniame matavimo diapazone. Tuo tarpu IR jutiklis tiksliai matuoja nuo 4cm iki 12cm, o kituose atstumuose jis pradeda rodyti matavimo paklaidas. Ultragarsinis jutiklis pranašesnis nes matavimai atlikti matavimams tinkamoje aplinkoje. Testuojant matavimo rezultatus kai objektas yra pakrykęs kampu, IR atstumo jutiklis tampa žymiai tikslesnis už ultragarsinį jutiklį.

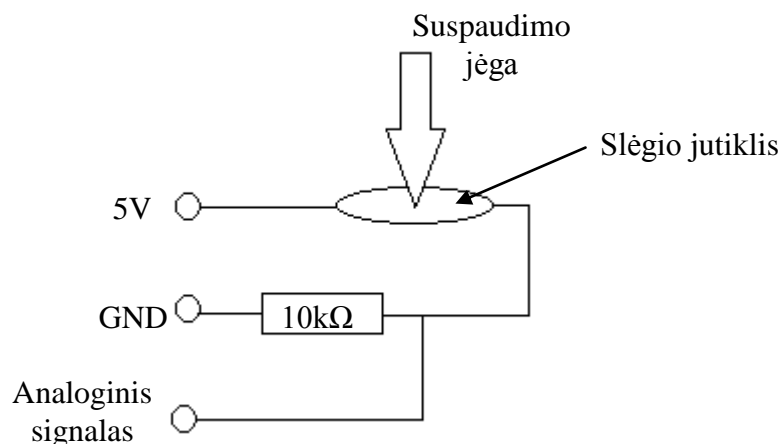
### 3.3. Suspaudimo jėgos matavimo tyrimas

Griebtuvo suspaudimo jėga yra reguliuojama pagal suspaudimo dydžio jutiklių duomenis, todėl yra svarbu, kad parinkti jutikliai tiksliai užfiksuotų suspaudimo jėgą reikiamame intervale. Kadangi kuriamas griebtuvas yra nedidelis ir skirtas smulkioms detalėms perkelti (keliamos detalės masė neviršija 1 kg), reikalinga maksimali suspaudimo jėga turi būti ne mažesnė kaip 25N. Pasirinktas suspaudimo jutiklis FSR400 (3.5 pav.)



3.6 pav. Spaudimo jėgos jutiklis

Tyrimo metu matuojami „arduino“ valdiklyje gaunami duomenis, skirtingomis masėmis veikiant jutiklį.

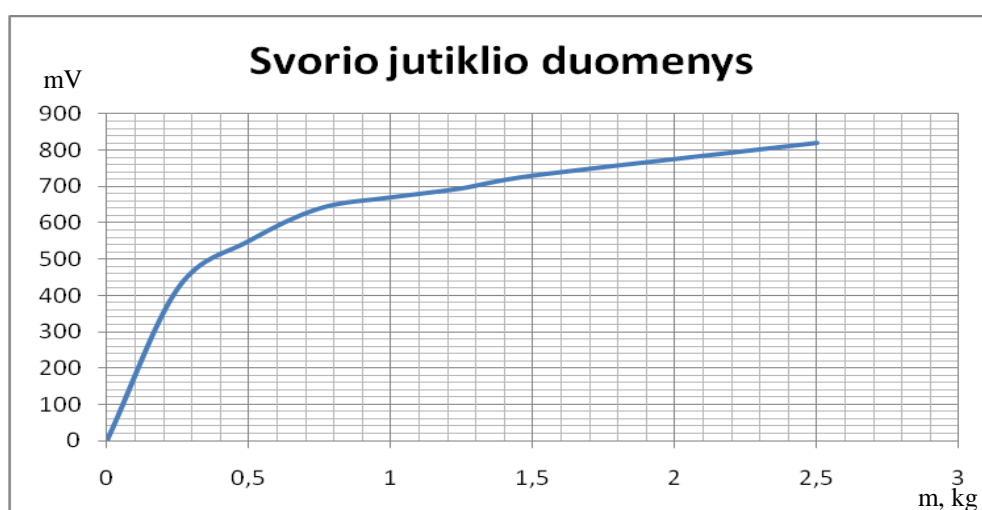


3.7 pav. Slėgio jutiklio elektrinė pajungimo schema

Į jutiklį yra tiekama 5V įtampa. Kai jutiklį veikia suspaudimo jėga, jo varža mažėja ir praleistos įtampos dydis siunčiamas į analoginį valdiklio skaitiklį. Čia signalas yra analizuojamas ir pagal jo dydį reguliuojama servo mechanizmo, judinančio griebtuvo pirštus, eiga.

**3.3 lentelė.** Slėgio jutiklio matavimo duomenys

Apkrovos masė veikianti jutiklį, kg	Valdiklio nuskaityta skaitinė reikšmė
0	0
0,25	420
0,5	550
0,75	640
1	670
1,25	695
1,5	730
2,5	820



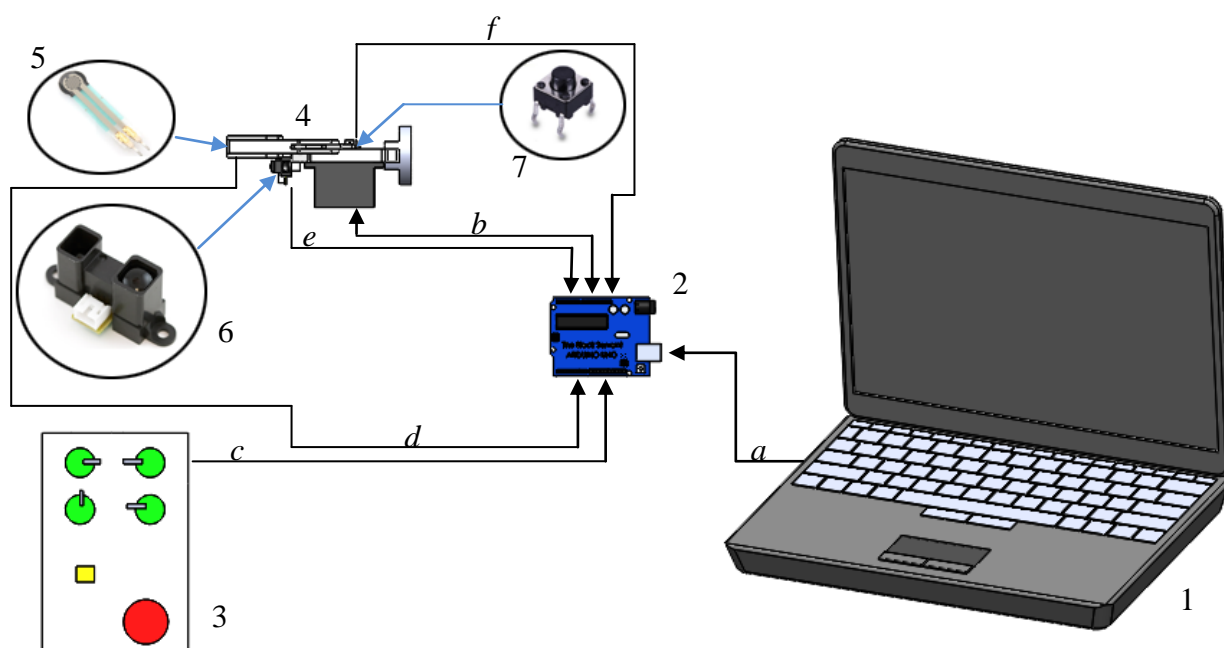
**3.8 pav.** Grafiškai atvaizduoti svorio jutiklio duomenys

Iš grafiko (3.8 pav.) matyti, kad naudojamas jutiklis tiesiškai pradeda veikti nuo 0,75kg apkrautos masės, o to pilnai užtenka griebtuvo suspaudimo jėgai reguliuoti. Norint matuoti žemesnį suspaudimą reiktų valdymo programoje aprašyti atskirą valdymo algoritmą mažesnio dydžio kaip 0,75kg masėms matuoti. Tiriant jutiklį ir užduodant didelę masę, paaiškėjo kad naudojamas FSR400 slėgio jutiklis gali matuoti suspaudimo jėgą iki 3,5 kg. Viršijus šią masę, gaunamais duomenimis nebegalima pasitikėti nes jie beveik nebekinta.

### 3.4. Griebtuvo valdymas

Valdymas tai projektuojamo griebtuvo mąstančioji dalis. Čia yra labai svarbu atkreipti dėmesį į visus su valdymu susijusius veiksnius ir juos apjungti į vieną bendrą valdymo sistemą. Projektuojamą griebtuvą valdyti turėtų bendras valdymo blokas skirtas manipulatoriaus valdymui, tačiau šio projektavimo metu bus pasinaudojama paprastu valdikliu valdant dviem būdais: atliekant tiesioginį valdymą pultu arba užduodant programą kompiuteriu. Suprojektuoto griebtuvo valdymas yra sudarytas iš keleto komponentų. Į valdymą įeina valdymo įrenginys, pavaros, jutikliai, galinės padėties atjungimo mygtukai.

Kompiuteriu (3.9 pav., 1) arba valdymo pultu (3.9 pav., 3) yra užduodama komanda griebtuvui. Signalas priklausomai nuo to, koku būdu valdoma, jungtimi a arba c yra perduodamas signalas programiniam valdikliui (3.9 pav., 2). Valdiklis jungtimis b, d, e, f yra sujungtas su griebtuvo (3.9 pav., 4) servo varikliais ir jutikliais (3.9 pav., 5,6,7). Priklausomai nuo to kokia valdymo komanda yra siunčiama į valdiklį, ir signalas perduodamas į pavaras.



**3.9 pav.** Projektuojamo griebtuvo valdymo schema

- 1 – kompiuteris; 2 – programuojamas valdiklis; 3 – valdymo blokas; 4 – griebtuvas; 5 – jėgos jutiklis; 6 – infraraudonųjų spindulių jutiklis; 7 – galinės padėties jutiklis  
*a, b, c, d, e, f* – valdymo komponentus jungiančios magistralės

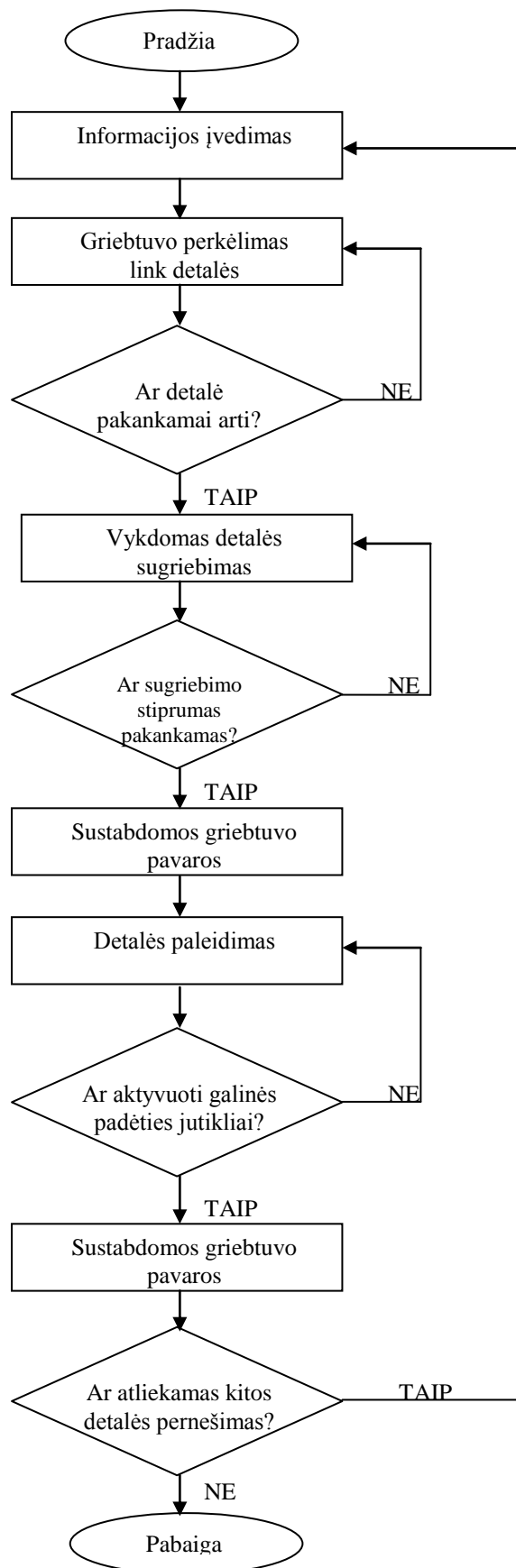
Tuo pat metu apsauginiai galinės padėties jutikliai (3.9 pav., 7), atstumo jutiklis (3.9 pav., 6) ir suspaudimo jėgos jutikliai (3.9 pav., 5) siunčia atgalinį signalą valdikliui ir kontroliuoja tolimesnius

servo pavaru veiksmus. Jei pavaru pasisukimas viršija leistinas griebtuvo konstrukcijos ribas, suveikia apsauginiai jutikliai (3.9 pav., 7) ir perduoda signalą valdikliui stabdyti pavaras. Suspaudimo jėgos jutiklis (3.9 pav., 5), esantis vidinėje griebtuvo pirštų pusėje, perduoda signalą sustabdyti griebtuvo pavaras tada, kai detalė kartu su jutikliu yra pakankamai suspaudžiama.

