

Mogućnost proizvodnje go-karta

Miljević, Ivo

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:323006>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-19**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivo Miljević

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:




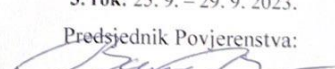
Prof. dr.sc. Zoran Kunica

Student:

Ivo Miljević

Zagreb, 2023.

ZADATAK

	<p>SVEUČILIŠTE U ZAGREBU FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija strojarstva za smjerove: proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo materijala i mehatronika i robotika</p>											
		<table border="0" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2">Sveučilište u Zagrebu</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Fakultet strojarstva i brodogradnje</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Datum</td> <td style="width: 50%;">Prilog</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -</td> </tr> </table>	Sveučilište u Zagrebu		Fakultet strojarstva i brodogradnje		Datum	Prilog	Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1		Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -	
Sveučilište u Zagrebu												
Fakultet strojarstva i brodogradnje												
Datum	Prilog											
Klasa: 602 – 04 / 23 – 6 / 1												
Ur.broj: 15 - 1703 - 23 -												
ZAVRŠNI ZADATAK												
Student:	Ivo Miljević	JMBAG: 0275055644										
Naslov rada na hrvatskom jeziku:	Mogućnost proizvodnje go-karta											
Naslov rada na engleskom jeziku:	Possibility of production of go-karts											
Opis zadatka:	<p>Go-karti su popularna vozila za cestovna natjecanja u različitim kategorijama. Razvoj i proizvodnja vlastitog go-karta je tehnički i poslovno izazovan pothvat.</p> <p>U radu je potrebno:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. objasniti važnost go-karta i natjecanja (karting) 2. opisati građu go-karta 3. navesti najvažnije proizvođače go-karta u svijetu 4. obrazložiti potencijal za proizvodnju go-karta u Republici Hrvatskoj 5. opisati vlastitu konstrukciju go-karta 6. naznačiti mogućnosti realizacije vlastitog go-karta u Republici Hrvatskoj, koja uključuje potrebne proizvodne postupke. 											
Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datumi obrane:										
30. 11. 2022.	1. rok: 20. 2. 2023. 2. rok (izvanredni): 10. 7. 2023. 3. rok: 18. 9. 2023.	1. rok: 27. 2. – 3. 3. 2023. 2. rok (izvanredni): 14. 7. 2023. 3. rok: 25. 9. – 29. 9. 2023.										
Zadatak zadao:												
Prof. dr.sc. Zoran Kunica		Prof. dr. sc. Branko Bauer										

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem profesoru Zoranu Kunici na pomoći tijekom izrade završnog rada, iznimnom strpljenju i ustupljenoj literaturi.

Također zahvaljujem asistentu Denisu Mliviću na savjetima koji su mi olakšali izradu ovog rada.

U Zagrebu, 23. veljače 2023.

Ivo Miljević

SAŽETAK

U radu je razmotrena mogućnost proizvodnje go-karta u Republici Hrvatskoj. Opisana je građa go-karta i podjela na sklopove, njegova važnost, te su navedeni najveći svjetski proizvođači. Analiza tržišne vrijednosti go-karta provedena je istraživanjem cijena go-karta vodećih proizvođača. Analiza montaže go-karta izvedena je metodom DFA, te su procijenjeni vrijeme i trošak montaže. Kao ključan sklop go-karta prepoznata je šasija pa je analizirana njena izrada čime su ustanovljeni troškovi proizvodnje, kao i potrebna oprema (strojevi). Dane su preporuke u vezi daljnjeg projektiranja proizvodnje.

Ključne riječi: go-kart, proizvodnja, projektiranje, montaža, DFA, šasija, izrada

SUMMARY

The thesis discusses the possibility of production of go-karts in Republic of Croatia. The structure of the go-kart and its importance are described, and the world's largest manufacturers are listed. The analysis of the market value of go-karts is carried out by researching the prices of go-karts from leading manufacturers. The analysis of go-kart assembly is performed using the DFA method, and the assembly time and cost are estimated.. The chassis is recognized as the key assembly of the go-kart, thus an analysis of its production is carried out, from which the production costs are derived, as well as the necessary equipment (machines). The recommendations are given regarding further production planning

Key words: go-kart, production, planning, assembly, DFA, chassis, manufacturing

SADRŽAJ

ZADATAK.....	I
IZJAVA.....	II
SAŽETAK.....	III
SUMMARY	IV
POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA	VII
POPIS SLIKA	IX
POPIS TABLICA.....	X
1. UVOD.....	1
2. OSNOVNI SKLOPOVI GO-KARTA	4
3. KATEGORIJE GO-KARTA.....	6
4. TRŽIŠNA CIJENA GO-KARTA I CIJENE NJEGOVIH OSNOVNIH SKLOPOVA	7
4.1. Tržišna cijena go-karta.....	7
4.2. Tržišne cijene pojedinih sklopova	8
4.2.1. Šasija	9
4.2.2. Sustav za kočenje	10
4.2.3. Prednja osovina i glavina kotača	13
4.2.4. Kotači	15
4.2.5. Branici i aerodinamički dodatci	15
4.2.6. Stražnji branik	19
4.2.7. Prijenos.....	19
4.2.8. Pogonsko vratilo.....	21
4.2.9. Motor.....	23
4.2.10. Sjedalo.....	23
4.2.11. Sustav upravljanja.....	23
4.2.12. Spremnik goriva.....	25

4.2.13. Sigurnosni lim.....	26
4.3. Ukupna cijena sklopova go-karta.....	26
5. VAŽNOST KARTINGA ZA REPUBLIKU HRVATSKU	29
6. MODEL VLASTITE ŠASIJE	31
7. ANALIZA MONTAŽE GO-KARTA	38
7.1. Izbor metode sklapanja	38
7.2. Procjena vremena sklapanja.....	39
7.3. Ukupna cijena sklapanja go-karta	46
8. MOGUĆNOSTI VLASTITE IZRADE DIJELOVA.....	48
8.1. Izrada šasije	48
8.1.1. Tehnologija.....	48
8.1.2. Procjena vremena izrade šasije	49
8.2. Proizvodnja ostalih sklopova i dijelova.....	56
9. ZAKLJUČAK	58
10. LITERATURA.....	60
PRILOZI.....	62

POPIS KRATICA, OZNAKA I MJERNIH JEDINICA FIZIKALNIH VELIČINA

Oznaka	Mjerna jedinica	Značenje/Opis
B	€	budžet
CAD		eng. <i>Computer Aided Design</i> – računalom potpomognuto oblikovanje
CZ		Češka
DE		Njemačka
eng.		engleski
F	N	sila
FR		Francuska
fra.		Francuski
FI		Finska
IT		Italija
k_d		faktor dodatnog vremena
l	Mm	duljina
n		broj komada
P_x	€	prodajna cijena
SAD		Sjedinjene Američke Države
T_m	€	trošak materijala
T_r	€	trošak rada
t	s	vrijeme
t_1	s	komadno vrijeme

t_p	s	pomoćno vrijeme
t_t	s	tehnološko vrijeme
ρ	kg/m ³	gustoća

POPIS SLIKA

Slika 1. Moderni go-kart za natjecanja [3]	2
Slika 2. Rasprostranjenost proizvođača go-karta [4]	3
Slika 3. Osnovni sklopovi go-karta [3]	5
Slika 4. Šasija proizvođača <i>Tony Kart</i> [3].....	9
Slika 5. Aerodinamički dodatci proizvođača <i>KG Karting</i> (tip 507) [9].....	16
Slika 6. Stup volana proizvođača <i>Righetti Ridolfi</i> [10].....	24
Slika 7. Spremnik goriva proizvođača <i>KG Karting</i> [9].....	25
Slika 8. Udio vrijednosti sklopova u ukupnoj vrijednosti go-karta prema podjeli iz slike 3 ...	28
Slika 9. CAD model osnovnog okvira šasije go-karta	32
Slika 10. Šasija: nosač kočnog cilindra	33
Slika 11. Šasija: prihvat nosača ležaja	34
Slika 12. Stezaljka za vođenje crijeva [14]	34
Slika 13. Šasija: prihvat prednje osovine	35
Slika 14. Prihvat branika na šasiju	36
Slika 15. Šasija: prihvat sklopova koji se montiraju na šasiju	37
Slika 16. Dijelovi go-karta proizvođača <i>CRG</i> [15]	38
Slika 17. Struktura go-karta za njegovu završnu montažu.....	39
Slika 18. Redoslijed sklapanja ugradbenih elemenata go-karta.....	40
Slika 19. Laserska obrada ruba cijevi [19].....	49
Slika 20. Šasija: ukupna duljina zavara.....	54

POPIS TABLICA

Tablica 1. Cijene go-karta kategorije OK vodećih proizvođača	8
Tablica 2. Cijene gotovih šasija vodećih svjetskih proizvođača	10
Tablica 3. Glavni cilindar: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene.....	11
Tablica 4. Kočne čeljusti: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene.....	12
Tablica 5. Kočni diskovi: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene	12
Tablica 6. Cijene sustava za kočenje po proizvođačima go-karta.....	13
Tablica 7. Prednja osovina: proizvođači, gdje se ugrađuje i cijene	14
Tablica 8. Glavina kotača: proizvođači, gdje se ugrađuje i cijene	14
Tablica 9. Prednja osovina i glavina: cijene po proizvođaču go-karta.....	15
Tablica 10. Aerodinamički dodatci: vrste, tipovi, proizvođači i cijene	17
Tablica 11. Nosači branika: vrste, tipovi, proizvođači i cijene	18
Tablica 12. Aerodinamički dodatci i branici: cijena dijelova po tipu sklopa.....	18
Tablica 13. Stražnji branik: tipovi, proizvođači i cijene	19
Tablica 14. Nosač lančanika: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene	20
Tablica 15. Cijene Prijenosna po proizvođaču go-karta	20
Tablica 16. Vratilo: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene.....	21
Tablica 17. Nosač ležaja: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene.....	22
Tablica 18. Glavina: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene	22
Tablica 19. Stražnja osovina: proizvođač i cijene.....	23
Tablica 20. Stup volana: proizvođači i cijene	24
Tablica 21. Procijenjena vrijednost glavnih sklopova go-karta	27
Tablica 22. Analiza vremena sklapanja sklopa S5.....	41

Tablica 23. Analiza vremena sklapanja sklopa S4	41
Tablica 24. Analiza vremena sklapanja sklopa S3	42
Tablica 25. Analiza vremena sklapanja sklopa S2	42
Tablica 26. Analiza vremena sklapanja sklopa S1	42
Tablica 27. Analiza vremena završne montaže go-karta.....	43
Tablica 28. Oprema za sklapanje go-karta: cijene	46
Tablica 29. Količinska sastavnica šasije	50
Tablica 30. Pozicije šasije: podjela u grupe sa zajedničkim tehnološkim postupcima	51
Tablica 31. Šasija: podjela pozicija u grupe po tehnološkom procesu.....	53
Tablica 32. Količine materijala po šasiji	55
Tablica 33. Trošak materijala po šasiji [22]	55

1. UVOD

Karting je oblik automotosporta u kojem se natječu vozači go-karta. Nastao je 1950-ih godina u Sjedinjenim Američkim državama kada je Art Ingels izradio prvo javnosti poznato go-kart vozilo. [1]

Karting se smatra najekonomičnijim oblikom profesionalnog utrivanja na četiri kotača pa stoga privlači brojnu publiku. Također, zbog jednostavnosti go-karta, vozači bez prethodnog iskustva mogu relativno brzo napredovati u kartingu, što ga čini privlačnim velikom broju hobi vozača koji tako mogu poboljšati svoje vještine za volanom. Nadalje, bavljenje kartingom od mlade dobi preduvjet je za dolazak u vrh automobilističkih natjecanja kao što je Formula 1 i u novije vrijeme Formula E. Dokaz je toga da su svi trenutno aktivni vozači Formule 1 svoju karijeru započeli upravo u kartingu. Sama natjecanja odvijaju se na stazama posebno izgrađenim u svrhu utrivanja go-karta, kako bi se zadovoljile potrebe za sigurnosti.

U svijetu postoje brojni proizvođači go-karta, i svima je zajedničko da vozila izrađuju u skladu s tehničkim pravilnikom koji izdaje vrhovno međunarodno tijelo za provođenje pravila u karting utrkama, CIK-FIA (*fra. Commission Internationale de Karting – Fédération Internationale de l'Automobile*). [2]

Osim go-karta namijenjenih za profesionalna natjecanja, velik dio njihove proizvodnje otpada na go-karte namijenjene za najam (eng. *rental karts*). Takvi go-karti mogu se unajmiti na stazama posebno izgrađenim za tu svrhu u cilju zabave, prijateljskih natjecanja i slično. Građa obje vrste go-karta je na prvi pogled slična, međutim u njihovim performansama postoje značajne razlike pa primjerice trkaći go-kart postiže brzine i do 170 km/h, dok je maksimalna brzina go-karta za najam najčešće oko 60 km/h. Zbog razlika u njihovoj namjeni, postoje i neke razlike u konstrukciji, pa one kod trkaćih i one kod go-karta za najam predstavljaju donekle zasebne izazove. Ipak tehnologije korištene u njihovoj izradi gotovo su jednake. Go-kart jednog od vodećih svjetskih proizvođača prikazan je na slici 1.

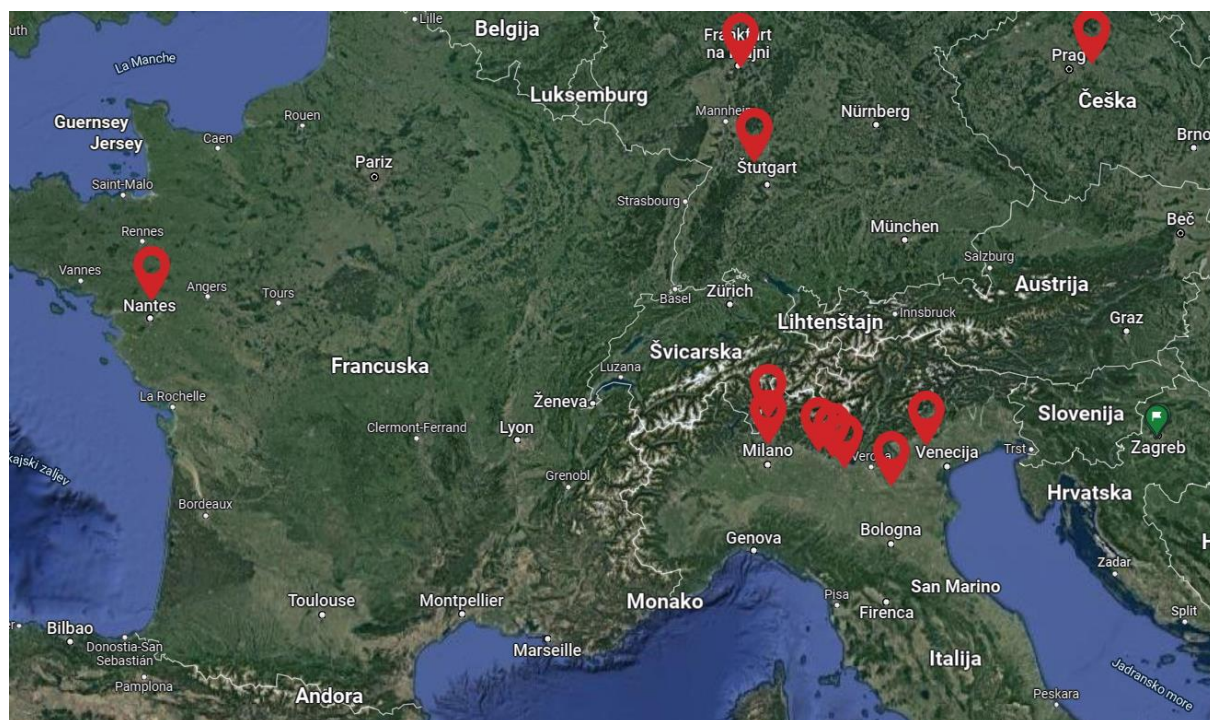


Slika 1. Moderni go-kart za natjecanja [3]

Cilj ovog rada jest razmotriti proizvodne postupke modernog go-kart vozila namijenjenog za natjecanja, te mogućnost njegove proizvodnje u Republici Hrvatskoj.

Dakle, motivacija za izbor ove teme jest **želja za pokretanjem proizvodnog pogona u Republici Hrvatskoj**, a na osnovi osobnog zanimanja za razne oblike automobilskih sportova. Još jedan razlog za izbor go-karta jest i taj što se pri njihovoj proizvodnji koristi velik broj različitih postupaka (tehnologija) što podrazumijeva korisnost upoznavanja i produbljivanja znanja o njima.

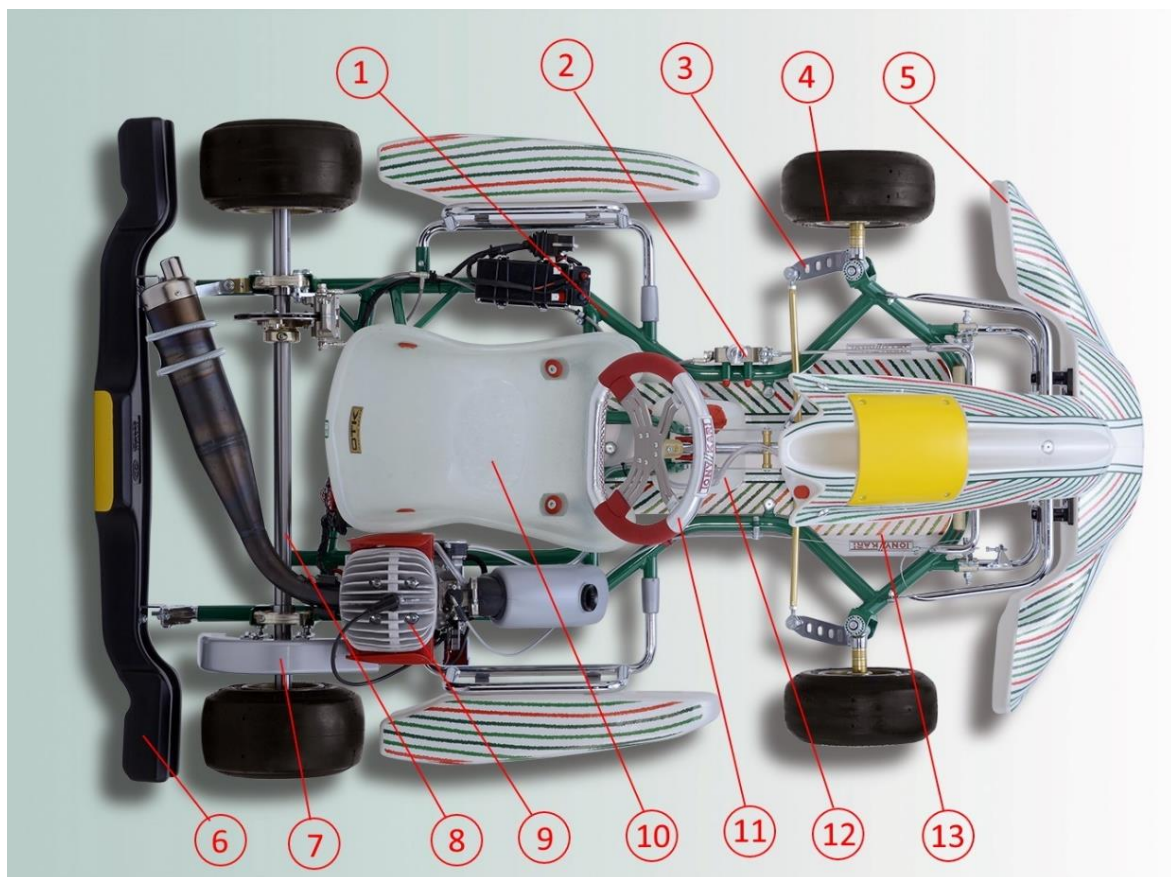
Go-kart se zbog malih proizvodnih količina, relativne kompleksnosti i potrebe za visokom kvalitetom proizvoda čini kao idealan izbor za proizvodnju u ovom dijelu svijeta. To potvrđuju lokacije tvornica najvećih svjetskih proizvođača go-karta, koje se velikim dijelom nalaze u Italiji (Slika 2.). Iako je go-kart nastao u SAD-u, njegova proizvodnja se u velikom dijelu preselila u Europu uz nekoliko tvornica kao što su: Top Kart USA, Margay i J3 Competition koje nastavljaju proizvodnju na američkom kontinentu. Među najvažnije svjetske proizvođače spadaju: Birel ART, CRG, Intrepid, Tony Kart, Parolin, TB Kart (IT), Mach 1, Kart Republic (DE), Sodikart (FR), Praga (CZ), čije su lokacije prikazane na slici 2., te Energy Corse (FI).



Slika 2. Rasprostranjenost proizvođača go-karta [4]

2. OSNOVNI SKLOPOVI GO-KARTA

U svrhu projektiranja proizvodnje go-karta potrebno je poznavati proizvodni asortiman. Budući da se ovaj rad ne bavi detaljno konstrukcijom go-karta, a njegovu konstrukciju je ipak potrebno poznavati da bi se definirale proizvodne tehnologije, pristupa se analizi nekog od go-karata na tržištu, te se, u prvi mah, definiraju sklopovi od kojih se on sastoji. Na slici 3. prikazana je podjela go-karta na 13 sklopova, od kojih se neki sastoje od velikog broja dijelova. Početna podjela napravljena je intuitivno, a ostavlja se mogućnost ponovne podjele na osnovi tehnoloških postupaka.



Osnovni sklopovi:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------|
| 1. Šasija | 8. Pogonsko vratilo |
| 2. Sustav za kočenje | 9. Motor |
| 3. Prednja osovina i glavina kotača | 10. Sjedalo |
| 4. Kotači | 11. Sustav upravljanja |
| 5. Branici/ Aerodinamički dodatci | 12. Spremnik goriva |
| 6. Stražnji branik | 13. Sigurnosni lim |
| 7. Prijenos | |

Slika 3. Osnovni sklopovi go-karta [3]

3. KATEGORIJE GO-KARTA

Prema FIA-inom pravilniku go-karti se natječu u četiri grupe, dodatno podijeljene u kategorije. U grupu 1 pripada kategorija KZ, odnosno go-kart s mjenjačem brzina i pogonskim motorom zapremnine 125 cm³. Grupi 2 čine kategorije KZ2, OK, OK-N i OK-Junior, gdje KZ2 predstavlja go-karte s mehaničkim mjenjačem brzina, a sve varijacije kategorije OK predstavljaju go-karte s direktnim prijenosom snage na pogonsko vratilo. Grupa 2, kao i grupa 1 pogonjena je motorom zapremnine 125 cm³. U grupi 3 nalazi se kategorija Mini namijenjena najmlađim natjecateljima s motorom zapremnine 60 cm³, dok se u grupi 4 nalazi kategorija Superkart s nešto većom snagom motora, zapremnine 250 cm³. Tehnički pravilnik definira određene zahtjeve za svaku grupu. Tako primjerice maksimalna dozvoljena širina stražnjih kotača za grupu 1 i 2 iznosi 215 mm, a za grupu 3 ona iznosi 150 mm. [2]

Nešto prirodnija podjela za promatrače kartinga kao sporta bila bi na one s mjenjačem brzina (KZ i KZ2) i one s direktnim prijenosom (OK). Tri navedene kategorije, a posebno kategorija OK ujedno su i najpopularnije i samim time najvažnije za proizvođača go-karta.

