



Bojan Jošt,
Janez Vodičar, Janez Pustovrh

Struktura izbranih spremenljivk tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev na ZOI v Pekingu 2022 na večji skakalnici

Izvleček

Namen raziskovalne študije je bil ugotoviti povezanost med izbranimi spremenljivkami in tekmovalno uspešnostjo smučarjev skakalcev, ki so nastopili v prvi seriji tekmovanja na veliki skakalnici na zimskih olimpijskih igrah v Pekingu 2022. Mednarodna smučarska zveza je na tekmovanja uvedla meritve hitrosti vzleta v točki 30 m za robom odskočne mize. V tej točki je bil izmerjen tudi kot med smučkama. Prav tako je bila popolnoma na novo izmerjena hitrost skakalcev ob doskoku. S tekmovalno uspešnostjo sta bili statistično značilno povezani spremenljivki zaletna hitrost ($r = 0,32$; $p = 0,05$) in hitrost leta pred doskokom skakalca ($r = 0,44$; $p = 0,01$). Vpliva hitrosti vetra na tem olimpijskem tekmovanju ni bilo. Tudi sodniške ocene niso vplivale na razvrstitev najboljših tekmovalcev dobitnikov olimpijskih kolajn. Tekmovalne uspešnosti ni bilo mogoče v veliki meri pojasniti z majhnim številom neodvisnih spremenljivk in se tako sama po sebi odpirajo nova vprašanja o strukturi dejavnikov, ki vplivajo na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev. Slovenski skakalci in skakalke so bili najuspešnejši udeleženci olimpijskih iger v smučarskih skokih. Ostati na vrhu tekmovalne uspešnosti pa vedno znova pomeni iskati nove ustvarjalne in učinkovite metode in sredstva treniranja, ki temeljijo predvsem na znanju in kakovostnem praktičnem delu.

Ključne besede: smučarski skoki, tekmovalna uspešnost, olimpijske igre



Structure of selected variables of ski jumpers' competitive performance on the big ski jump at the 2022 Beijing Winter Olympics

Abstract

The research study aimed to establish the relation between selected variables and competitive performance of ski jumpers who competed in the first series on the big ski jump at the 2022 Beijing Winter Olympics. In this competition the International Ski Federation introduced measurement of ski jumpers' take-off velocity at the 30-metre point from the edge of the take-off ramp. The angle between the skis was also measured at this point. Ski jumpers' velocity at the landing was measured completely anew. Competitive performance was statistically significantly related to the variables of run-up velocity ($r=0.32$; $p=0.05$) and flight velocity before landing ($r=0.44$; $p=0.01$). The influence of wind velocity was not present in this Olympic competition. Judges' scores did not affect the ranking of the best competitors who won Olympic medals. It was impossible to largely explain competitive performance using a small number of independent variables, which is why new questions keep emerging about the structure of factors that influence ski jumpers' competitive performance. Slovenian male and female ski jumpers were the most successful participants of the Olympics in ski jumping. To stay on top of competitive performance means constantly looking for new creative and effective training methods and means which are mainly based on knowledge and high-quality practical work.

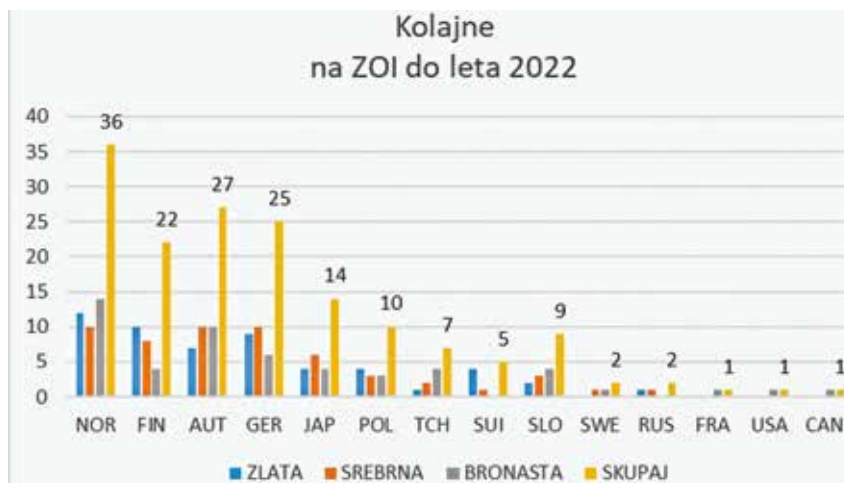
Key words: ski jumping, competitive performance, the Olympics

■ Uvod

Smučarski skoki so sestavni del programa zimskih olimpijskih iger od vsega začetka. Največ kolajn so na dosedanjih olimpijskih tekmovanjih osvojili Norvežani (Slika 1). Slovenija je glede na skupno število kolajn razvrščena na sedmo mesto med državami z osvojenimi kolajnami v smučarskih skokih.

