

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

JANKO ROŠELJ

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA ŠPORT
Univerzitetni študij - Športno treniranje
Smučarski skoki

**KINEMATIČNA ANALIZA KRIVULJE LETA SMUČARJEV
SKAKALCEV NA SVETOVNEM PRVENSTVU V PLANICI
2010**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

red. prof. dr. Bojan Jošt

RECENZENT:

izr. prof. dr. Janez Pustovrh

KONZULTANT:

prof. dr. Otmar Kugovnik

Avtor dela:
JANKO ROŠELJ

Ljubljana, 2010

Iskrena hvala mentorju, gospodu prof. dr. Bojanu Joštu za usmerjanje, strokovno pomoč in čas, ki ga je posvetil pripravi moje diplomske naloge.

Hvala tudi recenzentu prof. dr. Janezu Pustovrhu.

Hvala Andreji za moralno podporo in spodbude v času nastajanja diplomske naloge.

Posebej pa se zahvaljujem svojim staršem, sestri ter starim staršem za materialno in moralno podporo v času študija.

Ključne besede: smučarski skoki, kinematika, metodologija, krivulja leta, letalnica v Planici

KINEMATIČNA ANALIZA KRIVULJE LETA SMUČARJEV SKAKALCEV NA SVETOVNEM PRVENSTVU V PLANICI 2010

Janko Rošelj

IZVLEČEK

Osnovni namen diplomske naloge je bil ugotoviti potek krivulje leta na vzorcu najboljših letalcev sveta, ki so nastopili na svetovnem prvenstvu v smučarskih poletih v Planici 2010.

Razvoj najdaljših poletov na smučeh je močno povezan z razvojem planiške letalnice, na kateri je bil leta 2005 dosežen tudi trenutni svetovni rekord v smučarskih poletih Bjoerna Eijera Romoerena 239 metrov. Ugotovljeno je bilo, da obstajajo korelacije med odvisnimi spremenljivkami, ki predstavljajo dolžino poletov smučarjev skakalcev na svetovnem prvenstvu v poletih v Planici 2010. Tudi znotraj vsebinsko homogenih neodvisnih spremenljivk obstojajo statistično značilne korelacije. Med odvisnimi spremenljivkami (dolžina skoka) in neodvisnimi spremenljivkami so bile prisotne le posamične statistično značilne korelacije tako, da na splošno statistično značilne korelacije med njimi ne obstajajo. Prvi dve seriji v petek, 19. marca, popoldne sta bili izvedeni v vzratnem vetru, kar je imelo za posledico višje povprečne hitrosti tekmovalcev in tudi krajše polete kot v tretji in četrti seriji, ki sta bili izpeljani v soboto. Sobotno tekmovanje je bilo izvedeno v zelo ugodnih termičnih pogojih, ki so omogočali doseganje vrhunskih daljav z nizko zaletno hitrostjo. Tudi višina leta v referenčni točki 110 metrov od roba odskočne mize je bila v povprečju nižja kot v petek. Najdaljši polet prvenstva je s 236,5 metra uspel Švicarju Simonu Ammannu, ki je ob tem poletu imel zaletno hitrost 102,5 km/h. Če primerjamo višino leta Simona Ammanna na 110 m z višino izmerjeno na 120 m ob roba odskočnega pomola v Planici na finalu svetovnega pokala v poletih leta 2009, vidimo, da je bila ta leta 2009 za kar 3,55 višja pri 3,5 m krajšem poletu. To potrjuje dejstvo, da je bila letalnica v pripravah na svetovno prvenstvo 2010 spremenjena ob predpostavki, da tekmovalčeva tehnika in oprema v letu dni ni bila bistveno spremenjena. Prav tako so bile tudi vetrovne razmere primerljive pri obeh poletih.

V razpravi je bila izvedena tudi primerjava nekaterih spremenljivk, ki vplivajo na letalce v fazi leta. Ugotovljeno je bilo, da smer in jakost vetra pomembno vplivata na dolžine poletov in posredno tudi na končni rezultat. Prav gotovo to spoznanje podpira prizadevanja Mednarodne smučarske organizacije, da z novimi pravili odločno zmanjša vpliv vetra. Želja po vedno večjih daljavah in razvoju smučarskih poletov do 300 metrov pa se je izkazala za neuresničljivo, dokler Mednarodna smučarska zveza ne spremeni določenih ključnih določil o velikosti letalnic, ki zaenkrat onemogočajo polete preko 250 metrov.

Key words: ski jumping, kinematics, methodology, flight curve, Planica flying hill

KINEMATIC ANALYSIS OF THE FLIGHT CURVE OF SKI JUMPERS AT FIS SKI FLYING WORLD CHAMPIONSHIPS PLANICA 2010

Janko Rošelj

THE ABSTRACT

The main purpose of my diploma thesis is to find out the course of the flight curve in the sample consisting of the best ski jumpers in the world that competed for FIS Ski Flying World Championships at Planica in 2010.

The development of the longest ski flights is strongly associated with the development of the flying hill at Planica. The current ski flying world record (239 m) was also set there by Bjoern Einer Romoeren in 2005. It was established that there are some correlations between dependant variables which represent the length of the ski flights set at FIS Ski Flying World Championships at Planica in 2010. Statistically significant correlations exist even between substantially homogeneous independent variables. Between dependant variables only individual statistically significant correlations were found, which means that general statistically significant correlations between them do not exist. The first two rounds held on 19th March in the afternoon were carried out in the conditions of backwind which resulted in higher average speeds of the competitors and also in shorter jumps compared to the third and the fourth round which were carried out on Saturday. However, the competition on Saturday was carried out in favourable thermal conditions which enabled the achievements of top distances due to low run-up speed. The flight height at the reference point at 110 meters from the edge of the takeoff on Friday was consequently lower. The longest flight at the Championships (236.5 m) was made by Simon Ammann with the run-up speed of 102.5 km/h. If we compare the flight height of Simon Ammann at 110 meters with the flight height measured at 120 meters from the edge of the takeoff at Planica Ski Jumping Finals in 2009, we see that the flight height of Ammann in 2009 was 3.55 meters higher with the 3.5 meters shorter flight. This can be explained by the fact that the flying hill was modified during the preparations for the World Championships if we assume that the technique of the jumper and the sports equipment does not change much within a year. The wind conditions at the time of both flights were also comparable.

In the discussion part of the diploma thesis, the comparison of some variables which have an important impact on the jumpers in the flight phase is explained. It was ascertained that the direction and the strength of the wind have a significant impact on the length of the flights and indirectly on the final result. This recognition clearly supports the efforts of the International Ski Federation to lower the impact of the wind conditions with the new rules. The desire to fly longer and over 300 meters will remain unfulfilled until the International Ski Federation changes some key provisions concerning the flying hill size which do not allow the flights over 250 meters for now.

KAZALO:

1. UVOD	7
1.1. Predmet in problem diplomskega dela	11
1.2. Cilji diplomskega dela.....	12
1.3. Hipoteze raziskovanja	12
2. METODE DE LA.....	13
2.1. Vzorec merjencev.....	13
2.2. Vzorec spremenljivk	20
2.2.1. Odvisne spremenljivke.....	20
2.2.2. Neodvisne spremenljivke	21
2.3. Metode obdelave podatkov	23
3. REZULTATI.....	24
3.1. Rezultati osnovne statistike.....	24
3.2. Rezultati povezanosti znotraj bloka odvisnih spremenljivk.....	44
3.3. Rezultati povezanosti znotraj vsebinsko homogenih sklopov neodvisnih spremenljivk	45
3.4. Rezultati povezanosti med odvisnimi in neodvisnimi spremenljivkami.....	50
4. RAZPRAVA	51
5. SKLEP.....	59
6. LITERATURA IN VIRI	60

1. UVOD

Smučarski skoki sodijo med priljubljene športne panoge. Še zlasti v Sloveniji so skoki s pomočjo Planice postali mednarodno priznana športna disciplina. Planica je postala zibelka razvoja smučarskih poletov. Na stari Bloudkovi velikanki je leta 1936 človek prvič preskočil mejo 100 m. Dva tedna po zgodovinskem poletu Seppa Bradla preko 100 metrov na Bloudkovi Velikanki v Planici je Mednarodna smučarska zveza (FIS) razveljavila veljavnost uporabnega dovoljenja za vse mednarodne tekme v Planici in februarja 1936 sprejela sklep, da vse naprave s kritično točko preko 80 metrov ne bodo smele prirejati mednarodnih tekmovanj v smučarskih skokih (Bergant, 1987). Že leta 1940 je morala Mednarodna smučarska zveza popustiti in dopustiti tekmovanja na večjih skakalnicah (Planica 1940), ki so se sčasoma preimenovala v letalnice in tako je Planica 1972 gostila prvo svetovno prvenstvo v smučarskih poletih. Kasneje pa se je razvoj najdaljšega poleta nadaljeval na letalnici bratov Gorišek. Leta 1994 je bila na njej premagana zgodovinska meja 200 m. Želja po letenju in premagovanju rekordnih dolžin je bila pri ljubiteljih smučarskih skokov vedno velika. Tekmovanja na letalnici v Planici pritegnejo vsako leto množico gledalcev, ki pričakuje vedno nove najdaljše polete. V tem trenutku znaša svetovni rekord Norveškega letalca Romoerna 239 m. Finski šampion Janne Ahonen pa je s padcem že preletel 240 m. Njegov polet bi se na večji letalnici predvidoma končal pri dolžini 285 m. Razvoj poletov zahteva natančno analizo krivulje leta v povezanosti z mnogimi kinematičnimi spremenljivkami. Smučarski skoki so izrazito tehnična disciplina. Od skakalca zahtevajo popolnost izvedbe tehnike gibanja. Kvalitetno izvedena tehnika skoka pomeni daljše skoke in boljše ocene za slog. Tehnika smučarskega skoka se je spreminjala skozi zgodovino, zlasti od leta 1920 naprej. Razvoj tehnike pa je ozko povezan z razvojem biomehaničnih in aerodinamičnih spoznanj ter razvojem in gradnjo vedno večjih skakalnic. Celovita tehnika smučarskega skoka se lahko deli v več gibalnih faz (Jošt in Pustovrh, 1995):

- tehnika smučarskega skoka v fazi zaleta – skakalni počep,
- tehniko smučarskega skoka v fazi vzleta,
- tehniko leta,
- tehniko doskoka in vožnje v iztek skakalnice.

Tehnika smučarskega skoka v fazi zaleta obsega štart na vrhu zaletišča, vožnjo po ravnem delu in vožnjo v prehodnem loku zaletišča. Na ravnem delu zaleta je kot naklona zaletišča od 26 do 38 kotnih stopinj. Sledi prehodni ločni del zaletišča, ki se konča na ravnem delu odskočne mize z naklonom od 8 do 12 kotnih stopinj (Jošt, 2009).

Zaletni položaj, ki ga skakalec zavzame imenujemo skakalni počep (Slika 1), s katerim mora skakalec zadostiti dvema ciljema:

- optimalni gibalni položaj za izvedbo tehnike odskoka,
- maksimalno zaletno hitrost.



Slika 1: Prikaz skakalnega počepa (W.L.)

Tehnika gibanja smučarja skakalca v fazi vzleta je najbolj zahtevna gibalna naloga, ki se začne z odskokom v oporni in brezoporni fazi, konča pa se z vzpostavitvijo optimalnega položaja za let (Jošt, 2009).

Skakalec mora z optimalno tehniko gibanja realizirati naslednje gibalne naloge:

1. Maksimizirati horizontalno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec – smuči (aerodinamičen vidik odskoka) – V_x ,
2. Minimizarati vertikalno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec – smuči (optimalen vzletni kot) – V_y ,
3. Zagotoviti optimalno ravnotežje sistema skakalec – smuči v točki doseganja optimalnega položaja za let v njegovem osrednjem delu.

Faza leta se začne, ko skakalec zapusti podlago po odzivu v oporni fazi odskoka in traja vse do trenutka, ko skakalec vzpostavi stik s podlago pri doskoku. Tako se faza leta prepleta z fazo vzleta smučarja skakalca.

Fazo leta lahko razdelimo na:

1. prehod v letno fazo,
2. letno fazo in
3. priprava na doskok.



Slika 2: Let smučarja skakalca (R. K.)

Skakalec mora po odskoku kar najhitreje zavzeti optimalen položaj za let. Vsaka zakasnitev z ozirom na optimalni časovni moment vodi k znatni izgubi pri dolžini skoka, kar se še posebej odraža pri skakalnicah z nizkim H:N razmerjem in veliki osnovni hitrosti, kajti zračni upor narašča s kvadratom osnovne hitrosti. Zadovoljevanje ugodnega prehoda v fazo leta je predvsem odvisno od (Jošt & Vaverka, 1988):

- časovne naravnosti odskoka,
- velikosti vrtilnega momenta v oporni fazi odskoka,
- impulza producirane sile, delujočega v težišče telesa,
- položaja zgornjega dela telesa na robu odskočišča,
- velikosti dorzalne fleksije v skočnem sklepu po zapustitvi podlage, s katero pridejo sprednji deli smuči v ugoden položaj za let (Jošt & Vaverka, 1988).

Tehnika doskoka in vožnje v iztek direktno ne vpliva na kakovost skoka oziroma poleta. Izvedba omenjene faze je ovrednotena s sodniškimi ocenami, ki pa vplivajo na končno kvaliteto opravljenega skoka na tekmovanju. Seveda pa s predčasno ali tehnično slabo izvedenim doskokom tudi ne moremo doseči optimalne dolžine skoka. Najboljši skakalci na tekmovanjih večinoma pristajajo v predelu med kritično točko skakalnice in točko velikosti skakalnice ali celo še dlje, kjer pa se pojavi, kot velik problem, velika sprememba naklona doskočišča, ki skupaj z veliko pristajalno hitrostjo predstavlja velik problem za skakalce, ker so sile ob pristanku enormne, tudi nad 3G (trikratna sila teže skakalca).