Programinis valdiklis „Arduino“ čia yra naudojamas kaip bandymų įrenginys, kurio pagrindinė paskirtis, neinvestuojant per daug lėšų išbandyti griebtuvo veikimą, apjungti servo pavaras ir jutiklius į bendrą visumą ir pateikti duomenis apie griebtuvo elgseną priklausomai nuo užduodamų darbo komandų.

Griebtuvo valdymo algoritmas (3.10 pav.) parodo kokia turėtų būti valdymo programos struktūra ir valdymo eiliškumas. Programiniu būdu bus įvedama keliamo objekto informacija, t.y. jo masė ir kiti sugriebimą įtakojuojantys nustatymai. Įvesta informacija nuskaitoma ir griebtuvas pritaikomas to objekto sugriebimui (suderinama suspaudimo jėga). Tuomet manipulatorius perkelia griebtuvą prie perkeliama objekto (detalės) ir griebtuvas pasinaudodamas infraraudonųjų spindulių atstumo matuokliu matuoja atstumą iki griebiamo objekto. Manipulatorius juda link keliamos detalės tol kol atstumo jutiklis neužfiksuoja pakankamo atstumo detalės sugriebimui. Pasiėkus reikiamą atstumą manipulatorius yra sustabdomas ir tuomet yra vykdomas detalės sugriebimas. Detalė yra spaudžiama tol, kol nesukreguoja spaudimo jėgos jutikliai, įtaisyti ant griebtuvo pirštų. Kai suspaudimo jėga yra pakankama, suspaudimo jutikliai praneša valdikliui ir tuomet yra sustabdomos griebtuvo pirštų pavaros. Detalę sugriebus, ji yra pernešama manipulatoriaus pagalba į kitą vietą. Įvykdžius perkėlimo operaciją, duodama komanda griebtuvui paleisti sugriebtą detalę. Griebtuvo pirštai yra skleidžiami tol, kol sukreguoja galinės padėties jutikliai, neleidžiantys griebtuvo pirštams išsiskleisti daugiau nei leidžia griebtuvo konstrukcija. Suveikus galinės padėties jutikliams, griebtuvo pirštų pavaros yra sustabdomos ir tuomet manipulatorius grįžta į pradinę padėtį. Tuomet yra tikrinama ar duota komanda sekančiam perkėlimui. Jei sekanti komanda egzistuoja, operacija vėl prasideda iš naujo nuo informacijos tikrinimo. Kitu atveju Darbas yra stabdomas.





**3.10 pav.** Projektuojamo griebtuvo valdymo algoritmas

### 3.5. Eksploataciniai reikalavimai ir darbo sauga

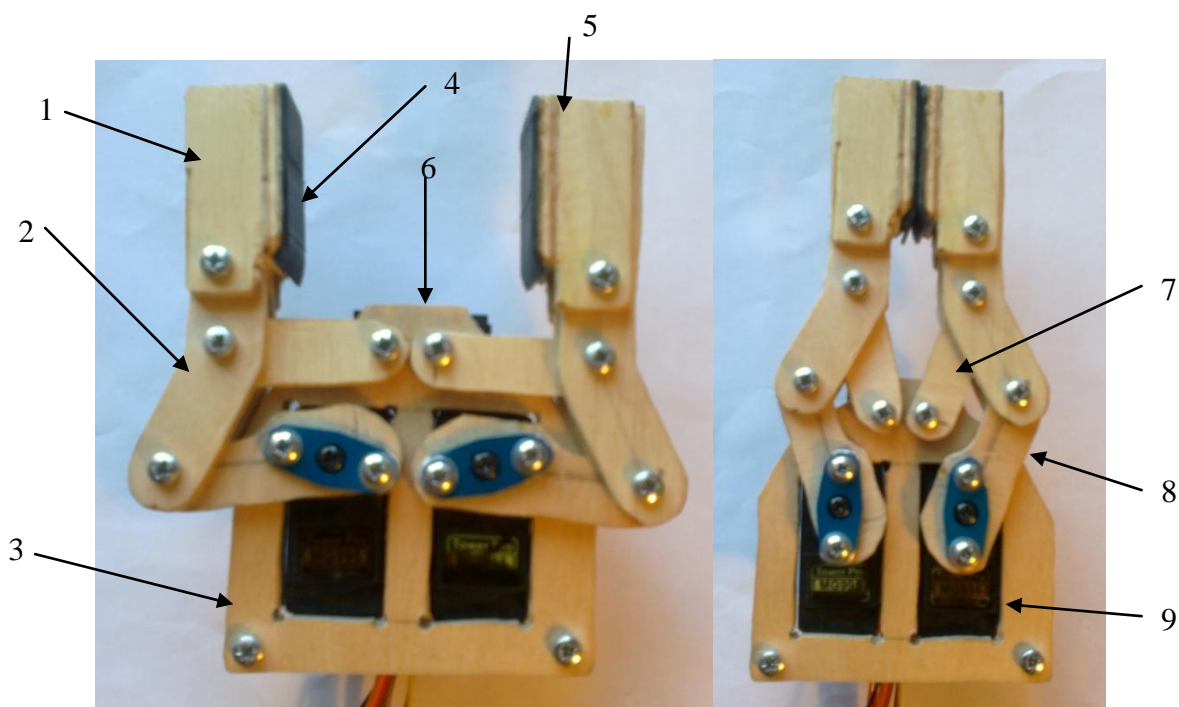
Ant pramoninių manipuliatorių naudojami griebtuvai yra labai tikslūs ir gali dirbti savarankiškai, tačiau jie, ne taip kaip žmogus, neturi visapusiškų apsaugos priemonių. Vienintelės apsaugos priemonės, kurios saugo manipuliatorių yra priemonės įdiegtos projektavimo metu. Todėl yra būtina užtikrinti būtinas apsaugos priemones, kad užtikrinti tiksliam griebtuvo darbui ir žmonių saugumui. Griebtuvas turėtų būti suderinamas su manipulatoriumi tikrai patyrusio operatoriaus, o nepatyręs personalas neturėtų atlikti eksperimentinių griebtuvo derinimo metodų. Kiekvienas su manipulatoriaus ir ant jo tvirtinamo griebtuvo darbu susijęs darbuotojas, kuris tiesiogiai gali kontaktuoti su griebtuvu arba viso manipulatoriaus darbo zona, turi laikytis šių reikalavimų:

- Nejungti griebtuvo jei jis yra netinkamai arba nepilnai prijungtas prie manipulatoriaus.
- Griebtuvo darbo metu tarp pirštų nedėti pašalinių daiktų ir nekišti rankų.
- Nedaužyti griebtuvo, kad neatsirastų papildomos paklaidos jo konstrukcijoje.
- Darbo zoną pažymėti atitinkamomis linijomis ir užtikrinti jos tvarką.
- Netvirtinti prie griebtuvo pašalinių su darbu nesusijusių daiktų ar svarmenų.
- Detales perkelti tikrai naudojant griebtuvo pirštų darbinę spaudžiančią dalį, netvirtinti perkeliamų detalių prie griebtuvo korpuso.
- Reguliariai tikrinti manipulatoriaus dalis bei sujungimus, tikrinti ar nėra atsipalaidavusių detalių.
- Reguliariai tikrinti atstumo jutiklio ir suspaudimo jėgos jutiklių kokybę ir veikimą.
- Pastebėjus atsilaisvinusius varžtus ar detales, ar kitus išorinius defektus, griebtuvui pradėjus dirbti netinkamai, jį skubiai išjungti ir pašalinti defektus arba kreiptis į specialistą.
- Griebtuvas yra skirtas perkelti detales iki 8 kg, šio svorio negalima viršyti.
- Nenaudoti griebtuvo detalių perkėlimui, kurių plotis sugriebimo vietoje viršija maksimalų nustatytą griebtuvo pirštų išsiplėtimą.
- Draudžiama transportuoti pavojingas, sprogias ar chemiškai aktyvias medžiagas.

Laikantis visų šių nurodymų, bus užtikrintas tinkamas manipulatoriaus veikimas. Jei manipulatorius nefunkcionuos taip kaip turėtų, tuomet nedelsiant kreiptis į specialistą. Kilus daugiau klausimų, kreiptis į griebtuvo tiekėjus.

#### 4. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Pasinaudojant suprojektuoto griebtuvo duomenimis, pagamintas eksperimentinis griebtuvo prototipas, su kuriuo atlikti bandymai. Prototipo modeliui pagaminti pasirinkta fanera (plokštė sudaryta iš plonų medienos plokščių suklijuotų kartu). Griebtuvui (4.1 pav.) valdyti panaudotos dvi servo pavaros. Servo pavaros valdo pirštus nepriklausomai vienas nuo kito. Griebtuvo detalės sujungtos pasinaudojant M4 varžtais. Visą griebtuvo mechanizmą sudarė devynios konstrukcinės detalės, dvi servo pavaros, du taktiliniai jėgos jutikliai, vienas infraraudonųjų spindulių jutiklis. Griebtuvo pirštų darbinė dalis buvo padengta guma, kad būtų padidinta trintis sugriebimo metu. Taktiliniai jėgos jutikliai įtaisyti ant pirštų vidinėje dalyje tarp keičiamos piršto dalies ir to paties piršto.



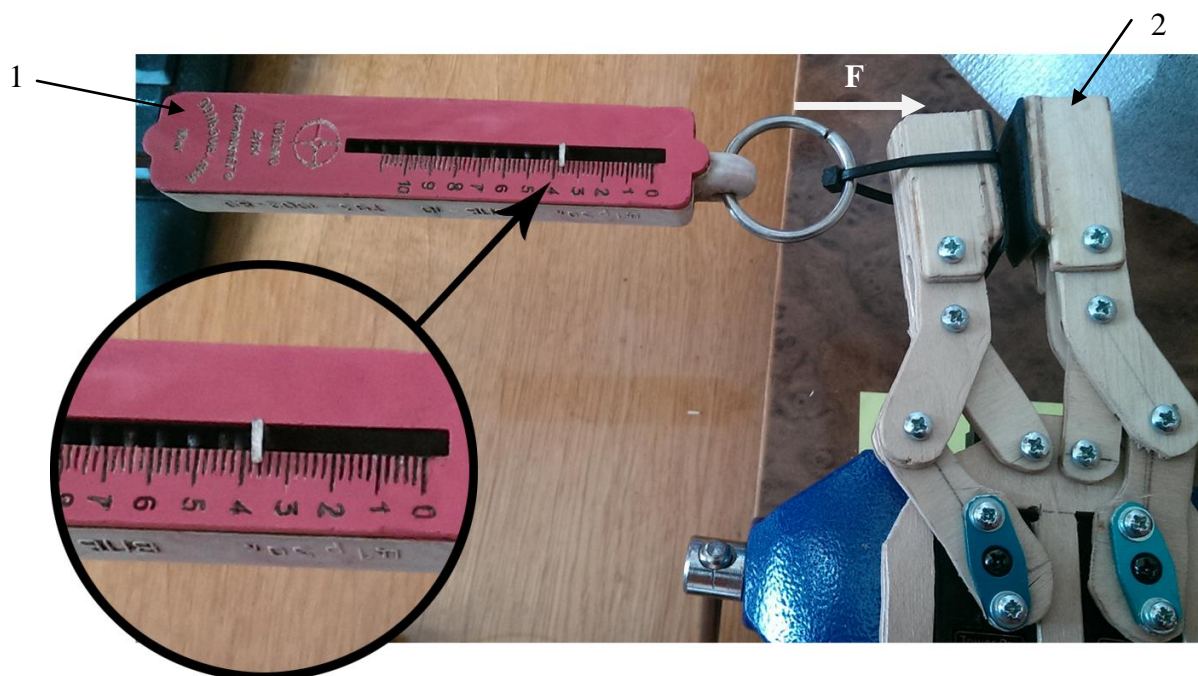
4.1 pav. Pagamintas griebtuvo prototipas

čia 1 – keičiamas antpirštis; 2 – griebtuvo pirštas; 3 – korpusas; 4 – guminis pagrindas sukibimui pagerinti; 5 – jėgos jutiklis; 6 – infraraudonųjų spindulių atstumo jutiklis; 7 – griebtuvo piršto kreipiančioji; 8 – griebtuvo piršto varančioji; 9 – servo pavara

Eksperimentinės dalies pagrindinis tikslas yra patikrinti kaip tarpusavyje sąveikauja jutikliai, kaip griebtuvo darbą įtakoja nepriklausomai vienas nuo kito valdomi pirštai ir kaip atlieka savo darbą keičiami antpirščiai.

