

Šolski center Celje  
Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

# **KONSTRUIRANJE IN IZDELAVA NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV**

Raziskovalna naloga

Avtorji:

Rok Kovše, M-4. c

Jure Rovan, M-4. c

Anže Rožič, M-4. c

Mentorji:

mag. Matej Veber, univ. dipl. inž.

mag. Andro Glannik, univ. dipl. inž.

Aleš Ferlež, dipl. inž. str. (UN)

Mestna občina Celje, Mladi za Celje  
Celje, marec 2018

## **IZJAVA**

Mentorji Aleš Ferlež, Andro Glamnik in Matej Veber v skladu z 2. in 17. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje zagotavljamo, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Konstruiranje in izdelava naprave za obdelavo robov, katere avtorji so Rok Kovše, Jure Rovan in Anže Rožič:

- besedilo v tiskani in elektronski obliku istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljeni literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno naložo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno naložo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, \_\_\_\_\_

žig šole

Podpis mentorjev:

Podpis odgovorne osebe

## **DOVOLJENJE ZA OBJAVO AVTORSKE FOTOGRAFIJE V RAZISKOVALNI NALOGI**

Podpisani Jure Rovan, Rok Kovše, Anže Rožič izjavljamo, da smo avtorji fotografskega gradiva, navedenega v priloženem seznamu in dovoljujemo v skladu z 2. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, da se lahko uporabi pri pripravi raziskovalne naloge pod mentorstvom Aleša Ferleža, Andra Glamnika in Mateja Vebra, z naslovom Konstruiranje in izdelava naprave za obdelavo robov, katere avtorji so Jure Rovan, Rok Kovše in Anže Rožič.

Dovoljujemo tudi, da sme Osrednja knjižnica Celje vključeno fotografsko gradivo v raziskovalno naložo objaviti na knjižničnih portalih z navedbo avtorstva v skladu s standardi bibliografske obdelave.

Celje, \_\_\_\_\_

Podpis avtorjev:

## **ZAHVALA**

Zahvaljujemo se vsem, ki so kakorkoli pomagali pri izdelavi naše raziskovalne naloge, še posebej kolektivu KO-Lovec, podjetju Strugarstvo Rožič in KOPP. Brez njihove pomoči naloga ne bi nastala, pa naj je šlo le za spodbudne besede, majhno idejo ali pa nasvete in kritike pri izdelovanju izdelka.

Prav tako bi se zahvalili našim mentorjem Alešu Ferležu, dipl. inž. str., mag. Andru Glamniku, univ. dipl. inž., in mag. Mateju Vebru, univ. dipl. inž., za ves trud, čas, podporo ter vztrajnost, ki so jo vložili v izdelovanje raziskovalne naloge. Zahvalili bi se jim tudi za tehnični pregled naloge.

Zahvala gre tudi Simoni Tadeji Ribič, prof., za lektoriranje povzetka v angleščini, Brigit Renner, prof., za slovnični pregled in ravnateljici Simoni Črep, prof., ki podpira raziskovalno dejavnost na šoli.

# KONSTRUIRANJE IN IZDELAVA NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV

## POVZETEK

Za raziskovalno nalogo smo se odločili izdelati napravo, ki bo samodejno obdelovala robeve plastičnih plošč. Podjetje KO-Lovec, d. o. o., nam je v svoji proizvodnji pokazalo, kako obdelujejo robeve plastiike. Naša naloga je bila izdelati napravo, ki bi sama obdelala robeve plastiike in bi razbremenila delo zaposlenega. To bi pospešilo proizvodnjo in povečalo produktivnost podjetja.

Najprej smo ročno narisali veliko skic, ki smo jih kasneje narisali tudi v programu Creo, ki se uporablja za modeliranje. Ko smo dodelali princip delovanja naprave, smo naročili vse elemente, ki smo jih potrebovali za delovanje naprave. Napravo smo izdelali do delovanja.

## **CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR PROCESSING EDGES**

### **SUMMARY**

*The objective of our research assignment was to create a device which will automatically process the edges of plastic panels. In order to do that the company KO-Lovec d.o.o. showed us how they process edges of plastic in their production. By building a device that processes edges of plastic by itself we would help to relieve employees of a great deal of work, which would accelerate production and increase productivity of the company.*

*First we manually drew numerous sketches, and continued by drawing them in the Creo program, which is used for modelling. After working out the operating principle of the device, we ordered all the required components. We completed the device and managed to put it into operation.*

# KAZALO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 UVOD .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA .....                                | 1         |
| 1.2 HIPOTEZE .....   | 2         |
| 1.3 METODE RAZISKOVANJA.....                                   | 2         |
| 1.4 STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA.....                         | 3         |
| <b>2 KONCIPIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV.....</b>           | <b>4</b>  |
| 2.1 PREGLED NA TRGU OBSTOJEČIH NAPRAV ZA GLAJENJE ROBOV.....   | 4         |
| 2.2 ZAHTEVNIK.....   | 5         |
| 2.3 MOŽNE REŠITVE.....   | 6         |
| <b>3 KONSTRUIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV.....</b>          | <b>10</b> |
| 3.1 MEHANSKI DEL .....   | 10        |
| 3.1.1 Konstruiranje in določitev sestavnih delov .....         | 10        |
| 3.1.2 Izbira standardnih sestavnih delov .....                 | 16        |
| 3.2 ELEKTRO DEL.....   | 21        |
| 3.2.1 Elektro načrt .....                                      | 21        |
| 3.2.2 Opis in predstavitev elektro delov .....                 | 23        |
| 3.3 PROGRAMSKI DEL .....                                       | 30        |
| 3.3.1 Programska paket Logo.....                               | 30        |
| 3.3.2 Programiranje .....                                      | 31        |
| <b>4 IZDELAVA IN TESTIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV.....</b> | <b>34</b> |
| 4.1 IZDELAVA IN SESTAVLJANJE.....                              | 34        |
| 4.1.1 Varjenje .....   | 34        |
| 4.1.2 Brušenje .....   | 35        |
| 4.1.3 Vrtanje, grezenje in vrezovanje navojev .....            | 36        |
| 4.1.4 Struženje .....  | 37        |
| 4.1.5 Rezkanje .....   | 38        |
| 4.1.6 Upogibanje kovine.....                                   | 39        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.1.7    | Pehanje .....  | 39        |
| 4.1.8    | Izdelava elektro omare.....                              | 40        |
| 4.1.9    | Montaža .....  | 42        |
| 4.1.10   | Prašno barvanje .....                                    | 42        |
| 4.2      | TESTIRANJE .....   | 43        |
| <b>5</b> | <b>PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE .....</b> | <b>45</b> |
| <b>6</b> | <b>ZAKLJUČEK .....</b>                                   | <b>46</b> |
| <b>7</b> | <b>VIRI IN LITERATURA .....</b>                          | <b>47</b> |

# KAZALO SLIK

|  |    |
|--|----|
| Slika 1: TruPunch 1000 [21] .....  | 1  |
| Slika 2: Naprava za posnemanje robov, ravno krivljeno jeklo in pločevino [5] ..... | 4  |
| Slika 3: Naprava za brušenje pločevine [13] .....                                  | 4  |
| Slika 4: Ročna naprava za posnemanje robov [6] .....                               | 5  |
| Slika 5: Položaj naprave .....   | 6  |
| Slika 6: Ideja 1 .....   | 7  |
| Slika 7: Ideja 2 .....   | 7  |
| Slika 8: Frezalo/rezkalo [16] .....  | 8  |
| Slika 9: Ideja 3 .....   | 8  |
| Slika 10: Ideja 4 .....  | 9  |
| Slika 11: Osrednji del konstrukcije v programu Creo 2.0 .....                      | 11 |
| Slika 12: Končana konstrukcija v programu Creo 2.0 .....                           | 11 |
| Slika 13: Načrt krogličnega vretena .....  | 12 |
| Slika 14: Matica in podložka na krogličnem vretenu .....                           | 13 |
| Slika 15: Roka za potiskanje plastike .....  | 14 |
| Slika 16: Montaža roke .....   | 14 |
| Slika 17: Nosilca stabilizatorjev .....  | 15 |
| Slika 18: Držalo za nož .....  | 16 |
| Slika 19: Kroglični vreteni .....  | 17 |
| Slika 20: Ležaj BK (levo) in BF (desno) .....                                      | 17 |
| Slika 21: Tirna vodila .....   | 18 |
| Slika 22: Jermenja in jermenici .....  | 19 |
| Slika 23: Dobava motorjev .....  | 20 |
| Slika 24: Napajanje krmilnika .....  | 22 |
| Slika 25: Trifazni asihronski motor s trikot vezavo .....                          | 23 |

|   |    |
|---|----|
| Slika 26: Frekvenčnik .....                       | 24 |
| Slika 27: Krmilnik Siemens LOGO! 24 RCE .....     | 25 |
| Slika 28: Napajalnik .....                        | 26 |
| Slika 29: Releji .....                            | 27 |
| Slika 30: Kontaktorja.....                        | 27 |
| Slika 31: Induktivni senzor.....                  | 28 |
| Slika 32: Zaščitni stikali motorjev.....          | 29 |
| Slika 33: Inštalacijski odklopni .....            | 29 |
| Slika 34: Kontrolni panel.....                    | 30 |
| Slika 35: Program LOGO! Soft Comfort 8.2 .....    | 31 |
| Slika 36: Program .....                           | 33 |
| Slika 37: Konstrukcija brez nog .....             | 34 |
| Slika 38: Konstrukcija z nogami .....             | 35 |
| Slika 39: Brušenje [2] .....                      | 35 |
| Slika 40: Svedri [20].....                        | 36 |
| Slika 41: Postružena podložka.....                | 37 |
| Slika 42: CNC-stružnica DOOSAN Lynx 220LY .....   | 37 |
| Slika 43: Mori seiki NV5000 α1 .....              | 38 |
| Slika 44: Naprava za upogibanje pločevine .....   | 39 |
| Slika 45: Zobata jermenica s pehanim utorom ..... | 40 |
| Slika 46: Elektro omara v programu Creo 2.0.....  | 41 |
| Slika 47: Elektro omara .....                     | 42 |
| Slika 48: Prašno prebarvana elektro omara .....   | 43 |
| Slika 49: Sestavljanje naprave .....              | 44 |

## KAZALO TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1: Struktura dela.....                              | 3  |
| Tabela 2: Zahtevnik .....                                  | 5  |
| Tabela 3: Izračuni za jermen (dolžine so podane v mm)..... | 19 |
| Tabela 4: Tabela vhodov .....                              | 32 |
| Tabela 5: Tabela izhodov .....                             | 32 |

## 1 UVOD

V raziskovalni nalogi smo se lotili projektiranja naprave za obdelavo robov. Raziskovalna naloga zajema zbiranje idej, načrtovanje, konstruiranje, modeliranje in na koncu tudi izdelavo naprave. Primarni cilj je, da bi delavec lahko opravljal z dvema napravama istočasno, saj do sedaj to ni bilo mogoče. V nalogi smo se osredotočili predvsem na varnost, hitrost in kakovost delovanja naprave. Elemente, ki smo jih kupili, smo skrbno preučili, saj smo se morali prepričati, da bodo delovali tako, kot smo si zamislili. S kakovostnimi elementi pa smo tudi zagotovili večjo natančnost obdelave robov.

### 1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Izsekovalni stroj TruPunch 1000 (Slika 1) izreže plastične plošče. Pri tem pusti ostre robeve na straneh, ki jih je potrebno obrezati s posebnim nožem. Stroj izreže v enem ciklu, ki traja dve minuti, od 9 do 12 kosov plastike, odvisno od mere. Medtem ko delavec pobira robeve na plastični plošči, stroj za rezanje plastike stoji. To je bil eden izmed zaznanih problemov, ki bi ga naša naprava lahko rešila. Pri obsežnejšem pobiranju robov pa delavec čuti posledice, kot so na primer: ureznine, žulji, krči v prstih. Naprava bi pospešila proizvodnjo in zagotovila nemoteno delo na izsekovalnem stroju.



Slika 1: TruPunch 1000 [21]

## 1.2 HIPOTEZE

V raziskovalni nalogi smo postavili naslednje hipoteze oz. želje:

1. Naprava bo omogočila produktivnejšo izdelavo.
2. Naprava bo zmanjšala stroške podjetja.
3. Naprava bo olajšala delo delavcu.
4. Naprava bo varna pri delu.
5. Naprava bo porabila čim manj prostora.

