

**»Mladi za napredek Maribora 2017«
34. srečanje**

IZDELAVA GOKARTA

Raziskovalno področje: strojništvo

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor:	DAVID NOVAK, MIHAEL MURŠEC
Mentor:	BRANKO GREGORC
Šola:	TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR

Maribor, 2017

**»Mladi za napredek Maribora 2017«
34. srečanje**

IZDELAVA GOKARTA

Raziskovalno področje: strojništvo

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtorja:

Mentor:

Šola:

Maribor, 2017

Kazalo vsebine

1	Uvod.....	1
2	SEGMENTI IZDELAVE	2
2.1	Konstruiranje	2
2.2	Nabava materiala in delov	3
2.3	Razrez in priprava delov na varjenje	3
2.4	Varjenje	4
2.4.1	TIG postopek.....	4
2.4.2	MIG/MAG postopek	5
2.5	Struženje	6
2.6	Vgradnja motorja in izdelava pripomočkov za upravljanje.....	9
2.7	Krmilni sistem	12
2.8	Zadnja os.....	15
2.9	Zavorni sistem	18
2.10	Izpušna cev.....	19
2.11	Izdelava sedeža	20
2.12	Električna napeljava.....	22
2.13	Lakiranje	23
3	Načrti za nadaljnje delo.....	24
4	Evidenca stroškov	25
5	Družbena odgovornost projekta	26
6	Testna vožnja.....	27
7	Zaključek.....	29
8	Viri in literatura.....	30

Kazalo slik

Slika 1: Risba	VIII
Slika 2: Zamisel ogrodja	2
Slika 3: Risanje ogrodja v SketchUp-u	2
Slika 4: Posamezni deli ogrodja	2
Slika 5: Razrezani profili.....	3
Slika 6: Profili s pobrušenimi robovi	3
Slika 7: Osnovna konstrukcija.....	4
Slika 8: Osnovna konstrukcija z motorjem	4
Slika 9: Zadnji nosilci za ležaje.....	5
Slika 10: Vpeto kolo.....	5
Slika 11: Med varjenjem.....	5
Slika 12: Univerzalna stružnica.....	6
Slika 13: 3D model nastavka zadnjega kolesa	7
Slika 14: 3D model nastavka zadnjega kolesa	7
Slika 15: Struženje nastavka	7
Slika 16: Struženje na univerzalni stružnici.....	7
Slika 17: Vpenjalna glava in obdelovanec	8
Slika 18: Nastavka za zobnik in zavorni disk brez lukenj.....	8
Slika 19: Nastavka za zobnik in zavorni disk z izvrtanimi luknjami	8
Slika 20: Nastavka za zadnji kolesi in os v ozadju	8
Slika 21: Tesno prilegajoč zavorni disk k stopnični nastavka	8
Slika 22: Vgrajen motor	9
Slika 23: Nosilec za motor pred varjenjem	9
Slika 24: Motor z nosilcem	9
Slika 25: Prirejen zaganjač "ključ".....	10
Slika 26: Nosilca za zaganjač.....	10
Slika 27: Položaj zaganjača ob zagonu	10
Slika 28: Priklop zaganjača na motor.....	10
Slika 29: Menjalna ročica.....	11
Slika 30: Nosilci menjalne ročice.....	11
Slika 31: Položaj menjalne ročice med vožnjo	11
Slika 32: Pedali.....	11
Slika 33: Vgrajeni pedali.....	11
Slika 34: Krmilni sistem brez koles	12
Slika 35: Volan na krmilni osi.....	12
Slika 36: Kavelj.....	12

Slika 37: Krmilni sistem.....	12
Slika 38: Volan zalit z epoksi smolo	13
Slika 39: Ojačitev z železno ploščico.....	13
Slika 40: Ležaj na kavlju	13
Slika 41: Element vpet v ogrodje	14
Slika 42: Element	14
Slika 43: 5 mm distanca kolesa	14
Slika 44: Obkrožen privarjen notranji obod ležaja za distanco kolesa	14
Slika 45: Sestavljena zadnja os	15
Slika 46: Povrtanje osi za vijak ležaja.....	15
Slika 47: Zvrtana luknja za nastavek.....	15
Slika 48: Vrtanje luknje z namiznim vrtalnim strojem	16
Slika 49: Rezanje navoja za inbus vijake	16
Slika 50: Pritrditev platišča na os	16
Slika 51: Označena vijaka, ki držita nastavek na osi	16
Slika 52: Zavorni disk	16
Slika 53: Oblikovana glava vijaka za natančno prileganje	17
Slika 54: Napenjalnik	17
Slika 55: Napeta veriga	17
Slika 56: Zavorna ročica skrita pod sedež.....	18
Slika 57: Nosilec namenjen zavornim kleščam.....	18
Slika 58: Vgrajene zavorne klešče	18
Slika 59: Nosilec izpušne cevi	11
Slika 60: Nova izpušna cev	11
Slika 61: Podaljšano koleno	19
Slika 62: Rezanje vezane plošče z dekopirno žago	20
Slika 63: Zlepljen sedež	20
Slika 64: Dodatne ojačitve na zadnji strani	20
Slika 65: Steklена vlakna pred nanosom smole	21
Slika 66: Nanos smole na prostem	21
Slika 67: Kitanje podstavka sedeža	21
Slika 68: Sedež nameščen na gokart	21
Slika 69: Vgrajeno stikalo	22
Slika 70: LED luč.....	22
Slika 71: Graetz in kondenzator	22
Slika 72: Električna napeljava v volanu	22
Slika 73: Sortirani vijaki	23
Slika 74: Zbrušeno ogrodje	23
Slika 75: Program za izris načrta izpušne cevi.....	24
Slika 76: Zadnji popravki	27
Slika 77: QR koda za ogled videa	27
Slika 78: Med vožnjo	27
Slika 79: Gokart (pred lakiranjem).....	28
Slika 80: Gokart (pred lakiranjem).....	28

Kazalo tabel

Tabela 1: Specifikacije motorja.....	9
Tabela 2: Evidenca stroškov	25

Povzetek

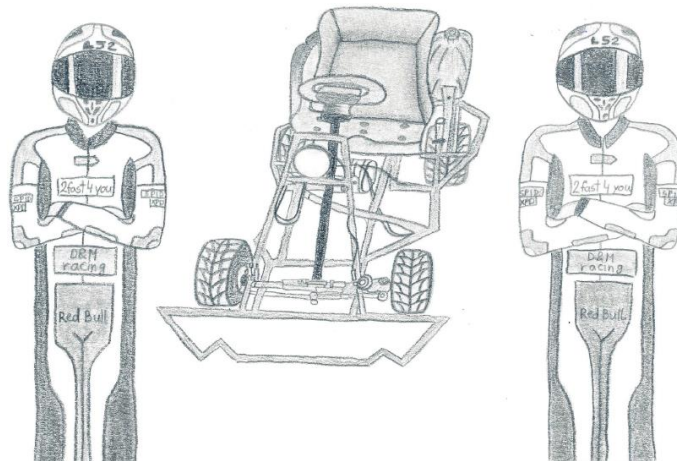
Raziskovalna naloga obravnava izdelavo gokarta z motorjem Tomos APN 6. Vozilo sva naredila sama. Proces izdelave je predstavljen po segmentih in vsebuje opise zamisli, težav, svojih rešitev, uporabljenih tehnoloških postopkov, ter predpisov varstva pri delu.