Slika 3: Doskok smučarja skakalca (J. T.)

1.1. Predmet in problem diplomskega dela

Osrednji predmet in problem obravnave diplomskega dela je proučevanje krivulje leta smučarjev skakalcev, udeležencev svetovnega prvenstva v smučarskih poletih v Planici 2010, v povezavi z izbranimi kinematičnimi spremenljivkami. Poznavanje poteka krivulje leta lahko pripomore k lažjemu in zanesljivejšemu načrtovanju letalnic v želji po večji varnosti. S pomočjo prave geometrije letalnice pa omogoči tudi daljše polete. Eden izmed ključnih dejavnikov varnih in dolgih poletov je gotovo tudi veter. Ne gre samo za njegovo jakost, pač pa tudi za smer, amplitudo valovanja itd. V zadnjem času je Mednarodna smučarska zveza začela spreminjati nekatere temeljne parametre profila doskočišča skakalnic (Gasser, 2008) na osnovi praktičnih spoznanj in tudi raziskovalnih izsledkov (Denoth in Gerber, 2008; Muller, 2002).

1.2. Cilji diplomskega dela

Osnovni namen dela je ugotoviti značilnosti gibanja skakalcev s spremenljivkami: zaletna hitrost, izmerjena v dveh odsekih, čas leta, višina krivulje leta v izbranih točkah letalnice, indeks aerodinamičnega upora v vodoravni smeri, hitrost in smer vetra v izbranih točkah ob letalnici, hitrost gibanja skakalca v spodnjem prehodnem loku letalnice.

Na osnovi temeljnega namena so bili postavljeni naslednji cilji:

- Ugotoviti osnovne statistične značilnosti spremenljivk,
- Ugotoviti povezanost znotraj sklopa odvisnih spremenljivk,
- Ugotoviti povezanost znotraj vsebinsko homogenih sklopov neodvisnih spremenljivk,
- Ugotoviti povezanost med odvisno kriterijsko spremenljivko in neodvisnimi spremenljivkami.

1.3. Hipoteze raziskovanja

V skladu z osnovnim namenom dela in postavljenimi cilji so bile opredeljene naslednje hipoteze raziskovanja:

H1: Med odvisnimi spremenljivkami, ki predstavljajo dolžino poletov smučarjev skakalcev na svetovnem prvenstvu v poletih v Planici 2010, obstojajo statistično značilne korelacije.

H2: Znotraj vsebinsko homogenih neodvisnih spremenljivk obstojajo statistično značilne korelacije.

H3: Med odvisnimi spremenljivkami (dolžina skoka) in neodvisnimi spremenljivkami obstojajo v posameznih serijah poletov statistično značilne korelacije.

2. METODE DE LA

2.1. Vzorec merjencev

V vzorec merjencev so bili zajeti smučarji skakalci, ki so nastopili na svetovnem prvenstvu v poletih v Planici 2010 na posamičnem tekmovanju. Tekmovanje je obsegalo štiri tekmovalne serije v dveh tekmovalnih dneh (Tabela 1).

Tabela 1: Prikaz tekmovalne strukture izvedbe svetovnega prvenstva v poletih, Planica 2010.

Tekmovalna serija	Datum in čas tekmovanja	Število nastopajočih
1	Petek, 19. marec 2010 od 15:17h do 16:11	39
2	Petek, 19. marec 2010 od 16:34h do 17:11	31
3	Sobota, 20. marec 2010 od 10:15 do 10:58	30
4	Sobota, 20. marec 2010 od 11:15 do 11:57	30

V tabelah 2a, 2b, 2c in 2d so prikazani rezultati tekmovalcev na svetovnem prvenstvu v poletih v Planici 2010 na posamičnem tekmovanju.

Tabela 2a: Rezultati svetovnega prvenstva v poletih, Planica 2010 (www.fis-ski.com)

FIS Ski Flying World Championships																			
2010																			
Planica (SLO)																			
Flying Hill Individual																			
Official Results Final Round																			
FRI 19 MAR - SAT 20 MAR 2010																			
Jury / Competition Management				Judges					Hill Data										
Race Director (RD)	HOFER Walter (FIS)			A	WUERSTEN Christian (SUI)				Hill Size (HS)	215 m									
Technical Delegate (TD)	PALSRUD Bertil (NOR)			B	BRAS Vladimir (SLO)				K-Point	185 m									
Chief of Competition	GROS Gabriel (SLO)			C	LIVLAND Nils (NOR)				Meter Value	1.2 Points/m									
Assistant TD	SALVI Franck (FRA)			D	BARTOS Michal (CZE)				Gate Factor	7.74 Points per m									
Assistant RD	TEPES Miran (FIS)			E	NISHIKAWA Ryo (JPN)				Wind Factor	10.74 Points per m/s									
Equipment Control	GRATZER Sepp (FIS)			SC	AALTO Asko (FIN)				WC Hill Record	239.0 m									
									<small>(20 MAR 2005 ROMOEREN B. NOR Gs.5/104.0km/h)</small>										
Rank	Bib	Name Club	Nat Date of birth	Speed [km/h]	Distance [m]	Distance Points	Judges Marks					Judges Points	Gate / Wind Compensation			Round Total	Round Rank	Total	
							A	B	C	D	E		Gate	Points	[m/s]	Points			
1.	30	AMMANN Simon RG Churfirsten	SUI 25 JUN 1981	105.0 105.4 102.9 102.5	215.5 216.5 227.0 236.5	156.6 157.8 170.4 181.8	19.0 19.0 19.0 17.0	18.5 19.0 18.5 16.5	18.5 19.0 18.0 16.5	18.5 18.5 17.0 17.5	18.5 18.5 17.0 18.5	55.5 56.5 54.5 50.5	22 21 15 14	-2.9 10.0 25.9 29.6	-0.50 -0.62 1.14 0.96	5.4 6.7 -12.2 -10.3	214.6 231.0 238.6 251.6	2. 1. 1. 1.	935.8
2.	28	SCHLIERENZAUER Gregor SV Innsbruck-Bergisel	AUT 7 JAN 1990	104.9 105.2 102.9 102.5	209.5 205.0 222.5 230.5	149.4 144.0 165.0 174.6	19.0 19.0 19.0 19.5	18.5 18.5 18.5 18.5	18.5 19.0 18.5 19.5	18.5 18.5 19.0 19.5	18.5 18.5 19.0 19.5	55.5 56.0 56.5 57.5	22 21 15 14	-2.9 10.0 25.9 29.6	-0.62 -0.90 1.22 1.31	6.7 9.7 -13.1 -14.1	208.7 219.7 234.3 247.6	4. 5. 2. 3.	910.3
3.	23	JACOBSEN Anders Ringkollen SkiKlubb	NOR 17 FEB 1985	105.4 105.1 103.4 102.7	217.0 194.5 230.5 227.5	158.4 131.4 174.6 171.0	18.0 17.0 18.0 19.0	18.0 17.0 16.0 18.5	18.5 16.5 16.0 19.0	19.0 16.0 18.0 19.0	19.0 16.0 18.0 19.0	54.5 49.5 54.0 56.5	22 21 17 14	-2.9 10.0 17.8 29.6	-0.41 -0.60 1.18 0.79	4.4 6.4 -12.7 -8.5	214.4 197.3 233.7 248.6	3. 18. 3. 2.	894.0
4.	29	MALYSZ Adam KS Wisla, Ustronianka	POL 3 DEC 1977	104.9 105.3 102.6 102.5	217.5 215.0 211.0 211.5	159.0 156.0 151.2 151.8	18.5 18.5 18.5 18.5	19.0 19.0 18.0 18.0	18.5 18.5 18.0 18.0	18.5 18.5 18.5 18.0	18.5 18.5 18.0 18.0	55.5 55.5 54.5 54.5	22 21 15 14	-2.9 10.0 25.9 29.6	-0.33 -0.58 0.61 0.94	3.5 6.2 -6.6 -10.1	215.1 227.2 225.0 225.8	1. 2. 7. 7.	893.6
5.	25	KRANJEC Robert SK Triglav Kranj	SLO 16 JUL 1981	106.4 105.5 103.1 102.6	223.5 203.5 212.5 222.5	166.2 142.2 153.0 165.0	17.5 17.5 19.0 19.0	17.0 18.0 18.5 18.5	17.5 18.0 18.0 18.5	16.5 16.5 18.5 18.5	18.0 18.0 18.5 18.5	52.0 53.5 55.5 55.5	24 21 15 14	-10.0 10.0 25.9 29.6	0.25 -0.22 0.83 1.46	-2.7 2.4 -8.9 -15.7	205.7 208.1 225.5 234.4	7. 7. 5. 4.	873.5
6.	27	LOITZL Wolfgang WSC Bad Mitterndorf	AUT 13 JAN 1980	105.9 105.8 103.3 102.8	207.0 211.5 213.5 200.0	146.4 151.8 154.2 138.0	19.0 19.0 19.0 18.5	18.0 19.0 19.0 19.0	19.5 19.5 20.0 19.5	19.0 19.5 19.0 19.0	19.5 19.5 19.0 19.0	57.5 58.0 57.5 57.0	22 21 15 14	-2.9 10.0 25.9 29.6	-0.32 -0.09 0.75 1.30	3.4 1.0 -8.1 -14.0	204.4 220.8 229.5 210.6	8. 3. 4. 9.	865.3
7.	20	MORGENSTERN Thomas SV Villach	AUT 30 OCT 1986	105.3 106.4 104.6 102.4	196.5 211.5 225.5 215.5	133.8 151.8 168.6 156.6	17.5 19.0 19.5 19.0	18.0 18.5 19.0 18.5	18.0 18.5 19.5 19.0	18.5 18.5 19.5 18.5	18.5 18.5 19.0 18.5	54.5 56.0 58.0 56.5	22 24 20 14	-2.9 10.0 7.0 29.6	-0.70 -0.21 0.75 1.47	7.5 2.3 -8.1 -15.8	192.9 210.1 225.5 226.9	14. 6. 5. 6.	855.4
8.	19	HAJEK Antonin Dukla Liberec	CZE 12 FEB 1987	105.7 106.3 104.0 103.8	203.5 210.5 223.5 236.0	142.2 150.6 166.2 181.2	18.5 19.0 19.0 17.5	18.0 18.0 18.5 17.0	18.5 18.5 19.0 16.5	19.0 19.0 19.0 17.5	18.5 19.0 18.5 17.0	55.5 56.5 56.5 51.5	24 24 20 19	-10.0 0.09 7.0 10.4	-0.68 -1.0 1.24 1.46	7.3 206.1 -13.3 -15.7	195.0 206.1 216.4 227.4	12. 10. 9. 5.	844.9
9.	24	ROMOEREN Bjoern Einar Hosle IL	NOR 1 APR 1981	105.3 105.2 102.4 102.6	214.5 196.5 205.0 223.0	155.4 133.8 144.0 165.6	18.5 17.5 18.0 18.5	18.0 17.5 18.0 17.5	19.0 17.0 18.0 18.5	17.5 17.5 18.0 18.0	18.5 18.0 18.0 18.0	55.0 52.5 54.0 54.5	22 21 15 16	-2.9 10.0 25.9 22.2	-0.04 -0.77 1.25 1.94	0.4 8.3 -13.4 -20.8	207.9 204.6 210.5 221.5	5. 12. 11. 8.	844.5
10.	22	KOCH Martin SV Villach	AUT 22 JAN 1982	105.5 105.3 103.5 102.8	208.5 206.0 220.0 200.0	148.2 145.2 162.0 138.0	18.0 17.5 18.0 17.5	17.5 17.5 17.5 17.0	18.0 16.5 18.5 17.5	17.5 18.0 17.5 17.5	18.0 18.0 17.5 17.5	53.5 52.5 53.5 52.5	22 21 17 14	-2.9 10.0 17.8 29.6	-0.32 0.00 1.11 1.08	3.4 0.0 -11.9 -11.6	202.2 207.7 221.4 208.5	9. 8. 8. 10.	839.8

Tabela 2d: Rezultati svetovnega prvenstva v poletih, Planica 2010 (www.fis-ski.com)



FIS Ski Flying World Championships

2010

Planica (SLO)



Flying Hill Individual Official Results Final Round

FRI 19 MAR - SAT 20 MAR 2010

Rank	Bib	Name Club	Nat	Speed [km/h]	Distance [m]	Distance Points	Judges Marks					Judges Points	Gate / Wind Compensation		Round Total	Round Rank	Total	
							A	B	C	D	E		Gate	Points				[m/s]
37.		DESCOMBES SEVOIE Vincent Douanes les Houches	FRA 9 JAN 1984	103.8	159.0	88.8	15.0	14.5	14.5	14.5	14.5	43.5	21	-1.07	11.5	143.8	37.	143.8
38.		TROFIMOV Roman-Sergeevich Moskva Shvsm	RUS 19 NOV 1989	104.3	162.0	92.4	16.0	16.0	16.0	15.5	16.0	48.0	21	-0.26	2.8	143.2	38.	143.2
39.		PIKL Primož SSK Ljubno BTC	SLO 25 AUG 1982	104.4	160.0	90.0	15.0	14.5	14.0	14.5	15.5	44.0	21	-0.54	5.8	139.8	39.	139.8