## 1.3 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovalnem delu smo uporabili različne metode raziskovanja. Do prave ugotovitve, kaj uporabiti za obdelavo robov, smo prišli s pomočjo eksperimentiranja. Odločali smo se med valji in noži. S preizkušanjem smo ugotovili, da bi bili noži boljša odločitev. Nato smo morali tudi ugotoviti, kateri nož bi bil najprimernejši. Pri različnih podjetjih smo nato povprašali, kakšno ceno nam lahko ponudijo in odločili smo se za tisto, ki je ponujalo najboljšo kakovost za najnižjo ceno. Iskali smo primerno rešitev, kako bo konstrukcija stala in izbrali železne profile namesto aluminijastih, saj so veliko cenejši. Za premik plastike pa smo se odločali med verigo, navadno navojno palico in krogličnim vretenom. Do odgovora smo prišli s pomočjo spleta in svetovanja zaposlenih v podjetju KO-Lovec. Odločili smo se za kroglično vreteno, saj zagotavlja natančnost in dovolj veliko hitrost premikanja. Pri električnem pogonu smo se odločili za trifazni motor, ki nam zagotavlja dovolj moči in večjo hitrost kot enofazni. Za prenos vrtenja motorja na vreteno smo uporabili jermenico, čeprav smo prvotno načrtovali verižnik, a se zanj nismo odločili, saj je glasnejši in dražji. Da bi se motorji ob pravem času samodejno vklopili po programu, smo se odločili za senzorje, in sicer induktivne in kapacitivnega. Imeli smo tudi možnost, da bi uporabili optični senzor, ampak je dražji od kapacitivnega in bi ga bilo v našem primeru brezsmiselno kupovati. Glede krmilnika ni bilo težav z odločitvijo, saj smo v podjetju imeli na voljo le program za krmilnik SIEMENS LOGO RCE 24.

## 1.4 STRUKTURA RAZISKOVALNEGA DELA

V prvem delu raziskovalne naloge smo raziskovali idejo, predstavljeno v podjetju KO-Lovec, kako skonstruirati in izdelati napravo za obdelavo ostrih robov plastičnih plošč, ki jih je potrebno obdelati po izseku.

V drugem delu raziskovalne naloge smo dejansko skonstruirali in se lotili podrobnega načrtovanja naprave. Po predstavitvi idejne rešitve podjetju smo dobili njihovo pozitivno potrditev in zagotovitev finančnih sredstev. Začeli smo z modeliranjem sestavnih delov naprave in naročili ves sestavni material oz. komponente (kroglični vreteni, trifazna motorja, nože za odrezovanje plastike, ležaja, vodila, vozičke ...).

V tretjem delu smo se lotili izdelave naprave. Najprej smo zvarili jekleno konstrukcijo, na katero smo v nadaljevanju zmontirali vse sestavne dele, in jo tudi elektro ožičili. Sledil je preizkus delovanja naprave in kasnejša končna sestava.

Tabela 1: Struktura dela

| Prvi del     | Drugi del     | Tretji del |
|--------------|---------------|------------|
| Raziskovanje | Načrtovanje   | Izdelava   |
| Iskanje idej | Konstruiranje | Testiranje |

## 2 KONCIPIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV

### 2.1 Pregled na trgu obstoječih naprav za glajenje robov

Po pregledu spletnih strani in spletu dostopnih naprav za glajenje robov nismo zasledili takšne, ki bi ustrezala našim zahtevam. Našli smo naprave za ročno obdelavo robov samo za pločevino (Slika 4), napravo za posnemanje robov, ravno krivljeno jeklo in pločevino (Slika 2) in napravo za brušenje pločevine (Slika 3), medtem ko je za plastiko nismo našli. Po našem mnenju je koncept naše naprave za obdelavo robov plastičnih plošč specifični izdelek in je razvit glede na dejanski problem, ki je nastal v proizvodnji. Podatka, kako in na kakšen način imajo v drugih podjetjih rešen problem obdelave robov plastičnih plošč, nismo nikjer zasledili.



Slika 2: Naprava za posnemanje robov, ravno krivljeno jeklo in pločevino [5]



Slika 3: Naprava za brušenje pločevine [13]



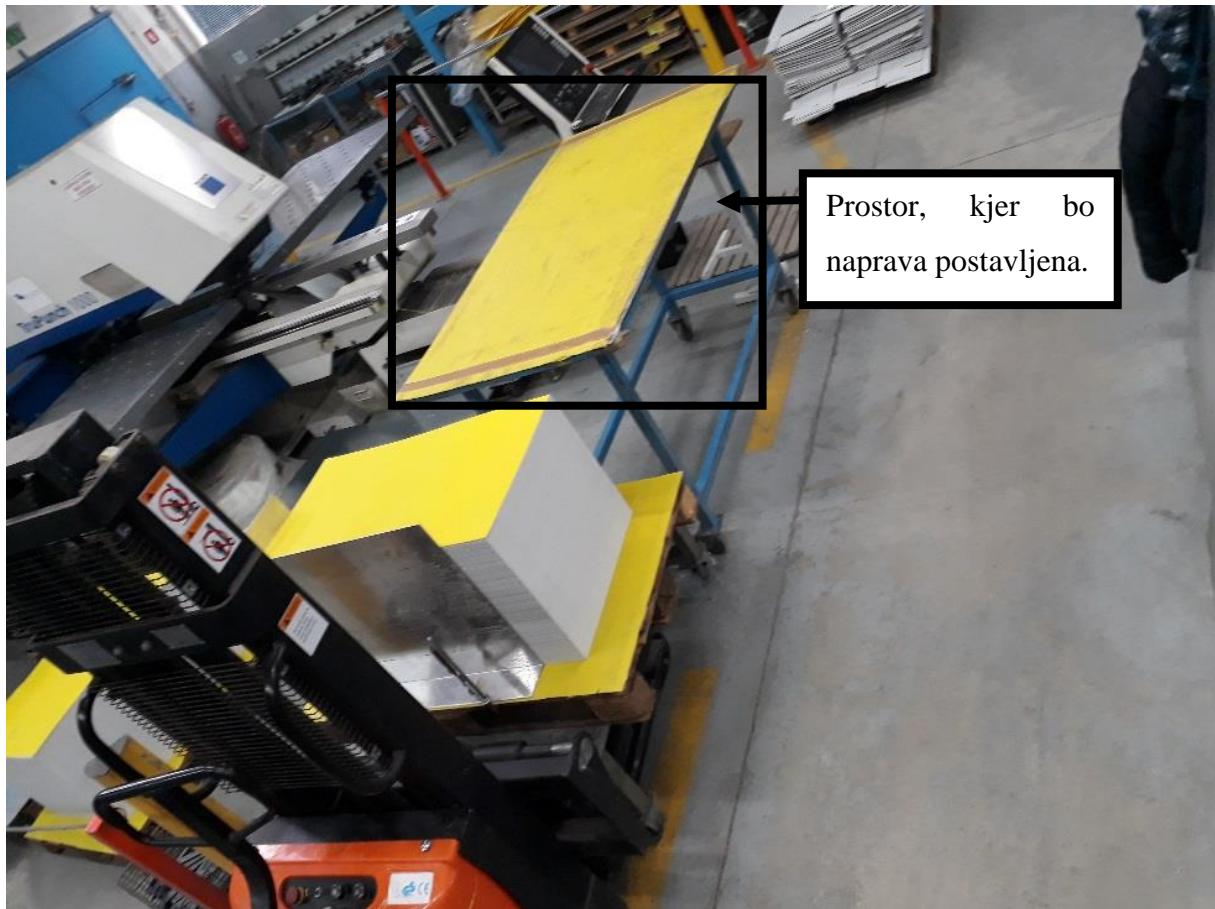
Slika 4: Ročna naprava za posnemanje robov [6]

## 2.2 Zahtevnik

Na zahtevo podjetja KO-Lovec moramo skonstruirati napravo, ki bo samodejno obdelovala robove plastičnih plošč. Dimenzijske in oblike so lahko poljubni, vendar moramo upoštevati prostor, kjer bo naprava postavljena, in dimenzijske ostalih delovnih strojev, ki sta že v uporabi, ter transportno pot med njima (izsekovalni stroj TruPunch 1000 in Trumatic 2000R). Zaradi omejenega prostora in transportne poti nam je podjetje vseeno moralo izbrali dve dimenzijski plošči, ki se najpogosteje izsekujeta (538 mm x 890 mm, 788 mm x 890 mm), da smo lahko pri konstruiranju privarčevali s prostorom. Zahteve podjetja so prikazane v tabeli 2.

Tabela 2: Zahtevnik

| ZAHTEVNIK   |
|---|
| Samodejna obdelava robov  |
| Varčevanje s prostorom pri konstruiranju naprave                      |
| Obdelava dveh dimenzijskih plošč (788 mm x 890 mm in 538 mm x 890 mm) |
| Cenovno dostopna  |



Slika 5: Položaj naprave

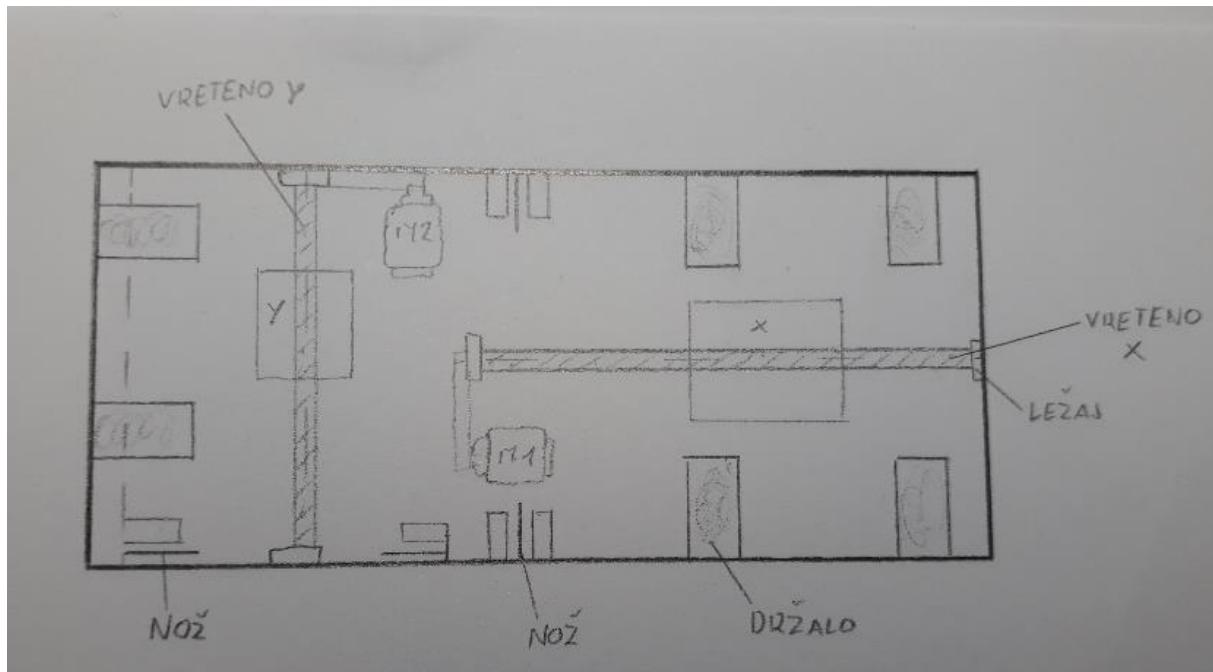
### 2.3 Možne rešitve

Rešitve oziroma predloge smo iskali na spletu in v različni literaturi. Na začetku smo narisali 4 možne rešitve oziroma ideje, ki smo jih nato predstavili podjetju KO-Lovec. Z njihovo pomočjo smo izbrali idejo z noži. Odločanje je potekalo po sistemu izločanja. Najprej smo izločili idejo s frezali, saj bi potrebovali motorje za frezala in sistem za dvigovanje frezal ter vpenjanje, kar bi dvignilo ceno izdelave. Druga ovržena ideja je bila ideja za glajenje oziroma valjanje robov, saj smo s preizkusi prišli do rezultata, da robov ne gladi dovolj dobro. Tretjo idejo s frezali in gumijastimi valji pa smo izločili, ker je vsebovala frezala in nismo bili prepričani, če bi lahko valji predstavljali podajalno gibanje. Tako smo se odločili za prvo idejo.

Vse ideje vsebujejo 2 motorja, zobniški ali jermenski prenos, ležaje in držala plošč po debelini. Razlikujejo pa se po vrsti pomika (kroglično vreteno, gumijasti valji, veriga) in po vrsti odrezovanja (rezanje, glajenje robov).

## 1. Ideja z noži (izbrana)

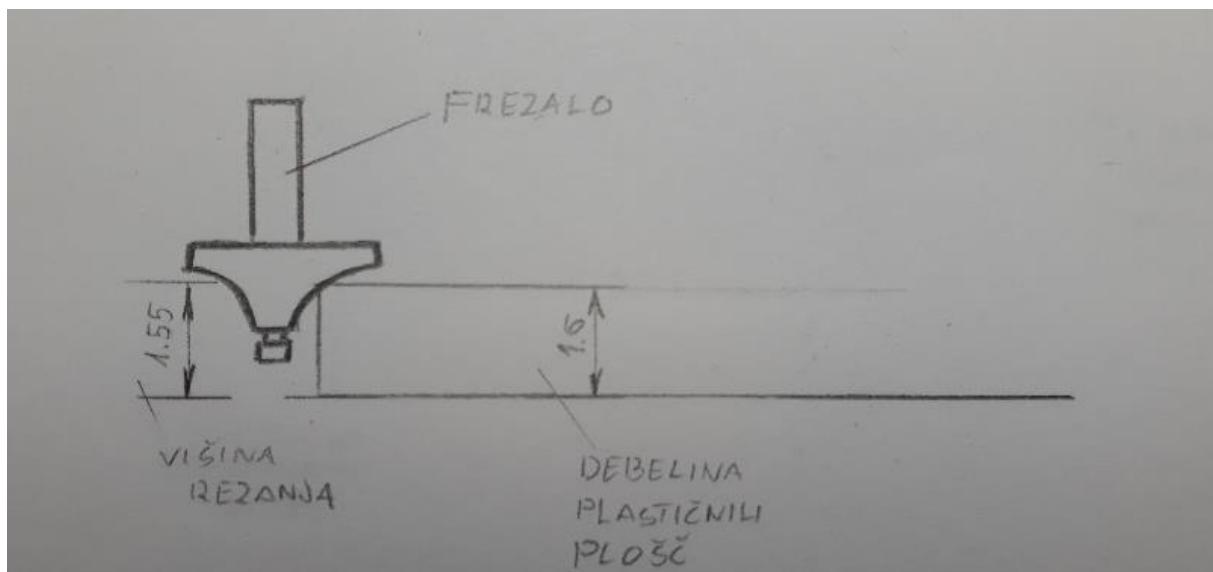
Ideja vsebuje nože, zobniški ali jermenski prenos in kroglično vreteno za pomik.



