



# PRIMERJAVA ELASTOMOBILOV

Tehnika in tehnologija

Raziskovalna naloga

Avtorja: Jure Kekec  
Anej Podgorelec

Mentorica: Vida Lačen

Ptuj, marec 2017

## **ZAHVALA**

Zahvaljujema se najini mentorici, gospe Vidi Lačen, za pomoč pri pripravi raziskovalne naloge. Hvala tudi staršem za pomoč in podporo. Zahvaljujema se tudi gospodu Vojku Jurgecu za prevod v angleščino in gospe Vlasti Mlinarič za lektoriranje naloge.

## KAZALO

1. UVOD.....	6
2. TEORETIČNI DEL.....	7
2.1 Kaj je elastomobil .....	7
2.2 Namen elastomobila.....	7
2.3 Zviteži in raztegnjenci.....	7
2.4 Zobniki .....	8
2.5 Valjasti zobniki .....	9
3. EMPIRIČNI DEL.....	10
3.1 Raziskovalna vprašanja .....	10
3.2 Metode raziskovalnega dela.....	10
3.3 Najini začetki .....	11
3.4 Izdelava elastomobila.....	11
3.4.1 Kolesa .....	11
3.4.2 Podvozje .....	13
3.4.3 Zobniško gonilo .....	14
3.4.4 Sestavljanje elastomobila.....	16
3.5 Preizkušanje elastomobilov in opravljanje meritev.....	16
3.5.1 Meritve opravljene na ravni podlagi .....	18
3.5.2 Meritve opravljene na klancu.....	18
4. REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ .....	20
5. ZAKLJUČEK .....	21
6. LITERATURA IN VIRI.....	23

## KAZALO SLIK

Slika 1: Zvitež.....	7
Slika 2: Raztegnjenec.....	8
Slika 3: Zobniki.....	8
Slika 4: Valjasti zobnik.....	9
Slika 5: Midva na 12. tekmovanju elastomobilov (prva od leve proti desni).....	11
Slika 6: Anej med žaganjem koles.....	12
Slika 7: Jure med brušenjem koles.....	12
Slika 8: Anej med zarisovanjem podvozja.....	13
Slika 9: Jure med vrtnjem lukenj.....	13
Slika 10: Jure zarisuje zobnike.....	14
Slika 11: Anej žaga zobnike.....	14
Slika 12: Jure pripravlja gredi za zobnike.....	15
Slika 13: Anej in Jure sestavljata elastomobil.....	16
Slika 14: Anej in Jure pripravljata elastomobil za spuščanje na ravni podlagi.....	17
Slika 15: Elastomobil se pelje po klancu.....	17
Slika 16: Najina končna izdelka.....	22

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati meritev opravljenih na ravni podlagi.....	18
Tabela 2: Rezultati meritev opravljenih na klancu.....	19

## **POVZETEK**

Hiša eksperimentov v Ljubljani vsako leto organizira tekmovanje elastomobilov. Elastomobili so avtomobili, ki imajo za edini pogon dve elastiki. Lahko se kot pogon uporabi tudi vzmet v kombinaciji z elastiko.

Midva imava zelo rada tehniko in avtomobile. Rada ustvarjava, zato sva se odločila, da narediva kaj več na tehničnem področju. Odločila sva se, da izdelala dva elastomobila, ki sta konstrukcijsko enaka. Oba sta izdelana iz lesa, s pogonom na elastiko v kombinaciji z vzmetjo in z zobniškim prenosom moči. Razlika med njima je le v zobnikih. Prvi ima lesene, ročno izdelane zobnike, drugi pa kovinske zobnike, katere sva kupila.

Pri obeh elastomobilih sva primerjala čas, koliko časa potrebujeta, da prevozita določeno razdaljo. Želela sva namreč izvedeti, katera vrsta zobnikov je ustrežnejša, da je elastomobil hitrejši na svoji poti. Prav tako sva primerjala tudi pot, ki jo posamezni elastomobil opravi. Najin cilj je bil ugotoviti, kakšne zobnike vgraditi, da bo opravljena pot čim daljša. Glede na to, da je elastomobil z lesenimi zobniki lažji, sva želela ugotoviti tudi, ali teža vpliva na hitrost oz. pot. Zaradi tega sva ga dodatno obtežila in opravila iste meritve.

**Ključne besede:** elastomobil, zobniški prenos, tehnika in tehnologija

## **SUMMARY**

The House of Experiments in Ljubljana organizes an 'Elastomobile competition' every year. »Elastomobiles« are rubber band powered toy cars, which are either powered by two rubber bands or by a combination of a spring and a rubber band.

The authors are not only very interested in crafts but also in cars, that is why they decided to construct two identical rubber band powered cars. Both cars are made of wood and powered by a rubber band combined with a spring and they are both equipped with a cogwheel. The only difference between the two is the cogwheel itself. The first cogwheel has handmade wooden cogs, whereas the second one has been bought and it is made of metal entirely.

The authors compared the time that took each of the cars to overcome a certain distance as they wanted to find out which cogwheel provides a better velocity. They also compared the biggest distance that each of the cars was able to overcome. The purpose of this research paper was to ascertain which cogwheel to use in the car so that it would overcome the biggest distance. They also wanted to find out whether the weight of the car influences its velocity or distance, that is why they added weight to the car and carried out the same measurements again.

**Keywords:** rubber band powered car, cogwheel, technology, crafts

## 1. UVOD

Tehnika je področje, ki daje nova znanja, imamo možnost ustvarjati in nadgrajevati svoje znanje. Tudi midva sva predana tehniki, rada izdelujemo izdelke iz lesa in poglobljava ter nadgrajujemo svoje znanje, na področjih obdelave lesa, kovin in ostalih materialov. Zanimivo nama je tudi soočanje z različnimi preprekami in snovanje rešitev za te prepreke oz. ovire.

