

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK VELENJE  
Šalek 87, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

## **VPLIV PODLAGE IN TLAKA V ŽOGI NA NOGOMETNO IGRO**

Tematsko področje: FIZIKA

Avtor:  
Rok Hudournik, 9. razred

Mentor:  
Igor Košak, prof.

Velenje, 2019

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek Velenje, Medpodjetniškem izobraževalnem centru ŠC Velenje in mestnem stadionu v Velenju

Mentor: Igor Košak, prof.

Datum predstavitve: marec 2019

## **KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA**

ŠD OŠ Šalek, šolsko leto 2018/2019

KG nogomet, žoga, tlak, podlaga

AV HUDOURNIK, Rok

SA KOŠAK, Igor

KZ 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

ZA OŠ Šalek Velenje

LI 2019

## **IN VPLIV PODLAGE IN TLAKA V ŽOGI NA NOGOMETNO IGRO**

TD Raziskovalna naloga

OP VII, 29 str., 5 pregl., 3 graf., 16 sl., 7 vir.

IJ sl

JI sl / en

AI Vedno več ljudi se ukvarja s športom, saj je pomemben za zdrav način življenja. Šport tudi meni predstavlja pomemben del vsakdana. Še posebej so mi pri srcu športi z žogo. Za svojo raziskovalno nalogo sem se osredotočil na nogomet, ker ga imam najraje, ga treniram in se pri igri zabavam. Usmeril sem se na najpomembnejši pripomoček – žogo. Kot navdušen igralec sem se velikokrat spraševal, kako tlak v žogi vpliva na samo igro. Vedel sem samo, da s prenehko žogo igranje nogometa ni zabavno, zato sem hotel raziskati, kako tlak v žogi vpliva na samo igro. Med raziskovanjem sem ugotavljal razliko odboja, leta in kotaljenja pri različnih tlakih v žogi. Ker pa se nogomet igra na različnih podlagah (na umetni travi, naravni travi, asfaltu oz. betonu ali parketu) sem vključil tudi ta vidik. Pri raziskavi sem uporabil profesionalne žoge, saj bi lahko prišlo do večjih razlik, če bi uporabil neprofesionalne. Pojavila so se tudi odstopanja, ki jih namenoma nisem upošteval zaradi zunanjih dejavnikov, na katere nisem imel vpliva (npr. veter ali deformacije žoge zaradi starosti). Ugotovil sem, da ima tlak v žogi velik vpliv na igro, prav tako pa na igro vpliva tudi podlaga. O pomembnosti ustrezno napolnjene žoge bi rad ozavestil navdušence nogometa in tudi drugih športov z žogo.

## **KEY WORDS DOCUMENTATION**

ND OŠ Šalek, 2018/2019

CX football, ball, pressure, surface

AU HUDOURNIK, Rok

AA KOŠAK, Igor

PP 3320 Velenje, SLO, Šalek 87

PB OŠ Šalek Velenje

PY 2019

## **TI THE INFLUENCE OF THE SURFACE AND PRESSURE IN THE BALL ON THE FOOTBALL GAME**

DT Research work

NO VIII, 29 p., 5 tab., 3 graf., 16 fig., 7 ref.

LA sl

AL sl/en

AB More and more people including me do sports because they are an important part of a healthy lifestyle. I especially like sports with a ball. In the thesis I focused on football because it is my passion, I train it and have fun playing it. I knew that football was not fun if the ball was not inflated enough. In my research I was interested in how pressure in the ball influences the play. I concentrated on the differences in the football's bounce, flight and rolling. Since football is played on different surfaces (e. g. natural grass, artificial grass, concrete or parquet) the thesis comprises this factor, too. For my research I used professional footballs – the use of unprofessional balls would probably cause significant differences. There were also deviations which I did not take into consideration due to some external factors I was not able to have influence on (e. g. wind, the ball's deformation). I found out that both the ball's pressure and the surface have a great influence on the play. I would like to raise awareness of the importance of a properly inflated ball among football and other sports enthusiasts.

**KAZALO VSEBINE**

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE .....	V
KAZALO SLIK .....	VI
KAZALO TABEL .....	VII
KAZALO GRAFIKONOV .....	VII
SEZNAM OKRAJŠAV .....	VIII
1 UVOD .....	1
2 PREGLED OBJAV .....	2
2.1 ZGODOVINA NOGOMETA.....	2
2.2 NOGOMETNA ŽOGA .....	4
2.3 NOGOMETNO IGRIŠČE.....	7
3. METODE DE LA .....	9
3.1. ODBOJ.....	11
3.2 KOTALJENJE .....	14
3.3 VODORAVNI MET .....	16
4 REZULTATI.....	17
4.1 REZULTATI MERITEV .....	17
5 DISKUSIJA.....	19
5.1 ODBOJ.....	19
5.2 KOTALJENJE .....	21
5.3 VODORAVNI MET .....	22
6 ZAKLJUČEK.....	26
7 POVZETEK .....	27
8 ABSTRACT .....	28
9 ZAHVALA .....	29
10 VIRI IN LITERARURA .....	30

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Nogomet, kot so ga poznali na Japonskem (1) .....	3
Slika 2: Sodobna oblika nogometa, ki se je začela v Angliji (2).....	4
Slika 3: Goodyearova patentirana nogometna žoga (3).....	5
Slika 4: Uradne označbe FIFA nogometnih žog (4).....	6
Slika 5: Nogometne žoge, uporabljene na svetovnih prvenstvih (5).....	7
Slika 6: Mere nogometnega igrišča (6) .....	8
Slika 7: Žoge, uporabljene za testiranje .....	10
Slika 8: Kompressor za pripravo komprimiranega zraka.....	10
Slika 9: Stojalo za merjenje odboja .....	11
Slika 10: Slika izvedbe poskusa odboja .....	13
Slika 11: Odčitavanje mer s pomočjo programa <i>Tracker</i> .....	14
Slika 12: Priprava za poskus kotaljenja.....	15
Slika 13: Skica klančine za poskus kotaljenja .....	15
Slika 14: Izvedba poskusa kotaljenja .....	15
Slika 15: Pnevmatški cilindri za izvedbo vodoravnega meta .....	16
Slika 16: Deformacija žoge zaradi delovanja sile .....	23

## **KAZALO TABEL**

Tabela 1: Kriteriji FIFE za nogometne žoge [6].....	6
Tabela 2: Preizkusne metode v elementih igre.....	9
Tabela 3: Rezultati meritev odboja na različnih podlagah .....	17
Tabela 4: Rezultati meritev kotaljenja na različnih podlagah .....	17
Tabela 5: Rezultati meritev vodoravnega mesta.....	18

## **KAZALO GRAFIKONOV**

Grafikon 1: Odboj nogometne žoge pri različnih tlakih in na različnih podlagah .....	20
Grafikon 2: Kotaljenje nogometne žoge pri različnih tlakih in na različnih podlagah.....	22
Grafikon 3: Dolžina leta nogometne žoge.....	24

**SEZNAM OKRAJŠAV**

OŠ	osnovna šola
FIFA	Mednarodna nogometna zveza (Fédération Internationale de Football Association)
MIC	Medpodjetniški izobraževalni center
ŠCV	Šolski center Velenje
NK	nogometni klub
m	meter (enota)
cm	centimeter
mm	milimeter
m/s	meter na sekundo
g/cm <sup>2</sup>	gramov na kvadratni centimeter
bar	enota za tlak
g	gram (enota)
pr. n. š.	pred našim številom
°C	stopinje Celzija
W <sub>p</sub>	potencialna energija
W <sub>pr</sub>	prožnostna energija
W <sub>k</sub>	kinetična energija
W <sub>n</sub>	notranja energija
J	joul
h	višina
g	gravitacijski pospešek
Δh	sprememba višine
m	masa
S	površina
p	tlak
F	sila



## 1 UVOD

Nogomet je od vseh iger z žogo najbolj množičen in priljubljen. Nekateri mu rečejo tudi »najpomembnejša postranska stvar na svetu«. [1] Igrajo ga moški in ženske vseh starosti. Da je temu tako, najverjetneje pripomore dejstvo, da se ga lahko igra kjerkoli in zanj potrebuješ le žogo, gol in željo.

