Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis

Ričko, Andrija

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:679903

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Andrija Ričko

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing

Student:

Andrija Ričko

0035200783

Zagreb, 2019.

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

Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Mariu Štorgi koji mi je svojom pomoći i savjetima pomogao tijekom izrade ovog završnog rada.

Također, zahvaljujem se svojoj djevojci, obitelji, kolegama i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

Andrija Ričko

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Andrija Ričko** Mat. br.: 0035200783

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Table Tennis Ball Serving Machine**

Opis zadatka:

Razvoj sportske industrije rezultirao je potrebom za razvojem uređaja za automatizaciju sportskih treninga. Sukladno tome, kod ljudi koji treniraju stolni tenis pojavila se ideja o uređaju koji bi samostalno ispucavao teniske loptice te tako omogućio individualni trening sportaša. Uređaj bi trebao omogućiti raznolikost treninga, rotaciju loptice, snagu ispucavanja, promjenjivi domet i kut ispucavanja, te tako simulirati serviranje loptice na različite pozicije i uz različite uvijete ispucavanja loptice.

U radu je potrebno:
- Izraditi tehničku specifikaciju za razvoj uređaja.
- Metodičkom razradom obuhvatiti različita konceptualna rješenja.
- Tehno-ekonomskom analizom odabrati projektno rješenje.
- Odabrano rješenje razraditi uz uporabu standardnih sklopova, te s potrebnim proračunima nestandardnih dijelova. Pri konstrukcijskoj razradi paziti na tehnologično oblikovanje komponenti te sigurnost korisnika pri korištenju uređaja.
- Izraditi računalni 3D model uređaja i tehničku dokumentaciju.

Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
29. studenog 2018.

Rok predaje rada:
1. rok: 22. veljače 2019
2. rok (izvanredni): 28. lipnja 2019.
3. rok: 20. rujna 2018.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 25.2. – 1.3.2019.
2. rok (izvanredni): 2.7.2019.
3. rok: 23.9. – 27.9.2019.

Zadatak zadao:

Prof. dr. sc. Mario Štorga

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

SADRŽAJ

Sadržaj 1

Popis slika 3

Popis tablica 4

Popis tehničke dokumentacije i programskog koda 5

Popis oznaka 6

Sažetak 7

1. Uvod 8

1.1. Što je to robot za stolni tenis?[1] 8

1.2. Načelo rada uređaja 8

1.3. Prostor potreban za uređaj 8

1.4. Zašto kupiti uređaj? 9

2. Analiza tržišta 10

2.1. Tvrtka iPong 10

2.1.1. iPong Topspin 10

2.1.2. iPong Original 11

2.1.3. iPong Pro 12

2.2. Tvrtka Newgy Industries 13

2.2.1. Model 1040+ 13

2.2.2. Model 2055 14

2.2.3. Model 3050XL 15

2.3. Tvrtka Tamasu Butterfly 16

2.3.1. Uređaji tvrtke Tamasu Butterfly 16

2.4. Usporedba postojećih proizvoda 19

3. Pregled patenata 20

3.1. Patent US4844458A *Table tennis ball serving device* [5] 20

3.2. Patent US20070221187A1 *Table tennis ball service machine* [6] 21
3.3. Patent US3878827A *Table tennis ball serving apparatus* [7] 22
4. Tehnička specifikacija 23
5. Funkcijska dekompozicija 24
6. Morfološka matrica parcijalnih rješenja 25
7. Koncepti 29
7.1. Koncept 1 29
7.2. Koncept 2 30
7.3. Vrednovanje koncepata 30
8. Konstrukcijska razrada 32
8.1. Dimenzije stola i brzina loptice 32
8.2. Odabir motora i tarenica za ispucavanje loptica i servo motora za nagib i zakret uređaja 32
8.2.1. Motori i tarenice za ispucavanje loptica 32
8.2.2. Servo motor za nagib i zakret uređaja 35
8.3. Oblikovanje rješenja 36
8.4. Izvod jednadžbi za ispucavanje loptice 39
8.5. Izvod jednadžbi za rotaciju loptice 41
8.6. Razvoj korisničko sučelje aplikacije za upravljanje uređajem 44
9. Zaključak 47
Literatura 48
Prilozi 49

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Logo tvrtke iPong [2] 10
Slika 2.2. iPong Topspin s upravljačem [2] 11
Slika 2.3. iPong Original s upravljačem [2] 11
Slika 2.4. iPong Pro s upravljačem [2] 12
Slika 2.5. Logo tvrtke Newgy Industries [3] 13
Slika 2.6. Model 1040+[3] 14
Slika 2.7. Model 2055 s upravljačkim uređajem [3] 14
Slika 2.8. Model 3050XL i Newgy aplikacija [3] 15
Slika 2.9. Logo tvrtke Tamasu Butterfly [4] 16
Slika 2.10. Model Amicus Start s kontrolnom pločom[4] 17
Slika 2.11. Model Amicus Expert s kontrolnom pločom[4] 17
Slika 2.12. Model Amicus Prime s aplikacijom[4] 18
Slika 3.1. Patent US4844458A[5] 20
Slika 3.2. Patent US20070221187A1[6] 21
Slika 3.3. Patent US3878827A[7] 22
Slika 7.1. Koncept 1 29
Slika 7.2. Koncept 2 30
Slika 8.1. Dimenzije stola za stolni tenis 32
Slika 8.2. Tarenica za ispucavanje loptica 32
Slika 8.3. Motor za ispucavanje loptice 33
Slika 8.4. Kontroler za motore 34
Slika 8.5. Servo motor 35
Slika 8.6. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 1 36
Slika 8.7. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 2 37
Slika 8.8. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 3 38
Slika 8.9. Putanja loptice: gornja slika-nacrt stola; donja slika-tlocrt stola 40
Slika 8.10. Rotacija loptice 42
Slika 8.11. Sučelje aplikacije za upravljanje uređajem 44
Slika 8.12. Sučelje aplikacije s označenim elementima 45

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Usporedba postojećih proizvoda.....19
Tablica 4.1. Tehnička specifikacija.....23
Tablica 6.1. Morfološka matrica rješenja.....25
Tablica 7.1. Vrednovanje koncepata.....31
Tablica 8.1. Karakteristike motora za ispucavanje loptica.....33
Tablica 8.2. Karakteristike kontrolera za motore.....34
Tablica 8.3. Karakteristike servo motora.....35

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE I PROGRAMSKOG KODA

AR-2019-000	Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis
AR-2019-001	Kućište A
AR-2019-002	Kućište B
AR-2019-003	Središnja ploča kućišta
AR-2019-004	Nosač A
AR-2019-005	Nosač B
AR-2019-006	Postolje A
AR-2019-007	Postolje B
AR-2019-008	Gumena nožica
AR-2019-009	Nastavak za servo motor
AR-2019-010	Lopatice
AR-2019-011	Gumeni rub

MainActivity.java

BtSend.java

OnReceiveInterface.java

activity_main.xml

AndroidManifest.xml

POPIS OZNAKA

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OPIS
a_{max}	m/s^2	Maksimalno ubrzanje loptice
B	m	Širina stola
d	m	Udaljenost
d_L	m	Promjer loptice
d_t	m	Promjer tarenice
F_{max}	N	Sila na lopticu
g	m/s^2	Ubrzanje slobodnog pada
h	m	Visina uređaja
h_0	m	Visina mrežice
L	m	Dužina stola
M_{max}	Nm	Maksimalni moment na tarenicama
m	g	Masa loptice
R	$-$	Vektor
s	m	Udaljenost
t_{min}	s	Minimalno vrijeme ubrzanja
v	m/s	Brzina loptice
v_1	m/s	Obodna brzina tarenice 1
v_2	m/s	Obodna brzina tarenice 2
v_3	m/s	Obodna brzina tarenice 3
v_{max}	m/s	Maksimalna brzina loptice
v_{Tmax}	m/s	Maksimalna obodna brzina tarenice
z_{rot}	$-$	Koordinata
z_{T1}	$-$	Koordinata
z_{T2}	$-$	Koordinata
z_{T3}	$-$	Koordinata
x_0	$-$	Koordinata
x_1	$-$	Koordinata
y_{rot}	$-$	Koordinata
y_0	$-$	Koordinata
y_1	$-$	Koordinata
y_{T1}	$-$	Koordinata
y_{T2}	$-$	Koordinata
y_{T3}	$-$	Koordinata
α	rad	Kut nagiba uređaja
φ	rad	Kut zakreta uređaja
Π	$-$	Ravnina

SAŽETAK

U radu je prikazan razvoj uređaja koji služi za automatsko ispucavanje loptica za stolni tenis kao pomoć kod individualnog treninga. Analizom tržišta utvrđeno je da slični uređaji postoje no usporedbom rješenja različitih tvrtki zaključeno je da nisu pogodni za većinu sportaša/klubova zbog visoke cijene ili ograničenih funkcija. Na temelju funkcijske dekompozicije i morfološke matrice predložena su 2 koncepta rješenja. Vrednovanjem tih koncepta odabrano je jedno rješenje temeljem čega je napravljena konstrukcijska razrada uređaja. Napravljen je proračun kritičnih komponenti, te je na kraju izrađen 3D model i tehnička dokumentacija dijelova uređaja korištenjem programskog paketa Solid Edge 2019. Za uređaj je napravljen i fizički prototip koji se koristio u svrhu potvrde koncepta te prikupljanja podataka potrebnih za razradu i optimiranje.

Ključne riječi: ispucavanje, stolni tenis, robot, trening, automatizacija, ping-pong

1. UVOD

Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis, ili skraćeno robot za stolni tenis, komercijalno dostupni od kasnih 1980-ih.

Možda ste čuli za robote za stolni tenis, ali ne znate što su oni ili što mogu učiniti? U nastavku ovog rada je opisano što su oni i kako rade.

1.1. Što je to robot za stolni tenis?[1]

Robot za stolni tenis je, najjednostavnije objašnjeno, uređaj koji na kontrolirani način može automatski ispucavati loptice za stolni tenis s jednog kraja stola na drugi kraj.

Roboti za stolni tenis obično se sastoje od pet glavnih elemenata:

1. Spremnika za loptice
2. Mehanizma za ispucavanje loptica
3. Mehanizma za određivanje pozicije ispucane loptice
4. Upravljačke jedinice pomoću koje se kontrolira način ispucavanja loptice
5. Mreže za hvatanje povratnih loptica

Neki od osnovnih modela imaju ograničen mehanizam za određivanje pozicije ispucane loptice te ne uključuju mrežu za hvatanje povratnih loptica. Također imaju ograničenu funkciju rotacije loptice, te raznolikost opcija za treniranje.

1.2. Načelo rada uređaja

Danas postoji nekoliko različitih varijanti uređaja koji svi slijede ista načela korištenja.

Uređaj se pričvrsti ili postavi na jedan kraj stola za stolni tenis i usmjeri se prema suprotnom kraju stola. Zatim se spremnik za loptice napuni s lopticama. Kada je robot programiran (ako postoji ta opcija) i uključen, ispucavat će loptice iz mehanizma za ispucavanje na jedan ili na više različitih položaja na stolu.

1.3. Prostor potreban za uređaj

Dobra vijest o robotima je da ne zauzimaju mnogo prostora, to jest zauzimaju mnogo manje prostora nego da trenirate s drugom osobom.

Budući da je robot obično pričvršćen na jedan kraj stola, ili samo postavljen na stol, taj kraj stola se može gurnuti uz zid.

Naravno da je i dalje potrebno imati dovoljno prostora na strani stola gdje se nalazi igrač, ali ukupni prostor je mnogo manji nego da igrate protiv druge osobe.

1.4. Zašto kupiti uređaj?

1. Nije potreban drugi igrač, a i puno je bolji od "povratne ploče"
2. Može se vježbati bez ograničenja
3. Omogućava brzo i učinkovito savladavanje poteza ili rutine
4. Lakše vježbanje određenih udaraca zbog ponovljivosti udaraca
5. Poboljšava rad nogu, mogu se programirati za ispucavanje loptica na određene lokacije(samo određeni modeli).
6. Može biti koristan za poboljšanje kondicije

2. ANALIZA TRŽIŠTA

Analizom tržišta obuhvatit će se uređaji za automatsko ispucavanje loptica za stolni tenis koji se trenutno nalaze na tržištu. Usporedit će se karakteristike i bitne značajke proizvoda.

Danas postoji samo nekoliko tvrtki koje se bave izradom takvih uređaja. U analizi su spomenute tri tvrtke koje imaju takve uređaje na tržištu. Odabrane su tvrtke od kojih jedna proizvodi uređaje za povremene igrače i neke manje klubove, tvrtka koja ima uređaje namijenjene za profesionalne igrače i klubove, te tvrtka koja se nalazi negdje između.

2.1. Tvrtka iPong

Slika 2.1. Logo tvrtke iPong [2]

Tvrtka iPong osnovan je 2010. godine. Sjedište tvrtke iPong nalazi se u Rockvilleu, u Marylandu, u SAD-u. Ima oko 40 zaposlenika i procijenjeni godišnji prihod od 1,3 milijuna dolara. [2]

Tvrtka se bavi izradom relativno jeftinih i pristupačnih uređaja za ispucavanje loptica za stolni tenis.

2.1.1. iPong Topspin

Model iPong Topspin ima vrlo jednostavnu konstrukciju. Sastoji se od tri dijela, donji dio kao postolje, srednji dio u kojemu se nalazi mehanizam za ispucavanje, te gornji dio koji služi za pohranu loptica. Ima kapacitet od 100 loptica. Dimenzije su mu 32 cm x 32 cm x 48cm i masa 1.14 kg. Može ispucavati između 12 i 70 loptica u minuti. Napaja se putem baterije. Kod ispucavanja loptice nije moguća kontrola putanja loptice te omogućena samo jedna vrsta rotacije loptice (*Top*). Za upravljanje uređajem koristi kontrolna ploča koja je povezana s uređajem pomoću žice. Cijena ovog uređaja je $99.95.

Slika 2.1. prikazuje uređaj iPong Topspin, te žični upravljač.

Slika 2.2. iPong Topspin s upravljačem [2]

2.1.2. iPong Original

Model iPong Original ima jednaku konstrukciju kao i model iPong Topspin. Također ima kapacitet od prilike 100 loptica. Dimenzije su mu 32 cm x 32 cm x 48cm i masa 1.14 kg. Može ispucavati između 12 i 70 loptica u minuti. Napaja se iz mreže. Kod ispucavanja loptice nije moguća kontrola putanja loptice te su moguće samo dvije vrsta rotacije loptice (*Top i Back*). Za upravljanje uređajem koristi se žični upravljač. Cijena ovog uređaja je $149.95.

Slika 2.3. prikazuje uređaj iPong Topspin, te žični upravljač.

Slika 2.3. iPong Original s upravljačem [2]

2.1.3. iPong Pro

Model iPong Pro je u skoro potpunosti jednak modelu Original. Jedina je razlika u tome da je kod ovog modela moguća veća kontrola putanja loptice, automatsko pozicioniranje uređaja tako da loptica može udariti na više različitih položaja na stolu. Za upravljanje uređajem koristi se žični upravljač. Cijena ovog uređaja je $199.95.

Slika 2.4. prikazuje uređaj iPong Topspin, te žični upravljač.

Slika 2.4. iPong Pro s upravljačem [2]

2.2. Tvrtka Newgy Industries

Slika 2.5. Logo tvrtke Newgy Industries [3]

Newgy Industries, Inc. osnovao je Joseph E. Newgarden, Jr. (1929-2017), entuzijast za stolni tenis, koji je izvorno počeo raditi na izumu Robo-Pong (uređaj za automatsko ispucavanje loptica za stolni tenis) 1972. godine. Tri godine kasnije njegov je hobi postao posao. Robot za stolni tenis uzeo je 16 godina istraživanja i razvoja prije svog prvog komercijalnog izdanja 1988. [3]

Newgy se zalaže za proizvode za stolni tenis koji su pristupačni, kvalitetni i jednostavni za korištenje.

2.2.1. Model 1040+

Model 1040+ najjednostavniji je model tvrtke Newgy. Sastoji se od košare u kojoj je pohranjeno oko 200 loptica i mehanizma koji može dovoditi od 26 do 94 loptice po minuti prema glavi za ispucavanje loptica. Glava za ispucavanje loptica ima mogućnost automatiziranog zakretanja glava lijevo-desno te ručno zakretanje glave oko osi smjera ispucavanja loptice. Mehanizam za ispucavanje loptica sastoji se od elektromotora na kojem se nalazi tarenica koja u zahvatu s lopticom izbacuje lopticu iz uređaja određenom brzinom. Kod takve izvedbe moguće je dobiti rotaciju loptice samo u jednom smjeru pa je iz tog razloga dodana mogućnost zakretanja glave oko osi smjera ispucavanja loptice. Za upravljanje uređajem koristi se žični kontroler na kojemu je moguće podesiti brzinu ispucavanja loptice, frekventnost ispucavanja i smjer ispucavanja loptice. Dimenzije uređaja su 33x50x23cm, a masa uređaja je 6,5kg. Cijena uređaja je $399.

Slika 2.6. prikazuje uređaj sa svim dodacima koji kod kupovine dolaze uz uređaj.

Slika 2.6. Model 1040+[3]

2.2.2. Model 2055

Model 2055 po konstrukciji mehanizma za dovođenje loptica i mehanizma za ispucavanje loptica jednak je modelu 1040+. Od modela 1040+ razlikuje se po tome što dolazi s mrežom za hvatanje loptica i naprednijim upravljačkim uređajem pomoću kojega je moguće programirati do 64 različitih vježbi. Dimenzije sklopljenog uređaja su 36x84x28cm, rasklopljenog 153x79x46cm, a masa uređaja je 11kg. Cijena uređaja je $999.

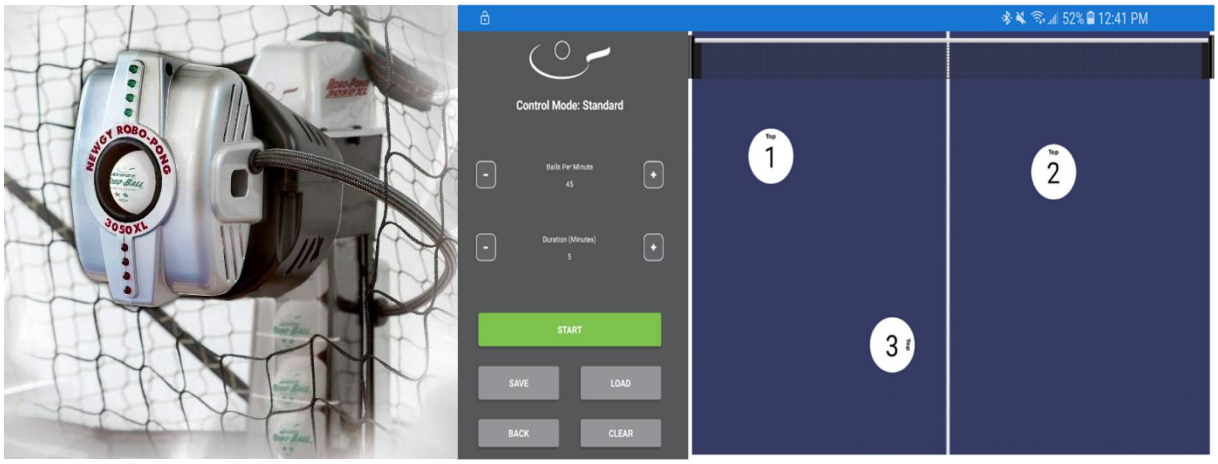
Slika 2.7. prikazuje Model 2055 koji je montiran za stol s upravljačkim uređajem.

Slika 2.7. Model 2055 s upravljačkim uređajem [3]

2.2.3. Model 3050XL

Model 3050XL je najnapredniji model tvrtke Newgy. Po konstrukciji mehanizma za dovođenje loptice jednak je Modelu 1040+ i 2055, a mehanizam za ispucavanje loptica nešto je napredniji. Za razliku od prijašnjih modela, ovaj model ima 2 elektromotora u mehanizmu za ispucavanje loptica. Također rotacija glave, oko osi smjera ispucavanja loptice, je kod ovog uređaja automatizirana. Za upravljanje uređajem koristi se pametni telefon ili tablet pomoću kojeg se putem aplikacije korisnik povezuje preko *Bluetooth-a* sa uređajem. Dimenzije uređaja jednake su kao i kod modela 2055, a masa je nešto manja i iznosi 8,2kg. Cijena uređaja je $1699.

Slika 2.8. prikazuje izgled glave za ispucavanje loptica kod modela 3050XL, te sučelje aplikacije za upravljanje uređajem.



Slika 2.8. Model 3050XL i Newgy aplikacija [3]

2.3. Tvrtka Tamasu Butterfly

Slika 2.9. Logo tvrtke Tamasu Butterfly [4]

19. prosinca 1950. Hikosuke Tamasu osnovao je Tamasu Co., Ltd. u malom gradu Yanai City u Japanu. To je bio početak poslovne karijere koja je gotovo jedinstvena u stolnom tenisu. [4]

Osnivač tvrtke Tamasu je ispunio svoj životni san kada je prije pola stoljeća svoj hobi posvetio svojoj profesiji. U to vrijeme nije mogao ni zamisliti da bi Butterfly učinio vodećom robnom markom u svijetu. [4]

Tvrtka se bavi proizvodnjom visoko kvalitetne opreme za stolni tenis koja je namijenjena profesionalnim klubovima za trening stolnog tenisa.

2.3.1. Uređaji tvrtke Tamasu Butterfly

Tvrtka Tamasu Butterfly nudi 3 uređaja za ispucavanje loptica za stolni tenis. Amicus Start, Amicus Expert i Amicus Prime. Ta 3 uređaja su po konstrukciji jednaka te jedina razlika je u veličini košare za pohranu loptica te kako se upravlja uređajem.

Uređaj je konstruiran na način da se pričvrsti na jednu stranu stola. Košara za pohranu loptica nalazi se ispod stola odnosno ispod samog uređaja. Unutar te košare nalazi se mehanizam koji prikuplja loptice koje se nalaze u košari te ih podiže do mehanizma za ispucavanje. Mehanizam za ispucavanje sastoji se od 3 tarenice koje u zahvatu s lopticom ispucavaju lopticu prema metalnoj pločici koju je moguće zakretati za postizanje različitih kutova kojim loptica udara u tu pločicu i samim time određuje položaj na koji će loptica udariti u stol. Uređajem je moguće dobiti bilo kakvu rotaciju loptica što se postiže kontroliranjem brzine vrtnje svake tarenice zasebno. Svaki model dolazi s mrežom za hvatanje loptica koja se nalazi iza uređaja i usmjeruje vraćene loptice u košaru za pohranu loptica. Okvirne dimenzije su 158x86x160cm dok je masa uređaja s mrežom za hvatanje loptica 8,8kg.

2.3.1.1. Model Amicus Start

Model Amicus Start dolazi s kontrolnom pločom na kojoj je predefiniran određen broj vježbi i nije moguće programiranje vlastitih vježbi, već samo podešavanje pojedinih parametara postojećih vježbi. Predefinirane vježbe uključuju razne udarce kao što su serviranje i vraćanje loptica s različitim rotacijama i pozicijama ispucavanja. Svaka vježba može imati do 6 različitih načina ispucavanja loptica. Cijena uređaja iznosi $1279.

Slika 2.10. prikazuje model Amicus Start sa kontrolnom pločom.

Slika 2.10. Model Amicus Start s kontrolnom pločom[4]

2.3.1.2. Model Amicus Expert

Model Amicus Expert dolazi s kontrolnom pločom s 99 predefiniranih vježbi koje je također moguće podešavati po vlastitoj želji i programiranje vlastitih vježbi. Moguće je podešavanje rotacije loptice, položaja i frekventnosti ispucavanja loptica. Svaka vježba može sadržavati do 7 različitih načina ispucavanja. Cijena uređaja iznosi $1829.

