Kinematička i kinetička obilježja specifičnih vježbi odraza skakačica u vis

Saratlija, Predrag

Doctoral thesis / Disertacija

2020

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:009139

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Predrag Saratlija

KINEMATIČKA I KINETIČKA OBILJEŽJA SPECIFIČNIH VJEŽBI ODRAZA SKAKAČICA U VIS

Doktorski rad

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF KINESIOLOGY

Predrag Saratlija

KINEMATIC AND KINETIC FEATURES IN SPECIFIC TAKE-OFF EXERCISES BY WOMAN'S HIGH JUMP

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

Predrag Saratlija

KINEMATIČKA I KINETIČKA OBILJEŽJA SPECIFIČNIH VJEŽBI ODRAZA SKAKAČICA U VIS

Doktorski rad

Mentor:

prof. dr. sc. Nebojša Zagorac

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu

FACULTY OF KINESIOLOGY

Predrag Saratlija

KINEMATIC AND KINETIC FEATURES IN SPECIFIC TAKE-OFF EXERCISES BY WOMAN'S HIGH JUMP

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

prof. dr. sc. Nebojša Zagorac

Zagreb, 2020.

Sažetak

Cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj određenih kinetičko kinematičkih obilježja na dvije kriterijske varijable kod dohvatnih skokova koje su izvele tri atletičarke različite kvalitativne razine na tri različita načina. Kriterijske varijable predstavljale su najvišu točku sakruma u fazi leta i razliku između točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma u fazi leta. Cilj je također bio utvrditi razlikuju li se načini izvedbe skokova u kinematičko kinetičkim obilježjima. Skokovi su izvođeni iz tri koraka zaleta, iz pet koraka zaleta te dubinskim načinom. Istraživanje je provedeno u laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Kod skokova izvedenih iz tri koraka zaleta, regresijska analiza pokazala je kako kinematičko kinetičke varijable objašnjavaju 42,2 % varijance rezultata kriterijske varijable najveće točke sakruma u fazi leta i objašnjavaju 42,5 % varijance rezultata kriterijske varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta.

Prema rezultatima regresijske analize kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta kinematičko kinetičke varijable objašnjavaju 36,6 % varijance rezultata kriterijske varijable najveće točke sakruma u fazi leta i 86,0 % varijance rezultata kriterijske varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta.

Kod skokova izvedenih dubinskim načinom, regresijska analiza pokazala je kako kinematičko kinetičke varijable objašnjavaju 46,4 % varijance rezultata kriterijske varijable najveće točke sakruma u fazi leta i objašnjavaju 77,0 % varijance rezultata kriterijske varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta.

Pri određivanju statistički značajne razlike u načinu izvođenja skokova kod predloženih kinetičko kinematičkih varijabli primjenom postupka diskriminativne analize potvrđena je statistički značajna razlika u dvije diskriminativne funkcije.

U postupku utvrđivanja pojedinačnog doprinosa varijabli razlike među grupama, vidljivo je kako je statistički značajan doprinos toj razlici kod osam varijabli.

Wilksova lambda pokazuje kako postoji statistički značajna razlika među načinima izvođenja skokova.

Iz vrijednosti kvadratnih Mahalanobisovih distanca između centroida grupa kao i pripadajuće F- vrijednosti može se zaključiti kako postoje razlike među centroidima grupa.

Gledajući generalno može se zaključiti kako se skokovi izvedeni iz tri i pet koraka zaleta odlikuju relativno sličnim vrijednostima u promatranim varijablama, dok se izvedba skokova dubinskim načinom uvelike razlikuje od načina izvedbe skokova s tri i pet koraka zaleta. Ovo istraživanje potvrdilo je kako postoji razlika u kinetičko kinematičkim varijablama pri izvedbi skokova iz tri koraka zaleta, pet koraka zaleta, te dubinskim načinom.

Ključne riječi: skok u vis, kinematičko kinetički pokazatelji, utjecaj na kriterijske varijable.

Abstract

The aim of this work is to determine the influence of certain kinetic-kinematic characteristics on the two criterion variables, reach jumps performed by three athletes of different qualitative levels in three different ways. The criterion variables represents the highest sacrum points in the flight phase and the difference between the sacrum points at the time of the launch, as well as the highest sacrum points during airborne phase. Furthermore, the goal is to determine whether the modes of jump performance differ in kinetic-kinematic characteristics. The jumps were performed in three-step strides, in five-step strides and in deep-mode. The research was conducted in the biomechanics laboratory of the Faculty of Kinesiology in the University of Zagreb.

For the jumps performed in three-step strides, the regression analysis shows that the kinetic-kinematic variable explains 42.2% of the variance of the criterion variable indicating the highest sacrum point in the airborne phase, and 42.5% of the variance of the criterion variable results representing differences between the height of the sacrum points at the point of launch and highest "sacrum" points during airborne phase.

According to the results of the regression analysis, the jumps of kinetic-kinematic variables explain 36.6% of the variance of the criterion variable of the highest sacrum point in the airborne phase, and 86.0% of the variance of the criterion variable results indicating difference between the height of the sacrum point at the end of the launch and the sacrum’s highest point during airborne phase.

When it comes to jumps performed in deep-mode, regression analysis shows that kinetic-kinematic variables explain 46.4% of the variance of the criterion variable measuring the highest sacrum point during airborne phase and 77.0% of the variance of the criterion variable designating the difference between the height of the sacrum point at the time launch termination and the highest point of "sacrum" during flight.

When determining statistically significant differences in terms of performing jumps for the proposed kinetic-kinematic variables, a discriminant analysis confirms a statistically significant difference in the two discriminant functions.

In determining the variables' individual contribution of the difference between the groups, it becomes evident that the contribution to this difference is indeed statistically significant in eight variables.

Wilks' lambda indicates an existence of a statistically significant difference between the ways jumps were being performed.

After gaining an insight into the table showing the Mahalanobis distance between the groups' centroids and the corresponding F-values, it becomes evident that there are differences between the centroids of the groups.

Taken together, the results of this study lead us to conclude that the jumps performed in three-step and five-step strides are represented by relatively similar values in the observed variables, whereas the performance of jumps in deep mode largely differs from the jumps performed in three-step and five-step strides. To conclude, this study confirms that there is a difference in kinetic-kinematic variables in the performance of three-step, five-step and deep-mode jumps.

Key words: high jump, kinetic-kinematic indicators, effect on criterion variables

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. STRUKTURALNA I BIOMEHANIČKA OBILJEŽJA FOSBURY-FLOP TEHNIKE SKOKA U VIS 3
2.1. Hijerarhijski model skoka u vis 5
2.2. Biomehanički model skoka u vis tehnikom Flop 6
2.3. Varijante brzog i snažnog načina izvođenja Flop tehnike skoka u vis 7
2.4. Faza zaleta 8
2.5. Faza odraza 21
2.6. Faza leta i prelaska letvice 33
3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 35
4. CILJ ISTRAŽIVANJA 49
5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA 50
6. METODE RADA 50
6.1. Uzorak entiteta 50
6.2. Opis načina izvođenja skokova 51
6.3. Kriterijske varijable 52
6.4. Kinetičke prediktorske varijable 52
6.5. Kinematičke prediktorske varijable 53
6.6. Načini izračunavanja vrijednosti kriterijskih varijabli 54
6.6.1. Najviša vrijednost točke sakruma u fazi leta (Sak) 54
6.6.2. Razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta - (Sak1) 56
6.6.3. Načini izračunavanja Kinetičkih prediktorskih varijabli 57
6.6.4. Načini izračunavanja Kinematičkih prediktorskih varijabli 58
6.7. Metode obrade podataka 59
7. REZULTATI I RASPRAVA 61
7.1. Deskriptivna analiza 61
7.2. Korelacijska analiza 70
7.2.1. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni iz tri koraka zaleta 70
7.2.2. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni iz pet koraka zaleta 74
7.2.3. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni dubinskim načinom 77
7.3. Regresijska analiza 811

7.3.1. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma u fazi leta kod skokova izvedenih iz tri koraka zaleta 81

7.3.2. Utjecaj kietičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz tri koraka zaleta 83

7.3.3. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz tri koraka zaleta 84

7.3.4. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma (Sak) u fazi leta kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta 85

7.3.5. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz pet koraka zaleta 86

7.3.6. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz pet koraka zaleta 87

7.3.7. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma (Sak) u fazi leta kod skokova izvedenih dubinskim načinom 88

7.3.8. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma (Sak) u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) kod skokova izvedenih dubinskim načinom 89

7.3.9. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene dubinskim načinom 90

7.4.0. Diskriminativna analiza 92

8. ZAKLJUČAK 100

9. LITERATURA 105

10. ŽIVOTOPIS 111

11. OBJAVLJENI STRUČNI I ZNANSTVENI RADOVI AUTORA 112

1. UVOD

Skok u vis visoko je tehnički zahtjevna motorička aktivnost i veliki broj praktičnih i teoretskih informacija sakupljeno je od strane trenera i biomehaničara. Pronalaženje faktora koji determiniraju i utječu na uspješnost u skoku u vis bili su predmet mnogih istraživanja u biomehanici. Aplikacija kinematičkih mjernih sustava neizostavna je metoda utvrđivanja stanja treniranosti kao i usvojenosti tehnike skoka u vis. Izračunavanjem različitih kinetičko-kinematičkih parametara moguće je dobiti detaljan uvid u strukturu gibanja. Biomehanička saznanja kao i primjena pokazatelja kinematičkih parametara u trenažnom procesu kod skoka uvis bitno će odrediti modalitete rada, a time i efikasnost transformacijskog procesa. U analizi pojedine atletske discipline biomehanička analiza sastavni je dio znanstvenog i praktičnog pristupa. U praktičnom smislu, male razlike u izvođenju motoričkih stereotipa, presudnih za rezultat, ne mogu se utvrditi vizualnom inspekcijom stručnjaka. Osim visoke vremenske rezolucije kojom se bilježe signali, biomehaničko mjerenje omogućava i egzaktnu, kvantificiranu analizu koja je standard za programiranje i kontrolu procesa treninga. Proces optimizacije sportskih tehnika temelji se na rezultatima nekog od biomehaničkih postupaka. Kako bi se rezultati raznih biomehaničkih postupaka uspješno implementirali u sustav treninga i natjecateljske izvedbe, potrebna je zadovoljavajuća razina edukacije trenera i sportaša. Tako će rezultati, uz znanstvenu imati i vrlo važnu praktičnu primjenjivost. Osnovna je pretpostavka uspješnosti u skoku u vis dovesti centar težišta (CT) sportaša u najvišu točku prilikom prelaska letvice. Uspješnost u skoku u vis karakterizira činjenica kako dijelovi tijela djeluju sekvencijalno kako bi razvili maksimalnu efikasnost u segmentima sistema prilikom prelaska letvice. Postoji velik broj čimbenika koji zajedničkim međudjelovanjem utječu na krajnji rezultat uspješnosti kod skoka u vis, kao što su: sportašev potencijal (potencijalna uspješnost), trening, ekspertno trenersko iskustvo i znanje, uvjeti za treniranje, kao i stanje razvijenosti motoričkih programa (tehnike). Traženje tih čimbenika, koji determiniraju uspjeh skoka u vis, glavni je fokus biomehaničkih studija. U skladu s navedenim, kinematičko-kinetička analiza gibanja segmenata tijela kod skoka u vis podrazumijeva precizno definirane prostorne, vremenske i prostorno-vremenske veličine i odnose između pokreta, te pojavnost sila reakcije podloge u strukturi gibanja ove atletske discipline. U prostorne parametre spadaju položaj tijela, pravac kretanja, putanje točaka gibanja, put djelovanja, te kutni odnosi među polugama u pojedinim sekvencama skoka u vis. Za razliku od prostornih parametara i njihove složenosti, vremenski parametri čine isključivo izvedbu dijelova ili ukupne strukture u vremenu. Dodatnu kvalitetu biomehaničkim istraživanjima svakako će doprinijeti i mogućnost mjerenja sila koje

se pojavljuju tijekom same izvedbe motoričke aktivnosti. Tako je i cilj ovog istraživanja utvrditi neke kinematičko kinetičke parametre kod specifičnih kineziloških operatora među skakačicama različite kvalitativne razine. Kako je broj ovako zamišljenih laboratorijskih istraživanja utjecaja kinetičko kinematičkih parametara na specifične kineziološke operatore u prostoru skoka u vis relativno malen, bit će zanimljivo utvrditi eventualne razlike među skakačicama različite kvalitativne razine, a jasno i eventualna moguća usporedba nekih parametara s pokazateljima kod vrhunskih skakačica, bez obzira na to što se ovdje radi o eksperimentalnom istraživanju specifičnog obilježja koje nije provedeno u natjecateljskim ili trenažnim uvjetima.

2. STRUKTURALNA I BIOMEHANIČKA OBILJEŽJA FOSBURY-FLOP TEHNIKE SKOKA U VIS

Zbog svojih specifičnih karakteristika, skok u vis omogućuje veću tehničku raznolikost nego kod ostalih skokova. Raznolikost dužine i brzine zaleta, raznolikost lučnog dijela zaleta, različito vrijeme odraznog impulsa, različiti kutovi odraza i različitost rotacija oko osovina omogućuju varijacije u tehničkim izvedbama skoka u vis (Ritzdorf, 2009). Glavni je cilj u skoku u vis centar težišta (CT) dovesti u najvišu točku prilikom prelaska letvice. Biomehaničkim obilježjima tehničku efikasnost skoka u vis moguće je opisati kroz tri međusobno povezane faze: fazu ravnog dijela zaleta, fazu lučnog dijela zaleta i pripreme za odraz te fazu leta ili prelaska CT preko letvice. Prema McGinnisu (2013), uspješnost skoka u vis prvenstveno će ovisiti o impulsu sile kroz silu reakcije podloge u cilju što efikasnije pretvorbe horizontalne brzine u vertikalnu brzinu CT skakača. Prema istraživanjima različitih autora (Jacoby, 1987; Dapena, 1988, 1992, 2006; Bruggemann i Arampatzis, 1997), faza odraza je najvažnija faza u tehničkoj uspješnosti efikasnog prelaska CT preko letvice. U fazi odraza horizontalna brzina skakača pretvara se u vertikalnu brzinu, te određuje učinkovitost skoka (Dapena, 2006). U biomehaničkim istraživanjima pod fazom odraza podrazumijeva se trenutak prvog kontakta s podlogom, što je kod kvalitetnih skokova uvijek peta, te do trenutka napuštanja kontakta s podlogom. Dapena (1997, 2006) dijeli fazu odraza na koncentričnu i ekscentričnu fazu. Prvi dio faze odraza traje od trenutka kada odrazna noga dodirne podlogu do trenutka maksimalne fleksije (amortizacije) u koljenom zglobu odrazne noge. U ovoj fazi intenzivna transformacija horizontalne brzine u vertikalnom brzine javlja se kao posljedica sile reakcije podloge i djeluje u više pravaca. Aktivacija mišića ekstenzora koljena (m. kvadricepsa) ima ekscentrično obilježje. Fazu amortizacije bi trebalo izvesti u što kračem vremenskom periodu, kako bi se omogućila brza tranzicija ekscentrične u koncentričnu kontrakciju mišića, što je preduvjet za učinkovitu fazu odraza. Silu reakcije podloge u fazi odraza dodatno pojačava aktivnost zamašne noge i ruku. Drugi dio odraza povezan je s koncentričnom kontrakcijom mišića, a traje sve do trenutka dok stopalo odrazne noge ne napusti podlogu. Sila reakcije podloge usmjerena je vertikalno prema gore i samo odgovarajuća ekscentrična sila u odnosu na CT omogućiti će zakretne momentne impulse, koji će stvoriti potrebni kutni zamah skakača u odnosu na položaj letvice. Kao što je gore navedeno, najvažniji faktor na kraju fazi odraza je vertikalna brzina CT. Najveća vertikalna brzina posljedica je vertikalne sile reakcije podloge. Cilj većine biomehaničkih istraživanja je opisati upravo fazu odraza kao presudnu fazu u učinkovitoj transformaciji horizontalne u vertikalnu brzinu što je i najvažnija faza uspješnosti skoka u vis.

U današnje vrijeme svi vrhunski skakači i skakačice skoka u vis koriste jednu od verzija „Fosbury-flop“ tehnike skoka u vis. Humphrey i Norquist (2000) navode sljedeće razloge zbog kojih je tehnika skoka u vis „Fosbury stilom“ toliko popularna:

- Omogućuje učinkovito iskorištavanje brzine koja je generirana u lučnom dijelu zaleta i puno je veća nego kod "straddle" tehnike.
- Omogućuje efikasnu rotaciju ostvarenu tijekom odraza koja će omogućiti uspješnost prelaska letvice.
- Omogućuje jednostavan, lagan i učinkovit prijelaz letvice.
- Usvojenost ove tehnike može omogućiti relativno brzu rezultatsku uspješnost.

Ritzdorf (2009) opisuje bitna tehnička obilježja Flop tehnike skoka u vis:

- Povećava se frekvencije koraka tijekom zaleta.
- Smanjuju se vremenski intervali faze leta tijekom trčanja lučno dijela zaleta.
- Tijekom lučnog dijela trčanja tijelo se naginje prema unutra.
- Ubrzavaju se kukovi prije postavljanja stopala odrazne noge.
- Tijelo se naginje unazad tijekom postavljanja stopala odrazne noge.
- Potpuno ispružanje u trenutku odraza.
- Savijanje i rotacija oko letvice.

Dapena (2006) dijeli strukturalna obilježja skoka u vis u tri faze:

- Faza trčanja zaleta;
- Faza odraza;
- Faza leta i prelaska letvice.

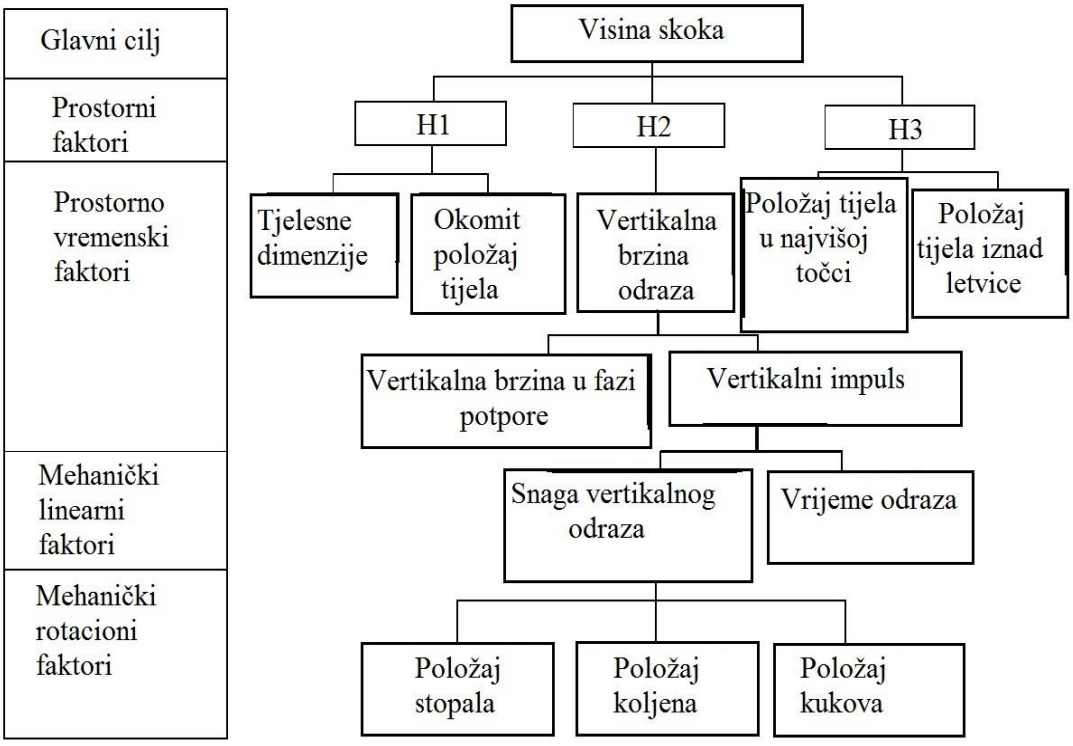
Ovu osnovnu podjelu strukturalnih faza tehnike dalje je moguće sagledati i analizirati kroz:

- Kutove završnih koraka u odnosu na liniju letvice u završnom dijelu zaleta;
- Progresivnost trčanja zaleta, kako ravnog dijela, tako i lučnog dijela zaleta;
- Nagnutost tijela za vrijeme trčanja lučnog dijela zaleta;
- Horizontalnu brzinu i visinu CT na kraju zaleta;
- Vertikalnu brzinu CT na početku faze odraza;
- Učinkovitost pokreta ruku i zamašne noge;
- Vremenski interval u kojem je obavljena faza odraza;
- Promjenu horizontalne u vertikalnu brzinu za vrijeme faze odraza;

- Visinu CT i vertikalnu brzina na kraju odraza;
- Najveću visina CT;
- Udaljenost mjesta odraza od vertikalne projekcije letvice;
- Kutne momente rotacije;
- Prelazak letvice.

2.1. Hijerarhijski model skoka u vis

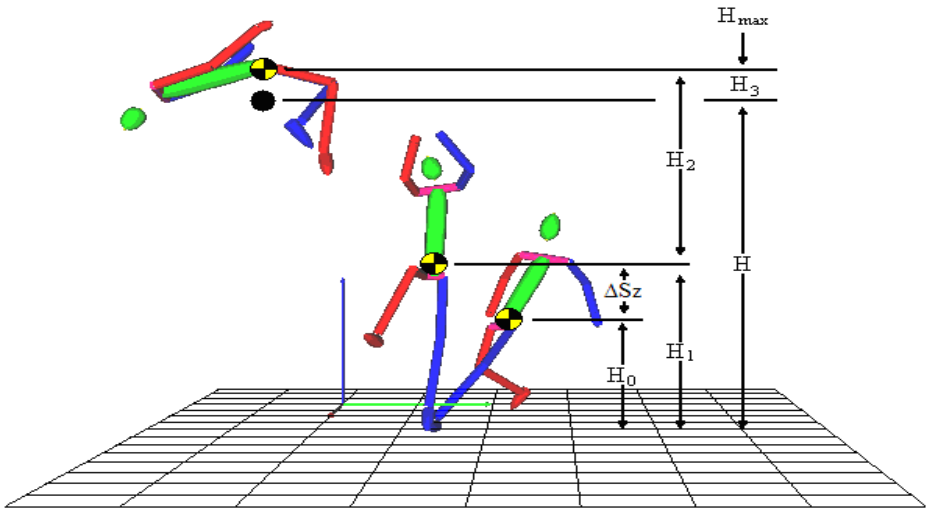
U ovako zamišljenom modelu faktori niže razine utječu na faktore više razine. Najviša razinu predstavlja uspješnost u skoku, te je glavni cilj najveća visina CT. Prvu razinu predstavljaju prostorni faktori H1, H2 i H3. Svaka od tih triju skupina faktora imaju svoje pod razine koji utječu na njih. Na H1 i H2 utječu prostorno vremenski faktori. Faktor H2 je pod utjecajem linearnih i rotacijskih mehaničkih faktora.



Grafikon 1. *Biomehanički model skoka u vis prema Hay (1993)*

2.2. Biomehanički model skoka u vis tehnikom Flop

Kako bi se uspjela izvršiti pravilna biomehanička analiza skoka u vis, bilo je potrebno razviti kvalitetan biomehanički model. U tom smislu Hay (1993) uspostavlja odnos među četirima relativnim visinama u okviru faza odraz i leta koje određuju uspješnost skoka u uvis. Definirao ih je kao H0, H1, H2 i H3. H0 je definirao kao visinu CT na početku faze odraza, H1 je visina CT na kraju faze odraza, H2 je visina leta ili razlika između H1 i naviše točke CT (H max), H3 je tehnička uspješnost i određena je razlikom između Hmax i visine letvice, i može biti negativna. ΔSz predstavlja vertikalnu akceleraciju CT i predstavljena je kao razlika između H1 i H0.



Grafikon 2. *Biomehanički model skoka uvis kroz fazu odraza i leta s pripadajućim visinama (Frutos, 2011.)*

Tablica 1. *Usporedba djelomičnih visina finalista na Svjetskom prvenstvu 87,91 i Olimpijskim igrama 92 (Ritzdorf i Conrad, 1987; Brüggemann i Loch, 1991; Dapena i ostali, 1992.; prema (Killing, 2004).*

	Ritzdorf/Conrad			Brüggemann/Loch			Dapena		
	Žene			Žene			Žene		
	visina	hmax	h3	visina	hmax	h3	visina	hmax	h3
A.S.	2,00	2,05	0,05	1,95	2,01	0,06	1,96	1,99	0,03
S.D.	0,05	0,10	0,08	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03
Max	2,09	2,19	0,10	2,05	2,14	0,10	2,02	2,07	0,07
Min	1,93	1,91	-0,06	1,90	1,93	0,03	1,91	1,91	-0,03
R	0,16	0,28	0,16	0,15	0,21	0,07	0,11	0,16	0,10
	Muškarci			Muškarci			Muškarci		
	visina	hmax	h3	visina	hmax	h3	visina	hmax	h3
A.S.	2,35	2,49	0,14	2,33	2,38	0,05	2,33	2,36	0,03

S.D.	0,03	0,05	0,04	0,04	0,05	0,03	0,01	0,05	0,05
Max	2,38	2,54	0,22	2,38	2,46	0,10	2,34	2,43	0,09
Min	2,29	2,38	0,12	2,28	2,31	0,03	2,31	2,29	-0,05
R	0,09	0,16	0,10	0,10	0,15	0,07	0,03	0,14	1,14

Tablica 2. *Parcijalne visine CT za vrijeme odraza, H0 i H1, visina leta H2, tehnička efikasnost prelaska letvice H3, preskočena visina Hmax, i postotci u odnosu na Hmax (Panoutsakopoulos i Kollias, 2012).*

	Visina	H0	H1	H2	H3	Hmax	H0%	H1%	H2%	H3%
Vlašić	2,01	0,99	1,41	0,65	0,05	2,06	49,4	70,1	32,3	-2,4
Spencer	1,93	0,89	1,33	0,70	0,10	2,03	46,1	68,9	36,3	-5,2
Radzivil	1,93	0,91	1,31	0,63	0,03	1,94	47,6	68,6	33,0	-1,6
Dusanova	1,88	0,89	1,30	0,64	0,06	1,94	47,3	69,1	34,0	-3,1
Klyugina	1,88	0,91	1,38	0,62	0,12	2,00	48,4	73,4	33,0	-6,4
Stergiou	1,88	0,89	1,29	0,62	0,03	1,91	47,3	68,6	33,0	-1,6
Forrester	1,84	1,08	1,48	0,51	0,15	1,99	58,7	80,4	27,7	-8,1
A.S.	1,90	0,94	1,36	0,62	0,08	1,98	49,3	71,1	32,8	-4,1
S.D.	0,05	0,07	0,07	0,06	0,05	0,05	4,3	4,4	2,6	2,6

2.3. Varijante brzog i snažnog načina izvođenja Flop tehnike skoka u vis

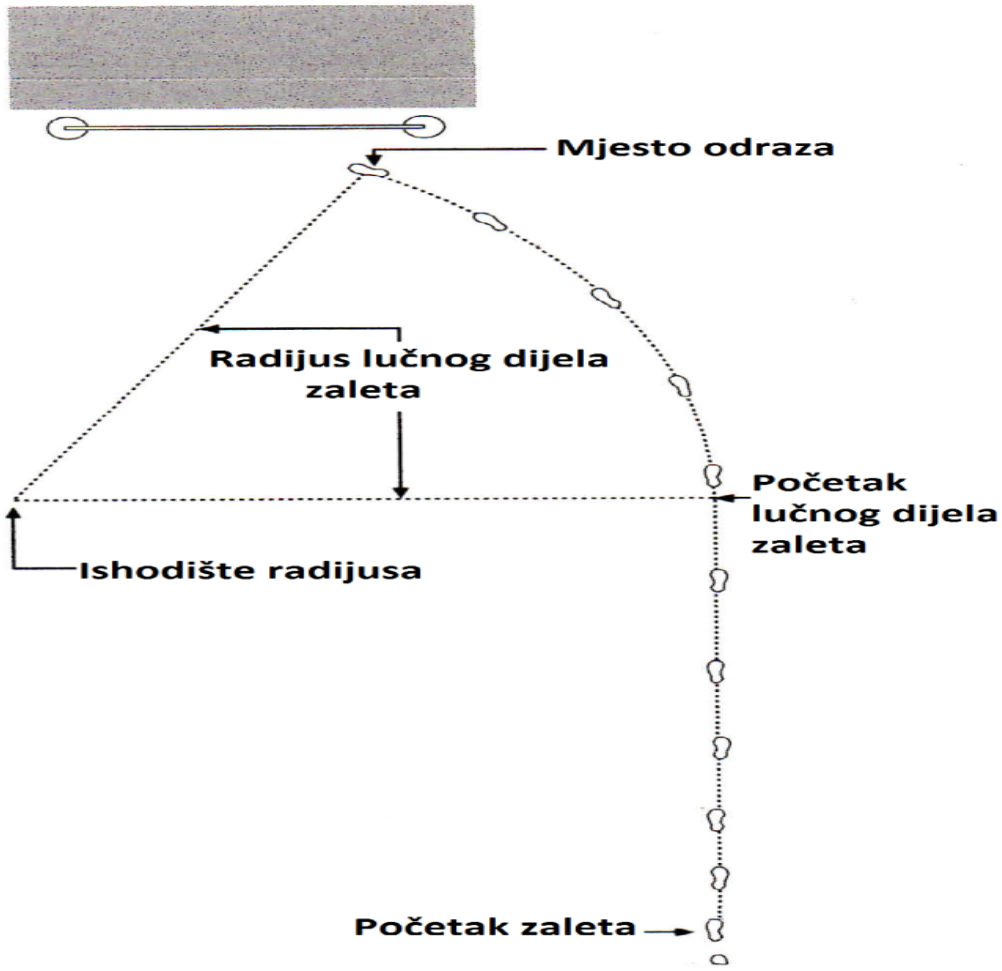
Uzevši u obzir kako je fizikalni pojam snage ustvari umnožak sile i brzine (P= Fv), jer se djelovanje sile na putu ostvaruje neki rad (Fs=W), a rad u jedinici vremena je snaga (W/t=P), a kako je brzina zapravo put kroz vrijeme (v=s/t) onda je snaga ustvari umnožak sile i brzine. Pojam snažni Flop označava izvedbu Flop tehnike skoka u vis u kojoj dominira snaga u fazi zaleta i odraza, dok pod pojmom brzi Flop podrazumijevamo izvedbu Flop tehnike gdje je osnovno obilježje izvođenja zaleta i faze odraza brzina. Prema Ozolinu (1981), kod tehnike izvođenja snažnog Flopa stopalo odrazne noge postavlja se više naprijed, i nagib tijela prema nazad je povećan. Ovakav način i pozicija postavljanja stopala odrazne noge zahtijeva od nje puno veću mišićnu aktivaciju, nadalje doći će do veće fleksije u zglobu koljena te je potrebna velika mišićna efikasnost kako bi se faza odraza uspješno obavila. Kod izvedbe Flop tehnike brzim načinom, horizontalna brzina mora osigurati dovoljno kinetičke energije kako bi odrazna noga mogla reagirati u što kraćem vremenskom intervalu uz optimalan učinak. Da bi se to ostvarilo, stopalo odrazne noge ne postavlja se daleko naprijed, nagib prema nazad je manji, kut u zglobu koljena odrazne noge manji je i sama faza odraza je vremenski kraća.

Tablica 3. *Neka obilježja brzog i snažnog načina izvođenja Flop tehnike skoka uvis (Reid, 1984).*

Brzi Flop	Snažni Flop
Prosječna brzina zaleta od 7,7-8,4 m/s	Prosječna brzina zaleta od 7,0-8,0 m/s
Prosječan broj korama zaleta 8-9 koraka	Prosječan broj korama zaleta 10-12 koraka
Prosječno vrijeme odraza 0,13-0,18 s	Prosječno vrijeme odraza 0,17-0,21 s
Trčanje zaleta na prednjem dijelu stopala do postavljanja stopala u zadnjem koraku	Trčanje prvog dijela zaleta na prednjem dijelu stopala, drugi dio zaleta na punom stopalu i završno preko pete
Obično kontrolirani, brzi, jednoručni rad rukom u zadnja dva koraka i u odrazu	Obično neprekidan širok suručan rad ruku s izraženom aktivnošću
Malo gubljenje brzine u zadnjem koraku, "CT" ostaje relativno naprijed i visoko	Izraženo gubljenje brzine u zadnjem koraku, Izraženo spuštanje "CT" s položajem nazad ili s projekcijom iznad odraza, ali obično više nazad
Obično dosta daleko od letvice u trenutku odraza	Obično dosta bliže letvici u trenutku odraza
Manja aktivnost ruku i nogu	Veća aktivnost zamašne noge za vrijeme leta, i aktivniji rad rukama
Putanja nogu nakon odraza dolazi bliže tijelu spontano i brzo	Putanja nogu nakon odraza ima nešto sporiju aktivnost, snažnije se primiču pete kao bi se ostvario položaj luka
Zabacivanje glave manje je izraženo, pogled je niz letvicu, kontrolira se položaj, prirodnije se prelazi letvica.	Više se zabacuje glava, nema povratnih informacija o položaju letvice tijekom leta
Ovi skakači imaju manju masu i smanjen im je udio treninga snage	Ovi skakači u pravilu su viši i imaju veću masu
Trenažni operatori su više posvećeni razvoju brzine	Razvoj brzine manje je zastupljen u treningu

2.4. Faza zaleta

Osnovno obilježje zaleta je ostvarenje optimalnih uvjeta za fazu odraza. Skakač djeluje silom koja omogućuje najvišu točku CT tijekom leta, kutne momente (rotacione momente) koje će tijelo imati za vrijeme prelaska letvice.

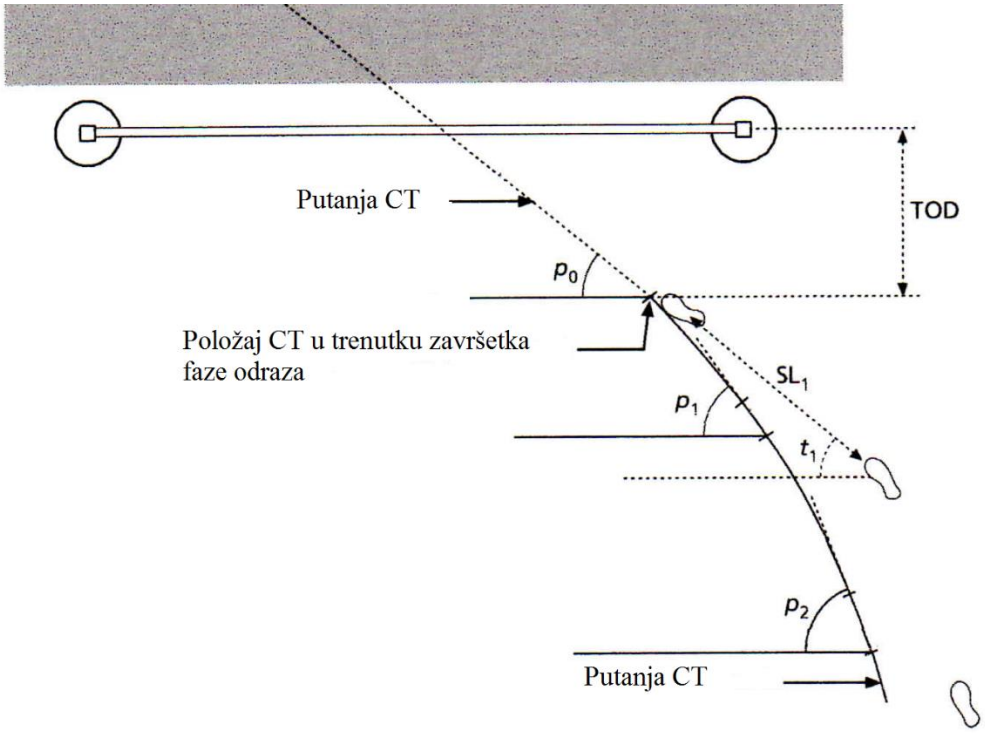


Grafikon 3. *Prikaz strukture zaleta (Dapena, 2006)*

U početnoj fazi razvoja i usavršavanja „tehnike Fosbury“ nije ostvarivao veliku brzinu u lučnom dijelu zaleta, jer je koristio zalet od osam koraka. Iako mu je ovakav način zaleta omogućavao pravilan nagib tijela i vertikalnost u trenutku odraza, nije mu omogućavao postizanje konstantnosti i tehničke cjelovitosti skokova (Jacobi i Fraley, 1995). Humphrey i Norquist (2000), naglašavaju važnost konstantnosti i cjelovitosti izvedbe zaleta. Dužina zaleta pod utjecajem je većeg broja čimbenika. Prema Bravo, Ruf ,Velez (2003) dužina zaleta iznosi od 16 m do 18 m, uz broj koraka od 8 do 12. Dapena (1993) navodi kako je tipičan broj koraka 10 i više. Udaljenost od prvog stalka ulijevo u produžetku letvice za skakače lijevom nogom iznosi od 14 do 16 stopa. Prilikom određivanja ove standardizirane udaljenost od 14 do 16 stopa, uzimaju se u obzir antropometrijska obilježja. U slučaju vjetra ili nekih drugih remetećih faktora ukupna dužina zaleta smanjuje se, ali broj koraka i ritam zaleta ostaju isti.

Dužina koraka, broj koraka, oblik lučnog dijela zaleta i način izvođenja ubrzanja najvažnija su obilježja zaleta. S ciljem postizanja veće brzine zaleta, konstantno obilježje lučnog dijela zaleta

nadopunjeno je tako zvanim "J" zaletom. Ovaj način zaleta omogućuje ostvarenje puno veće brzine zaleta nego kod „straddle tehnike“. Osnovna prednost "J" načina zaleta je što ima standardiziran i unaprijed izmjeren način izvedbe zaleta. Osim toga ovo gibanje je lakše ostvariti kroz ravni dio zaleta gdje je moguće ostvariti željena ubrzanja zaleta (Jacoby i Fraley, 1995).



Grafikon 4. *Prikaz dva zadnja koraka s pozicijama postavljanja stopala i putanjom CT i pripadajućim kutovima (Dapena, 2006)*

Kako bi zalet imao svoju dosljednost, čak i prvi korak mora biti točno određen. Također mora imati obilježje čvrstog uspravnog i snažnog trkaćeg koraka, što će izazvati dinamičan obrazac refleksa istezanja u mišićima, čime će se izazvati učinkovite kontrakcije, a time i efikasnost faze odraza. Zadnja četiri koraka zaleta se izvode u lučnom dijelu zaleta, te uz pravilno izvođenje tehnike trčanja omogućuju:

- povećavanje sile koja sportaš donosi u pripremi za odraz;
- spuštanje "CT" prije faze odraza;
- stvaranje momenta rotacije tijela skakača što omoguće efikasan prijelaz letvice;
- efikasnu vertikalnu komponentu skoka i siguran doskok na strunjače.

Zalet neki put može iznositi i sedam koraka, ali tada skakači koriste uvodni dio zaleta, dok se zalet od dvanaest koraka uglavnom izvodi krećući prvi korak smjesta.



Slika 1. *Tehnika trčanja zaleta (Hommel, 1993)*

Zalet se izvodi s prva tri ili četiri koraka u ravnoj liniji, zatim slijede tri ili četiri prijelazna koraka, te zadnja četiri koraka koja se izvode u lučnom dijelu zaleta. Prijelaz iz ravnog u lučni dio zaleta mora se izvesti glatko. Bilo kakvo odstupanje od pravilne realizacije putanje krivulje narušit će prednosti lučnog dijela zaleta. Većina vrhunskih skakačica i skakača peti će korak zaleta malo okrenuti prema unutra. Rezultatska uspješnost u skoku u vis bit će izravna posljedica tehnički ispravno izvedenih prethodnih faza. Postoji izravna značajno pozitivna korelacija između tehnički ispravno izvedene faze zaleta i uspješnosti skoka. Osnovna je zadaća zaleta ostvarenje najpovoljnijih uvjeta za ostvarenje faze odraza (Dapena, 1993). Razvoj dosljednog zaleta omogućit će kontrolirano postupno ubrzanje počevši s prvim korakom i završit će s najvećom kontroliranom brzinom početkom faze odraza (Tellez, 1993).