Ker se tudi sam ukvarjam z nogometom, sem opazil razlike pri žogah, ki so bile različno napolnjene, zato sem se odločil to področje raziskati. Ker pa se nogomet igra na različnih površinah, kot so naravna trava, umetna trava, parket in druge površine, sem se odločil, da bom v nalogi raziskal, ali se nogometna žoga na teh površinah drugače odziva.

V svoji raziskovalni nalogi sem želel osnovne elemente nogometne igre, kot so podaja, strel, sprejem, vodenje, izbijanje žoge, ponazoriti z enostavno simuliranimi testi. Izvedel sem jih pri različnih tlakih v žogi in na različnih igralnih površinah.

### **HIPOTEZE:**

1. Trša kot je podlaga in višji kot je tlak v žogi, višji je odboj žoge.
2. Ne glede na igralno površino se žoga z višjim tlakom kotali dlje.
3. Let žoge ob strelu je daljši, čim višji je tlak v žogi.
4. Tlak v žogi vpliva na kvaliteto nogometne igre.

## **2 PREGLED OBJAV**

Ob pripravljanju raziskovalne naloge sem veliko gradiva o vplivu tlaka na nogometno igro iskal v strokovni literaturi in na spletu. O samem nogometu je veliko literature, ki podaja pravila in osnove igre, malo pa je literature, ki bi obdelovala specifično področje, za katerega sem se zanimal.

Posebej jasna so pravila nogometne igre, kjer so zapisane vse mere in lastnosti nogometnih igrišč in žog. Prav tako ima Mednarodna nogometna organizacija (FIFA) zapisane vse standarde, ki opredeljujejo lastnosti nogometne žoge in postopke testiranja le-te.

Znanih je več zvrsti nogometa. V Severni Ameriki je priljubljen ameriški nogomet, v Avstraliji avstralski nogomet, nobeden izmed njiju pa ni posebno podoben našemu. Poleg tega poznamo tudi nogomet na plaži in mali nogomet (tudi futsal). [1] Žoge za navadni nogomet, nogomet na plaži in futsal na pogled izgledajo enako, a ima vsaka svoje lastnosti, ki so prikazane v tabeli 1.

### **2.1 ZGODOVINA NOGOMETA**

Prvi uradni zapis igre z žogo, podobne nogometu, izhaja z daljne Kitajske – dnevniški zapis iz 2.–3. stoletja pr. n. š., kjer so dotično igro uporabljali kot vojaško vajo. Pri tej igri so uporabljali usnjeno žogo, napolnjeno s perjem in živalskimi dlakami, ki so jo morali z nogami, prsmi, hrbtom ali rameni spraviti skozi 30–40 cm široko odprtino, ki je imela na zadnji strani mrežo, obdano z bambusovimi palicami. [2]

Nogometu podobno igro so igrali tudi na Japonskem 500–600 let pozneje in so jo imenovali kemari. Pri tej igri so igralci stali v krogu in si žogo, ne da bi padla na tla, podajali. [2]



**Slika 1: Nogomet, kot so ga poznali na Japonskem (1)**

Tudi v rimskem cesarstvu so igrali nogometu podobno igro, ki so jo imenovali herpatstum. Pri tej obliki nogometa je igrišče že imelo pravokotno obliko z mejnimi črtami in sredinsko črto, ki je razmejevala igrišče na dva dela. Pri igri so uporabljali precej manjšo žogo, ki so jo morali spraviti za nasprotnikov čelno črto. To zvrst nogometa so Rimljani pripeljali na Britansko otočje, kjer pa ni imela večjega vpliva na britanski nogomet.

V Britaniji, ki ji pravimo tudi zibelka nogometa, so se nogometu podobne igre igrane že od 8. stoletja, vendar je bil zaradi grobosti v 15. stoletju celo prepovedan in takratni kralji so igranje nogometa razglasili za kaznivo dejanje. Kasneje pa so oblasti nogomet zaradi vpliva, ki ga je imel na ljudi oziroma na to, kako hitro je lahko zamotil veliko število ljudi (tako igralce kot gledalce) prepovedali igrati samo ob nedeljah.

Sodobna zgodovina nogometa se začne v začetku 19. stoletja, ko so bila leta 1815 na slavni angleški šoli Eton College sprejeta prva nogometna pravila. Leta 1848 so bila pravila posodobljena, uskladili so jih leta 1863, ko so ustanovili Nogometno zvezo Anglije. [2]



**Slika 2: Sodobna oblika nogometa, ki se je začela v Angliji (2)**

Ustanovitvi nogometne zveze v Angliji so sledile Škotska in druge države na Britanskem otočju. Konec 19. stoletja pa so bile nogometne zveze ustanovljene tudi v drugih evropskih državah in drugje po svetu. Mednarodna nogometna zveza FIFA (Fédération Internationale de Football Association) je bila ustanovljena maja 1904 v Parizu s strani sedmih držav: Francije, Belgije, Danske, Nizozemske, Španije, Švedske in Švice. Z leti je pridobivala več in več držav članic in postajala vse večja. Konec leta 2007 je FIFA štela preko 208 članic z vsega sveta. [2]

Nogomet je v Slovenijo prišel z Dunaja, glavnega mesta Avstro-Ogrske monarhije, kamor smo v tistem času spadali tudi mi. Sprva so ga igrali le dijaki in leta 1900 naj bi bil že precej priljubljen. Takrat se je pri nas pojavila beseda »football«. Dijaki so nogomet igrali pod nadzorom učiteljev, in to kar na travnikih blizu šol. Prve nogometne čevlje in usnjeno žogo je k nam leta 1909 iz Prage prinesel Stanko Bloudek. [3]

## ***2.2 NOGOMETNA ŽOGA***

Skozi čas se je nogometna igra zelo razvijala, še posebej konec 20. stoletja, ko sta se razvili posebni zvrsti nogometa. To sta nogomet na mivki in dvoranski nogomet (futsal). Obe izvedenki imata svoji igri prilagojeni žogi, ki pa ju v raziskovalni nalogi ne obravnavam. Razlike med žogami oz. primerjave so razvidne na sliki 5.

Prve žoge so bile lahke in elastične. Uporabljali so kar strgane cunje in živalske mehurje. Pozneje so mehurje prekrili z usnjem za pravilnejšo obliko. Pogosto so se uporabljale tudi človeške in živalske lobanje. Neka legenda pravi, da je cela vas brcala lobanjo od svoje vasi do trga naslednje vasi.

Leta 1836 je Charles Goodyear patentiral vulkanizirano gumo. Pred tem so bile žoge odvisne od velikosti in oblike prašičjega mehurja. Bolj ko je bil mehur nenavaden, bolj nepredvidljivo se je žoga gibala, ko so jo brcnili. Do 20. stoletja so bile skoraj vse žoge narejene iz gume. [4]

Goodyear je leta 1855 izdelal svojo prvo vulkanizirano gumijasto nogometno žogo. Sestavljena je bila iz kosov gume, ki so bili zlepljeni skupaj, podobno kot današnja košarkarska žoga. [4]



**Slika 3: Goodyearova patentirana nogometna žoga (3)**

Leta 1862 je H. J. Lindon iznašel prvi napihljiv gumijasti mehur za žoge. Na žalost mu je žena umrla zaradi pljučne bolezni, katere vzrok je bil napihovanje več sto prašičjih mehurjev. Za žoge z gumijastim mehurjem je bilo zagotovljeno, da so ostale trde in ovalne. Lindon je kasneje trdil, da je iznašel tudi žogo za ragbi, a ni patentiral ideje.

Pravila igre iz leta 1863 niso govorila o opisu žoge. Ko so pravila leta 1872 posodobili, pa so se strinjali, da mora biti žoga okrogla in njen obseg pa znašati 68,6–71,1 cm. V okviru FIFE se še zdaj uporablja to pravilo. Uradno sta bila teža in velikost žoge priznani leta 1872. To pravilo se je spremenilo, čeprav zelo malo, v letu 1937 in velja tudi po objavi dopolnitev nogometnih

pravil iz leta 2017. Ne glede na to, da se mere žoge niso spremenile, so se v zadnjih tridesetih letih močno spremenili materiali, iz katerih je izdelana. [4]

Pravila Mednarodne nogometne organizacije, ki veljajo tudi v Sloveniji, v členu 2 podajajo natančne lastnosti nogometne žoge. Te so:

- obseg od 68 do 70 cm,
- teža od 410 do 450 g,
- tlak od 0,6 do 1,1 bar (600–1100 g/cm<sup>2</sup>) na morski višini 0. [5]

Na uradnih tekmovanjih pod okriljem FIFE ali konfederacij morajo imeti žoge eno od uradnih oznak nogometne zveze, prikazanih na sliki 4.



