

"58. srečanje mladih raziskovalcev Slovenije 2024"

Osnovna šola Janka Padežnika Maribor,

Iztokova 6, 2000 Maribor



KATERI LETI DLJE?

Raziskovalno področje: TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA

RAZISKOVALNA NALOGA

Mentorja:

David Vrbančič

Petra Lebar Kac

Avtor:

Luka Seifried

Maribor, 2024

KAZALO

1	UVOD.....	5
1.1	Namen in cilj raziskovalne naloge	6
1.2	Hipoteze raziskovalne naloge	6
1.3	Predvidena nova spoznanja.....	7
1.4	Metodologija dela.....	7
1.4.1	Metoda preučevanja pisnih virov in literature	7
1.4.2	Metoda eksperimentalnega dela.....	8
1.4.3	Obdelava podatkov.....	8
1.5	Teoretično ozadje raziskovalnega problema.....	9
1.5.1	PAPIR.....	9
1.5.2	LASTNOSTI PAPIRJA.....	9
1.5.3	PAPIRNATA LETALA	13
1.5.4	TEKMOVANJA S PAPIRNATIMI LETALI	14
2	RAZISKOVALNI DEL.....	16
2.1	Sedanje stanje.....	16
2.2	Analiza podatkov.....	16
3	RAZPRAVA	21
3.1	Interpretacija pridobljenih podatkov	21
3.2	Vrednotenje hipotez	21
3.3	Samoevalvacija raziskovalnih metod in raziskovalnega dela	22
4	SKLEP	23
5	DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	24
6	VIRI IN LITERATURA.....	25

KAZALO TABEL

Tabela 1: Fotografije papirnatih letal glede na model in maso papirja	17
Tabela 2: Število metov glede na model papirnatega letala in maso ter teksutro uporabljenega papirja	18
Tabela 3: Meritve dolžine leta za avtorski model »Luka«	18
Tabela 4: Meritve dolžine leta za model »Reaktivec«	19
Tabela 5: Meritve dolžine leta za model »Jadralec«	19
Tabela 6: Meritve dolžine leta za model »Sky King«	20
Tabela 7: Meritve najdaljšega leta glede na vrsto modela in gramaturo uporabljenega papirja	20

POVZETEK

Papir je material, ki se razlikuje po svoji gramaturi (masi), debelini in togosti. Gramatura narekuje stik s papirjem in občutke ob držanju v roki, občutek med prsti. Prav tako gramatura v kombinaciji z gostoto, volumnom ter vlakni in tekom (usmerjenostjo in velikostjo vlaken) narekuje občutek moči, togosti, trdnosti, mehkode oziroma lahkotnosti, prožnosti ali mlahavosti papirja. V kombinaciji zgornjih lastnosti lahko izbor papirja optimiziramo na tisto raven, ki nam in prejemniku zagotavlja najbolj prijetno izkušnjo. Med prvimi izkušnjami otrok s papirjem, pa je tudi papirnato letalo. Igrača, ki je predvsem zanimiva zaradi oblikovanja in leta. Spodbuja domišljijo in inovativnost ter tekmovalnost. Zgibanje pa ni samo tehnična usposobljenost, ampak je lahko prava umetnina. Katere lastnosti papirnatega letala so bistvene za uspešen let, je naše zanimanje, ki ga želimo raziskati.

Ključne besede: papirnata letala, papir, let, lastnosti papirja, dolžina leta.

ABSTRACT

Paper is a material that differs in its grammage (mass), thickness and rigidity. Grammage dictates contact with paper and sensations when holding in your hand, feeling between the fingers. Also, grammage in combination with density, volume fibres and running (fibre orientation and size) dictates a feeling of strength, stiffness, strength, softness or lightness, flexibility or flabbiness of the paper. In addition with the above properties, we can optimize the paper selection to the level that provides us and the recipient with the most enjoyable experience. One of the first experiences of children with paper is a paper plane. It's a toy that is especially interesting for its design and flight. It stimulates imagination, innovation and competition. The folding is not only a technical competence but can be a real work of art. What features of a paper aircraft are essential for a successful flight is our interest, which we want to explore.

Key words: aircraft, paper, flight length, paper properties, length of flight.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorjema, da sta me spodbujala in pomagala pri pisanju raziskovalne naloge in me popeljala v področje tehnike in ustvarjalnosti ter si vzela čas za vprašanja in dileme.

