Povezanost kinematičkih parametara slalom zavoja kod vrhunskih alpskih skijaša

Zadravec, Mateja

Master's thesis / Diplomski rad

2016

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:117:090575

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Mateja Zadravec

P O V E Z A N O S T K I N E M A T I Č K I H P A R A M E T A R A S L A L O M Z A V O J A K O D V R H U N S K I H A L P S K I H S K I J A Š A

(diplomski rad)

Mentor:

prof. dr. sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, lipanj 2016.

POVEZANOST KINEMATIČKIH PARAMETARA SLALOM ZAVOJA KOD VRHUNSKIH ALPSKIH SKIJAŠA

Sažetak

Cilj ovoga istraživanja bio je utvrditi povezanost kinematičkih parametara slalom zavoja, odnosno, utvrđivanje povezanosti između brzine prolaska kroz skijaška vrata i kuta u koljenom zglobu, kuta u zglobu kuka te projekcije centra težišta tijela u odnosu na oba gležnja. Kinematički parametri dobiveni su kinematičkom analizom slalom zavoja na uzorku 24 vrhunskih alpskih skijaša sudionika druge vožnje Snow Queen Trophy 2009. godine. Korelacijskom analizom statistički značajna povezanost utvrđena je između brzine i kuta u zglobu koljena, brzine i centra težišta tijela na početku i sredini zavoja u odnosu na oba gležnja, između kuta u zglobu kuka i zgloba koljena, između zgloba kuka i centra težišta na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj.

Ključne riječi: Skijanje, kinematička analiza, korelacija, brzina, centar težišta

RELATIONSHIP KINEMATIC PARAMETERS SLALOM TURN OF TOP ALPINE SKIERS

Summary

The aim of this study was to determine the relationship between kinematic parameters slalom turn, that si, determining the correlation between the speed of the skier going trought the ski gate, the angle of the knee joint, the angle in the hip joint and the projected center of gravity in the body in relation to the position of the ankles. The kinematic parameters were obtained by kinematic analysis slalom turn on a sample of 24 top alpine skiers participants in the second run of Snow Queen Trophy 2009. The analysis shows that statistically significant correlation was established between the speed and angle of the knee joint, the speed and the projected center of gravity in the body at the beginning and middle of the curve in relation to both ankles, between the angle of the hip joint and the knee joint, between the angle of the hip and the projected center of gravity in the body at the beginning of the curve in relation to the outer ankle.

Key words: Skiing, kinematic analysis, corellation, speed, projected center of gravity

SADRŽAJ

STR:

1. UVOD 4

1.1. OPĆENITO O SKIJANJU 4
1.2. POVIJEST SKIJANJA U SVIJETU I HRVATSKOJ 5
1.3. OSNOVE BIOMEHANIKE SKIJANJA 6
1.4. POVIJEST SLALOMA 9
1.5. TEHNIKA SLALOMA 9
1.6. NATJECATELJSKA DISCIPLINA SLALOM 10
1.7. KINEZIOLOŠKA ANALIZA 13

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA 16

3. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA 19

4. METODE RADA 19

5. REZULTATI 23

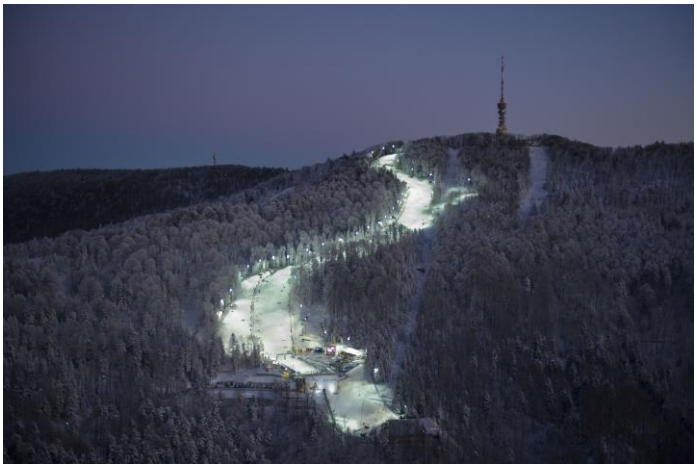
6. RASPRAVA 25

7. ZAKLJUČAK 29

8. LITERATURA 30

9. PRILOG 32

1. UVOD



Slika 1. Prikaz slalom staze Sljeme 2009. godine

1.1. OPĆENITO O SKIJANJU

Alpsko skijanje se može svrstati u red onih motoričkih aktivnosti koje se odvijaju u posebnim i složenim uvjetima vanjske sredine. Skijaš, skije i štapovi, čine jedinstveni sistem koji optimalno funkcionira kada postoji visoka međusobna usklađenost među pojedinim dijelovima sistema. Za vrijeme skijanja postoji stalna opasnost od gubitka ravnoteže koju uvjetuje trenje između rubnika i snježne podloge. Javljaju se promjenjiva ubrzanja i različiti inercijski momenti sistema u cjelini ili pojedinih njegovih dijelova. Također na sistem djeluju i različite vanjske sile kao što su: sila trenja, otpor zraka, otpor snježne površine uslijed različitih terenskih neravnina, prirodnih prepreka koje uzrokuju vibracije, kao i utjecaj unutarnjih sila, među kojima se ističu inercijske vrijednosti cijelog sistema, kada se sistem kreće translatorno, i centrifugalna sila, koja se pojavljuje za vrijeme promjene smjera kretanja (Lanc, 1984). Skijanje spada u vrlo složena polistrukturalna kretanja, gdje je u natjecateljskom smislu na prvom mjestu brzina savladavanja staze, dok u rekreacijskom skijanju brzina nije prioritet. (Bilić & Mijanović & Božić, 2007). Skijanje kao sport postavlja velike fizičke i psihičke napore na skijaša, zahtijevajući od njega izuzetnu agilnost,

koordinaciju, snagu i izdržljivost, jer u natjecateljskom skijanju današnjice o pobjedniku odlučuje tek stotinka sekunde (Cigrovski & Matković, 2003).

1.2. POVIJEST SKIJANJA U SVIJETU I HRVATSKOJ

Tragovi prvih skija pronađeni su već u kameno doba, prije otprilike 4000 godina, u obliku pećinskih zapisa u Rodoyu u sjevernoj Norveškoj. Nadalje, skandinavska mitologija u 800. godini opisuje Skadija- boga na skijama. Od toga vremena u opisima lova i ratovanja u skandinavskim zemljama pojavljuju se skije kao prijevozno sredstvo bez kojega se ne može kretati i preživjeti u surovim zimskim uvjetima. Razvoju sportskog skijanja uvelike je doprinijela pokrajina Telemark u Norveškoj. Upravo tamo, krajem 19. stoljeća, braća Nordheim mijenjaju oblik skije i veza. Razvoj skijanja u nama bližim krajevima, u području Alpa, podržao je Mathias Zdarsky izdavanjem prvog skijaškog udžbenika "Das Lilienfelder Skilauf Technik" 1896. godine, da bi desetak godina kasnije održao i prve skijaške tečajeve u Alpama. On je također promijenio izgled tada dugačke skije koju je skratio te konstruirao metalni vez. Promjene u izgledu skije uvjetovale su i promjene u samoj tehnici skijanja. Tako je Zdarsky počeo primjenjivati novu tehniku pluženja, odnosno plužnih zavoja uz pomoć jednog štapa. Zbog njegovih doprinosa razvoja tehnike i opreme, kao i metodike obučavanja, mnogi ga smatraju ocem alpskog skijanja.(Matković & Ferenčak & Žvan, 2004). Prve Zimske Olimpijske igre održane su 1924. u Chamonixu, a iste je godine osnovana i Međunarodna skijaška federacija(FIS).(Anderson, 2007). Skijanje na prostorima Hrvatske počinje u trenutku povratka Franje Bučara u Zagreb 1894. godine. On je, upoznavši tehniku skijanja na Centralnom gimnastičkom zavodu u Stocholmu, iste zime počeo propagirati slijanje te održao tečaj za učitelje gimnastike u čiji je program uvršteno i skijanje na padinama Tuškanca i Cmroka u Zagrebu. Hrvatski skijaški savez utemeljen je 1939. godine. Zimske Olimpijske igre u Albertvillu 1992. godine , na kojima su Vedran Pavlek i Siniša Vukonić bili prvi skijaši koji su nastupili pod hrvatskom zastavom, obilježavaju početak nove skijaške ere za Hrvatsku. Pojava Janice Kostelić i Ivice Kostelića preokrenula je slavu hrvatskog skijanja (Matković & Ferenčak & Žvan, 2004).