Did Not Start

1	ALEXANDER Nicholas	USA
---	--------------------	-----

Competition / Weather Information

	Time	Base Values		Weather	Temp. [°C]		Humid. [%]	tan. Wind [m/s]		
		Gate	Wind		Air	Snow		min.	max.	Avg.
1st Round	19.03. 15:17 - 16:11	21 (109.02m)	0.00	sunny	8.5	-4.6	52	-1.44	0.60	-0.37
2nd Round	19.03. 16:34 - 17:12	24 (110.31m)	0.00	sunny	7.6	-5.0	52	-1.11	0.13	-0.45
3rd Round	20.03. 10:15 - 10:56	22 (109.39m)	0.00	sunny	7.7	-8.3	80	0.16	1.48	0.93
Final Round	20.03. 11:15 - 11:57	22 (109.39m)	0.00	partly cloudy	8.6	-8.2	60	0.23	1.94	1.02

Statistics

	Gate	Athletes	Falls	Distance [m]			Speed [km/h]			Competitors / Nations		
				min.	max.	Avg.	min.	max.	Avg.	in start list	started	with results
1st Round	21 (-0.37m)	13	0	159.0	202.0	170.0	103.8	105.6	104.6	40/14	39/13	39/13
	22 (0.00m)	8	0	196.5	217.5	210.7	104.9	105.9	105.2			
	24 (+0.92m)	18	0	175.5	223.5	196.5	105.0	106.4	105.8			
2nd Round	21 (+-0.37m)	10	0	194.5	216.5	204.9	105.1	105.8	105.3	31/11	31/11	31/11
	24 (+0.92m)	21	0	178.5	223.0	198.1	105.3	107.0	106.1			
	15 (+-3.34m)	7	0	195.5	227.0	212.4	102.4	103.3	102.8	30/11	30/11	30/11
3rd Round	17 (+-2.30m)	3	0	202.0	230.5	217.5	103.4	103.5	103.4			
	20 (+-0.91m)	10	0	186.5	225.5	209.7	103.6	104.6	104.1			
	22 (+0.00m)	10	0	170.0	211.5	193.5	103.9	105.1	104.6			
	14 (+-3.82m)	8	0	200.0	236.5	218.0	102.4	102.8	102.6	30/11	30/11	30/11
Final Round	16 (+-2.87m)	2	0	199.0	223.0	211.0	102.6	102.7	102.6			
	19 (+-1.35m)	2	0	202.5	236.0	219.2	103.7	103.8	103.7			
	22 (+0.00m)	18	0	178.5	224.0	200.4	104.1	105.4	104.8			

Technical Delegate (TD):

Chief of Competition:

PALSRUD Bertil (NOR)

GROS Gabrijel (SLO)

Legend

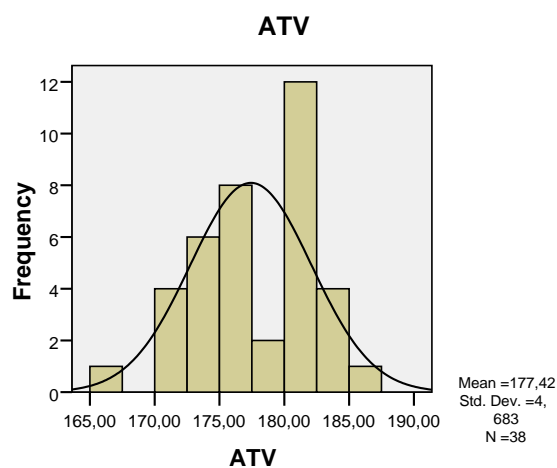
Avg.	Average	Comp.	Compensation	Dist.	Distance
DNS	Did Not Start	Humid.	Humidity	max.	maximum
min.	minimum	Pts.	Points	Rk	Rank

Osnovne značilnosti vzorca merjencev glede na telesno višino, telesno težo in telesni masni indeks skakalcev so prikazane v tabeli 3.

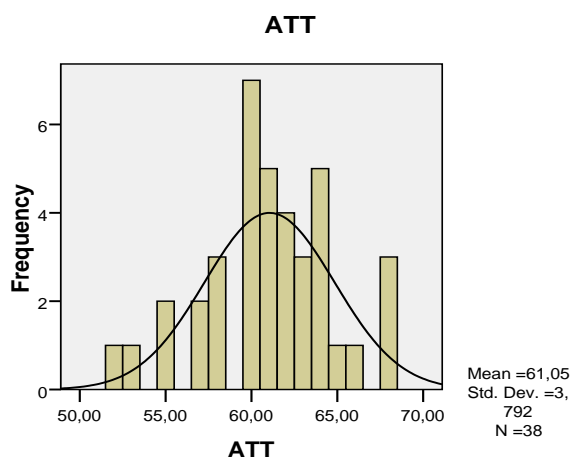
Tabela 3: Osnovne statistične značilnosti izbranih morfoloških spremenljivk vzorca merjencev, n=38 .

Morfološka spremenljivka	M	SD	MIN	MAX
ATV – telesna višina (cm)	177,4	4,6	165	186
ATT – telesna teža (kg)	61,0	3,7	52	68
BMI – telesno masni indeks	19,3	0,7	17,7	20,9

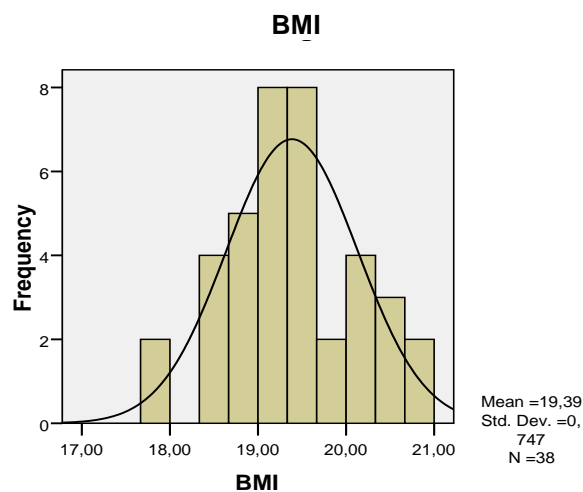
Oblika porazdelitve morfoloških spremenljivk je razvidna iz grafičnih prikazov 1, 2 in 3.



Graf 1: Oblika spremenljivke telesna višina – ATV



Graf 2: Oblika spremenljivke telesna teža – ATT



Graf 3: Oblika spremenljivke Telesno masni indeks – BMI

Primerjava vzorca merjencev z rezultati Mullerja (2002), kjer so med drugim zajeti tudi podatki o telesni teži (ATT), telesni višini (ATV) ter telesno masnem indeksu (BMI) 92 vrhunskih skakalcev izmerjenih avgusta 2000, je razvidna iz rezultatov v tabeli 4.

Tabela 4: Primerjava med izbranimi morfološki značilnostmi (Planica 2010 in Hinterzarten 2000)

Ime spremenljivke	M	MIN	MAX	n
ATT (kg) Planica	61,0	52	68	38
ATT (kg) Hinterzarten	62,1	46,6	71,5	92
ATV (cm) Planica	177,4	165	186	38
ATV (cm) Hinterzarten	178	162	190	92
BMI (kg/m ²) Planica	19,3	17,7	20,9	38
BMI (kg/m ²) Hinterzarten	19,6	16,6	22,1	92

Razlika v povprečni telesni višini je bila 0.6 cm. Povprečna telesna teža je bila za 1.05 kg večja. Razliko gre verjetno pripisovati predvsem temu, da je bila tekma v Hinterzartnu v mesecu avgustu, ko so skakalci v pripravljalnem obdobju za zimo. Večinoma skakalci še niso v idealni telesni teži. Podobno velja tudi za telesno masni indeks BMI. Rezultati potrjujejo dejstvo, da se izbrane morfološke značilnosti vrhunskih smučarjev skakalcev v zadnjih desetih letih niso bistveno spremenile.

2.2. Vzorec spremenljivk

2.2.1. Odvisne spremenljivke

Odvisne kriterijske spremenljivke predstavljajo dolžine poletov skakalcev po posameznih serijah skokov. Dolžine poletov so bile izmerjene v skladu s pravili Mednarodne smučarske zveze.

DOLPOL1 – dolžina poletov v prvi tekmovalni seriji (m)

DOLPOL2 – dolžina poletov v drugi tekmovalni seriji (m)

DOLPOL3 – dolžina poletov v tretji tekmovalni seriji (m)

DOLPOL4 – dolžina poletov v četrti tekmovalni seriji (m)

2.2.2. Neodvisne spremenljivke

Neodvisne spremenljivke so bile oblikovane v štirih vsebinsko homogenih sklopih.

Spremenljivke hitrosti gibanja skakalca na zaletišču in odskočni mizi

HITFIS1 – zaletna hitrost v prvi tekmovalni seriji (km/h)

HITFIS2 – zaletna hitrost v drugi tekmovalni seriji (km/h)

HITFIS3 – zaletna hitrost v tretji tekmovalni seriji (km/h)

HITFIS4 – zaletna hitrost v četrti tekmovalni seriji (km/h)

HITMIZA1 – hitrost na odskočni mizi v prvi tekmovalni seriji (km/h)

HITMIZA2 – hitrost na odskočni mizi v drugi tekmovalni seriji (km/h)

HITMIZA3 – hitrost na odskočni mizi v tretji tekmovalni seriji (km/h)

HITMIZA4 – hitrost na odskočni mizi v četrti tekmovalni seriji (km/h)

Meritve hitrosti gibanja skakalcev na svetovnem prvenstvu v Planici je izvedlo podjetje TIMING Mojstrana in so potekale po protokolu razvitem in uporabljenem od leta 2008 dalje.

Spremenljivke hitrosti vetra med letom

Podatki za spremenljivke o hitrosti vetra so bili pridobljeni s strani vodstva tekmovanja in so bili izmerjeni v skladu s pravili Mednarodne smučarske zveze (FIS) za potrebe vodenja tekmovanja in izračunave faktorja vpliva na dolžino poletov. Za vsak polet posameznega tekmovalca je bilo zajetih 28 podatkov na 5 merilnih mestih ob letalnici 20 m, 70 m, 110 m, 160 m, 195 m od roba odskočne mize. Pri poletih krajših od 200 metrov so bili upoštevani le 4 podatki, ki so bili izbrani po posebnem protokolu. Osnovni naklon za izračun tangencialne hitrosti pri posameznih anemometrih je bil 12 stopinj pri prvem na 20 metrih od roba mize, 25 stopinj pri drugem in tretjem, ki sta bila postavljena 70 in 110 metrov od roba odskočnega pomola ter 30 stopinj pri četrtem in petem anemometru na 160 in 195 metrih, kar naj bi bil dovolj dober približek krivulje leta letalca. Tekmovanje za svetovno prvenstvo v poletih v Planici 2010 je bilo tudi prvo veliko tekmovanje na katerem se je uporabila nova formula, ki naj bi ublažila vpliv vetrovnih razmer na končne rezultate na tekmovanju. Formula za izračunavanje vetra: $\Delta_w = TWS \times (HS - 36)/20$, pri tem pomeni:

HS – velikost skakalnice (m)

TWS – tangencialna hitrost vetra (m/s)

Δ_w – vpliv vetra na dolžino skoka (m)

Veter20m1 – hitrost vetra v točki 20 m v prvi tekmovalni seriji (m/s)

Veter20m2 – hitrost vetra v točki 20 m v drugi tekmovalni seriji (m/s)

Veter20m3 – hitrost vetra v točki 20 m v tretji tekmovalni seriji (m/s)

Veter20m4 – hitrost vetra v točki 20 m v četrti tekmovalni seriji (m/s)

Veter70m1 – hitrost vetra v točki 70 m v prvi tekmovalni seriji (m/s)

Veter70m2 – hitrost vetra v točki 70 m v drugi tekmovalni seriji (m/s)

Veter70m3 – hitrost vetra v točki 70 m v tretji tekmovalni seriji (m/s)

Veter70m4 – hitrost vetra v točki 70 m v četrti tekmovalni seriji (m/s)

Veter110m1 – hitrost vetra v točki 110m v prvi tekmovalni seriji (m/s)

Veter110m2 – hitrost vetra v točki 110m v drugi tekmovalni seriji (m/s)

Veter110m3 – hitrost vetra v točki 110m v tretji tekmovalni seriji (m/s)

Veter110m4 – hitrost vetra v točki 110m v četrti tekmovalni seriji (m/s)

Veter160m1 – hitrost vetra v točki 160m v prvi tekmovalni seriji (m/s)

Veter160m2 – hitrost vetra v točki 160m v drugi tekmovalni seriji (m/s)

Veter160m3 – hitrost vetra v točki 160m v tretji tekmovalni seriji (m/s)

Veter160m4 – hitrost vetra v točki 160m v četrti tekmovalni seriji (m/s)

Veter195m1 – hitrost vetra v točki 195m v prvi tekmovalni seriji (m/s)

Veter195m2 – hitrost vetra v točki 195m v drugi tekmovalni seriji (m/s)

Veter195m3 – hitrost vetra v točki 195m v tretji tekmovalni seriji (m/s)

Veter195m4 – hitrost vetra v točki 195m v četrti tekmovalni seriji (m/s)

Spremenljivke višine krivulje leta

Spremenljivke višine krivulje leta smučarja skakalca, izmerjene v dveh točkah doskočišča letalnice oddaljenih 17 metrov in 110 metrov od roba doskočišča:

VL17m1 – Višina leta v točki 17m v prvi seriji (m)

VL17m2 – Višina leta v točki 17m v drugi seriji (m)

VL17m3 – Višina leta v točki 17 m v tretji seriji (m)

VL17m4 – Višina leta v točki 17 m v četrti seriji (m)

VL110m1 - Višina leta v točki 110m v prvi seriji (m)

VL110m2 - Višina leta v točki 110m v drugi seriji (m)

VL110m3 - Višina leta v točki 110 m v tretji seriji(m)

VL110m4 - Višina leta v točki 110 m v četrti seriji (m)

Podatki o višini leta so bili pridobljeni s pomočjo 2D kinematične analize. Krivulja leta je bila posneta z gibljivo kamero s frekvenco 25 posnetkov na sekundo. Kameri sta bili postavljeni pravokotno na smer krivulje leta skakalcev. Višina osi kamere je ustrezala povprečni višini letenja v posamezni točki. Oddaljenost kamer od osi letenja je bila takšna, da so bili zagotovljeni jasni posnetki skakalca med letom in markerjev v ozadju, ki so služili za izračun višine krivulje leta. Pri odčitavanju višine krivulje leta je dvodimenzionalna kinematična analiza lahko problematična zaradi velike razlike v višini krivulje leta skakalcev in vpliva nepoznavanja vzdolžne osi letenja skakalcev. Običajno večina skakalcev leti po sredini doskočišča, potem pa sledijo odkloni proti robu doskočišča.