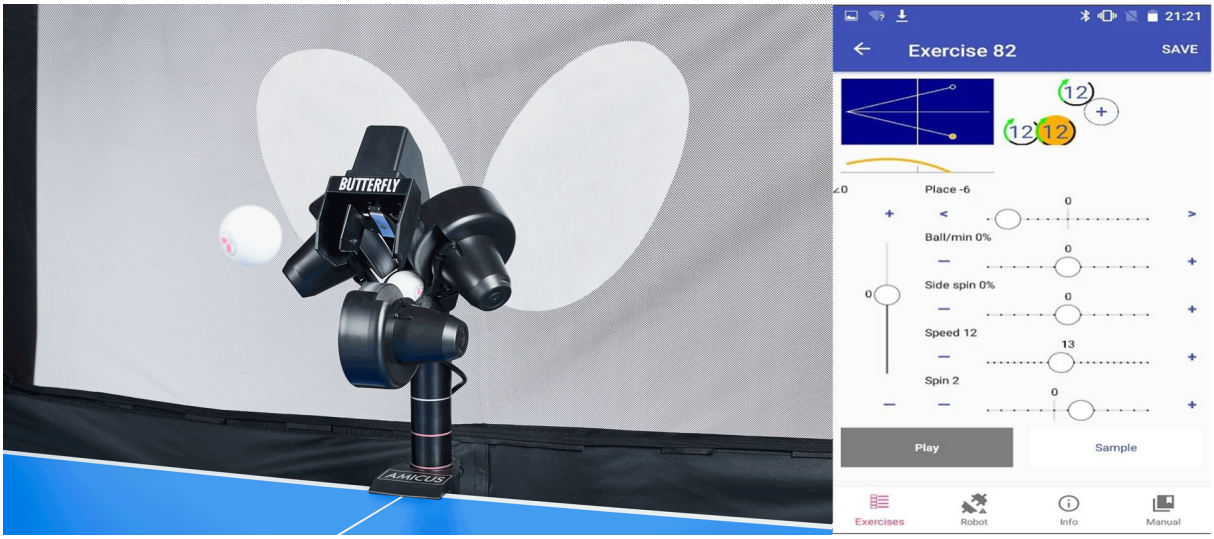
Slika 2.11. prikazuje model Amicus Expert sa kontrolnom pločom.

Slika 2.11. Model Amicus Expert s kontrolnom pločom[4]

2.3.1.3. Model Amicus Prime

Model Amicus Prime dolazi s tabletom na kojemu je instalirana aplikacija koja služi za upravljanje uređajem. Također tu aplikaciju je moguće instalirati na bilo koji pametni telefon. U aplikaciji se mogu programirati svi parametri ispucavanja loptica te je moguće spremanje bilo koji broj vježbi od kojih svaka može sadržavati do 10 različitih načina ispucavanja. Cijena uređaja iznosi $2179.

Slika 2.12. prikazuje model Amicus Prime sa aplikacijom kojom se upravlja sa uređajem.



Slika 2.12. Model Amicus Prime s aplikacijom[4]

2.4. Usporedba postojećih proizvoda

Tablica 2.1. Usporedba postojećih proizvoda

Svojstvo	iPong			Newgy Industries			Tamasu Butterfly		
	Topspin	Original	Pro	1040+	2055	3050XL	Start	Expert	Prime
Dimenzije [mm]	320 x320 x480	320 x320 x480	320 x320 x480	330 x500 x230	1530 x790 x460	1530 x790 x460	1580 x860 x1600	1580 x860 x1600	1580 x860 x1600
Masa [kg]	1,14	1,14	1,14	6,5	11	8,2	8,8	8,8	8,8
Kontrola putanje loptice	X	X	X	Ručna	Ručna	Auto	Auto	Auto	Auto
Rotacija loptice[1]	H1	H2	H2 V2+	H2 V2+	H2 V2+	H2 V2+	H2 V2+	H2 V2+	H2 V2+
Uključuje mrežu za hvatanje loptica	X	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓
Nasumično ispucavanje loptica	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bežično upravljanje	X	X	X	X	X	✓	X	X	✓
Frekvencija/kapacitet ispucavanja loptica/minuti (min-max)	12-70	12-70	12-70	26-94	1-170	1-170	11-100	1-100	5-120
Mogućnost programiranja uređaja	X	X	✓	X	✓ 64 vježbi	✓ 100+ vježbi	X	✓ 99 vježbi	✓ ∞ vježbi
Napajanje	Baterija	AC mreža	AC mreža	AC mreža	AC mreža	AC mreža	AC mreža	AC mreža	AC mreža
Kapacitet loptica	100	100	100	200	120+	120+	-	-	-
Cijena	$99,95	$149,95	$199.95	$399	$999	$1699	$1279	$1829	$2179

Detaljnom analizom opisanih proizvoda vidimo da svaka tvrtka temelji svoje proizvode na jednoj tehnološkoj platformi i da na cijenu modela najviše utječe način upravljanja i mogućnost programiranja vlastitih vježbi. To je jedan od najkompleksnijih aspekata ove vrste uređaja i to jako utječe na cijenu proizvoda kao što je prikazano u tablici 2.1.

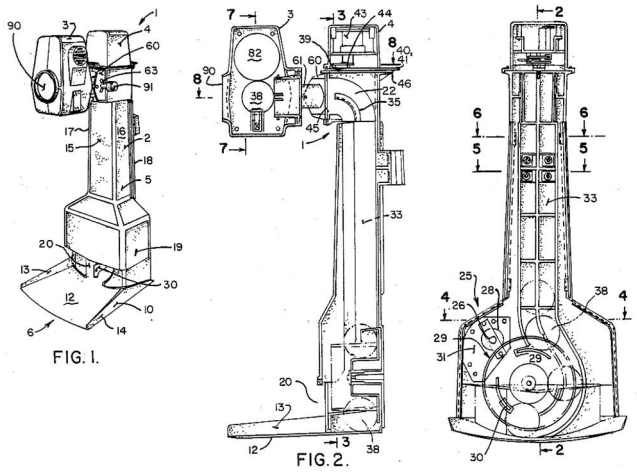
[1] H1/V1 = rotacija oko horizontalne/vertikalne osi samo u jednom smjeru
H2/V2 = rotacija oko horizontalne/vertikalne osi u dva smjera
+ = kombinacija horizontalne i vertikalne rotacije

3. PREGLED PATENATA

3.1. Patent US4844458A *Table tennis ball serving device* [5]

Patent je prijavljen 1985. godine u Americi, a istekao je 2006. godine.

Patent opisuje prijenosni uređaj za automatsko ispucavanje loptica za stolni tenis koji uključuje i mrežu za hvatanje lopte. Uređaj se sastoji od glave u kojoj je mehanizam za ispucavanje koja je montirana tako da se može rotirati oko osi smjera ispucavanja loptica. Prema glavi se dovode loptice iz vodilice koja je povezana s glavom i bazom uređaja. Za hvatanje loptica koje igrač vraća koristi se sklopiva mreža. Uređaj se nalazi unutar mreže, te povratne loptice, preko mehanizma za dovođenje i vodilice, dovodi ponovno do glave. Robotom upravljaju tri motora, koji se mogu pojedinačno kontrolirati kako bi se osiguralo kontinuirano i raznoliko ispucavanje loptica. Konstrukcija robota osigurava razne tehnike ispucavanja loptica, koje se sve kontroliraju tijekom rada uređaja.



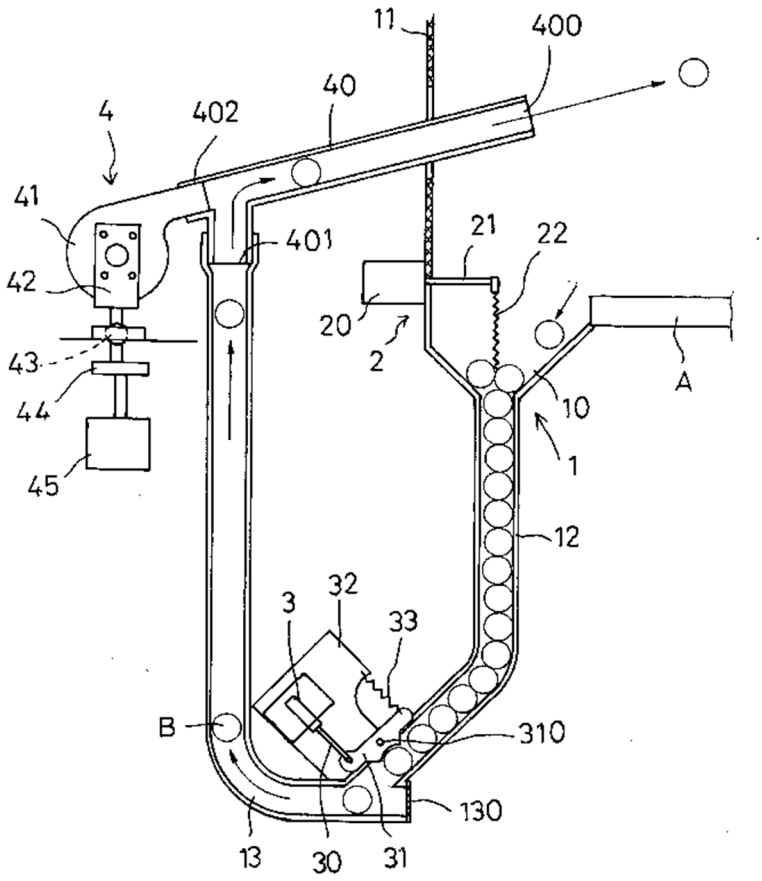
Slika 3.1. Patent US4844458A[5]

Slika 3.1. Prikazuje uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis. Na slici je prikazana glava (3) u kojoj se nalazi mehanizam za ispucavanje loptica. Mehanizam za ispucavanje loptica konstruiran je pomoću jednog elektromotora na kojem se nalazi tarenica (82) koja u zahvatu s lopticom (38) izbacuje lopticu određenom brzinom i rotacijom. Nakon što igrač vrati lopticu u mrežu, loptica pada na bazu (12) uređaja te se preko mehanizma za dovođenje (30) i vodilice (33) ponovno vraća u glavu (3) uređaja i proces se ponavlja. Mehanizam za dovođenje (30) sastoji se od jednog elektromotora na kojemu se nalazi bubanj (29) koji je izrađen tako da na sebi ima lopatice koje služe za kupljenje i podizanje loptica duž vodilice (33).

3.2. Patent US20070221187A1 *Table tennis ball service machine* [6]

Patent je prijavljen 2006. godine u Americi te je još uvijek aktivan.

Patent opisuje uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis koji se sastoji sklopa za sakupljanje loptica, upravljačkog ventila i mehanizma za ispucavanje loptica. Sklop za sakupljanje loptica sastoji se od mreže za hvatanje povratnih loptica, žlijeba za skupljanje loptica koji je spojen sa stolom te je donji dio žljeba pomoću cijevi spojen s upravljačkim ventilom. Upravljački ventil smješten je na donjem kraju cijevi za sakupljanje loptica te kontrolira frekventnost ispucavanja loptica. Mehanizam za ispucavanje loptica povezan je s gornjom stranom cijevi za dovođenje loptica i sastoji se od cijevi za ispucavanje, kompresora i nosive konstrukcije. Cijev za ispucavanje loptica je jednim krajem povezana na kompresora, a drugi kraj je, kroz mrežu za hvatanje loptica, usmjeren prema igraču.

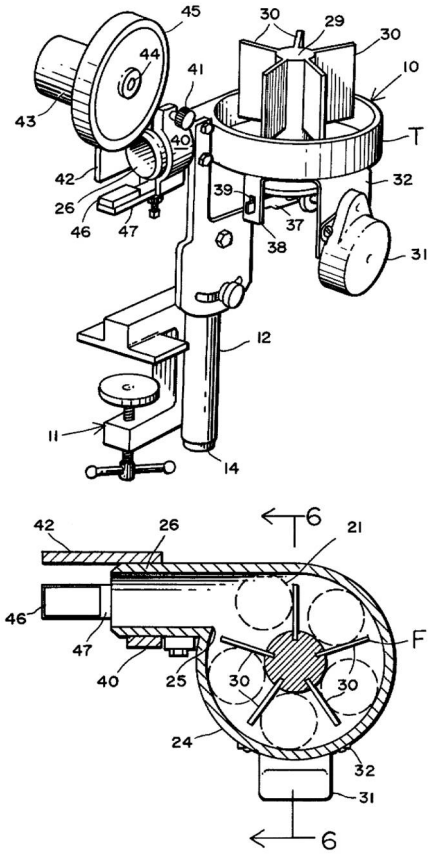


Slika 3.2. Patent US20070221187A1[6]

3.3. Patent US3878827A *Table tennis ball serving apparatus* [7]

Patent je prijavljen 1973. godine u Americi, a istekao je 1992. godine.

Ovaj patent predstavlja uređaj za ispucavanje loptica s mehanizmom koji dovodi loptice do tarenice koja svojom rotacijom zahvaća lopticu te ju ispucava u željenom smjeru i željenom rotacijom. Rotacija loptice može biti *top spin* i *bottom spin*. Mehanizam za dovođenje loptice do tarenice sastoji se od rotirajućih lopatica među kojima se nalaze loptice. Prilikom rotacije, lopatice guraju i usmjeravaju loptice prema mehanizmu za ispucavanje (prema tarenici). Cijeli uređaj ima mehanizam koji služi za učvršćivanje uređaja za stol i nagib uređaja.



Slika 3.3. Patent US3878827A[7]

4. TEHNIČKA SPECIFIKACIJA

Na temelju gabarita uređaja, maksimalne brzine ispucavanja loptica te upravljivosti uređaja kreirat će se tehnička specifikacija.

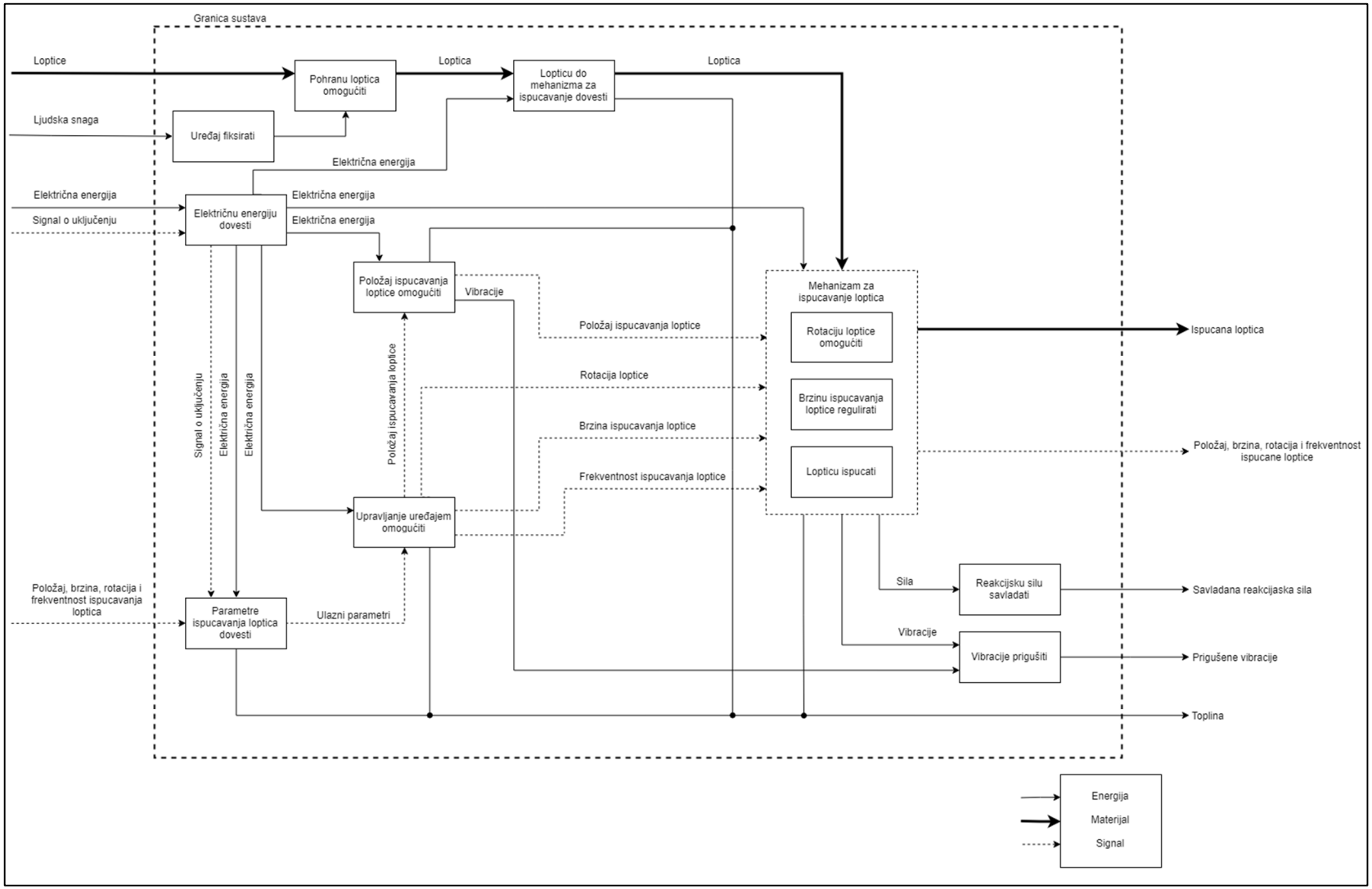
Početne tehničke specifikacije s kojima se krenulo u daljnju razradu, odnosno izradu funkcijske dekompozicije, morfološke matrice i koncepata su sljedeće [Tablica 4.1]:

Tablica 4.1. Tehnička specifikacija

Napajanje	Punjive baterije (12V)
Automatsko zakretanje uređaja	✓
Automatsko naginjanje uređaja	✓
Brzina ispucavanja loptice	10-30m/s
Frekvencija ispucavanja loptica [loptica/minuti]	1-120
Kapacitet loptica	30
Težina uređaja	1,5kg
Gabariti [mm]	300x250x200
Bežično upravljanje	✓
Mogućnost programiranja uređaja	✓ (∞ vježbi)

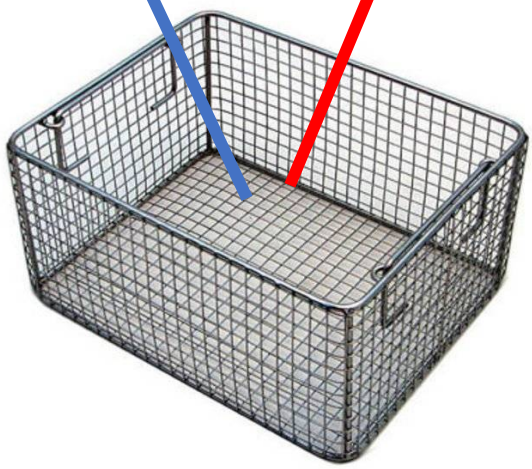
Na temelju tehničke specifikacije izrađuje se funkcijska dekompozicija u kojoj se definiraju sve funkcije uređaja te se izrađuje morfološka matrica kod koje se za svaku funkciju uređaja predlaže parcijalno rješenje, koje se nakon toga koristi pri izradi koncepata.

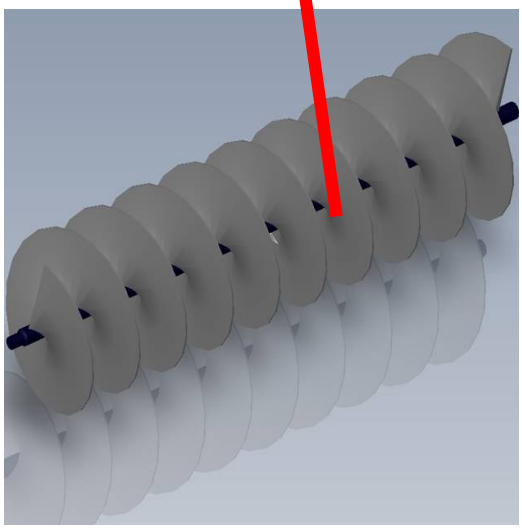
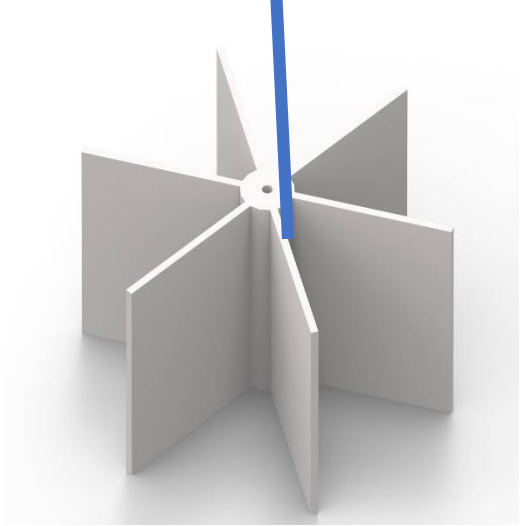
5. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA

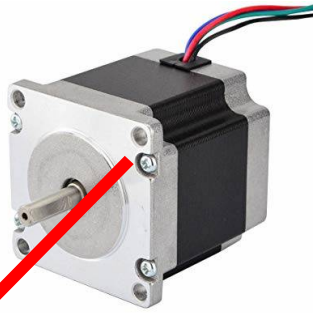
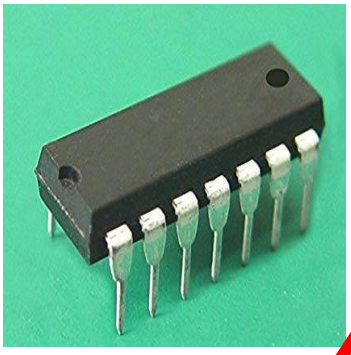
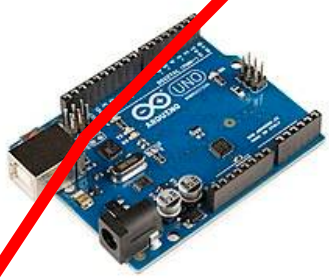
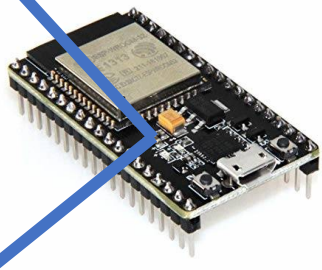
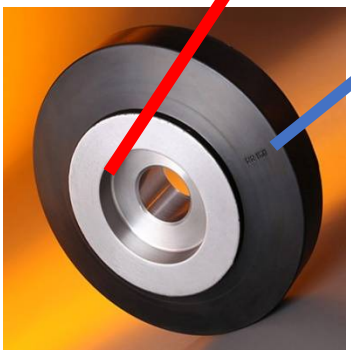


6. MORFOLOŠKA MATRICA PARCIJALNIH RJEŠENJA

Tablica 6.1. Morfološka matrica rješenja

FUNKCIJA	RJEŠENJA	
UREĐAJ FIKSIRATI	Gumene nožice	Vijčana veza za stol
POHRANITI LOPTICE	 Košara	

ELEKTRIČNA ENERGIJA	**Baterija**	**Spajanje na električnu mrežu**	**Solarna energija**
PARAMETRI ISPUCAVANJA LOPTICE	**Kontrolna ploča**	**Pametni telefon**	
DOVOĐENJE LOPTICE DO MEHANIZMA ZA ISPUCAVANJE	 **Spiralni kavez**	 **Rotirajuće lopatice**	

POZICIONIRANJE SMJERA ISPUCAVANJA	**DC motor**	**Servo motor**	 **Koračni motor**
UPRAVLJANJE UREĐAJEM	 **Tranzistorska logika**	 **Mikrokontroler baziran na čipu Arduina**	 **Mikrokontroler baziran na čipu ESP32**
MEHANIZAM ZA ISPUCAVANJE LOPTICA	 **Tarenice**	**Zračni potisak**	**Opružni sustav**

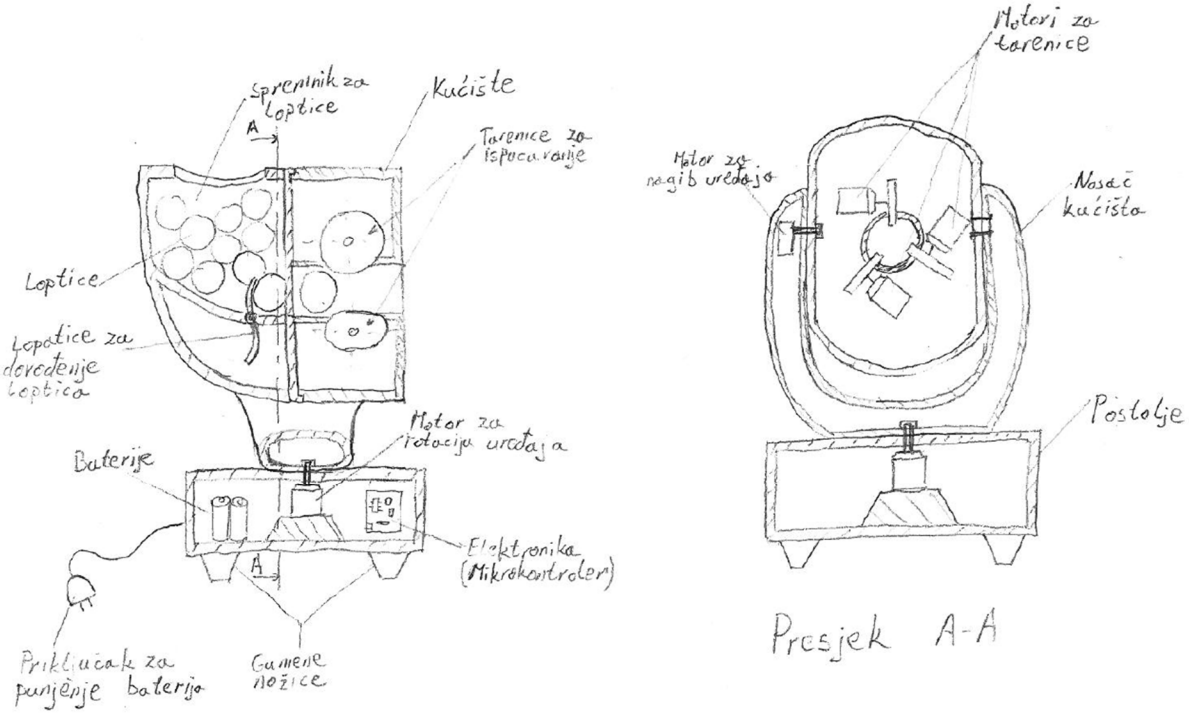
BUKU PRIGUŠITI	**Izolacijska guma**	**Gumene nožice**	**Mineralna vuna**

U morfološkoj matrici [Tablica 6.1.] dana su neka od mogućih rješenja za funkcije proizvoda. Iz njih će se izraditi nekoliko konceptualnih rješenja koja će se zatim vrednovati i usporediti. Treba napomenuti da rješenja u morfološkoj matrici nisu razrađena do detalja, već je u obzir uzeta samo ideja i određene karakteristike, kao što su težina izvedbe, cijena izvedbe, funkcionalnost, masa, zadovoljavanje potreba korisnika, itd. Odabrana rješenja za pojedine koncepte spojena su linijama u morfološkoj matrici (koncept 1 – crvena linija; koncept 2 – plava linija).

