

**»Mladi za napredek Maribora 2021«  
38. srečanje**

**Električna rolka**

Raziskovalno področje elektrotehnika

Raziskovalna naloga

PROSTOR ZA NALEPKO

Avtor: KLEMEN LEBREHT, ALEN VRBANJŠČEK  
Mentor: ROBERT GAŠPARIČ  
Šola: SREDNJA ELEKTRO-RAČUNALNIŠKA ŠOLA MARIBOR  
Število točk: 151 / 170

**Maribor, 2021**

## Vsebina

1. Povzetek .....	3
2. Zahvala .....	3
3. Uvod .....	4
4. Zgodovina rolk .....	5
5. Specifikacije .....	6
6. Elektronski regulator hitrosti (ESC) .....	7
6.1. Elektronski regulator hitrosti Vedder (VESC) .....	8
7. Baterijski paket .....	9
7.1. Specifikacije baterijskega paketa .....	12
7.2. Skrb za baterijo in varnost .....	12
8. Električni motor .....	13
9. Pogonski sistem .....	14
10. Ohišje za električni paket .....	15
11. Pogoji vožnje .....	16
12. Čelada .....	16
13. Daljinski upravljalnik .....	17
14. Zaključek .....	18
15. Družbena odgovornost .....	18
16. Viri in literatura .....	19
17. Viri slik .....	19

## Kazalo slik

Slika 1: Običajna rolka (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	5
Slika 2: Rolka na motor (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	5
Slika 3: Brezkrtačni enosmerni motor (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	6
Slika 4: Dvopogonski ESC (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	7
Slika 5: VESC (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	8
Slika 6: VESC orodje (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	9
Slika 7: Li-ion baterija (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	10
Slika 8: LiPo baterija (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	10
Slika 9: Li-ion 36V 12Ah 10S4P baterijski paket (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	11
Slika 10: Flipsky motor (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	13
Slika 11: Rolka gnana na pogonski jermen (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	14
Slika 12: Motor s pestom (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	15
Slika 13: Ohišje za komponente rolke (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	15
Slika 14: Čelada (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	16
Slika 15: Daljinski upravljalnik (vir: <a href="https://www.google.si/pictures">google.si/pictures</a> , 2021) .....	17

## Kazalo tabel

Tabela 1: Hitrost in razdalja glede na število celic baterije .....	11
---	----

## 1. Povzetek

Električna rolka je električno vozilo za rekreacijo; primerna je za vožnjo na krajše razdalje. Dobra lastnost električnih vozil je, da so okolju prijazna in da z njimi prihranimo čas pri prevozu na krajše razdalje. Električne rolke iz spletnih trgovin so relativno drage, razen tega pa pogosto ne ustrezajo vsem željam kupcev glede vozniških lastnosti. Zato sva se odločila za sestavljanje najine rolke „po komponentah“. Prednost takšnega pristopa k nabavi rolke je da jo lahko prilagodimo svojim željam in potrebam, komponente pa lahko kadarkoli menjamo ali nadgradimo. Obenem pa sva si želela raziskovanje na področju električnih vozil. Poglavitni cilj najine raziskovalne naloge je da bi bila električna rolka izdelana iz zmogljivih komponent po ugodni ceni. Hitrost rolke pa bi naj bila primerna za varno in obvladljivo vožnjo. Ena izmed prednosti el. rolke pred drugimi el. vozili je tudi v tem da jo lahko shranimo v manjših prostorih, npr. v šolski dijaški omarici in da jo lahko prenašamo tudi v šolski torbi če se nam npr. na poti nepričakovano izprazni baterija.

## 2. Zahvala

Zahvala gre mentorju profesorju za vso podporo, organizacijo, spodbujanje, strokovne nasvete in pomoč. Zahvaljujem se tudi šoli, katera je vložila denar za material in vsem ostalim, ki so nama na kakršenkoli način pomagali pri izvedbi projekta.