Z elastomobilom sva se prvič srečala v sedmem razredu. Takrat smo na šolo dobili vabilo za sodelovanje na tekmovanju elastomobilov, ki ga organizira Hiša eksperimentov iz Ljubljane. Ko sva se izvedela za to tekmovanje sva začela razmišljati kako bi izdelala avtomobil, ki ima za edini pogon dve elastiki ali elastiko v kombinaciji z vzmetjo. Odločila sva se, da bova izdelala elastomobil, z lesenim zobniškim prenosom oz. zobniškim gonilom, katerega osnovno zasnovo sva našla v raziskovalnem delu (nalogi), katero sva našla na spletu in na osnovah omenjene naloge začela nadgrajevati in poglobljati določene karakteristike elastomobilov. Elastomobil je imel ročno izdelane lesene zobnike za zobniški prenos moči. Takšnega sva izdelala tudi sama in se z njim pomerila na tekmovanju. Zato, ker nisva bila najbolj uspešna na tekmovanju, sva želela ugotoviti, kako bi dosegla, da bi najin elastomobil opravil daljšo pot. Glede na to, da sva že imela elastomobil z ročno izdelanim zobniškim gonilom, sva razmišljala, da bi bilo modro narediti še eno vozilo katero bi se razlikovalo od elastomobila z lesenim zobniškim gonilom le v tem, da bi imelo to vozilo zobnike iz kovine namesto iz lesa. Pomembno pa je tudi poudariti, da nama je v tem primeru svoboda raziskovalne naloge dopuščala da so lahko zobniki v zobniškem gonilu izdelani strojno, za razliko od samega tekmovanja, na katerem mora biti celotno vozilo izdelano samo in izključno ročno. Predvidevala sva, da bo elastomobil z njimi opravil daljšo pot, saj je njihova izdelava natančnejša. Prav tako sva predvidevala, da bo manjše trenje izboljšalo opravljeno pot.

Zaradi tega sva se odločila za pripravo te raziskovalne naloge in nadgradnjo svojega znanja.

## 2. TEORETIČNI DEL

### 2.1 Kaj je elastomobil

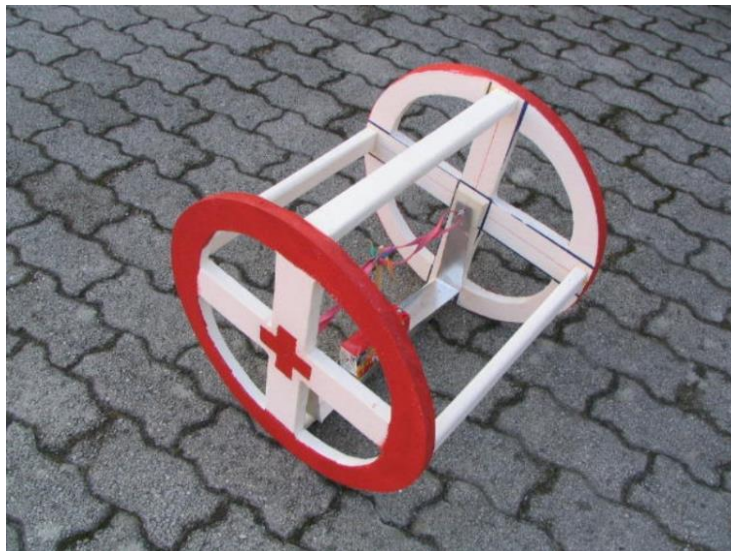
Elastomobil je vozilo z štirimi ali dvema kolesoma, izdelan za tekmovanje, ki ga že od leta 2004 organizira Hiša eksperimentov iz Ljubljane. Za izdelavo pogona smo imeli na izbiro elastiko in vzmet ali dve elastiki. Poznamo dva tipa elastomobilov, raztegnjenec in zvitež. Tekmovanja so se začela z raztegnjenci, potem pa je bilo vedno večje število zvitežev. Zmagal je tisti, ki je prevozil najdaljšo razdaljo, preden se je ustavil ali mu je odpadla elastika (Kos, 2015).

### 2.2 Namen elastomobila

Organizatorji so menili, da družba rine v smer individualizma in da so ljudje vedno manj zainteresirani in povprečni. Hoteli so združiti znanje, kreativnost, ustvarjanje in sodelovanje. Učencem so dali par elastik in jim povedali, naj izdelajo vozilo s samo tem pogonom, ostalo pa so prepustili domišljiji. Vsako leto so učenci iskali in izdelovali nove izboljšave na svojih elastomobilih (Kos, 2015).

### 2.3 Zviteži in raztegnjenci

Raztegnjenci so prvi tip elastomobilov in delujejo tako, da se elastika s pomočjo vzmeti raztegne in z njeno pomočjo poganja os. Zviteži so tip elastomobila, pri katerem ni potrebne vzmeti. Pri njem zvijemo elastiko na torzijski način. Na podlagi tekmovanj ne bi mogli odločiti, kateri so boljši, saj so si zelo blizu. Ampak so zviteži tisti, ki so že podrli nekaj rekordov v zadnjih letih (Kos, 2015).



Slika 1: Zvitež

(Vir: Zvitež)



Slika 2: Raztegnjenec

(Vir: Raztegnjenec)

## 2.4 Zobniki

Zobniki so strojni element, običajno v zobčasti obliki, ki se uporablja za povečanje prenosa moči, zmanjšanje hrupa in vibracij. Večinoma se uporabljajo v parih, tako da navor pogonskega zobnika poveča navor gnanemu zobniku pri nižji hitrosti, ali ga zmanjša pri večji. Poznamo več vrst zobnikov: valjaste, stožčaste, verižne in polžaste, pri katerih je še več različic (Kraut, 1981).