2.3. Metode obdelave podatkov

Podatki so bili obdelani skladno s postavljenimi cilji raziskave:

Najprej so bili za vse spremenljivke izračunani statistični parametri (povprečna vrednost – M, standardni odklon – SD, minimalni rezultat – MIN, maksimalni rezultat – MAX). Povezanost med spremenljivkami je bila izračunana s pomočjo linearnega Pearsonovega koeficienta (Tabela 8: Pearsonov koeficient korelacije, 2009) .

3. REZULTATI

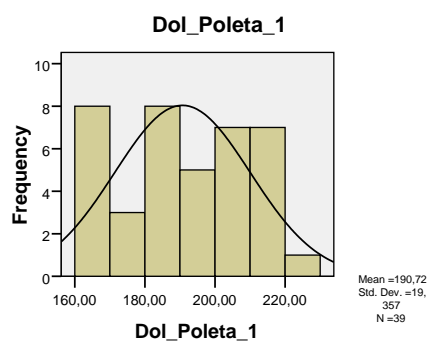
3.1. Rezultati osnovne statistike

V tabeli 5 so prikazani osnovni statistični rezultati odvisnih spremenljivk dolžina poletov.

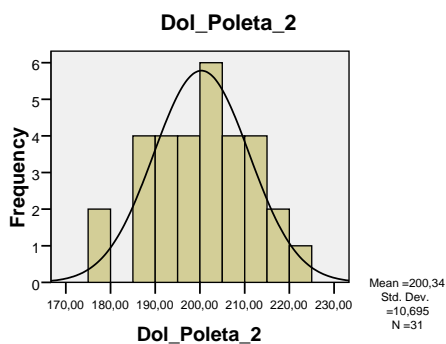
Tabela 5: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk - dolžina poletov, n=38.

Dolžina poleta (m)	M	SD	MIN	MAX
Dolžina poleta - DOLPOL1 (m)	190.7	19.3	160	223.5
Dolžina poleta - DOLPOL2 (m)	200.3	10.7	178,5	223
Dolžina poleta - DOLPOL3 (m)	205.7	14.2	170	227
Dolžina poleta - DOLPOL4 (m)	207.1	15.0	178.5	236.5

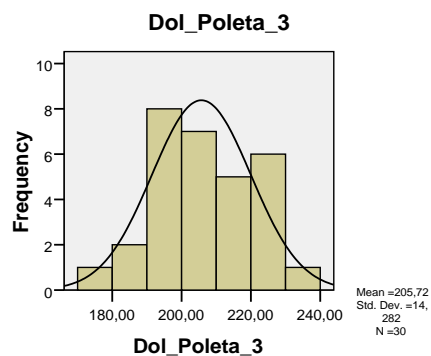
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 4, 5, 6, in 7.



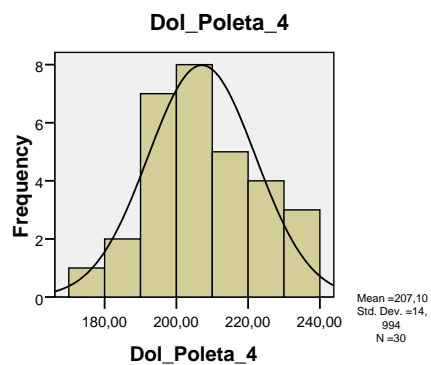
Graf 4: Porazdelitev spremenljivke Dolžina prvega poleta



Graf 5: Porazdelitev spremenljivke Dolžina drugega poleta



Graf 6: Porazdelitev spremenljivke Dolžina tretjega poleta



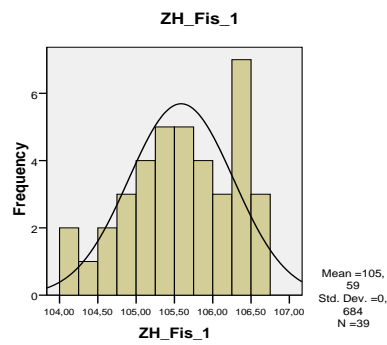
Graf 7: Porazdelitev spremenljivke Dolžina četrtega poleta

V tabeli 6 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk zaletne hitrosti.

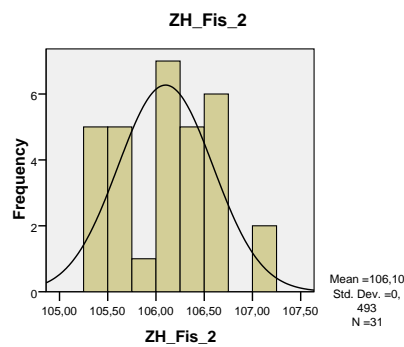
Tabela 6: Osnovne statistične značilnosti neodvisnih spremenljivk zaletne hitrosti

Zaletna hitrost FIS (km/h)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost FIS - HITFIS1 (km/h)	105.5	0.68	104.1	106.6
Hitrost FIS -HITFIS2 (km/h)	106.1	0.49	105.3	107.1
Hitrost FIS- HITFIS3 (km/h)	104.0	0.78	102.4	105.3
Hitrost FIS- HITFIS4 (km/h)	104.1	1.04	102.6	105.6

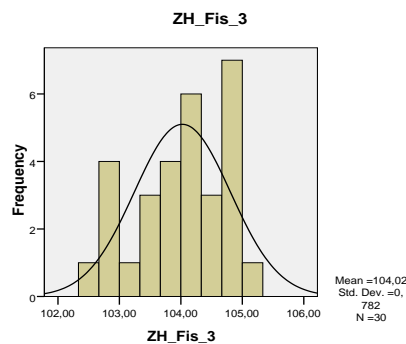
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 8, 9, 10 in 11.



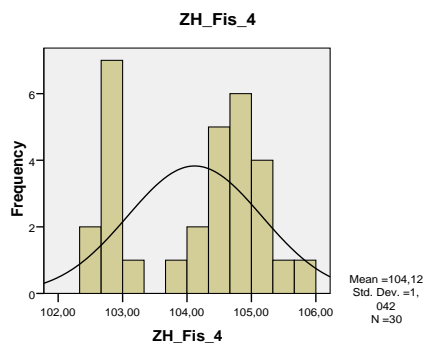
Graf 8: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost FIS prvega poleta



Graf 9: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost FIS drugega poleta



Graf 10: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost FIS tretjega poleta



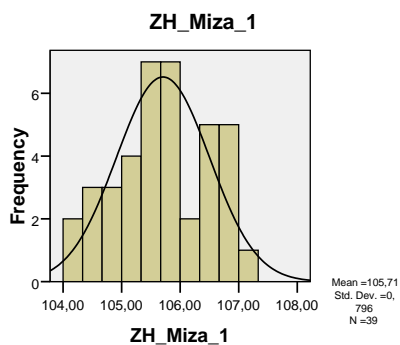
Graf 11: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost FIS četrtega poleta

V tabeli 7 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti na mizi.

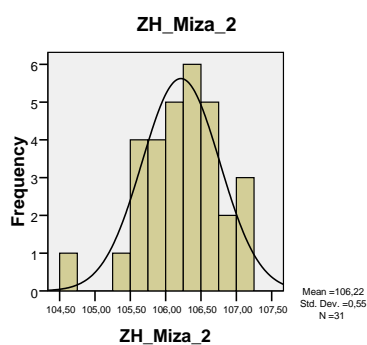
Tabela 7: Osnovne statistične značilnosti neodvisnih spremenljivk hitrosti na mizi

Zaletna hitrost na mizi (km/h)	M	SD	MIN	MAX
HITMIZA1 (km/h)	105.7	0.80	104.1	107.0
HITMIZA2 (km/h)	106.2	0.55	104.6	107.2
HITMIZA (km/h)	104.0	0.91	102.2	105.6
HITMIZA4 (km/h)	104.0	1.21	101.9	105.7

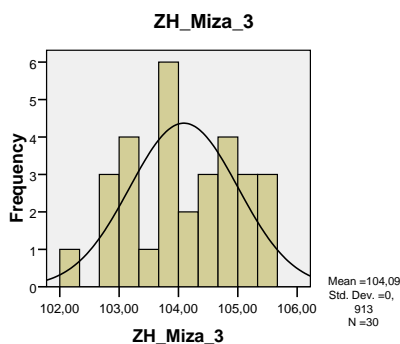
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 12, 13, 14 in 15.



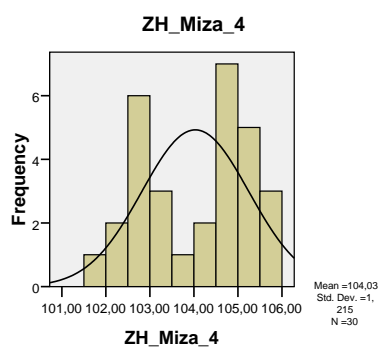
Graf 12: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost miza prvega poleta



Graf 13: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost miza drugega poleta



Graf 14: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost miza tretjega poleta



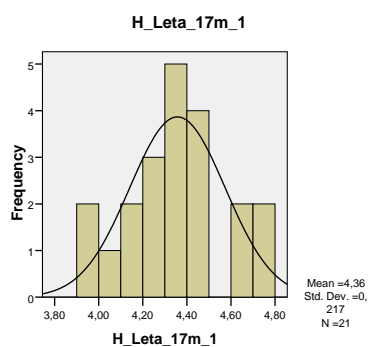
Graf 15: Porazdelitev spremenljivke Zaletna hitrost miza četrtega poleta

V tabeli 8 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk višine leta v točki 17m od roba odskočne mize.

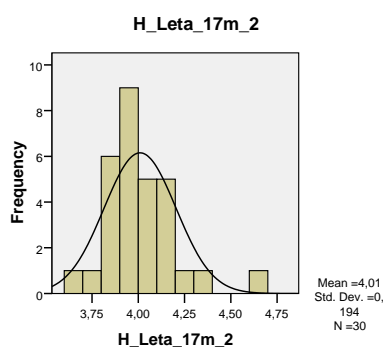
Tabela 8: Osnovne statistične značilnosti višina leta v točki 17 metrov od roba odzivne mize

Višina leta na 17 metrih od roba mize (m)	M	SD	MIN	MAX
Višina leta na 17m - VL17m1 (m)	4.3	0.22	3.9	4.7
Višina leta na 17m – VL17m2 (m)	4.0	0.19	3.6	4.6
Višina leta na 17m – VL17m3 (m)	4.1	0.18	3.9	4.5
Višina leta na 17m – VL17m4 (m)	4.0	0.24	3.5	4.6

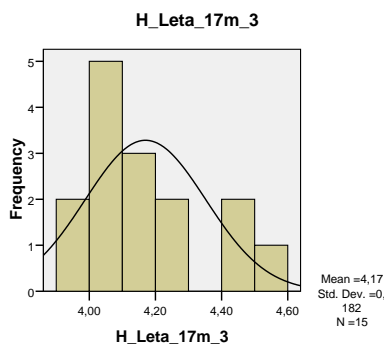
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 16, 17, 18 in 19.



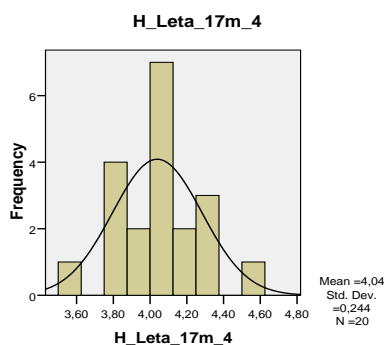
Graf 16: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 17 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 17: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 17 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 18: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 17 metrov od roba mize tretjega poleta



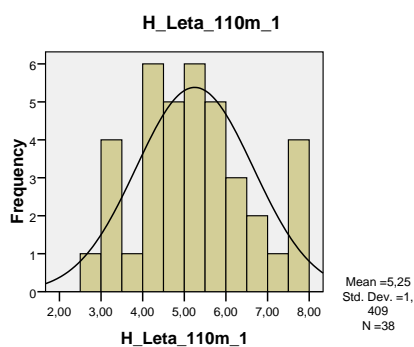
Graf 19: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 17 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 9 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk višine leta v točki 110m od roba odskočne mize.