### 3. Uvod

Namen najine raziskovalne naloge je bil izdelava električne rolke, z dostopnimi in ugodnimi deli, naročenimi v spletni trgovini ter raziskovanje delovanja el. vozila. Ob načrtovanju naloge sva predvidela, da bi rolko bilo možno upravljati z daljinskim upravljalnikom. Ena izmed prednosti električne rolke je tudi ta, da zavzame zelo malo prostora ob prenašanju in shranjevanju. Namen najine raziskovalne naloge je narediti uporabno in varno el. vozilo s pogonom na sprednjih in zadnjih kolesih, ki nam bo omogočalo dinamično vožnjo na krajše destinacije in ob dovolj zmogljivi bateriji. Z daljinskim upravljalnikom, katerega bomo lahko med vožnjo držali v roki, bo možno upravljati smer in hitrost vožnje. Daljinski upravljalnik bo imel prikazovalnik na katerem bomo lahko med vožnjo opazovali vse pomembne parametre el. rolke kot so: napolnjenost baterije, hitrost in prevožena razdalja. Podrobno bova razčlenila razliko med dvema elektronskima regulatorjema hitrosti in njune lastnosti, kot tudi prednosti in slabosti električnih komponent rolke.

## 4. Zgodovina rolk

Rolke so začeli izdelovati v ameriški državi Kaliforniji okrog leta 1950. Prve rolke so bile narejene iz rolerjev na katere je bila pritrjena deska. Rolka je postala zanimiva zaradi deskanja na vodi. Sprva so rolkanje poimenovali kar „deskanje na pločniku“.



**Slika 1: Običajna rolka (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

Leta 1975 je američan Jim Rugroden zasnoval motorno rolko. S poslovnim partnerjem Billom Poseyem sta registrirala podjetje za izdelavo rolk leta 1979, v Kaliforniji. Njihove rolke so bile čez nekaj let prepovedane zaradi onesnaževanja okolice in motečega hrupa.



**Slika 2: Rolka na bencinski motor (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

Louie Finkle je leta 1997 izdelal prvo električno rolko in jo tudi patentiral leta 1999 v Kaliforniji. V letu 2000 so se rolke začele pojavljati v reklamnih oglasih in videoigrah. Električne rolke so bolj množično začeli izdelovati okrog leta 2004 zaradi izboljšanja kapacitivnosti baterij in zmogljivejših električnih motorjev. Električna rolka je bila sprejeta kot ekološko prijazna do okolja.

## 5. Specifikacije

V nadaljevanju bova predstavila podrobne specifikacije električnih komponent katere sva uporabila za izdelavo električne rolke.

- **Motor:**

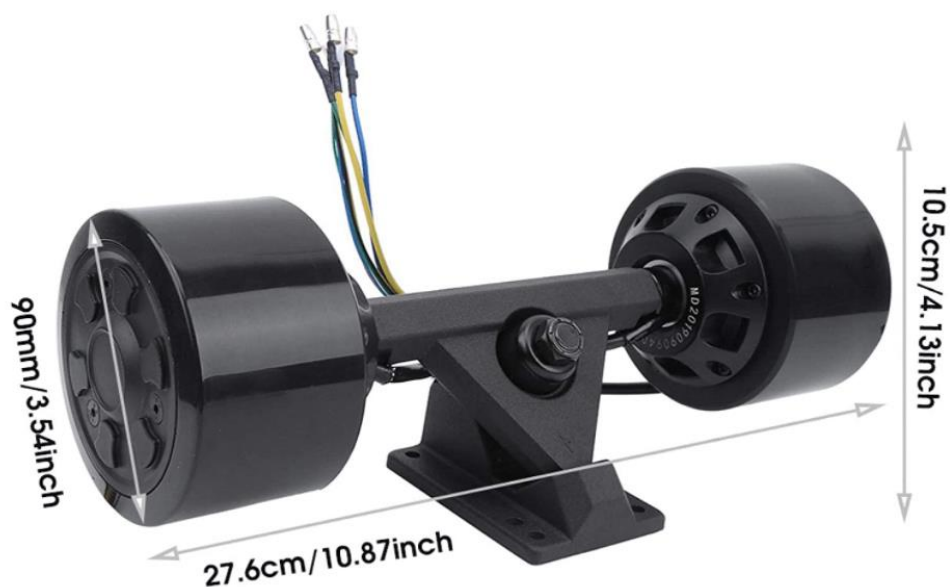
Model: 90mm, dvojni pogon

Tip motorja: brezkrtačni enosmerni motor

Moč motorjev: 2 x 350W

Hitrost vrtenja kolesa: 1500-2500 rpm

Vhodna napetost: 24/36V



Slika 3: Brezkrtačni enosmerni motor (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)

