

SREDNJA STROJNA IN KEMIJSKA ŠOLA LJUBLJANA

AŠKERČEVA CESTA 1, LJUBLJANA



**SREDNJA STROJNA  
IN KEMIJSKA ŠOLA**

# **IZDELAVA ELEKTRIČNEGA KOLESA**

**Področje:**

**Strojništvo**

**(PROJEKTNA NALOGA)**

Mentor: Martin KAVŠEK

Avtor: Jan DEBEVC

Marec 2022

## Vsebina

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 1. UVOD.....                 | 3  |
| 2. CILJI .....               | 4  |
| 3. IDEJA.....                | 5  |
| 4. IZRAČUNI.....             | 6  |
| 5. SESTAVNI DELI.....        | 7  |
| 6. ELEKTROMOTOR .....        | 8  |
| 7. KRMILNIK.....             | 10 |
| 7.1 MOJA IZBIRA .....        | 11 |
| 7.2 ZAŠČITA KRMILNIKA.....   | 13 |
| 7.3 POTENCIOMETER .....      | 14 |
| 8. JERMINICI .....           | 15 |
| 9. VERIŽNIKI.....            | 17 |
| 10. BATERIJA .....           | 18 |
| 11. OKVIR .....              | 20 |
| 12. OHIŠJE .....             | 21 |
| 13. KONČNI IZDELEK.....      | 22 |
| 14. EKSPERIMENTALNI DEL..... | 23 |
| 15. ZAKLJUČEK.....           | 24 |
| 16. VIRI .....               | 25 |

## 1. UVOD

V seminarski nalogi bom predstavil svojo idejo o električnem kolesu, kje sem idejo dobil, kako sem jo udejanjil, kaj vse sem za to potreboval, s čim sem si pomagal, na kaj sem pazil, kaj mi je na koncu uspelo in kaj si želim v prihodnosti izboljšati.

## 2. CILJI

Kot cilj sem si zadal izdelavo delujocih kolesa, ki približno dosega teoretično hitrost. S tem sem dokazal, da sem sposoben zbrati vse osnovne dele, preračunati kaj potrebujem, izrisati vse v 3D modelirnik in na koncu sestaviti zanesljiv delujoci izdelek.

Velik izziv je bil zbrati vse osnovne komponente in opraviti s strojniškim delom.

### 3. IDEJA

Rad imam projekte, rad imam kolesa, rad imam elektromotorje in skupek tega me je pripeljal do ideje o izdelavi električnega kolesa.

K ideji je močno pripomogla spletna stran YouTube, kjer sem si ogledal ogromno videoposnetkov o izdelavi električnih koles iz osnovnih delov, ter postopek izdelave baterijskega sklopa.

## 4. IZRAČUNI

Pri tem projektu me je zanimala predvsem hitrost, ki jo bi kolo doseglo in njegova masa. Izbral sem elektromotor z 2450 W maksimalne moči in oznako 140 kV, kar pomeni, da se bo motor z napetostjo 1 V dosegel vrtilno frekvenco približno 140 vrtljajev na minuto. Baterijski sklop, ki sem ga izdelal ima nazivno napetost 36 V. vendar pri popolni napoljenosti doseže 39,8 V, to pomeni, da se motor v teoriji, ob dani napetosti, vrta s 5572 vrtljaji na minuto. Številka predstavlja zgorj teoretično vrtilno hitrost in se od dejanske razlikuje, saj moramo upoštevati zračni upor in upor v ležaju. Izdelal sem reduktor s pomočjo jermenic in verižnikov, ter dosegel zmanjšanje obratov s približno 5500 na 500 vrtljajev na minuto. Izmeril sem premer napolnjene pnevmatike, ki znaša 1,8 m, pretvoril sem 500 vrtljajev na minuto v vrtljaje na sekundo, nato sem pomnožil dobljeno število z 1,8 in še s 3,6 da sem dobil teoretično hitrost, ki znaša 54 km/h.

