

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA  
**DIAMOND CUT NAPRAVA**

Tematsko področje: Interdisciplinarno (računalništvo, strojništvo)

Avtorji:  
Luka Hergold, 4.letnik  
Jaka Vitko, 4.letnik  
David Vajdec, 4.letnik

Mentor:  
Uroš Remenih, inž. inf.

Somentor:  
Samo Železnik

Velenje, 2018

Raziskovalna naloga je bila opravljena na ŠC Velenje, Elektro in računalniški šoli, 2018

Mentor: Uroš Remenih, inž. inf.

Somentor: Samo Železnik

Datum predstavitve:

## **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD ŠC Velenje, šolsko leto 2017/2018

KG Struženje / platišča / avtomatika / popravilo / elektronika / strojništvo

AV HERGOLD, Luka / VITKO, Jaka / VAJDEC, David

SA REMENIH, Uroš / ŽELEZNIK, Samo

KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

ZA ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2018

LI 2018

IN **DIAMOND CUT NAPRAVA**

TD Raziskovalna naloga

OP VII, 66 str., 3 pregl., 68 sl., 14 pril., 25 vir.

IJ SL

JI sl/en

AI Živimo v času, ko je na cestah iz dneva v dan več avtomobilov, pri nakupu novega ali rabljenega avtomobila pa je za ljudi najpomembnejši videz. Dober izgled vozila poleg oblike in barve predstavljajo platišča, ki lahko slabo ohranjen avtomobil spremenijo v dih jemajoče vozilo. V zadnjem času so v velikem porastu ti. Diamond cut platišča, ki so moderna, športna, nekoliko dražja ter se od navadnih razlikujejo v tem, da je pri njih v ospredju sijaj, ki poskrbi za izjemen videz. V Sloveniji se z njihovim popravilom profesionalno ne ukvarja še nihče oziroma je popravilo nenatančno, zamudno in dolgotrajno. To je bil glavni razlog, da smo to področje raziskali. Naš cilj je bil popraviti poškodovano platišče tako, da dosežemo sijaj, kot ga imajo nova platišča. Odločili smo se za izdelavo avtomatizirane stružnice, ki bi najprej posnela obliko platišča, nato pa z diamantnim stružnim nožem platišče popravila. Raziskovanje smo si razdelili na več delov. Sprva smo raziskali, kakšna naprava bi ustrezala našim zahtevam, jo izrisali v 3D različici in se lotili izdelave. Najprej smo izdelali konstrukcijo oziroma strojni del, sledila je smiselna povezava vseh elektronskih komponent, želeli pa smo doseči tudi enostavno, prijazno ter varno uporabniško izkušnjo. Na koncu smo primerjali popravljeno platišče z novim prav tako pa so nas zanimali stroški izdelave naprave. Pri raziskovanju smo pridobili veliko izkušenj z mentorjevo pomočjo pa smo svoje znanje še bolj izpopolnili.

## KEY WORD DOCUMENTATION

ND ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2018  
CX turning / rims / automatics / repairment / electronics / mechanical engineering  
AU HERGOLD, Luka / VITKO, Jaka / VAJDEC, David  
AA REMENIH, Uroš / ŽELEZNIK, Samo  
PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3  
PB ŠC Velenje, Elektro in računalniška šola, 2018  
PY 2018  
TI **DIAMOND CUT MACHINE**  
DT Research work  
NO VII, 66 p., 3 tab., 68 fig., 14 ann., 25 ref.  
LA SL  
AL sl/en

AB We are living in a time with more and more cars being on the road every single day and when buying a new or used car, the most crucial part for many people is the car's appearance. Aside from its color and shape, rims affect the car's looks a lot, since they can turn an old and used car into a breathtaking vehicle. The so-called diamond cut rims have been growing in popularity in recent times, as they are modern, sportlike but have a slightly higher price. The main difference from the classic alloy rims is their finish, as it is a lot shinier, thus making the rim look exceptional. In Slovenia, there has not been a person yet who would deal with the repair of this kind of rims professionally or the repair itself is inaccurate and time-consuming. That was one of the main reasons we looked into this specific field. Our goal was to repair a damaged rim in a way that we could reach the final finish as the new, store-bought rims have. We decided to make an automated lathe that would start with recording and remembering the shape of the rim and then continue with repairing it with a diamond tipped turning knife. We split our research work into different parts. Firstly, we researched the type of a machine that would suit our needs, then drew and modelled it in a 3D version and started with its construction, first by constructing the mechanical part of the machine, followed by a logical connection of all the electronic components. We also wanted to achieve an easy-to-use, user-friendly experience. Finally, we compared the repaired rim with the new one and were also interested in expenses needed to construct such a machine. While researching, we have gained a lot of new experience and, with the help of our mentor, broadened our knowledge even further.

## Kazalo vsebine

1	UVOD.....	1
1.1	Hipoteze.....	1
2	PLATIŠČA.....	2
2.1	Vrste platišč.....	2
2.1.1	Jeklena platišča.....	2
2.2	Lita aluminijasta platišča.....	3
2.2.1	Diamond cut aluminijasta platišča.....	4
2.3	Karakteristike.....	5
2.3.1	Premer in širina platišča.....	5
2.3.2	Profil platišča.....	6
2.3.3	ET.....	6
2.3.4	Odprtina za centriranje.....	7
2.3.5	Razmerje med vijaki.....	7
2.3.6	Vrste vijakov za platišča.....	8
3	POŠKODBE IN POPRAVILO PLATIŠČ.....	8
3.1	Poškodbe jeklenih platišč.....	8
3.2	Poškodbe aluminijastih platišč.....	9
3.3	Popravilo aluminijastih in jeklenih platišč.....	10
3.3.1	Priprava platišča.....	10
3.3.2	Ravnanje.....	11
3.3.3	Varjenje in brušenje.....	11
3.3.4	Obdelava s struženjem.....	12
3.3.5	Peskanje in prašno barvanje.....	12
3.3.6	Poliranje.....	13
3.4	Struženje.....	14
3.4.1	Stružno orodje.....	15
3.4.2	Parametri.....	16
3.4.3	Rezalna hitrost.....	16
3.4.4	Podajanje.....	17
3.4.5	Popravilo platišč z načinom diamond cut.....	18
4	VRSTE DIAMOND CUT NAPRAV.....	19

4.1	Horizontalne CNC naprave .....	19
4.2	Vertikalne CNC naprave .....	20
5	PREGLED STANJA TEHNIKE .....	21
5.1	STROJNI ELEMENTI.....	21
5.1.1	Ogrodje .....	21
5.1.2	Pločevina.....	23
5.1.3	Stružna (vpenjalna) glava .....	24
5.1.4	Distančnik .....	25
5.1.5	Linearna vodila .....	26
5.1.6	Odrezilni nož.....	28
5.2	PREGLED ELEKTRONSKEGA DELA .....	29
5.2.1	Elektromotorji .....	29
5.2.2	Frekvenčni pretvornik.....	31
5.2.3	Napajalnik .....	32
5.2.4	Potenciometer .....	33
5.2.5	Regulator napetosti LM2596 DC – DC .....	34
5.2.6	Rele in kontaktor.....	35
5.2.7	Arduino .....	36
5.2.8	LED Zaslon.....	37
5.2.9	Izdelava tiskanega vezja .....	38
5.2.10	Vezava elektronskih komponent.....	39
5.3	SESTAVA.....	41
6	EKONOMSKI VIDIK .....	43
6.1	Predstavitev poslovne ideje.....	43
6.2	Kupec .....	44
6.3	Stroški izdelave naše naprave .....	44
6.4	Amortizacijska doba .....	44
7	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	46
7.1.1	Ogrodje .....	51
7.1.2	Vezava.....	51
7.1.3	Zagon .....	51
7.1.4	Obdelava .....	52

7.2	Delovanje .....	53
8	TEHNIČNE SPECIFIKACIJE .....	55
8.1	Rezalna hitrost [Vc] .....	55
8.2	Število vrtljajev [n] .....	55
8.3	Poraba energije na eno struženje.....	55
8.4	Tehnične karakteristike .....	55
9	ZAKLJUČEK .....	56
10	ZAHVALE.....	58
11	VIRI IN LITERATURA .....	59
12	PRILOGE.....	61

### **Kazalo slik**

Slika 1:	Jekleno platišče Vir [1] .....	2
Slika 2:	Lito aluminijasto platišče Vir [2].....	3
Slika 3:	Diamond cut aluminijasto platišče Vir [3] .....	4
Slika 4:	Oznake platišča Vir [2].....	5
Slika 5:	Velikost platišča Vir [4] .....	5
Slika 6:	Profili platišč Vir [2].....	6
Slika 7:	Položaj ET Vir [5] .....	6
Slika 8:	Razdalje med vijaki različnih platišč Vir [4].....	7
Slika 9:	Vrste vijakov Vir [2].....	8
Slika 10:	Poškodovano jekleno platišče Vir [6].....	9
Slika 11:	Poškodovano aluminijasto platišče Vir [7].....	9
Slika 12:	Snemanje pnevmatike in čiščenje Vir [8].....	10
Slika 13:	Naprava za ravnanje platišč Vir [9].....	11
Slika 14:	Varjenje ALU platišča s postopkom TIG Vir [9].....	11
Slika 15:	Platišče vpeto v klasično stružnico Vir [10].....	12
Slika 16:	Peskanje alu platišča Vir [11] .....	13
Slika 17:	Poliranje platišča Vir [12].....	13
Slika 18:	Osnove struženja Vir [13].....	14
Slika 19:	Struženje obdelovanca in osnovni pojmi Vir [13].....	15

Slika 20: Izračun rezalne hitrosti Vir [13] .....	16
Slika 21: Tabela števila vrtljajev pri struženju Vir [13] .....	17
Slika 22: Diamond cut naprava DC-1 Vir [14].....	18
Slika 23: Najkvalitetnejša horizontalna Diamond cut stružnica Vir [15].....	19
Slika 24: Klasična diamond cut stružnica Vir [16].....	20
Slika 25: DC-2 naprava Vir [14].....	20
Slika 26: Ogrodje naprave Vir [Lasten].....	21
Slika 27: Varjenje ogrodja naprave z MIG postopkom Vir [Lasten].....	22
Slika 28: Prebarvano ogrodje s prašno barvo Vir [Lasten].....	22
Slika 29: Pritrjevanje pločevine na ogrodje Vir [Lasten] .....	23
Slika 30: 3D model stružne glave in končen produkt Vir [Lasten] .....	24
Slika 31: Aluminijski distančnik Vir [Lasten] .....	25
Slika 32: Dvoje linearnih vodil Vir [17].....	26
Slika 33: Profila s krogličnimi ležaji Vir [17] .....	27
Slika 34: Distančnika za palice vodil Vir [17].....	27
Slika 35: Konstrukcija naših vodil Vir [Lasten] .....	27
Slika 36: Navojna palica vodil z ležaji Vir [Lasten].....	27
Slika 37: Prikaz koordinatnih osi naše naprave Vir [Lasten] .....	28
Slika 38: Stružni nož s karbidno ploščico Vir [Lasten].....	28
Slika 39: PCD stružna ploščica Vir [Lasten] .....	28
Slika 40: 3-fazni elektromotor in napisna ploščica Vir [Lasten] .....	29
Slika 41: Koračna motorja vsakega izmed vodil Vir [Lasten].....	30
Slika 42: Gonilnik za koračne motorje in vse komponente povezane Vir [Lasten] .....	31
Slika 43: OMRON frekvenčni pretvornik Vir [Lasten] .....	32
Slika 44: Napajalnik z izhodno napetostjo 36V DC Vir [Lasten] .....	33
Slika 45: Linearna potenciometra Vir [Lasten] .....	34
Slika 46: BUCK konverter oz. regulator napetosti Vir [18].....	34
Slika 47: Relejska ploščica mikrokrmilnika Arduino Vir [Lasten] .....	35
Slika 48: 3-fazni kontaktor Vir [Lasten].....	35
Slika 49: Mikrokrmilnik Arduino UNO Vir [19] .....	36
Slika 50: LED zaslon s programom Vir [Lasten] .....	37
Slika 51: Narisano vezje v programu Sprint-Layout Vir [Lasten].....	38
Slika 52: Izdelovanje tiskane ploščice s 3-koordinatnim rezkalnikom Vir [Lasten] .....	39



Slika 53: Notranjost in zunanost elektro omarice Vir [Lasten] .....	40
Slika 54: Notranjost škatlice s tiskanim vezjem Vir [Lasten].....	40
Slika 55: Povezava vseh elektronskih komponent Vir [Lasten] .....	41
Slika 56: Slika naprave z dokončanimi vratci Vir [Lasten] .....	42
Slika 57: LED luč Vir [Lasten] .....	42
Slika 58: Predstavitev ideje o napravi na Start-UP vikendu Vir [Lasten] .....	43
Slika 59: Primerjava vodil Vir [Lasten] .....	47
Slika 60: Primerjava stružnih glav Vir [Lasten] .....	47
Slika 61: Primerjava LED zaslonov Vir [Lasten] .....	47
Slika 62: Platišče pred in po obdelavi Vir [Lasten] .....	49
Slika 63: Ročno popravilo platišč Vir [Lasten] .....	49
Slika 64: Poskus branja oblike in sledenja noža po njej Vir [Lasten] .....	52
Slika 65: Vstavljanje platišča in dva kontrolna gumba Vir [Lasten] .....	53
Slika 66: Položaj potenciometra na platišču Vir [Lasten] .....	54
Slika 67: Obdelava platišča Vir [Lasten] .....	54
Slika 68: Končen izgled naprave Vir [Lasten].....	57

## **Kazalo enačb**

Enačba 1: Izračun rezalne hitrosti.....	16
Enačba 2: Izračun števila vrtljajev 1 .....	55
Enačba 3: Izračun števila vrtljajev 2 .....	55
Enačba 4: Izračun cene enega struženja.....	55

## **Kazalo tabel**

Tabela 1: Velikosti platišč Vir [2] .....	5
Tabela 2: Tabela stroškov Vir [Lasten] .....	45
Tabela 3: Tehnični podatki Vir [Lasten].....	55

## **Kazalo Prilog**

Priloga 1: 3D model naprave Vir [Lasten].....	61
Priloga 2: 3D model naprave z vstavljenim platiščem Vir [Lasten] .....	61

Priloga 3: 3D model naprave brez pločevine Vir [Lasten] .....	61
Priloga 4: Izris stružne glave v 2D in 3D Vir [Lasten] .....	62
Priloga 5: 3D model vodil Vir [Lasten] .....	62
Priloga 6: Skice izrezanih pločevin na surovcu Vir [Lasten] .....	62
Priloga 7: Izris distančnika v 2D in 3D Vir [Lasten] .....	62
Priloga 8: Elektronska shema komponent Vir [Lasten].....	62
Priloga 9: Zaslon ob vklopu naprave Vir [Lasten] .....	62
Priloga 10: Branje Vir [Lasten] .....	62
Priloga 11: Rezanje Vir [Lasten] .....	62
Priloga 12: Konec obdelave Vir [Lasten] .....	62
Priloga 13 Program Vir [Lasten] .....	62
Priloga 14 Program 2 Vir [Lasten] .....	62

## **Kazalo kratic**

Diamond cut – (diamantni rez) Ta izraz smo uporabili saj se v Sloveniji še ni pravega poimenovanja za to vrsto platišč in obdelovalnega postopek.

Cola – 25,4mm

Inch – 25,4 mm

V(Volt) – enota za označevanje električne napetosti. Npr. 230V

A(Amper) – enota za označevanje električnega toka. Npr. 10A

MIG (Metal Inert Gas) – vrsta obločnega varjenja pri katerem se kot zaščitni plini uporabljajo inertni plini, kot je argon. Uporablja se taljiva elektroda, ki je pobakrena žica. Med elektrodo in varjencem pa se ustvari oblok.

TIG (Tungsten Inert Gas) – vrsta obločnega varjenja pri katerem žari oblok med netaljivo volframovo elektrodo in varjencem. Dodajamo lahko dodajni material, ki je enake sestave kot varjenec.

## 1 UVOD

Na naših cestah je iz dneva v dan več avtomobilov, zato se v času, ko je aktualna menjava zimskih pnevmatik, marsikdo odloči tudi za menjavo platišč, bodisi za aluminijasta ali jeklena, večja ali manjša ... Nekaterim pa je pomemben tudi izgled in oblika, zato se raje odločijo za modernejša, bolj športna in bolj prestižna diamond cut platišča, pri katerih z diamantnim struženjem dosežemo lesk platišča. Nakup novih platišč velikokrat predstavlja prevelik strošek, zato se marsikdo raje odloči za njihovo popravilo, posledično pa je popravilo poškodovanih ALU platišč panoga, na področju katere se v današnjem času pojavlja precejšnje povpraševanje. Popravilo zajema več postopkov kot so ravnanje, peskanje, barvanje in lakiranje. Postopek popravila diamond cut platišč pa se nekoliko razlikuje od popravila navadnih platišč, saj je potrebno poleg vseh omenjenih postopkov dodati še struženje oziroma brušenje, če želimo platišču povrniti enak sijaj kot takrat, ko smo ga kupili. V Sloveniji se z njihovim popravilom profesionalno ne ukvarja še nihče oziroma je popravilo nenatančno, zamudno in dolgotrajno.

Namen raziskovalne naloge je izdelati napravo za popravilo diamond cut platišč, ki deluje tako, da najprej izmeri obliko platišča, nato pa iz njega odstrani tanko plast materiala in mu povrne sijaj. Bisto naše naprave je, da bi popravilo postalo kvalitetno in obenem hitro ter varno. Prav tako pa smo se osredotočili na preprosto uporabo s pomočjo digitalnega zaslona, na cenovno ugodno izdelavo in na želje naše stranke in se tako prilagodili njenim potrebam.

### 1.1 Hipoteze

Na začetku raziskovanja smo si postavili naslednje hipoteze:

- Narediti je mogoče napravo, ki se lahko primerja s konkurenčnimi napravami na trgu.
- Z diamond cut napravo lahko platišče postružimo hitreje in natančneje kot z ročno obdelavo ali navadnim struženjem.
- S takšno napravo je mogoče obliko platišča tudi preoblikovati oziroma spremeniti.

## 2 PLATIŠČA

V 1. tisočletju pred našim štetjem je bil okoli lesenih koles uveden železni rob, kar je pomenilo nov razvoj koles in nastanek platišč kot jih poznamo danes. Platišča predstavljajo zunanji rob kolesa, ki drži pnevmatiko na mestu, notranji rob pa je pritrjen na vozilo največkrat je to avtomobil, tovornjak ... Velikokrat pa z besedo platišče poimenujemo kar celotno kolo s pnevmatiko. Avtomobilska platišča so poleg pnevmatik zelo pomemben avtomobilski del, saj skrbijo za varno in udobno vožnjo pri vseh hitrostih, prav tako pa so pomemben vizualni dodatek avtomobila, ki vpliva na njegovo privlačnost in v primeru prodaje tudi na ceno.

### 2.1 Vrste platišč

#### 2.1.1 Jeklena platišča

Standardna avtomobilska jeklena platišča so izdelana iz pravokotne pločevine, ki je upognjena tako, da tvori cilindrični rokav z dvema prostima robovoma, ki sta zvarjena skupaj. Nato se oblikuje tako, da na obeh straneh nastanejo obroči z radialno notranjo cilindrično steno v območju zunanjega. Tule iz pločevine se nato preoblikuje pod različnimi valji, ki ravno površino spremenijo v različne profile. Na koncu pa je platišče potrebno kalibrirati. Za jeklena platišča velja, da so precej cenejša od aluminijastih in zaradi tega pri večini avtomobilov sodijo k osnovni opreми ob nakupu novega vozila. V primeru poškodbe ali okvare je na trgu velika izbira novih ali rabljenih platišč, zato se marsikdo raje odloči za zamenjavo kot za popravilo.