Slovenski smučarji skakalci in skakalke so na nedavnih olimpijskih igrah dosegli največji uspeh v zgodovini zimskih olimpijskih iger. V posamični konkurenci je Urša Bogataj postala prva slovenska olimpijska prvakinja v smučarskih skokih. Na tej tekmi je Nika Križnar osvojila bronasto kolajno. Slovenska mešana ekipa v postavi Urša Bogataj, Timi Zajc, Nika Križnar in Peter Prevc je osvojila zlato olimpijsko kolajno. Moška ekipa v postavi Lovro Kos, Timi Zajc, Cene Prevc in Peter Prevc je osvojila srebrno kolajno. Na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev vedno vpliva veliko različnih dejavnikov. Še prav posebej je pomemben vpliv dejavnikov, ki predstavljajo neposreden del strukture dejavnikov tekmovalne uspešnosti v posamezni tekmovalni seriji. Končni dosežek skakalcev na posamezni tekmi je potem le matematični seštevek točk posamezne tekmovalne serije. Na zimskih olimpijskih igrah v Pekingu 2022 so smučarji skakalci v posamični konkurenci nastopili na srednji in večji skakalnici. Proučevanje strukture dejavnikov tekmovalne uspešnosti v izbrani tekmovalni seriji je oteženo, ker skakalci praviloma znotraj serije skačejo z različnih zaletnih mest. To se je zgodilo tudi na obeh posamičnih tekmovalnih smučarjev skakalcev, razen v prvi tekmovalni seriji na večji skakalnici HS140 m. Na tej tekmi so v prvi seriji vsi tekmovalci ($n = 50$) nastopili z istega zaletnega mesta, kar je po uvedbi faktorja zaletnega mesta (»gate faktorja«), ki dopušča spremembo zaletišča med serijo, silno redko. Zaradi uvedbe različnih zaletišč v posamezni seriji je proučevanje strukturnih odnosov spremenljivk, ki vplivajo na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev, omejeno zaradi majhnega števila skakalcev, ki so nastopili z istega zaletišča. Tekmovalna uspešnost pri posamezni tekmovalni seriji je odvisna kriterijska spremenljivka, na katero vpliva veliko neodvisnih spremenljivk, ki tvorijo model potencialne tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev (Jošt idr., 2016).

Tekmovalna uspešnost smučarjev skakalcev je v posamezni seriji odvisna od seštevka točk, ki jih skakalci dobijo za dolžino



Slika 1. Kolajne na dosedanjih zimskih olimpijskih igrah do leta 2022

skoka in estetiko sloga skoka. Dosedanja spoznanja kažejo, da so ocene za slog precej povezane z dolžino skoka in da se od nje bistveno razlikujejo le pri oceni doskoka in vožnje v iztek. Sodniki na splošno pri ocenjevanju vzleta in leta podeljujejo višje ocene skakalcem z daljšimi skoki. To je posledica močnejšega estetskega vtisa, ki ga dolgi skoki naredijo na sodnike. Najdaljši skoki so preprosto lepši in privlačnejši kot krajši skoki in na višji stopnji težavnosti izvedbe. Težave nastanejo, ko se v isti seriji pojavijo različni naleti. Včasih slabši skakalci na začetku štartne liste skačejo z višjih zaletišč in dosežejo skoke tudi v bližino točke velikosti skakalnice. Navidezno so ti skoki všečni, vendar sodniki čutijo, da gibalno-tehnična kakovost skoka ni enaka tisti, ki jo potem najboljši skakalci pokažejo pri skokih z nižjih zaletišč. Najboljši skakalci zaradi nižjih zaletišč lahko celo dosežejo krajše skoke kot slabši skakalci in zaradi tega pri sodnikih neupravičeno dosežejo nižje ocene za slog. Če bi vsi skakalci skočili z istega zaletišča, bi bili verjetno boljši skakalci precej uspešnejši in bi zato upravičeno dobili tudi višje ocene za slog. Žal se v praksi prevečkrat zgodijo ti primeri, ki potem škodujejo najboljšim skakalcem.