Izračunal sem tudi kapaciteto baterijskega sklopa in sicer sem pomnožil napetost s kapaciteto v Amper-urah.

$$36 \text{ V} \times 12 \text{ Ah} = 432 \text{ Wh}$$

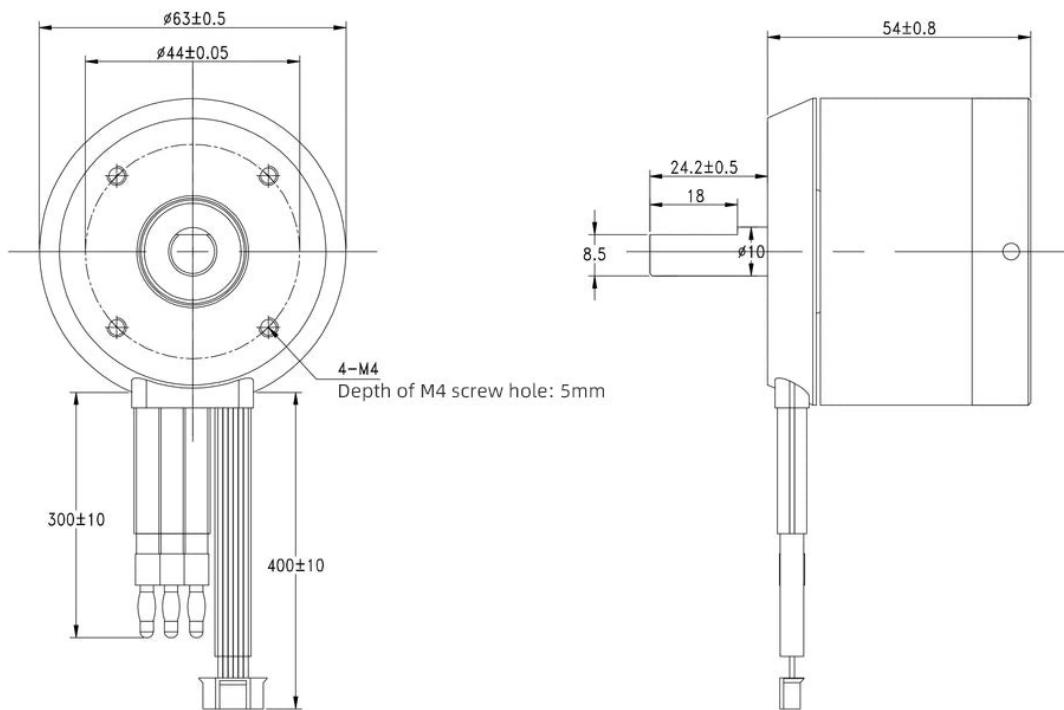
Kapaciteta 432 Wh pomeni, da lahko za časovno obdobje 1 ure zagotavljamo 432 W moči.

## 5. SESTAVNI DELI

- Brez krtačni elektromotor
- Vesc
- Jermenica HTD 5M 48z
- Jermenica HTD 5M 14z
- 3x akumulator 12V-12AH
- Antispark switch 280A
- Ležaji 30x12mm
- Ploščato jeklo 50x3mm
- Navojna palica M12, podložke, matice
- Okrogla cev 35x30mm
- Jermen HTD 445-5M
- Malo lesa in vijakov

## 6. ELEKTROMOTOR

Za naložo sem izbral brezkrtačni elektromotor maksimalne moči 2450 W s 140 kV ratingom, kar pomeni, da za vsak volt napetosti v teoriji ustvari vrtilno hitrost 140 obratov na minuto. Motor ob maksimalni moči porablja 65 A toka in proizvede 7 Nm navora. Tehta 0,56 kg in ima 14 polov. Motor ima obliko "outrunner", kar pomeni, da rotor miruje, stator pa se vrati. Gred ima obliko D z izvrtino za vijak za pritrditev jermenice.



([https://cdn.shopifycdn.net/s/files/1/0011/4039/1996/files/6354.1\\_72119282-ea39-4ad1-b2ff-f87783d58e6b\\_1024x1024.jpg?v=1622196089](https://cdn.shopifycdn.net/s/files/1/0011/4039/1996/files/6354.1_72119282-ea39-4ad1-b2ff-f87783d58e6b_1024x1024.jpg?v=1622196089))

V 3D modelirniku sem izrisal posamezne komponente elektromotorja.