Slika 6: Ideja 1

## 2. Ideja s frezali

Pri tej ideji je bil podajalni pomik zamišljen enako kot pri prvi ideji, nože pa bi zamenjala frezala.



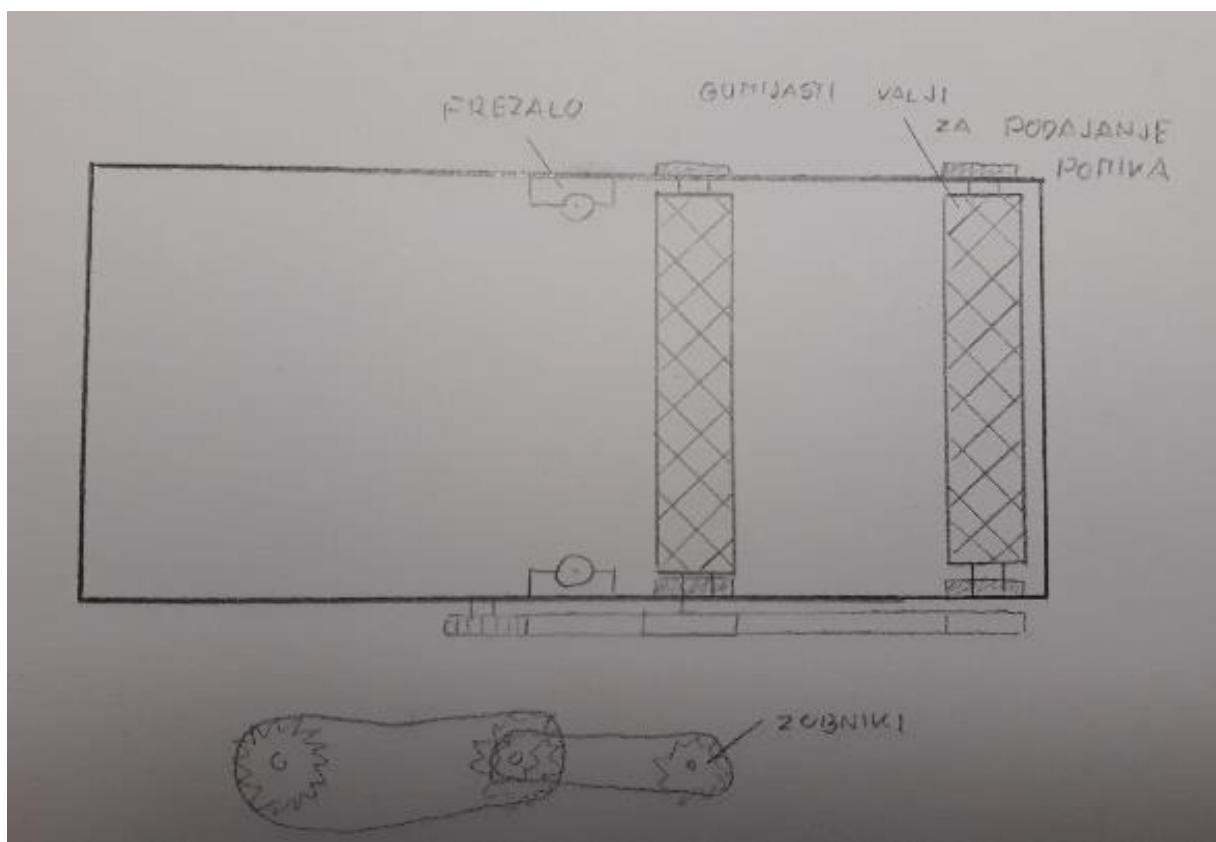
Slika 7: Ideja 2



Slika 8: Frezalo/rezkalo [16]

### 3. Ideja pomika z gumijasti valji

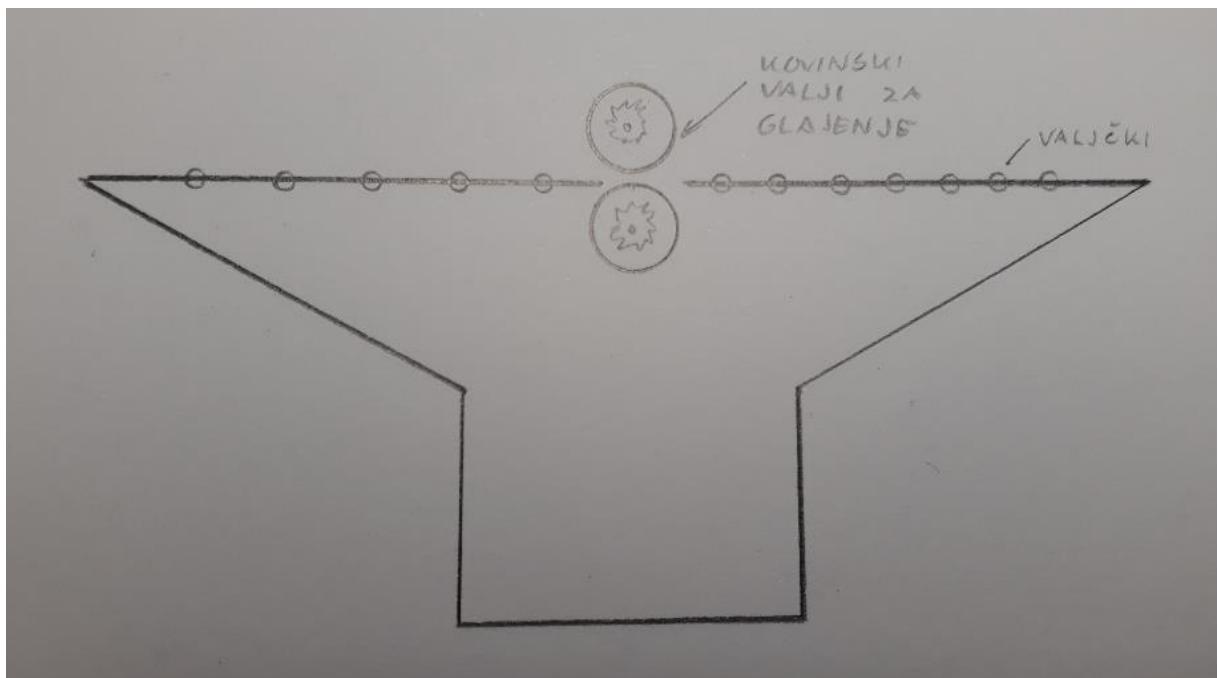
Pri tej ideji bi kroglična vretena zamenjali gumijasti valji, ki bi plastiko vlekli proti frezalu.



Slika 9: Ideja 3

#### 4. Ideja glajenje plastike z valji

Gre za idejo, pri kateri bi s kovinskimi valji gladili oziroma valjali robe, pri tem pa bi gumijasti valji vlekli plošče proti valjem in z valjema. Na koncu bi se plošče avtomatsko zapeljale na paletu.



Slika 10: Ideja 4

### 3 KONSTRUIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV

#### 3.1 Mehanski del

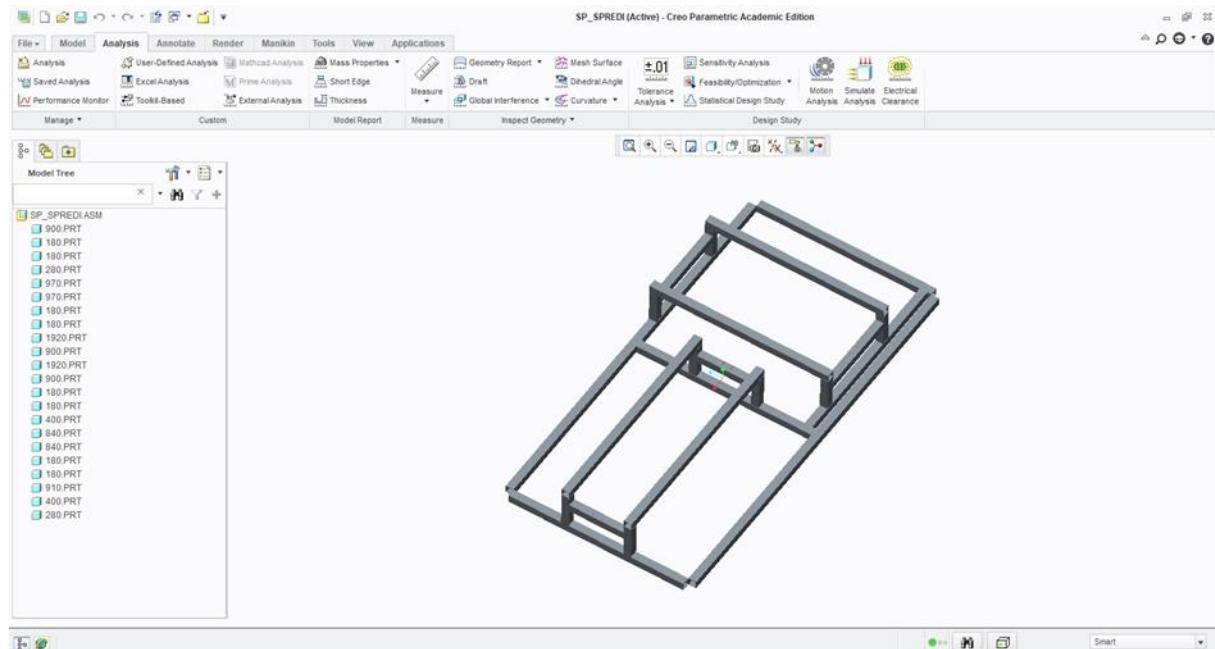
Mehanski del zajema vse skonstruirane dele, potrebne za obratovanje naprava. Po konstruiranju in načrtovanju je sledila izbira standardnih sestavnih delov (npr. kroglično vreteno, ležaji, vodila ...). Standardne sestavne dele smo dimenzionirali s pomočjo spletnih katalogov, ki so bili objavljeni na spletnih straneh podjetja oziroma izbranega proizvajalca. Na koncu je sledilo še naročanje standardnih sestavnih delov.

##### 3.1.1 Konstruiranje in določitev sestavnih delov

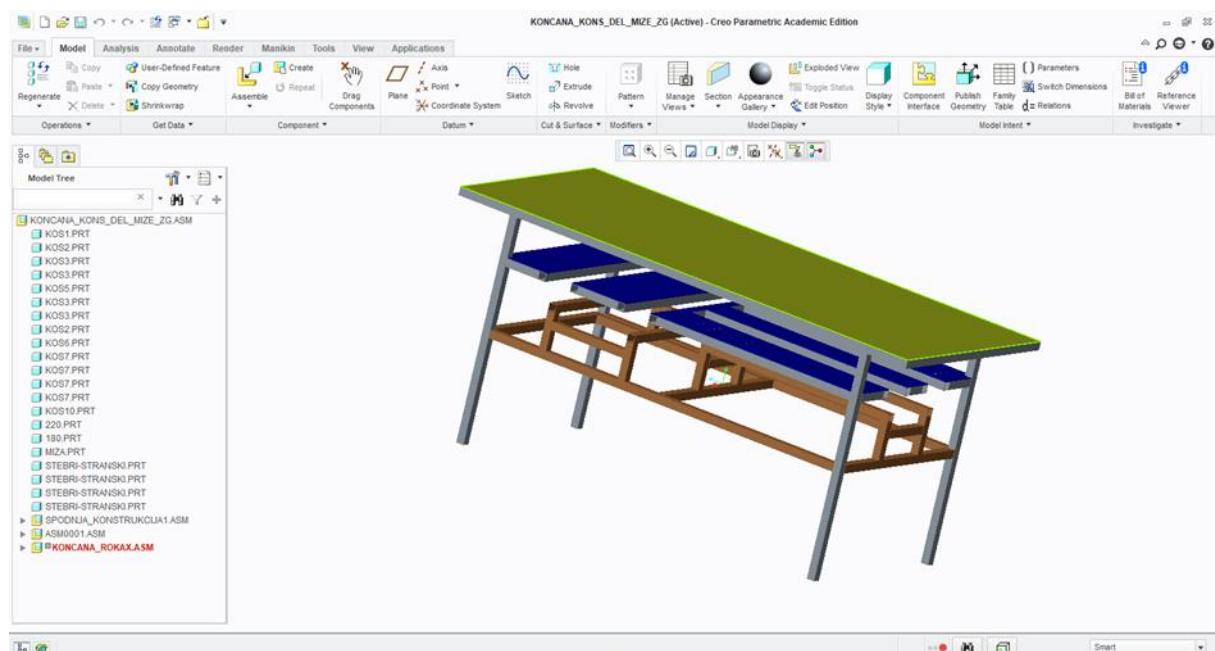
###### Načrtovanje konstrukcije oziroma ogrodja

Po predstavitev različnih načinov izvedb stroja za obdelavo robov smo se lotili načrtovanja konstrukcije. Konstrukcijo smo si zamislili kot nekakšno mizo, ki delavcem ne bi bila v napoto in ne bi zavzemala veliko prostora. Zato smo se odločili izdelati stroj za obdelavo robov dveh najpogostejših mer: 788 mm x 890 mm in 538 mm x 890 mm.

