

# Kinematički pokazatelji uspješnosti u skoku u dalj

---

**Pravdica, Filip**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Kinesiology / Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:043509>

*Rights / Prava:* [Attribution-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-02**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Filip Pravdica**

**KINEMATIČKI POKAZATELJI USPJEŠNOSTI U  
SKOKU U DALJ**

specijalistički diplomski rad

**Zagreb, rujan 2024.**

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Filip Pravdica**

**KINEMATIČKI POKAZATELJI USPJEŠNOSTI U  
SKOKU U DALJ**

specijalistički diplomski rad

**Zagreb, rujan 2024.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

### SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI RAD

**Sveučilište u Zagrebu**

**Kineziološki fakultet**

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija: Izobrazba trenera; smjer: Atletika**

**Vrsta studija:** stručni

**Razina kvalifikacije:** diplomski studij

**Studij za stjecanje akademskog naziva:** Magistar trenerske struke u atletici (mag.cin.)

**Znanstveno područje:** Društvene znanosti

**Znanstveno polje:** Kineziologija

**Vrsta rada:** Stručno diplomski rad

**Naziv specijalističkog diplomskog rada:** prihvaćen od strane Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskoj godini 2023./2024. dana 15. ožujka 2024.

**Mentor:** doc. dr. sc. Marijo Baković

### **Kinematički pokazatelji uspješnosti u skoku u dalj**

Filip Pravdica, 0112060303

#### **Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu specijalističkog diplomskog rada:**

- |                                       |                      |
|---------------------------------------|----------------------|
| 1. doc. dr. sc. Marijo Baković        | Predsjednik - mentor |
| 2. prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović | član                 |
| 3. izv. prof. dr. sc. Vlatko Vučetić  | član                 |
| 4. izv. prof. dr. sc. Tomislav Rupčić | zamjena člana        |

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u** Knjižnici Kineziološkog fakulteta, Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

## BASIC DOCUMENTATION CARD

FINAL PAPER

**University of Zagreb**

**Faculty of Kinesiology**

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program: Sports coach education; course: Athletics**

**Type of program: professional**

**Level of qualification: graduate**

**Acquired title: Master of the Coaching Profession in Athletics**

**Scientific area: Social sciences**

**Scientific field: Kinesiology**

**Type of thesis: professional graduation thesis**

**Master thesis:** has been accepted by Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year 2023/2024 on March 15, 2024.

**Mentor:** Marijo Baković, PhD, assistant prof.

### **Kinematic parameters for success in long jump**

Filip Pravdica, 0112060303

#### **Thesis defence committee:**

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Marijo Baković, PhD, assistant prof.  | chairperson - supervisor |
| 2. Ljubomir Antekolović, PhD, prof.      | member                   |
| 3. Vlatko Vučetić, PhD, associate prof   | member                   |
| 4. Tomislav Rupčić, PhD, associate prof. | substitute member        |

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of the Faculty of Kinesiology,  
Horvaćanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija specijalističkog diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

doc. dr. sc. Marijo Baković

Student:

---

Filip Pravdica

# KINEMATIČKI POKAZATELJI USPJEŠNOSTI U SKOKU U DALJ

## Sažetak

U ovom diplomskom radu će se opisati i analizirati kinematički pokazatelji uspješnosti u atleškoj disciplini skok u dalj. Radi se o podacima prikupljenim s natjecanja u 2022. i 2023. godini, a koji se odnose na vrhunske skokove u dalj prema kriteriju vrijednosti veće od 1000 bodova po tablicama Svjetske atletike (WA). Dijagnostička oprema korištena za prikupljanje podataka je OptoJump i laser za mjerenje brzine kretanja (muscleLab laser).

Iz navedenih podataka urađena je usporedba nekoliko pokazatelja pomoću kojih se u zaključku razmatra o tome koji su to kinematički pokazatelji koji skakačima u dalj osiguravaju izvedbu na najvišoj razini. Ti isti podatci će se moći koristiti za daljnju obradu i kao mogući podatak za selekciju vrhunskog skakača u dalj.

Rezultati ukazuju na pozitivan odnos manje postotne deceleracije brzine zaleta i kraja odraza. Drugim riječima, za konačni rezultat ključan je što manji gubitak horizontalne brzine zaleta sa što većom vertikalnom brzinom na kraju odraza. Jednaka usporedba je napravljena i na dužini koraka te na trajanju kontakta stopala s podlogom prilikom zaleta i na odrazu koja bi mogla ukazati isto.

## Ključne riječi:

Skok u dalj, kineziološka analiza, kinematički pokazatelji

# KINEMATIC PARAMETERS FOR SUCCESS IN LONG JUMP

## **Abstract**

In this thesis, the kinematic indicators of success in the athletic discipline of long jump will be described and analyzed. The data were collected from competitions held in 2022 and 2023, focusing on elite long jumps that meet the criterion of scores higher than 1000 points according to the World Athletics (WA) tables. The diagnostic equipment used for data collection includes the OptoJump system and a laser for measuring movement speed (muscleLab laser).

From the collected data, a comparison of several indicators was made, leading to conclusions about which kinematic indicators enable long jumpers to perform at the highest level. This same data can be used for further analysis and as potential information for selecting elite long jumpers.

The results indicate a positive relationship between a lower percentage of speed deceleration during the run-up and the take-off phase. In other words, minimizing the loss of horizontal speed in the run-up while maximizing vertical speed at the end of the take-off is crucial for the final result. A similar comparison will be made regarding step length and the duration of foot contact with the ground during the run-up and take-off, which could indicate the same conclusions.

## **Key words:**

Long jump, analysis, kinematic factors for success



## Sadržaj:

1. Uvod.....	7
1.1. Teorijska pozadina.....	7
1.1.1. Strukturalna analiza .....	7
1.1.2. Anatomska analiza.....	8
1.1.3. Fiziološko-energetska analiza.....	10
1.1.4. Informacijska analiza.....	11
2. Razrada.....	12
2.1. Dosadašnje spoznaje.....	12
2.1.1. Biomehanička analiza.....	12
2.1.1.1. Kinematički model .....	12
2.1.1.2. Kinetički model .....	13
2.1.1.3. Kinematička analiza .....	13
2.1.1.4. Kinetička analiza .....	15
2.2. Problem.....	16
2.3. Ciljevi .....	16
2.4. Metode korištene za prikupljanje podataka.....	17
2.4.1. Optojump.....	17
2.4.1.1. Protokol korištenja u skoku u dalj .....	18
2.4.2. MuslceLab, LaserSpeed.....	18
2.4.2.1. Protokol za korištenje u skoku u dalj.....	18
2.4.3. Uzorak skokova .....	19
2.5. Rezultati.....	20
2.6. Rasprava .....	22
2.6.1. Analiza razlike postotka zadnjeg i predzadnjeg koraka (dužina koraka).....	22
2.6.2. Analiza razlike postotka zadnjeg i predzadnjeg koraka (trajanje kontakta s podlogom).....	23

2.6.3 Analiza brzine prilikom vertikale na dasci i akceleracije ili deceleracije u odnosu s brzinom na 5 metara od mjesta zone prijestupa .....	26
2.6.3.1. Muškarci .....	26
2.6.3.2. Žene .....	28
3. Zaključak.....	30
4. Literatura.....	31
5. Prilozi.....	32
5.1. Popis slika.....	32
5.2. Popis grafova .....	32
5.3. Popis tablica.....	32



# 1. Uvod

## 1.1. Teorijska pozadina

### 1.1.1. Strukturalna analiza

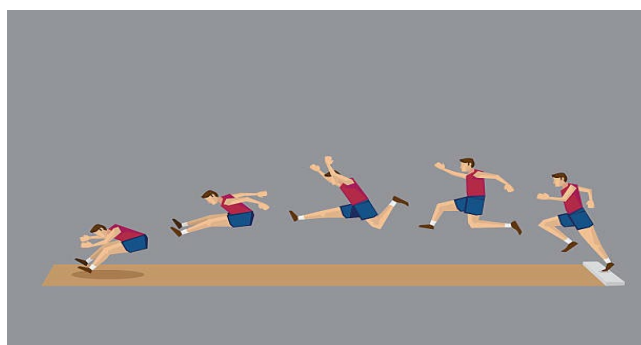
Kada se govori o strukturi kretanja skoka u dalj prvo što se treba naglasiti je da spada u monostrukturalne acikličke vrste kretanja (Breslauer i suradnici, 2014) koje definira „jedna kretna struktura koja se povremeno ponavlja“, po Milanoviću (2013), a obuhvaća sve skakačke discipline u atletici (kao i neke druge discipline što će se pokriti u drugom dijelu rada).

Sastoji se od četiri međusobno povezane faze: zalet (eng. *approach*), odraz (eng. *take-off*), faza leta (eng. *flight*) i doskok (eng. *landing*) koje razni autori navode (Ballreich i Bruggermann, 1987) te novije verzije (Čoh, 2008).

Cilj ove discipline je s predviđenim zaletom, kojeg svaki skakač može individualno odrediti, utrčati sa što većom brzinom te jednonožnim odrazom odskočiti iz zone koja je predviđena za odraz i označena bijelom daskom, doskočiti čim je dalje moguće u zonu predviđenu za doskok koja je ispunjena pijeskom.

Monostrukturalni element ove discipline je u cikličnom trčanju zaleta bez promjene strukture kretanja do odraza, a aciklični element je u fazama odraza, leta i doskoka. Radnja se ponavlja kroz predviđeni broj serija koji je definiran rangom i vrstom natjecanja (Ballreich i Bruggermann, 1987).

Neke od popularnih tehnika skakanja su: zgrčka (eng. *hang*), zadržška (eng. *sail*), koračne (eng. *hitch kick*) i kombinirane. Predzadnja varijanta se razrađuje još po broju koraka koje sportaš napravi u zraku (Hay, 1986).



Slika 1. Animacija skoka u dalj

IZVOR: <https://www.istockphoto.com/vector/long-jump-in-action-sequential-vector-icons-gm485150698-71913291>

### 1.1.2. Anatomska analiza

Prvi segment obuhvaća sve mišiće koji su potrebni za trčanje, a uključuju *m. gluteus maximus*, kao glavni ekstenzor kuka, koji uz *m. quadriceps femoris* (*vastus medialis*, *vastus lateralis*, *vastus intermedius* i *rectus femoris*), kojemu je funkcija ekstenzija potkoljenice, služe kao glavni agonisti u linearnom sprintu. Nakon njih tu je *m. biceps femoris* (*semi-tendinosis* i *semi-membranosis*) koji ima funkciju fleksije potkoljenice. Nakon toga svi aduktori natkoljenice (*m. aduktor longus*, *m. aduktor magnus*, *m. aduktor brevis*, *m. pectineus* i *m. gracialis*) i stabilizatori koljena (*m. gluteus medius*, *m. piriformis*) koji imaju funkciju sinergista, te pospješuju propulziju sile kako bi bilo što manje lateralnog rasipanja sile. Bitnu ulogu još imaju mišići pregibači kuka, čija brza kontrakcija definira frekvenciju stvaranja sile gore navedenih mišića (*m. psoas minor* i *major*, *m. rectus femoris*, *tenzor fasciae late*) (Puelo, 2019).