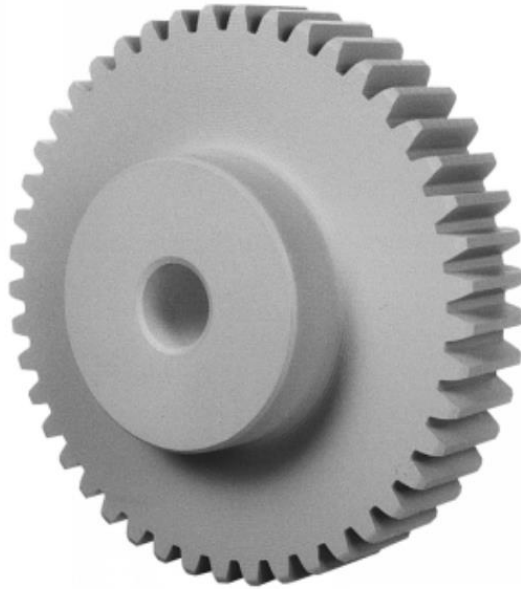
Slika 3: Zobniki

(Vir: Zobniki Štraus)



## 2.5 Valjasti zobniki

Midva sva pri svojih elastomobilih izbrala valjaste zobnike. Valjasti zobniki so eni izmed najpreprostejših zobnikov. Sestavljeni so iz valja in morajo biti natančno izdelani za pravilno delovanje. Proizvajajo veliko hrupa, kar je ena izmed njihovih slabosti. Pogosteje so v rabi takšni s poševnimi zobmi kot pa takšni z ravnimi zobmi, saj sta tako osi lahko vzporedni ali pa pod kotom  $90^\circ$ . Poševni zobi proizvajajo tudi manj hrupa (Kraut, 1981).



Slika 4: Valjasti zobnik

(Vir: Valjasti zobnik)

### 3. EMPIRIČNI DEL

Za navedeno temo sva se odločila na podlagi predhodno izdelanega elastomobila, katerega sva uporabljala na tekmovanju elastomobilov, ki ga organizira Hiša eksperimentov v Ljubljani. Na osnovi tega elastomobila se je začelo porajati vprašanje, kaj bi se zgodilo s prevoženo razdaljo in hitrostjo elastomobila, če bi ročno izdelane lesene zobnike zamenjali s kupljenimi kovinskimi.

#### 3.1 Raziskovalna vprašanja

Na začetku najine raziskovalne naloge, sva si postavila tri raziskovalna vprašanja.

Raziskovalna vprašanja:

1. Ali različni materiali, iz katerih je izdelano zobniško gonilo, vplivajo na prevoženo razdaljo?
2. Ali različni materiali, iz katerih je izdelano zobniško gonilo, vplivajo na hitrost elastomobila?
3. Ali masa elastomobila vpliva na hitrost in prevoženo razdaljo?

Prvo raziskovalno vprašanje sva si zastavila zato, da bi izvedela, ali lahko material, iz katerega je izdelano zobniško gonilo, vpliva na prevoženo razdaljo. Prav tako naju je zanimalo, kolikšna je razlika prevožene razdalje pri različnih materialih za zobnike.

Drugo raziskovalno vprašanje sva si zastavila zato, da bi izvedela, ali lahko material, iz katerega je izdelano zobniško gonilo, vpliva na hitrost. Zanimalo naju je tudi, kolikšna je razlika v hitrosti, če primerjava elastomobil z lesenimi zobniki s tistim, ki ima kovinske zobnike.

Tretje raziskovalno vprašanje sva si zastavila zato, da bi izvedela, ali masa elastomobila vpliva na preveženo razdaljo ali na hitrost. Da bi to preverila, sva elastomobil z lesenimi zobniki dodatno obtežila, da je bila masa obeh elastomobilov enaka.

#### 3.2 Metode raziskovalnega dela

Ko smo na šolo prejeli vabilo na državno tekmovanje elastomobilov, ki ga organizira Hiša eksperimentov iz Ljubljane, sva se odločila za sodelovanje na omenjenem tekmovanju. Na spletu sva poiskala vse potrebne informacije o elastomobilih, kaj so, katere vrste poznamo in kateri so kriteriji za sodelovanje na tekmovanju. Med brskanjem po internetu in virih, sva naletela na raziskovalno nalogo, pri kateri je bil opisan postopek izdelave elastomobila z lesenim zobniškim prenosom.

Po vzoru omenjene raziskovalne naloge sva najprej izdelala elastomobil z ročno izdelanim lesenim zobniškim gonilom. Z njim sva se udeležila državnega tekmovanja elastomobilov. Začela sva razmišljati, kako bi z enako zasnovo lahko izboljšala rezultat.

Ko sta bila elastomobila izdelana, sva opravila meritve na ravni podlagi in na klancu. Elastomobile sva preizkusila pri enakih pogojih. Najprej sva izmerila prevoženo razdaljo, nato pa sva merila čas, v katerem posamezni elastomobil prevozi določeno razdaljo. Želela sva ugotoviti tudi, ali teža vpliva na prevoženo razdaljo in hitrost elastomobila, zato sva elastomobil z lesenimi zobniki obtežila, da sta imela oba enako maso.

Izmerjene podatke sva vstavila v preglednico in izračunala povprečje posamezne meritve. Prav tako sva primerjala razliko med izmerjenimi podatki, če elastomobil spustiva na ravni površini ali na klancu.