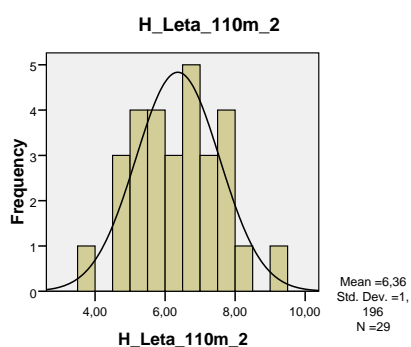
Tabela 9: Osnovne statistične značilnosti višina leta v točki 110 metrov od roba odzivne mize

Višina leta 110 metrov od roba mize (m)	M	SD	MIN	MAX
Višina leta na 110m - VL110m1 (m)	5.2	1.41	2.7	7.9
Višina leta na 110m - VL110m2 (m)	6.3	1.20	3.9	9.0
Višina leta na 110m - VL110m3 (m)	5.0	1.22	2.3	7.0
Višina leta na 110m - VL110m4 (m)	5.2	1.35	2.4	7.9

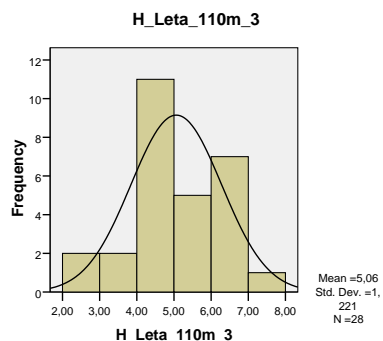
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 20, 21, 22 in 23.



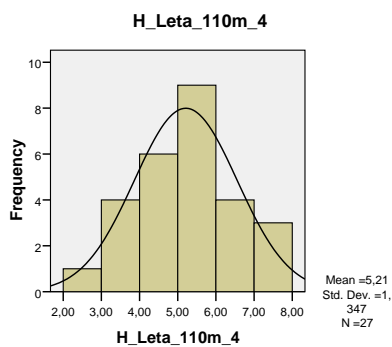
Graf 20: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 110 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 21: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 110 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 22: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 110 metrov od roba mize tretjega poleta



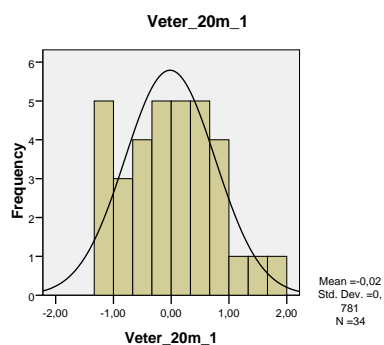
Graf 23: Porazdelitev spremenljivke Višina leta v točki 110 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 10 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 20m od roba odskočne mize.

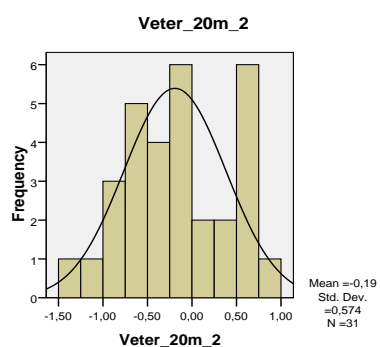
Tabela 10: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 20 metrov od roba odzivne mize

Hitrost vetra v točki 20 metrov od roba mize (m/s)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost vetra v točki 20m - Veter20m1 (m/s)	-0.02	0.78	-1.30	1.77
Hitrost vetra v točki 20m - Veter20m2 (m/s)	-0.19	0.57	-1.38	0.80
Hitrost vetra v točki 20m - Veter20m3 (m/s)	0.74	0.55	-0.17	2.02
Hitrost vetra v točki 20m - Veter20m4 (m/s)	1.09	0.63	-0.02	2.45

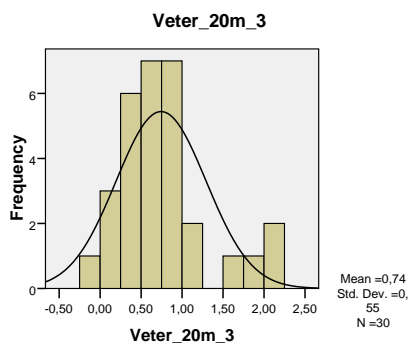
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 24, 25, 26 in 27.



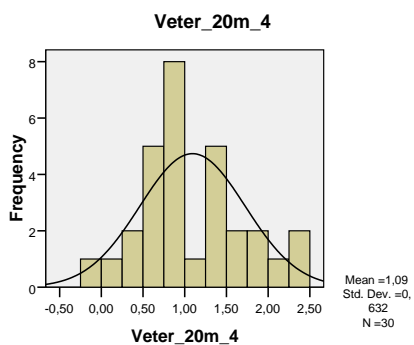
Graf 24: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 20 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 25: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 20 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 26: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 20 metrov od roba mize tretjega poleta



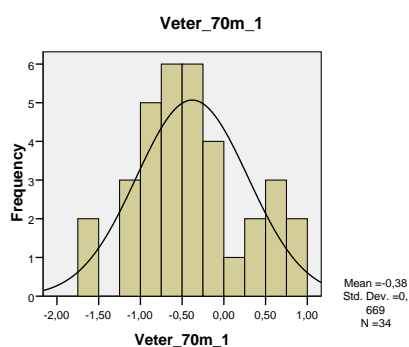
Graf 27: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 20 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 11 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 70m od roba odskočne mize.

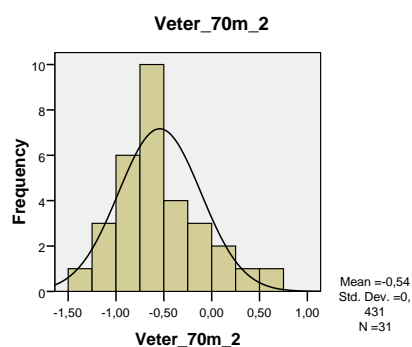
Tabela 11: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 70 metrov od roba odzivne mize

Hitrost vetra v točki 70 metrov od roba mize (m/s)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost vetra v točki 70m - Veter70m1 (m/s)	-0.38	0.67	-1.75	0.94
Hitrost vetra v točki 70m - Veter70m2 (m/s)	-0.54	0.43	-1.26	0.65
Hitrost vetra v točki 70m - Veter70m3 (m/s)	0.95	0.60	-0.31	2.06
Hitrost vetra v točki 70m - Veter70m4 (m/s)	0.85	0.81	-0.78	3.05

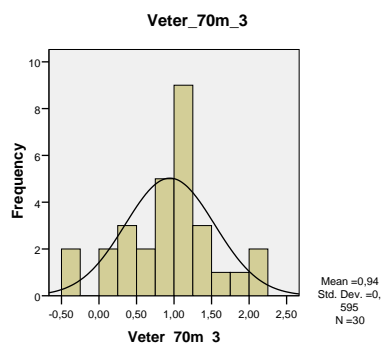
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 28, 29, 30 in 31.



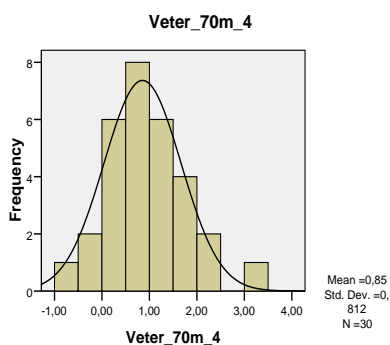
Graf 28: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 70 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 29: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 70 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 30: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 70 metrov od roba mize tretjega poleta



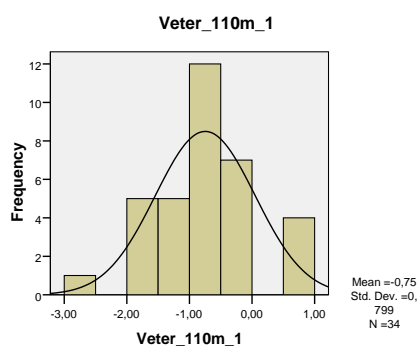
Graf 31: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 70 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 12 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 110m od roba odskočne mize.

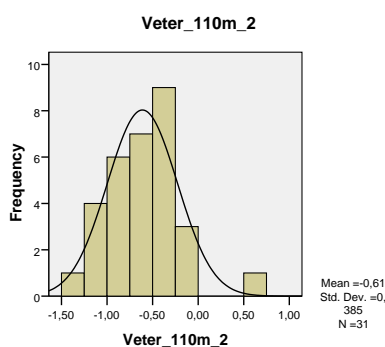
Tabela 12: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 110 metrov od roba odzivne mize

Hitrost vetra v točki 110 metrov od roba mize (m/s)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost vetra v točki 110m - Veter110m1 (m/s)	-0.75	0.80	-2.87	0.76
Hitrost vetra v točki 110m - Veter110m2 (m/s)	-0.61	0.38	-1.31	0.53
Hitrost vetra v točki 110m - Veter110m3 (m/s)	1.05	0.42	0.05	1.79
Hitrost vetra v točki 110m - Veter110m4 (m/s)	1.44	0.82	-0.68	3.37

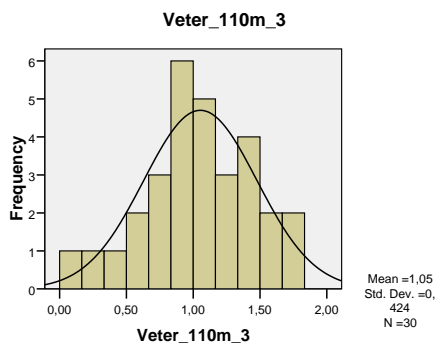
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 32, 33, 34 in 35.



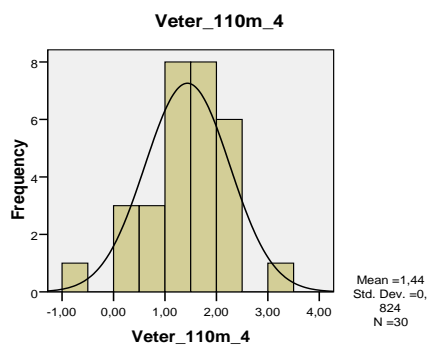
Graf 32: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 110 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 33: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 110 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 34: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 110 metrov od roba mize tretjega poleta



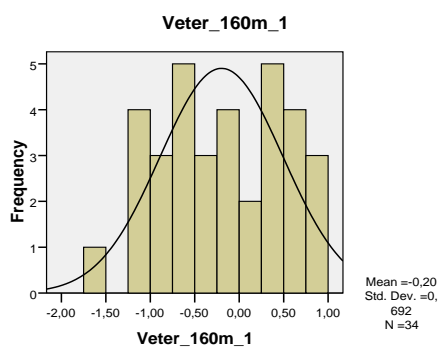
Graf 35: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 110 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 13 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 160m od roba odskočne mize.

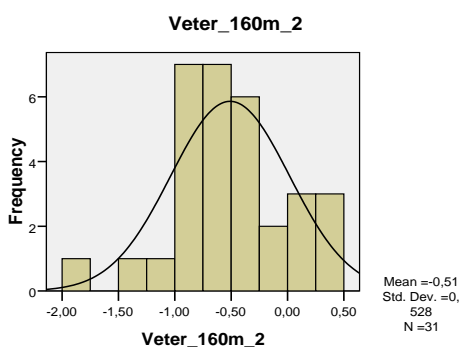
Tabela 13: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 160 metrov od roba odzivne mize

Hitrost vetra v točki 160 metrov od roba mize (m/s)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost vetra v točki 160m - Veter160m1 (m/s)	-0.20	0.69	-1.70	0.83
Hitrost vetra v točki 160m - Veter160m2 (m/s)	-0.51	0.53	-1.94	0.45
Hitrost vetra v točki 160m - Veter160m3 (m/s)	0.83	0.57	-0.49	1.72
Hitrost vetra v točki 160m - Veter160m4 (m/s)	0.75	0.75	-0.97	2.81

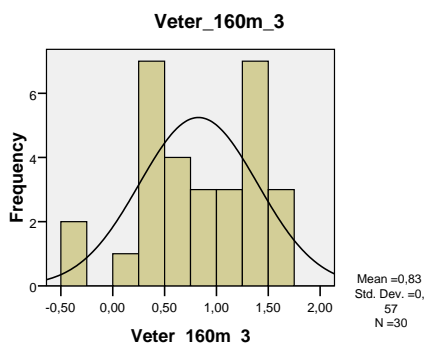
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 36, 37, 38 in 39.



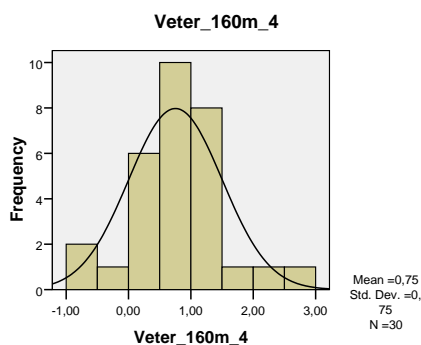
Graf 36: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 160 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 37: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 160 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 38: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 160 metrov od roba mize tretjega poleta



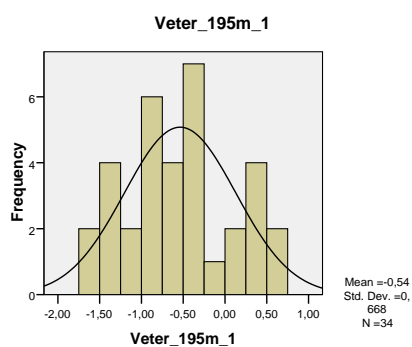
Graf 39: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 160 metrov od roba mize četrtega poleta

V tabeli 14 so prikazani osnovni statistični rezultati neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 195m od roba odskočne mize.