Slika 4: Uradne označbe FIFA nogometnih žog (4)

Vsi proizvajalci nogometnih žog, ki želijo, da imajo njihove žoge te uradne oznake, morajo izvesti certificiranje v pooblaščenih laboratorijih. Pri tem morajo žoge izpolnjevati kriterije, prikazane v tabeli 1.

Tabela 1: Kriteriji FIFE za nogometne žoge [6]

	OUTDOOR					FUTSAL			BEACH SOCCER		
	Size 5			Size 4		FIFA QUALITY PRO	FIFA QUALITY	IMS	FIFA QUALITY PRO	FIFA QUALITY	IMS
	FIFA QUALITY PRO	FIFA QUALITY	IMS	FIFA QUALITY	IMS						
Obseg [cm]	68.5 – 69.5	68.0 – 70.0	68.0 – 70.0	63.5 – 66.0	63.5 – 66.0	62.5 – 63.5	62.0 – 64.0	62.0 – 64.0	68.0 – 70.0	68.0 – 70.0	68.0 – 70.0
Sferičnost [%]	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.5	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Odboj [cm]											
pri 20°C (sobna temp.)	135 – 155	125 – 155	125 – 155	110 – 160	110 – 160	55 – 65	50 – 65	50 – 65	100 – 150	100 – 150	100 – 150
pri 5°C	min. 125	min. 115	min. 115	min. 110	min. 110	–	–	–	–	–	–
Max. odstopanje na žogo	10	10	10	10	10	–	–	–	–	–	–
Teža [g]	420 – 445	410 – 450	410 – 450	350 – 390	350 – 390	410 – 430	400 – 440	400 – 440	420 – 440	400 – 440	400 – 440
Izguba tlaka [%]	20	25	25	25	25	20	25	25	20	25	25
Obstojnost oblike											
Obseg (sprememba)	max. 1.5 cm	max. 1.5 cm	–	–	–	max. 1.0 cm	max. 1.0 cm	–	max. 1.5 cm	max. 1.5 cm	–
Sferičnost	max. 1.5%	max. 1.8%	–	–	–	max. 1.5%	max. 1.8%	–	max. 1.8%	max. 1.8%	–
Tlak (sprememba)	max. 0.1 bar	max. 0.1 bar	–	–	–	max. 0.1 bar	max. 0.1 bar	–	max. 0.1 bar	max. 0.1 bar	–
Šivi/ventil	no damage	no damage	–	–	–	no damage	no damage	–	no damage	no damage	–
Absorbicija vode [%] (glede na osnovno težo)	10	10	10	10	10	–	–	–	10	10	10
Uravnoteženost -> stopinje [°] povprečje treh žog	–	–	–	–	–	max. 5	max. 7.5	max. 7.5	–	–	–

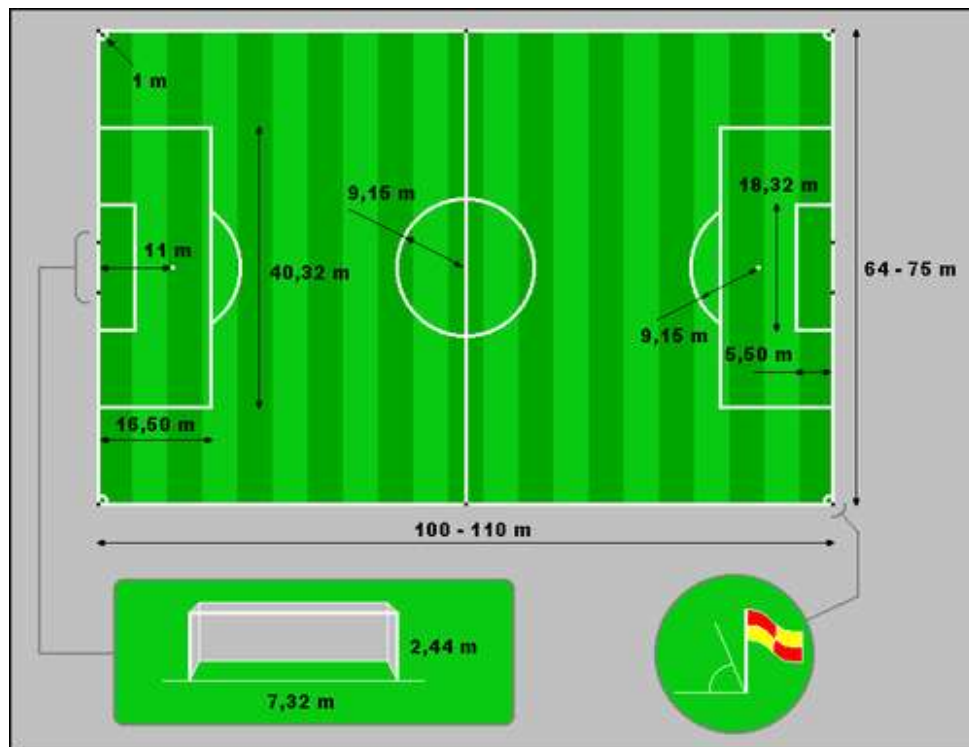
Na svetovnih prvenstvih in drugih tekmovanjih uporabljajo seveda najboljše žoge, ki jih na osnovi testiranj izbere FIFA.



Slika 5: Nogometne žoge, uporabljene na svetovnih prvenstvih (5)

### 2.3 NOGOMETNO IGRIŠČE

Nogometno igrišče je površina, na kateri se igra nogomet. Uradna tekma se lahko igra na umetni ali naravni travi. Uradne mere so zapisane in definirane v 1. členu v pravilniku nogometne igre. [5] Slika 6 prikazuje mere določenih delov igrišča. Igrišča se med sabo lahko razlikujejo zaradi tolerance skupne dolžine/širine.



Slika 6: Mere nogometnega igrišča (6)

Ker se nogomet igra na vseh celinah sveta in se vremenski pogoji zelo razlikujejo, je FIFA podala samo smernice o lastnostih nogometnih površin. Pregled primernosti igrišč za uradne nogometne tekme pa izvajajo nacionalne nogometne zveze posameznih držav.

Nogomet se igra tudi na drugačnih površinah. Rekreativski se pogosto igra na asfaltnih oziroma betonskih površinah. Za takšna igrišča ni posebnih pravil. V zadnjih letih je vedno bolj prepoznavna dvoranska različica nogometa, ki se imenuje futsal in se igra na parketu ali plastificiranih površinah v dvorani. Poleg podlage in mer igrišča so različne tudi žoge, kot je že bilo omenjeno v poglavju 2.2.



### 3. METODE DE LA

Pri svojem delu za raziskovalno nalogo sem z eksperimentalno metodo želel na enostaven način simulirati določene elemente nogometne igre, pri katerih je nogometna žoga največ v uporabi.

To so:

- strel,
- podaja,
- sprejem,
- vodenje,
- izbijanje.

Te elemente sem ponazoril z enostavnimi simulacijami, pri katerih sem želel v kar največji meri izločiti zunanje dejavnike, kot so igralci in vpliv vremena. Tako sem izvedel tri teste:

- odboj,
- kotaljenje,
- vodoravni met.

V tabeli 2 so prikazane povezave med elementi igre in mojimi simulacijami.

**Tabela 2: Preizkusne metode v elementih igre**

Testiranje	Elementi igre				
	Strel	Podaja	Sprejem	Vodenje	Izbijanje
Odboj					
Kotaljenje					
Vodoravni met					

Pri strelu udarimo žogo z nogo tako, da leti v paraboli, ki sem jo simuliral z vodoravnim metom. To je bilo lažje izvedljivo, hkrati pa so rezultati bolj merljivi in natančnejši.

Pri podaji se lahko žoga odbija ali se kotali (drsi) po tleh. Zato sta najbolj primerna testa z odbojem in kotaljenjem.