K odločitvi, da izvedeva projekt naju je prepričal obisk karting centra. Več o tem je napisanega v uvodu, stran št. 1.

Izdelava je potekala v naslednjih fazah (v grobem):

- risanje načrta,
- razrez in brušenje profilov,
- varjenje konstrukcije,
- struženje,
- izdelava sedeža,
- izdelava posameznih komponent,
- sestavljanje,
- razstavljanje,
- brušenje,
- lakiranje,
- sestavljanje.

V projekt je bilo vloženega veliko časa, truda in denarja. Z veliko mero potrpežljivosti in dobrimi iznajdljivimi rešitvami nama je uspelo.



Slika 1: Risba

Zahvala

Iskreno se zahvaljujema svojim staršem za finančno podporo pri projektu.

Posebna zahvala Institutu za varilstvo, ki je odstopil delavnico, ter nama tako nudil vse potrebne stroje/aparate za tehnično izvedbo projekta.

Hvala mentorju za nasvete.

Hipoteze

Hipoteza 1: S svojim znanjem in izkušnjami bova izdelala štirikolesno vozilo, ki bo vozno.

Hipoteza 2: Iz tankostenskih kvadratnih železnih, skupaj varjenih cevi, je možno narediti primerno nosilno ogrodje za gokart neprofesionalne uporabe.

Hipoteza 3: Motor Tomos APN 6, ki ima 50 cm^3 , se obnese na štirih kolesih.

Hipoteza 4: Vožnja bo mogoča tudi brez vgrajenega diferenciala.¹

.

¹ Diferencial izravnava razlike med vrtilnimi frekvencami pogonskih koles in poskrbi za enakomerno porazdelitev vrtilnega momenta
(<http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2002/di/brecl/motor/Diferencial.htm>).

1 Uvod

Dandanes veliko mladih nekoristno zapravlja svoj prosti čas. Npr. igranje videoiger v virtualnem svetu. Žalostno je, kako čas beži mimo njih, medtem, ko bi ga lahko bolje izkoristili. Vsaj midva meniva tako. Že od otroštva dalje naju zanima vse v zvezi s tehničnim področjem. Doma sva kot osnovnošolca izdelovala lesene modelčke, spajkala električne kroge, razstavljala naprave, popravljala motorje, kosilnice itd. Velika želja obeh pa je bila, da bi enkrat naredila svoj gokart. Čeprav sva vedela, da bo to velik zalogaj, se je v vseh teh letih do zdaj nabralo toliko praktičnih izkušenj, da sva mu bila kos. Končna odločitev o izvedbi projekta je padla med obiskom karting centra. Enostavno sva doma želela imeti podobno vozilo.

Gokart je odprto štirikolesno vozilo, ki ni namenjeno vožnji po cesti, temveč sproščanju adrenalina na posebnih poligonih. Izposodimo si ga lahko v vsakem karting centru, kjer prav tako prejmemo zaščitna sredstva. Obstajajo tudi karting tekmovanja, kjer »profesionalni dirkalniki običajno dosežejo 160 km/h, najzmogljivejši pa 200 km/h in več. Za očeta kartinga velja Art Ingels, ki je prvi dirkalnik zgradil leta 1956 v Južni Kaliforniji. Karting se je od tam razširil v tujino in je zdaj uveljavljen predvsem v Evropi, kjer je pogosto prvi korak v karieri dirkačev prestižnejših avtomobilističnih športov« (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Karting>).

2 SEGMENTI IZDELAVE

2.1 Konstruiranje

Načrt za gokart sva narisala z brezplačnim 3D modelirnim programom SketchUp. Želiva namreč pokazati, da lahko prav vsak doma nariše načrt in pri tem ne potrebuje namenskega programa, ki ga sicer imava; to je SolidWorks.

Vsak posamezni del ogrođja je bil konstruiran posebej in nato sestavljen skupaj v celoto. Upoštevala sva več faktorjev:

- masa gokarta ne sme bistveno presegati mase Tomos APN 6 motorja. To je 55 kg pri praznem rezervoarju,

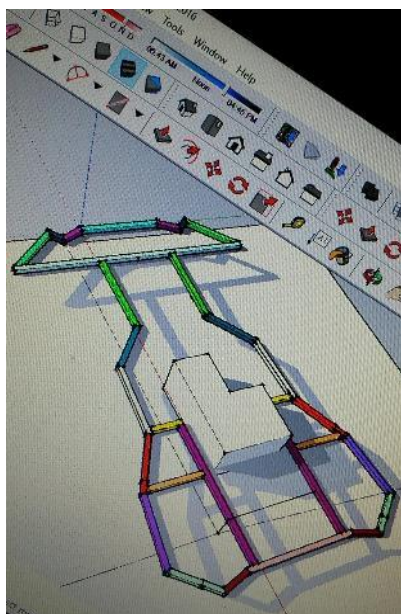
$$(55 \text{ kg} - 13,2 \text{ kg}^2 - 8 \text{ kg}^3 - 25 \text{ kg}^4)/(1,05 \text{ kg/m}) \doteq 8 \text{ m}$$

(približen izračun, koliko metrov železnih profilov sva lahko uporabila za ogrođje)

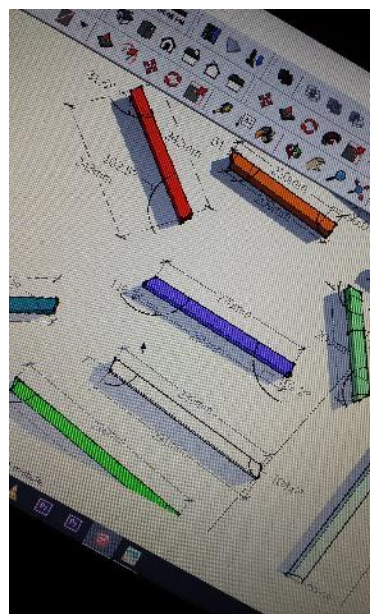
- ogrođje bo narejeno iz železnih kvadratnih cevi dimenzije 20 mm x 20 mm x 2 mm, kar prinaša zadovoljivo razmerje med maso in nosilnostjo,
- motor mora biti središčno postavljen, saj to pripomore k optimalni porazdelitvi mase in posledično lahkotnejši vožnji v ovinek,
- ogrođje mora biti zadosti distancirano od vozišča in nikakor ne tako nizko kot pri profesionalnih gokartih,
- ogrođje mora biti stilistično lepo oblikovano in zmerne velikosti,
- zadnja os gokarta mora biti trikrat vpeta zaradi morebitnih upogibanj materiala,
- zadosti prostora za krmiljenje sprednjih koles,
- gokart mora biti razstavljiv.