#### 4.1. Suspaudimo jėgos eksperimentinis matavimas

Šio eksperimentinio bandymo metu bandoma išsiaiškinti pagaminto griebtuvo prototipo mechanines galimybes. Eksperimento metu Griebtuvo prototipas (4.2 pav. 2) įtvirtintas į spaustuvus, kad būtų užtikrintas jo stabilumas matavimo metu. Matavimui panaudotos mechaninės svarstyklės (4.2 pav. 1) veikiančios dinamometro pagrindu. Vienas svarstyklių galas pritvirtintas prie griebtuvo piršto darbinės dalies, kur paprastai būtų spaudžiamas perkeliamas objektas. Kitas svarstyklių galas įtvirtintas standžiai prie nejudančios platformos. Eksperimento metu valdiklio pagalba, griebtuvo pirštai spaudžiami artyn vienas kito ir fiksuojami svarstyklių duomenys (4.2 pav.).



**4.2 pav.** Griebtuvo suspaudimo jėgos matavimas

1 – mechaninis dinamometras; 2 – griebtuvas

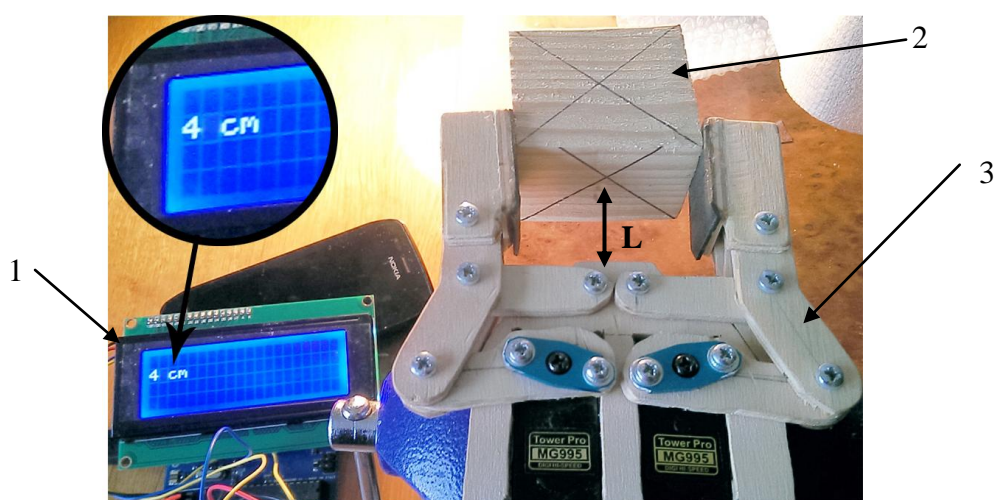
Bandymo rezultatai parodė kad iš faneros pagaminto griebtuvo prototipo suspaudimo jėga yra  $F \approx 3,8 \text{ kg} \approx 38 \text{ N} (\Delta \pm 1\text{N})$ .

Bandymo metu taip pat buvo stebima kaip elgiasi griebtuvo konstrukcija jį veikiant maksimalia naudojama servo variklių jėga. Atliekant bandymą pastebėta kad griebtuvo suspaudimo jėga yra truputį didesnė kaip pirštai yra visiškai išskleisti. Griebtuvo konstrukcija stabili, veikiant maksimaliai jėgai, pirštai išliko savo padėtyje (neišlinko). Labiausiai matomos griebtuvo

deformacijos buvo pavarų tvirtinimo vietose. Projektavimo metu reikėtų atkreipti papildomą dėmesį į grandžių sujungimus ir pavarų tvirtinimo vietas.

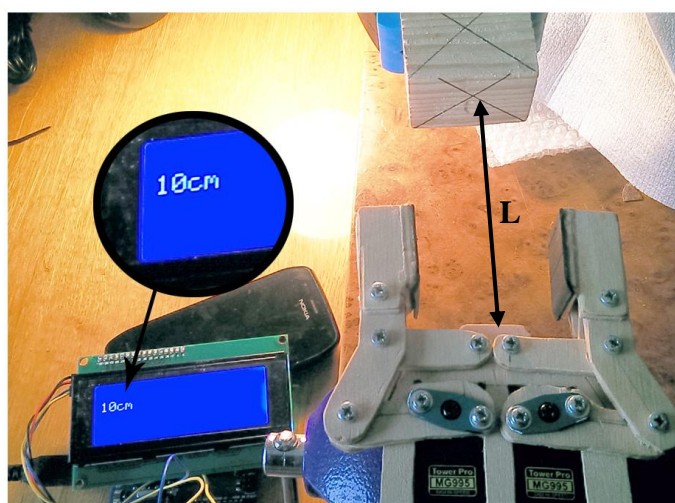
#### 4.2. Griebtuvo atstumo matavimo eksperimentinis matavimas

Šio eksperimento metu atliekami bandymai su ant griebtuvo pritvirtintu infraraudonųjų spindulių jutikliu (IR). Bandymo tikslas išsiaiškinti kaip jutiklis reaguoja į aplinkos veiksnius kai yra pritvirtintas prie griebtuvo korpuso. Bandymui atlikti buvo pasinaudota „arduino“ valdikliu su specialia parašyta programa (5 priedas), o matuojamam atstumui atvaizduoti naudojamas 20x5 LCD vaizduoklis.



4.3 pav. Griebtuvo suspaudimo jėgos matavimas

1 – LDC vaizduoklis; 2 – manipuluojamas objektas; 3 – griebtuvas;



4.4 pav. Griebtuvo suspaudimo jėgos matavimas

Bandymo metu buvo keičiamas atstumas tarp manipuluojamo objekto (4.3 pav. 2) ir „IR“ jutiklio, kuris buvo pritvirtintas ant griebtuvo (2.6 pav. 3). Jutiklio renkami duomenys buvo stebimi LCD vaizduoklyje. Bandymo metu taip pat tikrinama ar griebtuvo pirštai netrukdo atstumo jutikliui tinkamai pamatuoti atstumą iki objekto. Eksperimento rezultatai parodė, kad kaip ir jutiklių tyrimo metu, taip ir čia infraraudonųjų spindulių jutiklis atstumą matavo vienodai tiksliai. Esant objektui dalinai sugriebtam griebtuvo atstumas tarp objekto ir atstumo jutiklio buvo  $L = 4 \text{ cm}$  (4.3 pav.). Objektui esant griebtuvo pirštų sugriebimo ribų atstumas tarp jutiklio ir objekto buvo  $L = 10 \text{ cm}$  (4.4 pav.) Iš atlikto eksperimento matyti kad suprojektuoto griebtuvo atstumo jutiklis turėtų tinkamai pranešti apie objekto padėtį tarp griebtuvo pirštų ir toliau.

## IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Suprojektuotas dvipirštis manipulatoriaus griebtuvas, kurio atstumas tarp žiaunų yra 0–85 mm.;
2. Parinktas spaudimo jėgos jutiklis „FlexiForce A201-H“ [19], kurio maksimali suspaudimo jėga yra  $F_{\max} = 445\text{N}$ .;
3. Pagal suprojektuoto griebtuvo matmenis parinktas Sharp GP2Y0A41SK0F [20] atstumo jutiklis, kurio matavimo ribos yra 30 mm–300 mm.;
4. Griebtuvo skaičiavimai atlikti atsižvelgiant į FANUC M-10iA/12s manipulatoriaus parametrus:
  - a. Manipulatoriaus maksimalus ilgis – 1098 mm.
  - b. Manipulatoriaus maksimali keliamoji galia – 12 kg.
  - c. Maksimalus tolimiausios grandies greitis – 630°/s
5. Skaičiavimų rezultatai parodė, kad reikalinga griebtuvo suspaudimo jėga detalei perkelti yra  $F = 371,78\text{ N}$ .;
6. Parinktas servo variklis „Tonegawa Seiko SSPS-105 – UAV“ kurio didžiausias sukimo momentas  $T = 37,26\text{ Nm}$ , o masė  $m = 0,78\text{ kg}$ .;
7. Apskaičiuotas bendras griebtuvo svoris  $m \approx 2,43\text{ kg}$ ;
8. Pasiūlyta griebtuvo valdymo schema, parinkti valdymo komponentai ir sudarytas valdymo algoritmas;
9. Pagamintas veikiantis griebtuvo prototipas, sudaryta valdymo programa ir atlikti eksperimentiniai bandymai;
10. Tolimesniam griebtuvo tobulinimui rekomenduojama išplėsti valdymo galimybes iki spalvų, vaizdo atpažinimo, peržvelgti pavaras, ieškoti pigesnių ir lengvesnių alternatyvų, siekiant palengvinti ir atpiginti suprojektuotą griebtuvą.



## LITERATŪRA

1. Samuel Bouchard // How to chose the right robotic gripper for your application, 2014 – <http://blog.robotiq.com/bid/33127/How-To-Choose-The-Right-Robotic-Gripper-For-Your-Application> (2015-05-31)
2. Nabil Michael Rizk, Mark DeLouis // Quick-change finger for robotic gripper, 2013. – US 8,382,177 B2;
3. Servo motor gripper – <http://www.imagesco.com/servo/servo-gripper.html> (2015-05-31);
4. Michael Mettler, Dylan Dyke, Monty Bulzomi, Kevin Landsverk, Jeremiah Neubert // Gripper attachment for robot, 2012. – US 2012/0286533 A1;
5. Loran J. Wilkinson, Matthew D. Summer, John B. Rust, Paul M. Bosscher // High-force robotic gripper, 2013. – US 2013/0033053 A1;
6. Karl-Heinz Wurst. Articulated drive, more particulary for industrial robots // FISW Forschungs und Ingenieurgesellschaft fur Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen GmbH, 1987.- 4651591;
7. Matthew D. Summer, Paul M. Bosscher, Loran J. Wilkinson // Robotic grasping device with multi-force sensing at base of fingers, 2013. – US 8,504,205 B2;
8. Matthew D. Summer, Paul M. Bosscher, Loran J. Wilkinson, John B. Rust // High-Force robotic gripper, 2013. – US 8,534,729 B2;
9. Louis-Alexis Allen Demers, Simon Lefrancois, Jean-Philippe Jobin // Gripper haing a two degree of freedom underacuated mechanical finger for encompassing and pinch grasping, 2014. – US 2014/0265401 A1;
10. Fantoni, Gualtiero ; Santochi, Marco ; Dini, Gino ; Tracht, Kirsten ; Scholz-Reiter, Bernd ; Fleischer, Juergen ; Kristoffer Lien, Terje ; Seliger, Guenther ; Reinhart, Gunther ; Franke, Joerg ; Nørgaard Hansen, Hans ; Verl, Alexander CIRP Annals // Manufacturing Technology, 2014, Vol.63(2), pp.679-701 p.
11. Dalibor Petković, Nenad D. Pavlović, Shahaboddin Shamshirband, Nor Badrul Anuar // Industrial Robot: An International Journal, 2013, Vol.40(6), p.610-623
12. Bakšys B., Fedaravičius A. // Robotų technika. Kaunas: Technologija, 2004.- 493 p.
13. Peter J. Blau // Friction Science and Technology: From Concepts to Applications: CRC Press Inc., 2008.-432 p.
14. „Fanuc“ inustrial robots range overview – <http://www.fanuc.eu/de/en/robots/robot-range-page> (2015-05-31)