Nakon dominantnih mišića bedra jako je bitno spomenuti mišiće potkoljenice koji su ključni u pravilnom trčanju i odrazu te samim time imaju kritičnu ulogu u skoku u dalj. Agonisti pokreta u fazi stvaranja sile su *m. soleus* (koji svladava i do 8 puta tjelesnu težinu sportaša prilikom kontakta s podlogom) i *m. gastrocnemius* (koji svladava 3-4 puta tjelesnu težinu sportaša prilikom kontakta). Uz njih, bitno je spomenuti sinergiste *m. tibialis posterior* i *anterior* te mišiće fleksije i ekstenzije prstiju *m. ekstensor* i *fleksor digitorum longus* te *m. fleksor* i *ekstensor hallucis longus* koji imaju funkciju stabilizacije stopala (Puelo, 2019).

Osim mišića nogu, važno je spomenuti mišiće stabilizatore trupa bez kojih tijelo ne bi moglo apsorbirati stvorenu silu, te bi se stoga svakim kontaktom s podlogom narušavala postura tijela. U te mišiće stabilizatora trupa spadaju *m. rectus abdominis*, *m. obliquus eksternus* i *m. internus abdominis* te *m. transversus abdominis* kao dominantni mišići prednje i bočne strane trupa. Stražnju stranu trupa grade *m. erektori spinae* i *m. quadratus lumborum* koji imaju funkciju uspravljanja trupa kao i apsorpcije bočnih sila na leđima (Puelo, 2019).

Navedena lančana aktivacija s mnogim elementima jasnije opisana u knjizi „*Running Anatomy*“ od autora Joyea Pueloa i Patricka Milroya, navedena u literaturi.

Kako je trčanje kompleksan oblik kretanja, a govori se o anatomskej analizi neke specifične vrste kretanja, važno je spomenuti dominantne tetive koje sudjeluju u disciplini skok u dalj.

Tetive su glavni sustav za pohranjivanje i oslobađanje energije u svim atletskim disciplinama (kao i svim drugim kompleksnim radnjama izvan atletike) te predstavljaju jednak ili možda čak i veći faktor uspješnosti u sportu.

U ovom slučaju se govori o trima veoma bitnim tetivama. Ahilova tetiva, Patelarna tetiva i tetiva *m. gluteus maximusa* koja se djelomično spaja na *trohanter*, a djelomično na lateralnu fasciju bedra.

Svaka od njih ima specifičnu funkciju oslobađanja sile pokraj svojeg zgloba u pravom trenutku, sve ostale tetive su tetive sinergista koje djeluju na jednaki način, ali imaju manju funkciju u kretnju kako je njihov promjer znatno manji od dominantnih te s time oslobađaju manju silu, ali definitivno nisu zanemarive (Bosco, 1985).



*Slika 2. Anatomija ljudskog tijela*

IZVOR: <https://www.istockphoto.com/photo/male-anatomy-view-gm459951679-31393234>

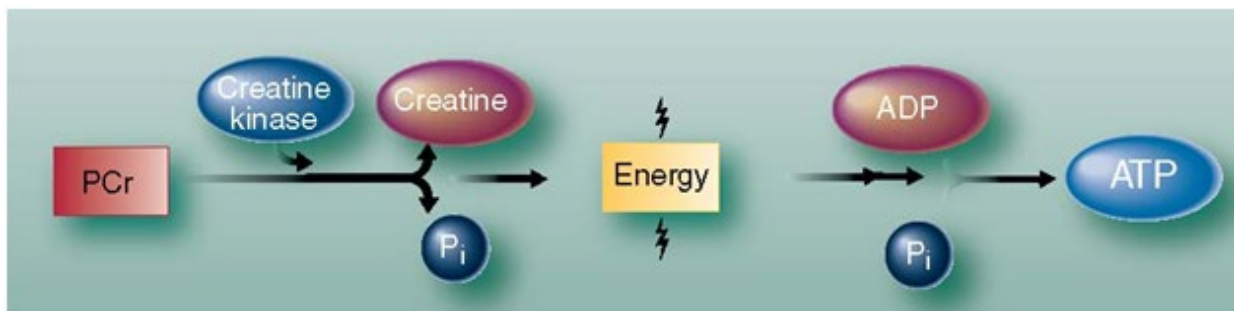
### 1.1.3. Fiziološko-energetska analiza

Skok u dalj se može sagledati s dvije strane energetske potrošnje. Jedna je akutna (trenutačna, tijekom zaleta i skoka), a druga je kronična (radi se o natjecanju koje traje 3-6 serija i može trajati preko 60 minuta) koje sportaši, treneri i znanstvenici moraju uzeti u obzir kada se definira iz kojih sve izvora tijelo crpi energiju tijekom trajanja natjecanja.

Akutna energetska potrošnja, tijekom zaleta i skoka je preko 90% u zoni alaktatnog anaerobnog sustava gdje energiju tijelo generira iz zaliha ATP-a (*adenosine triphosphate*) koje tijelo skladišti unutar mišića i PCr (*phosphocreatine*), gdje se kemijski (preko kreatin kinaze) dobije jedan slobodni fosfat (Pi) iz navedenog PCr-a i spaja s ADPom (*adenosine biphosphate*) stvarajući novi ATP koji se ponovno koristi za stvaranje energije. Ovaj proces se ponavlja sve dok se ne potroši ATP i CP unutar mišića (Wilmore i suradnici, 2008).

Kod skoka u dalj, s obzirom na pauzu između serija, se svaki put unutar mišića ATP i CP uspiju resintetizirati omogućujući tijelu opravak i pripremu za iduću seriju. Što definitivno čini ovu disciplinu dominantno alaktatnom.

Kronična energetska potrošnja, ako ju se uopće može tako nazvati, je bazirana na bazalnoj tjelesnoj energetskej potrošnji ugljikohidrata i masti. Gledajući stvari iz te perspektive, prilikom programiranja treninga treba izgraditi osnovni aerobni kapacitet kod skakača u dalj koji naravno ne smije biti dominantan u planu i programu skakača u dalj (Wilmore i suradnici, 2008).



Slika 3. Kreatin kinaza

IZVOR: Wilmore J. H., Costill D. L., Kenney W. L. (2008) *Physiology of Sport and Exercise. FOURTH EDITION, Human Kinetics.*

#### 1.1.4. Informacijska analiza

Skok u dalj se sastoji od 3-6 serija, gdje se prijavljeni broj skakača natječe tko će skočiti najdalje. Mjesto odraza je označeno bijelom daskom širine 30 cm, gdje je 20 cm bijelog regularnog dijela s kojeg je cilj skakaču napraviti odraz i 10 cm prijestupnog dijela označenog glinom na rubnim dijelovima daske, kako bi se uočio mogući prijestup.

Skok u dalj već preko stotinu godina (čak i više od dvije tisuće godina uzevši u obzir antičko doba, a službeno od prve moderne Olimpijade 1896. godine) službeni je dio Olimpijskih igara. Pravila su imala minimalne promjene, a pobjednik je uvijek morao biti najbolji u jednoj od bazalnih tjelesnih sposobnosti koje su sastavni dio svakog sporta danas, a to je mogućnost skočiti daleko (Popov, 1983).

Danas je svjetski rekord 8.95 m ostvaren od američkog skakača Mikea Powella, koji stoji na tronu kao najbolji skakač već preko 3 desetljeća. Hrvatski rekord drži Filip Pravdica sa skokom od 8.35 m. Trenutni aktualni skakači u Hrvatskoj su: Luka Ćurković, Marko Čeko, Roko Farkaš i Filip Pravdica.

Kod žena svjetski rekord drži Galina Chistyakova sa 7.52 m skočenim u Leningradu, URS 1988. godine, dok je hrvatski rekord u skoku u dalj ostvarila Silvija Mrakovčić sa 6.68 m.

Trenutne aktualne skakačice u dalj u Hrvatskoj su: Paola Borović, Klara Barnjak, Jana Koščak, Klara Koščak, Antonija Radić, Danijela Jelić te mlade nade Ana Ćurković i Nevia Fotak.

*Sve navedene informacije uzete su sa službene stranice Hrvatskog atletskog saveza (<https://www.has.hr>).*



## 2. Razrada

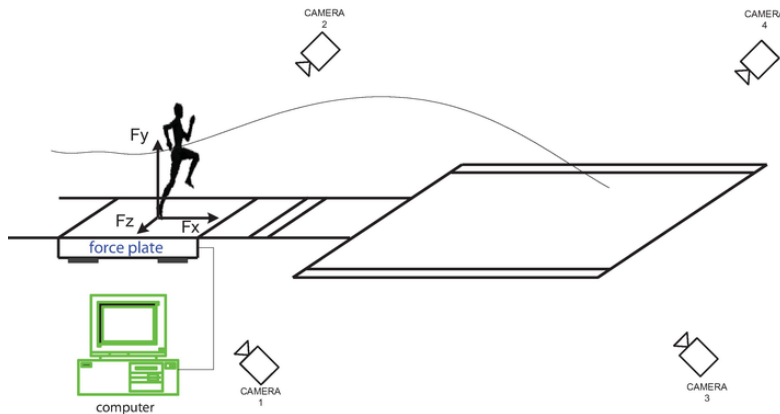
### 2.1. Dosadašnje spoznaje

#### 2.1.1. Biomehanička analiza

Primjeri za ovaj biomehanički model preuzeti su od nekoliko autora, a bazirani su na radovima: Bruggemann (1987), Hay, Miller i Canterna (1986) te detaljnije obrađeni od strane Čoha (2008).

##### 2.1.1.1. Kinematički model

Podatci ovog kinematičkog modela prikupljeni su kinematičkim 3-D sistemom ARIEL (Ariel dynamics Inc., USA) s 4 sinkronizirane kamere (SONY – DVCAM DSR 300PK), snimano na 100 Hz. U kinematičkoj analizi, predstavljen je model od 15-segmenata. Segmenti predstavljaju dijelove tijela, povezani s točkama na zglobovima (izračunati su centri mase segmenata tijela te centar mase cijelog tijela označen s CM) napravljeni po Dempsterovom antropometrijskom modelu (Čoh, 2008).