Slika 1: Jekleno platišče Vir [1]

## 2.2 Lita aluminijasta platišča

Aluminijasta platišča so izdelana iz zlitine aluminija ali magnezija. Zlitine so mešanice kovin in drugih elementov. Na splošno zagotavljajo večjo trdnost kot čiste kovine, ki so običajno precej mehke in bolj duktilne. Zlitine aluminija ali magnezija so običajno lažje za enako trdnost, zagotavljajo boljšo toplotno prevodnost in so pogosto na pogled lepša od jeklenih platišč. Najzgodnejša lahka aluminijasta platišča so bila iz magnezijeve zlitine in so ostala priljubljena le skozi šestdeseta leta. Od sredine do konca šestdesetih let so izboljšave aluminijeve zlitine omogočile izdelavo varnejših koles, ki niso tako krhka in so nadomestila magnezijeva platišča in tako postala poceni in visoko zmogljiva kolesa za motorna vozila.

Aluminijasta platišča so bolj toplotno prevodna od jeklenih platišč in lahko lažje razpršijo toploto zavor, kar izboljša zavorno zmogljivost v zahtevnejših voznih pogojih in zmanjšuje možnost zmanjšanja zavorne zmogljivosti. Lažja kolesa prav tako omogočajo, da vzmetenje natančneje sledi terenu in s tem izboljšajo oprijem.

So dražja od standardnih jeklenih platišč, vendar so vključena v standardno opremo na luksuznih, športnih avtomobilih z višjimi cenami in prav tako pri vozilih srednjega cenovnega razreda. Prav tako je aluminijasta kolesa težje popraviti, ko so ukrivljena, vendar je popravilo cenejše od njihove zamenjave.



Slika 2: Lito aluminijasto platišče Vir [2]

### 2.2.1 Diamond cut aluminijasta platišča

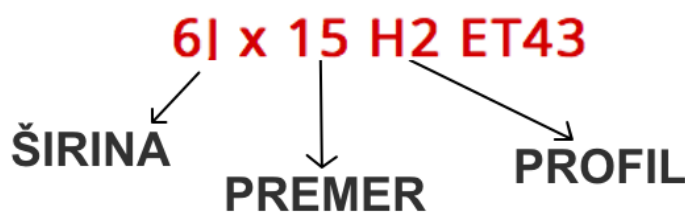
Diamond cut dvobarvna aluminijasta platišča predstavljajo sodoben razvoj tradicionalnega aluminijastega kolesa, ki zagotavlja nekoliko drugačen izgled od navadnih pobarvanih platišč. Razlika je v tem, da je pri diamond cut platiščih v ospredju sijaj, ki poskrbi za izjemen videz. Postopek izdelave je enak kot pri navadnih aluminijastih platiščih, le da je del zaključnega postopka izveden na stružnici, ki odstrani tanko plast materiala in poskrbi za sijoč videz. Zaradi bolj špornega in bolj prestižnega videza so cene teh platišč nekoliko višje od navadnih in jih je mogoče dodati pri nakupu novega avtomobila prestižnejših znamk kot sta BMW in Mercedes. V zadnjem času pa so ta platišča v velikem porastu in jih lahko najdemo tudi na avtomobilih drugih znamk iz cenovno nižjih razredov.



Slika 3: Diamond cut aluminijasto platišče Vir [3]

## 2.3 Karakteristike

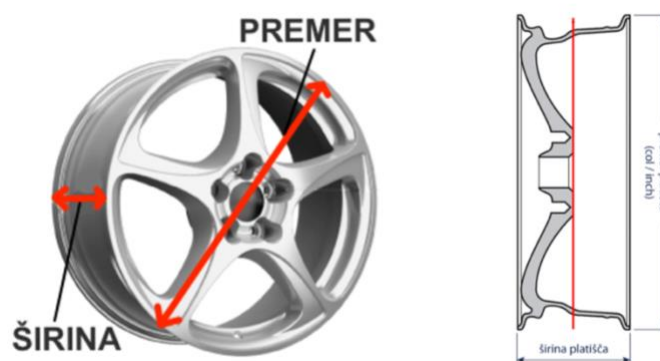
Ne glede na to ali kupujemo jeklena ali aluminijasta platišča, so pri obojih zelo pomembne določene lastnosti in oznake, ki definirajo dimenzijske lastnosti platišča.



Slika 4: Oznake platišča Vir [2]

### 2.3.1 Premer in širina platišča

Prva oznaka je glavna značilnost platišč, in sicer širina in premer, ki sta podana v colah oziroma incih. Če želimo platišča zamenjati z večjimi in tako izboljšati videz avtomobila je pri menjavi potrebno upoštevati tudi velikost pnevmatik. Z zmanjšanjem številke profila pnevmatike in večanjem platišča poskušamo ohraniti velikost prvotnega kolesa, če pa tega ne upoštevamo, lahko vplivamo na merilnik hitrosti. Prav tako pa večja kolesa omogočajo ostrejšo in bolj gladko vožnjo ter boljše upravljanje pri zavijanju.






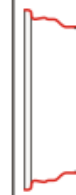


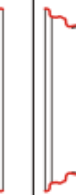
Slika 5: Velikost platišča Vir [4]

Tabela 1: Velikosti platišč Vir [2]

ŠIRINA (cola\inch)	4,5,6,7,8,6,8,9,10,11,12,13,14,15,16 [0.25, 0.5, 0.75]
PREMER (cola\inch)	10,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26

### 2.3.2 Profil platišča

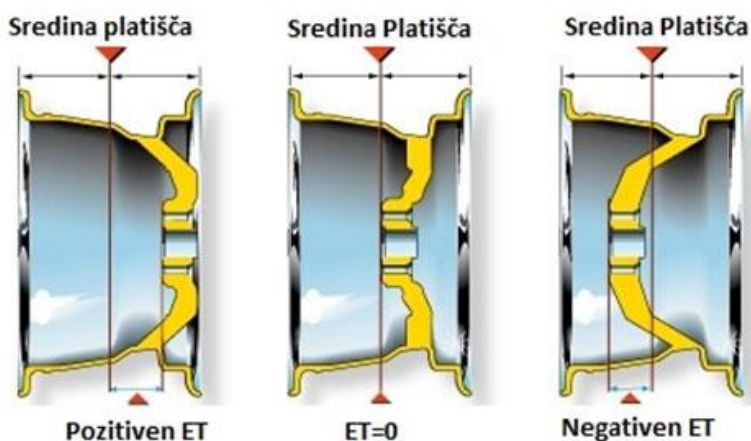
Poznamo več vrst profilov platišča. Ta posledično vpliva tudi na togost, oznako pa običajno najdemo na koncu serije števil in črk na platišču. Pri namestitvi pnevmatik je nujno upoštevati profil platišča, ki ustreza vozilu in pnevmatikam, prepovedano pa je montirati pnevmatiko na platišče, katerega profil ni ustrezen.

Marking	H	H2	FH	FH2	CH	EH2	EH2+
Profile							
Description	Hump	Double Hump	Flat Hump	Double Flat Hump	Combination Hump	Extended Hump	Extended Hump +

Slika 6: Profili platišč Vir [2]

### 2.3.3 ET

Prav tako je potrebno upoštevati razdaljo med središčno črto širino platišča in robom platišča, ki nalega na vozilo.



Slika 7: Položaj ET Vir [5]



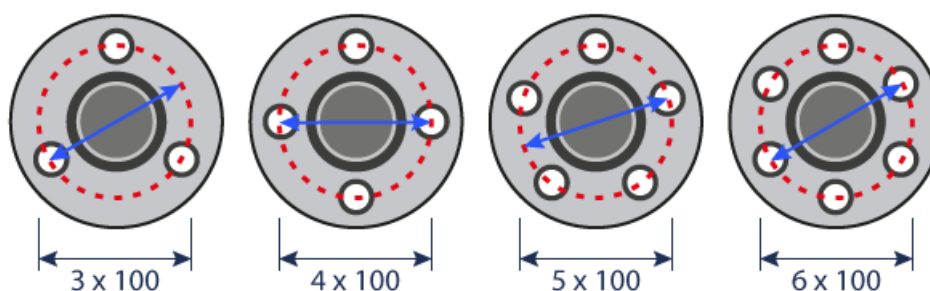
Če je naležna površina odmaknjena bolj proti zunanji strani platišča, potem govorimo o pozitivnem ET, v kolikor pa je naležna površina umaknjena proti notranjosti platišča, lahko govorimo o negativnem ET. Pri samem izboru je zelo pomembno, da se uporabijo platišča, ki dimenzijsko ustrezajo vozilu, saj lahko nepravilen ET ogroža varno vožnjo. V kolikor je ET prevelik, lahko platišče ovira sukanje koles levo-desno, v kolikor je ET premajhen, lahko pride do pogostega dotika med pnevmatiko in blatnikom. Neustrezen ET lahko kljub neoviranju vožnje zelo negativno vpliva na obrabo podvozja, predvsem kolesnih ležajev ter končnikov volana.

### 2.3.4 Odprtina za centriranje

Za udobno in varno vožnjo je pomembna tudi velikost centriralne odprtine. Pred nakupom novih platišč je to mero potrebno preveriti, saj obstaja veliko različnih dimenzij. V kolikor je ta prevelika, se težavo lahko reši z vgradnjo dodatnih centriralnih obročev v obstoječo odprtino na platišču. Velikokrat pa se ob nestrokovni vgradnji hitro lahko pojavi nadležno tresenje na volanu, katerega ni moč odpraviti s centriranjem platišča, ampak zgolj z novo menjavo obročka.

### 2.3.5 Razmerje med vijaki

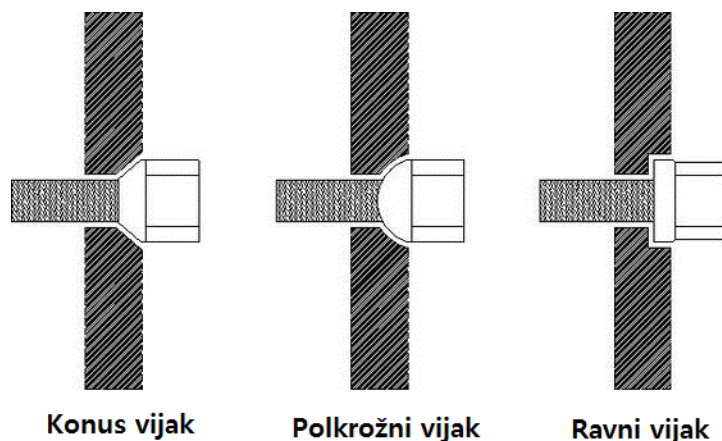
To je podatek, s katerim takoj določimo ali platišče ustreza vozilu ali ne. Razmerje med vijaki je lahko različno in sicer poznamo platišča, ki lahko imajo od 3 pa vse do 7 vijakov, ki so enakomerno porazdeljeni po krožnici, največkrat premera 100 mm. Pri namestitvi platišča je potrebno uporabiti ustrezne vijake in jih pravilno privijačiti.



Slika 8: Razdalje med vijaki različnih platišč Vir [4]

### 2.3.6 Vrste vijakov za platišča

Na os oziroma na pesto vozila je platišče pritrjeno samo z vijaki. Zato je iz varnostnih razlogov zelo pomembno, da se uporabijo ustrezni vijaki, ki se najbolj prilagajajo uporabljenim platiščem. Obstajajo tri izvedbe varnostnih vijakov, ki se med seboj razlikujejo po različni obliki naležne glave. Uporabimo lahko konusni, polkrožni, ravni vijak.



Slika 9: Vrste vijakov Vir [2]

## 3 POŠKODBE IN POPRAVILO PLATIŠČ

### 3.1 Poškodbe jeklenih platišč

Jeklena platišča se lahko poškodujejo na različne načine, najbolj pogost razlog za uničenje tovrstnega platišča je trk vozila oziroma prometna nesreča. Med bolj nevarne in pogoste razloge za uničenje platišč sodi tudi vožnja po prazni pnevmatiki ali pogosto zadevanje ob robnike. Če so platišča le rahlo poškodovana, to ne vpliva na videz, a so kljub temu neuporabna, če se s pnevmatiko ne ujemajo oziroma pride do odstopanja. Njihova dobra lastnost je, da so precej bolj trpežna in se težje poškodujejo. Tudi manjše praske in poškodbe so na jeklenih platiščih precej manj opazne, zato so, predvsem za nepazljive voznike, še toliko bolj primerne.

V zimskem času je priporočljivo uporabljati jeklena platišča, saj so cenejša in manj občutljiva za poškodbe kot aluminijasta platišča ter so tudi težja, kar daje pnevmatiki izboljššan oprijem

na snegu. Jeklena platišča so praviloma bolj "polna" (imajo manjše odprtine) in jih težje očistimo.

V primeru poškodbe ali okvare je na trgu velika izbira novih ali rabljenih platišč, zato se marsikdo raje odloči za zamenjavo kot za popravilo.



Slika 10: Poškodovano jekleno platišče Vir [6]

### 3.2 Poškodbe aluminijastih platišč

Za poškodbe in deformacijo aluminijastih platišč so največkrat krivci udarnine, ki na zunanji površini aluminijastega platišča pustijo udrtino ali prasko. Platišča se lahko prav tako hitro umažejo. Prah iz zavornih ploščic, pesek in sol na cesti lahko aluminij zaradi nastanka korozije popolnoma uničijo. Pogosto ne vsebujejo posebnega proti-korozijskega premaza, ki bi zaščitilo platišče proti koroziji in se tako lahko začne pojavljati korozija ali pa se platišče prične luščiti. Korozija se na platiščih prične pojavljati predvsem nekje med 3. in 5. letom po njihovi namestitvi na vozilo, vendar pa so na trgu tudi platišča, ki so zasnovana tako, da so odporna proti koroziji soli in zagotavljajo optimalno dolgotrajnost.



Slika 11: Poškodovano aluminijasto platišče Vir [7]

### 3.3 Popravilo aluminijastih in jeklenih platišč

V zadnjih letih se je v Sloveniji pojavila velika rast v segmentu popravila platišč. Temeljni vzroki so trije, prvi je izjemna priljubljenost estetsko dovršenih lahkih platišč, drugi vzrok so številne udarne jame na slovenskih cestah, tretji pa nepravilen način parkiranja. Ker nakup novih platišč velikokrat predstavlja prevelik strošek, v ta namen uporabimo postopke, s katerimi odstranimo nepravilnosti platišča in mu povrnemo prvotni izgled. V zadnjem času prevladujejo predvsem popravila aluminijastih platišč, ki so postala veliko bolj priljubljena zaradi svojih lastnosti in modernega videza. Prav tako pa se popravljajo tudi jeklena platišča, vendar se v primeru poškodbe ali okvare marsikdo raje odloči za zamenjavo, saj je na trgu velika izbira novih ali rabljenih platišč, njihova cena pa je vse nižja.

Popravilo jeklenih ali aluminijastih platišč je precej podobno, vendar kot omenjeno, popravilo zajema kar nekaj postopkov preden se doseže željeni rezultat in to so:

#### 3.3.1 Priprava platišča

Preden začnemo s popravilom platišča je najprej potrebno iz njega demontirati pnevmatiko, odstraniti vse uteži in ventil. Potem je potrebno celotno platišče ustrezno razmastiti, očistiti in ga pripraviti za nadaljnjo obdelavo.



Slika 12: Snemanje pnevmatike in čiščenje Vir [8]

### 3.3.2 Ravnanje

V večini primerov je platišče ukrivljeno, zato ga je potrebo zravnati. Najprej ga vpnemo v stroj za uravnoteženje, da ugotovimo značilnosti poškodbe, nato izmerimo sredinsko luknjo in izberemo centrini obroček in na koncu platišče pritrdimo na stroj za ravnanje platišč. Stroj deluje tako, da s hidravličnim batom postopoma pritiska na poškodovane dele in jih poravnava.



Slika 13: Naprava za ravnanje platišč Vir [9]

### 3.3.3 Varjenje in brušenje

Nato pridejo na vrsto poškodovani robovi in luknje, ki jih zapolnimo s postopkom varjenja. Potem je potrebno popravljeno območje še zbrusiti največkrat na stružnici, tako da nastane gladka površina, ki je pripravljena za peskanje.



Slika 14: Varjenje ALU platišča s postopkom TIG Vir [9]

### 3.3.4 Obdelava s struženjem

Pri struženju, se popravlja le rob platišča in poškodbe, ki so oddaljene do dva centimetra od samega roba. Ta postopek uporabimo tudi takrat, kadar je potrebno zravnati površino platišča za nadaljnje popravilo. Za struženje se uporablja osnovni strugalni stroj, ki se od ostalih razlikuje le po vpenjalni glavi, ki je prirejena za vpenjanje platišč. Platišče vpnemo v glavo in z odrezilnim nožem odstranimo površno plast materiala, da naredimo novo ravnino ali odstranimo manjše praske.



Slika 15: Platišče vpeto v klasično stružnico Vir [10]

### 3.3.5 Peskanje in prašno barvanje

Ko se pojavi poškodba na sredini platišča, je potrebno odstraniti barvo in platišče popeskati in ga na novo pobarvati. Postopek peskanja in barvanja se največkrat uporablja zaradi oksidacije platišča in luščenja barve. Tovrstne poškodbe velikokrat nastanejo v zimskem času, ko tujek poškoduje platišče, v poškodbo pa se zažre sol, kar povzroči oksidacijo platišča.

Kovinska in aluminijasta platišča je potrebno peskati v komori. Pomembno je, da izberemo pravilno peskalno sredstvo. Največkrat se uporabljajo različna peskalna sredstva oziroma abrazivi (korund, steklene perle). Poleg lepega videza je pomembna tudi odprava poškodb, da je material primerno obdelan in zaščiten za nadaljnjo uporabo.

Po končanem peskanju s pomočjo elektrostatične pištole začnemo nanašati na platišče barvo v obliki finega prahu. Po zaključenem nanosu barve platišče postavimo v posebno peč, ki segreje platišča na 180 stopinjah celzija do te mere, da se barvni sloj posuši in utrdi.



Slika 16: Peskanje alu platišča Vir [11]

### 3.3.6 Poliranje

Zadnji postopek pri popravilu je poliranje, s katerim platišču vrnemo sijaj in ga zaščitimo. Za poliranje največkrat uporabljamo polirne paste.



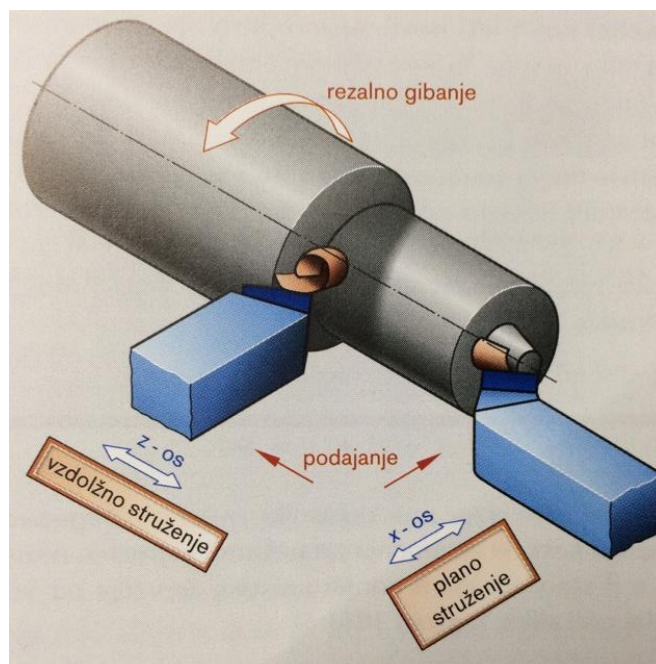
Slika 17: Poliranje platišča Vir [12]

### 3.4 Struženje

Pred izdelavo same naprave smo morali dobro raziskati postopek struženja.

Struženje je odrezovalni postopek, ki v glavnem služi za izdelavo valjastih teles, prav tako pa omogoča obdelavo ravnih površin. To dosežemo s krožnim rezalnim in podajalnim gibanjem, prečnim na smer rezanja. Glavno krožno gibanje opravlja obdelovanec, orodje pa opravlja vzdolžna podajalna gibanja. Glede na smer podajalnega orodja (stružnega noža) na os obdelovanca ločimo vzdolžno in plano/čelno struženje, glede na mesto obdelave pa na notranje in zunanje struženje.

- Vzdolžno ali krožno struženje se izvaja v smeri osi obdelovanca. Pristavljanje se odvija v smeri x-osi, podajanje pa v smeri z-osi.
- Pri planem oziroma čelnem struženju se obdelovanec obdeluje s čelnim pomikom prečno na os obdelovanca. Pristavljanje se odvija v smeri z-osi, podajanje pa v smeri x-osi.