1 UVOD

Papir, najosnovnejši material za zgibanje, mečkanje, trganje, je lahko tudi igrača. Kaj kmalu se otroci srečajo s prvimi papirnatimi letali in z njimi tudi tekmujejo, kdo poleti višje ali dlje. A z izdelavo in tekmovanji s papirnatimi letali se ne srečujejo le otroci, ampak se v njem pomerijo tudi odrasli. Za resnejše tekmovanje je pomembno tudi znanje o izdelavi papirnatih letal. Zato obstajajo tudi nekatere knjige, revije in spletne strani, ki nudijo načrte in vse potrebne informacije o sestavi papirnatih letal. Seveda pa je lahko izdelava tudi čisto v domeni vsakega posameznika. Ker imamo radi oblikovanje in hkrati igro z letali, smo želeli preizkusiti, kateri dejavniki papirja in oblika letala vplivajo na dolžino leta. Zato bomo raziskovali literaturo na to temo in naredili eksperiment v letenju papirnatih letal glede na proučevane predpostavke. Pri tem bomo ugotovitve primerjali z že obstoječimi študijami o izdelavi papirnatih letal in vplivu različnih lastnosti papirja in oblik na dolžino leta.

1.1 Namen in cilj raziskovalne naloge

Z raziskovalno nalogo želimo raziskati povezavo med vrsto papirja, obliko letala in dolžino leta papirnatega letala. S pomočjo literature, avdiovizualnih sredstev ter raziskovalnim delom bomo raziskali predpostavke predpostavljene v hipotezah.

1.2 Hipoteze raziskovalne naloge

H1: Lažja letala letijo dlje.

H2: Vsak naslednji met papirnatega letala bo krajši zaradi poškodb letala pri padcu.

H3: Letala s širšimi krili letijo dlje.

H4: Ožja krila povzročajo nemiren let.

H5: Gladka letala (220 g) letijo dlje v primerjavi z letali s teksturo (220 g).

1.3 Predvidena nova spoznanja

Dolžino leta papirnatega letala bomo predstavili iz naslednjih vidikov:

- teoretičnega vidika – spoznanja iz tekmovanj s papirnatimi letali ter članki na to temo;
- praktičnega vidika – raziskovanje leta letala in opravljanje meritev ter analiza le-teh.

S tem bomo potrdili ali ovrgli predvidene hipoteze.

Kot je razvidno iz hipotez, menimo, da lažja letala v večini primerov letijo dlje. Menimo, da je dolžina leta odvisna od oblike letala in mase papirja. Predvidevamo, da bodo letala s teksturo na papirju dosegla krajše dolžine leta kot letala, ki so bila izdelana z gladkim papirjem.

1.4 Metodologija dela

Pri oblikovanju raziskovalne naloge smo uporabili raznolike postopke in metode. Poglobili smo se v vire in literaturo, ogledali videoposnetke in opravili praktično raziskavo. Dobljene podatke smo analizirali, jih razvrščali in interpretirali ter primerjali z obstoječimi študijami.

1.4.1 Metoda preučevanja pisnih virov in literature

Seznani smo se z različno literaturo. Brskali smo po monografskih publikacijah (zborniki, knjige), serijskih publikacijah (poglavja v zbornikih, revijah, strokovni članki), polpublikacijah (raziskovalne naloge) in elektronskih virih (spletni dokumenti, videoposnetki).

1.4.2 Metoda eksperimentalnega dela

Pri eksperimentalnem delu smo se osredotočili na raziskovanje vpliva teže in teksture papirja na let papirnatega letala. Izvedba eksperimentalnega dela je potekala po naslednjih korakih:

- Najprej smo se odločili, da bomo za izdelavo papirnatih letal uporabili A4 format papirja, ki je tudi uporabljen pri vseh tekmovanjih s papirnatimi letali.
- Sledil je izbor 4 modelov letal, ki jih bomo uporabili pri raziskavi.
- Nato smo v papirnici izbrali različne A4 papirje glede na gramaturo in teksturo. Odločili smo se za 4 različne papirje: gladek 80 g, gladek 100 g in gladek 120 g ter tekstura 120 g. Izbira barve je bila naključna, saj smo prepričani, da barva ne vpliva na let.
- Izdelali smo 16 letal (4 modeli krat 4 vrste papirja).
- Prostor za preizkušanje leta je bila šolska avla, saj smo želeli izločiti vpliv vremena (vetra) na let. Prav tako je avla dovolj prostorna (dovolj široka in dolga), da je imelo letalo dovolj prostora za neoviran let.
- Pri merjenju dolžine leta smo si pomagali s šolskim športnim metrom dolžine 35 m.

Potek dela: Imeli smo pripravljeno tabelo za vpis rezultatov metov. Z vsakim papirnatim letalom je bilo opravljeno 5 metov. Dolžino leta smo izmerili s šolskim športnim metrom in zapisali meritve v tabelo. Ves čas je mete s papirnatimi letali opravljala ista oseba, saj smo s tem želeli poskrbeti za čim bolj veljavne rezultate.

1.4.3 Obdelava podatkov

Dobljene izmerjene podatke smo zbrali in jih vpisali v tabelo. Na podlagi tega smo analizirali dobljene rezultate in iz njih izpeljali ugotovitve ter jih primerjali z rezultati že nekaterih obstoječih študij in naredili zaključke.