Delavec je do sedaj robe plastike pobiral na mizi ob izsekovalnemu stroju, po kateri smo pobrali mere za višino. Dolžino in širino smo določili tako, da smo si na kos plastike izrisali obdelovalno površino in s pomočjo že izrezanih kosov (ki bodo obdelovani) in s pomikanjem kosov po površini odčitali in izmerili dolžino ter širino obdelovalne mize. Da naprava za obdelavo robov ne bi bila namenjena samo pobiranju robov, smo si zamislili, da nad obdelovalno površino naredimo podlago za odlaganje različnih materialov. Pod obdelovalno površino pa smo s pomočjo dolžin krogličnih vreten in vodil določili dolžine nosilcev in razmike med njimi. Za izdelavo mize smo izbrali pohištvene profile 40 mm x 40 mm. Nato smo ročno narisali konstrukcijo in kotirali mere. Celotno konstrukcijo smo narisali še v računalniškem programu CREO Parametric 2.0.



Slika 11: Osrednji del konstrukcije v programu Creo 2.0



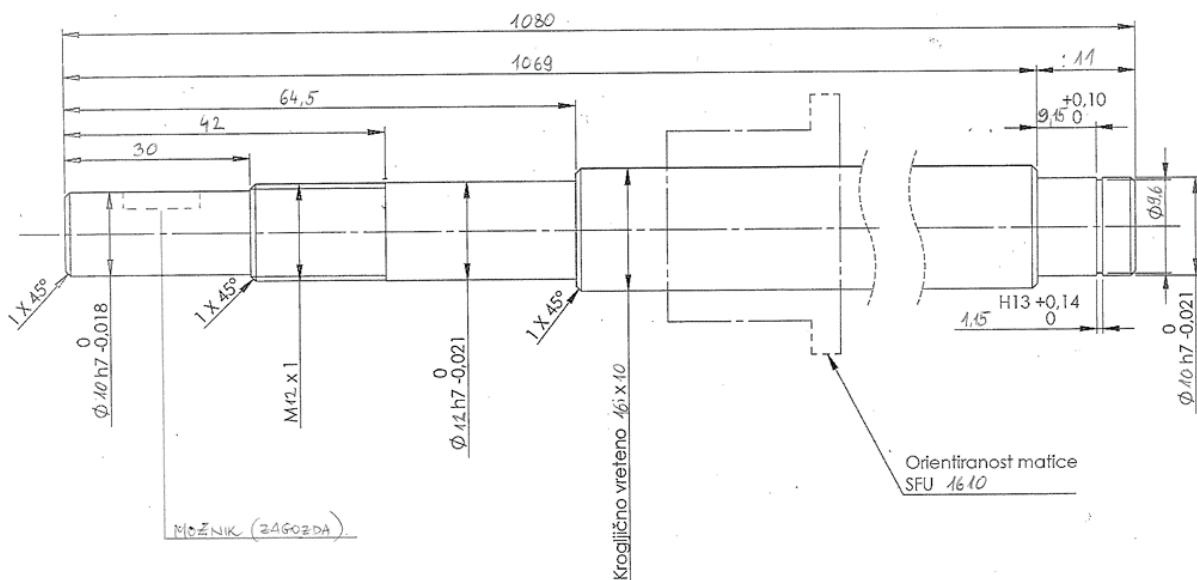
Slika 12: Končana konstrukcija v programu Creo 2.0

### Načrtovanje obdelave na krajiščih vreten

Za pritrditev krogličnih vreten smo morali narediti načrt obdelave na krajiščih vreten oziroma za ležaje, ki smo ga nato posredovali podjetju TEVE, to pa naprej proizvajalcu. Obe vreteni sta ozname SFU R 1610, razlikujeta pa se po dolžini. Vreto X je dolgo 1080 mm, Y pa 950 mm. Krajišče vretena, na katerem je jermenica, ki povezuje vreto z motorjem, je obdelano za ležaj BK, druga stran pa je obdelana za ležaj BF. Za lažje kotiranje smo si pomagali s katalogi ležajev Fli-industrie.

Na strani ležaja BK je obdelano 64,5 mm vretena. V tem polju je obdelava za pritrditev ležaja, ki zahteva obdelavo na  $\text{Ø}12 \text{ h7} \times 22,5 \text{ mm}$  in  $M12 \times 12 \text{ mm}$ , temu pa je dodana še dodatna obdelava za čep  $\text{Ø}10 \times 30 \text{ mm}$ , na katerem je tudi utor za moznik.

Na strani ležaja BF je obdelano 11 mm vretena. V tem polju je prav tako obdelava za pritrditev ležaja, ki zahteva obdelavo na  $\text{Ø}10 \text{ h7} \times 11 \text{ mm}$ . Pri tem je tudi obdelava za vskočnik (segerjev obroč), ki preprečuje drsenje ali pomikanje vretena.



Slika 13: Načrt krogličnega vretena

### Izdelava potisne roke

Za hitro pomikanje plastičnih plošč smo izbrali kroglično vreteno, ki je podajalo glavno gibanje. To gibanje se je moralo prenesti na tirna vodila ozziroma na vozičke, ki bodo potiskali plastiko po podlagi do nožev. Zato smo si za prenos glavnega gibanja na vozičke zamislili nekakšno roko, ki bi jo pritrdili na matico krogličnega vretena in na vozičke.

Najprej smo morali izmeriti višino med osjo vretena in vozički na vodilih ter širino med vozičkoma na obeh straneh, nato pa smo se lotili načrtovanja.

Matica na krogličnem vretenu je imela že tri luknje, na katere bi lahko pritrdili roko. Zato smo skonstruirali podložko, ki je matico povsem pokrila, da smo lahko pritrdili roko na obeh straneh matice. Da smo lahko pritrdili roko, smo v podložko vrezali navoje M5 x 10 mm. Na vozičkih so bile štiri luknje, na katere smo lahko pritrdili roko. Končano roko je sestavljalova kovinska konstrukcija (pločevina ST 1.00388, debeline 2 mm), ki je povezovala vozička z matico in aluminijasto podložko. V podjetju KO-Lovec so nam postružili aluminijasto podložko in izsekali ter upognili kovinsko konstrukcijo po načrtu. Delo je potekalo na treh strojih, in to na izsekovalnem stroju Trumatic 2000R, upogibnem stroju TrumaBendV130 in na CNC-stružnici DOOSAN Lynx 220 Ly. Na koncu smo morali še zavariti kovinsko konstrukcijo.



Slika 14: Matica in podložka na krogličnem vretenu



Slika 15: Roka za potiskanje plastike



Slika 16: Montaža roke

## Stabilizatorji

Natančnost odrezovanja robov smo dosegli z izdelavo stabilizatorjev, ki so omogočali, da se plastična plošča pri stiku z nožema ne zamakne. Za izdelavo stabilizatorjev smo uporabili brušeno nerjavno pločevino (INOX), ki smo jo upognili za  $90^\circ$ , da smo dobili nekakšne L-profile, ki smo jih privijačili na utorne matice M8, v aluminijaste profile dimenzijske 30 mm x 30 mm.

Princip delovanja stabilizatorjev smo si najprej narisali ročno, nato smo to narisali tudi v program Creo 2.0. L-profile nam je zagotovilo podjetje KO-Lovec, ki nam jih je tudi odrezalo na mero, ki je bila določena na načrtu. Aluminijaste profile dimenzijske 30 mm x 30 mm smo odrezali sami na dolžino, ki smo jo potrebovali. Pričvrstili smo jih na konstrukcijo s pomočjo kotnih nosilcev, ki smo jih izdelali iz pločevine.

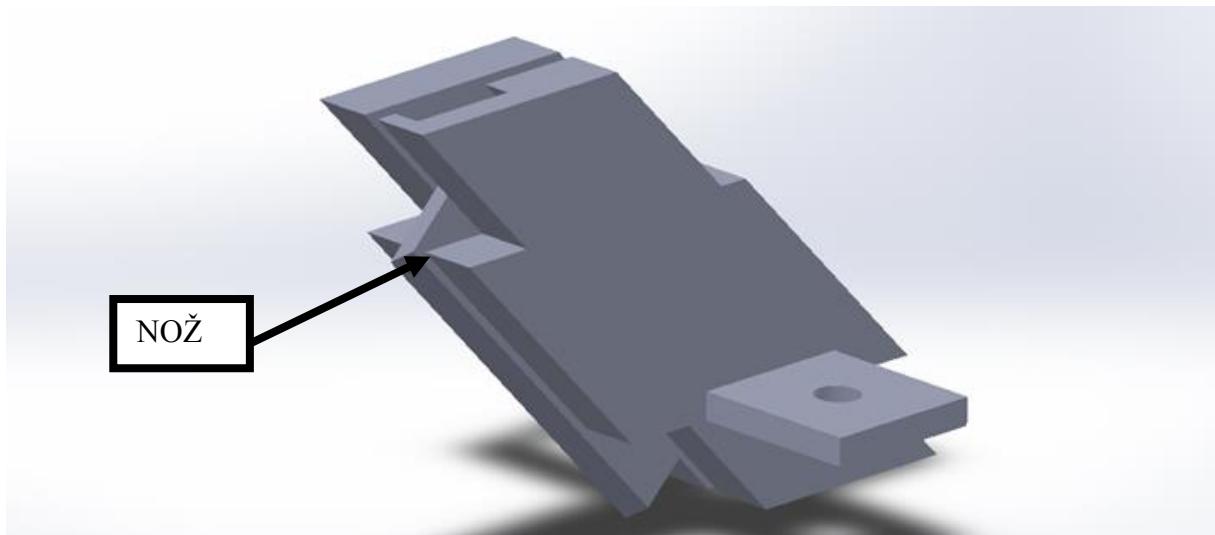


Slika 17: Nosilca stabilizatorjev

### Držala za nože

Držala za nože smo skonstruirali v program Solidworks in jih izdelali pri podjetju Strugarstvo Rožič. Držala so morala nože držati po dolžini pod kotom  $45^\circ$  in po višini pod kotom  $5^\circ$ . Ta sistem držanja nožev nam omogoča, da se pri obrabi rezila nož lahko prestavi na tisti del, ki še ni obrabljen in je še uporaben. S tem smo omogočili, da se noži ne zamenjujejo tako hitro in so uporabni dlje časa. Držala za nože so pritrjena na konstrukcijo in se ne premikajo. Noži, ki so namenjeni za rezanje robov na strani Y oziroma po dolžini plastičnih plošč, pa imajo možnost

prestavljanja na mere (788 mm in 538 mm).



Slika 18: Držalo za nož

### 3.1.2 Izbira standardnih sestavnih delov

#### Kroglična vretena

Kroglična vretena in matice v glavnem zamenjujejo trapezna vretena in matice, predvsem zaradi manjšega trenja. Vretena so izdelana z različnimi vrstami tehnologij in glede na tehnološko zahtevnost izdelave so vrednosti brušenih vreten nekoliko višje od valjanih. Izdelana so iz cementiranega jekla in kaljena na 62 HRC [10]. Dimenziije so standardizirane po premerih in velikosti korakov navojnic. Matice so izdelane iz podobnega materiala in so prav tako standardizirane po obliki in velikosti. Uporabili smo vretena z oznako SFU R 1610.

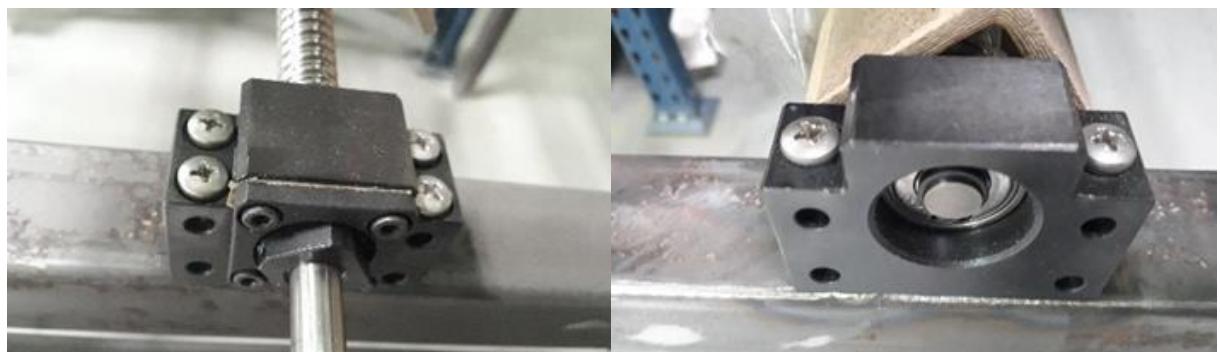
Oznaka SFU označuje model vretena, oznaka R označuje smer navoja, število 1610 označuje premer vretena (16) in korak navoja (10).