15. Bird John. // Engineering mathematics 6th ed. Asterdam: Newnes, 2010.596 p.
16. Е. И Воробьев, А. В. Бабичб К. П. Жуков, А. Полов, Ю. И. Семин, Механика промышленных роботов 3: Основы конструирования. Москва: Высшая школа, 1989,- 383р.
17. Ultrasonic range finder – <https://www.sparkfun.com/products/639> (2015-05-31);
18. Infrared proximity sensor shrt range – <http://www.karlssonrobotics.com/cart/infrared-proximity-sensor-short-range-sharp-gp2d120xj00f/> (2015-05-31);
19. FlexiForce A201 Sensor – <https://www.tekscan.com/products-solutions/force-sensors/a201> (2015-05-31)
20. Infrared proximity sensor short range Sharp GP2Y0A41SK0F – <https://www.sparkfun.com/products/12728> (2015-05-31)
21. Ulrich Fischer, Max Heinzler, Frriedrich Naher, Heinz Paetzold, Roland Gomeringer, Roland Kilgus, Stefan Oesterle, Andreas Stephan // Mechanical and Metal Trades Handbook, 3rd edition: Verlag Europa-Lehrmittel, 2012,-444 p.
22. Servo motors internet database – <http://www.servodatabase.com/servo/tonegawa-seiko/ssps-105> (2015-05-31)
23. Atsargos koeficientų skirtumai ir dydžiai skirtingose taikymo srityse - [http://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d\\_1624.html](http://www.engineeringtoolbox.com/factors-safety-fos-d_1624.html) (2015-05-31)

## **PRIEDAI**

## 1 Priedas. Programuojamo loginio valdiklio programa griebtuvo valdymui mygtukais

```
//Itraukiama servo pavaru komandu biblioteka
#include <Servo.h>
Servo servo_01; // servo variklio aprasymas
//Mygtuku jungtys
const int button_pin1 = 3;
const int button_pin2 = 5;
const int button_safe1 =2;
const int button_safe2 =4;
//Pradiniai mygtuku nustatymai
int buttonState1 = 0;
int buttonState2 = 0;
int buttonState3 = 0;
int buttonState4 = 0;
//Servo padetis paleidus valdikli
int x=100;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  servo_01.attach(9); //Servo pavaros jungtis 9
  pinMode(button_pin1, INPUT);
  pinMode(button_pin2, INPUT); //BUTTON
}
void loop()
{
  //Mygtuku aprasymas prieš tikrinima
  buttonState1 = digitalRead(button_pin1);
  buttonState2 = digitalRead(button_pin2);
  buttonState3 = digitalRead(button_safe1);
  buttonState4 = digitalRead(button_safe2);
  //Mygtuku nuspaudimo ir galines padeties jutikliu tikrinimas
  if (buttonState1 == HIGH && buttonState2 == LOW && buttonState3 == LOW && x <= 180)
    {x=x+4; } // {x += 4; }
  if (buttonState2 == HIGH && buttonState1 == LOW && buttonState4 == LOW && x >= 1)
    {x=x-4; } // {x -= 4; }
  //Servo pavaros signalo siuntimas
  servo_01.write(x);
  //Servo pavaros padeties tekstinis atvaizdavimas
  Serial.print("Dydis: ");
  Serial.println(x);
  //Ciklo atlikimo greitis (milisekundemis)
  delay(15);
}
```

## 2 Priedas. Programuojamo loginio valdiklio programa ultragarsiniui atstumo matuoklio tyrimui

```
#define echoPin 7
#define trigPin 8

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  //Calculate distance (in cm) based on speed of sound.
  distance = duration/58.2;
  if (distance >= 200 || distance <= 0)
  {
    Serial.println("Out of range");
  }
  else {
    Serial.print("Atstumas: ");
    Serial.print(distance);
    Serial.println(" cm");
  }
  delay(300);
}
```

## 3 Priedas. Programuojamo loginio valdiklio programa IR atstumo matuoklio tyrimui

```
#define infra_pin 2
//int infra_pin=2;
int infra_i;
int infra_val;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(infra_pin,OUTPUT);
}

void loop() {
  infra_i=analogRead(infra_pin);
  infra_val=2400/(infra_i-20); // Range is 4cm-12cm
  Serial.print("    Atstumas: ");
  Serial.print(infra_val);
  Serial.println(" cm");
  delay(300);
}
```

#### 4 Priedas. Programuojamo loginio valdiklio programa slėgio jutiklio tyrimui

```
int fsrAnalogPin = 0;
int fsrReading;

void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
}

void loop(void) {
  fsrReading = analogRead(fsrAnalogPin);
  Serial.print("Analog reading = ");
  Serial.println(fsrReading);
  delay(100);
}
```

#### 5 Priedas. Griebtuvo atstumo matavimo eksperimentinio bandymo programa

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#define infra_pin 2
//int infra_pin=2;
int infra_i;
int infra_val;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();

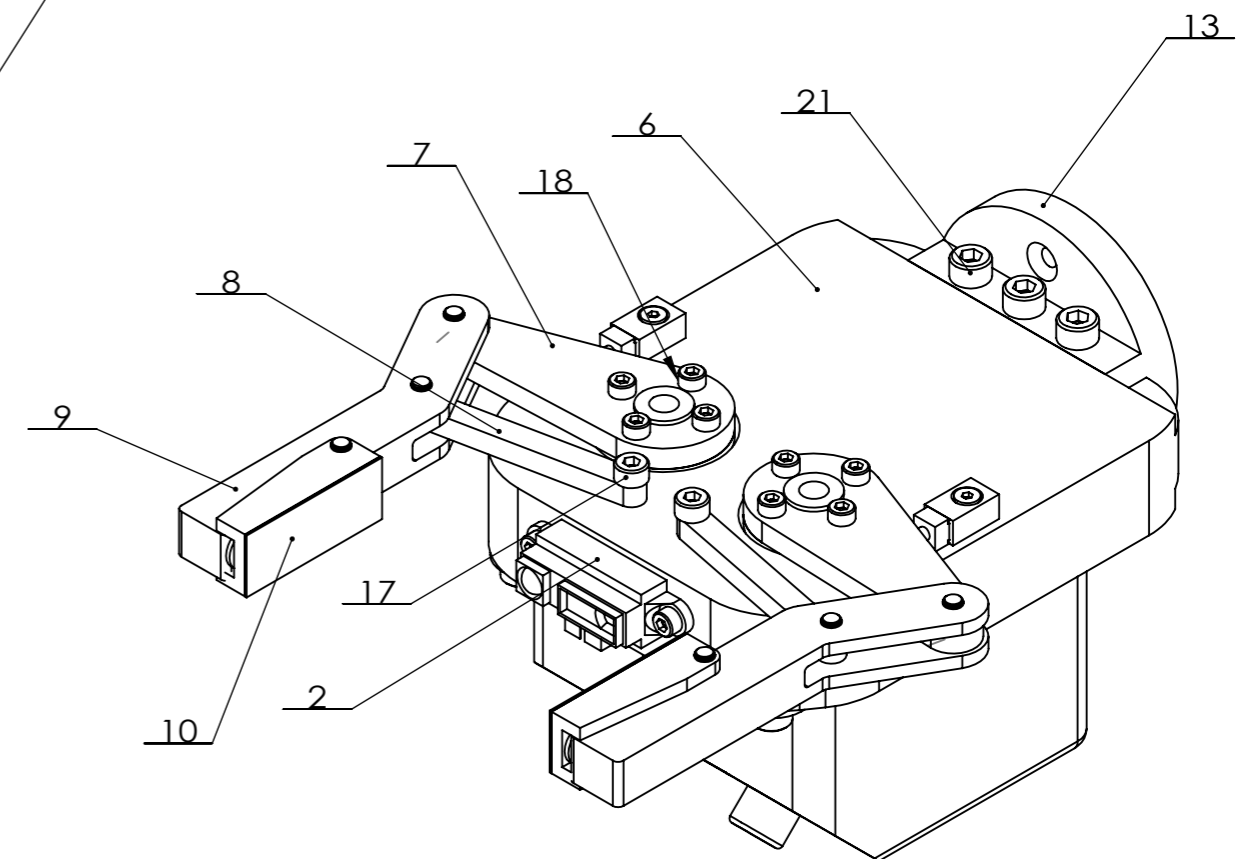
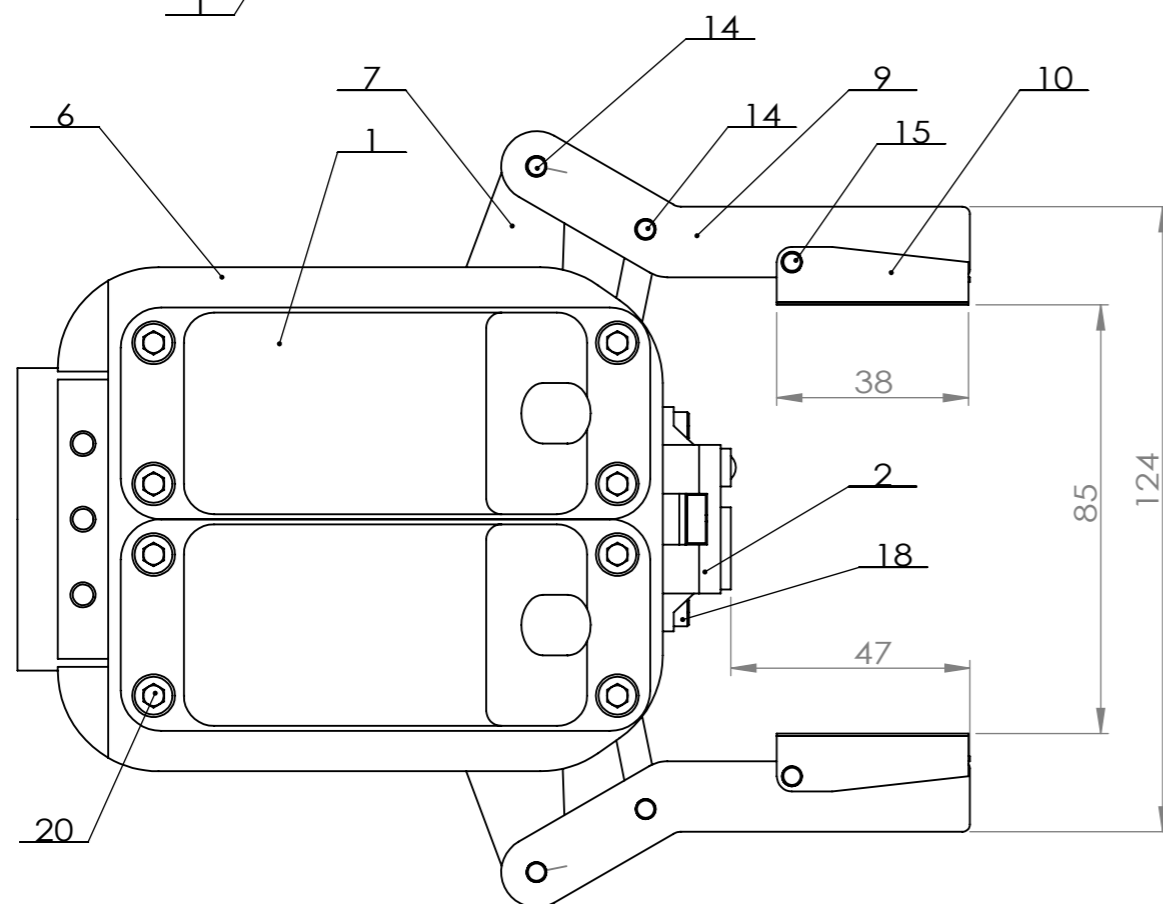
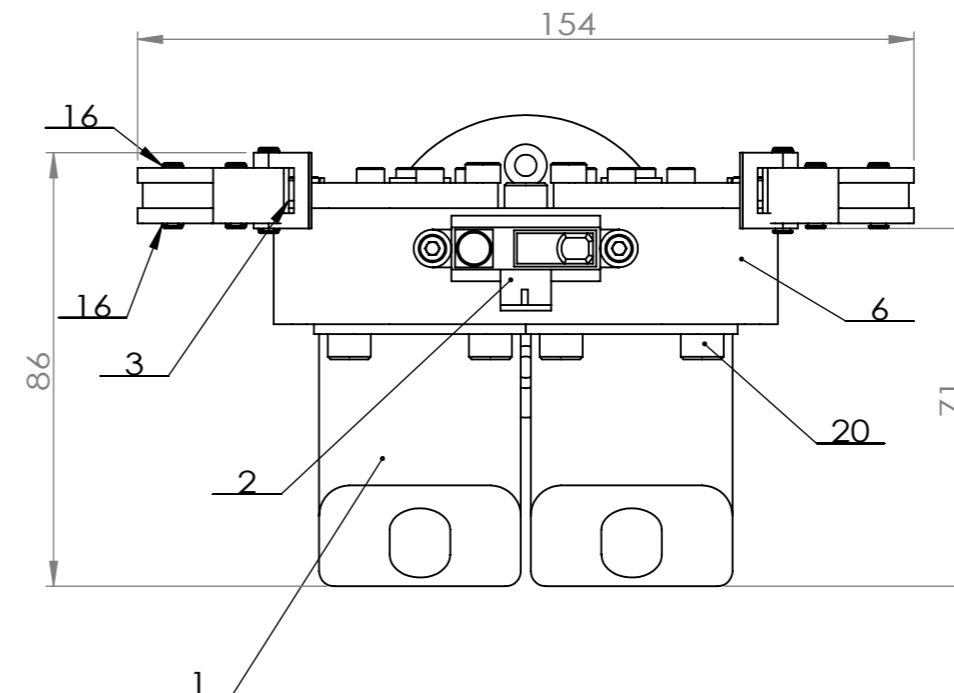
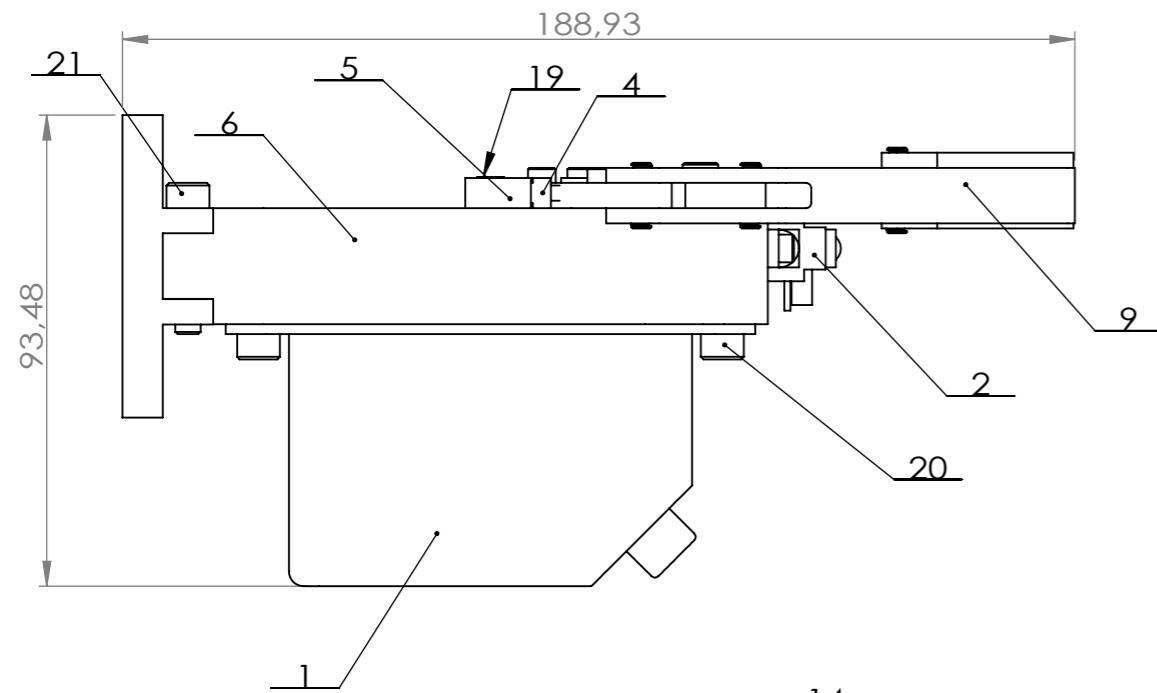
  Serial.begin(9600);
  pinMode(infra_pin,OUTPUT);
}