Za pravi sprejem moraš pravilno absorbirati energijo, kar lahko testiramo z odbojem.

Pri vodenju se žoga odbija od igralčeve noge in se kotali po tleh. Najbolj primerna testa sta odboj in kotaljenje.

Ko žogo izbijamo, jo običajno brcnemo v zrak. To lahko simuliramo z letom in odbojem, ko žoga prileti na tla.

Za poskuse sem uporabil štiri nogometne žoge »Adidas Context 15« velikosti 5, ki so certificirane s strani FIFE. Prikazane so na sliki 7.



**Slika 7: Žoge, uporabljene za testiranje**

Vsaka žoga je bila napolnjena do določenega tlaka. Osnova je bil zgornji in spodnji dovoljeni tlak, ki ga opredeljujejo pravila nogometne igre. Dodatno sem uporabil žogo, ki je bila napolnjena s tlakom 0,1 bar (0,5 bar pod dovoljeno mejo), in žogo, ki je bila napolnjena s tlakom 1,6 bar (0,5 bar nad dovoljeno mejo). Obseg vsake žoge je znašal med 69.1 cm in 69.8 cm. V povprečju so bile težke 427 g ( $\pm 1$  g, oz. 0,2 %).



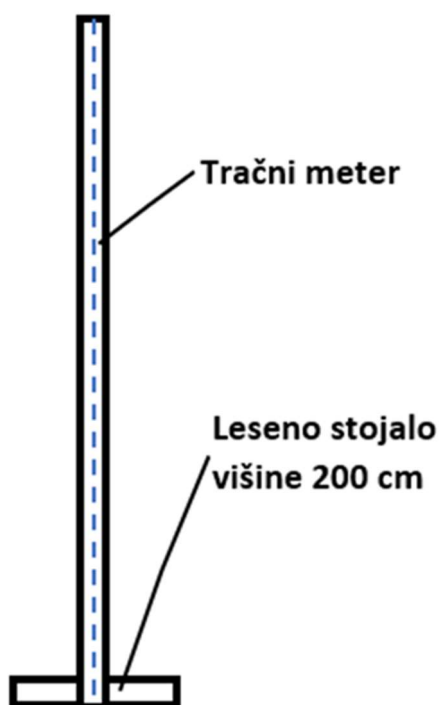
**Slika 8: Kompresor za pripravo komprimiranega zraka**

Za doseganje želenega tlaka sem uporabil električni kompresor z merilcem zračnega tlaka, ki je prikazan na sliki 8. Pred vsako izvedbo testiranja sem preveril tlak v žogah in ga po potrebi dopolnil.

V raziskovalni nalogi nisem upošteval zunanjih dejavnikov, ker so bili za vse žoge enaki. Če pa je prišlo do odstopanja pri meritvah, sem le-te namenoma zavrgel, vedoč, da nanje ni vplival tlak oz. podlaga. Upoštevanje zunanjih dejavnikov bi bila lahko nadgradnja raziskovalne naloge ali pa tema samostojne raziskovalne naloge.

### **3.1. ODBOJ**

Pri poskusu odboja sem uporabil zgoraj omenjene žoge in stojalo za merjenje, ki je prikazano na sliki 9. Stojalo je bilo visoko 200 cm in narejeno iz lesa. Nanj je bil pritrjen centimetrski merilni trak. Podoben način izvedbe testiranja odboja žoge je predpisan tudi s strani Mednarodne nogometne zveze (FIFA). Razviden je iz slike 9.



Slika 9: Stojalo za merjenje odboja

Pri testni metodi, predpisani s strani FIFE spustijo žogo z višine 200 cm na kovinsko ploščo, ki je pritrjena na vsaj eno tono težek podstavek. Uporabljajo lahko dva načina meritve višine odbite žoge:

- merjenje s počasnim posnetkom,
- akustično merjenje.

Za izvajanje testov so potrebni tudi nekateri pogoji:

- temperatura okoli 20°C (lahko odstopa za največ 2°C),
- vlažnost v ozračju 65 % (lahko odstopa za največ 5 %),
- hitrost pri udarcu s tlemi: 6,25 m/s (odstopanje do 0,15 m/s),
- tlak v žogi 0,8 bar,
- od 3 do 10 ponovitev,
- žoga naj se odbije od 120 – 165 cm. [7]

Pri izvedbi poskusa odboja sem želel v največji možni meri posnemati pogoje, predpisane s strani FIFE. Upošteval sem:

- višino spusta žoge, ki je bila prav tako 200 cm,
- hitrost žoge pri udarcu s tlemi, ki je bila 6,32 m/s (kar je znotraj dovoljenega odstopanja).

Izvedenih je bilo 10 ponovitev, merjenje pa sem izvedel s pomočjo počasnih posnetkov.

Izvedba poskusa je prikazana na sliki 10.

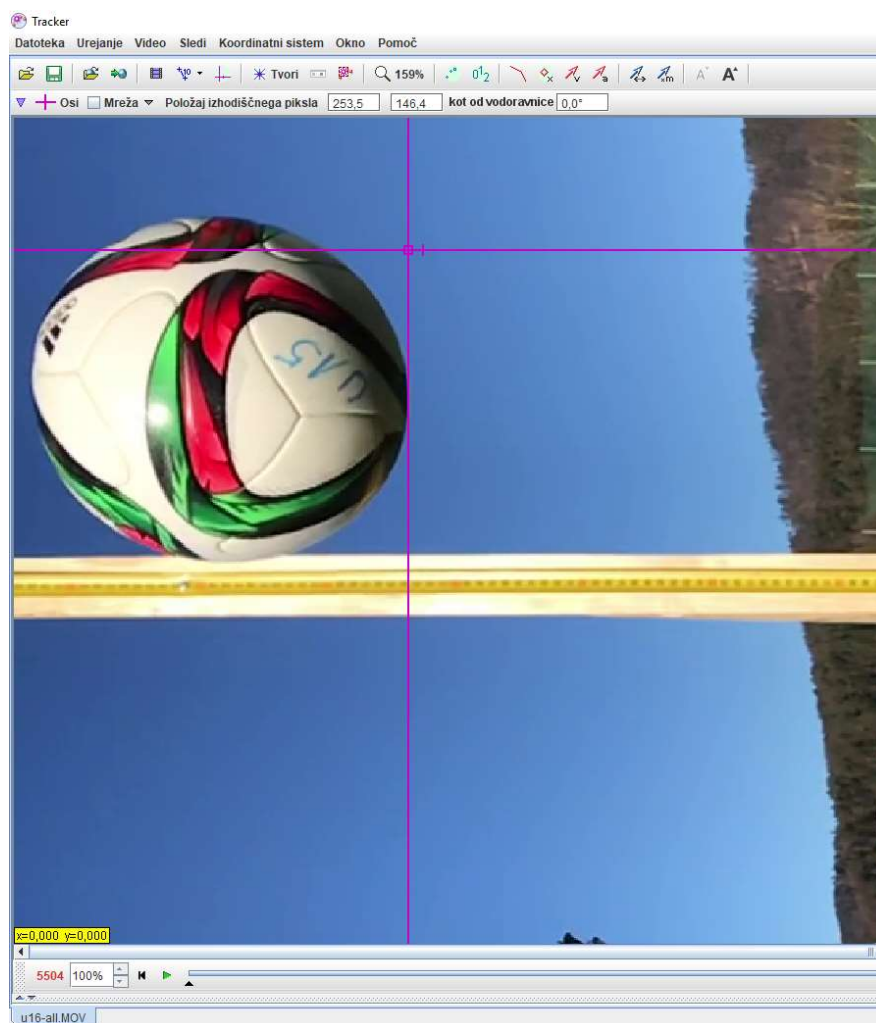


Slika 10: Slika izvedbe poskusa odboja

Ostalih zahtev FIFE nisem mogel upoštevati, saj sem testiranje izvajal pri različnih tlakih v žogi in na različnih podlagah, in sicer na:

- naravni travi,
- umetni travi,
- parketu,
- betonu.

Pri izvedbi poskusa sem pridržal žogo na višini 200 cm in jo s te višine spustil na tla, da se je odbila. Odboj sem snemal s počasnim posnetkom na telefonu. Posnetke sem prenesel na osebni računalnik in z računalniškim programom *Tracker* odčital najvišjo točko odbite žoge, kar je prikazano na sliki 11.