Tablica 4. *Prikaz brzina ravnog dijela zaleta za skakače i skakačice (Killing 2004)*

Autor	Žene	Muškarci
Tančić (1978)		7,0 - 8,2 m/s
Martin (1982)		7,0 - 8,2 m/s
Ritzdorf/Conrad (1987)	5,7 - 7,6 m/s	7,9 - 8,2 m/s
Dapena (1992)	5,9 - 7,5 m/s	6,9 - 8,5 m/s
Bothmicchel/Prause (1989)	7,8 m/s	8,7 m/s
Killing (2004)	5,9 - 7,6 m/s	6,9 - 8,6 m/s

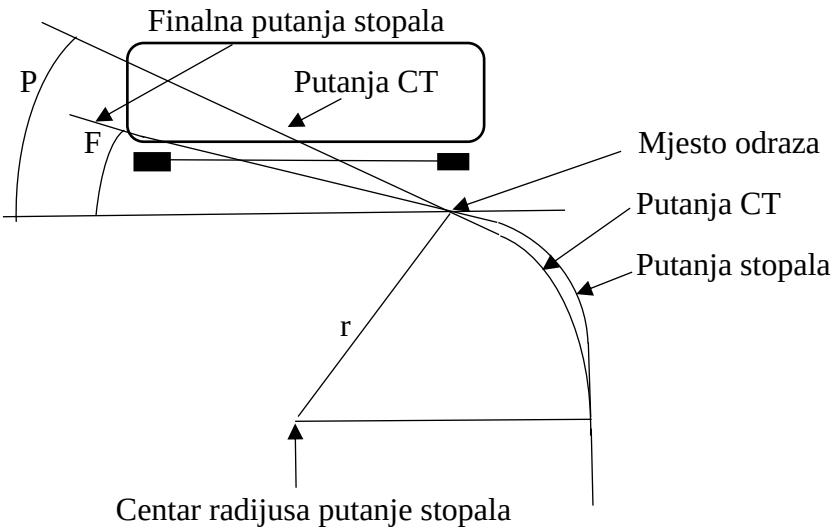
Ova istraživanja pokazuju kako se brzine zaleta iznose kod muškaraca od 7 m/s do čak 8,7 m/s, dok je kod žena ona nešto manja i iznosi od 5,7 m/s do 7,8 m/s. Istraživanje Dapene i suradnika (1990) pokazalo je kako postoji značajno pozitivna korelacija između horizontalne brzine i vertikalne brzine CT na kraju faze odraza. Dapena i Chung (1998) sugeriraju kako će veća brzina zaleta omogućiti i veću vertikalnu silu reakcije podloge. Početak ravnog dijela zaleta neki put se obavlja iz uvodnih koraka, a neki put iz pozicije visokog starta. Uspješnost zaleta ovisit će o dosljednosti prva dva ili tri koraka, gdje se oblikuje pravilan ritam zaleta. Ako je ritam zaleta neuspješan, razlozi su u brzini i dužini prva dva ili tri koraka. Tijekom trčanja prvog dijela zaleta tijelo je uspravno s pogledom ravno naprijed. Za vrijeme trčanja ravnog dijela zaleta, zalet se obavlja na prednjem dijelu stopala s visoko podignutim petama. Trči se s potpunim opružanjem u zglobu koljena i intencijom skočnog zgloba što bliže stražnjici. Tijelo je malo nagnuto naprijed, a ruke rade koordinirane pokrete trčanja. Ovim načinom trčanja osiguravaju se pokreti velikih amplituda, smanjuju se tehnički nedostaci i sprječava se gubitak brzine. Razvoj pravilnih odraznih impulsa potrebno je postaviti u ranoj fazi trčanja kako bi se kasnije razvilo tehnički pravilno trčanje. Pravilnost tih odraznih impulsa mora biti razvijena u ranijoj fazi zaleta jer je pri višim brzina kraći kontakt s podlogom i manja je mogućnost generiranja sile i odraznog impulsa. Faza ovog dijela zaleta najprimjerenija je za razvoj ovog impulsa. Obilježje ove faze zaleta je dugi vremenski kontakt s podlogom. Faza ravnog dijela zaleta znatno je manje zahtjevnija u skoku u vis nego kod horizontalnih skokova. Početna nagnutost tijela prema naprijed u prvim je koracima manje naglašena, i uspravni stav tijela postignut je već kod četvrtog koraka (Schexnayder, 1994). U ravnom dijelu zaleta tijekom faze leta jedina sila koja djeluje na tijelo je sila teže, koja je proporcionalna masi tijela, dok se u razdoblju dodira stopala s podlogom osim sportaševe težine pojavljuje i sila reakcije podloge koja omogućuje pravocrtno gibanje prema naprijed. U početnom dijelu zaleta potrebno je ostvariti postepenu progresiju u dužini i brzini zaleta. Već nakon nekoliko početnih koraka ravnog djela zaleta obilježje trčanja je velika brzina, s dugim relaksirajućim koracima približno sličnim kao kod trkača na 400 ili 800 metara. Prvi je dio zaleta faza ubrzanja i obuhvaća 7-11 koraka. Položaj tijela u ovoj fazi zaleta, čije je obilježje početna nagnutost prema naprijed, a poslije ispravljen položaj s blagim bočnim nagibom, omogućuje brzine veće od 8 m/s kod skakača i brzine od 7 m/s kod skakačica. Prema Tellez (1993), prijelaz iz trčanja ravnog dijela zaleta u lučni dio zaleta treba biti postupan kako bi se nastavio proces ubrzanja.

Dapena (2005) navodi kako uzevši u obzir ritam i brzinu zaleta, zalet se može podijeliti u tri dijela:

- Prvu fazu ubrzanja koja se sastoji od prvih šest koraka. U toj fazi zaleta koraci su opušteni mekani s obilježjem dizanja koljena. Frekvencija koraka je nešto niža. Dužina koraka i horizontalna brzina povećavaju se tijekom šestog koraka. Obilježje šestog koraka je dužina, mekoća i opuštenost i naliči trčanju srednjoprugaša.
- Druga faza se odnosi na sedmi, osmi i predzadnji korak zaleta. Početak ove faze odlikuje se većom brzinom. Tijekom ove faze zaleta koraci su dugi, opušteni, bez promjene u brzini.
- Treća faza ubrzanja se izvodi u zadnjim koracima. Shodno tome izvest će se također dugački, opušteni koraci manje frekvencije. Neki put sportaši imaju osjećaj kako nisu brzi, ali ustvari jesu. Zadnji korake izvodi znatno drugačije, nastoji ga se izvesti što je moguće brže. Povećava se ritam što je moguće više. Dva posljednja kontakta stopala s podlogom obavljaju se s podlogom što je moguće brže. Povećanje ritma obavlja se bez skraćivanja koraka.

Drugim riječima naglasak mora biti na opuštenim dugim koracima i brzini u zadnjem koraku, ali ne na način skraćivanja dužine zadnjeg koraka. Sve tri faze potrebno je izvoditi povezano bez naglih promjena. Posebno je važno ne izgubiti brzinu u predzadnjem koraku. Jedno od obilježje Flop tehnike skoka u vis je lučni dio drugog dijela zaleta. Jedna od glavnih zadaća lučnog dijela zaleta je osigurati uvjete za nagnutost tijela od letvice u početku faze odraza. Lučni dio zaleta sastoji se od tri do pet koraka, te u nekim slučajevima i više od pet koraka. Kako se povećava brzina trčanja ulaskom u lučni dio zaleta, osim sile teže pojavljuje se i djelovanje centrifugalne sile (tangenta na krivulju) koja se također povećava. Postavljanjem stopala tijekom lučnog dijela zaleta izvan putanje krivulje doći će do pojave centripetalne sile (sila usmjerena prema sredini krivulje), što će izazvati nagnutost tijela tijekom trčanja posebno u zadnjim koracima prije faze odraza (Schexnayder, 1994; Tellez, 1993)

Rezultanta sila između reakcije podloge i centripetalne sile ima svoje ishodište u mjestu kontakta stopala s podlogom. Kako bi došlo do neutraliziranja kutnih momenata, ova rezultanta sila mora biti usmjerena prema CT. Ovim načinom trčanja projekcija putanje CT je bliža centru krivulje nego putanja postavljanja stopala.

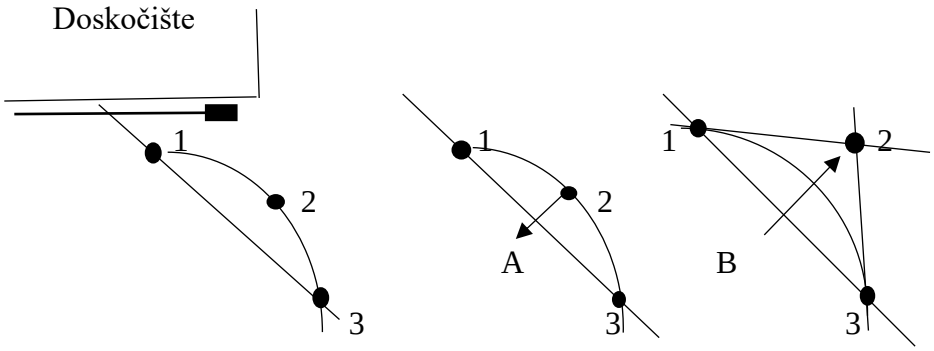


Grafikon 5. *Trajektorije putanje CT i stopala (Dapena,2006)*

Bočni nagib karakterističan za trčanje lučnog dijela zaleta kod Flop tehnike proizvest će instinktivno održavanje ravnoteži i očuvanje brzine. Nagib može biti i veći od 30º u odnosu na vertikalnu os. Ovaj bočni nagib izazvat će nižu visinu CT za vrijeme trčanja lučnog dijela zavoja. U slučaju bočne nagnutosti od 20-30°, niža visina iznosit će između 6 % i 13 % visine CT. Rezultanta sila između reakcije podloge i centripetalne sile mora biti usmjerena prema CT kako bi se izbjegli momenti rotacije što može izazvati poteškoće u ravnoteži i povećanju brzine. Prema Leite (2013) obilježje ovog položaja nagnutosti prema centru krivulje je prednost Flop tehnike. U fazama leta CT unatoč dislokaciji u odnosu na putanju krivulje se kreće po ravnoj liniji. Ova linija je tangenta na mjestu gdje je stopalo napustilo podlogu. Tek u kontaktu stopala s podlogom trajektorija CT giba se po krivulji, dok je u fazama leta ovaj pomak pravocrtan. Na kraju lučnog dijela zaleta putanje CT i putanje stopala konvergiraju, te to ima za posljedicu položaj CT iznad lijeve noge u fazi početka odraza. Posljedica približavanje ovih dviju krivulja veći je kut krivulje CT (P) u odnosu na kut postavljanja stopala (F), gledajući liniju letvice (Dapena, 1997). Postepen prijelaz iz ravnog u lučni dio zaleta ovisi o dva uvjeta: samom gibanju i predviđanju. Skakači koji ne uspijevaju razviti tehnički pravilno prvi dio zaleta, često pokušavaju to nadoknaditi u prijelaznim koracima, što opet može rezultirati kraćenje i tvrdo postavljanje petog koraka koji je ključan za pravilnu izvedbu lučnog dijela zaleta. Ovo često može dovesti do nepravilnog položaja u pripremi za odraz. Blago okretanje petog koraka posljedica je lagane rotacije zdjelice što se može postići efikasnim postavljanjem prethodnog koraka. Ovo podrazumijeva kako će skakač već u četvrtom koraku izvršiti pripremu za prijelaz u lučni dio zaleta, što podrazumijeva kako nije preporučljivo nepripremljeno čekati peti korak

zaleta. Kako bi se zalet izvršio tehnički ispravno, ovaj dio izvedbe zaleta mora se predvidjeti unaprijed te tehnički ispravno izvesti. Ovo predviđanje i pravovremeno kretanje u lučni dio zaleta izuzetno je važno, i treba ga što pravilnije izvesti. Pravilnost tehničke izvedbe prijelaza iz ravnog u lučni dio zaleta treba dovesti do automatizacije (Schexnayder, 1994). Za vrijeme trčanja lučnog dijela zaleta tijelo skakača nagnuto je unutra. Nagnutost skakača ovisit će o brzini zaleta i može biti veća od 30° (Tidow, 1993). Jedna od bitnih obilježja lučnog trčanja zaleta je nagnutost trupa od letvice uz specifično postavljanje stopala. Također je jako važno uspjeti očuvati elastičnu energiju, i to zato što oscilacije kukova u poprečnoj ravnini moraju biti elastične i slobodne za vrijeme trčanja lučnog dijela zaleta. Pojavnost bilo kakvog nepravilnog rada ruku, skraćivanja pokreta u obliku grčenja, tzv. sjedenje za vrijeme trčanja rezultirat će manjom efikasnošću tzv. ciklusa istezanja-skraćivanja (*stretch-shortening-cycle*) kod leđne, prsne i ramene muskulature. Ovakvo tehnička neprimjerenost realizacije lučnog dijela zaleta onemogućit će pravilno izvođenje faze odraza (Schexnayder, 1994). Nakon što krene iz ravnog u lučni dio zaleta skakač mora izvršiti standardizirane pokrete koji će omogućiti trčanje s pravilnim nagibom tijela, što će rezultirati uspješnošću prelaska letvice. Schexnayder (1994) preporučuje oblik zaleta i mjesto odraza koji omogućuje skakaču efikasno prelaženje letvice bez prevelikog leta tijela uzduž letvice. Tehnički pravilno izvedena faza odraza je ona kod koje je došlo do nikakvog ili jako malog usporenja "CT" skakača, pri spuštanju CT u fazi pripreme za odraz, kako bi se što uspješnije realizirala faza prelaska horizontalne u vertikalnu brzinu CT. Niži položaj CT bez usporavanja moći će se ostvariti kroz dva čimbenika:

- Za vrijeme realizacije pretposljednjeg koraka doći će do fleksije u zglobu stopala i zglobu koljena. Dobro izveden kontakt stopalom u pretposljednjem koraku mora biti točno ispod kukova, ne smije se obavit niti ispred niti sa strane. Efikasno izvedenom pretposljednjem koraku prethodit će nepotpuno guranje trećeg koraka prije odraza. Tijekom realizacije ovog trećeg koraka prije odraza kontakt stopala s podlogom izvodi se ravno u odnosu na druge korake što dovodi do spuštanja kukova bez usporavanja.
- Bočni nagib za vrijeme trčanja zaleta rezultirat će i nižim položajem kukova, ali bez usporavanja. Što je bočni nagib za vrijeme trčanja veći, to su kukovi u nižem položaju, što opet omogućuje efikasniju pripremu za realizaciju vertikalne komponente odraz.



Grafikon 6. *Projekcije stopala u zadnja tri koraka zaleta (Dapena, 1993)*

U zadnja tri koraka obavit će se značajne radnje koje će omogućiti ključno pretvaranje horizontalne brzine CT u vertikalnu brzinu tijekom odraznog impulsa, gdje će biti formirani kutni momenti presudni za prelazak letvice.



6 5 4 3 2 1

Slika 2. *Položaj tijela i postavljanje stopala u pripremi za odraz (Hommel, 1993)*

Uspješnost skoka u velikoj će mjeri ovisiti na koji način će se tehnički izvesti i postaviti zadnja tri koraka. Osobito je važno, kako se približava finalno postavljanje zadnja tri koraka, nastojati postaviti stopala što bliže u istoj ravnini (grafikon 7, slika A). Ovim se načinom izbjegava prerana rotacija oko uzdužne osovine, prevelike oscilacije odrazne noge, kao i veliko rastezanje prilikom postavljanja stopala odrazne noge na podlogu. To je problem koji se pojavljuje kod početnika koji previše otvaraju predzadnji korak (prema letvici) kao bi ubrzali fazu odraza, ali time izazivaju prerano uzdužno okretanje leđa prema letvici (grafikon 7, slika B). Prema Leite (2013) Ovakvim načinom kukovi idu naprijed, ali bez brzine i pravilne sile reakcije podloge koja bi se ostvarila kad bi se stopala postavljala u pravilnijoj liniji. U posljednja tri koraka, koji su od presudne važnosti za fazu odraza, može se mijenjati položaj trupa, čime se povećava nagnutost prema središtu kruga (20º-30º) kako bi se neutralizirale centrifugalne sile i pokušala zadržati postignuta horizontalna brzina. Dostignuta brzina u posljednjim koracima u zaletu kod muškaraca, iznosi od 7,7 m/s - 8,7 m /s, te kod žena od 6

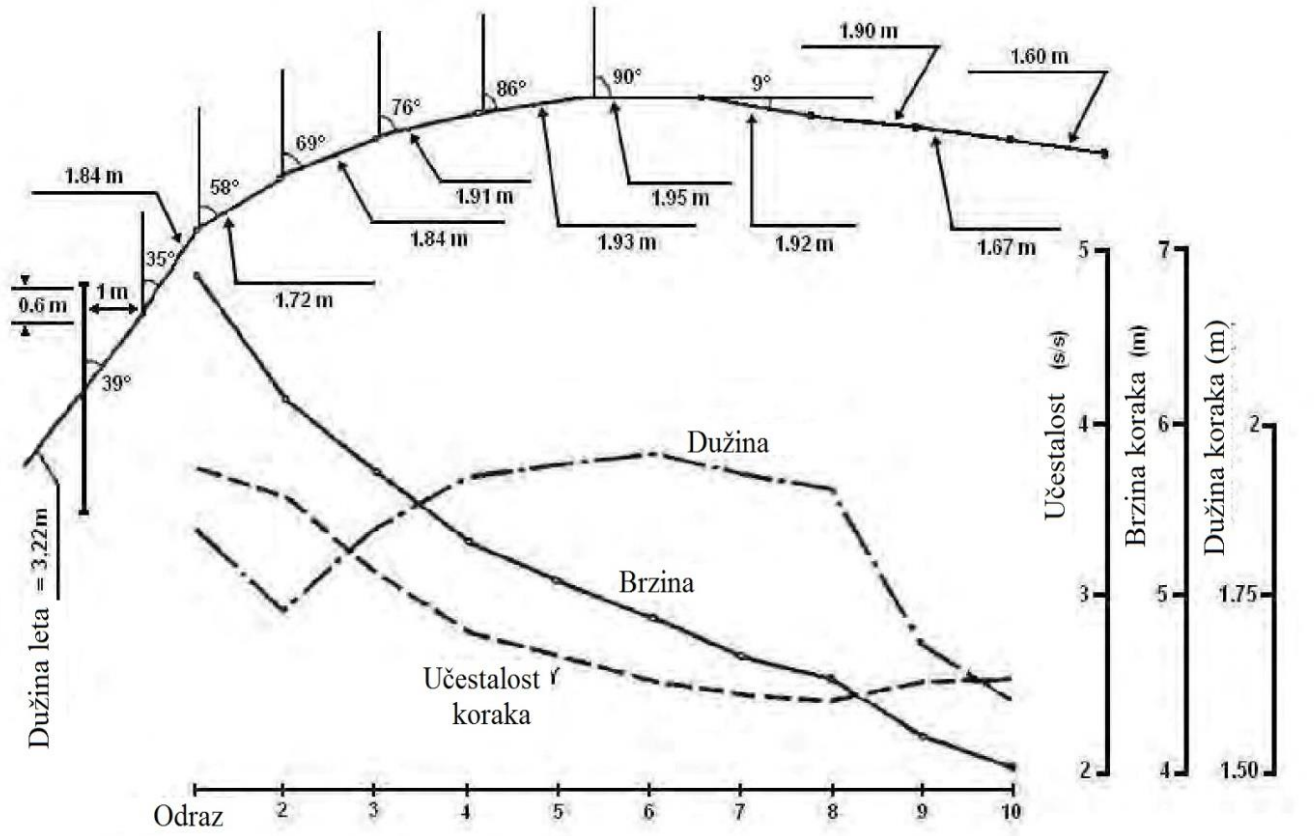
m/s. do 7,5 m /s. Važno je sačuvati brzinu između pretposljednjeg i posljednjeg koraka. Zadnji dio lučnog dijela zaleta od je izuzetne važnosti za rezultatsku uspješnost skoka jer se horizontalna brzina nastoji što uspješnije pretvoriti u vertikalnu brzinu koja će biti iskorištena u fazi odraza.(Leite 2013) Najviša visina CT bit će postignuta u skladu s vrijednošću vertikalne brzine odraznog impulsa. Korak prije predzadnjeg koraka ima veliku važnost jer se obavljaju serije presudnih pokreta koji će omogućiti efikasnost faze odraza s ciljem ostvarivanja naviše točke CT tijekom faze leta. Kontakt desnom nogom je kao i kod prethodnog koraka, punom stopalom s težištem na prednji dio stopala, te je vertikalna os stopala usmjerena prema koljenu (slika 2, položaj 1).Tijelo je nagnuto malo prema naprijed ili gotovo vertikalno, zadržavajući bočni nagib prema unutra. U ovom trenutku, položaj kuka mora biti relativno visoko i prema naprijed. Odrazna noga, nakon savijanja u zglobu koljena ide brzo naprijed bez približavanja pete stražnjici. Ruke imaju aktivne pokrete, a mogu djelovati na različite načine. Kroz prvi dio ovako postavljenog stopala pojavit će se faza amortizacije, dolazi do akumulacije energije, te će se u daljnjoj akceleraciji doći do aktivnog guranja naprijed kroz silu mišića natkoljenice. Za vrijeme potpore u predzadnjem koraku, na kraju faze amortizacije desna noga dosiže najveću fleksiju u zglobu koljena (120°±15°), natkoljenica odrazne noge za to je vrijeme skoro u horizontalnom položaju (položaj 3). Zamašna noga se noga zatim brzo i gotovo potpuno ispravlja (150°±10º) gurajući natkoljenicu naprijed s položajem tijela nagnutog unatrag (položaj 4). Koljena i stopala potpuno se ispravljaju, tijelo je u položaju leđne fleksije kako bi se aktivno sva muskulatura pripremila za fazu odraza (položaj 4). Snažan horizontalan impuls zamašne noge i brza ekstenzija odrazne noge dovest će do pozicije raskoraka (položaj 4), uz dolazak u položaj nagnutosti prema nazad prije faze odraza (položaj 6). U trenutku postavljanja stopala odrazne noge na podlogu osim nagnutosti tijela od letvice, postoji i nagnutost prema nazad. U ovom položaju os koja prolazi kroz stopalo kukove i ramena trebala bi prolaziti i kroz CT (slika 3).



Slika 3. *faza postavljanja stopala odrazne noge (Hommel, 1993)*

Osnovna je zadaća pri postavljanju stopala odrazne noge spriječiti smanjenje horizontalne brzine koja je ostvarena u ravnom i lučnom dijelu zaleta. Pravilnim ostavljanjem položaja stopala odrazne noge na podlogu u smjeru trčanja (bez rotacije stopala) omogućit će se najveća kontrolirana brzina u fazi odraza, čime će se ostvariti učinkovita pretvorba horizontalne u vertikalnu brzinu. Mišići opružači kuka koljena i stopala imat će obilježje pred aktivacije prije dodira stopala s podlogom. Ostvarenje velike brzine zaleta omogućit će veću vertikalnu silu reakcije podloge. To će se dogoditi u trenutku postavljanja stopala odrazne noge ispred tijela, ekstenzori zgloba koljena oduprijet će se fleksiji u zglobu koljena. Unatoč tome doći će do određene fleksije u zglobu koljena zbog gibanja mase skakača prema naprijed. U ovoj fazi doći će do istezanja mišića ekstenzora zgloba koljena. U trenutku postavljanja stopala odrazne noge ono mora biti u istom pravcu kao i stopalo pred posljednjeg koraka. To pogoduje brzu promjenu CT u odnosu na mjesto odraza prema unutrašnjosti krivulje. Za vrijeme izvršenja odraza centrifugalna sila usmjerit će putanju CT prema vertikalnoj poziciji (slika 3) omogućavajući vertikalan odraz.

Horizontalna brzina pojavljuje se s velikim individualnim obilježjima. Kod najboljih skakača u vis horizontalna brzina iznosi od 7 m/s do 8,5 m/s (kod skakačica oko 1 m/s manje). Brzina CT ne treba se poistovjetiti s brzinom koraka koja se umnožak učestalosti i dužine koraka.



Grafikon 7. *Primjer zaleta s učestalošću i dužinom koraka, brzinom i kutovima postavljanja stopala u odnosu na letvicu (Leite, 2013)*

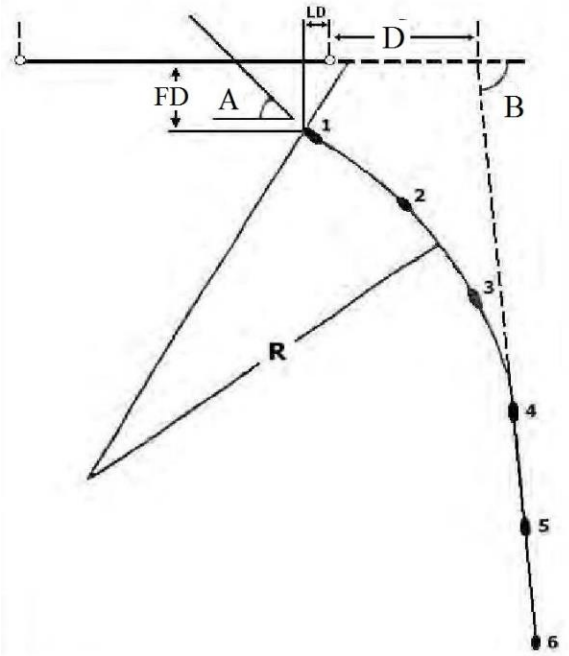
Poteškoće u određivanju ukupne dužine zaleta i njegove strukture leže i u određivanju radijusa krivulje. Zalet se uvijek postavlja kroz individualna obilježja, masu, morfološka obilježja, motoričke sposobnosti, nivo usvojenosti tehnike (tablica 5).

Tablica 5. *Referentne vrijednosti određivanja radijusa krivulje kod Flop tehnike (Leite, 2013)*

Grupa	Radijus krivulje (m)	Frontalma udaljenost mjesta odraza (m)
Žene početnice	3 - 7	0,5 - 0,7
Mladi skakaći	6 - 10	0,6 - 0,9
Muškarci	8 - 12	0,9 – 1,1

Radijus krivulje u uskoj je vezi s brzinom trčanja zaleta, zajedno ova dva faktora generiraju centrifugalnu silu, koja opet nužno dovodi do nagnutosti tijela u trčanju lučnog dijela zaleta. Odnos između kvadrata brzine trčanja i radijusa krivulje odredit će koliki će biti nagib tijekom trčanja osobnog dijela zaleta. Ovaj odnos moguće je matematički izraziti formulom **$q=V^2/r$**, veća vrijednost "q" omogućit će veći nagib. Radijus krivulje mora imati onu vrijednost

koja će omogućiti generiranje primjerene centrifugalne sile u cilju uspješnog prelaska letvice (Schexnayder, 1994). Postoje tri mogućnosti utjecaja centrifugalnu sile: na brzinu, na radijus, ili na oboje. Za jednaku centrifugalnu silu postoje različiti načini izvedbe: istom brzinom - manjim radijusom; istim radijusom - većom brzinom; većim radijusom - većom brzinom. Posljednjim načinom će se osigurati potrebna velika brzina za ostvarenje najveće visine odraza. Druga mogućnost je regulacija radijusa krivulje kroz obavljanje lučnog dijela tijekom pet koraka, ili otvaranjem ravnog dijela zaleta, smanjujući time izlazni kut, koji je obično od 60º do 90º u odnosu na letvicu (grafikon 9, kut B). Pri jednakim brzinama manji polumjer krivulje izazvat će veći nagib i veću mišićnu aktivaciju. Potrebno je izabrati onu krivulju koja je najprimjerenija motoričkim sposobnostima. Kod vrhunskih skokova, učestalost posljednjih koraka ima vrijednost tri do četiri u sekundi, i povećava se 1,0 do 1,2 u odnosu na četvrti korak prije odraza.



-A: Kut između linije lučnog dijela zaleta okomite na liniju letvice.
-B: Kut između linije ravnog dijela zaleta koji je otvoren prema van i linije letvice.
-FD: Udaljenost mjesta odraza od letvice.
-LD: Vertikalna udaljenost mjesta odraza od prvog stalka.
-D: Udaljenost između prvog stalka i linije zaleta okomite na liniju letvice.

Grafikon 8. *Kutovi i udaljenosti za vrijeme obavljanja skoka (Leite, 2013)*

Vrijednost udaljenosti odraza od vertikalne projekcije letvice od velike je važnosti jer određuje položaj najveće dostignute visine skoka u odnosu na letvicu. U slučaju mjesta odraza predaleko od letvice CT doseći će najveću visinu prije ravnine letvice, i izazvati vjerojatno dodir letvice u fazi poniranja, dok će postavljanje stopala preblizu letvici izazvati dodir letvice u uzlaznoj putanji CT. Mjesto odraza očito će biti odabrano u skladu s individualnim obilježjima. Optimalna udaljenost mjesta odraza u odnosu na letvicu bit će ona koja će omogućiti najveću visinu CT točno iznad letvice, te će najviše ovisiti o pravcu zaleta i preostaloj horizontalnoj

brzini poslije faze odraza. Ako je putanja u zadnjim koracima više okomita na liniju letvice i tijekom leta preko letvice, imat će više okomit položaj. Ovim će načinom mjesto odraza biti nešto udaljenije od linije letvice. Veća brzina u posljednjim koracima imat će za posljedicu i veću horizontalnu brzinu nakon faze odraza, te će tako i horizontalna udaljenost leta biti veća nakon faze odraza, a time i mjesto postavljanja stopala odrazne noge nešto dalje od letvice. Jednako tako je kut kojeg tvori linija postavljanja završnih koraka i letvice (grafikon 9, kut A) od bitnog značenja za pravilnost prelaska letvice. Taj kut bi trebao iznositi od 25º do 35º u odnosu na letvicu.

2.5. Faza odraza

Pretvorba horizontalne u vertikalnu brzinu ostvarit će se kroz nagib tijela tijekom trčanja lučnog dijela zaleta. Postoje dva kutna nagiba tijela tijekom postavljanja stopala odrazne noge na podlogu, nagnutost tijela prema nazad i nagnutost tijela unutra od letvice. Nagibi tijela omogućit će tri rotacijska momenta u trenutku odraza i rotirati tijelo oko CT kada odrazna noga napusti podlogu:

- Prva rotacija rezultat je nagnutosti tijela prema nazad. Ova nagnutost tijela unazad se događa prirodno i ostvaruje prednju komponentu rotacije tijela oko letvice.
- Druga komponenta nagnutosti je nagnutost prema unutra koja je rezultat pravilnog trčanja lučnog dijela zaleta i ostvaruje unutarnju komponentu leđne rotacije oko letvice. Nagnutost prema unutra omogućit će okomiti odraz, a ne tehnički nepravilan odraz usmjeren prema letvici. Također će omogućiti pojavnost sila koje će omogućiti rotaciju tijela oko letvice.
- Treća rotacija je transverzalna rotacija koja će se pojaviti blokiranjem aktivnosti koljena zamašne noge, i omogućiti leđni položaj u odnosu na letvicu.

Vremensko-prostorna usklađenost ove tri rotacije omogućit će rotaciju oko letvice. U cilju ostvarenja vertikalnog odraza projekcija CT mora biti direktno iznad mjesta postavljanja stopala odrazne noge. To podrazumijeva kako će projekcija CT biti iza i unutar mjesta odraza. To omogućuje da CT direktno preko mjesta odraza ostvari vertikalnu komponentu. Bez nagiba tijela to ne bi bilo moguće, projekcija CT ne bi ostvarila poziciju vertikalnog odraza, što bi vjerojatno uzrokovalo gibanje tijela prema letvici. Skakač koji tehnički pravilno izvede lučni dio zaleta i ostvari pravilno vertikalnu komponentu odraza, postići će najvišu moguću visinu prelaska letvice. Pravilnost gibanja ruku i zamašne noge će također osigurati veću uspješnost

faze odraza. Ruke i zamašna noga ostvarit će jedan vid blokiranja gibanja, te blokiranjem jednog gibanja ostvariti ubrzanje drugih dijelova tijela. Efikasno i agresivno blokiranje doprinijet će ostvarenju veće sile, a time i veću rezultatsku uspješnost. Zamašna noga trebala bi ostvariti što brži zamah. U fazi zamaha natkoljenica bi trebala biti paralelna s letvicom. Nije potrebno daljnje postavljanje zamašne noge prema van jer je transverzalna rotacija već ostvarena samim trčanjem lučnog dijela zaleta. Ruke također mogu uspješno sudjelovati u blokiranju pokreta. U izvođenju blokiranja s obije ruke u trenutku postavljanja stopala odrazne noge na podlogu obije ruke su u zaručenju, i gibaju se istovremeno prema naprijed, naglo se zaustavljaju s pozicijom podlaktica u visini ramena i šakama usmjerenim prema gore. Ostvarenje položaja ruku u poziciju zaručenja bez remećenja faze zaleta i odraza od velike je važnosti. Postoje dva efikasna načina za ostvarenje ovih gibanja, manje ometajući, ali i manje naglašen način ostvaruje se zadržavanjem normalnog gibanja desne vanjske ruke (kod skakača lijevom nogom) za vrijeme realizacije zaleta i zadržavanje desne ruke u poziciji flektiranog zaručenja za vrijeme izvođenja pretposljednjeg koraka. Puno dinamičniji, ali i ometajući način je dovođenje obje ruke u zaručenje. U početnoj su fazi obje ruke zajedno ispred tijela u pretposljednjem koraku. Zatim se snažno gibaju istovremeno nazad zajedno s pripremom za odraz. U stručnoj se literaturi ovaj pokret opisuje kao pokret sličan prsnom plivanju.



Slika 4. *Široko dinamičan suručni zamah u pretposljednjem koraku(Killing, 2004)*

Načinom izvođenja blokade jednom rukom, ruka koja vrši blokadu se giba normalno za vrijeme zaleta. U pretposljednjem koraku nutarnja ruka ostaje naprijed dok vanjska ruka kontinuirano ide naprijed za vrijeme odraza. Prednost ovako izvedenog zamaha je što nema promjena u realizaciji zaleta, što omogućuje pravilnost izvedbe i ubrzanja zaleta, te pripreme za odraz. Nedostatak ovako izvedenog zamaha je ispružanje unutarnje ruke prema letvici što

može rezultirati lošim dolaskom u vertikalnu poziciju prilikom odraza, te odrazom prema letvici. Prema Tidow (1993) dinamičan dvostruki zamah rukama najefikasniji je u prijenosu zamaha. Humprey i Norquist (2000) smatraju kako tijekom realizacije odraza ramena trebaju biti barem pod pravim kutom u odnosu na letvicu, ili čak okrenuta malo dalje prema leđima. To će pomoći u postizanju vertikalnog položaja tijekom odraza i rotaciji nad letvicom. Efikasno obavljanje faze odraza se neće moći obaviti bez odgovarajuće pripreme. Iz tog je razloga pravilno postavljanje stopala pretposljednjeg koraka od velike važnosti. Pretposljednji korak stvara preduvjete za pravilno izvođenje faze odraza.

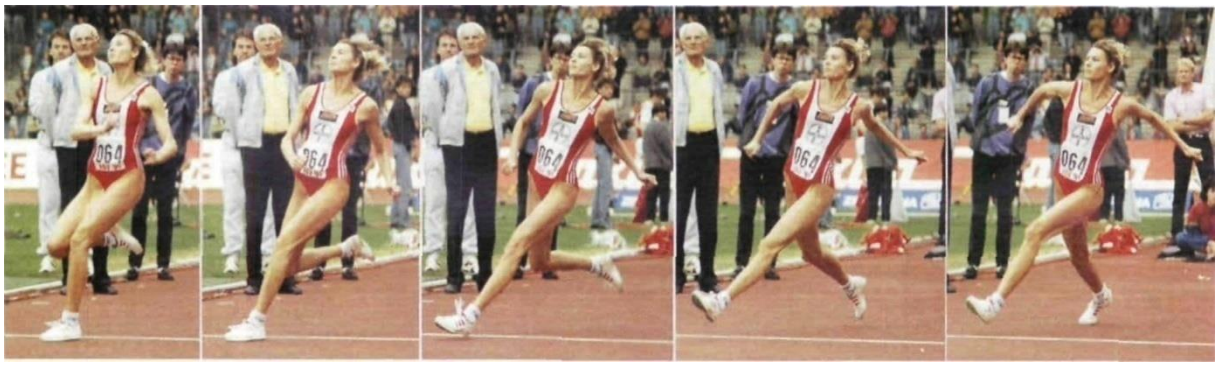


Slika 5. *Pretposljednji korak i priprema za postavljanje stopala odrazne noge (Hommel, 1993)*

Neke od značajki pretposljednjeg koraka su:

- spuštanje CT događa se za vrijeme pretposljednjeg koraka, te se ne pojavljuje za vrijeme faze odraza;
- pri punom kontaktu stopala u pretposljednjem koraku koljena su u paralelnom položaju;
- pri punom kontaktu stopala oslonačne noge u pretposljednjem koraku potkoljenica je vertikalna.

Prema Jacoby i Fraley (1995), jedan od najvažnijih obilježja uspješnosti u skoku uvis je pravilnost postavljanja stopala odrazne noge na mjesto odraza. Refleks rastezanja bi se trebao pojavljivati u što kraćem vremenskom intervalu. Ovo podrazumijeva što manju fleksiju u zglobu koljena, čvrsto postavljanje stopala, te projekciju CT nešto iza stopala odrazne noge. Rad ruku i zamašne noge mora biti usklađen s fazom odraza. Vremenska pravovremenost aktivacije ruku i zamašne noge omogućit će veću silu reakcije podloge i pospješiti uspješnost skoka.