void loop() {
  infra_i=analogRead(infra_pin);
  infra_val=2400/(infra_i-20); // Range is 4cm-12cm
  Serial.print("  Atstumas: ");
  Serial.print(infra_val);
  Serial.println(" cm");

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(infra_val);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("cm");
  delay(300);
}
```

## **6 Priedas. Suprojektuoto griebtuvo brėžiniai**

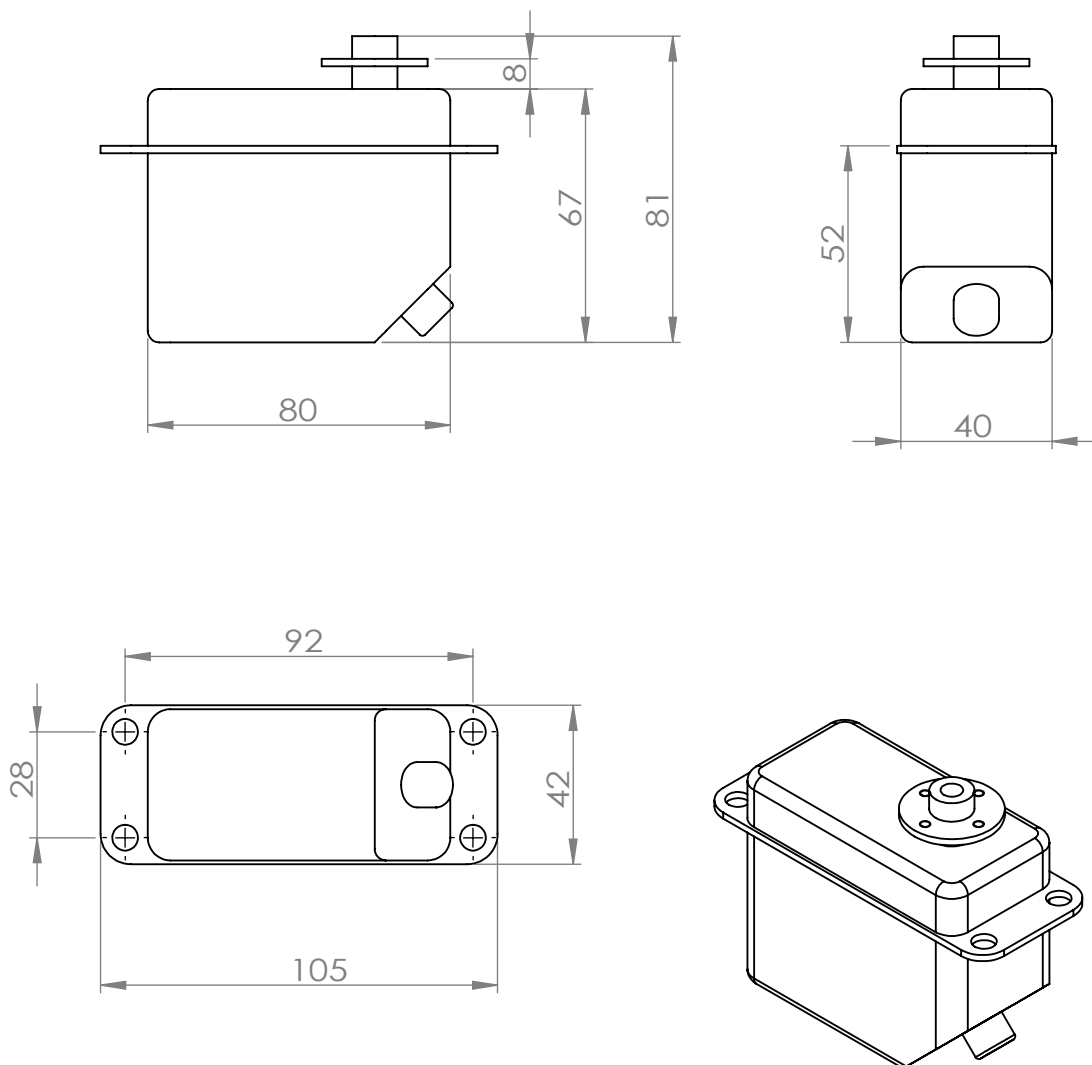
POZICIJA	PAVADINIMAS	ATPAŽINIMO NUMERIS	SKAIČIUS	PASTABA
	<u>Dokumentacija</u>			
	Surinkimo brėžinys	PR-00.00.000SB		A3
	<u>Junginiai</u>			
1	Servo pavara	PR-00.01.000	2	A4
2	IR atstumo jutiklis	PR-00.02.000	1	
3	Suspaudimo jėgos jutiklis	PR-00.03.000	2	
4	Galinės padėties jutiklis	PR-00.04.000	2	
5	Galinės padėties jutiklio jungtis	PR-00.05.000	2	
	<u>Detalės</u>			
6	Korpusas	PR-00.00.006	1	A3
7	Varančioji grandis	PR-00.00.007	2	A4
8	Kreipiančioji grandis	PR-00.00.008	2	A4
9	Griebtuvo pirštas	PR-00.00.009	2	A4
10	Antpirštis v1	PR-00.00.010	2	A4
11	Antpirštis v2	PR-00.00.011	2	A4
12	Antpirštis v3	PR-00.00.012	2	A4
13	Tvirtinimo grandis	PR-00.00.013	1	A4
	<u>Tvirtinimo detalės</u>			
14	Fiksavimo kaištis 11 mm.	PR-00.14.000	4	
15	Fiksavimo kaištis 15 mm.	PR-00.15.000	2	
16	C išorinis žiedas 3mm	PR-00.16.000	12	
17	Varžtas M4 x 10 HEX	PR-00.17.000	2	
18	Varžtas M3 x 6 HEX	PR-00.18.000	2	
19	Varžtas M3 x 8 FCHS	PR-00.19.000	2	
20	Varžtas M5 x 8 HEX	PR-00.20.000	8	
21	Varžtas M5 x 25 HEX	PR-00.21.000	3	
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Specifikacija</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė Paulius Lukauskas	Antraštė <b>Pramoninis robotas</b>	Žymuo <b>PR-00.00.000</b>	
	Tvirtino		Laida A	Data 2015-05-30