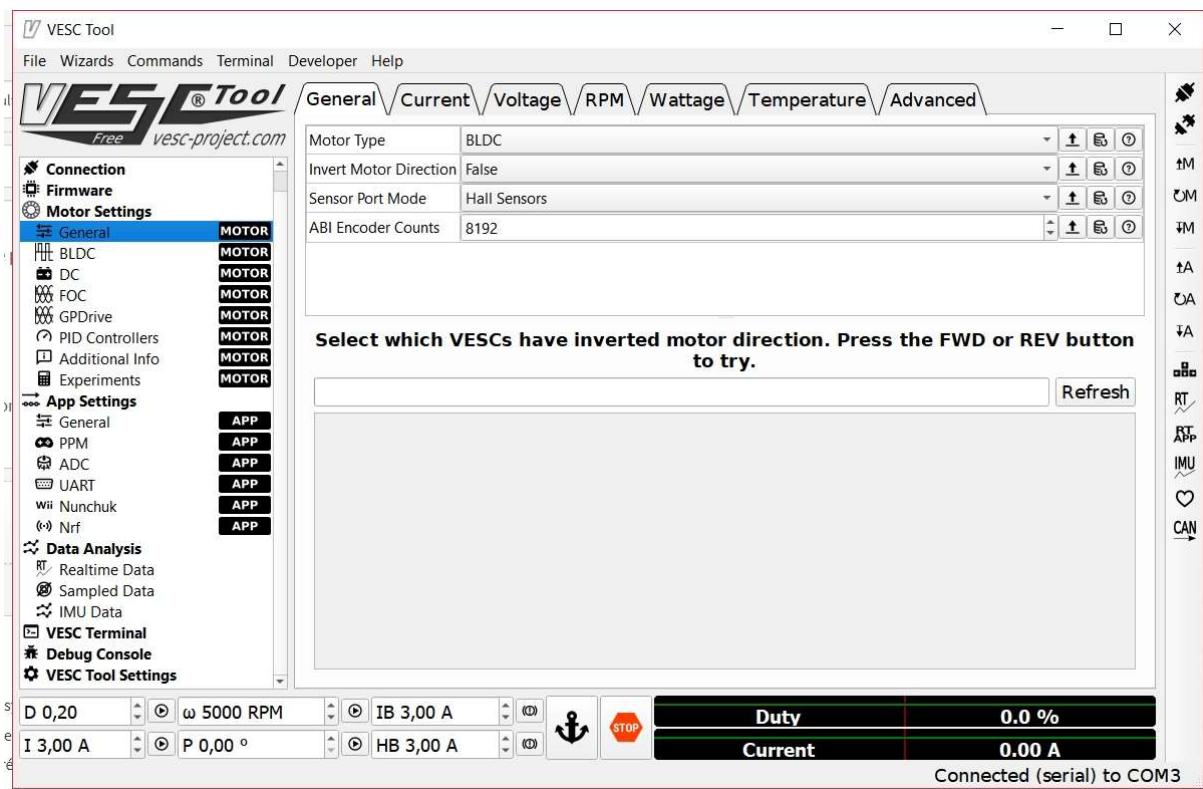


Nato sem jih sestavil v celoto.



## 7. KRMILNIK

Krmilnik je osrednji del tokokroga, ki ima funkcijo krmiljenja tokov, ki vstopajo v elektromotor. Pri izbiri krmilnika moramo biti pozorni, da izberemo krmilnik s primernimi specifikacijami. Najprej pregledamo s kakšnimi tokovi lahko operira določen krmilnik. Pomembna sta nazivni in maksimalni tok krmilnika. Nazivni tok nam pove, kakšen tok lahko krmilnik dovaja konstantno brez časovne omejitve, maksimalni pa določa maksimalni izhodni tok krmilnika, čas pa je odvisen od učinkovitosti odvajanja toplote. Poznamo dve vrsti krmilnikov za brezkrtične elektromotorje in sicer: ESC (Electronic Speed Controller), katerega ni mogoče programirati in nastavljati mejnih vrednosti; in VESC (Variable Electronic Speed Controller), kateremu lahko določamo številne mejne vrednosti. Te vrednosti spremojamo s pomočjo programa Vesc Tool.