Slika 6. *Postavljanje stopala odrazne noge (Hommel, 1993)*

Prema Humprey i Nordquist (2000), postavljanje stopala trebalo bi biti standardizirano, s jasno postavljenim oznakama. Obilježje zaleta trebalo bi biti konstantno ubrzanje od početka zaleta do postavljanja stopala odrazne noge na mjesto odraza. Frekvencija koraka mora se povećavati sve do faze odraza, dužina koraka se također mora povećavati sve do pretposljednjeg koraka. Duži korak omogućit će pretvorbu horizontalne u vertikalnu brzinu. Cilj skakača je ostvariti što veću vertikalnu brzinu bez gubljenja brzine za vrijeme horizontalnog gibanja. Prema istraživanjima mnogih autora (Moravec, 1998; Jacoby, 1987; Dapena, 1988, 1992, 2006; Bruggemann i Aramapatizs, 1997), smatra se kako je tehnički pravilno obavljanje faze odraza od presudne važnosti za uspješnost skoka. Za vrijeme odraza horizontalna se brzina transformira u vertikalnu brzinu što određuje uspješnost skoka (Dapena, 2006). Najveća će visina CT također biti određena fazom odraza. To govori kako je priprema za odraz od velike važnosti. Stopalo se postavlja približno 90 cm od projekcije letvice, te pod kutom od približno 30º u odnosu na letvicu (Tidow 1993). Ako skakač dođe u pravilnu poziciju prilikom postavljanja stopala odrazne noge, moći će efikasno pretvoriti horizontalnu u vertikalnu brzinu. Mogućnost efikasne pretvorbe horizontalne u vertikalnu brzinu prednost je Flop tehnike u odnosu na ostale stilove skoka u vis. Skakači koji će moći ostvariti veću brzinu zaleta i moći ostvariti efikasnu pretvorbu brzine, imat će i bolju rezultatsku uspješnost



Slika 7. *Faza odraza (Hommel, 1993)*

Faza odraza definira se kao vremenski period između prvog dodira stopala odrazne noge s podlogom i trenutka napuštanja stopala odrazne nose s podloge (Dapena, 1988). Udaljenost stopala odrazne noge od vertikalne projekcije ravnine letvice je individualna. Ovisit će o brzini, načinu obavljanja zaleta, te o tehnici prelaska letvice (Dapena, 2006). Fazu odraza također je moguće sagledati i kao početak i kao kraj odraza (Dapena, 1997, 2006). Prvi dio faze odraza je vremenski period između kontakta stopala odrazne noge s podlogom i najveće fleksije (amortizacije) u zglobu koljena odrazne noge. U ovoj fazi pojavljuje se intenzivna priprema za pretvorba horizontalne u vertikalnu brzinu kao posljedica sile reakcije podloge koja djeluje u smjeru naprijed i nazad. Za vrijeme faze amortizacije režim rada mišića opružača zgloba koljena (kvadriceps) je ekscentrična. Faza amortizacije trebala bi se izvesti u što kraćem vremenskom periodu kako bi se omogućila što brža pretvorba ekscentrične u koncentričnu kontrakciju što je preduvjet za uspješnost faze odraza. Silu reakcije podloge moguće je pospješiti pravilnom aktivnošću zamašne noge i ruku. Drugi dio odraza odnosi se na koncentričnu kontrakciju mišića opružača zgloba koljena, sve dok stopalo ne napusti podlogu. Pravac djelovanja sile reakcije podloge uglavnom je vertikalan i ekscentričan u odnosu na CT, što će olakšati okretne momente potrebne za pravilan prijelaz tijela preko letvice. Temeljem ovako prezentiranih činjenica najvažnije obilježje faze odraza je vertikalna brzina CT, koja će biti posljedica vertikalne sile reakcije podloge koju je stopalo ostvarilo u kontaktu s podlogom. Vertikalna brzina u fazi završetka odraza najvećim će dijelom ovisiti o horizontalnoj brzini u zadnja dva koraka zaleta (Dapena, 2006). U početnoj fazi amortizacije horizontalna brzina CT smanjuje se kako se povećava sila reakcije podloge, time se smanjuje i mogućnost postizanja što veće vertikalne brzine, što opet smanjuje trajektoriju leta CT. Može se reći kako se ova transformacija uglavnom događa zbog okretnih momenata. Mjesto odraza može se smatrati kao

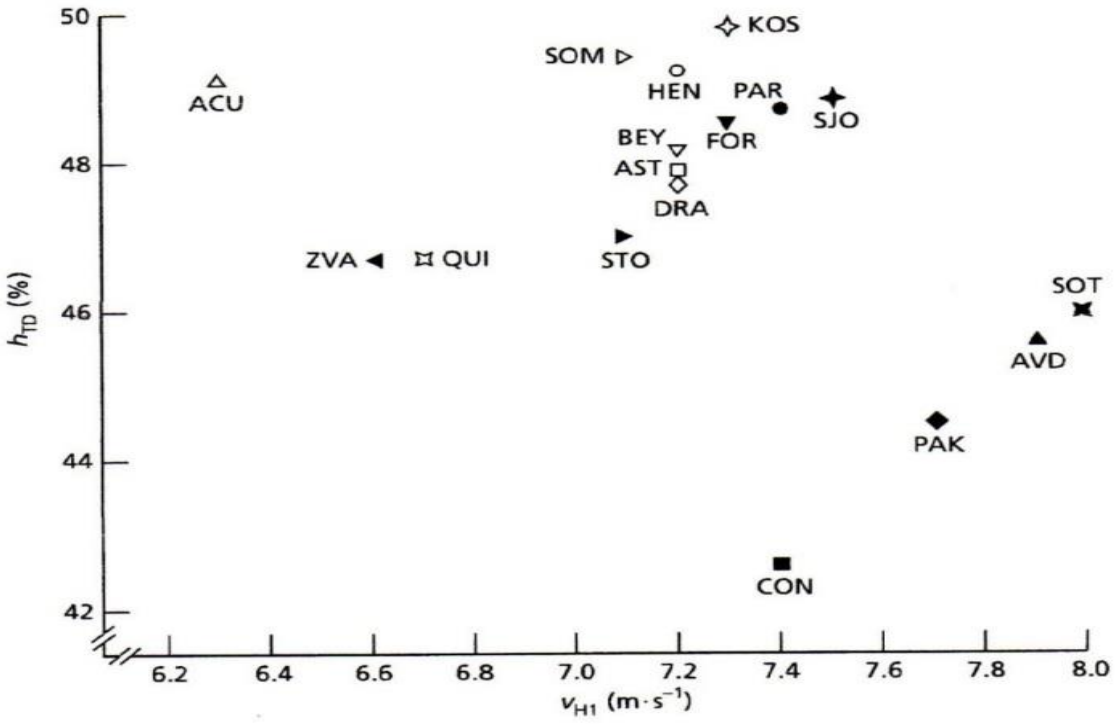
točka oko koje se vrti CT zbog prisutne sile reakcije podloge. Faza odraza je definirana kao vremenski period između dodira stopala odrazne noge s podlogom i trenutka napuštanja stopala od podloge. U trenutku postavljanja stopala uslijed horizontalne brzine dolazi do sile reakcije podloge koja mijenja vertikalnu brzinu CT od vrijednosti nula do vertikalne brzine potrebne za uspješno povećanje visine CT. Vertikalna brzina ne kraju faze odraza odrediti će visinu CT nakon što stopalo napusti podlogu. Ova dostignuta visina CT je od presudne važnosti za uspješnost skoka. Sila reakcije podloge pri postavljanju stopala odrazne noge trebala bi biti što veća kako bi to rezultiralo najvećom mogućom vertikalnom brzinom CT. Velika brzina zaleta može omogućiti veliku silu reakcije podloge. U trenutku završnog dijela zaleta pri postavljanju stopala odrazne noge na podlogu, stopalo se postavlja ispred tijela. Ekstenzori koljena i kuka će se kroz aktivaciju suprotstaviti fleksiji u zglobu koljena, međutim zbog količine horizontalnog gibanja ipak će doći do određene fleksije u zglobu kolje i zglobu kuka. Ovaj proces će izazvati rastezanje mišića i dovesti do velike napetosti.

Tablica 6. *Pokazatelji horizontalnih i vertikalnih brzina kao i visina CT (Dapena, 2006)*

	hTD	% hTD	vH2	vH1	vHTO	ΔvH	vZTD	vZTO
Muški								
Avdeyenko	0,92	45,5	8,1	7,9	3,7	-4,2	-0,3	4,50
Convay	0,78	42,5	7,4	7,4	3,4	-4,0	-0,6	4,65
Forsyth	0,95	48,5	7,2	7,3	3,8	-3,4	-0,6	4,55
Paklin	0,85	44,5	8,1	7,7	3,9	-3,9	-0,5	4,55
Partika	0,93	48,5	7,6	7,4	4,1	-3,3	-0,6	4,50
Sjöberg	0,98	49,0	7,2	7,5	4,0	-3,5	-0,6	4,25
Sotomayor	0,89	46,0	-	8,0	4,0	-4,0	-0,7	4,60
Stones	0,92	47,0	7,0	7,1	3,5	-3,5	-0,4	4,40
Zvara	0,89	46,5	6,9	6,6	2,6	-4,0	-0,6	4,65
Žene								
Acuff	0,92	49,0	6,3	6,3	3,5	-2-8	-0,2	3,80
Astafei	0,88	48,0	-	7,2	4,1	-3,1	-0,7	3,95
Beyer-Helm	0,86	48,0	6,9	7,2	3,8	-3,4	-0,5	4,00
Dragieva	0,81	47,5	6,9	7,2	3,5	-3,7	-0,8	4,10
Henkel	0,89	49,0	7,4	7,2	4,3	-2,9	-0,5	3,90
Kostadinova	0,90	50,0	7,5	7,3	4,2	-3,1	-0,5	4,00
Quintero	0,84	46,5	7,3	6,7	3,8	-2,9	-0,8	3,90
Sommer	0,87	49,5	6,9	7,1	4,3	-2,8	-0,6	3,85

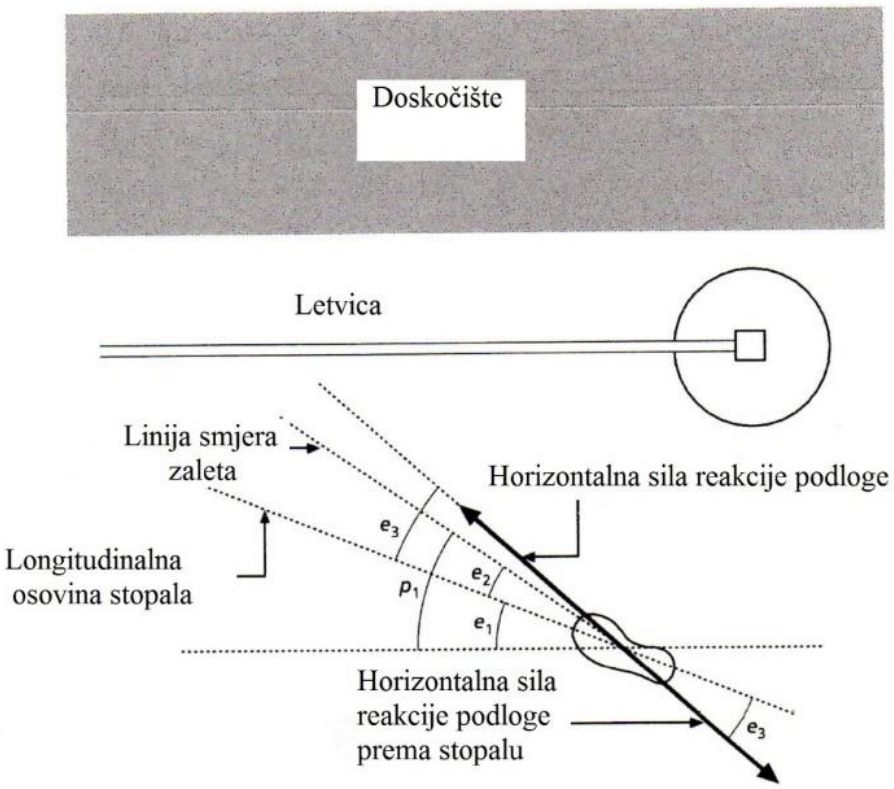
hTD - Visina CT na početku faze odraza i postotak visine; vH1, vH2 - Horizontalna brzina zadnja dva koraka; vHTO - Horizontalna brzina poslije faze odraza; ΔvH - Promjena vertikalne brzine tijekom faze odraza; vZTD - Vertikalna brzina na početku faze odraza; vZTO - Vertikalna brzina na kraju faze odraza

Tako će postignuta horizontalna brzina na kraju zaleta (vH1) omogućiti veću horizontalnu i vertikalnu silu reakcije podloge. Za postizanje veće vrijednosti visine CT tijekom faze odraza potrebno je dobiti niži položaj CT prilikom faze početka odraza i što viši tijekom završetka faze odraza. U većini slučajeva uspijeva se osigurati visok položaj CT na kraju odraza, međutim tehnički je izuzetno zahtjevno izvesti niži položaj CT na početku faze odraza, i to zato što je potrebno u pretposljednjem koraku osigurati potporu s optimalno flektiranim koljenom, osigurati učenje neuromišičnog obrasca koji će omogućiti prijelaz preko flektirane neodrazne noge bez gubljenja brzine. Moguće je tehnički izvesti zalet koji se odlikuje velikom brzinom i spuštanjem CT u zadnjem koraku. Takav će način zahtijevati znatan napor i veliku motoričku sposobnost. Postoji mogućnost razvijanje velike brzine i prevelikog spuštanja CT, u tom slučaju vanjska sila će biti veća od sile koju muskulatura odrazne noge može generirati. U tom će slučaju doći do prevelike fleksije u zglobu koljena i tehnički loše izvedenog skoka. Stoga je važno kroz trenažni proces pronaći omjer brzine i visine CT u fazi odraza.



Grafikon 9. *Odnos horizontalne brzine vH1 na kraju odraza i postotak visine CT(Htd %) na kraju odraza. (Dapena, 2006)*

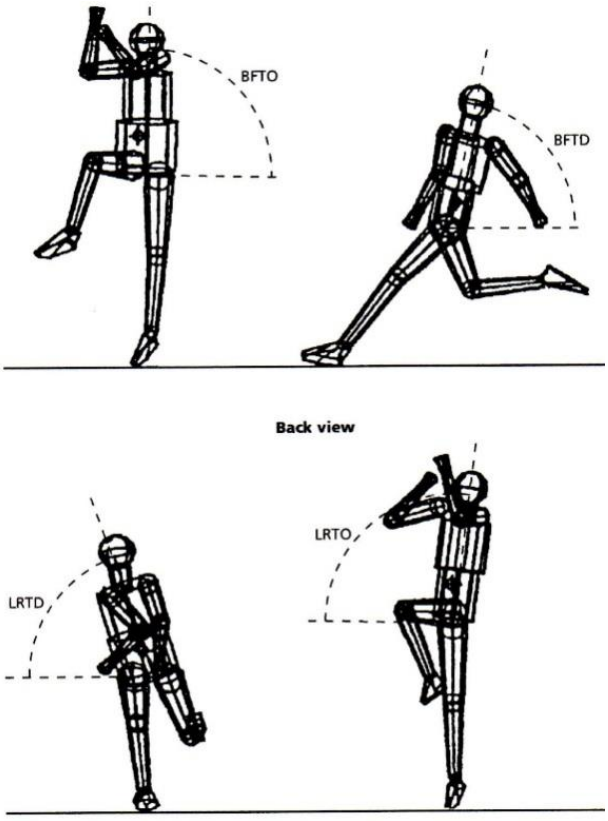
Grafikon 10 vizualno pokazuje odnos horizontalne brzine i postotak visine CT u zadnjem koraku. Vidljivo je kojom brzinom je obavljen pojedinačni skok uz postotak visine CT. Vertikalna brzina na kraju faze odraza, koja je najvažnija u efikasnosti skoka određena je u velikoj mjeri vertikalnom brzinom na početku odraza i promjenama koje se odvijaju u fazi odraza. Na kraju faze zaleta i početku faze odraza dolazi do brzog gibanja naprijed i malo prema dolje. To znači kako u tom trenutku vrijednost vertikalne brzine (vZTD) ima malu negativnu vrijednost. Evidentno je kako će manja negativna vrijednost vertikalne brzine u početnoj fazi odraza rezultirati većom vrijednošću vertikalne brzine na kraju odraza, te ta manja vrijednost predstavlja tehničku prednost. Tijekom trčanja zaleta CT također ima oscilacije u svojoj putanji ovisno o postavljanju stopala i fazama amortizacije svakog koraka. Ako je u zadnjem koraku zaleta stopalo odrazne noge postavljeno dovoljno rano, faza odraza nastupit će prije nego CT dobije negativnu vertikalnu brzinu. Ovaj tehnički detalj uspješno se realizira kroz brzo postavljanje stopala u pretposljednjem i posljednjem koraku. Ako se zadnji korak previše produži pojavit će se prevelika vrijednost negativne vertikalne brzine (vZTD). Sljedeći faktor koji određuje vertikalnu brzinu na početku faze odraza i način na koji se odvija spuštanje CT u završnoj fazi zaleta. Moguće je odrediti tri grupe skakača i skakačica uzevši u obzir način na koji obavljaju spuštanje CT. Prva grupa obavlja spuštanje CT dosta rano, dva do tri koraka prije faze odraza, i gibaju se ravno u zadnjem koraku. Obilježje ovog načina umjeren je iznos negativne vertikalne brzine. Druga grupa drži visoki položaj kukova skroz do završetka zaleta i u zadnjem koraku spušta CT. Ovim načinom pojavljuje se veća vrijednost negativne vertikalne brzine. Treća grupa obavlja način spuštanja slično kao i prva, međutim obavljaju dizanje odmah nakon što se predzadnjim korakom obavi priprema za zadnji korak. Ovim načinom postiže se mala negativna vertikalna brzina. Svi ovi načini spuštanja CT imaju svoje prednosti, ali i nedostatke, međutim treći naći je nepovoljniji u odnosu na prva dva načina jer se pojavljuje prevelika negativna vertikalna brzina u fazi početka odraza. Uzevši u obzir navedene činjenice jasno je kako se na kraju faze zaleta i početkom faze odraza, stopalo odrazne noge postavlja pod nekim kutom u odnosu na letvicu. Postavljanjem stopala odrazne noge na podlogu pojavljuje se horizontalna sila reakcije podloge. Stopalo bi se trebalo postaviti skoro u istom pravcu kao i linija zaleta, međutim pojavljuju se i mali otklon postavljanja stopala u odnosu na liniju zaleta. U većini slučajeva longitudinalna osovina stopala se ne postavlja u liniji zaleta, nego više paralelno u odnosu na letvicu.



Grafikon 10. *Kutovi postavljanja stopala odrazne noge, smjer linije zaleta i horizontalna sila. (Dapena, 1996)*

Kako horizontalna sila reakcije podloge nije usmjerena u pravcu horizontalne osi stopala, to će dovesti do pronacije stopala. Također će dovesti do istezanja medijalnog dijela skočnog zgloba, i kompresije lateralnog dijela skočnog zgloba. Ako se dogodi velika pronacija skočnog zgloba to može izazvati ozljedu. To također znači kako će se stopalo manje oslanjati po vanjskom rubu stopala, a više na medijalnoj strani oko uzdužnog svoda stopala. Prema Krahl i Knebel (1979), to može dovesti do ozljede stopala. Pronacija skočnog zgloba za vrijeme faze odraza pojavljuje se kod velikog broja skakača i skakačica. Jako je teško uočiti ovu nepravilnost, te je tek detaljnom video analizom moguće dijagnosticirati ovu tehničku nepravilnost. Kako bi se jasno ukazalo na mogućnost ozljeđivanja skočnog zgloba i stopala, potrebno je odrediti kutove u postavljanju stopala u odnosu na letvicu. Kut **e1** predstavlja kut između uzdužne osovine stopala i letvice, kut **e2** između uzdužne osovine stopala i linije zaleta, kut **e3** između uzdužne osovine stopala i horizontalnog pravca sile reakcije podloge. Kao prevencija ozljeđivanja, najvažnija je vrijednost kuta **e3.** Kako se još pouzdano ne mogu odrediti sigurni kriteriji, smatra se kako je vrijednost kuta **e3** od 20^o, uglavnom sigurna od

mogućnosti ozljede, vrijednost kuta od 20º do 25º ima nešto povećanu opasnost od ozljede, te će vrijednost preko 25º s velikom vjerojatnošću izazvati ozljedu skočnog zgloba ili stopala.



Grafikon 11. *Nagnutost trupa (Dapena, 2006)*

Na grafikonu 11 prikazane su nagnutosti trupa u fazi početka odraza, nagnutost prema nazad (BFTD), rotiranje trupa prema naprijed (BFTD), na kraju lučnog dijela zaleta i početka faze odraza, trup ima nagnutost prema centru krivulje (LRTD), za vrijeme odraza trup se rotira i pri kraju odraza je u vertikalnom položaju s dopuštenim otklonom od 10º u odnosu na vertikalu linju (LRTO).

Tablica 7. *Individualni pokazatelji nagiba trupa i promjena nagiba kod vrhunskih skakača i skakačica (Dapena, 2006)*

	BFTD	BFTO	ΔBF	LRTD	LRTO	ΔLR	AAN	AAF	AAT	LLA	FLA
Muški											
Avdeyenko	71	92	21	76	104	28	4,3	10,5	14,8	24,0	38,7
Convay	76	83	7	79	95	16	6,7	12,2	18,9	21,2	40,2
Forsyth	71	86	15	76	104	28	10,0	10,7	20,8	24,9	45,6
Paklin	77	81	5	77	99	22	5,3	8,9	14,2	14,1	28,2
Partika	75	89	14	75	92	16	3,3	7,1	10,4	15,4	25,8
Sjöberg	74	88	15	75	98	23	6,7	10,0	16,7	18,7	35,4
Sotomayor	71	77	5	79	101	22	5,9	10,8	16,7	24,5	41,2
Stones	74	90	16	73	91	19	3,4	8,3	11,7	18,3	30,0
Zvara	68	83	15	77	95	18	9,0	13,3	22,3	41,7	64,0
Žene											
Acuff	73	87	14	78	92	14	0,5	7,1	7,5	19,1	26,6
Astafei	77	82	5	84	102	18	3,6	6,6	10,2	13,5	23,7
Beyer-Helm	79	94	15	74	96	23	2,3	7,0	9,3	15,6	24,9
Dragieva	76	82	6	80	92	12	1,3	7,3	8,5	21,8	30,4
Henkel	82	90	8	75	97	22	5,9	8,3	14,2	19,3	33,4
Kostadinova	73	84	12	77	93	17	-0,4	6,2	5,8	21,0	26,8
Quintero	73	91	18	79	104	26	4,4	10,0	14,4	18,2	32,7
Sommer	80	90	10	81	99	18	2,2	4,9	7,1	17,8	24,9

Vrijednosti ΔBF ΔLR predstavljaju promjenu u nagibu trupa naprijed-nazad i lijevo-desno za vrijeme faze odraza. Manje vrijednosti pokazatelja BFTD, ΔBF, LRTD i ΔLR generalno će omogućiti veću vertikalnu brzinu na kraju faze odraza. To znači kako će veća nagnutost trupa prema nazad i veća nagnutost prema centru krivulje omogućiti i veću rezultatsku uspješnost skoka. Manja promjena nagnutosti tijela prema nazad i manja promjena nagnutosti trupa prema centru krivulje za vrijeme faze odraza, rezultirat će i većom visinom CT na kraju odraza. Manje vrijednosti varijabli BFTD, ΔBF, LRTD i ΔLR nisu jedine koje imaju statistički značajnu povezanost s vertikalnom brzinom, već je potrebno uzeti u obzir i manje vrijednosti kutnih momenata i manju mogućnost učinkovite rotacije preko letvice. Nije potpuno sigurno kako manje vrijednosti varijabli BFTD, ΔBF, LRTD i ΔLR generiraju veću vertikalnu brzinu na kraju faze odraza. Nisu potpuno razumljivi uzročno posljedični mehanizmi koji stoje u pozadini statističkih značajnosti, te postoji mogućnost i alternativnih objašnjenja. Jedan od mogućih razloga je nedovoljna razina motoričkih sposobnosti. Postoji mogućnost preranog dostizanja najviše točke CT, što može opet dovesti do povećanog kutnog momenta tijekom odraza i povećanja vrijednosti varijabli BFTD, ΔBF, LRTD i ΔLR. Nije potpuno sigurno utječe li nagib trupa na visinu skoka ili nedovoljna razina motoričkih sposobnosti, ili oboje.

Pokreti ruku i zamašne noge imaju veliki značaj u razvoju vertikalne brzine, a time i u uspješnosti prelaska letvice. Podizanjem ruku i zamašne noge za vrijeme faze odraza izazvat će potisnu silu trupa prema dolje. To će se prenijeti preko odrazne noge na podlogu te će doći do veće sile reakcije podloge, a time i do veće vertikalne brzine CT na kraju faze odraza. Obje ruke trebale bi snažno zamahnuti naprijed i prema gore za vrijeme faze odraza. Nije potrebna izvršiti preveliku fleksiju u zglobu lakta tijekom faze zamaha. Smatra se kako je ispravan zamah moguće izvesti potpuno opruženim rukama i kutem od 90º u zglobu lakta.

Cilj je faze odraza dostići najveću moguću vertikalnu brzinu (4.4 do 4.8 m/s za skakače i 3.6 m/s do 4.1 m/s za skakačice) što će omogućiti let CT (0.98 m do 1.17 m za skakače i 0.66 m do 0,89 m za skakačice). Brzina zaleta smanjuje se za 50 % u fazi odraza što rezultira kutem odraza približno od 45º-55.º

Tablica 8. *Individualni prostorno vremenski pokazatelji vrhunskih skakaća i skakačica (Dapena, 2006)*

	TTO	hBAR	hPK	hCLS	hCLA	Δh CLS	Δh CLA	Ht	Hf	Hl	Hs
Muški											
Avdeyenko	0,21	2,38	2,46	2,41	2,42	-0,05	-0,04	40	75	80	110
Convay	0,18	2,34	2,41	2,33	2,35	-0,08	-0,06	45	40	85	90
Forsyth	0,17	2,34	2,44	2,35	2,39	-0,09	-0,05	45	60	80	100
Paklin	0,20	2,38	2,41	2,40	2,41	-0,01	0,00	45	75	80	110
Partika	0,15	2,34	2,39	2,36	2,36	-0,03	-0,03	40	80	90	120
Sjöberg	0,16	2,34	2,33	2,35	2,35	0,02	0,02	40	70	85	110
Sotomayor	0,17	2,34	2,44	2,36	2,39	-0,08	-0,05	60	5	100	100
Stones	0,17	2,34	2,36	2,29	2,29	-0,07	-0,07	35	60	85	105
Zvara	0,23	2,34	2,46	2,36	2,36	-0,10	-0,10	75	50	80	95
Žene											
Acuff	0,18	1,96	2,07	1,97	1,97	-0,10	-0,10	30	95	80	125
Astafei	0,15	2,00	2,09	2,00	2,01	-0,09	-0,08	50	35	90	100
Beyer-Helm	0,16	1,97	2,06	2,00	2,03	-0,06	-0.03	45	80	85	115
Dragieva	0,15	2,00	2,06	2,00	2,00	-0,06	-0,06	40	95	70	115
Henkel	0,14	2.02	2,06	2,05	2,05	-0,01	-0,01	45	80	85	120
Kostadinova	0,14	2,05	2,09	2,09	2,09	0,00	0,00	60	90	100	135
Quintero	0,17	1,97	2,04	1,97	1,97	-0,07	-0,07	40	55	90	105
Sommer	0,14	1,97	1,99	1,94	1,95	-0,05	-0,04	45	105	85	130

TTO - Vrijeme odraza, hBAR - Visina letvice, hPK - Naviša visina CT, hCLS - Najviša visina mogućeg uspješnog preskoka, hCLA - Apsolutna visina, ΔhCLS - Tehnička efikasnost prelaska oficijelnog skoka, ΔhCLA - Tehnička efikasnost prelaska apsolutne visine, Ht - Okretni kutni moment, Hf - Prednji kutni moment rotacije rotacija trupa oko vertikalne osovine tijekom faze odraza), Hl - Bočni kutni moment rotacije (rotacija trupa oko horizontalne osovine), Hs -Ukupni kutni momenti rotacije tijekom faze leta

Dostignuta visina i vertikalna brzina CT bit će potpuno određena završetkom faze odraza. U trenutku kada stopalo odrazne noge napusti podlogu visina CT je između 68 % i 73 % visine u stojećem položaju. To znači kako se je uspjela osigurati određena prednost time što je CT dostigao viši položaj u trenutku napuštanja podloge. Vertikalna brzina CT na kraju faze odraza (vZTO*,* tablica *6.*) odredit će trajektoriju leta CT poslije faze odraza. U tablici 7 primjerima su individualnih skokova skakača i skakačica prikazani visina letvice (hBAR*),* najviša dostignuta točka CT (hpk*).* Prave vrijednosti uspješnosti skoka ne mogu se uvijek točno odrediti, jer u slučaju uspješnosti skoka i pri tome još velikih rezervi u tom skoku priznaje se visina letvice koja je u tom trenutku preskočena. Koristeći se računalnim modeliranjem i grafičkim prikazom moguće je odrediti približnu najveću visinu skoka bez obzira jeli riječ o uspješnom ili neuspješnom skoku. Razlika između visine letvice i visine CT pokazat će efikasnost prelaska letvice (ΔhCLS =hCLS–hpk), a apsolutnu efikasnost skoka moguće je prikazati kao (ΔhCLS =hCLA–hpk). Veće negativne vrijednosti bit će pokazatelji manje tehničke efikasnosti skoka. Mogući razlozi za neuspješnost skoka mogu biti: postavljanje stopala odrazne noge preblizu ili predaleko od letvice, nedovoljna vrijednost kutnih momenata, nedovoljna rotacija, neodgovarajući luk krivine, loše prostorno vremenske reakcije.

2.6. Faza leta i prelaska letvice

Kako je putanja CT skakača određena trenutkom napuštanja podloge stopala odrazne noge, rotacija tijela oko CT moguće je izvesti samo dodatnim pokretima uglavnom zamašne noge i ruku. Skraćivanjem na primjer pokreta ruku i zamašne noge prema CT doći će do ubrzanja rotacije, a produživanjem pokreta ruku i zamašne noge dovest će do usporavanja rotacije. Tidow (1993) smatra kako će optimalno pozicioniranje segmenata tijela, i prelazak parcijalnih masa tijela preko letvice omogućiti uspješan prelazak letvice uz položaj CT ispod razine letvice. U trenutku napuštanja stopala odrazne noge s podloge, odrazna noga zadržava se u ispruženom položaju, te koljeno zamašne noge ostaje ravno u poziciji blokade. Glava ostaje u ravnom položaju i ne naginje se prema letvici kako bi se izbjeglo naginjanje ramena i kukova u stranu prema letvici. Letvicu najprije prelaze glava i ramena s paralelnom pozicijom ramena u odnosu na ravninu letvice. Glava se nalazi u poziciji među ramenima s pogledom prema gore. U trenutku prelaska letvice ramena dolaze u nižu poziciju s glavom zabačenom unazad, što uzrokuje dizanje kukova na višu poziciju u odnosu na letvicu. Time se ostvaruje položaj uvinuća iznad letvice. Tijekom ove faze rotacija mora biti najbrža, skakač treba nastojati što više približiti stopala kukovima s položajem ruku sa strane. Ova kombinacija skraćivanja

poluga, položaja luka iznad letvice i rotacije izazvane odrazom, omogućit će još veće podizanje kukova za vrijeme prelaska letvice. U trenutku prelaska kukova iznad letvice mišići pregibači potkoljenice se aktiviraju što se obavlja spuštanjem kukova. Brada se spušta prema prsima i spuštanjem kukova aktiviraju se pregibači potkoljenice. To će istovremeno podizati koljena i omogućiti prelazak stopala preko letvice. Kako skakač ponire prema strunjačama, zadržava noge u ravnoj poziciji šireći ruke od tijela (Humphrey i Nordquist, 2000). Ako je točka mjesta odraza bila ispravna, te ako postoji dovoljan moment rotacije oko uzdužne osi, uzdužna osovina tijela je pod pravim kutom u odnosu na bočnu ravninu tijekom doskoka. Gornji dio leđa i ruke koje su se raširile tijekom faze poniranja prvo dodiruju strunjače za doskok. U trenutku završetka odraza parabolična krivulja CT skakača je unaprijed određena i nepromjenljiva. Može se zaključiti kako je putanja leta u potpunosti ovisna o tome na koji je način izveden odraz te koje su sile tijekom reakcije podloge djelovale na CT skakača (Schenxnayder, 1994).



Slika 8. *Faza leta i prelaska letvice (Hommel, 1993)*

3. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj skoka u vis je centar težišta (CT) dovesti u najvišu točku prilikom prelaska letvice. Kroz biomehanička obilježja tehničku efikasnost skoka u vis moguće je opisati trima međusobno povezanih faza: fazu ravnog dijela zaleta, fazu lučnog dijela zaleta i pripreme za odraz, te fazu leta ili prelaska CT preko letvice. Prema McGinnisu (2013), uspješnost skoka u vis prvenstveno će ovisiti o impulsu sile kroz silu reakcije podloge u cilju što efikasnije pretvorbe horizontalne brzine u vertikalnu brzinu CT skakača. Prema istraživanjima različitih autora (Moravec, 1986; Jacoby,1987; Dapena, 1988, 1992, 2006; Bruggemann i Arampatzis, 1997), faza odraza najpresudnija je i najvažnija faza u tehničkoj uspješnosti efikasnog prelaska CT preko letvice. U fazi odraza horizontalna brzina skakača pretvara se u vertikalnu brzinu, te određuje učinkovitost skoka (Dapena, 2006). U biomehaničkim istraživanjima pod fazom odraza podrazumijeva se trenutak prvog kontakta s podlogom, što je kod kvalitetnih skokova uvijek peta, te do trenutka napuštanja kontakta s podlogom.Vrijeme trajanja faze odraza kod kvalitetnih skokova traje 0,14s - 0,18s. Optimalni kut koji tvori longitudinalna dužina odraznog stopala u odnosu na letvicu iznosi 0 20° do 25°. Udaljenost mjesta odraza i vertikalne projekcije letvice vrlo je individualna i ovisi o brzini skakača, tehničkoj izvedbi prijelaza letvice. U pravilu ta udaljenost iznosi između 0.90m i 1,40m (Dapena, 2006). Dapena (1997, 2006) dijeli fazu odraza na fazu početka odraza i fazu kraj početka odraza. Početak faze odraza traje od trenutka kada odrazna noga dodirne podlogu do trenutka maksimalne fleksije (amortizacije) u koljenom zglobu odrazne noge. U ovoj fazi, intenzivna transformacija horizontalne brzine u vertikalnu brzinu javlja se kao posljedica sile reakcije podloge, koja djeluje u više pravaca. Aktivacija mišića koljena ekstenzora (m. kvadriceps) je ekscentrična. Faza amortizacije mora biti što je moguće kraće kako bi omogućila brzu tranziciju ekscentričnu u koncentričnu kontrakciju mišića, što je preduvjet za učinkovito pretvaranje horizontalne u vertikalnu brzinu. Silu reakcije podloge dodatno pojačava zamah zamašne noge kao i rad ruku. Drugi dio faze odraza povezana je s koncentričnom kontrakcije mišića, a traje sve do trenutka kada stopala gubi kontakt s podlogom. Reakcija sile podloge uglavnom je usmjerena vertikalno prema gore i samo će odgovarajuća ekscentrična sila u odnosu na CT olakšati okretni impuls, koji je potreban da bi se ostvario kutni zamah kako bi tijelo skakača ostvarilo učinkoviti prijelaz preko letvice. Najvažniji faktor na kraju faze odraza je vertikalna brzina CT. Najveća vertikalna brzina je posljedica vertikalne sile reakcije podloge. Prema nekim studijama (Conrad i Ritzdorf, 1990; Dapena 1992, 2006; Aramapatzis i Bruggemann, 1999; Isoletho i ostali, 2007), vertikalna

brzina elitnih skakača u vis na kraju odraza iznosi 3,8m/s do 5.0m/s. Iznos vertikalna brzina na kraju faze odraza u velikoj mjeri ovisi o horizontalnoj brzini koju skakač razvije u posljednja dva koraka (Dapena, 2006). Cilj je većine biomehaničkih istraživanja opisati upravo fazu odraza kao presudnu fazu u uspješnost učinkovite transformacije horizontalne u vertikalnu brzinu što je i najvažnija faza uspješnosti skoka u vis. Navedeni radovi u velikoj su se mjeri fokusirali upravo na ovu ključnu fazu skoka u vis.

Temeljem rezultata biomehaničkih istraživanja koje je izvršeno od strane IAAF-a na prvom juniorskom prvenstvu svijeta koje je održano u Ateni, Grčka, 1986 god. **Ritzdorf (1986)** je dao osvrt na praktičnu primjenu rezultata istraživanja. Autor uočava kako dužina zadnjeg koraka ima individualna obilježja, duži zadnji korak će rezultirati nižom pozicijom općeg centra težišta CT u trenutku dodira podloge u početnoj fazi odraza. Niži položaj CT omogućit će duže vertikalno ubrzanje, međutim preveliko spuštanje CT rezultirat će smanjenjem horizontalne brzine. Zbog velike brzine kut veći od 50° zahtjeva naglo smanjenje horizontalne brzine što može izazvati sindrom prenaprezanja pogotovu u području stopala. Navedena obilježja (velika brzina zaleta, značajno smanjenje brzine tijekom posljednjeg koraka), nisko postavljeni CT odrazit će se na kutne odnose u trenutku početka odraza. Autor naglašava kako su kutovi u koljenom zglobu u fazi amortizacije kod zadnjeg koraka kod sedam skakača od osam manji od 120°. Navodeći ove kratka biomehanička obilježja autor naglašava koliko su biomehanička istraživanja značajna za praksu.

Ritzdorf, Conrad i Loch (1989) su temeljem biomehaničkih pokazatelja pokušali doći do znanstvenih razloga zašto je tada uvjerljivo najbolja svjetska skakačica u vis Stefka Konstadinova imala lošiji nastup na Olimpijskim igrama u Seulu 1988. godine. Kao usporedni biomehanički parametri poslužili su im biomehanički rezultati sa svjetskog prvenstva u Rimu koje se održalo godinu dana prije, i na kojem je Konstadinova postavila svjetski rekord od 2,09 m. Autori su stavili težište istraživanja na tri bitna segmenta skoka: 1. Analiza zaleta od trenutka polaska u zalet do trenutka postavljanja stopala odrazne noge na podlogu. 2. Faza odraza od trenutka postavljanja stopala odrazne noge s podlogom do napuštanja stopala s podloge. 3. Faza leta. Izračunate su visine CT u točkama visine H1, H2 i H3. Zatim su izračunate vrijednosti kuta u zglobu koljena u trenutku odraza, kut zamašne noge, nagibi tijela u fazi odraza, vertikalna brzina u fazi odraza, vrijeme faze odraza, dužina zadnjeg koraka, pozicije CT u fazi zaleta, udaljenost od letvice, kut odraza. Analizirajući podatke autori navode kako je kod neuspješnog skoka na 203 cm visina skoka iznosila čak 225 cm, što nije nikad prije zabilježeno, čak ni kod skoka pri postavljanju svjetskog rekorda gdje je zabilježena visina od 215 cm. Visina odraza

H1 je kod skokova na svjetskom prvenstvu u Rimu iznosila između 114 cm i 117 cm, dok je kod skokova u Seulu iznosila između 114 cm i 123 cm, ili 9 cm varijabilnosti, što može sugerirati na početnu tehničku nestabilnost izvođenja skokova. Visina H2 je označena kao izvrsna (100 cm i 101 cm). Temeljem ovih pokazatelja autori zaključuju kako je razina motoričkih sposobnosti u Seulu bio na istoj razini kao i u Rimu. Dužina zadnjih koraka u Seulu bila je duža nego u Rimu. Faze amortizacije to jest visine CT ne razlikuju se značajno. Jednako tako nije uočena niti različitost u nagibu tijela. Kut u zglobu koljena u fazi amortizacije u Seulu je iznosi 150º, dok je u Rimu iznosi 10° manje što se ne smatra kao tehnički nedostatak. Vertikalna brzina na neuspješnom skoku je iznosila 4,43 m/s što nikada prije nije bilo izmjereno (kod skoka od 209 cm, vertikalna brzina iznosila je 4,34 m/s). Autori pretpostavljaju kao postoji mogućnost neodgovarajuće udaljenosti od letvice. Ona je iznosila 0,54 m do 0,77 m u Seulu, puno bliže nego u Rimu 0,84 m do 0,98 m. Autori još navode prostorne uvjete koji su postojali na zaletištu, to jest Konstadinova je zbog uvjeta zaleta prvi dio izvodila s trave. Autori zaključuju kako to može biti razlog velikih varijacija u mjestu odraza u odnosu na udaljenost od letvice.

Brüggemann i Loch (1992) su analizirali različitost pojedinačne strategije, različitost pojedinačne izvedbe, različitost izvedbi odlučujućih čimbenika kao i pojedinačne segmentale doprinose kod uspješnosti skoka u uvis. Analizirani su skokovi muških i ženskih finalista na Atletskom prvenstvu svijeta koje je održano u Tokiju 1991. godine. Analizirani su zadnji korak zaleta faza odraza i faza prelaska letvice. Većina parametara je analizirana u odnosu na CT. Izračunate su vrijednosti H1, H2, H3. Rezultati pokazuju varijabilnost više od 10 % u visini odraza i visini leta. Čak i kod ovako homogene grupe vrhunskih skakača i skakačica uočene su sasvim različite strategije za postizanje najviše visine. Na primjer Kostadinova postiže veliku vrijednost vertikalne brzine odraza, a time i znatnu visinu leta, unatoč relativno niskoj visini u početku odraza. Holub, s druge strane, pokazuje veliku visinu u trenutku odraza, ali samo umjerenu visinu leta. Izračunati su brzina CT u trenutku dodira stopala odrazne noge, visina CT u trenutku kontakta stopala, vertikalno ubrzanje CT u fazi odraza. Autori navode kako su brzine kod Henkel, Babakove i Konstadinove izuzetno velike, i dostižu vrijednosti kao kod muškaraca. Generalno relativno homogena grupa može se promatrati kroz dvije grupe finalista. Visina CT u trenutku dodira stopala nije presudna u visini skoka. Skakači pokazuju izraziti veći put ubrzanja u odnosu na skakačice. Skakači pokazuju veću brzinu zamašne noge. Autori zaključuju kako čak i kod ovako homogene grupe vrhunskih skakača i skakačica dominiraju individualne izvedbe tehničkih elemenata skoka.

Papadopoulos, Glavroglou, Groulos, i Tsarouchas (1995) su izvršili biomehaničku analizu i opisali obilježja pretposljednjeg i posljednjeg koraka *kod* skakača u dalj i skakača u vis, kako bi se definirala ona obilježja koja ukazuju na svrhovitu pripremu za fazu odraza. Drugi cilj istraživanja bio je usporediti tehnička obilježja koja su pokazali vrhunski skakači u dalj i u vis. Za vrijeme oficijelnog natjecanja snimljeni skokovi s dvije sinkronizirane kamere. Naknadna 3D analiza je provedena pomoću programa za analizu video signala (Ariel Performance Analysis System). Analiza gibanja kinematičkih lanaca gornjih i donjih ekstremiteta, s obzirom na tehničku izvedbu faze odraza, pokazuje kako općenito, faze odraza i kod skoka uvis i kod skoka u dalj izgledaju slično. Pokazalo se kako u fazi oslonca prije odraza, CT dobiva vertikalno ubrzanje tijekom faze amortizacije kao i za vrijeme opružanja odrazne noge.