Slika 11: Odčitavanje mer s pomočjo programa *Tracker*

Na vsaki izmed izbranih podlag sem izvedel deset ponovitev s štirimi žogami, ki so imele različne tlake (slika 7). Meritve sem zabeležil in tako pripravil za nadaljnjo obdelavo.

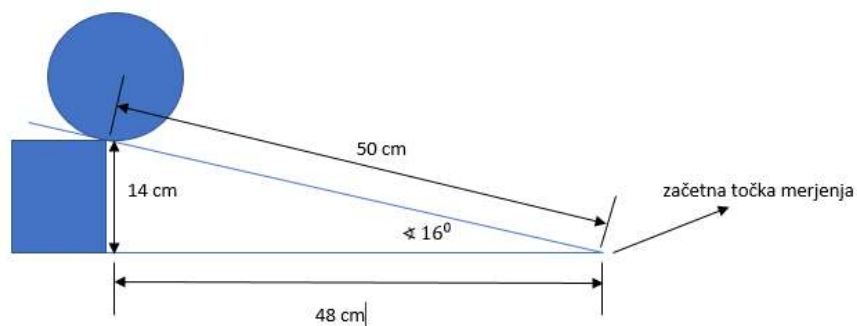
### 3.2 KOTALJENJE

Pri poskusu kotaljenja sem prav tako uporabil že omenjene štiri žoge (slika 7). Oprema je vsebovala še centimetrski meter in klančino, sestavljeno iz lesa, kar je prikazano na sliki 12.



Slika 12: Priprava za poskus kotaljenja

Skica klančine z merami je prikazana na sliki 13.



Slika 13: Skica klančine za poskus kotaljenja

Poskus kotaljenja žoge z različnimi tlaki sem prav tako izvedel na različnih podlagah (naravna trava, umetna trava, parket, beton), in sicer tako, da sem žogo z vrha klančine spustil navzdol in z metrom izmeril razdaljo med žogo in izhodiščno točko na klančini, kar je prikazano na sliki 14.

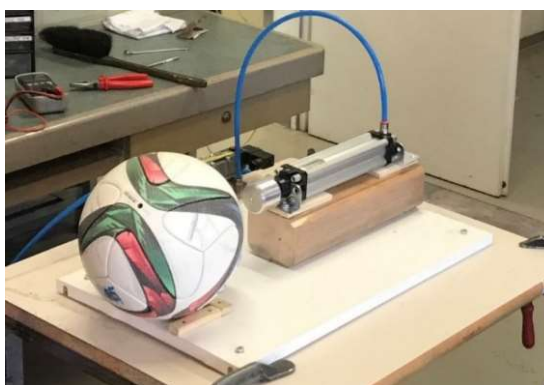


Slika 14: Izvedba poskusa kotaljenja

### 3.3 VODORAVNI MET

Pri izvedbi poskusa vodoravnega meta sem uporabil dvostransko delujoči pnevmatski cilinder s premerom 32 mm in hodom 150 mm (slika 15). Za krmiljenje cilindra sem uporabil dvostransko delujoči potni ventil, kjer je bila na povratni strani ventila vgrajena hitra odduška. Tlak komprimiranega zraka je bil 8 bar.

Cilinder je bil postavljen na mizi, visoki 89 cm, in je ob proženju udaril v sredino žoge. Upošteva je polovico višine žoge (11 cm) in višino mize je bila izhodiščna višina za vodoravni met 100 cm.



Slika 15: Pnevmski cilinder za izvedbo vodoravnega meta

Za udarjanje žoge je bil na koncu pnevmatskega cilindra nameščen bat premera 45 mm. Žogo sem pri poskusu postavil v pravokotni prostor. Tako sem zagotovil vedno enako oddaljenost žoge od bata na cilindru. Žoga je bila v svoji najbližji točki od bata oddaljena za polovico hoda cilindra, to je 75 mm.

Za izvedbo vodoravnega meta sem pritisnil stikalo na dvopotnem ventilu. Cilinder se je sprožil in žogo odbil z mize. Izmeril sem razdaljo od izhodiščne točke žoge do mesta, kjer je žoga priletela na tla.

Poskuse sem izvedel petkrat z vsako žogo z različnim tlakom in rezultate beležil v pripravljeno tabelo.

Vse poskuse vodoravnega meta sem v obliki počasnih posnetkov snemal s pomočjo pametnega telefona, nameščenega na trdnem stojalu.



## 4 REZULTATI

Med izvajanjem testiranj sem redno beležil rezultate meritev. Kjer pa sem si pomagal s počasnimi posnetki, sem le-te pregledal in obdelal kasneje ter rezultate zapisal v pripravljene tabele. S poskusi pridobljene rezultate sem analiziral in grafično prikazal.

Pri beleženju rezultatov sem namerno odmisлил vpliv temperature, zračnega tlaka in vetra, saj so bili pogoji znotraj posameznih izvedb meritev za vse žoge enaki.

### 4.1 REZULTATI MERITEV

#### ODBOJ ŽOGE

Tabela 3: Rezultati meritev odboja na različnih podlagah

		NARAVNA TRAVA				UMETNA TRAVA				PARKET				BETON			
		Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)			
Ponovitev		0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6
Odboj žoge - višina (cm)	1	47,0	107,5	130,0	132,5	60,0	106,5	104,0	108,0	101,0	141,0	141,5	146,5	69,0	121,0	147,0	143,0
	2	51,0	118,5	137,0	131,0	59,5	95,0	106,0	105,0	95,5	137,0	145,0	145,5	68,0	119,5	140,5	143,5
	3	54,0	116,5	128,5	132,5	54,5	105,0	109,0	102,5	91,0	137,5	142,0	146,5	61,0	126,5	141,0	146,5
	4	46,0	112,0	123,0	135,0	60,5	108,5	103,5	108,5	105,5	132,0	141,5	142,0	69,0	125,0	140,0	150,5
	5	48,5	119,5	138,0	140,0	60,0	103,0	104,5	106,0	90,0	141,0	141,5	148,0	65,0	122,0	135,0	143,0
	6	51,0	124,5	117,0	129,0	58,0	108,0	107,0	107,0	99,0	134,0	142,0	145,0	59,5	128,0	138,0	139,0
	7	56,5	120,5	128,5	130,5	60,5	101,0	104,0	103,5	102,0	137,5	136,0	146,5	69,0	123,5	138,5	143,0
	8	49,0	114,0	126,0	134,0	59,0	103,0	107,0	105,5	102,0	140,5	137,0	140,5	67,0	122,5	142,0	138,5
	9	54,0	110,5	122,5	134,5	65,0	110,0	102,0	106,5	95,0	136,0	137,5	141,0	69,5	124,0	142,0	143,0
	10	54,0	114,0	126,5	133,0	55,0	112,0	109,0	109,0	91,5	142,0	142,5	144,0	69,0	124,0	141,0	142,5
<b>Povprečni odboj (cm)</b>		<b>51,1</b>	<b>115,8</b>	<b>127,7</b>	<b>133,2</b>	<b>59,2</b>	<b>105,2</b>	<b>105,6</b>	<b>106,2</b>	<b>97,3</b>	<b>137,9</b>	<b>140,7</b>	<b>144,6</b>	<b>66,6</b>	<b>123,6</b>	<b>140,5</b>	<b>143,3</b>

#### KOTALJENJE

Tabela 4: Rezultati meritev kotaljenja na različnih podlagah

		NARAVNA TRAVA				UMETNA TRAVA				PARKET				BETON			
		Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)				Tlak v žogi (bar)			
Ponovitev		0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6	0,1	0,6	1,1	1,6
Kotaljenje žoge - dolžina (m)	1	1,1	1,2	1,4	1,5	0,9	1,2	1,3	1,3	8,7	9,0	11,3	12,7	3,1	3,4	3,3	3,6
	2	1,2	1,2	1,5	1,6	1,1	1,2	1,3	1,3	7,8	9,4	12,3	12,2	2,9	3,2	3,6	3,8
	3	1,1	1,4	1,4	1,6	1,0	1,2	1,3	1,3	8,4	10,1	12,0	11,8	2,9	3,5	3,7	3,4
	4	1,3	1,5	1,5	1,6	1,1	1,2	1,3	1,3	8,0	9,8	12,3	11,7	2,8	3,4	3,6	3,6
	5	1,4	1,5	1,6	1,6	1,2	1,2	1,3	1,2	8,4	10,5	11,3	12,0	3,1	3,1	3,4	4,0
<b>Povprečna razdalja (m)</b>		<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>8,3</b>	<b>9,8</b>	<b>11,8</b>	<b>12,1</b>	<b>3,0</b>	<b>3,3</b>	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>