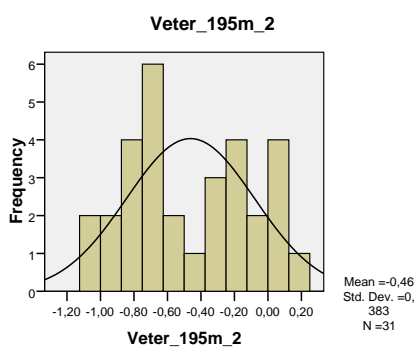
Tabela 14: Osnovne statistične značilnosti odvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 195 metrov od roba odzivne mize

Hitrost vetra v točki 195 metrov od roba mize (m/s)	M	SD	MIN	MAX
Hitrost vetra v točki 195m - Veter195m1 (m/s)	-0.54	0.67	-1.65	0.74
Hitrost vetra v točki 195m - Veter195m2 (m/s)	-0.46	0.38	-1.08	0.24
Hitrost vetra v točki 195m - Veter195m3 (m/s)	1.28	0.61	0.01	2.51
Hitrost vetra v točki 195m - Veter195m4 (m/s)	1.82	0.59	0.41	2.73

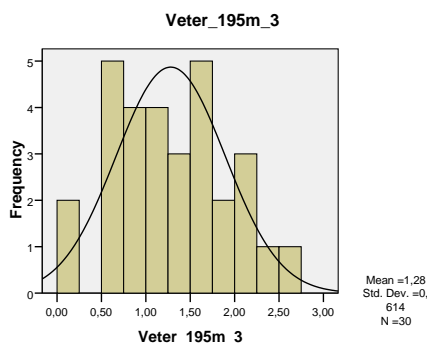
Značilnosti porazdelitve rezultatov odvisnih spremenljivk so prikazane v grafih 40, 41, 42 in 43.



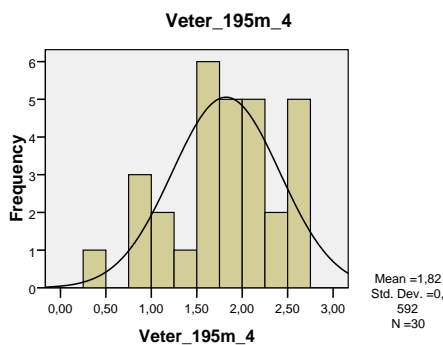
Graf 40: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 195 metrov od roba mize prvega poleta



Graf 41: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 195 metrov od roba mize drugega poleta



Graf 42: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 195 metrov od roba mize tretjega poleta



Graf 43: Porazdelitev spremenljivke Hitrost vetra v točki 195 metrov od roba mize četrtega poleta

3.2. Rezultati povezanosti znotraj bloka odvisnih spremenljivk

V tabeli 15 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med odvisnimi spremenljivkami dolžinami poletov.

Tabela 15: Koeficienti korelacije znotraj bloka odvisnih spremenljivk dolžine poletov

Dolžina poleta	DOLPOL1 n = 39	DOLPOL2 n = 31	DOLPOL3 n = 30	DOLPOL4 n = 30
DOLPOL1 n = 39	1.00	.55**	.57**	.57**
DOLPOL2 n = 31	.55**	1.00	.45*	.56**
DOLPOL3 n = 30	.57**	.45*	1.00	.72**
DOLPOL4 n = 30	.57**	.56**	.72**	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

n = 39, $r^*_{0.05} = .31$; $r^{**}_{0.01} = .40$; n = 31, $r^*_{0.05} = .35$; $r^{**}_{0.01} = .45$; n = 30, $r^*_{0.05} = .36$; $r^{**}_{0.01} = .46$

3.3. Rezultati povezanosti znotraj vsebinsko homogenih sklopov neodvisnih spremenljivk

V tabeli 16 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami zaletne hitrosti.

Tabela 16: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk zaletne hitrosti

Zaletna hitrost FIS	HITFIS1 n = 39	HITFIS2 n = 31	HITFIS3 n = 30	HITFIS4 n = 30
HITFIS1 n = 39	1.00	.30	.11	.09
HITFIS2 n = 31	.30	1.00	.75**	.57**
HITFIS3 n = 30	.11	.75**	1.00	.78**
HITFIS4 n = 30	.09	.57**	.78**	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 39$, $r^*_{0.05} = .31$; $r^{**}_{0.01} = .40$; $n = 31$, $r^*_{0.05} = .35$; $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^*_{0.05} = .36$; $r^{**}_{0.01} = .46$

V tabeli 17 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti na odzivni mizi.

Tabela 17: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti na odzivni mizi

Zaletna hitrost na mizi	HITMIZA1 n = 39	HITMIZA2 n = 31	HITMIZA3 n = 30	HITMIZA4 n = 30
HITMIZA1	1.00	.46**	.19	.33
HITMIZA2	.46**	1.00	.70**	.67**
HITMIZA3	.19	.70**	1.00	.81**
HITMIZA4	.33	.67**	.81**	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 39$, $r^*_{0.05} = .31$; $r^{**}_{0.01} = .40$; $n = 31$, $r^*_{0.05} = .35$; $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^*_{0.05} = .36$; $r^{**}_{0.01} = .46$

V tabeli 18 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami višine leta v točki 17m za robom odrivne mize.

Tabela 18: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk višine leta v točki 17m za robom odrivne mize.

Višina leta v toki 17 m	VL17m1 n = 21	VL17m2 n = 20	VL17m3 n = 10	VL17m4 n = 18
VL17m1	1.00	.60**	.45	.72**
VL17m2	.60**	1.00	-.45	.61**
VL17m3	.45	-.04	1.00	.34
VL17m4	.72**	.61**	.34	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 39, r^{**}_{0.01} = .40$; $n = 30, r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 21, r^{**}_{0.01} = .54$; $n = 20, r^{**}_{0.01} = .56$; $n = 19, r^{**}_{0.01} = .57$; $n = 18, r^{**}_{0.01} = .58$; $n = 15, r^{**}_{0.01} = .64$; $n = 12, r^{**}_{0.01} = .70$; $n = 10, r^{**}_{0.01} = .76$

V tabeli 19 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami višine leta v točki 110m za robom odrivne mize.

Tabela 19: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk višine leta v točki 110m za robom odrivne mize

Višina leta v točki 110 m	VL110m1 n = 38	VL110m2 n = 28	VL110m3 n = 27	VL110m4 n = 26
VL110m1	1.00	.67**	.58**	.61**
VL110m2	.67**	1.00	.66**	.78**
VL110m3	.58**	.66**	1.00	.70**
VL110m4	.61**	.78**	.70**	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 38, r^{**}_{0.01} = .41$; $n = 29, r^{**}_{0.01} = .47$; $n = 28, r^{**}_{0.01} = .47$; $n = 27, r^{**}_{0.01} = .48$; $n = 26, r^{**}_{0.01} = .49$; $n = 25, r^{**}_{0.01} = .50$.

V tabeli 20 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti vetra v točki 20m za robom odrivne mize.

Tabela 20: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 20m za robom odrivne mize.

Veter v točki 20 m od mize	Veter20m 1 n = 34	Veter20m 2 n = 28	Veter20m3 n = 27	Veter20m4 n = 27
Veter20m1	1.00	-.44*	.14	-.37
Veter20m2	-.44*	1.00	.86	.63**
Veter20m3	.14	.08	1.00	.15
Veter20m4	-.37	.63**	.15	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 34$, $r^{**}_{0.01} = .43$; $n = 28$, $r^{**}_{0.01} = .47$, $r^{*}_{0.05} = .37$; $n = 31$, $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 27$, $r^{**}_{0.01} = .48$

V tabeli 21 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti vetra v točki 70m za robom odrivne mize.

Tabela 21: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 70m za robom odrivne mize.

Veter v točki 70 m od roba mize	Veter70m1 n = 34	Veter70m2 n = 28	Veter70m3 n = 27	Veter70m4 n = 27
Veter70m1	1.00	.07	.19	-.01
Veter70m2	.07	1.00	.24	.30
Veter70m3	.19	.24	1.00	.21
Veter70m4	-.01	.30	.21	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 34$, $r^{**}_{0.01} = .43$; $n = 28$, $r^{**}_{0.01} = .47$, $r^{*}_{0.05} = .37$; $n = 31$, $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 27$, $r^{**}_{0.01} = .48$

V tabeli 22 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti vetra v točki 110m za robom odrivne mize.

Tabela 22: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 110m za robom odrivne mize.

Veter v točki 110 m od roba mize	Veter110m1 n = 34	Veter110m2 n = 28	Veter110m3 n = 27	Veter110m4 n = 27
Veter110m1	1.00	.13	.20	.10
Veter110m2	.13	1.00	-.21	-.12
Veter110m3	.20	-.21	1.00	.14
Veter110m4	.10	-.12	.14	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 34, r^{**}_{0.01} = .43$; $n = 28, r^{**}_{0.01} = .47, r^{*}_{0.05} = .37$; $n = 31, r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30, r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 27, r^{**}_{0.01} = .48$

V tabeli 23 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti vetra v točki 160m za robom odrivne mize.

Tabela 23: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 160m za robom odrivne mize.

Veter v točki 160 m od roba mize	Veter160m1 n = 34	Veter160m2 n = 28	Veter160m3 n = 27	Veter160m4 n = 27
Veter160m1	1.00	-.21	.26	.18
Veter160m2	-.21	1.00	.07	.44*
Veter160m3	.26	.07	1.00	.15
Veter160m4	.18	.44*	.15	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 34, r^{**}_{0.01} = .43$; $n = 28, r^{**}_{0.01} = .47, r^{*}_{0.05} = .37$; $n = 31, r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30, r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 27, r^{**}_{0.01} = .48$

V tabeli 24 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med neodvisnimi spremenljivkami hitrosti vetra v točki 195m za robom odrivne mize.

Tabela 24: Koeficienti korelacije znotraj neodvisnih spremenljivk hitrosti vetra v točki 195m za robom odrivne mize.

Veter v točki 195 m od roba mize	Veter195m1 n = 34	Veter195m2 n = 28	Veter195m3 n = 27	Veter195m4 n = 27
Veter195m1	1.00	-.07	.11	.44*
Veter195m2	-.07	1.00	-.27	.28
Veter195m3	.11	-.27	1.00	.00
Veter195m4	.44*	.28	.00	1.00

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 34$, $r^{**}_{0.01} = .43$; $n = 28$, $r^{**}_{0.01} = .47$, $r^{*}_{0.05} = .37$; $n = 31$, $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 27$, $r^{**}_{0.01} = .48$

3.4. Rezultati povezanosti med odvisnimi in neodvisnimi spremenljivkami

V tabeli 25 so prikazani rezultati korelacijske povezanosti med odvisnimi spremenljivkami dolžine poletov in neodvisnimi spremenljivkami.

Tabela 25: Koeficienti korelacije med odvisnimi spremenljivkami dolžine poletov in neodvisnimi spremenljivkami

Neodvisne spremenljivke	DOLPOL1	DOLPOL2	DOLPOL3	DOLPOL4
HITFIS	.66**	-.15	-.34	-.55**
HITMIZA	.49**	-.21	-.43*	NP
VL17m	.11	.03	-.58*	.43
VL110m1	.56**	.49**	.38*	.42*
Veter20m1	-.52**	.38*	-.02	.33
Veter70m1	.14	NP	.09	.59**
Veter110m1	.16	.01	.33	.46**
Veter160m1	.08	.57**	.17	.31
Veter195m1	.06	.56**	.38*	.43*
ATV	-.01	-.25	-.08	-.19
ATT	-.03	-.08	.01	-.15
BMI	.03	-.13	.04	-.13

** Korelacija je značilna pri $r = 0.01$; * Korelacija je značilna pri $r = 0.05$

$n = 39$, $r^{**}_{0.01} = .40$; $n = 31$, $r^{**}_{0.01} = .45$; $n = 30$, $r^{**}_{0.01} = .46$; $n = 21$, $r^{**}_{0.01} = .54$; $n = 20$, $r^{**}_{0.01} = .56$; $n = 19$, $r^{**}_{0.01} = .57$; $n = 18$, $r^{**}_{0.01} = .58$; $n = 15$, $r^{**}_{0.01} = .64$; $n = 12$, $r^{**}_{0.01} = .70$; $n = 10$, $r^{**}_{0.01} = .76$

4. RAZPRAVA

Osnovni namen diplomske naloge je bil ugotoviti izbrane kinematične značilnosti tehnike poletov smučarjev skakalcev, ki so nastopili na svetovnem prvenstvu v smučarskih poletih v Planici 2010 v povezavi z njihovo uspešnostjo z vidika dolžine poletov. Poleg kinematičnih spremenljivk so bili v nalogi uporabljeni tudi podatki o jakosti in smeri vetra, ki bolj ali manj vplivajo na dolžino slehernega poleta. Predmet diplomske naloge je bil usmerjen v fazo leta, ki se prične ko skakalec zapusti odskočno mizo in preide v brezoporno fazo in se zaključi v trenutku stika smuči s podlago, v trenutku ko skakalec pristane.

Pri interpretiranju dobljenih rezultatov so bili upoštevani izsledki do sedaj opravljenih biomehaničnih raziskav izvedenih na področju smučarskih skokov (Denoth in drugi, 1987; Denoth in Gerber, 2009; Jošt in drugi, 1997; Seo in drugi, 2004; Seo in drugi, 2004).