Dapena i Chung (1998) su analizirali vertikalne i radijalne pokrete tijekom faze odraza skoka u uvis. Postavljanjem stopala odrazne noge na podlogu, u brzim ekscentričnom ili sporijim koncentričnim uvjetima rada može se povećati sila reakcije podloge, a time i visina skoka. Video analizom pokazalo se kako je kod sedam skakačica radijalna brzina CT s obzirom na stopalo odrazne noge bila negativna ili manje pozitivna u odnosu na vertikalnu brzinu tijekom faze odraza. To je rezultiralo bržim ekscentričnim i sporijim koncentričnim radom mišića nogu. Radijalna udaljenost kuka odrazne noge u odnosu na CT najprije je smanjena za 0,030 m, zbog negativnih radijalnih pokreta ruku i oscilacija nogu. To je dovelo do smanjenje negativne brzine kuka, a time i sporijeg ekscentričnog režima rada mišića odrazne noge. To može dovesti do smanjenja početnog udarca u postavljanja stopala odrazne noge s podlogom. Nakon toga se radijalna brzina CT povećala za 0,120 m kroz pozitivne radijalne brzine ruku, glave, trupa i oscilacije nogu. To je najprije dovelo do negativnih, no poslije do manje pozitivnih vrijednosti radijalne brzine CT, a time do bržih ekscentričnih i sporijih koncentričnih režima rada u fazi odraza.

Nicholas, Linthorne i Kemble (1998) su redefinirali Aleksandrov (1990) model za skokove i prilagodili ga za analizu faze odraza kod skoka u vis. U uvodnom izlaganju naglašavaju kako su u mnogim studijama predmet istraživanja bili biomehanički parametri snimljeni na oficijelnim natjecanjima. Ti podatci služe kao koristan i očekivan doprinos trenerima putem povratnih informacija kako bi pravilno predvidjeli promjene u izvođenju faze odraza. U ovako dizajniranom modelu masa tijela je koncentrirana u kukovima, noge su sačinjavala dva ravna segmenta s 53 % dužine tijela. Doprinos efikasnosti skoka, zglob stopala, zglob koljena i zglob kuka zajednički je kombiniran kao okretni momenat u zglobu koljena. Referentne vrijednosti predstavljali su biomehanički parametri vrhunskog skakača u vis i vrhunske skakačice u vis,

izmjereni na svjetskim prvenstvima i Olimpijskim igrama. Model je bio prilagođen kako bi bio reprezentativan, te su zatim skokovi simulirani različitim brzinama trčanja i kuteva u zglobu koljena. Autori zaključuju kako ovaj relativno jednostavan model točno predviđa povezanost faze odraza i efikasnosti u skoka u vis. Postoji optimalna brzina zaleta i kutova koji doprinose visini skoka. U nekim slučajevima tehnička izvedba skoka je neosjetljiva na umjerena odstupanja od optimalnih vrijednosti.

Juha, Siukonen i Komi (1990) su analizirali učinkovitost mišićne aktivacije prilikom faze odraza. Analizirali su skokove deset skakača, i to pet skokova s četiri koraka zaleta i pet skokova s osam koraka zaleta. Izmjerene se sljedeće biomehaničke varijable: sila reakcije podloge, EMG signali mišića gluteus maximus (GM), vastus lateralis (VL), rectus femoris (RF) i gastroknemius (GA). U obradi podataka korištena je stepenasta multipla regresijska analiza za utvrđivanje povezanosti među varijablama. Rezultati istraživanja pokazuju kako su modeli aktivacije mišićnih skupina u fazi odraza unaprijed programirani, ali ne i brzina dolaska u fazu odraza. Rezultati regresijske analize pokazuju kako skakači s većom vertikalnom brzinom imaju obilježje modela koji sadrži visoku razinu predaktiviranja i visoku aktivnost tijekom kratke faze refleksne latencije (25-50 ms). Tako kratka čvrstoća aktivnosti vrlo je visoka tijekom ekscentrične faze, a to stvara dobre mogućnosti za pohranu elastične energije na kompleks u mišićno-ligamentnom sustavu i efikasno se prenosi tijekom koncentrične faze. To će pogodovati povećanju vertikalne brzine. Ova studija podržava ideju obrasca kako aktivacija predprogramiranog mišića također uključuje model regulacije (preko γ-aktivacije) za povećanje osjetljivosti mišićnog vretena na rastegnutost.

Kersting, Arampatzis i Brüggemann (1998) su izvršili biomehaničku analizu 26 skokova 12 finalista skoka u vis na atletskom prvenstvu svijeta 1997. godine. Cilj istraživanja bio je utvrditi početne uvjete u fazi odraza, i kako ti uvjeti djeluju na efikasnost skokova. Predmet istraživanja bile su sljedeće varijable: pozicija CT, kutovi, brzina CT i ukupna energija. Temeljem ukupnih inicijalnih masa CT, energije kutova identificirane su dvije relativno homogene grupe. Autori zaključuju kako se u fazi odraza gubi energija CT, te je prisutan utjecaj transformacije energije zaleta u fazi odraza, a time i određuje efikasnost skoka. Početna energija CT može odrediti uspješnost skoka. Stvarna visina skoka pod snažnim je utjecajem biomehaničkih obilježja faze odraza.

Slamka i Moravec (1999) su analizirali biomehaničke parametre vrhunskih skakača i skakačica. Analizirani su biomehanički parametri osamnaest skakača i dvadeset i jedne skakačice. Izvedeni skokovi bili su u rasponu od 205 cm do 229 cm za skakače i 175 cm do 205

cm za skakačice. Predmet istraživanja bila su postignuta visina u prelasku letvice, najviša točka putanje CT, vertikalna brzina u završnoj fazi odraza. Rezultati analize pokazuju kako najveća utjecajna uspješnost prelaska letvice ima vertikalna brzina u fazi završetka odraza. Trenutak završetka amortizacije i odgovarajuća vertikalna brzina općeg centra težišta ovisna su o promjeni u kutu koljena. Analiza rezultata potvrđuje da je moguće identificirati optimalne vrijednosti odabranih pokazatelja, ali i preko rezultata preskočene visine. Dio horizontalne brzine pomoću sustava poluga pretvara se u vertikalnu brzinu. U fazi amortizacije skakači dosežu 57,5 % , a skakačice 42 % od vertikalne brzine. Za razliku od skakača, kinematička obilježja kod skakačica nisu tako dobro definirana, što je vidljivo iz velikog varijabiliteta izmjerenih vrijednosti.

Han i Li (2000) su kroz biomehaničku analizu faze odraza, usporedili najbolje kineske i svjetske skakačice uvis. U istraživanju je sudjelovalo sedam kineskih skakačica u vis, s prosječnom visinom rezultata u skoku uvis od 187±0,04 m, i grupa od devet međunarodnih skakačica u vis čiji su prosječni rezultati u vis iznosili 196÷ 0.03 m. Rezultati analize pokazali su kako je horizontalna brzina kineskih skakačica bila veća (0,2 m/s) nego kod grupe međunarodnih skakačica, ali kako se je i brže smanjivala u fazi odraza u odnosu na grupu međunarodnih skakačica. Nije se pokazala značajna razlika u vrijednostima vertikalne brzine odraza. Dužina zadnjeg koraka međunarodnih skakačica je bila veća nego kod kineskih, zabilježeno je veće istezanje u zglobovima kod međunarodnih skakačica, kineske skakačice ne istežu potpuno skočni zglob, zglob koljena i zglob kuka tijekom faze odraza. Spuštanje visine CT kod kineskih atletičarki bilo je malo. Autori zaključuju kako bi razlike u kutovima skočnog zgloba, zgloba koljena i zgloba kuka mogle biti factor koji smanjuje rezultatsku uspješnost kod kineskih atletičarki.

Greig i Yeadon (2000) su istražili povezanost brzine zaleta, kut postavljanja stopala, te kut u zglobu koljena s efikasnošću skoka u uvis. Analizirano je šesnaest skokova vrhunskog skakača u vis tijekom trenažne sezone. Brzina zaleta postupno se povećavala s dužinom zaleta kao i visina postavljene letvice. Analiza se prvenstveno odnosila na kontakt stopala u zadnjem koraku kao i na prijelaz letvice. Rezultati analize pokazuju kako je optimalna brzina zaleta 7 m/s, postavljanje noge s otklonom od 34° od vertikale, i minimalno savijanje u zglobu koljena. Regresijska jednadžba u mogućnosti će predvidjeti 79 % varijabiliteta u skoku, uspješnost skoka u vis bila je povezana s kutem postavljanja stopala kao i s kutom u zglobu koljena u početnoj fazi odraza.

Lees, Rojas, Cepero, Soto i Gutierrez (2000) su istražili kako elitni skakači koriste slobodne udove (ruke i zamašna noga) u generiranju vertikalne brzine odraza. Snimljeni su skokovi šest elitnih skakača, te 3D tehnologijom analizirani pokreti ruku i zamašne noge. Procjene funkcije ruku i zamašne noge izvršene su relativnom metodom zamaha. Srednja vrijednost zamaha ruke bliže letvici u fazi odraza iznosila je 9.4 kg m/s, dok je srednja vrijednost zamaha ruke koja je dalje od letvice iznosila 11.3 kg m/s, što nije imalo statistički značajnu razliku. Zamašna noga imala je srednju vrijednost zamaha od 20.9 kg m/s. U trenutku početka odraza zamašna noga je imala velik pozitivni moment zamaha koji je bio neutraliziran negativnim relativnim zamahom ruku, ali je vrijednost cjelokupnog zamaha bila pozitivna. Srednja vrijednost ukupnog zamaha u fazi početka odraza iznosila je 13.8 m/s, s vršnom vrijednosti od 37.6 kg m/s. Razlika među tim dvjema vrijednostima je 7.1 % od cijelog zamaha tijela, za koji se smatra da doprinosi uspješnosti skoka. Autori zaključuju kako ruke imaju veći utjecaj na uspješnost skokova od zamašne noge, iz razloga što zamašna noga malo povećava svoj zamah tijekom kontakta, dok ruke značajno povećavaju pokrete zamaha tijekom faze odraza. Procijenjena prosječna tlačna sila ostvarena zamahom ruku i zamašne noge iznosila je 366 N i bila je veća 37 % tijekom perioda kontakta. Kako bi se povećao doprinos zamaha ruku i zamašne noge uspješnosti u realizaciji tehničke izvedbe ruke, u trenutku dodira odrazne noge s podlogom trebale bi imati snažan zamah prema dolje kako bi od tog zamaha najveću korist imala zamašna noga.

Dapena (2002) je u svom izlaganju na četvrtom svjetskom biomehaničkom kongresu u Calgaryju opisao efekte rotacija za vrijeme leta skoka u uvis. U uvodnom izlaganju opisuje samu tehniku prelaza letvice i navodi kako je za uspješnost prelaska letvice potrebno u navišoj točki leta biti u horizontalnom položaju tijela okrenutim prema gore. To će zahtijevati istovremenu leđnu rotaciju oko horizontane osovine te rotaciju oko vertikalne osovine. Tehnički nepravilno i nepravovremeno izvođenje rotacije izazvat će nejednak položaj kukova tijekom prelaska letvice, i tehnički loše izveden skok. Cilj je ovog izlaganja bio opisati projekt kojim se je istražila mogućnost utjecaja nagiba na smjer rotacije. Za istraživanje su izabrana dva potpuno različita natjecanja s izrazito različitim pravcima vektora kutnog gibanja u odnosu na letvicu. Izvršena je 3D analiza skokova (Dapena, 1998). Izračunate su kumulativne rotacije kukova u vremenskom interval između odraza i najviše točke CT. Rezultati istraživanja pokazuju kako skakači koji su kroz vektore kutnih momenata više orijentirani ulijevo u odnosu na letvicu moraju izvršiti znatno veće rotacije kako bi došli u pravilnu poziciju kukova iznad letvice, što može u nekim slučajevima onemogućiti dolazak u tehnički pravilnu poziciju kukova iznad letvice.

J. Antekolović, Lj. Antekolović i Jularić (2009) su izvršili analizu pripreme za odraz i izvedbe odraza kod vrhunskih skakačica u vis. Cilj je istraživanja bio utvrđivanje međusobne povezanosti temeljnih kinematičkih varijabli zaleta, odraza i visine skoka. Uzorak entiteta za ovo istraživanje činili su skokovi 12 skakačica u vis snimljeni od 2002. do 2008. god. Za ovo istraživanje odabrano je ukupno 17 uspješnih skokova u vis – entiteta. Ispitanice su bile vrhunske skakačice u vis iz Hrvatske, Švedske, Bugarske i Rusije. Ispitanice su bile visoke prosječno 185,18±4,25 cm i mase 69,02±3,69 kg. Temeljem analize ključnih kinematičkih parametara autori zaključuju kako je za uspješnost skoka u uvis prijeko potrebno producirati veliku vertikalnu brzinu odraza (Vy) i sukladno tome kut uzleta (Ku) veći od 45°. Pritom horizontalna brzina zaleta treba biti optimalna, tj. ona koja će omogućiti skakačicama postizanje maksimalne visine težišta tijela u fazi leta.

Tan i Yeadon (2005) su istražili obilježja lučnog dijela zaleta skoka u uvis i utjecaj zaleta na specifično uvinuće i rotaciju tijela tijekom faze odraza i prelaska letvice. Jednostavan teoretski model kaže kako će pooštravanje lučnog dijela zavoja promijeniti i nagnutost tijela tijekom trčanja lučnog dijela zaleta. Analizirano je u "3D" tehnologiji 17 skokova koje su izveli dva vrhunska skakača u vis. Rezultati analize skokova dva vrhunska skakača pokazuju kao izvode zalet u skladu s individualnim obilježjima, u svim skokovima je došlo do smanjenja radijusa i nagiba zaleta. Vrijednost generirane kutne brzine koja je bila posljedica nagiba i lučnog dijela zaleta, te je u konačnici uvijek u funkciji optimalnog tehničkog izvođenja uvinuća i rotacije tijela prilikom prijelaza letvice. Pooštravanjem krivulje može se očekivati povećanje vertikalne brzine OCT.

Blažević, Antekolović i Mejovšek (2006) su u longitudinalnoj studiji analizirali biomehaničke parametre sedam skokova vrhunske Hrvatske skakačice u vis, i to u razdoblju od tri godine od 2000. do 2003. godine. Da bi se utvrdili osnovni kinematički parametri skoka u vis, odnosno kinematički parametri koji imaju najveću povezanost s visinom skoka, izračunate su korelacije prosječnih vrijednosti kinematičkih parametara iz svih mjerenja s visinom skoka. Osnovni kinematički parametri su bili: visina leta težišta tijela (H2), vertikalna brzina težišta tijela na kraju odraza (VVETO), visina kukova iznad letvice (HHIP), kut odraza (ANTO), trajanje odraza (DTO), kut ulaska u odraz (ANETO), maksimalna visina težišta tijela u trenutku prelaska preko letvice (CGMAX), horizontalna brzina težišta tijela pretposljednjeg (drugog) koraka zaleta (HV2RU). Dobiveni rezultati potvrdili su dosadašnje spoznaje o povezanosti dobivenih osnovnih kinematičkih parametara s visinom skoka te ukazuju na to kako uspješnost skakača u vis nedvojbeno ovisi o brzini zaleta, izvođenju odraza te optimalnoj trajektoriji leta.

Analizom kinematičkih parametara svih skokova utvrđeno je kako vrijednosti rezultata svih kinematičkih parametara variraju s povećanjem visine skoka. Kinematički parametri, koji su imali najveći varijabilitet rezultata s obzirom na visinu skoka jesu: duljina drugog (pretposljednjeg) koraka zaleta (SD=18,90), udaljenost težišta tijela od ravnine letvice pri postavljanju odrazne noge (SD=15,24), udaljenost odraza (prstiju) od ravnine letvice (SD=11,78) i dužina posljednjeg koraka zaleta (SD=11,11). Najmanji varijabilitet rezultata je imao kinematički parametar trajanje odraza, odnosno vrijeme kontakta odrazne noge s podlogom.

King, Wilson i Yeadon (2006) su računalnim simulacijskim modelom pomoću kinetičkih i kinematičkih varijabli procijenili fazu kontakta u trčanju kod skoka u vis. Kinetički i kinematički parametri dobiveni su snimanjem zaleta vrhunskog skakača u vis. Sile reakcije podloge snimljene su tijekom faze kontakta pomoću ploče za mjerenje sila. Generator momenta aktivacije vremenski se je mijenjao kako bi se smanjila razlika između simulacije i izvedbe u smislu kinematičkih i kinetičkih varijabli. Dobivena je razlika od 6,6 % među simulacijom snimljenih podataka. Najveća dostignuta visina CT u fazi leta pri različitim vremenskim aktivacijama momenta aktivacije rezultiralo je vjerodostojnim povećanjem visine od 90 mm u usporedbi s odgovarajućom simulacijom. Ovi rezultati upućuju kako je model dovoljno složen i kako je u mogućnosti dati realnu sliku simulacijom trčanja kod skoka u vis.

Frosio, Girlanda, Botton, Sibella i Borghese (2006) su istražili povezanost kinematičkih i kinetičkih parametara te analizirali načine tehničke izvedbe skokova kod vrhunskih skakačica u vis. Skokovi triju vrhunskih skakačica u vis analizirani su tijekom dvoranskog trenažnog perioda. Izvršena je kvantitativna analiza pokreta u sljedećim kinetičkim lancima tijela: glava, podlaktice (2), ruke (2), gornji i donji dio trupa, trbuh, bedra (2), donji dio nogu (2) i stopala (2). Položaji dijelova ekstremiteta izračunati su iz "3D" pozicije markera. Rezultati pokazuju kako skakačice na različite načine izvode skokove što je povezano s različitim vrijednostima kutne brzine, različitim kutnim odnosima i vremenskim intervalima. Autori zaključuju kako razlike leže u usvojenosti motoričkih programa tijekom učenja.

Isolehto, Virmavirta, Kyröläinen i Komi (2007) su izvršili biomehaničku analizu skokova trinaest skakača uvis finalista atletskog prvenstva svijeta 2005. godine u Helsinkiju. Cilj je istraživanja bio utvrditi kako najviša visina CT skakača tijekom faze leta ovisi o biomehaničkim parametrima, te unaprijediti spoznaje o uspješnosti skoka u vis. Izračunate su vrijednosti sljedećih biomehaničkih parametara: Visina CT u trenutku dodira stopala odrazne noge s podlogom, visina CT u trenutku napuštanja odrazne noge od podloge, najviša točka faze leta,

postotci ovih varijabli u odnosu na visinu tijela, vertikalna i horizontalna brzina, u fazi početka i u fazi završetka odraza, promjene brzine tijekom odraza, dužine zadnjih koraka, kutovi u odraznoj nozi tijekom faza početka i kraja odraza. Rezultati analize govore kako vertikalna brzina i visina CT u trenutku završetka odraza najviše određuju visinu skoka (r = 0.75). Najvažniji faktor povezan s vertikalnom brzinom je niža pozicija CT u trenutku dodira stopala s podlogom (r = -0.70) Visina CT tijekom dodira odrazne noge o podlogu povezana je s radom ruku više nego s ostalim obilježjima. Čvrstoća u koljenom zglobu presudna je kod brzih skakača koji vjerojatno skladište više elastične energije u mišićno ligamentnom aparatu, nego skakači snažnog flopa čija izvedba faze odraza je više bazirana na koncentričnoj fazi. Autori zaključuju kako je tehnička izvedba skoka individualno povezana s antropološkim obilježjima skakača, te nema jedinstvene tehnike dosizanja uspješnih rezultata.

Čoh i Supej (2008) su na skokovima jednog vrhunskog skakača u vis izvršili biomehaničku analizu kinetičko kinematičkih parametara. Ukupno je izmjereno i obrađeno 49 parametara. Prema zaključcima samih autora, kako se radi samo o jednom skakaču, rezultati istraživanja ne mogu se generalizirati, ali mogu poslužiti kao teoretska i praktična podloga za biomehanička istraživanja u modeliranju tehnike skoka u vis. Autori zaključuju kako uspješnost skoka u vis ovisi najviše o pravilnosti tehničke izvedbe odraza. Efikasnost odraza najvećim će dijelom ovisiti o horizontalnoj brzini u početku odraza, te o vertikalnoj brzini na kraju odraza. Rezultati istraživanja pokazuju kako se najveća sila reakcije podloge u fazi odraza razvila u ekscentričnoj fazi odraza, vertikalna sila reakcije podloge bila je pet-šest puta veća u odnosu na težinu skakača, u koncentričnoj fazi odraza najveća sila reakcije podloge bila je 9 % manja, također su izmjerili veliku sili reakcije podloge u horizontalnom i lateralnom smjeru kod skočnog zgloba u fazi odraza.

Ae, Nagahara, Ohshima, Koyama, Takamoto i Shibayama (2008) su izvršili "3D" biomehaničku analizu skokova finalista na prvenstvu svijeta 2007. godine koje se održalo u Osaki, Japan. Snimljeni su i analizirani skokovi 15 finalista. Autori navode kako su prva tri natjecatelja, to jest nosioci medalja, ostvarili istovjetnu visinu 2.35 m, s izuzetno različitim tehničkim obilježjima u izvedbi same tehnike. U sklopu ostalih provedenih studija autori izvješćuju o obilježjima biomehaničkih parametara kod nosioca medalja. Opisane su i analizirane faze završnog dijela zaleta, faza odraza, opisana su obilježja općeg centra težišta (OCT) skakača, vremenska obilježja faze odraza, nagnutost tijela u sagitalnoj i frontalnoj ravnini, kutovi u zglobu koljena. Naglašavaju neobičnu tehničku izvedbu pobjednika Donalda Thomasa koju opisuju kao košarkaški skok šut, neobično efikasno suručno zamahivanje u fazi

odraza, skoro vertikalna pozicija u fazi odraza te visoko podignuto bedro zamašne noge pri odrazu.

Martins, Carvahlo i Conceicao (2010) su temeljem rezultata sile reakcije podloge dali opis faze odraza skoka u vis, i opisali različitost obavljanja faze odraza. Devet skakača u vis, različite dobi (18,7 ±3,7 godina, visine 1,81±0,07 m, tjelesne mase 71±6,7 kg, osobni rekord 1,91± 0,2 m) sudjelovalo je u ovoj studiji. Ploča za mjerenje sila (Bertec 4060-15) bila je postavljena na mjesto odraza. Ploča za mjerenje sila bila je sinkronizirana s kamerom velike brzine snimanja (1000 Hz). Skakači su bili uspješni na visinama od 1,75 m do 2,05 m s prosjekom visine skokova od 183± 0,13 m. Prosječno vrijeme odraza iznosilo je 0,19 s±0,02 s uz najmanju vrijednost odraza od 0,169 s, i najveću vrijednost odraza od 0,228 s. Prosječna vrijednost od 40,5^{o} ±10,2^{o} izmjerena je između stopala i linije letvice. Vertikalna sila varirala je između 1170 N i 4110 N. Uočena su dva različita profila vertikalne sile, s dva vrha i s tri vrha sile. Najviše vrijednosti sila s dva vrha iznosile su 2920,0 ± 371,2 N, i 3027,8 ±445,9 N. Vrijednosti sila s tri vrha iznosile su 3400,8 ±404,7 N, 3118,1 ±460,7 N i 2605,5 ±257,6 N. Anterio-posteriorna sila iznosila je od 2418 N za fazu usporavanja i 152 N za fazu ubrzanja. Ove vrijednosti imale su negativan predznak. Medio-lateralna sila iznosila je između 1026 N i -589 N. Autori zaključuju kako su prezentirani podatci manji od onih koji se mogu naći u literaturi te zaključuju kako je tome razlog manji broj kvalitetnih skokova na većoj visini. Rezultati pokazuju kako se neke značajke koje proizlaze iz zaleta mogu promatrati i u fazi odraza. Pri pravilno izvedenom lučnom dijelu zaleta komponente anterio-posteriorna sila uvijek ima negativan predznak, što znači kako se ne stvara dodatna sila.

Pokreti zamašne noge i ruku procijenjeni su kroz promjenu u predznaku medio-lateralnu komponente sile. Iako je veličina intenziteta sile niska, ona je važna za razumijevanje pokreta slobodnih udova. Fazu odraza moguće je promatrati kroz vrijednost vertikalne sile reakcije podloge. Kada se vrijeme pojavljivanja najvećih i najmanjih vrijednosti osobito ističe u vertikalnoj i medio-lateralnoj komponenti sile to asocira na efikasnu fazu odraza. Antero-posterior komponenta slična je u svim profilima. Promatrajući medijalno-lateralnu komponentu sile uočene su velike varijacije, što sugerira na različitost u izvođenju faze odraza. Glavni zaključci ovog rada su kako se sila reakcije podloge može koristiti procjenu tehničke izvedbe faze odraza, te kako svaki skakač posjeduje specifična obilježja u fazi odraza.

Khan, Hussain i Mohammad (2013) su izvršili biomehaničku analizu brzine pojedinih zglobova tijela i utjecaj tih parametara na uspješnost u skoku u vis. Dvanaest skakača izvelo je po tri skoka, te su izvršena snimanja i analiza tih skokova. Analizirane su brzine u skočnom

zglobu, zglobu koljena, zglobu kukova, ramenom i u zglobu lakta. Korelacijski koeficijenti su se koristili za uspostavljanje odnosa između biomehaničkih varijabli i visine skoka. Rezultati istraživanja pokazali su kako postoji značajna veza između brzine skočnog zgloba, brzine zgloba kuka, brzine ramenog i brzine u zglobu lakta s visinom skoka, te beznačajna povezanost između brzine u zglobu koljena i efikasnosti u visini skoka. Na temelju dobivenih rezultata autori zaključuju kako brzine u različitim zglobovima sustava imaju utjecaj na uspješnost skoka u vis.

Becker, Kerin i Chou (2013) su istražili utjecaj devijacija u realizaciji lučnog dijela zavoja skoka u vis. Snimljeno je i analizirano četrdeset skokova koji su izvedeni tijekom američkih izlučnih natjecanja 2012. godine. Rezultati istraživanja pokazali su kako se skoro svi izvedeni skokovi odlikuju jednim oblikom odstupanja od radijusa kretanja, kod skakača je to uočeno najčešće kod osmog koraka, dok je to kod skakačica bilo kod predzadnjeg koraka. Autori zaključuju kako su odstupanja u odnosu na radijus kretanja česta kod skakača u vis. Dok ta odstupanja mogu pomoću u produkciji veće vertikalne brzine, vjerojatno je kako se kroz smanjenje rotacije tijekom odraza povećava putanja leta preko letvice, ali to može smanjiti tehničku efikasnost prijelaza letvice. Ovi rezultati sugeriraju trenerima i sportašima kako moraju pronaći adekvatan omjer između vertikalne brzine i rotacije. Analiza rezultata također sugerira kako je potrebno posvetiti pažnju prijelazu iz ravnog u lučni dio zaleta jer u konačnici to ima utjecaj na efikasnost pripreme za odraz.

Bermejo, Palao i Elvira (2011) su u svom radu istražili kako je faza odraza skoka u uvis povezana s uzrastom skakača. 3D analizom odredili su biomehaničke parametre uzrasta skakača od 13 do 15 godina, 17 do 18 godina i 18 do 34 godine. Promatrane varijable bile su: horizontalna brzina općeg centra težišta CT u trenutku postavljanja odrazne noge, kut u koljenom zglobu u trenutku postavljanja odrazne noge na podlogu, kut postavljanja noge u trenutku početka odraza, visina CT u trenutku postavljanja noge na podlogu, te kut odraza. Promatrane tri grupe skakača uspoređene su ANOVA analizom, te je za svaku varijablu određene korelacija s visinom CT. Statistički značajne razlike uočene su kod horizontalne brzine CT u fazi postavljanja odrazne noge, visinom CT u trenutku postavljanja odrazne noge na podlogu, dok ostale promatrane varijable nisu pokazale statistički značajnu razliku. Autori zaključuju kako mlađi skakači koriste sličnije obrasce izvedbe tehnike, dok kod starijih skakača to nije slučaj, što može biti pogrešno jer bi se u izvedbi trebali prilagoditi svojim sposobnostima.

Goldmann, Braunstein, Heinrich, Sanno, Stäudle, Ritzdorf, Brüggemann i Albracht (2015) su proveli istraživanje s ciljem procjene kinematičkih i kinetičkih obilježja donjih

ekstremiteta tijekom skoka. Sedam skakača uvis snimano je za vrijeme skokova kamerama velike brzine, te je u istraživanju korištena ploča za mjerenje sila (Kistler 1200 Hz). Za procjenu mehaničkog rada promatrane su sile u metatarzalnim falangama, skočnom zglobu i zglobu koljena. Rezultati istraživanja pokazuju kako je apsorpcija energije kod koljenog zgloba dvostruko veća nego kod skočnog zgloba ($p < 0,05$). Nije bilo statistički značajne razlike ($p > 0,05$) u proizvodnji energije između koljena i skočnog zgloba, ali kod skočnog zgloba stvara se više energije nego što apsorbira ($p < 0,05$).

Adashevskiy, Iermakov i Marchenko (2013) su temeljem proučavanja i analizom znanstvene i stručne litarature oblikovali i odredili glavna biomehanička obilježja skoka u vis. Uspješnost skoka u vis ovisit će o racionalnim biomehaničkim obilježjima koja će se moći optimalno realizirati. Brzina trčanja, kut i brzina odraza, položaj CT u fazi odraza, brzina CT u fazi odraza, tehnika prelaza letvice. Brzinu CT u fazi odraza kao i kut odraza označavaju kao najbitnija obilježja skoka u vis. Brzina CT u fazi odraza rezultat je brzine vertikalne i horizontale komponente brzine u fazi odraza. Sasvim je sigurno kao ispunjavanje ovih uvjeta osigurava rezultatsku uspješnost.

Khan i Hhussain (2014) su istražili utjecaj brzine zglobova tijekom zaleta na rezultatsku uspješnost. Uzorak ispitanika sačinjavali skokovi 12 skakača u vis. Svaki skakač izveo je tri skoka, i daljnjom analizom uzet je po jedan uspješan skok. Digitalizacija dobivenih podataka urađena je uz pomoć *Silicon Trener Pro7 softvera*. Kinematičke varijable izabrane za proučavanje bile su brzina skočnog zgloba, brzina zgloba koljena, brzina zgloba kuka, brzina ramenog zgloba i brzina u zglobu lakta. Koeficijenti korelacije određeni su kako bi se uspostavili odnosi između biomehaničkih varijabli i visine skoka. Rezultati istraživanja pokazuju kao postoji značajna povezanost između brzine skočnog zgloba, brzine kukova, brzine ramena i brzine zgloba lakta. Nije utvrđena povezanost između brzine zgloba koljena i visine skoka. Na temelju dobivenih rezultata zaključeno je kako brzina različitih zglobova tijekom faze zaleta ima utjecaj na visinu skoka

Panoutsakopoulos i Kollias (2012) su izvršili biomehaničku studiju skokova sedam vrhunskih skakačica koje su nastupile na europskom premium atletskom mitingu "Thessaloniki 2009". Skokovi su snimani s tri kamere. Kinematički parametri zadnja dva koraka, faze odraza i faze prelaska letvice obrađeni su odgovarajućim programima i prezentirani. Rezultati istraživanja pokazuju kako su četiri skakačice koristile suručni zamah rukama, dok su tri imale jednoručni zamah. Analizom skokova uočeno je nekoliko tehničkih nedostataka: nedovoljan nagib unazad prilikom postavljanja stopala odrazne noge, nepotpuno opružanje u zglobu koljena u fazi

završetka odraza, neefikasan rad zamašne noge, nepotpuna vertikalnost tijekom faze odraza, nepravilan zamah rukama. Temeljem analize biomehaničkih parametara autori zaključuju sljedeće: u prezentiranim skokovima uočljiva je blaga dominacija suručnog zamaha rukama, slične vrijednosti parametara u zadnjem koraku (horizontalna brzina, dužina koraka, kut postavljanja stopala), visina CT slična kao i kod prethodnih istraživanja, nedovoljno pretvaranje horizontalne brzine u vertikalnu brzinu CT pri odrazu, naglašeno usporavanje slobodnih ekstremiteta prilikom odraza, uočena varijabilnost između kuta u zglobu koljena odrazne noge i brzine CT, nedovoljan nagib unazad, nepotpuno opruženje u zglobu koljena odrazne noge u fazi odraza, preveliki kut odraza, tehnički neučinkovito prelaženje letvice. Autori generalno naglašavaju kako je potrebno usavršiti tehničke elemente faze odraza i prelaska letvice.

4. CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj ovog istraživanja bit će analiza kinematičkih i kinetičkih parametara, te utvrđivanje njihovog utjecaja na najveću visinu točke sakruma (Sak) i na razliku između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) u dohvatnim skokovima koje su izvele na tri različita načina, tri skakačice u vis različite kvalitativne razine.

Sukladno postavljenom temeljnom cilju moguće je postaviti sljedeće parcijalne ciljeve istraživanja:

1.Utvrditi relacije između kinematičkih i kinetičkih parametara i najveće visine točke sakruma (Sak) i vrijednosti varijabe (Sak1) za skokove izvedene iz tri koraka zaleta.

2.Utvrditi relacije između kinematičkih i kinetičkih parametara i najveće visine točke sakruma (Sak) i vrijednosti varijabe (Sak1) za skokove izvedene iz pet koraka zaleta.

3.Utvrditi utjecaj kinematičkih i kinetičkih parametara na najveću visinu točke sakruma (Sak) i varijablu sakrum (Sak 1) kod skokova izvedenih dubinskim načinom.

4.Utvrditi koje varijable razlikuju načine izvedbe skokova.

Hipoteze

Za ostvarivanje ciljeva definirane su sljedeće alternativne hipoteze:

H 1 − postoji statistički značajan utjecaj kinematičkih i kinetičkih parametara na najvišu visinu točke sakruma (Sak) i varijablu (Sak1) za skokove iz tri koraka zaleta.

H 2 − postoji statistički značajni utjecaj kinematičkih i kinetičkih parametara na najveću visine točke sakruma (Sak) i vrijednost varijabe (Sak1) za skokove izvedene iz pet koraka zaleta.

H 3 − postoji statistički značajni utjecaj kinematičkih i kinetičkih parametara na najveću visine točke sakruma (Sak) i vrijednost varijabe (Sak1) za skokove izvedene dubinskim načinom.

H4 – Određene kinematičko-kinetičke varijable razlikuju načine izvođenja skokova.

5. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Problem ovog istraživanja je proučavanje i utvrđivanje relacija kinematičkih i kinetičkih parametara kod specifičnih vježbi odraza u skoku u vis. Rezultati analize određenih kinematičkih i kinetičkih varijabli, te njihove odnose tijekom realizacije samog odraza, kao i pojavnosti sila, ponudit će mogući odgovor o postojanju generalnog tehničkog obrasca koje skakačice u vis rabe u svojim izvedbama. Dovoljan broj entiteta (dohvatnih skokova) omogućit će utvrđivanje relacija između tri skupa varijabli mjerenih na istom skupu entiteta. Vjerodostojnost kvalitete istraživanja osigurana je natjecateljskim kvalitetama izvedbe skakačica čiji je raspon natjecateljskih mogućnosti od kvalitetne mlađe juniorke, preko juniorke, finalistice Europskog i Svjetskog juniorskog prvenstva, do kvalitetne seniorke osvajačice medalje na seniorskom prvenstvu Europe. Za potrebe ovog istraživanja odabrani su svi uspješni pokušaji svake skakačice na tri dalje opisane izvedbe dohvatnih skokova. Sasvim mali detalji motoričkog obrasca ključnih elemenata tehnike kod skoka u vis mogu imati velik doprinos u povećanju učinkovitosti i optimizaciji individualne izvedbe pojedine skakačice. Stoga bi se i rezultati ovog istraživanja potencijalno mogli primijeniti u treningu.

6. METODE RADA

6.1. Uzorak entiteta

Uzorak entiteta za ovo istraživanje činili su dohvatni skokovi koje su izvele tri skakačice u vis različite kvalitativne razine. Skakačica seniorskog uzrasta je među prvih dvadeset skakačica na europskim tablicama s osobnim rekordom od 199 cm. Skakačica juniorskog uzrasta je među prvih 10 skakačica juniorskog uzrasta u Europi, s osobnim rekordom od 183 cm, te skakačica mlađeg juniorskog uzrasta s osobnim rekordom od 171 cm. Svaka od skakačica izvela je po 15 skokova na tri različita načina, te su ti skokovi u svojim kinematičkim i kinetičkim obilježjima bili predmetom istraživanja i analize. Skokovi su se izvodili na tri načina, i to:

1. dohvatni skok glavom iz tri koraka (3 koraka);
2. dohvatni skok glavom iz pet koraka (5 koraka);

3. dohvatni skok glavom iz mirovanja, u uvjetima dubinskog skoka pri čemu se vrši saskok s klupice visine 40 cm na mjesto odraza (dubinski skok).

Tablica 9. *Broj skokova i načini izvođenja skokova*

	Seniorka	Juniorka	Mlađa juniorka	
3 koraka	17	15	15	47
5 koraka	15	16	15	46
Dubinski skok	17	16	15	48
Ukupno	49	47	45	141

Sveukupno je izvedeno 141 skok, i to sa zaletom od tri koraka izvedeno je 47 skokova, zaletom iz pet koraka izvedeno je 46 skokova, te je dubinskim načinom izvedeno 48 skokova.

6.2. Opis načina izvođenja skokova

Kako se radilo o skokovima koji su izvedeni u laboratorijskim uvjetima, morali su se u svojoj izvedbi prilagoditi prostornim ograničenjima. U početnoj zamisli je bilo predviđeno izvođenje dohvatnog skoka rukom, ali to nije bilo moguće izvesti zbog nedovoljne visine samog stropa prostorije gdje je predviđeno mjerenje. Modifikacija je izvršena na način što su se skokovi realizirani kroz dohvat glavom ili pogledom preko elastične vrpce koja je razapeta na mjestu gdje je inače predviđena letvica, samo na visini od 240 do 260 cm. Sama visina razapete vrpce nije čvrsto definirana, te ju je bilo moguće prilagoditi načinima izvedbe skokova. Skakačice su izvele skok što sličniji skoku u stvarnim uvjetima, to jest u početnom položaju 90° u odnosu na letvicu (elastičnu vrpcu), i kroz tri i kroz pet koraka nastojale su što bolje realizirati lučni dio zaleta shodno stvarnim uvjetima, te su izvršile pokret zamašnom nogom što sličnije pokretu u stvarnom skoku kao kod prelaska preko letvice i doskočile su sunožno okrenute leđima letvici. Kod realizacije dubinskog skoka iz mirovanja skakačice će, stojeći na klupi visine 40 cm, iz jednog koraka realizirati skok na način što će se odraziti sa zamašne noge stojeći na klupi i izvesti dohvatni skok odrazom s platforme za mjerenje sile, jasno, ovim načinom neće postojati lučni dio zaleta, ali će se u skoku postaviti stopalo odrazne noge što sličnije stvarnom uvjetima, izvršiti zamah i također doskočiti okrenuto leđima letvici (elastičnoj vrpci). Udaljenost klupe od mjesta odraza na platformi za mjerenje sila, određena je prema individualnim obilježjima skakačica. Kako je mjesto odraza bilo unaprijed određeno (platforma

za mjerenje sile), skakačice su u pripremnim skokovima izmjerile svoje zalete, te su imale probne skokove s unaprijed označenim mjestom odraza. U pripremi ovog istraživanja izvršeno je pilot istraživanje gdje je vrhunska juniorska skakačica izvodila skokove opisane na ovaj način, te je zaključak meritornih stručnjaka bio kako je uz sitne preinake moguće izvesti ovakvo istraživanje.

U ovom istraživanju izmjerene su određene kinematičke i kinetičke varijable. Kao kriterijske varijable, izabrane su dvije kinematičke varijable. Prva varijabla je bila najviša dostignuta vrijednost točke sakruma u fazi leta (Sak). Ta varijabla bi bila najbliža u svojoj izvedbi aproksimaciji varijable koja je prisutna u svim biomehaničkim istraživanjima, a to je najviša točka CT u trenutku najviše točke u stvarnim natjecateljskim uvjetima. Kako se radi o istraživanju koje je proveden u laboratorijskim uvjetima, a s ciljem poništavanja utjecaja antropometrijske varijable longitudinalnosti, predložena je i druga kriterijska varijabla (Sak1), a to je bila razlika između visine točke sakruma (Sak2) u trenutku kraja faze odraza i najviše vrijednosti točke sakruma (Sak) u fazi leta.