1.5 Teoretično ozadje raziskovalnega problema

1.5.1 PAPIR

V različnih virih in literaturi zasledimo splošen opis, da je papir material, ki je narejen iz lesenih vlaken in se uporablja za različne uporabe, najpogosteje za risanje in pisanje. Papir pridobivamo tako, da najprej posekamo določeno vrsto drevesa (odvisno kakšen papir želimo), nato deblu drevesa odstranimo lubje, nato mehansko odstranimo lesno vlaken, ki jih nato oblikujemo v papir. Ko papir recikliramo, lahko iz njega naredimo nov kos papirja. SSKJ pa lepo opiše papir kot: “tanek, sploščen izdelek, zlasti iz rastlinskih vlaken, za pisanje, tiskanje, zavijanje”.

1.5.2 LASTNOSTI PAPIRJA

Na spletni strani All in paper (2020) zasledimo članek o teži papirja. Pravi, da je teža papirja ena od osnovnih lastnosti, saj narekuje še druge lastnosti kot so debelina papirja in togost. Če poznaš lastnosti papirja, je lažja odločitev kakšen je primeren za izbrano tiskovino.

Težo papirja merimo v gramih na kvadratni meter (gsm). V pogovornem jeziku za težo papirja oziroma pole uporabljamo izraz gramatura.

Teža oziroma gramatura je predvsem odvisna od gostote mase papirja. Zaznavanje le-te pa se naslanja na haptični občutek. Gramatura narekuje stik s papirjem in občutke ob držanju v roki, občutek med prsti. Prav tako gramatura v kombinaciji z gostoto, volumnom ter vlakni in tekom (usmerjenostjo in velikostjo vlaken) narekuje občutek moči, togosti, trdnosti, mehkoobe oziroma lahkotnosti, prožnosti ali mlahavosti papirja. V kombinaciji zgornjih lastnosti lahko izbor papirja optimiziramo na tisto raven, ki nam in prejemniku zagotavlja najbolj prijetno izkušnjo.

Opredelitev gramatur

Kot papir, po standardih ICP (Inštitut za celulozo in papir), štejemo proizvode do 150 gsm. V praksi je ta meja med papirjem in kartonom lahko zamaknjena celo do 225 gsm. Nihajoči podatki nakazujejo na to, kako pri papirju ne moremo posploševati in ima vsak produkt svoje karakteristike z lastnostmi, ki se podpirajo ali pa izpodbijajo. Opravka imamo z zelo organskim produktom, ki je navidezno stabilen.

Mejo med kartonom in lepenko (večplastno laminiran karton) določamo pri 600 gsm:

- *do 170 gsm = papir *po ICP standardih,*
- *do 225 gsm = papir *v praksi,*
- *od 170/250 gsm do 600 gsm = karton,*
- *od 600 gsm naprej = lepenka.*

Gramatura in volumen

Za voljo primera izhajamo iz standarda brezlesnega 80 gsm papirja, ki ima običajno volumen 1,1 cm³/g. Kadar želimo imeti papir, ki deluje bolj polno in ima dobro opaciteto, posežemo po papirjih z višjim volumnom: 1,4 ; 1,5 ; 1,7 ; 1,8 ; 2,0. Ti papirji so večinoma lesovinski in se uporabljajo z namenom tiska knjig (črktisk).

V naboru brezlesnih in premaznih papirjev obstajajo papirji z višjim volumnom, ki imajo enako gramaturo kot običajni papirji. Tem papirjem pravimo tudi premium papirji, saj so cenovno višji rang od standardnih. Pri takšnih papirjih lahko posežete po gramaturi, ki je za stopnjo nižja. Na primer, namesto 140 gsm, izberete 120 gsm.

Takšni papirji bodo končnemu izdelku (knjigi ali katalogu) dali lahkotnost, voluminoznost, boljšo opaciteto in prestižnejši bogatejši videz (prav tam).

Gramatura in togost

Kot pri gramaturi in volumnu, je potrebno biti pozoren tudi na togost. Prepogibnost papirja je poleg teže odvisna tudi od kombinacije vlaken in polnil. Tako lahko dobimo zelo tog papir pri nižji teži in obratno.

Gramatura v praksi

Nizke gramature (do 90 gsm)

25 do 60 gsm – navodila za zdravila in kozmetiko, tisk revij in časopisov,

70 in 80 gsm – tisk knjig (črktisk), pisarniški papirji za vsakdanjo rabo, tisk raznih navodili, tisk revij in časopisov, brošur manjšega formata, zloženek in reklamnih lističev (fly-erjev),

90 gsm – tisk revij in knjig z boljšo opaciteto, zloženek.

Srednje gramature (110 do 170 gsm)

Tisk notranjih delov knjig, revij, tisk zloženek, mehkejših platnic revij, reklamnih lističev (fly-erjev).

Višje gramature (nad 200 gsm)

Tisk močnejših reklamnih lističev (fly-erjev), platnic, map, vizitk, škatel in embalaže.