Slika 18: Osnove struženja Vir [13]



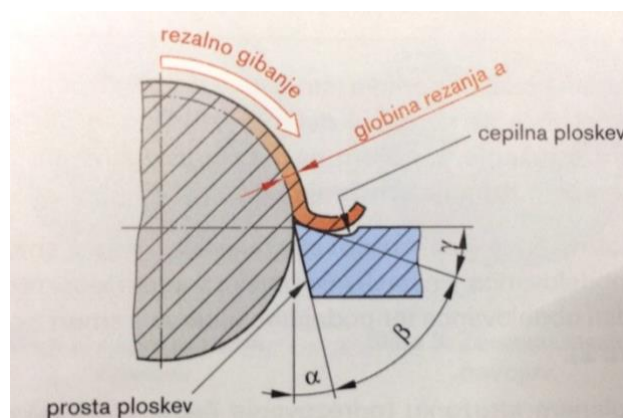
Pri struženju je zelo pomemben način odrezovanja in kvaliteta površine, zato razlikujemo grobo in fino struženje. Pri grobem je cilj hitro približevanje obliki obdelovanca, kar dosežemo z največjim možnim podajanjem in visoko rezalno hitrostjo. Tako se večinoma obdelujejo kosi, ki bodo kasneje obdelani še z drugimi postopki. Pri finem struženju pa je cilj natančna obdelava, zato se obdelovanci obdelujejo z visokimi vrtljaji in majhnim podajanjem.

### 3.4.1 Stružno orodje

Za struženje se uporablja stružni nož, ki je enorezno orodje z geometrijsko določenim rezalnim robom. Glavni deli noža so:

- Glavna cepilna ploskev
- Prosta ploskev
- Glavni rezalni rob
- Stranski rezalni rob

Prav tako pa je potrebno upoštevati prosti kot  $\alpha$ , ki zmanjšuje trenje med materialom in orodjem, kot  $\beta$ , ki je odvisen od obdelovalnega materiala in kvaliteta obdelane površine ter cepilni kot  $\gamma$ , ki vpliva na potek odrezka.



Slika 19: Struženje obdelovanca in osnovni pojmi Vir [13]

Stružni noži so največkrat narejeni iz hitroreznega jekla (HSS), karbidne trdine (HM), oksidne keramike in diamanta. Noži iz hitroreznega jekla so primerni skoraj za vse stružne obdelave in dopuščajo obdelavo z nizko rezalno hitrostjo, saj se njihov rezalni učinek zniža že nad 600 °C.

Karbinde trdine so na visoko temperaturo bolj odporne, saj se njihova toplotna odpornost nahaja pri približno 900 °C, če pa želimo še trši in bolj obstojni material, uporabimo oksidno keramiko.

Ko pa govorimo o diamantnih rezilih ugotovimo, da gre za izjemno trd material, saj je zelo odporen in ne otopi. Za katerega lahko rečemo, da je neuničljiv, saj ga lahko uporabimo za rezanje in brušenje najtrših materialov. Poleg tega pa z diamantnim rezilom dosežemo najbolj optimalen izkoristek časa, energije in denarja.

### 3.4.2 Parametri

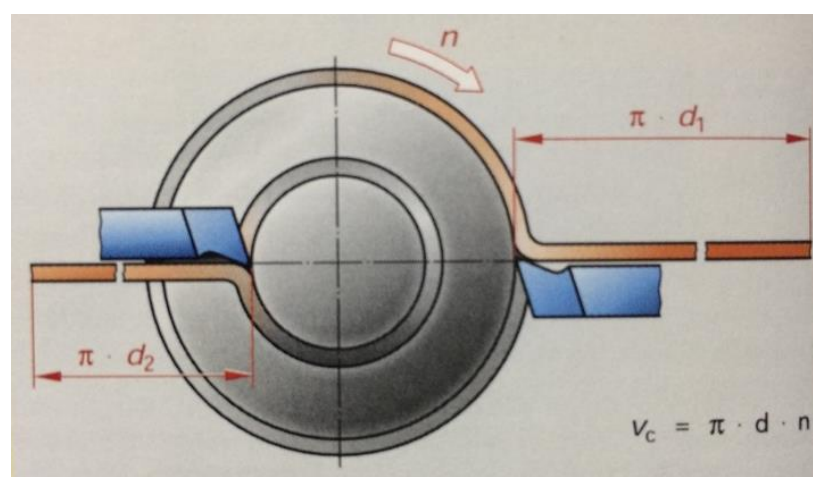
Pri struženju je za željeni končni izdelek, čim krajši čas obdelave in optimalno obrabo orodja, potrebno upoštevati določene parametre kot so:

### 3.4.3 Rezalna hitrost

Rezalna hitrost je podatek, ki nam pove, kako hitro se pri struženju odrezek ločuje od obdelovanca. Odvisna je od premera obdelovanca ( $d$ ) v točki odrezovanja in od vrtljajev delovnega vretena ( $n$ ).

$$V_c = \pi \cdot d \cdot n$$

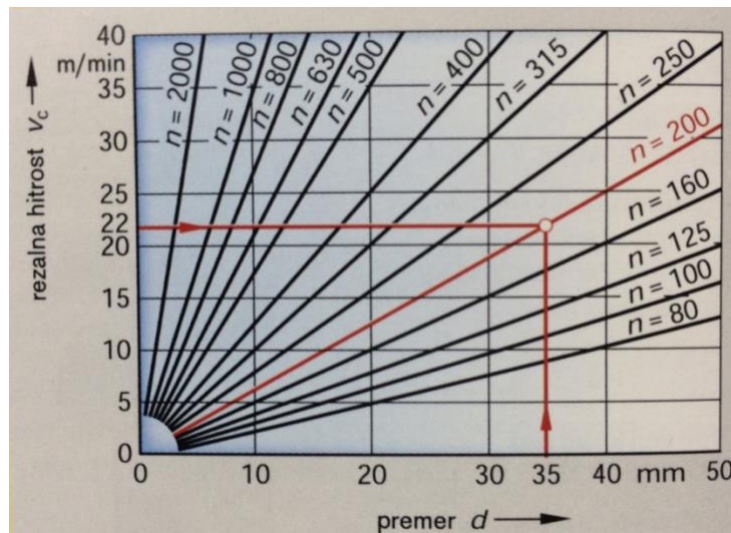
*Enačba 1: Izračun rezalne hitrosti*



Slika 20: Izračun rezalne hitrosti Vir [13]

Pri vzdolžnem struženju se rezalna hitrost pri konstantnem številu vrtljajev ne spreminja, medtem ko se pri planem struženju zmanjšuje. Poleg tega je pri rezalni hitrosti potrebno upoštevati še:

- Material orodja in obdelovanc
- Kvaliteto obdelane površine
- Obstoynost orodja
- Podajanje
- Globino rezanja
- Hlajenje



Slika 21: Tabela števila vrtljajev pri struženju Vir [13]

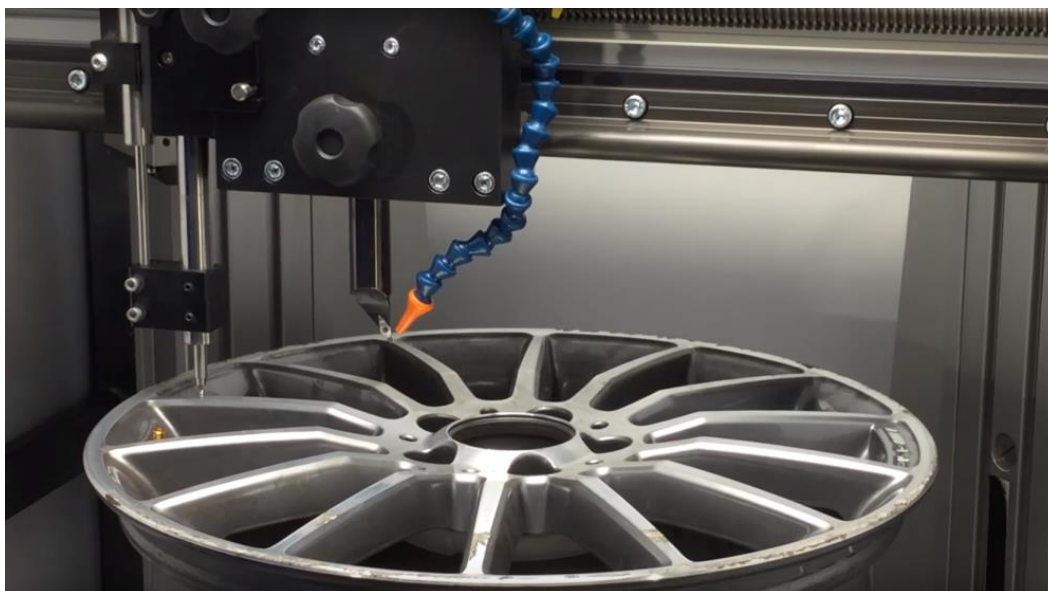
### 3.4.4 Podajanje

Na kvaliteto površine zelo vpliva tudi podajalna hitrost, ki je ponavadi med 0,05 mm/obrat do 2,2 mm/obrat. Pri grobem struženju je podajalna hitrost večja, prav tako se poveča tudi prostornina odrezkov.

### 3.4.5 Popravilo platišč z načinom diamond cut

Čeprav je peskanje in prašno lakiranje najbolj priljubljen postopek med popravili, je tudi način z diamond cut zelo zaželen postopek, da dosežemo prvotni sijaj. Diamond cut je struženje s stružnim nožem, ki odrezuje površino platišča z diamantno konico. Od tod izvira tudi ime diamond cut.

Diamantno rezanje vključuje izredno natančno odstranjevanje tankega sloja zlitine s platišča. Za ta način popravila je potrebna uporaba prirejene avtomatizirane stružnice. Postopek deluje tako, da je najprej potrebno izmeriti obliko platišča in jo čez izmerjeno obliko postružiti z diamantnim odrezilnim nožem. Najprej je potrebno platišče namestiti in pritrditi v vpenjalno glavo, ki se vrti na el. motorju stružnice. CNC prirejena stružnica najprej določi obliko platišča s posnemovalnim orodjem. Za to uporabi laserski odčitovalec, senzor razdalje ali merilno letev. Ko naprava odčita obliko platišča, pošlje informacijo računalniku, ki naredi koordinate, po katerih potuje končno obdelovalno orodje oziroma odrezilni nož. Postopek odrezovanja traja tako dolgo, dokler odrezilni nož ne obdela celotne površine platišča. To ponovi tolikokrat, da odstrani poškodovano površino, za sabo pa pusti visok sijaj in prvotni nov izgled.



Slika 22: Diamond cut naprava DC-1 Vir [14]

## 4 VRSTE DIAMOND CUT NAPRAV

Avtomatizirane CNC stružnice za popravilo diamond cut platišč že obstajajo, mogoče jih je kupiti ali najeti v nekaterih državah v Evropi (Nemčija, Velika Britanija), Ameriki in Aziji. Naprave se med seboj razlikujejo predvsem v ceni, načinu in zahtevnosti upravljanja in hitrosti obdelovalnega postopka. Glede na način vpetja in struženja platišča, ločimo dve vrsti CNC naprav.

### 4.1 Horizontalne CNC naprave

Za njih je značilno horizontalno vpetje platišča, ki je nekoliko zahtevnejše od vertikalnega vpetja. Najdražji in najkvalitetnejši produkt trenutno predstavlja diamond cut naprava RIDI13 blackedition CNC nemškega podjetja Rimspolish & Ditel. Od vseh diamond cut naprav, ki so trenutno na trgu je ta najhitrejša z največjim številom funkcij (3D kamera, laserski merilnik ...). Opravlja jo lahko kdorkoli brez potrebnega predznanja, saj ima uporabniku prijazen program, ki se izvaja na zaslonu na dotik. Proces merjenja in obdelave platišča traja 10 minut, prav tako omogoča popravilo platišča do 27 inčev. Naprava omogoča kvalitetno poravilo, vendar je zanjo potrebno odšteti 30.500 €.



Slika 23: Najkvalitetnejša horizontalna Diamond cut stružnica Vir [15]

Kitajski trg od vseh proizvajalcev ponuja naprave v najcenejšem cenovnem rangu, ki se giblje vse od 13.000 do 20.000 €. Največkrat so to klasične horizontalne CNC stružnice, prirejene za popravilo platišč. Njihova uporaba je zahtevna, prav tako je potrebno predhodno znanje oziroma izobražen kader, kot so CNC operaterji. Te naprave omogočajo kvalitetno popravilo, vendar je postopek merjenja platišča dolgotrajen, zaradi merjenja z merilno kroglo.



Slika 24: Klasična diamond cut stružnica Vir [16]

## 4.2 Vertikalne CNC naprave

V zadnjih letih so se na trgu pojavile CNC stružnice z vertikalnim vpetjem platišča, ki je enostavnejše in bolj prijazno do uporabnika. Princip delovanja se od navadnih horizontalnih stružnic ne razlikuje, vendar so te naprave veliko manjše, bolj mobilne ter omogočajo lažji nadzor platišča med obdelavo. Med najkvalitetnejše produkte spada angleška naprava DC-2, ki je preprosta za uporabo, omogoča hitro merjenje platišča (le 30 sekund), ima vgrajeno kamero, s katero jo lahko upravljamo prek interneta, je natančna, njena glavna lastnost pa je enofazno napajanje. Zaradi svojega dizajna je primerna za delavnice z manj prostora kot tudi za vgradnjo v kombi za mobilno uporabo. Njena edina in največja slabost je cena, saj je od vseh naprav, ki se trenutno prodajajo na trgu najdražja, saj stane 45.000 £.



Slika 25: DC-2 naprava Vir [14]

## 5 PREGLED STANJA TEHNIKE

### 5.1 STROJNI ELEMENTI

#### 5.1.1 Ogradje

Za vsako napravo je potrebno neko ogradje, saj je to konstrukcija, brez katere naprave ne bi bilo. Ogradje podpira celotno težo naprav in služi temu, da nanj pritrdimo preostale komponente naprave. Prav zato je pomembno, da je ogradje, kar se da togo in lahko podpira večje obremenitve in je odporno na vplive okolja.



Slika 26: Ogradje naprave Vir [Lasten]

Enako velja za našo napravo, zato smo se odločili, da izdelamo kar se da preprosto, togo in zanesljivo ogradje. Izbrali smo železne cevi kvadratnega profila mer 50x50 mm in z debelino stene 3 mm. Uporabili smo cevi mer 1950 mm, 1100 mm, 800 mm. Cevi smo, kot je razvidno iz slike A, med seboj najprej privarili s točkami, s čimer smo omogočili, da je kakršnokoli nadaljnjo popraviljanje in nastavljanje cevi preprosto. Ko je vse ustrezalo skici in načrtu, smo cevi privarili z MIG postopkom varjenja.

Za tem je sledilo varjenje podpore za glavni motor, podpore za vodila, koračni motor in merilno letev. Vse potrebne dele smo najprej izrezali iz železa na žagi ali pa uporabili enake cevi kot za ogradje in jih nato privarili na ustrezna mesta na ogradju. Za nekatere dele smo

uporabili MIG postopek varjenja, za bolj precizno varjenje in za manjše dele, pa smo se poslužili tako imenovanega TIG varjenja.



Slika 27: Varjenje ogrodja naprave z MIG postopkom Vir [Lasten]

S TIG postopkom smo na cevi prav tako privarili železne ploščice debeline 4 mm, v katere smo vrezali metrične navoje velikosti M10, ki služijo pritrditvi nastavljivih nog na napravo. Pozabiti nismo smeli na vratca, ki služijo, da lahko iz naprave pobereмо koš oziroma smeti in jo očistimo ali dostopamo do elektronskega vezja naprave. Ogradje vratc je izdelano iz železnih cevi mer 30x30 mm. Med seboj so privarjene s TIG postopkom varjenja, vratca pa so na ogradje pritrjena s tečaji. Vse zavarjene železne komponente smo kasneje prebarvali s prašno barvo, da smo napravo zaščitili pred korozijo in jo naredili odpornejšo proti zunanjim vplivom.



Slika 28: Prebarvano ogradje s prašno barvo Vir [Lasten]



### 5.1.2 Pločevina

Pločevina se v strojogradnji in pri izdelovanju naprav ponavadi uporablja iz več razlogov; napravo zapremo, ji naredimo ohišje, jo zaščitimo pred poškodbami in jo hkrati naredimo lepšo na pogled.



Slika 29: Pritrjevanje pločevine na ogrodje Vir [Lasten]

Pločevino smo uporabili, saj smo morali našo napravo nekako zaščititi oziroma jo zapreti. Uporabili smo 1 mm debelo pločevino. Najprej smo v program AutoCAD izrisali mere naših pločevin in jih nato ustrezno narezali. Uporabili smo sedem plošč pločevine mer 2000 mm x 1000 mm. Za preprostejše reze smo uporabili škarje, ki jih imamo v šoli, zahtevnejše oblike pa smo dali odrezati na šolski laserski rezalnik. Pločevino smo nato pritrdili na tri stranske ploskve ogrodja, strop, ravnino pri osi motorja, na dno in na dvojna vratca. Najprej smo na cevi nanесли silikonski kit in s sponami začasno pritrdili pločevino na ogrodje, dokler se je silikon sušil. Nato smo izvrtali luknje in pločevine prikovičili na ogrodje. Na zadnji, spodnji del ogrodja smo pločevino pritrdili s samoreznimi vijaki, da lahko upravljalec naprave ali tisti, ki jo popravlja, zlahka odsrani pločevinast pokrov in popravi elektronsko vezje.

### 5.1.3 Stružna (vpenjalna) glava

Stružne oziroma vpenjalne glave so strojni elementi, ki se uporabljajo za vpenjanje in fiksiranje obdelovancev, ki jih stružimo in obdelujemo. Najpogostejše so revolverjska, tričeljustna, štiričeljustna vpenjalna glava. V večini so izdelane iz železa, nekatere pa so izdelane tudi iz aluminija in drugih materialov.

Stružna glava je eden izmed najpomembnejših delov naše naprave, saj se platišče pritrdi prav nanjo. Zasnovati smo morali čisto drugačno stružno glavo od komercialnih, ki se običajno uporabljajo na stružnicah. Najprej smo jo, kot vse ostale dele, izrisali v programu SolidWorks in tako dobili 3D skico stružnice. Nato smo v AutoCadu narisali glavo še v treh različnih projekcijah in jo dali izdelati iz kosa aluminija. Sama stružna glava se nato z M12 vijaki pritrdi na distančnik, ta pa na os motorja.

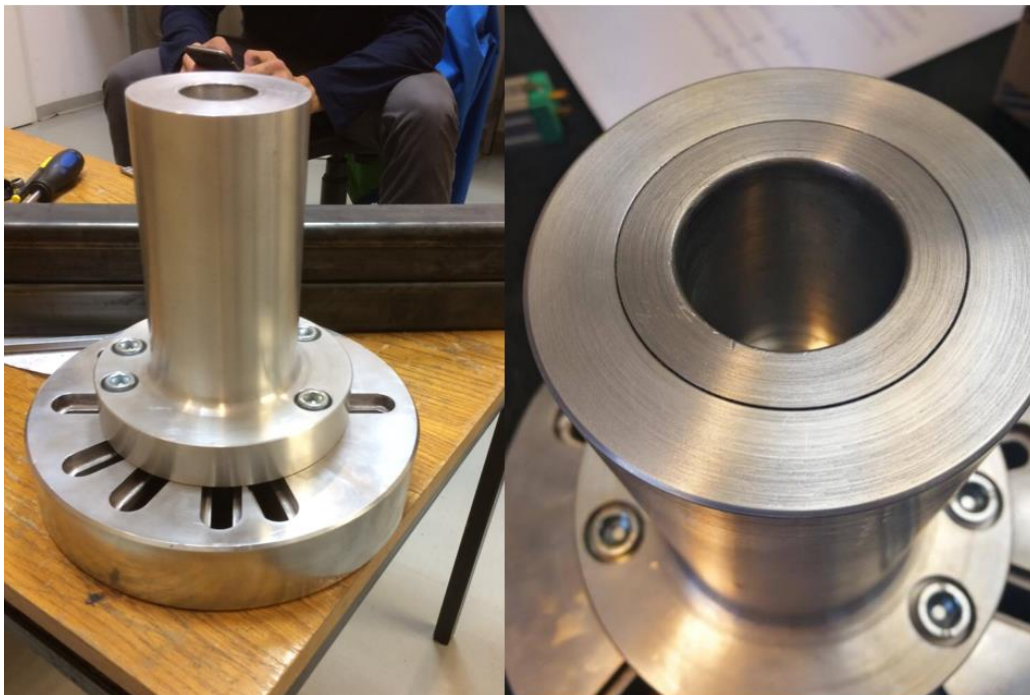


Slika 30: 3D model stružne glave in končen produkt Vir [Lasten]

### 5.1.4 Distančnik

Distančniki so strojni elementi, ki se uporabljajo, da zagotovimo razdaljo med nekimi strojnimi elementi. To so lahko cevi, ploščati diski ali pa po meri izdelani elementi, ki morajo biti sposobni prenašati dovolj visoke obremenitve in napetosti.