Slika 2: Zamisel ogrođja



Slika 3: Risanje ogrođja v SketchUp-u



Slika 4: Posamezni deli ogrođja

² Masa vgrajenega APN 6 motorja

³ Masa štirih pnevmatik s platišči

⁴ Predvidena masa ostalih komponent

2.2 Nabava materiala in delov

Z nabavo materiala in delov sva začela dne 1. 8. 2016. S tem se je začel tudi postopek izdelave gokarta. Specifikacije in celotni stroški so navedeni na strani št. 25.

2.3 Razrez in priprava delov na varjenje

Vsak del ogrodja je unikaten, zato je bilo risanje kotov za razrez s brusilko toliko zamudnejše. Pri delu sva uporabljala meter in kotomer. Kose sva nato na robovih pobrusila za boljši var. Nosila sva zaščitne rokavice, očala, obleko in slušalke.



Slika 5: Razrezani profili



Slika 6: Profili s pobrušenimi robovi

2.4 Varjenje

»Varjenje je spajanje materialov v nerazstavljivo celoto, ki je ni več mogoče razdružiti brez porušitve oziroma uničenja predmeta« (Šprajc, 2015, str. 2). Glede na vrsto energije, ki jo dovajamo med varjenjem tako ločimo talilno varjenje in varjenje z mehansko energijo. Pri talilnem varjenju tako osnovni, kot dodajni material preideta v tekoče agregatno stanje, kar imenujemo talina vara. Pri varjenju z silo pa osnovni material ostane v trdnem agregatnem stanju. Prednosti varjenja so: izdelava zapletenih izdelkov, ki ji s strojno obdelavo ni moč doseči, varjenje vseh debelin materialov, cenovno ugodnejša izdelava (Šprajc, 2015, str. 2–4). Pri izdelavi gokarta sva uporabila dva različna postopka varjenja: MIG/MAG in TIG. Nosila sva usnjene zaščitne rokavice, avtomatsko varilno masko, delovno obleko in usnjene čevlje.

2.4.1 TIG postopek

Je elektroobločno talilno varjenje, kjer je oblok vzpostavljen med ne taljivo volframovo elektrodo in osnovnim materialom. Je manj produktivno v primerjavi z ostalimi postopki varjenja, zato pa lahko z njim dosegamo visoko kvaliteto varov. Jakost varilnega toka in količina dodatnega materiala sta med seboj neodvisni. Možno je varjenje tudi brez dodatnega materiala. Ta se v obliki palčke ročno dodaja v oblok v smeri varjenja. Med varjenjem varilni aparat samodejno vpihava inertni plin (Argon). Postopek se uporablja za preciznejše delo in manjše debeline materialov (Šprajc, 2015, str. 18). S tem načinom varjenja sva zavarila osnovno konstrukcijo. Ta postopek sva izbrala zaradi tankih sten profilov (2 mm), ter lažje dostopnosti varilnih leg z varilno pištolo.



Slika 7: Osnovna konstrukcija



Slika 8: Osnovna konstrukcija z motorjem

2.4.2 MIG/MAG postopek

Je elektroobločno talilno varjenje, kjer je oblok vzpostavljen med dodajnim materialom, ki se dozira samodejno preko varilnega stroja in varjencem. Varjenje brez dodajnega materiala je nemogoče. Razlika med MIG/MAG je le v uporabi plinov. Pri MIG se uporabljajo inertni plini, pri MAG pa aktivni plini. Postopek se uporablja za varjenje debelejših osnovnih materialov in se ga da avtomatizirati ter robotizirati (Šprajc, 2015, str. 18). Tega postopka sva se poslužila pri varjenju dodatkov na osnovno konstrukcijo (nosilci ležajev zadnje osi, nosilec za rezervoar, nosilec za motor itd.). Za ta način varjenja sva se odločila predvsem zaradi debelejših varov in materiala.



Slika 9: Zadnji nosilci za ležaje



Slika 10: Vpeto kolo



Slika 11: Med varjenjem

2.5 Struženje

»Struženje je odrezovanje s krožnim rezalnim in podajalnim gibanjem, prečnim na smer rezanja. Pri tem izvaja obdelovanec rezalno gibanje in orodje podajalno gibanje« (Mehatronika, 2009, str. 183). Izdelki, ki nastanejo s struženjem so valjasti, stožčasti ali kroglasti. Glede na to, kako podajamo stružni nož ločimo med vzdolžnim in čelnim struženjem. Stružni noži narejeni iz HSS⁵, so manj temperaturno odporni in dopuščajo relativno nizko rezalno hitrost. Prav nasprotno je pri nožih s karbidno trdnino⁶. Njihova temperaturna odpornost se nahaja približno pri 900 °C, kar dopušča višje rezalne hitrosti. Med struženjem se uporabljajo hladilno mazalna sredstva, ki zmanjšujejo trenje in podaljšujejo obstojnost orodja (Mehatronika, 2009, str. 183–185). Pri delu sva uporabljala univerzalno stružnico, material pa je rezal desni stružni nož. Nosila sva zaščitna očala, rokavice, ter obleko. Deli, ki sva jih proizvedla, s struženjem so:

- zadnja os, premer 20 mm,
- 2 krajši sprednji osi, premer 17 mm,
- 2 enaka nastavka za pritrditev platišč na zadnjo os,
- 2 različna nastavka za pritrditev zobnika in zavornega diska na zadnjo os.