Postoje još i već spomenuti go-karti za najam čija je prvenstvena namjena razonoda. Njih se može podijeliti na go-karte namijenjene mlađim uzrastima s manjom snagom motora i go-karte za starije uzraste. U novije vrijeme sve je češća njihova izvedba s električnim motorom pa se tako mogu podijeliti i po vrsti pogonskog motora.

Tvrtke koje se bave proizvodnjom go-karta obično se specijaliziraju za izradu natjecateljskih tipova go-karta ili onih namijenjenih iznajmljivanju. Ipak, zbog velike sličnosti u konstrukciji i tehnologijama izrade, postoje tvrtke koje se bave proizvodnjom oba tipa go-karta.

Na slici 3. prikazan je go-kart kategorije OK, te će se zbog najveće potražnje za takvim tipom go-karta, u ovome radu razmatrati mogućnost njegove izrade, pretpostavljajući da mogućnost izrade jednog tipa uključuje i mogućnost izrade drugih tipova go-karta.

4. TRŽIŠNA CIJENA GO-KARTA I CIJENE NJEGOVIH OSNOVNIH SKLOPOVA

Kako bi se utvrdila isplativost proizvodnje go-karta, potrebno je najprije saznati njihovu cijenu na tržištu. Također, potrebno je pronaći proizvođače komponenti go-karta te utvrditi tržišnu vrijednost pojedinih dijelova i sklopova. Postupak proizvodnje promatrat će se od krajnjeg, završenog proizvoda prema početnim fazama izrade dijelova. Na taj način se utvrđivanjem isplativosti obavljanja jednog stupnja proizvodnje go-karta može početi promatrati prethodni stupanj, te se na svakom stupnju može definirati isplativost uključivanja tog stupnja u proizvodni sustav. Završna faza proizvodnje go-karta je montaža, stoga je potrebno ukupnu cijenu svih dijelova od kojih se on sastoji, zajedno s cijenom montaže usporediti s cijenom gotovih go-karta na tržištu.

4.1. Tržišna cijena go-karta

Tržišna cijena predstavlja cijenu go-karta koju plaća krajnji kupac, a ona uključuje i porez pa ju je potrebno umanjiti za njegov iznos pri usporedbi go-karta koji se prodaju u različitim državama. Proizvođači go-karta obično svoje proizvode prodaju preko zastupnika za različite države, stoga treba biti svjestan da dio njegove cijene čini i marža trgovca koji prodaje go-kart. Ovakve cijene izrazito su važne za procjenu isplativosti proizvodnje jer predstavljaju gornje granice cjelokupnih troškova proizvodnje jednog go-karta. U tablici 1. dati su podaci o cijenama go-karta najvećih svjetskih proizvođača navedenih u uvodu rada. Važno je naglasiti da većina proizvođača isporučuje kompletan go-kart bez motora i guma, te su sve cijene u tablici 1. navedene za takav slučaj, uz komentar ukoliko se go-kart isporučuje bez nekog drugog dijela.

Tablica 1. Cijene go-karta kategorije OK vodećih proizvođača

Proizvođač	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Komentar	Izvor
CRG	4616,48	3748,00		[5]
BirelArt	4853,16	3978,00		
Top Kart	3999,99	3278,68	Cijena bez sjedala	
Praga	4582,00	3818,33	Cijena bez sjedala	[6]
Kart Republic	5093,50	4175,00		[5]
Tony Kart	4695,00	3848,36		
Parolin	4699,99	3852,45		
Sodikart	4729,99	3941,66		[7]
Kosmic	4795,00	3930,33		[5]
Formula K	4934,90	4045,00		

Iz tablice se može iščitati da cijena go-karta bez PDV-a varira između 3278,68 € i 4175,00 €. Takvu razliku u cijeni između na prvi pogled sličnih proizvoda mogu stvarati rezultati na natjecanjima. Karting je vrlo kompetitivan sport i natjecatelji si pokušavaju osigurati prednost nad konkurencijom na različite načine. Ukoliko se pokaže da neki proizvođač ostvaruje dobre rezultate na natjecanjima, potražnja za njegovim proizvodom raste. Iz tog razloga važno je pri izboru dijelova go-karta prepoznati one koji mogu donijeti natjecateljsku prednost uz osiguranje isplativosti proizvodnje.

4.2. Tržišne cijene pojedinih sklopova

Početni pristup ka procjeni isplativosti proizvodnje go-karta bit će analiza udjela tržišne vrijednosti sklopova od kojih se go-kart sastoji. Na osnovi tih podataka može se zaključiti koji sklopovi uzimaju najveći dio vrijednosti go-karta, te se u daljnjem radu može procijeniti isplativost njihove samostalne proizvodnje. Koristit će se podjela proizvoda na sklopove iz poglavlja 2, a za početne vrijednosti pojedinih sklopova koristit će se cijene proizvoda navedene u *on-line* trgovinama. [5 i 8]

Posebno je zanimljiv prikaz sklopova na stranici *itakashop.com* [8], gdje su prikazani sklopovi go-karta proizvođača *Sodikart*, uz kompletan popis dijelova od kojih se sastoje.

4.2.1. Šasija

Šasija je osnovni dio go-karta koji služi kao prihvat svih drugih sklopova. Izrađuje se savijanjem i zavarivanjem čeličnih cijevi te zavarivanjem limova za prihvat drugih sklopova. Njene dimenzije i materijal od kojeg je izrađena definirane su tehničkim pravilnikom i među proizvođačima, na prvi pogled, ne postoje značajne razlike u konstrukciji. Na slici 4. prikazana je šasija jednog od vodećih svjetskih proizvođača go-karta.



Slika 4. Šasija proizvođača *Tony Kart* [3]

Šasija je jedan od ključnih dijelova go-karta za njegove performanse. Budući da go-kart nema amortizere šasija služi za upijanje vibracija i ublažavanje udaraca. Njenom konstrukcijom utječe se na krutost šasije što se reflektira na upravljanje go-karta. Zbog toga je šasija svojevrsni zaštitni znak i svi renomirani proizvođači izrađuju je unutar tvrtke. Cijene gotovih šasija vodećih svjetskih proizvođača dane su tablicom 2., a njihova prosječna cijena bez PDV-a je 1428,56 €.

Tablica 2. Cijene gotovih šasija vodećih svjetskih proizvođača

Proizvođač šasije	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Kart Republic	1742,89	1428,60	[5]
Top Kart	1585,99	1300,00	
Parolin	1587,60	1301,31	
Tony Kart	1969,00	1613,94	
Praga	1573,80	1290,00	
CRG	1997,75	1637,50	

4.2.2. Sustav za kočenje

Sustav za kočenje omogućuje smanjenje brzine i sigurno zaustavljanje go-karta. Vrlo je važan za performanse go-karta te zbog toga brojni proizvođači pored osnovnog sustava nude i napredniju opciju boljih performansi, uz nešto veću cijenu.

Prema gruboj podjeli, sustav kočenja sastoji se od glavnog cilindra, kočne čeljusti, diska i pločica, te crijeva koje sklopove povezuju u sustav. Ove se sklopove po potrebi može dalje podijeliti u one viših stupnjeva ugradnje. Potrebni su i sitni dijelovi za montažu na šasiju i funkcionalnost sklopa, ali njihova cijena je relativno mala (oko 5% vrijednosti ukupnog sklopa). [8]

Glavni kočni cilindar pretvara mehaničku silu u hidraulički pritisak kako bi se sila kočenja mogla bolje regulirati. Pravilnom izvedbom glavnog cilindra i kočne čeljusti, sila kočenja može se višestruko uvećati.

Na tržištu postoje originalni glavni cilindri vodećih proizvođača go-karta, kao i univerzalni zamjenski glavni cilindri. Njihove cijene navedene su u tablici 3.

Tablica 3. Glavni cilindar: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene

Proizvođač glavnog cilindra	Proizvođač go-karta koji ga ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	172,95	144,13	[8]
Freeline	BirelArt	138,17	113,25	[5]
IPK	Praga	152,50	125,00	
	Formula K			
	Intrepid			
Righetti Ridolfi	univerzalna ugradnja (komponenta)	41,95	34,39	
Forged	CRG Top Kart	152,50	125,00	
BSS	Tony Kart	258,64	212,00	
	OTK grupa			

U tablici 3. se može uočiti velika razlika u cijeni između univerzalne komponente i onih koje se posebno ugrađuju u pojedinim proizvođača go-karta. U ovom drugom slučaju riječ je tzv. originalnim dijelovima (tj. komponentama). Mogući razlozi za takvu razliku su velike marže zbog snage određenih marki (brendova), kvaliteta izrade i razlika u performansama. Isto tako univerzalno rješenje nekog proizvoda ne može biti optimalno pri ugradnji na sve tipove go-karta, pa je potražnja za originalnim proizvodima obično veća.

Također u tablici 3. može se primijetiti da postoje dobavljači koji svojim dijelovima opskrbljuju više različitih proizvođača go-karta. Razlog za to je postojanje grupacija koje okupljaju nekoliko različitih marki (brendova) go-karta, te si na taj način osiguravaju veće proizvodne količine pojedinih dijelova, smanjujući troškove njihove proizvodnje.

Kočne čeljusti služe za smještaj kočnih pločica i prijenos pritiska na njih. Za njihovu montažu na šasiju potreban je poseban nosač, pa su cijene navedene u tablici 4. suma cijene nosača i kočnih čeljusti.

Tablica 4. Kočne čeljusti: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene

Proizvođač kočnih čeljusti	Proizvođač go-karta koji ih ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	334,70	278,92	[8]
BSD	Tony Kart	390,40	320,00	[5]
	OTK grupa			
IPK	Praga	280,60	230,00	
	Formula K			
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	138,45	113,48	
CRG		299,95	245,86	
Freeline	BirelArt	245,00	200,82	

Kočni disk prenosi moment kočenja na stražnju osovinu go-karta. Kao i kod kočnih čeljusti za njegovu montažu na pogonsko vratilo potreban je nosač. U tablici 5. navedene su cijene kočnih diskova, zajedno sa nosačem.

Tablica 5. Kočni diskovi: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene

Proizvođač kočnih diskova	Proizvođač go-karta koji ih ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	210,30	175,25	[8]
BSD	Tony Kart	319,03	261,50	[5]
	OTK grupa			
IPK	Praga	330,62	271	
	Formula K			
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	92,99	76,22	
CRG		182,70	149,75	
BirelArt		134,39	110,16	

Kočne tarne pločice su dio sustava za kočenje koji zajedno sa kočnim diskom stvara silu trenja potrebnu za ostvarivanje sile kočenja. Za njih je karakterističan kratak interval između izmjena, ali i velika mogućnost poboljšanja performansi pažljivim izborom materijala. Velika

većina proizvođača go-karta taj dio kupuje od tvrtki specijaliziranih za njihovu proizvodnju. Njihova cijena bez PDV-a kreće se oko 30 € za set od dva komada.

Crijeva povezuju glavni kočni cilindar i kočne čeljusti. Ispunjena su posebnom tekućinom i služe za prijenos tlaka. Njihova cijena bez PDV-a kreće se oko 30 €.

Zbrajanjem cijena komponenti sustava za kočenje može se dobiti njegova tržišna vrijednost. U tablici 6. su dane vrijednosti sklopa sustava za kočenje pojedinih proizvođača go-karta. U tablici se nalazi i vrijednost sustava za kočenje tvrtke *Righetti Ridolfi*, koja proizvodi go-kart dijelove i dobavljač je za različite svjetske proizvođače. Cijena tog proizvođača je zanimljiva jer pokazuje mogućnost proizvodnje takvih dijelova po nižoj cijeni. Takva cijena bliže je onoj koju proizvođači go-karta dobivaju od dobavljača i mogla bi predstavljati cijenu nabave dijelova kod kasnijih izračuna.

Tablica 6. Cijene sustava za kočenje po proizvođačima go-karta

Proizvođač	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Sodikart	789,95	658,29	[8]
Tony Kart, OTK grupa	1041,27	853,50	[5]
Praga, Formula K	836,92	686,00	
CRG	708,35	580,62	
BirelArt	590,76	484,23	
Righetti Ridolfi	346,59	284,09	

Uz dodatak od 5 % zbog zanemarenih sitnih dijelova dobije se prosječna vrijednost Sklopa 2 bez PDV-a koja iznosi 622,23 €.

4.2.3. Prednja osovina i glavina kotača

Prednja osovina i glavina kotača su dva najvažnija dijela Sklopa 3 i oni većim dijelom definiraju cijenu sklopa. Sitniji djelovi potrebni za motažu i funkciju sklopa uključuju vijke, ležaje i osovinice, a njihova ukupna vrijednost čini oko 20 % vrijednosti sklopa. Sklop služi za montažu prednjih kotača na šasiju i omogućuje njihovu rotaciju. Preko prednjih osovina ostvaruje se i skretanja go-karta. Tablicama 7. i 8. date su njihove tržišne vrijednosti. [8]

Tablica 7. Prednja osovina: proizvođači, gdje se ugrađuje i cijene

Proizvođač prednje osovine	Proizvođač go-karta koji ju ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	144,72	120,60	[8]
OTK	Tony Kart OTK grupa	131,36	107,67	[5]
IPK	Praga Formula K	132,98	109,00	
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	24,39	20,00	
CRG		119,99	98,35	
BirelArt		118,58	97,20	

Tablica 8. Glavina kotača: proizvođači, gdje se ugrađuje i cijene

Proizvođač glavine kotača	Proizvođač go-karta koji ju ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	69,73	58,11	[8]
OTK	Tony Kart OTK grupa	121,32	99,44	[5]
IPK	Praga Formula K	71,98	59,00	
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	25,95	21,27	
CRG		66,25	54,30	
BirelArt		101,65	83,32	

Za kompletan go-kart potrebna su po dva komada svakog dijela, te su sume vrijednosti tih dijelova za svakog proizvođača navedene u tablici 9.

Tablica 9. Prednja osovina i glavina: cijene po proizvođaču go-karta

Proizvođač go-karta	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Sodikart	428,90	357,42	[8]
Tony Kart OTK grupa	505,36	414,23	[5]
Praga Formula K	409,98	336,05	
univerzalni dio	100,68	82,53	
CRG	372,48	305,31	
BirelArt	440,46	361,03	

Prosječna vrijednost Sklopa 3 dobije se izračunom aritmetičke sredine podataka iz tablice i dijeljenjem dobivenog broja sa 0,8 (zbog vrijednosti ostalih dijelova u sklopu). Vrijednost Sklopa 3 bez PDV-a tako iznosi 386,79 €.

4.2.4. Kotači

Kotači se sastoje od naplataka (felgi) i guma. Uobičajeno se go-kart isporučuje bez guma zbog kratkih intervala njihove izmjene. Felge su dio go-karta preko kojih se kotač učvršćuje na prednju osovinu ili pogonsko vratilo. Materijal felgi najčešće je legura aluminija ili magnezija zbog izrazito male specifične mase tih materijala, a rjeđe se koristi čelik.

Cijena seta aluminijskih go-kart felgi bez PDV-a iznosi oko 150 € za kategoriju OK [5]. Kod felgi izrađenih od legure magnezija cijena varira između 124,80 € i 542,88 € ovisno o proizvođaču. Većina vodećih svjetskih proizvođača isporučuje go-karte s magnezijским felgama, a tržišna vrijednost takvih setova kreće se oko 280 € bez PDV-a.

4.2.5. Branici i aerodinamički dodatci

Sklop 5 sastoji se od branika i aerodinamičkih dodataka koje se montiraju na njih. Aerodinamički dodatci sastoje se od prednjeg i dva bočna usmjerivača zraka i prednjeg spojlera izrađena od polimernih materijala. Poboľšavaju aerodinamičku efikasnost go-karta, omogućujući postizanje veće maksimalne brzine uz jednaku snagu pogonskog motora.

Osim povećanja aerodinamičke efikasnosti važna funkcija ovog sklopa je ublažavanje udarca što se postiže branicima izrađenim savijanjem čeličnih cijevi. Na taj se način osigurava potrebna sigurnost vozača pri udarcu iz bilo kojeg smjera.

Za kompletan sklop potrebne su kopče za prihvat aerodinamičkih dodataka na branike čija vrijednost bez PDV-a iznosi oko 50 € (za set od dva komada), te razni limeni nosači i vijci čija vrijednost iznosi oko 8 % ukupne vrijednosti sklopa. [8]

Tvrtka KG proizvodi razne tipove aerodinamičkih dodataka homologiranih od strane FIA-e, koji se mogu ugraditi na go-kart. Mnogi vodeći proizvođači ugrađuju upravo te komponente, dok dio proizvođača razvija svoje komponente u skladu s tehničkim pravilnikom.



Slika 5. Aerodinamički dodatci proizvođača *KG Karting* (tip 507) [9]

U tablici 10. navedene su cijene aerodinamičkih dodataka koji, uz branike, čine Sklop 5.

Tablica 10. Aerodinamički dodatci: vrste, tipovi, proizvođači i cijene

Aerodinamički dodatak	Tip (proizvođač)	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Prednji spojler	507 (KG)	79,72	66,43	[8]
	506 (KG)	75,60	63,00	
	MK20 (KG)	67,50	56,25	
	FP7 (KG)	63,00	52,50	[5]
	BURU (KG)	56,99	47,49	
	OTK M6 (Tony Kart)	84,79	69,50	
	NA2 CIK20 (CRG)	55,00	45,08	
Prednji usmjerivač zraka	507 (KG)	36,00	30,00	[8]
	506 (KG)	27,30	22,75	
	MK20 (KG)	29,70	24,75	
	FP7 (KG)	27,30	22,75	[5]
	BURU (KG)	27,30	22,75	
	OTK M6 (Tony Kart)	24,40	20,00	
	NA3 (CRG)	29,65	24,30	
Bočni usmjerivač zraka	507 (KG)	38,57	32,14	[8]
	506 (KG)	36,50	30,42	
	MK20 (KG)	35,10	29,25	
	MK14 (KG)	38,10	31,75	[5]
	CIK 02 (KG)	29,50	24,58	
	OTK M6 (Tony Kart)	57,34	47,00	
	NA3, NA2 (CRG)	65,51	53,70	

Branici se sastoje od dvije čelične cijevi na prednjem kraju go-karta i po dvije čelične cijevi na bočnim stranama go karta. Cijena branika data je u tablici 11.

Tablica 11. Nosači branika: vrste, tipovi, proizvođači i cijene

Nosač branika	Tip (proizvođač)	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Prednji nosač (branik)	507 (KG)	35,00	29,17	[8]
	MK20 (KG)	30,20	25,17	
	506, FP7 (KG)	30,00	25,00	
	M6 (Tony Kart)	134,56	110,30	[5]
	(CRG)	88,81	72,80	
Bočni nosač (branik)	507 (KG)	36,00	30,00	[8]
	MK20 (KG)	34,70	28,92	
	506 (KG)	34,00	28,33	
	M6 (Tony Kart)	84,42	69,20	[5]
	NA2, NA 3(CRG)	82,35	67,50	

Znajući prethodne podatke, može se formirati cijena Sklopa 5 uzevši u obzir cijene aerodinamičkih dodataka, branika i kopči pa je ona data u tablici 12.

Tablica 12. Aerodinamički dodatci i branici: cijena dijelova po tipu sklopa

Tip (proizvođač)	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
507 (KG)	359,86	299,88	[8]
MK20 (KG)	327,00	272,50	
506 (KG)	333,90	278,25	
FP7 (KG)	321,30	267,75	
BURU/ MK14 (KG)	318,49	265,41	
M6 (Tony Kart)	587,27	482,20	[5]
(CRG)	529,18	434,58	

Uračunavši vrijednost dijelova za montažu dobije se prosječna vrijednost Sklopa 5 bez PDV-a koja iznosi 357,23€.

4.2.6. Stražnji branik

Stražnji branik služi za zaštitu vozača prilikom udarca sa stražnje strane. Za razliku od Sklopa 5 njegova jedina svrha je poboljšanje sigurnosti, a između sklopova postoji i razlika u tehnologiji izrade. Sklop se još sastoji od dijelova za prihvata na šasiju (vijci, kopče itd.), a njihova okvirna cijena bez PDV-a je 70 €.

Cijene različitih stražnjih branika navedene su u tablici 13.

Tablica 13. Stražnji branik: tipovi, proizvođači i cijene

Tip (proizvođač)	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
CLOB (KG)	74,80	62,33	[8]
C3 (KG)	100,00	83,33	
TRIS (KG)	97,40	81,17	
M10 (Tony Kart)	148,84	122,00	[5]
XTR22 (Righetti Ridolfi)	79,90	65,49	

Iz navedenih podataka formira se okvirna vrijednost Sklopa 6 bez PDV-a koja iznosi 152,86 €.

4.2.7. Prijenos

Prijenos snage na go-kartu ostvaruje se lančanim prijenosom. Sklop se sastoji od lanca, lančanika i nosača lančanika koji se montira na pogonsko vratilo.

Lance izrađuju specijalizirani proizvođači i njihova cijena bez PDV-a kreće se oko 30 €.

Lančanik je važan dio go-karta kategorije OK jer se izborom njegove veličine, odnosno broja zubi određuje prijenosni omjer, čime se kontrolira prijenos momenta na pogonsko vratilo. Na taj se način izborom lančanika manjeg promjera postiže veća maksimalna brzina, a u suprotnom slučaju postiže se bolje ubrzanje zbog bržeg postizanja optimalnog broja okretaja motora. Iz tog razloga lančanik bi trebao biti lako izmjenjiv dio da bi se ovisno o konfiguraciji staze mogao odabrati optimalan broj zubi. Imajući na to na umu proizvođači obično isporučuju go-kart sa lančanikom koji bi trebao odgovarati najvećem broju staza.

Cijena lančanika bez PDV-a kreće oko 25 € ovisno o proizvođaču, materijalu, veličini i prevlaci.

Nosač lančanika izrađuje se od legure aluminija ili magnezija i zbog toga njegove cijene variraju. Promjer pogonskog vratila, na koje se nosač lančanika montira, u kategoriji OK obično je 50 mm pa su stoga u tablici 14. navedene cijene za taj promjer.

Tablica 14. Nosač lančanika: proizvođači, gdje se ugrađuju i cijene

Proizvođač nosača lančanika	Proizvođač go-karta koji ga ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	93,00	77,50	[8]
OTK	Tony Kart OTK grupa	132,98	109,00	[5]
IPK	Praga Formula K	120,78	99,00	
nepoznat	univerzalni dio	58,59	48,83	[8]
CRG		99,99	81,96	[5]
BirelArt		129,12	105,84	

Na taj način uzevši okvirnu cijenu lanca i lančanika dobije se ukupna cijena Sklopa 7 prikazana u tablici 15. Cijena vijaka potrebnih za montažu sklopa je zanemariva.

Tablica 15. Cijene Prijenosa po proizvođaču go-karta

Proizvođač go-karta	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Sodikart	159,00	132,50	[8]
Tony Kart	200,08	164,00	[5]
Praga	187,88	154,00	
CRG	167,09	136,96	
BirelArt	196,22	160,84	
nepoznat	124,59	103,83	[8]

Prosječna vrijednost Sklopa 7 (bez PDV-a) iznosi 142,02 €.

