



Gibanje MLADI RAZISKOVALCI KOROŠKE
(Področje: Interdisciplinarno)

ZAKRILCA IN LET PLASTENKE

Avtor: Nace Apat

Mentor: Dušan Klemenčič

Šola: Druga osnovna šola Slovenj Gradec

Leto izdelave: 2018

Slovenj Gradec, 2018

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem mentorju gospodu Dušanu Klemenčiču za strokovno svetovanje, potrpežljivost in spodbudo pri nastajanju raziskovalnega dela.

Lepa hvala tudi gospe Marti Rubin za lektoriranje ter gospe Miri Cajnko za prevod.

KAZALO

1 UVOD	4
1.1 Namen raziskovalne naloge	4
1.2 Zgodovina vodne rakete	4
1.3 Tekmovanja v vodnem raketarstvu	4
1.4 Hipoteze raziskovalne naloge	6
2 TEORETIČNI DEL	6
2.1 Zgradba vodne rakete	6
2.2 Nasvet za daljši polet vodne rakete	7
2.3 Najboljša oblika, velikost ter postavitve zakrilc na vodni raketi	7
3 RAZISKOVALNI DEL	7
3.1 Priprava na izstrelitev	7
3.1.1 Priprava glede na velikost zakrilc	7
3.2.1 Priprava glede na oblike zakrilc	9
3.3 Izstrelitve in rezultati	10
3.3.1 Rezultati raziskovanja velikosti zakrilc (hipoteze 1)	10
3.3.2 Rezultati raziskovanja oblike zakrilc (hipoteza 2)	12
4 RAZPRAVA	14
5 ZAKLJUČEK/ SKLEP	15
6 VIRI IN LITERATURA	16

Povzetek

S pomočjo raziskovalne naloge *Zakrilca in let plastenke* sem raziskal, katera zakrilca so potrebna za optimalen polet vodne rakete. Ker so zakrilca ključnega pomena, sem raziskal šest različnih vrst zakrilc. Med raziskavo sem spreminjal njihovo obliko in velikost. Pri preverjanju prve hipoteze sem uporabil isti material in isto obliko, spreminjal sem velikost. Pri drugi hipotezi pa sem uporabil isti material, spreminjal pa sem obliko. Hipotezo 1 in 2 sem s pomočjo meritev kasneje ovrzel oz. potrdil. Ugotovil sem, da so najboljša manjša zakrivljena zakrilca. Ta raketi omogočijo stabilen in raven let, hkrati pa na raketo ne prenašajo toliko upora.

Ključne besede: vodna raketa, oblika in velikost, zakrilca

Abstract

Using my research paper *Fins and flight of a plastic bottle* I have researched which fins are necessary for the optimal flight of a water rocket. As fins are of the key importance I have decided to research six different types of them. During my research I have changed the shape and the size of the fins. With the first hypothesis I have used the same material and the same shape but I have changed the size. With the second hypothesis I have used the same material but I have changed the shape. Considering the measurements I have later denied or accepted the hypothesis. I have come to the conclusion the curved fins are supposed to be the best. Such fins enable the rocket a stable and stright flight and do not transfer much air resistance to the rocket.

Key words: water rocket, shape and size, fins

1 Uvod

1.1 Namen raziskovalne naloge

Za pripravo raziskovalne naloge *Zakrilca in let plastenke* sem se odločil, ker me zanima modelarsko področje. V treh letih, odkar se ukvarjam s to dejavnostjo, sem se o vodnem raketarstvu marsičesa naučil. Prav zato bi rad znanje nadgradil in področje, ki v svetu ni poznano, predstavil širši množici.

Raziskava želi dokazati, da zakrilca na vodnih raketah bistveno vplivajo na dolžino in višino poleta. Ker se modelarji vedno sprašujemo, kaj uporabiti za optimalen polet, sem se odločil, da bom to področje raziskal in zadevi prišel do dna.

Raziskava torej želi dokazati, katera zakrilca so najboljša za let vodne rakete.