Dolžina skoka je na splošno odvisna od številnih dejavnikov, ki se lahko delijo na objektivne in subjektivne. Med objektivnimi dejavniki bi lahko navedli dejavnike, povezane s kakovostjo opreme smučarjev skakalcev (smuči, skakalni dresi, čevlji, vezi), in dejavnike, ki so povezani z vremenskimi vplivi na skakalnici (dež, sneženje, veter, temperatura zraka). Vpliv slednjih dejavnikov je lahko izjemo močan. Mednarodna smučarska zveza je po letu 2010 začela regulacijo vpliva vetra na dolžino skoka. Uve-

dene so bile točke vpliva vetra na dolžino skoka. Te so odvisne od velikosti in smeri vpliva vetra ter velikosti skakalnice. Z velikostjo skakalnice se pri isti velikosti in smeri delovanja vetra število točk poveča. Pri tem ima veter v hrbet malo več točk vpliva kot veter v prsi smučarjev skakalcev. Pri overednotenju vpliva vetra se pojavljajo številni pomisleki o objektivnosti izračuna prave vrednosti vpliva vetra. Velike težave nastanejo pri turbulentnem vetrovnem ozračju na skakalnici. Matematično se izračuna skupna vrednost vpliva vetra glede na določene prostorske točke ob doskočišču skakalnice. Te so lahko na večjih skakalnicah in letalnicah kar precej odmaknjene od krivulje leta, ki pa je bistvena za realno oceno pravega vpliva vetra. Včasih se zgodi, da je smer in moč vetra na posameznih delih doskočišča skakalnice popolnoma različna in se potem matematično izračuna skupni vpliv. Ta je lahko v takem primeru bistveno drugačen, kot če bi bile na skakalnici enakovredne razmere na celotnem doskočišču skakalnice. Ker natančnejša ocena vpliva vetra v tem trenutku objektivno ni možna, je pač trenutna metoda izračuna vpliva vetra še vedno precej boljše, kot da te korekcije na posameznem tekmovalju ne bi bilo. Problematičen je vpliv izračuna vetra na tekmovaljih, kjer o dobitnikih kolajn odločajo majhne točkovne razlike (do 3 točke). Na tekmovaljih, ki so pod vplivom vetra in kjer se izvedejo serije s spreminjanjem dolžine zaletišča znotraj serije, se lahko zgodi tudi previsok naključen vpliv vetra ter dolžine zaletišča na dolžino skoka in ta potem ne predstavlja resnične kvalitete smučarjev skakalcev. Ta problem se pojavlja pri vseh smučarskih športih v naravi, na katere pač vplivajo vremenske razmere.

Če odmislimo vpliv vremenskih razmer na dolžino skoka smučarjev skakalcev, je dolžina skoka še vedno odvisna od številnih dejavnikov. Nekateri so še vedno povezani s kakovostjo opreme smučarjev skakalcev. V zadnjem času se izpostavlja predvsem problematika skakalnih dresov. Ti so z vidika resničnega in pravičnega ovrednotenja vpliva velika neznanka in stalno burijo duhove strokovne in laične javnosti v smučarskih skokih. Na prvi zgodovinski olimpijski tekmi mešanih ekip v Pekingu 2022 so bile v eni tekmovalni seriji diskvalificirane kar štiri tekmovalke iz štirih najkakovostnejših skakalnih reprezentanc (Nemčije, Norveške, Avstrije, Japonske). V popolni negotovosti so bile tudi preostale ekipe, ki do konca tekmovanja niso vedele, kaj se bo zgodilo z njimi. V tej zmedi sta potem do kolajne prišli reprezentanci Rusije in Kanade, ki v normalnih razmerah nista imeli praktično nobene možnosti za osvojitve kolajne. Žal je situacija vrgla velik madež na smučarske skoke, ki bi ga Mednarodna smučarska zveza prav gotovo lahko povsem preprečila z bolj domišljenim in ustreznim sistemom nadzora skakalnih dresov. Zdi se, da Mednarodna smučarska zveza za zdaj ne zmore ali ne zna razviti učinkovitih mehanizmov kontrole, ki bi dali objektivno možnost pravičnejšega ovrednotenja vpliva skakalnih dresov na dolžino skokov. Stopnja zaupanja v ta sistem ovrednotenja se v strokovni javnosti žal vse bolj znižuje. Pri nadzoru skakalnega dresa bi se lahko uvedel bolj mehak pristop, ki ne bi kategorično izločal tekmovalcev. Prevelik dres bi se lahko do neke razumne kritične mere odstopanja ovrednotil z linearnim vplivom točk, ki bi bile določene glede na presežek velikosti dresa (na primer presežek v velikosti dresa 1 cm pomeni 5 negativnih točk, presežek 2 cm pomeni 10 negativnih točk itd.). Prav gotovo čaka Mednarodno smučarsko zvezo veliko odgovornega dela, da na tem področju nekaj naredi v dobrobit razvoja smučarskih skokov. Reševanje vpliva skakalnega dresa ne more biti neodvisno od vpliva telesne teže in telesne višine smučarjev skakalcev. Njun vpliv je stalno prisoten in predstavlja v zadnjih dvajsetih letih veliko težavo za Mednarodno smučarsko zvezo. S to težavo se je najvišja športna organizacija začela ukvarjati po letu 2002, ko so nekateri skakalci ob pomoči trenerjev prestopili kritično mejo, ki še zagotavlja normalen zdravstveni status glede na najnižjo še sprejemljivo vrednost indeksa telesne mase (BMI). Leta 2004 je FIS določila najnižjo še sprejemljivo vrednost BMI