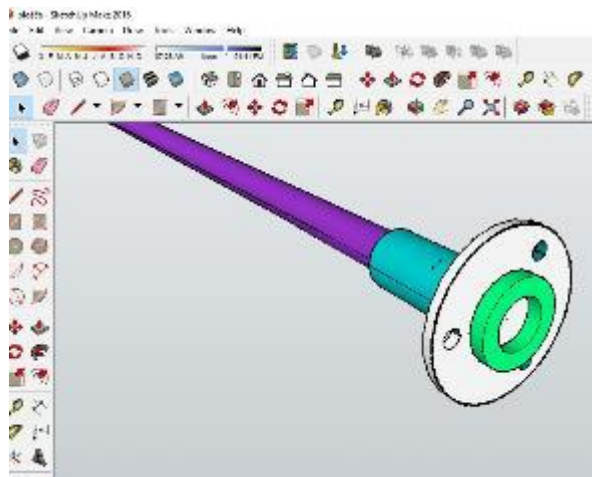


Slika 12: Univerzalna stružnica

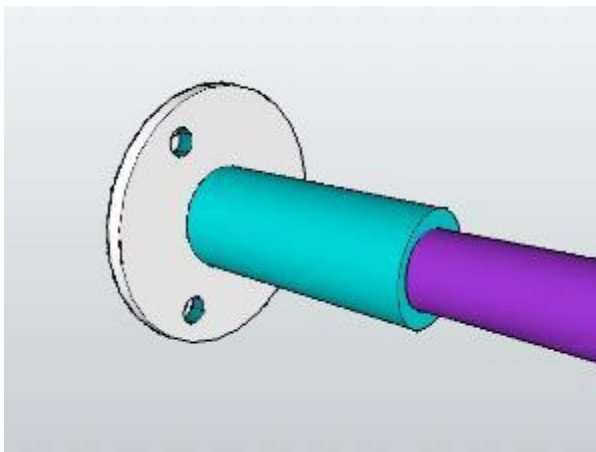
⁵ Hitrorezo jeklo. »HSS so močno legirana jekla. Najpomembnejši element je volfram, vsebujejo pa še kobalt, krom, molibden, vanadij. Odlikujejo se po razmeroma dobri temperaturni obstojnosti, veliki žilavosti in odpornosti proti udarcem« (Jež et al., 1998, str. 287).

⁶ Karbidna trdnina je rezalni material iz drobno zmletih karbidnih zrn (WC, TiC, TaC) in s 3 do 12 % dodanega kobalta (Jež et al., 1998, str. 287).

S programom SketchUp sva narisala tudi kose za struženje. Pri tem sva upoštevala zadostne debeline materiala. Na slikah so mere izbrisane.



Slika 13: 3D model nastavka zadnjega kolesa



Slika 14: 3D model nastavka zadnjega kolesa

Uporabila sva material, ki je bil na voljo; jeklo 34CrNiMo6. Zaradi velikega premera obdelovanca je bilo potrebno odstraniti precej materiala.



Slika 15: Struženje nastavka



Slika 16: Struženje na univerzalni stružnici

Po več urah intenzivnega struženja sva dokončala osnovno obliko nastavkov. Sledilo je še vrtanje skozi jedro (premer 20 mm), ter vrtanje lukenj za vijake. Na vseh nastavkih je narejena »stopnička«, ki služi predvsem porazdelitvi sil (vijaki niso obremenjeni na strig⁷), ter da so zavorni disk, zobnik in platišči centrirani točno na sredino. Tudi z osjo je bilo ogromno dela, saj jo je bilo potrebno zbrusiti tako, da so se vsi nastavki natančno prilegali. Odstopanja so morala biti res minimalna. Na takšni dolžini je enakomerno brušenje težko doseči, sploh če je os vpeta samo na eni strani. Med samim struženjem sva obdelovanec hladila z emulzijo, da ni prišlo do pretirane obrabe orodja ter segrevanja kosov. Nadaljnji postopek obdelave nastavkov je opisan na strani 16.



Slika 17: Vpenjalna glava in obdelovanec



Slika 18: Nastavka za zobnik in zavorni disk brez lukenj



Slika 19: Nastavka za zobnik in zavorni disk z izvrtanimi luknjami



Slika 20: Nastavka za zadnji kolesi in os v ozadju



Slika 21: Tesno prilegajoč zavorni disk k stopnički nastavka

⁷ Strig je tangencialna obremenitev, kjer prihaja do sprememb oblik materiala na katerega deluje sila. Deformacije so minimalne (http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo_german_OTV/VvS_11__Trdnost_B__.pdf).

2.5 Vgradnja motorja in izdelava pripomočkov za upravljanje

Vgrajen je rabljen motor mopeda Tomos APN 6. Nahaja se pod sedežem. Narejen je po meri narejen nosilec, ki je privarjen na ogrodje gokarta, motor pa je vanj vpet s tremi vijaki. Tako je omogočeno hitro snetje motorja v primeru popravila.

Tabela 1: Specifikacije motorja



Model motorja	APN 6
Letnik	neznani
Masa	13,2 kg
Moč	1,8 KM , 5000 1/min
Prostornina	50 ccm
Menjalnik	Ročni, 4 prestave

Slika 22: Vgrajen motor

Izdelava nosilca je zahtevala precej domiselnosti in natančnosti. Motor je bilo potrebno dobro premeriti, ter prenesti luknje za vijake na nosilec. Železni profili so prerezani za boljše prileganje. Motor ima namreč na sredini rahlo izstopajoč rob zaradi tesnila.



Slika 23: Nosilec za motor pred varjenjem



Slika 24: Motor z nosilcem

Vgraditev motorja pod sedež pomeni po eni strani tudi težje upravljanje z njim. Ohranitev prvotnih ročic za sklopko in zagon motorja ni prišlo v poštev. Zraven motorja je preprosto premalo prostora. Treba je bilo najti primerno rešitev. Za zagon motorja sva tako naredila »ključ« brez katerega načeloma motorja ne gre zagnati. V bistvu gre samo za podaljšek zaganjalne ročice. Zaradi njene dolžine je na ogrodju zavarjen polkrožni nosilec, slika 26. Ta poskrbi, da je ročica med zagonom z nogo na mestu. Ko je motor v prostem teku se »ključ« odstrani.



Slika 25: Prirejen zaganjač (»ključ«)



Slika 26: Nosilca za zaganjač



Slika 27: Položaj zaganjača ob zagonu



Slika 28: Priklop zaganjača na motor

Po istem principu sva naredila tudi ročico za menjalnik, ki je hkrati tudi sklopka. Za pritrditev na motor je uporabljen del originalne ročice. Ta vsebuje utore, prestavna os motorja pa majhne zobce. Tudi tukaj je na ogrodje zavarjen polkrožni nosilec, ki fiksira ročico, slika 30.