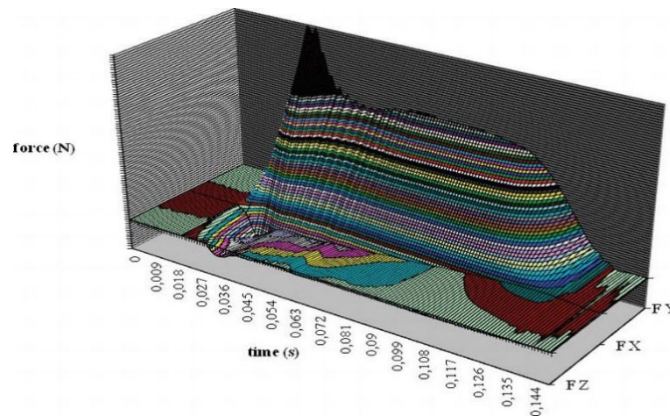
Slika 4. Sistemska mjerenja kinetičkih i kinematičkih parametara na odrazu

IZVOR: Čoh M. (2008) *Biomechanical diagnostic methods in athletic training*. University of Ljubljana, Faculty of Sport.

### 2.1.1.2. Kinetički model

Kinetički parametri odraza su registrirani s platformom za mjerenje sile reakcije podloge Kistler 9287, površine 900mm x 600mm, pokriven tartan stazom i namještenom prije odrazne daske na zaletištu. Sila je mjerena u tri ravnine (X-horizontalna, Y-Vertikalna i Z-Lateralna). Osjetljivost platforme je 2000 Hz.

Daljina skoka (L) je mjerena od kontakta na platformi do prvog traga u zoni za doskok (jama za skok u dalj).



Slika 5. Faza odraza, 3-D kontrastni model odraza kod skoka u dalj

IZVOR: Čoh M. (2008) *Biomechanical diagnostic methods in athletic training*. University of Ljubljana, Faculty of Sport

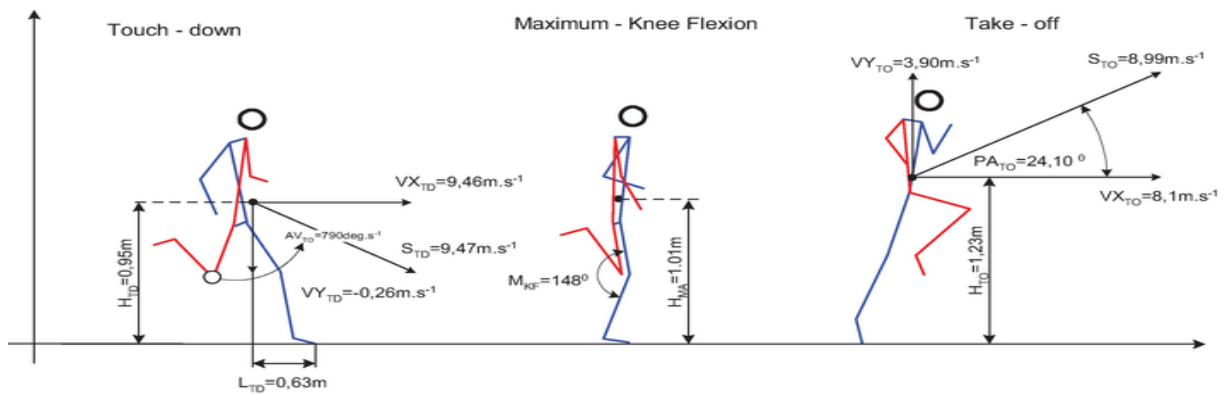
### 2.1.1.3. Kinematička analiza

Definirana je kinematičkim pokazateljima na tablici 1. preuzetim iz Čohovog članka (2013). Prateći biomehničke zakone, pokazalo se kako varijable brzine kretanja, brzine odraza i kuta izlaza definiraju uspješnost u skoku, te se moraju proračunati za svakog sportaša kako su antropometrijski različiti te ih u svojem radu ujedno i opisuju Nixdorf i Bruggermann u analizi natjecanja u Seoul-u (1988).

Pokazatelji	Skraćeni naziv	Mjerna jedinica	Rezultat
<b>INICIJALNI KONTAKT (Ulazak na dasku)</b>			
Dužina zadnjeg koraka	S1	m	2.05
Prolaz CM na ulazu (do 0)	LTD	m	0.63
Visina CM na ulazu	HTD	m	0.95
Horizontalna brzina na ulazu	VXTD	m/s	9.46
Vertikalna brzina na ulazu	VYTD	m/s	-0.26
Brzina prilikom kontakta na ulazu	STD	m/s	9.47
Kut fleksije koljena na ulazu	MKF	stup.	148.0
Visina CM prilikom fleksije koljena na ulazu	HMA	m	1.01
<b>ODRAZ (Izlazak s daske)</b>			
Udaljenost Izlaska s daske (od 0)	L1	m	0.29
Visina težišta na odrazu	HTO	m	1.23
Horizontalna brzina na odrazu	VXTO	m/s	8.10
Vertikalna brzina na odrazu	VYTO	m/s	3.90
Brzina prilikom odraza	STO	m/s	8.99
Kutna brzina bedra na odrazu	AVTO	stup./s	790
Kutna brzina na odrazu	PATO	stup.	24.1

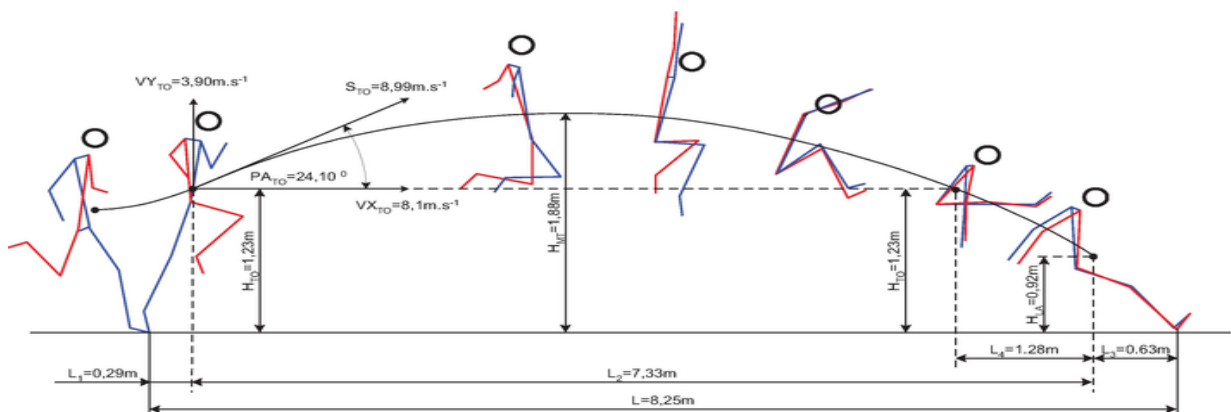
*Tablica 1. Kinematički pokazatelji*

Po ovim parametrima se vidi kako skakač mora optimalno pretvoriti horizontalnu brzinu u vertikalni odraz kako bi se definirao kut odraza i s time izgubio čim manje daljine u izvedenom skoku. Brzina odraza je rezultanta horizontalne i vertikalne brzine na odrazu te najbitniji parametar koji definira daljinu skoka. Hay (1990), Nixdorf i Bruggermann (1988) imali su sličnu korelaciju odnosa brzine odraza i konačnog rezultata koja je iznosila između 0.74 i 0.83 horizontalne brzine na ulasku na dasku. Za skakača G.C. s 9.46 m/s na odrazu se javlja redukcija horizontalne brzine od 1.36 m/s, što iznosi 14.3 %. Taj pad je povezan s povećanjem vertikalne brzine na odrazu gdje se dolazi do 3.90 m/s. Iz toga se može zaključiti da je gubitak horizontalne brzine proporcionalan povećanju vertikalne brzine.



Slika 6. Kinematički model odraza (8.25, G.C.)

IZVOR: Čoh M. (2008) *Biomechanical diagnostic methods in athletic training*. University of Ljubljana, Faculty of Sport



Slika 7. Kinematički model leta i doskoka (8.25, G.C)

IZVOR: Čoh M. (2008) *Biomechanical diagnostic methods in athletic training*. University of Ljubljana, Faculty of Sport.

#### 2.1.1.4. Kinetička analiza

Kinetički parametri mjereni su uz pomoć platforme za mjerenje sile reakcije podloge, a na taj način se mjeri progresija sile i trajanje kontakta stopala s podlogom, odnosno trajanje faze odraza. Period trajanja kontakta u navedenom slučaju (koji služi kao primjer) iznosio je 127 ms, gdje je omjer između amortizacijske faze (84ms) i faze ekstenzije iznosio 66 % naspram 34 % kod testiranog sportaša, što je pozitivna indikacija dobrog skoka, iz kinetičke perspektive (Lees i suradnici, 1994).

Pokazatelj	Skraćeni naziv	Jedinica	Rezultat
Trajanje kontakta	TD-TO	ms	127
Period amortizacije	TD-MKF	ms	84
Period ekstenzije	MKF-TO	ms	43
Maks. sila u X— horizontalnoj osi	FXMAX	N	4581
Maks. sila u Y — vertikalnoj osi	FYMAX	N	5132
Maks. sila u Z — lateralnoj osi	FZMAX	N	1396
Impuls sile prilikom amortizacije	FIMCP	N s	-101.9
Impuls sile prilikom ekstenzije	FIMLP	N s	8.1
Ukupni impuls sile	TFIMP	N s	328.8

*Tablica 2. Kinetički pokazatelji*

## 2.2. Problem

Problem ovakve teme proizlazi iz potrebe za dodatno istraživanje kinematičkih parametara koji su potrebni da skakač u dalj s prosječne razine rezultata napreduje na iznad prosječnu ili profesionalnu razinu. Navedena, iznad prosječna, razina se definirala udaljenošću od 6.75 za žene i 8.05 metara za muškarce koja je određena od strane Europske atletike (EA) i Svjetske atletike (WA) kao norma za veliko kontinentalno natjecanje, u ovom slučaju Europsko prvenstvo.

Naime, uzmu li se podaci prikupljene od strane Čoha (2008), kao primjer, koji se odnose na subjekta G.C. može se vidjeti da uspoređivanjem njegove brzine ulaza s drugim podacima, a iznosi 9.46 m/s prilikom dolaska na odraz, je jako niska za postizanje visoko vrednovanih rezultata po tablicama WA, no usprkos tome su zabilježeni isti. Iz tog razloga su prikupljeni podatci koji se mogu usporediti s njegovima napravljeni u okvirima standarda koji će poslužiti za daljnja istraživanja i obradu, a uključivat će odnose ostalih parametara.