**VODORAVNI MET****Tabela 5: Rezultati meritev vodoravnega mesta**

		Tlak v žogi (bar)				
		Ponovitev	0,1	0,6	1,1	1,6
Vodoravni met - dolžina (cm)	1		260	325	355	360
	2		280	340	360	355
	3		295	350	365	355
	4		285	350	360	350
	5		285	355	360	350
<b>Popvpredna dolžina (cm)</b>			<b>281</b>	<b>344</b>	<b>360</b>	<b>354</b>

Zaradi zaokroženih vrednosti je prišlo do napak meritev pri:

- odboju ( $\pm 0,1$  cm, oz. 0,20 %)
- kotaljenju ( $\pm 10$  cm, oz. 9,09 %)
- vodoravnem metu ( $\pm 5$  cm, oz. 1,92 %)

## 5 DISKUSIJA

### 5.1 ODBOJ

Pri poskusu odboja žoge sem hotel ponazoriti odboj žoge v sami igri.

Žogo sem držal na višini dveh metrov. Pri tem je imela v povprečju 8,54 J  $W_p$ , ki sem jo izračunal na osnovi enačbe 1. Med padanjem se  $W_p$  pretvarja v  $W_k$ . Ob predpostavki, da zračni upor in ostale dejavnike zanemarimo, je  $W_k$  žoge tik pred udarcem ob tla enaka  $W_p$  žoge na začetku. Ker je masa vseh žog enaka (toleranca 0,2 %), je hitrost žoge tik nad tlemi pri vseh tlakih v žogi enaka in za vse podlage enaka.

$$W_p = g \cdot \Delta h \cdot m, \text{ kjer je} \quad \dots (1)$$

$g$  = gravitacijski pospešek

$\Delta h$  = sprememba višine

$m$  = masa

Ob tla je žoga priletela s hitrostjo 6,32 m/s, ki sem jo na podlagi sprememb energij izračunal po enačbi 2.

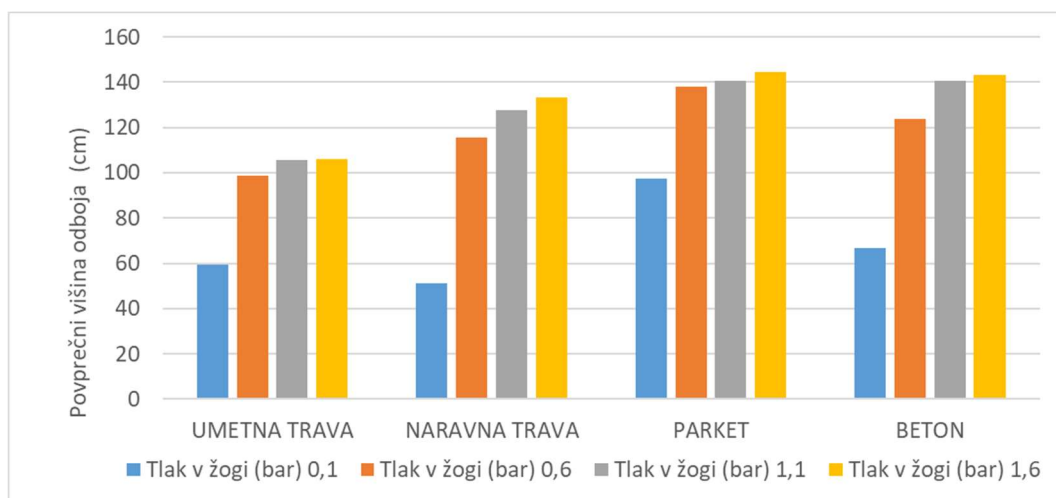
$$v = \sqrt{\frac{2W_k}{m}}, \text{ kjer je} \quad \dots (2)$$

$v$  = hitrost

$W_k$  = kinetična energija

$m$  = masa

Pri odboju se žoga deformira in  $W_k$  se pretvori v  $W_{pr}$  in  $W_n$ , hkrati pa opravi tudi nekaj dela. Nato se  $W_{pr}$  sprosti in pretvori v  $W_k$ , ki se z letom navzgor pretvarja v  $W_p$ . Tako se žoga odbije nazaj na določeno višino ( $h_1 > h_2$ ). Razlika v začetni in končni  $W_p$  je izguba, ki jo predstavljata  $W_n$  in trenje žoge ob dotiku s podlago ter opravljeno delo.



**Grafikon 1: Odboj nogometne žoge pri različnih tlakih in na različnih podlagah**

Razlike med rezultati odbojev nogometne žoge na različnih površinah niso velike. Na vseh površinah je bil pri najnižjem tlaku v žogi (0,1 bar) odboj v povprečju za 80 % nižji kot pri žogi s tlakom 0,6 bar.

Odstopanja pri tlakih v žogi, ki so dovoljeni s pravili nogometne igre (od 0,6 do 1,1 bar), so zelo podobni. Odboj žoge s tlakom 1,1 bar se v povprečju poveča za 2,4 % v primerjavi z odbojem žoge s tlakom 0,6 bar.

Vse višine odbojev žog s predpisanim tlakom niso bile znotraj dovoljenih mej opredeljenih v standardih FIFE za testiranje nogometnih žog. Vzrok je v mehkejši podlagi, kot je predpisana v standardu (kovinska plošča, ki je pritrjena na vsaj eno tono težek podstavek [7]).

Po pridobljenih podatkih sem ugotovil, da ima tlak v žogi zelo podoben vpliv na odboj na vseh podlagah. To je vidno iz grafikona 1. S tlakom v žogi se tudi odbojnost žoge povečuje skoraj enako, čeprav je odbojnost na umetni travi (najmanjši odboj) veliko manjša kot na drugih površinah. Na odboj vpliva tudi trenje, ki je pri manjših tlakih večje zaradi stika večje površine s podlago, ter opravljeno delo.

Pri višjih tlakih je  $W_{pr}$  žoge manjša, a nastopi nekaj  $W_{pr}$  podlage, zato pri najvišjih tlakih v žogi ni tolikšne razlike med odbojema.

## **5.2 KOTALJENJE**

Poskus kotaljenja ponazarja kotaljenje žoge v igri. Poskus je razložen s pomočjo energij.

Žogo sem spustil z vrha klančine, dolgega 50 cm in pod kotom  $16^\circ$ . Skica klančine je prikazana na sliki 13. Pred spustom ima žoga  $0,6 \text{ J } W_p$ , ki sem jo izračunal po enačbi 1. S spustom pridobiva  $W_k$  in  $W_n$  zaradi trenja, ki žogo ustavlja,  $W_p$  pa se zmanjšuje. Žoga se nato spusti na določeno podlago, kjer še poveča trenje in se na določeni razdalji ustavi.