4.2.8. Pogonsko vratilo

Pogonsko vratilo služi za prijenos snage motora na kotače. Učvršćuje se na šasiju preko dva ležajna mjesta, a sastoji se još i od dvije glavine koje služe za montažu kotača, te dijelova za montažu. U kategoriji OK većina proizvođača koristi vratilo promjera 50 mm, pa se promatraju cijene za takav slučaj.

U tablici 16. data je cijena samog vratila bez glavine i ostalih dijelova.

Tablica 16. Vratilo: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene

Proizvođač vratila	Proizvođač go-karta koji ga ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	108,89	90,74	[8]
OTK	Tony Kart OTK grupa	181,78	149,00	[5]
IPK	Praga Formula K	184,22	151,00	
nepoznat	univerzalni dio	65,79	53,93	
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	54,99	45,07	
BirelArt		213,45	174,96	

Ležaje izrađuju specijalizirane tvrtke i njihova cijena bez PDV-a se kreće oko 30 € po komadu. Na šasiju se učvršćuju pomoću nosača ležaja, a njihova cijena data je u tablici 17.

Tablica 17. Nosač ležaja: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene

Proizvođač nosača ležaja	Proizvođač go-karta koji ga ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Tekneex	Sodikart	96,65	80,54	[8]
OTK	Tony Kart OTK grupa	114,68	94,00	[5]
IPK	Praga Formula K	91,50	75,00	
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	23,79	19,50	
CRG		75,64	62,00	
BirelArt		85,40	70,00	

Glavine služe za prihvat kotača na pogonsko vratilo. Nema njihove rotacije u odnosu na vratilo pa nema potrebe za ležajima pri njihovoj konstrukciji. Cijene glavina po komadu date su u tablici 18.

Tablica 18. Glavina: proizvođač, proizvođač go-karta koji dio ugrađuje i cijene

Proizvođač glavine	Proizvođač go-karta koji ju ugrađuje	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
OTK	Tony Kart OTK grupa	118,34	97,00	[5]
IPK	Praga Formula K	81,74	67,00	
nepoznat	Sodikart	49,49	41,24	[8]
Righetti Ridolfi	univerzalni dio	28,99	23,76	[5]
CRG		99,95	81,93	
BirelArt		106,75	87,50	

Ukupna cijena glavnih elemenata Sklopa 8 je data u tablici 19.

Tablica 19. Stražnja osovina: proizvođač i cijene

Proizvođač straženje osovine	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Sodikart	473,16	394,30	[8]
Tony Kart	721,02	591,00	[5]
Praga	603,90	495,00	
Righetti Ridolfi	233,74	191,59	
BirelArt	670,95	549,96	

Znajući prethodne podatke može se odrediti tržišna vrijednost Sklopa 8 uz dodatak cijene dijelova za montažu (pero, vijci) koja iznosi oko 2 % ukupne vrijednosti sklopa. Vrijednost Sklopa 8 bez PDV-a iznosi 453,44 €.

4.2.9. Motor

Budući da većina vodećih svjetskih proizvođača go-karte kategorije OK isporučuju bez motora, kao i njemu pripadnih sklopova (usis zraka, ispušni lonac, hladnjak motora) pretpostavit će se takav slučaj i za ovaj rad. Ipak, pri izradi šasije potrebno je predvidjeti prihvate za kompletan sklop.

4.2.10. Sjedalo

Go-kart sjedala izrađuju se od kompozitnih materijala. Postoje mnoge specijalizirane tvrtke koje se bave njihovom izradom. Cijena im se kreće od 50 € do 300 €, ovisno o materijalu, a okvirna cijena bez PDV-a kod osnovnog tipa sjedala sa kojima se isporučuju go-karti promatranih proizvođača je 100 €.

4.2.11. Sustav upravljanja

Sustav upravljanja služi za skretanje, kontrolu ubrzanja i kočenja go-karta. Sastoji se od upravljača (volana), stupa volana, dviju spona upravljača koje su sfernim (*uniball*) ležajima povezani sa prednjom osovinom, te dviju papučica (papučica gasa i kočnica).

Upravljač mora biti ergonomski oblikovan kako bi vozaču omogućio što lakše upravljanje go-kartom, te je zbog toga obično prevučen brušenom kožom ili sličnim materijalom. Njihova cijena kreće se između 50 € i 250 € i za većinu modela okvirno iznosi 120 € bez PDV-a.

Kako bi se upravljač mogao pričvrstiti na stup volana potrebna je glavina čija cijena se kreće oko 40 € bez PDV-a.

Stup volana je zapravo jednostavna šipka na jednom kraju pričvršćena na šasiju, a na drugom kraju za nosač. U ravnini sa kotačima izveden je zavareni dio na koji se preko sfernih (*uniball*) ležaja pričvršćuju spone upravljača. Mjesto prihвата ležaja pomaknuto je od osi rotacije stupa volana, te se na taj način rotacija pretvara u gotovo pravocrtno gibanje, koje se onda prenosi na prednje kotače.



Slika 6. Stup volana proizvođača *Righetti Ridolfi* [10]

Cijene stupa volana date su u tablici 20.

Tablica 20. Stup volana: proizvođači i cijene

Proizvođač	Ukupna cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
CRG	65,35	53,57	[5]
Top Kart	43,85	35,94	
BirelArt	64,09	52,53	
Tony Kart	63,44	52,00	
Praga	67,71	55,50	
Sodikart	62,64	52,50	[8]
Righetti Ridolfi	18,89	15,48	[5]

Prosječna cijena stupa volana bez PDV-a je 45,36 €.

Cijena spone upravljača bez PDV-a kreće okvirno iznosi 15 € po komadu.

Za kompletan sustav upravljanja potrebna su četiri sferna ležaja čija cijena iznosi oko 5 € po komadu.

Cijena papučica kreće se između 12 € i 117 €, ovisno o izvedbi i proizvođaču, a važno je naglasiti da papučica kočnice ima nešto kompliciraniju izvedbu zbog većih sila na nju i potrebe za prilagođavanjem kraka na koji sila djeluje. Ipak može se reći da okvirna cijena seta papučice kočnice i gasa bez PDV-a iznosi 120 €.

Cijena ostalih dijelova potrebnih za funkcionalnost sklopa bez PDV-a iznosi oko 30 €. Tako uzevši sve prethodne podatke u obzir može se dobiti okvirna tržišna vrijednost Sklopa 11 koja iznosi 405,36€.

4.2.12. Spremnik goriva

Spremnik goriva izrađuje se od polimera i prema pravilniku mora biti zapremnine veće od osam litara. Kompletan sklop se sastoji od spremnika goriva, poklopca otvora za dolijevanje goriva, crijeva za odvod i crijeva za povrat goriva, te vijka za prihvat sklopa na šasiju. Na tržištu postoje kompletni tako definirani sklopovi različitih proizvođača a njihova cijena bez PDV-a kreće se oko 40 €.



Slika 7. Spremnik goriva proizvođača *KG Karting* [9]

4.2.13. Sigurnosni lim

U tehničkom pravilniku opisana je obaveza ugradnje lima koji se proteže od središnjeg podupirača do prednjeg dijela šasije. Mora biti izrađen od krutog materijala, a dozvoljeno je i korištenje kompozita.

Namjena takvog lima nije opisana ali za pretpostaviti je da je njegova svrha sprječavanje odbijanja sitnih komada koje bi go-kart mogao podići sa staze prema vozaču. Rupe u limu su dozvoljene, ali tehničkim pravilnikom svedene na minimalan broj uz uvjet da njihov promjer ne smije biti veći od 10mm, osim središnje rupe za pristup stupu volana koja smije biti promjera do 35 mm.

Izrada ovog dijela (sklopa) je jednostavna i trebala bi predstavljati minimalan trošak, no ipak za ovu fazu rada pretpostaviti će se njegova tržišna vrijednost koja bez PDV-a iznosi oko 70 €. [5]

4.3. Ukupna cijena sklopova go-karta

Prema podacima iz prethodnih točaka može se dobiti ukupna cijena sklopova go-karta. Ovisno o izboru dijelova koji cijena može varirati, a u svrhu ovog rada biti će korisna suma prosječnih cijena svakog pojedinog sklopa. Na taj način će se dobiti pojam od cjenovnom udjelu pojedinih sklopova go-karta u njegovoj ukupnoj cijeni. Nakon toga moći će se promatrati mogućnost samostalne izrade i montaže sklopova najvećih cjenovnih udjela u ukupnoj cijeni go-karta, kao i mogućnost nabavke dijelova od različitih dobavljača.

U tablici 21. prikazane su prosječne vrijednosti glavnih sklopova prema podjeli iz poglavlja 2. (Slika 3.), kao i suma tih vrijednosti.

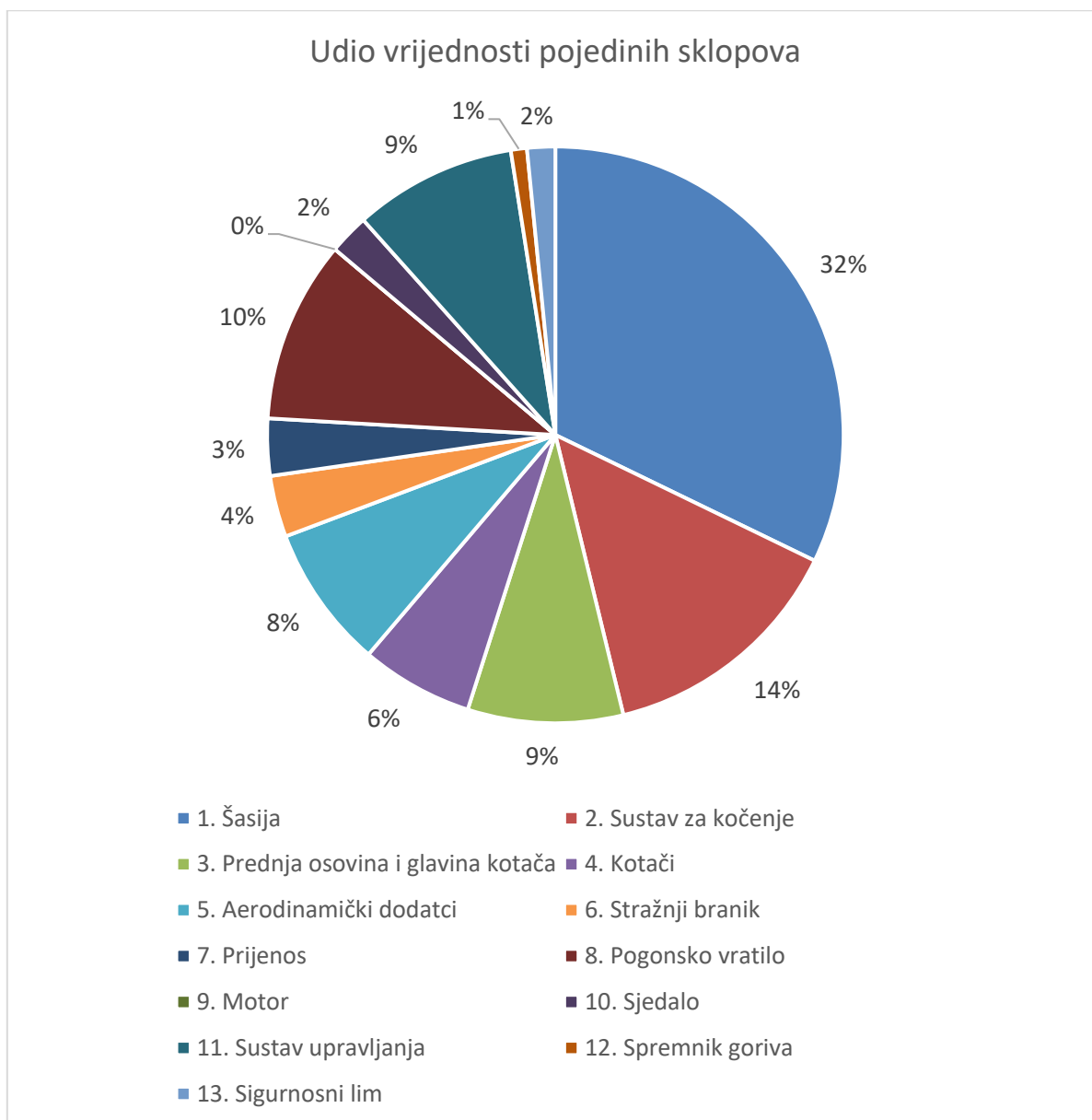
Tablica 21. Procijenjena vrijednost glavnih sklopova go-karta

Sklop	Cijena [€]	Cijena bez PDV-a [€]
1	1742,84	1428,56
2	756,81	622,23
3	470,39	386,79
4	341,60	280,00
5	431,21	357,23
6	184,20	152,86
7	172,48	142,02
8	551,59	453,44
9	-	-
10	122,00	100,00
11	494,00	405,36
12	48,80	40,00
13	85,40	70,00
Σ	5404,32	4438,49

Iz tablice 21. je vidljivo da suma prosječnih cijena sklopova go-karta premašuje cijenu kompletnog go-karta svakog proizvođača (Tablica 1.), što je i očekivano. Iz tog podatka može se zaključiti da se pri takvom izboru dijelova za sklopove ne može ostvariti profit. Ipak, **pažljivim izborom gotovih dijelova i eventualnom samostalnom izradom određenih dijelova sklopova odnosno montažom sklopova, smatra se da je moguće ostvariti značajne uštede.**

Mogućnost samostalne proizvodnje sklopova promatrat će se za sklopove s najvećim postotnim udjelom u ukupnoj cijeni go-karta.

Na slici 8. prikazani su postotni udjeli vrijednosti svakog sklopa u ukupnoj vrijednosti go-karta.



Slika 8. Udio vrijednosti sklopova u ukupnoj vrijednosti go-karta prema podjeli iz slike 3

Iz slike 8. je vidljivo da **najveći udio u vrijednosti go-karta ima šasija (32 %)**, a velik udio imaju sustav za kočenje (14 %) i pogonsko vratilo (10 %). Ta tri sklopa zajedno čine više od polovice vrijednosti go-karta te bi promatranjem mogućnosti njihove samostalne izrade mogle ostvariti značajne uštede. Osim takvog pristupa iskustveno se mogu uočiti dijelovi koje je moguće izraditi uz niže troškove.

Pored navedenih sklopova može se promotriti mogućnost samostalne izrade dijelova sklopa 7 i 11, te sklopa 13 zbog tehnologija izrade koje se na prvi mah čine jednakima kao kod izrade šasije. Za ostale sklopove potrebno je pažljivo odabrati moguće dobavljače i procijeniti troškove nabave po sklopu.

5. VAŽNOST KARTINGA ZA REPUBLIKU HRVATSKU

Proizvodnja go-karta u Republici Hrvatskoj osim dobrobiti pojedincu, odnosno proizvođaču, u nekoj mjeri može donijeti dobrobit i općoj populaciji ili barem njenom dijelu ako se implementira na dobar način i ako se na nju nadovežu druge djelatnosti.

Republika Hrvatska je turistička destinacija i svojim ljepotama privlači različite profile gostiju. Zbog toga postoje situacije kada gostu nisu dovoljne samo njene ljepote te se zbog toga nastoji što je više moguće proširiti turistička ponuda. Izgradnja objekta za najam i vožnju go-karta jedan je od načina za to.

Primjerice u gradu Dubrovniku postoji povijest pokušaja izgradnje objekta za vožnju go-karta, ne samo zbog proširenja turističke ponude, nego i zbog uspjeha lokalnog automobilističkog kluba "Dubrovnik Racing" koji okuplja četrdesetak ljudi i čiji su vozači postigli zapažene rezultate u vremenu od osnutka kluba 1993. godine. U sezoni 2022. klub ima tri registrirana vozača go-karta, a primjerice u karting prvenstvu Hrvatske u sezoni 2021. sudjelovao je 31 vozač. Potencijal za rast tih brojki postoji, uz uvjet stvaranja uvjeta za razvoj mladih sportaša, što uključuje izgradnju karting staza i veću pristupačnost opreme potrebne za bavljenje tim sportom. [11 do 13]

Objekt takvog tipa morao bi osigurati 50-ak go-karta za najam, a potencijal za izgradnju takvih objekata postoji u svim većim gradovima, a posebno u turističkim centrima Republike Hrvatske.

U pogledu natjecanja može se reći da karting nije posebno razvijen u Republici Hrvatskoj, ali uz gradnju potrebnih objekata i pristupačnije cijene go-karta postoji potencijal za njegovim razvojem. Vozači koji se natječu u kartingu obično kupuju novi go-kart svake dvije do 3 godine, a za natjecanja je često potreban i velik broj rezervnih dijelova, a što predstavlja potencijal za prodaju.

Razvoj kartinga vozačima iz Hrvatske pružio bi priliku za sudjelovanje u najvišim razinama automobilskih sportova poput Formule 1, što bi osim iznimnog sportskog uspjeha mogla biti i kvalitetna promocija za državu okrenutu turizmu.

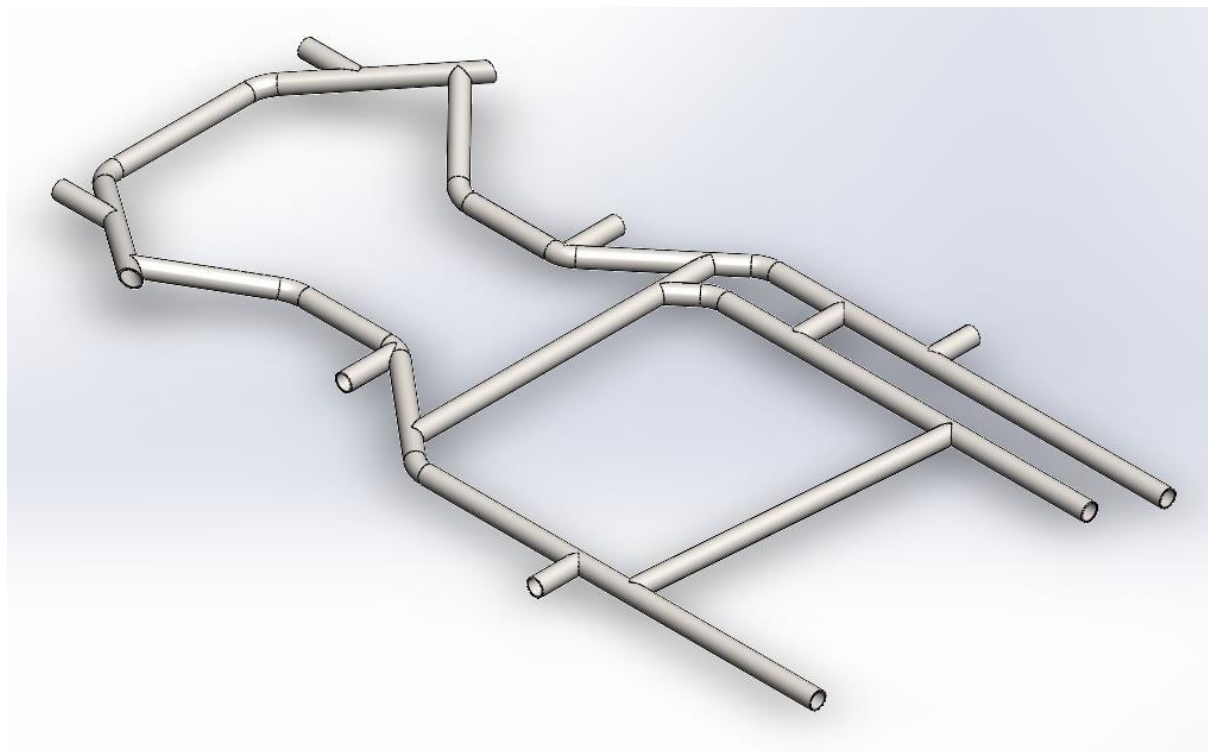
Dodatno razvojem automobilskih sportova općenito može se podići razina sigurnosti na cestama. Karting je odličan primjer sporta u kojem je moguće u kontroliranim uvjetima vježbati kontrolu vozila, kočenje i brzo donošenje odluka što može biti korisno u svakodnevnim situacijama u prometu.

Zaključno može se reći da je karting važan zbog razvoja sporta i turizma, povećanja sigurnosti na cestama, obogaćivanja sadržaja za razonodu, a može biti važan i za razvoj industrije u slučaju proizvodnje go-karta, pa je važno raditi na njegovoj popularizaciji.

6. MODEL VLASTITE ŠASIJE

U daljnjem radu promatrat će se postupak montaže go-karta u svrhu procjene mogućnosti vlastite realizacije pojedinih sklopova. Iz tog razloga potrebno je još detaljnije definirati konstrukciju go-karta s naglaskom na točke prihvata sklopova na šasiju. U kasnijoj fazi rada razmatrat će se postupak izrade šasije pa je za to potreban CAD model šasije. Za konstrukciju modela šasije koristi se FIA-jin tehnički pravilnik (prilozi 1. i 2.) i postojeća rješenja proizvođača go-karta. Za potrebe rada konstrukcija šasije ipak nije u potpunosti razrađena, već u mjeri dovoljnoj da se ustanove potrebne okvirne vrijednosti primjerice utroška materijala i vremena potrebnog za njenu izradu.