Prav tako je na omenjeni strani All in paper, ki je bil objavljen 13. oktobra, 2020, zaslediti veliko podatkov o formatu papirja. Format je okvir, v katerega vstavimo sporočilno vsebino. Od njega je odvisen prvi vtis prejemnika sporočila. Format nam govori o velikosti polizdelka – papirja ali pa končnega izdelka npr. kuverte, knjige, rokovnika ... Prav tako končni izdelek narekuje izbiro formata papirja pri naročanju ali iskanju. S pomočjo poznavanja formatov si lahko predstavljamo velikost izdelka ali formata samega.

Npr. vsi poznamo velikost A4 in z njo povezano veliko število izdelkov, kot so registri, razne mape, ovitki, shranjevalniki, police in predali, ki so vezani na A4 pisarniški papir. A4 je v merilu 210 mm krat 297 mm, seveda te mere ne pozna vsak in tudi pogovorno raje govorimo o A4 formatu in ne o merilu.

Formati končnih izdelkov

Formati končnih izdelkov so nekoliko večji kot pa je njihova vsebina (mape, kuverte, škatle in drugi papirnati izdelki). Pri kreiranju le-teh je potrebno upoštevati maso in volumen papirja pri prepigibanju, saj slednja ob neupoštevanju narekujeta težave pri vlaganju vsebine. Npr. kuverte so vedno nekoliko večje od vsebine – vsaj 5 mm po vsaki strani oziroma 10 mm večje od velikosti formata vsebine kot so npr. voščila, obvestila, čestitke ali drugega sporočila (Prav tam).

Zakaj je format končnega izdelka pomemben?

Format končnega izdelka je poleg barve prva lastnost izdelka, ki jo prepoznamo oziroma nas ta opozori nase v naši okolici. Veliki formati pritegnejo pozornost, zanimanje pa vzbudijo tako veliki kot intimno majhni. Odvisno od tega, kaj bi radi sporočili in s kakšnim namenom.

Npr. format katerega zložimo oziroma razložimo v veliki plakat lahko s svojo velikostjo vzbudi pozornost. Sploh, če v takšen plakat zre vsak posameznik v večji skupini. Prav tako lahko pritegne pozornost majhen izdelek posebnega formata.

1.5.3 PAPIRNATA LETALA

Sanje o letenju so stare kot človeška zgodovina, ideja o svobodnem potovanju v zraku pa je legenda že od antičnih časov. Kdo ne pozna zgodbe o Ikaru, ki se je s svojimi krili preveč približal soncu? Ko je sonce stopilo vosek med njegovimi peresi, je bil grški letalski pionir prisiljen pasti v morje.

Univerzalni umetnik Leonardo da Vinci je okoli leta 1500 v Italiji poskrbel za odločilen vzgib za letenje in poznamo njegove risbe, ki prikazujejo princip helikopterja, propelerja in padala. Nekateri avtorji domnevajo, da je Leonardo že prej sestavljal papirnata letala. Glede na njegove številne izume, ki so bili več stoletij pred svojim časom, je to seveda mogoče. Vendar Leonardo zagotovo ni izdelal modela jadralnega letala s fiksnimi krili. Navsezadnje je bil prepričan, da mora imeti leteči stroj gibljiva krila, da bi se lahko obdržal v zraku kot ptica.

Nazadnje sta brata Joseph in Jacques Étienne Montgolfier prva uresničila sanje o letenju. V njunem balonu na vroč zrak so se leta 1783 v zrak prvič dvignile tri živali – ovca, petelin in raca, vendar ta izum ni spodbudil izdelave papirnatih letal.

Povsem drugačna so bila majhna letala sira Georgea Cayleyja. Leta 1808 je Anglež izdelal majhna jadralna letala, verjetno iz papirja in lesa, na katerih je opazoval medsebojni vpliv zračnega upora, površine in teže letala. Obstaja možnost, da je sir George Cayley preučeval plovnost z zloženimi listi papirja. Malo kasneje (1853) je z letalom, prikazanim na strani 4 (rekonstrukcijska risba), izvedel prvi jadralni polet s posadko. Zgornji del je videti kot trinadstropno papirnato jadralno letalo, čeprav je bila prevleka iz blaga.

Leta 1842 je izumitelj William Samuel Henson narisal leteči stroj, ki je pozneje navdihnil številne konstruktorje. Njegova patentirana zasnova je predvidela izum letala, saj je bilo krilo nameščeno prečno na trup, zadaj pa je bila pritrjena repna površina (enota za krmiljenje).

Kmalu po prelomu stoletja, ko so po svetu zaokrožila poročila o uspešnih prvih poletih in se je povečalo število izumov letečih strojev, se je verjetno začela tudi izdelava papirnatih letal in preprostih letečih modelov.

S standardizacijo papirja na določene velikosti ni bilo več mogoče zaustaviti prodora letenja v pisarnah, šolah in na univerzah. Pravi val navdušenja je končno sprožilo "Mednarodno tekmovanje papirnatih letal", ki ga je organizirala ugledna newyorška znanstvena revija, ki je

vzbudila tudi naše zanimanje za razvoj zložljivih in jadralnih letal iz najpreprostejših materialov (Kobler, 1999).