- **Električni regulator hitrosti (ESC)**

Vhodna napetost: 36V

Tok: 12A

Največje krmiljeno število vrtljajev : 3000 rpm

Največja moč: 430W (36V)

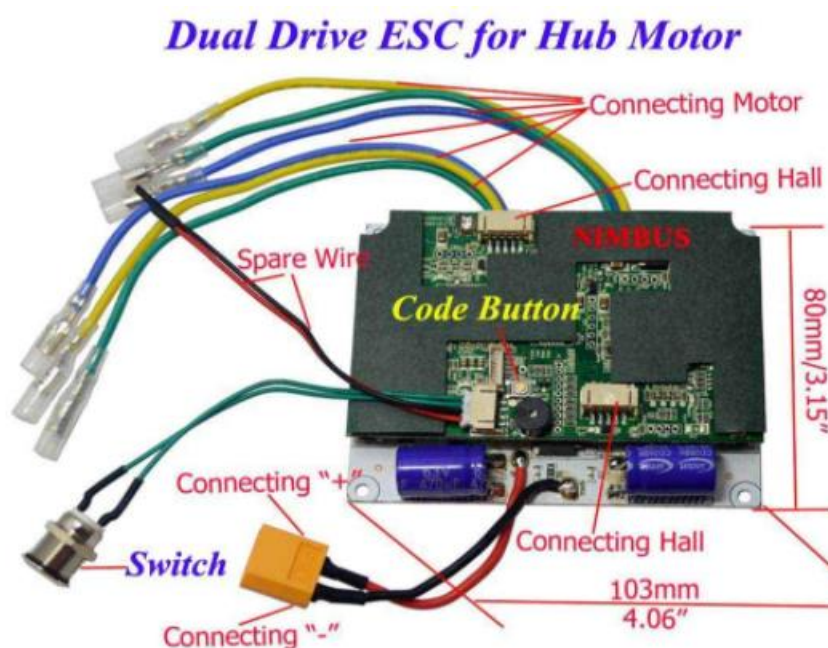
Največja hitrost: 35 km/h

Način vožnje: -počasni zagon elektromotorja

Pri električni rolki imamo možnost izbire med dvema elektronskima regulatorjema hitrosti. Na voljo imamo več elektronskih regulatorjev hitrosti. Predelala bova vse njihove lastnosti ter se iz ugotovljenega odločila za najbolj primernega za najin projekt. Pri izdelavi električne rolke sta v ožjo izbiro prišla dva regulatorja hitrosti in sicer elektronski regulator hitrosti (ESC) ter elektronski regulator hitrosti znamke Vedder (VESC).

## 6. Elektronski regulator hitrosti (ESC)

ESC regulator je nujno potrebna komponenta električne rolke. Naloga ESC je da motorju „pove“, kako naj se obnaša med vožnjo, ali mora pospeševati ali zavirati. Nekateri regulatorji imajo tudi možnost spreminjanja smeri vrtenja električnega motorja. Regulatorji imajo že vgrajeno zaščito motorja pred prenapetostmi, preobremenitvijo in pregrevanjem motorja. Ugotovila sva, da je cena regulatorja nekje med 50 in 80 EUR. Izbirala sva ga tudi glede na tokovno zmogljivost motorjev. Regulatorji VESC so nekoliko dražji ker so izpopolnjena vezija ESC regulatorja.



Slika 4: Dvopogonski ESC (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)

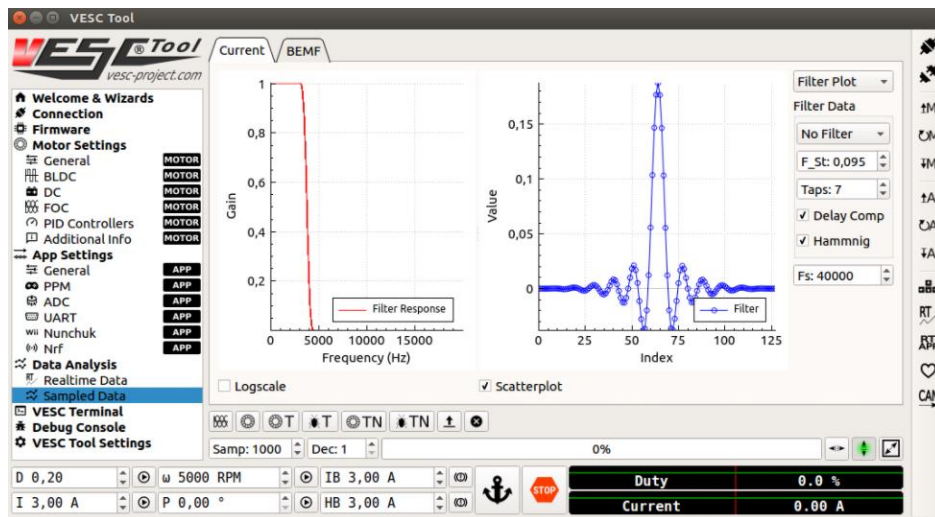
## 6.1. Elektronski regulator hitrosti Vedder (VESC)