<https://i.ibb.co/YbwQ55c/capture-vesctool-1.jpg>

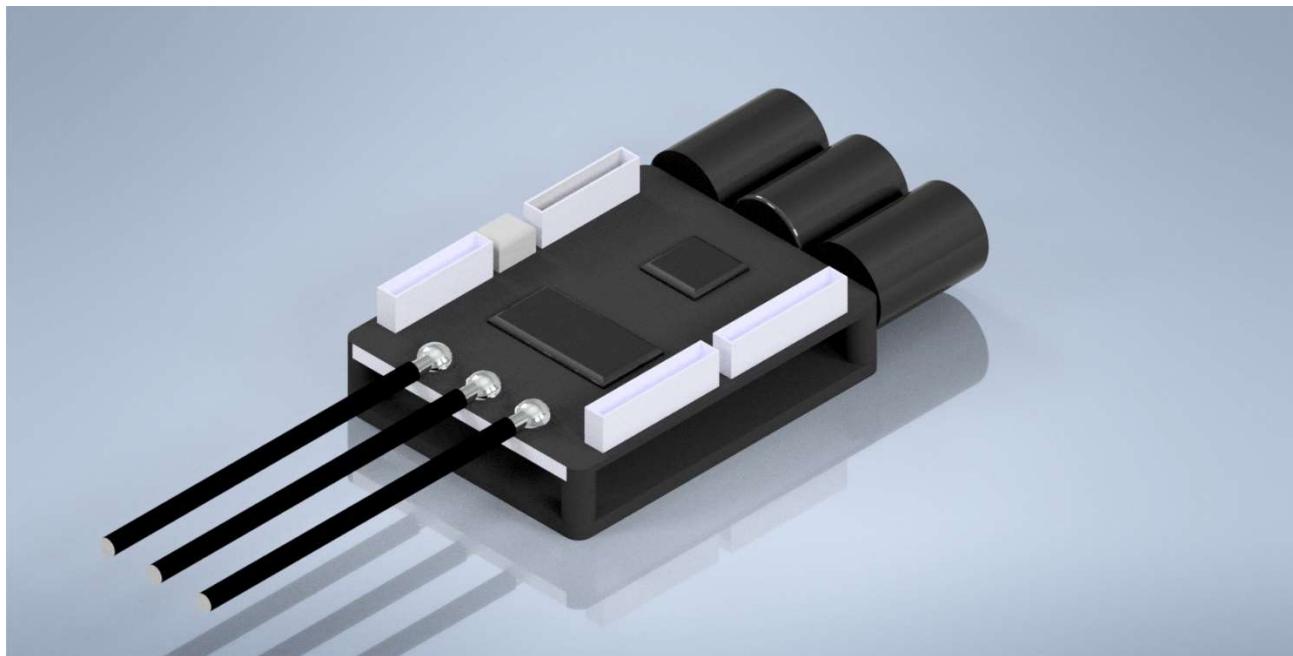
## 7.1 MOJA IZBIRA

Za svoj projekt sem izbral krmilnik znamke Flipsky modela MINI FSESC4.20 z nazivnim tokom 50 A in maksimalnim tokom 150 A.

Krmilnik tehta 76 g in ima zunanje mere 67x39x18.3mm vključno z zaščitno plastiko, ki ga varuje pred kovinskimi deli, ki lahko povzročijo kratek stik in s tem uniči krmilnik.



Narисал sem še 3D model krmilnika, ki sem ga kasneje uporabil v končni sestavi.



## 7.2 ZAŠČITA KRMILNIKA

Krmilnik je zelo občutljiva elektronska naprava, ki jo lahko uničijo kratki stiki in preseganje napetosti ter toka, ki ga sam krmilnik prenese. V ta namen sem uporabil tako imenovani "Antispark switch". Ta naprava vsebuje stikalo in sistem, ki varno sklene tokokrog in prepreči vse morebitne iskre, ki lahko uničijo krmilnik.

Izbral sem Flipsky Antispark switch PRO 280 A. S tem sem si zagotovil, da bom projekt izpeljal samo z enim krmilnikom.



### 7.3 POTENCIOMETER

Za pošiljanje signala do krmilnika sem uporabil potenciometer.