1.3. OSNOVE BIOMEHANIKE SKIJANJA

Biomehaničkim se pristupom čovječje kretanje proučava tako da se tijelo predočuje kao složeni, nervno upravljani, višesegmentalni mehanički sustav povezan zglobovima, koji se giba u trodimenzionalnom (3D) prostoru. Kombiniranjem izmjerenih kinematičkih veličina s procijenjenim inercijskim svojstvima tjelesnih segmenata, primjenom Newtonovih zakona, mogu se tako proračunati rezultante sila i momenti u zglobovima lokomotornog sustava tijekom proučavanoga gibanja (Medved, 2011). U skijanju je predmet proučavanja odnos skijaš-skije, uzimajući u obzir cjelokupnu opremu: skije, cipele, specijalnu odjeću, štapove i dr. U toku kretanja skijaš zauzima tri prijelazne pozicije, odnosno tri stava: visoki, srednji i niski. Položaj ili stav skijaša ovisi o amplitudama kretanja u zglobovima, i to u skočnom zglobu, koljenom zglobu i zglobu kuka.

Visoki stav obuhvaća amplitude kretanja u zglobu koljena od 0° do 15°, a u zglobu kuka 0° do 45°. Udaljenost težišta od oslonca je velika, sigurnost ravnotežnog položaja je najmanja, otpor zraka najveći, mišićno naprezanje minimalno, mogućnost opružanja i prilagođavanja neravninama također minimalna, dok je mogućnost rotiranja u zglobu koljena skoro nemoguća.

Srednja pozicija obuhvaća amplitude kretanja u skočnom zglobu od 15-20°, a u zglobu koljena i kuka 45° do 110°. Udaljenost težišta od oslonca, kao i otpor zraka i mišićno naprezanje su između visoke i niske pozicije. Sigurnost kretanja zbog optimalnog ravnotežnog položaja je dobra, čak najbolja. Ovaj položaj omogućava dobro prilagođavanje neravninama, amplitude u zglobovima su najveće, dok su mogućnosti rotiranja natkoljenice i potkoljenice u zglobu koljena maksimalne.

Niska pozicija obuhvaća amplitude kretanja od potpunog pregibanja u zglobu koljena i kuka do položaja fleksije u skočnom zglobu. Fleksija u skočnom zglobu je ograničena skijaškim cipelama. Amplituda u zglobu koljena i kuka kreće se do 110°. Udaljenost težišta od oslonca je najmanja, sigurnost kretanja je veća nego u visokoj poziciji i manja nego u srednjoj poziciji, otpor zraka je najmanji, mišićno naprezanje je veće nego u srednjoj poziciji, a znatno veće nego u visokoj, mogućnost pregibanja i prilagođavanja neravninama je minimalna, dok je mogućnost rotiranja potkoljenica maksimalna.

U svim varijantama, osim u dubokom snijegu, skijaš preko rubnika ostvaruje kontakt s čvrstom podlogom u smislu utjecaja rubnika u snijeg, gdje se izražavaju efekti geometrije i elastičnosti skije. S aspekta fizičke analize, pokret skijaša je definiran kao transverzalni ili

rotacijski, nejednako ubrzan ili nejednako usporen. Elementi fizike su vrlo prisutni kod svakog kretanja, a kod skijanja ti se elementi usložnjavaju tim više, što, pored promjenjive mase skijaša, nagiba padine, ubrzanja, te otpora zraka, do izražaja dolaze i drugi otpori, kao što su otpor snijega, naglo skretanje s pravca. Kada se skijaš spušta niz padinu, njegova brzina se uglavnom povećava pod djelovanjem različitih sila. Treba napomenuti da se brzina u zavoju smanjuje pod utjecajem negativnog ubrzanja koje izaziva povećan pritisak na podlogu, tj. na snijeg. Uspostavljanje ravnoteže je od najveće važnosti u skijanju. Ustvari, da bi skijaš uspio izvesti cijeli spust, cijelo vrijeme mora reagirati na one sile koje mogu izazvati pad. Da bi postojala ravnoteža , neophodno je da rezultanta svih sila koje djeluju na težište tijela pada u unutrašnjost osnove oslonca. Da bi ravnoteža bila stalna, potrebno je da rezultanta bude što dalje od obujma osnove oslonca. Ukoliko se zauzimaju položaji koji su na granici ravnoteže, potrebno je da površina oslonca bude povećana, te da se spusti težište. Odnosno, ukoliko se poveća površina oslonca, tj. ukoliko se poveća razmak između skija, rezultanta sila koje utječu na skijaša bit će udaljenija od površine oslonca prema unutrašnjoj strani. To znači da skijaš, kada se poveća brzina, održava ravnotežu širenjem skija pri čemu je površina oslonca veća, a težište tijela niže. Položaj sa spuštenim tijelom je sigurniji, bolji, a vjerojatnost da će rezultanta biti van površine oslonca je također veća. Iz navedenog slijedi da skijaš u svakom trenutku tijekom vožnje mora podešavati položaj kako bi održao ravnotežu. Svakako da položaj skijaša ovisi o brzini na stazi, nagibu terena, oštrine zavoja i niza drugih čimbenika koji se u toku jedne vožnje mijenjaju strahovitom brzinom (Bilić & Mijanović & Božić, 2007). Brze promjene uvjeta okoline znače i brže skijanje, a što je skijanje brže, i kompenzatorna gibanja moraju biti brža i još bolje usklađena. Najvažnija gibanja za skijaša odvijaju se u velikim zglobovima nogu (kukovi, koljena i gležnjevi). Tako kvaliteta izvođenja skijaških elemenata uvelike ovisi o spoznaji osnovnih biomehaničkih zakonitosti koje uvjetuju osnovne skupine gibanja u alpskom skijanju. Prema tome, sva skijaška gibanja možemo podijeliti u četiri osnovne skupine:

I. Pregibanje i ispruživanje tijela Gibanja u različitim zglobovima sustava organa za pokretanje koja rezultiraju pregibanjem i ispruživanjem tijela koriste se prije svega radi kontrole i ujednačavanja pritiska ispod skija tijekom faza zavoja. Ova gibanja su naglašeno izražena u kukovima, koljenima, gležnjevima. Kao posljedica tih gibanja skijaš se tijekom skijanja može postaviti u sljedeća tri stava: visoki skijaški stav, srednji skijaški stav, niski skijaški stav.

II. Bočna gibanja koriste se u osnovi radi postavljanja skija na rubnike, te radi odupiranja centrifugalnim silama tijekom zavoja. Pomicanje projekcije centra težišta tijela iz središnjeg položaja (projekcija na skijama negdje u sredini stopala) u stranu, prema lijevo ili desno moguće je usklađenim djelovanjem lokomotornog aparata nogu, ali i cijelog tijela. Osnovna funkcija bočnih gibanja jest ugađanje kuta oslonjenosti skija na rubnike, a usklađenost tih gibanja posebno se očituje u prijelazu (tranziciji) jednih rubnika na druge između prethodnog i nadolazećeg zavoja.

III. Kružna gibanja koriste se radi aktivnog vođenja skija kroz zavoj. Za takvu skijašku akciju je osobito odgovoran lokomotorni aparat nogu. Trup skijaša postupnim kružnim gibanjem prati smjer skija pa gornji dio tijela ima više (zavoji velikih polumjera) ili manje (zavoji malog polumjera) smjer kao i skije.