Slika 19: Kroglični vreteni

## Ležaji

Ključni elementi ležajne tehnike so ležaji, katerih namen je zmanjševanje trenja pri rotaciji strojnih delov, kot so osi, gredi in različna pesta. Prav tako se preko ležajev na toge dele strojev ali naprav prenašajo zunanje obremenitve, ki so posledica opravljenega dela [11]. Za pritrditev vreten smo potrebovali dve vrsti ležajev. Na strani vretena, kjer poteka prenos gibanja z motorja, smo uporabili ležaj z oznako BK12C7, na drugi strani pa je ležaj z oznako BF12, ki vreteno pritrudi. Na strani ležaja BF smo vreteno pritrdili z vskočnikom (segerjev obroč), na strani ležaja BK pa z matico, ki je bila podana poleg ležaja.



Slika 20: Ležaj BK (levo) in BF (desno)

### Tirna oz. linearne vodila in vozički

Linearne vodila in vozički so osnovni elementi linearne tehnike in jih uporabljamo pri premočrtinem gibanju. Obremenitve lahko prenašajo v vseh smereh in ravninah, zaradi majhnega trenja pa lahko prenašajo velika bremena. Iz krogličnega vretena smo gibanje preko roke prenesli na linearne vodila in na vozičke [12]. Uporabili smo linearne vodila z oznako TRH 20 FN. Oznaka TRH je model vodila, število 20 predstavlja širino vodila, črka F označuje prirobnico, oznaka N pa označuje dolžino prirobnice.



Slika 21: Tirna vodila

### Jermenji in jermenice

Zaradi potrebe po večjih obratih smo morali zagotoviti nekakšen prenos, ki bi povečal obrate krogličnemu vretenu. Odločali smo se med verižnim in jermenskim prenosom. V podjetju Schiki, kjer smo kasneje naročili tudi material, smo z njihovo pomočjo izbrali jermenski prenos, saj ga ni potrebno mazati tako kot verižni prenos in tudi zato, ker je med obratovanjem tišji, cenovno pa se skoraj nič ne razlikujeta.

Prenos gibanja poteka s pomočjo jermenskega prenosa. Razmerje med jermenico na gredi motorja in jermenico na krogličnem vretenu je 1 : 2. Na gredi motorja je nameščena večja jermenica z oznako 27 BAT 5 28, kar pomeni da ima 28 zobov. Na vreteno pa je nameščena manjša jermenica z oznako 27 BAT 5 14, ki ima 14 zobov. Jermenici povezuje klinasti jermen AT5 s širino 16 mm. Dolžino jermenega smo izračunali s pomočjo računalniškega programa, v katerega smo vstavili oznake jermenic, medosje in premer De jermenice. Medosje smo izračunali s pomočjo kotnih funkcij. Računalniški program nam je nato izračunal dejansko dolžino jermenega, nato pa smo morali izbrati dolžino jermenega po standardu, ki pa je bila večja.

Tabela 3: Izračuni za jermen (dolžine so podane v mm)

|                        | Oznaka jermenice | Število zob | Premer De | Medosje | Dejanska dolžina jermenega | Dolžina jermenega po standardu | Končno medosje |
|------------------------|------------------|-------------|-----------|---------|----------------------------|--------------------------------|----------------|
| <b>Jermen na osi X</b> | 27 BAT 5 28      | 28          | 43,35     | 331,09  | 763,71                     | 780                            | 339,24         |
|                        | 27 BAT 5 14      | 14          | 21,05     |         |                            |                                |                |
| <b>Jermen na osi Y</b> | 27 BAT 5 28      | 28          | 43,35     | 369,9   | 841,3                      | 860                            | 379,26         |
|                        | 27 BAT 5 14      | 14          | 21,05     |         |                            |                                |                |



Slika 22: Jermenja in jermenici

## Naročanje materiala

Naročanja materiala smo se lotili tako, da smo za vsako komponento, ki smo jo morali kupiti, zbrali nekaj ponudb različnih podjetij. Najugodnejšo ponudbo smo posredovali podjetju KO-Lovec, kjer so naročili material oziroma potrebne komponente. Vreteni dolžine 950 mm in 1080 mm smo kupili v podjetju TEVE, prav tako dva motorja, 4 m tirnih vodil s štirimi vozički in štiri ležaje. Frekvenčnika smo kupili v podjetju GoTo, krmilnik LOGO pa pri avstrijskem podjetju Farragtech. Za izdelavo konstrukcije smo potrebovala cca. 36 m pohištvenega profila 40 mm x 40 mm, ki smo ga kupili v Mercator tehnika, aluminijaste profile širine 40 mm x 40 mm pa v podjetju MiniTec. Nože za odrezovanje plastike smo kupili v Bauhausu, in sicer nože za oblanje znamke Bosch. Električne komponente smo kupili v podjetju Schrack, senzorje pa v podjetju Ursu.



Slika 23: Dobava motorjev

## 3.2 Elektro del

Elektro del zajema načrtovanje oziroma risanje elektro načrta v računalniškem programu ePLAN in opis vseh električnih komponent, potrebnih za izdelavo elektro omare.

### 3.2.1 Elektro načrt

Napeljava preko frekvenčnikov in krmilnika krmili dva trifazna motorja, ki imata možnost vrtenja v obe smeri. Napravo smo izdelali tako, da lahko deluje na dva režima (ročno in avtomatsko). Hitrost vrtenja motorjev lahko spremojamo tudi z 12 V potenciometri. Elektro načrt smo narisali v programu EPLAN.

Vezava vsebuje tri 16 A varovalke in eno 6 A varovalko, 25 A glavno stikalo, menjalno stikalo, stikalo za izklop v sili, šest 24 V stikal, dva motorni stikali 5,5 A–8 A, dva kontaktorja, dva enofazna frekvenčnika, štiri releje, sponke, 24 V napajalnik in krmilnik Siemens LOGO ter dodatni modul za vhode in izhode.

Vezavo priklopimo na medfazno napetost 400 V, ki napaja tudi trifazne asihrone motorje. Iz medfazne napetosti potegnemo enofazno napetost 230 V za napajanje frekvenčnikov in napajalnika. Iz napajalnika dobimo 24 V, ki jih zvezemo na sponke, iz katerih potem napajamo vhode in izhode krmilnika ter stikala.

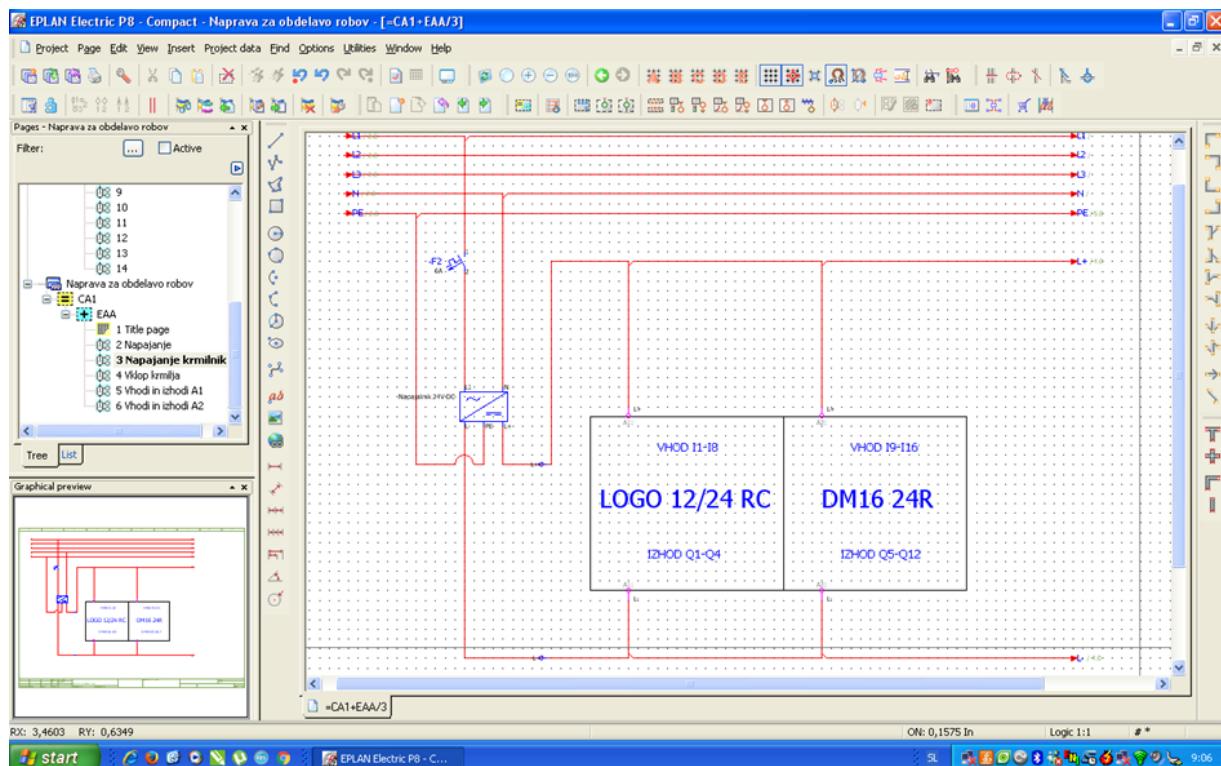
Kako se bodo kontakti vedli, je odvisno od programa, ki ga napišemo v program LOGO. Na vhode krmilnika smo zvezali tipke: na vhod I1 tipko Ročno, na I2 tipko Avtomatsko, na I3 tipko Start, na I4 tipko Stop, na I5 tipko Motor1 naprej, na I6 tipko Motor1 nazaj, na I7 tipko Motor2 naprej in na I8 tipko Motor2 nazaj.

Na dodatni modul vhodov in izhodov smo zvezali senzorje: na vhod I9 kapacitivni senzor, na I10 induktivni senzor1, na I11 induktivni senzor2, na I12 induktivni senzor3, na I13 induktivni senzor4, na I14 induktivni senzor5, na vhod I15 pa smo zvezali kontaktor K2/13-14 za Vklop krmilja.

Izhode krmilnika smo zvezali na releje: na izhod Q1 rele R1/A1, na izhod Q2 rele R2/A1, na izhod Q3 rele R3/A1 in na izhod Q4 rele R4 /A1, ki krmilijo, v katero smer se vrtita motorja.

Izhode na dodatnem modulu smo zvezali na luči, ki zasvetijo, ko je tipka aktivirana po programu krmilnika LOGO.

Releje smo označili s črko R in številko. Releja R1 in R2 sta zvezana na frekvenčnik 1 (FR1). Na rele R1 smo na CO zvezali kontakt CM iz frekvenčnika in na NO kontakt P1 (FX – vrtenje naprej) na frekvenčniku. Rele R2 smo povezali enako kot R1, le da smo NO zvezali na P2 (RX – vrtenje nazaj). Releja R3 in R4 smo zvezali na frekvenčnik 2, enako kot smo zvezali releja R1 in R2 na frekvenčnik 1.



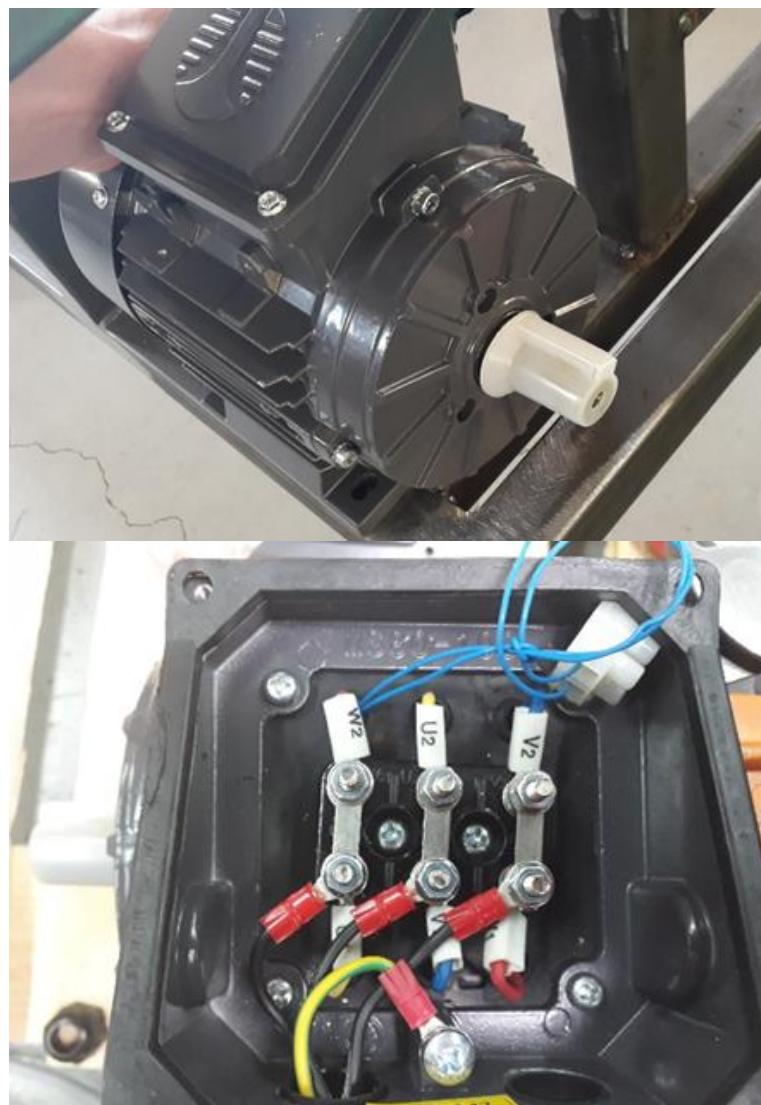
Slika 24: Napajanje krmilnika

### 3.2.2 Opis in predstavitev elektro delov

#### Trifazni elektromotor

Pomembnejši trifazni motorji so asihronski motorji. Vrtilno polje statorja inducira v rotorju napetost, ki požene tok, zaradi česar se rotor vrati. Motorji se imenujejo tudi indukcijski. Motorji imajo na osnovi vrtilnega polja desno smer vrtenja, če so zunanji vodniki L1, L2 in L3 priključeni na sponke U1, V1, W1. Smer vrtenja se spremeni, če med seboj zamenjamo poljubna priključna vodnika [3].