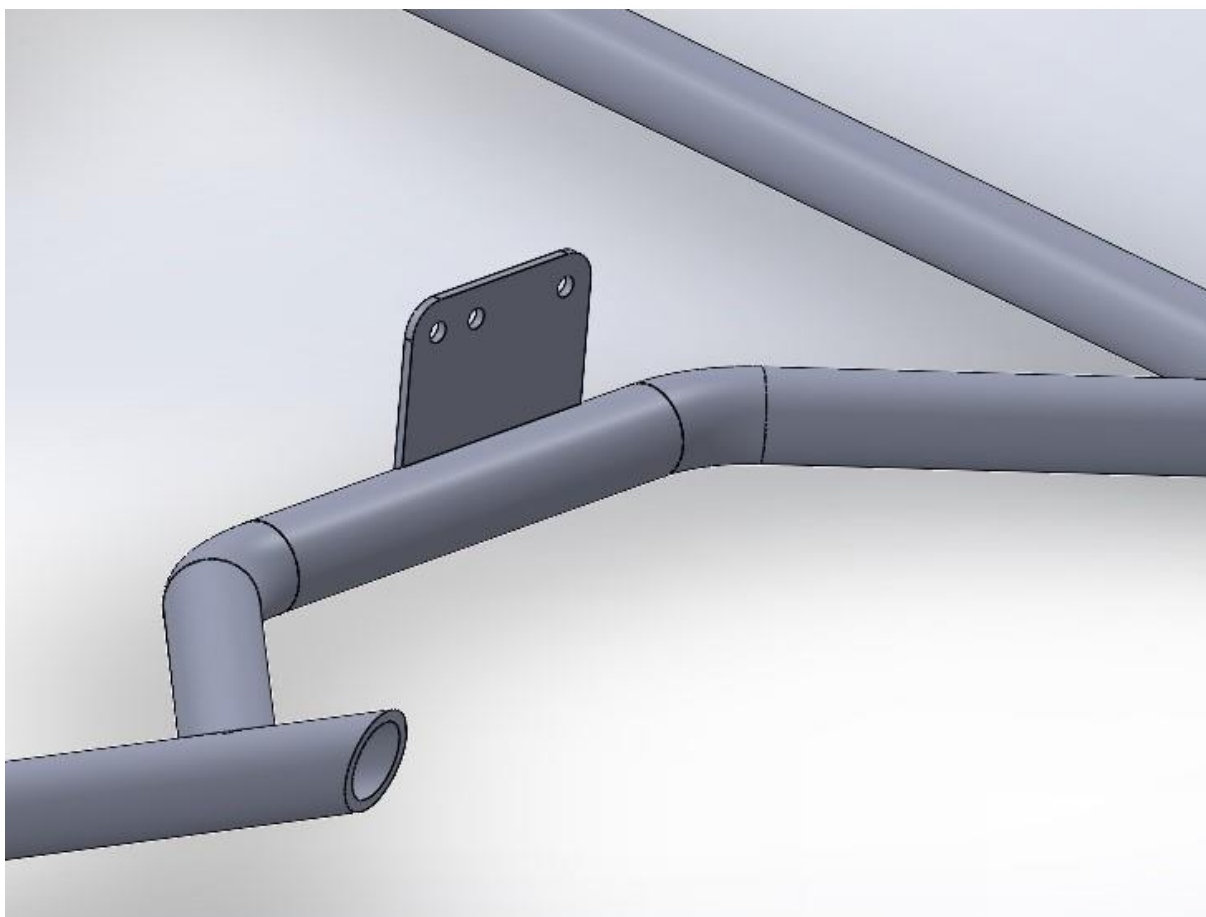
Promatrani go-kart spada u grupu 2 pa međuosovinski razmak mora biti između 101 i 107 cm. Ukupna širina sa kotačima ne smije biti veća od 140 cm, a najveća dopuštena visina bez sjedala je 65 cm od tla. Niti jedan dio ne smije stršiti van četverokuta kojeg čine prednji spojler, kotači i stražnji branik. Većina proizvođača okvir šasije izrađuje od cijevi promjera 30 mm, debljine stijenke oko 2 mm. Imajući te dimenzije na umu može se dobiti osnovni oblik šasije prikazan slikom 9, a na koji je onda potrebno učvrstiti ostale sklopove. [2, 3 i 5]



Slika 9. CAD model osnovnog okvira šasije go-karta

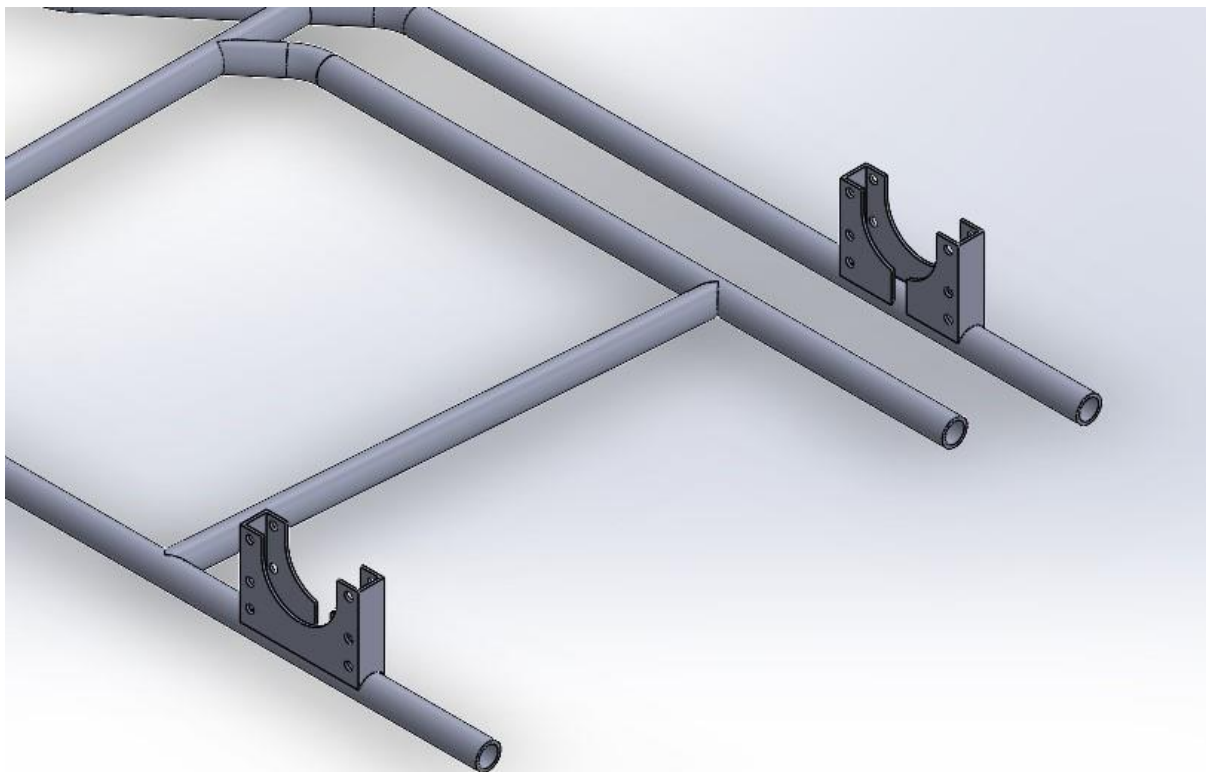
Montažu Sklopa 2 (sustav za kočenje) omogućuje prihvat glavnog cilindra, kočne čeljusti i diska. Disk se montira na pogonsko vratilo (Sklop 8) pa je potrebno predvidjeti njegov prihvat na šasiju.

U ovom trenutku potrebno je odabrati dijelove koji se montiraju na šasiju pa se za početnu fazu promatranja uzimaju dijelovi proizvođača *KG Karting* i *Righetti Ridolfi* zbog najpovoljnijih cijena. Odabire se glavni kočni cilindar proizvođača *Righetti Ridolfi* čiji je crtež dat u prilogu 3. Iz crteža je vidljivo da se njegova montaža na šasiju osigurava trima vijcima M6 zajedno sa pripadajućim maticama. Jednostavan prihvat dijela može se osigurati zavarivanjem lima s provrtima na šasiju. Analognim pristupom moguće je definirati montažu ostalih dijelova na šasiju, a tehnički crteži dijelova nalaze se na internetskoj stranici proizvođača.



Slika 10. Šasija: nosač kočnog cilindra

Mnogi proizvođači go-karta prihvata pogonskog vratila i kočnih čeljusti izvode preko jednog nosača. U taj nosač montira se jedan od ležaja pogonskog vratila. Drugi ležaj montira se na stranu ugradnje Sklopa 7 (prijenos). Odabiru se nosač ležaja i dodatak za prihvata kočnih čeljusti, kao i kočne čeljusti proizvođača Righetti Ridolfi. Svaki nosač se na šasiju učvršćuje pomoću šest M8 vijaka, a potreban je jedan dodatni vijak na strani kočnih čeljusti. Na slici 11. prikazana je jednostavna izvedba prihvat nosača ležaja koji je potrebno zavariti na šasiju.



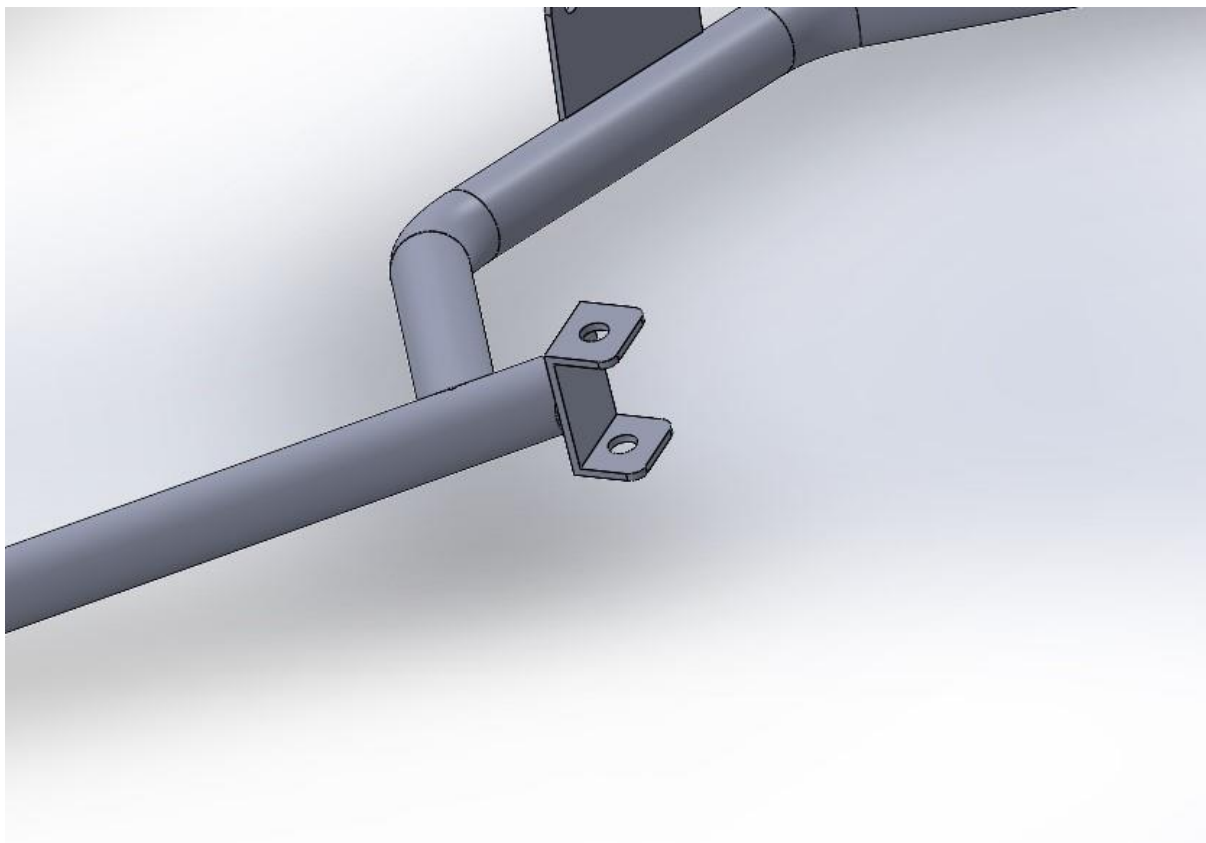
Slika 11. Šasija: prihvat nosača ležaja

Potrebno je još predvidjeti prihvat crijeva za kočnu tekućinu koje se proteže od glavnog kočnog cilindra do kočnih čeljusti. Crijevo se može voditi pomoću stezaljki poput one prikazane slikom 12. Za svaku stezaljku potreban je po jedan vijak, a na šasiji je potrebno osigurati njihov prihvat.



Slika 12. Stezaljka za vođenje crijeva [14]

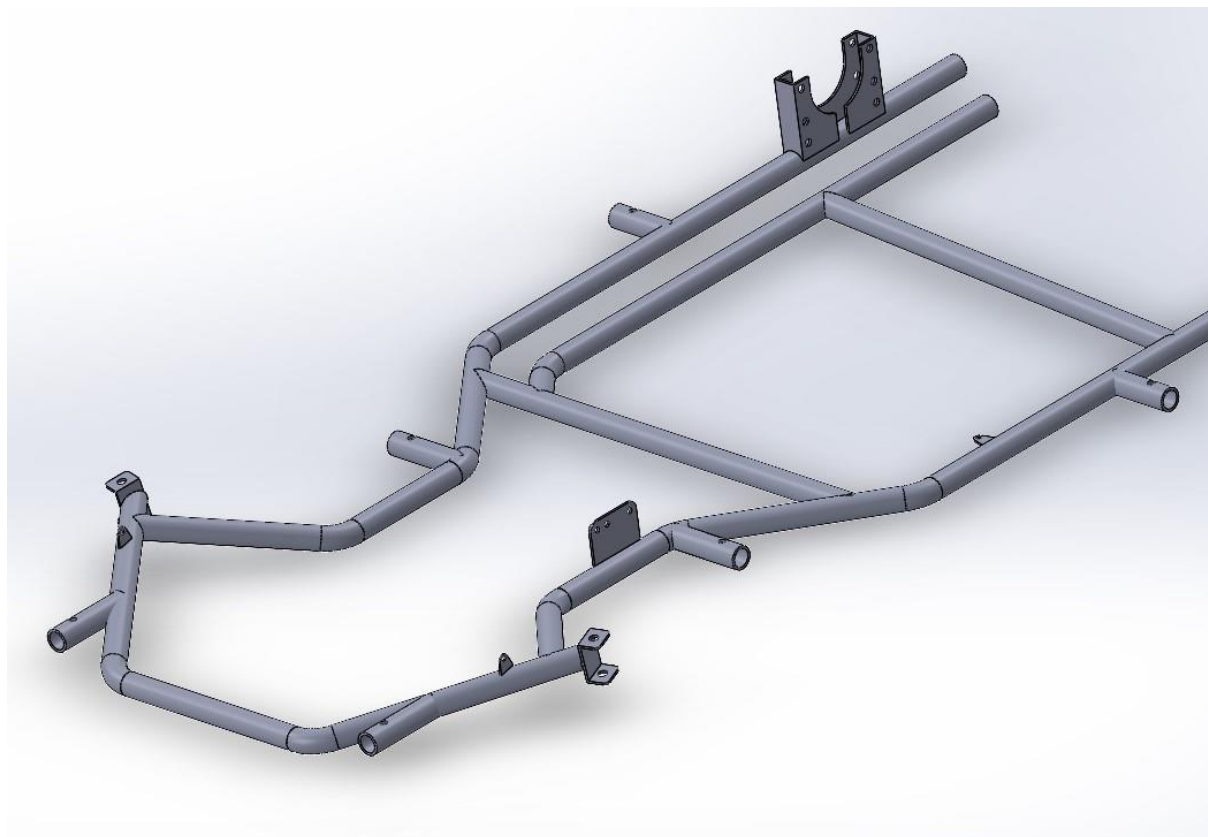
Prihvat Sklopa 3 (prednja osovina i glavina) na šasiju prikazan je na slici 13, a izrađuje se izrezivanjem i savijanjem lima, te njegovim zavarivanjem na šasiju. Prednja osovina proizvođača *Righetti Ridolfi* data je u prilogu 6. Prihvat se izvodi pomoću zatika sa navojem i matice, a osovina je konstruirana sa dva ležaja kako bi se osiguralo skretanje go-karta.



Slika 13. Šasija: prihvat prednje osovine

Sklop 5 montira se na šasiju preko branika. Njihov položaj strogo je definiran tehničkim pravilnikom što je prikazano u prilogu 2. Na šasiji je potrebno izvesti cijevi sa provrtom koje sa branicima čine labavi dosjed te se osiguravaju svornjacima s navojem. Za Sklop 5 odabiru se aerodinamički dodatci proizvođača *KG Karting*, a za ovu fazu odabire se tip 507. Uz te aerodinamičke dodatke proizvođač predviđa isti tip branika.

Na slici 14. je prikazana izvedba prihvata Sklopa 5 na šasiju pomoću zavarenih cijevi na prednjoj i bočnim stranama šasije.



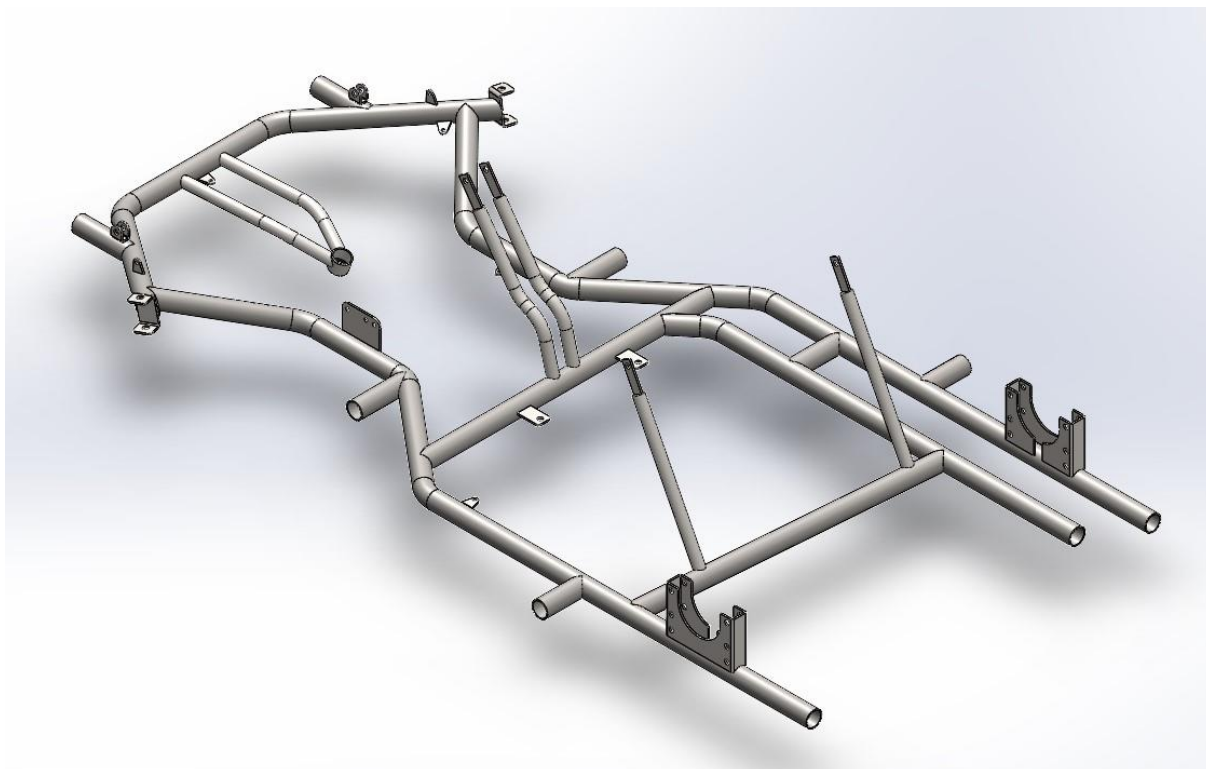
Slika 14. Prihvat branika na šasiju

Sklop 6 (Stražnji branik) montira se na šasiju na sličan način kao i Sklop 5, samo što kod tog sklopa nije potrebno izvoditi dodatne cijevi, nego se one nalaze na stražnjoj strani šasije.

Ugradnja sjedala (Sklop 10) u većini slučajeva prepušta se kupcu go-karta. Specifičnost go-karta za natjecanja je fiksirana pozicija sjedala, a koju sam kupac najbolje može prilagoditi svojim potrebama. Sjedala se stoga isporučuju bez provrta. Ipak za njihovu ugradnju na šasiju potrebno je pri konstrukciji šasije predvidjeti prihvate.

Sklop 11 (sustav upravljanja) pričvršćen je na šasiju u nekoliko točaka. Stup volan mora se moći rotirati oko jedne osi, a to si osigurava njegovim prihvatom u dvije točke.

Analogno prethodnom radu potrebno je još predvidjeti prihvat pedala, motora, sigurnosnog lima i spremnika goriva, a kompletna šasija sa svim navedenim prihvatom prikazana je na slici 15.



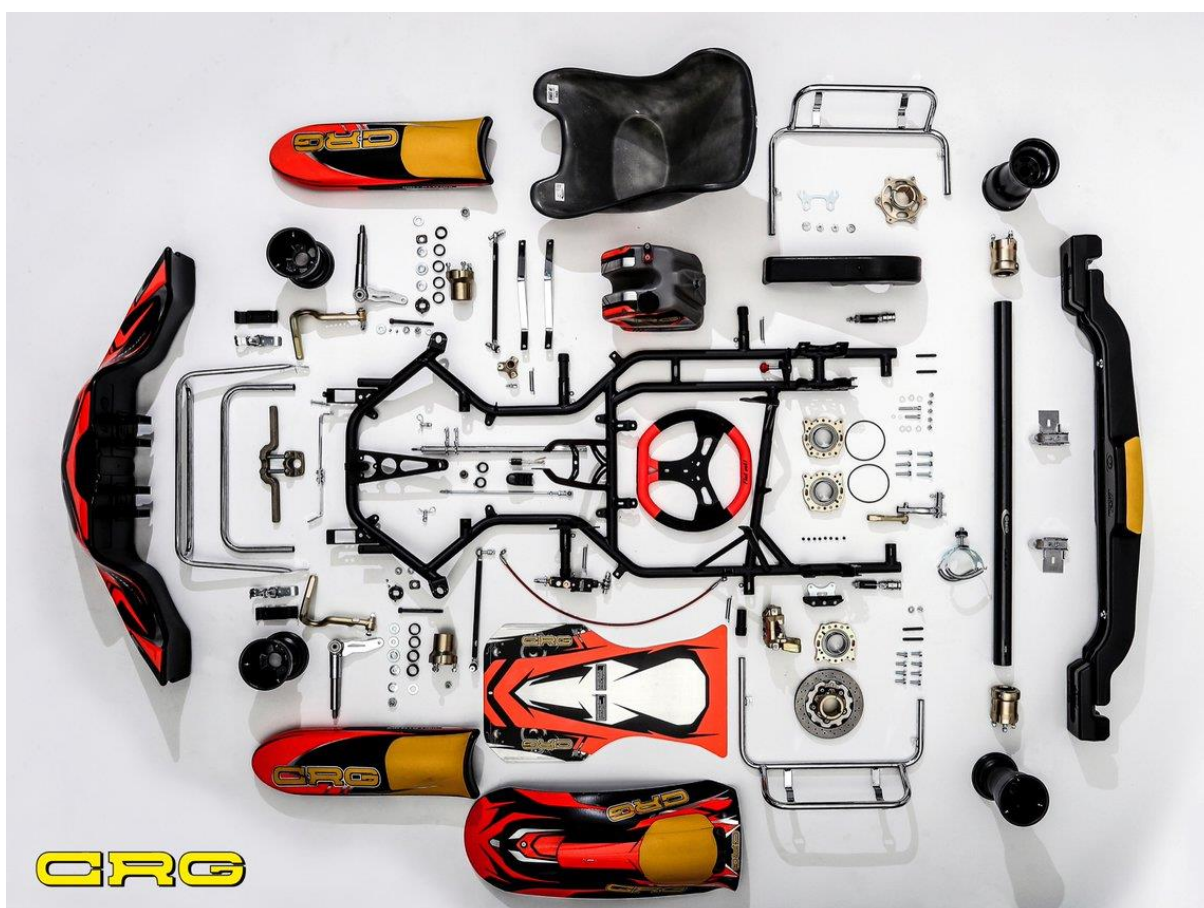
Slika 15. Šasija: prihvatni sklopova koji se montiraju na šasiju

Konstrukcija ostatka go-karta svodi se na izbor gotovih dijelova koji čine sklopove navedene u poglavlju 2 (slika 3). Sklopovi: 2 (sustav za kočenje), 3 (prednja osovina i glavina), 8 (pogonsko vratilo) i 11 (sustav upravljanja), kao i dijelovi Sklopa 7 (lančanik i nosač lančanika) sklapaju se od dijelova proizvođača *Righetti Ridolfi*. Sklopovi 5 (aerodinamički dodatci i branici), 6 (stražnji branik) i 12 (spremnik goriva) sklapaju se od dijelova proizvođača *KG Karting*. Kotači proizvođača *Mondokart* i sjedalo proizvođača *Greyhound* kupuju se kao gotov sklop. Detaljan prikaz svih dijelova potrebnih za sklapanje go-karta dat je u prilogu 4.