Zasnoval ga je švedski inženir Benjamin Vedder in ga poimenoval Vedder ESC. Gre za odprtokodni projekt. Pogosto je to najdražji sestavni del rolke, vendar se je cena znižala že pri izpeljanki Dual VESC. Ta različica se nama je zdela nekakor najbolj optimalna za najin projekt. Z njim sva lahko optimizirala krivulje pospeševanja in zaviranja, tako da rolka ob zaviranju in pospeševanju deluje po naših željah. Že manjše prilagoditve pri nastavitvah lahko močno spremenijo odziv in način vožnje električne rolke. Elektronski regulatorji hitrosti VESC so primerni za samogradnje in so kompatibilni z dobavljivimi električnimi komponentami na trgu, VESC regulatorji pa so nekoliko bolj kompaktni od ESC, zaradi tega so primernejši za manjše rolke. Za dodatno zaščito električne opreme pa lahko nastavimo tudi določene omejitve, kot so: omejitev el. toka in najmanjše napetosti pri praznjenju baterije ter temperaturo baterije. Programiranje VESC-a se izvaja s priloženim programskim orodjem, programska aplikacija pa lahko naložimo tudi na telefon. Program ima dve različici 4 in novejšo 6, ki je nekoliko bolj razširjena.



Slika 5: VESC (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)





Slika 6: VESC orodje (vir: [google.si/pictures](https://google.si/pictures), 2021)

## 7. Baterijski paket

Baterijski paket za električno rolko sva najprej hotela izdelati sama. Preučila sva kako se takšen baterijski paket naredi in sva prišla do ugotovitve, da je izdelava lastne baterije nekoliko dražja in manj zanesljiva, kakor nakup sestavljenega paketa. Izbira baterij za električno rolko je sicer velika in raznovrstna. Ugotovila sva, da je pri načrtovanju baterijskega paketa pomembno ugotoviti kakšen bo način vožnje pri električnem vozilu, športni ali bolj umirjeni. Potrebno je računsko načrtovati doseg vozila, hitrost polnjenja in samo kapaciteto baterij. Ena izmed pomembnih lastnosti baterijskega paketa je tudi ustrezna moč, da bo vožnja bolj dinamična. Potrebno je tudi izbrati optimalni tip baterije glede na tehnologijo izdelave in število ciklov polnjenja. Najbolj pogosto uporabljene baterije pri električnih rolkah so tipa S, Li-ion in LiPo. Li-ion baterije so opremljene s BMS sistemom za upravljanje celic, ki pomaga uravnotežiti napolnjenost baterij in zagotavlja, da baterijo uporabljamo v optimalnih pogojih. Večina baterijskih paketov ima baterijske celice tipa 18650 katerih premer je 18 mm in dolžina 65 mm. Zaradi dobrih lastnosti in zanesljivega delovanja so najbolj pogosto uporabljene za tovrstne projekte. Nekoliko šibkejše so od LiPo baterij, vendar so varnejše in imajo daljšo življensko dobo.



**Slika 7: Li-ion baterija (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

LiPo baterije pa so nekoliko cenejše in omogočajo boljše pospeške ob zagonu motorja. Nimajo pa vgrajenega BMS sistema, zato jih je potrebno polniti z zunanjim polnilnikom ki pa mora biti prilagojen baterijskemu paketu. Z njimi moramo ravnati previdneje, saj so občutljive na mehanske poškodbe in zato lahko pride do požara ali eksplozije ob padcu oz. nesreči.