7. KONCEPTI

Nakon definiranja funkcijskog modela i morfološke matrice, nastavljamo s izradom koncepata koji se temelje na rješenjima danim u morfološkoj matrici. Nakon izrade koncepata slijedi njihova evaluacija te vrednovanje.

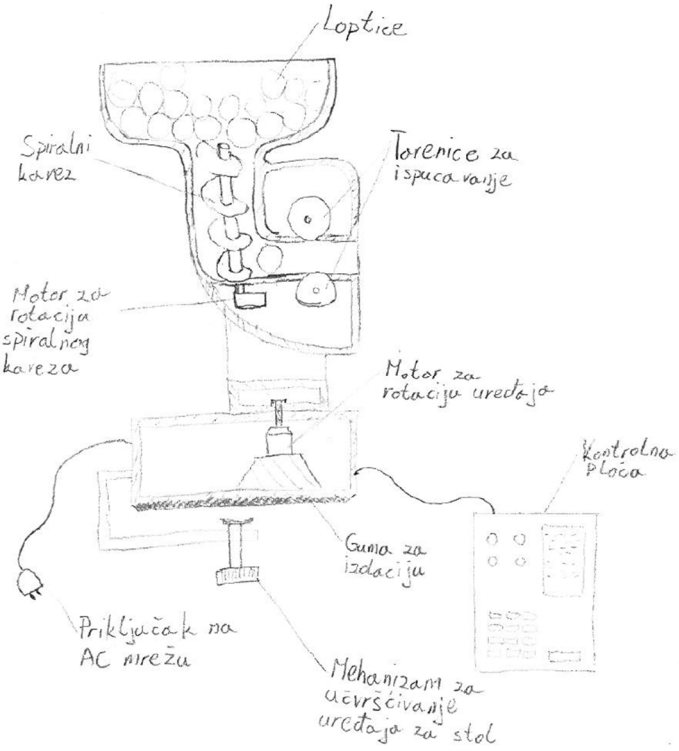
7.1. Koncept 1



Slika 7.1. Koncept 1

Na skici [Slika 7.1] prikazano je rješenje prvog koncepta. Spremnik za loptice potrebno je napuniti lopticama. Nakon podešavanja željenih parametara ispucavanja pomoću mobilne aplikacije, podaci se s aplikacije šalju na mikrokontroler preko *Bluetooth-a*. Najprije se, pomoću motora za rotaciju i motora za zakretanje, uređaj postavi u određeni položaj tako da se ispune uvjeti zadani u aplikaciji. Zatim se motori, na kojima su tarenice, počinju rotirati brzinama koje su također definirane u aplikaciji, te se na kaju počinju rotirati i lopatice koje dovode loptice do tarenica koje, u zahvati s lopticom, ispucavaju lopticu na željeno mjesto. Taj se postupak ponavlja sve dok ne ponestane loptica u spremniku ili dok se ne završi vježba. Za napajanje uređaja koriste se ugrađene punjive baterije koje bi se punile na sličan način kao i slična elektronika (prijenosna računala, pametni telefoni, itd.)

7.2. Koncept 2



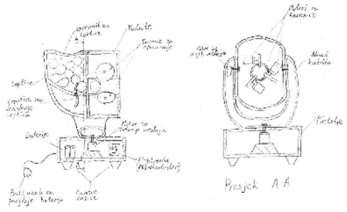
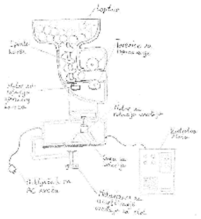
Slika 7.2. Koncept 2

Slika 7.2 prikazuje rješenje drugog koncepta. U drugom konceptu koristi se spiralni kavez kao sredstvo za dovođenje loptica do tarenica. Nakon što se uređaj pozicionira i tarenice počnu rotirati, poseban motor počinje okretati spiralni kavez oko vertikalne osi koji tako dovodi loptice do tarenica. Za upravljanje je korištena kontrolna ploča koja je s kabelom povezana sa uređajem. Izveden je s većim spremnikom za loptice te je fiksiran za stol preko vijčane veze. Za napajanje uređaja koristi se isključivo napajanje iz mreže.

7.3. Vrednovanje koncepata

Tablica vrednovanja [Tablica 7.1] sadrži kriterije za odabir koncepta za daljnju razradu i proračun. Koncept 1 i Koncept 2 međusobno će se usporediti u odnosu na svaki postavljeni kriterij. Kriteriji za vrednovanje koncepata odabrani su tako da uređaj može zadovoljiti sve potrebe korisnika, da bude što jednostavniji za korištenje i da cijena proizvoda bude prihvatljiva većini korisnika. Koncept koji bolje zadovoljava određeni kriterij dobit će plus(+) dok će drugi dobiti minus(–). Koncept koji zadovoljava više kriterija bit će razrađen u idućim fazama rada. Daljnja razrada će biti zaključena modeliranjem uređaja u programskom paketu Solid Edge 2019 te izradom tehničke dokumentacije.

Tablica 7.1. Vrednovanje koncepata

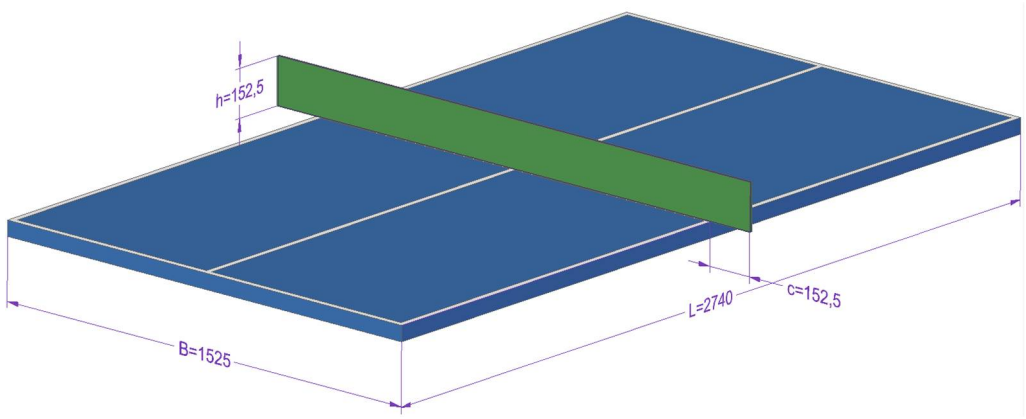
KRITERIJ	**OCJENA**	
	KONCEPT 1	**KONCEPT 2**
		
Masa uređaja	+	-
Cijena izrade	-	+
Težina izrade	-	+
Jednostavnost korištenja	+	-
Dimenzije uređaja	+	-
Prenosivost	+	-
Funkcionalnost	+	+
Spremnik za loptice	-	+
SUMA	**5**	**4**

Koncept 1 dobio je veću ukupnu ocjenu te će se koristiti kao podloga za daljnju konstrukciju uređaja. Iako će cijena uređaja biti malo veća, bitan faktor je da uređaj bude čim jednostavniji za korištenje te da je lako prenosiv. Uređaj će se konstruirati tako da će se moći postaviti na bilo koju poziciju na stolu za stolni tenis te se tako povećava raznolikost ispucavanja loptica.

8. KONSTRUKCIJSKA RAZRADA

8.1. Dimenzije stola i brzina loptice

Za odabir motora za ispucavanje loptice i servo motora za pozicioniranje uređaja potrebno je znati sve dimenzije stola za stolni tenis te prosječnu i maksimalnu brzinu loptice. Slika 8.1. prikazuje sve dimenzije stola. Sve dimenzije izražene su u milimetrima.



Slika 8.1. Dimenzije stola za stolni tenis

Prilikom istraživanja [8] utvrđeno je da je prosječna brzina loptice za stolni tenis, tijekom igre, 11 *m/s,* a maksimalna izmjerena brzina je 30 *m/s*.

8.2. Odabir motora i tarenica za ispucavanje loptica i servo motora za nagib i zakret uređaja

8.2.1. Motori i tarenice za ispucavanje loptica

Za tarenice odabrani su diskovi promjera 42mm koji po obodu imaju gumu da bi se uklonilo proklizavanje između loptice i tarenice. Razlog odabira baš takvih tarenica bio je iterativan na temelju broja okretaja motora, a i zbog praktičnih razloga jer postoje takve standardne tarenice te također povećavaju kompaktnost uređaja. Jedna od iteracija prikazana je u nastavku.

Slika 8.2. Tarenica za ispucavanje loptica

Da bi odabrali motor za ispucavanje loptica trebamo odrediti moment potreban za ubrzanje loptice do maksimalne brzine ispucavanja loptice.

- $m = 2{,}7g$ - masa loptica
- $s \approx 0{,}03m$ - put na kojem loptica ubrzava
- $v_{max} = 30m/s$ - maksimalna brzina ispucavanja
- $d_t = 0{,}042m$ -promjer tarenice

Minimalno vrijeme ubrzavanja loptice iznosi:

$$t_{min} = \frac{s}{v_{max}} = \frac{0.03}{30} = 1 \cdot 10^{-3}s, \tag{8.1}$$

potrebna akceleracija da se dostigne maksimalna brzina:

$$a_{max} = \frac{v_{max}}{t_{min}} = \frac{30}{1 \cdot 10^{-3}} = 30000m/s^2, \tag{8.2}$$

sila na obodu tarenice da se postigne maksimalno ubrzanje:

$$F_{max} = m \cdot a_{max} = 0{,}0027 \cdot 30000 = 81N, \tag{8.3}$$

potreban moment motora da se postigne maksimalna sila na obodu tarenice:

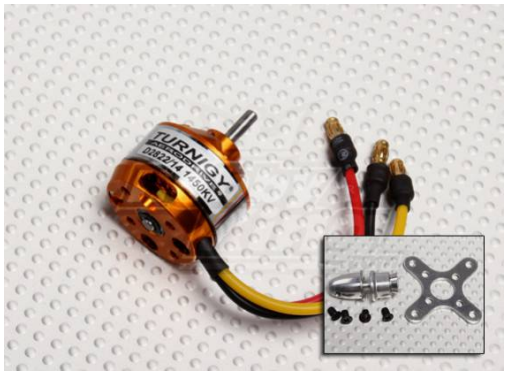
$$M_{max} = F_{max} \cdot \frac{d_t}{2} = 121{,}5 \cdot 0{,}02 = 1{,}62Nm, \tag{8.4}$$

pošto se koriste 3 motora, maksimalan moment na jednom motoru je $M_{max} = 0{,}54Nm$.

Odabrana su 3 motora *Turnigy D2822/14 Outrunner Brushless Motor.* Tablica 8.1 sadrži karakteristike motora za ispucavanje loptica

Tablica 8.1. Karakteristike motora za ispucavanje loptica

Tip motora	DC motor bez četkica
Napajanje	12V
Broj okretaja	1450o/min/V
Maksimalna iskoristivost	80%
Struja praznog hoda	0,5A
Maksimalna struja	13A
Maksimalna snaga	160W
Masa	38g
Dimenzije	Ø28mm x 28mm
Promjer izlaznog vratila	3,2mm



Slika 8.3. Motor za ispucavanje loptice

Na temelju podataka iz Tablica 8.1 te podatka da je promjer tarenica 42 mm, možemo dobiti da je maksimalna moguća obodna brzina na tarenicama uz odabrane motore:

$$v_{Tmax} = \frac{n_V \cdot U \cdot d_r \cdot \pi}{60} = \frac{1450 \cdot 12 \cdot 0{,}042 \cdot \pi}{60} = 38{,}26 m/s, \tag{8.5}$$

$$v_{max} = 30 m/s < v_{Tmax} = 38{,}26 m/s \quad \text{-ZADOVOLJAVA.}$$

Za odabrane motore također je potrebno koristiti odgovarajuće kontrolere. Oni služe za generiranje trofaznog napona kojem promjenom frekvencije utječu na brzinu rotacije motora. Stoga su odabrana 3 kontrolera *G-Sun 20A ESC Brushless motor Speed Controller*. Tablica 8.2 prikazuje karakteristike kontrolera za motore.

Tablica 8.2. Karakteristike kontrolera za motore

Nazivna struja	20A
Maksimalna struja	25A
Napajanje	8,4V – 12V
Dimenzije	48mm x 26mm x 8mm
Masa	20g

Slika 8.4. Kontroler za motore

8.2.2. Servo motor za nagib i zakret uređaja

Za nagib i zakret uređaja korišteni su servo motori. To su motori kojima je moguće pozicionirati i pratiti zakret izlaznog vratila. Izlazno vratilo u princip nije moguće kontinuirano okretati već je moguće samo zakretanje samo unutar radnoga kuta, obično oko 180º. Odabrani su servo motori *Tower pro SG90.* Za njihov odabir nije korišten posebni proračun jer su to jedni od najmanjih i najjeftinijih servo motora na tržištu koji po svojima karakteristikama zadovoljavaju potrebne zahtjeve za upravljanje uređajem. Za rotaciju i nagib uređaja potreban je jako mali okretni moment ($\approx 0.05Nm$), jer je masa samog uređaja mala te će konstrukcija uređaja biti takva da se rotacija i nagib vrše u centru težišta uređaja kako bi se smanjilo opterećenje servo motora. Tablica 8.3 prikazuje njihove karakteristike.

Tablica 8.3. Karakteristike servo motora

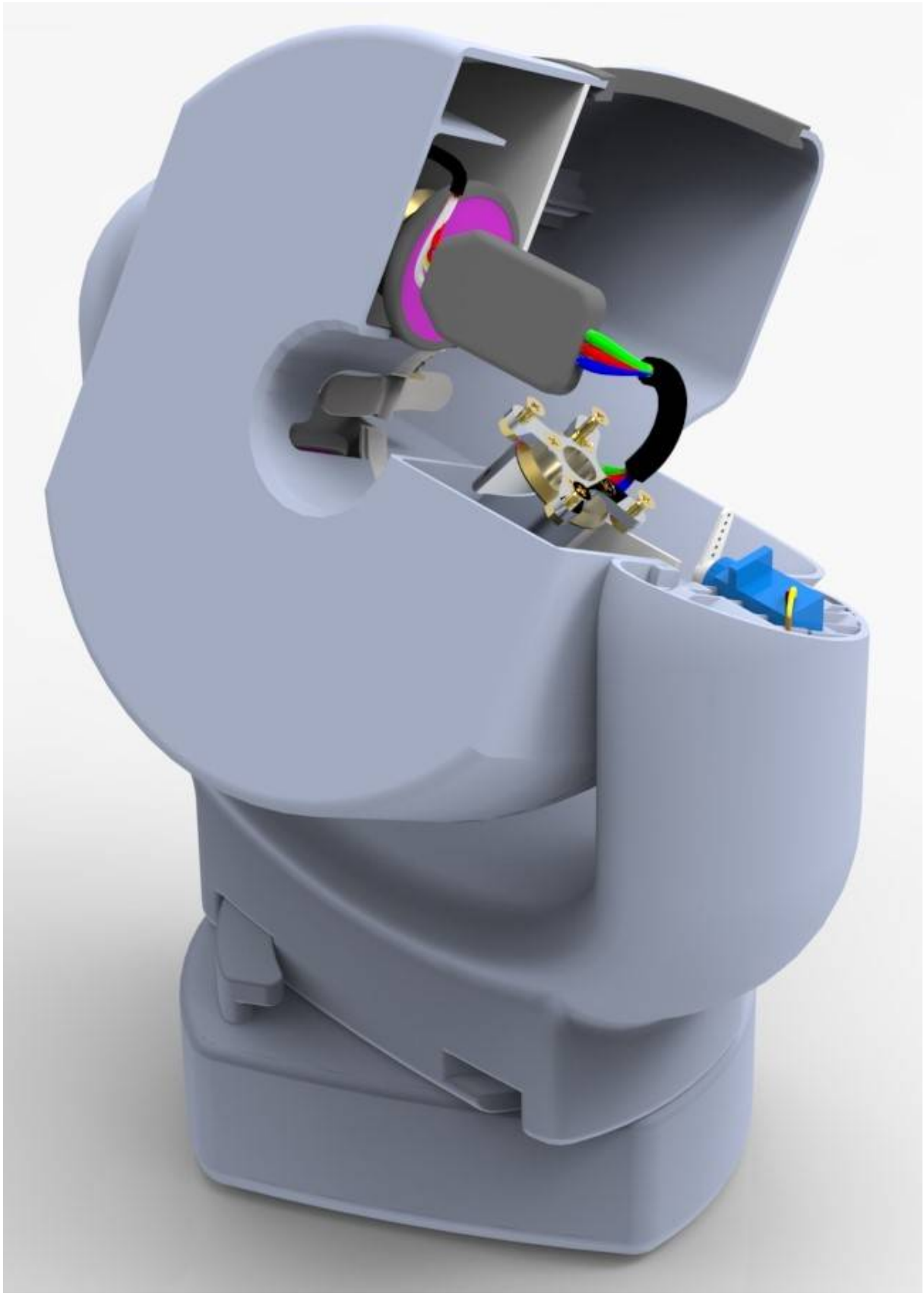
Napajanje	4,8V – 6V
Nazivni moment	0,2Nm
Brzina	0,1s/60º
Radni kut	175º
Promjer izlaznog vratila	5mm
Dimenzije	23mm x 12mm x 29mm
Masa	14,7g

Slika 8.5. Servo motor

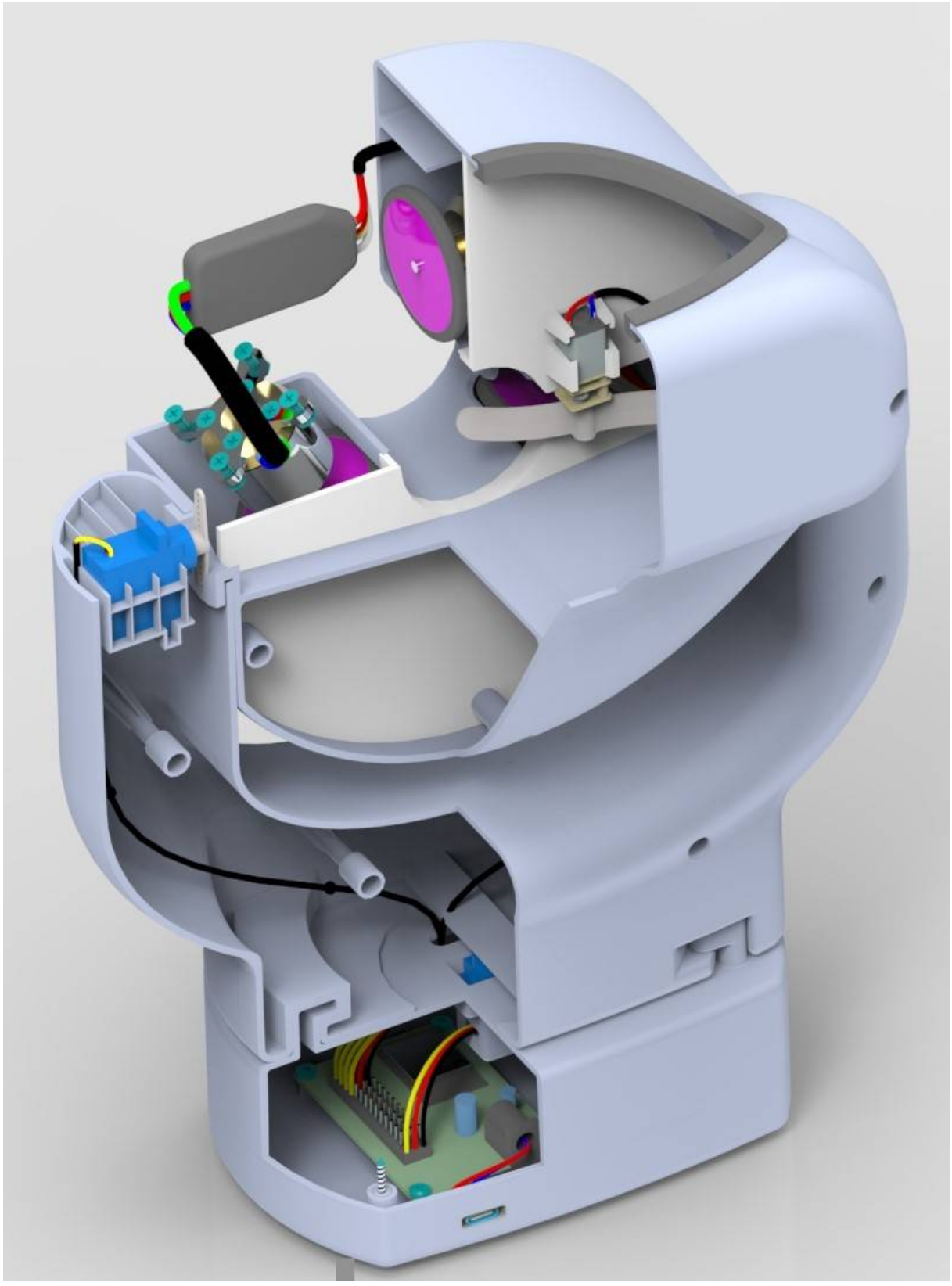
8.3. Oblikovanje rješenja

Na temelju skice [Slika 7.1] kreiran je 3D model komponenti i uređaja za ispucavanje loptica za stolni tenis korištenjem programskog paketa Solid Edge 2019. Polazište za izradu modela bio je mehanizam za ispucavanje loptica (3 motora s tarenicama). Nakon što se odredio položaj motora, oko njih se je gradilo plastično kućište tako da uređaj bude što kompaktniji. Sastoji se od 3 glavna dijela, kućišta, nosača kućišta te postolja. Kućište sadrži mehanizam za ispucavanje loptica, spremnik za loptice i mehanizam za dovođenje loptica. U nosaču kućišta nalazi se mehanizam za nagib, a u postolju se nalazi mehanizam za zakret uređaja te upravljački mikrokontroler. Sljedećih nekoliko slika prikazuje izrađeni model [Slika 8.6, Slika 8.7 i Slika 8.8]