### 3.3 Najini začetki

Z elastomobilom sva se začela ukvarjati že v sedmem razredu. Ko sva izvedela za tekmovanje, naju je pritegnilo in dobila sva idejo, da bi se ga udeležila. Že na začetku nama je bil projekt zelo všeč, saj je bila prava miselnost, kako bova to izpeljala. Prvič sva prikazala najin elastomobil na tekmovanju elastomobilov, ki se je odvijalo 13. 9. 2015 na Kongresnem trgu v Ljubljani. Dosegla sva tretje mesto v kategoriji nagrad za izvirnost.

Za to raziskovalno sva se odločila zato, ker sva želela, da bi znanje na tem področju še razširila in poglobila. Zanimalo naju je, kaj bi lahko na elastomobilu spremenila in izboljšala, saj sva želela doseči cilj, da bi bil še hitrejši in bi napravil daljšo pot.



Slika 5: Midva na 12. tekmovanju elastomobilov (prva od leve proti desni)

(Vir: Elastonovice)

### 3.4 Izdelava elastomobila

Izdelave elastomobila sva se lotila ob inspiraciji starejše raziskovalne naloge, v kateri so konstruirali in izdelali elastomobil. Želela sva narediti nadgradnjo te naloge, zato sva poiskala dane podatke in postopke in s pomočjo njih izdelala dva elastomobila. Razlika med njima je v zobnikih. Prvi ima lesene, drugi pa kovinske zobnike (Lazič, 2014).

Elastomobil je ob dani pogonski sili pogojen tudi z maso, ki mora biti za tem boljši izkoristek čim manjša. Zato sva za izdelavo uporabila lahke materiale, večinoma 4 mm debelo topolovo vezano ploščo.

#### 3.4.1 Kolesa

Za izdelavo koles sva uporabila vezano ploščo, iz katere sva izrezala dve večji zadnji in dve manjši sprednji kolesi. Le-ti sva predhodno spela zaradi težnje po tem, da bi bili kolesi čim bolj enaki, izrezkani sta bili z nadrezkarjem.



Slika 6: Anej med žaganjem koles

Nato sva s svedrom premera 15 mm izvrtala še osem lukenj, in sicer po vzoru, da se rob luknje stika z robom notranje krožnice koles ter se tudi s samim robom križa.

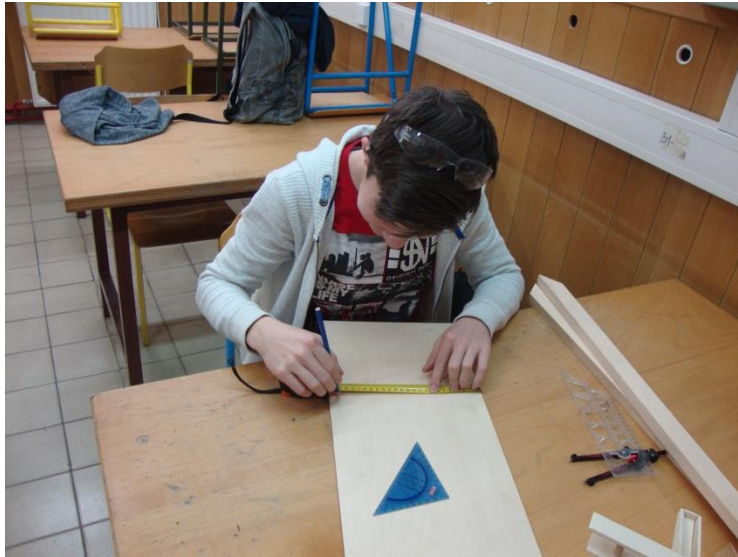
Kasneje sva z vibracijsko žago žagala po notranji krožnici kolesa od izvrtine do izvrtine. Tako sva še dodatno zmanjšala maso koles. Ostre robove sva obrusila z brusnim papirjem.



Slika 7: Jure med brušenjem koles

### 3.4.2 Podvozje

Celoten elastomobil mora biti čim lažji, zato sva sprejela odločitev, da bova 4 mm debelo topolovo vezano ploščo uporabila tudi za izdelavo podvozja. Tako sva dolžino samega elastomobila določila glede na dolžino vzmeti, ki bo uporabljena za pogon v maksimalno dovoljenem raztegnjenem stanju. Vzmet v neraztegnjenem stanju meri 200 mm, v raztegnjenem pa 250 mm. Upoštevati sva morala tudi sistem prenosa sil, pritrjenih na pogonsko gred zobniškega gonila. Iz tega izhodišča sva določila, da bo dolžina vozila znašala 750 mm (brez palice, na katero je pritrjena vzmet), širina pa 250 mm.



Slika 8: Anej med zarisovanjem podvozja

Na vezano ploščo sva načrtala pravokotnik z dimenzijami 750 mm x 250 mm in ga kasneje tudi izžagala. Sledilo je brušenje robov z brusnim papirjem. Na vzdolžnih straneh sva pritrdila dve letvici, ki sta pripomogli k povečanju trdnosti podvozja. Na obe letvici sva zvrtila štiri luknje, ki so namenjene prehodu osi. Vanju sva umestila kroglične ležaje za zmanjšanje trenja. V zadnjem delu podvozja sva izrezala pravokotnik z dolžino 92 mm in širino 20 mm, kateri ima namen služiti za povezavo med zobniškim gonilom in zobnikom na pogonski gredi koles.



Slika 9: Jure med vrтанjem lukenj

### 3.4.3 Zobniško gonilo

Na vezano ploščo debeline 10 mm sva načrtala kvadrate, ki so bili za 20 mm večji kot želeni premeri zobnikov.