1.2 Zgodovina vodne rakete

Vodna raketa se je prvič pojavila v Franciji. Profesor in njegov mladi raziskovalec sta napolnila steklenico šampanjca z vodo in stisnjenim zrakom. Za tesnjenje sta uporabila ventil in zamašek iz plute. Vodna raketa je bila izstreljena pod naklonom s pomočjo izstrelitvene ploščadi. Ker se je takrat steklo ob vsakem pristanku razbilo, se danes uporabljajo plastenke gaziranih ali navadnih pijač.

Dosedanje raziskave so pokazale, da so svetovni rekord vodne rakete v višino izmerili študentje s fakultete za strojništvo v Cape Townu. 6-litrsko raketo, narejeno iz lahke kovine, so napolnili s 100 bari pritiska, odletela pa je 830 metrov. Projekt so izdelovali oz. dodelovali dve leti in se uvrstili v Guinnessovo knjigo rekordov.

(Water rocket history, 2018.)

1.3 Tekmovanja v vodnem raketarstvu

V svetu in v Sloveniji so organizirana mnoga tekmovanja v vodnem raketarstvu. Lansko leto je tekmovanje potekalo na Velenjskem jezeru in udeležil sem se ga tudi sam. Glavno pravilo tekmovanj v vodnem raketarstvu je, da je trup rakete narejen iz plastenke, katere delovni volumen ne sme presegati dveh litrov. Steklena vlakna ter drugi sestavni deli niso dovoljeni. Gorivo je lahko zgolj voda. Možni so različni načini izstrelitev (z roke, izstrelitvene ploščadi ...). Izvedejo se tri serije. Ekipo sestavljajo do trije tekmovalci, zmaga pa tista, katere raketa odleti najdlje. Nagrada se podeli tudi ekipi, katere raketa je po seštevku vseh treh serij odletela najdlje.

Tekmovanje so na pobudo članov društva vodnih raketarjev organizirali študentje strojništva, gradbeništva, fizike in matematike.

(Vir: WRC 2018 – Pravila, 2018.)



Slika 1: Organizacijski odbor, Velenje. (Vir: Water rocket competition, 2017)

Najdaljši poleti prvih petih vodnih raket so preseгли dolžino 200 m. Vodna raketa Phoenix pa je kot zmagovalna raketa poletela rekordnih 257 metrov, kar je za slovenske tekmovalce neverjeten dosežek.

Sam sem se z raketo Space Shuttle 17 uvrstil na 6. mesto po seštevku vseh treh serij. Prav na tekmovanju so mi težavo povzročila zakrilca. To je eden od razlogov, zakaj sem se odločil za pripravo te raziskovalne naloge.

SKUPINA	1.	2.	3.	Σ		
SPACE SHUTTLE 17	171	162	7	148	481	6
SEVERNOKOREJSKA RAKETA	76	181	8	203	460	5
S-ROCKET	20	33	1	X	53	12
PHOENIX	240	226	10	257	723	1
KATKA	250	255	12	241	746	2
TORPEDO EIMS	247	170	11	10	427	3
ZVEZDICA	148	146	5	142	436	8
YELLOW SUBMARINE	126	111	3	134	371	10
ELIKI PRIMOŽ 2	164	159	6	157	480	7
NINE LIVES	134	130	4	129	393	9
RAKETA 2.0	197	203	9	212	618	4
VILIBALD	123	122	2	107	352	11

Slika 2: Rezultati tekmovanja, Velenje. (Vir: Water rocket competition, 2017.)

1.4 Hipoteze

1.

Na dolžino poleta vodne rakete vpliva velikost zakrilc. Predvidevam, da bo let vodne rakete z večjimi zakrilci daljši. Raketa bo letela z manj odstopanja od idealne krivulje leta. Raketa z manjšimi zakrilci pa bo imela manj optimalen let.

2.

Na polet vodne rakete vpliva tudi oblika zakrilc. Menim, da bo najdaljši polet vodne rakete z ravnimi zakrilci v obliki trikotnika. Raketa bo letela v bolj idealnem loku.