in je začela določanje dolžine smuči glede na BMI in telesno višino smučarjev skakalcev (pri vrednosti BMI 18,5 je bila določena maksimalna dolžina smuči na vrednost 146 % telesne višine). Danes je Mednarodna smučarska zveza določila največjo dolžino smuči na 145 % telesne višine pri povprečni vrednosti indeksa telesne mase 21 za ženske in moške. Če je vrednost BMI nižja, se za vsakih 0,125 vrednosti BMI smučke ustrezno skrajšajo. Po mnenju Oggiana in Saetrana (2008) bi se lahko poleg dolžine smuči regulirala tudi širina smuči, kar bi dalo še večji učinek. Nič se ni spremenilo pri tistih športnikih, ki so na rahlem nadpovprečju vrednosti BMI (med 21 in 23) in predstavljajo izrazito zdrav atletski tip športnikov. Tem skakalcem in skakalkam bi se morda lahko pomagalo z daljšimi smučmi in ugodnejšimi merami skakalnih dresov. Na tem področju se tako v zadnjih 18 letih stvari niso opazneje spremenile (Müller, 2009). Še vedno imajo izrazito lahki skakalci precejšnjo prednost pred težjimi skakalci (Müller, 2008). V zadnjih treh desetletjih se povprečne vrednosti indeksa telesne mase vztrajno znižujejo (Müller idr., 2006). V procesu naravne selekcije se tako zgolj zaradi povišane vrednosti BMI hitro izgubijo številni gibalno talentirani športniki in športnice.

Težava nizke vrednosti indeksa telesne mase se bo zaradi telesnih sprememb še bolj pokazala pri skakalkah. Po zaključeni puberteti deklet, po dvajsetem letu, se lahko pojavijo velike morfološke spremembe. Številna dekleta bi še lahko tekmovala, če bi se te spremembe, povezane z BMI, delno regulirale, tako kot se regulirata vpliv vetra in zaletnega mesta. S to regulacijo bi lahko v smučarskih skokih uspešno nastopali tudi tekmovalci in tekmovalke z višjimi vrednostmi BMI. V nekaterih športih so zaradi vpliva telesne teže športniki razporejeni v različne tekmovalne kategorije. V smučarskih skokih se zaradi številnih omejitev in težav to ne more zgoditi. Morda pa bi se lahko zgodilo razumnejše ovrednotenje vpliva BMI na tekmovalno uspešnost skakalcev in skakalk.

Na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev vpliva veliko vzročno-posledičnih dejavnikov. V procesu priprave smučarjev skakalcev ti dejavniki predstavljajo model sistema tekmovalne uspešnosti in celostne priprave, ki vključuje tekmovalno taktično pripravo, psihično pripravo, tehnično pripravo, specialno motorično pripravo in osnovno motorično pripravo. Namen razi-

skovalne študije je bil ugotoviti povezanost in faktorsko strukturo nekaterih dejavnikov s tekmovalno uspešnostjo smučarjev skakalcev na olimpijskih igrah v Pekingu.

Metode

V raziskavo so bili vključeni smučarji skakalci, ki so 12. 2. 2022 nastopili v prvi seriji posamičnega tekmovanja na večji skakalnici na zimskih olimpijskih igrah v Pekingu. V prvi seriji je nastopilo 50 tekmovalcev. Med njimi so bili 4 nemški tekmovalci, ki niso imeli rezultatov na vseh neodvisnih spremljivkah.