			Kalba lt.	Lapas 1/1



*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

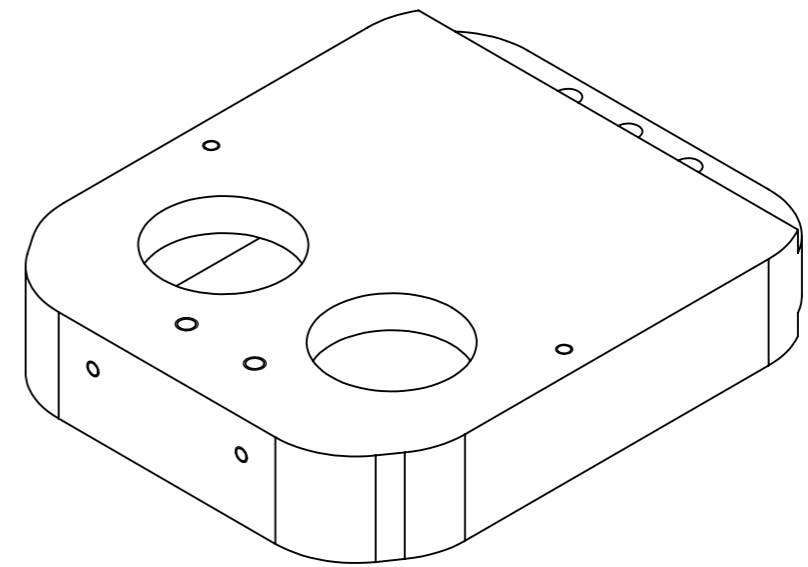
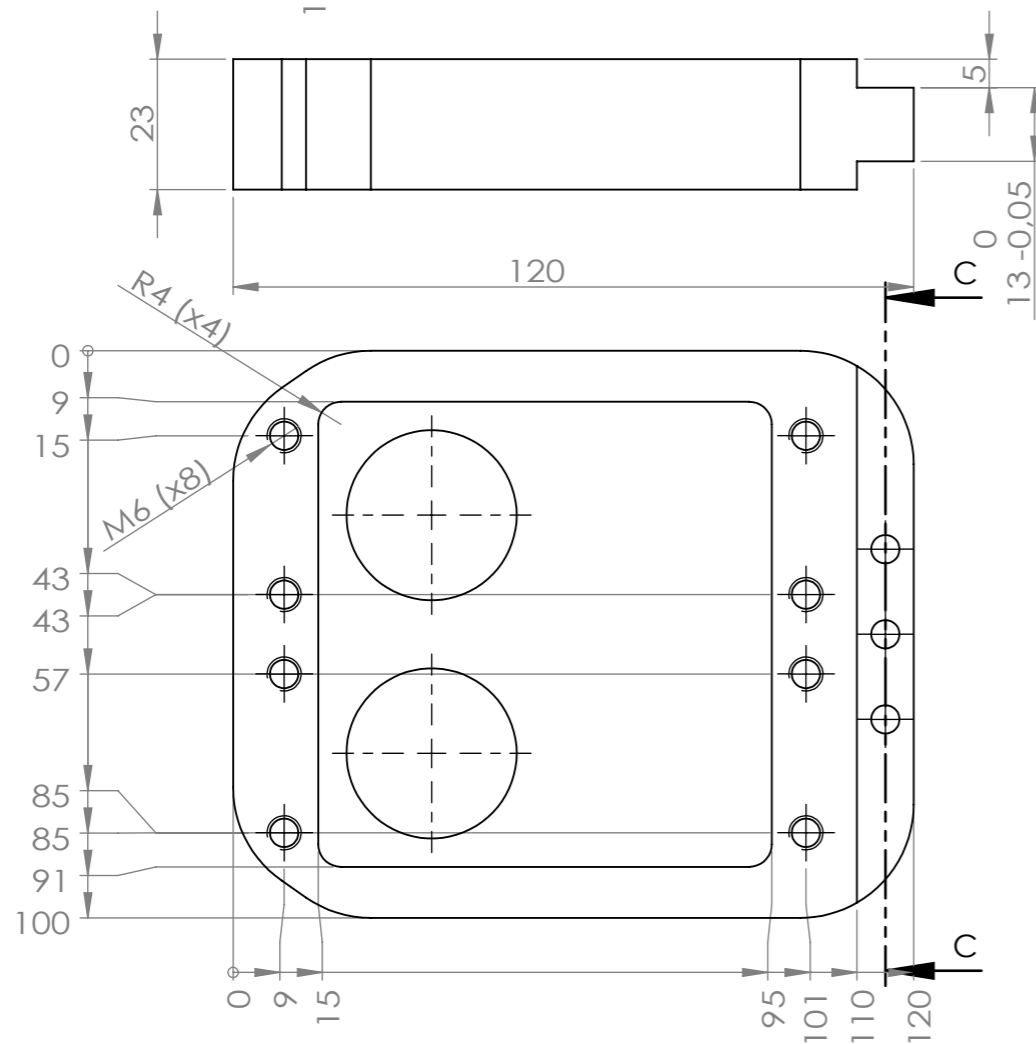
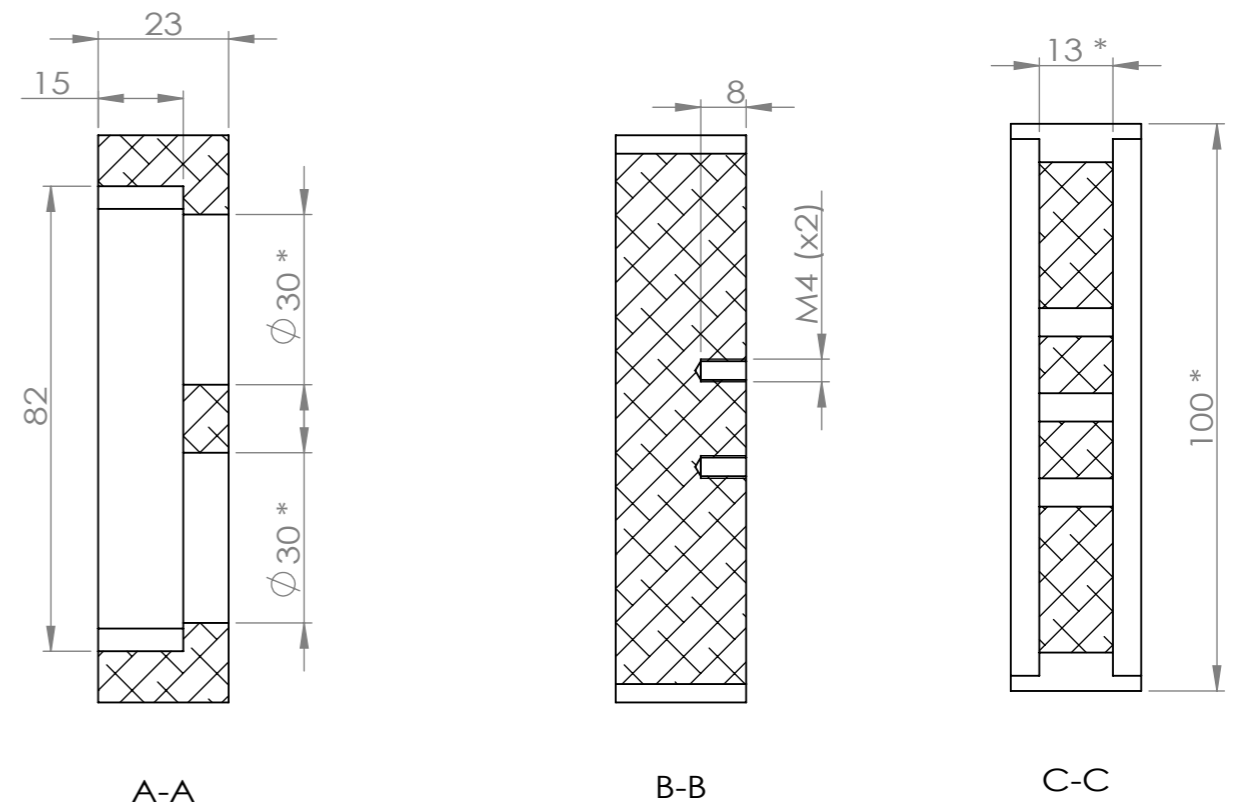
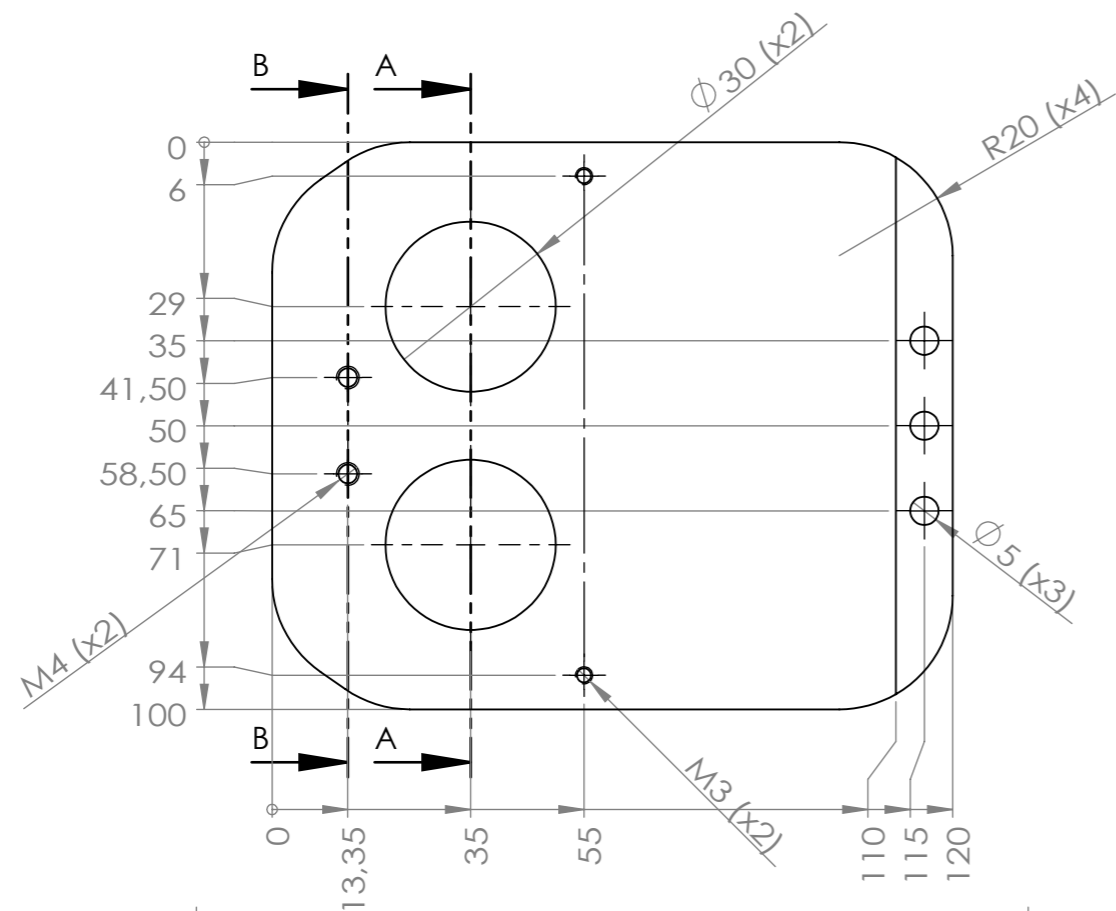
	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis <b>M 2:3</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Surinkimo brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Griebtuvas</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.000SB</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.05.31</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>





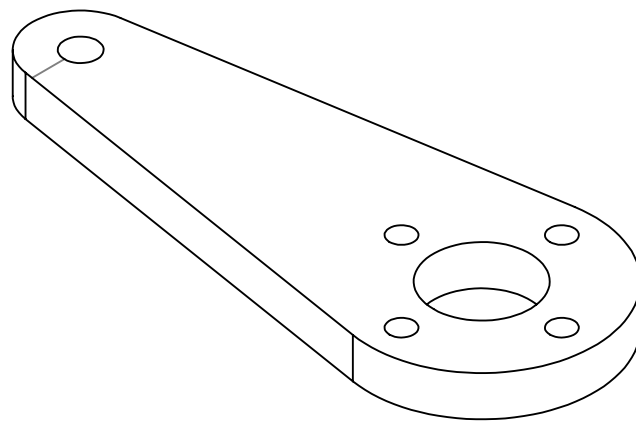
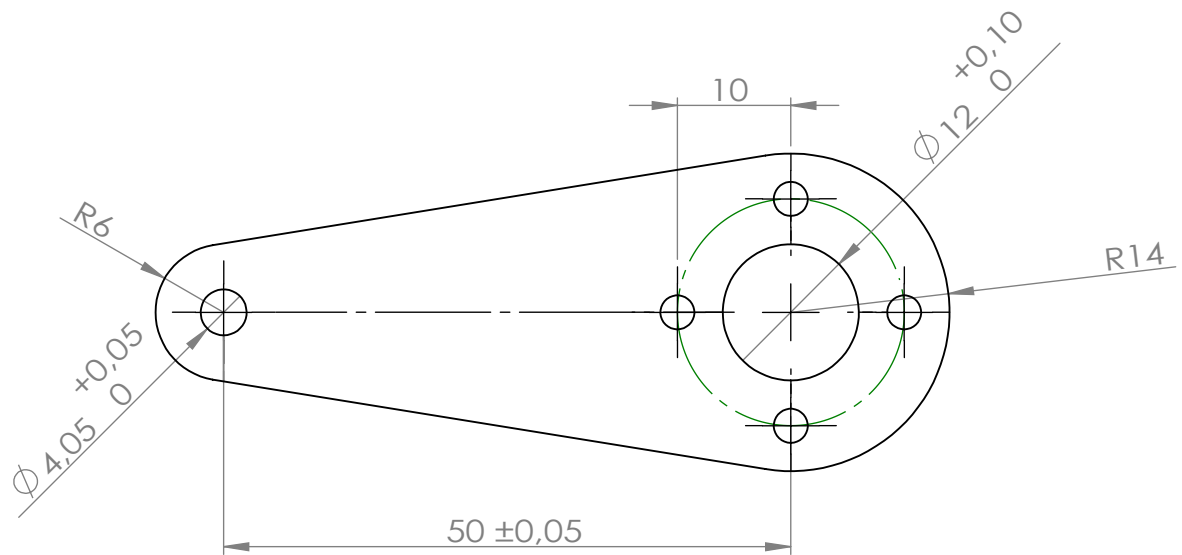
*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga	Mastelis <b>M 1:2</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Mechanizmo brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Servo pavara</b>	Žymuo <b>PR-00.00.01.000</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.05.31</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>



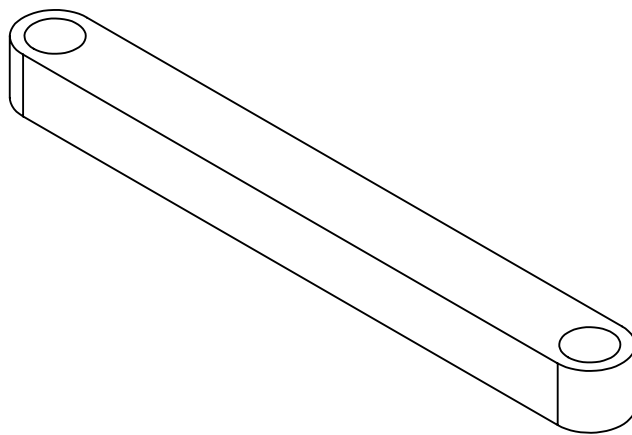
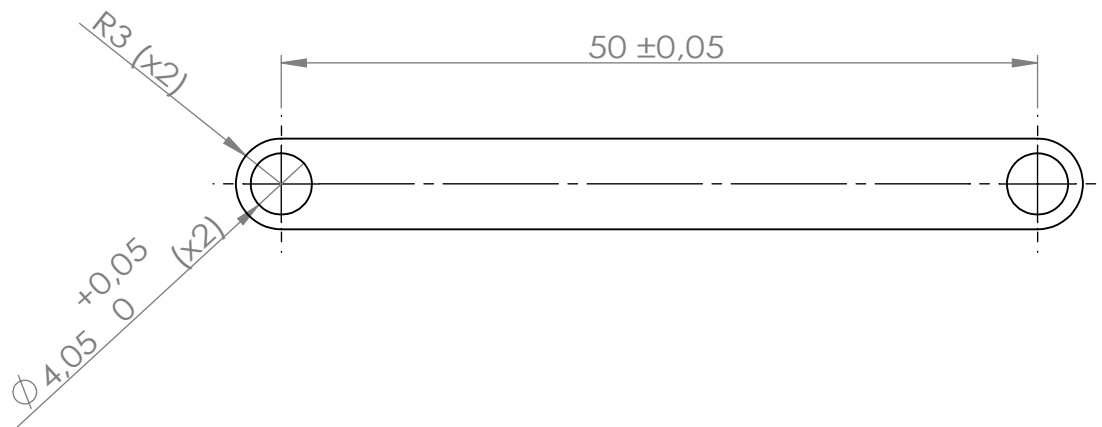
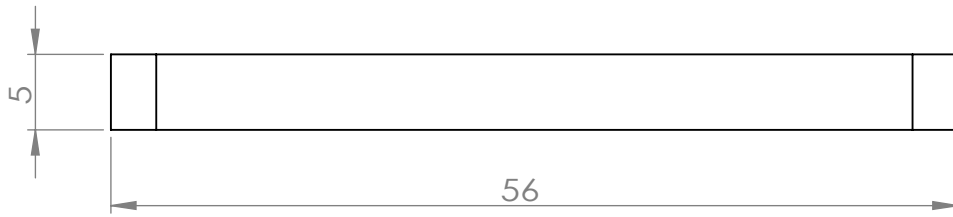
Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK

		Byla, laikmena		Papildoma informacija		Medžiaga 1060 Alloy		Mastelis M 3:4	
Atsakinga žinyba IPK		Vadovas		Dokumento tipas Detalės brėžinys		Dokumento statusas Mokomasis			
Savininkas KTU		Rengė Paulius Lukauskas		Antraštė Griebtuvo korpusas		Žymuo PR-00.00.00.006			
		Tvirtino				Laida A		Data 2015.05.31	
						Kalba lt.		Lapas 1/1	



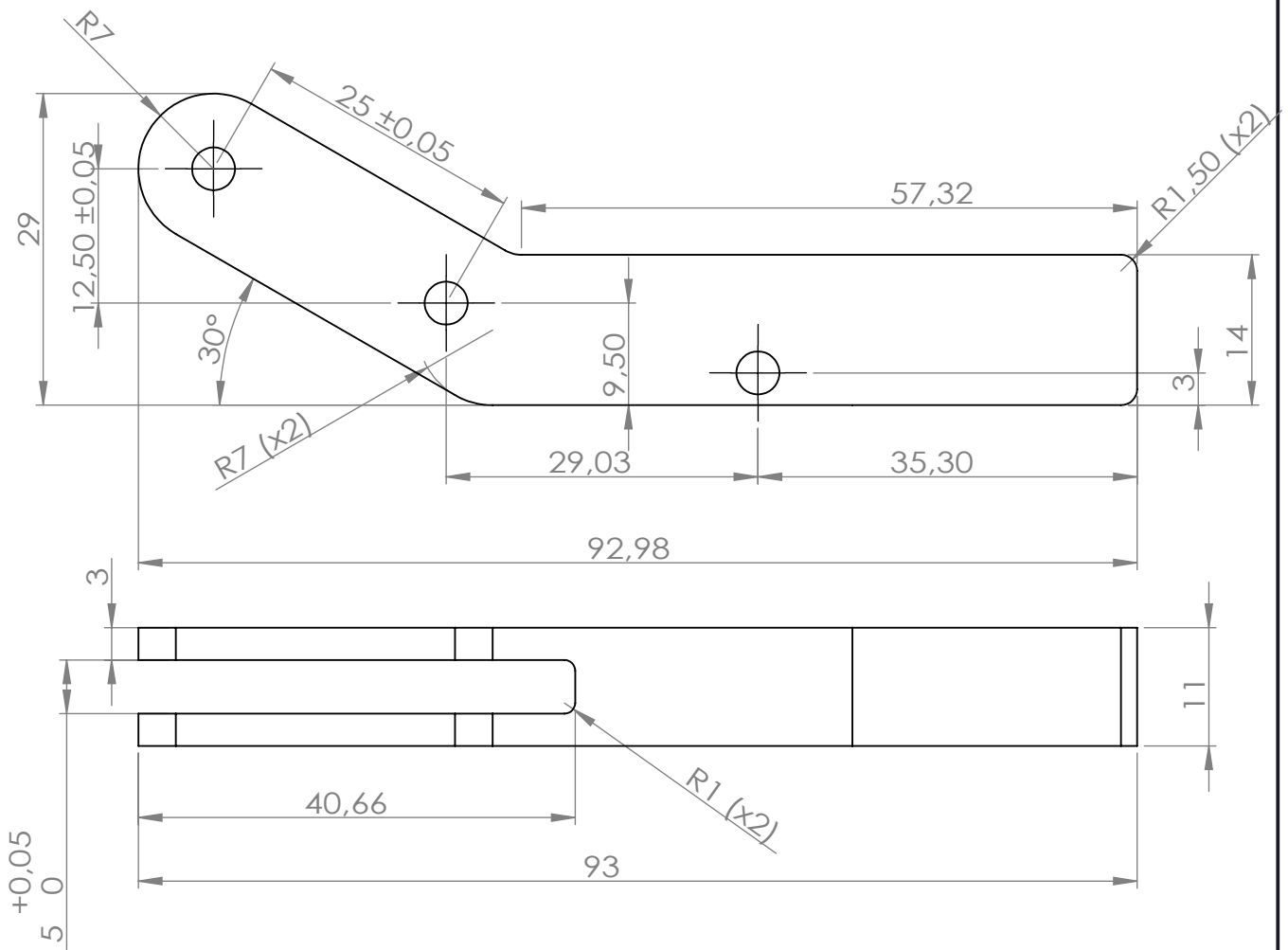