Pri nas je sprva bil načrt uporabiti samo podaljšano stružno glavo, vendar je bil prvi problem v materialu, saj bi bilo preveč odpadnega materiala in previsoka cena aluminijastega kosa. Zato smo se odločili, da zasnujemo distančnik, ki bi stružno glavo odmaknil od osi motorja, tako da lahko s stružnim nožem dosežemo platišče še v najnižji legi. Spet smo ga izrisali v 3D tehniki in ga dali izdelati po meri. Najprej se z enim vijakom pritrdi na os motorja, nato s še štirimi na stružno glavo. Problem se je pojavil, ko smo preizkusili, kako se distančnik in stružna glava vrtita na motorju. Ob poskusu vrtenja sta oba dela nekoliko vibrirala oziroma se premikala. Prav iz tega razloga smo v distančnik dodali pušo, skozenj pa izvrtali še dve luknji za pritrditev na os motorja.

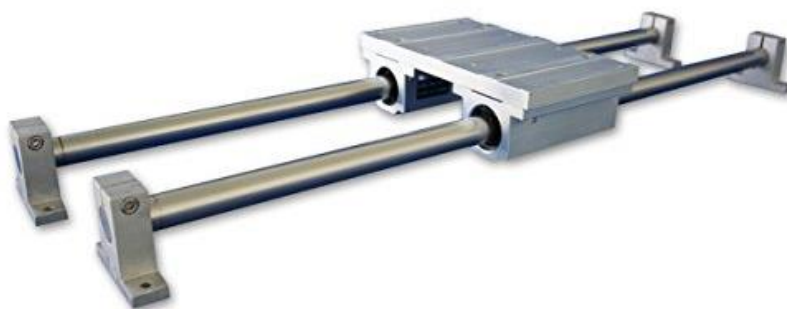


Slika 31: Aluminijasti distančnik Vir [Lasten]

### 5.1.5 Linearna vodila

Za brezhibno postruženo platišče, predstavlja pomembno vlogo pomikanje stružnega noža po platišču med odrezovanjem. Stružni nož mora biti tako skupaj z nosilcem pritrjen na vodilo, ki omogoča gladko premikanje, nizko trenje, visoko togost in predvsem natančno pozicioniranje. Cilj, ki smo si ga zadali pri izdelavi naše naprave je, da izberemo vodilo, ki bo dosegalo te delovne pogoje. Uporabili smo dvojna linearna CNC okrogla vodila za pomikanje stružnega noža skupaj z njegovim nosilcem po X in Z koordinatah, ki sta povezani druga na drugo.

Obe vodili sta narejeni po istem principu, le da je vodilo X osi dolgo 1100 mm in Z osi 300 mm. Celotno vodilo je sestavljeno iz dveh okroglih vodil, ki jih po drsnih tirnicah poganja kroglično navojno vreteno. Okrogli vodili sta sestavljeni iz 16 mm krogličnih ležajev, vgrajenih v aluminijasto ohišje. Prednosti krogličnih linearnih puš oziroma linearnih ležajev so dobro poznane. Odlikujejo jih velika preciznost, majhen koeficient trenja, kompaktnost in ugodna cena. Okrogli vodili drsita po jeklenih palicah ti. drsnih tirnicah. Izdelani sta iz jekla z visoko vsebnostjo ogljika za boljšo odpornost proti koroziji in imata kromirano prevleko za natančno podlago, po kateri drsijo ležaji. Jekleni palici sta na obeh koncih pritrjeni v aluminijaste končne podpornike, ki so privijačeni z M4 imbus vijaki na ogrodje celotne konstrukcije. Aluminijasto ohišje krogličnih ležajev je preko izvrtin pritrjeno na drugo vodilo z M8 imbus vijaki.



Slika 32: Dvoje linearnih vodil Vir [17]

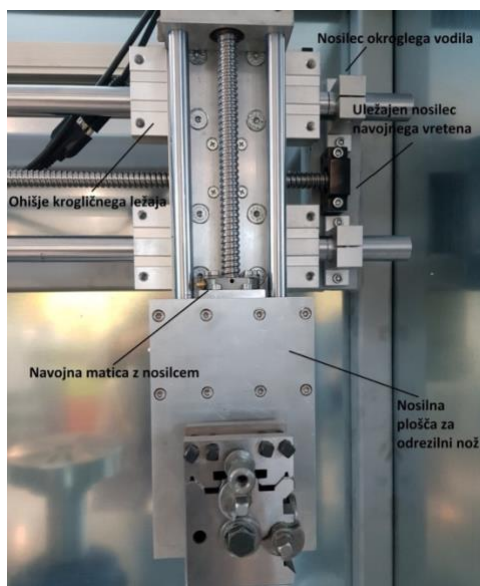


Slika 33: Profila s krogličnimi ležaji Vir [17]



Slika 34: Distančnika za palice vodil Vir [17]

Za natančno premikanje in pozicioniranje okroglih vodil je uporabljeno navojno vreteno z matico. Osnova pogona z navojnimi vreteni so gibalni navoji. Pri tem se matica linearno giblje po navoju zaradi vrtilnega gibanja vretena. S pogoni s krogličnimi navoji lahko dosežemo točen prenos brez zračnosti, kar je rezultat pogoste uporabe v CNC tehnologiji. Pri njih se kotalijo kroglice po tekalnih žlebovih v vretenu in matici in nato po povratnem kanalu zopet nazaj. V nalogi smo uporabili 300 mm dolgo navojno vreteno s toleranco koraka C5 (0,023/300 mm). Na eni strani je vležajena v nosilec, na drugi strani je z nosilcem in kovinsko mehansko elastično sklopko povezana na koračni motor, ki poganja celotno vodilo.



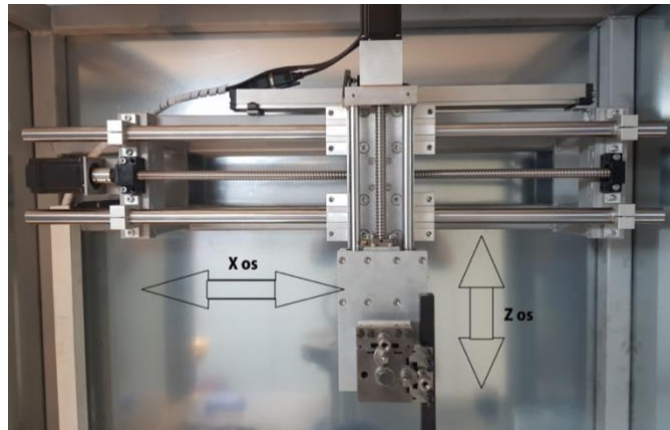
Slika 35: Konstrukcija naših vodil  
Vir [Lasten]



Slika 36: Navojna palica vodil z ležaji  
Vir [Lasten]

### 5.1.5.1 Postavitev vodil

Notranja stran celotnega ogrodja naprave ima privarjena podporna nosilca v obliki črke h, namenjena za pritrditev naših vodil. Na nosilca je poševno pritrjeno vodilo za kordinatno os X. Vodilo za pomik v globino oziroma za Z kordinato, pa je pritrjeno na poševno vodilo. To pomeni, da sta vodili sestavljeni druga na drugo, kar omogoča premikanje stružnega noža v globino kar na vodilu za poševen premik.



Slika 37: Prikaz koordinatnih osi naše naprave Vir [Lasten]

### 5.1.6 Odrezilni nož

Za odrezilni nož smo izbrali PCD – poli kristalno diamantno rezalno ploščico, ki izmed vseh vrst materialov stružnega noža omogoča najfinejšo obdelano površino. Gre za tip rezalne ploščice VCGT 1604 po ISO standardu, kjer lahko iz vsake posamezne črke razberemo parameter orodja. Rezalna ploščica ima obliko romba s kotom  $35^\circ$  med vsakima stranicama. Konica noža oz. odrezovalna površina je pod kotom  $7^\circ$ . Tolerančna odstopanja končnih mer orodja so vse do 0,025 mm. Spodnja razpredelnica opiše omenjene in vse ostale pomembne podatke in parametre orodja. S pomočjo tabele smo poiskali primerno odrezilno ploščico, ki najpomembneje od vsega zagotovi visok sijaj obdelave.



Slika 38: Stružni nož s karbidno ploščico Vir [Lasten]



Slika 39: PCD stružna ploščica Vir [Lasten]

## 5.2 PREGLED ELEKTRONSKEGA DELA

### 5.2.1 Elektromotorji

Elektromotor je stroj, ki se uporablja za pretvarjanje električne energije v mehansko. Največkrat ga uporabimo za pogone različnih strojev, vlakov, avtomobilov in naprav. Njegovo gibanje povzročajo magnetna polja, delimo pa jih na:

- Motorje na enosmerni tok (DC)
- Motorje na izmenični tok (AC)

#### 5.2.1.1 Trifazni elektromotorji

Motorji na izmenični tok so namenjeni priključitvi na vir izmenične napetosti. Ti motorji so se pojavili po odkritju vrtilnega magnetnega polja in danes predstavljajo pomemben delež električnih motorjev. Motorji na izmenični tok imajo dva glavna sestavna dela: stator in rotor. Na stator je nameščeno večfazno (navadno trifazno) navitje. Zaradi krajevnega premika faznih navitij in faznega premika faznih napetosti nastane vrtilno magnetno polje. Ta ustvarja elektromagnetni navor, ki vrtil rotor. Vrtilno hitrost teh motorjev pogojuje električno omrežje, na katerega so priključeni. Poznamo sinhronske in asinhronske elektromotorje, ki se razlikujejo v tem, da se pri sinhronskih rotor vrtil z enako hitrostjo kot magnetno polje pri asinhronskih pa počasneje. Danes se v večini električnih pogonov uporabljajo trifazni asinhronski motorji, saj zmorejo prenašati veliko večje moči.



Slika 40: 3-fazni elektromotor in napisna ploščica Vir [Lasten]

Zelo pomembno komponento naše naprave predstavlja trifazni asinhronski elektromotor, ki je namenjen vrtenju stružne glave in posledično tudi platišča. V ta namen smo raziskali, kolikšno je največje število vrtljajev, ki jih potrebujemo pri struženju in seveda potrebno moč, zato smo uporabili trifazni elektromotor WEG z močjo 5.5 kW in 2910 vrtljaji na minuto. Zvezali smo ga v vezavo trikot, njegovo moč in vrtljaje pa krmilimo s frekvenčnim pretvornikom.

### 5.2.1.2 Koračni elektromotorji

Koračni motorji so elektro-mehanske naprave, ki omogočajo pretvarjanje digitalnih signalov v mehanski premik. Pri vzburjanju navitij s programskim zaporedjem, se rotor v korakih ustrezno premika oziroma zavrti v željeno smer za predviden kot. Koračni motorji se večinoma uporabljajo kot izvršilni členi pri krmiljenju z različnimi digitalnimi vezji. Njihova izrazita prednost je v preciznem in hitrem pozicioniranju, kar jim zagotavlja široko uporabnost. Koračne motorje največkrat srečamo na področju tiskalnikov, 3D tiskalnikov, medicinskih merilnih napravah, tekočih trakovih ...

Glede na konstrukcijo pa ločimo tri vrste koračnih motorjev:

- Koračni motor s permanentnim magnetom
- Koračni motor s spremenljivo reluktanco
- Hibridni koračni motor

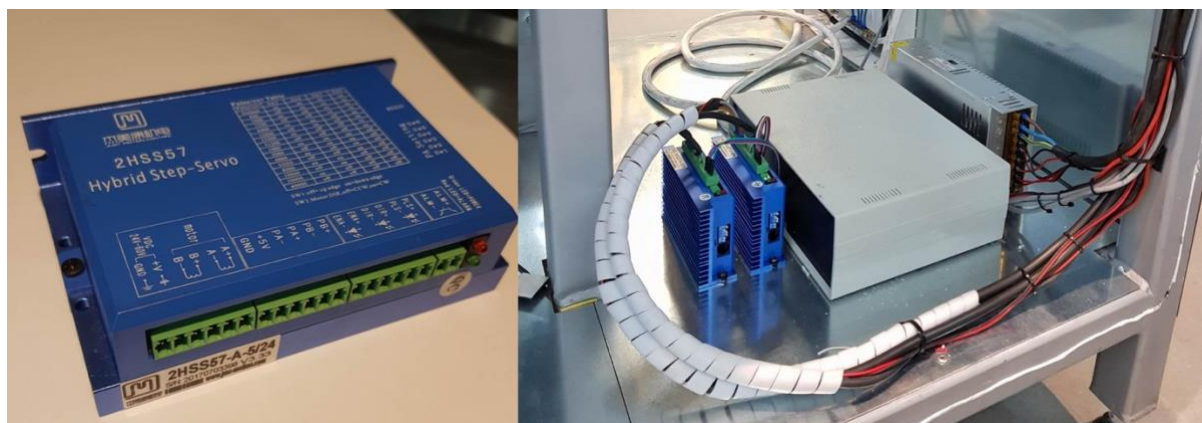
Za horizontalen in vertikalni pomik vodil smo uporabili dva hibridna servo koračna motorja 573HBM20-1000 z 2Nm navora in z  $1,2^\circ$  korakom kota.



Slika 41: Koračna motorja vsakega izmed vodil Vir [Lasten]



Za krmilnje koračnih motorjev potrebujemo ustrezne gonilnike (driverje), ki spreminjajo impulze in omogočajo komunikacijo med mikrokrmilnikom Arduino in koračnim motorjem. Raziskali smo, kateri gonilnik najbolj ustreza našim koračnim motorjem in se na podlagi tega odločili za dvofazni hibridni koračni gonilnik 2HSS57, ki vključuje spreminjanje toka, hitrosti in pozicije koračnega motorja. Prednost tega gonilnika je, da ima tako stopenjski kot tudi servo sistem. Uporabili smo dva gonilnika, vsakega za en koračni motor, ga priključili na napajanje 36 V in ga ustrezno povezali z morjem in mikrokrmilnikom Arduino.



Slika 42: Gonilnik za koračne motorje in vse komponente povezane Vir [Lasten]

## 5.2.2 Frekvenčni pretvornik

V industriji se vse pogosteje pojavlja potreba po pogonih s spremenljivo hitrostjo, tukaj nastopijo frekvenčni pretvorniki, ki poleg možnosti spreminjanja hitrosti omogočajo tudi spreminjanje navora in preko nastavljanja magnetnega pretoka (fluksa) tudi optimizacijo izkoristka trofaznega asinhronskega elektromotorja. Delujejo tako, da z reguliranjem napetosti in frekvence spreminjajo vrtiljaje in navor, prav tako je z njimi možno doseči mehki zagon asinhronskega motorja. Izbira tipa frekvenčnega pretvornika je odvisna od aplikacije oziroma funkcije. V primeru, da želimo frekvenčni pretvornik uporabljati samo za mehki zagon ali spreminjanje hitrosti nekega motorja, izberemo najosnovnejši, najcenejši tip, medtem ko je za zahtevnejše aplikacije, kot je pozicioniranje, potrebno izbrati frekvenčni pretvornik z možnostjo regulacije.

Za krmiljenje našega 3 faznega 5,5 kW motorja smo uporabili ustrezen frekvenčni pretvornik in sicer Omron Mx 2 z možnostjo nastavljanja hitrosti in moči. Pri struženju platišča so vrtljaji zelo pomembni, saj se hitrost struženja proti notranjosti povečuje, zato smo merilno letev oziroma potenciometer namestili tako, da se premikanjem vodil posledično povečujejo vrtljaji na motorju, zato smo potenciometer povezali na frekvenčni pretvornik in tako nastavili začetno in končno število vrtljajev. Prav tako smo nanj povezali še mikrokrmilnik, ki omogoča vklop in izklop frekvenčnega pretvornika.



Slika 43: OMRON frekvenčni pretvornik  
Vir [Lasten]

### 5.2.3 Napajalnik

Napajalnik je naprava, ki izmenično napetost (ta je po navadi med 230 in 220 V) usmeri v enosmerno napetost. S pomočjo manjšega transformatorja napetost najprej zmanjša na določeno vrednost, potem pa pozitivne in negativne polvalove izmenične napetosti, s pomočjo štirih mostično vezanih diod (Greatzov spoj) in zaporedno vezanih kondenzatorjev, usmeri v enosmerno napetost. Ta napetost je primerna za napajanje različnih mikrokrmilnikov, led diod, relejev in zaslonov.

Za napajanje celotnega krmilnega sistema smo uporabili napajalnik z izhodno napetostjo 36 V in tok 10 A. S tem smo dosegli vse potrebne pogoje za napajanje mikrokrmilnika Arduino, gonilnikov in celotnega vezja.



Slika 44: Napajalnik z izhodno napetostjo 36V DC Vir [Lasten]

## 5.2.4 Potenciometer

Potenciometer ali uporovni merilnik je naprava, s pomočjo katere lahko merimo kotni ali linearni pomik. Izdelan je iz kontaktnega elementa (drsnika), ki drsi po uporovni površini, ki je lahko na jedro navita žica ali plast prevodnega materiala. Potenciometer je upor s tremi priključki, med dvema je upornost stalna (A in B), tretji pa je nastavljen z gumbom ali drsnikom (C).

Glede na tehnične lastnosti ločimo potenciometre na klasične in merilne. Prav tako se med seboj razlikujejo še po obliki, namenu uporabe in materialih. Najpogosteje se uporabljajo linearni in rotacijski potenciometri.

Za linearni pomik vodila in merjenje oblike platišča smo izbrali linearni potenciometer. Napetost na izhodu je linearno odvisna od pozicije drsnika, poznamo več vrst linearnih potenciometrov, v večini primerov pa se uporablja cilindrična izvedba. Priključek drsnika prvega potenciometra smo priključili na analogni vhod mikrokrmilnika in s tem lahko odčitamo vrednost, oziroma obliko platišča. Drugi potenciometer pa smo priključili na frekvenčni pretvornik.



Slika 45: Linearna potenciometra Vir [Lasten]

### 5.2.5 Regulator napetosti LM2596 DC – DC

Za napajanje komponent na vezju kot so mikrokrmilnik Arduino, potenciometer in digitalni zaslon je bilo potrebno zmanjšati in prilagoditi izhodno napetost glavega napajalnika. Zato smo uporabili modul LM2596, ki je integrirano vezje za enostavno in priročno uporabo preklopnega regulatorja. S pomočjo njega zmanjšamo vhodno enosmerno napetost, ki je lahko med 4.5 do 40 V, v našem primeru 36 V na želeno izhodno napetost, ki je lahko med 1.5 do 35 V. To napetost lahko nastavljamo z vgrajenim potenciometrom, zmožen pa je prenesti tok 3 A. Modul je zelo uporaben tudi zaradi svoje velikosti, saj so komponente zaradi 150 KHz preklopne frekvence majhne. Za napajanje prej omenjenih komponent smo uporabili tri regulatorje in sicer z izhodnimi napetostmi 5 V za mikrokrmilnik Arduino, 5 V za linearni potenciometer in 24 V za napajanje digitalnega zaslona.