Najmanja dopuštena masa kompletnog go-karta bez vozača prema pravilniku je 70 kg, a teži se njenom postizanju zbog boljih voznih karakteristika u takvom slučaju. Iz CAD modela proistječe masa šasije od 10,55 kg pri korištenju čelika DIN 1.0577 ($\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$). U sastavnici (Prilog 4.) se mogu pronaći mase ostalih dijelova koje je moguće pronaći na internetskim stranicama proizvođača, a uz poznavanje mase svih ugradbenih elemenata, može se dobiti ukupna masa go-karta.

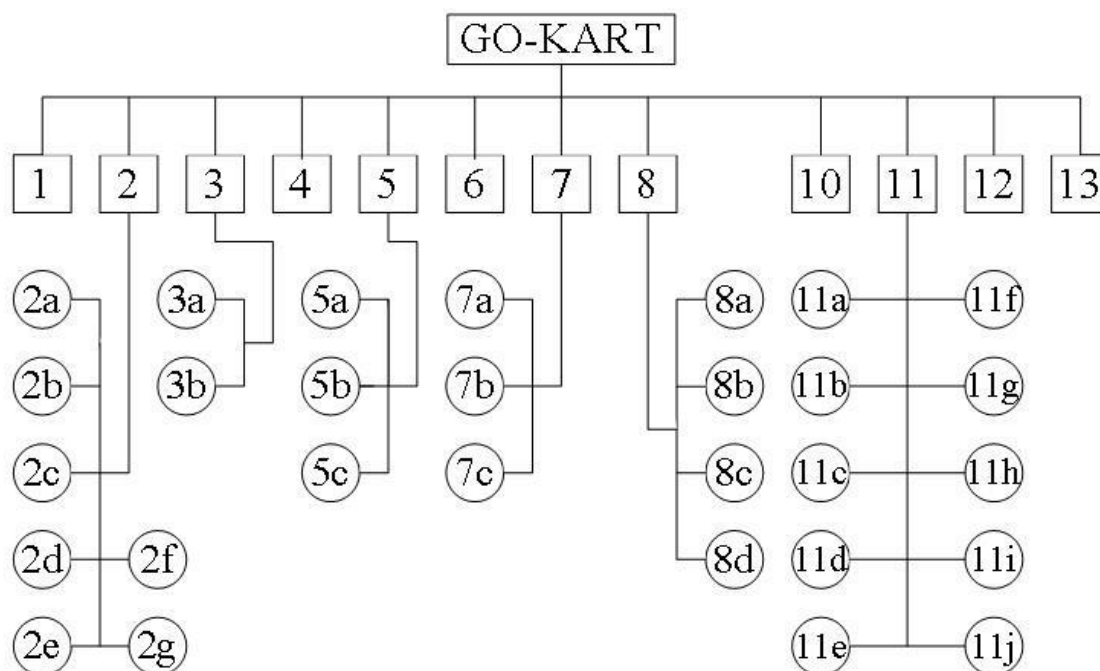
7. ANALIZA MONTAŽE GO-KARTA

Montaža je svaki proces kojem je cilj spajanje dvaju ili više objekata u cjelinu. Njen udio u vremenu i troškovima izrade proizvoda je uobičajeno velik i zbog toga je potrebno detaljno analizirati. Montaža go-karta proces je koji je teško automatizirati zbog malih proizvodnih količina i velikog broja vijaka, pa se redovito obavlja ručno. Dojam o količini ugradbenih elemenata od kojih se go-kart sastoji može se dobiti iz slike 16.



Slika 16. Dijelovi go-karta proizvođača CRG [15]

U svrhu **oblikovanja osnovnog postupka (prije svega završne) montaže** go-karta razrađena je njegova odgovarajuća struktura (iz poglavlja 6.) te prikazana slikom 17. **Na slici 17. nisu navedeni vijci i neki drugi elementi, no oni su ipak u cijelosti navedeni u sastavnici – Prilog 4., i njihov će se utjecaj uzeti u obzir.**



1- šasija

2a- kočni cilindar

2b- crijevo

2c- kočna čeljust

2d- nosač kočne čeljusti

2e- kočne pločice

2f- kočni disk

2g- nosač kočnog diska

3a- prednja osovina

3b- glavina

4- kotači

5a- branici

5b-aerodinamički dodatci

5c- nosači aerodinamičkih
dodataka

6- stražnji branik

7a- lančanik

7b- nosač lančanika

7c- lanac

8a- vratilo

8b- ležaj

8c- nosač ležaja

8d- glavina

10- sjedalo

11a- papučica gasa

11b- papučica kočnice

11c- volan

11d- glavina volana

11e- spona

11f- sferni ležaj

11g- nosač stupa volana

11h- sajla kočnice

11i- stup volana

11j- sferni ležaj 2

12- spremnik goriva

13- sigurnosni lim

Slika 17. Struktura go-karta za njegovu završnu montažu

7.1. Izbor metode sklapanja

Cilj svake proizvodne tvrtke je montažu proizvoda učiniti što jednostavnijom i efikasnijom, što se postiže smanjenjem broja ugradbenih elemenata i/ili promjenom njihovog oblika i drugih značajki. Jedna od metoda za optimiranje sklopivosti proizvoda jest DFA (eng. *Design For Assembly – Oblikovanje proizvoda za sklapanje*), čija je svrha sniženje troškova sklapanja uz povišenje kvalitete i skraćenje vremena realizacije proizvoda na tržištu. Kao rezultat korištenja te metode mogu se procijeniti troškovi i vrijeme sklapanja, te kvantificirati efikasnost oblikovanja (konstrukcije) proizvoda za sklapanje. [16]

Metoda DFA će se koristiti za procjenu vremena¹ i troškova završnog sklapanja go-karta. Ostali koraci metode DFA – preoblikovanje proizvoda i ponovna analiza, neće se izvoditi (brojnost ugradbenih elemenata podrazumijeva vremensku zahtjevnost izvođenja tih koraka).

Prvi korak kod primjene metode DFA jest odabir metode sklapanja, za što se koristi posebna karta (Prilog 5.). Za takvu analizu potrebno je definirati neke ulazne podatke.

Troškovi proizvodnje obično se računaju za neko duže razdoblje kako bi se mogao dobiti bolji uvid u dugoročnu isplativost proizvodnje. Osim promatranog razdoblja proizvodnje drugi bitan podatak koji treba uzeti u obzir su proizvodne količine. Znajući podatak o proizvodnim količinama može se dobiti trošak montaže, a u kasnijim fazama rada mogu se definirati potrebna struktura i radna mjesta u proizvodnji, stupanj automatizacije, broj zaposlenika, skladišne površine, potreban broj strojeva i drugi parametri važni za izračun troškova proizvodnje.

Podatak o godišnjoj proizvodnji go-karta za nekog proizvođača vrlo je teško pronaći, ali za pretpostaviti je da se ovisno o veličini tvrtke proizvodnja kreće od nekoliko stotina do nekoliko tisuća komada. Zbog navedenog turističkog potencijala, kao i potencijala za razvoj kartinga kao sporta, u ovom radu **pretpostavit će se godišnja proizvodnja od 300 komada**, a taj podatak može se koristiti u daljnjim promatranjima.

Tržišni vijek proizvoda u slučaju go-karta je relativno kratak zbog stalne potrebe za unaprjeđenjem proizvoda. Ipak, prostor za napredak ograničen je FIA-inim tehničkim pravilnikom pa se određeni go-kart na tržištu može nalaziti najmanje tri, a često i više godina bez potrebe za većim preinakama. Ovaj podatak dobiven je analizom vodećih svjetskih

¹ Osim metode DFA, u tu svrhu mogle bi se koristiti i WF (eng. *Work Factor – Faktor rada*) ili MTM (eng. *Methods-Time Measurement – Metode-mjerenje vremena*), ali metoda DFA odabrana je zbog prethodnog iskustva u njenom korištenju tijekom studija [16].

proizvođača, promatrajući povijest njihovih modela go-karta, kao i proučavanjem tehničkog pravilnika gdje je naveden podatak o provođenju postupka homologacije go-karta. Taj postupak provodi se svake tri godine, a sastoji se od niza testova kojima se utvrđuje sukladnost go-karta s tehničkim pravilnikom. Samo go-karti s važećom homologacijom mogu nastupiti na karting natjecanjima u organizaciji FIA-e. Tako konstrukcija go-karta, a time i proces montaže u pravilu ne bi trebali doživjeti značajne promjene u bližoj budućnosti pa se isplativost ulaganja u opremu za montažu može promatrati na period od tri ili više godina.

Još jedan važan podatak kod odabira metode sklapanja jest investicijska sposobnost tvrtke koja ovisi o dostupnim investicijskim sredstvima tvrtke. Taj podatak ovdje nije poznat, ali treba reći da s većim investicijskim sredstvima mogućnost automatizacije montaže raste.

Broj različitih proizvoda koji se montiraju u osnovi istim montažnim sustavom za ovaj slučaj označava broj tipova go-karta. Većina proizvođača nude go-karte kategorije 1, 2 i 3, a pretpostaviti će se i proizvodnja go-karta za najam. Montaža sva četiri tipa vrlo je slična pa bi u realnom slučaju taj broj bio četiri. Budući da se u ovom radu promatra mogućnost izrade go-karta kategorije OK, taj broj biti će jedan.

Najniža granična vrijednost koju DFA metoda razaznaje pri analizi isplativosti implementacije automatizacije u proizvodnji je 200 000 komada godišnje (Prilog 5.), koliko ne proizvode ni najveći svjetski proizvođači go-karta. Zbog vrlo malih proizvodnih količina očito je da će **metoda sklapanja biti ručna** tj. da će se sklapanje go-karta obavljati ručnim sustavom.

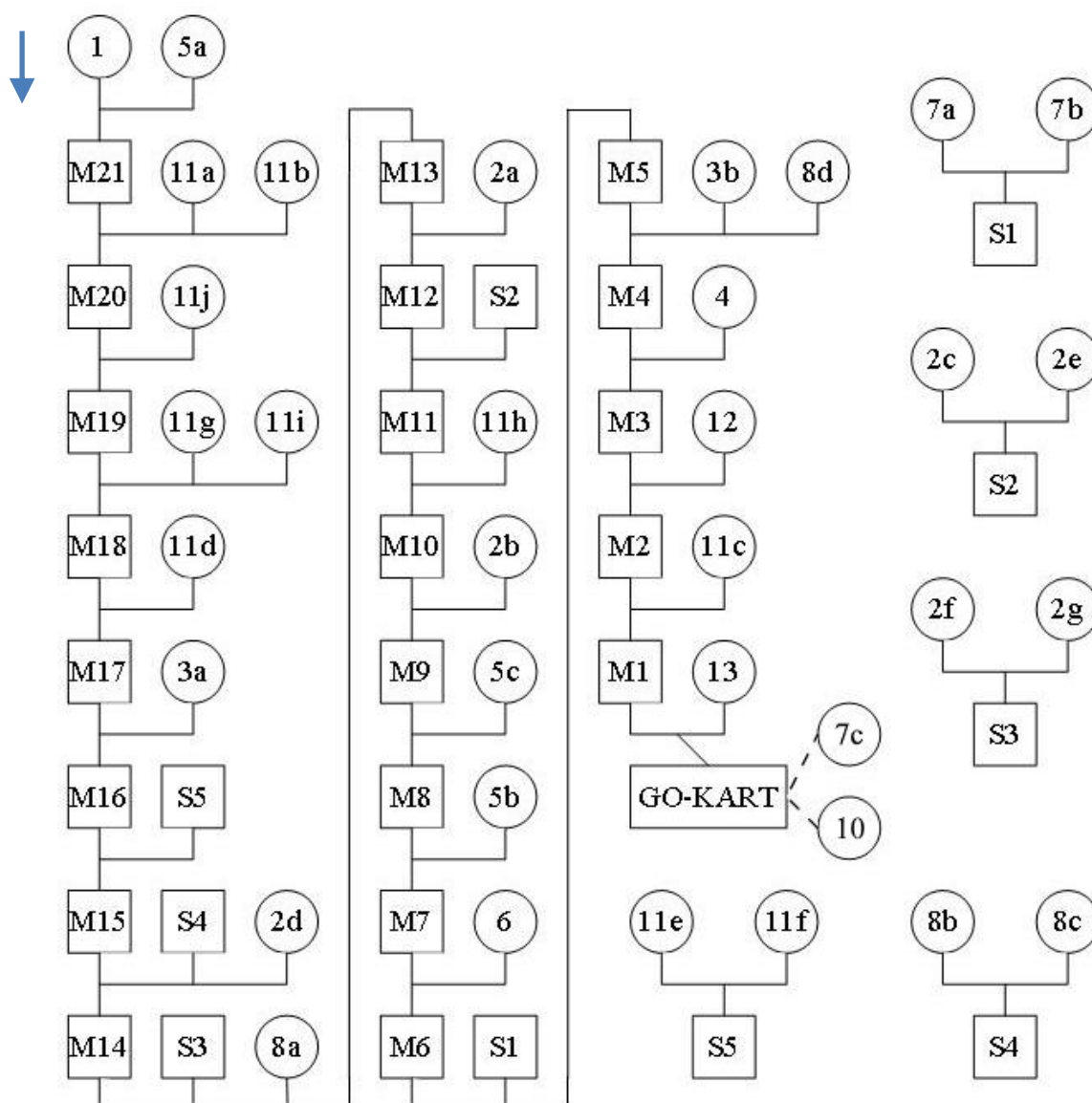
7.2. Procjena vremena sklapanja

Sklapanje go-karta u osnovi se sastoji od postupnog spajanja ugradbenih elemenata na šasiju, a redoslijed njihovog sklapanja dan je slikom 18. Redoslijed sklapanja izrađen je intuitivno uz promatranje procesa sklapanja kod postojećih proizvođača go-karta, a teoretski postoji velik broj mogućih redoslijeda sklapanja zbog velikog broja ugradbenih elemenata.

Na slici 18. su kvadratima označeni sklopovi. Unutar kvadrata su slovom M označena je montaža dijela ili sklopa na šasiju (koraci finalne tj. završne montaže). Unutar kvadrata slovom S označeni su sklopovi koji se sklapaju prethodno finalnoj montaži. Takve sklopove nije moguće kupiti kao gotove, a njihovo prethodno sklapanje pojednostavljuje finalnu montažu. Potrebno je procijeniti vrijeme sklapanja sklopova i finalne montaže.

Kao i na slici 17., i na slici 18. nisu navedeni vijci i neki drugi elementi, no oni su ipak u cijelosti navedeni u sastavnici – Prilog 4., i njihov će se utjecaj uzeti u obzir u tablicama 22. do 27.

Prema metodi DFA, sklapanje ugradbenog elementa se sastoji od dvije radnje – rukovanja i umetanja (tj. spajanja), pa se vrijeme sklapanja svakog ugradbenog elementa sastoji od vremena rukovanja i vremena spajanja (umetanja). Nadalje, metoda dijeli ugradbene elemente (proizvoda) po raznim kategorijama, ovisno o kompleksnosti njihovog rukovanja i umetanja (prilozi 6. i 7. – karte 2. i 3.).



Slika 18. Redoslijed sklapanja ugradbenih elemenata go-karta

Početne radnje pri sklapanju go-karta jesu postavljanje šasije na radni stol i montaža branika (5a) na šasiju. Šasija se tijekom cijelog procesa nalazi na stolu za montažu, a ostali elementi se dodaju redosljedom prikazanim slikom 18. Kompletan postupak sklapanja prikazan je tablicama 22 do 27. Broj vijaka i drugih elemenata određen je proučavanjem tehničkih crteža svakog ugradbenog elementa čiji je crtež moguće pronaći na internetskim stranicama proizvođača, kao i proučavanjem sklopova go-kartova prikazanih na internetskoj stranici *itakashop.com* [3 te 8 do 10]. Prethodno finalnoj montaži potrebno je sklopiti sklopove S5 (spone i sferni ležaji), S4 (uprešavanje ležaja u nosač), S3 (montaža kočnog diska na nosač), S2 (umetanje kočnih pločica u kočnu čeljust) i S1 (montaža lančanika na nosač).

Tablica 22. Analiza vremena sklapanja sklopa S5

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, $(3) \times [(5)+(7)]$, s
S5	spona	2	00	1,13	06	5,5	13,26
	sferni ležaj s navojem i maticom	4	10	1,5	38	6	30
							43,26
							TM

Tablica 23. Analiza vremena sklapanja sklopa S4

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, $(3) \times [(5)+(7)]$, s
S4	nosač ležaja	2	00	1,13	06	5,5	13,26
	ležaj	2	00	1,13	01	2,5	7,26
	uprešavanje	2	-	-	93	3,5	7
							27,52
							TM

Tablica 24. Analiza vremena sklapanja sklopa S3

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, (3) x [(5)+(7)], s
S3	nosač kočnog diska	1	10	1,5	00	1,5	3
	kočni disk	1	00	1,13	02	2,5	3,63
	vijak	6	10	1,5	02	2,5	24
	matica	6	01	1,43	38	6	44,58
							75,21
							TM

Tablica 25. Analiza vremena sklapanja sklopa S2

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, (3) x [(5)+(7)], s
S2	kočna čeljust	1	00	1,13	00	1,5	2,63
	kočne pločice	2	30	1,95	10	4	11,9
	zatic s navojem	1	10	1,5	02	2,5	4
	matica	1	01	1,43	38	6	7,43
							25,96
							TM

Tablica 26. Analiza vremena sklapanja sklopa S1

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, (3) x [(5)+(7)], s
S1	nosač lančanika	1	10	1,5	00	1,5	3
	lančanik	1	00	1,13	02	2,5	3,63
	vijak	6	10	1,5	02	2,5	24
	matica	6	01	1,43	38	6	44,58
							75,21
							TM

Tablica 27. Analiza vremena završne montaže go-karta

1	2	3	4	5	6	7	8
oznaka	naziv dijela	broj uzastopnih izvođenja operacije	oznaka ručnog rukovanja	vrijeme ručnog rukovanja, s/dio	oznaka ručnog umetanja	vrijeme ručnog umetanja, s/dio	vrijeme operacije, (3) x [(5)+(7)], s
M21	prednji donji branik	1	11	1,8	01	2,5	4,3
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	podloška	2	01	1,43	06	5,5	13,86
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
	prednji gornji branik	1	11	1,8	08	6,5	8,3
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	podloška	2	01	1,43	06	5,5	13,86
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
	podupirač prednjeg branika	1	30	1,95	06	5,5	7,45
	vijak	2	10	1,5	38	6	15
	pritezanje vijka	2	-	-	92	5	10
	bočni branika	2	11	1,8	01	2,5	8,6
	vijak	4	10	1,5	02	2,5	16
	podloška	4	01	1,43	06	5,5	27,72
	matica	4	01	1,43	38	6	29,72
M20	papučica	2	31	1,95	08	6,5	16,9
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	podloška	2	01	1,43	06	5,5	13,86
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
M19	sferni ležaj	1	00	1,13	01	2,5	3,63
	uskočnik	1	48	7	93	3,5	10,5
M18	nosač stupa volana	1	00	1,13	08	6,5	7,63
	vijak	1	10	1,5	02	2,5	4
	podloška	1	01	1,43	06	5,5	6,93
	matica	1	01	1,43	38	6	7,43
	stup volana	1	10	1,5	02	2,5	4
	matica	1	01	1,43	38	6	7,43
M17	glavina volana	1	10	1,5	09	7,5	9
	vijak	1	10	1,5	02	2,5	4
	matica	1	01	1,43	38	6	7,43
M16	gornji umetak	2	10	1,5	01	2,5	8
	donji umetak	2	10	1,5	07	6,5	16
	zatic s navojem	2	10	1,5	06	5,5	14
	podloška	4	01	1,43	02	2,5	15,72
	prednja osovina	2	20	1,8	02	2,5	8,6
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86

M15	S5	2	20	1,8	08	6,5	16,6
	podloška	8	01	1,43	08	6,5	31,72
	vijak	4	10	1,5	02	2,5	16
	matica	4	01	1,43	38	6	29,72
M14	S4	2	30	1,95	08	6,5	16,9
	podloška	4	01	1,43	00	1,5	11,72
	vijak	4	10	1,5	38	6	30
	nosač kočne čeljusti	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	podloška	9	01	1,43	00	1,5	26,37
	vijak	9	10	1,5	38	6	67,5
M13	vratilo	1	00	1,13	09	7,5	8,63
	pero	1	20	1,8	06	5,5	7,3
	S3	1	30	1,95	01	2,5	4,45
	vijak	6	68	8	38	6	84
M12	glavni cilindar	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	vijak	3	10	1,5	02	2,5	12
	matica	3	01	1,43	38	6	22,29
M11	S2	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	podloška	2	01	1,43	00	1,5	5,86
	vijak	2	10	1,5	38	6	15
	pritezanje vijka	2	-	-	92	5	10
M10	vilica	2	20	1,8	06	5,5	14,6
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	podloška	2	03	1,69	06	5,5	14,38
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
	spona	1	00	1,13	38	12	13,13
M9	crijevo	1	80	4,1	38	12	10,1
	pritezanje vijka	1	-	-	92	5	5
	stezaljka	2	83	5,6	18	9	29,2
	vijak	2	10	1,5	38	6	15
M8	donji nosač	1	30	1,95	06	5,5	7,45
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
	gornji nosač	2	10	1,5	08	6,5	16
	vijak	1	10	1,5	02	2,5	4
	matica	1	01	1,43	38	6	7,43
M7	prednji spojler	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	kopča	2	83	5,6	01	2,5	16,2
	bočni aerodinamički dodatak	2	30	1,95	08	6,5	15,9
	vijak	2	10	1,5	38	6	15

M6	gumena opruga	2	10	1,5	02	2,5	8
	pritezanje vijka	2	-	-	92	5	10
	nosač	2	20	1,8	06	5,5	14,6
	podloška	2	00	1,13	00	1,5	5,26
	matica	2	00	1,13	38	6	14,26
	stražnji branik	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	vijak	2	10	1,5	02	2,5	8
	podloška	2	03	1,69	00	1,5	6,38
	matica	2	01	1,43	38	6	14,86
M5	pero	1	20	1,8	06	5,5	7,3
	S1	1	30	1,95	01	2,5	4,45
	pritezanje vijka	2	-	-	92	5	10
M4	distancer	2	00	1,13	00	1,5	5,26
	prednja glavina	2	10	1,5	01	2,5	8
	podloška	2	01	1,43	00	1,5	5,86
	matica	2	11	1,8	38	6	15,6
	pero	2	20	1,8	06	5,5	14,6
	stražnja glavina	2	10	1,5	01	2,5	8
	pritezanje vijka	2	-	-	92	5	10
M3	kotač	4	20	1,8	08	6,5	33,2
	matica	12	11	1,8	38	6	93,6
M2	spremnik goriva	1	30	1,95	07	6,5	8,45
	vijak	1	10	1,5	38	6	7,5
M1	upravljač	1	30	1,95	08	6,5	8,45
	vijak	3	10	1,5	38	6	22,5
M0	sigurnosni lim	1	80	4,1	28	10,5	14,6
	vijak	8	10	1,5	08	6,5	64
	podloška	8	03	1,69	00	1,5	25,52
	matica	8	01	1,43	38	6	59,44
							1598,42
							TM

Pri izradi tablice pokušalo se u što većoj mjeri držati stvarnih dimenzija svih elemenata, a kod dijelova čija dimenzija nije poznata (primjerice neki vijci, matice...) pretpostavile su se okvirne dimenzije. Nadalje, kod nekih dijelova teško je procijeniti poteškoće pri njihovom umetanju pa se nastoji ići na stranu sigurnosti uzimanjem duljeg vremena ručnog umetanja. Na osnovi podataka iz tablica, ustanovljuje se da je **ukupno vrijeme potrebno za montažu** go-karta od **30,8 minuta**, uz pretpostavku da se svi ugradbeni elementi nalaze nadohvat ruke. Zbog velikog broja ugradbenih elemenata takav smještaj nije moguć, postoji potreba za kretanjem montažera (hodanje), pa je **stvarno vrijeme sklapanja** go-karta **dulje**.