1.5.4 TEKMOVANJA S PAPIRNATIMI LETALI

Pri raziskovanju literature smo zasledili, da se tudi v Sloveniji odvijajo tekmovanja s papirnatimi letalci. Eno izmed takšnih tekmovanj je Timovo tekmovanje s papirnatimi letalci in modeli drsalcev, ki poteka pod okriljem Zveze za tehnično kulturo Slovenije.

Pravila tega tekmovanja so sledeča:

Tekmuje se s preprostimi papirnatimi letalci, zgibanimi iz enega lista pisarniškega papirja formata A4, ki jih tekmovalci po svoji zamisli naredijo na tekmovanju. Tekmovanje poteka v treh panogah:

- trajanje leta,
- dolžina leta in
- natančnost pristajanja v cilj.

Tekmovalec si lahko za vsako panogo po želji pripravi drug model ali pa vse lete opravi z istim. V vsaki panogi ima tekmovalec na voljo tri poskuse. Za končno uvrstitev se upošteva seštevek vseh treh letov oziroma točk v posameznih panogah. Tekmovalci so razdeljeni v dve starostni skupini (učenci do 3. razreda in učenci od 4. do 9. razreda). Najboljši trije udeleženci tekmovanja učencev do 9. razreda (2. in 3. triada) v vsaki panogi in skupnem seštevku točk prejmejo diplome in praktične nagrade sponzorjev, prvi trije skupno pa še Timove medalje. Tekmovalci v starostni skupini do 3. razreda (1. triada) se ocenjujejo posebej, najboljši trije v skupni razvrstitvi vseh panog pa prejmejo diplome in praktične nagrade. Posebno priznanje in praktično nagrado dobi tudi najmlajši udeleženec tekmovanja.

V letu 2023 je potekalo 12. Timovo po dveletnem premoru zaradi pandemije, ki se ga je udeležilo kar 51 udeležencev. Pogoji tekmovanja so ostajali enaki kot vsa leta do takrat. Je pa g. Robert Teršek (2023) v reviji Tim zapisal, da bi bilo smiselno razmisliti še o drugih kategorijah kot je uvrstitev tekmovanja med državna tekmovanja, ločitev na žensko in moško konkurenco.

V letu 2024 še žal ni razpisa za 13. Timovo tekmovanje s papirnatimi letalci in modeli drsalcev. V kolikor bo razpis objavljen, se bomo skušali tekmovanja udeležiti, saj bomo pridobili kar nekaj izkušenj z izdelavo papirnatih letal.

Obstaja pa tudi tekmovanje svetovnega formata. Gre za Red Bull Paper Wing tekmovanje, ki poteka od leta 2006. Na spletni strani RedBulla je Geas (2023), kot avtor članka zapisal, da gre za tekmovanje, kjer RedBull poziva vse ljudi, da naj se preizkusijo v izdelavi papirnatih letal, kjer bodo povezali in zagotovijo veličino v najpreprostejši obliki. Uskladiti morajo ustvarjalnost, fizičnost in tehnično genialnost. Naloga je naslednja: iz standardnega enega samega lista ostrega papirja A4 je potrebno izdelati letalo, ki bo preletelo razdaljo ali čim dlje obstalo v zraku. Prepovedano je trganje, rezanje, spenjanje, lepljenje ali kakršne koli druge spremembe.

Medalen (2022) je objavil članek, kjer opisuje zadnje Red Bull tekmovanje v papirnatih letalih. Rekordni met je dolg 61,11 m.

2 RAZISKOVALNI DEL

2.1 Sedanje stanje



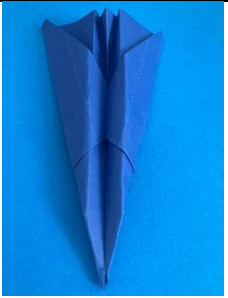



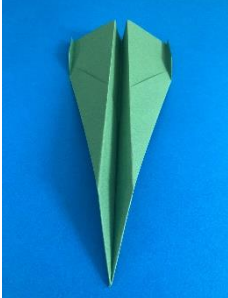


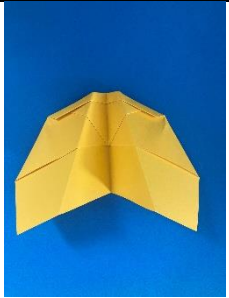

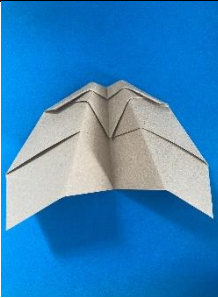




Ob raziskovanju literature smo ugotovili, da obstajajo nekateri pisni viri, ki opisujejo in raziskujejo papirnata letala. Dosedanja raziskovalna naloga s tematiko papirnatih letal je bila narejena na fizikalnem področju, prav tako se diplomske in magistrske naloge, ki vključujejo papirnata letala, nanašajo na področje fizike, ne pa na material izdelave, ki je bil pri nas v ospredju. Papirnata letala so omenjena kot možni izdelek v okviru predmeta naravoslovje in tehnika ali tehnika. Vire, ki pa se nanašajo tudi na papir, kot material izdelave, pa se najdejo v okviru tekmovanja s papirnatimi letali. Na to temo najdemo tudi članke v reviji Tim, ki jo izdaja Zveza za tehnično kulturo Slovenije.