**Slika 8: LiPo baterija (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

Za najino električno rolko sva na koncu izbrala Li-Ion 36V 12Ah 10S4P baterijski paket. Oznaka 10S4P pomeni da je baterijski paket sestavljen iz baterijskih celic različnih konfiguracij. Imamo 10 kosov celic, vezane pa so kombinirano, zaporedno in vzporedno. Celica je posamezna baterija v paketu. Oznaka P nam pove, da gre za vporedno vezavo celic, s tem dosežemo večjo tokovno zmogljivost baterijskega paketa, oznaka S pa pomeni da so celice povezane zaporedno, na ta način lahko spreminjamo napetostni nivo baterijskega paketa.

Pri izbranem baterijskem paketu imamo na razpolago tok 18A kar je več kot dovolj za kontinuirano napajanje enega motorja ( $P = 36V \times 18A = 648W$ ). Pričakujemo pa lahko, da se bo baterija v takšnem režimu obratovanja izpraznila po približno 50 minutah ( $12Ah/15A = 0,8h$ ).



**Slika 9: Li-ion 36V 12Ah 10S4P baterijski paket (vir: google.si/pictures, 2021)**

Od zmogljivosti motorja in optimalnega baterijskega paketa je odvisna hitrost električne rolke. V nadaljevanju lahko vidimo razpredelnico z izmerjenimi podatki razmerij baterijski paket / zmogljivost rolke. Podatki so iz spletnega vira.

	<b>6S Baterija</b>	<b>10S Baterija</b>	<b>12S Baterija</b>
<b>2P</b>	<b>16-19 km</b>	<b>16-19 km</b>	<b>16-19 km</b>
<b>3P</b>	<b>19-24 km</b>	<b>19-29 km</b>	<b>19-24 km</b>
<b>4P</b>	<b>24-32 km</b>	<b>24-32 km</b>	<b>24-32 km</b>
<b>Hitrost</b>	<b>24-32 km/h</b>	<b>40-48 km/h</b>	<b>48-64 km/h</b>

**Tabela 1: Hitrost in razdalja glede na število celic baterije**

## 7.1. Specifikacije baterijskega paketa

Električne lastnosti baterijskega paketa izrazimo z nazivnimi podatki kot so: el. napetost (V), el. tok (A), amperske ure (Ah) in Watne ure (Wh).

Navedeni podatki veljajo pri polni napolnjenosti baterije. Med vožnjo se zmogljivost zaradi praznjenja baterijskega paketa spreminja. Na začetku načrtovanja el. opreme rolke sva računala z nazivno napetostjo baterije, ki ga el. oprema rolke potrebuje. Standardna nazivna napetost za električno rolko je običajno 36V. Pri električni rolki, kjer bi bila napetost baterije prenizka, motor ne bi imel dovolj navora za pričakovano delovanje. Večina električnih rolk potrebuje baterijo z vsaj 30A neprekinjenim izhodnim tokom. Napolnjenost akumulatorja vpliva na doseg rolke. Amperske ure nam povejo kapaciteto baterijskega paketa. Watne ure nam povejo moč baterije, ki jo lahko odda baterija v eni uri. Pri električni rolki ne želimo, da nam se baterija izprazni sredi vožnje, zato skrbno načrtujemo kapaciteto baterijskega paketa glede na načrtovan čas uporabe rolke.

## 7.2. Skrb za baterijo in varnost

Ohišje baterijskega paketa mora biti pri električni rolki vodotesno, da preprečimo vdor vode v notranjost ohišja z električnimi komponentami. Pomembno je tudi to, da uporabljamo ustrezen polnilnik, ki je predviden za baterijski paket, saj drugače lahko pride do uničenja baterije. Baterijski paket moramo polniti po navodilih proizvajalca za zagotovitev optimalne življenske dobe baterijskih celic.

V navodilih proizvajalca baterijskega paketa piše, da v primeru daljše neuporabe električne rolke, baterijo ciklično dopolnjujemo in jo občasno izpraznimo, vendar ne povsem do konca, saj bi jo lahko v tem primeru uničili. Pri temperaturah pod 10°C, kadar je ne uporabljamo, baterijo hranimo v zaprtih prostorih. Baterija lahko izgubi okrog 20-40% zmogljivosti, če je izpostavljena temperaturi okrog -15°C. Za zimske razmere je priporočljivo, da je baterija napolnjena vsaj med 50-70% zato da ostane v dobri kondiciji. Napolnjenost baterije nam med vožnjo sporoča indikator napolnjenosti na daljinskem upravljalniku.