Dostupno vrijeme za montažu u godini ovisi o broju radnih dana (U Hrvatskoj se taj broj kreće oko 250), broju smjena i broju radnih jedinica. Za prethodno utvrđene proizvodne količine od 300 komada godišnje, pri utvrđenom vremenu potrebnom za montažu jednog go-karta, dovoljan je jedan radnik u jednoj smjeni: njegovo je vremensko opterećenje samo 154 sata godišnje (bez hodanja, doduše). Potencijalno je moguće dodavanje drugih radnih zadataka istom radniku zbog boljeg iskorištenja radnog vremena (primjerice organizacija skladišta).

7.3. Ukupna cijena sklapanja go-karta

Ukupna cijena sklapanja go-karta sastoji se od cijene opreme, rada i dodatnog materijala. Cijena prostora nije razmatrana.

Cijena opreme predstavlja dugoročno ulaganje i smanjuje se s odmakom vremena. Oprema za sklapanje go-karta sastoji se od radnog stola za smještaj šasije, dodatnog radnog stola za montažu ostalih sklopova, seta ručnog alata i mjesta za odlaganje dijelova i gotovih sklopova. Važno je predvidjeti dovoljan broj mjesta za odlaganje dijelova jer je njihov broj velik. Troškovi opremanja takvog radnog mjesta gotovo su zanemarivi, ali okvirno se mogu odrediti zbrajanjem cijena potrebne opreme koja se može naći u internetskim trgovinama.

Cijene opreme potrebne za montažu go-karta prikazane su tablicom 28.

Tablica 28. Oprema za sklapanje go-karta: cijene

Naziv	Cijena bez PDV-a [€]	Izvor
Radni stol br.:94406649	739,00	[17]
Radni stol br.: 944064 49	689,00	
Set ručnog alata br.: 566842 49	619,00	
Regal sa kutijama br.: 968029 49	879,00	
Spremnik za male dijelove br.: 941268 49	849,00	
Sastavni regal br.: 96801649	319,00	
	Σ	4094,00

Pri prethodno definiranoj godišnjoj proizvodnji od 300 komada, te uz pretpostavku nepostojanja potrebe za nabavkom dodatne opreme u periodu od tri godine, **trošak opreme** sveden na jedan go-kart iznosi **4,55 €**.

Okvirni trošak rada po go-kartu može se dobiti ako se uzme prosječna mjesečna bruto plaća radnika u montaži i podijeli se sa mjesečnom proizvodnom količinom. Bruto plaća radnika iznosi između 900 € i 1700 € i ako se uzme nepovoljniji slučaj veće plaće **trošak rada** po go-kartu **68 €**. [18]

Uza zanemariv trošak dodatnog materijala, **ukupni trošak sklapanja** go-karta po komadu iznosi **72,55 €**.

8. MOGUĆNOSTI VLASTITE IZRADE DIJELOVA

Smatra se da je za proizvodnju vlastitog go-karta prioritet izraditi vlastitu šasiju (Sklop 1), a potom razmotriti mogućnost proizvodnje, odnosno montaže i izrade, ostalih sklopova i dijelova, i to pogotovo ako bi za njih tehnologije izrade tj. potrebni strojevi bili jednaki kao i kod izrade šasije. U okviru svega navedenog, naglasak je identificirati potrebne izradbene postupke i njihove značajke, te procijeniti buduće troškove proizvodnje u koje ulaze trošak materijala, nabava strojeva, održavanje, troškovi rada i slično.

8.1. Izrada šasije

8.1.1. Tehnologija

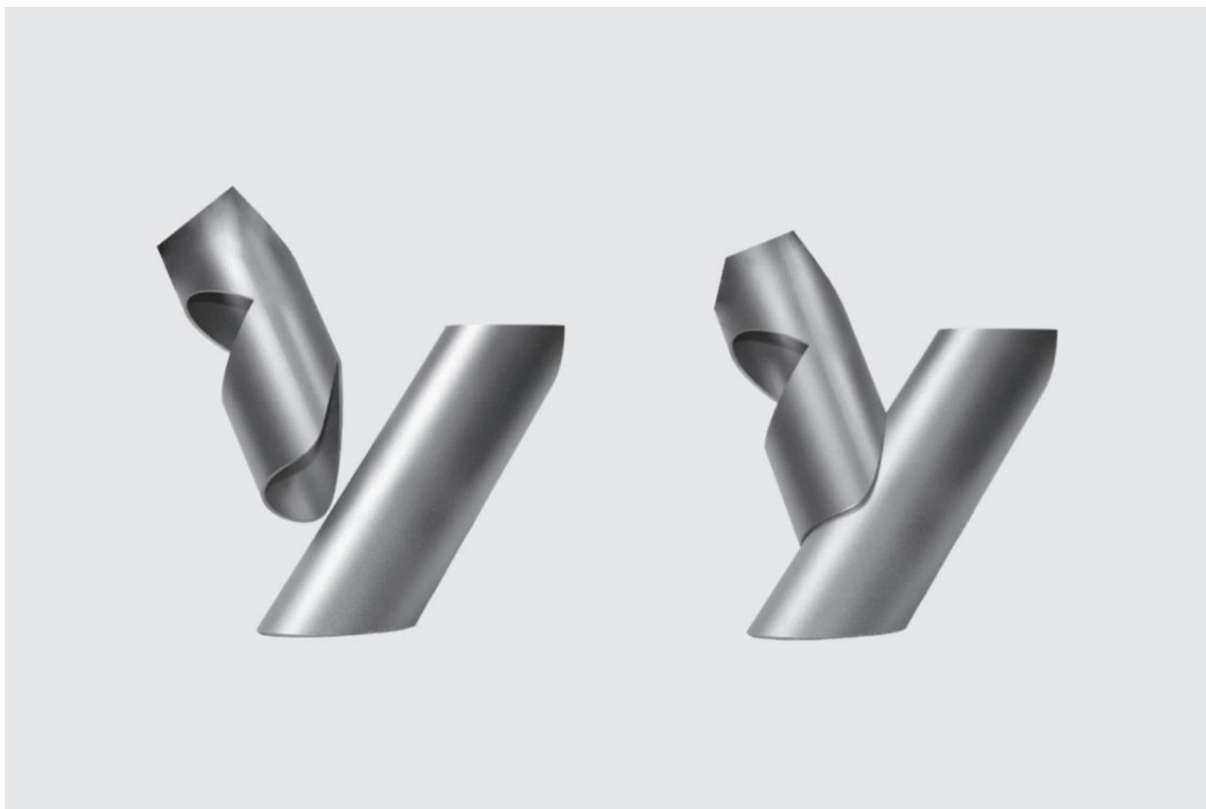
Šasija se izrađuje zavarivanjem šupljih, hladno vučenih, čeličnih cijevi kružnog profila, prethodno savijenih u željeni oblik. Prema FIA-inom tehničkom pravilniku čelik koji se koristi za izradu šasije mora biti u skladu s normama ISO 4948 i 4949. Mora se koristiti čelik s magnetnim svojstvima i masenim udjelom svakog legirnog elementa pojedinačno ne većim od 5%. [2]

Prihvati ostalih sklopova na šasiju izrađuju se od lima ili cijevi manjeg promjera. Limovi se odrezuju na zadani oblik, te se u njima buše provrti.

Većina proizvođača za samu šasiju koristi cijevi vanjskog promjera 30 mm i debljine stijenke 2 mm. Uzet će se da je debljina lima za prihvate 3 mm, a promjer cijevi za prihvate 18 mm s debljinom stijenke od 1,5 mm.

Cijevi se na željenu duljinu mogu rezati na pili, ali u novije vrijeme prevladava laserska tehnologija rezanja koja u ovom slučaju ima brojne prednosti. Takvom tehnologijom mogu se obraditi i limovi, a osim mogućnosti primjene na različite oblike sirovog materijala, laser može

zamijeniti određene strojeve i tako učiniti proizvodni proces efikasnijim. Kod obrade lima provrte je moguće laserski obraditi, umjesto tradicionalne obrade bušenjem, a kod obrade cijevi moguće je oblikovati rub cijevi za spoj s drugom cijevi (Slika 19.).



Slika 19. Laserska obrada ruba cijevi [19]

Savijanje čeličnih cijevi ostvaruje se na posebnom stroju (savijačica). Postoje različite izvedbe takvog stroja i njihove cijene pokrivaju široko područje.

Pojedine limove je potrebno saviti, što se može postići upotrebom preše.

Nakon izrade dijelova od kojih se sastoji šasija pristupa se njenom sklapanju. Veliki proizvođači go-karata dijelove šasije u cjelinu zavaruju na specijaliziranoj robotskoj stanici. Postoji i opcija ručnog zavarivanja uz koju su početna ulaganja znatno manja, ali proces je sporiji i manje ujednačen.

8.1.2. Procjena vremena izrade šasije

Vrijeme izrade šasije sastoji se od vremena izrade svih dijelova od kojih se ona sastoji i vremena njihovog spajanja u jedan sklop. Kompletan popis dijelova potrebnih za izradu šasije dan je tablicom 29.

Tablica 29. Količinska sastavnica šasije

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb		KOLIČINSKA SASTAVNICA		Datum izrade: 09.02.2023	
		Naziv: ŠASIJA		List:1	Listova:1
Pozicija	Naziv	kom.	Oblik sirovac		
1	Prednja cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
2	Lijeva bočna cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
3	Desna bočna cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
4	Nosač motora	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
5	Srednja poprečna cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
6	Stražnja poprečna cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
7	Srednja uzdužna cijev	1	cijev $\phi 30 \times 2$		
8	Nosač prednjeg branika	2	cijev $\phi 30 \times 2$		
9	Nosač bočnog branika A	2	cijev $\phi 30 \times 2$		
10	Nosač bočnog branika B	2	cijev $\phi 30 \times 2$		
11	Nosač ležaja	2	lim 3 mm		
12	Nosač kočnog cilindra	1	lim 3 mm		
13	Nosač prednje osovine	2	lim 3 mm		
14	Stražnji nosač sjedala	2	cijev $\phi 18 \times 1,5$ i $\phi 30 \times 2$		
15	Donji nosač sjedala	2	lim 3 mm		
16	Gornji nosač stupa volana	2	cijev $\phi 18 \times 1,5$		
17	Donji nosač stupa volana	1	cijev $\phi 18 \times 1,5$		
18	Nosač pedala	2	lim 3 mm		
19	univerzalni nosač	11	lim 3 mm		

Za pojednostavnjenje izračuna vremena izrade dijelova šasije, oni se mogu podijeliti u grupe, a za svaku grupu se može odabrati reprezentant čije vrijeme obrade se promatra. Grupe se definiraju prema tehnološkom postupku, pa se u svakoj grupi nalaze pozicije sa zajedničkim tehnološkim postupkom.

Identificirano je pet grupa.

U grupi 1 nalaze se pozicije čiji je početan materijal cijev, a potrebno ih je rezati, savijati i oblikovati rub cijevi.

U grupi 2 su pozicije čiji je početan materijal cijev i potrebno ih je rezati i oblikovati rub cijevi. Ukoliko se obrada radi laserom postupak je moguće obaviti u jednoj operaciji.

U grupi 3 nalaze se pozicije čiji je početan materijal lim i potrebno ih je rezati i saviti.

U grupi 4 su pozicije čiji je početan materijal lim i potrebno ih je rezati.

Pozicije grupe 5 imaju posebne postupke oblikovanja:

- Poziciju 14 potrebno je rezati, oblikovati postupkom deformacije, te obraditi provrt.
- Kod pozicije 16 dodatno je potrebno savijanje.
- Pozicija 17 izrađuje se izrezivanjem i savijanjem cijevi, te njihovim zavarivanjem.

Podjela u grupe prikazana je tablicom 30.

Tablica 30. Pozicije šasije: podjela u grupe sa zajedničkim tehnološkim postupcima

Grupa 1	Grupa 2	Grupa 3	Grupa 4	Grupa 5
1	4	11	12	14
2	5	13	15	16
3	6	18	19	17
7	8			
	9			
	10			

Bitan podatak kod izračuna vremena izrade šasije je komadno vrijeme tj. vrijeme potrebno za izradu jedne šasije. Komadno vrijeme računa se prema formuli:

$$t_1 = (\sum t_p + \sum t_t) \times (1 + k_d) \quad (1)$$

gdje su:

t_1 - komadno vrijeme [s]

t_p - pomoćno vrijeme izrade [s]

t_t - tehnološko vrijeme izrade [s]

k_d – faktor dodatnog vremena.

Komadno vrijeme ustanovljuje se potpunim definiranjem plana izrade, u kojem su određeni strojevi, alati i ostali elementi. Kako u ovome trenutku planovi izradbe još nisu definirani, procjenjivat će se okvirne vrijednosti vremena izradbe.

Tehnološko vrijeme može se procijeniti iz standardnih parametara obrade, a pomoćno vrijeme može se grubo procijeniti, uzevši u obzir da se njegova analiza može provesti jednakim postupkom kao analiza montaže.

U grupi 1 pozicija 2 može se uzeti kao reprezentant, budući da je pozicija 3 njen zrcalni odraz pa te dvije pozicije najbolje predstavljaju grupu 1. Ukoliko se pretpostavi lasersko

rezanje, tehnološko vrijeme izrade može se dobiti iz brzine rezanja i puta rezanja (opseg cijevi). Brzina laserskog rezanja kod debljine stijenke od 2 mm iznosi oko 5 m/minuta [20]. Opseg cijevi za cijev promjera 30 mm iznosi 94,25 mm. Poziciju je potrebno rezati na dva mjesta pa tehnološko vrijeme iznosi 0,0377 minuta.

Tehnološko vrijeme operacije savijanja uvelike ovisi o snazi stroja. U najnepovoljnijem slučaju rada na ručnom savijaču cijevi operacija savijanja trajala bi vrlo dugo i za pretpostaviti je da se pri proizvodnji go-karta zbog proizvodnih količina koristi stroj nešto veće snage od one koju je moguće postići na ručnom savijaču, pa je moguće postići brzinu savijanja od 0,8 rad/s [21]. U tom slučaju tehnološko vrijeme operacije savijanja za poziciju 2 iznosi 0,03 minute.

Oblikovanje ruba cijevi moglo bi se izvoditi laserskim rezačem ukoliko je moguće dovoljno precizno definirati položaj cijevi na alatu za stezanje nakon operacije savijanja. U takvom slučaju tehnološko vrijeme računa se na isti način kao kod prve operacije, uz veći opseg koji se može dobiti iz CAD modela i iznosi 113 mm. Za takav slučaj tehnološko vrijeme iznosi 0,0226 minuta.

Pomoćno vrijeme izrade sastoji se od rukovanja obradkom i njegovog stezanja na alatni stroj. Računanju pomoćnog vremena izrade može se pristupiti koristeći slične metode kao kod izračuna vremena montaže. Ipak, za početni (okvirni) proračun može se procijeniti. Pomoćno vrijeme u opisanim operacijama iznosi veći dio vremena i može se reći da svaku operaciju stezanja iznosi 0,5 minuta.

Uz prethodno navedene podatke neto komadno vrijeme za obradu pozicije 2 iznosi 1,5903 minuta. U grupi 1 nalaze se četiri pozicije sa jednakim tehnološkim postupkom pa ukupno neto vrijeme izrade pozicija te grupe potrebnih za jednu šasiju iznosi 6,3612 minuta.

Analogno se može procijeniti vrijeme potrebno za izradu svake grupe, a ono je prikazano tablicom 31.

Tablica 31. Šasija: podjela pozicija u grupe po tehnološkom procesu

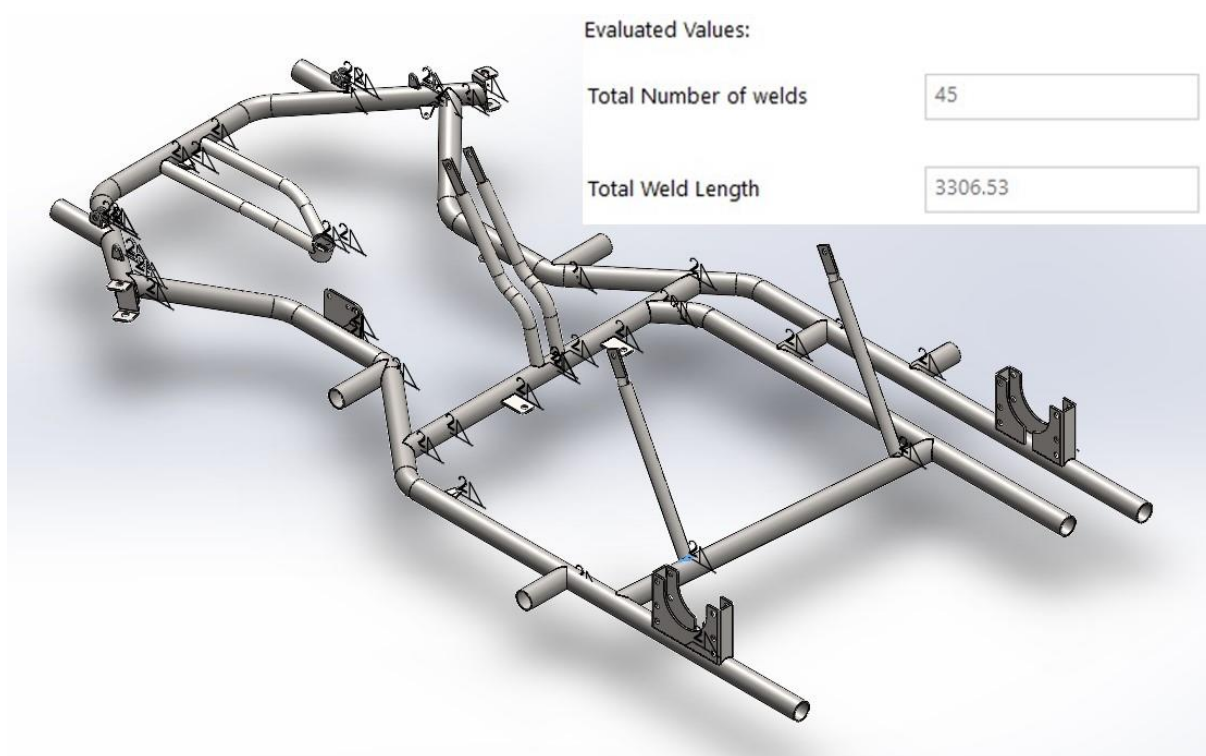
	t_p [minuta]	t_t [minuta]	t_1 [minuta]
Grupa 1	6	0,6603	6,3612
Grupa 2	4,5	0,4104	4,9104
Grupa 3	8	3,0205	11,0205
Grupa 4	0,5	0,3885	0,8885
Grupa 5	5	1,8237	6,8237
		Σ	30,0043

Da bi se dobilo ukupno vrijeme za proizvodnju jednog go-karta sumu tehnoloških vremena treba uvećati za pripremno-završno vrijeme svedeno na jedan go-kart. Pripremno-završno vrijeme uključuje vrijeme potrebno za pripremu radnog mjesta pri izradi jedne serije, kao i vrijeme potrebno za dovođenje radnog mjesta u početno stanje nakon izrade serije. Pri izradi go-karta pripremno-završno vrijeme teško je definirati, zbog male proizvodne količine. Podjela na serije se obično uvodi zbog potrebe za čišćenjem strojeva, izmjenom reznog alata i slično. Kod proizvodnje go-karta zbog malog broja strojeva (četiri stroja uz prethodne pretpostavke) i malih proizvodnih količina takvo vrijeme može se promatrati kao vrijeme koje je radniku potrebno za pripremu radnog mjesta na početku smjene, kao i vrijeme potrebno za dovođenje radnog mjesta u početno stanje na kraju smjene. Kao gruba procjena može se uzeti 30 minuta na početku i 30 minuta na kraju smjene. Pri proizvodnoj količini od 300 komada godišnje i radu u jednoj smjeni broj proizvedenih go-karta dnevno je 1,2, pa je pripremno-završno vrijeme svedeno na jedan go-kart 50 minuta.

Zavarivanju pozicija go-karta prethodi njihovo postavljanje u željeni položaj, što se može postići izradom posebnog stola sa stegama. Dakle, komadno vrijeme zavarivanja go-kart šasije sastoji se od postavljanja pozicija u stege (pomoćno vrijeme) i zavarivanja (tehnološko vrijeme). Brzina zavarivanja čelika kod MAG (eng. *Metal Active Gas*) postupka okvirno iznosi 200 mm/minuta. Iz brzine zavarivanja i ukupne duljine potrebno zavara može se dobiti tehnološko vrijeme. CAD model šasije sa označenim zavarima prikazan je slikom 20. [22]

Iz CAD modela dobije se ukupna duljina zavara od 3306 mm, a pri brzini od 200 mm/minuta tehnološko vrijeme iznosi 16,53 minute.

Pomoćno vrijeme za postavljanje svake pozicije u stegu može se grubo procijeniti na 0,5 minuta i uz ukupno 38 pozicija ono iznosi 19 minuta.



Slika 20. Šasija: ukupna duljina zavora

Pripremno-završno vrijeme koje u ovom slučaju uključuje primjerice izmjenu spremnika s plinom, punjenje žice za zavarivanje i slično, svedeno na jedan go-kart, grubo se može procijeniti na 30 minuta.

Završna operacija pri izradi šasije je njeno lakiranje. Vrijeme i troškove lakiranja teško je procijeniti zbog složenog oblika šasije, te broja boja i slojeva, ali treba ih imati na umu.

Ukupno vrijeme potrebno za izradu šasije bez vremena lakiranja, suma je prethodno dobivenih vremena (izrada pozicija šasije, njihovo postavljanje na stege, te zavarivanje) i iznosi **145,84 minute**. Treba imati na umu da se izrada šasije sastoji od niza različitih operacija koje iziskuju dobru organiziranost radnika pa bi vrijeme dobiveno prethodnim proračunom trebalo pomnožiti nekim faktorom da se dobije realniji podatak (okvirno bi vrijeme trebalo uvećati za 40 %). Ipak, može se zaključiti da je za prethodno definiranu proizvodnu količinu od 300 go-karta godišnje dovoljan **jedan radnik** u jednoj smjeni uz uvjet osposobljenosti za rad na svim potrebnim strojevima.