Krajši polet rakete pa bo z ravnimi zakrilci eliptične oblike ali oblike paralelograma.

2 Teoretični del

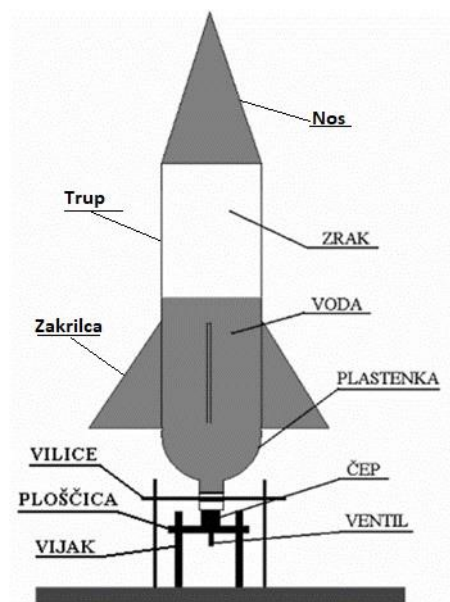
2.1 Zgradba vodne rakete

Vodna raketa je sestavljena iz:

- nosu,
- trupa,
- zakrilc.

Nos je obtežen z utežjo, pogosto z žogico za tenis. Funkcija nosu je, da raketa med poletom leti s čim manjšim uporom, hkrati pa se težišče rakete prenese naprej, kar omogoči let z idealno krivuljo.

Zakrilca so prilepljena na trup rakete, pomagajo ji ohraniti stabilen in raven let. Najpogostejša oblika zakrilc je oblika trikotnika. Pomembno pri zakrilcih je, da so nalepljena čim bolj proti ustju plastenke, saj tako lahko raketa ohrani aerodinamičnost.



Slika 3: Zgradba vodne rakete

Trup rakete je običajno zgrajen iz plastike. Zelo pogosto se za trup uporablja platenka gaziranih pijač, ki zdrži višji tlak. Bistvo trupa rakete je, da je njegova zunanja površina gladka oz. ravna, saj med poletom na raketo ne bo deloval tolikšen upor. Priporočljiva je uporaba plastenke, ki so debelejšje, da ob višjih tlakih raketa ne eksplodira. Poznane so tudi rakete, katerih trup je narejen iz PVC-cevi. S tem si modelarji zagotovijo možnost uporabe višjega tlaka.

Zelo pomembna je tudi izstrelitvena ploščad, saj pripomore k daljšemu poletu vodne rakete. Bistvo ploščadi je, da raketo dobro zatesni pred izstrelitvijo in da ob izstrelitvi ta odleti kar se da prosto, brez najmanjšega trenja. Samo tako bo lahko raketa preletela maksimalno dolžino oz. višino.

2.2 Nasvet za daljši polet vodne rakete

Dolge in ozke rakete se lažje stabilizirajo kot kratke in debelejše. Na dober let vodne rakete bo vplivala tudi obtežitev rakete, saj s tem premaknemo težišče naprej. Ne sme biti pretežka, saj prevelika masa negativno vpliva na dolžino leta. Za čim daljši let rakete je pomemben čim bolj stabilen let. To pomeni, da se raketa čim manj odmika od idealne krivulje leta, ki jo poznamo iz fizikalne teorije o poševnem metu.

(Vir: 30 Tips to get your water rocket to fly higher, 2018.)

2.3 Najboljša oblika, velikost ter postavitev zakrilc na vodni raketi

Na polet vodne rakete bistveno vpliva velikost zakrilc. Prevelika zakrilca manjši platenki dodajo preveliko težo, ta pa zavira hitrost in manjša stabilnost vodne rakete. Prav zato je na raketo boljše pritrditi tri zakrilca kot štiri, saj s tem zmanjšamo maso rakete.