Slika 29: Menjalna ročica



Slika 30: Nosilci menjalne ročice



Slika 31: Položaj menjalne ročice med vožnjo

Pedala za plin in zavoro sta vzeta s kolesa.



Slika 32: Pedali



Slika 33: Vgrajena pedala

2.6 Krmilni sistem

Sprva sva mislila narediti krmiljenje po istem principu kot ga imajo profesionalni gokarti. To pomeni, da bi morala uporabiti dve povezovalni palici, kar pa je bilo zaradi pomanjkanja prostora praktično neizvedljivo. Odločila sva se raje za eno povezovalno palico in se zgledovala po principu otroškega gokarta.



Slika 34: Krmilni sistem brez koles

Krmilni sistem sva naredila tako, da sva razrezala odsluženo kolo in uporabila njegovo bilanco. S tem je bil problem uležajenega vrtenja rešen.

Potrebno je bilo le še dodati ležaj na koncu, za dvojno vpetje krmilne osi na ogrodje gokarta.



Slika 35: Volan na krmilni osi



Slika 36: Kavelj



Slika 37: Krmilni sistem

Uporabljen je volan krmilne konzole za igranje video igric. V sredini je ojačan z epoksi smolo in steklenimi vlakni, saj v osnovi ni namenjen takšnim silam. K ojačitvi pripomore tudi železna ploščica, skozi katero sta vpeta dva vijaka.



Slika 38: Volan zalit z epoksi smolo



Slika 39: Ojačitev z železno ploščico

Ključni element krmiljenja je kavelj. Pri izbiri le tega je bilo treba upoštevati, da je zadostne debeline, saj lahko v nasprotnem primeru pride do deformacij. Uporabljen je kavelj, ki je namenjen pritrditvi lesenih tramov ostrešja na betonsko ploščo. Pri varjenju sva pazila, da je poravnan z krmilno palico.



Slika 40: Ležaj na kavlju

Sprednji pnevmatiki sta vpeti po principu puše⁸. Izdelala sva dva posebna elementa. Vsak je sestavljen iz dolge polne cevi, v katero je na koncu vrezan navoj 16 mm in je namenjena vpetju 17 mm ležajev pnevmatike, ter kratke votle cevi, skozi katero gre vijak 15 mm in tako služi kot puša. Pomembno je, da je v njej mazalna mast. Pri izdelavi nastavkov sta se pojavila dva problema. Premer vijaka puše je bil prevelik, kar je bilo rešeno s struženjem le tega. Drugi pa je ta, da mora biti platišče distancirano od nastavka, saj se drugače ustvarja trenje. Kupila sva enak ležaj kot je v platišču, ga razrezala na pol in notranji obod ležaja privarila na dolgo polno cev (označeno z rdečim krogom). Dotična ploskev se je tako bistveno zmanjšala, platišče pa je distancirano od nastavka za približno 5mm.



Slika 41: Element vpet v ogrodje



Slika 42: Element



Slika 43: 5 mm distanca kolesa



Slika 44: Obkrožen privarjen notranji obod ležaja za distanco kolesa

⁸ »Puša je strojni element praviloma v obliki votlega valja (cevi), ki je namenjena prilagajanju dveh valjastih elementov. Skozi notranjost puše se drug strojni element bodisi vrti ali giblje v osni smeri« (<https://sl.wikipedia.org/wiki/Pu%C5%A1a>).

2.7 Zadnja os

Os je polna in je premera 20 mm. Je trikrat uležajeno vpeta in v celoti razstavljiva. Slednje ima svoje prednosti in slabosti. Možno je zamenjati vse kar je na osi, pritrditev elementov nanjo pa je stvar, kjer se nekoliko zaplete.

Dolgo sva razmišljala, kako naj pritrdiva nastavke na os. V poštev nikakor ni prišlo vrtanje lukenj globine celotnega premera osi ter nato skozenj dajati vijake. To bi pomenilo še večje oslabitve na osmih točkah osi kot pa so narejene sedaj. V mislih sva imela tudi rešitev pritrditve nastavkov na podlagi trenja, kot je to rešeno pri profesionalnih gokartih. Nastavek je namreč oblikovan tako, da se ob zategovanju vijakov premer njega manjša. Lahko bi rekli da gre za neke vrste objemko na osi, katera pa še je dodatno zavarovana z zatičem ter utorom, ki je vdolben v os. Zamisel je dobra ampak bi nama izdelava vzela preveč časa. Nakup že izdelanih kosov pa je odpadel, saj niso pravih dimenzij. Nastavki so na os sedaj pritrjeni z optimalno rešitvijo, nekako s kombinacijo obeh idej.



Slika 45: Sestavljena zadnja os

Os ima osem lukenj premera 8 mm in globine 6 mm, ter so vse brez navoja. Zaradi možnega premikanja osi v smeri levo in desno sva povrtala majhne luknje, ki so namenjene vijakom ležajev, ter fiksirajo os v horizontalni smeri.



Slika 46: Povrtanje osi za vijak ležaja



Slika 47: Zvrtana luknja za nastavek

V vsak nastavek sta z namiznim vrtalnim strojem izvrtani dve luknji premera 7,8 mm in sta nasprotno obrnjeni. Vanju je po vrtanju lukenj v os bil vrezan navoj 8 mm. Vsak nastavek je tako pritrjen na os z 2 vijakoma brez glave z imbus ugreznino. Vijaki so brez glave zato, da jih lahko privijeva do konca in nato na njih namestiva še samovarovalno matico, ki preprečuje odvijanje. Glej sliko št. 51.



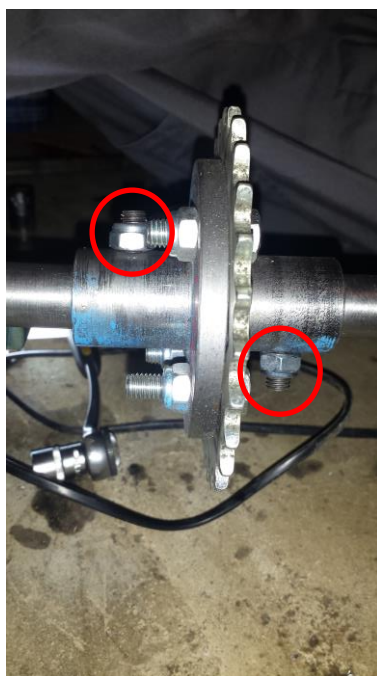
Slika 48: Vrtanje luknje z namiznim vrtalnim strojem