Slika 46: BUCK konverter oz. regulator napetosti Vir [18]

## 5.2.6 Rele in kontaktor

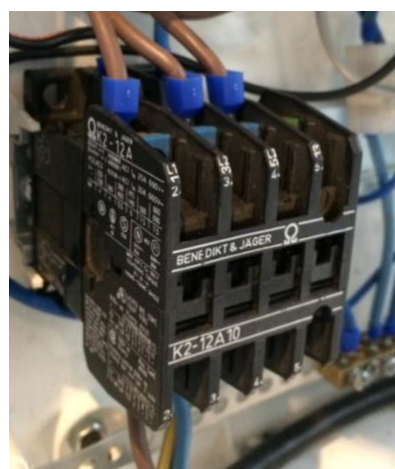
Releji in kontaktorji so stikala z elektromagnetnim aktiviranjem kontaktov, kar pomeni ,da mora tok steči skozi vzbujačo tuljavo (A1, A2) ter tako sklene kontakt, takoj po prekinitvi napajanja tuljave se kontakt vrne v začetni položaj. Kontakte ločimo na delovne, pri katerih se kontakt sklene in tako vključi breme in mirovne, pri katerih se kontakt razklene in prekine povezavo. Releji in kontaktorji delujejo po istem principu, zato jih lahko tudi v shemah predstavimo na enak način. Razlika med njimi je samo v tem, da lahko z releji vklopimo manjša bremena (do moči 1 kW), s kontaktorji pa večja. Uporabljamo jih kot vmesnike med signalnim in močnostnim delom, iz njih lahko naredimo več signalov ali pa jih s časovnim relejem zakasnimo. Poznamo več vrst relejev kot so:

- Časovni releji, ki kontakte sklenejo po določenem času.
- Zakasnilni rele, ki preklopi z določeno zakasnitvijo po prihodu napajalnega toka.
- Hermetični, ki imajo kontakte zaprte oziroma ločene od vplivov okolice.

Za vklopjanje frekvenčnega pretvornika smo izbrali kontaktor z močjo ?? kW, maksimalnim delovnim tokom A in vklopno napetostjo 230 V / 50 Hz. Za vklop in izkop vrtenja trifaznega elektromotorja smo uporabili relejsko ploščico s štirimi 5 V releji. Ploščico je enostavno krmiliti s mikrokrmilnikom Arduino in sicer tako, da z logično ničlo (LOW) vklopimo ali izklopimo kontakte releja. Dobra lastnost relejske ploščice je tudi, da ima krmilni del ločen od močnostnega.



Slika 47: Relejska ploščica mikrokrmilnika Arduino  
Vir [Lasten]



Slika 48: 3-fazni kontaktor  
Vir [Lasten]

## 5.2.7 Arduino

Je odprtokodni mikrokrmilnik, ki temelji na enostavni uporabi strojne ter programske opreme. Zasnovan je bil z namenom, da elektrotehniko približa tudi tistim brez osnovnega znanja o strojni in programski opremi mikrokrmilnikov. Namenjen je tudi vsem, ki jih zanima ustvarjanje različnih projektov na področjih elektrotehnike, strojništva, mehatronike in računalništva. Njegova prednost je nizka cena, natančnost, zanesljivost in mala poraba energije. Poznamo več modelov Arduino krmilnikov, ki se med seboj razlikujejo po velikosti, moči in številu vhodov.

Pri našem projektu smo uporabili Arduino Uno, ki je zadovoljeval vse naše potrebe.

### 5.2.7.1 Arduino Uno

Je mikrokrmilnik, ki temelji na ATmega328P s 32 KB spomina. V dolžino meri 68.6 mm, v širino 53,5 mm in tehta le 25g. Ima 14 digitalnih (6 od teh lahko uporabimo kot 8 bitne PWM izhode) in 6 analognih vhodov (A0 do A5). Digitalni vhodi so lahko uporabljeni kot vhod ali izhod in delujejo pri napetosti 5 V ter zavzamejo vrednosti HIGH ali LOW oziroma (0,1) in vsak izhod oziroma vhod lahko sprejme ali odda 20 mA toka. Analogni vhodi pa lahko berejo vrednosti od 0 do 1023 in so namenjeni za priključitev različnih senzorjev, zaslonov in merilnikov. Deluje s 16 MHz taktom in ga lahko napajamo s pomočjo zunanjega napajanja, ki prihaja iz AC-DC adapterja ali baterije ali preko USB povezave. Priporočljiva napajalna napetost je 7 V - 12 V, s tem zagotavljamo brezhibno delovanje, obenem pa se regulator napetosti ne pregreva in tako ne poškoduje plošče. Mikrokrmilnik je mogoče programirati s programsko opremo Arduino, ki je na voljo na vseh večjih operacijskih sistemih, kot so Windows, Linux in Mac OS . Lahko pa ga programiramo kar direktno preko ICSP povezave.

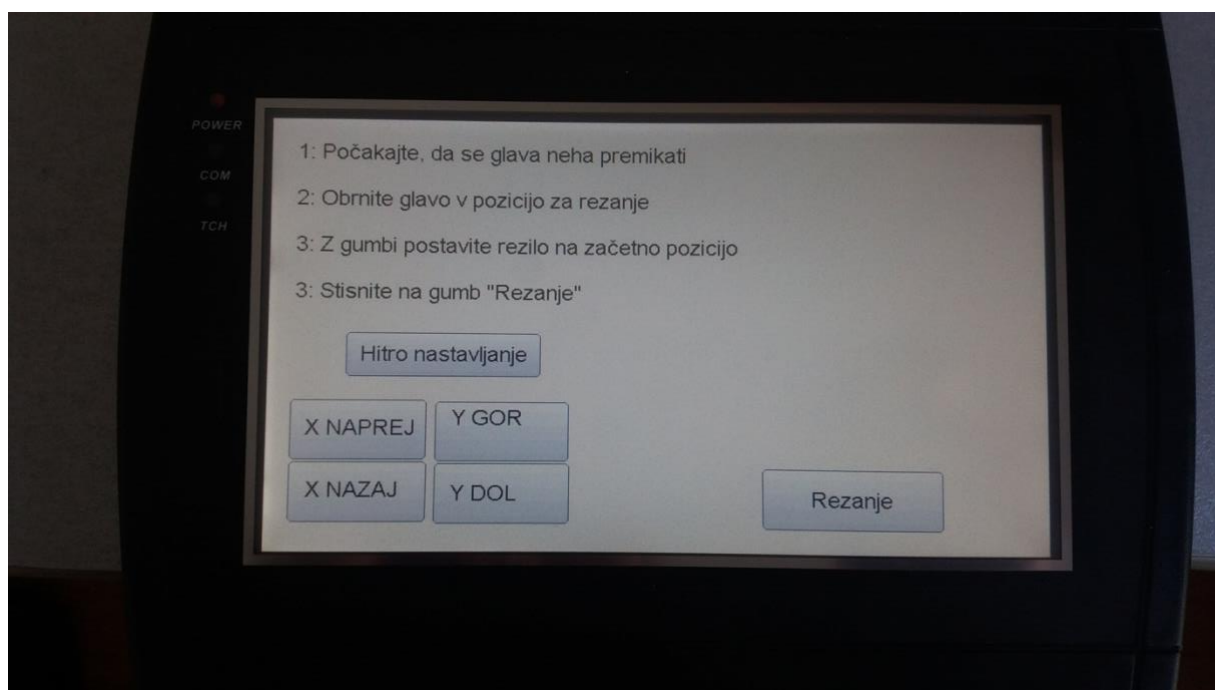


Slika 49: Mikrokrmilnik Arduino UNO Vir [19]

### 5.2.8 LED Zaslon

LED zaslon je zaslon, ki prikazuje sliko s pomočjo tekočih kristalov, da pa doseže svetilnost mu pomagajo LED – Light Emitting Diodes (svetlobo-oddajajoče diode).

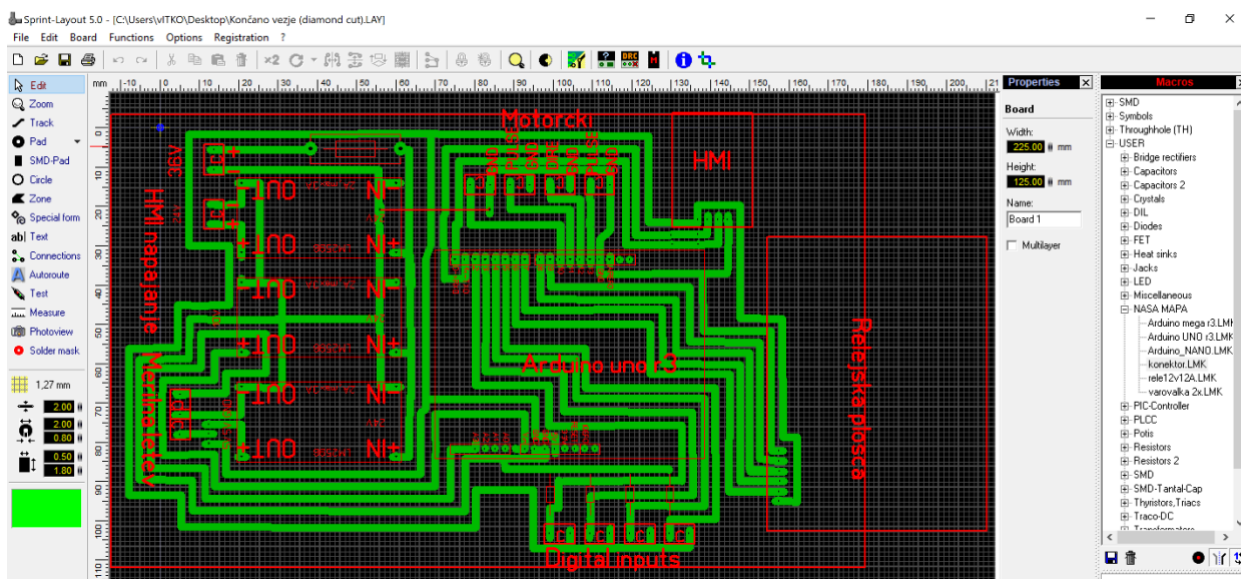
Za prikazovanje poteka dela ter upravljanje naprave smo uporabili zaslon Wecon, ki omogoča komunikacijo med mikrokontrolnikom Arduino ter hkrati omogoča prijetno in preprosto uporabniško izkušnjo. Je programerljiv, kar pomeni, da ga lahko popolnoma prilagodimo svojim željam in potrebam. Uporabili smo zaslon velikosti 7 inčev z resolucijo 800X480 pikslov. Pri priključitvi smo uporabili ustrezen priključek za komunikacijo RS232 ter ga priklopili na 24 V napajanje.



Slika 50: LED zaslon s programom Vir [Lasten]

## 5.2.9 Izdelava tiskanega vezja

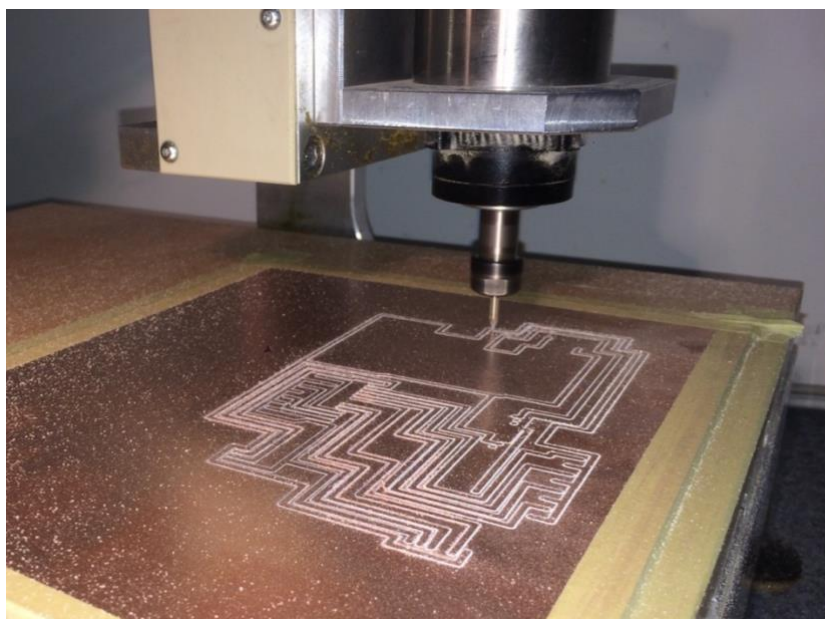
Za povezavo vseh krmilnih elementov med seboj smo se odločili za izdelavo tiskanega vezja. Najprej smo se dogovorili in izbrali elemente, ki so potrebni za delovanje naše naprave in se nato lotili izdelave. Najprej smo v programu Sprint-Layout narisali načrt našega vezja, tako da smo uporabili že narisane komponente, jih pravilno razporedili, povezali in označili.



Slika 51: Narisano vezje v programu Sprint-Layout Vir [Lasten]

Nato je sledila izdelava vezja na na šolskem CNC koordinatnem rezkalniku, kjer smo najprej izbrali bakreno ploščico, ki je ustrezala velikosti našega vezja in jo vpeli na mizo rezkalnika. Nato je sledil prenos našega načrta v program Mach 3, ki izdelava G-kodo, na podlagi katere se rezkalnik orientira. Prav tako je bilo pred obdelavo potrebno določiti nastavitve kot so hitrost in smer vrtenja ter v glavo rezkalnika vstaviti ustrezen sveder, da smo lahko pričeli z izdelavo. Rezkalnik deluje tako, da odstranjuje baker iz površine ploščice in posledično ustvari utore, ki ločijo povezave med seboj. Ko je bila obdelava končana, smo naložili še program za vrtnje lukenj, zamenjali sveder in rezkalnik ponovno zagnali. Po končni obdelavi smo ploščico izpeli in s pomočjo multimetra pregledali ali so vse povezave med seboj ločene in na koncu smo ploščico rahlo zbrusili.



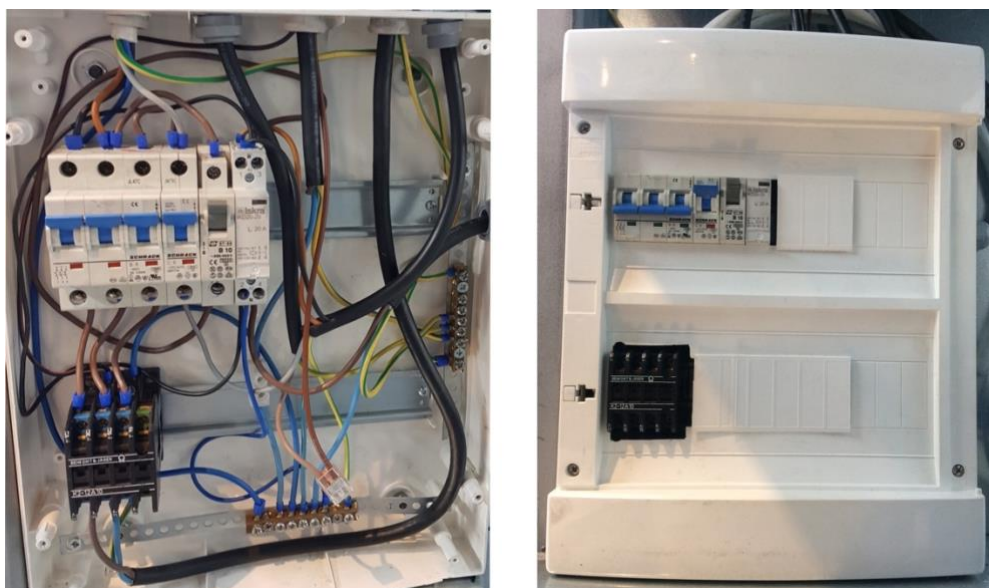


Slika 52: Izdelovanje tiskane ploščice s 3-koordinatnim rezkalnikom  
Vir [Lasten]

### 5.2.10 Vezava elektronskih komponent

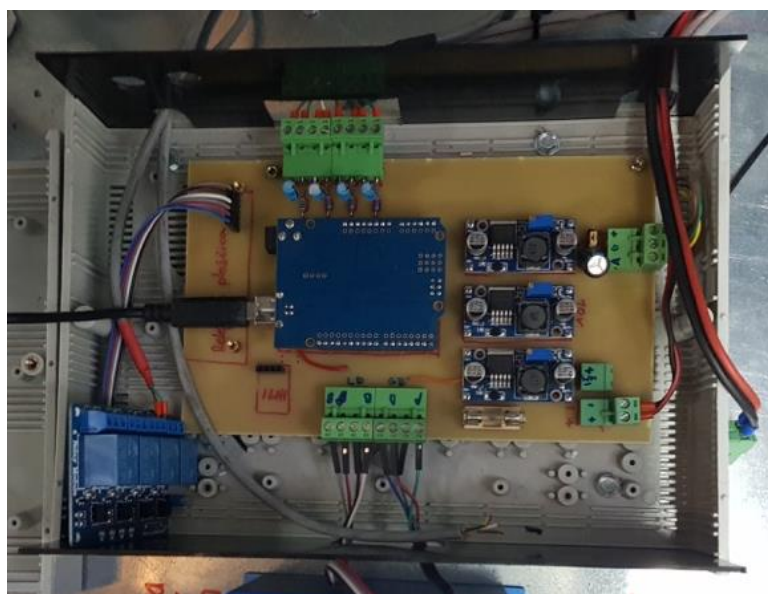
Sledila je povezava elektronskih komponent med seboj. Najprej smo se lotili vezave močnostnega dela naše naprave in sicer smo najprej povezali petžilni dovodni kabel, pri katerem smo fazne vodnike (L1, L2, in L3) povezali na 16 A avtomatske varovalke, ki varujejo pred preobremnitvijo in kratkim stikom. Nevtralni in zaščitni vodnik smo povezali na zbiralki. Nato smo se lotili povezave dveh kontaktorjev, tipk in stikal. Prvi kontaktor smo uporabili za vklop frekvenčnega pretvornika in elektromotorja s končnim stikalom. Na vratih smo poskrbeli za varnost in tako preprečili neželen vklop motorja.

Drugi kontaktor smo uporabili za napajanje ostalih komponent, kot so napajalnik in luči, vezali smo ga tako, da ga je mogoče vključiti z zeleno tipko. Za signalizacijo ali je naprava pod napetostjo, smo uporabili zeleno lučko ter za izklop naprave dodali še varnostno izklopno stikalo.



Slika 53: Notranjost in zunanost elektro omarice Vir [Lasten]

Sledila je vezava krmilnega dela. Najprej smo povezali napajalnik in s tem poskrbeli za ustrezno napajanje vezja, LED zaslona in gonilnikov za koračne motorje. Na tiskano vezje smo pritrdili oziroma prispajkali mikrokontroler Arduino, relejsko ploščico, varovalko, priključke za napajanje in zaslon ter priključke za priklop digitalnih ter analognih signalov. Prav tako smo namestili tri regulatorje napetosti, katerim smo nastavili izhodne napetosti na 10 V, 24 V in 5 V. Sledila je povezava gonilnikov koračnih motorjev, ki smo jih povezali z vezjem prek 8 priključkov. Prav tako smo povezali dve končni stikali ter priključek za komunikacijo z zaslonom. Na koncu smo vezje vgradili v škatlo in ga tako zavarovali pred zunanjimi vplivi.



Slika 54: Notranjost škatlice s tiskanim vezjem Vir [Lasten]



Slika 55: Povezava vseh elektronskih komponent Vir [Lasten]

### 5.3 SESTAVA

Po končani izdelavi strojnih komponent smo morali vse med seboj povezati oziroma pritrditi. Najprej smo na vse stene in vratca pritrdili pločevino, nato v ploščice na dnu ogrodja privijačili nastavljive noge in se lotili sestavljanja vodil. Večje vodilo smo pritrdili na privarjene nosilce, manjše vodilo smo kasneje prilagodili večjemu in ga nanj pritrdili. Na ploščo manjšega vodila smo pritrdili tudi nosilca za stružni nož in linearni potenciometer, namenjen posnemanju oblike platišča. Nad večje vodilo smo na dodatni nosilec pritrdili še drug linearni potenciometer, ki poskrbi za pozicioniranje noža v koordinatni smeri X. Na spodnjo polovico naprave smo pritrdili še vratca. Uporabili smo tečaje, ki smo jih priredili našim potrebam in jih privijačili tako na vratca kot tudi na ogrodje naprave. Na vratca smo pritrdili še plastične ročaje, da jih je mogoče z lahkoto odpreti in dostopati do elektronskega vezja in koša z odpadki. Po končanem sestavljanju strojnih komponent je sledila še sestava elektronskih komponent na napravo in njihova logična povezava.