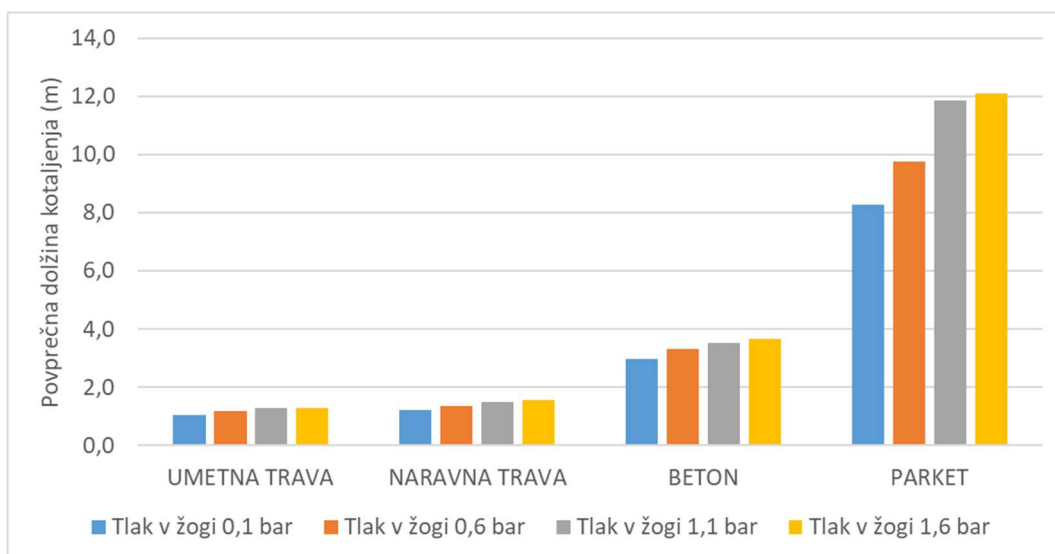
Zunanjih dejavnikov (veter, temperatura ...) nisem upošteval, ker niso igrali dovolj velike vloge za vidno spremembo rezultatov in so bili za vse žoge enaki.

Na posameznih podlagah je bilo trenje med žogo in podlago različno. Do največjega trenja med žogo in podlago je prišlo na umetni travi, za njo pa takoj na naravni travi. To je razvidno tako iz tabele 4 kot tudi iz grafikona 2, kjer je bila povprečna razdalja kotaljenja pri vseh tlakih v žogi najkrajša. Zaradi velikega trenja je imel tlak v žogi zelo majhen vpliv na kotaljenje.

S povečanjem tlaka v žogi se je povprečna razdalja kotaljenja žoge na umetni travi povečala v povprečju za 7 %, na naravni travi pa za 9 %.

Tudi beton je zelo groba podlaga in povzroča veliko trenja. Pri različnih tlakih v žogi so se žoge kotalile dlje kot na travnatih površinah. Različni tlaki v žogah tudi na tej površini niso bistveno vplivali na dolžino kotaljenja, saj se je povprečna razdalja kotaljenja s povečanjem tlaka v žogi povečala v povprečju za 8 %.

Parket je v primerjavi s predhodno omenjenimi podlagami zelo gladek, zato trenja med žogo in podlago dokaj malo, žoga pa se je kotalila precej dlje. To je vidno iz tabele 4 in grafikona 2. Za razliko od drugih podlag na zadnji tlak precej vpliva na dolžino kotaljenja. V povprečju se je dolžina kotaljenja povečala za kar 14 %. Manjši kot je tlak v žogi, večja površina je v stiku s podlago, kar povzroča večje trenje. Tako je pri tlaku 0,1 bar v žogi stična površina veliko večja kot pri tlaku 1,1 bar. Žoga se je zaradi manjšega trenja v primerjavi kotalila za 3,5 m dlje oz. 43 % dlje.



**Grafikon 2: Kotaljenje nogometne žoge pri različnih tlakih in na različnih podlagah**

S pridobljenimi rezultati sem ugotovil, da tlak v žogi nima večjega vpliva na vodenje in podajo v profesionalnem nogometu (tabela 2), saj so razlike na naravni in umetni travi tako majhne, da jih v praksi ne opaziš. Na betonski podlagi tudi ni takšne razlike v kotaljenju, medtem ko so na parketu mnogo večje, kar je verjetno tudi eden od vzrokov za uporabo drugačne žoge pri futsalu [8].

### 5.3 VODORAVNI MET

Z vodoravnim metom sem hotel ponazoriti strel ali izbijanje (tudi daljšo podajo) žoge po zraku v igri. V ta poskus nisem vključil podlage.

Sredina žoge je bila 1 m nad tlemi. Pnevmatški cilindri je udarjal s konstantno silo 634,4 N, ki sem jo izračunal po enačbi 3.

$$F = S \cdot p, \text{ kjer je} \quad \dots (3)$$

$F$  = sila

$S$  = površina cilindra

$p$  = tlak v cilindru

Površino bata sem izračunal na osnovi premera cilindra, ki sem ga navedel v poglavju 3.3. Tlak v cilindru je bil 8 bar oz. 800 kPa.

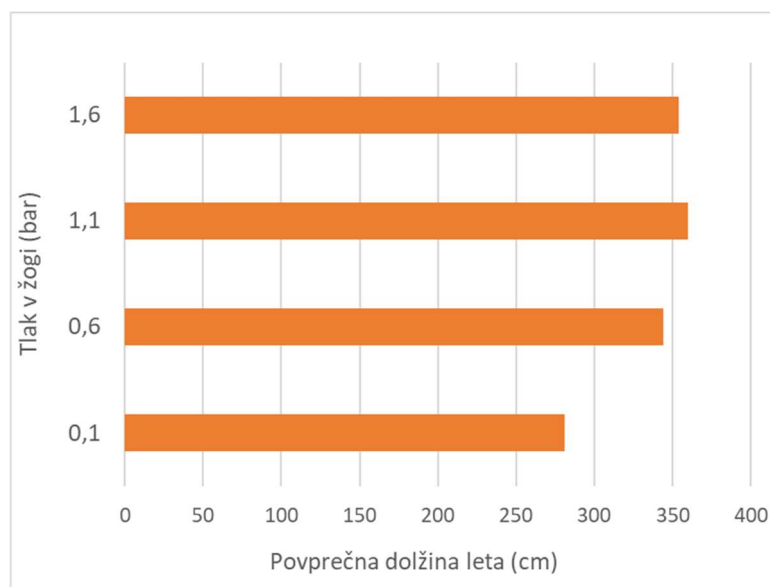
Z udarcem bata je žoga pridobila hitrost in  $W_k$ . Začetna hitrost žoge (takoj ko je žoga odletela z mize) ni bila konstantna, ker se je nekaj  $W_k$ , ki jo je žoga pridobila od bata, pretvorilo v  $W_{pr}$  in posledično v  $W_n$  žoge. Količina  $W_{pr}$  energije je bila odvisna od tlaka v žogi in zaradi tega so nastajale razlike v dolžini dometa.



**Slika 16: Deformacija žoge zaradi delovanja sile**

Delovanje  $W_k$  na žogo je bilo videno kot deformacija žoge (slika 16). Največja deformacija žoge je bila pri tlaku 0,1 bar. Pri tlaku 1,6 bar pa deformacije na žogi ob analizi posnetkov ni bilo opaziti.

V grafikonu 3 so prikazane povprečne dolžine leta žog s posameznim tlakom v žogi.



**Grafikon 3: Dolžina leta nogometne žoge**

Pri najnižjem tlaku v žogi (0,1 bar) je bil povprečni domet najmanjši in je znašal 281 cm. To je 28 % manj, kot je bil največji domet pri žogi s tlakom 1,1 bar, ki je znašal 360 cm. Hkrati je bil to tudi najdaljši povprečni let.

Pri najvišjem tlaku (1,6 bar) pa je bila žoga že tako trda, da se je obnašala kot trdno telo in je bil čas stika z batom najkrajši. Tako je povratni sunek deloval na bat. Povratni sunek, ki je iz žoge deloval na bat cilindra, je bil na počasnem posnetku viden kot vibriranje batnice.

Na osnovi izmerjenih dolžin leta žoge sem ugotovil, da ima višina tlaka v žogi velik vpliv na simulirane elemente nogometne igre, saj je domet žoge pri nižjih tlakih v žogi manjši in se s tlakom v žogi povečuje do neke meje. Če je tlak v žogi višji od te meje, žoga leti manj kot pri tlaku tik pod njo.

Vzrok za to je lahko v vrsti pnevmatskega cilindra. Ob uporabi drugačne vrste cilindra (npr. s povratno vzmetjo) ne bi prihajalo do povratnega sunka, saj bi se batnica zaradi vzmeti umaknila.

Menim, da je postavljena hipoteza kljub krajši razdalji pri največjem tlaku (1,6 bar) potrjena, saj bi z drugačnimi pripomočki najverjetneje prišli do drugačnih rezultatov.

Glede na deformacijo žoge lahko sklepamo, da so posledično pri »prazni« žogi podaje manj natančne kot pri primerno napolnjeni žogi.