IV. Gibanja koja imaju za posljedicu pomicanje projekcije centra težišta prema naprijed ili nazad u odnosu na središnje opterećenje skija (gibanja po uzdužnoj osi skija) koriste se radi zadržavanja centralnog opterećenja na skijama, te radi ubrzavanja skija kroz zavoje, a posebice je to vidljivo u natjecateljskoj tehnici alpskog skijanja. Navedenim usklađenim gibanjima lokomotornog aparata, prije svega nogu, ali i čitavog tijela, pomiče se projekcija centra težišta (oko sredine stopala) prema vrhovima (naprijed) ili prema repovima skija (prema nazad). Padnu liniju opisujemo kao najstrmiju, najkraću i najbržu liniju (pravac) niz padinu. To je zamišljen pravac povučen najkraćim putom od vrha do podnožja padine (skijaškog terena). Pri spustu ravno skijaš se skija niz padnu liniju. U spustu koso, skija se preko padne linije, dok se zavoj k brijegu izvodi prema padnoj liniji. Pri zavojima od brijega skijaš također izvodi zavoje prema i preko padne linije, u jednu, pa u drugu stranu (HZUTS, 2004).

1.4. POVIJEST SLALOMA

Riječ izvorno potječe od norveške riječi koja znači "zavojita staza" (Anderson, 2007). Slalom, odnosno "skijanje sa zaprekama" počinje se voziti krajem 19. stoljeća zahvaljujući Alfredu Lunnu koji je počeo propagirati ovu disciplinu kao novu formu skijanja. Skijaška su se natjecanja počela održavati na uređenim stazama na kojima su postavljene zapreke, a u takvom se natjecanju ocjenjivala isključivo ljepota vožnje. Početkom 20. stoljeća na stazu su se počele postavljati umjetne zapreke koje su uskoro zamijenjene zastavicama. Nešto kasnije, oblik vrata koji se održao sve do danas donio je disciplini zajednički naziv-slalom. Time se promijenio i sam način ocjenjivanja. Više se ne ocjenjuje ljepota vožnje, već brzina prolaska kroz stazu (Matković & Ferenčak & Žvan, 2004). Slalom je, uz spust, najstarija disciplina alpskog skijanja (HZUTS, 2008).

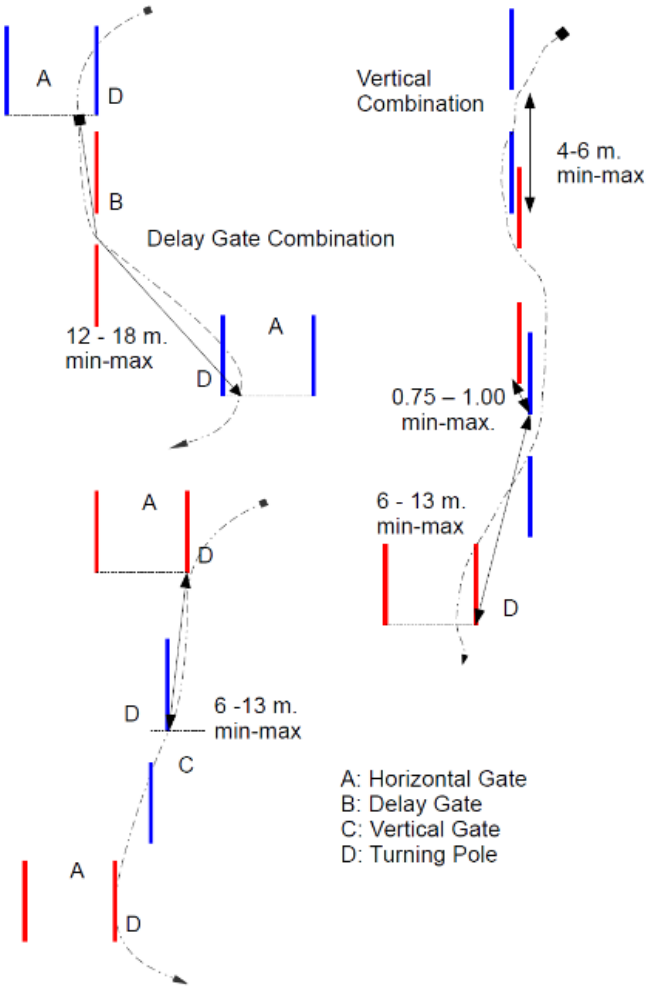
1.5. TEHNIKA SLALOMA

Slalom staza sastoji se naizmjenično postavljenih crvenih i plavih vrata koja mogu biti okomita ili usporedna s padnom linijom (HZUTS, 2008). U slalom natjecanju govorimo o svladavanju kombinacija okomito, vodoravno i koso postavljenih vrata, a postavljanje je prilagođeno razvedenosti terena. Budući da su širina vrata, kao i propisana udaljenost između njih, najkraći u usporedbi s drugim disciplinama, pri slalomu se izvode kratki dinamični zavoji. To je isto tako razlog zbog kojeg je brzina u slalomu manja nego u drugim disciplinama. Sastavni dio postavljanja slalomskih vrata su i različite promjene ritma. Pošto se u slalomu ne postižu velike brzine , brzi prelazi preko upadnice mogu se lako izvesti kraćim skijama. Mlađi val natjecatelja već se godinama natječe na skijama duljine između 155 i 165 cm. Polumjer bočnog luka novih slalomskih skija iznosi prema nekim podacima ispod 12 m, što natjecateljima omogućuje vođenje zavoja s manje otklizavanja i samim time manji gubitak vremena. Temeljni je napredak slalomske tehnike posljednjih godina izražen prije svega u gibanju gornjeg dijela tijela i u funkciji ruku. Bez obzira na koordinacijsku funkciju, prilikom uboda štapa osnovna namjena ruku je pri slalomu odmicanje i zaštita od udaraca kolaca. Natjecatelji su krajem osamdesetih godina tu radnju izvodili unutarnjom rukom, a danas je tu ulogu u cijelosti preuzela vanjska ruka. Posljedica toga je i gibanje gornjeg dijela tijela po kraćem putu, tako da se i put gibanja težišta između jednog i drugog zavoja skratio te je sada izravniji. U zavoju se skije vode uz vrata koja natjecatelj može srušiti i štitnikom ispod

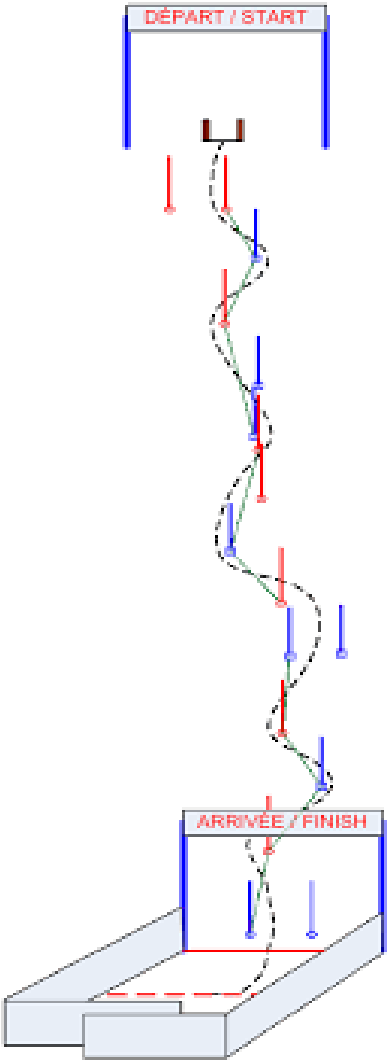
koljena unutarnje noge. Za cijelo vrijeme skijanja između vrata natjecatelj mora imati osjećaj za pravodobno, precizno i impulzivno rasterećenje, te što kraći nastavak rubljenja na kraju izlaska iz zavoja. U tom pogledu vrlo važnu ulogu ima i kontrola gibanja težišta, koja ovisi i o položaju bokova, o kojima pak ovisi pravilan položaj koljena i gornjeg dijela tijela. Trup mora biti u laganom pretklonu, potpuno opušten, dakle, jamči natjecatelju najbolju stabilnost (Matković & Ferenčak & Žvan, 2004).