Za manjše modele, torej modele, ki so narejeni iz platenk do 2 litra, je prav tako priporočljivo, da so zakrilca trikotne oblike, eliptične oblike ali oblike paralelograma.

(Vir: What is the best fin shape, size, and placement, 2018.)

3 Raziskovalni del

3.1 Priprava na izstrelitev

3.1.1 Priprava glede na velikost zakrilc

Za najboljšo primerjavo leta glede na velikost zakrilc sem izdelal tri rakete.

Pri vseh raketah sem za obtežitev uporabil tenis žogico, zakrilca pa sem izrezal iz podobne platenke Radenske in 5-litrške platenke za olje. Ker je platenka ovalne oblike, so bila vsa zakrilca obrnjena v desno stran, zato je raketa med letom rotirala v desno. V tej hipotezi sem spreminjal velikost, oblika pa je ostala enaka.

Raketa št. 1 je bila raketa z najmanjšimi zakrilci. Zakrilca so merila v dolžino 5 cm, v širino 6 cm.



Slika 4: Raketa št. 1

Pri drugi raketi (raketa št. 2) sem zakrilca izrezal iz 5-litrške plastenke za olje. Zakrilca so bila večja od zakrilc na raketi št. 1. V dolžino so merila 8 cm, v širino pa 7 cm.



Slika 5: Raketa št. 2

Pri tretji raketi (raketi št. 3) sem izdelal zakrilca iz istega materiala kot pri raketi št. 2. Zakrilca so bila najdaljša oz. največja. Dolga so bila 11 cm in široka 11 cm.



Slika 6: Raketa št. 3

3.2.1 Priprava glede na obliko zakrilc

Tako kot pri raziskovanju velikosti zakrilc sem tudi pri raziskovanju oblike zakrilc vodne rakete izdelal tri rakete z različnimi zakrilci. Za vse tri rakete sem za zakrilca uporabljal isti material. Zakrilca so bila narejena iz posebne plastike, imenovane polietilen, namenjene za upogibanje.

Pri prvi raketi (raketi št. 4) sem izdelal trikotno obliko zakrilc. Ta oblika je najpogostejša, saj deluje dobro tako na manjših modelih (modelih, narejenih iz plastenk) ter večjih modelih (modelih, narejenih iz PVC-cevi).



Slika 7: Raketa št. 4

Pri drugi raketi (raketi št. 5) sem za zakrilca uporabil obliko paralelograma.



Slika 8: Raketa št. 5

Pri tretji raketi (raketi št. 6) raziskovanja oblike zakrilc pa sem za obliko izdelal eliptična zakrilca.



Slika 9: Raketa št. 6

3.3 Izstrelitve in rezultati

3.3.1 Rezultati raziskovanja velikosti zakrilc (hipoteze 1)

Pred izstrelitvijo sem vse tri rakete napolnil s tlakom točno 5 barov, pri tem sem uporabil enako količino vode ter vse rakete izstrelil pod kotom 45° .

Med poletom je prva raketa (raketa št. 1) rotirala dokaj hitro, vendar še zmeraj enakomerno (centrično). V kratkem času je dosegla dokaj visoko višino (cca. 50–80 metrov).

Med poletom druge rakete (rakete št. 2) je bilo opazno nekoliko počasnejše rotiranje. Le-to ni bilo enakomerno (bilo je ekscentrično). Raketa se je ob visoki izstrelitveni hitrosti večkrat zavrtela v obliki spirale. Posledično je to povzročilo, da je raketa preletela manjšo dolžino.