V naši nalogi smo potrebovali dva trifazna motorja. Izbrali smo takšna, ki imata velike obrate in ne tako velikega navora in sta cenovno dostopna. Motorja sta znamke Echtop, največja vrtilna hitrost je 2890 min-1 z močjo 0,75 Kw. Motorja imata stopnjo zaščite IP 55. Napajanje motorjev smo zvezzali v vezavo trikot s sponk U, V, W iz frekvenčnikov.



Slika 25: Trifazni asihronski motor s trikot vezavo

## Frekvenčni pretvorniki

Frekvenčni pretvornik je naprava, ki se uporablja za spremištanje hitrosti trifaznega asinhronskega elektromotorja. Frekvenčni pretvornik nam omogoča, da s spremištanjem frekvence in napetosti reguliramo oziroma krmilimo asinhronski motor [7].

V naši nalogi smo uporabili tudi dva frekvenčnika znamke Ig5A, ki imata enofazni priklop 230 V, njuna moč pa znaša 0,75 Kw. Imata multifunkcijske vhode (P1–P8), ki se programirajo, napetostni analogni vhod V1 (-10–10 V ali 0–10 V), tokovni analogni vhod I (4–20 Ma) in priklop za potenciometer. Izhodi so treh vrst: relejski, tranzistorski in analogni (0–10 V). Zaradi nizke stopnje zaščite IP20 ohišje zahteva vgradnjo v električno omarico [8].



Slika 26: Frekvenčnik

## Krmilnik Siemens LOGO

Je univerzalni logični modul, ki vsebuje krmilno enoto, enoto za prikaz in vnos podatkov, napajalnik, vmesnik razširitvenih modulov, vmesnik za spominski modul in PC-kabel. Ima pripravljene in v praksi uporabne funkcije, kot so: zakasnitev pri vklopu, zakasnitev pri izklopu, impulzni rele, ura realnega časa za časovno upravljanje, spominski biti, vhodi in izhodi [17].

Uporabljali smo krmilnik LOGO! 24 RCE in dodatni modul z vhodi in izhodi LOGO! DM16 24R. Tako smo imeli skupaj na razpolago 12 digitalnih vhodov in 16 digitalnih izhodov.



Slika 27: Krmilnik Siemens LOGO! 24 RCE

### Napajalnik

Napajalnik je naprava, namenjena pretvorbi električne napetosti 230 V v več manjših električnih napetosti, ki jih inštalacija, računalnik potrebuje za svoje delovanje. V naši nalogi napajalnik znamke Schrack (model LP749060--) pretvarja napetost iz 230 V–24 V, ki nato napaja krmilnik in tipke.

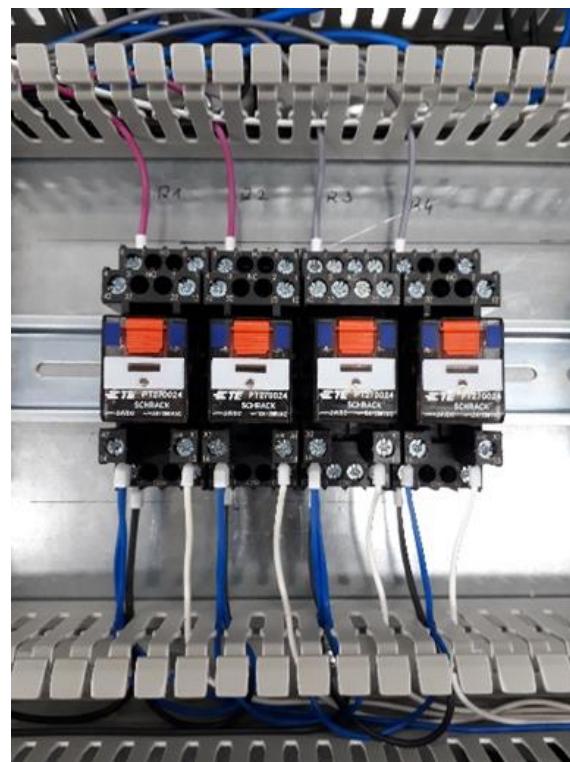


Slika 28: Napajalnik

## Releji in kontaktorji

so stikala z elektromagnetnim aktiviranjem kontaktov. Če tok teče skozi vzbujalno tuljavo (priključka A1 in A2), pritegne gibljivo kotvo in aktivira kontakte. Če se tok skozi vzbujalno tuljavo prekine, vzmet vrne kotvo v začetni položaj. Z releji vklapljam majhna bremena (do 1 Kw), s kontaktorji pa večja bremena [1].

Uporabili smo 4 releje in 2 kontaktorja. Kontaktorja znamke Schrack (model LSDD0715--) napaja medfazna napetost 400 V (L1, L2, L3), tuljave pa napaja 24 V. Tudi releji so znamke Schrack (model PT270024--), napaja jih 24 V. Releje smo uporabili za izhode krmilnika, ki krmilijo motorje (smer vrtenja).



Slika 29: Releji



Slika 30: Kontaktorja

## Senzorji

Za lažje pozicioniranje matic in preverjanje prisotnosti materiala smo uporabili kapacitivne in induktivne senzorje. Kapacitivni senzorji reagirajo na vse materiale z zadostno veliko konstanto dielektričnosti in na kovino. Induktivni senzorji v obliki prožilnika pa so brezkontaktno delujoča elektronska stikala. Uporabljam se za detekcijo kovine in grafita [1].

Uporabili smo 5 induktivnih senzorjev za določanje začetne in končne lege ter kapacitivni senzor za preverjanje prisotnosti. Senzorji so napajani s 24 V in imajo preklopno razdaljo 2 mm.



Slika 31: Induktivni senzor

## Zaščitno stikalo motorja in inštalacijski odklopnik

Namen uporabe je, da ščiti motor in tudi druge električne porabnike. Pretkovna in kratkostična zaščita zagotavlja celotno tokovno zaščito, uporaba varovalk ni potrebna tako kot pri kombinaciji kontaktorja s preobremenitvenim relejem. Naši zaščitni stikali sta znamke Schrack (model BES00200--) in se izklopita med 5.5 A–8.0 A [14].

Odklopnik je vrsta stikala, ki samodejno zazna preobremenitev ali kratek stik v električnem tokokrogu in ga prekine. Odklopnik opravlja enako funkcijo kot talilna varovalka, a ga je za razliko od varovalke po prekiniti tokokroga in odpravi napake možno ponovno vključiti. Uporabili smo tri 16 A inštalacijske odklopnice znamke Schrack (model BM017316--) in enega 6 A (model BM017104-) [9].



Slika 32: Zaščitni stikali motorjev



Slika 33: Inštalacijski odklopniki

## Stikala in tipke

Stikalo je osnovni element električnih tokokrogov, s katerim vključimo ali izključimo (prekinemo) tokokrog. Stikala in tipkala so naprave, s katerimi vklapljam in izklapljam porabnike električne energije [19].

Tipkala so grajena tako, da je električni krog sklenjen tako dolgo, dokler držimo gumb.

Tipke so napajane s 24 V in so povezane z vhodi krmilnika. Stikala so: glavno stikalo ON/OFF, ki je napajano s 400 V, preklopno stikalo, s katerim določamo režim delovanja, in stikalo za izklop v sili, slednja sta napajana s 24 V.



Slika 34: Kontrolni panel

## 3.3 Programski del

Programski del zajema opis programskega paketa LOGO in opis programa s tabelami vhodov in izhodov krmilnika oziroma na splošno, kako je potekalo programiranje.

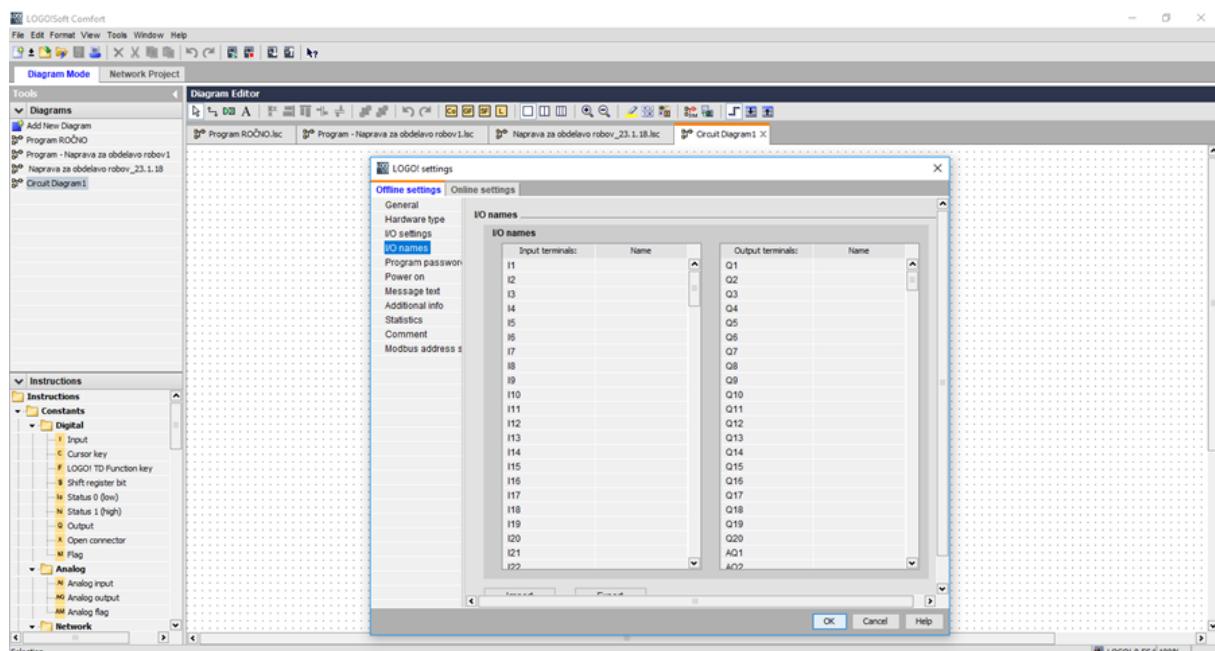
### 3.3.1 Programski paket Logo

LOGO! Soft Comfort predstavlja občutljivo, enostavno in hitro konfiguracijo. Ta omogoča ustvarjanje uporabniških programov z izbiro ustreznih funkcij in njihovo povezavo prek vlečenja in spuščanja. To velja za funkcionalni blokovni diagram in diagram lestvice.

Ugotovljeno je bilo, da je koristno program preklapljati po korakih in ga simulirati ter preizkusiti na osebnem računalniku brez povezave. Ta pristop preprečuje dolgotrajno odpravljanje težav v celotnem materialu. Kratki konfiguracijski časi se uresničijo z ustvarjanjem lastnih makroblokov, v katerih so pogosto ponavljajoči se deli programa shranjeni v makroknjižnici.

Nenazadnje, LOGO! Soft Comfort nudi strokovno dokumentacijo z vsemi potrebnimi projektnimi informacijami, kot so preklop programov, komentarjev in nastavitev parametrov.

LOGO! Soft Comfort ponuja tudi spletno pomoč v zvezi s kontekstom, ki vključuje podrobnosti o posameznih funkcijskih blokih in razlago parametrov ter trendov [18].



Slika 35: Program LOGO! Soft Comfort 8.2

### 3.3.2 Programiranje

Najprej smo se s podjetjem KO-Lovec dogovorili, kateri krmilnik lahko uporabimo. Ker smo se pri pouku učili programirati na program TIA Portal za krmilnike Siemens, smo želeli uporabiti tudi ta krmilnik in program.

Podjetje pa je imelo na zalogi samo krmilnik Siemens LOGO, zato smo se odločili, da ga uporabimo. Krmilnik nam je bil na začetku nekoliko neznan, zato nam ga je njihov programer predstavil in nam pokazal osnove programa LOGO (vklop simulacije, nastavitev vhodov in izhodov ter parametrov časovnikov in števcev).