Slika 8.6. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 1



Slika 8.7. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 2



Slika 8.8. Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis - Pogled 3

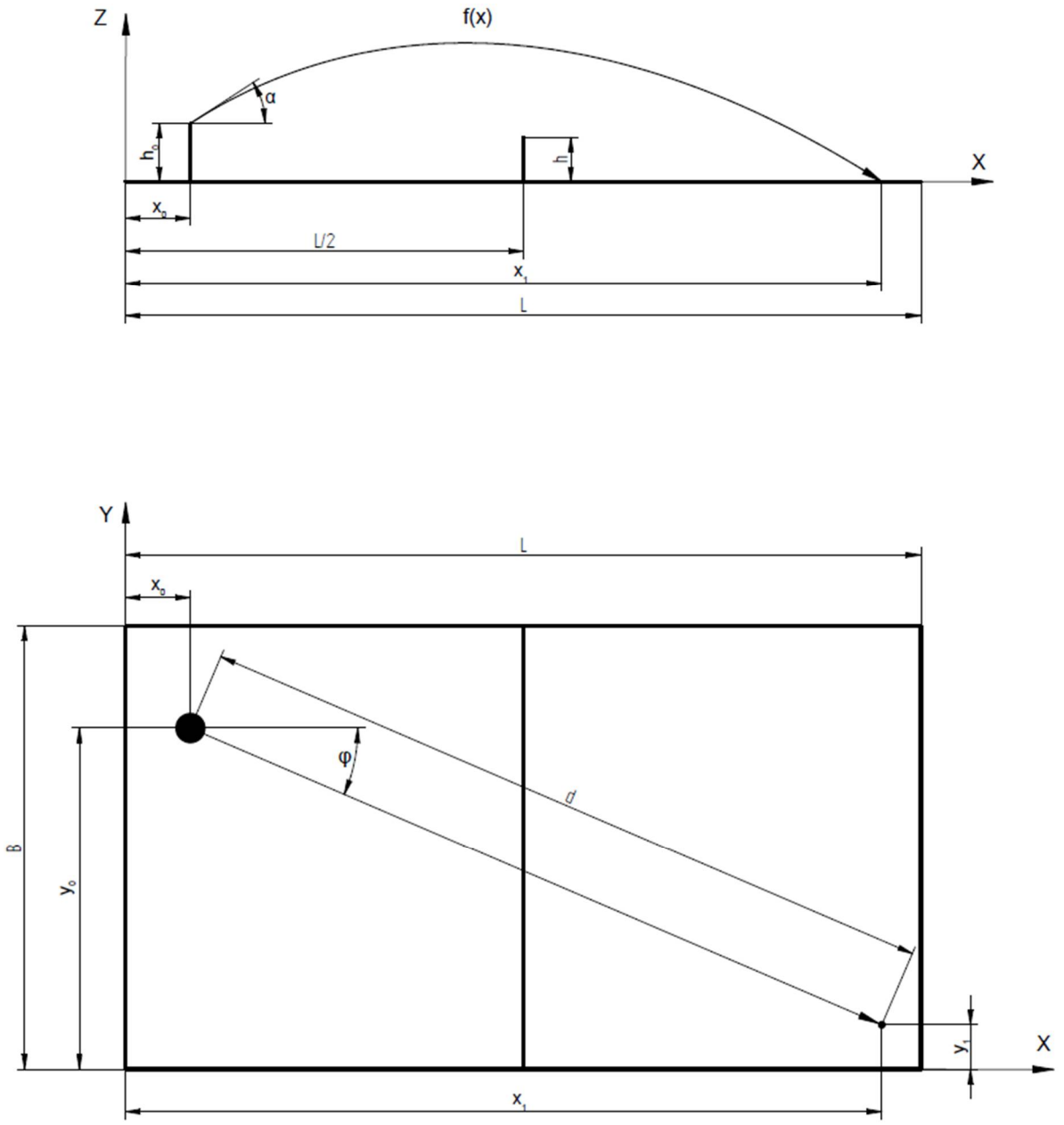
8.4. Izvod jednadžbi za ispucavanje loptice

Nakon izrade modela potrebno je dobiti način kojim će se lako moći povezati želja korisnika te izvršne jedinice uređaja. Recimo da korisnik postavi uređaj na neko mjesto na stolu za stolni tenis te preko sučelja u aplikaciji označi gdje se nalazi uređaj, poziciju na koju loptica treba udariti te željenu rotaciju loptice. Da bi to mogli postići potrebno je dobiti nekoliko jednadžbi koje opisuju rotaciju i putanju loptice u zraku. Rješavanjem tih jednadžbi, pomoću ulaznih parametara koje dobijemo od korisnika, moći će se dobiti kut nagiba i zakreta uređaja te brzina rotacije svih triju motora za ispucavanje loptice.

U izvodu svih jednadžbi pretpostavka je bila da nema klizanja između loptica i tarenica te nije uzet otpor zraka i Magnusov efekt radi jednostavnosti proračuna. Takav pristup je odabran zato što se ne radi o nekom kritičnom sustavu te je moguće u programskom kodu, nakon izrade prototipa, ubaciti odgovarajuće konstante, dobivene testiranjem, koji će korigirati eventualne gubitke.

Slijedi izvod jednadžbi za putanju loptice:

- $L = 2{,}74m$ - dužina stola
- $B = 1{,}525m$ - širina stola
- $h = 0{,}1525m$ - visina mrežice
- $h_0 = 0{,}2m$ - visina uređaja
- $g = 9{,}81\ m/s^2$ - ubrzanje slobodnog pada
- x_0 - x koordinata uređaja
- y_0 - y koordinata uređaja
- α - kut nagiba uređaja
- φ - kut zakreta uređaja
- v - brzina ispucavanja loptice
- x_1 - x koordinata na stolu na koju se ispucava loptica
- y_1 - y koordinata na stolu na koju se ispucava loptica
- d - udaljenost koju mora prijeći loptica



Slika 8.9. Putanja loptice: gornja slika-nacrt stola; donja slika-tlocrt stola

Varijable x_0, y_0, x_1, y_1 i v biti će poznate nakon što ih korisnik unese u aplikaciju za upravljanje uređajem. Te na temelju tih podataka možemo izračunati kut zakreta uređaja i kut nagiba uređaja.

Kut zakreta uređaja:

$$\varphi = arctg\left(\frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}\right). \tag{8.6}$$

Kut nagiba uređaja izračunava se preko jednadžbe kosog hitca:

$$f(x) = -\frac{g}{2v \cdot \cos(\alpha)} \cdot x^2 + tg(\alpha) \cdot x + h_0, \tag{8.7}$$

ako jednadžbu 8.7 izjednačimo s 0 u točki x=d dobivamo:

$$-\frac{g}{2v \cdot \cos(\alpha)} \cdot d^2 + tg(\alpha) \cdot d + h_0 = 0, \tag{8.8}$$

$$-gd^2 + 2vd \cdot \sin(\alpha) + 2vh_0 \cdot \cos(\alpha) = 0, \tag{8.9}$$

$$d \cdot \sin(\alpha) + h_0 \cdot \cos(\alpha) = \frac{gd^2}{2v}. \tag{8.10}$$

Rješavanjem jednadžbe 8.10 pomoću programa Wolfram Alpha dobivamo da nagib uređaja iznosi:

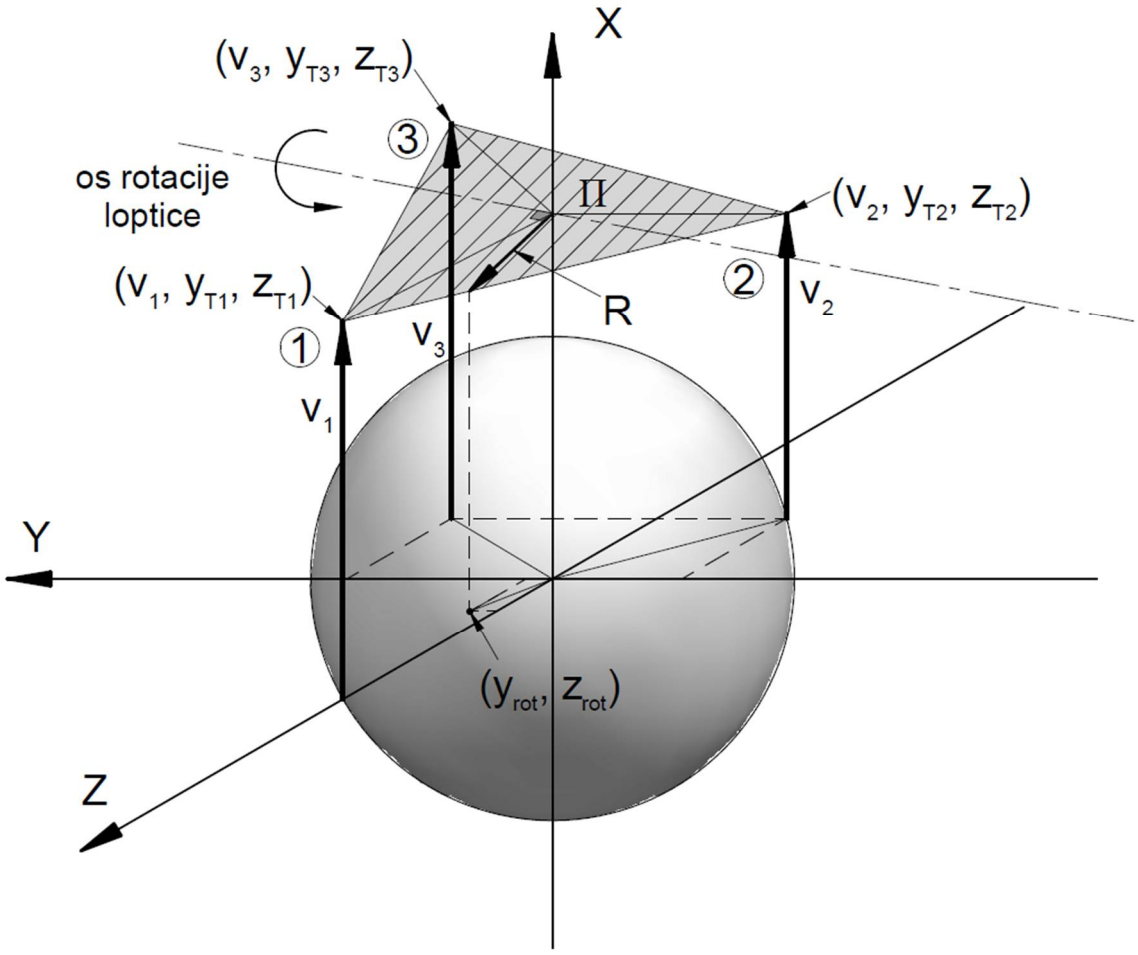
$$\alpha = 2 \cdot atg\left(\frac{d - \sqrt{d^2 + h_0^2 - \left(\frac{gd^2}{2v}\right)^2}}{h_0 + \frac{gd^2}{2v}}\right). \tag{8.11}$$

8.5. Izvod jednadžbi za rotaciju loptice

Nakon što smo odredili kut zakreta i nagiba uređaja potrebno je odrediti i brzinu rotacije svakog motora za ispucavanje loptica s obzirom na željenu rotaciju loptice. Iz konstrukcije je vidljivo da su moguće rotacije loptice oko Y i Z osi. Pošto su motori postavljeni u YZ ravnini, te su zakrenuti 120º jedan od drugoga, moguće je odrediti rotaciju i jačinu rotacije oko bilo koje osi koja leži na toj ravnini. To se postiže tako da se za željenu rotaciju odrede brzine rotacija svakog motora zasebno. Te brzine rotacija opisane su sljedećim jednadžbama.

- $d_L = 0{,}04m$ - promjer loptice za stolni tenis
- $y_{T1} = 0$ - y koordinata tarenice 1
- $z_{T1} = 0{,}02$ - z koordinata tarenice 1
- $y_{T2} = -0{,}01732$ - y koordinata tarenice 2
- $z_{T2} = -0{,}01$ - z koordinata tarenice 2
- $y_{T3} = 0{,}01732$ - y koordinata tarenice 3

- $z_{T3} = -0{,}01$ - z koordinata tarenice 3
- v_1 - vektor koji predstavlja obodnu brzinu tarenice 1
- v_2 - vektor koji predstavlja obodnu brzinu tarenice 2
- v_3 - vektor koji predstavlja obodnu brzinu tarenice 3
- Π - ravnina koju tvore vrhovi vektora $v_1, v_2\ i\ v_3$
- R - vektor koji predstavlja najbrži pad ravnine π
- y_{rot} - y koordinata vektora R
- z_{rot} - z koordinata vektora R



Slika 8.10. Rotacija loptice

Slika 8.10 prikazuje lopticu za stolni tenis koja se nalazi u ishodištu koordinatnog sustava te vektore $v_1, v_2\ i\ v_3$ koji predstavljaju obodne brzine tarenica koje nalaze u YZ ravnini zakrenute za 120°. Vrhovi vektora $v_1, v_2\ i\ v_3$ tvore ravninu iz koje dobivamo vektor R koji predstavlja najbrži pad ravnine Π. Os oko koje će se rotirati loptica je okomita na taj vektor R te leži na ravnini Π. Sljedeće jednadžbe opisuju rotaciju loptice.

Ako počnemo od toga da korisnik određuje smjer i jačinu rotacije loptice te brzinu ispucavanja loptice, možemo zaključiti da su nam podaci, $y_{rot}, z_{rot}\, i\, v$, poznati. Potrebno je dobiti jednadžbe kojima možemo na temelju tih poznatih podataka odrediti vrijednosti vektora $v_1, v_2\, i\, v_3$. To možemo odrediti tako da dobijemo jednadžbu ravnine Π na sljedeći način.

Jednadžba ravnine kroz 3 točke:

- (v_1, y_{T1}, z_{T1})
- (v_2, y_{T2}, z_{T2})
- (v_3, y_{T3}, z_{T3})

$$\begin{vmatrix} x - v_1 & y - y_{T1} & z - z_{T1} \\ v_2 - v_1 & y_{T2} - y_{T1} & z_{T2} - z_{T1} \\ v_3 - v_2 & y_{T3} - y_{T2} & z_{T3} - z_{T2} \end{vmatrix} = 0. \tag{8.12}$$

Nakon uvrštavanja brojeva i rješavanja jednadžbe 8.12 u programu Matlab dobivamo:

$$\begin{aligned} 0{,}001039 \cdot x + 0{,}03(v_2 - v_3) \cdot y - 0{,}01732(2v_1 - v_2 - v_3) \cdot z \\ = 0{,}0003464(v_1 + v_2 + v_3). \end{aligned} \tag{8.13}$$

Dijeljenjem cijele jednadžbe s 0,001039 i premještanjem svih članova na desnu stranu osim x dobivamo jednadžbu ravnine:

$$x = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} + (v_3 - v_2) \cdot 28{,}8675y + \frac{2v1 - v_2 - v_3}{3} \cdot 50z, \tag{8.14}$$

ako u jednadžbu 8.14 uvrstimo $y = z = 0$ dobivamo:

$$\frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} = x = v. \tag{8.15}$$

To nam govori da će ukupna brzina loptice biti jednaka prosječnoj obodnoj brzini svih 3 tarenica što ima smisla.

Da bi dobili poveznicu između jednadžbe ravnine π i vektora R, koji nam je poznat, potrebno je parcijalno derivirati jednadžbu ravnine po koordinati *y* i *z*.

$$\frac{\delta x}{\delta y} = (v_3 - v_2) \cdot 28{,}8675 = y_{rot}, \tag{8.16}$$

$$\frac{\delta x}{\delta z} = \frac{2v_1 - v_2 - v_3}{3} \cdot 50 = z_{rot}. \tag{8.17}$$

Nakon što smo dobili jednadžbe 8.15, 8.16 i 8.17 možemo ih zapisati u matričnom obliku i riješiti tako da dobijemo $v_1, v_2 \; i \; v_3$:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} \\ 0 & -28{,}8675 & 28{,}8676 \\ \frac{100}{3} & -\frac{50}{3} & -\frac{50}{3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \\ y_{rot} \\ z_{rot} \end{bmatrix}, \tag{8.18}$$

nakon rješavanja jednadžbe 8.18 dobivamo izraze za obodne brzine svih 3 tarenica na temelju ulaznih podataka koje korisnik unosi preko aplikacije:

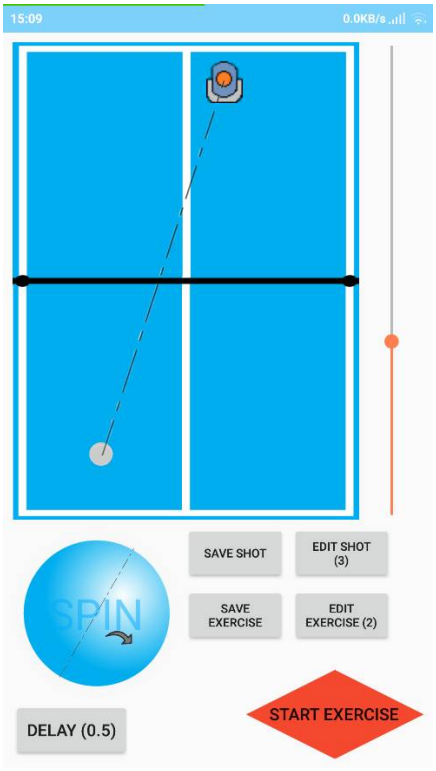
$$v_1 = v + 0{,}02 z_{rot}, \tag{8.19}$$

$$v_2 = v - 0{,}01732 y_{rot} - 0{,}01 z_{rot}, \tag{8.20}$$

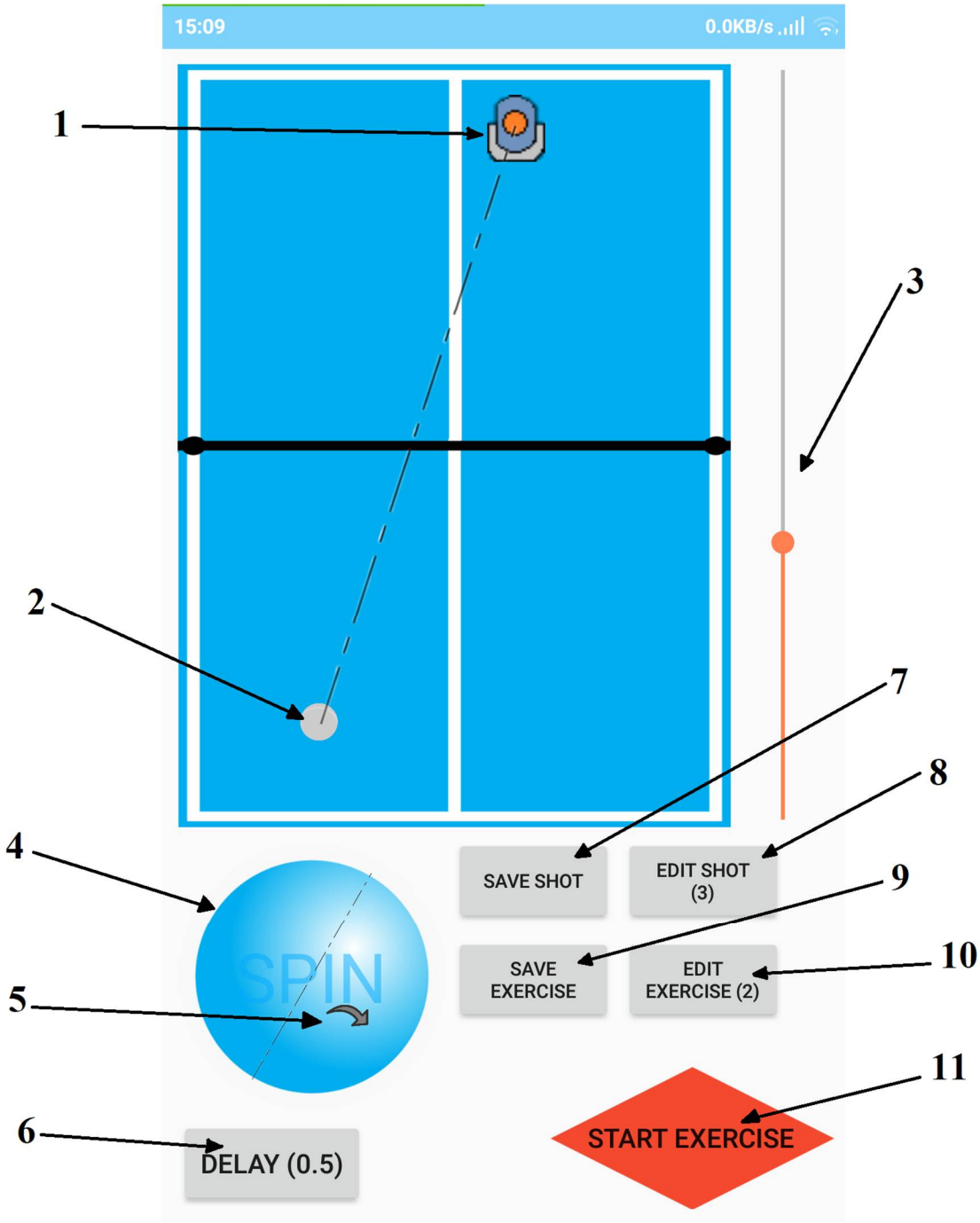
$$v_3 = v + 0{,}01732 y_{rot} - 0{,}01 z_{rot}. \tag{8.21}$$

8.6. Razvoj korisničko sučelje aplikacije za upravljanje uređajem

Nakon što smo dobili sve jednadžbe koje su nam potrebne za upravljanje svih motora, trebamo izraditi sučelje aplikacije za pametni telefon tako da bude intuitivno i što jednostavnije za korisnika.



Slika 8.11. Sučelje aplikacije za upravljanje uređajem



Slika 8.12. Sučelje aplikacije s označenim elementima

Nakon što se uređaj postavi na stol, na bilo koje mjesto na stolu, u aplikaciji pokazivač za položaj uređaja (1) postavimo na približni položaj kao što je i u stvarnosti. Zatim pokazivač za pozicioniranje loptice (2) postavimo na mjesto na koje želimo da uređaj ispuca lopticu te se pomoću klizača (3) podešava izlazna brzina ispucavanja loptice. Nakon toga u području za definiranje rotacije (4), pomoću pokazivača za rotaciju (5) postavljamo željenu rotaciju loptice. Rotacija je definirana tako da područje za definiranje rotacije (4) predstavlja lopticu koja gleda prema igraču, te će rotirati oko prikazane osi u smjeru pokazivača (5). Što je pokazivač

udaljeniji od osi rotacije to će rotacija loptice biti jača. Zatim pomoću tipke za definiranje frekventnosti ispucavanja loptice (6) određujemo koliko će vremena proći nakon što je ispucana prva loptica do ispucavanja druge. Na toj tipki broj u zagradi predstavlja to vrijeme u sekundama. Pritiskom na tipku za spremanje udaraca (7) spremamo sve parametre koje smo u prethodnim koracima definirali te ponavljamo isti postupak koliko god puta želimo. Pomoću tipke za uređivanje udaraca (8) možemo odabrati neki od udaraca koje smo spremili te uređivati ostale parametre. Broj u zagradi označava koliko smo udaraca spremili do sada. Nakon što su spremljeni svi udarci koje želimo imati u vježbi, pritiskom na tipku za spremanje vježbi (9), će se spremiti svi udarci koje smo definirali, kao jednu vježbu. Pritiskom na tipku *START EXERCISE* (11) u pozadini aplikacije će se, pomoću jednadžbi izvedenih u poglavlju 7.4 i 7.5, izračunati nagib i zakret uređaja te brzina rotacije triju motora za ispucavanje loptica. Dobivene vrijednosti će se preko *Bluetooth-a* poslati na mikrokontroler koji se nalazi na uređaju te će vježba započeti.

9. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je konstrukcija uređaja za ispucavanje loptica za stolni tenis koji bi omogućio individualni trening sportaša. Analizom tržišta utvrđeno je da takvi uređaji već postoje te je cilj bio konstrukcija takvog uređaja koji je jeftiniji, jednostavniji za korištenje i ima više funkcija od postojećih.

Uređaj je konstruiran tako da se sastoji od 3 glavna dijela, kućišta, nosača kućišta i postolja. Kućište sadrži mehanizam za ispucavanje loptica, spremnik za loptice i mehanizam za dovođenje loptica do mehanizma za ispucavanje. U nosaču kućišta nalazi se mehanizam za nagib, a u postolju se nalazi mehanizam za zakret uređaja te upravljački mikrokontroler. Takvom izvedbom omogućena je rotacija loptice, snaga ispucavanja, promjenjivi domet i kut ispucavanja. Također u radu je izrađena aplikacija za pametni telefon pomoću koje se upravlja s uređajem te je moguće spremanje raznih parametara ispucavanja loptica. Pametni telefon povezuje se preko *Bluetooth-a* s uređajem te se tako ostvaruje komunikacija.

Prednosti u odnosu na postojeće proizvode su programiranje neograničenog broja vlastitih vježbi, moguća veća kontrola rotacije loptice kako je opisano u poglavlju 8.5, prenosivost zbog malih dimenzija, napajanja preko baterija i manja cijena uređaja. Mane u odnosu na postojeće proizvode su manji kapacitet loptica te obavezno posjedovanje pametnog telefona da bi korisnik mogao upravljati uređajem.

Kao daljnji razvoj ovog uređaja trebalo bi se malo više osvrnuti na funkcionalnost i jednostavnost mobilne aplikacije. Za vizualizaciju putanje loptice moglo bi se izraditi kao 3D model, ograničiti postavljanje parametara za koje nije moguće ostvariti ispucavanje loptice, te dodati povratnu informaciju iz uređaja koja će nam govoriti u kakvom je stanju uređaj, ima li loptica u spremniku ili ne, koliko loptica je ispucano, itd. Također u daljnjem razvoju bilo bi dobro da se poveća kapacitet loptica.

Svi plastični dijelovi uređaja bili bi izrađeni od ABS materijala injekcijskim prešanjem. Takva tehnologija izrade inicijalno je skupa zbog izrade alata, ali ako se radi o velikim serijama cijena izrade dijelova postaje jako mala. Stoga, ako bi se uređaj radio u jako velikim serijama, cijena bi se kretala od 750 do 1000kn što je u rangu s trenutno najjeftinijim uređajem na tržištu s tim da su mogućnosti ovog uređaja puno veće.

LITERATURA

[1] https://www.allabouttabletennis.com/table-tennis-robot.html

[2] http://www.ipong.net/joomla/

[3] https://www.newgy.com/

[4] https://en.butterfly.tt/

[5]https://patents.google.com/patent/US4844458A/en?q=robot&q=table+tennis

[6]https://patents.google.com/patent/US20070221187A1/en?q=Table+tennis+ball&q=serving&oq=Table+tennis+ball+serving

[7]https://patents.google.com/patent/US3878827A/en?q=Table+tennis+ball&q=serving&oq=Table+tennis+ball+serving

[8] http://www.jayandwanda.com/tt/speed.html

PRILOZI

- CD-R disc

- Tehnička dokumentacija

- Programski kod aplikacije za upravljanje

```java
package com.example.tateapp;

import android.annotation.SuppressLint;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.MotionEvent;
import android.view.View;
import android.widget.AdapterView;
import android.widget.Button;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.SeekBar;
import android.widget.Spinner;
import android.widget.TextView;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {


    TextView alphaTxt, phiTxt, v0Txt, v1Txt, v2Txt, v3Txt;


    boolean enableDevice = true;

    float v0;
    float v1;
    float v2;
    float v3;
    float phi;
    double alpha;
    float delay = 1000f;
    float d = 1;
    int deviceViewX = 1;
    int deviceViewY = 1;
    int ballViewX = 1;
    int ballViewY = 1;
    float deviceViewXmapped = 1;
    float deviceViewYmapped = 1;
    float ballViewXmapped = 1;
    float ballViewYmapped =1;
    int spinPointerViewX = 0;
    int spinPointerViewY = 0;
    float xRot = 0;
    float yRot = 0;
    float sec = 1;

    private static final float g = 9.81f;
    private static final float h0 = 0.2f;
    private static final int v0min = 10;
    private static final int v0max = 25;
    private static final int xu_min = -25;
    private static final int xu_max = 25;
    private static final int yu_min = -145;
    private static final int yu_max = 145;

    @SuppressLint({"ClickableViewAccessibility", "DefaultLocale"})
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        final View tableView = findViewById(R.id.tableView);
        final ImageView deviceView = findViewById(R.id.deviceView);
        final ImageView ballView = findViewById(R.id.ballView);
        final View spinCanvasView = findViewById(R.id.spinCanvasView);
        final ImageView spinAxisView = findViewById(R.id.spinAxisView);
        final ImageView spinPointerView = findViewById(R.id.spinPointerView);
        final SeekBar speedSeekBar = findViewById(R.id.speedSeekBar);
        final Spinner delaySpinner = findViewById(R.id.delaySpinner);
        final Button startBtn = findViewById(R.id.startBtn);
```

```
69
70          phiTxt = findViewById(R.id.phiTxt);
71          alphaTxt = findViewById(R.id.alphaTxt);
72          v0Txt = findViewById(R.id.v0Txt);
73          v1Txt = findViewById(R.id.v1Txt);
74          v2Txt = findViewById(R.id.v2Txt);
75          v3Txt = findViewById(R.id.v3Txt);
76
77          final BtSend bt = new BtSend();
78          bt.init();
79          bt.run(this, (rcString, thisss) ->
80                  thisss.runOnUiThread(() ->
81                          startBtn.setText(rcString)));
82
83
84
85
86          tableView.setOnLongClickListener(event -> {
87              if (enableDevice) {
88                  enableDevice = false;
89                  deviceView.setBackgroundResource(R.drawable.device_nobg_grayy);
90              }
91              else {
92                  enableDevice = true;
93                  deviceView.setBackgroundResource(R.drawable.device_nobg);
94              }
95              return true;
96          });
97
98          tableView.setOnTouchListener((v, event)->{
99
100             deviceViewX = (int) deviceView.getX() + deviceView.getWidth()/2;
101             deviceViewY = (int) deviceView.getY() + deviceView.getHeight()/2;
102             ballViewX = (int) ballView.getX() + ballView.getWidth()/2;
103             ballViewY = (int) ballView.getY() + ballView.getHeight()/2;
104
105             v0 = (float) map(0, speedSeekBar.getMax(),
106                     v0min, v0max, speedSeekBar.getProgress());
107
108             spinPointerViewX = (int) spinPointerView.getX() +
                spinPointerView.getWidth()/2;
109             spinPointerViewY = (int) spinPointerView.getY() +
                spinPointerView.getHeight()/2;
110
111             xRot = (float) map(spinCanvasView.getY(), spinCanvasView.getY() +
112                     spinCanvasView.getHeight() - spinPointerView.getHeight(),
113                     xu_min, xu_max, spinPointerView.getY());
114             yRot = (float) map(spinCanvasView.getX(), spinCanvasView.getX() +
115                     spinCanvasView.getWidth() - spinPointerView.getWidth(),
116                     yu_min, yu_max, spinPointerView.getX());
117
118             v1 = v0 + 0.02f * yRot;
119             v2 = v0 - 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;
120             v3 = v0 + 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;
121
122
123             int tableViewXStart = (int) tableView.getX();
124             int tableViewXEnd = (int) tableView.getX() + tableView.getWidth();
125             int tableViewYStart = (int) tableView.getY();
126             int tableViewYEnd = (int) tableView.getY() + tableView.getHeight();
127
128             deviceViewX = (int) deviceView.getX() + deviceView.getWidth()/2;
129             deviceViewY = (int) deviceView.getY() + deviceView.getHeight()/2;
130             ballViewX = (int) ballView.getX() + ballView.getWidth()/2;
131             ballViewY = (int) ballView.getY() + ballView.getHeight()/2;
132
133             if(event.getX()>ballViewX-50 && event.getX()<ballViewX+50 &&
134                     event.getY()>ballViewY-50 && event.getY()<ballViewY+50){
```

```
                ballView.setX(event.getX()-ballView.getWidth()/2f);
                ballView.setY(event.getY()-ballView.getHeight()/2f);

                if (event.getX()<tableViewXStart+ballView.getWidth()/2){
                    ballView.setX(tableViewXStart);
                }
                if (event.getX()>tableViewXEnd-ballView.getWidth()/2){
                    ballView.setX(tableViewXEnd-ballView.getWidth());
                }
                if (event.getY()<tableViewYStart+ballView.getHeight()/2){
                    ballView.setY(tableViewYStart);
                }
                if (event.getY()>tableViewYEnd-ballView.getHeight()/2){
                    ballView.setY(tableViewYEnd-ballView.getHeight());
                }
            }

            if(event.getX()>deviceViewX-50 && event.getX()<deviceViewX+50 &&
                    event.getY()>deviceViewY-50 && event.getY()<deviceViewY+50 &&
                    enableDevice){
                deviceView.setX(event.getX()-deviceView.getWidth()/2f);
                deviceView.setY(event.getY()-deviceView.getHeight()/2f);

                if (event.getX()<tableViewXStart+deviceView.getWidth()/2){
                    deviceView.setX(tableViewXStart);
                }
                if (event.getX()>tableViewXEnd-deviceView.getWidth()/2){
                    deviceView.setX(tableViewXEnd-deviceView.getWidth());
                }
                if (event.getY()<tableViewYStart+deviceView.getHeight()/2){
                    deviceView.setY(tableViewYStart);
                }
                if (event.getY()>tableViewYEnd-deviceView.getHeight()/2){
                    deviceView.setY(tableViewYEnd-deviceView.getHeight());
                }
            }


            if(event.getAction()==MotionEvent.ACTION_UP){
                if(deviceViewX==ballViewX && deviceViewY==ballViewY){
                    ballView.setY(ballView.getY()+300);
                }
            }

            deviceViewXmapped = (float) map(tableView.getX(), tableView.getWidth(),
                    0f, 1.525, deviceViewX);
            deviceViewYmapped = (float) map(tableView.getY(), tableView.getHeight(),
                    0f, 2.74, deviceViewY);
            ballViewXmapped = (float) map(tableView.getX(), tableView.getWidth(),
                    0f, 1.525, ballViewX);
            ballViewYmapped = (float) map(tableView.getY(), tableView.getHeight(),
                    0f, 2.74, ballViewY);

            d = (float) Math.sqrt((deviceViewXmapped-ballViewXmapped)*
                    (deviceViewXmapped-ballViewXmapped)+(deviceViewYmapped
                    -ballViewYmapped)*
                    (deviceViewYmapped -ballViewYmapped));
            phi = (float) Math.atan((ballViewXmapped-deviceViewXmapped)/
                    (ballViewYmapped-deviceViewYmapped));
            alpha =
            2f*Math.atan((d-Math.sqrt(d*d+h0*h0-(g*d*d/(2f*v0))*(g*d*d/(2f*v0))))/
                    (h0+(g*d*d/(2f*v0))));

            setAll();

            return true;
        });

```

```
200         spinCanvasView.setOnTouchListener((v, event)->{
201
202             deviceViewX = (int) deviceView.getX() + deviceView.getWidth()/2;
203             deviceViewY = (int) deviceView.getY() + deviceView.getHeight()/2;
204             ballViewX = (int) ballView.getX() + ballView.getWidth()/2;
205             ballViewY = (int) ballView.getY() + ballView.getHeight()/2;
206
207             v0 = (float) map(0, speedSeekBar.getMax(),
208                     v0min, v0max, speedSeekBar.getProgress());
209
210             deviceViewXmapped = (float) map(tableView.getX(), tableView.getWidth(),
211                     0f, 1.525, deviceViewX);
212             deviceViewYmapped = (float) map(tableView.getY(), tableView.getHeight(),
213                     0f, 2.74, deviceViewY);
214             ballViewXmapped = (float) map(tableView.getX(), tableView.getWidth(),
215                     0f, 1.525, ballViewX);
216             ballViewYmapped = (float) map(tableView.getY(), tableView.getHeight(),
217                     0f, 2.74, ballViewY);
218             d = (float) Math.sqrt((deviceViewXmapped-ballViewXmapped)*
219                     (deviceViewXmapped-ballViewXmapped)+(deviceViewYmapped
                        -ballViewYmapped)*
220                     (deviceViewYmapped -ballViewYmapped));
221             phi = (float) Math.atan((ballViewXmapped-deviceViewXmapped)/
222                     (ballViewYmapped-deviceViewYmapped));
223             alpha =
                2f*Math.atan((d-Math.sqrt(d*d+h0*h0-(g*d*d/(2f*v0))*(g*d*d/(2f*v0)))/
224                     (h0+(g*d*d/(2f*v0))));
225
226             spinPointerViewX = (int) spinPointerView.getX() +
                spinPointerView.getWidth()/2;
227             spinPointerViewY = (int) spinPointerView.getY() +
                spinPointerView.getHeight()/2;
228
229             xRot = (float) map(spinCanvasView.getY(), spinCanvasView.getY() +
230                     spinCanvasView.getHeight() - spinPointerView.getHeight(),
231                     xu_min, xu_max, spinPointerView.getY());
232             yRot = (float) map(spinCanvasView.getX(), spinCanvasView.getX() +
233                     spinCanvasView.getWidth() - spinPointerView.getWidth(),
234                     yu_min, yu_max, spinPointerView.getX());
235
236
237             float a = event.getX() + spinCanvasView.getX();
238             float b = event.getY() + spinCanvasView.getY();
239             int r = spinCanvasView.getWidth()/2 - spinPointerView.getWidth()/2;
240             float x00 = spinCanvasView.getX() + r;
241             float y00 = spinCanvasView.getY() + r;
242
243             if (event.getX() > spinCanvasView.getWidth() -
                spinPointerView.getWidth()) {
244                 a = spinCanvasView.getX() + spinCanvasView.getWidth() -
                    spinPointerView.getWidth();
245             }
246             if (event.getX() < 0) {
247                 a = (int) spinCanvasView.getX();
248             }
249
250             double y1_lim = Math.sqrt(Math.pow(r, 2)-Math.pow(a-x00, 2))+y00;
251             double y2_lim = -Math.sqrt(Math.pow(r, 2)-Math.pow(a-x00, 2))+y00;
252
253             if (y1_lim < b)
254                 b = (float) y1_lim;
255             if (y2_lim > b)
256                 b = (float) y2_lim;
257
258             spinPointerView.setX(a);
259             spinPointerView.setY(b);
260
261             float x_lok = (float) map(spinCanvasView.getX(),
```

```
                spinCanvasView.getWidth() +
262                     spinCanvasView.getX()- spinPointerView.getWidth(),
263                     -spinCanvasView.getWidth()/2f, spinCanvasView.getWidth()/2f, a);
264             float y_lok = (float) map(spinCanvasView.getY(),
                spinCanvasView.getHeight() +
265                     spinCanvasView.getX()- spinPointerView.getHeight(),
266                     spinCanvasView.getHeight()/2f, spinCanvasView.getHeight()*2, b);
267             int axisRotDeg= (int) -(Math.atan2(y_lok, x_lok)*180/Math.PI);
268             spinAxisView.setRotation(axisRotDeg);
269             spinPointerView.setRotation(axisRotDeg);
270
271             v1 = v0 + 0.02f * yRot;
272             v2 = v0 - 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;
273             v3 = v0 + 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;
274
275             setAll();
276
277             return true;
278         });
279
280
281         speedSeekBar.setOnSeekBarChangeListener(new
            SeekBar.OnSeekBarChangeListener() {
282             @Override
283             public void onProgressChanged(SeekBar seekBar, int progress, boolean
                fromUser) {
284
285             }
286
287             @Override
288             public void onStartTrackingTouch(SeekBar seekBar) {
289
290             }
291
292             @Override
293             public void onStopTrackingTouch(SeekBar seekBar) {
294
295                 deviceViewX = (int) deviceView.getX() + deviceView.getWidth()/2;
296                 deviceViewY = (int) deviceView.getY() + deviceView.getHeight()/2;
297                 ballViewX = (int) ballView.getX() + ballView.getWidth()/2;
298                 ballViewY = (int) ballView.getY() + ballView.getHeight()/2;
299
300                 v0 = (float) map(0, speedSeekBar.getMax(),
301                         v0min, v0max, speedSeekBar.getProgress());
302
303                 deviceViewXmapped = (float) map(tableView.getX(),
                    tableView.getWidth(),
304                         0f, 1.525, deviceViewX);
305                 deviceViewYmapped = (float) map(tableView.getY(),
                    tableView.getHeight(),
306                         0f, 2.74, deviceViewY);
307                 ballViewXmapped = (float) map(tableView.getX(), tableView.getWidth(),
308                         0f, 1.525, ballViewX);
309                 ballViewYmapped = (float) map(tableView.getY(), tableView.getHeight(),
310                         0f, 2.74, ballViewY);
311                 d = (float) Math.sqrt((deviceViewXmapped-ballViewXmapped)*
312                         (deviceViewXmapped-ballViewXmapped)+(deviceViewYmapped
                            -ballViewYmapped)*
313                         (deviceViewYmapped -ballViewYmapped));
314                 phi = (float) Math.atan((ballViewXmapped-deviceViewXmapped)/
315                         (ballViewYmapped-deviceViewYmapped));
316                 alpha =
                    2f*Math.atan((d-Math.sqrt(d*d+h0*h0-(g*d*d/(2f*v0))*(g*d*d/(2f*v0))))/
317                         (h0+(g*d*d/(2f*v0))));
318
319                 spinPointerViewX = (int) spinPointerView.getX() +
                    spinPointerView.getWidth()/2;
320                 spinPointerViewY = (int) spinPointerView.getY() +
```

```
                    spinPointerView.getHeight()/2;

                    xRot = (float) map(spinCanvasView.getY(), spinCanvasView.getY() +
                            spinCanvasView.getHeight() - spinPointerView.getHeight(),
                            xu_min, xu_max, spinPointerView.getY());
                    yRot = (float) map(spinCanvasView.getX(), spinCanvasView.getX() +
                            spinCanvasView.getWidth() - spinPointerView.getWidth(),
                            yu_min, yu_max, spinPointerView.getX());

                    v1 = v0 + 0.02f * yRot;
                    v2 = v0 - 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;
                    v3 = v0 + 0.0173f * xRot - 0.01f * yRot;

                    setAll();
                }
            });

            delaySpinner.setOnItemSelectedListener(new
            AdapterView.OnItemSelectedListener() {
                @Override
                public void onItemSelected(AdapterView<?> parent, View view, int
                position, long id) {
                    String delayS = (String) delaySpinner.getSelectedItem();
                    delayS = delayS.replace("DELAY (", "");
                    delayS = delayS.replace(")", "");
                    delay = Float.parseFloat(delayS)*1000;
                    setAll();
                }

                @Override
                public void onNothingSelected(AdapterView<?> parent) {

                }
            });

            startBtn.setOnClickListener(v -> {
                bt.write(String.format("Helllo %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f, %.2f,
                %.2f\n",
                        v1, v2, v3, phi, alpha, delay ));
            });



        }

        public void setAll(){
            phiTxt.setText(String.format("%s", toText(phi,2)));
            alphaTxt.setText(String.format("%s", toText(alpha,2)));
            v0Txt.setText(String.format("%s", toText(v0,2)));
            v1Txt.setText(String.format("%s", toText(d*d+h0*h0-sec*sec,2)));
            v2Txt.setText(String.format("%s", toText(v2,2)));
            v3Txt.setText(String.format("%s", toText(v3,2)));
        }

        public double map(double xamin, double xamax, double xbmin, double xbmax, double
        xa){
            double xb;
            xb=(xbmax-xbmin)*(xa-xamin)/(xamax-xamin)+xbmin;
            return xb;
        }

        public double toText (double xu, int d){
            double xi;
            xi=((double) ((int) (xu*Math.pow(10, d)))/Math.pow(10, d));
            return xi;
        }
    }

```

```java
package com.example.tateapp;

import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.bluetooth.BluetoothSocket;
import android.os.ParcelUuid;
import android.util.Log;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.InputStream;
import java.io.InputStreamReader;
import java.io.OutputStream;
import java.io.OutputStreamWriter;
import java.util.Iterator;
import java.util.Set;

public class BtSend {

    private OutputStream outputStream;
    private InputStream inStream;
    private OutputStreamWriter outWrite;
    private BufferedReader inWriter;

    public void init() {
        BluetoothAdapter blueAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
        if (blueAdapter != null) {
            if (blueAdapter.isEnabled()) {
                Set<BluetoothDevice> bondedDevices = blueAdapter.getBondedDevices();

                if(bondedDevices.size() > 0) {


                    BluetoothDevice device = null;

                    for (Iterator<BluetoothDevice> it = bondedDevices.iterator();
                    it.hasNext(); ) {
                        BluetoothDevice d = it.next();
                        if (d.getAddress().equals("24:0A:C4:06:DD:32"))
                            device = d;
                    }
                    try {
                        ParcelUuid[] uuids = device.getUuids();
                        BluetoothSocket socket =

                                device.createRfcommSocketToServiceRecord(uuids[0].getU
                                uid());
                        socket.connect();
                        outputStream = socket.getOutputStream();
                        inStream = socket.getInputStream();
                        inWriter = new BufferedReader(new
                        InputStreamReader(inStream));
                        outWrite = (new OutputStreamWriter(outputStream));
                    }catch (Exception e) {
                        e.printStackTrace();
                    }

                }
                Log.e("error", "No appropriate paired devices.");
            } else {
                Log.e("error", "Bluetooth is disabled.");
            }
        }
    }
    public void write(String msg)  {
        try {
            outWrite.write(msg);
            outWrite.flush();
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
```

```
65            }
66        }
67
68        Thread t;
69        public void run(MainActivity di, OnReceiveInterface ori) {
70            t = new Thread(() -> {
71                while(true) {
72                    try {
73                        String a = inWriter.readLine();
74                        ori.Action(a, di);
75                    } catch (Exception e) {
76                        e.printStackTrace();
77                    }
78                }
79            });
80            t.start();
81        }
82    }
83
84
```

```java
package com.example.tateapp;

public interface OnReceiveInterface {
    void Action(String s, MainActivity di);
}
```

```xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<android.support.constraint.ConstraintLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".MainActivity">

    <ImageView
        android:id="@+id/tableImageView"
        android:layout_width="290dp"
        android:layout_height="400dp"
        android:layout_marginStart="8dp"
        android:layout_marginTop="8dp"
        android:adjustViewBounds="false"
        android:scaleType="fitXY"
        app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
        app:layout_constraintTop_toTopOf="parent"
        app:srcCompat="@drawable/table" />

    <Button
        android:id="@+id/startBtn"
        android:layout_width="150dp"
        android:layout_height="75dp"
        android:layout_marginEnd="8dp"
        android:layout_marginBottom="8dp"
        android:background="@drawable/start_btn"
        android:text="START EXERCISE"
        android:textSize="16sp"
        app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
        app:layout_constraintEnd_toEndOf="parent" />

    <SeekBar
        android:id="@+id/speedSeekBar"
        android:layout_width="425dp"
        android:layout_height="75dp"
        android:layout_marginStart="113dp"
        android:layout_marginTop="170dp"
        android:rotation="270"
        app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
        app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />

    <Button
        android:id="@+id/saveShotBtn"
        android:layout_width="85dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginStart="4dp"
        android:layout_marginTop="4dp"
        android:text="SAVE SHOT"
        android:textSize="10sp"
        app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/spinCanvasImageView"
        app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/tableImageView" />

    <Button
        android:id="@+id/editShotBtn"
        android:layout_width="85dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginStart="4dp"
        android:layout_marginTop="4dp"
        android:text="EDIT SHOT (3)"
        android:textSize="10sp"
        app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/saveShotBtn"
        app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/tableImageView" />

    <TextView
        android:id="@+id/textView"
        android:layout_width="wrap_content"
```