Slika 10: Jure zarisuje zobnike

Na podoben način kot sva izžagala kolesa, sva izžagala tudi krožne plošče zobnikov. Oblike zobnikov sva s šablono zarisala na plošče.



Slika 11: Anej žaga zobnike

Z vibracijsko žago sva izžagala zobce, nato sva obrusila zobnike, da so dobili čim bolj gladko površino. Izdelala sva dva večja zobnika, ki sta imela po 20 zob in dva manjša s po 10 zobmi.

Da bi zobniški prenos deloval brez preskakovanja ali zatikanja, sva morala določiti pravilno razdaljo med gredmi (osmi), na katere bodo nameščeni. Razdaljo sva preizkušala in nastavljala praktično.

Nato sva izdelala ohišja zobniškega gonila. Izmerjene razdalje med zarisanimi gredmi oz. iglami sva načrtala na 6 mm ploskev topolove vezane plošče, nakar je sledilo vrtnanje lukenj za kroglične ležaje.



Slika 12: Jure pripravlja gredi za zobnike

Kroglične ležaje sva namestila v izvrtine. V ležaje sva namestila gredi z zobniki.

Kasneje sva preverila delovanje zobniškega gonila in prišla do zaključka, da deluje dobro.

#### 3.4.4 Sestavljanje elastomobila

Ko sva imela vse sestavne dele izžagane, obrušene in izvrtane luknje, sva začela s sestavljanjem. Najprej sva sestavila podvozje, nato sva vstavila osi in na njih pritrdila kolesa. Nato sva namestila ohišje zobniškega gonila, vanj vstavila osi zobnikov in namestila zobnike.



Slika 13: Anej in Jure sestavljata elastomobil

Ko je bil elastomobil sestavljen, sva zaradi težnje po boljšem ujemanju sestavnih delov še dodatno obrusila najin prvi elastomobil.

Po enakem postopku sva nato izdelala še drugi elastomobil. Od prvega se razlikuje v tem, da sva ročno izdelane lesene zobnike zamenjala s kupljenimi, kovinskimi.

### 3.5 Preizkušanje elastomobilov in opravljanje meritev

Odločila sva se, da oba elastomobila testirava na dveh različnih površinah z različnim naklonom. Meritve sva najprej opravila z obema elastomobiloma. Potem pa sva elastomobil z lesenimi zobniki dodatno obtežila, da je bila njegova masa enaka tistemu s kovinskimi zobniki. Opravila sva petindvajset meritev, podatke vnesla v preglednico ter izračunala povprečje opravljenih meritev. Vzmet sva vedno napela na razdaljo 42 cm.

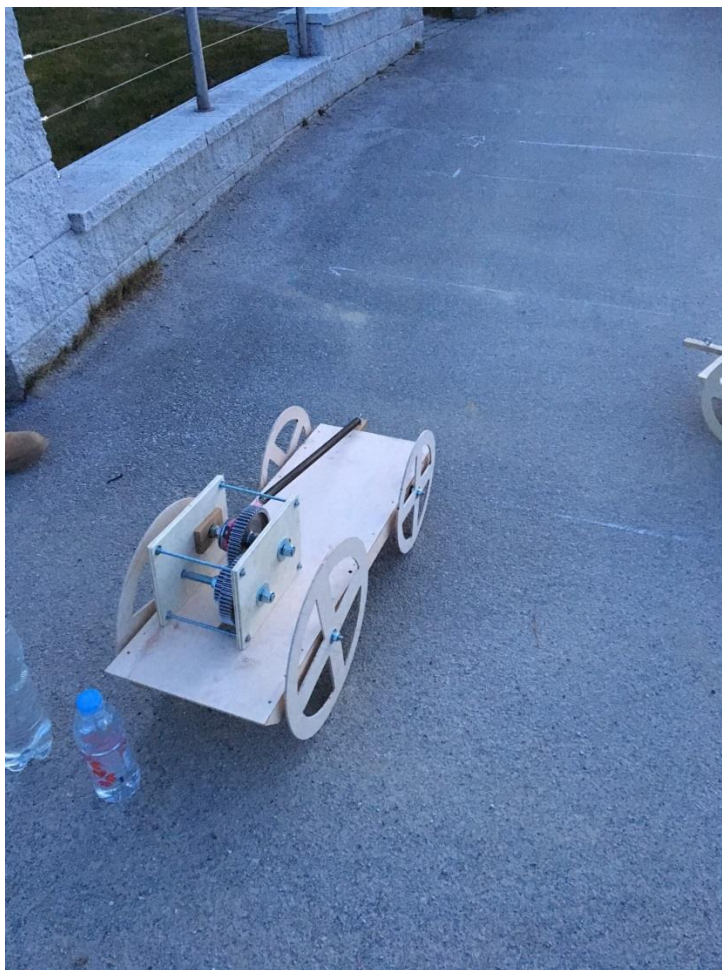
Za ravno podlago sva izbrala tekaško stezo s podlago iz ratana. Ko sva želela izmeriti čas, sva se odločila, da ga bova merila na razdalji desetih metrov na ravni podlagi oz. petih metrov na klancu. Na isti podlagi sva prav tako merila prevoženo razdaljo posameznega elastomobila.





Slika 14: Anej in Jure pripravljata elastomobil za spuščanje na ravni podlagi

Za opravljanje meritev na klancu sva izbrala domače tlakovano dvorišče z naklonskim kotom tri stopinje. Prav tako sva opravila deset meritev. Izmerila sva čas, ki ga elastomobil potrebuje, da prevozi pet metrov. Na isti površini sva izmerila tudi razdaljo posameznega elastomobila.