6.3. Kriterijske varijable

Tablica 10. *Kriterijske varijable*

Naziv varijable	kratica	mjerna jedinica
1. Najviša vrijednost točke sakruma u fazi leta	Sak	cm
2. Razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke "sakruma" tijekom leta	Sak1	cm

6.4. Kinetičke prediktorske varijable

Tablica 11. *Kinetičke prediktorske varijable*

Naziv varijable	kratica	mjerna jedinica
1. Najveća vertikalna sila reakcije podloge Fy	Fy	N
2. Najveća horizontalna sila reakcije podloge Fx	Fx	N
3. Najveća transverzalna sila reakcije podloge Fz	Fx	N
4. Vertikalni impuls sile Fiy	Fiy	Ns
5. Horizontalni impuls sile Fix	Fix	Ns
6. Transverzalni impuls sile FIz	Fiz	Ns

7. Promjena vertikalne brzine izračunata iz impulse sile ΔVy	ΔVy	Ns
8. Promjena horizontalne brzine izračunate iz impulse sile ΔVx	ΔVx	Ns
9. Promjena transverzalne brzine izračunate iz impulse sile ΔVz	ΔVz	Ns
10. Najveća vrijednost vertikalnog momenta sile MFy	MFy	Nm
11. Najveća vrijednost horizontalnog momenta sile MFx	MFx	Nm
12. Najveća vrijednost transverzalnog momenta sile MFz	MFz	Nm

6.5. Kinematičke prediktorske varijable

Tablica12. *Kinematičke prediktorske varijable*

Naziv varijable	kratica	mj. jed.
1.Vrijeme dostizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge t.Fy	tFy	s
2. Vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge t. Fx	tFx	s
3. Vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile reakcije podloge t. Fz	tFz	s
4. Vrijeme kontakta s podlogom t. K.P.	t.K.P.	s
5. Vertikalna akceleracija faze odraza ay	ay	m/s^2
6. Horizontalna akceleracija faze odraza ax	ax	m/s^2
7. Transverzalna akceleracija faze odraza az	az	m/s^2
8. Komponenta aproksimacije vertikalne početne brzine točke sakruma	ver.br.Sak	m/s
9. Visina točke sakruma na kraju faze odraza	Sak2	cm
10. Vremenski interval između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza i najviše točke sakruma tijekom leta	tSak2-Sak	s

Istraživanje je provedeno u laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Snimanje skokova izvršeno je uporabom automatiziranog 3D kinematičkog mjernog sustava „ELITE“, talijanske firme Bioengineering Technology & Systems (BTS), koji uključuje 8 kamera i sinkroniziran je s platformom za mjerenje sile „KISTLER“, švicarske proizvodnje, sve spojeno na računalo. Rezultati su bili obrađeni s pomoću standardiziranih namjenskih programskih paketa Smart Analyser (obrada signala).

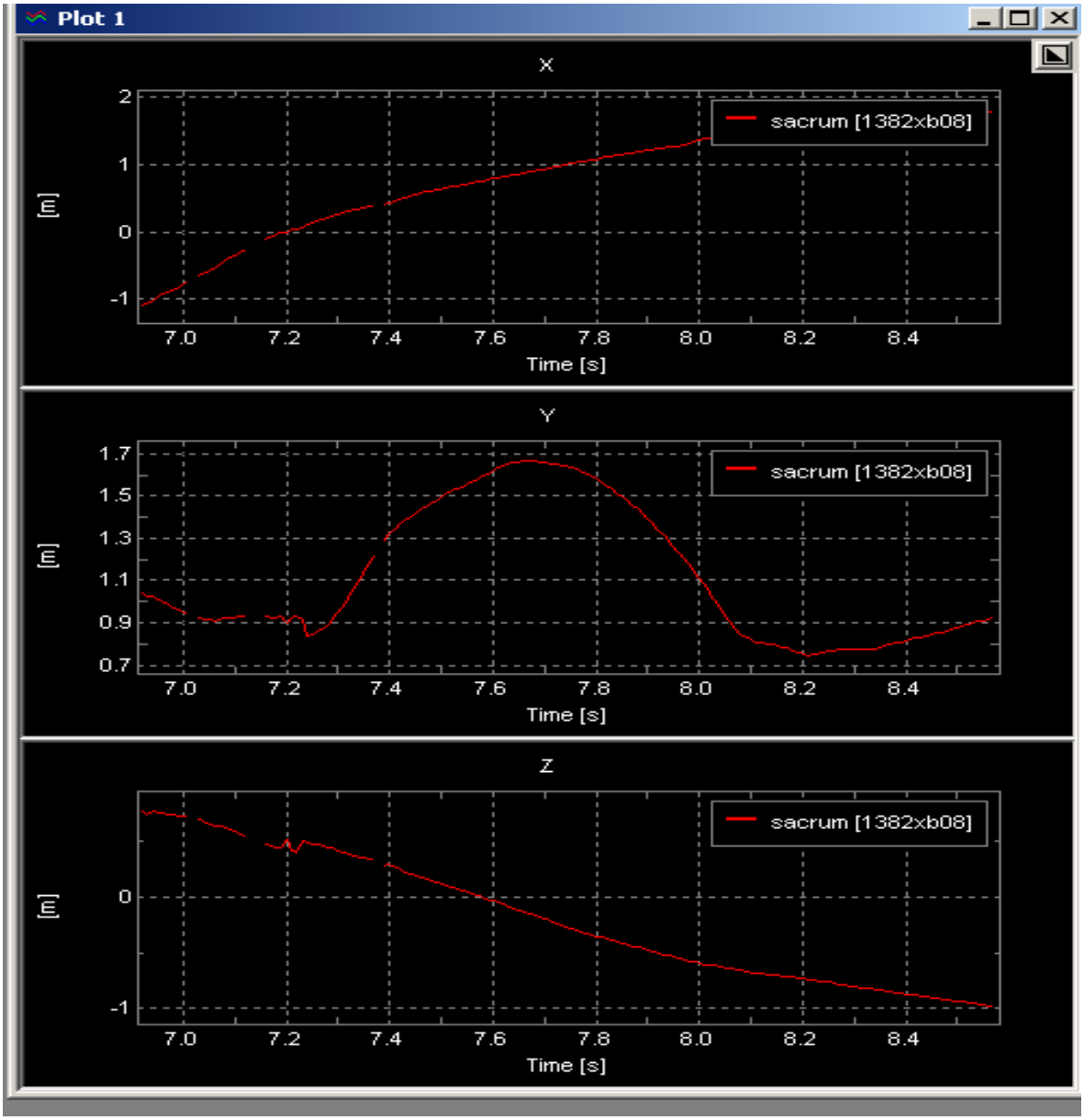
6.6. Načini izračunavanja vrijednosti kriterijskih varijabli



Slika 9. *Način na koji su postavljene reflektirajuće markacije, i mjesto na kojem je postavljena točka sakruma. (točka u sredini kičmenog stupa nešto iznad sredine zdjelice)*

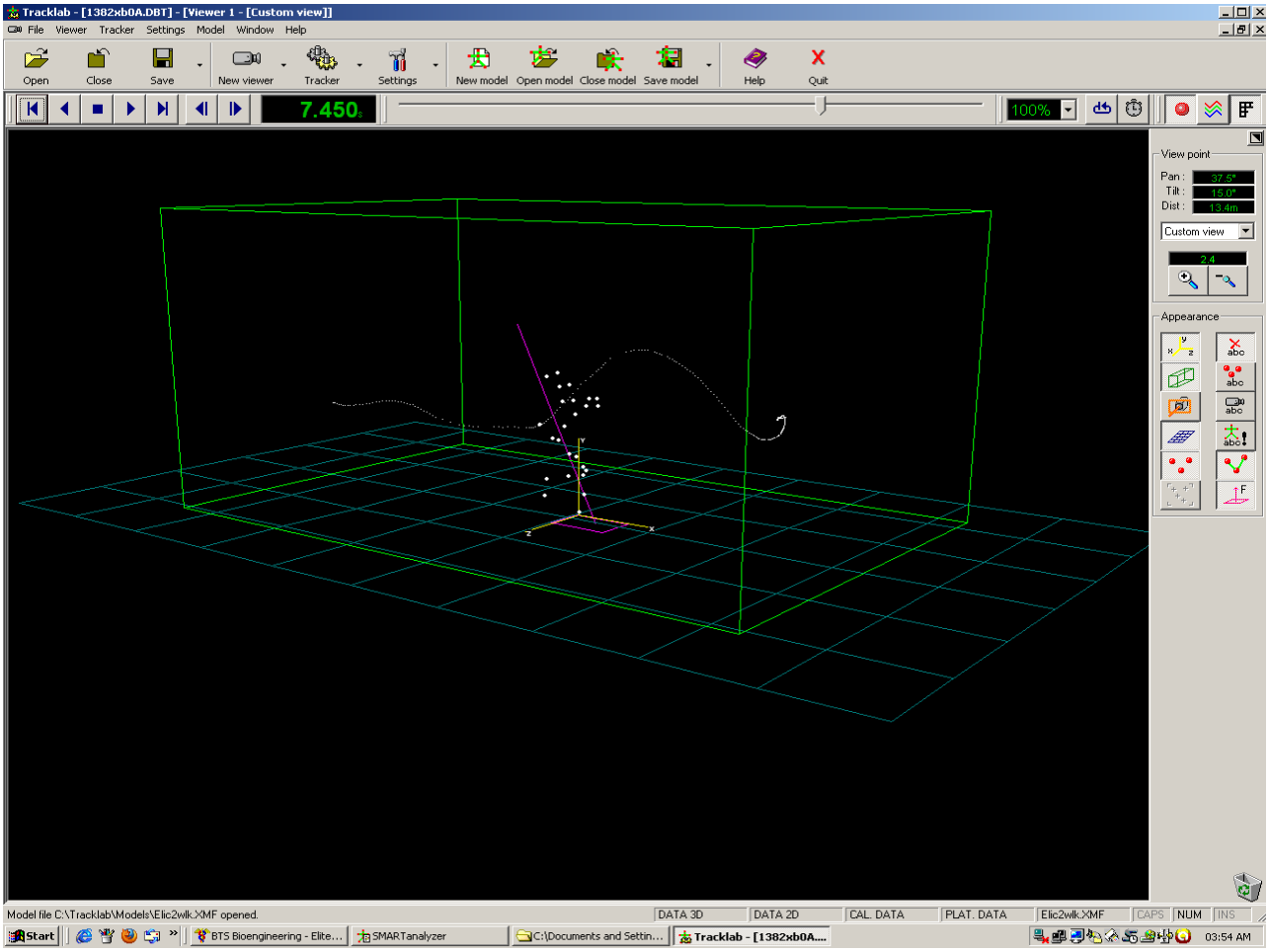
6.6.1. Najviša vrijednost točke sakruma u fazi leta (Sak)

Kriterijska varijabla najviša vrijednost točke sakruma dobivena je tehnikom digitalnog 3D snimanje pokreta. Infracrveni optoelektronički mjerni sustavi vrše prikupljanje podataka, a sama analiza temelji se na njihovu pronalaženju i trodimenzionalnoj rekonstrukciji pasivnih markera koji su postavljeni na zadane anatomske točke. Na taj način je bilo moguće pročitati najveću vrijednost točke sakruma u fazi leta.



Slika 10. *Trajektorije točke sakruma (Sak) tijekom faze odraza. Prikazane su trajektorije točke sakruma u longitudinalnoj (x) vertikalnoj (y), transverzalnoj (z) putanji točke sakruma.*

6.6.2. Razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta - (Sak1)



Slika 11. *Prikaz trajektorije točke sakruma u 3D prostoru. 3D prikaz položaja markera, kao i prostorno vremenski prikaz putanje markera točke sakruma.*

Kako je BTS SMART Analyzer program koji vrši biomehaničku analizu pokreta s trodimenzionalnim kinematičkim podacima, video i analognim podacima koji se prikupljaju na platformi sila, bilo je moguće točno odrediti trenutak završetka faze odraza, a to je ustvari trenutak kada više nije bilo signala s platforme za registraciju sila. Očitavanjem vrijednosti točke sakruma u tom trenutku dobivena je i visina točke sakruma u trenutku završetka faze odraza. Razlika između najviše vrijednosti točke sakruma u fazi leta i vrijednosti točke sakruma u fazi završetka odraza je ustvari kvantitativna vrijednost faze odraza izražena u centimetrima.

6.6.3. Načini izračunavanja Kinetičkih prediktorskih varijabli

1. **Najveća vertikalna sila reakcije podloge (Fy)**. Varijabla najveća vertikalna sila reakcije podloge Fy očitana je direktno s matrice podataka za vertikalnu silu koju je registrirala ploča za mjerenje sila.
2. **Najveća horizontalna sila reakcije podloge (Fx).** Varijabla najveća vrijednost horizontalne sile reakcije podloge Fx očitana je direktno s matrice podataka za horizontalnu silu koje je registrirala ploča za mjerenje sila.
3. **Najveća transverzalna sila reakcije podloge (Fz).** Varijabla najveća transverzalna sila reakcije podloge Fz očitana je direktno s matrice podataka za transverzalnu silu koju je registrirala ploča za mjerenje sila.
4. **Vertikalni impuls sile u fazi odraza (Fiy).** Impuls sile je u mehanici vektorska fizikalna veličina određena (definirana) kao umnožak sile i vremena tijekom kojeg je ta sila djelovala. Matematički se računa kao I = Ft. Međutim kako se u ovom istraživanju radi o pojavnosti sila koje nemaju obilježje linearnosti, impuls sile je bilo potrebno odrediti u integralnom obliku, jer je sila funkcija vremena (tijekom vremena od trenutka t_0 do t_1). Vrijednost impulsa sile dobivena je prema formuli **Fiy=** $\int_{t0}^{t1} \boldsymbol{Fydt}$
5. **Horizontalni impuls sile u fazi odraza (Fix)**. Vrijednost varijable horizontalni impuls sile dobivena je također prema istoj formuli za računanje površine ispod grafa sile koja nije konstantna **Fix=** $\int_{t0}^{t1} \boldsymbol{Fxdt}$
6. **Transverzalni impuls sile u fazi odraza (Fiz).** Vrijednost varijable transverzalni impuls sile dobivena je također prema istoj formuli za računanje površine ispod grafa sile koja nije konstantna **Fiz=** $\int_{t0}^{t1} \boldsymbol{Fzdt}$
7. **Promjena vertikalne brzine u fazi odraza izračunata iz impulse sile (ΔVy).** Vrijednost varijable promjena vertikalne brzine izračunate iz vrijednosti vertikalnog impulsa sile dobivena je izrazom $\boldsymbol{\Delta vy = \int_{t0}^{t1} Fydt/m}$
8. **Promjena horizontalne brzine u fazi odraza izračunata iz impulse sile (ΔVx).** Vrijednost varijable promjena horizontalne brzine izračunate iz vrijednosti horizontalnog impulsa sile dobivena je izrazom $\boldsymbol{\Delta vh = \int_{t0}^{t1} Fxdt/m}$
9. **Promjena transverzalne brzine u fazi odraza izračunata iz impulse sile (ΔVz).** Vrijednost varijable promjena transverzalne brzine izračunate iz vrijednosti transverzalnog impulsa sile dobivena je izrazom $\boldsymbol{\Delta vz = \int_{t0}^{t1} Fzdt/m}$

10. Najveća vrijednost varijable **vertikalni moment sile u fazi odraza (MFy)** očitana je direktno s matrice podataka za vertikalni moment sile koju je registrirala ploča za mjerenje sila.
11. Najveća vrijednost varijable **horizontalni moment sile u fazi odraza (MFx)** očitana je direktno s matrice podataka za horizontalni moment sile koju je registrirala ploča za mjerenje sila.
12. Najveća vrijednost varijable **transverzalni moment sile u fazi odraza (MFz)** očitana direktno s matrice podataka za transverzalni moment sile koju je registrirala ploča za mjerenje sila.

6.6.4. Načini izračunavanja Kinematičkih prediktorskih varijabli

1. **Vrijeme dostizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge (tFy)** Vrijednost varijable vrijeme dostizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge t.Fy očitana je direktno s matrice podataka koju je očitala ploča za mjerenje sila.
2. **Vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge (tFx)** Vrijednost varijable vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge t.Fx očitana je direktno s matrice podataka koju je očitala ploča za mjerenje sila.
3. **Vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile reakcije podloge (tFz)** Vrijednost varijable vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile reakcije podloge t.Fz očitana je direktno s matrice podataka koju je očitala ploča za mjerenje sila.
4. **Vrijeme kontakta s podlogom (t.K.P.)** Vrijednost varijable vrijeme kontakta s podlogom očitano je direktno s matrice podataka koju je očitala ploča za mjerenje sila.
5. **Vertikalna akceleracija faze odraza** (**ay).** Vrijednost varijable vertikalne akceleracije faze odraza dobivena je izračunom temeljem formule za akceleraciju, **ay=ΔVy/Δt**
6. **Horizontalna akceleracija faze odraza (ax).** Vrijednost varijable horizontalne akceleracije faze odraza dobivena je izračunom temeljem formule za akceleraciju, **ax=ΔVx/Δt**
7. **Transverzalna akceleracija faze odraza (az).** Vrijednost varijable transverzalna akceleracija faze odraza dobivena je izračunom temeljem formule za akceleraciju, **az=ΔVz/Δt**

8. **Komponenta aproksimacije početne vertikalne brzine točke sakruma (ver.br.Sak).** Temeljem osnovne formule za dostignutu visinu hica h= $v^2/2g$, početna vertikalna brzina točke sakruma dobivena je iz izraza $\boldsymbol{v = \sqrt{2gh}}$
9. **Visina točke sakruma u trenutku završetka odraza (Sak2)**. Vrijednost varijable visina točke sakruma u trenutku završetka faze odraza direktno se očitava iz matrice podataka.
10. **Vremenski interval od trenutka završetka odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak).** Vrijednost varijable vremenskog intervala od trenutka završetka odraza do trenutka najviše točke sakruma dobila se očitanjem razlike među tim dvjema vremenskim točkama.

6.7. Metode obrade podataka

Vrijednost kinematičkih i kinetičkih parametara prikupljenih u ovom istraživanju bit će obrađene deskriptivnom analizom u kojoj će biti izračunate sljedeće vrijednosti: aritmetička sredina, minimalna vrijednost, maksimalna vrijednost, standardna devijacija, pokazatelji asimetrije distribucije (skewnes), pokazatelji izduženosti (kurtosis).

Normalnost distribucije varijabli izračunati će se Kolmogorov-Smirnovljevim testom na razini pogreške zaključivanja p=0,05. Korelacijska analiza bit će korištena pri utvrđivanju međusobne povezanosti registriranih kinematičkih i kinetičkih parametara s najvećom visinom točke sakruma za sve tri grupe izvedenih skokova. Utjecaj prediktorskih varijabli na kriterije bit će napravljen multiplom regresijskom analizom. Svaka regresijska analiza provest će se tako da se u prvom koraku izračuna utjecaj standardnim regresijskim načinom. Nakon toga će se pristupiti jednom od načina redukcije početnog broja prediktorskih varijabli na prihvatljivu (optimalnu) razinu za opisivanje utjecaja na kriterijsku varijablu. Ovakvim pristupom eliminacije (backward) od ukupnog broja varijabli u model svakim se sljedećim korakom isključuje po jedna koja ima najmanji utjecaj na kriterij, a uključivanjem varijabli u model (*forward*) unose se varijable koje imaju statistički značajan doprinos u objašnjenju kriterija. Tijekom ovih postupaka (*forward ili backward stepwise*) regresijske analize, nastoji se zadržati model u kojem su sve prediktorske varijable statistički značajne, a koeficijent multiple regresijske analize ne odstupa znatno od onog dobivenog standardnim modelom regresijske analize. U sklopu multiple regresijske analize izračunat će se sljedeći parametri:

- Multipla korelacija (R), koeficijent determinacije (R) 2;
- F – vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije (F);
- Standardna pogreška prognoze (SEE);
- Razina pogreške, odnosno vjerojatnost hipoteze o nultoj vrijednosti multiple korelacije;
- Vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih (intercept);
- Standardizirani regresijski koeficijenti (b) i standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata (be);
- Nestandardizirani regresijski koeficijenti /B/ i standardne pogreške nestandardiziranih regresijskih koeficijenata /Be/;
- Parcijalne korelacije (rp);
- Korelacije zavisne varijable s nezavisnom ®;
- Neobjašnjeni dio varijance svake prediktorske varijable u odnosu na ostale iz skupa prediktorskih varijabli (Tol);
- Koeficijent determinacije svake prediktorske varijable (r-sq);
- T – vrijednost kojom se testira važnost regresijskih koeficijenata (t);
- Razina pogreške odnosno vjerojatnost hipoteze o nultoj vrijednosti regresijskog koeficijenta (p).

Diskriminativnom analizom utvrdit će se razlika između grupa entiteta i doprinos kinematičkih i kinetičkih varijabli toj razlici. Izračunat će se osnovni deskriptivni parametri varijabli za svaku grupu (aritmetička sredina i standardna devijacija) te parametri diskriminativne analize.

- Wilksowa lambda (Wl),
- Aproksimacijska F vrijednost na temelju koje se testira važnost razlika
- Pogreška kojom se prihvaća hipoteza o postojanju statistički značajne razlike između grupa (p),
- Kvadratne Mahalonobisove distance,
- F – vrijednosti p-razina važnosti kojom se testira razlika između grupa
- Hi-kvadrat test za diskriminacijske funkcije,
- Korelacije varijabli s diskriminacijskim funkcijama,
- Položaj centroida grupa na diskriminacijskim funkcijama

Razina statističke značajnosti postavljena je na razinu p = 0.05. Statistička obrada podataka provedena je primjenom programskog paketa *Statistica 13.3.* (*Statsoft).*

7. REZULTATI I RASPRAVA

7.1. Deskriptivna analiza

Tablica 13. *Osnovni deskriptivni pokazatelji za skokove izvedene iz tri koraka zaleta*

varijable	N	AS	Min.	Max.	SD	Skew.	Kurt.	max D	K-S
Fy	47	1959,87	1361,36	2403,37	237,83	-0,49	0,18	0,08	p > .20
tFy	47	0,12	0,06	0,16	0,02	-0,98	0,63	0,17	p < ,15
Fx	47	-817,49	-957,46	-607,98	72,62	0,81	1,55	0,15	p > .20
tFx	47	0,09	0,04	0,15	0,02	-0,11	-0,52	0,12	p > .20
Fz	47	353,13	239,57	504,89	87,34	0,39	-1,21	0,16	p < ,20
tFz	47	0,08	0,04	0,13	0,01	0,52	0,39	0,13	p > .20
t.K.P.	47	0,23	0,19	0,25	0,01	-0,89	2,28	0,11	p > .20
Fiy	47	325,45	273,20	348,30	19,50	-1,50	1,59	0,16	p < ,15
Fix	47	-124,41	-143,90	-101,10	8,99	0,52	0,54	0,08	p > .20
Fiz	47	49,08	24,70	81,80	16,69	0,36	-1,24	0,16	p < ,20
MFy	47	8,78	-24,74	43,08	21,25	-0,21	-1,56	0,19	p < ,10
MFx	47	-0,02	-0,36	0,28	0,12	0,41	1,748	0,19	p < ,10
MFz	47	-0,06	-0,33	0,15	0,10	-0,49	0,63	0,16	p < ,20
ΔVy	47	5,35	4,47	5,92	0,37	-1,10	0,62	0,17	p < ,15
ΔVx	47	-2,05	-2,44	-1,68	0,15	0,44	0,37	0,10	p > .20
ΔVz	47	0,81	0,40	1,39	0,29	0,40	-1,26	0,18	p < ,10
ay	47	22,67	17,85	25,38	1,42	-1,11	2,69	0,13	p > .20
ax	47	8,70	7,13	10,07	0,55	-0,38	1,84	0,11	p > .20
az	47	3,45	1,72	5,52	1,21	0,30	-1,40	0,14	p > .20
Sak	47	173,79	165,70	183,00	3,36	-0,30	0,61	0,10	p > .20
Sak1	47	50,31	37,40	56,70	3,60	-0,81	2,30	0,09	p > .20
Sak2	47	123,81	116,60	130,20	3,71	0,010	-1,13	0,09	p > .20
tSak2-Sak	47	0,30	0,27	0,35	0,01	0,78	1,26	0,12	p > .20
ver.br.Sak	47	3,13	2,71	3,39	0,11	-0,71	2,46	0,09	p > .20

(N)Broj izvedenih skokova, (AS) Aritmetička sredina, (SD) standardna devijacija, (Skew.) zakrivljenost distribucije, (Krt.) spljoštenost distribucije, (max D) najveće odstupanje empirijske i teoretske relativne kumulativne frekvencije, (K-S) vrijednost Kolmogorov-Smirnovljeva testa za utvrđivanje normaliteta distribucije.

Kako bi se odgovorilo na temeljni problem istraživanja kojim se željelo ispitati povezanost kinematičkih i kinetičkih varijabli s kriterijskim varijablama, bilo je potrebno izračunati deskriptivne parametre mjerenih varijabli. U tablici 13. navedeni su: (N) broj izvedenih skokova, (AS) aritmetička sredina, (SD) standardna devijacija, (Skew.) zakrivljenost distribucije i (Kurt.) spljoštenost distribucije. Jednako tako su prikazani i rezultati provjere normalitet distribucije, odnosno vrijednost Kolmogorov-Smirnovljev testa (K-S test). Analiza

vrijednosti max D, kao i „p“ vrijednost pojedinih varijabli K-S testa pokazuju kako sve varijable imaju normalnu distribuciju rezultata uz razinu pogreške p=0,05.

Skokovi koje su izvele tri skakačice iz tri koraka zaleta imali su prosječno najveću vrijednost vertikalne sile reakcije podloge (Fy) od 1959,87 N, najmanju vrijednost od 1361,36 N, te najveću zabilježenu vrijednost od 2403,37 N. Aritmetička sredina vremenske vrijednosti dostizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge (tFy) iznosila 0,124 s, uz minimalno vrijeme od 0,065 s, do najvećeg vremenskog intervala od 0,162 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fx) iznosila je -817,49 N, uz najveću vrijednost od -957,46 N, i najmanju vrijednost od -607,79 N. U rezultatima koje registrira ploča za mjerenje sila negativan predznak predstavlja smjer sile. Jednako tako je vidljivo kako statističko matematički algoritam prepoznaje veću vrijednost koja ima negativan predznak kao min. rezultat dok je to ipak s pozicije kvantitativne vrijednosti ostvarene sile ipak veća vrijednost. Prosječan vremenski interval (tFx) dostizanja najveće vrijednosti horizontalne sile reakcije podloge iznosio je 0,093 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,04 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,150 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fz) iznosila je 504,89 N, uz najveću vrijednost od 353,13 N, te najmanju vrijednost od 239,57 N. Prosječan vremenski interval (tFz) dostizanja najveće vrijednosti transverzalne sile reakcije podloge iznosio je 0,084 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,043 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,130 s. Prosječna vrijednost varijable kontakt s podlogom (t.K.P.) iznosila je 0,237 s uz najkraći kontakt s podlogom od 0,194 s, te najduži kontakt s podlogom od 0,259 s. Prosječna vrijednost vertikalnog impulsa sile (Fiy) iznosila je 325,45 Ns, uz najveću vrijednost vertikalnog impulsa sile od 348,30 Ns, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od 273,20 Ns. Prosječna vrijednost horizontalnog impulsa sile (Fix) iznosila je -124,41 Ns, uz najveću vrijednost horizontalnog impulsa sile od -143,9 N, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od -101,10 Ns. Prosječna vrijednost transverzalnog impulsa sile (Fiz) iznosila je 49,08 Ns, uz najveću vrijednost transverzalnog impulsa sile od 81,8 N, i najmanju vrijednost transverzalnog impulsa sile od 24,70 Ns. Prosječna vrijednost varijable vertikalni moment sile (MFy) iznosila je 8,78 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -24,754 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 43,08 Nm. Prosječna vrijednost varijable horizontalni moment sile (MFx) iznosila je -0,025 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od 0,287 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od -0,360 Nm. Prosječna vrijednost varijable transverzalni moment sile (MFz) iznosila je 0,062 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od 0,153 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost

momenta sile od -0,334 Nm. Prosječna vrijednost promjene vertikalne brzine faze odraza (ΔVy), izračunata iz vertikalnog impulsa sile iznosila je 5,35 Ns, uz najveću vrijednost od 5,92 Ns, i najmanju vrijednost promjene vertikalne brzine izračunate iz vertikalnog impulsa sile od 4,47 Ns. Prosječna vrijednost promjene horizontalne brzine faze odraza (ΔVx), izračunata iz horizontalnog impulsa sile iznosila je -2,06 Ns, uz najveću vrijednost od -2,44 Ns, i najmanju vrijednost promjene horizontalne brzine izračunate iz horizontalnog impulsa sile od -1,68 Ns. Prosječna vrijednost promjene transverzalne brzine faze odraza (ΔVz), izračunata iz transverzalnog impulsa sile iznosila je 0,813 Ns, uz najveću vrijednost od 1,39 Ns, i najmanju vrijednost promjene transverzalne brzine izračunate iz transverzalnog impulsa sile od 0,40 Ns. Prosječna vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza (ay) iznosila je 22,67 m/s², uz najveću vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 25,38 m/s², i najmanju vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 17,85 m/s². Prosječna vrijednost horizontalne akceleracije faze odraza (ax) iznosila je 8,70 m/s², uz najveću vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 10,07m/s², i najmanju vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 7,13 m/s². Prosječna vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza (az) iznosila je 3,45 m/s², uz najveću vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 5,52 m/s², i najmanju vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 1,72 m/s². Prosječna vrijednost najviše točke sakruma u fazi leta (Sak) iznosila je 173,79 cm, uz najveću vrijednost najviše točke sakruma u faza leta od 183,0 cm, i najnižu vrijednost točke sakruma u fazi leta od 165,7 cm. Prosječna vrijednost varijable razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) iznosila je prosječno 50,33 cm uz najmanju vrijednost razlike među tim dvjema prostornim točkama od 37,40 cm i najveću vrijednost razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta od 56,7 cm. Prosječna vrijednost varijable najviša vrijednost točke sakruma na kraju faze odraza (Sak2) iznosila je 123,81 cm, uz najveću vrijednost visine točke sakruma na kraju faze odraza od 130,2 cm, i najnižu vrijednost visinu točke sakruma na kraju faze odraza od 116,6 cm. Prosječna vrijednost varijable vremenski interval od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak) iznosila je 0,305 s, uz najveću vrijednost vremenskog intervala od 0,35 s, te najmanju vrijednost od o,27 s. vremenskog intervala od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma. Prosječna vrijednost varijable početne vertikalne brzine točke sakruma (ver.br.Sak) iznosila je 3,14 m/s, uz najveću vrijednost početne vertikalne brzine od 3,4 m/s, te najmanju vrijednost početne vertikalne brzine točke sakruma od 2,71 m/s

Tablica 14. *Osnovni deskriptivni pokazatelji za skokove izvedene iz pet koraka zaleta*

	N	AS	Min.	Max.	SD	Skew.	Kurt.	max D	K-S
Fy	46	1952,05	1332,28	2399,11	285,23	-0,63	-0,68	0,16	p < ,20
tFy	46	0,09	0,01	0,14	0,03	-0,54	-0,95	0,19	p < ,10
Fx	46	-827,66	-959,09	-631,83	103,70	0,21	-1,11	0,14	p > ,20
tFx	46	0,06	0,03	0,11	0,02	0,63	-0,62	0,11	p > ,20
Fz	46	331,78	126,62	557,50	130,70	0,39	-1,28	0,17	p < ,15
tFz	46	0,07	0,01	0,16	0,03	0,19	-0,13	0,11	p > ,20
t.K.P.	46	0,23	0,21	0,250	0,009	-0,31	-0,61	0,11	p > ,20
Fiy	46	311,77	241,60	343,20	26,20	-1,055	0,13	0,20	p < ,10
Fix	46	-124,31	-147,30	-102,30	12,01	-0,22	-0,90	0,07	p > ,20
Fiz	46	43,99	12,40	87,40	24,41	0,67	-1,29	0,24	p < ,01
MFy	46	5,87	-33,34	59,59	25,69	0,40	-1,16	0,17	p < ,15
MFx	46	0,03	-0,14	0,19	0,08	-0,09	-0,55	0,10	p > ,20
MFz	46	0,04	-0,13	0,18	0,08	-0,60	-0,71	0,19	p < ,10
ΔVy	46	5,16	3,93	5,79	0,48	-0,95	-0,10	0,19	p < ,10
ΔVx	46	-2,05	-2,41	-1,66	0,19	-0,03	-0,74	0,07	p > ,20
ΔVz	46	0,67	0,20	1,23	0,32	0,53	-1,26	0,19	p < ,10
ay	46	22,12	16,88	24,26	1,68	-1,22	1,33	0,16	p < ,20
ax	46	8,81	7,27	10,17	0,71	-0,07	-0,71	0,08	p > ,20
az	46	3,11	0,86	6,24	1,77	0,69	-1,2	0,24	p < ,01
Sak	46	174,91	171,20	179,30	1,92	-0,06	-0,11	0,09	p > ,20
Sak1	46	48,56	42,60	56,30	3,35	0,84	0,18	0,14	p > ,20
Sak2	46	126,48	118,50	133,00	3,69	-0,52	-0,55	0,14	p > ,20
tSak2-Sak	46	0,29	0,23	0,33	0,01	-1,14	2,22	0,11	p > ,20
ver.br.Sak	46	3,08	2,89	3,32	0,10	0,78	0,18	0,12	p > ,20

(N) Broj izvedenih skokova,(AS) Aritmetička sredina,(SD) standardna devijacija, (Skew.) zakrivljenost distribucije, (Kurt.) spljoštenost distribucije, (max D) najveće odstupanje empirijske i teoretske relativne kumulativne frekvencije, (K-S) vrijednost Kolmogorov-Smirnovljeva testa za utvrđivanje normaliteta distribucije.

Analizom deskriptivnih pokazatelja i rezultata K-S testa (tablica 14) potvrđena je hipoteza o normalnosti distribucije rezultata u svim varijablama za procjenu kinetičko kinematičkih obilježja kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta uz pogrešku zaključivanja 0,05, osim kod varijabli transverzalni impuls sile (Fiz) i transverzalna akceleracija faze odraza (az). Ipak se može pretpostaviti da oblik distribucije ovih varijabli neće značajnije utjecati na korelacijske veze skupa varijabli. Skokovi koje su izvele tri skakačice iz pet koraka zaleta imali su prosječno najveću vrijednost vertikalne sile reakcije podloge (Fy) od 1952,05 N, uz najmanju vrijednost od 1332,28 N, te najveću zabilježenu vrijednost od 2399,11 N. Aritmetička sredina vremenske vrijednosti dostizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge (tFy) iznosila 0,099 s, uz minimalno vrijeme od 0,018 s, do najveće vrijednosti od 0,147 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fx) iznosila je -827,67 N, uz najveću vrijednost od -959,09 N, i najmanju vrijednost od -631,83 N. U rezultatima koje registrira ploča za mjerenje sila

negativan predznak predstavlja smjer sile. Jednako tako je vidljivo kako statističko matematički algoritam prepoznaje veću vrijednost koja ima negativan predznak kao min. rezultat dok je to ipak s pozicije kvantitativne vrijednosti ostvarene sile ipak veća vrijednost. Prosječan vremenski interval (tFx) dostizanja najveće vrijednosti horizontalne sile reakcije podloge iznosio je 0,065 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,031 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,116 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fz) iznosila je 331,79 N, uz najveću vrijednost od 557,5 N, te najmanju vrijednost od 126,62 N. Prosječan vremenski interval (tFz) dostizanja najveće vrijednosti transverzalne sile reakcije podloge iznosio je 0,078 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,013 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,160 s. Prosječna vrijednost varijable kontakt s podlogom (t.K.P.) iznosila je 0,233 s uz najkraći kontakt s podlogom od 0,214 s, te najduži kontakt s podlogom od 0,250 s. Prosječna vrijednost vertikalnog impulsa sile (Fiy) iznosila je 311,79 Ns, uz najveću vrijednost vertikalnog impulsa sile od 343,20 N, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od 241,60 Ns. Prosječna vrijednost horizontalnog impulsa sile (Fix) iznosila je -124,31 Ns, uz najveću vrijednost horizontalnog impulsa sile od -147,3 Ns, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od -102,30 Ns. Prosječna vrijednost transverzalnog impulsa sile (Fiz) iznosila je 43,99 Ns, uz najveću vrijednost transverzalnog impulsa sile od 87,4 Ns, i najmanju vrijednost transverzalnog impulsa sile od 12,40 Ns. Prosječna vrijednost varijable vertikalni moment sile (MFy) iznosila je 5,87 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -33,34 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 59,59 Nm. Prosječna vrijednost varijable horizontalni moment sile (MFx) iznosila je 0,030 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost horizontalnog momenta sile od -0,141 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 0,194 Nm. Prosječna vrijednost varijable vertikalni moment sile (MFz) iznosila je 0,044 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -0,131 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od0,194 Nm. Prosječna vrijednost promjene vertikalne brzine faze odraza (ΔVy), izračunata iz vertikalnog impulsa sile iznosila je 5,160 Ns, uz najveću vrijednost od 5,79 Ns, i najmanju vrijednost promjene vertikalne brzine izračunate iz vertikalnog impulsa sile od 3,93 Ns. Prosječna vrijednost promjene horizontalne brzine faze odraza (ΔVx), izračunata iz horizontalnog impulsa sile iznosila je 2,053 Ns, uz najveću vrijednost od -2,41 Ns, i najmanju vrijednost promjene horizontalne brzine izračunate iz horizontalnog impulsa sile od -1,6 Ns. Prosječna vrijednost promjene transverzalne brzine faze odraza (ΔVz), izračunata iz transverzalnog impulsa sile iznosila je 0,68 Ns, uz najveću vrijednost od 1,23 Ns, i najmanju vrijednost promjene transverzalne brzine izračunate iz transverzalnog impulsa sile od 0,2 Ns. Prosječna vrijednost

Vertikalne akceleracije faze odraza (ay) iznosila je 22,12 m/s², uz najveću vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 24,26 m/s², i najmanju vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 16,88 m/s². Prosječna vrijednost horizontalne akceleracije faze odraza (ax) iznosila je 8,81 m/s², uz najveću vrijednost horizontalne akceleracije faze odraza od 10,17 m/s², i najmanju vrijednost horzontalne akceleracije faze odraza od 7,27 m/s². Prosječna vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza (az) iznosila je 3,11 m/s², uz najveću vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza od 6,24 m/s², i najmanju vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza od 1,78 m/s². Prosječna vrijednost najviše točke sakruma u fazi leta (Sak) iznosila je 174,91 cm, uz najveću vrijednost najviše točke sakruma u faza leta od 179,0 cm, i najnižu vrijednost točke sakruma u fazi leta od 171,2 cm. Prosječna vrijednost varijable razlika između visine točke "sakruma" trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) iznosila je prosječno 48,56 cm uz najmanju vrijednost razlike između te dvije prostorne točke od 42,60 cm i najveću vrijednost razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta od 56,3 cm. Prosječna vrijednost varijable najviša vrijednost točke sakruma na kraju faze odraza (Sak2) iznosila je 126,48 cm, uz najveću vrijednost visine točke sakruma na kraju faze odraza od 133,2 cm, i najnižu vrijednost visinu točke sakruma na kraju faze odraza od 118,5 cm. Prosječna vrijednost varijable vremenski interval od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak) iznosila je 0,299 s, uz najveću vrijednost vremenskog intervala od 0,33 s i najmanju vrijednost od 0,23 s. vremenskog intervala od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma. Prosječna vrijednost varijable početne vertikalne brzine točke sakruma (ver.br.Sak) iznosila je 3,08 m/s, uz najveću vrijednost početne vertikalne brzine od 3,32 m/s, te najmanju vrijednost početne vertikalne brzine točke sakruma od 2,89 m/s.

Tablica 15. *Osnovni deskriptivni pokazatelji za skokove izvedene dubinskim načinom*

	N	AS	Min.	Max.	SD	Skew.	Kurt.	max D	K-S
Fy	48	2310,41	1938,00	2729,60	195,85	0,22	-0,92	0,11	p > ,20
tFy	48	0,07	0,01	0,14	0,04	-0,03	-1,39	0,18	p < ,10
Fx	48	-333,56	-461,70	-208,36	61,18	-0,00	-0,67	0,08	p > ,20
tFx	48	0,07	0,01	0,16	0,04	0,67	-0,71	0,16	p < ,15
Fz	48	85,31	-523,73	523,18	426,59	-0,42	-1,81	0,31	p < ,01
tFz	48	0,03	0,01	0,05	0,00	0,64	1,43	0,13	p > ,20
t.K.P.	48	0,27	0,25	0,31	0,01	0,51	0,06	0,11	p > ,20
Fiy	48	401,97	272,20	485,05	41,24	-0,32	0,64	0,13	p > ,20
Fix	48	-41,11	-72,60	-26,20	9,08	-1,41	2,49	0,19	p < ,10
Fiz	48	18,01	-77,60	81,20	63,64	-0,51	-1,72	0,32	p < ,01
MFy	48	1,88	-34,84	47,27	22,91	0,09	-1,34	0,17	p < ,10
MFx	48	0,04	-0,11	0,14	0,06	-0,48	-0,62	0,14	p > ,20
MFz	48	0,04	-0,10	0,13	0,05	-0,57	0,08	0,15	p < ,20
ΔVy	48	6,72	5,52	8,24	0,75	0,44	-1,09	0,20	p < ,05
ΔVx	48	-0,67	-1,14	-0,44	0,14	-1,32	1,94	0,17	p < ,15
ΔVz	48	0,30	-1,26	1,33	1,049	-0,51	-1,72	0,31	p < ,01
ay	48	24,48	20,30	28,79	2,31	0,25	-1,03	0,15	p < ,20
ax	48	2,43	1,41	4,32	0,54	1,22	2,93	0,13	p > ,20
az	48	3,93	2,10	5,12	0,56	-0,67	1,49	0,09	p > .20
Sak	48	155,08	146,20	161,40	3,06	-0,89	1,60	0,12	p > ,20
Sak1	48	33,48	26,50	39,70	2,94	-0,41	-0,03	0,08	p > ,20
Sak2	48	121,51	116,20	127,60	3,05	0,20	-0,62	0,06	p > ,20
tSak2-Sak	48	0,25	0,23	0,26	0,00	-0,13	-0,93	0,07	p > ,20
ver.br.Sak	48	2,55	2,14	2,79	0,12	-0,92	1,68	0,09	p > ,20

(N) Broj izvedenih skokova, (AS) Aritmetička sredina, (SD) standardna devijacija, (Skew.) zakrivljenost distribucije, (Kutr.) spljoštenost distribucije, (max D) najveće odstupanje empirijske i teoretske relativne kumulativne frekvencije, (K-S) vrijednost Kolmogorov-Smirnovljeva testa za utvrđivanje normaliteta distribucije.