Uz brzinu ulaza, u ovome su radu uspoređene dužine predzadnjeg koraka i trajanja njihovih kontakta s podlogom te ih se može usporediti s dužinom zadnjeg koraka i trajanjem kontakta na odrazu. Navedeni pokazatelji će pomoći oko dovođenja zaključka ili rješenja problema koji su navedeni.

## 2.3. Ciljevi

Glavni cilj rada je pronaći kinematički pokazatelj uspješnosti s raznim usporedbama rezultata koje su obrađene postotnim razlikama među varijablama unutar jednog skoka, te se preko njih definirati zahtjev visoko vrednovanog skoka u dalj.

Sekundarni cilj je analizirati različite postotne usporedbe koji su mogući element za detaljniju analizu faktora uspješnosti iz koje će drugi autori moći raditi usporedbe za nova istraživanja.

Sukladno navedenim ciljevima u ovom radu se pažnja usmjerila na sljedeće pretpostavke:

- s većom brzinom ulaza i manjom deceleracijom kroz zalet (izraženom u postotcima u odnosu na 5 metara do zone odraza i trenutkom odraza) se može postići duži skok
- manjom postotnom razlikom dužine zadnjeg koraka u odnosu na predzadnji se može postići duži skok
- manjom postotnom razlikom trajanja kontakta stopala s podlogom za vrijeme odraza u odnosu na trajanje pretposljednog kontakta u zaletu se može postići duži skok

## 2.4. Uređaji korišteni za prikupljanje podataka

Uređaji korišteni za utvrđivanje podataka su *Optojump*, koji je bio postavljen zadnjih 15 - 20 m metara zaleta uz liniju staze s vanjske strane (od daske prema početku zaleta, u dužini koja je bila na tom natjecanju na raspolaganju) te *MuscleLab LaserSpeed*, koji je postavljen iza pijeska u kojeg su natjecatelji doskakali (tako da je mjerio brzinu kroz cijelu dužinu zaleta).

### 2.4.1. *Optojump*

Optički mjerni sustav koji se sastoji od odašiljačke i prijamne trake za mjerenje vremena leta i kontakta tijekom izvođenja niza skokova s točnošću od 1/1000 sekunde. Svaki od njih sadrži 96 LED dioda (razlučivost 1,0416 cm). LED diode na traci za odašiljanje neprekidno komuniciraju s onima na traci za prijem. Podaci se mogu spremati unutar aplikacije iz koje su prikupljeni.

Brzina primanja informacija u sustav je 1000 Hz za sve metode. U usporedbi s HSVC-om (*High speed video camera*), sustav PW (*PARTwear*) i OJ (*Optojump*) podcijenili su GCT (*Ground contact time*) za  $-1,3 \pm 6,1 \%$  odnosno  $-16,5 \pm 6,7 \%$  (p-vrijednosti  $\leq 0,05$ ). Koeficijenti unutar razredne korelacije između PW i HSVC te između OJ i HSVC bili su 0,984 odnosno 0,853 (p-vrijednosti  $< 0,001$ ) (Amman R., 2016). Navedene informacije su bitne jer je Čohovo istraživanje iz 2008. godine rađeno s HSVC-om (Ammann, 2016).

#### **2.4.1.1. Protokol za korištenje u skoku u dalj**

*Optojump* sustav za mjerenje je postavljen na 20 m od „zone“ odraza (50 cm preko daske koja označava liniju prijestupa) u smjeru zaleta te je aktiviran sustav u trenutku početka trčanja zaleta natjecatelja.

Linija prijestupa se kalibrirala kao nulta točka na liniji prstiju, te je svaki korak prije toga bio kalibriran s linijom prstiju kao standardizirani pokazatelj. Podatci koji su istraživani su bili trajanje kontakta stopala s podlogom i dužine koraka kroz koje se pokušalo pronaći ponavljajući algoritam za uspješnost skoka, a uključuju zadnjih 4 koraka i odraz (Cassirame i suradnici, 2023).

Ostali faktori standardizacije su bili u okvirima korištenja aplikacije te su koristili iste protokole za testiranja koje propisuje aplikacija *Optojump* u svojim uputstvima za korištenje na njihovoj službenoj stranici.

#### **2.4.2. *MuscleLab LaserSpeed***

Laser, proizveden od firme *MuscleLab*, se može postaviti iza ili ispred subjekta. Budući da je bežični, jednostavan je za nošenje i brz za postavljanje, te ga to čini vrlo atraktivnim za mjerenje brzine na terenu.

Kontinuiranim mjerenjem brzine i udaljenosti mogu se dobiti detaljne informacije o sprintu, skoku u dalj i skoku s motkom. Softver omogućuje detaljnu interaktivnu analizu i izvoz podataka.

Mjerenja vremena i F-V profila podaci zabilježeni su korištenjem MLS-a (*Musclelab<sup>TM</sup> 6000 ML6LDU02 Laser Speed device, Ergotest Innovations, Stathelle, Norveška*), kalibriranim na 2,5 KHz. Neobrađeni podaci analizirani su korištenjem softvera *Musclelab* (verzija 10.213.98.5188), koji mjeri kontinuiranu brzinu (Vh (t)) i udaljenost za izradu individualnog F-V profila.

#### **2.4.2.1. Protokol za korištenje u skoku u dalj**

Kamera se postavlja neposredno iza doskočišta za skok u dalj s objektivom u smjeru zaletišta. S obzirom na to da je zalet skakača dugačak, u nekim slučajevima i preko 50 m te skakači ne trče uvijek po ravnoj liniji, uz kameru je bio potreban snimatelj koji drži liniju lasera usmjerenu prema skakačevom trupu. Kamera je postavljena na visinu od 1.22 m koji je standard za postavljanje ćelija u atletici, a definiran je širinom staze. Kao i kod *Optojumpa* nultom točkom se označio trenutak iznad daske, no za razliku od *Optojumpa* koji koristi stopalo kao

povratnu informaciju. Laser se kalibrira s trenutkom skakačeva težišta točno iznad linije prijestupa (Cassirame i suradnici, 2023).

Ostali protokoli su bili odrađeni prema standardu koje propisuje sustav *MuscleLab* za korištenje svojih uređaja za mjerenje i dijagnostiku, a mogu se vidjeti na njihovoj službenoj stranici.

### **2.4.3. Uzorak skokova**

Uzorak se sastoji od 35 izdvojenih skokova kod žena i 46 izdvojenih skokova kod muškaraca, izvedenih od strane skakača međunarodne razine koji imaju osobne rekorde u prosjeku  $1072 \pm 46$  bodova po tablicama Svjetske atletike za vrednovanje rezultata u atletici. Uzorak uključuje skakače isključivo u kategoriji seniora i mlađih seniora dobi od 18 do 35 godina.



## 2.5. Rezultati

OPĆI PODATCI				Dužina koraka					Kontakt s podlogom					Brzina			
BS	Rez.	Mjesto odraza	Vjetar	-4	-3	-2	-1	odraz	-4	-3	-2	-1	odraz	brzina -15m	brzina -10m	brzina -5m	brzina odraz
1	6.64	6.70	+0.6	238	240	235	254	228	0.114	0.099	0.115	0.119	0.145	8.89	9.08	9.29	9.02
4	6.64	6.67	+1.7	243	230	231	234	232	0.110	0.103	0.114	0.115	0.145	8.92	9.17	9.25	9.17
5	6.50	6.61	+2.5	245	234	240	269	235	0.110	0.104	0.117	0.124	0.145	9.10	9.29	9.30	8.91
6	6.53	6.85	+0.8	244	242	228	248	229	0.111	0.105	0.117	0.119	0.142	8.93	9.12	9.35	9.10
2	6.13	6.36	+1.4	198	213	206	222	206	0.110	0.104	0.102	0.111	0.133	8.16	8.59	8.73	8.21
3	6.11	6.12	+0.8	204	216	200	221	201	0.101	0.099	0.104	0.111	0.123	8.17	8.61	8.72	8.15
4	5.98	6.36	+1.3	203	206	202	213	208	0.106	0.107	0.107	0.115	0.137	8.05	8.56	8.84	8.11
6	6.03	6.19	+0.2	199	210	197	212	200	0.103	0.103	0.104	0.113	0.129	7.98	8.40	8.72	8.10
1	6.00	6.13	+2.8	217	214	217	230	202	0.105	0.111	0.100	0.115	0.129	8.10	8.63	8.70	8.62
2	5.90	5.99	+0.4	216	213	226	223	196	0.109	0.114	0.103	0.110	0.116	8.16	8.59	8.65	8.53
3	5.95	5.99	+1.1	218	218	219	212	196	0.110	0.112	0.105	0.109	0.116	8.22	8.57	8.68	8.56
4	5.95	6.13	+1.0	214	221	216	220	181	0.113	0.111	0.105	0.104	0.126	8.28	8.49	8.67	8.53
5	6.04	6.13	+1.6	217	214	212	216	199	0.111	0.113	0.105	0.114	0.129	8.15	8.41	8.59	8.45
6	6.06	6.08	+1.0	215	212	209	231	198	0.111	0.110	0.110	0.120	0.132	8.13	8.38	8.62	8.49
6	6.02	6.03	+0.2	228	283	244	272	247	0.120	0.110	0.115	0.132	0.161	8.47	8.60	8.69	8.55
1	5.98	60.4	+0.3	189	201	188	214	195	0.101	0.099	0.101	0.101	0.129	8.13	8.43	8.72	8.70
3	5.89	6.04	+2.1	194	204	195	214	201	0.103	0.101	0.098	0.105	0.123	8.03	8.52	8.80	8.71
6	5.94	5.95	+1.3	197	207	197	221	201	0.102	0.100	0.103	0.103	0.119	8.06	8.49	8.65	8.69
6	6.40	-	-	225	246	235	233	213	0.115	0.116	0.114	0.114	0.130	-	-	-	-
2	6.37	-	-	218	231	228	224	209	0.114	0.118	0.108	0.128	0.143	-	-	-	-
3	6.34	-	-	221	225	209	219	207	0.100	0.099	0.099	0.111	0.116	-	-	-	-
3	6.34	-	-	208	215	210	231	217	0.102	0.102	0.104	0.108	0.120	-	-	-	-
6	6.32	-	-	212	216	210	225	212	0.104	0.104	0.109	0.113	0.133	-	-	-	-
1	6.31	-	-	208	218	195	220	200	0.111	0.110	0.107	0.114	0.114	-	-	-	-
5	6.27	-	-	212	233	244	237	213	0.108	0.120	0.113	0.128	0.142	-	-	-	-
5	6.24	-	-	201	208	185	200	198	0.108	0.105	0.101	0.116	0.122	-	-	-	-
4	6.23	-	-	215	227	232	229	215	0.100	0.106	0.092	0.113	0.126	-	-	-	-
1	6.23	-	-	214	215	213	223	214	0.111	0.115	0.112	0.125	0.144	-	-	-	-
4	6.23	-	-	226	224	227	235	201	0.116	0.115	0.112	0.131	0.140	-	-	-	-
6	6.23	-	-	218	231	212	214	202	0.108	0.109	0.105	0.117	0.117	-	-	-	-
6	6.23	-	-	197	209	181	201	198	0.110	0.107	0.105	0.116	0.122	-	-	-	-
3	6.18	-	-	204	212	189	215	193	0.110	0.112	0.103	0.119	0.131	-	-	-	-
2	6.17	-	-	204	214	197	221	185	0.105	0.106	0.105	0.113	0.126	-	-	-	-
2	6.15	-	-	212	214	210	218	218	0.115	0.106	0.109	0.119	0.120	-	-	-	-
6	6.09	-	-	197	207	192	220	208	0.113	0.104	0.108	0.118	0.123	-	-	-	-