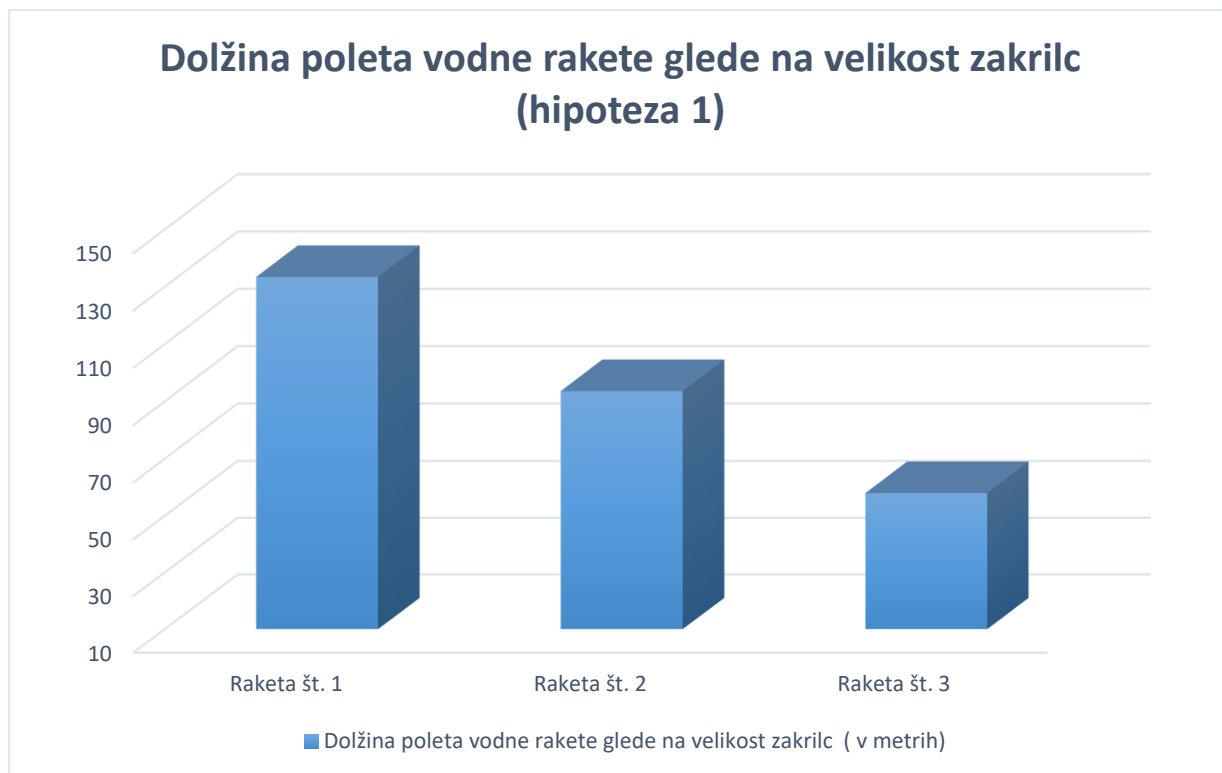
Med poletom tretje rakete (rakete št. 3) je hitrost rotiranja ostala enaka kot pri drugi raketi. Vendar rotiranje ni bilo enakomerno. Raketa je zaradi ekstremno velikih zakrilc ter upora, ki je posledično deloval nanjo, letela v večji spirali kot raketa št. 2. Prav tako sta raketa št. 2 in raketa št. 3 zaradi neenakomernega poleta dosegli manjšo dolžino kot raketa št. 1.



Slika 10: Izstrelitev vodnih raket

Tabela 1: Dolžina poleta vodne rakete (hipoteza 1)

Tip rakete	Preletena dolžina in napaka
Raketa št. 1	$133,4 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 133,4 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$
Raketa št. 2	$93,6 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 93,6 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$
Raketa št. 3	$85 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 85 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$



Slika 11: Dolžina poleta vodne rakete glede na velikost zakrilc

Sklep

Raketa št. 1 je z najmanjšimi zakrilci letela najdlje. Prva hipoteza (hipoteza 1) je bila ovržena, saj je raketa z daljšimi zakrilci letela slabše kot raketa s krajšimi. Raketa z manjšimi zakrilci je imela bolj optimalen let.

3.3.2 Rezultati raziskovanja oblike zakrilc (hipoteza 2)

Pri raziskovanju hipoteze 2 sem tako kot pri hipotezi 1 uporabil isti izstrelitveni kot 45° . Uporabil sem enako količino vode, rakete pa sem napolnil z enakim tlakom 5 barov.