1.6. NATJECATELJSKA DISCIPLINA SLALOM

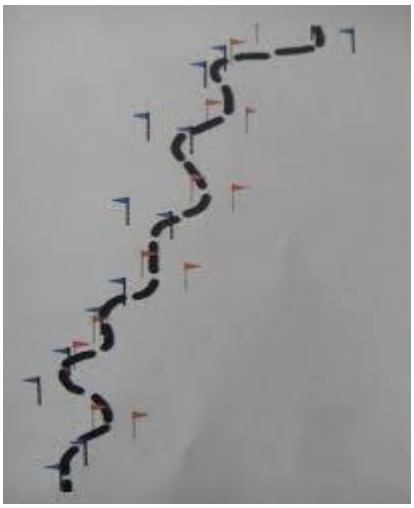
Slalom je tehnička disciplina u kojoj je potrebno proći stazu s postavljenim vratima, u što kraćem vremenu, kao i u svakoj drugoj disciplini. U slalomu je razmak između štapova najmanji (0,75 - 15 metara) pa je time i skijaška tehnika slaloma specifična. Natjecanje u slalomu sastoji se od dvije vožnje čija se vremena zbrajaju, a svaka staza mora sadržavati: horizontalna (otvorena vrata), vertikalna (zatvorena vrata), minimalno jedna i maksimalno tri vertikalne kombinacije koje se sastoje od 3 do 4 vrata i barem 3 vende . Sadrži minimalno 1 i maksimalno 3 luka (kombinacije dviju vrata koja mora proći u jednom zavoju). Prema FIS pravilima za slalom disciplinu, visinska razlika za muškarce mora biti između 180-220 metara, a za žene između 140-220 metara. Broj vrata u slalom stazi za muškarce mora biti između 55-75 (+/-3) vrata, a za žene između 46-65 (+/-3) vrata. Širina slalom staze treba biti približno 40 metara sa gradijentom nagiba od približno 33% do 45%. Uzastopna vrata moraju biti naizmjenično plava i crvena.



Slika 2. Prikaz slalom vrata



Slika 3. Prikaz slalom staze



Slika 4. Prikaz slalom staze

1.7. KINEZIOLOŠKA ANALIZA

LeMaster , 2012 godine podijelio je strukturu natjecateljskog zavoja u slalomu na četiri faze:

1. početak ili faza ulaska
2. kontola ili središnja faza
3. završetak ili završna faza
4. prijelaz

Faza ulaska u zavoj podrazumijeva postavljanje skija u adekvatan položaj za početak izvođenja rotacije skija okomito prema padnoj liniji, odnosno tijekom ove faze skijaš uspostavlja kut koji mu je potreban kako bi započeo zavoj. Da bi se skije rotirale prema padnoj liniji skijaš mora učiniti niz pokreta koji će biti opisani u daljnjem tekstu. Na početku izvođenja slalom zavoja skijaš se nalazi u poziciji srednjeg skijaškog stava sa opterećenjem dominantno na prednjem dijelu skija. Skijaš na početku slalom zavoja mora biti naprijed na pancericama što postiže savijanjem i naginjanjem koljena prema naprijed, pozicija kuka je visoko, odnosno iznad koljena, tijelo je u zglobu kuka nagnuto prema naprijed, a ruke skijaša su ispred njega čime postižu zaštitničku funkciju. Tijelo je ispruženo u smjeru centra nadolazećeg zavoja kako bi anticipiralo centifugalnu silu koja će biti jače izražena tijekom kontrolne faze zavoja. U takvoj poziciji skijaš započinje proces inklinacije i vertikalnih gibanja. Skije se zbog strukiranosti počinju napinjati. Potrebno je napomenuti da je težina tijela dominantno na unutarnjem rubniku donje skije skijaša kako ne bi došlo do proklizavanja. Što se tiče gibanja uzduž skije u ovoj fazi skijaš je na prednjem dijelu skije. Svrha svih napomenutih gibanja nije samo promjena rubljenja, nego i postavljanje čitavog tijela u idealnu poziciju kako bi se iskoristile sile koje djeluju na skijaša tijekom zavoja.

Središnja faza zavoja je faza u kojoj je skijaš u najnižoj poziciji. Aktivnim radom koljena naprijed i unutra usmjerava skije prema novom smjeru zavoja. Inklinacija i gibanje dolaze do maksimuma te u toj poziciji skijaš prolazi kroz vrata. U središnjoj fazi zavoja skijaševi kukovi su u najnižoj poziciji. Skije su pod kutom od skoro 90° s obzirom na podlogu, koljena su unutra i naprijed isto kao i gornji dio tijela skijaša. Težina tijela je kao i u drugoj fazi ulaska u zavoj na unutarnjem rubniku donje skije. U trenutku kada skijaš dosegne maksimum

inklinacije i gibanja prema dolje počinje faza završetka zavoja. U ovom trenutku skijaš je otprilike na sredini skije gledajući sa stajališta gibanja uzduž skije.

Tijekom ***završne faze*** skijaš želi zaustaviti zaokretanje te prijeći u poprečno kretanje ili započeti novi zavoj. Da bi to uspio skijaš mora ukloniti postranu silu snijega koja ga je vodila u zavoj. To će napraviti tako da smanji nagib tijela na način da ga rastereti. Smanjivanjem nagiba tijela smanjuje se i kut rubnika, čime se smanjuje učinak samostalnog usmjeravanja skije. Smanjivanjem učinka samostalnog usmjeravanja skije smanjuje se i kut usmjeravanja skije i time se smanjuje postrana sila snijega, što znači da je potreban manji nagib tijela da bi se održala ravnoteža. Tijekom ove faze pritisak je najviše na stražnji dio skije. Uklanjanjem skijaševa nagiba zavoj će biti dovršen.

Prijelaz

Kod skijaša početnika posve su izražene sve četiri faze zavoja. Napredno skijanje započinje kad se faze stope u jednu cjelinu te završna faza jednog zavoja predstavlja početnu fazu drugog zavoja. U toj fazi pritisak na skije je najveći jer skijaš na već napete skije, započinje gibanje prema naprijed i gore što mu omogućuje da skije u toj fazi brzo prođu ispod njega na drugu stranu, odnosno da promijeni pravac kretanja i započne novi zavoj. Prije nego skijaš započne gibanje prema naprijed i gore skije su ga u potpunosti stigle, odnosno čak i prestigle. Iz tog razloga javlja se potreba za ponovnim postavljanjem kontrole nad skijama što se ostvaruje dominantnim gibanjem naprijed i gore te postavljanjem skija u idealnu poziciju za novi zavoj.



Slika 5. Kostelić Ivica



Slika 6. Šamšal Dalibor



Slika 7. Grange Jean-Baptiste



Slika 8. Bode Miller

2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA

Uvidom u dosadašnja istraživanja slalom tehnike autori se većinom bave analizom tehnike realiziranom u trenažnim uvjetima, dok je manji dio radova, zbog kompleksnosti istraživanja, učinjen analizom u natjecateljskim uvjetima.

Lešnik & Žvan, 2007 u svome su istraživanju ispitali razliku u izboru putanje skijanja između pojedinih natjecatelja Svjetskog kupa i utvrdili udaljenost njihovih putanja skijanja od štapa(padne linije) i ispitali da li natjecatelji koji biraju najkraću liniju skijanja između štapova postižu veće brzine, otklizavaju li brže između slalomskih vrata te postižu li, na kraju utrke, bolji rezultat. Karakteristike slalomske tehnike proučavane su na bazi kinematičkih mjerenja provedenih 2004. godine za vrijeme održavanja utrke Svjetskog kupa na Vitrancu, za natjecanja u slalomu u Kranjskoj Gori. Testni uzorak činili su najbolji alpski skijaši svijeta koji su se natjecali u Svjetskom kupu pod pokroviteljstvom FIS-a. Finalni uzorak ispitanika činilo je 18 natjecatelja koji su imali startne brojeve između 2. i 69. Samo oni koji su, sukladno procjenama eksperata, odskijali stazu bez ikakvih uočljivih odstupanja koja su mogla utjecati na rezultate mjerenja, uključeni su u završnu analizu. Nakon provedene kinematičke analize, dobiveni podaci obrađeni su u okviru programskog paketa SPSS. Na temelju izračuna trajektorija skija(aritmetičke sredine položaja gležnjeva), određen je za svakog natjecatelja položaj trajektorije najbliže štapovima prvih i drugih vrata. Zaključili su da kraća i izravnija linija skijanja povećava vjerojatnost postizanja veće brzine skijanja, a posljedično i bolji rezultat.