Tablica 3. Svi prikupljeni rezultati žena u skoku u dalj s pripadajućim pokazateljima

Legenda: BS – broj serije, Rez – ostvareni rezultat na natjecanju (m), Mjesto odraza – rezultat mjeren od mjesta odraza (m), Vjetar – brzina vjetra (m/s), Dužina koraka – posljednjih 5 koraka zaleta (cm), Kontakt s podlogom – trajanje kontakta stopala s podlogom u posljednjih 5 koraka zaleta (s), Brzina trčanja zaleta u posljednjih 15 metara i na odrazu (m/s)

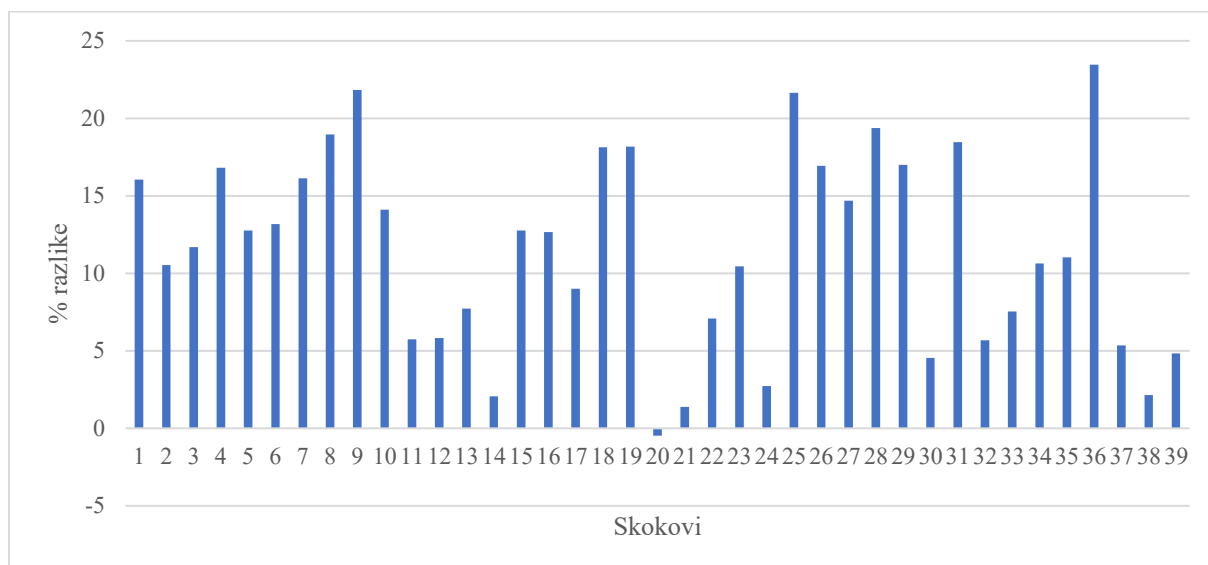
OPCI PODATCI				Dužina koraka					Kontakt s podlogom					Brzina			
BS	Rez.	Mjesto odraza	Vjetar	-4	-3	-2	-1	odraz	-4	-3	-2	-1	odraz	brzina -15m	brzina -10m	brzina -5m	brzina odraz
1	7.73	7.81	+1.2	234	227	213	243	204	0.091	0.095	0.087	0.114	0.133	10.15	10.24	10.47	10.15
2	7.86	7.86	+0.2	232	224	214	228	204	0.090	0.096	0.087	0.116	0.136	10.15	10.24	10.47	10.15
3	7.93	7.93	+1.3	230	222	215	231	204	0.092	0.099	0.089	0.115	0.144	10.05	10.14	10.27	10.16
4	7.75	7.78	+0.5	231	222	214	238	198	0.092	0.096	0.089	0.119	0.145	10.14	10.31	10.41	9.98
6	7.84	7.87	+1.6	232	218	216	243	212	0.088	0.097	0.094	0.122	0.133	10.08	10.32	10.41	9.88
1	7.56	7.60	+1.3	230	231	225	220	191	0.097	0.095	0.091	0.114	0.115	9.87	10.01	10.19	9.65
2	7.60	7.63	+1.0	226	226	218	217	182	0.097	0.095	0.091	0.114	0.115	9.89	10.15	10.21	9.58
4	7.50	7.54	+0.9	232	230	225	248	201	0.100	0.098	0.097	0.116	0.120	9.79	10.03	10.20	9.42
5	7.47	7.54	+1.5	224	219	219	229	179	0.103	0.098	0.097	0.116	0.119	9.75	10.00	10.21	9.54
6	7.82	7.83	+1.8	234	237	227	241	207	0.097	0.097	0.093	0.115	0.127	9.79	9.92	10.20	9.93
2	7.49	7.51	+2.0	239	239	227	244	230	0.089	0.09	0.093	0.115	0.119	9.68	9.96	10.21	9.70
3	7.48	7.54	+1.6	237	248	234	258	243	0.089	0.094	0.092	0.111	0.119	9.68	9.96	10.13	9.87
4	7.40	7.49	+2.1	237	249	238	259	239	0.09	0.091	0.099	0.108	0.116	9.66	9.97	10.10	9.85
6	7.58	7.62	+1.4	233	241	226	242	237	0.089	0.092	0.091	0.116	0.118	9.70	9.95	10.17	9.93
1	7.05	7.14	+1.8	204	220	211	243	212	0.096	0.098	0.098	0.116	0.122	9.77	10.27	10.35	9.75
2	7.17	7.23	+0.7	205	223	209	245	214	0.097	0.097	0.097	0.117	0.124	9.80	10.31	10.40	9.77
3	7.57	7.60	+0.8	207	224	200	233	212	0.101	0.098	0.097	0.119	0.114	9.66	10.06	10.28	9.69
5	7.34	7.35	+1.9	209	232	201	237	194	0.103	0.096	0.097	0.104	0.134	9.75	10.10	10.41	9.85
6	7.42	7.45	+0.6	212	226	213	242	198	0.098	0.097	0.100	0.117	0.123	9.73	10.21	10.44	9.64
2	6.95	7.05	+1.3	218	210	197	209	210	0.092	0.100	0.085	0.128	0.136	9.82	10.00	9.94	9.67
3	7.18	7.34	+2.1	222	228	212	216	213	0.092	0.099	0.087	0.121	0.133	9.86	10.07	10.12	9.46
4	7.09	7.20	+1.9	220	221	208	226	210	0.095	0.098	0.091	0.126	0.134	9.82	10.05	10.09	9.45
5	7.09	7.29	+0.8	222	223	220	239	214	0.089	0.098	0.092	0.121	0.120	9.71	9.97	10.06	9.53
6	6.96	7.20	+1.0	224	217	214	220	214	0.092	0.101	0.089	0.132	0.135	9.70	9.96	10.05	9.40
1	8.01	8.12	-	233	241	234	268	210	0.097	0.089	0.096	0.109	0.870	10.45	10.59	10.62	10.78
2	8.06	8.14	-	235	241	228	242	201	0.096	0.095	0.091	0.107	0.066	10.32	10.38	10.59	10.32
6	7.97	8.09	-	232	239	222	245	209	0.096	0.097	0.095	0.113	0.104	10.36	10.57	10.63	10.58
1	7.63	7.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.12	9.5	10.03	9.62
2	7.94	8.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.01	10.27	10.03	10.16
3	7.64	7.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.96	10.18	10.39	10.28
4	8.41	8.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.48	10.62	10.65	10.68
5	7.73	7.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.19	10.18	10.5	10.13
6	7.94	8.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.83	10.01	10.17	9.98
7	8.01	8.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.45	10.59	10.62	10.78
4	7.91	8.38	-		242	239	258	208	0.097	0.102	0.096	0.119	0.121	-	10.20	10.48	10.37
1	7.86	8.38	-	238	233	224	247	205	0.091	0.098	0.093	0.118	0.126	-	10.59	10.64	10.59
3	7.80	8.15	-	225	233	218	242	231	0.105	0.099	0.104	0.123	0.138	-	9.58	9.86	10.18
5	7.71	8.38	-	225	240	232	249	203	0.101	0.103	0.093	0.121	0.133	-	10.25	10.40	10.18
5	7.66	8.12	-	224	234	215	229	216	0.095	0.086	0.081	0.110	0.113	-	10.20	10.47	10.46
5	7.59	7.73	-		245	231	252	233		0.108	0.105	0.128	0.123	-	9.61	9.90	9.94
6	7.58	8.12	-	227	230	207	235	210	0.092	0.087	0.081	0.108	0.119	-	10.24	10.31	10.51
2	7.57	8.15	-	224	231	226	245	218	0.102	0.990	0.100	0.123	0.140	-	9.48	9.78	9.83
6	7.52	8.08	-		247	230	260	199		0.103	0.090	0.135	0.141	-	10.11	10.27	10.21
1	7.47	7.73	-	218	234	224	243	230	0.105	0.106	0.106	0.131	0.125	-	9.64	9.86	9.94
1	7.40	8.12	-	220	223	210	233	228	0.088	0.090	0.084	0.115	0.116	-	10.27	10.50	10.52
4	7.38	8.12	-	229	228	209	228	217	0.091	0.081	0.085	0.114	0.120	-	10.43	10.63	10.65

Tablica 4. Svi prikupljeni rezultati muškaraca u skoku u dalj s pripadajućim pokazateljima