Slika 15: Elastomobil se pelje po klancu

### 3.5.1 Meritve opravljene na ravni podlagi

Najprej sva meritve opravila na ravni podlagi. Izbrala sva si atletsko progo. Opravila sva tri različne meritve, vsak poskus sva ponovila desetkrat. Prvo meritev sva opravila na elastomobilu z lesenim zobnikom. Merila sva čas, ki ga je potreboval, da je prevozil deset metrov. Nato sva merila še razdaljo, ki jo je prevozil. Isti poskus sva naredila tudi na elastomobilu s kovinskim zobnikom. Ker sva želela izvedeti, ali teža vpliva na rezultate, sva elastomobil z lesenimi zobniki dodatno obtežila, da je bila njegova masa enaka masi elastomobila s kovinskimi zobniki. Tudi s tem elastomobilom sva opravila enake meritve.

Tabela 1: Rezultati meritev opravljenih na ravni podlagi

št. meritve	LESENO GONILO		KOVINSKO GONILO		LESENO GONILO + UTEŽ	
	čas /10 m [s]	pot [m]	čas /5 m [s]	pot [m]	čas /5 m [s]	pot [m]
1	7,86	13,42	6,56	9,05	6,72	9,43
2	7,95	14,29	6,00	8,85	7,26	9,05
3	7,63	14,47	6,08	9,03	6,95	9,23
4	8,10	14,17	6,15	9,67	6,75	9,64
5	7,49	14,38	6,12	9,31	6,88	9,41
6	7,56	14,76	6,12	9,29	6,95	9,29
7	7,26	14,76	6,05	9,66	6,59	9,72
8	7,53	14,79	6,20	9,35	6,60	9,56
9	7,60	15,10	6,69	10,06	6,92	9,58
10	7,43	14,89	6,25	9,71	6,89	10,01
<b>povprečno:</b>	<b>7,64</b>	<b>14,50</b>	<b>6,22</b>	<b>9,39</b>	<b>6,85</b>	<b>9,49</b>

Iz tabele je razvidno, da je najdaljšo pot opravil elastomobil z lesenimi zobniki. To sva tudi predvidevala, glede na to, da je le ta najlažji. Če primerjava prevoženo pot elastomobila s kovinskim gonilom, s potjo, ki jo je opravil dodatno obtežen elastomobil z lesenim gonilom, ugotoviva da ni bistvene razlike. To sva tudi pričakovala.

Glede na čas, ki ga je posamezen elastomobil potreboval, da je prevozil določeno razdaljo, sva ugotovila, da je najlažji elastomobil tudi najhitrejši. Tega nisva pričakovala, saj sva bila mnenja, da bo elastomobil s kovinskimi zobniki najhitrejši, saj je njihova izdelava natančnejša. Tudi če primerjava elastomobila z enako maso, ugotoviva, da je elastomobil s kovinskimi zobniki hitrejši. Predvidevala sva, da zaradi natančnejše izdelave in s tem tudi manjšega trenja med zobniki.

Zanimivo se nama je zdelo tudi to, da je bila začetna hitrost pri elastomobilu s kovinskimi zobniki večja kot pri tistem z lesenim gonilom, vendar je bila pot, ki jo je opravil elastomobil z lesenimi zobniki, precej daljša.

### 3.5.2 Meritve opravljene na klancu

Želela sva izvedeti tudi, kaj bodo pokazale meritve, če elastomobile spuščava na klancu. Odločila sva se, da bova meritve opravila na domačem, asfaltiranem dvorišču. Naklonski kot dvorišča je bil 3°. Meritve sva zopet opravila trikrat, prvič z lesenim zobniškim gonilom, drugič s kovinskim gonilom in tretjič z obteženim elastomobilom z lesenim zobniškim gonilom. Vsako meritev sva opravila desetkrat. Ko sva merila čas, ki ga elastomobil potrebuje za določeno pot, sva se odločila, da ga bova merila na razdalji pet metrov. Za to razdaljo sva se odločila, ker sva predvidevala, da zaradi klanca ne bo mogel prevoziti desetih metrov.

Tabela 2: Rezultati meritev opravljenih na klancu

št. meritve	LESENO GONILO		KOVINSKO GONILO		LESENO GONILO + UTEŽ	
	čas / 5m [s]	pot [m]	čas /5 m [s]	pot [m]	čas /5 m [s]	pot [m]
1	6,65	6,31	/	/	/	/
2	5,90	6,42	/	/	/	/
3	5,58	6,29	/	/	/	/
4	7,58	5,68	/	/	/	/
5	6,23	6,09	/	/	/	/
6	7,48	5,47	/	/	/	/
7	7,53	5,43	/	/	/	/
8	7,95	5,56	/	/	/	/
9	6,96	5,74	/	/	/	/
10	7,16	5,68	/	/	/	/
<b>povprečno:</b>	<b>6,90</b>	<b>5,87</b>	/	/	/	/

Iz tabele je razvidno, da sva tabelirala le podatke za elastomobil z lesenim zobniškim gonilom. Ugotovila sva, da je povprečen čas, ki ga je elastomobil potreboval za pot petih metrov, enak približno sedmim sekundam. Podoben rezultat sva tudi pričakovala. Tudi pot, ki jo je opravil elastomobil z lesenim gonilom, je v mejah najinih pričakovanj.

Težave sva imela pri meritvah elastomobila s kovinskim gonilom ter obteženim lesenim gonilom. Ko sva vzmet in elastiko napela, se le ta nista premaknila. Gibati sta se začela šele ob dodatnem potisku z roko. Ker pa ti podatki ne bi bili pravilni, jih zaradi tega nisva vnesla v tabelo. Tega nisva pričakovala, saj sva bila mnenja, da dodatna teža ne bi smela toliko vplivati na meritve. Predvidevava, da je do tega prišlo zaradi teže in trenja med zobniki.