*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga 1.2083 (X40Cr14)	Mastelis M 3:2
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Detalės brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Varančioji grandis</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.007</b>	
	Tvirtino		Laida A	Data 2015.05.31
				Lapas <b>1/1</b>



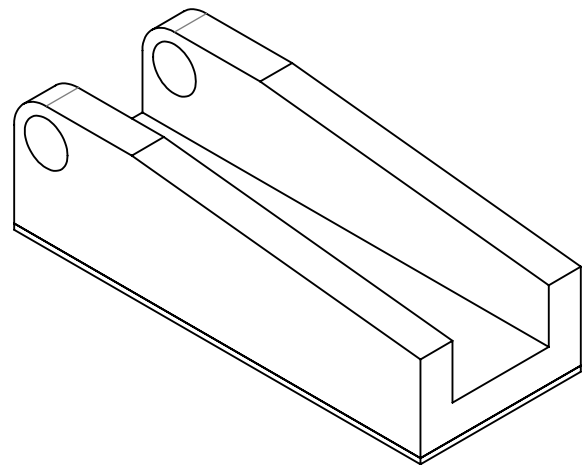
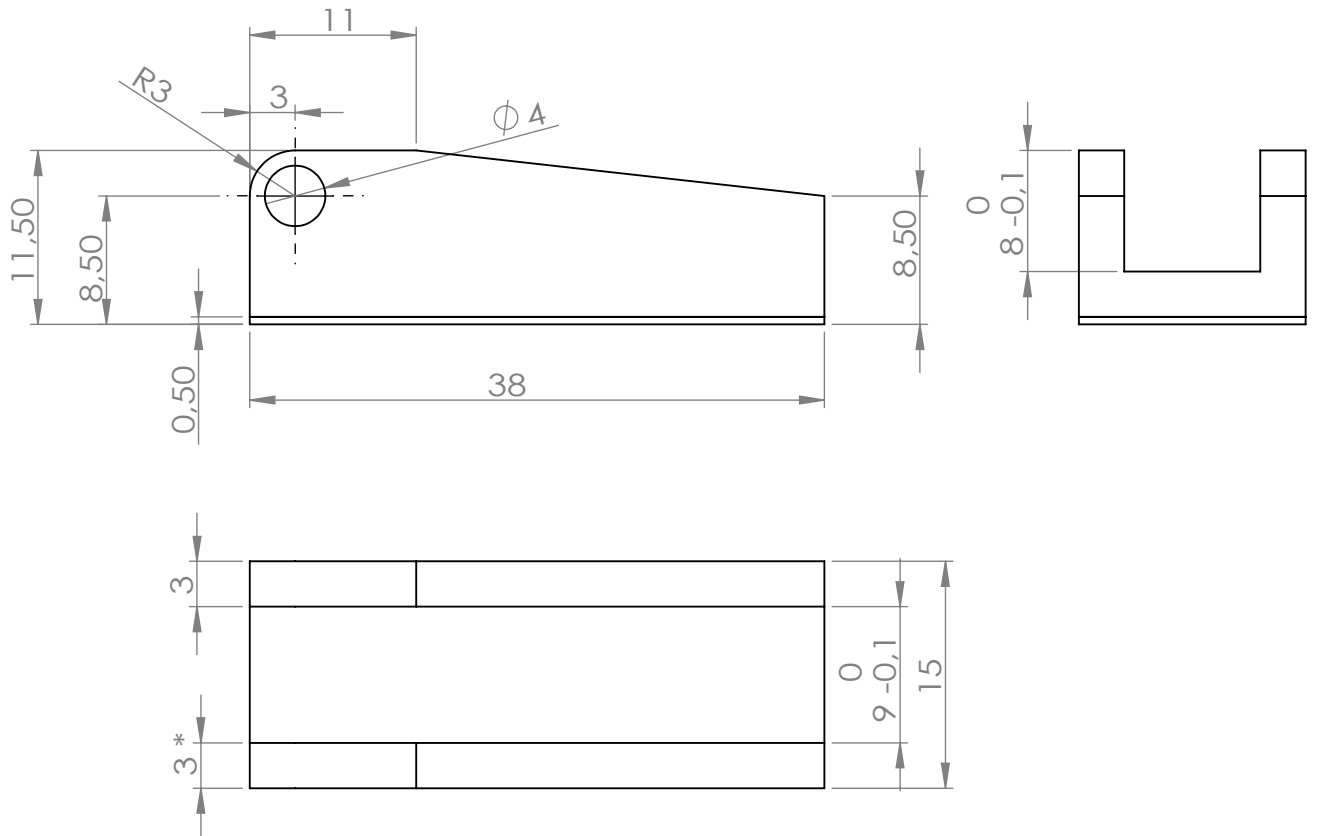
*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <i>AISI 304</i>	Mastelis <i>M 2:1</i>
Atsakinga žinyba <i>IPK</i>	Vadovas	Dokumento tipas <i>Detalės brėžinys</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>Paulius Lukauskas</i>	Antraštė <i>Kreipiančioji grandis</i>	Žymuo <i>PR-00.00.00.008</i>	
	Tvirtino		Laida <i>A</i>	Data <i>2015.05.31</i>
				Lapas <i>1/1</i>



*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

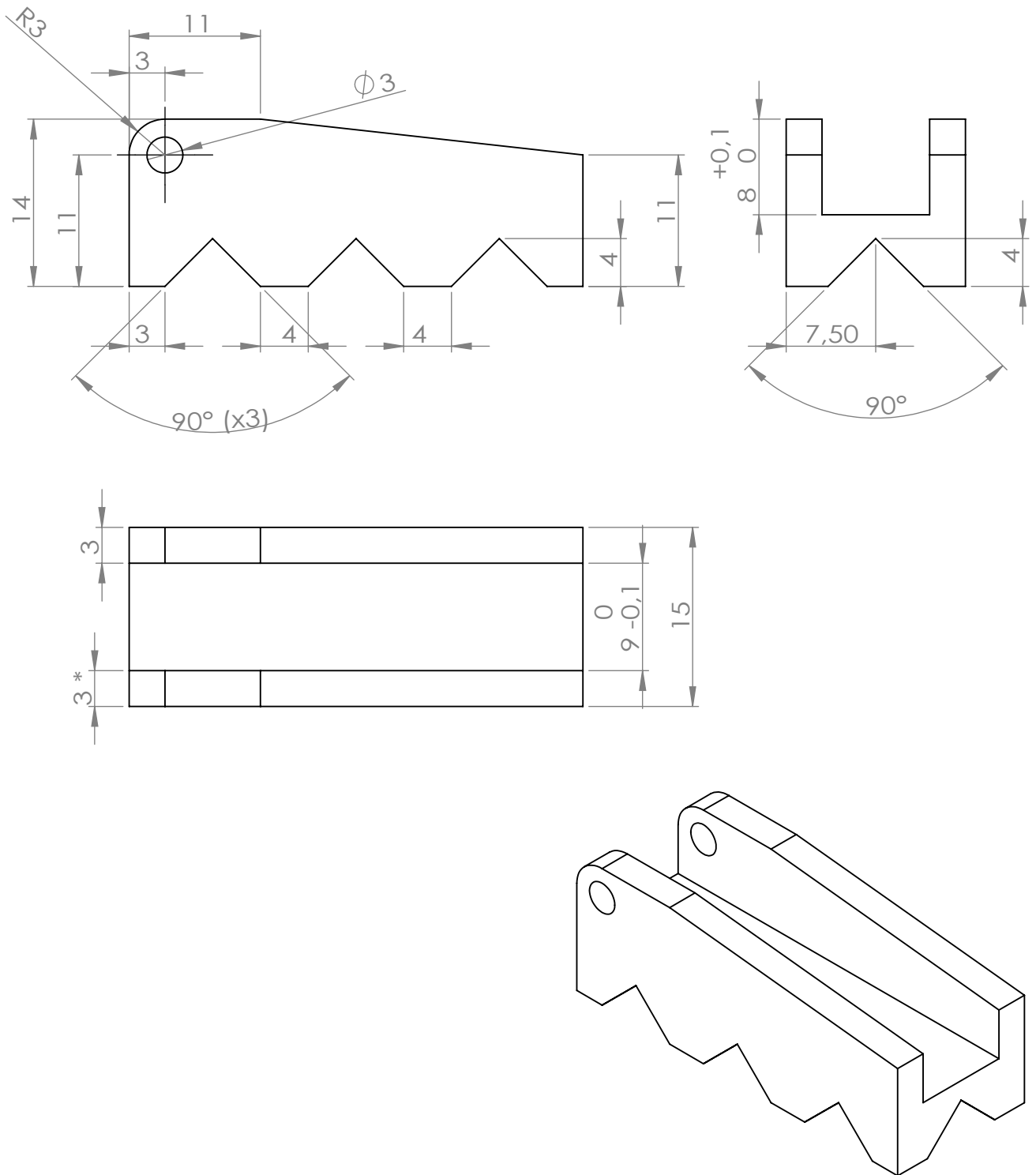
	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <b>AISI 304</b>	Mastelis <b>M 3:2</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Detalės brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Griebtuvo pirštas</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.009</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.05.31</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>



*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

\* -Informaciniai matmenys

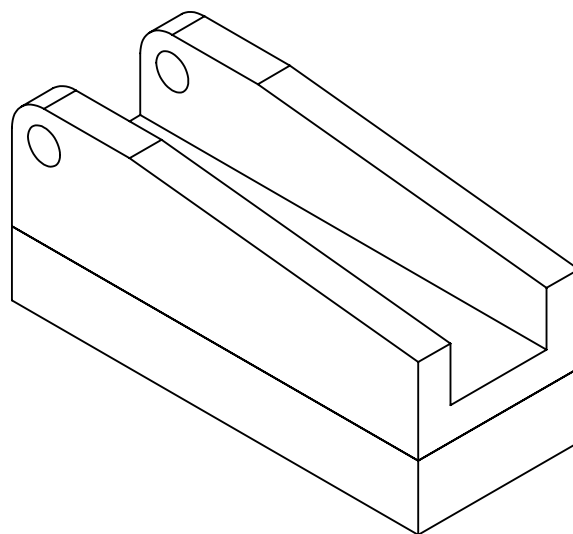
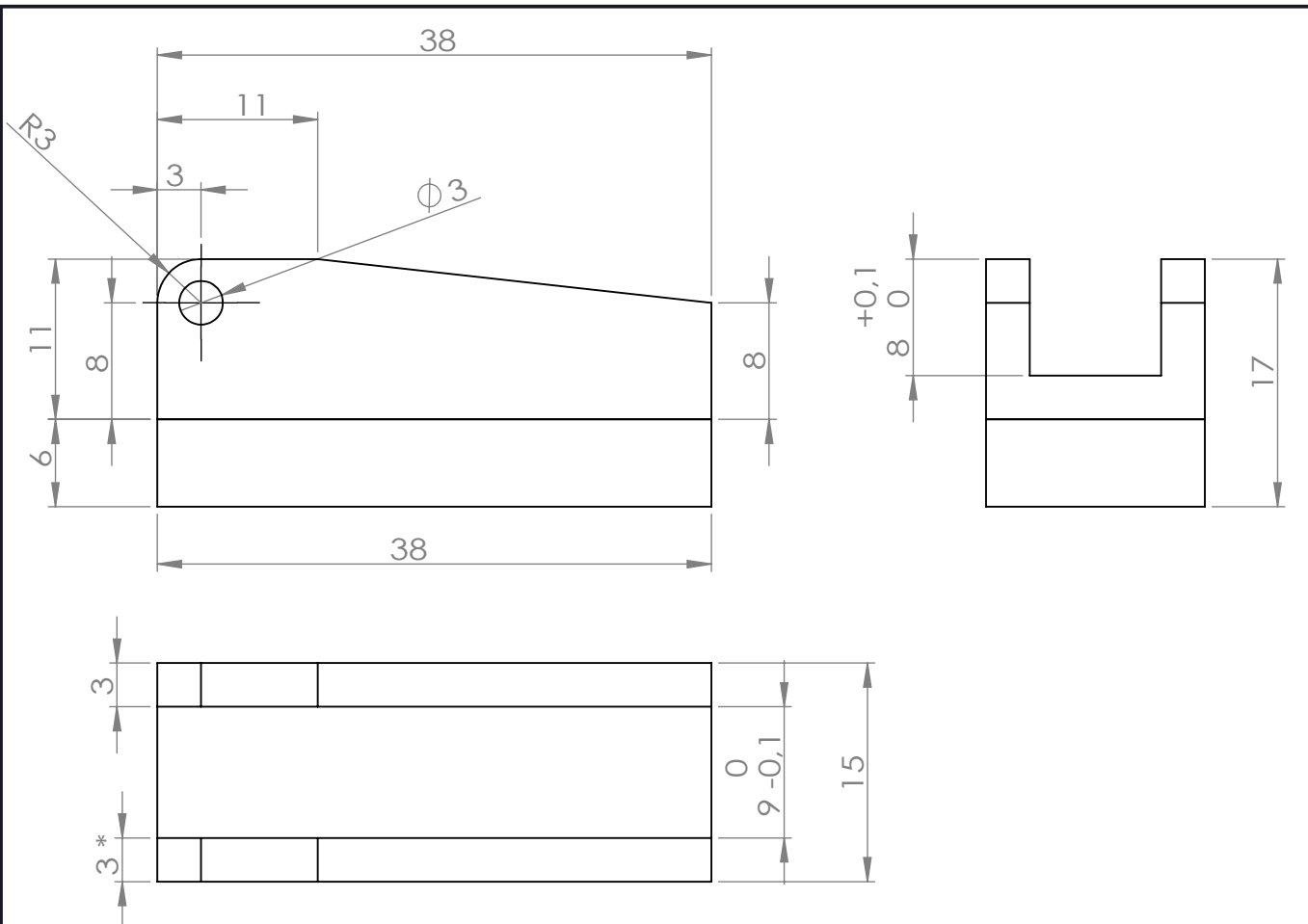
	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <b>POM</b>	Mastelis <b>M 2:1</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Detalės brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Antpirštis V1</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.010</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.06.01</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>