2.2 Analiza podatkov

Rezultate dolžine letov smo predstavili tabelarično in zapisali interpretacijo rezultatov.

Raziskovalni vzorec

Tabela 1: Fotografije papirnatih letal glede na model in maso papirja*

Model/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
Model »Luka«				
Model »Reaktivec«				
Model »Jadralec«				
Model »Sky King«				

*Fotografije iz lastnega arhiva.

Izdelano in preizkušeno v letu je bilo 16 letal (4 modeli letal krat 4 različni papirji). Opravljeno je bilo 80 metov – z vsakim letalom 5 metov.

Tabela 2: Število metov glede na model papirnatega letala in maso ter teksutro uporabljenega papirja

Model/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)	SKUPAJ
Model »Luka«	5	5	5	5	20
Model »Reaktivec«	5	5	5	5	20
Model »Jadralec«	5	5	5	5	20
Model »Sky King«	5	5	5	5	20
Skupaj	20	20	20	20	80

Kot je razvidno iz tabele, smo imeli štiri modele različnih papirnatih letal. Model "Luka", "Reaktivec", "Jadralec" in "Sky King". Vsak model smo izdelali v štirih različicah glede na maso uporabljenega A4 papirja: 80 g, 120 g, 220 g in 220 g (tekstura). Ena oseba je vsako različico modela vrgla petkrat, torej je za vsak model bilo opravljenih 20 metov.

Tabela 3: Meritve dolžine leta za avtorski model »Luka«

Št. metov/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
1. met	1188 cm	868 cm	840 cm	806 cm
2. met	1017 cm	1316 cm	1047 cm	860 cm
3. met	1206 cm	1039 cm	1226 cm	896 cm
4. met	1256 cm	1047 cm	950 cm	1016 cm
5. met	1316 cm	987 cm	1375 cm	656 cm
POVPREČJE	1196,6 cm	1051,4 cm	1087,6 cm	846,8 cm

Iz tabele je razvidno, da je model letala "Luka" glede na njegovo povprečno razdaljo najdlje letel z maso 80 g. Sledi različica z maso 220 g (gladek). Ugotavljamo, da je letalo z maso 120 g letelo manj kot 220 g (gladko). Najmanj je preletela različica 220 g (tekstura), pri kateri je bilo med letom opaziti zavijanje papirnatega letala.

Tabela 4: Meritve dolžine leta za model »Reaktivec«

Št. metov/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
1. met	986 cm	956 cm	820 cm	1166 cm
2. met	747 cm	926 cm	1002 cm	904 cm
3. met	890 cm	790 cm	782 cm	1132 cm
4. met	687 cm	926 cm	1076 cm	1238 cm
5. met	615 cm	747 cm	1028 cm	867 cm
POVPREČJE	785 cm	869 cm	941,6 cm	1061 cm

Iz tabele lahko razberemo to, da je letalo modela "Reaktivec" najdlje letelo z maso 220 g (tekstura). Ugotavljamo, da je letalo z manjšo maso letelo manj kot letala z večjo maso. Pri vseh metih je bilo opaziti vrtenje papirnatega letala v svojem letu.

Tabela 5: Meritve dolžine leta za model »Jadralec«

Št. metov/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
1. met	328 cm	297 cm	268 cm	735 cm
2. met	850 cm	657 cm	358 cm	328 cm
3. met	179 cm	448 cm	374 cm	537 cm
4. met	250 cm	567 cm	956 cm	353 cm
5. met	177 cm	166 cm	347 cm	537 cm
POVPREČJE	356, 8 cm	427 cm	460 cm	498 cm

Iz tabele je razvidno, da je letalo modela "Jadralec" najdlje letelo z največjo maso (220 g tekstura). Ugotavljamo, da se je let letala krajšal z manjšo maso papirja. Pri vseh metih je bilo opaziti vzvraten let papirnatega letala omenjenega modela.

Tabela 6: Meritve dolžine leta za model »Sky King«

Št. metov/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
1. met	1136 cm	802 cm	930 cm	688 cm
2. met	1197 cm	568 cm	876 cm	471 cm
3. met	1586 cm	655 cm	1047 cm	389 cm
4. met	1316 cm	649 cm	1038 cm	438 cm
5. met	1494 cm	568 cm	1028 cm	393 cm
POVPREČJE	1345,8 cm	648,4 cm	819,8 cm	475,8 cm

Iz tabele je razvidno, da je 80 g letalo najdlje v primerjavi z drugimi različicami modela. Zanimivo pa je, da je na 2. mestu 220 gramska (gladek) različica po povprečni dolžini leta, nato 120 g, na koncu pa še 220 g s teksturo.