Analizom Kolmogorov-Smirnovljeva testa za utvrđivanje normaliteta distribucije vidljivo je kako varijable Fz, Fiz, ΔVy i ΔVz nemaju obilježje normalnosti distribucije. Skokovi koje su izvele tri skakačice iz dubinskog načina imali su prosječno najveću vrijednost vertikalne sile reakcije podloge (Fy) od 2310,41N, uz najmanju vrijednost od 1938,00 N, te najveću zabilježenu vrijednost od 2729,600 N. Aritmetička sredina vremenske vrijednosti dosizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge (tFy) iznosila 0,037s, uz minimalno vrijeme od 0,014 s, do najvećeg vremenskog intervala od 0,149 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fx) iznosila je -333,56 N, uz najveću vrijednost od -461,70 N, i najmanju vrijednost od -208,36 N. U rezultatima koje registrira ploča za mjerenje sila negativan predznak predstavlja smjer sile. Jednako tako je vidljivo kako statističko matematički algoritam prepoznaje veću vrijednost koja ima negativan predznak kao min. rezultat dok je to ipak s pozicije kvantitativne vrijednosti ostvarene sile ipak veća vrijednost. Prosječan vremenski

interval (tFx) dostizanja najveće vrijednosti horizontalne sile reakcije podloge iznosio je 0,076 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,015 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,165 s. Prosječna vrijednost transverzalne sile reakcije podloge (Fz) iznosila je 85,31 N, uz najveću vrijednost od -523,73 N, te najmanju vrijednost od 523,180 N. Prosječan vremenski interval (tFz) dostizanja najveće vrijednosti transverzalne sile reakcije podloge iznosio je 0,031 s, uz najmanju vrijednost vremenskog intervala od 0,019 s, do najveće vrijednosti vremenskog intervala od 0,052 s. Prosječna vrijednost varijable kontakt s podlogom (t.K.P.) iznosila je 0,274 s uz najkraći kontakt s podlogom od 0,253 s, te najduži kontakt s podlogom od 0,310 s. Prosječna vrijednost vertikalnog impulsa sile (Fiy) iznosila je 401,97 Ns, uz najveću vrijednost vertikalnog impulsa sile od 485,05 Ns, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od 272,20 Ns. Prosječna vrijednost horizontalnog impulsa sile (Fix) iznosila je -41,11 Ns, uz najveću vrijednost horizontalnog impulsa sile od -72,60 N, i najmanju vrijednost vertikalnog impulsa sile od -26,20 Ns. Prosječna vrijednost transverzalnog impulsa sile (Fiz) iznosila je 18,01 Ns, uz najveću vrijednost transverzalnog impulsa sile od 81,20 N, i najmanju vrijednost transverzalnog impulsa sile od 77,60 Ns. Prosječna vrijednost varijable vertikalni moment sile (MFy) iznosila je 1,88 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -34,84 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 47,27 Nm. Prosječna vrijednost varijable horizontalni moment sile (MFx) iznosila je 0,044 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -0,11 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 0,147 Nm. Prosječna vrijednost varijable vertikalni moment sile (MFz) iznosila je 0,047 Nm, uz najmanju zabilježenu vrijednost momenta sile od -0,102 Nm, te najveću zabilježenu vrijednost momenta sile od 0,137 Nm. Prosječna vrijednost promjene vertikalne brzine faze odraza (ΔVy) , izračunata iz vertikalnog impulsa sile iznosila je 6,72 Ns, uz najveću vrijednost od 8,24 Ns, i najmanju vrijednost promjene vertikalne brzine izračunate iz vertikalnog impulsa sile od 5,52 Ns. Prosječna vrijednost promjene horizontalne brzine faze odraza (ΔVx), izračunata iz horizontalnog impulsa sile iznosila je -0,675 Ns, uz najveću vrijednost od -1,140 Ns, i najmanju vrijednost promjene horizontalne brzine izračunate iz horizontalnog impulsa sile od -0,440 Ns. Prosječna vrijednost promjene transverzalne brzine faze odraza (ΔVz), izračunata iz transverzalnog impulsa sile iznosila je 0,306 Ns, uz najveću vrijednost od 1,330 Ns, i najmanju vrijednost promjene transverzalne brzine izračunate iz transverzalnog impulsa sile od -1,260 Ns. Prosječna vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza (ay) iznosila je 24,48 m/s², uz najveću vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 28,79 m/s², i najmanju vrijednost vertikalne akceleracije faze odraza od 20,30 m/s². Prosječna vrijednost horizontalne akceleracije faze odraza (ax) iznosila je 2,44 m/s², uz najveću vrijednost horizontalne

akceleracije faze odraza od 4,32 m/s², i najmanju vrijednost horizontalne akceleracije faze odraza od 2,43 m/s². Prosječna vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza (az) iznosila je 3,93 m/s², uz najveću vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza od 5,120 m/s², i najmanju vrijednost transverzalne akceleracije faze odraza od 2,10 m/s². Prosječna vrijednost najviše točke sakruma u fazi leta (Sak) iznosila je 155,083 cm, uz najveću vrijednost najviše točke sakruma u faza leta od 161,40 cm, i najnižu vrijednost točke sakruma u fazi leta od 146,20 cm. Prosječna vrijednost varijable razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) iznosila je prosječno 33,48 cm uz najmanju vrijednost razlike između te dvije prostorne točke od 26,50 cm i najveću vrijednost razlika između visine točke sakruma trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta od 39,70 cm. Prosječna vrijednost varijable najviša vrijednost točke sakruma na kraju faze odraza (Sak2) iznosila je 121,51 cm, uz najveću vrijednost visine točke sakruma na kraju faze odraza od 127,60 cm, i najnižu vrijednost visinu točke sakruma na kraju faze odraza od 116,200 cm. Prosječna vrijednost varijable vremenski interval od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak) iznosila je 0,252 s, uz najveću vrijednost vremenskog intervala od 0,268 s i najmanju vrijednost od 0,23 s. vremenskog intervala od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma. Prosječna vrijednost varijable početne vertikalne brzine točke sakruma (ver.br.Sak) iznosila je 2,552 m/s, uz najveću vrijednost početne vertikalne brzine od 2,79 m/s, te najmanju vrijednost početne vertikalne brzine točke sakruma od 2,214 m/s.

7.2. Korelacijska analiza

7.2.1. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni iz tri koraka zaleta

Rezultati korelacija kinetičko kinematičkih varijabli za skokove koji su izvedeni iz tri koraka zaleta, upućuju na višestruko značajnu povezanost promatranih varijabli (tablica 16) Najveću statistički značajnu povezanost pokazuju varijable transverzalni impuls sile (Fiz) i transverzalna akceleracija faze odraza (az) uz koeficijent korelacije od 0,99. Transverzalna promjena brzine (ΔVz) izračunata iz transverzalnog impulsa sile (Fiz) pokazuje s varijablom transverzalna akceleracija (az) statistički značajnu povezanost uz koeficijent korelacije od 0,99. Varijabla vertikalna brzina sakruma (ver.br.Sak) i varijabla razlika između visine točke sakruma u trenutku odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) statistički su značajno povezane s koeficijentom korelacije od r=0,98. Varijabla horizontalna promjena brzine (ΔVx) i horizontalni impuls sile (Fix) statistički su značajno povezani uz koeficijent korelacije od 0,97. Varijabla transverzalna sila reakcije podloge (Fz) statistički je značajno povezana uz koeficijent korelacije od 0,95, s varijablama transverzalni impuls sile (Fiz), transverzalna promjena brzine (ΔVz) s varijablom transverzalna akceleracija faze odraza (az). Statističkim značajnim koeficijentom korelacije od 0,91, povezane su varijable vertikalni impuls sile (Fiy) i promjena vertikalne brzine (ΔVy). Uzevši u obzir kao su koeficijenti korelacije jako visoki, a što se teško može očekivati u antropološkim istraživanjima, jasno je kako su ovako visoke korelacije rezultat matematički izračunatih vrijednosti. Kako su recimo impulsi sile izračunati kao integrali površina sila, a promjena brzine izračunata iz rezultata impulsa sila jasno je kako će te tri varijable biti povezane visokim koeficijentom korelacije. Jednako tako su i sve visoke korelacije s vrijednostima od 0,70 do 0,80 uglavnom rezultat matematički izvedene vrijednosti jedne varijable iz druge. Uočljivo je kako visoke povezanosti postoje između varijabli promjena vertikalne brzine (ΔVy) i vertikalne sile reakcije podloge (Fy) uz korelacijski koeficijent od 0,87, zatim između vertikalne akceleracije faze odraza (ay) i najveće vertikalne sile reakcije podloge (Fy) s koeficijentom korelacijske povezanosti od 0,83. Uočljive su također visoke vrijednosti koeficijenta korelacije kod varijabli najveća horizontalna sila reakcije podloge (Fx) i horizontalni impuls sile (Fix) od 0,80. Sljedeće najveće vrijednosti koeficijenata korelacije vidljive su kod varijabli horizontalna promjena brzine (ΔVx) i horizontalna reakcija podloge (Fx) s vrijednošću korelacije od -0,79, zatim između varijabli vertikalna promjena brzine (ΔVy) i varijabli vertikalna akceleracija faze odraza (ay) uz vrijednost koeficijenta korelacije od -0,78, zatim između varijabli horizontalna promjena brzine (ΔVx) i horizontalna akceleracija faze

odraza (ax) uz koeficijent korelacije od -0,75. Varijable promjena transverzalne brzine (ΔVz) i vertikalni moment sile (MFy) povezane su s koeficijentom korelacije od -074. Ova povezanost između ove dvije varijable nije dobivena matematičkim izračunom nego su vrijednosti varijabli dobivene direktno s matrice podataka. Daljnjom analizom korelacijske povezanosti među varijablama uočljivi su sljedeći visoki koeficijenti korelacija, horizontalna akceleracija faze odraza (ax) i horizontalna reakcija podloge (Fx) s korelacijom od 0,73, zatim transverzalni impuls sile (Fiz) i vertikalni moment sile (MFy) s korelacijom od 0,73, zatim varijable vertikalna sila reakcije podloge (Fy) i vertikalni moment sile (Fiy) s korelacijom od 0,72, zatim između varijabli vertikalni impuls sile (Fiy) i vertikalna akceleracija faze odraza (ay) s korelacijom od 0,72, zatim varijabla vertikalni impuls sile (Fiy) i vertikalna sila reakcije podloge (Fy) s koeficijentom korelacije od 0,72, horizontalni impuls sile (Fix) i horizontalna akceleracija faze odraza s korelacijom od 0,72, korelacija varijable vertikalni moment sile (MFy) i transverzalni moment sile (MFz) s korelacijom od 0,70. Vertikalni moment sile (MFy) i transverzalna sila reakcije podloge (Fz) pokazuju negativni koeficijent korelacije od -0,68. Istu vrijednost negativne povezanosti temeljem koeficijenta korelacije vidimo kod varijabli vertikalni impuls sile (Fiy) i transverzalna promjena brzine (ΔVz). Uočljiva je također negativna povezanost između varijabli promjena vertikalne brzine (ΔVy) i promjena horizontalne brzine (ΔVx) s koeficijentom korelacije od -0,64. Koeficijent korelacije od 0,50 pokazuju varijable tFz i ΔVz, te varijable transverzalna akceleracija faze odraza (az) i varijabla vertikalna sila reakcije podloge (Fy), i varijable Sak2 i vert.br.Sak, uz napomenu kako je ta povezanost negativna. Varijable transverzalni impuls sile (Fiz) i vertikalna sila reakcije podloge (Fy) povezane su koeficijentom korelacije od 0,51. Vertikalna promjena brzine (ΔVy) i transverzalni impuls sile (Fiz) pokazuju vrijednost koeficijenta korelacije od 0,52. Daljnjom analizom korelacijske povezanosti među varijablama, a gledajući sam cilj istraživanja zanimljivo je uočiti korelacijsku povezanost kriterijskih varijabli s ostalim varijablama. U tu svrhu će se posebno analizirati povezanost najviše točke sakruma tijekom leta (Sak) s ostalim skupom varijabli, te povezanost druge kriterijske varijable, razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) s ostalim varijablama koje pokazuju statistički značajnu povezanost. Kriterijska varijabla najviša točka sakruma tijekom leta (Sak) pokazuje statistički značajnu pozitivnu korelaciju s varijablom razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1), sa statistički značajnim koeficijentom korelacije od 0,47, zatim s varijablom najviša točka sakruma na kraju faze odraza (Sak2), sa statistički značajnim koeficijentom korelacije od

0,44 s varijablom vremenski interval između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza (tSak2-Sak) i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak), sa statistički značajnim koeficijentom korelacije od 0,37 i s varijablom početne vertikalne brzine točke sakruma (ver.br.Sak), uz statistički značajan koeficijent korelacije od 0,47. S ostalim varijablama kriterijska varijabla najviša točka sakruma tijekom leta (Sak) nema statistički značajnu povezanost. Temeljem značajnosti statističke povezanosti kriterijske varijable s ostalim varijablama skupa moglo bi se pretpostaviti kako će varijabla najviša točka sakruma tijekom leta (Sak) biti postignuta i temeljem što veće razlike između točke sakruma na kraju faze odraza i najviše dostignute točke tijekom leta. Realna je pretpostavka kako će viši položaj točke sakruma na kraju faze odraza rezultirati i višim položajem točke sakruma tijekom leta. Promatrajući fizikalno veća visina značit će i veći put, a time će i vremenski interval dostizanja tog puta biti veći. Potpuno je realan zaključak kako će veća početna brzina na kraju faze odraza imati za posljedicu i veću visinu točke sakruma tijekom leta. Kod kriterijske varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1), uočava se puno veća povezanost u odnosu na kriterijsku varijablu najveća točka sakruma tijekom leta, što sugerira na zaključak kao je ova varijabla pogodnija za analizu, i bolje predstavlja tehničku efikasnost faze odraza. Najviši koeficijent povezanosti uočen je s varijablom ver.br.sak., od 0,98. Međutim treba naglasiti kako je vertikalna brzina dobivena temeljem matematičkog izračuna i ovako visok koeficijent korelacije je posljedica te matematičke zavisnosti tih dviju varijabli. Varijable Sak1 i Sak2 povezane su negativnim koeficijentom korelacije od -0,55. Dalje su zabilježeni statistički značajni koeficijenti korelacije kriterijske varijable sak1 s varijablama Fy (0,48), Sak (0,47), ΔVy (0,47), t.Sak2-Sak (0,43), Fz (-0,38), ΔVx (0,37),ay (0,37), Fiy (0,37) ΔVy(0,34), Sak1(0,33), az (0,31). Temeljem značajnosti statističke povezanosti kriterijske varijable Sak1 s ostalim varijablama skupa može se pretpostaviti kako vertikalna sila reakcije podloge ima pozitivan utjecaj na vrijednost veličine odraza, kako će vrijednost vertikalne promjene brzine imati pozitivan utjecaj na veličinu odraza, jednako tako će vremenski interval između trenutka kraja odraza i najviše točke sakruma imati pozitivnu povezanost s vrijednošću većeg odraza, horizontalna promjena brzine, vertikalna akceleracija sile reakcije podloge, vertikalni impuls sile, vertikalna promjena brzine i transverzalna akceleracija sile rekcije podloge, će također imati pozitivan utjecaj na vrijednost varijable sak1, to jest na vrijednost odraza. Varijabla transverzalna sila reakcije podloge ima negativnu povezanost s vrijednošću odraza, što sugerira kako ne bi trebalo biti transverzalnih pomaka u stopalu tijekom faze odraza, ili bi ih trebalo svesti na što manju moguću vrijednost.

Tablica 16. *Korelacija kinetičko kinematičkih varijabli za skokove koji su izvedeni s tri koraka zaleta*

	Fy	tFy	Fx	tFx	Fz	tFz	t.K.P.	Fiy	Fix	Fiz	MFy	MFx	MFz	ΔVy	ΔVx	ΔVz	ay	ax	az	Sak	Sak1	Sak2	tsak2. sak.	ver.br. Sak.
Fy	1,00																							
tFy	0,01	1,00																						
Fx	-0,38	0,20	1,00																					
tFx	0,16	0,14	0,10	1,00																				
Fz	0,56	0,26	-0,20	0,21	1,00																			
tFz	0,12	0,17	0,19	0,09	0,49	1,00																		
t.K.P.	0,29	0,01	-0,27	0,24	0,13	-0,01	1,00																	
Fiy	0,72	-0,06	-0,49	0,13	0,18	-0,11	0,61	1,00																
Fix	-0,33	0,07	0,80	-0,06	-0,14	0,26	-0,58	-0,65	1,00															
Fiz	0,51	0,31	-0,07	0,25	0,95	0,59	0,12	0,16	-0,07	1,00														
MFy	-0,25	-0,38	-0,20	-0,14	-0,68	-0,48	-0,13	0,15	-0,08	-0,73	1,00													
MFx	-0,05	-0,19	0,06	0,04	0,01	-0,08	0,07	-0,13	0,08	-0,01	-0,11	1,00												
MFz	0,14	0,22	0,24	0,22	0,32	0,12	0,37	-0,07	0,04	0,28	-0,70	0,28	1,00											
ΔVy	0,87	-0,02	-0,41	0,17	0,44	0,10	0,55	0,91	-0,52	0,44	-0,15	-0,10	0,09	1,00										
ΔVx	-0,49	-0,00	0,79	-0,12	-0,35	0,13	-0,59	-0,68	0,97	-0,28	0,11	0,07	-0,07	-0,64	1,00									
ΔVz	0,53	0,32	-0,07	0,25	0,95	0,59	0,13	0,17	-0,07	1,00	-0,74	-0,01	0,29	0,45	-0,29	1,00								
ay	0,83	0,04	-0,38	0,05	0,39	-0,02	-0,02	0,72	-0,31	0,37	-0,02	-0,19	-0,16	0,78	-0,42	0,38	1,00							
ax	0,38	0,02	-0,73	-0,04	0,35	-0,15	-0,08	0,36	-0,72	0,26	-0,04	-0,11	-0,17	0,35	-0,75	0,27	0,56	1,00						
az	0,50	0,31	-0,04	0,23	0,95	0,58	-0,01	0,10	0,00	0,99	-0,73	-0,01	0,26	0,38	-0,22	0,99	0,40	0,29	1,00					
Sak	-0,26	-0,03	-0,00	-0,27	-0,17	-0,05	-0,17	-0,20	0,10	-0,10	0,03	0,07	-0,06	-0,20	0,14	-0,10	-0,15	-0,02	-0,09	1,00				
Sak1	-0,48	-0,05	0,27	-0,10	-0,38	-0,13	-0,23	-0,37	0,28	-0,33	0,16	0,19	-0,05	-0,47	0,37	-0,34	-0,37	-0,25	-0,31	0,47	1,00			
Sak2	0,25	0,06	-0,23	-0,07	0,25	0,15	0,11	0,22	-0,19	0,27	-0,19	-0,11	0,04	0,34	-0,25	0,28	0,26	0,21	0,26	0,44	-0,55	1,00		
tSak2-Sak	0,03	0,04	0,14	0,23	0,02	-0,11	-0,11	-0,08	0,17	0,06	-0,03	-0,13	-0,03	-0,05	0,15	0,06	0,03	-0,07	0,08	0,37	0,43	-0,08	1,00	
ver.br.Sak	-0,43	-0,06	0,24	-0,04	-0,39	-0,14	-0,19	-0,31	0,25	-0,34	0,16	0,20	-0,05	-0,42	0,33	-0,34	-0,34	-0,24	-0,33	0,47	0,98	-0,50	0,49	1,00

7.2.2. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni iz pet koraka zaleta

Matrica korelacija skokova koji su izvedeni iz pet koraka zaleta (tablica 17) također pokazuje višestruko statistički značajne koeficijente povezanosti. Najveći koeficijenti povezanosti pojavljuju se kao i u prethodnim analizama, kod varijabli koje su dobivene matematičkim putem, kada se temeljem vrijednosti jedne varijable izračunala vrijednost druge, što za posljedicu ima visoke koeficijente korelacija. Recimo kako su se svi impulsi sila računali temeljem vrijednosti izračunatih integrala sila reakcije podloge, jasno je kako su i ti koeficijenti korelacija izrazito visoki. Na primjer vertikalna sila reakcije podloge i vertikalna promjena brzine, koja je izračunata iz vertikalnog impulsa sile, a vertikalni impuls sile izračunat je kao integral iz vertikalne sile reakcije podloge, te je to razlog izuzetno visokim korelacijama. Tako su vidljivi visoki koeficijenti korelacija između varijabli Fx i Fix (o,88), varijabli Fx i ΔVx (0,89), varijabli Fx i ax (0,89), varijabli Fz i ΔVz (0,87),varijabli Fiy i ΔVy (0,98). Zanimljivo je vidjeti visoke korelacije koje nisu matematički izračun. U daljnjoj analizi dat će se osvrt na povezanost kriterijskih varijabli, jer je i temeljni cilj istraživanja usmjeren na povezanost kriterijskih varijabli s ostalim skupom kinetičkih i kinematičkih varijabli. Kriterijska varijabla najviša točka sakruma tijekom leta (Sak) pokazuje relativno srednje i niske statistički značajne koeficijente povezanosti s ostalim varijablama skupa. Najviši koeficijent korelacije od 0,37 varijabla najviša točka sakruma tijekom leta (Sak) pokazuje s varijablom visina točke sakruma na kraju faze odraza (Sak1). Daljnja statistički značajna povezanost uočava se s varijablom horizontalni impuls sile (Fix) s korelacijom od -0,30, te s varijablom horizontalna akceleracija faze odraza (ax) s koeficijentom povezanosti od 0,30. Temeljem koeficijenata povezanosti može se reći kako će na najvišu točku sakruma tijekom leta pozitivno djelovati viša točka na kraju odraza, zatim kako će horizontalni impuls sile negativno djelovati na visinu točke sakrum, te kako će horizontalna akceleracija faze odraza imati pozitivan utjecaj na visinu točke sakruma tijekom leta. Kriterijska varijabla razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) pokazuje višestruke visoke i značajne koeficijente povezanosti s ostalim varijablama skupa, što također govori o tome kako je ovako zamišljena kriterijska varijabla bolji pokazatelj povezanosti među varijablama i pogodnija za analizu. Najviši koeficijent povezanosti kriterijska varijable sak1 pokazuje izvorno s varijablom vertikalna sila reakcije podloge (Fy), s koeficijentom korelacije od -0,75, kao i s varijablama koji su izračun iz temeljne varijable vertikalne sile reakcije podloge (ΔVy, ay, Fiy). Sve varijable koje su vezane uz osnovnu varijablu vertikalna sila reakcije podloge imaju negativnu povezanost s varijablom Sak1. Ovakva negativna projekcija povezanosti je čudna i teško ju je

realno objasniti. Logično bi bilo zaključiti kako će veća sila reakcije podloge omogućiti i veće rezultate u varijabli Sak1. Varijabla horizontalna sila reakcije podloge (Fx) pokazuje pozitivnu povezanost od 0,56, s varijablom Sak1. Međutim kako se ovdje radi o tome da su vrijednosti obrnuto skalirane, manje negativne vrijednosti Fx će značiti kako manji horizontalni pomak stopala, te će to imati pozitivan utjecaj na visinu odraza. Sličan zaključak se može izvesti iz negativne povezanosti s varijablom transverzalna sila reakcije podloge (Fz), jer je ona izvorno pozitivna pa će manje transverzalne vrijednosti i stopalu za vrijeme faze odraza značiti veće vrijednosti odraza. Kako je vrijeme kontakta s podlogom (t.K.P.) u negativnoj korelaciji s kriterijskom varijablom sak1, može se zaključiti kako će vremenski manji kontakt s podlogom rezultirati većom vrijednošću odraza. Varijabla horizontalna promjena brzine (ΔVx), koja je obrnuto skalirana, ima koeficijent povezanosti s varijablom sak1 od 0,52, što sugerira kako će manje promjene horizontalne brzine rezultirati većim odrazom.Varijabla horizontalni impuls sile (Fix), koja je povezana s varijablom sak1 uz koeficijent korelacije od 0,45, također sugerira kako manje negativne vrijednosti horizontalnog impulsa sile imaju pozitivan utjecaj na visinu skoka.

Tablica 17. *Korelacija kinetičko kinematičkih varijabli za skokove koji su izvedeni s pet koraka zaleta*

	Fy	tF1y	Fx	tFx	Fz	tFz	t.K.P.	Fiy	Fix	Fiz	MFy	MFx	MFz	ΔVy	ΔVx	ΔVz	ay	ax	az	Sak	Sak1	Sak2	tsak2-sak	ver.br. Sak.
Fy	1,00																							
tFy	-0,09	1,00																						
Fx	-0,62	0,47	1,00																					
tFx	0,25	0,26	0,19	1,00																				
Fz	0,49	0,45	-0,14	0,50	1,00																			
tFz	-0,11	0,37	0,38	0,18	0,13	1,00																		
t.K.P.	0,39	0,13	-0,35	0,14	0,37	-0,27	1,00																	
Fiy	0,89	0,08	-0,51	0,18	0,43	-0,01	0,61	1,00																
Fix	-0,39	0,48	0,88	0,27	0,11	0,44	-0,47	-0,39	1,00															
Fiz	0,37	0,58	0,05	0,51	0,95	0,31	0,35	0,38	0,26	1,00														
MFy	0,50	-0,52	-0,50	-0,23	-0,29	-0,36	0,13	0,48	-0,46	-0,36	1,00													
MFx	-0,37	-0,28	0,19	-0,01	-0,46	-0,32	-0,08	-0,39	-0,01	-0,50	-0,07	1,00												
MFz	-0,21	-0,39	-0,03	-0,05	-0,45	-0,40	0,02	-0,25	-0,20	-0,54	0,09	0,94	1,00											
ΔVy	0,89	0,19	-0,45	0,28	0,58	0,04	0,62	0,98	-0,31	0,55	0,35	-0,45	-0,34	1,00										
ΔVy	-0,47	0,38	0,89	0,15	-0,05	0,40	-0,55	-0,47	0,98	0,10	-0,41	0,08	-0,11	-0,41	1,00									
ΔVy	0,34	0,57	0,12	0,48	0,87	0,26	0,33	0,36	0,29	0,94	-0,35	-0,43	-0,52	0,51	0,14	1,00								
ay	0,90	0,17	-0,38	0,27	0,52	0,18	0,25	0,90	-0,14	0,48	0,37	-0,52	-0,42	0,92	-0,24	0,45	1,00							
ax	0,39	-0,50	-0,89	-0,24	-0,09	-0,35	0,16	0,27	-0,93	-0,26	0,41	-0,07	0,10	0,21	-0,91	-0,30	0,18	1,00						
az	0,35	0,59	0,08	0,51	0,94	0,33	0,29	0,35	0,30	1,00	-0,39	-0,50	-0,55	0,51	0,14	0,93	0,47	-0,27	1,00					
Sak	0,18	-0,01	-0,29	0,05	0,05	0,00	0,11	0,23	-0,30	-0,01	0,26	-0,21	-0,13	0,19	-0,29	-0,00	0,19	0,30	-0,01	1,00				
Sak1	-0,75	0,17	0,56	-0,10	-0,42	0,30	-0,59	-0,75	0,45	-0,31	-0,32	0,11	-0,02	-0,75	0,52	-0,31	-0,63	-0,34	-0,27	0,13	1,00			
Sak2	0,81	-0,12	-0,65	0,10	0,45	-0,25	0,61	0,83	-0,54	0,33	0,40	-0,25	-0,09	0,82	-0,61	0,33	0,70	0,44	0,30	0,37	-0,86	1,00		
tSak2-Sak	-0,30	0,10	0,27	0,02	0,04	0,03	-0,18	-0,30	0,25	0,09	-0,25	-0,06	-0,15	-0,26	0,25	0,09	-0,23	-0,20	0,12	0,23	0,43	-0,26	1,00	
ver.br.Sak	-0,75	0,17	0,56	-0,08	-0,42	0,31	-0,60	-0,75	0,45	-0,31	-0,34	0,13	-0,00	-0,75	0,53	-0,31	-0,63	-0,34	-0,27	0,11	1,00	-0,87	0,44	1,00

7.2.3. Korelacijska analiza za skokove koji su izvedeni dubinskim načinom

Kako se tehnička izvedba ovako izvedenih skokova uvelike razlikuje od skokova izvedenih iz tri i pet koraka zaleta, odmah su i uočljive različitosti koeficijenata korelacije između skupa varijabli. Sasvim je sigurno kako će faza odraza imati bitno različita obilježja jer je prisutno najuočljivije obilježje u tehničkoj različitosti izvedbe skokova, a to je kako nema lučnog djela zaleta kod izvedbe skokova dubinskim načinom, što će rezultirati drugačijom projekcijom sila reakcije na centra težišta, a sigurno se može pretpostaviti kako će horizontalna brzina zaleta biti minimalna ili se vjerojatno neće pojaviti. Bez obzira na tehničku različitost same izvedbe faze odraza vidljivi su i dalje slični srednje visoko i visoki statistički značajni koeficijenti korelacije kod varijabli koje su vezane matematičkom izračunom, iako je zamjetno kako je broj statistički značajnih koeficijenata korelacije znatno manji. Najviše statistički značajne korelacije kod varijabli vertikalna su početna brzina sakruma (ver.br.Sak) i varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) s koeficijentom korelacije od 0,99, zatim kod horizontalnog impulsa sile (Fix) i horizontalne promjene brzine (ΔVx) također sa zabilježenim koeficijentom korelacije od 0,99. Daljnje visoke statistički značajne koeficijente korelacije pokazuju varijable transverzalna sila reakcije podloge (Fz) i transverzalna promjena brzine (ΔVz) s vrijednošću korelacije od 0,98, zatim između vertikalnog impulsa sile (Fiy) i vertikalne promjene brzine (ΔVy) s koeficijentom korelacije od 0,93. Istim koeficijentom korelacije od 0,93, povezane su varijable horizontalni moment sile (MFx) i transverzalni moment sile (MFz). Varijable horizontalna promjena brzine (ΔVx) i horizontalna akceleracija faze odraza (ax) povezane su s negativnim koeficijentom korelacije od -9,91. Istom negativnom vrijednošću koeficijenta korelacije od -0,91 povezane su varijable horizontalni impuls sile (Fix) i varijabla horizontalna akceleracija faze odraza (ax). Koeficijentom korelacije od 0,90 povezane su varijable vertikalna promjena brzine (ΔVy) i vertikalna akceleracija faze odraza (ay). Varijable vertikalni impuls sile (Fiy) i vertikalna akceleracija faze odraza (ay) povezane su koeficijentom korelacije od 0,85. Koeficijentom korelacije od 0,84 povezane su varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (sak1) i varijabla vremenski interval između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza (tSak2-Sak). Varijabla vremenski interval između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza (tSak2-Sak), i vertikalna brzina sakruma (ver.br.Sak) povezane su koeficijentom korelacije od 0.82. Među navedenim vrijednosti koeficijenata korelacije također treba napomenuti kako je

većina vrijednosti ovako dobivenih koeficijenata korelacije rezultat matematičkog izračuna. Varijabla najviša točka sakruma u fazi leta (Sak) i varijabla visina točke sakruma na kraju faze odraza (Sak2) povezane su koeficijentom korelacije od 0,59. Transverzalni moment sile (MFz) i vertikalna akceleracija faze odraza (ay) povezane su negativnom vrijednošću koeficijenta korelacije od -0,58. Vertikalna sila reakcije podloge (Fy) povezana je s varijablama transverzalni impuls sile (Fiz), i promjena transverzalne brzine (ΔVz), s koeficijentom povezanosti od -0,58. Transverzalni moment sile (MFz) i vertikalna promjena brzine (ΔVy) povezane su negativnim koeficijentom korelacije od - 0,53. Transverzalni moment sile (MFz) i vertikalni impuls sile (Fiy) povezani su s negativnim koeficijentom korelacije od -0,52. Horizontalni moment sile (MFx) i transverzalna sila reakcije podloge povezani su negativnim koeficijentom korelacije od -0,51. Varijabla vrijeme kontakta s podlogom (tFy) i varijabla vertikalna promjena brzine (ΔVy) povezane su koeficijentom korelacije od 0,51. Temeljem prikazanih koeficijenata korelacije može se zaključiti kako će vertikalna akceleracija biti veća što je manji transverzalni pomak u stopalu za vrijeme odraznog impulsa, pojavnost sile reakcije podloge će uvijek izazvati neke vrijednosti transverzalnog pomaka u stopalu tijekom faze odraza, pojavnost vertikalne sile izazvat će transverzalnu promjenu brzine, manje vrijednosti transverzalnog pomaka imat će za posljedicu veću vertikalnu promjenu brzine. Manje vrijednosti kontakta s podlogom imat će obilježje i manje vertikalne promjene brzine. Varijable najveća sila reakcije podloge faze odraza (Fy) i vremenski interval dostizanja te sile povezane su negativnim koeficijentom korelacije od -0,49, što sugerira kako će veća sila biti ostvarena u manjem vremenskom intervalu. U daljnjoj analizi opisat će se kako su povezane kriterijske varijable s ostalim skupom varijabli. Kriterijska varijabla najveća visina točke sakruma tijekom leta (Sak), pokazuje najveći koeficijent korelacije od 0,59 s varijablom najviša vrijednost točke sakruma na kraju faze odraza (Sak2). Varijabla vremenski interval od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak), i kriterijska varijabla (Sak) povezane su s koeficijentom korelacije od 0,40. Varijabla najviša točka sakruma na kraju odraza (Sak1) i kriterijska varijabla (Sak) povezane su statistički značajnim koeficijentom korelacije od o,39. Vertikalna brzina točke sakruma (ver.br.Sak) povezana je s kriterijskom varijablom (Sak) statistički značajnim koeficijentom korelacije od 0,35. Temeljem povezanosti kriterijske varijable (Sak) s ostalim skupom varijabli može se reći kako je ta povezanost ostvarena sa srednjim i minimalno značajnim koeficijentima korelacije, te s malim brojem varijabli. Može se zaključiti kako će veća visina točke sakruma tijekom leta biti ostvarena ako je i visina točke sakruma veća u trenutku završetka odraza, što će vremenski interval između trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma biti veći to će i dostignuta visina točke sakruma

biti veća, vrijednost odraza će biti veća što je i veća najviša točka sakruma tijekom leta, veća vertikalna brzina imat će za posljedicu i veću vrijednost najviše točke sakruma tijekom leta. Druga kriterijska varijabla, razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) povezana je s varijablom vertikalna brzina sakruma (ver.br.Sak) koeficijentom korelacije od 0,99., ali već je prethodno rečeno kako su te dvije varijable povezane matematičkim izračunom, međutim nameće se logičan zaključak kako će se veća vrijednost odraza ostvariti i uz veće vrijednosti početne brzine točke sakruma. Varijabla vremenski interval od trenutka završetka faze odraza do trenutka najviše točke sakruma (tSak2-Sak), i kriterijska varijabla (Sak1) povezane su koeficijentom korelacije od 0,84. Veća vrijednost odraza će imati obilježje većeg vremenskog intervala tijekom leta. Na ovaj način izvođenja dubinskih skokova manja vrijednost točke sakruma na kraju faze odraza rezultirat će većom visinom odraza. Gledajući ove vrijednosti koeficijenata korelacije i njihovu povezanost, koju nije uvijek moguće logički objasniti, nameće se zaključak o složenosti ovako izvedenih skokova.

Tablica 18. *Korelacija kinetičko kinematičkih varijabli za skokove koji su izvedeni dubinskim načinom*

	Fy	tF1y	Fx	tFx	Fz	tFz	t.K.P.	Fiy	Fix	Fiz	MFy	MFx	MFz	ΔVy	ΔVx	ΔVz	ay	ax	az	Sak	Sak1	Sak2	tsak2 -sak.	ver.br .Sak.
Fy	1,00																							
tFy	-0,49	1,00																						
Fx	-0,35	0,25	1,00																					
tFx	-0,21	0,17	0,47	1,00																				
Fz	-0,54	0,37	0,20	0,06	1,00																			
tFz	-0,21	0,18	0,23	0,35	0,06	1,00																		
t.K.P.	-0,02	-0,19	-0,10	-0,10	-0,04	-0,23	1,00																	
Fiy	-0,19	-0,06	-0,34	-0,20	0,39	-0,19	0,48	1,00																
Fix	-0,29	0,20	0,12	-0,18	0,43	0,12	-0,20	0,15	1,00															
Fiz	-0,58	0,37	0,19	0,07	0,98	0,05	-0,01	0,39	0,37	1,00														
MFy	-0,12	0,05	0,22	0,17	0,14	0,01	0,25	0,13	0,07	0,18	1,00													
MFx	0,21	-0,00	0,18	0,03	-0,51	-0,02	-0,00	-0,37	-0,32	-0,48	0,22	1,00												
MFz	0,14	-0,01	0,26	0,13	-0,47	0,04	-0,14	-0,52	-0,37	-0,44	0,09	0,93	1,00											
ΔVy	-0,15	-0,10	-0,35	-0,29	0,36	-0,21	0,51	0,93	0,16	0,35	0,12	-0,36	-0,53	1,00										
ΔVx	-0,29	0,22	0,15	-0,17	0,41	0,13	-0,24	0,08	0,99	0,35	0,06	-0,28	-0,31	0,07	1,00									
ΔVz	-0,58	0,37	0,19	0,06	0,98	0,04	-0,02	0,39	0,37	1,00	0,18	-0,48	-0,44	0,35	0,36	1,00								
ay	-0,16	0,02	-0,36	-0,28	0,47	-0,13	0,10	0,85	0,29	0,44	-0,00	-0,44	-0,58	0,90	0,21	0,45	1,00							
ax	0,24	-0,17	-0,13	0,11	-0,34	-0,09	-0,01	-0,18	-0,91	-0,28	-0,08	0,25	0,30	-0,16	-0,91	-0,28	-0,21	1,00						
az	-0,13	0,17	0,17	0,19	0,40	0,04	-0,19	0,06	0,09	0,32	-0,37	-0,30	-0,20	0,04	0,07	0,32	0,17	-0,10	1,00					
Sak	0,03	-0,13	-0,18	-0,06	0,09	-0,04	0,33	0,31	-0,20	0,05	-0,03	-0,29	-0,28	0,34	-0,24	0,04	0,23	0,14	0,06	1,00				
Sak1	0,28	-0,17	-0,20	-0,35	-0,13	-0,01	0,10	0,05	0,09	-0,16	-0,02	0,05	-0,05	0,13	0,08	-0,16	0,11	-0,14	-0,18	0,39	1,00			
Sak2	-0,22	0,01	-0,04	0,20	0,19	-0,05	0,29	0,30	-0,28	0,18	-0,06	-0,33	-0,25	0,25	-0,31	0,17	0,14	0,25	0,20	0,59	-0,47	1,00		
tSak2-Sak	0,29	-0,20	-0,26	-0,28	-0,03	0,01	0,08	0,13	0,13	-0,06	0,07	0,04	-0,09	0,25	0,11	-0,05	0,23	-0,15	-0,14	0,40	0,84	-0,35	1,00	
ver.br.Sak	0,28	-0,18	-0,23	-0,36	-0,14	-0,02	0,14	0,06	0,08	-0,17	-0,06	0,04	-0,07	0,15	0,07	-0,17	0,11	-0,14	-0,19	0,35	0,99	-0,46	0,82	1,00

7.3. Regresijska analiza

7.3.1. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma u fazi leta kod skokova izvedenih iz tri koraka zaleta

Utjecaj prediktorskih varijabli na kriterijsku varijabli najveća visina točke sakruma u fazi leta izračunata je samo s prediktorskim varijablama koje nisu dobivene matematičkim izračunom iz vrijednosti drugih varijabli koje su u direktnoj korelaciji s najvećom visinom točke sakruma u fazi leta. Kao prediktorski skup uzete su u obzir sljedeće varijable: Fy, tFy, Fx, tFx, Fz, tFz, t.K.P., Fiy, Fix, Fiz, MFy, MFx, MFz, tFy, ΔVy, ΔVx, ΔVz, ay, ax, az, tSak2-Sak.