Legenda: BS – broj serije, Rez – ostvareni rezultat na natjecanju (m), Mjesto odraza – rezultat mjeren od mjesta odraza (m), Vjetar – brzina vjetra (m/s), Dužina koraka – posljednjih 5 koraka zaleta (cm), Kontakt s podlogom – trajanje kontakta stopala s podlogom u posljednjih 5 koraka zaleta (s), Brzina trčanja zaleta u posljednjih 15 metara i na odrazu (m/s)

## 2.6. Rasprava

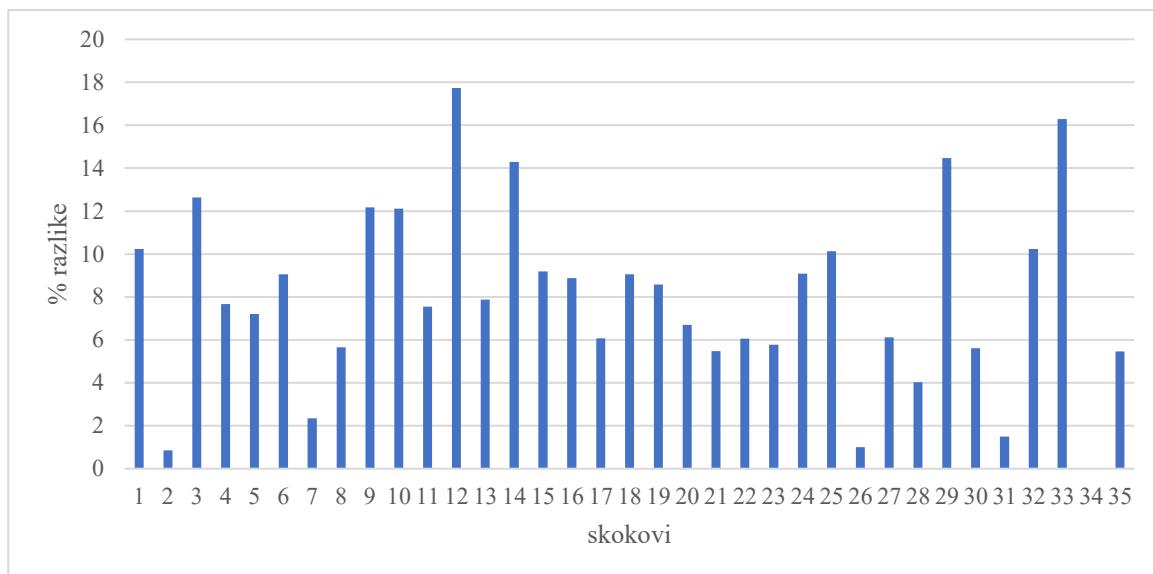
### 2.6.1. Postotne razlike posljednjeg i pretposljednjeg koraka zaleta u dužini



Graf 1. Postotne razlike u dužini pretposljednjeg i posljednjeg koraka zaleta kod muškaraca

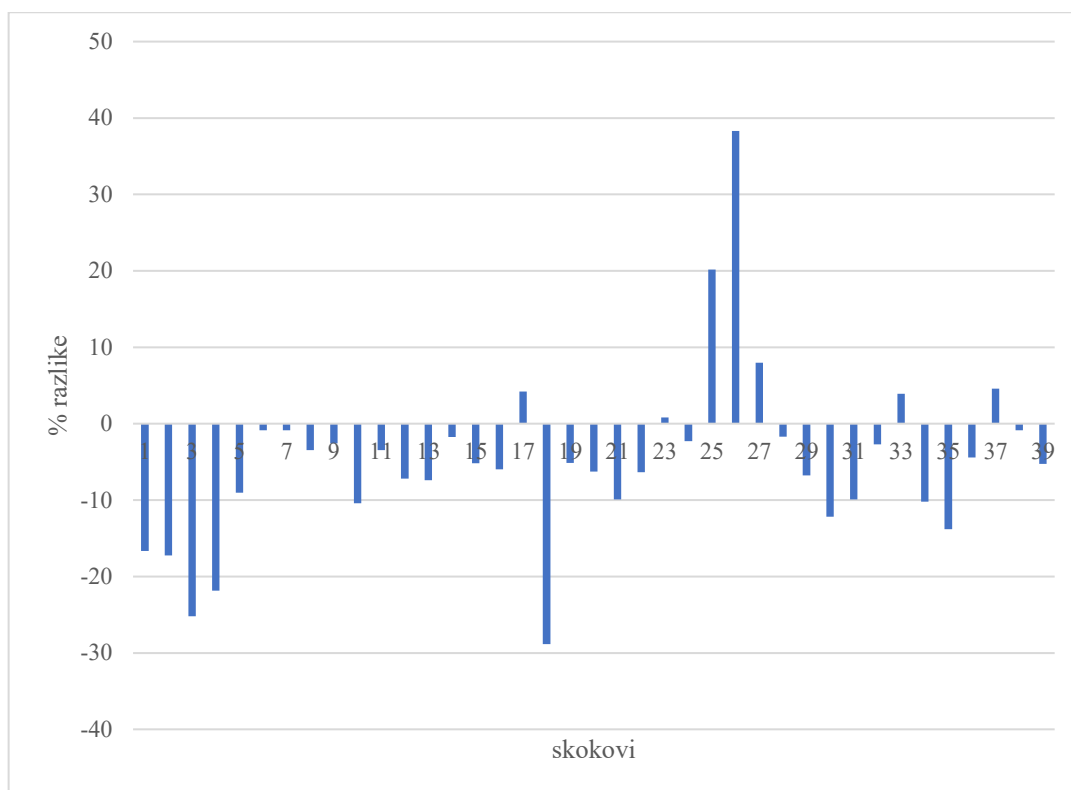
Iz grafa 1. može se vidjeti da se razlika u postotku dužine koraka kreće od najniže vrijednosti -0,5 % (što govori da pretposljednji korak kraći od zadnjeg) do najviše vrijednosti koja je 23,5 % (što govori da je pretposljednji korak skoro  $\frac{1}{4}$  duži od posljednjeg) za muškarce. Dakle, samo jedan od 39 skokova ima dulji posljednji korak od pretposljednjeg. Ranije je već dokazano kako se posljednji korak u pravilu skraćuje u odnosu na pretposljednji što ovi podatci također pokazuju. U ovom uzorku od 39 skokova u prosjeku je to 11,5 % skraćenje, što je također u skladu sa dosadašnjim istraživanjima. Razlog tome se nalazi u potrebi skakača da time pokuša odraznu silu usmjeriti što je moguće bliže vertikalnoj projekciji centra mase tijela na podlozi te time generirati što je moguće veću vertikalnu brzinu na kraju faze odraza.

U grafu 2. se također može vidjeti da se razlika u postotku dužine koraka kreće od najniže vrijednosti 0 % (što govori da su pretposljednji i posljednji korak jednake dužine) do najviše vrijednosti koja je 18% (što govori da je predzadnji korak duži od zadnjeg) za žene. Trend skraćivanja je isti kao i kod muškaraca te se pojavljuje zbog istog razloga. Moguće je primijetiti kako u relativnom omjeru to iznosi 7,9 % što je nešto manje nego kod muškaraca, a razlog tome bi mogla biti manja brzina koju žene postižu u zaletu te posljedično i prosječno kraći koraci. Bitno je spomenuti i prosječno nižu visinu tijela skakačica u odnosu na skakače.



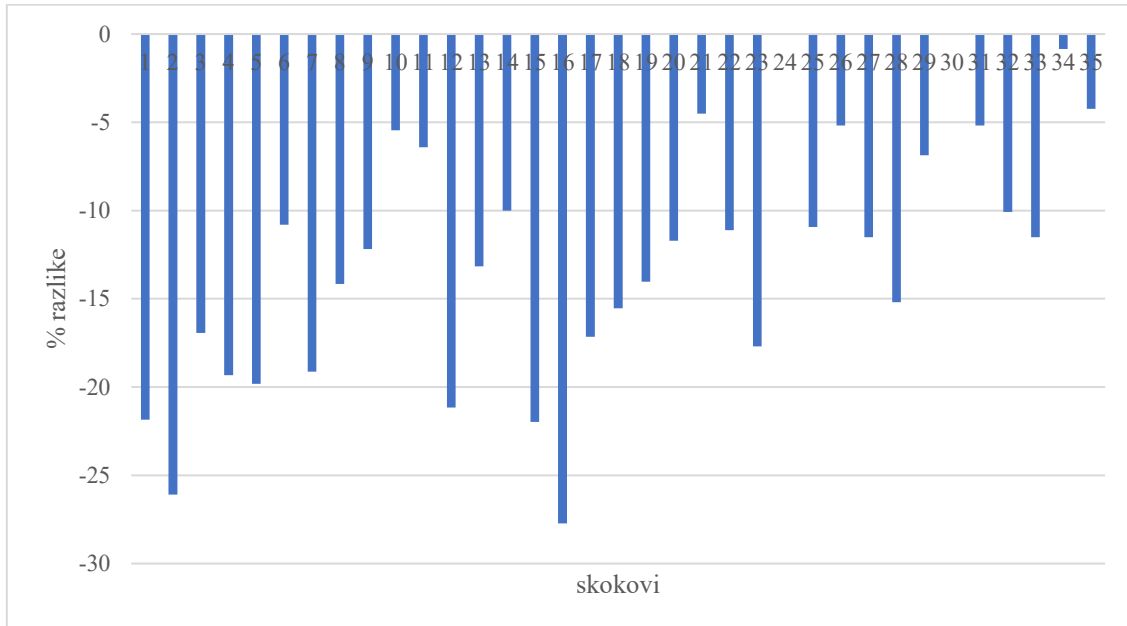
Graf 2. Postotne razlike u dužini preposljednjeg i posljednjeg koraka zaleta kod žena

### 2.6.2. Postotne razlike posljednjeg i preposljednjeg koraka zaleta u trajanju kontakta stopala s podlogom



Graf 2. Postotne razlike u trajanju kontakta stopala s podlogom preposljednjeg i posljednjeg koraka zaleta kod muškaraca

U grafu 3. se kod muškaraca vidi kako se razlika u postotku dužine kontakta s podlogom kreće od vrijednosti od gotovo -29 % (što govori da je preposljednji kontakt stopala s podlogom kraćeg trajanja od posljednjeg ili odraznog) do najviše vrijednosti koja je 38 % (preposljednji kontakt stopala s podlogom dužeg trajanja), zadržavajući se više u okvirima negativne strane grafa. To znači kako je trajanje odraza, odnosno posljednji kontakt stopala s podlogom u pravilu dužeg trajanja nego kod trčanja. Nekoliko je razloga tome: u transformaciji horizontalne brzine u vertikalnu, velikoj razini sile reakcije podloge koja se javlja prilikom odraza te tehnički zahtjevi koje faza odraza ima kako bi faza leta bila što učinkovitija. Tu se misli na značajnije opuštanje odrazne noge te veća amplituda zamašne noge. Trajanje kontakta stopala s podlogom u fazi zaleta je dosta često ispod 100 ms kao i kod sprinterskog trčanja dok je trajanje odraza redovito preko 110 ms. U ovom uzorku skakača prosječno trajanje odraza iznosilo je 123 ms dok je prosječno trajanje kontakta stopala s podlogom u preposljednjem koraku iznosilo 117 ms. Iz podataka je također moguće uočiti kako je i preposljednji kontakt stopala s podlogom dužeg trajanja od kontakata koji su mu prethodili (prosječno 117 ms naspram 94 ms). No, to sve skupa ne umanjuje činjenicu kako vrhunski skakači udalj teže tome da odraz traje što kraće kako bi gubitak horizontalne brzine, odnosno deceleracija bila što manja.