*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

\* - Informaciniai matmenys

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <b>POM</b>	Mastelis <b>M 2:1</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Detalės brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Antpirštis V2</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.011</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.06.01</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>

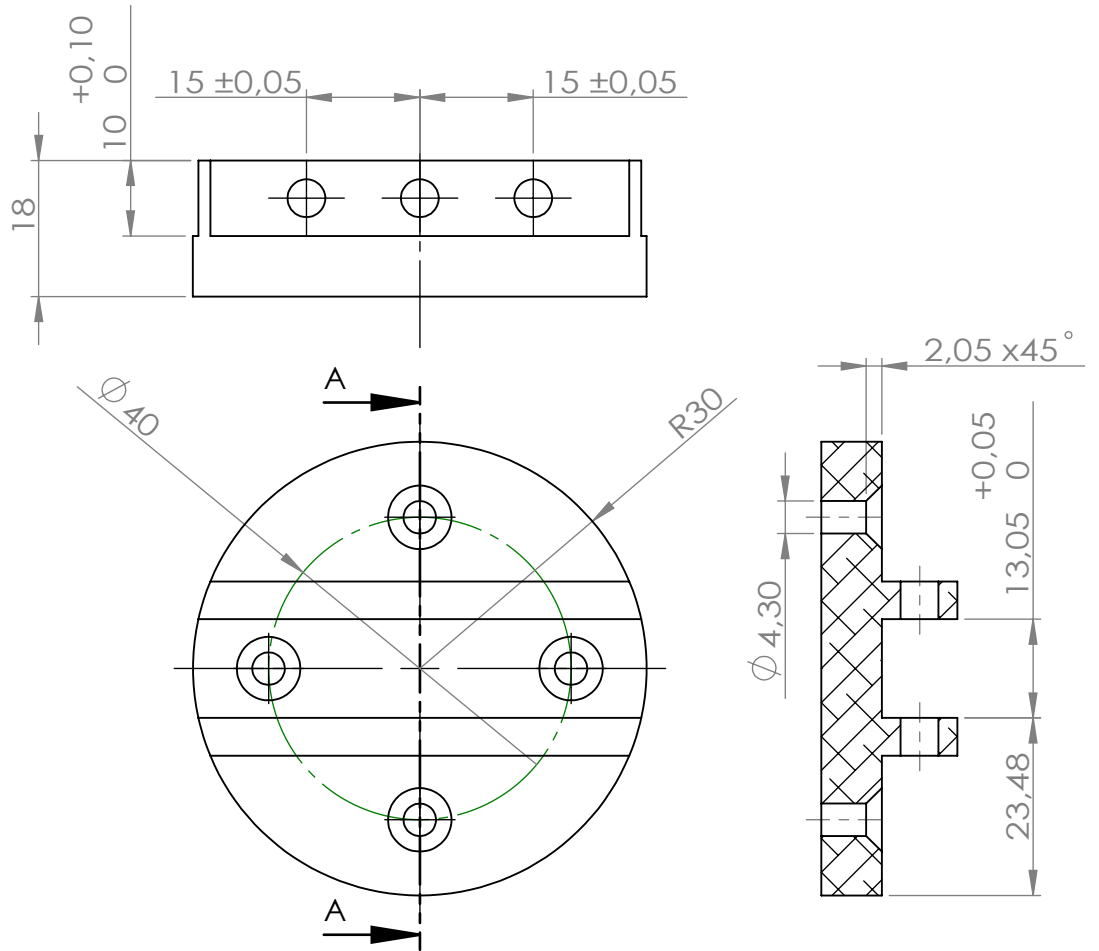


*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

\* - Informaciniai matmenys

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <b>POM</b>	Mastelis <b>M 2:1</b>
Atsakinga žinyba <b>IPK</b>	Vadovas	Dokumento tipas <b>Detalės brėžinys</b>	Dokumento statusas <b>Mokomasis</b>	
Savininkas <b>KTU</b>	Rengė <b>Paulius Lukauskas</b>	Antraštė <b>Antpirštis V3</b>	Žymuo <b>PR-00.00.00.012</b>	
	Tvirtino		Laida <b>A</b>	Data <b>2015.06.01</b>
			Kalba <b>lt.</b>	Lapas <b>1/1</b>





SECTION A-A

*Nenurodytos matmenų, padėties ir formos nuokrypos pagal LST EN 22768-mK*

	Byla, laikmena	Papildoma informacija	Medžiaga <i>1060 Alloy</i>	Mastelis <i>M 1:1</i>
Atsakinga žinyba <i>IPK</i>	Vadovas	Dokumento tipas <i>Detalės brėžinys</i>	Dokumento statusas <i>Mokomasis</i>	
Savininkas <i>KTU</i>	Rengė <i>Paulius Lukauskas</i>	Antraštė <i>Tvirtinimo grandis</i>	Žymuo <i>PR-00.00.00.013</i>	
	Tvirtino		Laida <i>A</i>	Data <i>2015.05.31</i>
			Lapas <i>1/1</i>	