Analiza poteka krivulje leta je bila izvedena na osnovi štirih tekmovalnih serij, ki so štejele za posamično svetovno prvenstvo v poletih. Prva je bila izvedena v petek popoldne s pričetkom ob 15.17 uri in se je začela iz relativno visokega zaletnega mesta številka 24 in končala iz 21. zaletišča. Povprečna zaletna hitrost, ki so jo tekmovalci dosegali je bila 105, 2 km/h že ob upoštevanju, da so skakali iz treh različnih štartnih mest. Vetrovne razmere v prvi seriji so bile za dolge polete neprimerne, saj je v povprečju letalcem pihal veter 1,44 m/s v hrbet. Seveda pa ta podatek ne indicira realnega stanja, ki se je spreminjalo od tekmovalca do tekmovalca na posameznih odsekih letalnice.

Druga tekmovalna serija se je pričela dobro uro po pričetku prve in postregla z rekordno zaletno hitrostjo na celotnem svetovnem prvenstvu v poletih. Češki skakalec Jakub Hlava se je v prvi seriji pripeljal na rob mize z zaletno hitrostjo kar 107 km/h iz zaletne rampe 24. To je bil znak, da so vetrovne razmere v povprečju ostale zelo podobne kot v prvi tekmovalni seriji. Povprečna daljava je bila sicer višja kot v prvi seriji in je znašala 201,5 metra, vendar pa na ta podatek vpliva dejstvo, da se je vzorec tekmovalcev zmanjšal za četrtno (odpadli so najslabši skakalci). Zalet so za zadnjo deseterico tekmovalcev znižali na zaletno mesto številka 21, kar je imelo za posledico najdaljši polet iz znižanega zaleta 216,5 metra Simona Ammanna. S tem poletom in kompenzacijskimi točkami zaradi nizkega naleta in nekoliko slabših vetrovnih razmer je vodil po prvih dveh serijah svetovnega prvenstva v Planici 2010.

Sobotno tekmovanje se je začelo mnogo bolj obetavno, saj je bilo v Planici sončno vreme, kar je obetalo ugodno termiko, ki običajno botruje rekordnim poletom. Tretja serija se je pričela z zaleta številka 22 in tekmovalci od 30. do 21. mesta po petkovem tekmovanju so dosegli povprečno zaletno hitrost 104,6 km/h. Žirija tekmovanja je zaradi vedno daljših poletov zalet postopoma spuščala tako, da se je tretja serija zaključila s 15. zaletnega mesta, Vzrok je bil predvsem izjemen dosežek Norvežana Andersa Jacobsena, ki je poletel s 17. zaletnega mesta do daljave 230,5 metra, kar je bila tudi največja daljava tretje serije svetovnega prvenstva. Povprečna daljava v tretji seriji svetovnega prvenstva se je dvignila na 205,7 metra, vendar so bile te daljave dosežene iz štirih različnih zaletov. Najvišja dosežena hitrost je znašala 105,1 km/h, kar je 1,9 km/h manj kot v drugi seriji petkovega tekmovanja.

Finalna serija svetovnega prvenstva v poletih je potekala v podobno ugodnih vetrovnih razmerah kot predhodna. V finalu so bili pogoji nekoliko bolj heterogeni od tekmovalca do tekmovalca kot tudi znotraj posameznega poleta na določenih segmentih doskočišča letalnice. V finalni seriji je prvih 18 tekmovalcev doseglo v povprečju zaletno hitrost 104,8 km/h z zaletnega mesta 22, kar je bilo glede na odlično termiko za najboljše preveč. Zato so zalet v finalu 3 krat znižali in tekmovanje zaključili s 14. zaletnega mesta, ko je švicarski velemojster Simon Ammann s poletom 236,5 metra postavil rekordno daljavo prvenstva, z nizko zaletno hitrostjo 102,5 km/h.

Višina krivulje leta je bila na splošno povezana z višino leta. Jakost povezanosti je bila odvisna od točke opazovanja. Na 17 metrih je bila najnižja, potem pa je naraščala vzdolž doskočišča in na drugem opazovalnem mestu na 110 metrih je bila že višja. Referenčna točka za opazovanje višine leta je bila na 110 metrih. V petek so v prvi seriji skakalci dosegli na referenčni točki povprečno višino 5,25 metra in dosegli povprečno dolžino poletov 190,5 metra. V drugi tekmovalni seriji se je povprečna dolžina poletov dvignila na 200,3 metra, povprečna višina na 110 metrih pa je znašala 6,36 metra. Glavni razlog za višjo povprečno dolžino poletov v drugi seriji je bil zmanjšan obseg nastopajočih tekmovalcev iz 39 na 31 tekmovalcev. Največja daljava druge serije je znašala 223 metrov, kar je bilo 0,5 metra manj kot v prvi seriji. V soboto je tretja tekmovalna serija postregla z najnižjo povprečno višino leta v točki 110 metrov od roba odskočne mize, saj so povprečno tekmovalci leteli 5,06 metra visoko, vendar kljub temu dosegali večje daljave. Povprečna vrednost tridesetih opravljenih poletov je narasla na 205,7 metra, kar je povezano predvsem z boljšo termiko, ki je omogočala tekmovalcem kljub manjši višini nekoliko daljše polete. Najdaljši polet tretje

serije svetovnega prvenstva je znašal 230,5 metra, vendar pa je bil dosežen iz dveh zaletnih mest višje kot najbolje ovrednoten polet, 227 metrov Simona Ammanna. Le- ta je imel zaletno hitrost 102,8 km/h, kar je bilo 0,8 km/h počasneje kot dosežena hitrost Norvežana Andersa Jacobsena pri absolutno najdaljšem poletu v tretji seriji.

V četrti seriji se je višina leta na 110 metrih rahlo povišala na 5,21 metra, enako se je zgodilo tudi z povprečno dolžino poletov, ki je znašala 207,1 metra. Zanimivo je, da se je višina leta v točki 17 metrov od roba odskočne mize zmanjšala s 4,17 metra v tretji seriji na 4,04 metra v finalni, četrti seriji. Iz tega se sklepa, da so bili spremenjeni vetrovni pogoji na letalnici v smislu ugodnejših razmer za letenje, kar potrjujejo tudi analize podatkov pridobljenih iz petih anemometrov postavljenih ob letalnici v Planici. Povprečna zaletna hitrost FIS je znašala 104 km/h, kar je sicer 0,1 km/h več kot v tretji seriji. Na to vrednost je odločilno vplivalo 18 slabše uvrščenih tekmovalcev po prvih treh serijah, ki so imeli povprečno zaletno hitrost 104,8 km/h. Po trikratnem znižanju zaleta iz 22. na 14. zaletno mesto je najboljših osem letalcev prvenstva imelo povprečno hitrost na zaletu 102,6 km/h, pa so kljub temu dosegli povprečno dolžino 218 metrov.

V tabeli 26 sem primerjal polete zmagovalca svetovnega prvenstva v Planici 2010 Simona Ammanna iz Švice, poljskega šampiona Adama Malysza, zmagovalca svetovnega pokala v smučarskih poletih sezone 2009/2010 Roberta Kranjca ter 8. uvrščenega Čeha Antonina Hajeka v njihovem četrtem – finalnem poletu na omenjenem tekmovanju v Planici.

Tabela 26: Primerjava izbranih spremenljivk med izbranimi vrhunskimi tekmovalci, 4. finalna serija, SP Planica 2010.

Spremenljivke	Simon Ammann	Adam Malysz	Robert Kranjec	Antonin Hajek
Dolžina 4. poleta – DOLPOL4	236,5 m	211,5 m	222,5 m	236 m
Višina leta – VL17m	4,23 m	4,33 m	3,77 m	4,04 m
Aerodinamični indeks – Ai17m	1,5 m	1,5 m	1,47 m	1,68 m
Veter na 20 metrih - Veter20m	1,19 m/s	0,96 m/s	0,04 m/s	2,45 m/s
Veter na 70 metrih - Veter70 m	1,28 m/s	1,00 m/s	1,64 m/s	2,00 m/s
Višina leta – VL110 m	5,59 m	4,88 m	3,18 m	7,7 m
Aerodinamični indeks – Ai110m	0,52 m	0,57 m	0,57 m	0,61 m
Veter na 110 metrih – Veter110m	1,94 m/s	1,63 m/s	1,61 m/s	1,82 m/s
Veter na 160 metrih – Veter160m	0,17 m/s	0,27 m/s	0,66 m/s	1,47 m/s
Veter na 195 metrih – Veter195m	1,96 m/s	2,12 m/s	2,73 m/s	2,50 m/s
Hitrost FIS – HITFIS4	102,5 km/h	102,5 km/h	102,6 km/h	103,8 km/h*
Hitrost na mizi – HITMiza4	102,64 km/h	102,58 km/h	102,87 km/h	103,08 km/h*

* : Tekmovalec je nastopil 5 zaletov višje.

Prvi trije tekmovalci iz zgornje tabele (Ammann, Malysz in Kranjec) so med sabo absolutno primerljivi, saj so nastopili iz istega zaletnega mesta, medtem ko je četrti tekmovalec (Hajek) poletel iz precej višjega zaleta in imel zato tudi 1,2 km/h višjo zaletno hitrost.

Med vsemi štirimi tekmovalci je po višini leta na 17 m od roba odskočne mize odstopal le Kranjec in sicer v negativno smer, kar pomeni, da je preletel izbrano točko opazovanja od vseh najnižje. Po aerodinamičnih indeksih izmerjenih v horizontalni smeri so bili letalci dokaj izenačeni, nekoliko je odstopal v negativno smer le Hajek, medtem ko je Kranjec odstopal rahlo v pozitivno. Veter v točki 20 metrov od roba mize pa je dosegal pri izbranih tekmovalcih zelo različne vrednosti, ki so zagotovo vplivale na končne rezultate in tudi delno odgovarja, sicer majhnim, a opaznim razlikam pri višini leta na 17 metrih. Tako sta Amman in Malysz bila deležna zelo podobne pomoči vetra (1,19 m/s in 0,96 m/s) in sta imela zelo podobno višino leta v izbrani točki (4,23 m in 4,33 m), Kranjec je bil od vseh štirih deležen daleč najmanjše pomoči vzgornika (0,04 m/s). Hajek je imel največ pomoči vetra, kar je v nadaljevanju leta ob nekoliko večji zaletni hitrosti uspešno pretvoril v dolg polet. Vetrovna pomoč Hajeku v točki 17 metrov od mize je znašala 2,45 m/s. Na 70 metrih od roba odskočišča je imel Hajek še vedno 2 m/s vzgornika, kar je od vseh štirih največ. Drugo najboljše podpore zraka pod smučmi je bil deležen Kranjec (1,64 m/s), medtem ko sta Ammann in Malysz imela nekoliko manj vzgonskega vetra, vendar še vedno zelo ugodno za dolg polet. V točki 110 metrov je bil Hajek občutno višji od ostalih treh, saj je dosegel višino 7,7 metra. Zanimivo je, da je Ammann na 110 metrih letel na višini 5,59 metra, pa vseeno dosegel 0,5 m daljši polet kot Hajek. Prav gotovo je, da je bil let Simona Ammanna iz aerodinamičnega vidika bistveno boljši od leta Hajeka. Edina logična razlaga za podobno končno daljavo poletov je velika razlika v vetrovnih razmerah in zaletni hitrosti. To je Hajeku zelo pomagalo pri njegovem poletu. Malysz je začel v višini leta nekoliko zaostajati za Ammanom, kar je povezano tudi z nižjim aerodinamičnim indeksom omenjenega tekmovalca v primerjavi z Ammanom. Kranjec je bil med vsemi najnižji v dani točki in je dosegel višino skupnega težišča telesa 3,18 metra, vendar pa je bil po aerodinamičnem indeksu takoj za Ammanom, kar pomeni, da sta omenjena tekmovalca v najboljšem aerodinamičnem položaju preletela hrbitišče letalnice. Vetrovne razmere v izbrani točki na 110 metrih so imeli vsi zelo podobno ugodne, res pa je, da je imel Ammann za odtenek boljše kot ostali trije. Na 160 metrih je anemometer pokazal najnižjo vrednost vpliva vetra pri Ammannu (0,17 m/s), sledil mu je Malysz (0,27 m/s), Kranjec (0,66 m/s) in daleč pred vsemi z idealnimi razmerami Hajek, ki je imel na 160 metrih vzgornik 1,47 m/s, kar je s pridom izkoristil.

Zanimivo je, da je manj ugoden vzgonski veter na prve tri tekmovalce vplival zelo različno. Ammann in Kranjec sta bila v danem segmentu letalnice v dovolj ugodnem aerodinamičnem položaju in z dovolj veliko hitrostjo, tako da sta nemoteno poletela čez to območje relativno manj ugodnih pogojev. Malysz pa je očitno ni zadostil omenjenim pogojem in je v tem delu letalnice izgubil precej na višini in v končni fazi tudi dolžini poleta. Hajek je bil zgodba zase, saj je imel na tem mestu zopet najmočnejši vzgonski veter med vsemi. Zadnji anemometer, ki je bil postavljen pri 195 metrih je pokazal zelo ugodne rezultate vsem štirim letalcem, saj je imel Ammann najšibkejšo podporo z 1,96 m/s in Kranjec najmočnejšo z 2,73 m/s. Poljak Adam Malysz je od izbranih tekmovalcev dosegel najskromnejšo daljavo z 211,5 metra, za katero je bil krivec njegov slabši aerodinamični položaj ob preletu hrbtišča (Ai110m), verjetno pa tudi odskok ni izvedel idealno, kar pa sicer ni predmet naloge in je zgolj domneva. Robert Kranjec je bil tretji najdaljši s poletom 222,5 metra. Iz danih podatkov je razvidno, da je bil ne glede na kvaliteto odskoka, v slabšem inicialnem položaju zaradi vetra na 17 metrih in deloma vetra na 160 metrih, saj je po vrednostih aerodinamičnega indeksa tik za Ammannom, ki je sicer poletel najdlje. Antonin Hajek je dosegel odlično daljavo 236 metrov predvsem zaradi izjemnih vetrovnih razmer po vsej letalnici in nekoliko višje zaletne hitrosti, saj je bil po aerodinamičnih parametrih ugotovljenih v tej nalogi, šele na 3. mestu med izbrano četvorico. Simon Ammann je opravil najdaljši polet med vsemi na tem svetovnem prvenstvu. Njegova krivulja leta je bila prvih 110 metrov precej nižja kot krivulja Hajeka, kar pomeni, da je v zraku odlično izkoristi aerodinamično pozicijo in jo pretvoril v največjo daljavo.