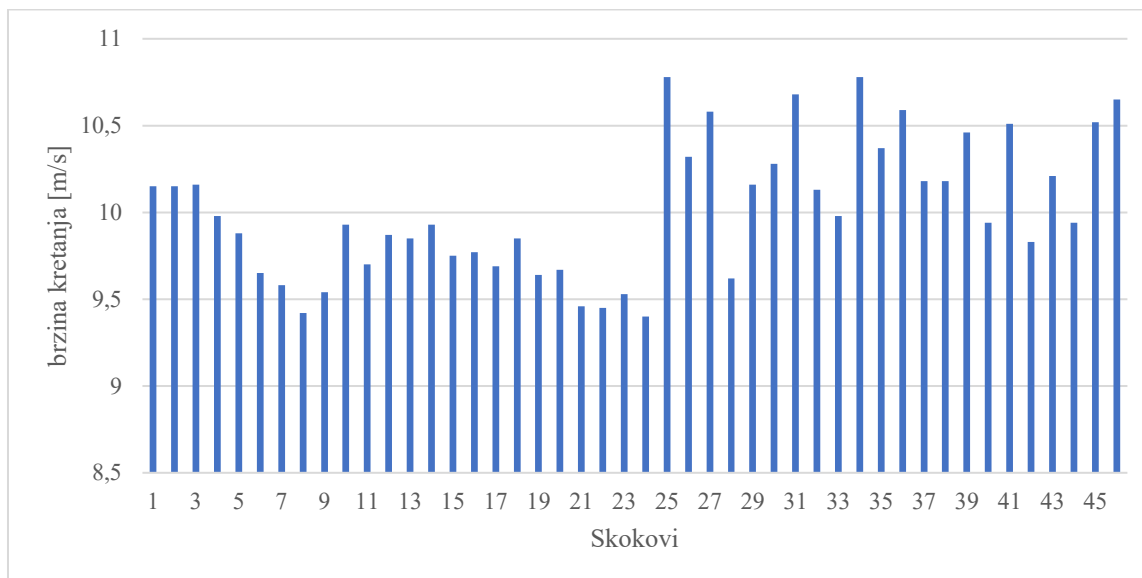
*Graf 3. Postotne razlike u trajanju kontakta stopala s podlogom preposljednjeg i posljednjeg koraka zaleta kod žena*

Kod žena je iz grafa 4. vidljivo da se razlika u postotku trajanja kontakta stopala s podlogom kreće od vrijednosti  $-27\%$  (što govori da je pretposljednji kontakt stopala s podlogom kraćeg trajanja od posljednjeg ili odraznog) do najviše vrijednosti koja je  $0\%$ , zadržavajući se gotovo u potpunosti u okvirima negativne strane grafa. To znači kako je kod žena trajanje odraza, odnosno posljednji kontakt stopala s podlogom u pravilu dužeg trajanja nego kod trčanja te je to na ovom uzorku još izraženije nego kod muškaraca. Naime, kod niti jedne skakačice nije uočeno kraće trajanje odraza u odnosu na pretposljednji kontakt stopala s podlogom. Prosječno trajanje odraza kod žena iznosilo je  $130\text{ ms}$  dok je prosječno trajanje kontakta stopala s podlogom u pretposljednjem koraku iznosilo  $116\text{ ms}$ . Kao kod muškaraca i kod žena je moguće uočiti produženje kontakta stopala s podlogom u pretposljednjem kontaktu ( $116\text{ ms}$ ) u odnosu na kontakte koje su mu prethodili ( $108\text{ ms}$ ). Razlog tome je i produženje pretposljednjeg koraka koje prosječno iznosilo  $225\text{ cm}$  u odnosu na  $215\text{ cm}$  za 3 prethodna koraka. Kod muškaraca se to očituje u prosječnoj dužini pretposljednjeg koraka od  $239\text{ cm}$  u odnosu na prethodna tri kod kojih je to iznosilo  $225\text{ cm}$ .

Sumarno, kada se analiziraju dužine i trajanja kontakata stopala s podlogom kod pretposljednjih koraka, posljednjeg koraka i odraza moguće je primijetiti kako skakačice i skakači rade pripremu za odraz u vidu produženja pretposljednjeg koraka i skraćivanja posljednjeg dok se trajanje u tim kontaktima sa podlogom produljuje. Razlog tome je vjerojatno u potrebi za spuštanjem općeg težišta mase tijela koje kreće u pretposljednjem koraku kako bi se omogućilo generiranje veće sile reakcije podloge u fazi odraza. To spuštanje je razlog i produljenju trajanja kontakta stopala s podlogom.

### 2.6.3. Analiza brzine prilikom vertikale na dasci i akceleracije ili deceleracije u odnosu s brzinom na 5 metara od mjesta zone prijestupa

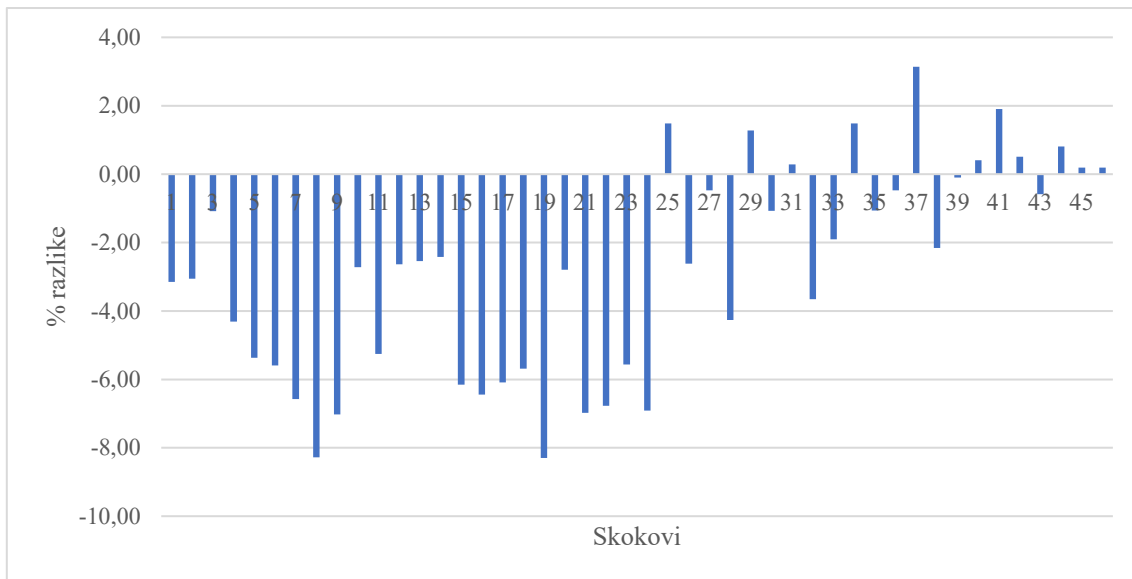
#### 2.6.3.1. Muškarci



Graf 4. Prikaz brzine kretanja prilikom odraza kod muškaraca

Iz s grafa 5. koji govori o brzini kretanja prilikom odraza se može vidjeti da se sve brzine kretanja kod muškaraca nalaze između 9.40 m/s (kao najmanja zabilježena brzina) i 10.78 m/s (kao najveća zabilježena brzina) s prosjekom brzine kretanja prilikom odraza od 10.01 m/s. Ukoliko se uzme u obzir odnos brzine i ostvarenog rezultata, može se primijetiti kako s povećanjem brzine kretanja paralelno raste daljina skoka, što govori da brzina zaleta najviše utječe na ostvareni rezultat, no nije definirano u kojem odnosu. Iz navedenog se mogu uzeti dva skoka približno jednake brzine od 10.65 m/s koji (mjereno s mjesta odraza) iznosi 8.12 m i skok s brzinom kretanja od 10.68 m/s koji (mjereno s mjesta odraza) iznosi 8.56 m. Iako varijabla koja paralelno raste uz rezultat, brzina kretanja ne može izolirano biti faktor za uspjeh.

Iz navedenog, uzimajući u obzir sve brzine kretanja u odnosu na ostvareni rezultat, može se reći kako je za visoko vrednovani rezultat kod muškaraca potrebna brzina kretanja prilikom odraza koja iznosi preko ili barem 10 m/s što je i ranije već dokazano.



Graf 5. Prikaz razlike brzine kretanja na 5 metara do zone odraza i brzine kretanja na odrazu kod muškaraca

Graf 6. prikazuje još jednu jako zanimljivu varijablu koja govori o postotnoj promjeni brzine kretanja od „5 metara do odraza“ sve do brzine kretanja „prilikom odraza“, koja u ovom slučaju oscilira od najmanje zabilježene vrijednosti koji iznosi -8.30 % do najveće vrijednosti koja iznosi 3.1 %, uz zabilježenu srednju vrijednost -2.79 %. Razlog gubitka brzine na odrazu se pojavljuje zbog pripreme za odraz. Naime, skakač u želji da pretvori horizontalnu brzinu u vertikalnu blago spušta težište postavljajući odrazno stopalo ispred projekcije centra mase tijela, zbog čega dolazi do deceleracije.

U navedenom grafu, iako se vidi postojanje skakača kod kojih ne dolazi do deceleracije (referirajući se na skakače koji imaju akceleraciju), problem je standardizacije mjerenja. Kako postoji samo kontrolna točka na 5 metara od odrazne daske i na samom odrazu, između koje skakači dostižu veće brzine, no one ne budu referentne točke za mjerenje unutar zaletišta. Neovisno o tome, pokazuju pozitivan transfer na daljinu skoka što govori kako ubrzanje traje do same odrazne daske.