Potenciometer ima 3 žice. Eno za 3,3 V napetosti, drugo za GND oz. minus pol in tretjo za ADC signal



## 8. JERMINICI

Za izdelavo redukcije sem uporabil dve zobati jermenici in sicer eno, ki je pritrjena na elektro motor, ter drugo, ki je pritrjena na gred.



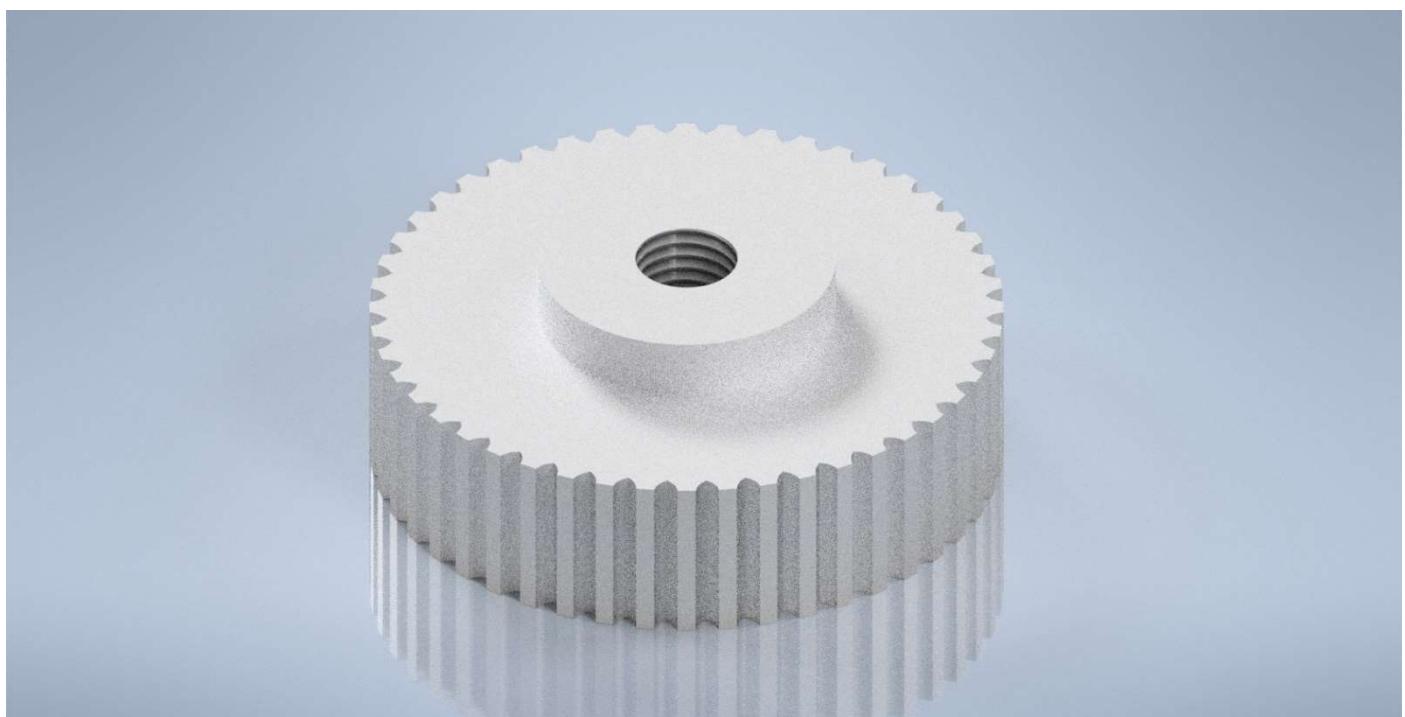
Obe jermenici sta narejeni po modelu HTD 5M in sta primerni za širino jermenca 15 mm. Manjša ima 14 zob in je narejena iz jekla, večja pa je izdelana iz aluminija in ima 48 zob.



Narisal sem tudi 3D modela jermenic za lažjo predstavo končnega izdelka



V zobato jermenico z 48 zobmi sem urezal navoj za pritrditev na gred.