Supej & Kugovnik & Nemec, 2004 uspoređivali su dvije slalomske tehnike uz pomoć simulacije u laboratorijskim uvjetima, gdje su svi remeteći faktori i promjenjivi uvjeti prirodne okoline uklonjeni. Simulirana skijaševa brzina sve vrijeme iznosi 13m/s, a nagib padine je konstantan i iznosi 20º. Model skijaša je kruto tijelo s masom skupljenom u centar težišta tijela. Njihov konačan zaključak, utvrđen računalnom simulacijom jest da je nova tehnika jednog pokreta znatno prikladnija za novo skijanje kada skijaš izvodi karving zavoj. Amplituda pokreta tehnike jednog pokreta obuhvaća 20 cm, tijekom zavoja skijaš se uspravlja 40% vremena, a sagiba 60% od ukupnog vremena, simulacija pokreta sadrži dva sinusoidna zavoja koja su spojena pri vrhu, skijaš je u najnižoj poziciji za vrijeme prijenosa težine nakon čega se uspravlja. Najuspravniji je ispred vrata, a potom se sagiba, reakcija podloge se

smanjuje u vrijeme djelovanja maksimalne sile i povećava u području vrlo niskih minimalnih sila.

Lešnik & Žvan, 2003 uspoređivali su položaje trajektorija težišta tijela za vrijeme izvedbe zavoja veleslalomskim skijaškim tehnikama A (tehnika koja podrazumijeva kontrolu brzine) i B (tehnika koja podrazumijeva povećanje brzine), na uzorku sedam valjanih parova vožnji (tehnikom A i tehnikom B) koje je odvozilo sedam skijaša članova elitnog slovenskog natjecateljskog tima (dobi između dvadeset i dvadeset pet godina) statističkom analizom kinematičkih parametara pomoću SPSS statističkog paketa su procijenili prednosti tehnike B. To znači da će, usprkos težim uvjetima, skijaši skijati u nižoj poziciji, a općenito će rasterećivati i opterećivati svoje skije u vožnji pri prijelazu iz jednoga u drugi zavoj na lateralan način, za koju vjeruju da će prevladati u budućnosti.

Hraski, Ž., Hraski, M., 2007 godine određivali su razlike u geometriji tijela skijaša koji se odnosi na trajanje veleslalom zavoja na uzorku koji je obuhvaćao 10 skijaša i 10 skijašica članova hrvatskog dječjeg nacionalnog tima, ulaznu kategoriju za FIS utrke. Za potrebe istraživanja analiziran je jedan lijevi veleslalom zavoj. Korelacijskom analizom utvrdio je neke specifičnosti analiziranih varijabli: da nagib tijela kod mladih skijaša jako varira, od 37 do 55°. Kut ramena obzirom na padnu liniju varira između 6 i 33 °, kut kuka s obzirom na padnu liniju varira između 141 i 191° vanjski donji kut noge između 24 i 43°, udaljenost između skija varira od 30 do 66 centimetara, udaljenost unutarnje skije od skijaških vrata također varira od 8 do 55 centimetara te trajanje zavoja varira od 1,06 do 2,36 sekundi. U daljnjoj analizi, prema trajanju analiziranog zavoja ispitanici su podijeljeni u dvije grupe: bržu i sporiju. Razlike između tih grupa ispitane su deskriptivnom analizom. Zaključili su da skijaši koji su imali izravniju liniju napada na skijaška vrata te skijaši kojima je zavoj trajao kraće u pravilu imali i veće kutove između pojedinih segmenata tijela te veću udaljenost između nogu.

Urlich et al., 2015 u svome radu koristili su inercijske senzore za dizajniranje modela 3D tijela skijaša, model su primijenili za izračunavanje vertikalne udaljenosti između zgloba gležnja i centra težišta koju smatraju kao ukupnu mjeru vertikalnog pokreta skijanja te su pokazali vrijednosti parametara i objasnili razlike cjelokupnog vertikalnog pokreta između disciplina slalom i veleslalom. Ispitanici rada bili su 6 skijaša razine Europskog kupa, od kojih su 3 izvela dvije vožnje na slalom stazi, ostala 3 dvije vožnje na veleslalom stazi.

Udaljenost vrata u slalomu bila je 10 metara, veleslalomu 25 metara sa nagibom staze 25 º. Za svaku vožnju, središnji dio od 8 slalom zavoja i 4 veleslalom zavoja bili su odabrani za analizu. Ispitanici su bili opremljeni sa 7 minijaturnih inercijskih senzora jedinice (Physilog IV, Gait up, Switzerlandna) smještenih na glavi, prsnoj kosti, sakrumu, bedrima i potkoljenicama. Inercijski senzori uspješno su izgradili cijeli kinematički model za alpske skijaše natjecatelje. Model je dopustio računanje vertikalne udaljenosti između lijevog/desnog gležnja i težišta tijela sa visokom preciznošću (pogreška standardne devijacije 0,9 i 3,0 cm) i točnosti (srednja pogreška).

3. PROBLEM I CILJ ISTRAŽIVANJA

Problem istraživanja jest da se dostupna dosadašnja istraživanja uglavnom temelje na različitim biomehaničkim analizama uspješnosti izvedbe slalom zavoja u trenažnim uvjetima s ograničenim brojem ispitanika, a vrlo je malo analiza privedenih u natjecateljskim uvjetima. Natjecateljski uvjeti omogućavaju analizu većeg broja vrhunskih skijaša u realnim uvjetima, stoga će se u ovom radu istražiti povezanost brzine skijaša i određenim kinematičkim parametara na temelju natjecateljske izvedbe snimljene za vrijeme Snow Queen Trophy 2009. godine.

Cilj istraživanja je utvrđivanje povezanosti između brzine prolaska kroz skijaška vrata, kuta u koljenom zglobu, kuta u zglobu kuka i projekcije centra težišta tijela kod vrhunskih alpskih skijaša.

4. METODE RADA

Uzorak ispitanika obuhvaća 24 vrhunskih Alpskih skijaša sudionika druge vožnje Snow Queen Trophy 2009. godine na Sljemenu, prosječne starosti 27,12 ± 1,15 godina. U svrhu ovoga istraživanja, analiziran je jedan desni slalom zavoj. Prikupljanje video zapisa za kinematičku analizu izvršeno je s dvije DV kamere (Sony HDR-HC9E) frekvencijom 50 slika u sekundi uz brzinu zatvarača 1/500. Prostor je kalibriran referentnim okvirom dimenzija 180 cm x 180 cm x 90 cm. Obrada video zapisa i izračunavanje kinematičkih varijabli provedeni su programom Ariel Performance Analysis System (APAS, Ariel Dynamics inc., USA). Povezanost između analiziranih varijabli ispitana je korelacijskom analizom. Varijable uključene u analizu su: brzina na početku zavoja (vs), brzina u sredini zavoja (vs), brzina na kraju zavoja (vk), kut u zglobu koljena (Kkolj), kut u zglobu kuka (Kkuk), centar težišta na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centar težišta na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), centar težišta u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv), centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGku), centar težišta na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv).