Odvisno spremljivko je predstavljal skupni dosežek, izražen v številu točk, doseženih v prvi seriji tekmovanja. Med neodvisne spremljivke so bile vključene spremljivke: dolžina skoka (m), sodniška ocena za slog (točke), zaletna hitrost (m/s), hitrost leta pri 30 m za robom odskočne mize (m/s), hitrost gibanja skakalca ob doskoku (m/s), kot med smučmi v točki 30 m za robom odskočne mize (kotne stopinje), hitrost vetra (m/s) in vetrovna izravnava (točke).

Večina podatkov je bila pridobljena iz uradnih rezultatov Mednarodne smučarske zveze FIS. Nekateri podatki so bili pridobljeni iz njihove javne objave v uradnem televizijskem prenosu. Podatki so bili obdelani s programom SPSS. Izračunani sta bili osnovna statistika vseh spremljivk in linearna korelacija med spremljivkami. V drugi fazi je bila izvedena faktorska analiza vseh spremljivk.

Rezultati in razprava

Rezultati osnovne statistične analize so prikazani v Tabeli 1.

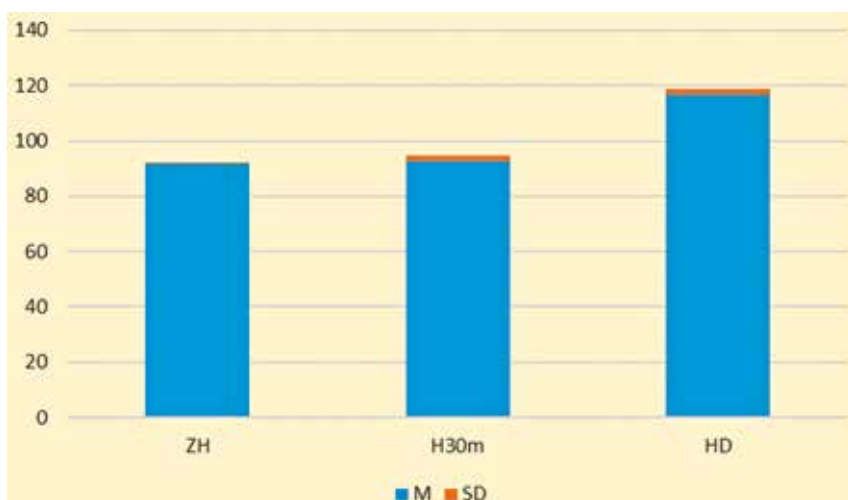
Zaletna hitrost je bila v povprečju nekoliko manjša (1,1 %) od hitrosti leta v točki 30 m za robom odskočišča (Slika 1). Se je pa hitrost pred doskokom povečala glede na zaletno hitrost za 24,8 km/h oziroma 27 %. Med letom tako v prvem delu leta ni prišlo do znatno povečane povprečne hitrosti, v osrednjem in zaključnem delu leta pa se je povprečna hitrost leta znatno povečala. Glede na zaletno hitrost se je precej povečala variabilnost hitrosti leta v točki 30 m za robom odskočišča in tudi hitrosti ob doskoku. Te razlike so povezane s kakovostjo tehnike leta smučarjev skakalcev, ki se izraža v kotu in hitrosti letenja skakalcev (Vodičar in Jošt, 2011). V osrednjem delu

Tabela 1

Osnovne statistične značilnosti spremenljivk

	Min	Max	M	SD	n
Zaletna hitrost (km/h)	90,40	92,60	91,88	0,39	50
Hitrost leta 30 m (km/h)	87,10	98,40	92,82	2,01	46
Hitrost pri doskoku (km/h)	111,90	120,30	116,68	2,38	46
Kot med smučmi (k.s.)	24,00	44,00	33,93	5,09	46
Ocena za slog (točke)	48,00	57,50	52,82	2,31	50
Hitrost vetra (m/s)	-0,14	0,19	0,009	0,07	50
Vetrovna izravnava (točke)	-6,00	1,80	-0,148	1,19	50
Dolžina skoka (m)	111,00	142,00	129,66	6,87	50
Uspešnost skoka (točke)	81,60	147,00	121,16	14,31	50

Opomba. M = aritmetična sredina, SD = standardna deviacija, Min = minimalna vrednost, Max = maksimalna vrednost, n = število merjencev



Slika 2. Odnos med zaletno hitrostjo (ZH), hitrostjo leta v točki 30 m za robom odskočišča (H30m) in hitrostjo pred doskokom (HD)