Programiranje je potekalo v programu LOGO! Soft Comfort 8.2. Najprej smo si izbrali vhode in izhode ter jih poimenovali. V programu smo uporabljali funkcije, kot so set-reset, IN-funkcija, ALI-funkcija, časovnike, vhode in izhode. Vhodi so bili vsi senzorji in tipke, izhodi pa motorji in lučke tipk.

Tabela 4: Tabela vhodov

| Vhod | Ime vhoda      | Vhod | Ime vhoda      | Vhod | Ime vhoda     |
|------|----------------|------|----------------|------|---------------|
| I1   | Ročno          | I6   | Motor 1 nazaj  | I11  | Ind. senzor 2 |
| I2   | Avtomatsko     | I7   | Motor 2 naprej | I12  | Ind. senzor 3 |
| I3   | Start          | I8   | Motor 2 nazaj  | I13  | Ind. senzor 4 |
| I4   | Stop           | I9   | Kap. senzor    | I14  | Ind. senzor 5 |
| I5   | Motor 1 naprej | I10  | Ind. senzor 1  | I15  | Vklop krmilja |

Tabela 5: Tabela izhodov

| Izhod | Ime izhoda         | Izhod | Ime izhoda         |
|-------|--------------------|-------|--------------------|
| Q1    | Motor 1 naprej     | Q7    | Luč motor 1 naprej |
| Q2    | Luč motor 1 nazaj  | Q8    | Luč motor 1 nazaj  |
| Q3    | Luč motor 2 naprej | Q9    | Luč motor 2 naprej |
| Q4    | Luč motor 2 nazaj  | Q10   | Luč motor 2 nazaj  |
| Q5    | Luč ročno          | Q11   | Luč start          |
| Q6    | Luč avtomatsko     |       |                    |

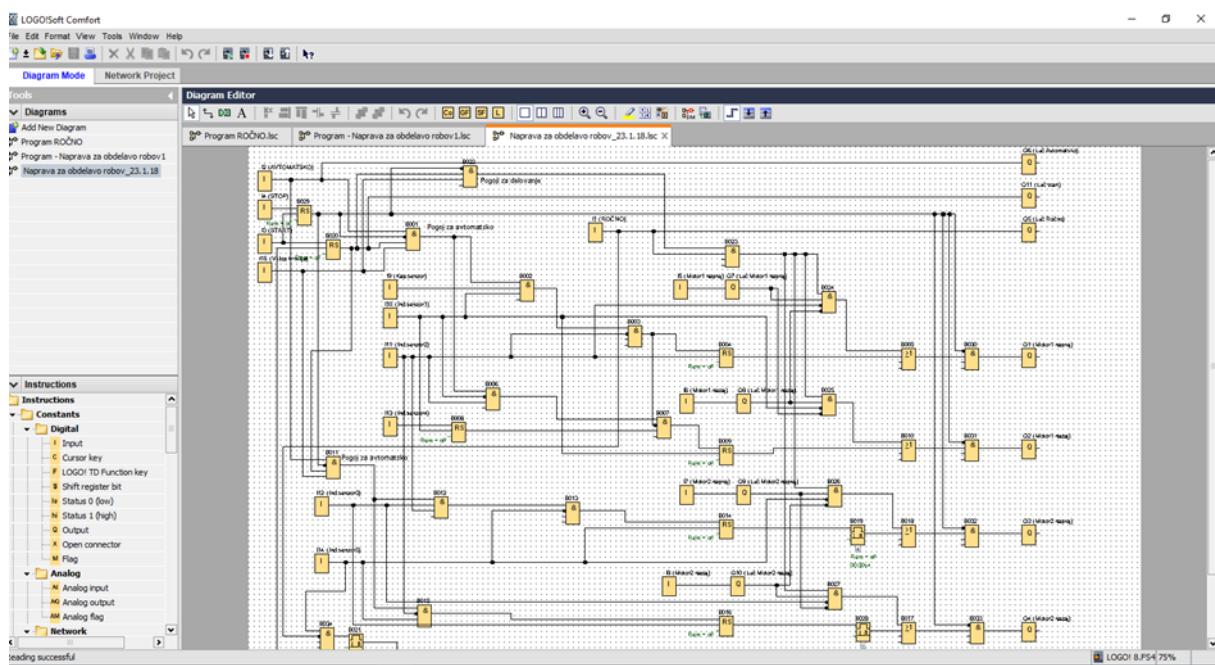
Program je zasnovan tako, da lahko deluje v dveh režimih: ročno in avtomatsko. Pogoj za začetek programa je tipka START, tipka Vklop krmilja in tipka Ročno ali Avtomatsko.

Lučke zasvetijo ob pritisku določene tipke. Npr. ko pritisnemo tipko Start, posveti lučka Start.

Pri ročnem režimu stisnemo posamezno tipko, to so Motor 1 naprej, Motor 1 nazaj, Motor 2 naprej, Motor 2 nazaj in tako motor vrati matico na krogličnem vretenu naprej ali nazaj. Vsako

vrtenje motorja in pomikanje matic je varovano. Ob držanju tipke Motor 1 naprej ali Motor 2 naprej se matica pomika naprej in se ustavi, ko je aktiviran senzor v končni legi (ind. senzor 2 ali ind. senzor 5).

Pri avtomatskem režimu je delovanje odvisno od kapacitivnega senzorja, induktivnih senzorjev in časovnikov. Po pritisku na tipko Start morata biti kapacitivni senzor in induktivni senzor 1 aktivirana, da motor 1 vrta kroglično vreteno X in pomika matico naprej. Izklopi se, ko je aktiviran induktivni senzor 2. Ta čas je konstantno aktiven induktivni senzor 3, kar pomeni, da je matica oziroma motor 2 v začetnem položaju. V času, ko sta aktivirana induktivni senzor 2 in induktivni senzor 3, motor 2 vrta kroglično vreteno Y in pomika matico naprej. Na sredini poti Y se aktivira induktivni senzor 4, ki je pogoj za vrnitev motorja 1 oziroma matice v začetni položaj (ind. senzor 1). Vreteno Y se ustavi v končni legi pri induktivnem senzorju 5. Po preteklu 0,5 sekunde pri aktiviranem induktivnem senzorju 5 se motor 2 oziroma matica vrne v začetni položaj (ind. senzor 3). Ko sta oba motorja oziroma vreteni v začetnem položaju, je program pripravljen za ponoven cikel. Cikel se začne izvajati ob pritisku na tipko Start in ob pogoju, da je kapacitivni senzor zaznal prisotnost materiala.



Slika 36: Program

## 4 IZDELAVA IN TESTIRANJE NAPRAVE ZA OBDELAVO ROBOV

### 4.1 IZDELAVA IN SESTAVLJANJE

#### 4.1.1 Varjenje

Z varjenjem lahko povežemo gradiva v nerazstavljivo zvezo s pomočjo vezave materiala. Materiale na mestu povezave segrejemo do testnatega ali tekočega stanja, ki že omogoča združevanje. Po strjevanju taline se sestavnii deli povežejo drug z drugim v skupno strukturo. Glede na potek procesa razlikujemo varjenje s stiskanjem in talilno varjenje.

Pri varjenju s stiskanjem pride do združitve materialov z delovanjem topote in pritiska, pri talilnem varjenju pa pride do združitve delov z mešanjem enakih ali podobnih materialov v utekočinjenem stanju [1].

Pri našem projektu smo konstrukcijo pohištvenih profilov varili s postopkom MAG. Najprej smo razrezali pohištvene profile na željene dolžine. Razrezane kose smo po sklopih vizualno sestavili in jih po merah točkovno zavarili (Slika 41). Nato smo vse sklope ponovno mersko preverili in dokončno zavarili. Na konstrukcijo smo privarili tudi tečaje za nosilni plošči elektromotorjev, katerim smo dodali še komponente za pritrdirtev pogonskih jermenov.



Slika 37: Konstrukcija brez nog



Slika 38: Konstrukcija z nogami

#### 4.1.2 Brušenje

Brušenje je postopek odrezovanja za izdelavo raznolikih površin obdelovanca z rezilnim orodjem in geometrijsko nedoločenimi rezalnimi robovi. Je najvažnejši postopek za posnemanje robov tudi po mnogih končnih obdelavah. Brusilni material mora biti bistveno trši od brušenega materiala [1].

Po končanem varjenju smo s pomočjo kotne brusilke in brusilne šablone pobrusili zvare.



Slika 39: Brušenje [2]

#### 4.1.3 Vrtanje, grezenje in vrezovanje navojev

Pri vrtanju z odrezovanjem izdelujemo ali razširjamo valjaste odprtine. Vrtanje je odrezovanje s krožnim rezalnim gibanjem. Podajalno gibanje poteka premočrtno v obe smeri osi svedra.

Grezenje s temu primernimi orodji ustreza postopku vrtanja za izdelavo valjastih ali stožčastih ploskev v smeri osi vrtanja in ravnih površin pravokotno na os vrtanja. Poznamo plano grezenje, navrtavanje, stopničasto grezenje in profilno grezenje [1].

Pri vrezovanju navojev z odrezovalnim postopkom se izdelujejo navojni koraki na valjastem steblu ali v izvrtini z eno- ali večreznim orodjem. Pri izdelovanju navojev so največkrat uporabljeni stavek navojnikov, navojnik za matične navoje in strojni navojnik [1].

Po varjenju konstrukcije smo zarisali točke, kjer je bilo potrebno zvrtati luknje. Pozicijo lukenj smo označili s točkalom. Pri tem smo uporabljali vrtalni stroj Bosch in kotni vrtalni stroj Milwaukee, HSS svedra Ø4, Ø6,5 in strojni navojnik Ø8. Najprej smo zvrtali luknjo Ø4, jo nato povečali s svedrom Ø6,5 in s strojnim navojnikom Ø8 vrezali navoj. V nekatere luknje pa smo vstavili vlečne matice M8.



Slika 40: Svedri [20]

#### 4.1.4 Struženje

Struženje je odrezovanje s krožnim rezalnim in podajalnim gibanjem, prečnim na smer rezanja. Pri tem izvaja obdelovanec rezalno (glavno) gibanje in orodje podajalno gibanje. Po smeri podajanja orodja glede na os obdelovanca se struženje deli na vzdolžno in čelno, glede na mesto obdelave pa na notranje in zunanje struženje [1].

V podjetju KO-Lovec so nam na CNC-stružnici DOOSAN Lynx 220LY postružili aluminijasto podložko (Slika 41), ki smo jo potrebovali za pritrditev roke na matico krogličnega vretena.



Slika 41: Postružena podložka



Slika 42: CNC-stružnica DOOSAN Lynx 220LY

#### 4.1.5 Rezkanje

Rezkanje je postopek odrezovanja za izdelavo poljubnih površin obdelovanca z večreznim orodjem in s krožnim gibanjem. Pri rezkanju se krožno rezalno gibanje izvaja z orodjem (rezkalom). Podajalna gibanja opravlja obdelovanec. Pristavljanje se lahko izvaja z obdelovancem ali z orodjem [1].

V podjetju Strugarstvo Rožič so nam obdelali držala za nože.



Slika 43: Mori seiki NV5000 α1

#### 4.1.6 Upogibanje kovine

Upogibanje sodi med najbolj razširjene tehnološke postopke preoblikovanja pločevine, profilov in cevi. Pri upogibanju se pojavljajo elastične in trajne deformacije, notranja vlakna se nakrčijo, pravokotno na to smer se širijo, zunanjega vlakna se raztezajo in hkrati ožijo. Pločevina se mora zaradi elastične izravnave upogniti za večji kot od zahtevanega, v nasprotnem primeru je krivina po razbremenitvi manjša [4].

V naši nalogi smo postopek upogibanja kovine uporabljala pri izdelavi potisne roke, stabilizatorjev in elektro omare.



Slika 44: Naprava za upogibanje pločevine

#### 4.1.7 Pehanje

Pehanje je postopek odrezavanja, pri katerem glavno gibanje opravlja orodje, obdelovanec pa vpet miruje. Ločimo vodoravno in pokončno pehanje. Največji pomen ima pehanje pri obdelavi kombinacije valjastih in ravnih ploskev, ki je drugače komaj izvedljiva [15].

Pri podjetju Tehovnik so nam sprehali utore v zobate jermenice, in sicer dva utora Ø10 h7 in dva utora Ø19 h7 po standardu.