## 9. VERIŽNIKI

Za celotno redukcijo vrtljajev z motorja na zadnje platišče kolesa sem uporabil tudi 2 verižnika. Imata 10 in 34 zob in korak 5 mm. Verižniki so v osnovi izdelani za mopede znamke Tomos.



Na manjši zobjnik sem z vsake strani privaril matico M12.



Večji zobjnik sem pritrdil na bobensko zavoro zadnjega platišča.

## 10. BATERIJA

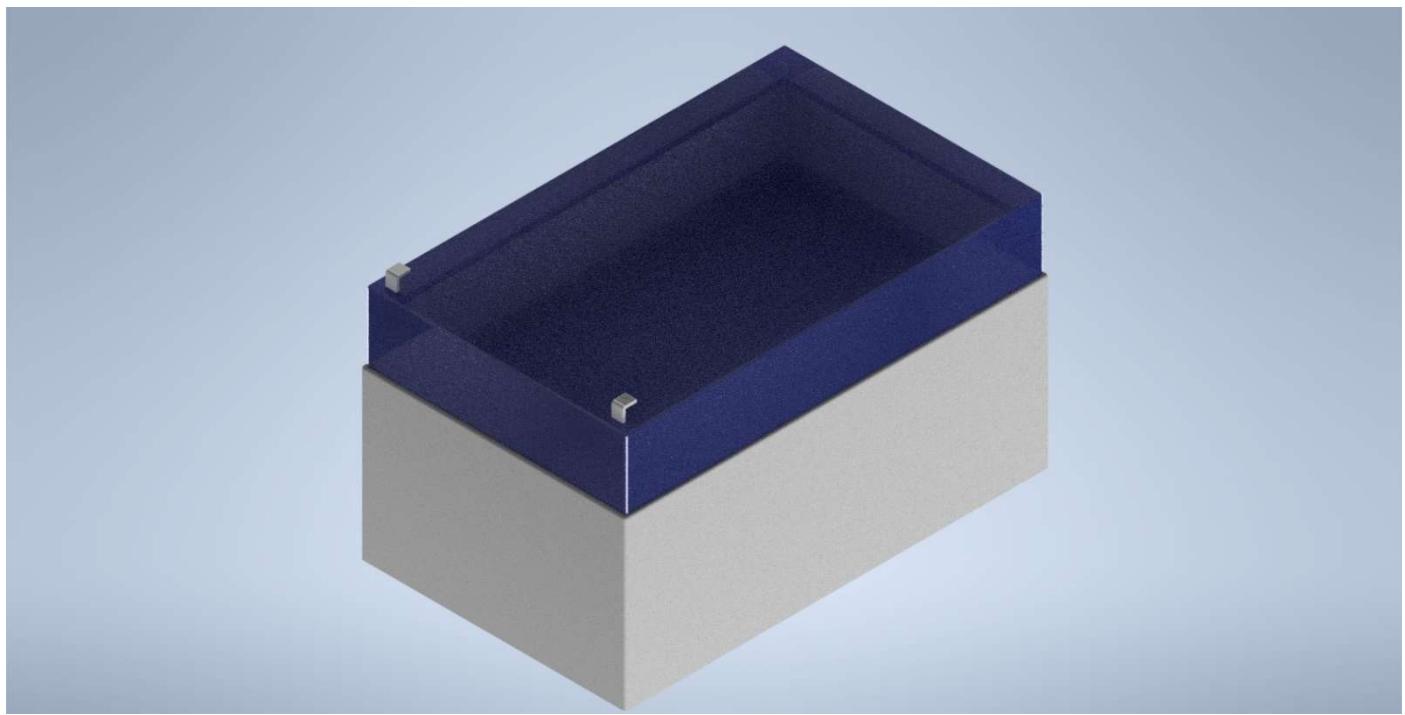
Za baterijski sklop sem uporabil 3 svinčeno-kislinske akumulatorje znamke Ultracell napetosti 12 V in kapacitete 12 Ah.



Zvezal sem jih zaporedno, da sem dobil napetost 36 V in kapaciteto 12 Ah.



Za to vrsto akumulatorjev sem se odločil na podlagi dveh razlogov. Prvič, ta vrsta akumulatorja lahko dovaja visoke tokove in drugič, cenovno so dostopnejši od litijionskih akumulatorjev.