Opomba. M = aritmetična sredina, SD = standardna deviacija

leta se kot krivulje leta (kot med trajektorijo gibanja skupnega težišča telesa skakalca in horizontalno osjo) poveča in lahko doseže tudi več kot 40 kotnih stopinj. Pri vzletu skakalcev v prvih tridesetih metrih je kot letenja minimalen (od 9 do 20 kotnih stopinj). V fazi vzleta prevladuje vpliv zračnega upora, ki zmanjšuje horizontalno komponento hitrosti vzleta. V osrednjem in drugem delu leta se zaradi gravitacijskega pospeška poveča hitrost padanja skakalca, kar se kaže v povečevanju rezultante hitrosti letenja. Olimpijsko tekmovanje so izvedli na razmeroma visoki nadmorski višini (približno 1700 m), kjer je gostota zraka že bolj redka in lahko po Schmölzerju in Müllerju (2005) povzroči tudi do 20 % slabše aerodinamične pogoje leta. V teh razmerah so razlike v kakovosti tehnike letenja med skakalci še izrazitejše. Boljši skakalci ohranjajo hkrati

večjo horizontalno hitrost letenja in manjši kot letenja (Janura idr., 2011; Jošt idr., 1998; Jošt idr., 1999).

Tabela 2

Korelacijska povezanost med spremenljivkami

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Zaletna hitrost	1,00								
2 Hitrost leta 30 m	,45	1,00							
3 Hitrost pri doskoku	,09	,18	1,00						
4 Kot med smučmi	,00	,05	,02	1,00					
5 Hitrost vetra	,01	,34	-,03	-,07	1,00				
6 Vetrovna izravnava	-,09	-,50	-,02	,12	-,76	1,00			
7 Ocena za slog	,23	,28	,35	,05	,07	-,22	1,00		
8 Dolžina skoka	,32	,28	,44	-,04	-,00	-,17	,82	1,00	
9 Uspešnost skoka	,32	,26	,44	-,02	-,05	-,14	,86	,99	1,00

Opomba. Koeficienti korelacije s poudarjenim tiskom so statistično značilni, $p < 0,05$.

Zaletna hitrost je bila značilno povezana (Tabela 2) z uspešnostjo prvega skoka oziroma dolžino skoka ($r = 0,32$, $p = 0,05$). Boljši skakalci so na splošno imeli večjo zaletno hitrost. Razlike v zaletni hitrosti so posledica vpliva številnih dejavnikov (Jošt, 2009). Med temi so objektivni dejavniki (kakovost opreme skakalcev in tehnologija priprave smuč; vpliv vremenskih razmer) in subjektivni dejavniki (tehnika vožnje po zaletišču; morfološki dejavniki). Proučevanje vpliva zaletne hitrosti na dolžino skoka je bilo že predmet raziskav različnih avtorjev. Vaverka (1987) je v letih od 1973 do 1984 na vzorcu vrhunskih tekmovalcev večkrat ugotovil statistično značilen vpliv zaletne hitrosti na dolžino skoka smučarjev skakalcev. Korelacija med zaletno hitrostjo in dolžino skoka se je gibala od 0,35 do 0,48. Statistično pomemben vpliv zaletne hitrosti na dolžino skoka je ugotovil tudi Jošt (2009) v raziskavah, izvedenih leta 1983 in 1984 na reprezentativnih vzorcih najboljših skakalcev sveta. V obsežnem eksperimentu 20. 8. 2008, izvedenem na vzorcu 30 slovenskih skakalcev, pri izvedbi sedmih serij skokov v podobnih pogojih na isti skakalnici velikosti HS100m v času 2 ur, so bile ugotovljene nizke in srednje korelacije med 0,28 in 0,49 (Vodičar in Jošt, 2017). Razlike v velikosti zaletne hitrosti običajno niso več velike. Olimpijski prvak na večji skakalnici v Pekingu 2022 Marius Lindvik je imel pri analiziranem prvem skoku rahlo podpovprečno zaletno hitrost (91,6 km/h) in je dosegel drugo največjo dolžino skoka 140,5 m. Japonski skakalec Rjoju Kobajaši je bil v prvi seriji najdaljši s 142 m in je imel tudi nadpovprečno veliko zaletno hitrost 92,3 km/h. Razlika med obema vrhunskima skalcema je bila le 0,7 km/h oziroma 0,2 m/s.

Uspešnost skakalcev v prvi seriji olimpijske tekme v Pekingu 2022 je bila značilno po-

vezana s hitrostjo leta pred doskokom. Boljši skakalci so na splošno imeli večjo hitrost pri doskoku. Pri krajših skokih so imeli bolj neugodne aerodinamične dejavnike leta, ki so vplivali na zmanjšanje hitrosti leta. Boljši skakalci so v prvem delu leta sposobni višje ohranitve horizontalne komponente rezultante hitrosti leta (Virmavirta idr., 2005). Uspešnost smučarjev skakalcev ni bila v nobeni korelaciji s hitrostjo vetra in z njo povezano vetrovno izravnavo. Vpliv vetra je lahko v posamezni seriji dokaj značilen (Virmavirta in Kivekäs, 2011). Na tej olimpijski tekmi so bile vetrovne razmere dokaj umirjene in stabilne.