Slika 45: Zobata jermenica s pehanim utorom

#### 4.1.8 Izdelava elektro omare

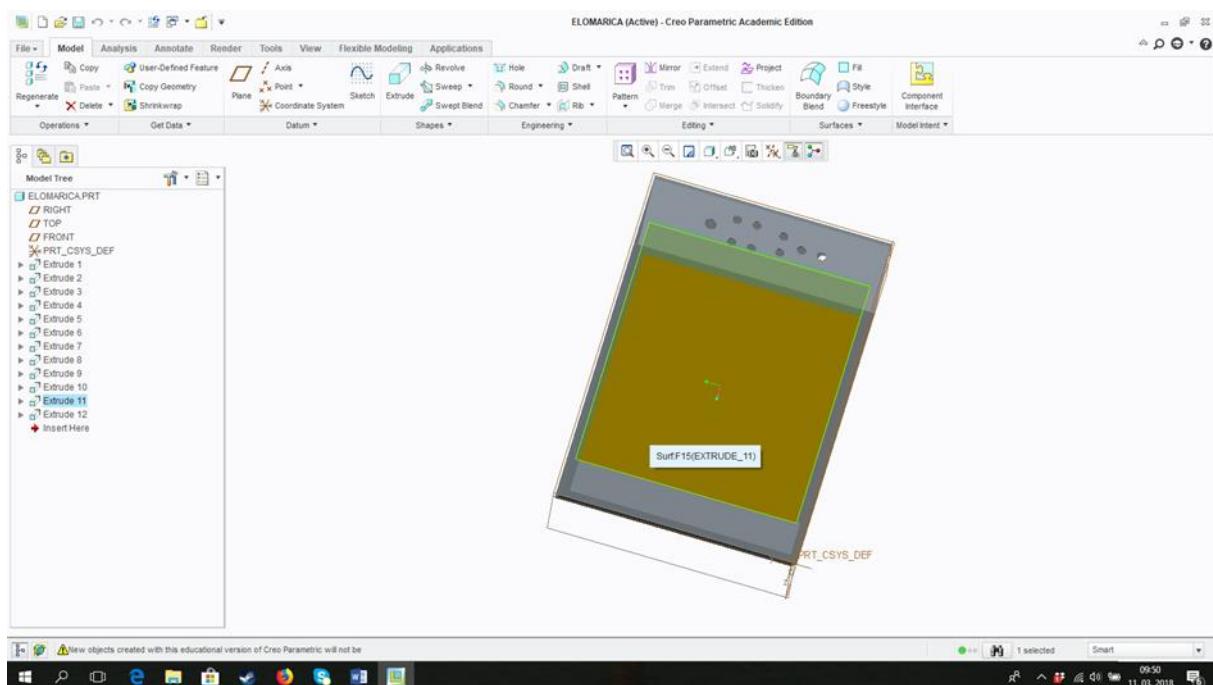
Po dobavi električnih komponent smo se lotili načrtovanja elektro omare. Za lažje načrtovanje smo vse komponente in kanale postavili na mizo. Postavili smo jih tako, kot bodo nameščeni v elektro omari. Izmerili smo vse potrebne mere in izdelali načrt za panel. Potem smo narisali približno skico elektro omare. Skica je vsebovala podatke, kako in kam se bodo odpirala vrata, kje bo odprtina za dovod kablov iz omrežja in iz omare, ter kje bosta privijačena panel s komponenti in kontrolni panel (tipke). Po skici smo narisali načrt, ga skotirali in ga nato narisali še v program CREO Parametric 2.0. Načrt smo nato posredovali podjetju KO-Lovec, kjer so nam izdelali elektro omaro (izsekali so pločevino, jo upognili, zavarili in prašno pobarvali).

Ko je bila omara izdelana, smo najprej začeli s postavitvijo komponent na panelu. Zarisali smo, kje bodo frekvenčniki, kanali in letve za pritrditev relejev, krmilnika, motornega stikala, varovalk, sponk in kontaktorjev. Vse komponente smo namestili na letve in začeli vezati omaro po električnem načrtu. Za lažjo preglednost se signalni kabli ločijo po barvi (beli, sivi, vijoličen) in imajo prerez  $0,5 \text{ mm}^2$ . Močnostni kabli, ki dovajajo medfazno napetost 400 V

(L1, L2, L3), so črne barve in imajo prerez  $1,5 \text{ mm}^2$ . Enak prerez imajo tudi kabli za ozemljitev frekvenčnikov in napajalnika, ki so rumeno-zelene barve, in nevtralni kabli, ki so modre barve.

V napajalnik smo pripeljali napetost 230 V in na izhodu dobili napetost 24 V. Barva kabla za ozemljenje in nevtralnega kabla je ostala enaka, samo prerez smo zmanjšali na  $0,5 \text{ mm}^2$ . Barvo dovodnega kabla pa smo spremenili na kabel z rjavom bravo in s prerezom  $0,5 \text{ mm}^2$ .

Po končani vezavi smo vstavili panel v omaro in ga privijačili. Odprtino za dovod kablov smo zavarovali z gumo in na vrata namestili še ležaje in ključavnico. Zmontirali smo še glavno stikalo, stikalo za izklop v sili in ostale tipke na kontrolni panel.



Slika 46: Elektro omara v programu Creo 2.0



Slika 47: Elektro omara

#### 4.1.9 Montaža

Na konstrukcijo smo privili številne komponente, kot so tirna vodila, ležaji, stabilizatorji, držala za nože, elektro omara, jermenji, jermenici in nosilca motorjev. Luknje za tirna vodila in ležaje smo zvrtali s svedrom Ø7, da smo lahko vanje vstavili vlečne matice M5. Vse komponente smo sproti naravnivali, da ne bi prišlo do odstopanj, in jih na koncu čvrsto pritrdili.

#### 4.1.10 Prašno barvanje

Prašno barvanje je ekološko neoporečen postopek, pri katerem barvo v prahu s posebno elektrostatično napravo (avtomatsko ali ročno pištolo) nanesemo na kovino in jo v peči segrejemo (do višine 180 °C–190 °C), da polimerizira. Izdelek mora biti pred nanosom barve predhodno ustrezno kemijsko obdelan, da na koncu dosežemo željeno korozjsko obstojnost. Iz ohišja oziroma konstrukcije naprave smo demontirali vse sestavne dele. Konstrukcijo smo pripravili za prašno barvanje in jo prebarvali z barvo po RAL lestvici 9002. Enako smo naredili z elektro omaro, le da smo uporabili modro barvo po RAL lestvici 5010.



Slika 48: Prašno prebarvana elektro omara

## 4.2 TESTIRANJE

Po končni montaži (prašnem barvanju in sestavljanju) je sledilo testiranje naprave. Za dobro delovanje smo morali pravilno nastaviti parametre frekvenčnikov (do max. 25 Hz), ki imajo možnost nastavljanja hitrosti tudi preko potenciometra, pozicije stabilizatorjev in pozicije nožev ter držal za nože glede na mero.

Pri prvem poizkusu nismo bili najbolj zadovoljni z rezultatom, ker smo rezila nožev premalo pomaknili na plastično ploščo, zato so robeve premalo obdelali.

Pri drugem poizkusu smo ugotovili, da plastična plošča štarta s preveliko hitrostjo, kar je vplivalo na ostrino nožev. S tem smo pridobili tudi slabši rez. To napako smo odpravili tako, da smo v program vstavili časovnike in nastavili nekaj dodatnih parametrov v frekvenčnike, kar nam je omogočilo počasnejši štart motorjev oziroma plošč do nožev, nato pa so pospešili na programsko hitrost (max. 25 Hz).

Pri tretjem poizkusu pa smo že dobili željene rezultate. Problem se je pojавil samo pri času obdelave, kar smo hitro odpravili s povečanjem hitrosti. To je zagotavljalo tudi hitrejši izmet in lažje zlaganje plastičnih plošč.

Po testiranju smo začeli z iskanjem novih možnosti za nadgradnjo stroja, ki smo jih predlagali podjetju KO-Lovec. Napravo bi za obdelovanje robov lahko nadgradili še z/s:

- stranskim izmetom plošč, ki so že obrezane,
- avtomatskim zlaganjem plošč na paleto,
- štetjem kosov,
- nastavitevjo stabilizatorjev in nožev na več dimenzijskih mer plošč,
- avtomatskimi pomiki stabilizatorjev z vpisovanjem mer na zaslon,
- zaslonom na dotik, ki lahko javlja napake (>> paleta polna <<, >> obraba noža<< ...),
- spominskim beleženjem vseh izrezanih kosov in serij,
- samodejnim čiščenjem odrezkov (pnevматско) v koš,
- dodatnim prostorom pod obdelovalno podlogo za odlaganje različnih škatel za druga dela.



Slika 49: Sestavljanje naprave

## 5 PREDSTAVITEV REZULTATOV RAZISKOVALNE NALOGE

Vse zastavljene hipoteze smo preverili skupaj s podjetjem KO-Lovec. Izdelana naprava je olajšala delo delavcu, je varna za uporabo in bo zagotovila produktivnejši postopek izdelave oziroma bo pospešila delo v proizvodnji. Menimo, da bo tudi hipoteza glede zmanjšanja stroškov podjetja potrjena. Sama naprava ne zavzema veliko prostora, uporabna pa je tudi v času nedelovanja postopka pobiranja robov, saj je na njenem vrhu uporabna odlagalna površina.

Skupna vrednost nabavljenih sestavnih delov naprave je 2500 €, medtem ko našega vloženega dela nismo posebej ovrednotili.

|  |   |
|--|---|
| 1. Naprava bo omogočila produktivnejšo izdelavo. | ✓ |
| 2. Naprava bo zmanjšala stroške podjetja.        | ? |
| 3. Naprava bo olajšala delo delavcu.             | ✓ |
| 4. Naprava bo varna pri delu.                    | ✓ |
| 5. Naprava bo porabila čim manj prostora.        | ✓ |

## **6 ZAKLJUČEK**

Med izdelavo raziskovalne naloge smo se veliko naučili, saj je konstruiranje in izdelava naprave povsem nova stvar za nas. Nastopile so tudi številne težave s konstruiranjem, programiranjem in spajanjem elementov med seboj, ki pa smo jih rešili tako, da smo se posvetovali z mentorji in zaposlenimi v podjetju KO-Lovec in KOPP. Elemente, ki sestavljajo našo napravo, smo skrbno preučili in preverili njihove prednosti in slabosti. To se je pokazalo predvsem pri izbiri krogličnega vretena, saj so bile na voljo tudi druge možnosti. Pri izdelavi programa smo si pomagali z raznimi piročniki za programiranje, poklicali pa smo tudi številna podjetja, ki so si med seboj konkurenčna, in si tako zagotovili čim nižjo nabavno ceno.

## 7 VIRI IN LITERATURA

- [1] BARTENSCHLAGER, J. Mehatronika. Ljubljana: Založba Pasadena. 2009.
- [2] Brušenje (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://www.gminzenjering.co.rs/3m-brusni-materijal.php>
- [3] e-ELEKTROTEHNIKA plus: trifazni elektromotor (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu: [http://eele.fe.uni-lj.si/wiki/index.php/Trifazni\\_elektromotor](http://eele.fe.uni-lj.si/wiki/index.php/Trifazni_elektromotor)
- [4] eGradiva: upogibanje (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://egradivo.ecnm.si/PREO/upogibanje.html>
- [5] ENAA.com (online). (citirano 22. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
[https://www.enaa.com/oddelki/conrad/izd\\_5645\\_co800791\\_naprava\\_za\\_posnemanje\\_robov\\_in\\_ravno](https://www.enaa.com/oddelki/conrad/izd_5645_co800791_naprava_za_posnemanje_robov_in_ravno)
- [6] Fingal trade (online). (citirano 22. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.fingaltrade.com/rocna-naprava-za-posnemanje-robov-bm20/>
- [7] Frekvenčni pretvornik (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
[https://sl.wikipedia.org/wiki/Frekven%C4%8Dni\\_pretvornik](https://sl.wikipedia.org/wiki/Frekven%C4%8Dni_pretvornik)
- [8] GO TO: Frekvenčni pretvornik iG5A (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <http://www.goto.si/ig5a/>
- [9] Inštalacijski odklopnik (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Odklopnik>
- [10] Kroglično vreteno (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.mm-intercom.si/izdelki/linearna-tehnika/vretena-in-matice/>
- [11] Ležaji (online). (citirano 18. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <https://www.mm-intercom.si/izdelki/lezajna-tehnika/>
- [12] Linearna vodila (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.mm-intercom.si/izdelki/linearna-tehnika/linearna-vodila-in-vozicki/>
- [13] Misirl group (online). (citirano 22. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://www.misirligroup.com/zimpara-makinesi.php>
- [14] Motorska zaščitna stikala (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
[http://www.eti.si/images/userfiles/slSI/documents/products/building\\_industry/Motorsk\\_a\\_zascitna\\_stikala.pdf](http://www.eti.si/images/userfiles/slSI/documents/products/building_industry/Motorsk_a_zascitna_stikala.pdf)
- [15] Pehanje (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
[https://sl.wikipedia.org/wiki/Pehanje\\_in\\_skobljanje](https://sl.wikipedia.org/wiki/Pehanje_in_skobljanje)

- [16] Rezkalo (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://www.ceneje.si/Izdelek/2579301/orodje-in-stroji/rocno-orodje/ostalo-rocno-orodje/bosch-rezkar-za-les-6x135x53-mm>
- [17] SIEMENS: LOGO! Priročnik (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <http://www2.arnes.si/~sspbvrec/LOGO/LOGO%20Prirocnik.pdf>
- [18] SIEMENS: LOGO! Software (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-software/pages/default.aspx>
- [19] Stikala (online). (citirano 17. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<https://sl.wikipedia.org/wiki/Stikalo>
- [20] Svedri (online). (citirano 22. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://zibtr.com/dobavitelj/ilix>
- [21] TruPunch 1000 (online). (citirano 22. 2. 2018). Dostopno na naslovu:  
<http://candela.co.uk/candela-invests-in-new-machinery-to-increase-production-capacity/>