Slika 49: Rezanje navoja za imbus vijake



Slika 50: Pritrditev platišča na os



Slika 51: Označena vijaka, ki držita nastavek na osi



Slika 52: Zavorni disk

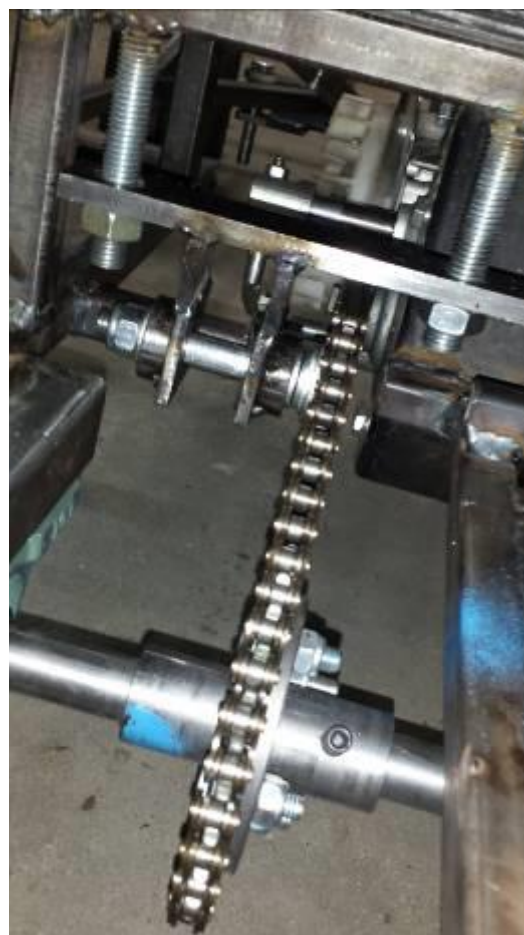
Za napenjanje verige sva naredila napenjalnik. Na ogrodje je pritrjen z dvema vijakoma, katera ob vrtenju matic omogočata premikanje napenjalnika v vertikalni smeri in s tem napenjanje verige. Sestavljen je iz dveh ležajev v katerih se vrti vijak na katerega glavo je privarjen zobnik. Zobnik osi in zobnik motorja sta v razmerju 27 : 21 oziroma 1,3 : 1. Seveda ni nujno, da je to optimalno razmerje, zato morava gokart v prihodnje testirati z različnimi velikostmi zobnikov.



Slika 53: Oblikovana glava vijaka za natančno prileganje



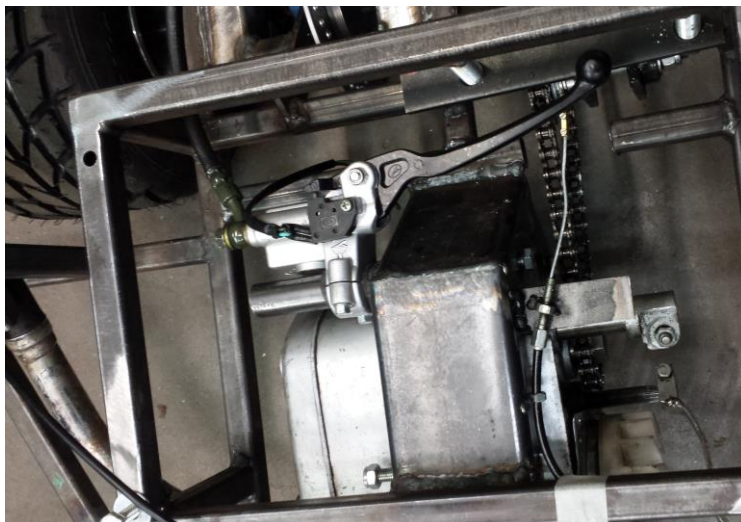
Slika 54: Napenjalnik



Slika 55: Napeta veriga

2.8 Zavorni sistem

Kot vsako vozilo ima tudi najin gokart zavore. Uporabila sva zavorni komplet lažjega motornega kolesa. Ročka za stiskanje zavore je elegantno skrita pod sedež. Preko bovdena je povezana s sprednjim levim pedalom. Ko pritisnemo pedal se premakne ročica in ta sproži zavoro. Zavorne klešče so pritrjene na posebej zavarjen nosilec, disk pa je na zastruženem nastavku. Nanj je pritrjen s tremi 10 mm inbus vijaki. Zavora je hidravlična in hitro odzivna.



Slika 56: Zavorna ročica skrita pod sedež



Slika 57: Nosilec namenjen zavornim kleščam



Slika 58: Vgrajene zavorne klešče

2.9 Izpušna cev

Pri montiranju izpušne cevi sva morala upoštevati, da je zadosti oddaljena od sedeža in gum, saj se zelo segreje. Naredila sva nosilec na katerega je izpušna cev vpeta z 8 mm vijakom. Podaljšala sva koleno cevi za natančno prileganje k cilindru motorja. Sprva je bila na gokartu stara izpušna cev, sedaj pa sva že kupila novo.



Slika 59: Nosilec izpušne cevi



Slika 60: Nova izpušna cev



Slika 61: Podaljšano koleno

2.10 Izdelava sedeža

Sedež, ki je sedaj tudi na gokartu, je bil sprva mišljen kot poskusni izdelek. Z nosilnostjo steklenih vlaken namreč nisva imela nobenih izkušenj. Sedež je prestal testiranje, zato je tudi vgrajen.

Na 5 mm debelo vezano ploščo sva naprej narisala okviren načrt. Približno sva vedela kakšen končni izdelek želiva. Oblika sedeža je bila narisana po občutku in z veliko mero kreativnosti. Dimenzije sva določila na podlagi merjenj trupa telesa. Za spajanje kosov sva namesto lesnega lepila raje uporabila pištolo za vroče lepljenje. Prednost je v tem, da se lepilo suši mnogo hitreje, kar je pri spajanju tolikih kosov pod različnimi koti ključnega pomena. Lepilo sicer ni namenjeno lepljenju lesa, vendar to v tem primeru ne predstavlja večjega problema. Leseno ogrodje sva namreč prekrila še z štirimi plastmi steklenih vlaken.



Slika 62: Rezanje vezane plošče z dekopirno žago



Slika 63: Zlepljen sedež



Slika 64: Dodatne ojačitve na zadnji strani

Pri delu z poliestrsko smolo se je bilo potrebno primerno zaščititi. To pomeni nositi zaščitne rokavice, očala, obleko ter plinsko masko. Nanos je potekal zunaj. Uporabljala sva smolo Colpoly znamke Helios. Mešala sva jo v manjših količinah in raje večkrat. Dodati je bilo potrebno katalizator ter pospeševalec.