Opis varijabli:

1. Brzina na početku zavoja (**vp**) izražava vrijeme prolaska kroz početak zavoja

2. Brzina na sredini zavoja (**vs**) izražava vrijeme prolaska na sredini zavoja

3. Brzina na kraju zavoja (**vk**) izražava vrijeme prolaska na kraju zavoja

4. Kut u zglobu koljena (**Kkolj**) - predstavlja kut između natkoljenice i potkoljenice desne noge

5. Kut u zglobu kuka (**Kkuk**) - predstavlja kut između natkoljenice i trupa desne noge

6. Centar težišta na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (**CTGpu**) - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja unutarnje noge

7. Centar težišta na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (**CTGpv**) - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja vanjske noge

8. Centar težišta u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (**CTGsu**) - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja unutarnje noge

9. Centar težišta u sredini zavoja u odnosu na vanjsku nogu (**CTGsv**) - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja vanjske noge

10. Centar težišta na kraju zavoja u odnosu na unutarnju nogu (**CTGku)** - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja unutarnje noge

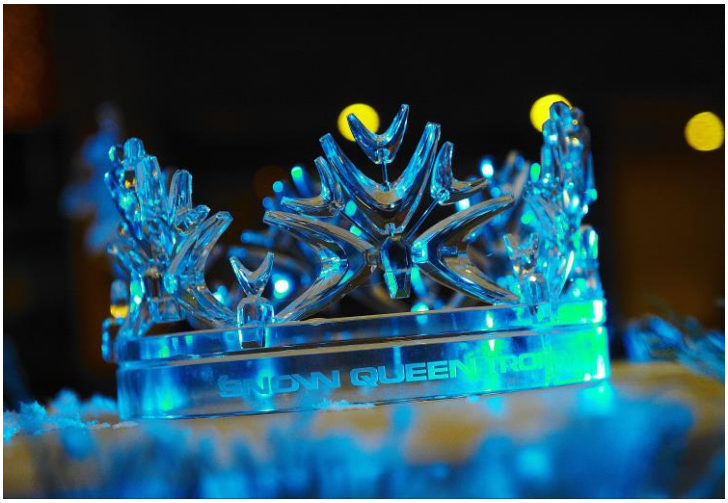
11. Centar težište na kraju zavoja u odnosu na vanjsku nogu (**CTGkv**) - predstavlja razliku između centra težišta i gležnja vanjske noge

Tablica 1. Prikaz ispitanika

Rb.	*Ispitanik*	*Nac*	*datum rođenja*	*Visina(cm)*	*težina(kg)*
1.	*ANSELMET Alexandre*	*FRA*	*11.04.1980.*	*175*	*77*
2.	*BECHTER Patrick*	*AUT*	*02.08.1982.*	*186*	*87*
3.	*BJORGVINSSON Bjorgvin*	*ICE*	*11.01.1980.*	*183*	*86*
4.	*BROLENIUS Johan*	*SWE*	*07.06.1977.*	*176*	*82*
5.	*HARGIN Mattias*	*SWE*	*07.10.1985.*	*180*	*79*
6.	*HERBST Reinfried*	*AUT*	*11.10.1978.*	*181*	*83*
7.	*IMBODEN Urs*	*MLD*	*07.01.1975.*	*182*	*76*
8.	*KOSTELIĆ Ivica*	*CRO*	*23.11.1979.*	*182*	*93*
9.	*LIGETY Ted*	*USA*	*31.08.1984.*	*180*	*86*
10.	*LIZEROUX Julien*	*FRA*	*05.09.1979.*	*173*	*78*
11.	*MERMILLOD BLONDIN Thomas*	*FRA*	*30.06.1984.*	*176*	*80*
12.	*MARSHALL Cody*	*USA*	*15.11.1982.*	*178*	*81*
13.	*MATT Mario*	*AUT*	*09.04.1979.*	*190*	*90*
14.	*MINAGAWA Kentaro*	*JPN*	*17.05.1977.*	*184*	*83*
15.	*MOELGG Manfred*	*ITA*	*03.06.1982.*	*179*	*75*
16.	*MYHRE Lars Elton*	*NOR*	*17.08.1984.*	*181*	*83*
17.	*MYHRER Andre*	*SWE*	*11.01.1983.*	*189*	*95*
18.	*NEUREUTHER Felix*	*GER*	*26.03.1984.*	*184*	*87*
19.	*PRANGER Manfred*	*AUT*	*25.01.1978.*	*186*	*89*
20.	*RAZZOLI Giuliano*	*ITA*	*18.12.1984.*	*182*	*83*
21.	*ŠAMŠAL Dalibor*	*CRO*	*25.12.1985.*	*184*	*89*
22.	*THALER Patrick*	*ITA*	*25.03.1978.*	*177*	*80*
23.	*VAJDIĆ Bernard*	*SLO*	*18.09.1980.*	*179*	*84*
24.	*VALENČIĆ Mitja*	*SLO*	*01.02.1978.*	*178*	*78*



Slika 9. Slalom zavoj Sljeme 2009. godina, arhiva Hrvatski skijaški savez



Slika 10. Simbol Snow Queen Trophy Sljeme 2009. godine, arhiva Hrvatski skijaški savez

5. REZULTATI

Tablica 2. Prikaz rezultata deskriptivnih pokazatelja

Varijable	**N**	$\overline{x}$	**Min**	**Max**	**V**	**s**	**a3**	**a4**
vp	24	14,170	9,650	17,930	1,990	1,410	-0,600	5,540
vs	24	13,140	11,400	13,910	0,290	0,530	-1,790	4,170
vk	24	13,100	12,210	14,970	0,270	0,520	1,820	6,700
Kkolj.d.	24	95,130	86,040	104,880	24,600	4,960	-0,090	-0,760
Kkuk.d.	24	91,350	77,400	107,140	74,490	8,630	0,190	-0,910
CTGpu	24	4,500	0,100	19,000	16,480	4,050	2,130	6,240
CTGpv	24	21,790	9,000	35,000	31,120	5,570	0,270	0,900
CTGsu	24	8,470	0,600	16,000	18,330	4,280	-0,490	-0,570
CTGsv	24	6,520	0,400	15,000	17,660	4,200	0,240	-0,870
CTGku	24	-21,330	-32,000	-4,000	40,310	6,340	1,200	2,380
CTGkv	24	-15,700	-31,000	-3,000	44,300	6,650	-0,120	0,040

Legenda: N označava broj ispitanikā, x aritmetičku sredinu, Min. minmalnu vrijednost, Max.maksimalnu vrijednost, V varijancu, s standardnu devijaciju, a3 Skewness, a4 Kurtosis, vp brzina na početku zavoja, vs brzina u sredini zavoja, vk brzina na kraju zavoja, Kkolj kut u zglobu koljena, Kkuk kut u zglobu kuka, CTGpu centar težišta tijela na početku zavoja u odnosu unutarnji gležanj, CTGpv centar težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjsku nogu, CTGsu centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj, CTGsv centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj, CTGku centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutranji gležanj, CTGkv centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj.

Tablica 3. Prikaz rezultata korelacije

Statistički značajna korelacija uz pogrešku p<0,05 N=24											
Varijable	**vp**	**vs**	**vk**	**Kkolj**	**Kkuk**	**CTGpu**	**CTGpv**	**CTGsu**	**CTGsv**	**CTGku**	**CTGkv**
vp	1	**0,98**	**0,97**	0,56	0,42	0,63	0,58	0,64	0,62	-0,11	-0,09
vs		1	**0,99**	0,53	0,37	0,54	0,49	0,58	0,56	-0,17	-0,15
vk			1	0,50	0,32	0,51	0,42	0,51	0,50	-0,21	-0,20
Kkolj.d.				1	**0,92**	0,07	0,57	0,20	0,14	-0,59	-0,53
Kkuk.d.					1	0,23	**0,77**	0,39	0,39	-0,28	-0,20
CTGpu						1	**0,77**	**0,94**	**0,95**	0,66	0,67
CTGpv							1	**0,87**	**0,83**	0,32	0,39
CTGsu								1	**1,00**	0,60	0,65
CTGsv									1	0,64	0,67
CTGku										1	0,99
CTGkv											1

6. RASPRAVA

Tablica 2. Prikaz deskriptivnih pokazatelja i Tablica 3. Prikaz rezultata korelacije pokazuju neke specifične karakteristike analiziranih varijabli:

♦ Brzina na početku zavoja (**vp**) varira između 9,65 i 17,93 ms^{-1}. Aritmetička sredina iznosi 14,4 ms^{-1}. Značajnu povezanost ima sa kutom u koljenom zglobu (Kkolj), centru težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centru težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), centru težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centru težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv). Brojna istraživanja su već pokazala (Lešnik & Žvan, 2007) natjecatelj čija je linija skijanja direktnija na mjestu ulaska u zavoj vjerojatno zadržava brzinu skija u većoj mjeri, a čak je može i povećati. Sukladno tome, brzina i kraća linija skijanja povećavaju pritisak na skije u fazi zavoja. Ako natjecatelj taj pritisak doživljava prejakim, on mora prilagoditi (smanjiti) brzinu skijanja. Ukoliko mu to ne uspije, on potom mora 'korigirati' odabranu putanju skijanja čim doskija do sljedećih vrata. Prosječna brzina natjecatelja s dužom prosječnom linijom skijanja je niža.