Primerjava finalnega poleta Simona Ammanna v Planici 2010 in poleta v pozneje razveljavljeni prvi seriji v nedeljo, 22. marca 2009 pokaže na zanimive razlike v višinah leta na 17 metrih in na 110 metrih. V točki 17 metrov za robom odskočišča je imel nadpovprečno višino leta (3,48 m) in nizek aerodinamični indeks zračnega upora v horizontalni smeri letenja (Jošt in drugi, 2009). Višina leta leto kasneje ob 236,5 m dolgem poletu je bila na izbranem mestu 4,23 m, kar je 0,75 m višje kot ob podobni daljavi lani. Povsem obrnjena situacija pa se pojavi na drugem merilnem mestu, kjer je Ammann v letu 2009 dosegel višino 9,14 m (120 m), letos pa na 110 m samo višino 5,59 m. To sta dva ključna podatka, ki potrjujeta dejstvo, da so nekatere spremembe letalnice v njeni pripravi na svetovno prvenstvo 2010 dale zelene rezultate v smeri zniževanja krivulje leta letalcev, ki imajo tako boljši stik z doskočiščem in posledično ob dolgih poletih tudi precej manjši vpadni kot na podlago. To je bil glavni razlog

padcev pri dveh najboljših poletih vseh časov v Planici 2005 finskega šampiona Janneja Ahonena (240 m) in švicarja Simona Ammanna (233 m), vendar je slednji silovito skrajšal polet po tem, ko je imel še pri 195 m višino 9,89 m (Jošt in drugi, 2009). Dejstvo je, da je nadaljni razvoj gradnje letalnic in njihovega povečevanja zaustavljen predvsem s pravili, ki v dveh ključnih določilih onemogočajo polete preko 240 m. S tem posredno znižujejo nivo varnosti pristanka pri ekstremnih daljavah na vseh letalnicah po svetu, še posebej opazno pa je to v Planici. Vedno znova se najdejo vrhunski letalci, ki so na tekmovanju v Planici v vrhunski formi. S tem odstopajo od konkurence in opravijo tako odličen polet, ki ga morajo potem umetno skrajševati, da ne bi prišlo do (hujših) padcev. Zato bi bilo za nadaljnji varen razvoj smučarskih poletov nujno spremeniti razmerje $H : N$ v K točki ($H : N_{\min} = 0,60$) in pa dovoliti večjo višinsko razliko Z_u med robom odskočne mize in najnižjo točko izteka ($Z_{u_{\max}} = 130$ m). Te kriterije določa Mednarodna smučarska zveza (FIS). Od nje je odvisno, kdaj se bodo poleti končevali varno preko 240 metrov in do kdaj bodo sicer vrhunski letalci z (pre)velikim vpadnim kotom »tolkli« na ravnino.

Rezultati povezanosti znotraj bloka odvisnih spremenljivk dolžin poletov v štirih tekmovalnih serijah so pokazali, da obstajajo korelacije med spremenljivkami dolžin skokov nad kritično mejo absolutne ocene Pearsonovega koeficienta korelacije, tako da se lahko potrdi prvo hipotezo raziskovanja:

HIP 1: Med odvisnimi spremenljivkami, ki predstavljajo dolžino poletov smučarjev skakalcev na svetovnem prvenstvu v poletih v Planici 2010, na splošno obstajajo statistično značilne korelacije.

Povezanost znotraj vsebinsko homogenih sklopov neodvisnih spremenljivk v splošnem obstaja, vendar je pri posameznih spremenljivkah na meji statistične značilnosti. Jakost povezave pri spremenljivkah hitrost FIS je dokaj močna, znotraj spremenljivk hitrosti na odskočnem pomolu (hitrost miza) pa na meji statistične značilnosti. Koeficienti korelacije pri spremenljivkah višina leta na 17 metrih od roba mize kažejo, da obstaja celo negativna korelacija med višino leta na izbrani točki v drugi in tretji tekmovalni seriji. Omeniti velja, da je število elementov v vzorcu za tretjo serijo le 10, kar zbuja dvom v zmožnosti posploševanja glede na dobljene rezultate. Korelacija znotraj spremenljivk višine leta na 110 metrih je močna in pozitivna. Spremenljivke hitrosti vetra na 20m, 70m, 110m, 160m in 195m odražajo

faktorji, ki kažejo pri vseh spremenljivkah statistično značilno povezanost. Tako se potrди tudi druga hipoteza:

HIP 2: Znotraj vsebinsko homogenih neodvisnih spremenljivk obstojajo statistično značilne korelacije.

Zaletna hitrost je bila statistično značilno povezana z dolžino poleta samo v prvi tekmovalni seriji, medtem ko je v četrti tekmovalni seriji prišlo do negativne korelacije med omenjenima spremenljivkama. Hitrost na mizi je bila v statistično značilni korelaciji z dolžino poleta le v prvi seriji. Zanimiva je povezava med višino leta na 17 metrih in dolžino poleta. Značilna je v tretji in četrti seriji, s tem da je v tretji negativna, kar pomeni, da so letalci, ki so leteli v tretji seriji nižje v povprečju dosegli večjo daljavo. Na drugem merilnem mestu višine leta pri 110 metrih je v vseh štirih serijah prišlo med spremenljivkama do statistično značilnih korelacij, kar pomeni, da tisti, ki so leteli višje na tem predelu letalnice, so v povprečju v vseh serijah leteli dlje. Med spremenljivkami vetra na 20 metrih in dolžinami poletov korelacija ni statistično značilna, kvečjemu je bila v prvi tekmovalni seriji celo negativna. Šibka korelacijska povezanost je tudi na 70 metrih, razen v četrti seriji, ko je statistično značilna. Podobno šibko korelacijo je bilo moč zaslediti tudi na 110 metrih, ko je vrednost koeficienta najvišja v četrti seriji, pa tudi tam samo na kritični absolutni vrednosti ocene Pearsonovega koeficienta korelacije r . Med spremenljivkami vetra na 160 metrih in odvisno variabla dolžine poleta je bila korelacija močnejša in v drugi seriji tudi statistično značilna. Na dolžino skoka pa je najmočnejše vplival veter na 195 metrih, kjer se beleži najmočnejša korelacija, ki je bila statistično značilna v drugi, tretji in četrti seriji svetovnega prvenstva v poletih. Telesna višina, telesna teža in telesno masni indeks niso vplivali na dolžino skoka v dovolj veliki meri, da bi bil njihov vpliv statistično značilen. Na splošno se tretja delovna hipoteza ne more potrditi.

HIP 3: Med odvisnimi spremenljivkami (dolžina skoka) in neodvisnimi spremenljivkami na splošno obstojajo v posameznih serijah poletov statistično značilne korelacije.

Prisotne so bile le posamične statistično značilne korelacije in še te različno po posameznih serijah. Najboljša obča prediktorja dolžine poletov so bile spremenljivke višine leta v točki 110m za robom odskočne mize in spremenljivke hitrosti vetra v točki 195m od roba odzivne mize.

5. SKLEP

Na podlagi rezultatov raziskovanja bi lahko postavili naslednje sklepne ugotovitve:

Rezultati povezanosti znotraj bloka odvisnih spremenljivk dolžin poletov nakazujejo, da med odvisnimi spremenljivkami, ki predstavljajo dolžino poletov smučarjev skakalcev na splošno obstojajo statistično značilne korelacije. Prav tako obstojajo statistično značilne korelacije znotraj vsebinsko homogenih neodvisnih spremenljivk. Med odvisnimi spremenljivkami (dolžina skoka) in neodvisnimi spremenljivkami so bile prisotne le posamične statistično značilne korelacije, tako da na splošno statistično značilne korelacije ne obstojajo.

Rezultati analize poteka krivulje leta, ki je bila izvedena na osnovi štirih tekmovalnih serij, ki so šteje za posamično svetovno prvenstvo v poletih 2010 se samo delno ujemajo z ugotovitvami analize finala svetovnega pokala 2009 (Jošt in drugi, 2009), ki so nam služile za primerjavo. Spremembe pripisujemo modifikacijam letalnice, ki so bile opravljene v pripravah na svetovno prvenstvo 2010. Ugotavljamo, da so bile spremembe izvedene v pravo smer in omogočajo nižjo krivuljo leta, boljši stik letalca s profilom letalnice in posledično tudi varnejše polete. Problem ostajajo nekatera ključna določila o velikosti letalnic s strani Mednarodne smučarske zveze (FIS), ki onemogočajo nadaljnje povečevanje letalnic po vsem svetu. Primerjava nekaterih spremenljivk med štirimi izbranimi vrhunskimi tekmovalci v finalni seriji svetovnega prvenstva v Planici 2010 je pokazala, da veter pomembno vpliva na končni rezultat tekmovalcev. Novi sistem točkovanja na tekmovanjih najvišjega ranga vpliv vetra močno zmanjšuje, kar se da oceniti kot pozitiven trend.

Upamo, da bo ta diplomska naloga z dobljenimi rezultati v pomoč vsem, ki bodo želeli plemenititi vedenje o fenomenu letne faze smučarskega poleta. Na trenutno največji letalnici na svetu, v najbolj zahtevnem inercialnem okolju se vplivi posameznih spremenljivk izražajo najbolj očitno. Menimo, da bodo ugotovitve prinesle predvsem numerično potrditev nekaterih trenerskih izkušenj in odpirale nova vprašanja. Le pravilni odgovori nanje prinašajo napredek v smučarskih skokih.

Za konec naj dodamo še sklepno misel: Pogum, sanje, trma in znanje so Planici dali svetovno veljavo. V svojih dosežkih je bila nekoč zagotovo pred časom in še danes je po svojem rekordu korak pred svetom (Batagelj, 2003). Upamo, da bo ta diplomska naloga prispevala vsaj kamenček v mozaik razvoja smučarskih poletov tako v Planici kot tudi drugje po svetu.

6. LITERATURA IN VIRI

- Batagelj, B. (2003). *Od skokov k poletom : začetki smučarskih skokov na Slovenskem in uveljavitev Planice v času med obema vojnoma*. Ljubljana: Zveza zgodovinskih društev Slovenije.
- Bergant, E. (ur.) (1987). *20 Jahre KOP*. Ljubljana: Organisationskomitee Planica.
- Denoth J., Gerber, H. (2008). *Auswertung der Videoaufnahmen vom weltcupspringen in Engelberg*. Honggerberg: Institut fur Biomechanik.
- Denoth, J., Luethi, S. M., Gasser, H. (1987). Methodological problems in optimisation of the flight phase in ski jumping. *International journal of Sport and Biomechanics* 3, 404-418.
- FIS Fact Sheet: Important New Rules in Ski Jumping and Nordic Compined Summer Grand Prix* (28. julij 2009). Pridobljeno 24. 3. 2010, iz <http://www.tfcf.de/Rules.pdf>.
- FIS Ski Flying World Championships 2010, Planica (SLO) – Flying Hill Individual Official Results Final Round* (2010). Pridobljeno 18. 4. 2010, iz http://www.planica.si/resources/files/pic/doc/final_sobota.pdf.
- Jošt, B. (2009). *Teorija in metodika smučarskih skokov (izbrana poglavja)*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Jošt, B., Kugovnik, O., Strojnik, V., Colja, I. (1997). Analysis of kinematic variables and their relation to the performance of the ski jumpers at the World championship in ski flight at Planica in 1994. *Kinesiology – International Scientific Journal of Kinesiology and Sport* 29 (1), 35-44.
- Jošt, B. in Pustovrh, J. (1995). *Nordijsko smučanje*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Jošt, B. in Vaverka, F. (1988). *Osnove biomehanike smučarskega skoka*. Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, Fakulteta za telesno kulturo v Ljubljani.
- Jošt, B., Vodičar, J., Štuhec, S., Vertič, R. (2009). *Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala Planica 2009*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Mihelič, S. (ur.) (1999). *Planica: 1934-1999*. Ljubljana: Društvo Proplanica.
- Schmolzer, B. in Muller, W. (2002). The importance of being light: aerodynamic forces and weight in ski jumping. *Journal of Biomechanics* (38), 1059-1069.
- Seo, K., Murakami, M., Yoshida, K. (2004). Optimal flight technique for V – style ski jumping. *Sports Engineering* 7, 97-104.
- Seo, K., Watanabe, I., Murakami, M. (2004). Aerodynamic force data for a V – style ski jumping flight. *Sports Engineering* 7, 31-39.

Ski Jumping Athlets: Vancouver 2010 Winter Olympics (2010). Pridobljeno 7. 5. 2010, iz http://www.vancouver2010.com/olympic-ski-jumping/athletes/index_cf-EN.html?cat6=&cat1=&q=---+Keywords+--.

Tabela 8: Pearsonov koeficient korelacije (2009). Pridobljeno 3. 6. 2010, iz http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2763/tabele/tabela8_Pearson.pdf.