Raketa št. 4 je letela enakomerno, vendar zaradi ravnih zakrilc med poletom ni rotirala. Tudi pri visoki začetni hitrosti raketa ni opravljala poti v obliki spirale.

Raketa št. 5 prav tako kot raketa št. 4 ni rotirala ter ni opravljala poti v obliki spirale. Raketa je letela enakomerno.

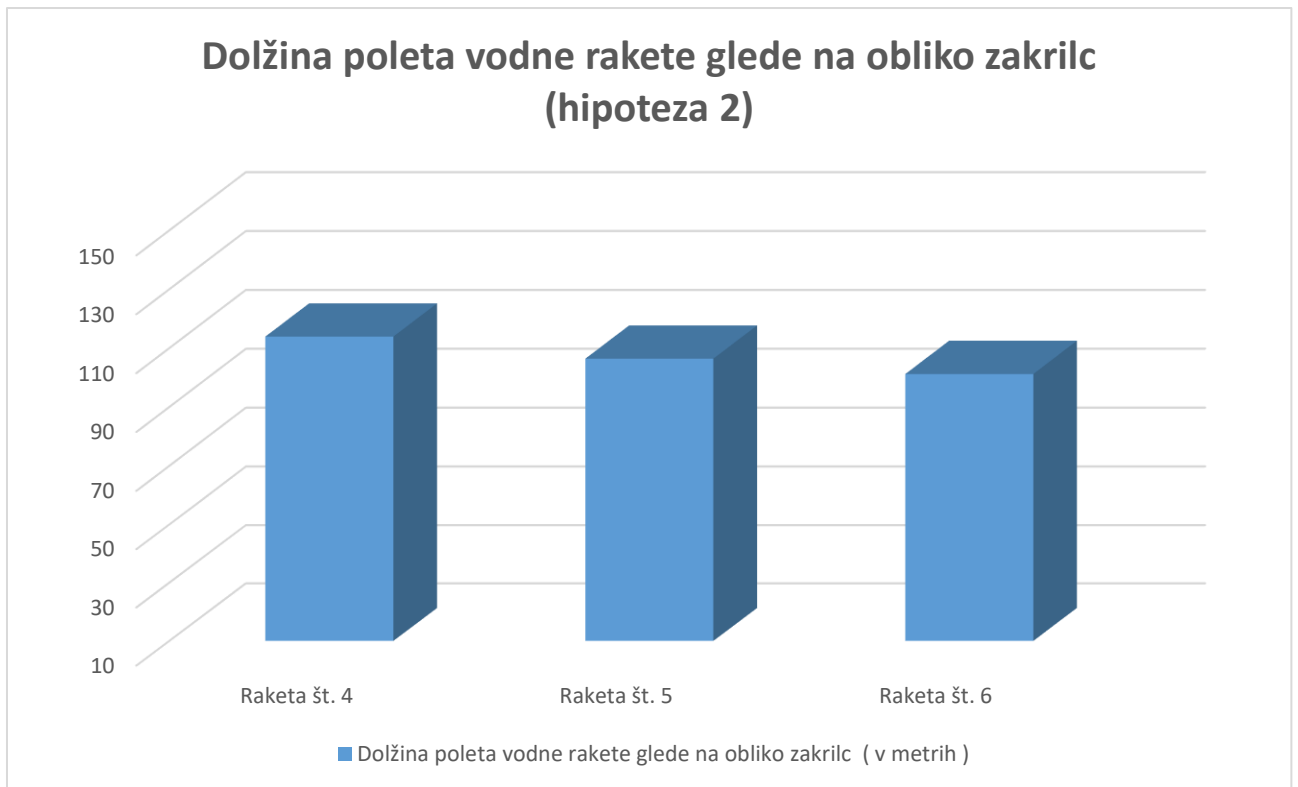
Raketa št. 6 je letela enako kot raketi št. 4 in 5. Raketa ni rotirala in ni opravljala poti v obliki spirale. Tako kot raketi št. 4 in 5 je tudi ta raketa letela enakomerno.