Seveda je bila uspešnost skakalcev v prvi seriji skokov na veliki olimpijski skakalnici najbolj povezana z dolžino skokov. Le približno dva odstotka celotne variance odvisne spremenljivke oziroma uspešnosti skakalcev sta bila odvisna od vpliva sodniškega ocenjevanja. Sodniške ocene so bile visoko povezane s spremenljivko dolžina skoka ($r = 0,82$) in končno oceno uspešnosti skoka ($r = 0,86$). Na splošno je bil le majhen delež celotne variance tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev odvisen od čistega vpliva sodniških ocen. Pri najboljših skakalcih imajo lahko sodniške ocene odločilen vpliv pri razvrstitvi na tekmovalne stopničke oziroma določitvi zmagovalca tekmovanja. Sodniki ocenjujejo predvsem razlike glede na estetsko komponento leta (te razlike niso tako značilne) ter estetsko komponento doskoka in vožnje v iztek (te razlike so praviloma precej izrazitejšje in pomembnejše). Na konkretni olimpijski tekmi so bile razlike med prvimi tremi skakalci dokaj izrazite in njihova mesta niso bila odvisna od sodniškega ocenjevanja. Na splošno je bila sodniška ocena zaradi visoke povezanosti z dolžino skoka pomembna sestavina faktorja tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev (Tabela 3).

Faktor vpliva vetra je na splošno od tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev precej neodvisen dejavnik. To pa ni nujno pri vplivu vetra na tekmovalno uspešnost pri posameznem skakalcu. Včasih se lahko zgodi, da ima posamezen skakalec veliko srečo ali pa tudi smolo z vetrom. V tem primeru se lahko to značilno pozna pri njegovi tekmovalni uvrstitvi. V prvi tekmovalni seriji na olimpijskih igrah v Pekingu na veliki skakalnici so bile razlike v tangencialni hitrosti vetra nizke (med $-0,14$ m/s in $0,19$ m/s) in ni bilo nobene korelacije z dolžino skoka. V nizkem območju delovanja hitrosti vetra so vplivi na aerodinamiko leta skakalca rela-

Tabela 3

Rezultati faktorske analize (po izvedeni poševnokotni rotaciji oblimin)

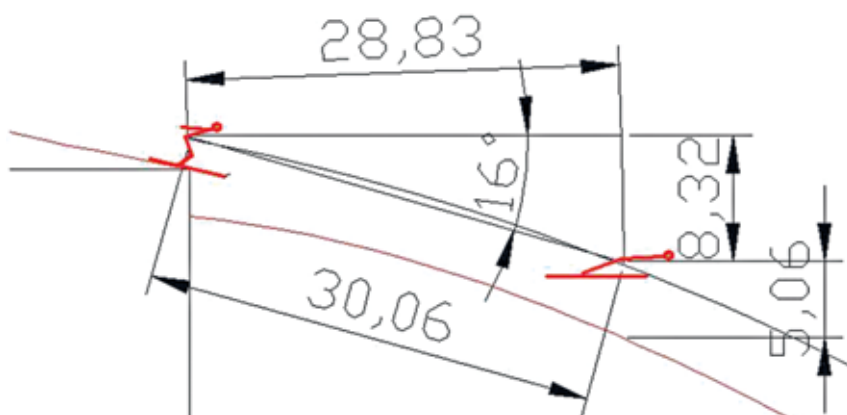
	F1	F2	F3	Kum.	r (uspešnost)
Faktor 1	Faktor tekmovalne uspešnosti				
Uspešnost skoka	0,98	-0,07	0,17	0,98	1,00
Dolžina skoka	0,97	-0,11	0,16	0,95	0,99**
Ocena za slog	0,89	-0,18	0,14	0,80	0,85**
Hitrost pri doskoku	0,53	0,00	0,09	0,28	0,44**
Faktor 2	Faktor hitrosti vetra				
Vetrovna izravnavna	-0,19	0,94	-0,04	0,89	-0,13
Hitrost vetra	-0,00	-0,92	-0,11	0,88	-0,05
Faktor 3	Faktor osnovne hitrosti gibanja skakalca med odskokom in vzletom				
Zaletna hitrost	0,27	-0,03	0,84	0,74	0,32*
Hitrost leta 30 m	0,30	-0,51	0,67	0,75	0,26
Kot med smučmi	-0,05	-0,20	0,47	0,15	-0,02
Skupaj LV (% CV)	4,5 (37,8 %)	3,4 (28,5 %)	1,2 (9,9 %)	76,2 %	
Korelacije med faktorji					
F1	1,00	0,15	0,16		
F2	0,15	1,00	-0,00		
F3	0,16	-0,00	1,00		