## 8. Električni motor

Pri izbiranju motorja za najin projekt sva preučila več tipov enosmernih motorjev dostopnih na trgu. Bila sva si negotova kaj izbrati, zato sva poiskala informacije na spletu, da sva lahko na koncu izbrala optimalni motor za najin projekt. Na spodnji sliki je prikazan motor znamke Flipsky. Prve štiri številke označujejo velikost motorja. Izbrala sva motor z oznako 5065, kar pomeni da je motor premera ohišja 50 mm in dolžine 65 mm. Večja velikost zunanjih mer pa ne pomeni, da je motor močnejši. Na njegovo moč vplivajo dejavniki, kot so notranja konstrukcija, vrsta in oblika magnetov, velikost statorja, zračna reža med statorjem in rotorjem ter sama konstrukcija ohišja.

Oznaka KV pomeni število vrtljajev motorja v prostem teku, brez obremenitve.

Nekateri motorji, kakor tudi najin izbran, imajo vgrajen senzorski kabel, ki regulatorju motorja posreduje informacijo o položaju motorne gredi.



Slika 10: Elekt (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)

## 9. Pogonski sistem

Električno rolko lahko poganjamo z dvema različnima pogonskima sistemoma. Nekoliko bolj v uporabi so tisti z pogonskim jermenom, zadnje čase pa se bolj uporabljajo motorji v kolesnem pestu. Prednost rolk s takšnim motorjem je v enostavnejši konstrukciji pogon pa ima boljši navor in bolj stabilno izhodno moč. Imajo pa tudi boljši pospešek zaradi manj komponent pri prenosu moči iz motorja na kolesa. Prednost pa je tudi v možnosti hitre menjave okvarjenega motorja oz. kolesa. Takšna postavitve je učinkovita in ima optimalne zmogljivosti na zahtevnih terenih zato sva jo izbrala pri najinem projektu.



**Slika 11: Rolka gnana na pogonski jermen (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

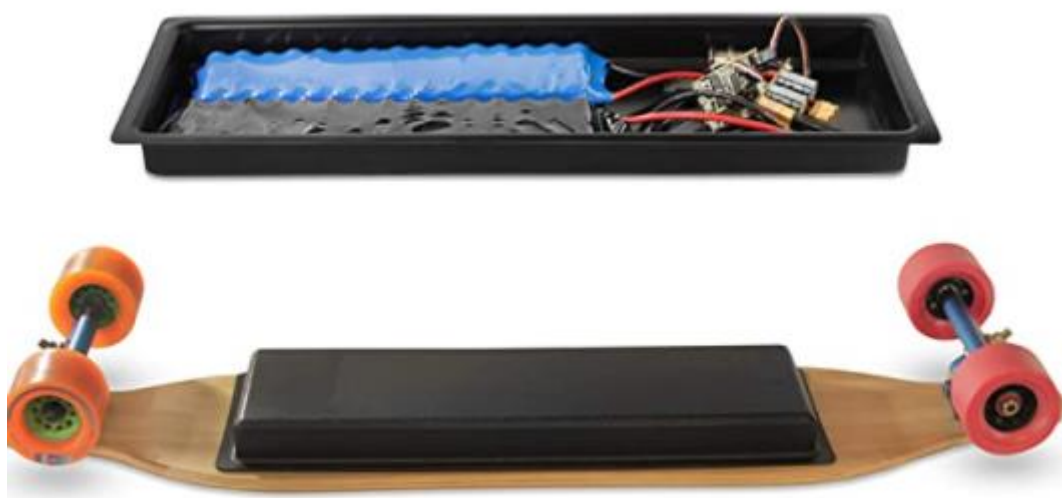
Motorji s pestom imajo vse sestavne dele nameščene znotraj kolesa. Pri pogonu se sproži celoten sklop koles, tako da se kolo zavrti. Motor in kolo se vrtita kot ena enota v razmerju 1:1. Prednost je tudi v tem, da prihranijo prostor in zmanjšajo število gibljivih delov, zaradi tega je vzdrževanje cenejše. Poraba energije je manjša, ker poganjamo manj komponent. Tudi življenska doba je daljša, teža komponent pa tudi ni zanemarljiva. Delovanje je tiho, saj je kolo ovito v poliuretansko gumo in je kolo primerno za vožnjo po vsakršni podlagi.



**Slika 12: Motor s pestom (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**

## 10. Ohišje za električni paket

Pri izbiri ohišja smo morali upoštevati dimenzije vseh električnih komponent.