Tablica 19. *Rezultati regresijske analize prediktorskih varijabli i kriterijske varijable najveća točka sakruma (Sak) u fazi leta za skokove izvedene iz tri koraka zaleta*

R= ,64; R²= ,42; F(7,39)=4,07; p< ,002; SEE: 2,77						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(39)	p-level
Intercept			147,51	9,82	15,01	0,00
Fy	-0,32	0,15	-0,00	0,00	-2,03	0,04
Fx	-0,40	0,17	-0,02	0,01	-2,31	0,02
tFx	-0,34	0,13	-46,60	17,72	-2,63	0,01
Fz	-1,12	0,49	-0,04	0,02	-2,26	0,02
az	1,10	0,46	3,03	1,29	2,36	0,02
tSak2-Sak	0,47	0,12	97,68	26,67	3,66	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R²) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 6 statistički značajnih varijabli, uz multiplu korelaciju R=0,64 i objašnjenje 42,2 % varijance rezultata kriterijske varijable najveće točke sakruma u fazi leta. Prema rezultatima regresijske analize visok statistički značajan utjecaj na najveću visinu točke sakruma ima varijabla transverzalna akceleracija faze odraza. Kako je varijabla transverzalna akceleracija faze odraza dobivena iz odnosa promjene transverzalne brzine faze odraza i vremenskog intervala faze odraza, za pretpostaviti je kako će vertikalna brzina faze odraza biti ovisna kako o vremenskom intervalu same faze odraza, tako i o transverzalnoj brzini faze odraza koja je izračunata iz transverzalnog impulsa sile. Regresijski model pokazuje kako varijabla vremenski interval

između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza i najviše točke sakruma tijekom leta pokazuje visoku projekciju na vrijednost kriterijske varijable Sak. Ovakva projekcija utjecaja kriterijske varijable tSak2-Sak može se objasniti time što će vjerojatno veće visine točke sakruma u fazi leta, imati za posljedicu i veći vremenski interval između visine točke sakruma u trenutku najviše točke sakruma tijekom leta (Sak). Transverzalna sila reakcije podloge ima negativnu projekciju na kriterijsku varijablu sak, što se može protumačiti time kako ne bi trebalo biti prevelikog transverzalnog pomaka stopala u fazi odraza. Statistički značajan negativan utjecaj na kriterijsku varijablu sak ima varijabla vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge (t.Fx). Može se pretpostaviti kako će velika vrijednost horizontalnog pomaka stopala u fazi odraza imati negativnu projekciju na najveću visinu točke sakruma. Sličan zaključak se može izvesti i kod prediktorske varijable horizontalna sila reakcije podloge (Fx) koja ima negativnu statističku značajnu povezanost s kriterijskom varijablom sak. Velika vrijednost horizontalnog pomaka u stopalu u fazi odraza može imati za posljedicu dostizanje manje visine točke sakruma u fazi leta. Statistički značajan, ali negativan utjecaj prediktorske varijable najveća vertikalna sila reakcije podloge (Fy) nije u potpunosti moguće logično objasniti, te bi odgovor trebalo potražiti u složenosti i u mogućem utjecaju supresora u međusobnim odnosima varijabli. Jedno od mogućih objašnjenja ovakve negativne statistički značajne povezanosti moglo bi biti to što se u fazi ekscentrične kontrakcije pojavljuje velika vertikalna sila reakcije podloge, a istovremeno se još ne pojavljuju vrijednosti varijable sak.

7.3.2. Utjecaj kietičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz tri koraka zaleta

Tablica 20. *Rezultati regresijske analize prediktorskih varijabli i kriterijske varijable razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz tri koraka zaleta*

R= ,65; R^2= ,43; F(3,43)=10,63; p< ,00; SEE: 2,37						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(43)	p-level
Intercept			37,25	7,21	5,17	0,00
Fy	-0,45	0,11	-0,01	0,00	-3,96	0,00
MFx	0,25	0,11	6,32	2,91	2,18	0,03
tSak2-Sak	0,42	0,11	80,19	21,95	3,65	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 3 statistički značajne varijable, uz multiplu korelaciju R=0,65 i objašnjenje 42,5 % varijance rezultata kriterijske varijable (Sak1). Kod skokova izvedenih iz tri koraka zaleta kao i kod kriterijske varijable sak, tako i kod varijable Sak1, najveća vertikalna sila reakcije podloge ima negativni statistički značajan utjecaj na kriterijsku varijabli Sak1. I u ovom slučaju nije u potpunosti moguće logično objasniti ovakav negativan utjecaj, te postoji mogućnost kao i u prethodnoj analizi to što se u fazi ekscentrične kontrakcije pojavljuje velika vertikalna sila reakcije podloge, a istovremeno se još ne pojavljuju vrijednosti varijable Sak1. Jednako tako bi jedan od mogućih razloga mogao biti u složenosti, i u mogućem utjecaju supresora u međusobnim odnosima varijabli. Pretpostavka je kako može biti riječ o fenomenu multikolinearnosti varijabli, pri čemu se regresijski koeficijenti ponašaju vrlo nestabilno i zavisni su od regresijskog modela, odnosno prediktorskih varijabli uključenih u model. Pozitivan utjecaj varijable vremenski interval između trenutka završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta moguće je povezati s činjenicom što će veće vrijednost odraza, vjerojatno imati za posljedicu i veći vremenski interval dosizanja te vrijednosti. Kako je moment sile ustvari umnožak sile i kraka sile oko koje se odvija rotacijski moment, može se zaključiti kako će veće vrijednosti transverzalnog rotacijskog momenta sile imati pozitivan utjecaj na vrijednost kriterijske varijable Sak1.

Bez obzira na to što je u projektu istraživanja predviđeno kako će se kao kriterijske varijable koristiti varijable Sak i Sak1, došlo se do spoznaje kako je jednako tako zanimljivo vidjeti na koji način je kroz regresijsku analizu povezana varijabla aproksimacija vertikalne početne brzine točke sakruma s prediktorskim skupom varijabli.

7.3.3. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz tri koraka zaleta

Tablica 21. *Rezultati regresijske analize prediktorskih varijabli i varijable početna vertikalna brzina točke sakruma u fazi završetka faze odraza za skokove izvedene iz tri koraka zaleta*

R= ,71; R^2= ,50; F(3,43)=14,60; p<,00; SEE: ,086						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(43)	p-level
Intercept			2,35	0,26	8,89	0,00
Fy	-0,43	0,10	-0,00	0,00	-4,05	0,00
MFx	0,25	0,10	0,24	0,10	2,32	0,02
tSak2-Sak.	0,54	0,10	4,01	0,80	4,98	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 3 statistički značajne varijable, uz multiplu korelaciju R=0,71 i objašnjenje 50,4 % varijance rezultata varijable početna vertikalna brzina točke sakruma u fazi odraza za skokove izvedene iz tri koraka zaleta. Pozitivan utjecaj na varijablu početna vertikalna brzina točke sakruma imaju varijable vremenski interval između trenutka završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta, i varijabla transverzalni moment sile. Negativnu statistički značajnu povezanost ima ponovo prediktorska varijabla najveća vertikalna sila reakcije podloge. Pretpostavka je kako će se tijekom većeg vremenskog intervala između završetka faze odraza i najveće visine točke sakrum pojaviti i veća početna vertikalna brzina točke sakruma. Kako je moment sile ustvari umnožak sile i kraka sile oko koje se odvija rotacijski moment, može se zaključiti kako će veće vrijednosti horizontalnog rotacijskog momenta sile imati pozitivan utjecaj na vrijednost početne vertikalne brzine točke sakruma. Negativan utjecaj prediktorske varijable najveća vertikalna sila reakcije podloge na početnu vertikalnu brzinu točke sakruma mogao bi se povezati s vremenskim intervalom koji bi se mogao ponašati kao supresor. Jedno od mogućih objašnjenja

moglo bi biti kao se tijekom faze amortizacije, na ploči za mjerenje sile registrira znatna vertikalna sila reakcije podloge, a vertikalna brzina se još ne pojavljuje, nego se generira tek u fazi prelaska iz ekscentrične u koncentričnu mišićnu kontrakciju.

7.3.4. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma (Sak) u fazi leta kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta

Tablica 22. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma u fazi leta kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta*

R= ,60; R^2= ,36; F(3,42)=7,95; p<,00; SEE: 1,59						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(42)	p-level
Intercept			105,49	15,17	6,95	0,00
Fiy	0,71	0,18	0,05	0,01	3,80	0,00
ax	0,37	0,13	1,00	0,35	2,83	0,00
ver.br.Sak	0,77	0,19	14,38	3,55	4,04	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 3 statistički značajne varijable, uz multiplu korelaciju R=0,60 i objašnjenje 36,6 % varijance rezultata kriterijske varijable sak za skokove izvedene iz pet koraka zaleta. Prediktorska varijabla početna vertikalna brzina sakruma u fazi odraza očekivano ima veliki utjecaj na kriterijsku varijablu najveća visina točke sakruma u fazi leta, što je sasvim logična posljedica činjenice kako će veća početna brzina sasvim sigurno rezultirati i većom visinom točke sakruma tijekom faze leta. Kako je impuls sile umnožak sile i vremenskog intervala u kojem je ta sila djelovala, logična je pretpostavka kako će i veće vrijednosti impulsa sile imati pozitivan utjecaj na visinu točke sakruma u fazi leta. Prediktorska varijabla transverzalna akceleracija, a koja je dobivena iz odnosa promjene transverzalne brzine i vremenskog intervala, ima statistički značajnu i pozitivnu povezanost s kriterijskom varijablom najviša visina točke sakruma tijekom faze leta.

7.3.5. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz pet koraka zaleta

Tablica 23. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza (Sak) i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) za skokove izvedene iz pet koraka zaleta*

R= ,92; R²= ,86; F(7,38)=33,36; p<,00; SEE: 1,36						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(38)	p-level
Intercept			186,05	17,01	10,93	0,00
tFy	0,40	0,07	37,65	6,97	5,40	0,00
tFx	0,28	0,07	37,32	10,18	3,66	0,00
t.K.P.	-1,55	0,21	-576,28	78,26	-7,36	0,00
Fiy	2,74	0,49	0,35	0,06	5,51	0,00
MFz	-0,34	0,08	-13,11	3,25	-4,03	0,00
ay	-2,94	0,43	-5,88	0,86	-6,78	0,00
tSak2-Sak	0,22	0,06	39,45	11,62	3,39	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R²) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 7 statistički značajne varijable, uz multiplu korelaciju R=0,92 i objašnjenje 86,0 % varijance rezultata kriterijske varijable sak za skokove izvedene iz pet koraka zaleta. Rezultati *backward* regresijske analize pokazuju kako prediktorske varijable vertikalna akceleracija faze odraza, varijabla vrijeme kontakta s podlogom i transverzalni moment sile imaju statistički značajnu negativnu povezanost s kriterijskom varijablom Sak1. Negativna povezanost varijable kontakt s podlogom logična je i može se pretpostaviti kako će duži period kontakta s podlogom rezultirati i manjim vrijednostima variable Sak1. Negativnu povezanost varijable vertikalna akceleracija faze odraza teže je logično povezati s varijablom Sak1. Kako je vertikalna akceleracija dobivena iz odnosa vertikalne promjene brzine i vremenskog intervala te promjene, a promjena brzine je opet dobivena iz vertikalnog impulsa sile postoji mogućnost složenih korelacija tako izvedenih varijabli kao i mogućnost utjecaja supresora. Statistički značajnu pozitivnu povezanost s kriterijskom varijablom Sak1 imaju prediktorske varijable vrijeme postizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge, vrijeme postizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge, horizontalni impuls sile, te varijabla vremenski interval između trenutka

završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta. Duži vremenski interval postizanja najveće vertikalne sile podloge može rezultirati i većim vrijednostima varijable Sak1, sličan zaključak se može izvesti kod interpretacije povezanosti prediktorske varijable vertikalni impuls sile faze odraza s kriterijskom varijablom Sak1, jer je to umnožak sile i vremenskog intervala djelovanja vertikalne sile izračunate kao integral sile i vremenskog perioda, te je pretpostavka kako će veći impuls sile rezultirati i većim vrijednostima varijable sak1.

7.3.6. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz pet koraka zaleta

Tablica 24. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz pet koraka zaleta*

R= ,914; R^2= ,83; F(6,39)=33,27; p<,00; SEE: ,045						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(39)	p-level
Intercept			2,85	0,65	4,35	0,00
tFy	0,38	0,08	1,09	0,24	4,39	0,00
tFz	0,27	0,08	0,73	0,21	3,38	0,00
t.K.P.	-0,43	0,07	-5,02	0,83	-6,02	0,00
MFy	0,24	0,10	0,00	0,00	2,45	0,01
ay	-0,76	0,08	-0,04	0,00	-8,98	0,00
Sak	0,24	0,06	0,01	0,00	3,53	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na šest statistički značajnih varijabli, uz multiplu korelaciju R=0,914 i objašnjenje 83,6 % varijance rezultata varijable početna vertikalna brzina sakruma u fazi završetka odraza za skokove izvedene iz pet koraka zaleta. Pozitivnu statistički značajnu povezanost s varijablom početna vertikalna brzina u fazi završetka odraza pokazuju prediktorske varijable vremenski interval dosizanja najveće vertikalne sile u fazi odraza, vremenski interval dosizanja najveće transverzalne sile u fazi odraza, vertikalni moment sile, te najveća vrijednost točke sakruma u fazi leta. Povezanost s vremenskim intervalom najveće vertikalne sile logična je, jer je pretpostavka kako će veća vertikalna sila rezultirati i većom brzinom faze odraza. Temeljem

rezultata analize za pretpostaviti je kako će veće vrijednosti transverzalne sile u fazi odraza imati za posljedicu i veću početnu brzinu točke sakruma. Kako je vertikalni moment sile umnožak vertikalne sile i kraka na kojem djeluje ta sila može se reći kako će umnožak vertikalne sile i djelovanja te sile imati pozitivan utjecaj na početnu brzinu točke sakruma u fazi leta. Statistički značajnu i negativnu povezanost pokazuju varijable vrijeme kontakta s podlogom i vertikalna akceleracija. Dok se manja vrijednost kontakta s podlogom može povezati s time kako će to rezultirati i bržim odraznim impulsom, a time i većom vertikalnom brzinom, negativnu povezanost vertikalne akceleracije nije moguće logično povezati. Pretpostavka je kako je riječ o fenomenu multikolinearnosti varijabli, i u mogućem utjecaju supresora u međusobnim odnosima varijabli.

7.3.7. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma (Sak) u fazi leta kod skokova izvedenih dubinskim načinom

Tablica 25. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na najveću visinu točke sakruma u fazi leta kod skokova izvedenih dubinskim načinom*

R= ,68; R^2= ,46; F(5,42)=7,27; p<,00; SEE: 2,37						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(42)	p-level
Intercept			112,59	9,84	11,43	0,00
Fz	1,73	0,72	0,01	0,00	2,39	0,02
Fix	-0,51	0,13	-0,17	0,04	-3,85	0,00
MFx	-0,35	0,13	-16,55	6,18	-2,67	0,01
ΔVz	-1,62	0,69	-4,73	2,03	-2,32	0,02
tSak2-Sak	0,44	0,11	144,69	37,35	3,87	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 5 statistički značajnih varijabli, uz multiplu korelaciju R=0,68 i objašnjenje 46,4 % varijance rezultata kriterijske varijable sak za skokove izvedene dubinskim načinom. Pozitivnu statistički značajnu povezanost pokazuju varijable : transverzalna sila rekcije podloge i vremenski interval između najviše točke sakruma u fazi završetka odraza i najviše točke sakruma. Pretpostavka je kako će veće vrijednosti varijable vremenski interval između najviše točke sakruma u fazi završetka odraza i najviše točke sakruma u fazi leta imati i veće vrijednosti visine točke sakruma

u trenutku faze završetka odraza. Ako pretpostavimo kako je transverzalna sila zapravo pomak u stopalu u fazi odraza, pretpostavka je kako će veća transverzalna sila biti posljedica dolaska stopala na podlogu većom brzinom što može rezultirati većom vrijednošću varijable sak. Statistički značajnu negativnu povezanost pokazuju varijable: horizontalni impuls sile, horizontalni moment sile i transverzalna promjena brzine. Kako je transverzalna promjena brzine izračunata iz transverzalnog impulsa sile koji ima negativne vrijednosti očitane s ploče za mjerenje sila, može se pretpostaviti kako će transverzalna promjena brzine u stopalu u fazi odraza imati negativan utjecaj na najveću točku sakruma u fazi leta. Negativna statistički značajna povezanost varijable horizontalni impuls sile može se povezati činjenicom kako će manji horizontalni pomak imati pozitivan utjecaj na visinu najviše točke sakruma. Kako je horizontalni moment sile umnožak komponente horizontalne sile i kraka na kojem je ta sila djelovala, negativna povezanost s najvećom visinom točke sakruma u fazi leta, može se pretpostaviti kako će veće vrijednosti umnoška horizontalne sile i kraka na kojem je ta sila djelovala negativno djelovati na visinu sakruma u fazi leta.

7.3.8. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma (Sak) u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (Sak1) kod skokova izvedenih dubinskim načinom

Tablica 26. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na razlika između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta (SAK-1) kod skokova izvedenih dubinskim načinom*

R= ,87; R^2= ,77; F(4,43)=36,05; p<,00; SEE: 1,47						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(43)	p-level
Intercept			-29,96	6,11	-4,90	0,00
tFx	-0,17	0,07	-11,61	5,23	-2,21	0,03
Fiz	8,45	3,42	0,39	0,15	2,46	0,01
ΔVz	-8,56	3,42	-24,00	9,59	-2,50	0,01
tSak2-Sak	0,82	0,07	256,40	23,84	10,75	0,00

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R^2) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 4 statistički značajne varijable, uz multiplu korelaciju R=0,87 i objašnjenje 77,0 % varijance rezultata kriterijske varijable sak-1 za skokove izvedene dubinskim načinom. Pozitivni statistički značajan utjecaj pokazuju varijable: transverzalni impuls sile i vremenski interval između najviše točke sakruma u fazi završetka odraza i najviše točke sakruma. Negativnu statističku povezanost pokazuju varijable: vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile reakcije podloge i promjena transverzalne brzine izračunata iz transverzalnog impulsa sile. Statistički značajna povezanost između transverzalnog impulsa sile i razlike između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta mogla bi se objasniti time što će veće vrijednosti transverzalnog impulsa sile, (a koji je ustvari integral transverzalne sile i vremenskog intervala pojavnosti te sile) imati za posljedicu i veće vrijednosti na razliku između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta. Statistički značajna povezanost između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta, i vremenskog intervala trenutka završetka odraza do trenutka najviše točke sakruma može se logično povezati pretpostavkom kako će veće vrijednosti visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta imati za posljedicu i veći vremenski interval dostizanja tih vrijednosti.

7.3.9. Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma (ver.br.Sak) u fazi završetka odraza za skokove izvedene dubinskim načinom

Korištenjem *backward stepwise* regresijske analize broj varijabli reduciran je na 6 statistički značajni varijabli, uz multiplu korelaciju R=0,61 i objašnjenje 38,2 % varijance rezultata varijable početna vertikalna brzina sakruma u fazi završetka odraza. Pozitivan statistički značajan utjecaj na početnu vertikalnu brzinu sakruma imaju varijable najveća transverzalna vrijednost sile reakcije podloge i horizontalni moment sile. Negativan statistički značajan utjecaj na početnu vertikalnu brzinu sakruma imaju varijable promjena transverzalne brzine, transverzalni moment sile, vertikalni moment sile i transverzalna akceleracija. Pozitivni utjecaj varijable najveća transverzalna vrijednost sile reakcije podloge na početnu brzinu sakruma u fazi odraza mogao bi se protumačiti kako će početna vertikalna brzina sakruma u fazi odraza biti ovisna o transverzalnom pomaku stopala za vrijeme dodira stopala petom i

završetka faze odraza. Pozitivan statistički značajan utjecaj horizontalnog momenta sile, koji je ustvari umnožak horizontalne sile i kraka na kojem djeluje ta sila, mogao bi se protumačiti time kako će veća vertikalna početna brzina točke sakruma biti veća što je veća vrijednost horizontalne sile faze odraza, kao i što je veća vrijednost kraka sile na kojem djeluje ta horizontalna sila. Negativnu statističku značajnu povezanost varijable promjena brzine izračunate iz transverzalnog impulsa sile može se dovesti u vezu time kako će veća transverzalna promjena brzine, a ona je zapravo odnos transverzalnog impulsa sile i mase skakačice rezultirati manjom početnom vertikalnom brzinom sakruma. Može se pretpostaviti kako će veći transverzalni pomak stopala u koncentričnoj fazi odraza rezultirati i manjom početnom vertikalnom brzinom sakruma. Sličan zaključak mogao bi se izvesti iz statistički značajne negativne povezanosti transverzalnog momenta sile i početne vertikalne brzine sakruma. Pretpostavka je kako će veće vrijednosti transverzalnog zakretnog momenta (rotacijski učinak) u stopalu za vrijeme faze odraza imati za posljedicu manju početnu vertikalnu brzinu točke sakruma. Statistički značajnu negativnu povezanost vertikalnog momenta sile s početnom vertikalnom brzinom sakruma može se povezati time što će u koncentričnoj fazi odraza vertikalna brzina točke sakruma ustvari biti negativna, a umnožak sile i kraka rotacionog momenta na kojem je ta sila djelovala, imat će veću vrijednost. Negativna statistički značajna povezanost transverzalne akceleracije mogla bi se protumačiti na sličan načina i kao kod transverzalnog momenta sile, to jest kako će transverzalni pomak u stopalu imati za posljedicu manju početnu brzinu sakruma u fazi odraza.

Tablica 27. *Utjecaj kinetičko kinematičkih varijabli na početnu vertikalnu brzinu sakruma u fazi završetka odraza za skokove izvedene dubinskim načinom*

R= ,61; R²= ,38; F(6,41)=4,23; p<,002; SEE: ,10						
	Beta	SE Beta	B	SE B	t(41)	p-level
Intercept			2,88	0,14	20,64	0,00
Fz	2,10	0,92	0,00	0,00	2,28	0,02
MFy	-0,51	0,14	-0,00	0,00	-3,52	0,00
MFx	1,26	0,40	2,34	0,74	3,15	0,00
MFz	-1,18	0,37	-2,73	0,86	-3,15	0,00
ΔVz	-1,89	0,87	-0,22	0,10	-2,16	0,03
az	-0,37	0,17	-0,07	0,03	-2,21	0,03

(R) - koeficijent multiple korelacije, (R²) - koeficijent determinacije, (F) F-test, (p) - vrijednost kojom se testira statistička značajnost multiple korelacije, (SEE) - standardna pogreška prognoze, (Intercept) - vrijednost zavisne varijable za nulte vrijednosti nezavisnih, Beta - standardizirani (parcijalni) regresijski koeficijenti, (SE Beta) - standardne pogreške standardiziranih regresijskih koeficijenata, (B) - nestandardizirani regresijski koeficijenti, (SE B) - standardna pogreška nestandardiziranih regresijskih koeficijenata, (t) - t - vrijednost kojom se testira značajnost regresijskih koeficijenata, (p-level) - razina značajnosti regresijskih koeficijenata

7.4.0. Diskriminativna analiza

Tablica 28. *Deskriptivni parametri kinetičko kinematičkih varijabli za načine izvedbe skokova iz 3 koraka, 5 koraka, dubinskim načinom*

	A.S. 3 koraka	Std.Dev. 3koraka	A.S. 5 koraka	Std.Dev. 5 koraka	A.S. dubinski	Std.Dev. dubinski
Fy	1959,87	237,83	1952,05	285,23	2310,41	195,85
tFy	0,12	0,02	0,09	0,03	0,07	0,04
Fx	-817,49	72,62	-827,66	103,70	-333,56	61,18
tFx	0,09	0,02	0,06	0,02	0,07	0,04
Fz	353,13	87,34	331,78	130,70	85,31	426,59
tFz	0,08	0,01	0,07	0,03	0,03	0,00
t.K.P.	0,23	0,01	0,23	0,009	0,27	0,01
Fiy	325,45	19,50	311,77	26,20	401,97	41,24
Fix	-124,41	8,99	-124,31	12,01	-41,11	9,08
Fiz	49,08	16,69	43,99	24,41	18,01	63,64
MFy	8,78	21,25	5,87	25,69	1,88	22,91
MFx	-0,02	0,12	0,03	0,08	0,04	0,06
MFz	-0,06	0,10	0,04	0,08	0,04	0,05
ΔVy	5,35	0,37	5,16	0,48	6,72	0,75
ΔVx	-2,05	0,15	-2,05	0,19	-0,67	0,14
ΔVz	0,81	0,29	0,67	0,32	0,30	1,049
ay	22,67	1,42	22,12	1,68	24,48	2,31
ax	8,70	0,55	8,81	0,71	2,43	0,54
az	3,45	1,21	3,11	1,77	3,93	0,56
Sak	173,79	3,36	174,91	1,92	155,08	3,06
Sak1	50,31	3,60	48,56	3,35	33,48	2,94
Sak2	123,81	3,71	126,48	3,69	121,51	3,05
tSak2-Sak	0,30	0,01	0,29	0,01	0,25	0,00
ver.br.Sak	3,13	0,11	3,08	0,10	2,55	0,12

(A.S.) aritmetička sredina (Std.Dev.) standardna devijacija

Analizirajući aritmetičke sredine promatranih varijabli uočavaju se određene razlike u vrijednostima varijabli. Svakako se odmah uočava razlika u najvećoj vertikalnoj sili reakcije podloge, koja je kod dubinskog načina izvođenja skokova uočljivo najveća. Ovo je razumljivo ako se uzme u obzir kako je potencijalna kinetička energija, koja se pojavljuje u ovako izvedenom načinu skoka umnožak mase, sile gravitacije i visine u odnosu na referentni sustav (mgh). Visina na kojoj skakačica stoji očito je dominantno odgovorna za ovako veliku vertikalnu komponentu sile reakcije podloge, jasno uz silu gravitacije koja ubrzava masu skakačice prema podlozi. Jednako je tako vidljivo kako se vrijednosti najveće horizontalne i transverzalne sile reakcije podloge razlikuju kod skokova iz 3 i 5 koraka od dubinskog načina

izvedbe skokova. Uočljivo je kako je vrijeme kontakta s podlogom skoro jednako kod skokova iz 3 i 5 koraka, ali je također vidljivo kako je vrijeme kontakta s podlogom kod skokova koji su izvedeni dubinskim načinom veće, što opet govori u prilog činjenici kako je sila gravitacije bitan čimbenik koji određuje vrijednosti vremenskog intervala kontakta s podlogom. U prilog ovakvom razmišljanju ide i činjenica kako su vrijednosti najviše točke sakruma u fazi odraza izrazito manje kod izvođenja dubinskih skokova u odnosu na izvođenje skokova iz tri i pet koraka zaleta. Generalno gledajući većina varijabli kod dubinskog načina izvođenja skokova razlikuje se od načina izvođenja skokova iz 3 i 5 koraka zaleta. Velika vjerojatnost tako uočenih razlika leži u tome što se tehnička izvedba dubinskih skokova uvelike razlikuje od načina izvedbe skokova iz 3 i 5 koraka (puno manja horizontalna brzina, puno veća vertikalna komponenta sile reakcije podloge), te je vjerojatno ključna uloga sile gravitacije koja dominantno određuje vrijednosti kinetičko kinematičkih varijabli.

U postupku utvrđivanja značajnosti razlika u promatranim varijablama između grupa načina izvođenja skokova primjenom standardne diskriminativne analize vidljiva je statistički značajna razlika u obje diskriminativne funkcije. Određivanjem pojedinačnog doprinosa varijabli razlici među načinima izvođenja skokova, utvrđen je statistički značajan doprinos kod 8 varijabli od 24 uključene u model (tablica 29). Razlici među grupama načina izvođenja skokova doprinose varijable : ΔVz, MFz, Fiz, tFx , ΔVx, tFy, Fix tFz.

Tablica 29. *Rezultati diskriminativne analize, testiranje značajnosti razlika među grupama kao i doprinos svake varijable diskriminacijskoj moći modela*

Discriminant Function Analysis Summary No. of vars in model: 24; Grouping: (3 grps) Wilks' Lambda: ,00679 approx. F (48,230)=53,359 p<0,0000						
	Wilks Lambda	Partial Lambda	F-remove	p-level	Toler.	1-Toler.
Fy	0,01	0,97	1,93	0,15	0,28	0,72
tFy	0,01	0,94	3,87	0,02	0,58	0,42
Fx	0,01	0,99	0,72	0,49	0,28	0,72
tFx	0,01	0,91	5,63	0,00	0,62	0,38
Fz	0,01	0,99	0,70	0,50	0,03	0,97
tFz	0,01	0,95	3,16	0,05	0,59	0,41
t.K.P.	0,01	0,97	1,73	0,18	0,06	0,94
Fiy	0,01	0,99	0,44	0,65	0,08	0,92
Fix	0,01	0,94	3,81	0,03	0,01	0,99
Fiz	0,01	0,89	7,28	0,00	0,01	0,99
MFy	0,01	0,96	2,22	0,11	0,45	0,55
MFx	0,01	1,00	0,03	0,97	0,55	0,45
MFz	0,01	0,87	8,37	0,00	0,44	0,56
ΔVy	0,01	0,99	0,33	0,72	0,02	0,98
ΔVx	0,01	0,91	5,90	0,00	0,01	0,99
ΔVz	0,01	0,87	8,34	0,00	0,01	0,99
ay	0,01	0,99	0,55	0,58	0,03	0,97
ax	0,01	1,00	0,14	0,87	0,07	0,93
az	0,01	0,98	1,07	0,35	0,18	0,82
Sak	0,01	0,98	1,41	0,25	0,05	0,95
Sak1	0,01	0,96	2,58	0,08	0,01	0,99
Sak2	0,01	0,97	2,00	0,14	0,04	0,96
tSak2-Sak	0,01	0,99	0,73	0,48	0,59	0,41
ver.br.Sak	0,01	0,98	1,26	0,29	0,03	0,97

(Wilk's lambda) vrijednost Wilksove lambde na temelju koje se testira statistička značajnost razlika između centroida grupa,(approx. F) aproksimacijska F vrijednost na temelju koje se testira značajnost razlika, (p) pogreška s kojom se prihvaća hipoteza o postojanju statistički značajne razlike, vrijednost Wilksove lambde koja se dobiva kada iz modela isključimo pripadajuću varijablu,(Partial Lambda) jedinstveni doprinos svake varijable diskriminacijskoj moći modela, (F – remove) F – vrijednost na temelju koje se testira statistička značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela (p – level) pogreška koja se čini prihvaćanjem hipoteze da je doprinos svake varijable diskriminacijskoj moći modela statistički značajan,(Toler.) mjera količine nezavisnih informacija pojedine varijable u odnosu na sve ostale iz modela, (1-Toler.) proporcija zajedničke varijance te varijable s ostalima iz modela.

Temeljem vrijednosti Wilksove lambde koja testira statističku značajnost razlika između centroida grupa može se zaključiti kako postoji statistički značajna razlika među načinima izvođenja skokova. Analizirajući vrijednosti parcijalnih Wilksovih lambda, to jest jedinstveni doprinos svake varijable diskriminacijskoj moći modela može se zaključiti kako varijable transverzalna promjena brzine (ΔVz), i transverzalni moment sile (MFz), najviše

doprinose snazi diskriminacijskom razlikovanju centroida grupa, zatim varijabla transverzalni impuls sile (Fiz), vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile faze odraza (tFx), horizontalna promjena brzine (ΔVx), vrijeme dostizanja najveće vertikalne sile odraza (tFy), horizontalni impuls sile (Fix), te varijabla vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile odraza (tFz).

Tablica 30. *Rezultati značajnosti diskriminacijskih funkcija*

Chi-Square Tests with Successive Roots Removed						
Funkcija	Eigenvalue	Canonicl R	Wilks Lambda	Chi-Sqr.	df	p-level
F1	68,85	0,99	0,01	631,53	48	0,00
F2	1,11	0,73	0,47	94,37	23	0,00

(Eigenvalue) svojstvena vrijednost diskriminacijskih funkcija, (Canonical R) koeficijenti kanoničke korelacije (diskriminacije),(Wilk's Lambda) vrijednosti Wilksovih lambdi za svaku diskriminacijsku funkciju, (Chi-Sqr) vrijednosti Hi kvadrat testa za testiranje značajnosti diskriminacijske funkcije, (df) stupnjevi slobode na temelju kojih se vrši testiranje, (p-level) pogreška kod prihvaćanja hipoteze da je razlika statistički značajna

Temeljem Hi kvadrat testa kojim se testira statistička značajnost diskriminacijskih funkcija vidljivo je kako obje diskriminacijske funkcije statistički značajno razlikuju načine izvedbe skokova. Prva diskriminacijska funkcija (F1) koja ima obilježje puno veće svojstvene vrijednosti (Eigenvalue), većim koeficijentom kanoničke korelacije (Canonical R), kao i većom vrijednošću Hi kvadrat testa (Chi-Sqr.) doprinosi više razlici među načinima izvođenja skokova. Temeljem pokazatelja svojstvene vrijednosti, koeficijenta kanoničke korelacije i Hi kvadrat testa, druga diskriminacijska funkcija (F2) slabije doprinosi razlikovnosti načina izvođenja skokova, ali jednako tako pokazuje statistički značajnu moć diskriminacije među načinima izvođenja skokova.

Tablica 31. *Korelacije između kinetičko kinematičkih varijabli i diskriminacijskih funkcija*

Factor Structure Matrix Correlations Variables – Canonical Roots (Pooled-within-groups correlations)		
	F1	F2
Fy	-0,08	-0,01
tFy	0,06	-0,29
Fx	-0,35	-0,05
tFx	0,01	-0,32
Fz	0,06	-0,03
tFz	0,12	-0,10
t.K.P.	-0,20	-0,12
Fiy	-0,16	-0,18
Fix	-0,48	0,00
Fiz	0,04	-0,05
MFy	0,01	-0,05
MFx	-0,03	0,23
MFz	-0,04	0,50
ΔVy	-0,15	-0,13
ΔVx	-0,47	0,01
ΔVz	0,04	-0,08
ay	-0,07	-0,12
ax	0,60	0,07
az	-0,03	-0,10
Sak	0,39	0,15
Sak1	0,29	-0,19
Sak2	0,06	0,28
tSak2-Sak	0,19	-0,15
ver.br.Sak	0,28	-0,20

Matrica ortogonalnih projekcija (korelacija) varijabli s diskriminacijskim funkcijama

Analizirajući tablicu matrice korelacija varijabli s diskriminacijskim funkcijama (tablica 31.) vidljivo je kako varijabla horizontalnog ubrzanja (ax) i vrijednosti varijabli vezanih za točku sakruma (Sak, Sak1, ver.br.Sak) imaju veće pozitivne korelativne odnose s prvom diskriminacijskom funkcijom (F1). Varijable horizontalnih i transverzalnih obilježja (Fix, ΔVz ΔVx, te varijabla vrijeme kontakta s podlogom (t.K.P.) imaju statistički značajnu negativnu povezanost s prvom diskriminacijskom funkcijom. Statistički značajno pozitivne korelacije s drugom diskriminacijskom funkcijom (F2) imaju varijable transverzalnog momenta sile (MFz), varijabla visina točke sakruma u trenutku završetka faze odraza (Sak2), te varijabla horizontalnog momenta sile (MFx). Varijable vremenski interval dostizanja najveće horizontalne i transverzalne sile reakcije podloge kao i varijabla vertikalna brzina točke sakruma imaju negativnu statistički značajnu povezanost s drugom diskriminacijskom funkcijom.

Uvidom u tablicu 32. koja prikazuje kvadratne Mahalanobisove distance između centroida grupa kao i pripadajuće F- vrijednosti (tablica 33.) može se zaključiti kako postoje razlike među centroidima grupa. Statistički značajna razlika između centroida grupa potvrđena je i uvidom u tablicu 34. u kojoj su prikazane razine značajnosti.