## 11. OKVIR

Za izdelavo okvirja sem uporabil modelirnik, da sem si predstavljal kako bo okvir izgledal in kje bodo pozicionirane izvrtine.



Ploščato jeklo 50x6 mm sem razrezal na mere, napravil izvrtine, zavaril, zbrusil, pobarval, najprej s temeljno barvo in nato še z dvema nanosoma črne barve.

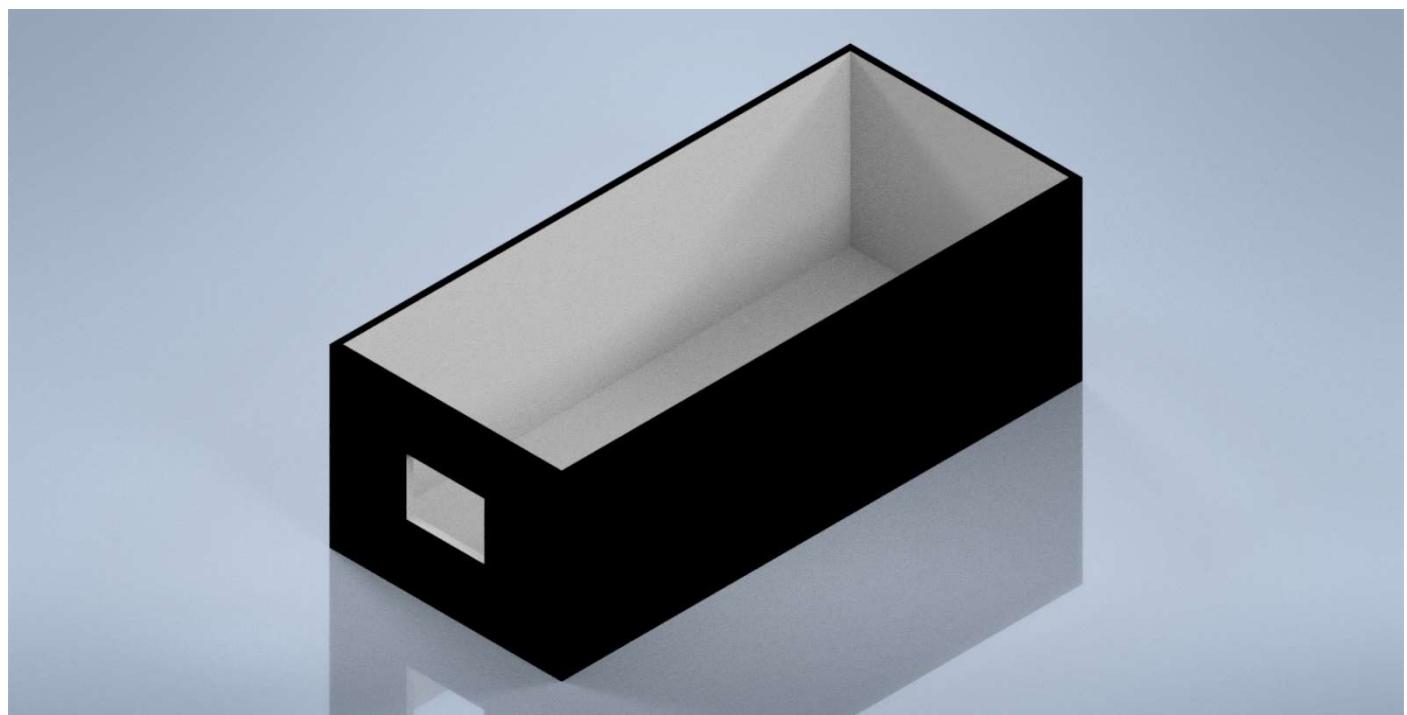


## 12. OHIŠJE

Za vse komponente sem seveda potreboval nekakšno vrsto ohišja v katerega sem zložil in pritrdil več komponent. Izdelal sem ga iz laminata, saj smo ga imeli doma in sem ga uporabil.



Tudi v modelirniku sem izdelal model ohišja za kasnejšo sestavo vseh komponent.