Odločili smo se, da večino elektronskih komponent pritrdimo v levo polovico ogrodja pod delavnim prostorom. Napajalnik, gonilnika ter škatlo s tiskanim vezjem in krmilnikom smo

pritrtdili skupaj na dno ogrodja. Elektro omarico oziroma škatlo smo pritrtdili na levo stransko steno. Frekvenčni pretvornik smo pritrtdili na nosilce glavnega trifaznega motorja, LED zaslon in tipke pa na nosilec, ki smo ga privijačili na sprednjo stran naprave. Vse je bilo razporejeno tako, da smo lahko komponente med seboj enostavno povezali. Na koncu smo na strop naprave pritrtdili še LED luč za dobro osvetlitev delovnega prostora.



Slika 56: Slika naprave z dokončanimi vratci Vir [Lasten]



Slika 57: LED luč Vir [Lasten]

## 6 EKONOMSKI VIDIK

Zasnovali in izdelali smo napravo, ki se na slovenskem trgu še ni uveljavila. V primerjavi z diamond cut napravami na tujem trgu, smo želeli, da bi naša naprava dosegala enake funkcije in primerljiv končni rezultat popravljenega platišča. V cenovni primerjavi smo za izdelavo porabili kar 10 krat manj stroškov, saj smo uporabili cenovno ugodnejše komponente, ki v celoti dosegajo isto funkcionalnost. V primerjavi s stroški naše naprave, so na tujem prodajnem trgu cene takšnih naprav vse do 50.000 €.

### 6.1 Predstavitev poslovne ideje

Kot ekipa raziskovalne naloge, smo se prav tako prijaviли na Startup vikend podjetniškega inkubatorja Saša v Velenju, s podjetniško idejo naše Diamond cut naprave. Startup vikend je ponujal 3 dni razvijanja podjetniških idej, ki smo jih na koncu predstavili komisiji. Za predstavitev naše ideje smo se poglobili v raziskavo slovenskega trga in kupcev novodobnih aluminijastih platišč. Kontaktirali smo vsa večja podjetja v Sloveniji, ki popravljajo platišča. Od njih smo želeli izvedeti, kaj vse vedo o modernem popravilu aluminijastih platišč z diamond cut napravo. V Sloveniji se v praksi za popravilo uporablja samo ročni način in uporaba klasične stružnice. Podjetja so pokazala velik interes za izdelavo in nakup takšne naprave. Od njih smo izvedeli, da je v slovenskem prostoru 15 % avtomobilov z diamond cut ALU platišči. Ta odstotek še narašča, posledično pa obstaja tudi večje povpraševanje za nakup takšne naprave.



Slika 58: Predstavitev ideje o napravi na Start-UP vikendu  
Vir [Lasten]

## **6.2 Kupec**

Spoznali smo, kdo je naša stranka oziroma kupec, ki bi se zanimal za tovrstno napravo. To so podjetja, ki se izključno ukvarjajo s popravilom aluminijatih platišč. Njihovo delo ne vključuje samo obnove aluminijastih diamond cut platišč, saj so tukaj še ostali postopki (ravnanje, peskanje, barvanje in lakiranje) potrebni za celovito popravilo platišča. Stranka je torej podjetje, ki obnavlja platišča, teh pa je v Sloveniji in tujini vedno več. Z našim raziskovanjem trga smo izvedeli, da v Sloveniji obstaja veliko zanimanje za nakup takšne naprave.

## **6.3 Stroški izdelave naše naprave**

Tabela prikazuje približne cene komponent brez upoštevanja stroška vloženega dela. Naštete komponente nam je priskrbel mentor. Pri izdelavi naprave smo za material porabili okoli 4000 €. Veliko denarja smo prihranili, saj smo za projekt uporabili cenovno ugodnejše komponente. To so odprtokodni krmilnik Arduino, ki je primeren za izdelavo prototipnih naprav. V napravah na tujem trgu so vgrajeni veliko dražji CNC numerični krmilniki. Merilna letev, ki se lahko primerja z dražjim laserskim merilnikom, senzorjem razdalje ali 3D kamero.

## **6.4 Amortizacijska doba**

Izračunali smo, da bi se vložen denar v našo napravo povrnil že v roku štirih mesecev. Z našo napravo bi stranka na dan popravila približno 4 platišča in s tem na teden zaslužila med 600-700 €, kar pomeni, da bi lahko v štirih mesecih zaslužila več kot 10.000 €.

Tabela 2: Tabela stroškov Vir [Lasten]

KOMPONENTA	KOLIČINA	CENA (€)
Tri fazni el. motor	1	500
Frekvenčni pretvornik	1	500
Hibridni koračni motor	2	600
Napajalnik	1	100
Driver za koračni motor	2	100
Pločevina	7	175
Debelo stenska cev 15m (ogrodje)	1	200
Kroglično vodilo za X os	1	400
Kroglično vodilo za Z os	1	400
Krmilnik Arduino	1	5
El. komponente močnostnega dela	1	200
Krmilno vezje s komponentami	1	100
Zaslona na dotik	1	100
Industrijske tipke	4	20
Razsvetljava (LED luči)	2	20
Napeljava (kablji)	1	50
Distančnik na el. motorju	1	200
Nosilec s stružnim nožem	1	300
Stružna glava	1	100
Vrednost dela	1	3000
<b>SKUPAJ</b>		<b>7070</b>

## **7 REZULTATI IN RAZPRAVA**

Dandanes se za kvalitetno popravilo platišč uporablja več postopkov popravila. Od ravnanja pa vse do lakiranja in poliranja, med te postopke spada tudi Diamond cut struženje, ki pa žal na slovenskem trgu še ni razvito oziroma popularno. V drugih državah Evrope se te naprave pogosto pojavljajo v delavnicah avtoličarjev, serviserjev in mehanikov, saj olajšajo ljudem prekomerno ročno delo, so natančnejše kot sam človek ter mnogo hitrejše. Za izdelavo te naprave smo se odločili prav iz razloga, da pri nas takšnih naprav še ni, lahko pa jih kupimo v tujini, vendar za enormne količine denarja, ki segajo tudi do 50.000€. Osredotočili smo se na izdelavo naprave, ki bi za razliko od večine, platišče stružila horizontalno namesto vertikalno. Dobra stran tega je večja natančnost in lažje vpenjanje. Prav tako je bil eden izmed glavnih ciljev izdelati napravo, ki ne bi presegala določene finančne meje. Določili smo jo pri cca. 10 000 €, vendar pri tem ni smela biti omejena natančnost in ne varnost in kvaliteta izdelane naprave.

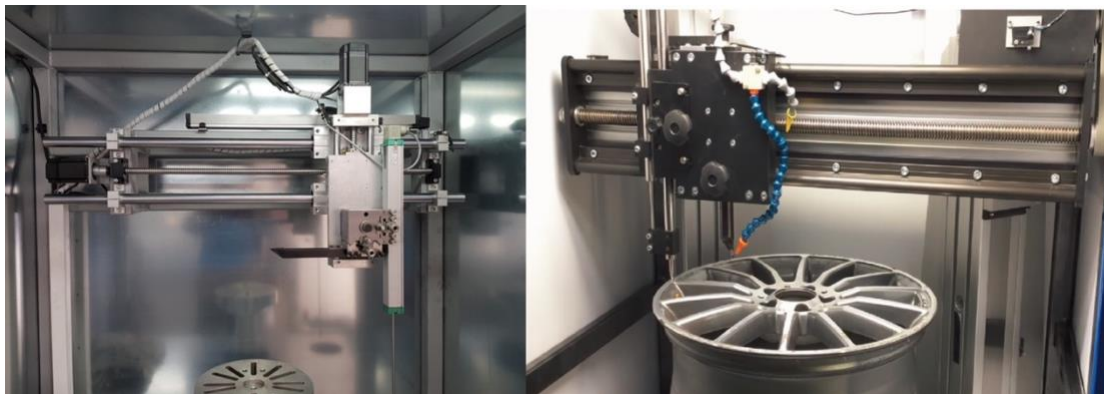
Za pomoč in vodilo pri nastajanju naloge smo si zastavili sledeče hipoteze:

### **1. Narediti je mogoče napravo, ki se lahko primerja s konkurenčnimi napravami na trgu.**

To hipotezo smo potrdili. Napravo je seveda mogoče izdelati, vendar že sama izdelava zahteva določeno znanje strojništva, elektrotehnike in programiranja. Za izdelavo naprave, ki bi se lahko primerjala po natančnosti, kvaliteti ter hitrosti obdelave, je potrebnega še več znanja ter še posebej natančnosti pri delu. Naša naprava je enako toga in stabilna kot ostale, samo vpetje pa je enostavnejše in zagotavlja boljše centriranje platišča. V primerjavi z velikimi CNC napravami je tudi lažja in mobilnejša. Zagotavlja tudi enako oziroma preprostejšo uporabniško izkušnjo, saj uporabljamo LCD zaslon na dotik, ki naredi napravo enostavno za uporabo in ne zahteva določenega predznanja iz programiranja. Edina pomankljivost v primerjavi z najbolj podobno napravo je, da lahko drugo napravo uporabljamo z enofaznim izvorom napetosti, naša pa zahteva trifazni izvor.

Glede tehničnih specifikacij se torej lahko primerja s konkurenco. Iz finančnega vidika pa je naša mnogo ugodnejša, saj ostale naprave stanejo tudi 4-5 krat toliko kot naša.

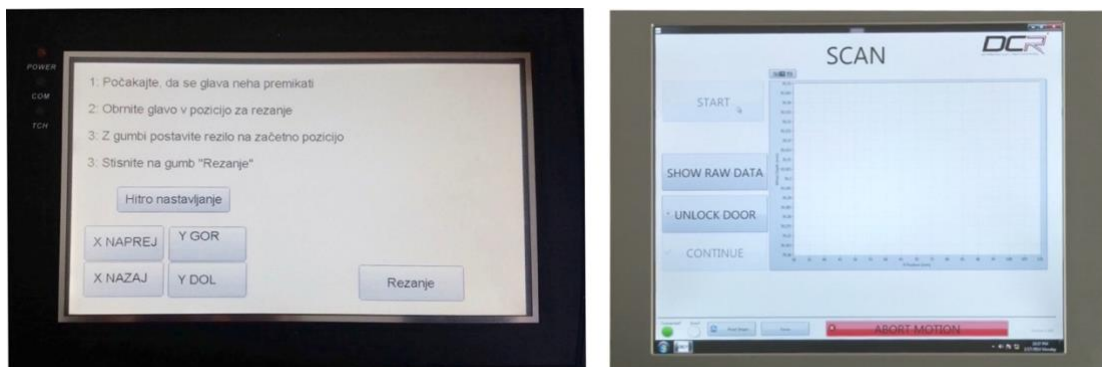




Slika 59: Primerjava vodil Vir [Lasten]



Slika 60: Primerjava stružnih glav Vir [Lasten]



Slika 61: Primerjava LED zaslonov Vir [Lasten]

## **2. Z diamond cut napravo lahko platišče postružimo hitreje in natančneje kot z ročno obdelavo ali navadnim struženjem.**

To hipotezo smo potrdili. Navadno (ročno) struženje zahteva določeno znanje in veščine uporabljanja stružnice, saj so zelo pomembne mere in natančnost. Pri tem struženju zlahka obdelujemo vodoravne mere in lege, za obdelovanje površin pod kotom pa je zahtevano določeno znanje, da ne omenjamo struženja radiusov in okroglin, ki so brez CNC stružnic mogoči samo s šablonami, ki pa pri struženju platišč ne pridejo v poštev. Prav tako moramo upoštevati material, ki ga obdelujemo, da lahko izberemo pravilno obliko in material rezilne ploščice kot tudi samega stružnega noža. Pomembno je tudi število vrtljajev na stružnici in hitrost obdelave, ki pa sta spet odvisna od materiala obdelovanca. Ročno struženje torej zahteva obilo znanja, kljub temu pa ne dosežemo željenih rezultatov.

Z diamond cut napravo ne potrebujemo skoraj nič znanja, saj z njo obdelujemo le aluminijasta diamond cut platišča. Oblika platišča nas ne skrbi, saj jo najprej posnamemo, nato pa po tej obliki postružimo. Za pravilno hitrost obdelave poskrbi horizontalno vpet linearni potenciometer, ki z bližanjem stružnega noža k središču platišča večja število vrtljajev, da ostane obodna hitrost enaka in lahko zagotovimo konstantno hitrost pomika orodja. S tem smo že izključili potrebno znanje o materialu obdelovanca, hitrosti pomika, število vrtljajev in kompleksnosti oblike. S tem potrdimo, da je naša naprava očitno in zanesljivo natančnejša kot ročno struženje.

Ko govorimo o hitrosti obdelave ni primerjave saj je ročno struženje hitrejše, ampak smo ga že v prvem delu izključili. Prav iz tega razloga je edini možen preostali način obdelave ročna obdelava platišča. Za ročno popravilo smo se pozanimali s popravljalcem platišč, ki nam je povedal, da celotno popravilo enega platišča zahteva od treh do pet ur, končni izdelek pa po izgledu sploh ni primerljiv, saj smo poizkusili tudi sami.

Pri naši napravi posnemanje oblike zahteva okoli 20-30 sekund. Po posneti obliki sledi struženje, ki traja približno 10-20 minut, vendar je to v primerjavi z ročnim delom zanemarljivo.

Če povzamemo, nam naša naprava omogoča natančnejše in hitrejšje struženje, ki ne zahteva nič napora, truda in skoraj nič znanja, po končani obdelavi pa je izdelek po zaslugi diamantnega noža sijoč in popolnoma primerljiv z novim platiščem.



Slika 62: Platišče pred in po obdelavi Vir [Lasten]



Slika 63: Ročno popravilo platišč Vir [Lasten]

### **3. S takšno napravo je mogoče obliko platišča tudi preoblikovati oziroma spremeniti.**

To hipotezo smo ovrgli. Postopek struženja ne premore odstranjevanja le tankih slojev materiala, kar pomeni, da je za obdelovanje surovcev, katerih končna oblika je veliko manjša kot sam surovec, potrebnega veliko časa. Tu nastopi prvi problem, saj našo napravo odlikujeta prav hitrost in natančnost. Deluje kot vsaka stružnica, kar pomeni, da tudi ta lahko odstranjuje le malo materiala naenkrat.

Platišča so izdelana tako, da je material v platišču razporejen na nek taktičen in načrtovan način, zato da je uravnovešeno in centrirano. Kakršnokoli spreminjanje oblike, kot so razne poškodbe na obodu platišča strukturno oslabijo in spravijo iz ravnovesja. Ostranjevanje tanke plasti s platišča na strukturno trdnost ne vpliva, če le je to pametno načrtovano. Naša naprava je zasnovana tako, da te pogoje upošteva in tako posledično ne vpliva na konstrukcijo platišča.

Zadnji problem te hipoteze je nastopil tukaj, saj nam ni bilo znano, kako lahko vsem štirim platiščem spremenimo obliko, ki bi se na vseh ujemala. Seveda je mogoče obliko platišča posneti in nato po isti obliki postružiti in popraviti, težava pa nastopi, če želimo obliko platišča spremeniti, kar pa ni mogoče spremeniti, saj nam krmilnik ne omogoča spreminjanja vrednosti oblike platišča. Če nam bi kljub temu uspelo zapisati drugačno obliko, bi nam najprej preoblikovanje le enega vzelo veliko časa, saj lahko v enem hodu odstranimo le do 0.2 mm materiala, nove oblike pa nato ne bi mogli prenesti na preostala platišča, saj so med seboj nekoliko drugačna in imajo različne napake. Tako bi vsako platišče bilo drugačno, kar bi vplivalo na udobje kot tudi varnost vožnje v vozilu.

Kot pri vsaki raziskovalni nalogi je tudi pri nastajanju naše prišlo do težav, ki smo jih morali seveda odpraviti.

### **7.1.1 Ogrodje**

Prva težava se je pojavila že pri varjenju. Ko smo cevi za ogrodje med seboj privarili, in poskusili postaviti varjeno konstrukcijo na tla, je bila ta nevedoravna, saj pri varjenju prihaja do deformacij zaradi toplote. Tako smo morali konstrukcijo na nekaterih zvarih razbremeniti, jo nastaviti pravilno in ponovno privariti. Tako je bila težava odpravljena.

### **7.1.2 Vezava**

Pri vezavi elektronskih komponent so nastopile nove težave. Ko smo preizkušali delovanje končnih stikal in tipk, je mikrokrmilnik znova in znova prejemal informacije, da so tipke in stikala sklenjena, čeprav niso bila. Ugotovili smo, da je vzrok najbrž induktivna napetost, ki se inducira v vodnikih z zaščitnim opletom. Najprej smo poizkusili z ozemljitvijo vseh opletov, vendar to ni pomagalo. Nato smo sam napajalnik prestavili, da je bil oddaljen dlje od krmilnika, saj je možno, da povzroča motnje. Tudi to ni bila rešitev. Tako smo se odločili, da poizkusimo z novimi kablji in sicer najprej na tipkah. To je nekaj časa delovalo, nato pa je spet prišlo do motenj. Na koncu smo na digitalne vhode tipk dodali manjše upore vrednosti  $220\ \Omega$  ter kondenzatorje velikosti  $22\ \mu\text{F}$ . Tako so kondenzatorji zgladili napetost in tako tudi napetostne konice oziroma motnje. To je dokončno odpravilo težave tako s tipkami kot s končnimi stikali.

### **7.1.3 Zagon**

Napravo smo lahko zagnali, šele ko smo odpravili vse težave iz vidika elektronike in ogrodja. Tu pa se je spet pojavil problem. Najprej smo nastavili hitrost vrtenja motorja na frekvenčnem pretvorniku in nato zagnali motor s pritrjenim distančnikom. Vse je delovalo, ko pa smo na distančnik pritrdili stružno glavo, je celotna naprava začela vibrirati. Ugotovili smo, da je razlog neuravnotežena stružna glava, saj je na enem delu več utorov kot na drugem. Tako smo jo morali balansirati oziroma na mesta, kjer je bilo odstranjenega več materiala pritrditi uteži, nato pa napravo še enkrat zagnati. Težava je tako bila odpravljena.

### 7.1.4 Obdelava

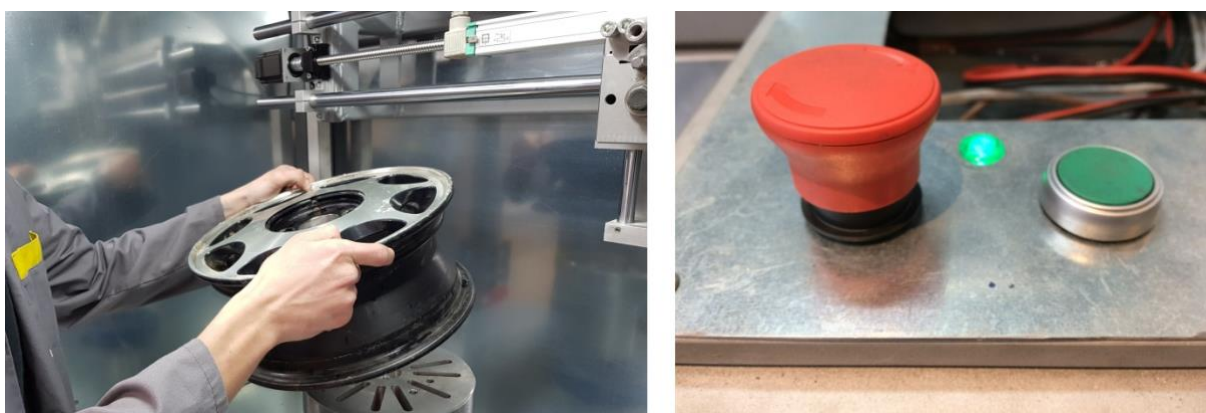
Sedaj smo lahko začeli z obdelavo platišča. Najprej smo poskusili obdelati majhen del roba platišča, ki je sorazmerno raven. Približali smo se platišču z nožem in naredili dotik. Nato smo nož počasi spustili, da je uspešno zarezal v platišče. Ker pa je bil naš stružni nož predolg in ker vodila niso bila dovolj toga, so se upognila, nož pa nam je vpelo v material in zaustavilo vrtenje. Za odpravo težave smo skrajšali stružni nož ter za vodila pritrdili železno cev, ki je onemogočala upogib vodil.