Tabela 7: Meritve najdaljšega leta glede na vrsto modela in gramaturo uporabljenega papirja

Model/ masa papirja	80 g	120 g	220 g (gladek)	220 g (tekstura)
Model "Luka"	1316 cm	1316 cm	1375 cm	1016 cm
Model "Reaktivec"	986 cm	956 cm	1076 cm	1238 cm
Model "Jadralec"	850 cm	657 cm	956 cm	735 cm
Model "Sky King"	1586 cm	802 cm	1047 cm	688 cm

Iz tabele je razvidno, da je pri modelu »Luka« najdaljši let, 1375 cm, doseglo najtežje gladko papirnato letalo (220 g). Papirnato letalo s teksturo (220 g) je pri omenjenem modelu doseglo najkrajšo razdaljo, 1016 cm. Pri modelu »Reaktivec« je ponovno razvidno, da je najdaljši let doseglo papirnato letalo s teksturo in največjo gramaturo (220 g). Pri modelu »Jadralec« je opaziti, da je najdaljši let, 956 cm, opravilo najtežje gladko papirnato letalo (220 g), pri se čemer letalo s teksturo (220 g) ni odrezalo preveč dobro, 735 cm. Pri modelu »Sky King« pa je najdaljši let, 1586 cm, opravilo najlažje papirnato letalo (80 g), najkrajši let, 688 cm, pa najtežje papirnato letalo s teksturo (220 g).

3 RAZPRAVA

3.1 Interpretacija pridobljenih podatkov

Naša raziskava je potekala na manjšem vzorcu letal in vrst papirjev. Kot smo ugotavljali med analizo, so se leti med seboj precej razlikovali, tudi znotraj enakih lastnosti, kar je posledica človeškega faktorja. Da smo zmanjšali možnost vpliva človeškega faktorja, smo naredili več ponovitev, kar je zmanjševalo možnost statističnih napak in omogočilo vrednotenje hipotez.

3.2 Vrednotenje hipotez

Hipoteza 1: Lažja letala letijo dlje.

Hipotezo lahko ovržemo, saj je pri modelih »Luka«, »Reaktivec« in »Jadralec« najdaljši let doseglo najtežje papirnato letalo (220 g). Samo pri modelu »Sky King« je najdaljši let doseglo najlažje papirnato letalo.

Hipoteza 2: Vsak naslednji met papirnatega letala bo krajši zaradi poškodb letala pri padcu.

Hipotezo lahko ovržemo. Padci letala in posledično manjše poškodbe niso vplivale na dolžino naslednjih metov.

Hipoteza 3: Letala s širšimi krili letijo dlje.

Hipotezo lahko ovržemo. Iz pridobljenih rezultatov vidimo, da so dlje letela letala, ki imajo ožja krila (model »Jadralec« in »Sky King«).

Hipoteza 4: Ožja krila povzročajo nemiren let.

Hipotezo lahko potrdimo. Pri vseh metih letala »Reaktivec« je bilo opaziti vrtenje papirnatega letala v svojem letu.

Hipoteza 5: Gladka letala (220 g) letijo dlje v primerjavi z letali s teksturo (220 g).

Hipotezo 5 lahko potrdimo. Iz pridobljenih rezultatov lahko ugotovimo, da je pri treh modelih »Luka«, »Jadralec« in »Sky King« najdaljši let doseglo gladko letalo (220 g). Samo pri modelu »Reaktivec« je najdaljši let doseglo papirnato letalo s teksturo (220 g) v primerjavi z gladkim papirnatim letalom (220 g).

3.3 Samoevalvacija raziskovalnih metod in raziskovalnega dela

Z raziskavo smo zadovoljni, saj smo z njo lahko potrdili oz. ovrgli hipoteze, ki smo si jih zastavili na začetku raziskovalne naloge. Seveda ima raziskava tudi omejitve človeškega faktorja, kar pomeni, da je met letala odvisen tudi od trenutnega razpoloženja metalca, tehnike meta, ki je težko vedno enaka. Pomemben je seveda tudi način meta, kajti letalo, kot je model »jadralec«, bi pri tehniki meta (npr. z balkona) imel možnost »jadрати« in bi letel dlje. Kljub vsemu, pa lahko met papirnatega letala primerjamo z metom krogle ali diska, pri atletiki, kjer se prav tako meri dolžina, kljub temu, da je rezultat popolnoma odvisen od človeškega faktorja, a se meritve meta upoštevajo. Kot pri športni panogi, smo tudi mi opravili več metov z istim letalom ter tako dobili povprečne vrednosti in tudi najboljše vrednosti, ki so primerljive.