Troškovi proizvodnje sastoje se od troškova materijala, rada, troškova nabavke potrebne opreme i dodatnih troškova.

Količine materijala određuju se na osnovu CAD modela iz poglavlja 5. Uz pretpostavljeni dodatak od 10 % zbog škartu količine materijala po go-kartu date su tablicom 32.

Tablica 32. Količine materijala po šasiji

Materijal	Količina	Jedinica mjere
Cijev $\phi 30S2$	6,8	m (duljina cijevi)
Cijev $\phi 18S1,5$	1,8	
Lim 3mm	0,062	m ² (površina lima)

Za procjenu troškova potrebno je preciznije definirati materijal u skladu sa zahtjevima i tržišnom ponudom. Na internetskoj stranici *thesteel.com* [23] nalazi se širok izbor sirovih materijala, a moguće je dobiti ponudu sa cijenama naručenih materijala koje ovise o količini.

Za sva tri sirovca odabire se čelik E355+N (St 52), te se pretpostavlja nabavna količina materijala dovoljna za izradu 50 komada go-karta. Iz unesenih vrijednosti stranica formira ponudu na temelju koje je moguće procijeniti troškove materijala po go-kartu prikazane tablicom 33.

Tablica 33. Trošak materijala po šasiji [22]

Materijal	Cijena materijala po šasiji [€]
Cijev $\phi 30x2$	39,59
Cijev $\phi 18x1,5$	5,91
Lim 3x1500x3000	2,39
	47,89

Suma troškova materijala potrebnog za izradu bez PDV-a iznosi 47,89 € što je očekivano znatno manje od tržišne vrijednosti gotove go-kart šasije (Tablica 2.). Za pretpostaviti je da je uz pravilan izbor strojeva i organizaciju rada vlastitu šasiju moguće proizvesti uz troškove ispod njene trenutne tržišne prodajne vrijednosti.

Bitna stavka pri procjeni troškova proizvodnje šasije je trošak nabavke potrebnih strojeva, odnosno period povrata investicije. Problem proračuna povrata investicije može se postaviti na način da se odredi period za koji se želi ostvariti povrat investicije pri određenoj prodajnoj cijeni proizvoda. U takvom slučaju za poznati podatak može se uzeti proizvodna količina (300 komada godišnje), vrijeme od tri godine (točka 7.1.), te prethodno utvrđeni dio troška materijala

i trošak rada. Nadalje, pomoću tablice 2. može se okvirno pretpostaviti prodajna cijena šasije od 1000 €. Uz okvirnu bruto cijenu radnika od 1700 € (promatrane su plaće zavarivača, bravara i radnika na stroju) [18], dostupni budžet za pokriće ostalih troškova, čiju glavninu čini nabavka strojeva je:

$$B = n \times t \times (P_c - T_m - T_r) = 300 \times 3 \times \left(1000 - 47,89 - \frac{1700 \times 12}{300}\right) = 795\,699 \text{ €} \quad (2)$$

gdje je:

n - godišnja proizvodna količina [komada godišnje]

t - period na koji se računa isplativost investicije [broj godina]

P_c - prodajna cijena proizvoda [€]

T_m - trošak materijala po proizvodu [€]

T_r - trošak rada po proizvodu [€].

Dakle, za postizanje isplative proizvodnje potrebno je pokriti sve ostale troškove koji se tiču proizvodnje šasije bez prekoračenja izračunatog iznosa. Treba biti svjestan da u izračun nisu ušli neki troškovi koji se tiču izrade šasije (trošak lakiranja, potrošnja energije, troškovi transporta, troškovi dodatnog materijala i slično), ali izračunati iznos je koristan pri promatranju mogućnosti nabavke potrebnih strojeva.

Iz sastavnice (Prilog 4.) se može iščitati trošak nabave i izrade potrebnih dijelova. Uz dodatak troška montaže, **ukupni trošak proizvodnje go-karta iznosi 2728,05 €.** **Usporedbom troškova proizvodnje s tržišnim cijenama go-karta, smatra se da je proizvodnja izvediva i realna,** odnosno postoji prostor za zaradu.

8.2. Proizvodnja ostalih sklopova i dijelova

U daljnjem radu može se promotriti mogućnost vlastite proizvodnje Sklopa 2 (Sustav za kočenje) i Sklopa 8 (Pogonsko vratilo), a zbog njihove velike vrijednosti te utjecaja Sklopa 2 na vozne performanse go-karta.

Također, zbog već usvojenih tehnologija izrade (lasersko rezanje i savijanje lima) za šasiju, može se promotriti mogućnost proizvodnje Sigurnosnog lima i Lančanika (dio Sklopa 7.)

Nadalje, go-kart se sastoji od velikog broja dijelova izrađenih od polimera pa se može promotriti mogućnost proizvodnje te skupine dijelova (sklopovi: 5, 6 i 12).

Napokon, kao mogućnosti javlja se kooperacija s tvrtkama unutar Republike Hrvatske koje se bave tehnologijama potrebnim za izradu dijelova go-karta.

9. ZAKLJUČAK

U radu je promatrana mogućnost proizvodnje go-karta u Republici Hrvatskoj. To uključuje razvoj strategije proizvodnje, odabir tehnologija, planiranje kapaciteta i organizaciju rada. Pri početnom promatranju mogućnosti proizvodnje potrebno je temeljito proučiti tržište, identificirati i analizirati konkurenciju. Nakon toga potrebno je analizirati proizvod, prepoznati ključne komponente, te analizirati potrebne tehnološke postupke pri izradi i montaži proizvoda, iz čega proistječe potrebna oprema i zahtjevi za radnom snagom. Rezultat takvog promatranja je spoznaja o isplativosti pokretanja proizvodnog pogona takvog tipa.

Analizi tržišta pristupilo se promatranjem rezultata na natjecanjima u organizaciji FIA-e pri čemu su prepoznati vodeći svjetski proizvođači. Vrijednost proizvoda utvrđena je kroz njegove cijene na tržištu, a kroz daljnju analizu proizvoda i njegovu početnu podjelu na sklopove dobio se uvid u najvažnije sklopove za promatranje mogućnosti samostalne proizvodnje. Još jedan rezultat analize sklopova, jest zaključak da pojedini proizvođači go-karta imaju zajedničke dobavljače određenih komponenti: to su tvrtke koje se bave proizvodnjom komponenti za go-kart industriju i njima opskrbljuju proizvođače, koji onda uz samostalnu izradu samo ključnih dijelova, sklapaju go-kart. Prema tome, u radu se pošlo od pretpostavke samostalne izrade šasije kao ključnog sklopa go-karta i nabavke svih drugih komponenata od dobavljača. Daljnjom analizom tržišta ustanovljena je vlastita proizvodna količina od 300 go-karta godišnje, što je neophodan podatak za daljnji postupak projektiranja proizvodnje.

Proizvodni proces promatran je od završne montaže prema izradi dijelova. Prethodno analizi montaže dijelova i sklopova sa šasijom, izrađen je CAD model šasije. Analizom montaže očekivano je zaključeno da će se go-kart sklapati ručnim sustavom, određena su vremena sklapanja te da je za željenu proizvodnu količinu dovoljan jedan radnik.

Kroz analizu šasije definirale su se proizvodne tehnologije iz kojih proizlaze strojevi potrebni za njenu izradu. U idealnom slučaju potreban je relativno mali broj strojeva: laserski

rezač (izrezivanje cijevi i limova, obrada provrta i obrada ruba cijevi), stroj za savijanje lima, stroj za savijanje cijevi, stroj za zavarivanje i oprema za lakiranje, a analizom troškova rada i materijala potrebnog za izradu šasije dobiven je budžet za ostale troškove čiju glavninu čini nabavka strojeva. Za izradu šasije predviđen je jedan radnik.

Radom je ustanovljeno da postoji mogućnost vlastite proizvodnje go-karta uz trošak niži od trenutne prodajne cijene postojećih go-karta na tržištu. Ipak, takav zaključak treba uzeti s rezervom, budući da nisu uzeti u obzir svi utjecajni faktori, naprimjer proces lakiranja šasije.

U daljnjem projektiranju proizvodnje trebalo bi ispitati mogućnost samostalne proizvodnje drugih važnih komponenti, kao što su dijelovi sustava za koč enje, budući da se za dijelove tog sklopa može očekivati postizanje konkurentne tržišne cijene. Dakle, nakon pokretanja proizvodnje može se dalje analizirati izrada i montaža drugih dijelova i sklopova u svrhu osamostaljenja tvrtke i poboljšanja proizvoda.

Ovim radom potvrđena je važnost projektiranja proizvodnje zbog smanjena rizika pri njenom pokretanju, kao i općenite bolje pripremljenosti. Proces projektiranja ne mora nužno iziskivati skupu opremu, a uz njegovo dobro provođenje moguće je ostvariti značajne uštede u investicijskim troškovima.

10. LITERATURA

- [1] *Karting history*, www.fiakarting.com/history/1956, Pristupljeno: 2023-01-30
- [2] *Technical regulations*, www.fiakarting.com/page/technical-regulations, Pristupljeno: 2023-01-30
- [3] *Tony Kart*, www.tonykart.com, Pristupljeno: 2023-01-30
- [4] Google karte, www.google.com/maps, Pristupljeno: 2023-01-30
- [5] Mondokart internet trgovina, www.mondokart.com, Pristupljeno: 2023-01-27
- [6] IPK internet trgovina, www.ipkkartstore.com, Pristupljeno: 2023-01-27
- [7] Ksca internet trgovina, www.shop.ksca.at, Pristupljeno: 2023-01-27
- [8] Itakashop internet trgovina, www.itakashop.com, Pristupljeno: 2023-01-27
- [9] *KG Karting*, www.kgkarting.it, Pristupljeno: 2023-02-02
- [10] *Righetti Ridolfi*, www.righettiridolfi.com/en, Pristupljeno: 2023-02-02
- [11] Medijski članak o otvorenju karting staze u Dubrovniku, www.dubrovackidnevnik.net.hr/sport/karting-staza-u-gospinom-polju, Pristupljeno: 2023-02-10
- [12] Auto klub Dubrovnik Racing, www.akdubrovnikracing.hr, Pristupljeno: 2023-02-10
- [13] Hrvatski auto i karting savez, www.haks.hr Pristupljeno: 2023-02-10
- [14] *Amazon*, www.amazon.com, Pristupljeno: 2023-02-09
- [15] *CRG*, www.kartcrg.com, Pristupljeno: 2023-02-11
- [16] Z. Kunica, Zavarivanje i Montaža – područje Montaža, nastavni materijali, www.e-ucenje.fsb.hr, Pristupljeno: 2023-02-09

-
- [17] *Kaiser Kraft*, www.kaiserkraft.hr, Pristupljeno: 2023-02-13
- [18] *portal moja plaća*, www.mojaplaca.hr, Pristupljeno: 2023-02-13
- [19] *Laser-ing*, www.laser-ing.hr, Pristupljeno: 2023-02-13
- [20] J. Berkmanns, M. Faerber, Lasersko rezanje, www.boconline.co.uk/en/images/laser-cutting_tcm410-39553.pdf, 2008
- [21] H. Li, H. Yang, M. Zhan, Y. L. Kou, *Deformation behaviors of thin-walled tube in rotary draw bending under push assistant loading conditions*, www.researchgate.net/publication/200775676, 2010
- [22] *Gas Metal Arc Welding*, <https://www.haynesintl.com/alloys/fabrication-brochure/welding-and-joining>, Pristupljeno: 2023-02-16
- [23] *thesteel* internet trgovina, www.thesteel.com/hr, Pristupljeno: 2023-02-10
- [24] *Vijci Kranjec*, www.vijci.com, Pristupljeno: 2023-02-16

PRILOZI

Prilog 1. Crtež: Šasija i njeni glavni dijelovi prema FIA-inom pravilniku [2]	1
Prilog 2. Branici: promjer i položaj cijevi prema FIA-inom tehničkom pravilniku [2].....	2
Prilog 3. Crtež: glavni kočni cilindar proizvođača <i>Righetti Ridolfi</i> (nije u mjerilu) [10]	3
Prilog 4. Sastavnica: dijelovi i sklopovi koji ulaze u finalnu montažu go-karta.....	4
Prilog 5. Metoda DFA: Karta 1.....	6
Prilog 6. Metoda DFA: Karta 2.....	7
Prilog 7. Metoda DFA: Karta 3.....	8

Prilog 1. Crtež: Šasija i njeni glavni dijelovi prema FIA-inom pravilniku [2]

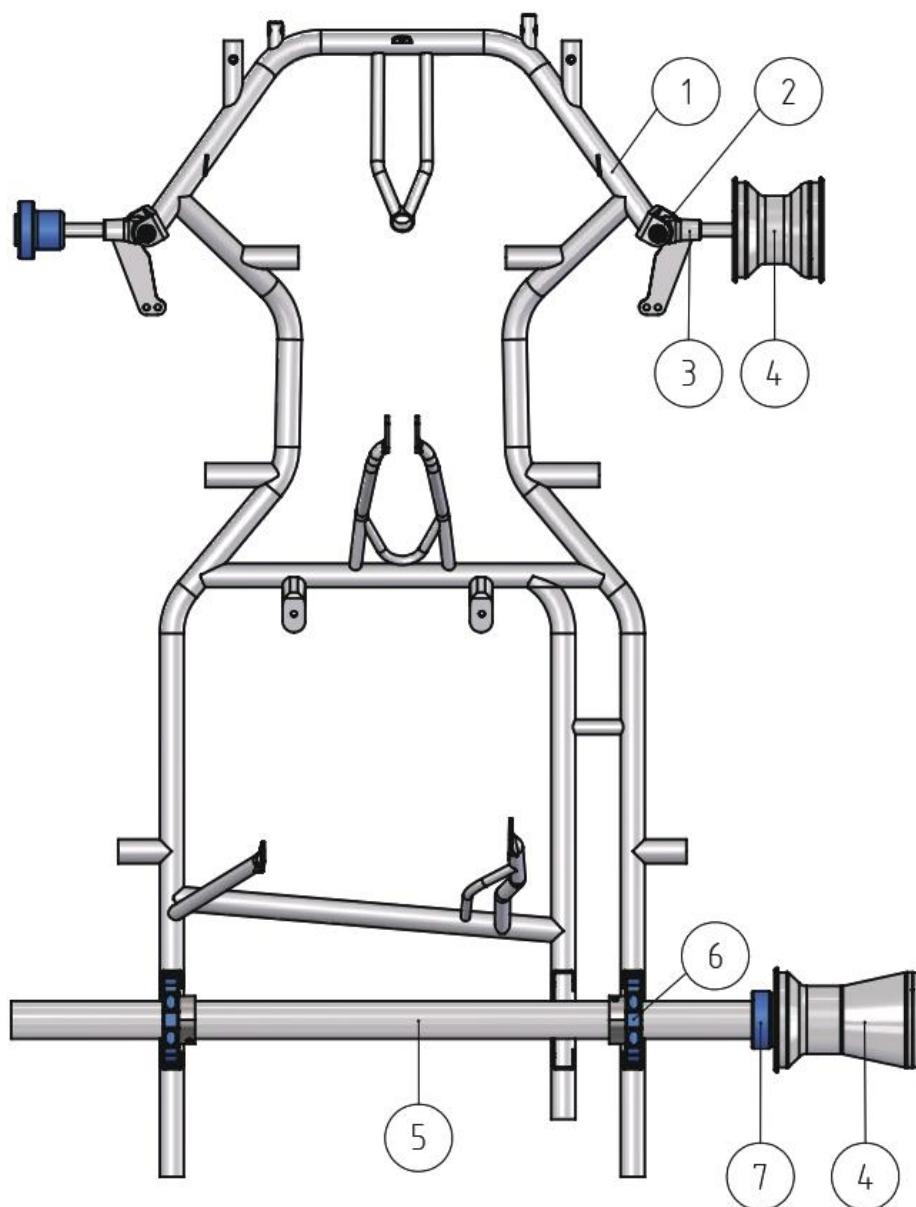
DESSINS TECHNIQUES
TECHNICAL DRAWINGS

DESSIN TECHNIQUE N°1.0

TECHNICAL DRAWING No. 1.0

Châssis cadre et pièces principales du châssis

Chassis frame and chassis main parts



Légende

1	Supports d'arbre avant
2	Axe-pivot
3	Porte-fusée
4	Jantes
5	Arbre arrière
6	Supports d'arbre arrière
7	Moyeux

Caption

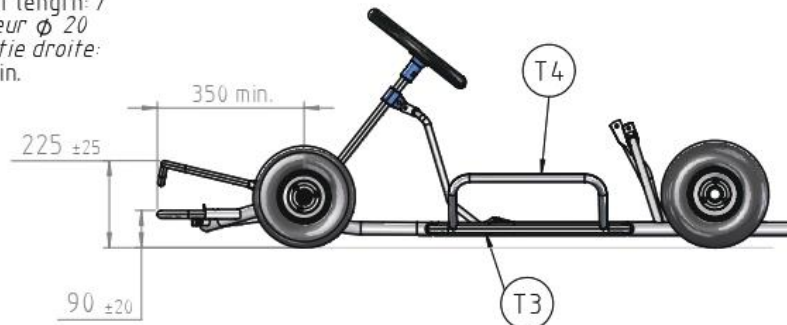
1	Front axle supports
2	King-pin
3	Steering knuckles
4	Rims
5	Rear axle
6	Rear axle supports
7	Hubs

Prilog 2. Branici: promjer i položaj cijevi prema FIA-inom tehničkom pravilniku [2]

DESSINS TECHNIQUES
TECHNICAL DRAWINGS

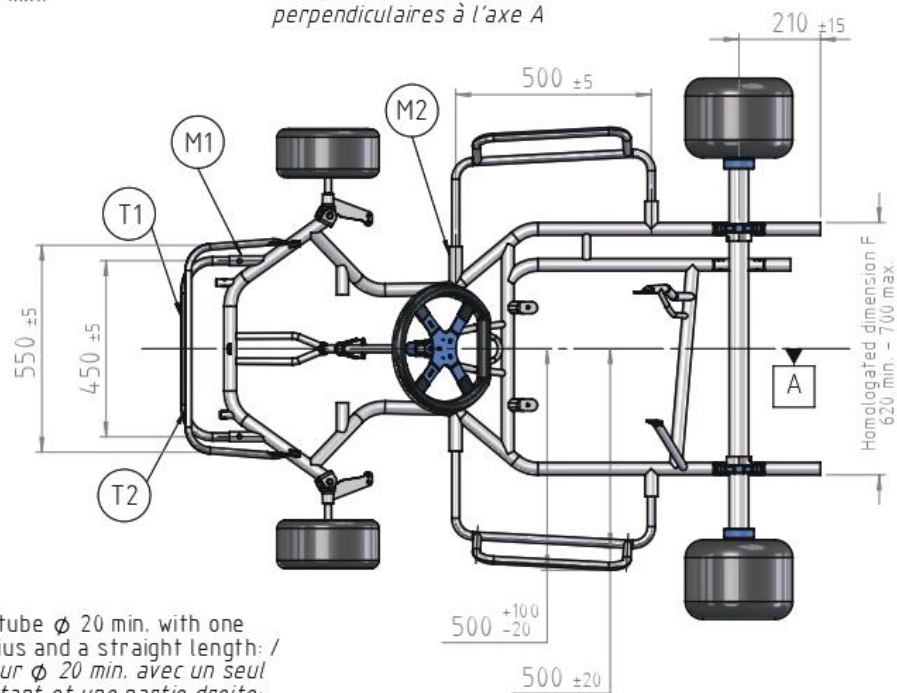
DESSIN TECHNIQUE N°2.0**Pare-chocs pour circuits courts - Groups 1 & 2**

T4: Upper tube ϕ 20
with a straight length: /
Tube supérieur ϕ 20
avec une partie droite:
300 min.



T3: Lower tube ϕ 20
with a straight length: /
Tube inférieur ϕ 20
avec une partie droite:
400 min.

M2: Horizontal attachments
perpendicular to axis A /
Fixations horizontales et
perpendiculaires à l'axe A



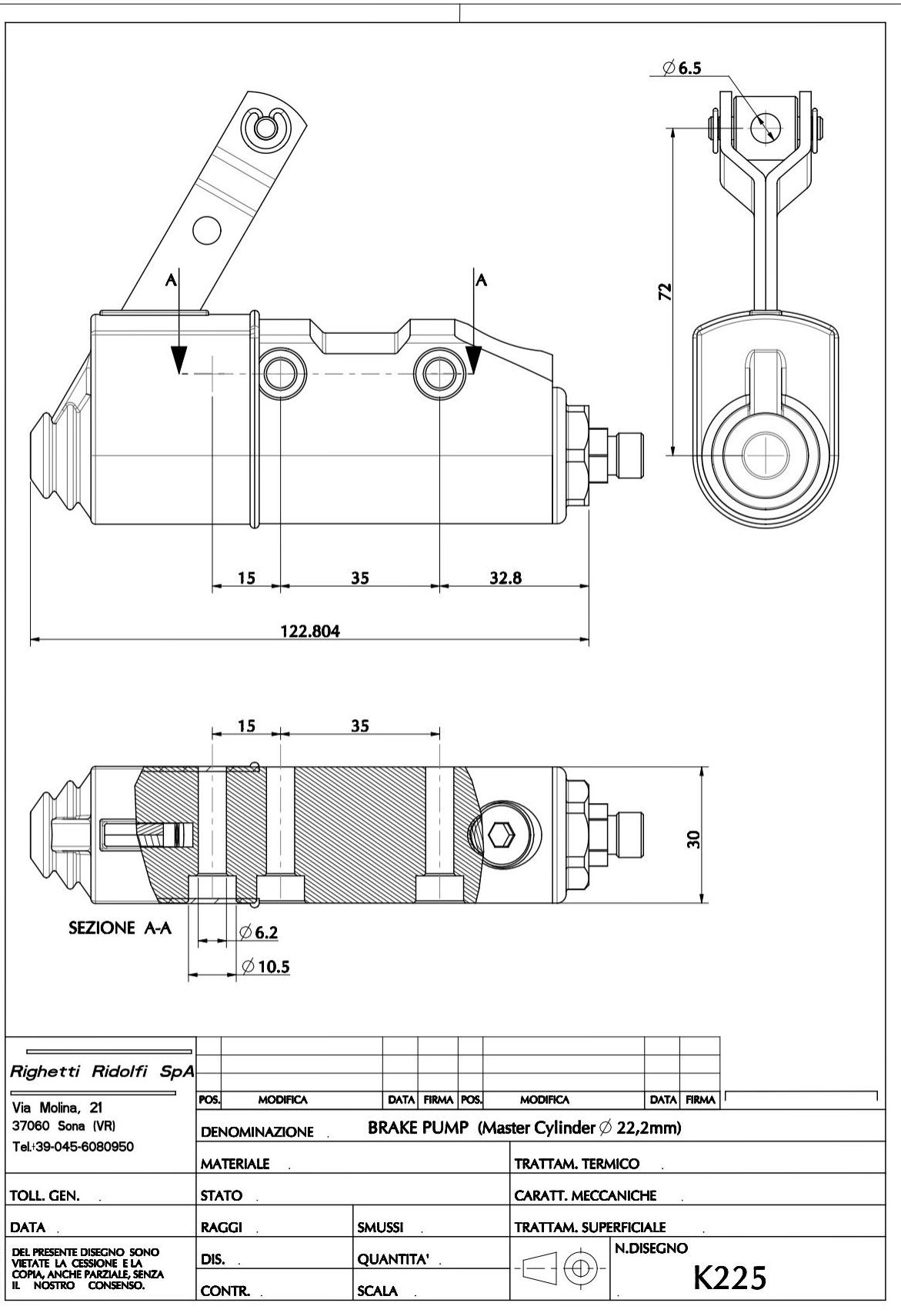
T1: Lower tube ϕ 20 min. with one
constant radius and a straight length: /
Tube inférieur ϕ 20 min. avec un seul
rayon constant et une partie droite:
295 min. - 315 max.