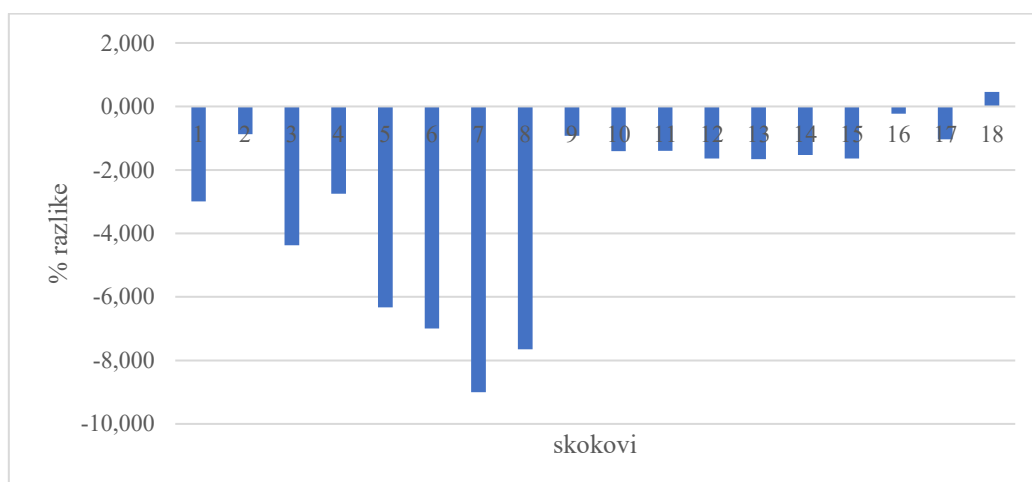


### 2.6.3.2. Žene



Graf 6. Prikaz brzine kretanja prilikom odraza kod žena

Iz grafa 7. kod žena se može vidjeti da se sve brzine kretanja na odrazu, kada se govori o visoko vrednovanim rezultatima, kreću od brzine kretanja od 8.10 m/s kao najmanje zabilježene brzine kretanja do najviše koja iznosi 9.17 m/s prilikom odraza. Prosječna brzina kretanja iznosi 8.59 m/s, no zbog manjka širine prikupljenih rezultata je teško definirati točan raspon. Kao kod muškaraca, rezultati ukazuju na oscilaciju dužine skoka pri sličnim brzinama kretanja prilikom odraza te to navodi prema razmišljanju kako brzina kretanja ne može biti izolirani faktor uspješnosti te da je na najvišoj razini potrebno spojiti još nekoliko varijabli u jednadžbu koja će produžiti skok.



Graf 7. Prikaz razlike brzine kretanja na 5 metara do zone prijestupa i brzine kretanja na odrazu kada je težište iznad stopala (mjesta odraza) za žene

Slično kao i kod muškaraca na grafu 6., graf 8. kod žena daje još jednu jako zanimljivu vrijednost koja govori o postotnoj promjeni brzine „od 5 metara do odraza“ sve do brzine „prilikom odraza“, koja u ovom slučaju oscilira od vrijednosti -9.00 % deceleracije do 0.46 % akceleracije na zaletištu, gdje srednja vrijednost indicira kako većina skakačica uspori na odrazu, no više vrednovani rezultati imaju tendenciju pozitivnoj strani grafa.

Navedeno ukazuje kako prijenos brzine mora i dalje ostati u smjeru horizontalne komponentne, te da bilo koja deceleracija u zadnjem dijelu zaleta ne doprinosi dužini u skoku, što je bilo i vidljivo iz dosadašnjih spoznaja koje su radile analize na brzini kretanja na zaletištu skoka u dalj.

### 3. Zaključak

Na bazi prikupljenih podataka i njihovih obrađenih postotnih razlika, uzimajući u obzir osnovne ideje rasprave te cilj rada, mogu se izvući nekoliko zaključaka.

Osvrtom na problematiku, kojom se željelo opisati i na neki način determinirati faktor uspješnosti kroz 3 odvojena segmenta se zaključilo sljedeće:

- veća brzina u zaletu te manja postotna deceleracija u odnosu kada se skakač nalazi na „zadnjih 5 metara do odraza“ i „trenutka odraza“ može povećati daljinu skoka

- kraći posljednji korak u odnosu na pretposljednji može povećati dužinu skoka, no postotna razlika nema zajedničkih točaka u odnosu na rezultat, zanimljiva spoznaja se pojavljuje koja bi trebala usporediti „postotnu razliku dužine koraka“ i „maksimalnu brzinu dolaska na dasku“, kako su vidljivi neki zanimljivi podatci koji ukazuju kako se s povećanjem brzine kretanja smanjuje razlika posljednjeg i pretposljednjeg koraka. U prijevodu s većom brzinom kretanja, potrebno je postaviti stopalo više ispred težišta tijela kako bi bilo moguće svladati djelovanje sile reakcije podloge, no postoje radovi koji ukazuju na sličnu problematiku

- nema vidljivih usporedbi prilikom analize postotne razlike trajanja kontakta stopala s podlogom na odrazu u odnosu na pretposljednji kontakt kada se uspoređuje s rezultatom. Razlog navedenog može biti nedovoljan broj prikupljenih rezultata ili da se ta varijabla sama po sebi ne može koristiti kao pokazatelj za uspješnost. To znači da je efikasnost izvedbe, odnosno daljina skoka ovisna o međudjelovanju više kinematičkih pokazatelja od kojih neki imaju veću važnost (brzina). Naime trajanje kontakta stopala s podlogom kod vrhunskih skakača i skakačica će vjerojatno uvijek iznositi slično, u okvirima 110 -140 milisekundi kao što ukazuju radovi, a ovisi o tipu skakača, njegovoj brzini i antropometrijskim karakteristikama.

Skok u dalj kao jedna od najstarijih atletskih disciplina koja datira još od antičkih olimpijskih igara će i dalje ostati jedna od najatraktivnijih. Svjetski rekordi u ovoj disciplini su trenutno među najstarijim atletskim rekordima što dokazuje veliku kompleksnost ove discipline. U prilog tome idu i činjenice kako se vrlo rijetko ili gotovo nikako današnji skakači i skakačice niti ne približavaju skokovima svjetskih rekorda.

Sama činjenica da se glavni dio uspješnosti skoka u dalj generira u trenutku odraza koji je izuzetno kratkog trajanja, sa izuzetno velikim brzinama, od sportaša, trenera i znanstvenika će i dalje zahtijevati precizan pristup analizi svih faktora o kojima ovisi uspjeh.

## 4. Literatura

- Ammann R., Taube W. i Wyss T. (2016). *Accuracy of PARTwear Inertial Sensor and Optojump Optical Measurement System for Measuring Ground Contact Time During Running*. J Strength Cond Res
- Ballreich G. i Bruggemann G. (1987). *Biomechanik des Weitsprungs*. Biomechanik der Leichtathletik. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag
- Bosco C. (1985). *Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function and physiological considerations on explosive power in man*. *Atleticastudi*, Fidal, Centro Studi & Ricerche, Roma
- Breslauer N., Hublin T. i Zegnal Kuretić M. (2014). *Osnove kineziologije*. Međunarodno veleučilište u Čakovcu
- Cassirame J., Sanchez H., Chevrolate S., Gachon B., Garbellotto L., Courtot N. i Lambert P. (2023). *Meeting d'athletisme, Hauts de France, Pas de Calais*. Lievin, France. Athle Federation Francaise d'athletisme
- Čoh M. (2008). *Biomechanical diagnostic methods in athletic training*. University of Ljubljana, Faculty of Sport
- Hay J., Miller J. i Canterna R. (1986). *The techniques of elite male jumpers*. *Journal of Biomechanics*
- Hay J.G. i Nohara H. (1990). *Techniques used by elite long jumpers in preparation for take-off*. *Journal of Biomechanics*
- Lees A., Smith G. i Fowler N. (1994). *A Biomechanical Analyses of the Last Stride, Touchdown, and Takeoff Characteristics of the Men's Long Jump*. *Journal of Applied Biomechanics*
- Milanović D. (2013). *Teorija treninga – Kineziologija sporta*, Kineziološki fakultet, Zagreb
- Nixdorf E., i Bruggemann P. (1990). *Biomechanical analysis of the long jump. Scientific Research Project the Games, of the XXIVth Olypiad-Seoul 1988*. International Athletic Foundation.
- Popov V.B. (1983). *Long Jump*. Physical Culture and sport, Moscow
- Puelo J. i Milroy P. (2019). *Running anatomy*. SECOND EDITION, Human Kinetics
- Wilmore J. H., Costill D. L. i Kenney W. L. (2008). *Physiology of Sport and Exercise*. FOURTH EDITION, Human Kinetics

## 5. Prilozi

### 5.1. Popis slika

Slika 1. Animacija skoka u dalj.....	7
Slika 2. Anatomija ljudskog tijela .....	9
Slika 3. Kreatin kinaza .....	10
Slika 4. Sistemska mjerenja kinetičkih i kinematičkih parametara na odrazu .....	12
Slika 5. Faza odraza, 3-D kontrastni model odraza kod skoka u dalj .....	13
Slika 6. Kinematički model odraza (8.25, G.C.) .....	15
Slika 7. Kinematički model leta i doskoka (8.25, G.C) .....	15

### 5.2. Popis grafova

Graf 1. Postotne razlike u dužini pretposljednog i posljednjeg koraka zaleta kod muškaraca	22
Graf 3. Postotne razlike u trajanju kontakta stopala s podlogom pretposljednog i posljednjeg koraka zaleta kod muškaraca.....	23
Graf 4. Postotne razlike u trajanju kontakta stopala s podlogom pretposljednog i posljednjeg koraka zaleta kod žena .....	24
Graf 5. Prikaz brzine kretanja prilikom odraza kod muškaraca.....	26
Graf 6. Prikaz razlike brzine kretanja na 5 metara do zone odraza i brzine kretanja na odrazu kod muškaraca.....	27
Graf 7. Prikaz brzine kretanja prilikom odraza kod žena.....	28
Graf 8. Prikaz razlike brzine kretanja na 5 metara do zone prijestupa i brzine kretanja na odrazu kada je težište iznad stopala (mjesta odraza) za žene.....	28

### 5.3. Popis tablica

Tablica 1. Kinematički pokazatelji.....	13
Tablica 2. Kinetički pokazatelji.....	15
Tablica 3. Svi prikupljeni rezultati žena u skoku u dalj s pripadajućim pokazateljima.....	19
Tablica 4. Svi prikupljeni rezultati muškaraca u skoku u dalj s pripadajućim pokazateljima...20	