### **HIPOTEZE:**

1. Trša kot je podlaga in višji kot je tlak v žogi, višji je odboj žoge. **POTRJENO**
2. Ne glede na igralno površino se žoga z višjim tlakom kotali dlje. **POTRJENO**
3. Let žoge ob strelu je daljši, čim višji je tlak v žogi. **POTRJENO**
4. Tlak v žogi vpliva na kvaliteto nogometne igre. **POTRJENO**

## 6 ZAKLJUČEK

S poskusom odboja žoge sem dokazal, da se žoga odbije višje, če je bolj napolnjena. Pri tem ni pomembna podlaga. Čeprav nisem dobil rezultatov, kot jih predpisuje FIFA, sem zadovoljen z njimi.

Na odboj žoge vpliva tudi podlaga, saj se na trdih in gladkih podlagah žoga odbije višje. Seveda se bo višje odbila trša žoga.

Na vsaki od izbranih podlag se žoga z višjim tlakom kotali dlje, saj je površina v stiku s podlago manjša. Pri podlagah, ki ustvarjajo veliko trenja, tlak ne vpliva toliko na dolžino kotaljenja, kot bi lahko predvidevali.

Let žoge pri vodoravnem metu ni naraščal s tlakom v žogi, ampak je pri najvišjem tlaku (1,6 bar) žoga preletela krajšo razdaljo, preden je padla na tla, kot pri tlaku v žogi 1,1 bar. To je bil zelo nepričakovan rezultat, ki sem ga bolj pričakoval pri testiranju odboja kot pri vodoravnem metu. Predvidevam, da se je to zgodilo zaradi povratnega udarca žoge v batnico (3. Newtonov zakon). Predvidevam, da do povratnega udarca ne bi prišlo, če bi poskus z vodoravnim metom izvedli z drugačno vrsto cilindra. To bi lahko bila tudi tema naslednje raziskovalne naloge.

Tlak v žogi in podlaga bolj ali manj vplivata na vse elemente igre, kar sem v raziskovalni nalogi tudi dokazal.

## 7 POVZETEK

Ker se ukvarjam z nogometom, me je zanimalo, kako tlak v žogi in podlaga vplivata na igro. Vedel sem, da prenizek tlak v žogi močno vpliva na igro, z raziskovalno nalogo pa sem hotel to potrditi. V ta namen sem 4 profesionalne in s strani FIFE licencirane žoge napolnil na 4 različne tlake, in sicer 0,1 bar, 0,6 bar, 1,1 bar, 1,6 bar ter jih preizkušal na 4 različnih podlagah, in sicer na naravni travi, umetni travi, betonu in parketu. Izvedel sem poskuse kotaljenja, odboja in vodoravnega meta ter s tem ponazoril nogometno podajo, strel, sprejem, vodenje in izbijanje žoge. Ugotovil sem, da se žoga z najvišjim tlakom odbije najvišje, prav tako se kotali najdlje, leti pa ne najdlje zaradi povratnega udarca žoge v bat. Žoga z najnižjim tlakom se je odbila najmanj pa tudi kotalila se je in letela najmanj. Prišel sem do ugotovitve, da umetna trava ustvarja največ trenja, za njo pa po vrsti naravna trava, beton in parket.

Po vseh izvedenih meritvah in poskusih lahko potrdim, da mora žoga za normalno igro biti napolnjena z ustreznim tlakom.

Teste bi lahko izvedel še v različnih pogojih, kot so vlažno in suho podnebje, dež, mokra podlaga itd. Ampak to je že tema za drugo raziskovalno nalogo.

## 8 ABSTRACT

As a football player I was interested in what influence the ball's pressure and the surface of the pitch have on the play. I knew that low pressure had a strong impact on the play and I wanted to confirm this. To do this research I inflated 4 professional FIFA licensed balls to different pressures (0,1 bar, 0,6 bar, 1,1 bar and 1,6 bar) and then tested them on different surfaces. (natural grass, artificial grass, concrete and parquet). I carried out experiments in rolling, bouncing and horizontal flying of the ball. Thus I demonstrated passing the ball, receiving the ball, dribbling and blocking it. I found out that the ball with the highest pressure bounced the highest as well as it rolled the farthest. However, it did not fly the farthest due to the reaction of the ball when it touched the piston again. The ball with the lowest pressure bounced, rolled and flew the least. I came to the conclusion that artificial grass creates the highest friction followed by natural grass, concrete in parquet.

After all the tests carried out I can confirm that for a normal and good game the football has to be inflated properly (with the correct pressure).

Additional experiments could be carried out in different conditions (dry and humid climate, rain, wet surface etc.). But let this be the topic of the next research.

## 9 ZAHVALA

Iskreno bi se rad zahvalil mentorju, g. Igorju Košaku, za pomoč, podporo in svetovanje pri izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se tudi g. Vladu Seitlu s Šole za strojništvo, geotehniko in okolje, ki mi je omogočil izvedbo testa vodoravnega meta in uporabo pnevmatske opreme v prostorih Medpodjetniškega izobraževalnega centra ter mi posredoval veliko uporabnih informacij, ki so mi pomagale pri pisanju raziskovalne naloge.

Zahvaljujem se očetu, ki mi je ves čas nudil pomoč in me podpiral pri izvedbi te raziskovalne naloge, ter mami za lektoriranje in pomoč pri pisanju angleškega povzetka.

Zahvaljujem se tudi Nogometnemu klubu Rudar Velenje za omogočeno izposojlo nogometnih in izvajanje testov na nogometnih igriščih.

Hvala tudi vsem ostalim, ki ste mi pri izdelavi raziskovalne naloge kakorkoli pomagali.

## 10 VIRI IN LITERATURA

- [1] Nogomet, <https://sl.wikipedia.org/wiki/Nogomet>
- [2] Sandra Tolić, Nogometna zgodovina, 19. 1. 2017; <http://zgodovina.si/nogometna-zgodovina/>
- [3] Nogomet v Sloveniji, [https://sl.wikipedia.org/wiki/Nogomet\\_v\\_Sloveniji](https://sl.wikipedia.org/wiki/Nogomet_v_Sloveniji)
- [4] The History of the Soccer Ball; <https://www.soccerballworld.com/History.htm>
- [5] FIFA, Pravila nogometne igre;  
[https://www.nzs.si/Doc/Pravila%20nogometne%20igre%202017\\_2018.pdf](https://www.nzs.si/Doc/Pravila%20nogometne%20igre%202017_2018.pdf)
- [6] FIFA, FIFA Quality Programme for Footballs (april 2015); [https://football-technology.fifa.com/media/1133/2015\\_fifa-quality-programme-for-footballs\\_test\\_criteria.pdf](https://football-technology.fifa.com/media/1133/2015_fifa-quality-programme-for-footballs_test_criteria.pdf)
- [7] FIFA, FIFA Quality Programme for Footballs (outdoor, futsal and beach soccer footballs)  
Testing Manual February 2018; [https://football-technology.fifa.com/media/1328/2018\\_fqp-footballs-test-manual.pdf](https://football-technology.fifa.com/media/1328/2018_fqp-footballs-test-manual.pdf)
- [8] NZS, FIFA futsal pravila igre, julij 2012;  
[https://www.nzs.si/Doc/Info/FIFA%20futsal%20knjiga%202012\\_06.09.2012%20\(1\).PDF](https://www.nzs.si/Doc/Info/FIFA%20futsal%20knjiga%202012_06.09.2012%20(1).PDF)

### VIRI SLIK:

- (1) Slika 1: <http://zgodovina.si/wp-content/uploads/2017/01/nogomet-2.jpg>
- (2) Slika 2: <http://zgodovina.si/wp-content/uploads/2017/01/nogomet.jpg>
- (3) Slika 3: <https://www.soccerballworld.com/images/Oldestsoccerball4.jpg>
- (4) Slika 4: [https://football-technology.fifa.com/media/1034/logos\\_fifaquality\\_balls.jpg](https://football-technology.fifa.com/media/1034/logos_fifaquality_balls.jpg)
- (5) Slika 5: <https://www.kreedon.com/wp-content/uploads/2018/06/soccer-1.jpg>
- (6) Slika 6: [https://sites.google.com/site/nogometzgodovina/\\_/rsrc/1368977087113/4-pravila/jj.png](https://sites.google.com/site/nogometzgodovina/_/rsrc/1368977087113/4-pravila/jj.png)