**Slika 13: Ohišje za komponente rolke (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)**



## 11. Pogoji vožnje

Vožnja električne rolke v mokrih ali spolzkih vremenskih pogojih ni priporočljiva. Nekatere rolke so vodoodporne, niso pa povsem vodotesne. Za večjo varnost je primernejša vožnja na čistih, gladkih podlagah npr. na igrišču oz. na poligonih za rolkarje.

## 12. Čelada

Pri vožnji z električno rolko je priporočena uporaba čelade, saj tako zmanjšamo možnost poškodbe glave. Gre za našo lastno izbiro, saj zakonsko še ni predpisano kako je treba voziti električno rolko, toda iz izkušenj vemo, da se nesreče dogajajo ves čas in da je varovanje našega zdravja na prvem mestu. Že manjši padci lahko v določenih primerih povzročijo resne poškodbe telesa predvsem pa glave. Čelada nam nudi zaščito pred poškodbo glave na tak način, da absorbira večino udarne energije. Zraven čelade pa lahko uporabljamo še dodatno zaščitno opremo, kot so ščitniki za kolena, komolce in zapestje.



Slika 14: Čelada (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)



### 13. Daljinski upravljalnik

Daljinski upravljalnik uporabljamo za upravljanje električne rokle in spremljanje stanja el. opreme. Izbiramo lahko med štirimi različnimi načini vožnje, kateri so prikazani z LED prikazovalnikom. Z kolesčkom na daljincu pa lahko upravljamo pri pospeševanju ali zaviranju rolke. Imamo pa tudi možnost spreminja smeri vrtenja električnega motorja tako da se lahko vozimo tudi vzvratno. Upravljanje deluje preko bluetooth povezave.



Slika 15: Daljinski upravljalnik (vir: [google.si/pictures](https://www.google.si/pictures), 2021)

## 14. Zaključek

Raziskovalna naloga nama je razširila obzorja in nama pomagala razumeti zahtevnost postopka načrtovanja el. vozil. Težave nama je povzročalo izbiranje optimalnih komponent, ki so morale imeti določene specifikacije in biti cenovno ugodne. Med raziskovanjem sva si pridobila nova znanja tako da sva preučila razlike med elektronskima regulatorjema hitrosti, zahteve pri izbiri primerne baterijskega paketa in prenosa pogona rolke z motorja na kolesa. Pridobila sva si novo znanje, ki nama bo koristilo pri nadaljnjem izobraževanju.

Zadovoljna sva s končnimi ugotovitvami in zmogljivostmi električne rolke. Ugotovila sva tudi da upravljanje rolke z z daljinskim upravljalnikom deluje brez težav. Za boljšo izkušnjo pri vožnji je primernejši VESC, ker lahko z njim prilagodimo nastavitve po svojih željah. Med vožnjo moramo biti previdni in pozorni na okolico in sprehajalce; tudi če smo že bolj izkušeni uporabniki rolke je priporočljiva uporaba zaščitne opreme.

## 15. Družbena odgovornost

Raziskovalna naloga je odlična motivacija za nadaljnja raziskovanja na področju električnih vozil katera po najinem mnenju, pripomorejo k manjšemu onesnaževanju okolja in splošnemu napredku družbe. Raziskovalno delo je potekalo v najinem prostem času, po vnaprej pripravljenem načrtu, organizirano in nemoteno. Pridobila sva si nekaj novih izkušenj in znanja, ki bodo prispevala k najinemu bodočemu strokovnemu razvoju na področju elektrotehnike.

## 16. Viri in literatura

<https://www.reddit.com/r/ElectricSkateboarding/> (Dostop 3.1.2021)

<https://www.electricboarder.com/electric-skateboard-blogs/electric-skateboard-diy-build-vs-buy/>  
(Dostop 5.1.2021)

<https://www.adaptnetwork.com/gear/loaded-boards-electric-skateboard-conversion-kit/> (Dostop  
18.1.2021)

## 17. Viri slik

<https://www.google.com/search?q=electric+skateboard> (Dostop 4.1.2021)

<https://www.google.com/search?q=electric+motor> (Dostop 7.1.2021)

<https://www.google.com/search?q=skateboard+ESC> (Dostop 7.1.2021)

<https://www.amazon.de/> (Dostop 11.1.2021)