Slika 64: Poskus branja oblike in sledenja noža po njej  
Vir [Lasten]

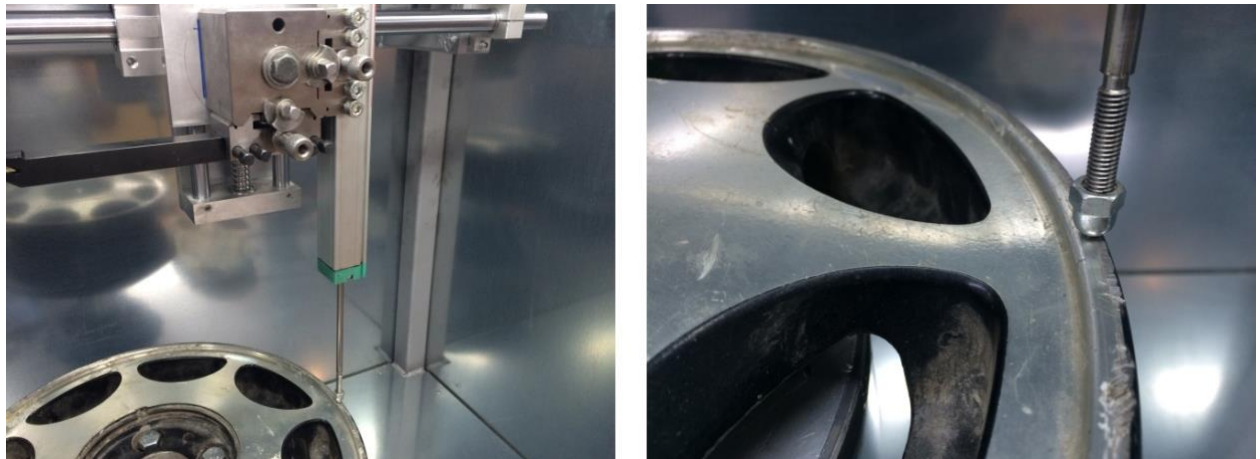
## 7.2 Delovanje

Postopek popravila se prične z vstavitvijo platišča v napravo. Potrebno je odpreti drsna vrata in platišče vstaviti na stružno glavo el. motorja. Pri tem moramo biti pozorni, da je v stružno glavo privijačen centrirni obroč. Platišče se namesti na centrirni obroč, poravna z utori stružne glave in luknjami platišča ter se nato privijači s 3, 4 ali 5 vijaki, odvisno od modela platišča. Vključimo celotno napravo z rdečo varnostno tipko na komandni plošči in tako se vklopi glavna razsvetljava. Prav tako zasveti zelena indikatorska led luč na komandi plošči, ki nas opozori, da je naprava v delovanju.



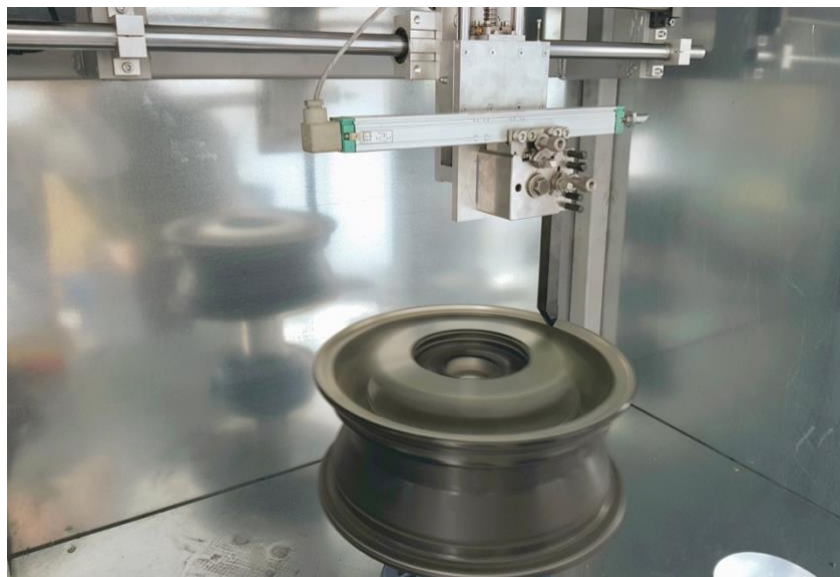
Slika 65: Vstavljanje platišča in dva kontrolna gumba Vir [Lasten]

Najprej je potrebno posneti obliko platišča, zato na nosilcu stružnega noža in merilne letve izstavimo zatič in obrnemo nosilec, da je merilna letev obrnjena navzdol. Najprej pošljemo orodje (nosilec z nožem in letvijo) v izhodiščni položaj s funkcijo *home position*, ki se prikaže na zaslonu. S pomočjo krmilne komande Z in X osi na zaslonu, zapeljemo orodje do platišča tako, da je merilna konica merilne letve postavljena na zunanjem robu oblike. Na zaslonu se z ostalimi funkcijami prikaže še možnost posnetja oblike platišča in jo izberemo. Med merjenjem moramo ročno platišče ročno vrteti, da merilna letev potuje le po obliki platišča, zato morajo biti drsna vrata odprta. Merilna letev bo nato začela posnemati obliko platišča od točke, kjer smo jo s krmilno komando na zaslonu pripeljali. Po zaključenem posnetju oblike, se orodje vrne v izhodiščno prvotno pozicijo.



Slika 66: Položaj potenciometra na platišču Vir [Lasten]

Po posnetju oblike platišča sledi struženje. Na nosilcu stružnega noža in merilne letve izstavimo zatič in obrnemo nosilec, da je stružni nož obrnjen navzdol. Zapremo drsna vrata in na zaslonu izberemo možnost *rezanje*. Pri izvršitvi te operacije je potrebno preveriti položaj drsnih vrat, saj bo funkcija delovala le v primeru ko bodo ta popolnoma zaprta. Stružni nož bo nato po kordinatah izmerjene oblike postružil platišče in se po končanem delu vrnil v izhodiščno pozicijo. Po zaključenem struženju počakamo, da se vrtenje elektro motorja ustavi in šele nato odpremo drsna vrata, odvijemo pritrdilne vijake iz platišča in izstavimo obnovljeno popravljeno diamond cut platišče.



Slika 67: Obdelava platišča Vir [Lasten]



## 8 TEHNIČNE SPECIFIKACIJE

### 8.1 Rezalna hitrost [Vc]

$$Vc = 200\text{m/min}$$

### 8.2 Število vrtljajev [n]

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 200 \text{ m/min}}{\pi \cdot 600 \text{ mm}} = 106 \text{ vrt/min}$$

*Enačba 2: Izračun števila vrtljajev 1*

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 200\text{m/min}}{\pi \cdot 100 \text{ mm}} = 636 \text{ vrt/min}$$

*Enačba 3: Izračun števila vrtljajev 2*

### 8.3 Poraba energije na eno struženje

$$\text{cena} = 2 \text{ kW} \cdot 20 \text{ min} \cdot 0,16\text{€/kwh} = 0,32\text{€}$$

*Enačba 4: Izračun cene enega struženja*

### 8.4 Tehnične karakteristike

Tabela 3: Tehnični podatki Vir [Lasten]

<b>Rezalna hitrost</b>	<b>200 m/min</b>
<b>Število vrtljajev</b>	106 vrt/min
<b>Poraba energije</b>	2 kW
<b>Velikost platišč</b>	do 24 inčev
<b>Čas obdelave</b>	20 min
<b>Dolžina</b>	800 mm
<b>Širina</b>	1100 mm
<b>Višina</b>	1950 mm
<b>Teža</b>	350 kg

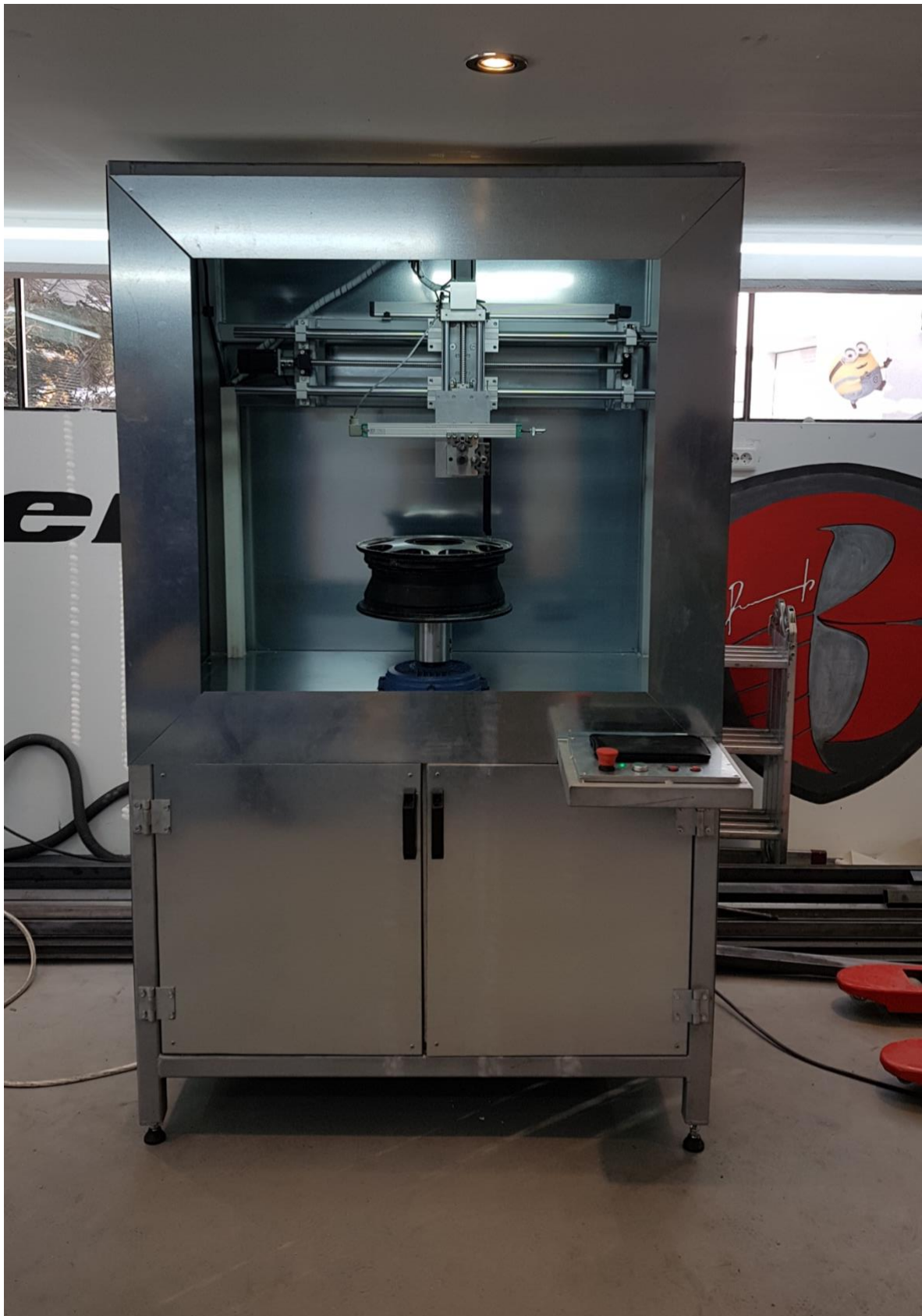
## 9 ZAKLJUČEK

Izdelava diamond cut naprave za raziskovalno nalogo je bila odlična izkušnja in priložnost, da se postavimo v vlogo pravih inženirjev in izdelamo napravo za profesionalno uporabo. Med nastajanjem raziskovalne naloge smo pridobili ogromno znanja iz različnih področij tehnike in tehnologije. Kot ekipa smo preučevali podobne naprave na tujem trgu in si postavili cilj, da jo s pomočjo mentorja in našim znanjem izdelamo popolnoma sami.

Izrisali smo 3D model celotne naprave, vse načrte sestavnih komponent, vezja in izreza pločevine, z uporabo programov za modeliranje in konstruiranje kot so Solidworks, Creo Parametric, Sprintlayout in Autocad. S pomočjo izrisanih načrtov konstrukcije smo nato s postopkom MIG varjenja zvarili celotno ogrodje. V konstrukcijo smo nato namestili motor, vodila, delovno orodje in vso močnostno ter krmilno elektroniko. Vse komponente je bilo potrebno ustrezno programsko povezati in ožičiti.

Skozi celoten proces dela smo pridobili veliko novega, uporabnega znanja in razumevanja iz raznih tehnoloških področij. Predvsem smo ogromno izvedeli o avtomobilskih platiščih in njihovi uporabi, načinih in področjih struženja, kako konstruirati napravo in izdelati kvalitetno krmilno vezje.

S pomočjo mentorja, veliko vloženega dela, raziskav in učenja smo dosegli zadan cilj. Pridobili smo pomembne nove izkušnje za nadaljnje delo v življenju. Kot je dejal Albert Einstein: "Informacije niso znanje. Edini vir znanja so izkušnje. "



Slika 68: Končen izgled naprave Vir [Lasten]

## 10 ZAHVALE

Za pomoč pri izdelavi raziskovalne naloge se zahvaljujemo:

- Mentorjema, g. Urošu Remenihu in g. Samu Železniku, za pomoč in podporo. Kljub težavam smo skupaj vedno poiskali preproste in odlične rešitve.
- G. Milanu Anželu za pomoč pri raziskavi platišč.
- G. Vladu Sajtlu za pomoč pri laserskem rezanju.
- Dr. Nataši Meh Peer za lektoriranje raziskovalne naloge.
- Ga. Jolandi Melanšek za lektoriranje angleške različice povzetka.
- Našim prijateljem in sorodnikom za podporo pri nastajanju naloge.

## 11 VIRI IN LITERATURA

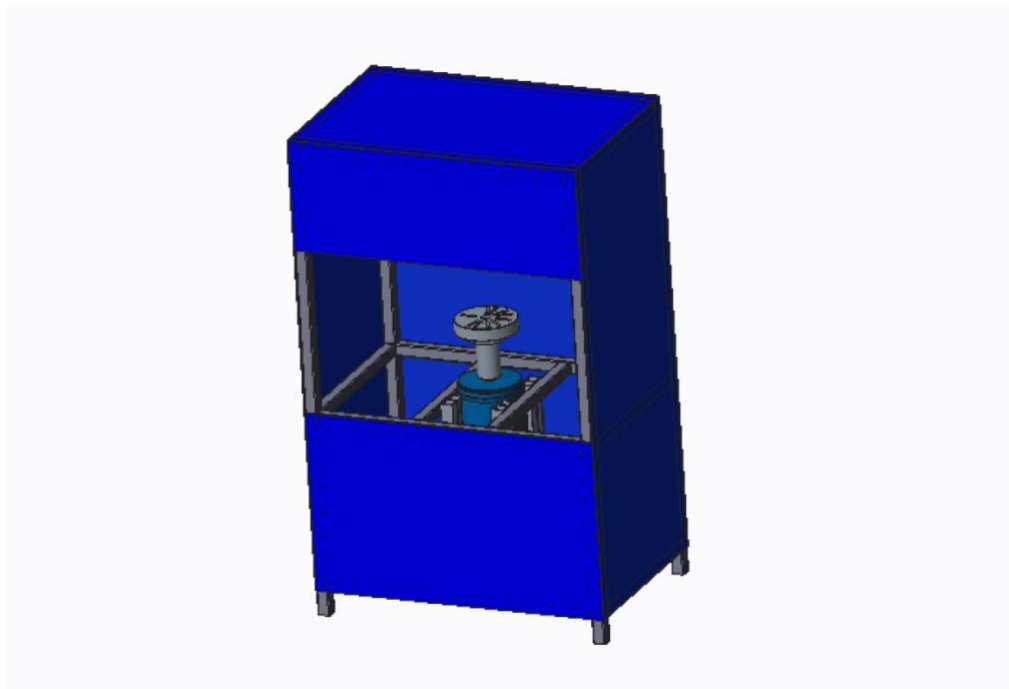
- [1] <https://www.amazon.com/16X6-5-finish-FITMENT-APPLICATION-X99121N/dp/B01M9AR52G> (7.2.2018)
- [2] <https://www.liderpnevmatik.si/nasveti-o-pnevmatikah/oznaka-platisca> (7.2.2018)
- [3] <http://master.mbmwebsite.evo.qa/blog/introducing-our-diamond-cutting-alloy-wheel-machine> (7.2.2018)
- [4] <https://www.avto.net/Ads/search.asp?SID=100000> (7.2.2018)
- [5] <http://avtonasveti.com/platisca/> platišča (7.2.2018)
- [6] <https://goo.gl/images/oBzhhN> (7.2.2018)
- [7] <https://www.zurnal24.si/avto/avto-nasveti/vse-vec-zvitih-platisc-zaradi-udarnih-jam-na-cestah-kako-jih-popraviti-293335> (7.2.2018)
- [8] <https://www.wikihow.com/Clean-Alloy-Wheels> (7.2.2018)
- [9] <http://www.popraviloplastisc.com/popravilo-platisc/jeklena-platisca/> (7.2.2018)
- [10] <https://www.knjiznica-celje.si/raziskovalne/4201403449.pdf> (7.2.2018)
- [11] <http://blasttehnika.com/peskanje-platisc-najboljse-cene> (7.2.2018)
- [12] [https://www.chemicalguys.com/Chemical\\_Guys\\_ACC\\_104\\_3\\_Ball\\_Buster\\_Wheel\\_Rim\\_p/acc\\_104\\_3.htm](https://www.chemicalguys.com/Chemical_Guys_ACC_104_3_Ball_Buster_Wheel_Rim_p/acc_104_3.htm) (7.2.2018)
- [13] Bartenschlager J. 2005. Mehatronika. Fachkunde Mechatronik. Europa Lehrmittel, Nemčija. (7.2.2018)
- [14] <http://dcr.world> (7.2.2018)
- [15] <https://www.rimspolish.com/en/cnc-diamond-cut-machine.php> (7.2.2018)
- [16] <http://www.aycesystems.com/smart-repair-products/diamond-cutting-cnc-alloy-wheel-lathe.php> (7.2.2018)
- [17] <http://www.tuli.si/si/prodajni-program/linearna-tehnika/vodila-kotalni-lezaji/> (7.2.2018)
- [18] <https://core-electronics.com.au/adjustable-switching-power-supply-module-in-4v-35v-out-1-5v-30v-lm2596s.html> (7.2.2018)
- [19] <https://uae.souq.com/ae-en/arduino-uno-r3-6186780/i/> (7.2.2018)
- [20] <http://www.avtonega.net/izbira-jeklenih-platisc/> (7.2.2018)
- [21] <http://www.koritnik.si/storitve/peskanje/peskanje-in-barvanje-platisc> (7.2.2018)
- [22] <https://avtostop.si/popravilo-barvanje-obnova-platisc-alu-lita-in-jeklena-platisca/> (7.2.2018)

[23] <http://www.avtonoga.net/izbira-jeklenih-platic/> (7.2.2018)

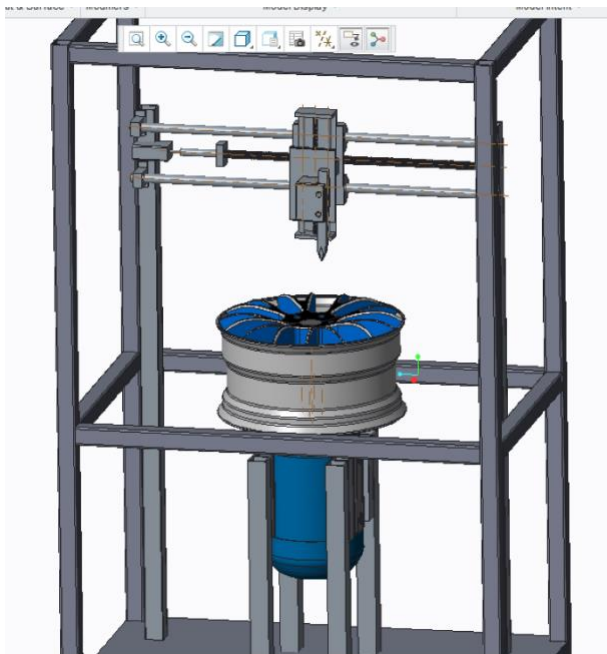
[24] <http://www.aycesystems.com/smart-repair-products/diamond-cutting-cnc-alloy-wheel-lathe.php> (7.2.2018)