Slika 65: Steklena vlakna pred nanosom smole



Slika 66: Nanos smole na prostem

Vsako strjeno plast steklenih vlaken na sedežu sva obrezala z nožem in približno zbrusila robove. Po zadnji plasti nanosa je sledilo kitanje morebitnih napak z ličarsko izravnalno maso ter brušenje. Sedež sva nato prebarvala s črnim sprayem.

Zaradi udobnejšega sedenja sva sedež nagnila pod kotom. Izdelala sva podstavke iz 10 mm debele vezane plošče, ter ga nato s šestimi lesnimi vijaki pritrdila na spodnjo stranico sedeža. Na ogrodje gokarta je celoten sedež pritrjen preko podstavka s štirimi M8 vijaki.



Slika 67: Kitanje podstavka sedeža



Slika 68: Sedež nameščen na gokart

2.11 Električna napeljava

Od motorja do volana sva speljala dvožilni vrvica kabel, ki ima na koncu naspajkane konektorje. V primeru razstavitve gokarta je tako kabel enostavno odstraniti. Na sprednjo stran gokarta je montirana LED luč, katero vklopimo/izklopimo s stikalom vgrajenim v volan. Prav tako z njim izklopimo gokart.



Slika 69: Vgrajeno stikalo



Slika 70: LED luč

Ker je LED luč utripala, sva v napeljavo vezala Graetzov most, ki spremeni izmenično napetost v enosmerno, ter dodala še kondenzator za glajenje.



Slika 71: Graetz in kondenzator



Slika 72: Električna napeljava v volanu

2.12 Lakiranje

Po testni vožnji sva gokart razstavila in dele skrbno sortirala. Sledilo je brušenje z brusilko. Nosila sva zaščitne rokavice, očala in obleko. Ogrodje sva nato očistila z razredčilom in odpeljala na lakiranje v komoro. To je edini postopek v projektu, ki ga nisva izvedla sama, temveč ga je avtoličar. Slik polakiranega gokarta žal še ne moreva priložiti.



Slika 73: Sortirani vijaki



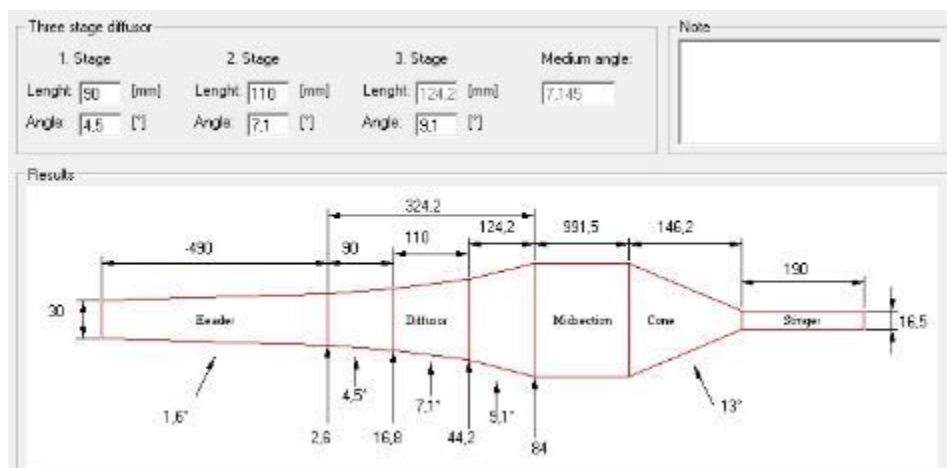
Slika 74: Zbrušeno ogrodje

3 Načrti za nadaljnje delo

Zaradi pomankanja časa, kar je posledica namenitvi le tega skrbnemu učenju za šolo, nama nekaterih stvari še ni uspelo izvesti. Upava, da bo to možno čimprej.

Načrti za nadaljnje delo so:

- narediti sprednjo masko, ki bo iz steklenih vlaken in lesene vezane plošče,
- oblaziniti sedež,
- poiskati optimalno razmerje zobnikov,
- vgraditi števec hitrosti,
- izdelati po meri izpušno cev s pomočjo programa,
- vgraditi mazalna nastavka v puši sprednjih dveh elementov.



Slika 75: Program za izris načrta izpušne cevi

4 Evidenca stroškov

Tabela 2: Evidenca stroškov

Naziv	Količina	Cena v €
Tankoželezna kvadratna cev, 20 mm x 20 mm x 2 mm	12 m	12,6
Tomos APN 6 motor, rabljen, 4 prestave, 50 ccm	1x	120
Pnevmatike Sava, komplet, 2 x 125 mm, 2 x 180 mm	1x	100,98
Platišče Righetti Ridolfi 125 mm	2x	67,23
Platišče Righetti Ridolfi 180 mm	2x	68,30
Poštnina delov	-	50,70
Hidravlična zavora (komplet)	1x	95
Veriga	1x	13,42
Zobnik (27 zob)	1x	8,68
Ležaj (premer 20 mm)	3x	15,9
Ležaj (premer 17 mm)	3x	18
Vijaki, matice, podložke	-	15
Steklena vlakna	5 m ²	5,96
Epoksi smola, katalizator, pospeševalec	3x	30
Plinska maska za zaščito pri delu	1x	40
Črni spray	1x	3,39
Izpušna cev	1x	25
Plastični rezervoar, rabljen	1x	13
Komplet čopičev	1x	4,49
Zavorna ročica	1x	18,30
Bovden	3x	15
Električna napeljava (stikalo, Graetz, kondenzator, konektorji, žice)	-	10
LED luč	1x	19
SKUPAJ MATERIAL		698,26
Varjenje*	10 h	300
Struženje*	10 h	300
Brušenje*	3 h	60
Lakiranje	-	100
SKUPAJ MATERIAL + DELO		1458,26

*S postopki nisva imela nobenih stroškov, saj sva jih izvajala na Institutu za varilstvo, kjer so nama brezplačno odstopili svojo delavnico.

Cene so vzete iz informativnega cenika strojnih ur Obrtno-podjetniške zbornice Slovenije (<http://www.ozs.si/Portals/0/Media/Dokumenti/OZS/Sekcije%20in%20odbori/Rudi/sekcija%20kovinarjev/INFORMATIVNI%20CENIK%20STROJNE%20URE%20-priporo%C4%8Dene%20cene.pdf>).

5 Družbena odgovornost projekta

- Odgovornost za vpliv

Pri delu so bile uporabljene kemikalije, katere sva morala pravilno deponirati kot nevarni odpadki, da ne bi škodljivo vplivale na okolje.

- Spoštovanje vladavine prava

Veliko ljudi naju je med izdelavo gokarta vprašalo kje se bova z njim vozila. Povedala sva, da na poligonu.