## 4. REZULTATI IN OCENITEV RAZISKOVALNIH VPRAŠANJ

Najino prvo raziskovalno vprašanje je bilo: Ali različni materiali, iz katerih je izdelano zobniško gonilo, vplivajo na prevoženo razdaljo? Želela sva izvedeti, ali lahko s tem, da zamenjava material za zobnike, doseževa, da bo prevožena razdalja daljša. Zanimalo naju je tudi, kakšna bo razlika med razdaljama.

Pri potrjevanju tega raziskovalnega vprašanja sva si zamislila, da elastomobila testirava na ravni podlagi in na klancu. Ker je elastomobil z lesenimi zobniki lažji, sva ga še dodatno obtežila in preverila, kaj se dogaja z meritvami. Pričakovala sva, da bo najdaljšo pot opravil elastomobil s kovinskimi zobniki. To sva predvidevala zaradi tega, ker so kovinski zobniki natančneje izdelani in sva pričakovala manjše trenje med zobniki. Izkazalo se je, da sva se motila, saj je na ravni podlagi elastomobil z lesenimi zobniki opravil bistveno daljšo pot. Nisva pa opazila bistvene razlike med meritvami, opravljenimi z elastomobilom s kovinskimi oz. dodatno obteženim z lesenimi zobniki.

Zaradi tega lahko trdimo, da najino prvo raziskovalno vprašanje ni potrjeno, saj meritve niso bile skladne z najinimi predvidevanji.

Najino drugo raziskovalno vprašanje je bilo: Ali različni materiali, iz katerih je izdelano zobniško gonilo, vplivajo na hitrost elastomobila? Podobno kot pri razdalji, sva želela izvedeti, kaj se dogaja s hitrostjo elastomobila pri različnih materialih za zobnike. Želela sva izvedeti še, kakšna je razlika, če elastomobil spuščava na ravni podlagi oz. na klancu.

Tudi za potrjevanje tega raziskovalnega vprašanja sva opravila meritve na ravni podlagi in na klancu. Meritve sva opravila z elastomobilom z lesenimi, s kovinskimi in dodatno obteženim z lesenimi zobniki. Predvidevala sva, da bo najhitrejši elastomobil s kovinskim zobniškim gonilom. Bila sva mnenja, da kvaliteta izdelave zobnikov vpliva na hitrost. Ugotovila sva, da je na ravni podlagi začetna hitrost elastomobila s kovinskim gonilom večja, vendar, zaradi njegove teže, hitreje upada kot pri elastobilu z lesenim gonilom, pri katerem je hitrost bolj konstantna. Pri meritvah na klancu sva ugotovila, da elastomobil s kovinskimi zobniki ni imel dovolj moči, da bi speljal. Če sva mu dodatno pomagala tako, da sva ga narahlo potisnila, pa je bila hitrost primerljiva s hitrostjo dodatno obteženega elastomobila z lesenim gonilom. Elastomobil z lesenim gonilom ni imel težav niti pri speljevanju v klanec.

S tem je najino raziskovalno vprašanje delno potrjeno. Ugotovila sva namreč, da je začetna hitrost na ravni površini v skladu z najinimi pričakovanji. Elastomobil s kovinskim gonilom hitreje izgublja na hitrosti kot pa elastomobil z lesenim gonilom. Pri potrjevanju tega vprašanja pa najina predvidevanja ne držijo.

Najino tretje raziskovalno vprašanje je bilo: Ali masa elastomobila vpliva na hitrost in prevoženo razdaljo? Želela sva izvedeti, ali bo sprememba v masi bistveno vplivala na opravljene meritve.

Da bi potrdila to vprašanje, sva opravila meritve na ravni podlagi in na klancu. Predvidevala sva, da težji elastomobil vozi počasneje in posledično opravi krajšo pot. Ugotovila sva, da najina trditev v celoti drži, saj težji kot je elastomobil, krajša je pot in več časa potrebuje za določeno pot. Ta trditev velja tako na ravni površini kot na klancu.

Zaradi tega lahko trdimo, da je najino tretje raziskovalno vprašanje potrjeno, saj se meritve v celoti ujemajo z najinimi pričakovanji.

## 5. ZAKLJUČEK

Namen najine raziskovalne naloge je bil nadgraditi prvotni elastomobil in ugotoviti, ali natančnost izdelave zobnikov vpliva na prevoženo razdaljo oz. hitrost elastomobila. V ta namen sva si zastavila tri raziskovalna vprašanja.

Za potrditev prvega raziskovalnega vprašanja sva opravila meritve z elastomobili, ki se razlikujejo po materialu, iz katerega so izdelani zobniki, konstrukcija samega elastomobila pa je enaka. Ker je bil eden težji od drugega, sva le tega dodatno obtežila in ugotavljala vpliv mase na opravljene meritve.

Tega raziskovalnega vprašanja ne moreva potrditi, saj so bila najina pričakovanja drugačna, kot so pokazale opravljene meritve.