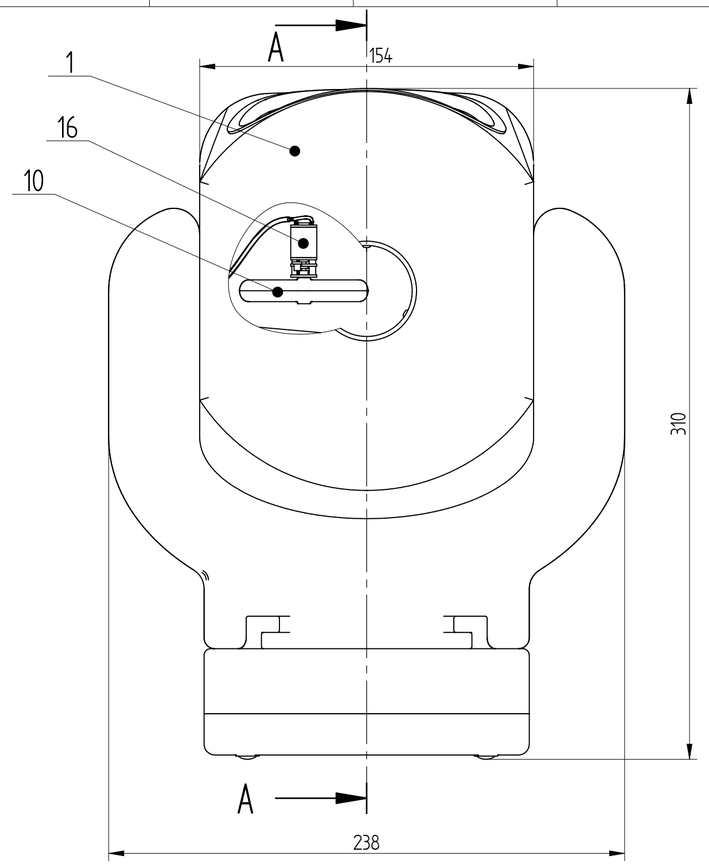
```
            android:layout_height="wrap_content"
            android:text="SPIN"
            android:textColor="@color/deepSkyBlue"
            android:textSize="36sp"
            app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintEnd_toEndOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintStart_toStartOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/spinCanvasImageView" />

        <Button
            android:id="@+id/saveExerBtn"
            android:layout_width="85dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="4dp"
            android:layout_marginTop="4dp"
            android:text="SAVE EXERCISE"
            android:textSize="10sp"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/saveShotBtn" />

        <Button
            android:id="@+id/editExerBtn"
            android:layout_width="85dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="4dp"
            android:layout_marginTop="4dp"
            android:text="EDIT EXERCISE (2)"
            android:textSize="10sp"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/saveExerBtn"
            app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/editShotBtn" />

        <ImageView
            android:id="@+id/spinCanvasImageView"
            android:layout_width="140dp"
            android:layout_height="140dp"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginTop="8dp"
            android:scaleType="fitXY"
            app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
            app:layout_constraintTop_toBottomOf="@+id/tableImageView"
            app:srcCompat="@drawable/spin_ball" />

        <ImageView
            android:id="@+id/spinAxisView"
            android:layout_width="125dp"
            android:layout_height="125dp"
            app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintEnd_toEndOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintStart_toStartOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/spinCanvasImageView"
            app:srcCompat="@drawable/axis_removebg" />

        <ImageView
            android:id="@+id/spinPointerView"
            android:layout_width="20dp"
            android:layout_height="20dp"
            android:layout_marginEnd="32dp"
            android:layout_marginBottom="32dp"
            app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/spinAxisView"
            app:layout_constraintEnd_toEndOf="@+id/spinAxisView"
            app:srcCompat="@drawable/spin_pointer" />

        <ImageView
            android:id="@+id/ballView"
            android:layout_width="20dp"
            android:layout_height="20dp"
            android:layout_marginStart="64dp"
            android:layout_marginBottom="45dp"
```

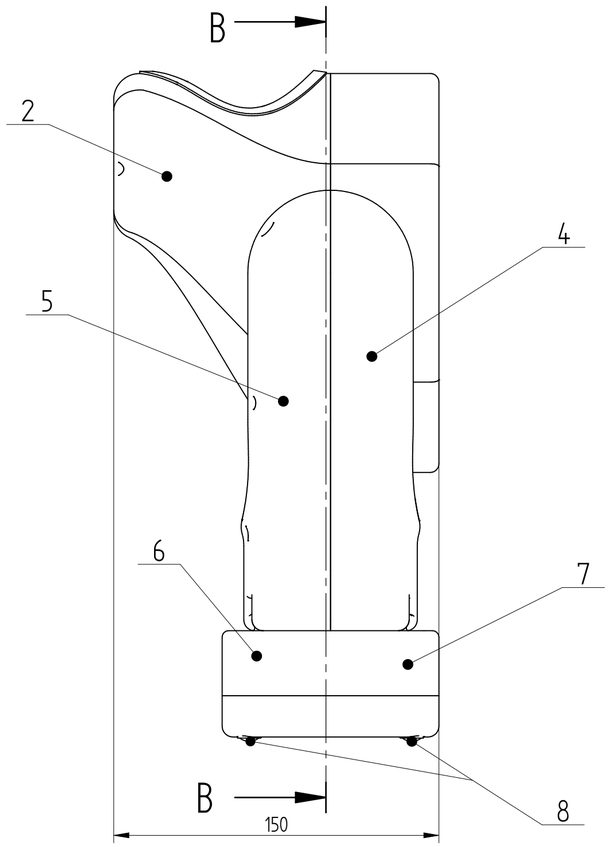
```
137             app:layout_constraintBottom_toBottomOf="@+id/tableImageView"
138             app:layout_constraintStart_toStartOf="@+id/tableImageView"
139             app:srcCompat="@drawable/ping_pong_ball" />
140
141         <ImageView
142             android:id="@+id/deviceView"
143             android:layout_width="35dp"
144             android:layout_height="35dp"
145             android:layout_marginTop="16dp"
146             android:layout_marginEnd="95dp"
147             app:layout_constraintEnd_toEndOf="@+id/tableImageView"
148             app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/tableImageView"
149             app:srcCompat="@drawable/device_nobg" />
150
151         <View
152             android:id="@+id/tableView"
153             android:layout_width="290dp"
154             android:layout_height="400dp"
155             android:layout_marginStart="8dp"
156             android:layout_marginTop="8dp"
157             app:layout_constraintStart_toStartOf="parent"
158             app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
159
160         <View
161             android:id="@+id/spinCanvasView"
162             android:layout_width="140dp"
163             android:layout_height="140dp"
164             app:layout_constraintStart_toStartOf="@+id/spinCanvasImageView"
165             app:layout_constraintTop_toTopOf="@+id/spinCanvasImageView" />
166
167         <TextView
168             android:id="@+id/textView14"
169             android:layout_width="18dp"
170             android:layout_height="wrap_content"
171             android:layout_marginStart="40dp"
172             android:layout_marginBottom="8dp"
173             android:text="v3:"
174             android:textSize="5sp"
175             app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
176             app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />
177
178         <TextView
179             android:id="@+id/textView2"
180             android:layout_width="18dp"
181             android:layout_height="wrap_content"
182             android:layout_marginStart="40dp"
183             android:layout_marginBottom="8dp"
184             android:text="v2:"
185             android:textSize="5sp"
186             app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/v3Txt"
187             app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />
188
189         <TextView
190             android:id="@+id/textView4"
191             android:layout_width="18dp"
192             android:layout_height="wrap_content"
193             android:layout_marginStart="40dp"
194             android:layout_marginBottom="8dp"
195             android:text="v1:"
196             android:textSize="5sp"
197             app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/textView2"
198             app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />
199
200         <TextView
201             android:id="@+id/textView5"
202             android:layout_width="18dp"
203             android:layout_height="wrap_content"
204             android:layout_marginStart="40dp"
```

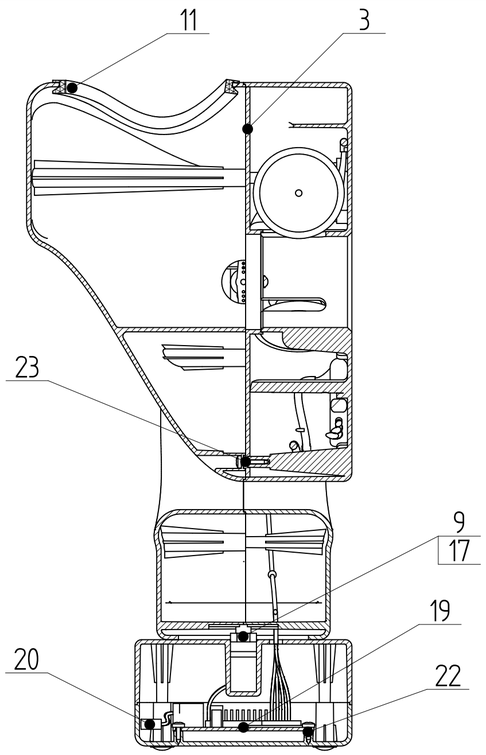
```
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="v0:"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/textView4"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />

        <TextView
            android:id="@+id/textView6"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="40dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="Alpha:"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/textView5"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />

        <TextView
            android:id="@+id/textView8"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="40dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="Phi:"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/textView6"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/delaySpinner" />

        <TextView
            android:id="@+id/v3Txt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView14" />

        <TextView
            android:id="@+id/v2Txt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/v3Txt"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView2" />

        <TextView
            android:id="@+id/v1Txt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/v2Txt"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView4" />

        <TextView
            android:id="@+id/v0Txt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
```

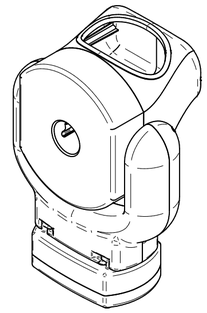
```
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/v1Txt"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView5" />

        <TextView
            android:id="@+id/alphaTxt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/v0Txt"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView6" />

        <TextView
            android:id="@+id/phiTxt"
            android:layout_width="18dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:text="0"
            android:textSize="5sp"
            app:layout_constraintBottom_toTopOf="@+id/alphaTxt"
            app:layout_constraintStart_toEndOf="@+id/textView8" />

        <Spinner
            android:id="@+id/delaySpinner"
            android:layout_width="105dp"
            android:layout_height="30dp"
            android:layout_marginStart="8dp"
            android:layout_marginBottom="8dp"
            android:background="@color/btnGray"
            android:entries="@array/delayTime"
            android:spinnerMode="dropdown"
            android:textSize="9pt"
            app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"
            app:layout_constraintStart_toStartOf="parent" />

    </android.support.constraint.ConstraintLayout>
```

```xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    package="com.example.tateapp">

    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />
    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="@string/app_name"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
        android:supportsRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme"
        tools:ignore="GoogleAppIndexingWarning">
        <activity android:name=".MainActivity">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
    </application>

</manifest>
```

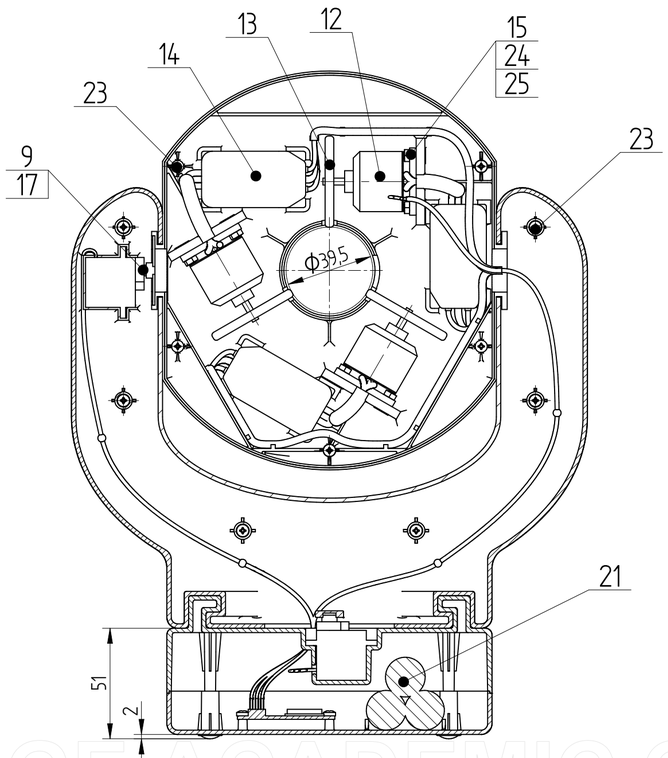








Presjek A-A



Presjek B-B

Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj	Materijal	Sirove dimenzije	Masa
25	Matica M3	12	DIN 934	8.8	M3	0,000 kg
24	Vijak M3x10	24	ISO 7046	8.8	M3x10	0,001 kg
23	Vijak ST2,9x13	15	ISO 7049	8.8	ST2,9x13	0,001 kg
22	Vijak ST2,9x8	4	ISO 7049	8.8	ST2,9x8	0,001 kg
21	Baterije	1	INR18650-25	-	Ø18x65	0,138 kg
20	Ženski USB-c priključak	1	-	-	14x10x5	0,003 kg
19	Tiskana pločica	1	-	-	65x45x13	0,021 kg
17	Servo motor	2	SG90	-	32x30x12	0,012 kg
16	Motor n20	1	N20 Motor	-	35x12x10	0,018 kg
15	Podloška za motor	3	Turnigy	C15	41x41x3	0,009 kg
14	Kontroler brzine motora	3	G-Sun 20A	-	48x26x8	0,020 kg
13	Tarenica	3	-	ABS	Ø42x3	0,005 kg
12	Motor	3	Turnigy	-	Ø26x27	0,047 kg
11	Gumeni rub	1	AR-2019-011	EPDM	6x6x315	0,010 kg
10	Lopatice	1	AR-2019-010	ABS	66x12x7	0,001 kg
9	Nastavak za servo motor	2	AR-2019-009	ABS	32x7x4	0,000 kg
8	Gumena nožica	4	AR-2019-008	EPDM	Ø10x7	0,000 kg
7	Postolje B	1	AR-2019-007	ABS	150x100x20	0,044 kg
6	Postolje A	1	AR-2019-006	ABS	150x100x45	0,075 kg
5	Nosač B	1	AR-2019-005	ABS	238x203x41	0,116 kg
4	Nosač A	1	AR-2019-004	ABS	238x203x40	0,113 kg
3	Središnja ploča kućišta	1	AR-2019-003	ABS	180x150x20	0,046 kg
2	Kućište B	1	AR-2019-002	ABS	184x164x101	0,143 kg
1	Kućište A	1	AR-2019-001	ABS	184x164x50	0,169 kg

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing	
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing	

FSB Zagreb
Studij strojarstva

ISO - tolerancije

Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Smjer: Konstrukcijski

Kopija

Materijal:

Masa: 1,214 kg

ZAVRŠNI RAD

Mjerilo originala 1:2

Naziv: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis

Pozicija:

Format: A2

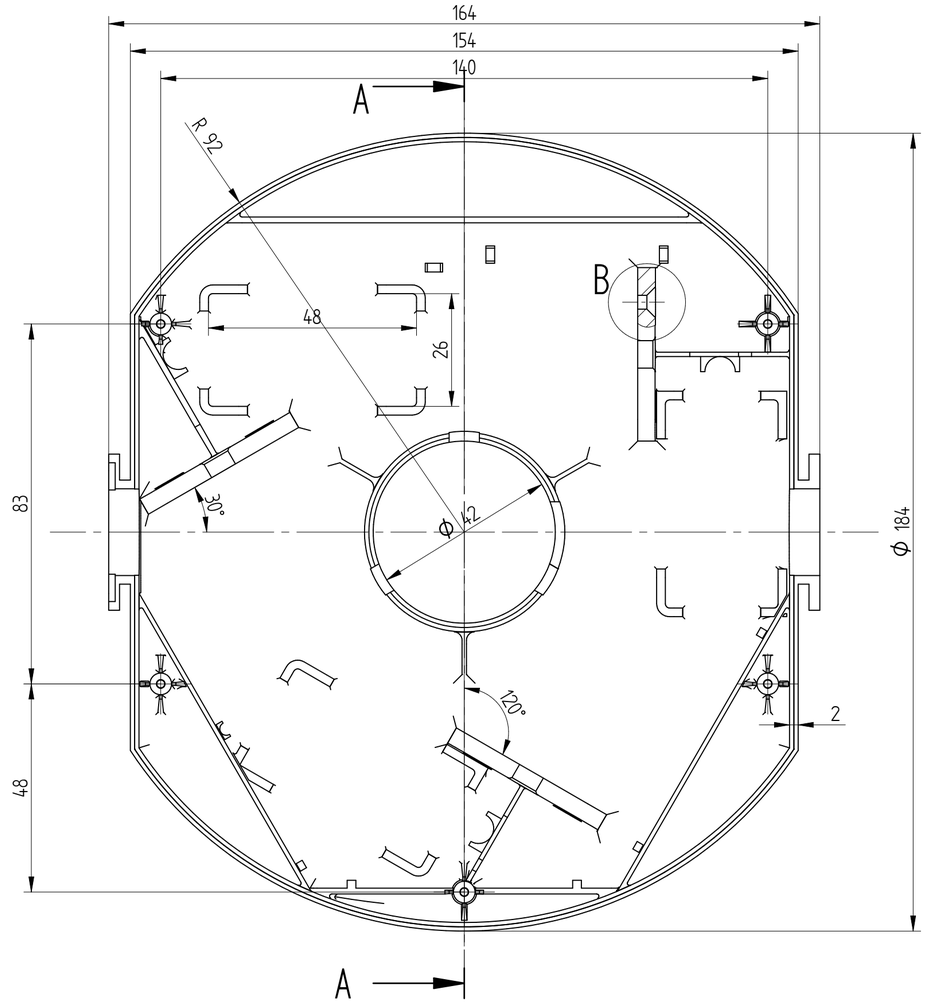
Listova: 1

Crtež broj: AR-2019-000

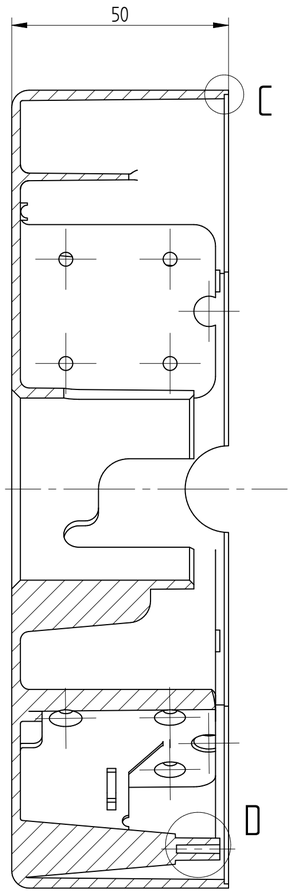
List: 1

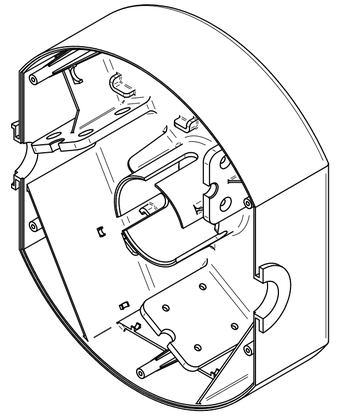
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

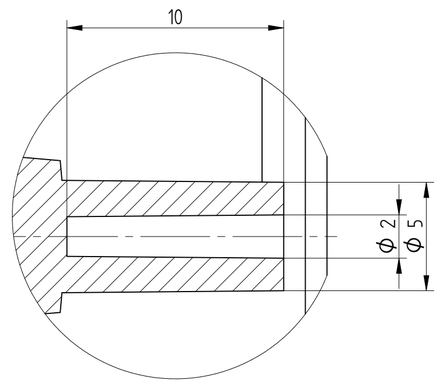
Design by CADLab



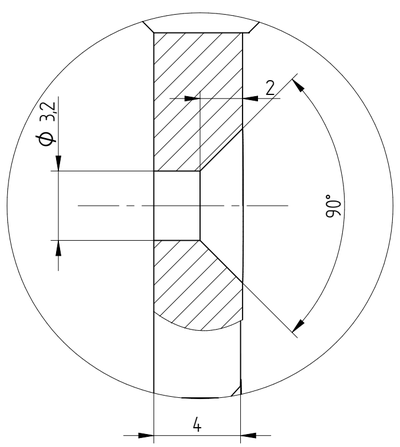
Presjek A-A



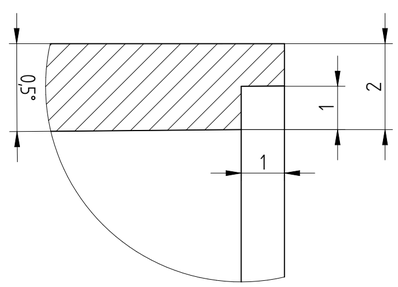




Detalj D
M5:1



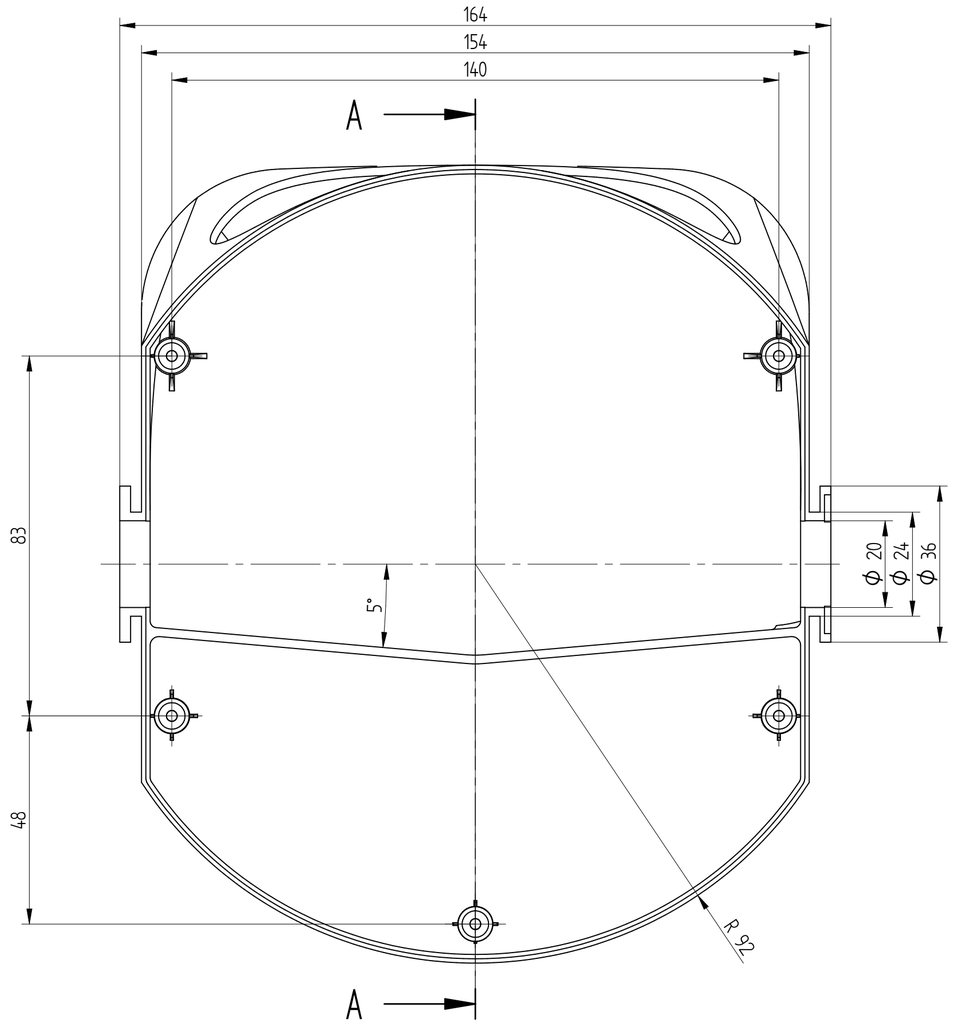
Detalj B
M5:1

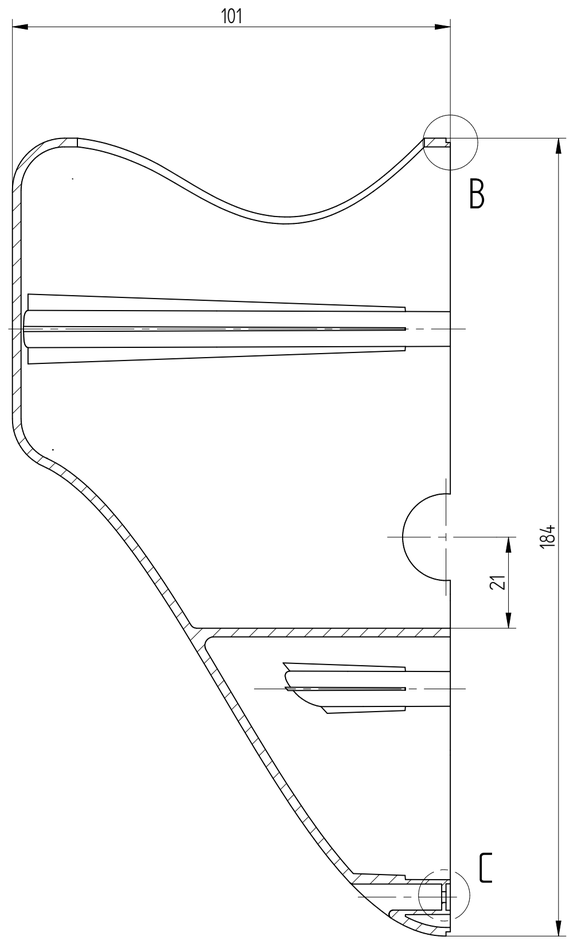


Detalj C
M10:1

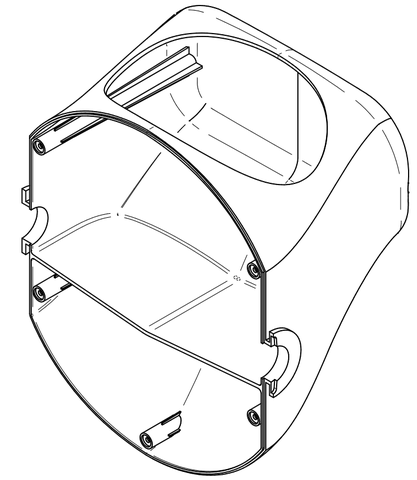
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,169 kg		ZAVRŠNI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Kućište A		Pozicija: 1	Format: A2
		Crtež broj: AR-2019-001			Listova: 1
					List: 1