♦ Brzina u sredini zavoja (**vs**) varira između 11,4 i 13,91 ms^{-1}, prosječne brzine 13,4 ms^{-1} i značajno je povezana sa kutom u zglobu koljena (Kkolj), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv). (Herbert-Losier & Supej & Holmberg, 2014) Izvedba može biti poboljšana upravljanjem skija na takav način da se smanji trenje i time raspršenje energije. To se ostvaruje ranijim počinjanjem zavoja, duljinom puta i trajektorija te karvingom. Tijekom brzine skijanja smanjivanje izlaganju frontalnom području i namještanje ruku blizu tijela pokazalo se da smanjuje gubitak energije zbog otpora zraka i time smanjuje vrijeme vožnje.

♦ Brzina na kraju zavoja (**vk**) varira između 12,21 i 14,97 ms^{-1} i aritmetičke sredine 13,1 ms^{-1}. Značajne su vrijednosti korelacije sa kutom u zglobu koljena (Kkolj), centru težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centru težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu) te centru težišta tijela u sredini zavoja u odnosu

na vanjski gležanj (CTGsv). Brze promjene rubljenja, da bi se skije usmjerile, što je (iz)ravnije moguće, prema sljedećim vratima čine liniju skijanja između vrata najkraćom mogućom.(Lešnik & Žvan, 2007). Osnovni cilj modernih natjecateljskih tehnika jest zadržati brzinu u svim fazama zavoja ili, drugim riječima, ostvariti tzv. lateralnim rasterećenjem gdje se u završnoj fazi zavoja koljena i skije, u što je moguće kraćem vremenu, podvlače pod tijelo i guraju u suprotnu stranu u sljedeći zavoj. Na taj se način postiže minimalno vertikalno gibanje težišta, a pritisak na snježnu podlogu je smanjen.(Lešnik & Žvan, 2003).

♦ Kut u zglobu koljena (**Kkolj**) varira od 86° do 104°. Aritmetička sredina jest 95° . Ova varijabla značajno je povezana koeficijentom korelacije 0,92 sa varijablom kut u zglobu kuka (Kkuk), značajno povezana sa brzinom na početku zavoja (vp), brzinom u sredini zavoja (vs), brzinom na kraju zavoja (vk), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGku), centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv). Istraživanje je pokazalo (Hraski, Ž., Hraski,M., 2007) da je brža grupa skijaša karakterizirana većim nagibom ramena i cijeloga tijela, većim postraničnim lukom, većim kutom koljena i dužom udaljenosti skija.

♦ Kut u zglobu kuka (**Kkuk**) varira od 77° do 107° , aritmetička sredina iznosi 91°. Varijabla je visokih koeficijenata korelacije 0,9 sa kutom u zglobu koljena (Kkolj), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv) koeficijenta korelacije 0,77 no znatno slabe povezanosti sa varijablama brzine.

♦ Centar težišta na početku zavoja u odnosu na gležanj unutarnje noge (**CTGpu**) varira od 0,1 do 19 cm, aritmetčka sredina jest 4,5 . Značajna povezanost sa brzinom na početku zavoja (vp), brzinom u sredini zavoja (vs), brzinom na kraju zavoja (vk), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv), centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGku), centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv)
U istraživanju (Lešnik & Žvan, 2003) trajektorije težišta tijela su se razlikovale ovisno o različitim antropometrijskim karakteristikama skijaša. Skijaši će skijati u nižoj poziciji, a općenito će rasterećivati i opterećivati svoje skije u vožnji pri prijelazu iz jednoga u drugi

zavoj na lateralan način. To, naravno, nije isključivo problem usavršavanja skijaške tehnike, već je to u većoj mjeri vezano uz bolju psihofizičku kondiciju natjecatelja.

♦ Centar težišta na početku zavoja u odnosu na gležanj vanjske noge (**CTGpv**) varira od 9 do 35 cm, aritmetička sredina iznosi 21,7. Značajne su vrijednosti povezanosti sa varijablama brzina na početku zavoja (vp), kut u zglobu koljena (Kkolj), kut u zglobu kuka (Kkuk), centrom težišta na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv)

♦ Centar težišta u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (**CTGsu**) varira od 0,6 do 16 cm, aritmetičke sredine 8,4. Potpuna povezanosti sa centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv), te značajne povezanosti sa centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutranji gležanj (CTGku) kao i centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv), značajna povezanost sa svim varijablama brzine.

♦ Centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na gležanj vanjske noge (**CTGsv**) varira od0,4 do 15 cm , aritmetičke sredine 6,5. Značajno povezan sa varijablama centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGku), centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv), potpune korelacije sa centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), značajne povezanosti sa centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutranji gležanj (CTGpu), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGpv), te sa svim varijablama brzine.

♦ Centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (**CTGku**) varira od -32 do -4 cm, aritmetičke sredine -21,3 i značajno je povezan sa varijablom centar težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGkv), kut u zglobu koljena (Kkolj), centar težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centar težišta u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centar težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv).

♦ Centar težišta na kraju zavoja u odnosu na gležanj vanjske noge (**CTGkv**) varira od -31 do -3 cm, aritmetička sredina iznosi -15,7 i značajno je povezan sa kutom u zglobu koljena (Kkolj), centrom težišta tijela na početku zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGpu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGsu), centrom težišta tijela u sredini zavoja u odnosu na vanjski gležanj (CTGsv), centrom težišta tijela na kraju zavoja u odnosu na unutarnji gležanj (CTGku).



Slika 11. Pobjednik Snow Queen Trophy 2009. godine, arhiva Hrvatski skijaški savez