4 SKLEP

Kateri leti dlje? To je bilo naše raziskovalno vprašanje, ki nam je pri preučevanju, izdelovanju papirnatih letal in merjenju dolžine letov le-teh ponudilo mnogo prijetnih užitkov. Na to vprašanje, kljub pripravljeni raziskovalni nalogi, ne moremo enoznačno odgovoriti, saj nam rezultati razkrivajo, da gre za večplasten odgovor, pri katerem moramo upoštevati dejavnik oblike papirnatega letala in gramature uporabljenega papirja v kombinaciji s človeškim faktorjem.

Ugotavljamo, da je dolžina leta papirnatega letala v največji meri odvisna od njegove oblike. Presenetilo nas je, da hipoteze, da lažja letala letijo dlje, ne moremo potrditi, temveč jo lahko ovržemo, kar so dokazali kar trije izmed štirih modelov: »Luka«, »Reaktivec« in »Jadralec«. Zanimivo je tudi, da papirnata letala s širšimi krili ne letijo dlje od papirnatih letal z ožjimi krili, kot se je izkazalo pri modelih »Jadralec« in »Sky King«.

Čeprav je težko izločiti človeški faktor pri metanju papirnatih letal, smo za manjši vpliv le-tega skušali zagotoviti z metanjem ene osebe v enakem prostoru in v enakih okoliščinah. Kljub temu menimo, da so rezultati veljavni in da se lahko upoštevajo in dajejo oporo nadaljnjemu raziskovanju na tem področju.

5 DRUŽBENA ODGOVORNOST

Izdelava papirnatih letal sega že v samo zgodovino. Zagotovo je že samo razmišljanje o letenju in premagovanju razdalj po zraku doprineslo k razvoju tehnologije na področju letenja. Papirnato letalo kot igrača ali konec koncev orodje za tekmovanje doprinaša k razvoju vedno novih rešitev, ki se jih lahko iz preprostega papirnatega izdelka prenese na zahtevnejše tehnologije. Majhen otrok, ko naredi svojo prvo papirnato letalo si želi napredka, kar je po navadi, čim daljši let. Otroku lahko naredimo letalo sami, a mu s tem odvzamemo možnost iskanja njegovih rešitev, razvoju idej, kreativnost, ki pa je pomemben del njegovega lastnega razvoja. Papirnato letalo kot igrača ali tekmovalno orodje nudi otroku nešteto možnosti kreativnega razmišljanja, urjenja grafomotoričnih spretnosti, razvijanja prostorskih predstav in mnoge druge kompetence, ki so pomembne za marsikateri poklic. Prav tako lahko nastane papirnato letalo z reciklažo različnih vrst papirja, od ovijalnega papirja do kartonskih ostankov embalaže. Tako skrbimo tudi za okolje in naredimo nov uporabni predmet - igračo.

V razredu lahko priredimo "razredno tekmovanje" in tako spodbujamo sodelovanje, iskanje rešitev. Na podlagi preučevanega lahko rečemo, da je papirnato letalo lahko zanimiv pripomoček tako doma kot tudi v šoli, če se le prepustimo domišljiji in smo hkrati pripravljeni raziskovati, saj so možnosti uporabe papirnatega letala skoraj neskončne.

6 VIRI IN LITERATURA

All In Paper (december, 2020). Lastnosti papirja – Teža in njene karakteristike. Pridobljeno

10. 1. 2024 iz: <https://allin-paper.si/lastnosti-papirja-gramatura/>

All In Paper (oktober, 2020). Lastnosti papirja – Format in njegove karakteristike.

Pridobljeno 10. 1. 2024 iz: <https://allin-paper.si/lastnosti-papirja-format/>

Geas, T. (2023). Red Bull Paper Wings World: Not even the sky's the limit. Pridobljeno 5. 1.

2024, iz: <https://www.redbull.com/us-en/red-bull-paper-wings>

Hairsine, J. (2015). Papirna letala. Ljubljana: Mladinska knjiga.

Kobler, L. (1999). Tolle Flieger : pfiffige Modelle zum Selbermachen. Bindlach : Gondrom.

Smolej, J. (2017). Letalce iz papirja. Tim : revija za tehnično in znanstveno izobrazbo mladine.

Letn. 55, št. 5, jan. 2017, str. 10-11.

Smolej, J. (2019). Papirnato letalce za let na daljavo. Tim : revija za tehnično in znanstveno

izobrazbo mladine. Letn. 57, št. 6, feb. 2019, str. 32-34.

Strnad, I. (prev.). (2014). Papirnata letala : zgibaj jih, spuščaj jih, naj poletijo, naj strmoglavijo:

[25 letal - zgibaj jih in spuščaj : knjiga z navodili in papirji za modelčke]. Tržič : Učila

International.

Teršek, R. (2023). 12. Timovo tekmovanje s papirnatimi letalci in drsalci. Pridobljeno 3. 1.

2024, iz: <https://osfrslj.splet.arnes.si/files/2023/04/TIM-8-12.-Timovo-tekmovanje-s-papirnatimi-letalci-in-drsalci.pdf>