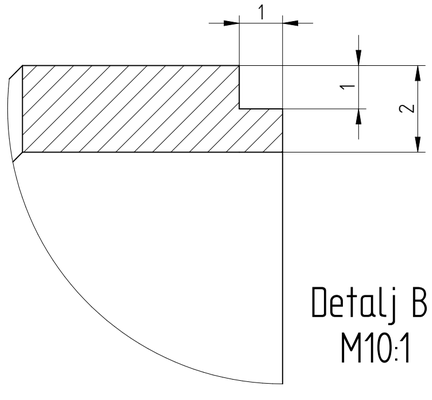
SOLID EDGE ACADEMIC COPY
Design by CADLab



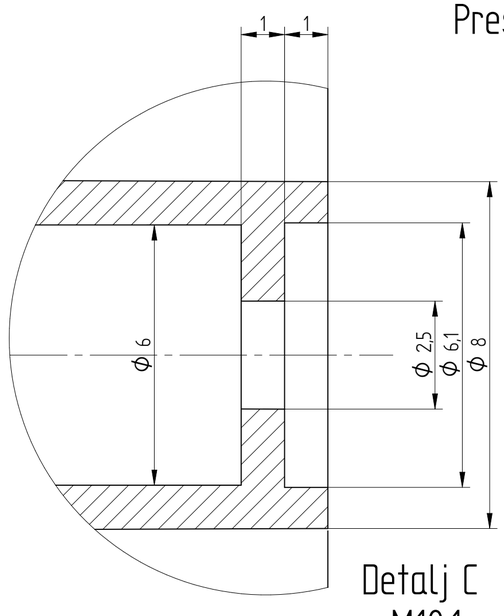


Presjek A–A





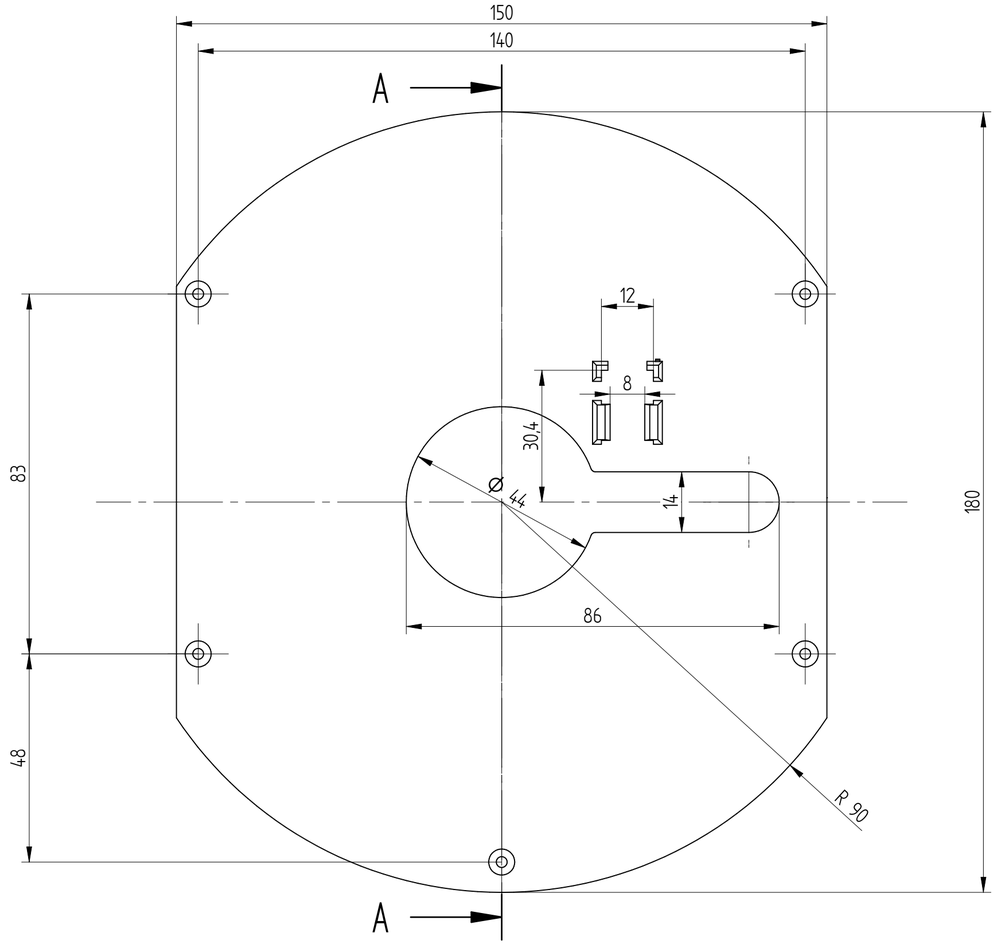
Detalj B
M10:1

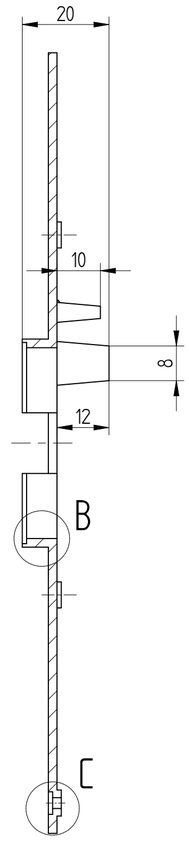


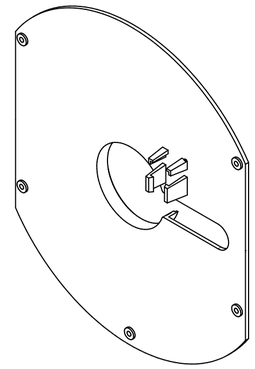
Detalj C
M10:1

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,143 kg		DIPLOMSKI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Kućište B		Pozicija: 2	Format: A2
		Crtež broj: AR-2019-002			Listova: 1
					List: 1

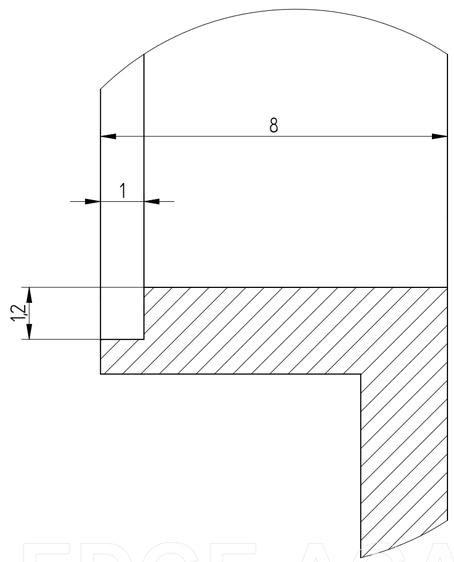
Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



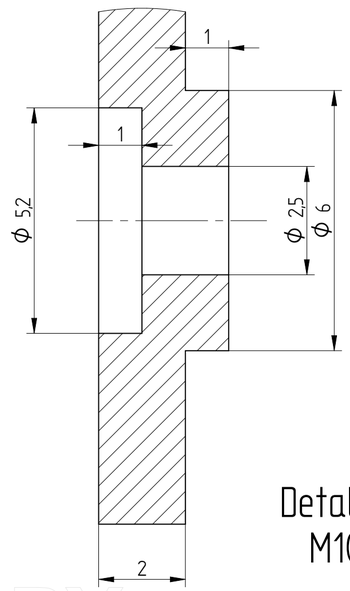




Presjek A-A



Detalj B
M10:1



Detalj C
M10:1

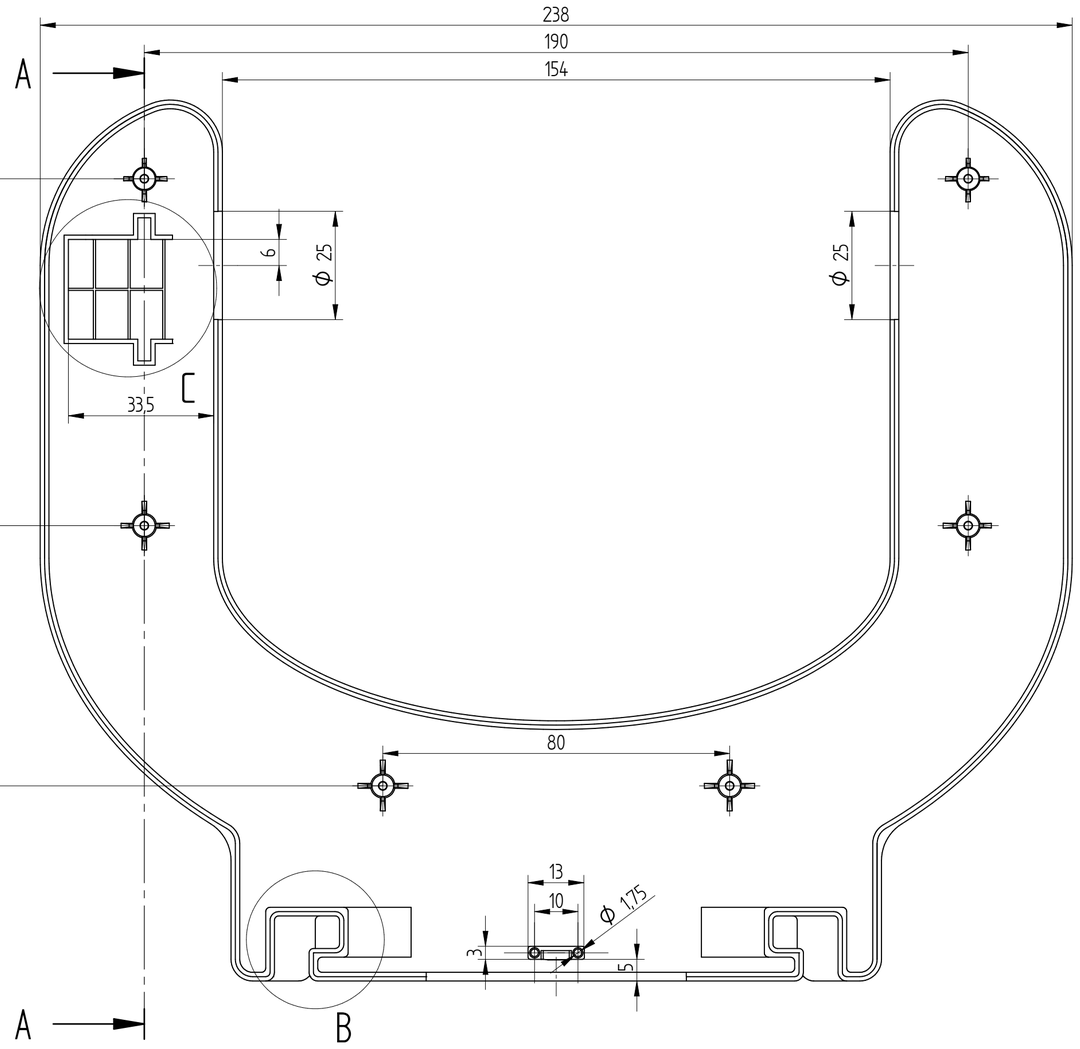
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko	
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing	
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing	

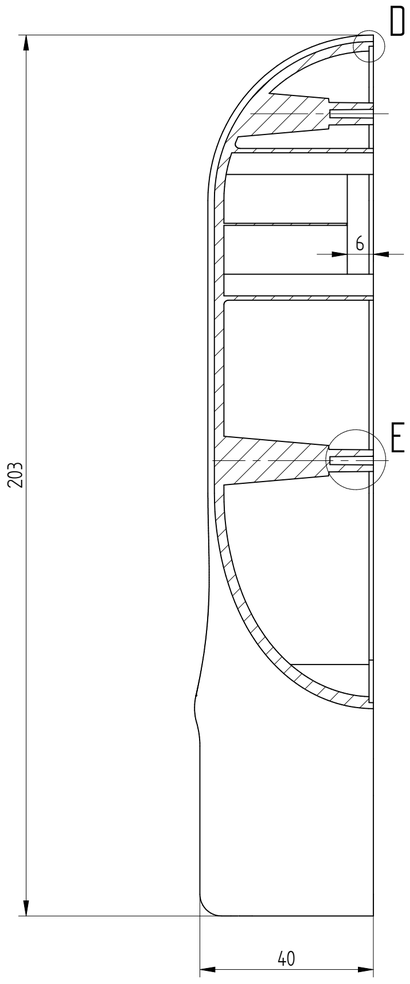
FSB Zagreb
Studij strojarstva

ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis	Objekt broj:	
		R. N. broj:	
	Napomena:	Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,046 kg	ZAVRŠNI RAD
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Središnja ploča kućišta	Pozicija: 3
		Crtež broj: AR-2019-003	Format: A2
			Listova: 1
			List: 1

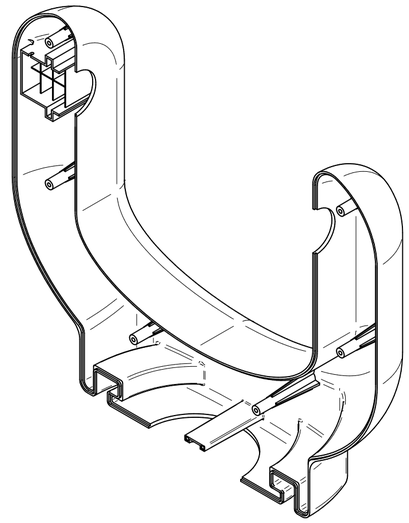
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

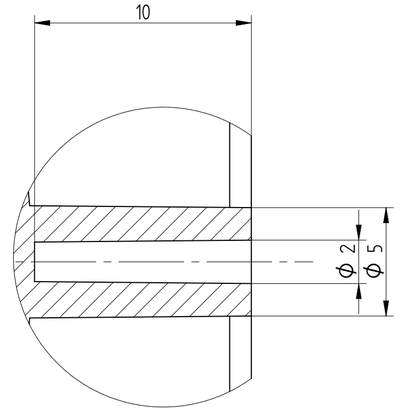
Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



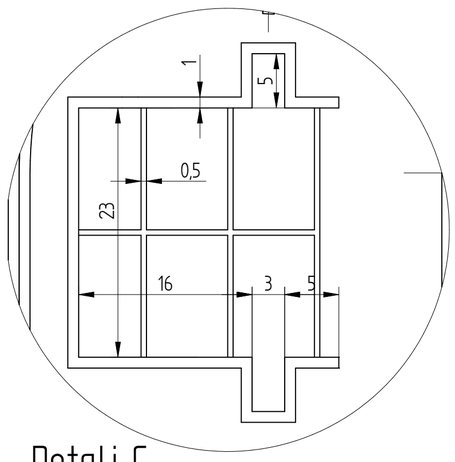


Presjek A–A

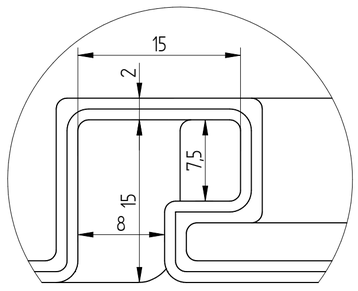




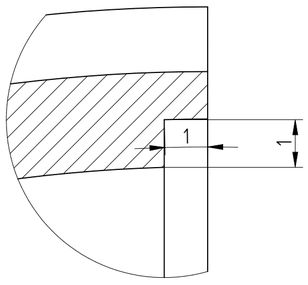
Detalj E
M5:1



Detalj C
M2,5:1



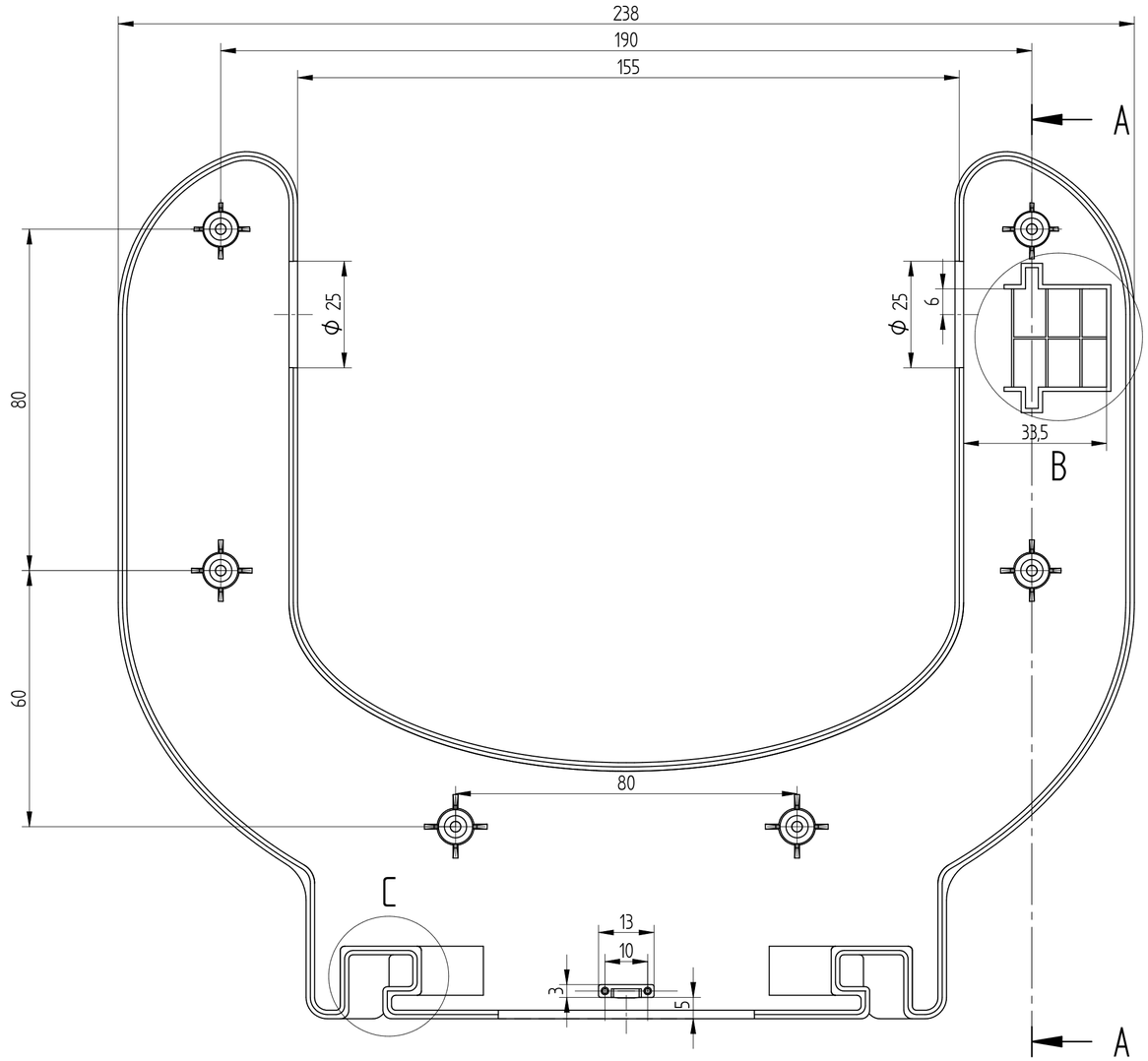
Detalj B
M2,5:1

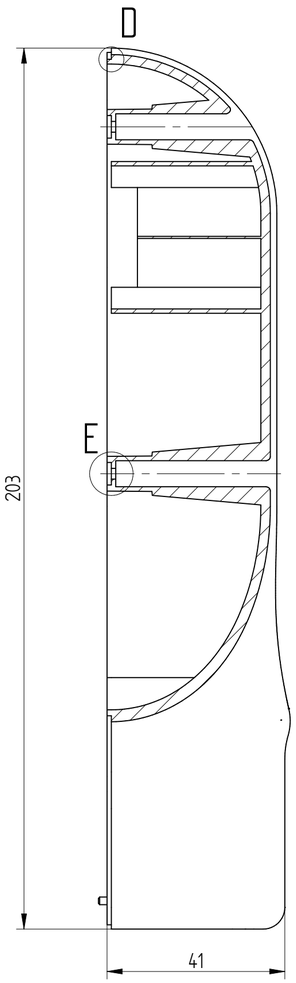


Detalj D
M10:1

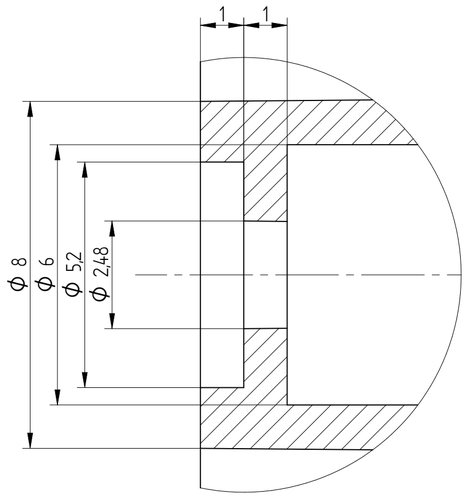
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,113 kg		ZAVRŠNI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Nosač A		Pozicija: 4	Format: A2
		Crtež broj: AR-2019-004			Listova: 1
					List: 1

Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

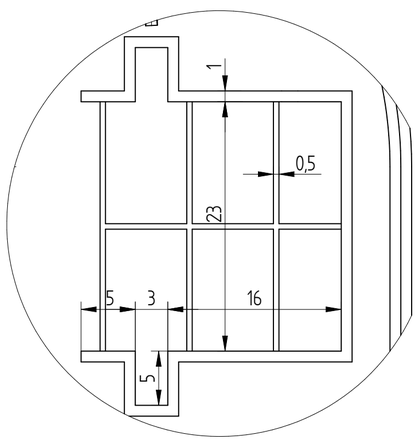




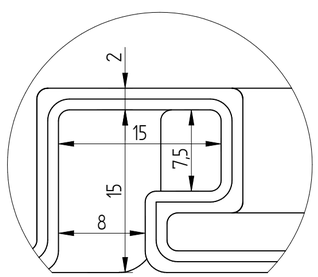
Presjek A–A



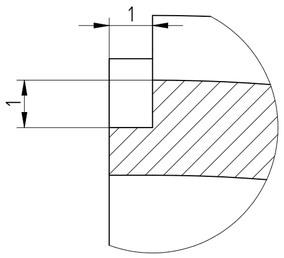
Detalj E
M10:1



Detalj B
M2,5:1



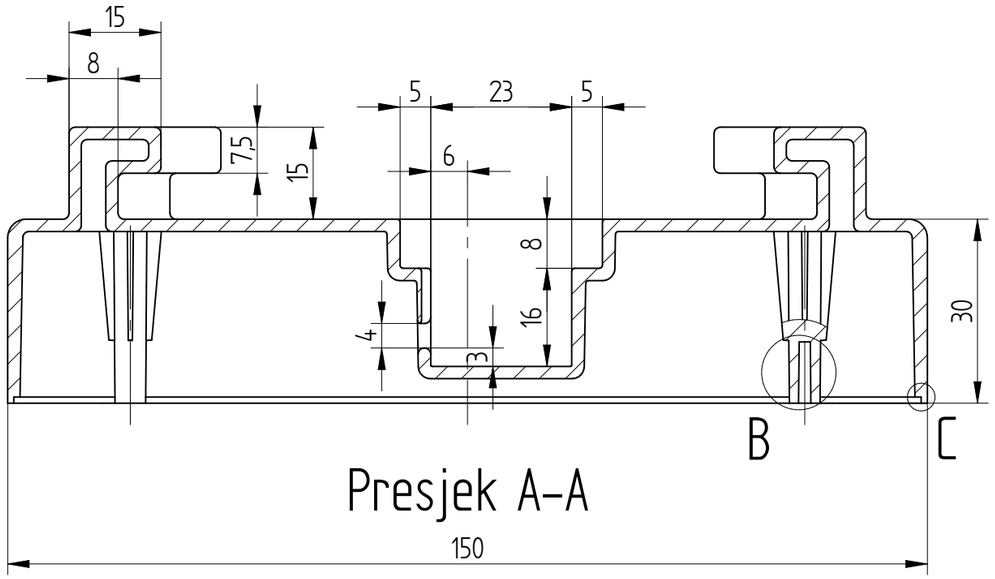
Detalj C
M2,5:1



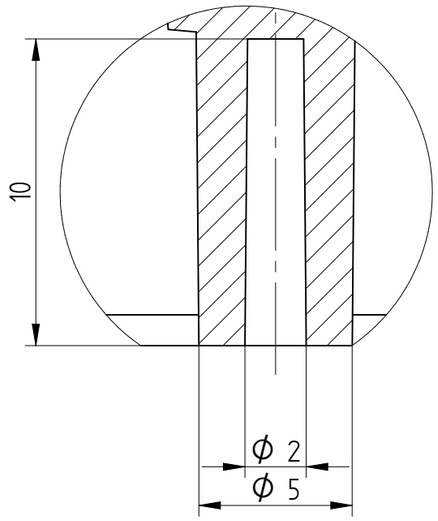
Detalj D
M10:1

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,116 kg		ZAVRŠNI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Nosač B		Pozicija: 5	Format: A2
		Crtež broj: AR–2019–005			Listova: 1
					List: 1

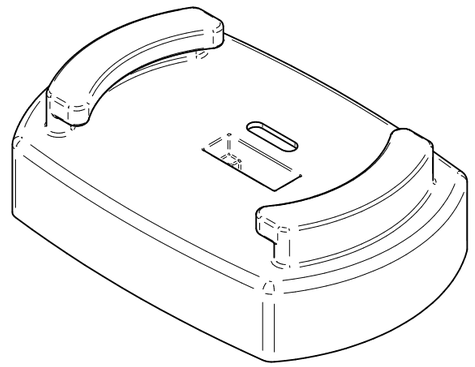
Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

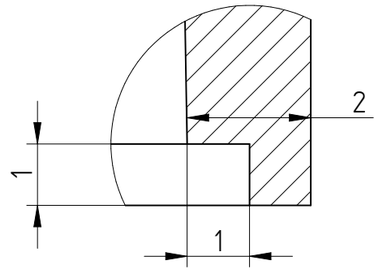


Presjek A–A

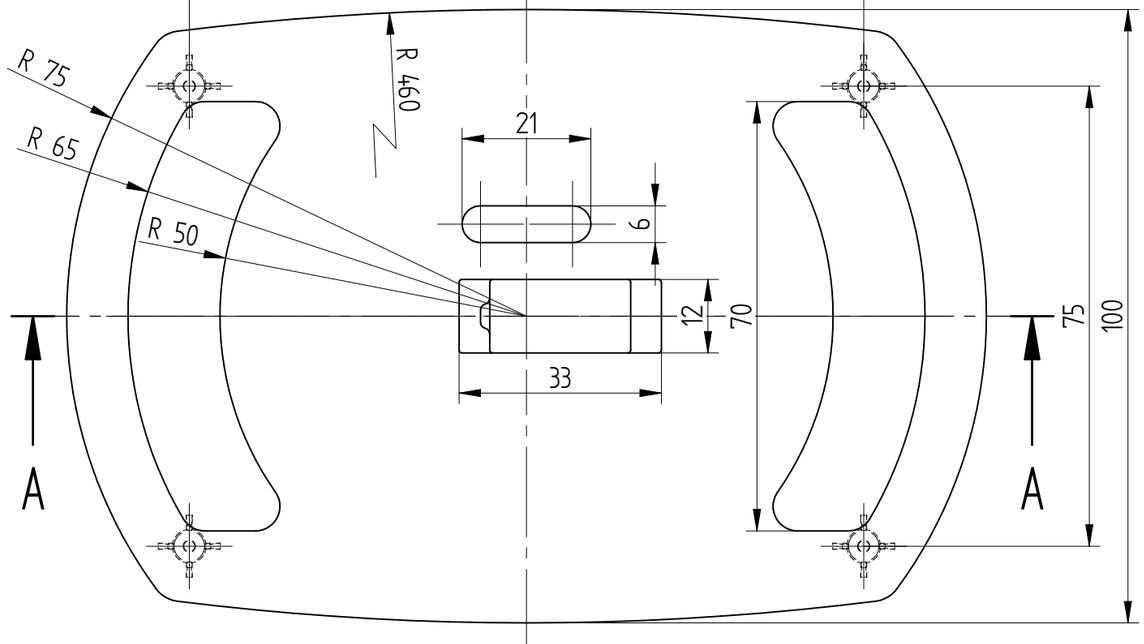


Detalj B
M5:1





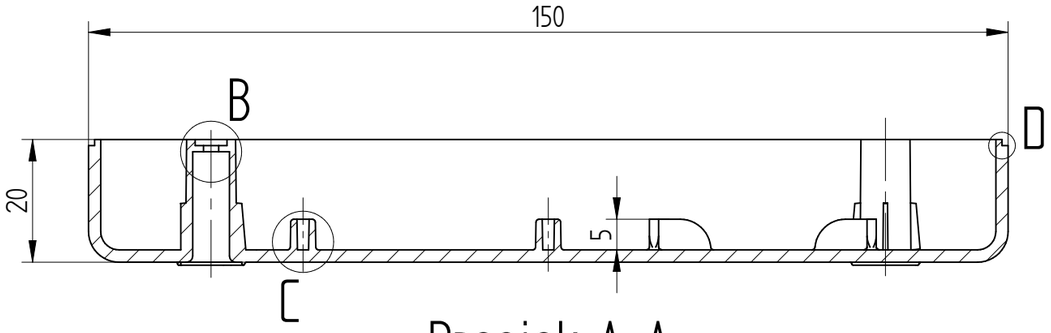
Detalj C
M10:1



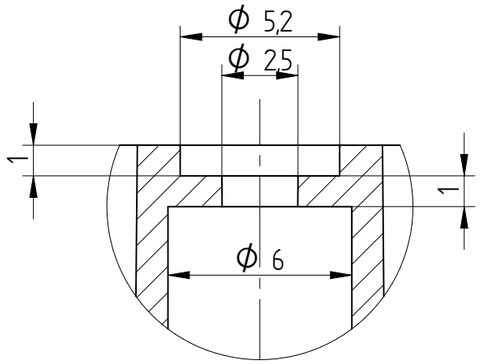
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS	Masa: 0,075 kg		ZAVRŠNI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Postolje A		Pozicija: 6	Format: A3
		Crtež broj: AR-2019-006			Listova: 1
					List: 1

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

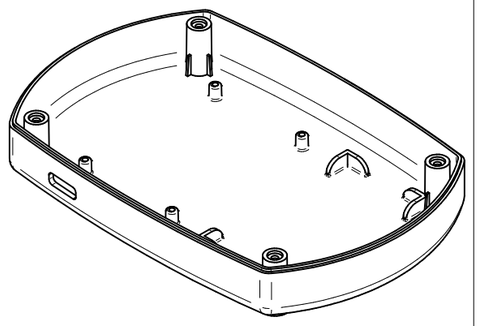
Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY

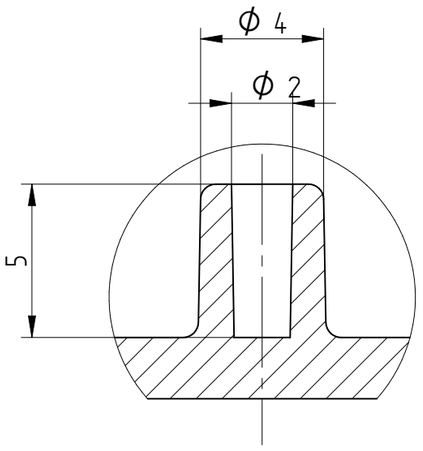


Presjek A-A

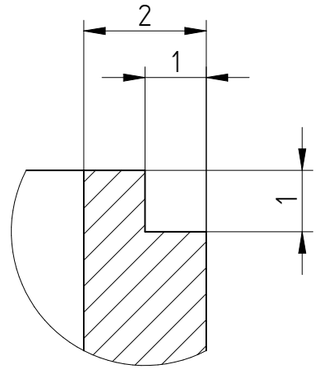


Detalj B
M5:1

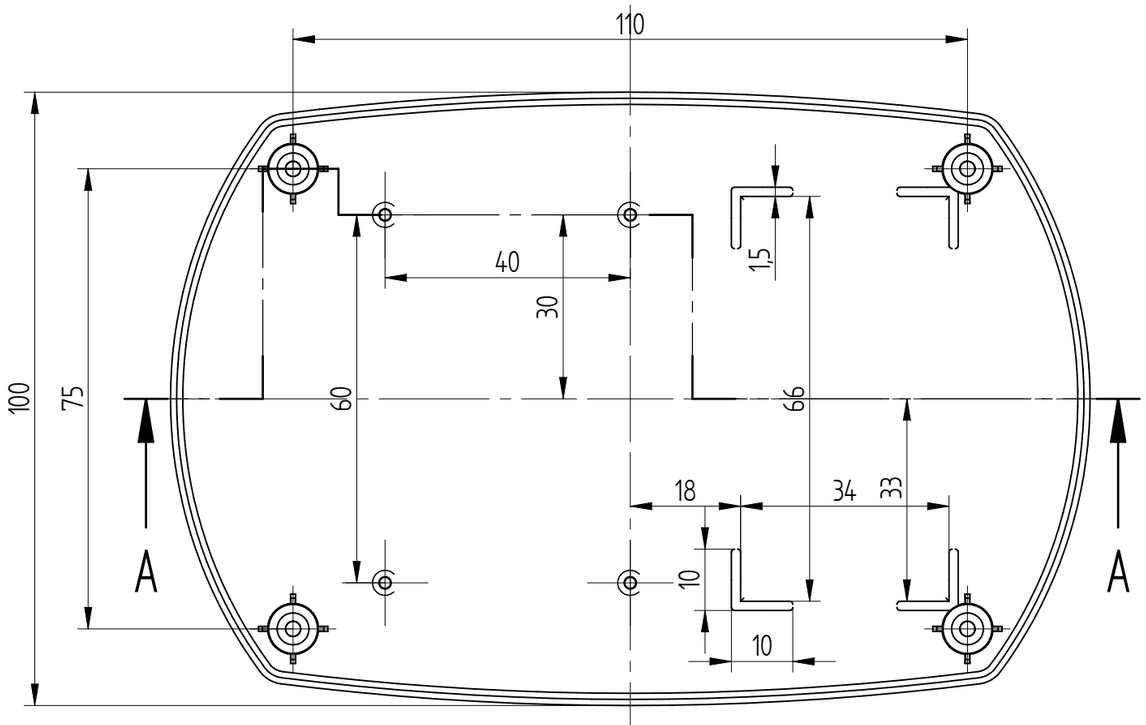




Detalj C
M5:1

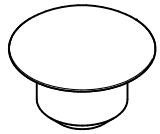


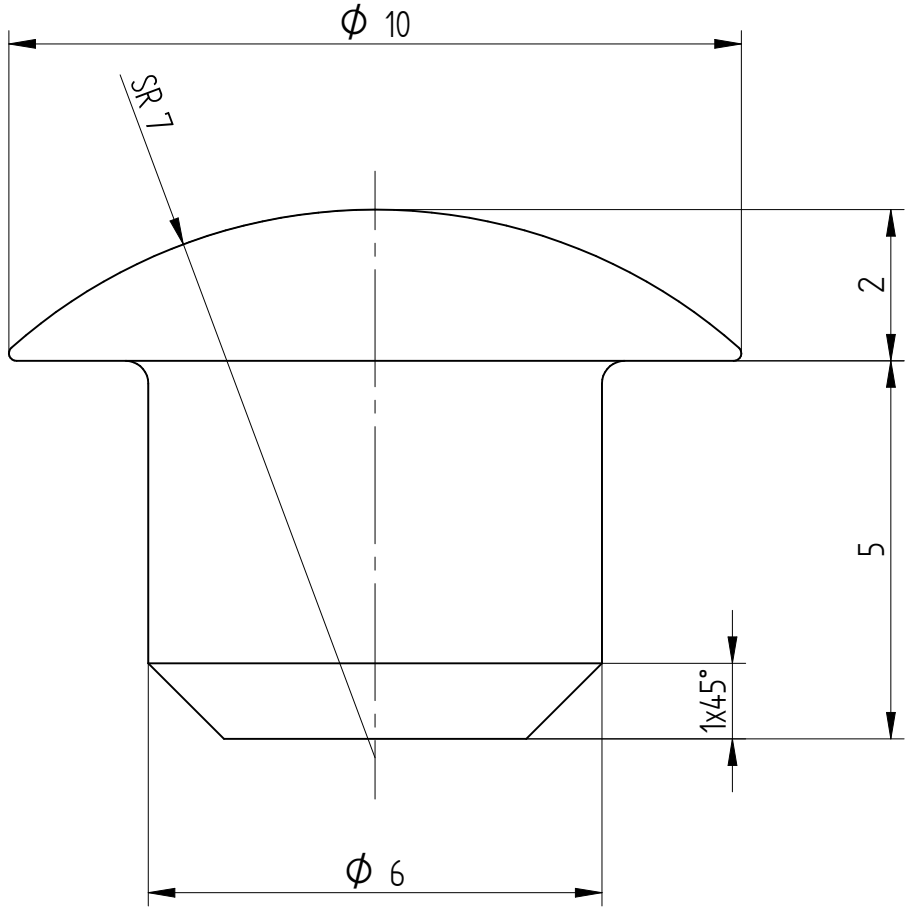
Detalj D
M10:1



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		Studij strojarstva
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis			Objekt broj:	
				R. N. broj:	
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski	Kopija
	Materijal: ABS		Masa: 0,044 kg	ZAVRŠNI RAD	
	Mjerilo originala 1:1	Naziv: Postolje B		Pozicija: 7	Format: A3
					Listova: 1
		Crtež broj: AR-2019-007			List: 1

Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY



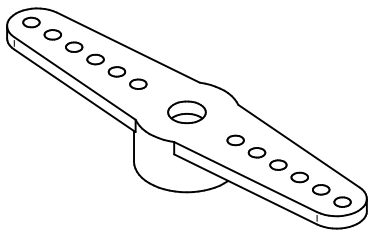


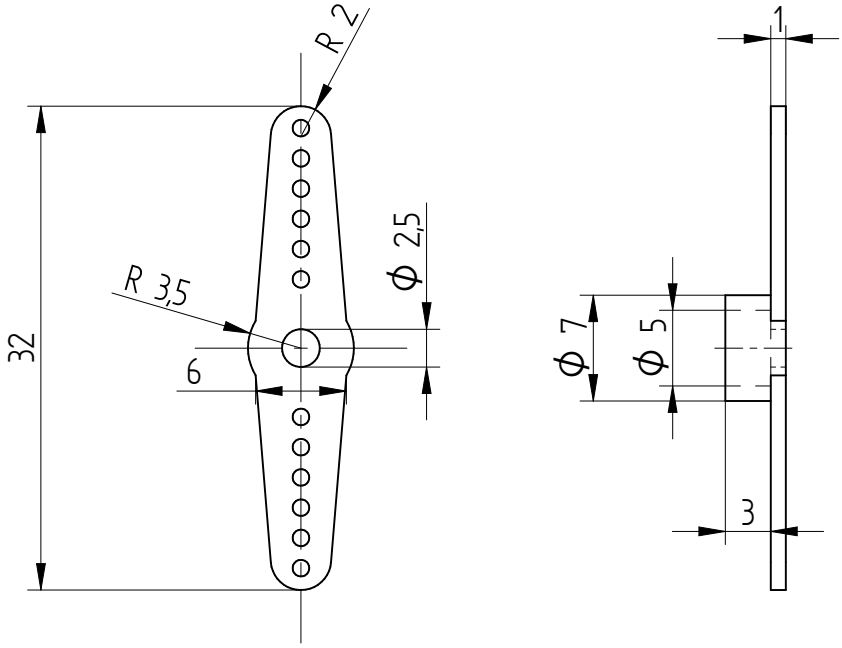
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		

ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis	Objekt broj:	
		R. N. broj:	
	Napomena:	ZAVRŠNI RAD	Kopija
	Materijal: EPDM / Masa: 0 kg		
	Mjerilo originala 10:1	Naziv: Gumena nožica / Pozicija: 8	Format: A4
			Listova: 1
	Crtež broj: AR-2019-008		List: 1

Design by CADLab

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



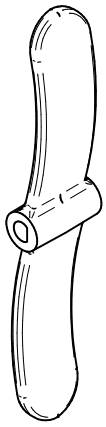


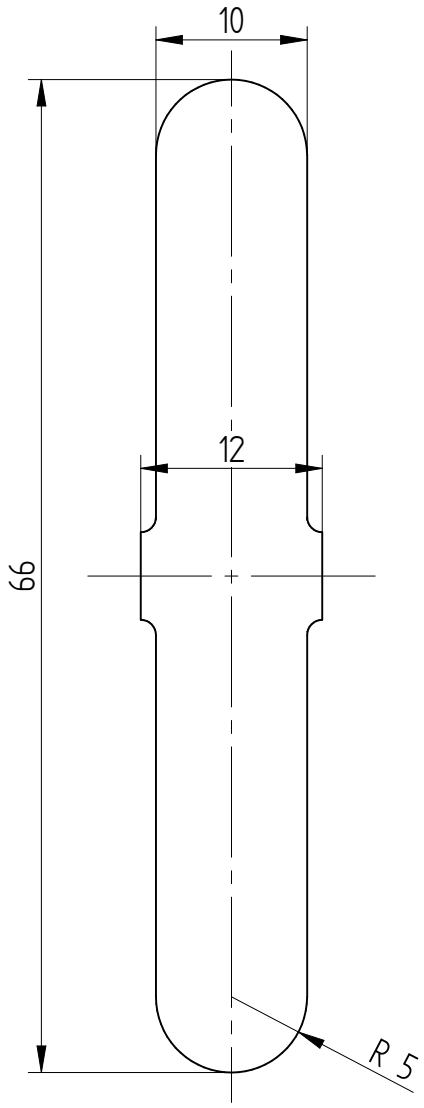
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		

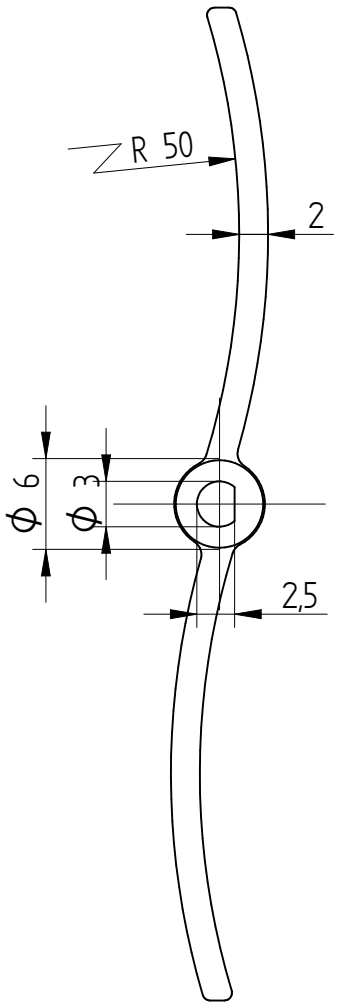
ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis	Objekt broj:	
		R. N. broj:	
	Napomena:	ZAVRŠNI RAD	Kopija
	Materijal: ABS / Masa: 0 kg		
	Mjerilo originala 2:1	Naziv: Nastavak za servo motor / Pozicija: 9	Format: A4
			Listova: 1
		Crtež broj: AR-2019-009	List: 1

Design by CADLab

SOLID EDGE ACADEMIC COPY



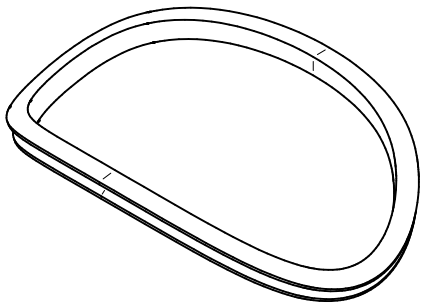


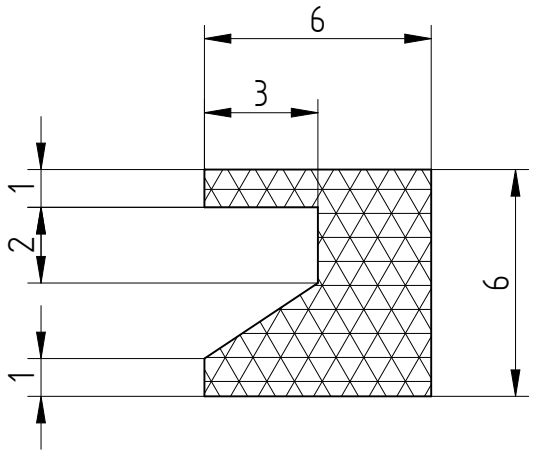


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		

ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis	Objekt broj:	
		R. N. broj:	
	Napomena:	ZAVRŠNI RAD	Kopija
	Materijal: ABS / Masa: 0,001 kg		
	Mjerilo originala 2:1	Naziv: Lopatice / Pozicija: 10	Format: A4
			Listova: 1
		Crtež broj: AR-2019-010	List: 1

Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY





Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Razradio	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Crtao	13.09.2019	Andrija Ričko		
	Pregledao		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		
	Mentor		Prof. dr. sc. Mario Štorga, dipl. ing		

ISO - tolerancije	Objekt: Uređaj za ispucavanje loptica za stolni tenis	Objekt broj:	
		R. N. broj:	
	Napomena: Potrebna dužina gume je 315mm	ZAVRŠNI RAD	Kopija
	Materijal: EPDM / Masa: 0,01 kg		
	Mjerilo originala 5:1	Naziv: Gumeni rub / Pozicija: 11	Format: A4
			Listova: 1
	Crtež broj: AR-2019-011		List: 1

Design by CADLab
SOLID EDGE ACADEMIC COPY