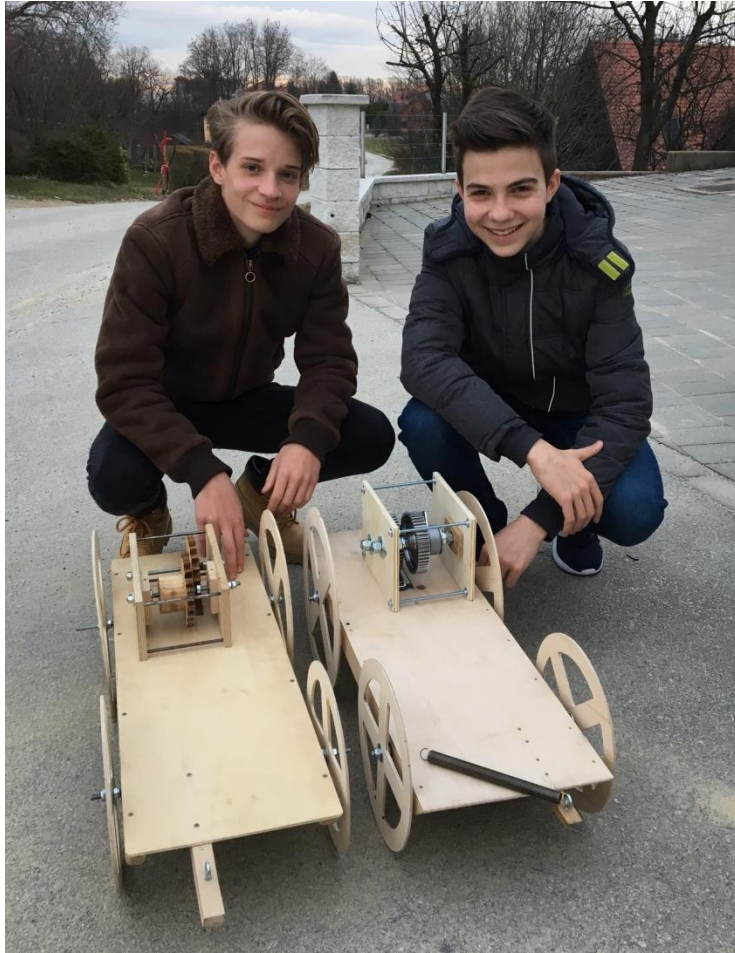
Tudi pri potrjevanju drugega raziskovalnega vprašanja sva si pomagala z meritvami, ki sva jih opravila na ravni podlagi in na klancu. Dobljene meritve sva primerjala s predvidevanji.

Predvidevala sva podobne rezultate pri meritvah na klancu in ravni površini. Ugotovila sva, da so najina predvidevanja delno potrjena, saj so meritve na ravni površini pokazale, da se ne motiva. Pri meritvah na klancu nisva predvidela tega, kar se je dejansko zgodilo.

Za potrditev tretjega raziskovalnega vprašanja sva morala en elastomobil dodatno obtežiti, da sva pri obeh dosegla enako maso. Pri obtežitvi sva si pomagala s plastenkami polnimi vode.

Pri dokazovanju tega vprašanja se nisva motila, ne na ravni površini prav tako pa ne na klancu, saj so meritve pokazale, da ima masa vpliv na prevoženo razdaljo in hitrost.

Med pripravo raziskovalne naloge sva raziskovala na področjih, ki naju zanimajo in na njih razvila veliko znanja. Nadgradila sva tudi najino znanje pri uporabi različnih strojev in orodij. Čeprav sva ugotovila veliko novega, ugotavljava, da bi se dalo na tem področju še veliko raziskati. Lahko bi preizkusila tudi plastične zobnike, ki bi jih lahko kupila ali pa natisnila s 3D tiskalnikom. Kljub temu pa sva mnenja, da sva na tem področju kar precej raziskala in prišla do pomembnih ugotovitev.



Slika 16: Najina končna izdelka

## 6. LITERATURA IN VIRI

1. Kos Miha: Kabinet čudes: Elastomobili, Delo, petek, 4. 9. 2015. Dostop: <http://www.delo.si/znanje/izobrazevanje>, (9. 2. 2017).
2. Kraut Bojan: Strojniški priročnik, šesta slovenska izdaja, popolnoma predelana in izpopolnjena. Ljubljana, Strojniški vestnik, 1981.
3. Lazič U., Lazič M., Konstruiranje in izdelave elastomobila, raziskovalna naloga, Mladi za napredek Maribora, 2014. Dostop: [http://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2015/03/O%C5%A0\\_Proizvodno\\_tehni%C4%8Dno\\_podro%C4%8Dje\\_Konstruiranje\\_in\\_izdelave\\_elastomobila.pdf](http://zpm-mb.si/wp-content/uploads/2015/03/O%C5%A0_Proizvodno_tehni%C4%8Dno_podro%C4%8Dje_Konstruiranje_in_izdelave_elastomobila.pdf), (29. 3. 2014).
4. Elastonovice: Midva na 12. Tekmovanju elastomobilov. Dostop: <http://www.he.si/images/elastonovice/12.jpg>, (9. 2. 2017).
5. Raztegnjenec. Dostop: [http://n.he.si/uimgs/elastomobili/full/dpa\\_Elastomobili\\_Tekmovanje\\_106.jpg](http://n.he.si/uimgs/elastomobili/full/dpa_Elastomobili_Tekmovanje_106.jpg), (9. 2. 2017).
6. Valjasti zobnik. Dostop: [http://www.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/MICHAUD\\_CHAILLY/10-17102008-121742/pictures/10-17102008-121742L.gif](http://www.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/MICHAUD_CHAILLY/10-17102008-121742/pictures/10-17102008-121742L.gif), (9. 2. 2017).
7. Zobniki Štraus. Dostop: <http://www.zobniki-straus.com/images/zobniki.jpg>, (9. 2. 2017).
8. Zvitež. Dostop: <http://www.os-dravograd.si/index.php/galerija-slik/image?view=image&format=raw&type=orig&id=5779>, (9. 2. 2017).