Po 3. členu Zakona o pravilih cestnega prometa (ZPrCP) se namreč gokart smatra kot posebno prevozno sredstvo.

V 97. členu v 5. odstavku piše: »Uporaba posebnih prevozni sredstev, ki jih poganja motor, in ki presegajo hitrost gibanja pešcev (gokart, motorne sani, miniaturna motorna vozila ipd.), v cestnem prometu ni dovoljena«.

6 Testna vožnja

Pred lakiranjem sva dne 30. 12. 2016 izvedla testno vožnjo na poligonu. Ob prvem zagonu motorja so naju prevevali nepopisni trenutki veselja. Gokart je prestal vse teste. Tudi obremenitev do 130 kg.

Kratek video testne vožnje si lahko ogledate na URL naslovu: <https://goo.gl/PQmtKA> ali pa s pomočjo skeniranja priložene QR kode.



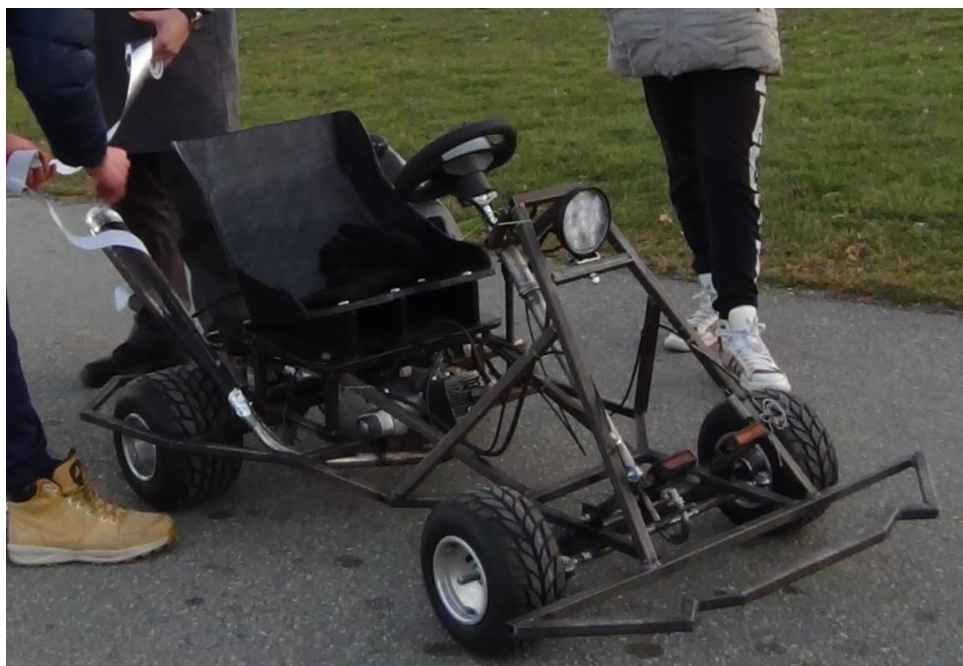
Slika 76: Zadnji popravki



Slika 77: QR koda za ogled videa



Slika 78: Med vožnjo



Slika 79: Gokart (pred lakiranjem)



Slika 80: Gokart (pred lakiranjem)

7 Zaključek

- Potrjujeva hipotezo 1: Potrdila sva svoje znanje in naredila gokart, ki je vozen.
- Potrjujeva hipotezo 2: Tankoželezni profili se odlično obnesejo. Njihova nosilnost je dobra. Gokart je prenesel obremenitev tudi do 130kg.
- Potrjujeva hipotezo 3: APN 6 motor, ki je v osnovi namenjen mopedu z dvema kolesoma, se tudi zadovoljivo obnese na vozilu s štirimi kolesi.
- Potrjujeva hipotezo 4: Res je, vožnja je mogoča. Vsekakor pa bi bila malenkost boljša z vgrajenim diferencialom.

Projekt izdelave gokarta ocenjujemo kot uspešen. Na narejen izdelek sva ponosna. Izkazalo se je, da je bilo potrebnega veliko več časa in denarja, kot pa sva sprva načrtovala. Izdelava bi naj bila končana v enem mesecu, vendar se je razvlekla na šest mesecev. Pridobila sva veliko novih izkušenj, ter poglobila svoje znanje. Tekom izdelave sva naletela na veliko problemov, katere sva z skupnimi močmi rešila. Potrebne je bilo veliko potrpežljivosti, saj se marsikatera rešitev ni obnesla in sva tako morala poiskati novo. Naprej naju je gnala misel, da se bova enkrat zapeljala. Drugače pa je delo potekalo deljeno. Vsak je delal to, kar najbolje zna, drug pa mu je bil pri tem tretja roka. Naučila sva se dela v skupini. To pomeni, da je posameznik zanesljiv, komunikativen, poln idej, zna poslušati ostale, svoje delo bo opravil kvalitetno in v dogovorjenem času itd. Meniva, da so to lastnosti, katere so ključne pri sodelujočih v uspešnih projektih. Najina raziskovalna naloga natančno opisuje segmente izdelave, zato meniva, da bo zagotovo pomagala marsikomu, ki bi rad izdelal svoj domač gokart, ter ne ve kako začeti. Ciljava predvsem na mlade, željne praktičnih izkušenj in upava, da jim bo ta raziskovalna naloga vlila pogum, da se bodo odločili za podobne projekte. Tam, kjer je volja, tam je pot.

8 Viri in literatura

1. Šprajc, P. (2015). Varjenje MIG/MAG z osnovami preiskav zvarnih spojev in kvalifikacija varilcev. Ljubljana: Institut za varilstvo.
2. Šprajc, P. (2015). Varjenje TIG z osnovami preiskav zvarnih spojev in kvalifikacija varilcev. Ljubljana: Institut za varilstvo.
3. Mehatronika (1. izd.). (2009). Ljubljana: Pasadena
4. Jež, M. et al. (1998). Strojnotehnološki priročnik. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije
5. <http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2002/di/brecl/motor/Diferencial.htm>
6. http://lab.fs.unilj.si/lasok/index.html/gradivo_jerman_OTV/VvS_11__Trdnost_B__.df
7. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Karting>
8. <http://www.ozs.si/Portals/0/Media/Dokumenti/OZS/Sekcije%20in%20odbori/Rudi/sekcija%20kovinarjev/INFORMATIVNI%20CENIK%20STROJNE%20URE%20-priporo%C4%8Dene%20cene.pdf>
9. <http://www.tomos.si/sl/arhiv-vozil>
10. <https://sl.wikipedia.org/wiki/Pu%C5%A1a>