Slika 12: Polet najdaljše rakete (133,4 m)

Tabela 2: Dolžina poleta vodne rakete (hipoteza 2)

Tip rakete	Preletena dolžina in napaka
Raketa št. 4	$113,9 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 113,9 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$
Raketa št. 5	$106,4 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 106,4 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$
Raketa št. 6	$101,2 \text{ m} \pm 1 \text{ dm} = 101,2 \text{ m} (1 \pm 0,1\%)$



Slika 13: Dolžina poleta vodne rakete glede na obliko zakrilc

Sklep

Raketa št. 4 je z obliko zakrilc trikotnika letela najdlje. Drugo hipotezo (hipotezo 2) sem zato potrdil. Raketa je letela v idealnem loku, saj nanjo ni delovalo toliko upora. Krajši polet pa je bil z raketo št. 5 in 6, saj je nanju delovalo več upora.

4 Razprava

Raziskava ne potrjuje hipoteze 1. Na raketo z velikimi zakrilci je zaradi njene velikosti delovalo preveč upora. Raketa zato ni letela daleč. Raketa z manjšimi zakrilci pa je zaradi manjšega upora letela dlje. Hipotezo 1 sem ovrgel.

Raziskava potrjuje hipotezo 2. Raketa z zakrilci oblike trikotnika je za razliko od ostalih dveh raket odletela najdlje. Raketa se zaradi ravnih zakrilc ni vrtela okrog svoje osi, vendar je letela v idealnem loku. Hipotezo 2 sem potrdil.

Raziskovalne metode so bile primerne, saj so si sledile, kot je potekalo delo. Najprej načrtovanje, kaj bom delal, nato izdelava raket, zakrilc, pa do meritev, s pomočjo katerih sem lahko ugotovil, ali so moje hipoteze relevantne ali ne.

Z raziskavo sem ugotovil, da bi lahko svoje vodne rakete izboljšal tako, da bi namesto 4 zakrilc na vsaki raketi uporabil 3 zakrilca.

Raziskava vsekakor odpira nova področja, saj smo znotraj te določili najboljšo velikost ter obliko, v prihodnje pa bi lahko poiskali še dodatne možnosti za izboljšanje zakrilc.

5 Zaključek/sklep

V raziskovalni nalogi sem se osredotočil na raziskavo, katera zakrilca so najboljša za vodne rakete.

Izkazalo se je, da so glede na velikost boljša manjša zakrilca, pritrjena na raketo št. 1 (hipoteza 1). Raketa je s pomočjo le-teh letela v idealni krivulji (v loku).

Za najboljša zakrilca glede na obliko zakrilc so se izkazala ravna zakrilca v obliki trikotnika, ki so bila pritrjena na raketo št. 4 (hipoteza 2).

Tako sem hipotezo št. 1 ovrgel, hipotezo št. 2 pa potrdil.

S to raziskavo sem raziskal osnovne usmeritve pri razvoju optimalnih zakrilc. Tako se bom v prihodnje osredotočil na razvoj manjših zakrilc v obliki trikotnika.

6 Viri in literatura

Viri:

Slika 1: Organizacijski odbor

Dostop: <https://wrc146.wordpress.com/about/>

(30. 01. 2018)

Slika 2: Rezultati tekmovanja

Dostop: <https://wrc146.wordpress.com/about/>

(30. 01. 2018)

Literatura:

Gwynn, John: Water rocket history.

Dostop: http://waterrocketexplorer.free.fr/water_rocket_history.htm

(28. 01. 2018)

Katz, George: 30 Tips to get your water rocket to fly higher

Dostop: http://www.aircommandrockets.com/flying_higher.htm

(25. 01. 2018)

TRD Associates LLC. What is the best fin shape, size, and placement?

Dostop: <http://www.water-rockets.com/article.pl?121,0>

(25. 01. 2018)