T2: Upper tube ϕ 16 min. with one
constant radius and a straight length: /
Tube supérieur ϕ 16 min. avec un seul
rayon constant et une partie droite:
375 min. - 395 max.

M1: Lower attachments
horizontal and parallel to axis A /
Fixations inférieures horizontales
et parallèles à l'axe A

Cotes en/Dimensions in mm

Prilog 3. Crtež: glavni kočni cilindar proizvođača *Righetti Ridolfi* (nije u mjerilu) [10]



Prilog 4. Sastavnica: dijelovi i sklopovi koji ulaze u finalnu montažu go-karta

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb		KOLIČINSKA SASTAVNICA		Datum izrade: 2023-02-16	
		Naziv: GO-KART		List:1	Listova:2
Oznaka	Naziv	Količina	masa [kg]	Cijena [€]	Proizvođač
1	Šasija	1	10,5	≈1000	
2a	Kočni cilindar	1		34,39	Righetti Ridolfi
2b	Crijevo	1		12,29	Righetti Ridolfi
2c	Kočna čeljust	1		98,32	Righetti Ridolfi
2d	Nosač čeljusti	1		15,16	Righetti Ridolfi
2e	Kočne pločice	set		15,41	Righetti Ridolfi
2f	Kočni disk	1	1,19	47,54	Righetti Ridolfi
2g	Nosač diska	1		26,68	Righetti Ridolfi
M8x35	Vijak	5		0,89	
M8	Matica	21		0,11	
	Stezaljka	2		1,62	
6,3x19	Vijak	1		0,16	
	Pero	4		2,20	Righetti Ridolfi
M6x25	Vijak	37		0,20	
M6	Matica	44		0,06	
3a	Prednja osovina	2	0,78	62,87	Righetti Ridolfi
3b	glavina	2		21,27	Righetti Ridolfi
M14	Matica	2		0,54	
M10	Svornjak s navojem	2		2,05	Righetti Ridolfi
	Umetak	4		1,63	Righetti Ridolfi
M10	Matica	3		0,23	
M10	Podloška	4		0,17	
	Kotači	set		131,14	Mondokart
5a	Branici	set		93,82	KG Karting
5b	Aerodinamički dodatci	set		158,30	KG Karting
5c	Nosač spojlera	1		5,30	KG Karting
	Kopča	2		10,99	KG Karting
	Donji nosač	1		8,19	KG Karting
	Gornji nosač	2		15,31	KG Karting
M6	Podloška	18		0,10	
M6x40	Vijak	7		0,28	
KA40	Vijak	2		0,10	
6	Stražnji branik	1		61,58	KG Karting
	Nosači	set		57,31	KG Karting
	gumena opruga	2		14,55	KG Karting
7a	Lančanik	1		10,66	Righetti Ridolfi
7b	Nosač lančanika	1		26,68	Righetti Ridolfi
7c	Lanac	1		20,55	D.I.D

 FSB Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb		KOLIČINSKA SASTAVNICA		Datum izrade: 2023-02-16	
		Naziv: GO-KART		List:2	Listova:2
Oznaka	Naziv	Količina	Masa [kg]	Cijena [€]	Proizvođač
8a	Vratilo	1		53,93	Righetti Ridolfi
8b	Ležaj	2		10,62	
8c	Nosač ležaja	2		19,50	Righetti Ridolfi
8d	Glavina	2		23,76	Righetti Ridolfi
M8x40	Vijak	13		0,25	
10	Sjedalo	1		57,34	
	podloška	4		1,35	Righetti Ridolfi
M8x20	Vijak	4		0,33	
11a, 11b	Papučice	set		73,76	Righetti Ridolfi
11c	Volan	1		47,17	Righetti Ridolfi
11d	Glavina volana	1		15,12	Righetti Ridolfi
M8	Podloška	2		0,22	
11e	Spona	2		3,93	Righetti Ridolfi
11f	Sferni ležaj	4		3,68	Righetti Ridolfi
11g	Nosač stupa volana	1		4,85	Righetti Ridolfi
11h	Sajla kočnice	1		8,58	Righetti Ridolfi
	Vilica	2		1,47	Righetti Ridolfi
11i	Stup volana	1		15,48	Righetti Ridolfi
11j	Ležaj	1		5,73	
26mm	Uskočnik	1		0,38	
12	Spremnik goriva	1		40,14	KG Karting
13	Sigurnosni lim	1		70,00	

Napomene:

Cijene spojni elemenata (vijci, matice, podloške) dobivene su iz izvora [23].

Cijene gotovih dijelova go karta dobivene su iz izvora [5 i 8].

Suma cijena navedenih elemenata, uzevši u obzir potrebne količine iznosi 2666,5 €.

Prilog 5. Metoda DFA: Karta 1.

Karta 1. ODABIR METODE SKLAPANJA

Napomene

- (1) **Defektni dijelovi** mogu uzrokovati razne poteškoće u radu automatskih montažnih strojeva, blokirajući uređaje za dodavanje, čime se sprečavaju operacije radne glave. Defektni dijelovi mogu biti naprimjer vijci bez glave, otkrhnuti dijelovi, strugotina itd. Smatra se da se automatizacija ne može uspješno provesti ako je udio defektnih dijelova veći od 2 %.
- (2) U razmatranju mogućnosti automatske montaže nekoga proizvoda treba pretpostaviti da će montažni sustav realizirati jednolike **količine proizvoda**. Stoga značajne poremećaje u zahtjevanim količinama treba kompenzirati stvaranjem zaliha. Međutim, kako stvaranje zaliha može biti vrlo skupo, to se razmatranje automatske montaže takvih proizvoda mora obaviti iznimno pozorno.
- (3) U automatskim montažnim sustavima, koristeći alternativne dijelove na radnim stanicama, mogu se dobiti **varijante nekog proizvoda**. Tada se moraju dati "upute" montažnome uređaju (stroju) koji se dio, između alternativnih, treba umetati. Naprimjer, kod montaže triju dijelova s dvije alternative za svaki dio, može se dobiti osam varijanti proizvoda.
- (4) U kodnome sustavu, jedna **promjena proizvoda** znači da će trebati novi uređaj za dodavanje dijelova i nova radna glava na automatskom montažnom stroju.
- (5) Važan činitelj u razmatranju investicija za automatsku opremu je **investicijska sposobnost** poduzeća RI. Što je veći broj smjena, i što je viši iznos investicija za zamjenu jednog radnika u montaži, to je veća mogućnost automatizacije.
- (6) Sustavi označeni zagradama su ne više od 10 % manje ekonomični od optimalnog montažnog sustava u istom polju.

Označavanje u karti

□ niski troškovi ▒ umjereni troškovi ■ visoki troškovi

Unutar karti, brojevi u zagradama pisani *italikom* označavaju broj napomene (vrijedi u svim kartama).

AF – jednonamjenski automatski sustav, nesinkroni
 AI – jednonamjenski automatski sustav, sinkroni
 AP – programabilni automatski sustav
 AR – programabilni automatski sustav, robotski (Nije naveden u karti.)
 MA – ručni sustav
 MM – mehanizirani ručni sustav
 NA – broj dijelova u proizvodnju
 ND – broj dijelova u proizvodnju kojima će se promijeniti dizajn u prve tri godine
 NP – broj različitih proizvoda koje će se sklapati prve tri godine u osnovi istim montažnim sustavom
 NT – ukupan broj dijelova proizvoda uključujući i one za tvorbu varijanti
 QE – investicijska sredstva tvrtke, za zamjenu jednog radnika u montaži, u jednoj smjeni, USD
 RI – investicijska sposobnost tvrtke, RI = SH x QEWA (5)
 SH – broj radnih smjena
 VS – godišnja proizvodna količina po smjeni, u milijunima
 WA – godišnja cijena jednog radnika u montaži uključujući i režijske troškove, USD

NP > 1		Različiti proizvodi. Ručno sklapanje potrebno za neke dijelove. Promjenjiva potražnja ili mali RI.											
		Različiti proizvodi, uz veliku sličnost. Ručno sklapanje nepotrebno. Manje od 2 % defektnih dijelova. (6)											
NP = 1		Proizvod ima tržišni vijek barem tri godine, bez značajnih promjena u potražnji. Ručno sklapanje nije potrebno ni za jedan dio. Broj defektnih dijelova je manji od 2 %. (1 i 2)											
		NT < 1,5 NA (3) i ND < 0,5 NA (4)				NT ≥ 1,5 NA (3) ili ND ≥ 0,5 NA (4)							
		RI ≥ 5	5 > RI > 2	2 ≥ RI ≥ 1	RI < 1	RI ≥ 5	5 > RI > 2	2 ≥ RI ≥ 1	RI < 1				
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
VS > 0,65	NA ≥ 16	0	AF	AF	AF	MM (AF)	AP	AP	AP (MM)	MM	MA (AP)		
	15 ≥ NA ≥ 7	1	AF	AF (AI)	AI (AF)	MM (AI)	AP	AP	MM (AP)	MM			
	NA ≤ 6	2	AI	AI	AI	AI	AI	AI (AP)	MM	MM			
0,65 ≥ VS > 0,4	NA ≥ 16	3	AP	AP	MM (AP)	MM	AP	AP	AP	MA (MM)			
	15 ≥ NA ≥ 7	4	AI	AI	AI	MM	AP	AP	MM (AP)	MA (MM)			
	NA ≤ 6	5	AI	AI	MM (AI)	MM	AI (MM)	MM	MM	MA (MM)	MA		
0,4 ≥ VS > 0,2	NA ≥ 16	6	AP	AP	MM	MM	AP	AP	AP	MA			
	15 ≥ NA ≥ 7	7	AI (MM)	MM	MM	MM	AP	MM	MA (MM)	MA			
	NA ≤ 6	8	MM	MM	MM	MM	MM	MM	MA (MM)	MA			
VS ≤ 0,2	9	MM	MM	MM (MA)	MA	MM	MA	MA	MA	MA			

Prilog 6. Metoda DFA: Karta 2.

Karta 2. RUČNO RUKOVANJE – PROCIJENJENA VREMENA, s

Definicije

Ručno rukovanje uključuje hvatanje, pomicanje (transportiranje) i orijentiranje dijelova ili sklopova prije no što se umetnu ili dodaju u nosač (stegu) ili nastajući proizvod.

α *simetrija* jest rotacijska simetrija dijela oko osi okomite osi umetanja (Slika 1.). Za dijelove s jednom osi umetanja, orijentacija s kraja na kraj potrebna je za $\alpha = 360^\circ$; inače $\alpha = 180^\circ$.

β *simetrija* je rotacijska simetrija dijela oko osi umetanja, ili ekvivalentno, oko osi koja je okomita na plohu na koju je dio položen (postavljen) tijekom sklapanja (Slika 1.). Vrijednost rotacijske simetrije je najmanji kut za koji dio može biti rotiran da ponovi svoju (povotnu) orijentaciju. Za valjak umetnut u kružni provrt, $\beta = 0^\circ$; za dio kvadratnoga presjeka umetnutog u kvadratni provrt $\beta = 90^\circ$.

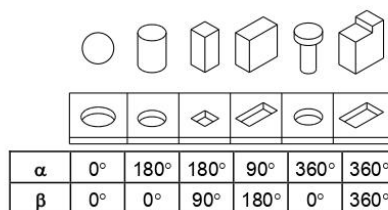
Debljina je duljina najkraće stranice najmanje pravokutne prizme koja ovija dio. Ako je dio valjkast, ili posjeduje pravilni poligonalni presjek s pet ili više stranica, i ako je promjer valjka manji od duljine, tada se debljina definira kao polumjer najmanjeg valjka koji može oвити dio.

Veličina je duljina najduže stranice najmanje pravokutne prizme koja može oвити dio. U karti je termin *veličina* zamijenjen terminom *duljina* (Slika 2.)

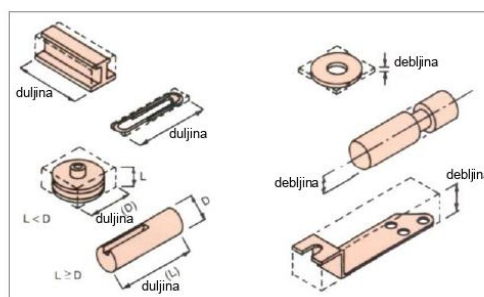
Napomene

- (1) Prilikom rukovanja dijelovima može doći do poteškoća ako se dijelovi ugnježđuju, zapliću, ili naliježu jedan na drugi, djelovanjem magnetičnosti ili maziva, ako su vrlo glatki ili zahtijevaju brižno rukovanje. Dijelovi koji se ugnježde ili zapliću su oni dijelovi koji se zapliću kada su u nesređenoj gomili, ali se mogu odvojiti jednostavnim rukovanjem pojedinačnim dijelom (naprimjer spiralne opruge). Dijelovi koji su skliski (glatki) jesu oni koji lako iskliznu iz prstiju ili standardnog alata za hvatanje. Dijelovi kojima treba pažljivo rukovati su oni koji su lomljivi (krhki) ili mekani, imaju oštre bridove ili predstavljaju drugu opasnost po radnika.

- (2) Dijelovi koji se čvrsto ugnježde ili zapletu su oni dijelovi koji se u gomili tako zapletu da je potrebno upotrijebiti obje ruke za razdvajanje. Savitljivi dijelovi su takvi da se tijekom rukovanja jako deformiraju zahtijevajući korištenje dviju ruku (naprimjer gumene ploče i remenje).



Slika 1. Primjeri simetričnosti dijelova



Slika 2. Definiranje ovojnice, duljine i debljine

		dijelovima je lako rukovati				otežano rukovanje dijelovima (1)							
		> 2		≤ 2		> 2		≤ 2					
		> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6	> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
dijelovima se može rukovati jednom rukom , bez pomoći alata za hvatanje	$(\alpha+\beta) < 360^\circ$	0	1,13	1,43	1,88	1,69	2,18	1,84	2,17	2,65	2,45	2,95	
	$360^\circ \leq (\alpha+\beta) < 540^\circ$	1	1,5	1,8	2,25	2,06	2,55	2,25	2,57	3,06	3	3,38	
	$540^\circ \leq (\alpha+\beta) < 720^\circ$	2	1,8	2,1	2,55	2,36	2,85	2,57	2,9	3,38	3,18	3,7	
	$(\alpha+\beta) = 720^\circ$	3	1,95	2,25	2,7	2,51	3	2,73	3,06	3,55	3,34	4	
dijelovima se može rukovati jednom rukom , ali samo koristeći alat za hvatanje (sitni dijelovi)	za rukovanje dijelovima trebaju...												
	pincete												
	bez optičkog povećanja				uz optičko povećanje				standardni alati drugačiji od pinceta		specijalni alati		
	rukovanje dijelovima...		lako		otežano (1)		lako		otežano (1)				
	debljina [mm]...		> 0,25	$\leq 0,25$	> 0,25	$\leq 0,25$	> 0,25	$\leq 0,25$	> 0,25	$\leq 0,25$	> 0,25	$\leq 0,25$	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	$\alpha \leq 180^\circ$	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	4	3,6	6,85	4,35	7,6	5,6	8,35	6,35	8,6	7	7
	$\beta = 360^\circ$	5	4	7,25	4,75	8	6	8,75	6,75	9	8	8	
$\alpha = 360^\circ$	$0 \leq \beta \leq 180^\circ$	6	4,8	8,05	5,55	8,8	6,8	9,55	7,55	9,8	8	9	
	$\beta = 360^\circ$	7	5,1	8,35	5,85	9,1	7,1	9,55	7,85	10,1	9	10	
dvjema rukama – dijelovi se čvrsto ugnježđuju ili zapliću, ili su savitljivi, ali se mogu hvatati i podizati jednom rukom (korištenjem alata za hvatanje ako je potrebno) (2)	nema dodatnih poteškoća pri rukovanju				dodatne poteškoće pri rukovanju (1)								
	$\alpha \leq 180^\circ$				$\alpha = 360^\circ$				$\alpha \leq 180^\circ$				$\alpha = 360^\circ$
	duljina [mm]												
	> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6	> 15	≥ 6 i ≤ 15	< 6	> 6	≤ 6			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
		8	4,1	4,5	5,1	5,6	6,75	5	5,25	5,85	6,35	7	
dvije ruke, dva radnika ili mehanička pomoć, potrebni su za hvatanje i transportiranje dijelova (velike duljine)	dijelovima može rukovati jedna osoba bez mehaničke pomoći												
	dijelovi se čvrsto ne ugnježđuju niti zapliću, nisu savitljivi												
	masa dijela < 4,54 kg (10 lb)					masa dijela > 4,54 kg (teški)							
	rukovanje dijelovima...												
	lako		uz poteškoće (1)				lako		uz poteškoće (1)				
	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	$\alpha \leq 180^\circ$	$\alpha = 360^\circ$	dijelovi se čvrsto ugnježđuju ili zapliću, ili su savitljivi (2)		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9			

Prilog 7. Metoda DFA: Karta 3.

Karta 3. RUČNO UMETANJE – PROCIJENJENA VREMENA, s

Napomene

- (1) Dio je čvrsti ili nečvrsti element u nekom montažnom procesu. Sklop se smatra dijelom ako se dodaje tijekom montaže. Ljepila, tekućine, punjenja i slično, koji se koriste za spajanje dijelova, ne smatraju se dijelovima.
- (2) Otežan pristup znači da prostor raspoloživ za montažnu operaciju uzrokuje znatno povećanje vremena montaže. Ograničen pogled znači da se radnik tijekom montažnog procesa mora osloniti uglavnom na osjetilo dodira.
- (3) Potreba za pridržavanjem dijela znači da je dio nestabilan nakon postavljanja ili umetanja, ili tijekom sljedećih operacija, te da dio treba hvatati, nanovo prikloniti ili pridržavati prije no što je konačno osiguran. Pridržavanje se odnosi na takvu operaciju, kojom se, ako je potrebno, održava položaj ili orijentacija već postavljenog dijela, prije, ili tijekom iduće operacije sklapanja. Dio je smješten ako ne zahtijeva pridržavanje ili ponovno poravnavanje za sljedeće operacije, i ako je samo djelomice osiguran.
- (4) Dio je lako poravnati i smjestiti (pozicionirati), ako je položaj dijela osiguran određenim smještajućim značajkama dijela, ili značajkama onoga dijela s kojime se dio spaja, a samo je umetanje olakšano dobro oblikovanim skošenjima ili sličnim značajkama.
- (5) Otpor koji nastaje za vrijeme umetanja dijela može biti uslijed: malenih zračnosti, zaglavlivanja ili ukleštenja dijelova, nepravilnog položaja dijela ili umetanja dijela uz veliku silu otpora. Naprimjer, prešani spoj jest interferencijski spoj gdje se zahtijeva velika sila za sklapanje.
- (6) Standardno vrijeme pritezanje vijaka uključuje dodatno vrijeme za uzimanje alata (vijčala), vijčanje vijka ili matice i ispuštanje alata. Ako treba nekoliko vijaka umetnuti i/ili pritegnuti slijedno, točniji račun za stupac 7 obrasca za ručno sklapanje jest $(2) \times [(4) + (6) - 3] + 3$, gdje su (2), (4) i (6) iznosi u stupcima 2., 4. i 6.

poravnavanje i smještanje dijela, tijekom spajanja ...		nakon spajanja dio nije potrebno pridržavati da se zadrže orijentacija i pozicija dijela (3)				dio je potrebno pridržavati tijekom sljedećih operacija kako bi mu se zadržali orijentacija ili pozicija (3)						
		lako (4)		otežano		lako (4)		otežano				
otpor umetanju...		ne	da (5)	ne	da (5)	ne	da (5)	ne	da (5)			
		0	1	2	3	6	7	8	9			
dodavanje dijela (1), pri čemu nijedan dio još nije odmah konačno osiguran	dio i pridruženi alat (uključujući ruke) mogu lako doseći zahtijevani položaj	0	1,5	2,5	2,5	3,5	5,5	6,5	6,5	7,5		
	dio i pridruženi alat (uključujući ruke) ne mogu lako doseći zahtijevani položaj	1	4	5	5	6	8	9	9	10		
	zbog otežanog pristupa ili ograničenog pogleda (2)	2	5,5	6,5	6,5	7,5	9,5	10,5	10,5	11,5		
		nema operacije pritezanja ili plastične deformacije odmah po umetanju		plastična deformacija neposredno poslije umetanja				pritezanje vijaka odmah po umetanju (6)				
				plastično savijanje ili uvijanje				zakivanje ili slična operacija				
		poravnavanje i smještanje tijekom spajanja...										
		lako, bez otpora umetanju (4)	otežano i/ili otpor umetanju (5)	lako (4)		otežano		otežano		lako (4)	otežano i/ili otpor uvijanju (5)	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
dodavanje dijela (1), pri čemu su dodavani dio i/ili drugi dijelovi odmah konačno osigurani	dio i pridruženi alat (uključujući ruke) mogu lako doseći zahtijevani položaj i alatom se lako rukovati	3	2	5	4	5	6	7	8	9	6	8
	dio i pridruženi alat (uključujući ruke) ne mogu lako doseći zahtijevani položaj, ili se alatom ne može lako rukovati	4	4,5	7,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	8,5	10,5
	zbog otežanog pristupa ili ograničenog pogleda (2)	5	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12
		mehanički postupci spajanja (dijelovi su već u pravom položaju, ali nisu osigurani odmah po umetanju)				nemehanički postupci spajanja (dijelovi su već u pravom položaju, ali nisu osigurani odmah po umetanju)				nema postupka spajanja		
		nikakva ili lokalna plastična deformacija				metalurški postupci, pri čemu je dodatni materijal...				rukovanje dijelovima ili sklopom (orijentiranje, podešavanje itd.)		
		uskočni spoj, uskočna spojnica, prešani spoj itd.				nepotreban (npr. zavaranje elektrotopomo ili trenjem itd.)				drugi postupci (ulijevanje tekućine itd.)		
		savijanje ili slični				potreban				kemijski (lijep-ljenje itd.)		
		zakivanje ili slični				meko lemljenje						
		pritezanje vijaka ili drugi				zavarivanje ili tvrdo lemljenje						
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Posebna operacija – montažni postupci gdje su svi čvrsti dijelovi u pravom položaju		9	4	7	5	3,5	7	8	12	12	9	12