7. ZAKLJUČAK

Na temelju dobivenih rezultata ovoga eksperimentalnoga rada, povezanost je utvrđena između kuta unutarnjeg kuka i centra težišta na početku zavoja u odnosu na vanjski gležanj, brzine i kuta u zglobu koljena, brzine i centra težišta tijela na početku zavoja i sredini zavoja, kuta u zglobu koljena i zgloba kuka. Finalni uzorak za kinematičku analizu činila su 24 alpska skijaša, sudionika druge vožnje Snow Queen Trophy 2009. godine. Sa stajališta tehnike, dobar rezultat posljedica je najboljeg mogućeg odnosa između brzine klizanja skije i odabira optimalne putanje zavoja u odnosu na određenu konfiguraciju skijaških vrata (štapova), tj.u odnosu na stazu (Lešnik & Žvan, 2007). To govori da je osnovni cilj svakoga skijaša izvršiti svaki zavoj, od početka do kraja, što je brže i efikasnije moguće. Za ostvarenje toga, bitno je za svaki zavoj da bude izvšen tehnički savršeno, jer čak i najmanja pogreška imati će utjecaj, rezultirati gubitkom brzine, i zbog toga utjecati na ukupno vrijeme (Hraski, Ž., Hraski, M., 2007). Za postizanje boljeg rezultata, dosljednost u izvođenju preko brojnih dijelova i raznolikih terena trebala bi biti naglašena povrh izvrsnosti u pojedinačnim dijelovima i specifičnim uvjetima (Herbert-Losier & Supej & Holmberg, 2014). To znači da skijaš, kada se poveća brzina, održava ravnotežu širenjem skija pri čemu je površina oslonca veća, a težište tijela niže. Položaj sa spuštenim tijelom je sigurniji, bolji, a vjerojatnost da će rezultanta biti van površine oslonca je također veća. Iz navedenog slijedi da skijaš u svakom trenutku tijekom vožnje mora podešavati položaj kako bi održao ravnotežu (Bilić & Mijanović & Božić, 2007). Prikupljanje podataka i analiza rezultata APAS sustavom pruža korisna znanja omogućujući davanje preciznih tehničkih i taktičkih podataka i uputa u skijanju, no, nedostatak ovoga rada jest ograničen volumen snimanja na jedan zavoj, koji izravno iziskuje i veći broj ispitanika. Analizirajući kinematičke parametre samo jednog zavoja tijekom cijele slalom staze i njegove povezanosti sa brzinom, veliki se prostor ujedno oslobađa na promišljanja o stvarnim sveukupnim uvjetima toga zavoja, i daleko dosežne ukupne povezanosti na ukupno vrijeme u stvarnim natjecateljskim uvjetima, gdje su prisutni uz tehniku i taktiku uvijek veliki i nepredvidivi natjecateljski psihofizički kapaciteti. U svrhu analize rezultata, veliku važnost ima i konfiguracija terena i nagiba staze te snježnih uvjeta kod promatranih uzoraka ispitanika. Daljnja istraživanja trebaju biti nastavljena u smjeru natjecateljskih uvjeta i tada što većim brojem analiziranih varijabli zavoja na svim dijelovima staze koji bi mogli biti presudni i imati potencijal prednosti brzine u odnosu na ostale skijaše.

8. LITERATURA

KNJIGE

1. Anderson, D. (2007). Škola skijanja. LEO COMMERCE d.o.o. Rijeka.

2. Bilić, Ž., Mijanović,M., Božić, Lj. (2007). Od prvog koraka do carvinga. Fakultet prirodoslovno-matematičkih i odgojnih znanosti Sveučilišta u Mostaru

3. Hrvatski zbor učitelja i trenera skijanja (2008). Alpsko skijanje

4. LeMaster, R. (2012). Vrhunsko skijanje. Zagreb. Zagreb:Stih.

5. Matković, B., Ferenčak, S., Žvan, M. (2004). Skijajmo zajedno. FERBOS inženjering. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

MAGISTARSKI RAD

1. Lanc, V. (1984). Utjecaj primarnih motoričkih faktora na uspjeh u učenju tehnike elemenata alpske škole skijanja. Magistarski rad, Fakultet za fizičku kulturu, Zagreb

POGLAVLJE IZ KNJIGE

1. Nikolić, V., Hudec, M. i sur. (2011). Principi biomehanike, poglavlje 24. Kinematika i kineziologija lokomocije (autor Vladimir Medved), Zagreb, (str. 481-496).

ČLANAK IZ ČASOPISA

1. Cigrovski, V., Matković, B. (2003). Specifična kondicijska priprema sportaša. Međunarodni znanstveno-stručni skup Kondicijska priprema sportaša. Zagrebački velesajam, Zagreb, 21. i 22. veljače 2003. str. 518.

2. Hebert-Losier, K., Supej, M., Holmberg, H.C. (2014). Biomechanical factors influencing the performance of elite alpine ski racers. Sports Med, 44(4):519-33.

3. Hraski, Ž., Hraski, M. (2007). Influence of the skier s body geometry on the duration of the giant slalom turn. Faculty of kinesiology, University of Zagreb, Croatia. str. 252-258.

4. Lešnik, B., Žvan, M. (2003). Comparison of centre of mass trajectories in modern giant slalom techniques. Kinesiology 35(2003) 2:191-200.

5. Lešnik, B., Žvan,M. (2007). The best slalom competitors- kinematic analysis of tracks and velocities. Kinesiology 39(2007) 1:40-48. University od Ljubljana, Faculty of sport, Ljubljana, Slovenia.

6. Rađenović, O., Alikalfić, V., Furjan-Mandić, G.(2003). Fizička priprema sportaša. Međunarodni znanstveno-stručni skup Kondicijska priprema sportaša. Zagrebački velesajam, Zagreb, 21. i 22. veljače 2003. str.52.

7. Supej, M., Kugovnik, O.,Nemec, B. (2004). Modelling and simulation of two competition slalom techniques. Kinesiology 36(2004) 2:206-212.

ELEKTRONIČKI IZVOR

1. The International Ski Competition Rules (2013.). *Book IV Joint Regulations forAlping Skiing.* /on line/. S mreže skinuto 19. lipnja 2016. s:

http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/AlpineSkiing/02/03/07/icr_16.07.13.clean_Neutral.pdf

9. PRILOG

Prilog 1. Prikaz rezultata varijabli

	vp	vs	vk	K Kolj	K Kuk	CTGp		CTGs		CTGk	
						U	V	U	V	U	V
ANSELMET	13,4	13,19	12,79	91,46	101,95	6	26	0,6	12	-20	-11
BECHTER	14,6	13,35	13,02	99,89	86,13	3	29	9	10	-24	-16
BJORGVINSSON	9,65	11,4	14,97	97,45	105,18	19	30	11	9	-4	-10
BROLENIUS	17,93	12,7	13,56	102,03	107,14	4	19	0,9	12	-6	-3
HARGIN	14,11	13,1	12,45	97,7	98,84	4	19	9	10	-24	-16
HERBST	15,53	13,91	13,02	98	97,89	1	23	9	9	-18	-8
IMBODEN	14,16	13,3	12,91	101,3	100,77	3	20	13	3	-28	-21
KOSTELIĆ	13,15	13,11	13,07	88,47	77,71	2	35	9	15	-23	-18
LIGETY	14,68	13,7	13,26	91,96	82,1	7	19	4	6	-21	-11
LIZEROUX	12,94	13,31	13,21	86,04	77,4	2	25	10	3	-25	-31
MERMILLOD	14,28	13,34	13,23	93,88	93,53	5	22	3	0,4	-21	-20
MARSHALL	15,42	13,38	13,44	97,01	95,32	8	14	16	2	-29	-25
MATT	14,33	13,4	12,97	88,53	81,92	5	17	5	4	-19	-21
MINAGAWA	13,08	12,04	12,21	104,88	90,76	8	18	9	6	-26	-15
MOELGG	13,93	13,14	12,95	94,66	88,45	1	23	10	5	-17	-14
MYHRE	13,8	13,3	13,26	88,11	83,82	7	18	7	8	-24	-13
MYHRER	14,22	12,7	12,53	97,8	91,07	3	21	11	1	-24	-17
NEUREUTHER	13,87	13,6	13,31	90,75	86,6	3	18	12	0,6	-23	-22
PRANGER	14,42	13,24	12,95	89,72	91,43	3	21	1	13	-19	-7
RAZZOLI	14,63	13,49	13,61	98,48	85,47	0,1	30	11	1,5	-19	-24
SAMSAL	13,91	12,72	12,64	96,9	94,25	1	22	12	6	-28	-17
THALER	14,08	13,63	13,04	99,34	103,57	10	9	14	4	-20	-14
VAJDIC	14,31	12,97	12,84	96,03	82,15	2	24	12	8	-32	-18
VALENCIC	15,76	13,41	13,22	92,87	89,16	1	21	5	8	-18	-5

Prilog 2. Prikaz službenih rezultata FIS-a, trojice najbržih i najsporijih na Snow Queen Trophy 2009.

Rang	*Ime i prezime*	*Nac*	*Run2*	*TOTAL TIME*	*zaostatak*
1.	GRANGE Jean-Baptiste	FRA	59.40	1:53.31	
2.	KOSTELIĆ Ivica	CRO	59.18	1:53.36	0,5+
3.	RAZZOLI Giuliano	ITA	58.78	1:53.66	0,35+
27.	MERMILL Blondin	FRA	1:02.36	1:57.55	4,24+
28.	LIGETY Ted	USA	1:08.19	2:03.36	10,05+
29	IMBODEN Urs	MLD	1:23.71	2:18.84	25,53+