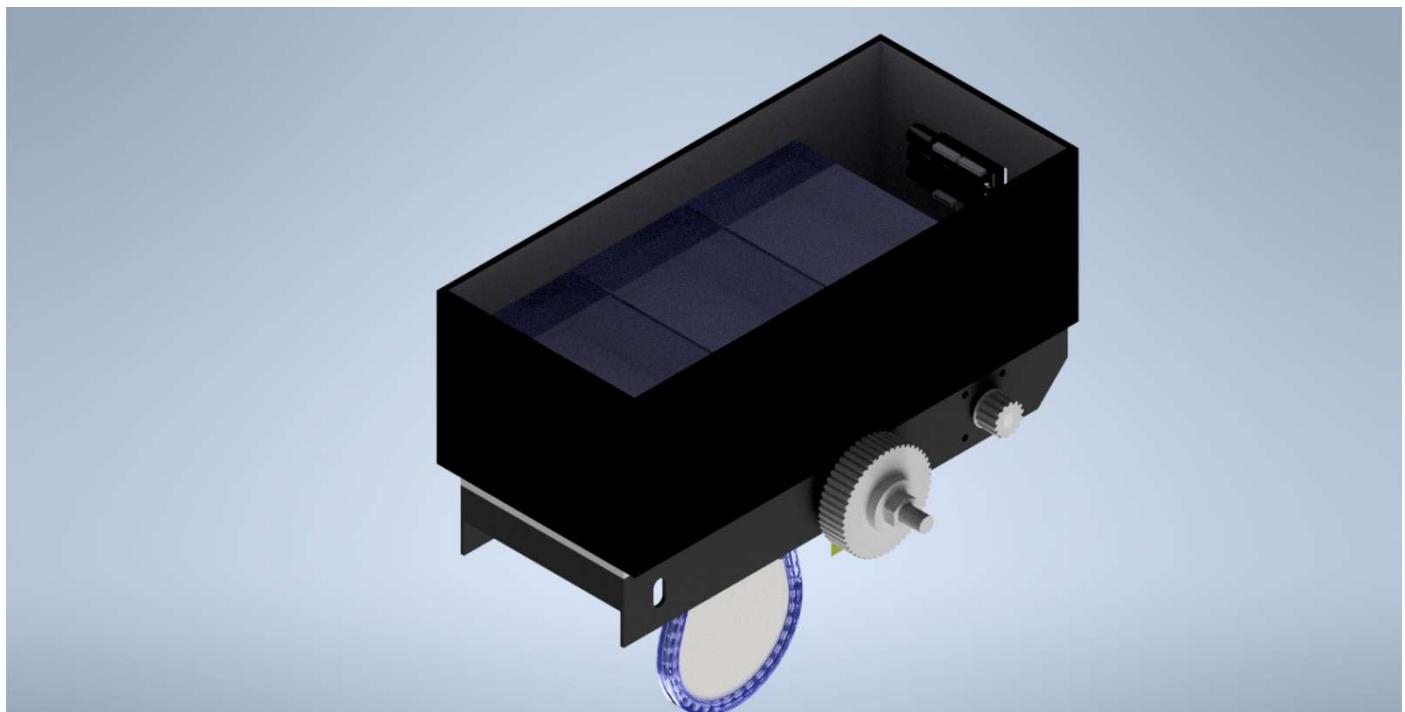


## 13. KONČNI IZDELEK

Vse komponente sem sestavil skupaj in dobil delajoč pogon za kolo.



Izdelal sem še 3D model sistema.



## 14. EKSPERIMENTALNI DEL

Po uspešnem zaključku izdelave sem kolo z malo popravki tudi preizkusil in nekaj kalibracijami v programu.

V eksperimentu se je izkazalo, da kolo dosega najvišjo hitrost natančno 50 km/h.

## 15. ZAKLJUČEK

Z izdelkom sem zelo zadovoljen, saj skoraj dosega teoretično hitrost v kateri sploh nisem upošteval mase kolesa in voznika.

Pokazale so se določene napake, ki jih bom v prihodnosti odpravil s pomočjo izračunov.

## 16. VIRI

Video: (<https://www.youtube.com/watch?v=1pm1RtCuE3A&t=639s>)

Spletna stran: (<https://flipsky.net/>)