[25] Kraut, B. 2011. Strojništvo. Krautov strojniški priročnik. Littera Picta, d.o.o., Ljubljana. (7.2.2018)

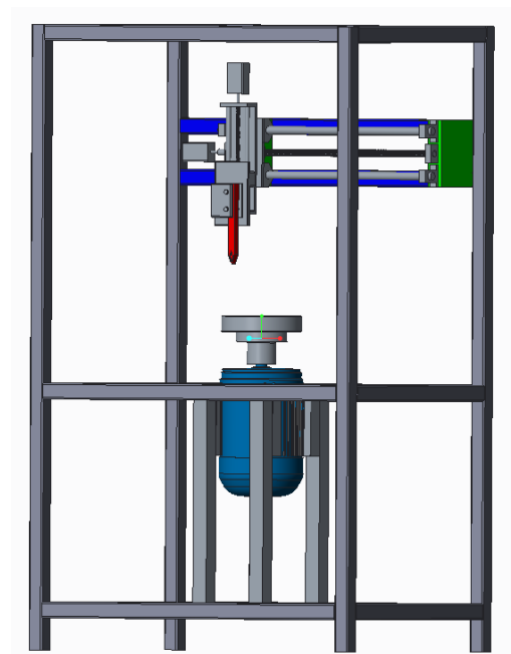
## 12 PRILOGE



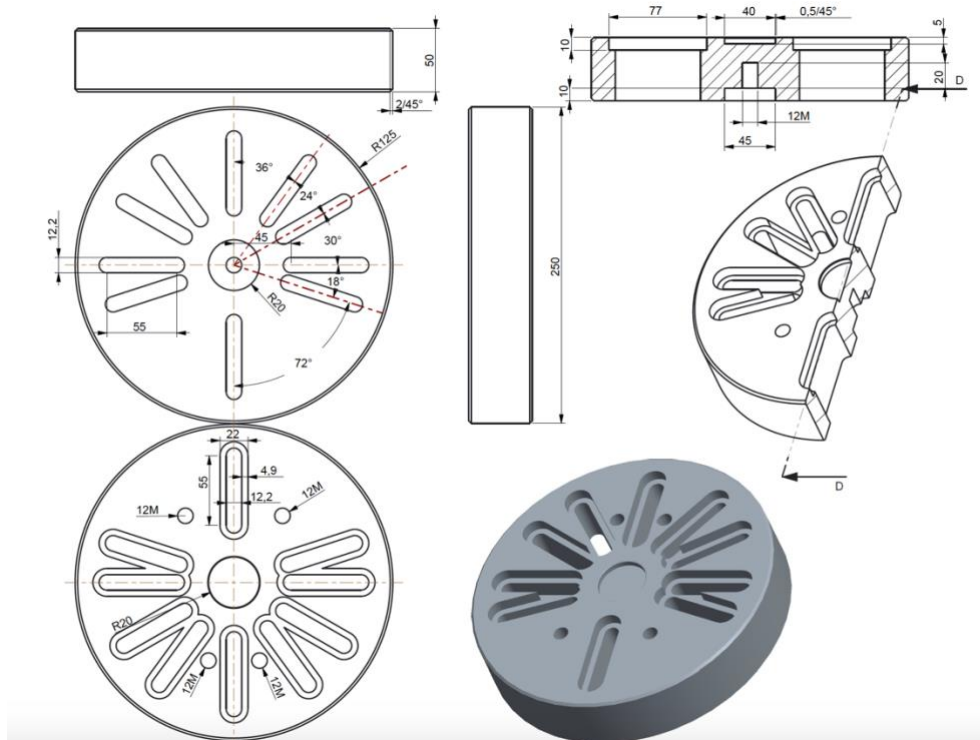
Priloga 1: 3D model naprave Vir [Lasten]



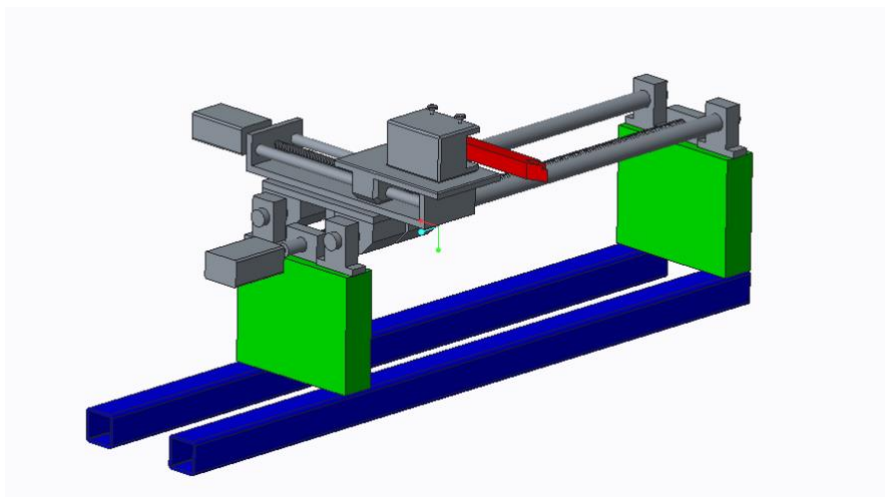
Priloga 2: 3D model naprave z vstavljenim platiščem  
Vir [Lasten]



Priloga 3: 3D model naprave brez pločevine  
Vir [Lasten]



Priloga 4: Izris stružne glave v 2D in 3D Vir [Lasten]



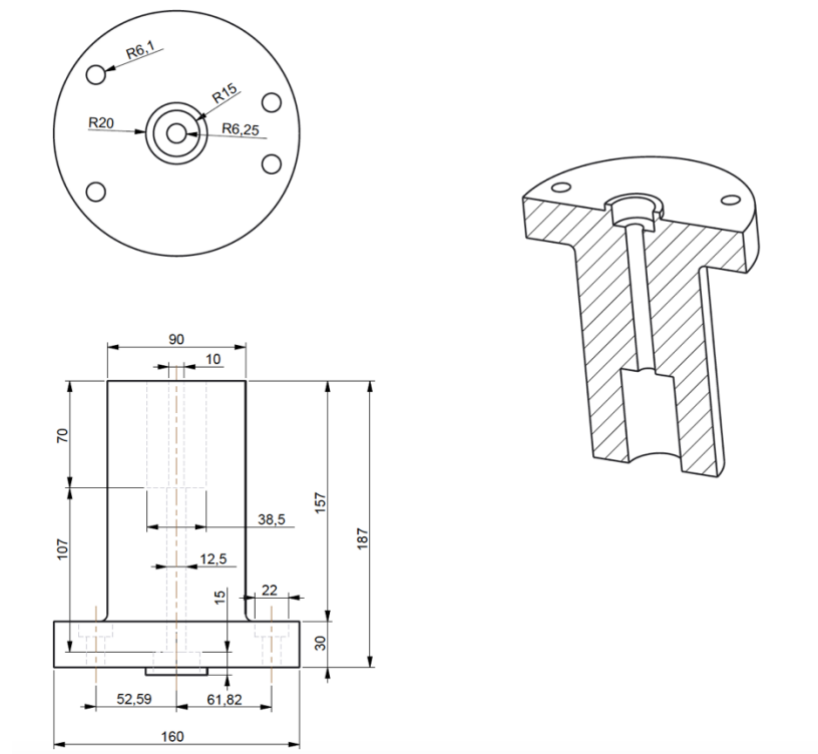
Priloga 5: 3D model vodil Vir [Lasten]



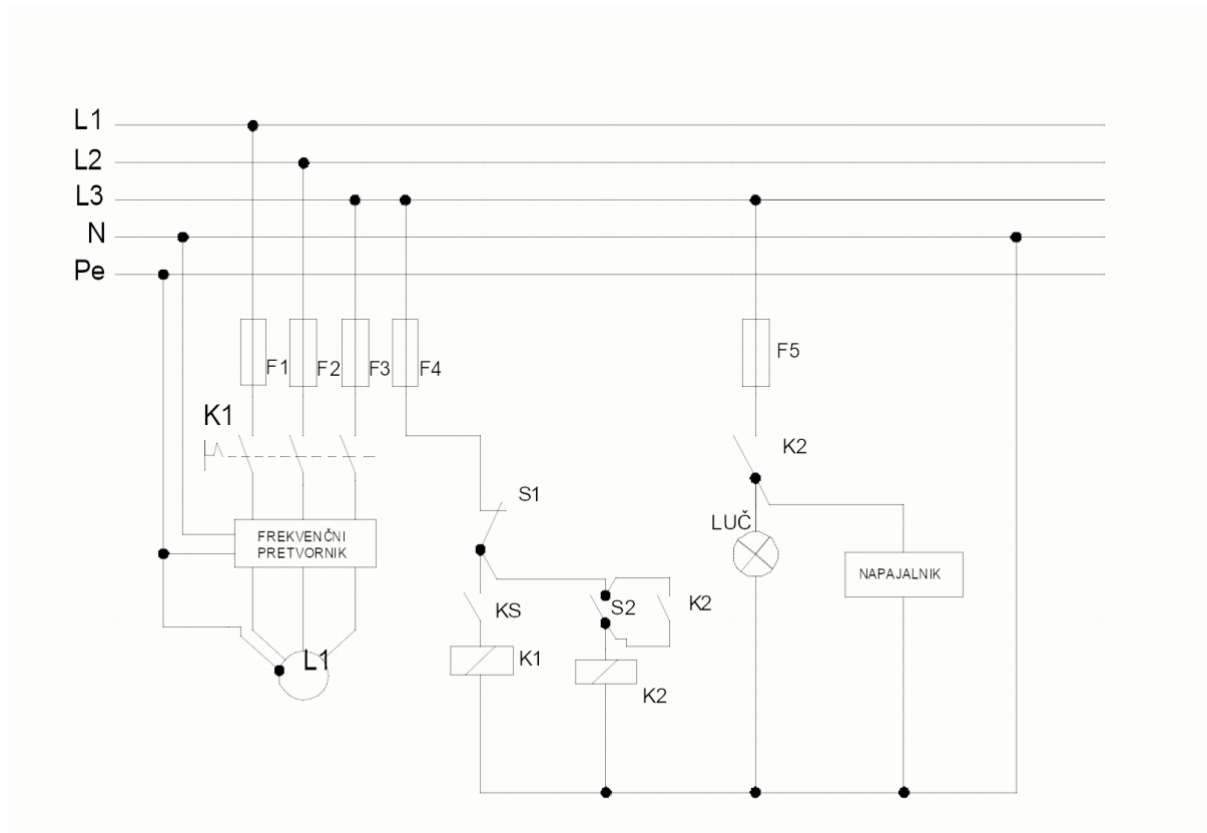
Skice izrezanih pločevin na surovcu Vir [Lasten]  
Izris distančnika v 2D in 3D Vir [Lasten]



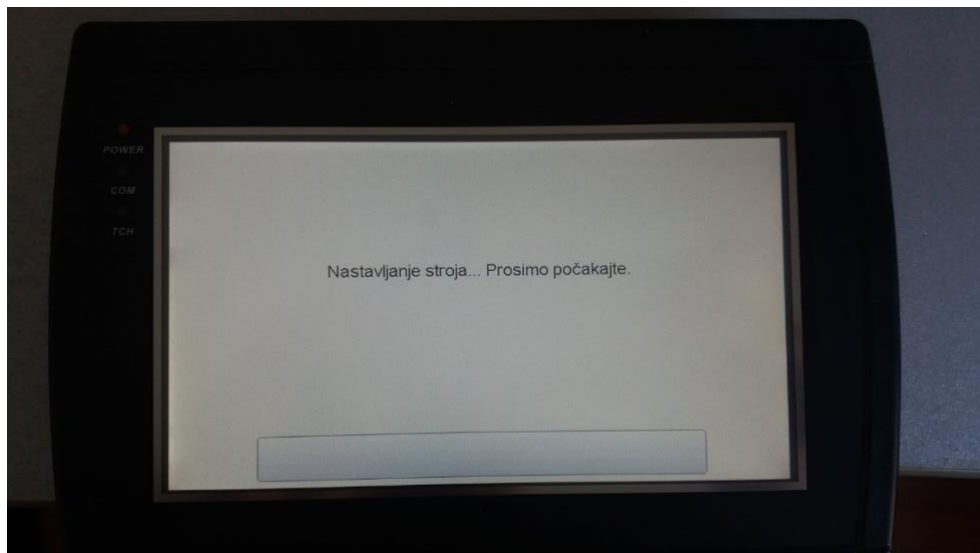
Priloga 6: Skice izrezanih pločevin na surovcu Vir [Lasten]



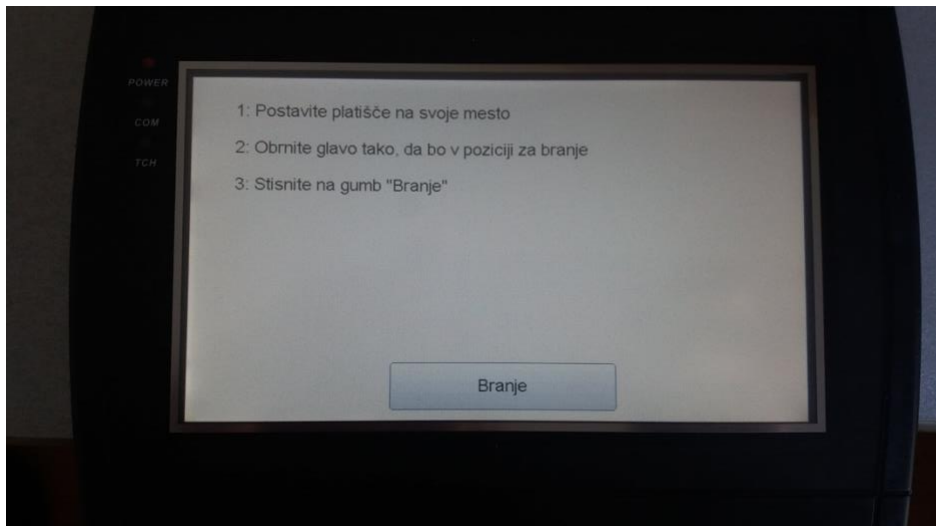
Priloga 7: Izris distančnika v 2D in 3D Vir [Lasten]



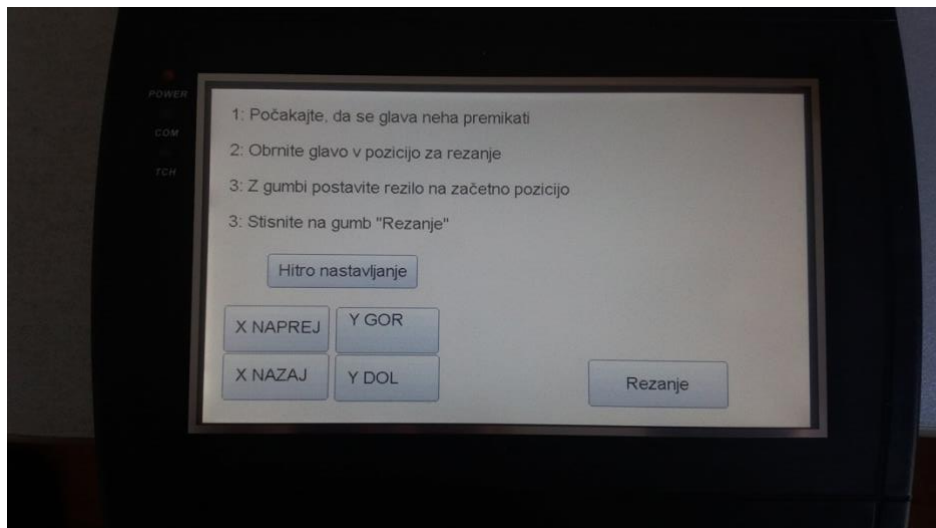
Priloga 8: Elektronska shema komponent Vir [Lasten]



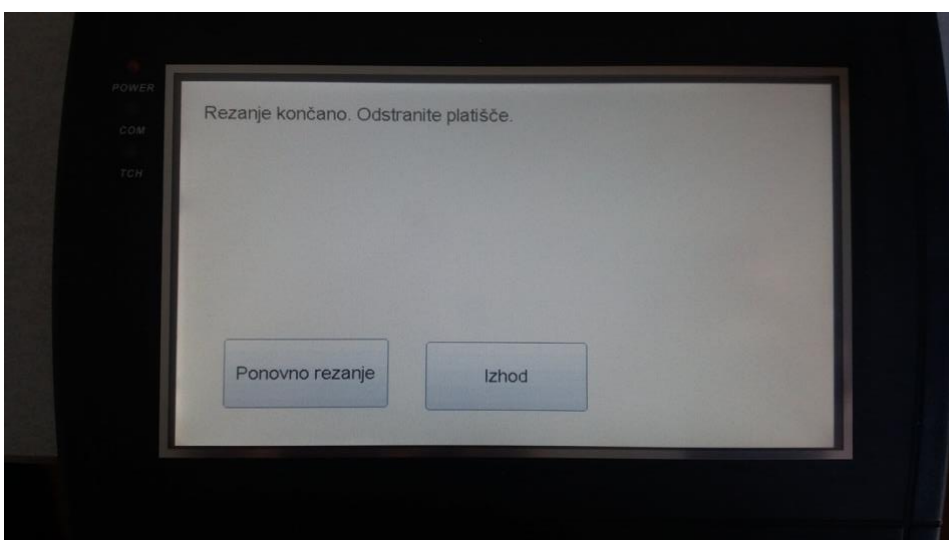
Priloga 9: Zaslón ob vklopu naprave Vir [Lasten]



Priloga 10: Branje Vir [Lasten]



Priloga 11: Rezanje Vir [Lasten]



Priloga 12: Konec obdelave Vir [Lasten]

```
void cutRim()
{
    speed = 700;
    Serial.println("Cutting!");
    int prevVal = rimValues[0];
    int setoff = 1;
    int targetY;
    // za tem ve vrednosti avtomatsko
    for(int i = 0; i<100; i++)
    {
        targetY = sensorY+(rimValues[i]-prevVal)+setoff;
        while((sensorX-startPos[motX]) != i)
        {
            motorMotion(motX, sensorX, i+startPos[motX]); // prestavim X os
            if(digitalRead(resetButton) == HIGH) // z gumbom lahko kadarkoli končamo rezanje
            {
                motorOff(motX);
                motorOff(motY);
                return;
            }
        }
        motorOff(motX);
        while(sensorY != targetY)
        {
            motorMotion(motY, sensorY, targetY); // izračunamo za koliko se mora glava prestaviti in prestavim Y os
            if(digitalRead(resetButton) == HIGH) // z gumbom lahko kadarkoli končamo rezanje
            {
                motorOff(motX);
                motorOff(motY);
                return;
            }
        }
        motorOff(motY);
        prevVal = targetY;
    }
}
```

Priloga 13 Program Vir [Lasten]

```
void readRim()
{
    speed = 500;
    int prevPos = sensorX-1;

    int targetPos = sensorX+100;
    int posCount = 0;
    while(1)
    {
        motorMotion(motX, sensorX, targetPos);
        if(prevPos<sensorX)
        {
            // val[valCount] = analogRead(zPot);
            // valCount = 0;

            // avgVal = (val[0] + val[1] + val[2] + val[3] + val[4]) / 5;
            rimValues[posCount] = 1023 - analogRead(zPot);
            prevPos=sensorX;
            posCount++;
        }
        if(digitalRead(resetButton) == HIGH || sensorX == targetPos)
        {
            motorOff(motX);
            break;
        }
    }
}
```

Priloga 14 Program 2 Vir [Lasten]