Tablica 32. *Kvadratne Mahalanobisove distance između centroida grupa*

Kvadratne Mahalanobisove distance			
	G_1:3	G_2:5	D
G_1:3	0,00	6,58	301,78
G_2:5	6,58	0,00	301,68
D	301,78	301,78	0,00

(kvadratne Mahalanobisove distance između centroida grupa)

Tablica 33. *F- vrijednosti kojima se testira statistička značajnost Mahalanobisove udaljenosti*

F-vrijednosti, df = 12,128			
	G_1:3	G_2:5	D
G_1:3		5,31	248,84
G_2:5	5,31		246,05
D	248,84	246,05	

(F-vrijednost) F-vrijednost kojom se testira značajnost Mahalanobisove udaljenosti

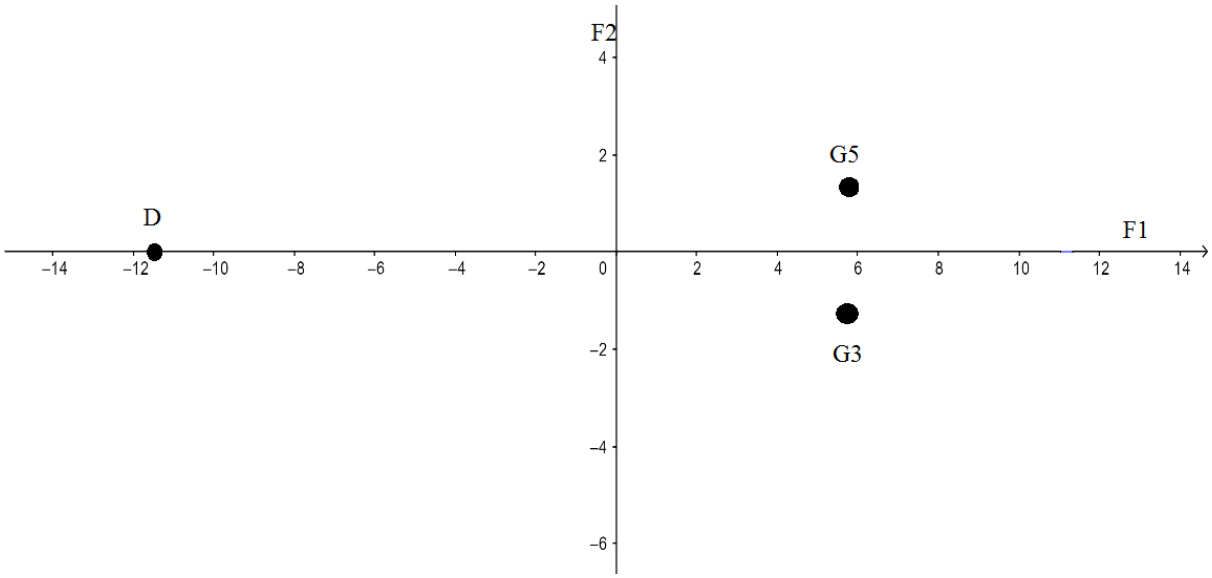
Tablica 34. *p - razina značajnosti*

(p-levels) razina značajnosti			
	G_1:3	G_2:5	D
G_1:3		0,00	0,00
G_2:5	0,00		0,00
D	0,00	0,00	

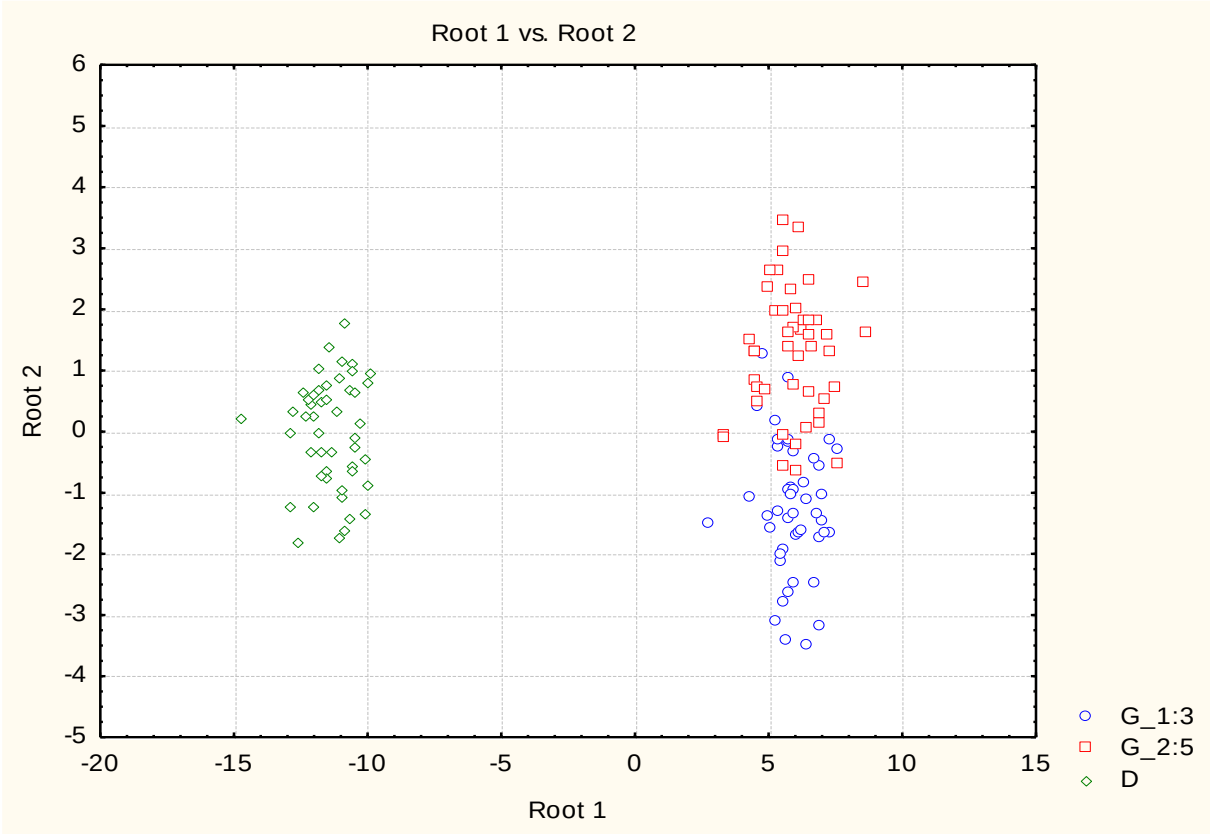
(p-levels) pogreška kojom se tvrdi da je razlika statistički značajna

Tablica 35. *Položaj centroida grupa na diskriminacijskim funkcijama*

Funkcija		
Funkcija	F1	F2
G_1:3	5,90	-1,27
G_2:5	5,89	1,30
D	-11,44	-0,00



Grafikon 12. Grafički prikaz udaljenosti centroida grupa (G3-skokovi izvedeni iz tri koraka zaleta, G5-skokovi izvedeni iz pet koraka zaleta, D-skokovi izvedeni dubinskim načinom)



Grafikon 13. Vizualni prikaz udaljenosti centroida grupa (G3-skokovi izvedeni iz tri koraka zaleta, G5-skokovi izvedeni iz pet koraka zaleta, D-skokovi izvedeni dubinskim načinom)

Skokovi izvedeni iz tri koraka (G3) i skokovi izvedeni iz pet koraka (G5) nalaze se na pozitivnom polu prve diskriminacijske funkcije (F1), dok se skokovi izvedeni dubinskim načinom (D) nalazi na negativnom polu prve diskriminacijske funkcije. Gledajući kako najveće pozitivne korelacije s prvom diskriminacijskom funkcijom pokazuju varijable horizontalna akceleracija (ax), te vrijednosti vezane za točku sakruma (Sak, Sak1, ver.br.Sak), te aproksimacija vertikalne brzine sakruma (ver.br.Sak) može se zaključiti kako skokovi izvedeni G3 i G5 načinom imaju bolje, dok skokovi izvedeni D načinom imaju slabije rezultate u navedenim varijablama na prvoj diskriminacijskoj funkciji. Ovakvu povezanost je moguće objasniti time što se skokovi dubinskim načinom uvelike u svojoj tehničkoj izvedbi razlikuju od skokova izvedenih iz 3 i 5 koraka, te se može pretpostaviti kako će horizontalna akceleracija biti čimbenik koji najviše razlikuje tehničku izvedbu skokova, što je i logično jer kod izvedbe dubinskih skokova ne postoji faza zaleta koja velikim djelom generira horizontalnu brzinu. Vrijednosti kinetičko kinematičkih parametara vezane uz točku sakruma (Sak, Sak1, ver.br.Sak), koje su slične kod skokova iz tri i pet koraka a razlikuju se kod izvedbe dubinskih skokova, moguće je također objasniti time što kod skokova izvedenih dubinskim načinom ne postoji faza zaleta. pa ti načini skokova pokazuju lošije rezultate na prvoj diskriminacijskoj funkciji. Kod varijable vrijeme kontakta s podlogom vrijednosti su obrnuto skalirano te je bolji rezultat ustvari manja vrijednost. Temeljem položaja centroida grupa izvedenih skokova na drugoj diskriminacijskoj funkciji (F2) uočavaju se drugačiji odnosi. Skokovi izvedeni iz pet koraka zaleta (G2) nalaze se na pozitivnom polu funkcije, skokovi izvedeni iz tri koraka zaleta (G1) nalaze se na negativnom polu, dok se skokovi izvedeni dubinskim načinom (D) nalaze između pozitivnog i negativnog pola diskriminacijske funkcije (F2). Kako s drugom diskriminacijskom funkcijom najveću povezanost pokazuju varijable transverzalni moment sile (MFz), zatim najviša točka sakruma u trenutku završetka faze odraza (Sak2) i horizontalni moment sile (MFx) može se pretpostaviti kako skokovi izvedeni iz tri koraka zaleta imaju slabije vrijednosti u promatranim varijablama na drugoj diskriminacijskoj funkciji u odnosu na skokove izvedene iz pet koraka zaleta. Pretpostavka ja kako je pri postavljanju stopala transverzalni moment sile, a možemo ga shvatiti kao okretni moment koji vrši stopalo u horizontalnom smjeru veći kod veće brzine. Gledajući generalno može se zaključiti kako se skokovi izvedeni iz tri i pet koraka zaleta odlikuju relativno sličnim vrijednostima u promatranim varijablama, dok se izvedba skokova dubinskim načinom uvelike razlikuje od načina izvedbe skokova s tri i pet koraka zaleta. Ovo istraživanje potvrdilo je kako postoji razlika u kinetičko kinematičkim varijablama pri izvedbi skokova iz tri koraka zaleta, pet koraka zaleta, te dubinskim načinom, ali je svakako zanimljivo kroz daljnja istraživanja

produbiti i jasnije odrediti ovako složene odnose kinetičko kinematičkih obilježja kod specifičnih vježbi odraza kod skoka uvis.

8. ZAKLJUČAK

Cilj je ovog istraživanja bio utvrditi predložena biomehanička obilježja, te njihovu povezanost sa specifičnim kineziološkim operatorima kod skakačica u vis različite kvalitativne razine. Precizno su se utvrditi prostorno-vremenski parametri, točno su se utvrdili vremenski intervali pojavnosti sila kao i njihov iznos. Dobiveni rezultati mogu biti doprinos razvoju i usavršavanju različitih tehnoloških rješenja za provedbu preciznijih dijagnostičkih postupka, kao i postupaka modeliranja dobivenih parametara u funkciji tehničke učinkovitosti kod skoka u vis. Pretpostavka je kako bi se rezultati ovog istraživanja mogli primjenjivati u svakodnevnoj sportskoj praksi, čime bi doprinijeli efikasnosti trenažnog postupka. Znanstveni se značaj ogleda prvenstveno u utvrđivanju kinematičkih i kinetičkih parametara, njihova povezanost i utjecaj na efikasnost natjecateljske i trenažne izvedbe u vis. Ovako dobiveni podatci biomehaničkih mjerenja mogu se arhivirati, te nakon toga koristiti u različitim vrstama komparativnih analiza, kao na primjer usporedba s različitim modelima motoričke izvedbe vezane za skok u vis. Ovo istraživanje može poslužiti kao početna inicijativa za daljnja biomehanička istraživanja s ovako sofisticiranom mjernom tehnikom pogotovu ako bi se osigurali materijalni uvjeti koji bi omogućili biomehaničko snimanje natjecateljske i trenažne izvedbe skokova u vis.

Uzorak entiteta za ovo istraživanje činili su dohvatni skokovi koje su izvele tri skakačice u vis različite kvalitativne razine. Svaka od skakačica izvela je po 15 skokova na tri različita načina te su ti skokovi u svojim kinematičkim i kinetičkim obilježjima bili predmetom istraživanja i analize. Skokovi su se izvodili na tri načina, i to: dohvatni skok glavom iz tri koraka, dohvatni skok glavom iz 5 koraka, dohvatni skok glavom iz mirovanja, u uvjetima dubinskog skoka pri čemu se vrši saskok s klupice visine 40 cm na mjesto odraza.

U ovom istraživanju izmjerene su određene kinematičke i kinetičke varijable. Kao kriterijske varijable, izabrane su dvije kinematičke varijable. Prva je varijabla bila najviša dostignuta vrijednost točke sakruma u fazi leta. Ta varijabla je bila najbliža u svojoj izvedbi aproksimaciji varijable koja je prisutna u svim biomehaničkim istraživanjima, a to je najviša

točka CT u trenutku najviše točke u stvarnim natjecateljskim uvjetima. Drugu kriterijsku varijablu predstavljala je razlika između visine točke sakruma (Sak) u trenutku kraja faze odraza i najviše vrijednosti točke sakruma (Sak1) u fazi leta.

Istraživanje je provedeno u laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Snimanje skokova izvršeno je uporabom automatiziranog 3D kinematičkog mjernog sustava „ELITE“, talijanske firme Bioengineering Technology & Systems (BTS), koji uključuje 8 kamera i sinkroniziran je s platformom za mjerenje sile „KISTLER“, švicarske proizvodnje, sve spojeno na računalo. Rezultati su bili obrađeni s pomoću standardiziranih namjenskih programskih paketa Smart Analyser (obrada signala) i programskim paketom *Statistica* 13.

Vrijednosti točke “sakruma” dobivene su tehnikom digitalnog 3D snimanje pokreta. Infracrveni optoelektronički mjerni sustavi vršili su prikupljanje podataka, a sama analiza temeljila se na njihovom pronalaženju i trodimenzionalnoj rekonstrukciji pasivnih markera koji su postavljeni na zadane anatomske točke.

Rezultati regresijske analize kod skokova izvedenih iz tri koraka zaleta pokazuju kako statistički pozitivan značajan utjecaj na najveću visinu točke sakruma u fazi leta imaju transverzalna akceleracija faze odraza, vremenski interval između trenutka najviše točke sakruma na kraju faze odraza i najviše točke sakruma tijekom leta. Statistički značajnu negativnu povezanost pokazuju transverzalna sila reakcije podloge, horizontalna sila reakcije podloge, vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge, i najveća vertikalna sila reakcije podloge.

Rezultati regresijske analize povezanosti kriterijske varijable sak1 sa skupom varijabli pokazuju kako najveća vertikalna sila reakcije podloge ima negativni statistički značajan utjecaj na kriterijsku varijabli sak1. Pozitivnu statistički značajnu povezanost ima vremenski interval između trenutka završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta, kao i horizontalni moment. Kako je moment sile ustvari umnožak sile i kraka sile oko koje se odvija rotacijski moment, može se zaključiti kako će veće vrijednosti transverzalnog rotacijskog momenta sile imati pozitivan utjecaj na vrijednost kriterijske varijable Sak1.

Korištenjem regresijske analize pokazalo se kako pozitivan utjecaj na varijablu početna vertikalna brzina točke sakruma imaju varijable vremenski interval između trenutka završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta, varijabla transverzalni moment sile, negativnu statistički značajnu povezanost ima najveća vertikalna sila reakcije podloge.

Kod skokova izvedenih iz pet koraka zaleta rezultati regresijske analize pokazuju kako početna vertikalna brzina sakruma u fazi odraza očekivano ima veliki utjecaj na kriterijsku varijablu najveća visina točke sakruma u fazi leta, zatim vertikalni impuls sile umnožak sile i transverzalna akceleracija.

Rezultati regresijske analiza pokazuju kako kod skokova izvedenih iz pet koraka, na razliku između visine točke sakruma u trenutku završetka odraza i najviše točke sakruma tijekom leta, statistički pozitivnu povezanost imaju vrijeme postizanja najveće vertikalne sile reakcije podloge, vrijeme postizanja najveće horizontalne sile reakcije podloge,vertikalni impuls sile, i vremenski interval između trenutka završetka faze odraza i najviše točke sakruma u fazi leta. Negativnu povezanost pokazuju vremenski interval kontakta s podlogom, vertikalna akceleracija te transverzalni moment sile.

Rezultati regresijske analize pokazuju kako pozitivnu statistički značajnu povezanost s varijablom početna vertikalna brzina u fazi završetka odraza pokazuju prediktorske varijable vremenski interval dosizanja najveće vertikalne sile u fazi odraza, vremenski interval dosizanja najveće transverzalne sile u fazi odraza, vertikalni moment sile, te najveća vrijednost točke sakruma u fazi leta. Statistički značajnu i negativnu povezanost pokazuju varijable vrijeme kontakta s podlogom i vertikalna akceleracija.

Kod skokova izvedenih dubinskim načinom regresijska analiza pokazuje kako s najvišom točkom sakruma tijekom leta pozitivnu statistički značajnu povezanost pokazuju transverzalna sila rekcije podloge, vremenski interval između najviše točke sakruma u fazi završetka odraza i najviše točke sakruma. Statistički značajnu negativnu povezanost pokazuju horizontalni impuls sile, horizontalni moment sile i transverzalna promjena brzine.

Regresijska analiza pokazuje kako na varijablu sak1 pozitivni statistički značajan utjecaj kod dubinskih skokova pokazuju varijable transverzalni impuls sile i vremenski interval između najviše točke sakruma u fazi završetka odraza i najviše točke sakruma. Negativnu statističku povezanost pokazuju varijable vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile reakcije podloge i promjena transverzalne brzine izračunata iz transverzalnog impulsa sile.

Pozitivan statistički značajan utjecaj na početnu vertikalnu brzinu sakruma imaju varijable najveća transverzalna sila reakcije podloge i horizontalni moment sile. Negativan statistički značajan utjecaj na početnu vertikalnu brzinu sakruma imaju varijable promjena transverzalne brzine, transverzalni moment sile, vertikalni moment sile i transverzalna

akceleracija. Pozitivni utjecaj varijable najveća transverzalna vrijednost sile reakcije podloge na početnu brzinu sakruma u fazi odraza mogao bi se protumačiti kako će početna vertikalna brzina sakruma u fazi odraza biti ovisna o transverzalnom pomaku stopala za vrijeme dodira stopala petom i završetka faze odraza. Pozitivan statistički značajan utjecaj horizontalnog momenta sile, koji je ustvari umnožak horizontalne sile i kraka na kojem djeluje ta sila, mogao bi se protumačiti time kako će veća vertikalna početna brzina točke sakruma biti veća što je veća vrijednost horizontalne sile faze odraza, kao i što je veća vrijednost kraka sile na kojem djeluje ta horizontalna sila. Negativnu statističku značajnu povezanost varijable promjena brzine izračunate iz transverzalnog impulsa sile može se dovesti u vezu time kako će veća transverzalna promjena brzine, a ona je ustvari odnos transverzalnog impulsa sile i mase skakačice rezultirati manjom početnom vertikalnom brzinom sakruma. Može se pretpostaviti kako će veći transverzalni pomak stopala u koncentričnoj fazi odraza rezultira i manjom početnom vertikalnom brzinom sakruma. Sličan zaključak mogao bi se izvesti iz statistički značajne negativne povezanosti transverzalnog momenta sile i početne vertikalne brzine sakruma. Pretpostavka je kako će veće vrijednosti transverzalnog zakretnog momenta (rotacijski učinak) u stopalu za vrijeme faze odraza imati za posljedicu manju početnu vertikalnu brzinu točke sakruma. Statistički značajnu negativnu povezanost vertikalnog momenta sile s početnom vertikalnom brzinom sakruma može se povezati time što će u koncentričnoj fazi odraza vertikalna brzina točke sakruma ustvari biti negativna, a umnožak sile i kraka rotacionog momenta na kojem je ta sila djelovala, imat će veću vrijednost. Negativna statistički značajna povezanost transverzalne akceleracije mogla bi se protumačiti na sličan načina i kao kod transverzalnog momenta sile, to jest kako će transverzalni pomak u stopalu imati za posljedicu manju početnu brzinu sakruma u fazi odraza.

Pri određivanju statistički značajne razlike u načinu izvođenja skokova kod predloženih kinetičko kinematičkih varijabli primjenom postupka diskriminativne analize potvrđena je statistički značajna razlika u obje diskriminativne funkcije. U postupku utvrđivanja pojedinačnog doprinosa varijabli razlici među grupama, vidljivo je kako je statistički značajan doprinos toj razlici kod osam varijabli. Wilksova lambda pokazuje kako postoji statistički značajna razlika među načinima izvođenja skokova. Parcijalne Wilksove lambde pokazuju kako varijable transverzalna promjena brzine (ΔVz), i transverzalni moment sile (MFz), najviše doprinosi snazi diskriminacijskom razlikovanju centroida grupa, zatim varijabla transverzalni impuls sile (Fiz), vrijeme dostizanja najveće horizontalne sile faze odraza (tFx), horizontalna promjena brzine (ΔVx), vrijeme dostizanja najveće vertikalne sile odraza (tFy), horizontalni

impuls sile (Fix), te varijabla vrijeme dostizanja najveće transverzalne sile odraza (tFz) Temeljem Hi kvadrat testa vidljivo je kako obje diskriminacijske funkcije statistički značajno razlikuju načine izvedbe skokova. Prva diskriminacijska funkcija doprinosi više razlici među načinima izvođenja skokova. Temeljem pokazatelja svojstvene vrijednosti, koeficijenta kanoničke korelacije i Hi kvadrat testa, druga diskriminacijska funkcija slabije doprinosi razlikovnosti načina izvođenja skokova, ali jednako tako pokazuje statistički značajnu moć diskriminacije među načinima izvođenja skokova. Matrice korelacija varijabli s diskriminacijskim funkcijama pokazuju kako varijable horizontalne akceleracije, i vrijednosti varijabli vezanih za točku sakruma (Sak, Sak1, ver.br.Sak) imaju veće pozitivne korelativne odnose s prvom diskriminacijskom funkcijom (F1). Varijable horizontalnih i transverzalnih obilježja (Fix, ΔVz ΔVx, te varijabla vrijeme kontakta s podlogom (t.K.P.) imaju statistički značajnu negativnu povezanost s prvom diskriminacijskom funkcijom. Statistički značajno pozitivne korelacije s drugom diskriminacijskom funkcijom (F2) imaju varijable transverzalnog momenta sile (MFz), varijabla visina točke sakruma u trenutku završetka faze odraza (Sak2), te varijabla horizontalnog momenta sile (MFx). Varijable vremenski interval dostizanja najveće horizontalne i transverzalne sile reakcije podloge kao i varijabla vertikalna brzina točke sakruma imaju negativnu statistički značajnu povezanost s drugom diskriminacijskom funkcijom.

Skokovi izvedeni iz tri koraka (G1) i skokovi izvedeni iz pet koraka (G2) nalaze se na pozitivnom polu prve diskriminativne funkcije (F1), dok se skokovi izvedenih dubinskim načinom (D) nalazi na negativnom polu prve diskriminacijske funkcije. Gledajući generalno može se zaključiti kako se skokovi izvedeni iz tri i pet koraka zaleta odlikuju relativno sličnim vrijednostima u promatranim varijablama, dok se izvedba skokova dubinskim načinom uvelike razlikuje od načina izvedbe skokova s tri i pet koraka zaleta. Ovo je istraživanje potvrdilo kako postoji razlika u kinetičko kinematičkim varijablama pri izvedbi skokova iz tri koraka zaleta, pet koraka zaleta, te dubinskim načinom.

9. LITERATURA

1. Adamczewski, H. i Dickwach, H. (1991a). Block Sprung. U H. Hommel (ur.), Aktuelle *Trainingsgrundlagen des Hochleistungstrainings* (str.51-74). Darmstadt: Deutscher Leichtathletik Verband.
2. Ae, M., Nagahara, R., Ohshima, Y., Koyama, H., Takamoto, M. i Shibayama, K. (2008). Biomechanical analysis of topthree male high jumpers at the 2007 World Championships. *New Studies in Athletics, 23(2),* 45-52.
3. Antekolović, J., Antekolović, Lj. i Jularić, J. (2008). Povezanost kinematičkih parametara zaleta, odraza i visine skoka u vis. U B. Neljak (ur.), *Zbornik 18. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske* (str. 88-92).
4. Aura, O. i Viitasalo J.T. (1989). Biomechanical Characteristics of Jumping. *International Journal of Sport Biomechanics,* 5(1), 89-98. doi: 10.1123
5. Becker, J., Kerin, D. i Chou, L. (2013). Consequences of Deviation from the Curve Radius in the high jump approach. U T. Shiang, W. Ho, P.C. Huang i C. Tsai (ur.). *Conference Proceedings of 31 International Symposium on Biomechanics in Sports*, Taipei, Taiwan. Dostupno na https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/5620
6. Bermejo, J., Palao J.M., i Elvira J.L.L. (2011). Effect of age on high jump take off biomechanics. U Vilas-Boas M., K. Veloso (ur.), *Proceedings of 29th Conference Biomechanics in Sports* (str. 155-158). Porto, Portugal. Dostupno na: https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/4796
7. Blažević, I., Antekolović, Lj. i Mejovšek, M. (2006). Longitudinalno istraživanje varijabiliteta kinematičkih parametara skoka u vis jedne Hrvatske atletičarke. *Kineziologija, 38(1),* 63-71.
8. Bourne, G. (1992). Teaching the flop high jump. *Modern Athlete and Coach, 30(1),* 17-21.
9. Bravo, J., Ruf, H., i Vélez, M. (2003). *Saltos verticales*. Madrid: RFEA.
10. Brüggemann, G.P. (1994). Biomechanical considerations of jumping in sport an approach to a fundamental undrrstanding, U A. Barbadas i Gy. Fabian (ur.) *Conference Proceedings of 12 International Symposium on Biomechanics in Sports* (str. 1-16). Dostupno na: https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/2436
11. Brüggemann, G.P. (1994). Biomechanical considerations on jumpingin sports approach to fundamental understanding. *Biomechanics in Sports, XII,* 1-15.

12. Brüggemann, G.P. i Arampatzis, A. (1997). Men's High Jump. U H. Müller i H. Hommel (Ur.), *Biomechanical Research Project at the VIth World Championships in Athletics, Athens 1997: Preliminary Report* (str. 66-69). IAAF publikacija
13. Brüggemann, G.P. i Glad, B. (1989). *Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad – Seoul 1988: final report*. Monaco: International Athletic Foundation.
14. Brüggemann, G.P. i Loch, M. (1992). The high jump. *New Stud. In Athletics, 7(1)*, 67-72.
15. Chu, D. (1984). The approach pattern in the Fosbury flop. "*Track and Field Quarterly Review*, 84(4), 15-16.
16. Conrad, A. i Ritzdorf W.(1986). High jump. *New Studies in Athletics, 1(4),* 33-51.
17. Conrad, A. i Ritzdorf, W. (1990). *Scientific Research Project at the Games of the XXIVth Olympiad–Seoul 1988: final report.* International Athletic Foundation, International Amateur Athletic Federation.
18. Čoh, M. (1987). Konstantnost in spremenljivost kinematičnih in dinamičnih parametrov tehnike skoka v visino. *Telesna kultura, 35(4),*13-17.
19. Čoh, M. i Supej, M.(2008). Biomechanical model of the take-off action in the high jump–A case study. *New Studies in Athletics, 23(4)*, 63-73.
20. Čoh, M., Čuk, I. i Borštnik, A. (1993). Kinematički model skoka v višino, ovrednoten na podlagi ekspertnega modeliranja. *Šport, 41(1/2),* 41-45.
21. Dapena, J. Chung, Cs (1988) Vertical and radial motions of the body during the
22. Dapena, J. (1980a). Mechanics of translation in the Fosbury Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 12 (1)*, 37-44.
23. Dapena, J. (1980b). Mechanics of rotation in the Fosbury Flop. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 12 (1)*, 45-53.
24. Dapena, J. (1996). A biomechanical scientific support program for high jumpers, U J.M.C.S. Abrantes (ur.) *Conference Proceedings of 14 International Symposium on Biomechanics in Sports,* Fuchal-Madeira, Portugal. Dostupno na: https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/issue/view/ISBS1996
25. Dapena, J. (1997). A closer look at the shape of the high jump run-up. *Track Coach*, 138, 4406-4411.
26. Dapena, J. (2002). The evolution of high jumping technique: biomechanical analysis, *Conference Proceedings of 20 International Symposium on Biomechanics in Sports,* Caceres, Spain.

27. Dapena, J., Flickin T.K. (2006). *Scientific services project – high jump*. Biomechanics Laboratory, Department of Kinesiology, Indiana University. Dostupno na: https://sportbm.sitehost.iu.edu/High-Jump-Report-32-2007-Men-lodef.pdf
28. Dapena, J., i Chung, C.S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Med. Sci. Sports and Exercise, 20(3),* 290-302.
29. Dapena, J., Mc Donald, C. i Capparent, J. (1996). A Regression Analysis of Hig Jump Technique. *International Journal of Sport Biomechanics, 6(3),* 246-261. doi: 10.1123
30. Dapena, J., McDonald, C. i Cappaert, J. (1990). A Regression Analysis of High jumping technique. *Journal of Applied Biomechanics*, 6(3), 246-261
31. Deporte, E., i Van Gheluwe, B. (1989). Ground reaction forces in elite high jumping. *Journal of Biomechanics*, 22(10), 1002. doi: 10.1016/0021-9290(89)90167-X
32. Frutos, J.B. (2011). Cinemática del modelo técnico de rendimiento del salto de altura en función de la edad, Tesis Doctoral, Murcia, Noviembre de 2011.
33. G., Laffaye (2011). Fosbury Flop: Predicting preformance With a 3- varijable model. *Journal of Strength and Conditioning Research, 25(8),* 1–8. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181f0aab5
34. Ginter, K.D. (1979). Trainingsbegleitenden Tests beim flop zur feststelltung von trainingsschwerpunkten. *Leistungsport, 9*, 323–330.
35. Grieg, M. P. i Yeadon, M.R. (2000). The influence of touchdown parameters on the performance of a high jumper. *Journal of Applied Biomechanics*, *16*, 367-378. Dostupno na: https://repository.lboro.ac.uk/account/articles/9627335
36. Han, H. i Li, G. (2000). Kinematic analysis of the take-off in elite Chinese female high jumpers. U Y. Hong, D.P. Johns i R. Sanders (ur.). *Conference Proceedings of 18 International Symposium on Biomechanics in Sports.* Hong Kong.
37. Hay, J. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. New Jersey: Prentice Hall
38. Heinz, S. (1971). Der bogenförmige Anlauf beim Fosbury-Flop. *Die Lehre der Leichtathletik, 6*, 233-236.
39. Hommel, H. (1993). NSA Photosequences 24&25 – High Jump: Heike Henkel & Inga Babakova. *New Studies in Athletics*, 8:1, 61-75.
40. Humphrey, S. i Nordquist, D. (2000). High jump. In J.L. Rogers (Project Coordinator), USA track & field coachingmanual (pp. 173-197). Champaign, Ill.: *Human Kinetics*.
41. Isolehto, J., Virmavirta, M., Kyrolainen, H. i Komi, P. (2007). Biomechanical analysis of the high jump at the 2005 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in*

Athletics, 22(2) 17-27. Dostupno na: https://docplayer.net/65097835-Biomechanical-analysis-of-the-high-jump-at-the-2005-iaaf-world-championships-in-athletics.html

42. Jacoby, E. (1987). A guide to the flop high jump approach. *Track and Field Quarterly Review*, 87(4): 39–45.
43. Jacoby, E. i Fraley, B (1995) *Complete books of jumps*. Human Kinetics.
44. Kersting, U.G., Arampatzis, A. i Brüggemann, G.P. (1998). Biomechanical analysis of the high jump at the sixth WCA in Athens. U H.J. Riehle i M.M. Vieten (ur.) *Proceedings of 22. International Symposium on Biomechanics in Sports.* Konstanz, Germany.
45. Khan, A., Hussain, I. i Mohammad A. (2013). Effect of Different joints Velocity during Approach Run on High Jumping Performance: A Kinematic Study. *Middle-East Journal of Scientific Research, 18 (1),* 22-25. doi: 10.5829/idosi.mejsr.2013.18.1.11197
46. Killing, W. (1992a). Technik, Training und Wettkampf des Hochspringers. *Leichtathletiktraining*, 3 (1), 9-18.
47. Killing, W. (1993b). Technique Comparision of Heike Henkel and Inga Babakova. *New Studies in Athletics,* 8(1), 61-75.
48. Killing, W. (1996). Biomechanical analysis of the high jump. *Die Lehre der Leichtathletik,* 35(18), 47-50.
49. Killing, W. (1997a). An Investigation of special jumping training in the high jump. *New Studies in Athletics, 12*(4), 53-64.
50. Krazhev, V. D., Strizhak, A. P., Popov, G. I., i Bobrovnik, V. I. (1989). A biomechanical analysis of the technique of the worlds top female high jumpers. *Teoriya i Praktika Fizicheskoi Kultury*, *9*(7), 64-65.
51. Laffaye, G. (2011). Predicting Fosbury-flop performance with a 3-variable model. *Journal of Strength and conditioning Research, 25*(8), 2143-2150.
52. Lees A., Rojas, J., Cepero, M., Soto, V. i Gutierrez, M. (2000). How the free limbs are used by elite high jumpers in generating vertical velocity. *Ergonomics, 43*(10), 1622-1636.
53. Leite, W. (2013). Biomechanical analysis of running in the high jump. *Pedagogics, psychology, medical-biological problems of physical training and sports,* 2, pp.99105. doi:10.6084/m9.figshare.639261
54. McGinnis, P.M. (2013). *Biomechanics of Sport and Exercise.* Human Kinetics.
55. Mcneill Alexander, R. (1990). Optimum Take-Off Techniques for High and Long Jumps. *Philos. Transactions of the Royal Society of London, B(32*9), 3-10.
56. McWatt, B. (1989). The mechanics of the take-off in jumping events. *Med. Athl. Coach, 27*(2), 7-10.

57. Mihajlović, I. (2010). *Atletika*. Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja .
58. Milanović, D., Hofman, E., Puhanić, V. i Šnajder, V. (1986). Strukturalna i biomehanička analiza skoka u vis. U *Atletika znanstvene osnove* (str.22-28). Zagreb: Fakultet za fizičku kulturu.
59. Müller, A. F. (1986). Biomechanik des Hochsprungs. *Biomechanik der Leichtathletik. Stuttgart*.
60. Nicholas, P., Linthorne, B. i Kemble, A. (1998). Take-off tehnique in the high jump. U H. J. Riehle i M. M. Vieten (ur.). *Conference Proceedings of 16 International Symposium on Biomechanics in Sports*. Konstanz, Germany.
61. Panoutsakopoulos, V., Theodorou, A.S. i Kollias, I.A. (2014) 3D kinematical analysis of top Greek high jumpers. *Kinesiologia, 5*(2).
62. Pavlovic, R. (2011). The differences of kinematic parameters high jump between male and female finalists World Championship Daegu, *Turk. J. Kin.,3*(4), 60-69.
63. Raja Rao Ch., Kishore Y. i Ramamohan Rao, J. (2014). Biomechanical Analysis of Centre of Mass Height during the Take off Phase in Fosbury Flop High Jump of National Level Participants. *International Journal of Modern Communication Technologies & Research*, 2(10). Dostupno na: https://www.academia.edu/9379633/Biomechanical_Analysis_of_Centre_of_Mass_Height_during_the_Takeoff_Phase_In_Fosbury_Flop_High_Jump_of_National_Level_Participants?auto=download
64. Reid, P. (1986). The high jump. *New studies in Athletics, 1*(1), 47-53.
65. Ritzdorf, W. (1983). Zu einigen Fragen der Hochsprungtechnik [Several problems concerning high jump techniques]. *Leichtathletik, 34*(7), 219-222.
66. Ritzdorf, W. (2009). Approaches to technique and technical training in the high jump , *New studies in athletics, 24*(3), 31-34.
67. Ritzdorf, W., Conrad, A. i Loch, M. (1989). Intra-individual comparison of the jumps of Stefka Kostadinova at the II World Championships in Athletics Rome 1987 and the Games of the XXIV Olympiad Seoul 1988. *New Studies in Athletics, 4(*4), 35-41.
68. Schexnayder, I. (1994). Special considerations for the high jump approach. *Track Coach, 126*, 4029-4031.
69. Schweigert, D. (1992). Dynamic high jumping. *Track and Field Quarterly Review, 92*(4), 39-42.
70. Slamka, M. i Moravec, R. (1999). Comparison of selected kinematic structure parameters in male and female high jumpers. *Kinesiologia Slovenica, 5*(1-2), 31-36.

71. Slamka, M. i Moravec, R. (1999). Optimization of run-up speed in the women's high jump. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae, 40,* 193-202.
72. Song, W. (2013). Study on the analysis and simulation of fosbury flop technique base on the sport boimechanics. *Bio technology An Indian Journal, 8*(10), 1331-1336. Dostupno na: https://pdfs.semanticscholar.org/5c35/a599985436871eaf2b17b8efc3e0bc6e999a.pdfsubtalar axis
73. Tan, J.C. i Yeadon, M.R. (2005). Why do high jumpers use a curved approach? *Journal of sports sciences, 23*(8), 775-780.
74. Tellez, K. (1993). Elements of the high jump. *Track Coach, 125*, 3987-3990.
75. Tidow, G. (1993). Model technique analysis sheets. The flop high jump. *New Studies in Athletics, 8*(1), 31-44.
76. Van Gheluwe, B., Roosen, P. i Desloovere, K. (2003). Rearfoot kinematics during initial takeoff of elite highjumpers: Estimation of spatial position and orientation of subtalar axis. *Journal of Biomechanics*, 19, 13-27.
77. Veldmann, B. (1989). Ein Technik–Hochsprung–Model (Flop Männer), *Leichtathletik, 40*(16), 193-500.
78. Venkateswara, C. i Raja Rao Ch. (2016). Kinematic Analysis of Take off Technique on the Performance of the Fosbury Flop. *Journal of Sports and Physical Education, 3(3),* 17-20. doi: 10.9790/6737-03031720
79. Wilson, C., King, M.A. i Yeadon, M.R. (2004). Optimisation of performance in running jumps for height. U M. Lamontagne, D. Gordon E. Robertson i H. Sveistrup (ur.), *Proceedings of 22. International Symposium on Biomechanics in Sports,* (str. 246-249). Ottawa: Canada`s University.
80. Winter, D. (2005). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. New Jersey: A David - John Wiley & Sons, Inc.
81. Wolfang, R. (1986). High jump: Results of a biomechanical study. Extract from the Scientific Report of the IAAF Biomechanics Research on the first World Junior Championship, *New Studies in Athletics, 4*, 33-51.

10. ŽIVOTOPIS

Predrag Saratlija je rođen 02.06.1957 god. u Zadru. Osnovnu i srednju školu je završio u Zadru. Na fakultetu za fizičku kulturu Sveučilišta u Zagrebu je diplomirao 1983 godine. Magistrirao je na istom fakultetu 2003. godine, te je 2014 god. upisao doktorski studij na Kineziološkom Fakultetu sveučilišta u Zagrebu. Trenutno je zaposlen na odjelu za izobrazbu učitelja i odgojitelja predškolske djece Sveučilišta u Zadru, gdje predaje kolegije: Metodika Kineziološke kulture I, II, na odjelu za odgojitelje, te kolegij Osnove sistematske Kineziologije na odjeljenju za učitelje i odgojitelje predškolske djece. Kao trener je bio aktivan u svojstvu kondicijskog trenera u K.K. Zadar od 1994 do 1998 godine.(sudjelovao je u stvaranju vrhunskih hrvatskih košarkaša: Vranković, Petranović, Popović, Sunara, Gregov, Kelečević, Marcelić, Kovačić, Komazec, Šarlija i drugi) Prvi je kondicijski trener u Hrvatskoj koji je znanje atletskih vještina razvoja motoričkih sposobnosti primjenjivao u radu s juniorima košarkašima (dva naslova državnih prvaka bivše države, kadetski i juniorski državni prvaci Hrvatske) Kao atletski trener radi od 1983 godine. U svom trenerskom radu u odgojio je juniorske i seniorske reprezentativce države, koji su ostvarili nastupe na svjetskim i europskim juniorskim prvenstvima, te nastupe na prvim Olimpijskim igrama mladih (Singapur, 2010), gdje je vodio mlade sportaše Hrvatske u svojstvu trenera reprezentacije Hrvatske. Kao vanjski suradnika predavao je na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (usmjerenje atletika), zatim na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Splitu (usmjerenje atletika). Za vrijeme Europskog juniorskog košarkaškog prvenstva u Zadru (2000) održao je predavanje o razvoju motoričkih sposobnosti vrhunskog košarkaša. Održao je predavanja na nivou dalmatinske regije (Zadar, 2006) kao i na republičkom nivou o metodici razvija specifičnih motoričkih sposobnosti mladih košarkaša (Pula, 2005). Održao je predavanja na tečaju za atletske trenere (bacanja) pri Hrvatskoj Olimpijskoj Akademiji (2010/11) Održao je predavanje na seminaru za trenere Hrvatskog atletskog saveza pod naslovom metodski postupci u obuci skoka uvis kod početnika (2017 god.) Predsjednik je udruge Hrvatskih atletskih trenera, te predsjednik komisije za izdavanje licenci Hrvatskog atletskog saveza (2017).

11. OBJAVLJENI STRUČNI I ZNANSTVENI RADOVI AUTORA

1. Predrag Saratlija: Mjerna obilježja testova za procjenu specifičnih motoričkih sposobnosti polaznika škole košarke" Zadar Prvi koš" ZBORNIK RADOVA, sv.2.god.2 str,184-199 Sveučilište u Splitu, Visoka Učiteljska Škola u Zadru,Zadar,2002.

2. Vesna Babić, Georgij Draganov, Predrag Saratlija: Programiranje treninga snage atletičarki-sprinterki u višegodišnjem i jednogodišnjem ciklusu,str.314320). ZBORNIK RADOVA, Kondicijska priprema, Zagrebački velesajam, 21.i22. veljače 2003

3. Predrag Saratlija: Morfološka obilježja učenica od 11 do 14 godina (str.27) Knjiga sažetaka znanstveno stručnog skupa" DJETINJSTVO RAZVOJ I ODGOJ" Zadar Nin, 23-24.svibnja 2003.

4. Petar Korica, Predrag Saratlija: Zastoj u razvoju motoričkih sposobnosti učenika i učenica četvrtog razreda osnovne škole (str.25) Knjiga sažetaka znanstveno stručnog skupa" DJETINJSTVO RAZVOJ I ODGOJ" Zadar-Nin, 23-24.svibnja 2003.

5. Predrag Saratlija: Povezanost morfoloških obilježja i testova za procjenu brzine trčanja i eksplozivne snage kod jedanaestogodišnjih učenica, Knjiga sažetaka znanstveno stručnog skupa" DJETINJSTVO RAZVOJ I ODGOJ" Zadar-Nin, 23-24.svibnja 2003.

6. Babić Vesna, Orešković Milan, Predrag Saratlija: Maraton - sve važniji dio turističke ponude, Sport u turizmu, Bartoluci, Mato (ur.).Zagreb : Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2004 (str.218-221)

7. Predrag Saratlija, Korica Petar, Babić Vesna: Neke razlike u motoričkim dostignućima dječaka i djevojčica predškolske dobi, Zbornik radova, Prema kvalitetnoj školi /,Hicela Ivona (ur.).Split : Hrvatski pedagoško-književni zbor - Ogranak Split, 2003. (str.293-298).

8. Babić Vesna, Dražan Dizdar, Predrag, Saratlija: Analysis of 100m sprint running in subjects of different sprint quality Book of abstracts, World Congress of Performance Analysis of Sport 7 / ed. by H. Dancs, M. Hugehs and P. O'Donoghue (ur.).Szombathely, Hungary : Daniel Berzsenyi College, 2006.(316-324)

9. Predrag Saratlija, Babić Vesna, Saratlija Tomislav: Prediktivna vrijednost morfoloških obilježja u rezultatima specifičnih košarkaških testova u dječaka u dobi od 9 do 11 godina, Magistra Iadertina (1846-3606) 2 (2007), 2; 43-60

10. Predrag Saratlija: Programiranje kinezioloških operatora u funkciji prevencije spuštenih stopala. Zbornik radova/Sveučilište u Zadru, Stručni odjel za izobrazbu učitelja i odgojitelja predškolske djece .5 (2004/2005), 5 ; str. 213-219.

11. Predrag Saratlija, Nebojša Zagorac,Vesna Babić: Influence of Kinematic Parameters on Result Efficiency in Javelin Throw, Collegium Antropologicum Vol. 37. 2013. suplement 2. str.31-36.