Opomba. LV = lastna vrednost; % CV = % pojasnjene variance; * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

tivno nizki in nepomembni. Pri večji hitrosti vetra nad 1 m/s se lahko vpliv nelinearno poveča v obeh smereh. Na olimpijski skakalnici HS140m je bil vpliv vetra v hrbet 1 m/s ocenjen s $13,07$ točke ($7,26$ m) in pri hitrosti vetra 1 m/s v prsa z $10,8$ točke ($6,0$ m). Pri vetru v prsi je vpliv hitrosti vetra pozitiven, pri vetru v hrbet pa negativen. Pri ugotavljanju dejanskega vpliva hitrosti vetra so po Virmavirti in Kivekäs (2011) nekatera vprašanja glede pravilnosti točkovnega ovrednotenja vpliva hitrosti vetra še brez odgovora. Pomen vpliva vetra narašča tudi z velikostjo skakalnice oziroma letalnice (Virmavirta idr., 2001). Na letalnici se lahko optimalna tehnika odskoka precej razlikuje od tehnike odskoka na manjših skakalnicah. Na normalnih skakalnicah (HS100m) skakalci pri odskoku z odzivno silo razvijajo vertikalno hitrost odskoka. Tako lahko dvignejo krivuljo vzleta do največ 50 cm. Na letalnici sta aerodinamični sili zračnega upora in vzgona tako veliki, da lahko smučar skakalec z njuno pomočjo v osrednjem delu leta dvigne krivuljo leta tudi za nekaj metrov. Pri tem pa seveda zmanjšuje horizontalno hitrost leta, ki kmalu povzroči povečano hitrost vertikalnega padanja in krajše polete. Umetnost odskoka skakalca na letalnici ni v povečevanju vertikalne hitrosti odskoka,

ampak v čim večjem izkoristku odzivne sile za hiter aerodinamični prehod v optimalni položaj za let. V fazi leta pa lahko na skakalca pri poletu vpliva tudi veter. Pri ekstremnem vplivu vetra lahko pri isti tehniki poleta nastanejo tudi do 100 m velike razlike v dolžini poleta.

Spremenljivka »kot med smučmi« ni bila korelacijsko značilno povezana z dolžino skoka ($r = -0,04$) niti ni bila sestavina nobene značilnega skupnega faktorja. Razpon variabilnosti kota med smučmi je bil kar izrazit (med 24 in 44 kotnimi stopinjami). V prvem delu leta, pri nizkem kotu letenja je hitro in veliko odpiranje smuči v V-položaj aerodinamično nezaželeno (Seo idr., 2004). V drugem delu leta pa se z večjim kotom med smučkama lahko doseže tudi boljša aerodinamična učinkovitost leta, seveda ob predpostavki optimalne celostne aerodinamične tehnike leta. Precej negativen vpliv na dolžino skoka ima vzdolžno »kantanje« smuči. Do kota 20 kotnih stopinj so po Mahnku in Mrossu (1992) razlike v dolžini skoka neznatne, med kotom 20 in 30 kotnih stopinj se dolžina skoka lahko rahlo zniža do 5 %, povečevanje kota »kantanja« smuči nad 20 kotnih stopinj pa lahko hitro vodi v drastično tudi do 10 % pomanjšanje dolžine skoka. V prvih 30 m vzleta na olim-



Slika 3. Simulacija krivulje vzleta smučarja skakalca na skakalnici HS140m

pijski skakalnici v Pekingu HS140m je skakalec pri povprečni hitrosti leta 92,8 km/h (25,7 m/s) preletel to razdaljo v približno 1,16 sekunde leta. Pri povprečnem kotu letenja 16 kotnih stopinj je opravil skakalec približno 28,8 m leta v horizontalni smeri in 8,32 m v vertikalni smeri leta (Slika 2).

Povprečna vertikalna hitrost leta pri vzletu je bila 7,17 m/s (26 km/h). Pri tako majhni vertikalni hitrosti leta je tudi vrednost zračnega upora v tej smeri nizka, medtem ko je v horizontalni smeri visoka. V procesu razvoja tehnike vzleta mora skakalec minimizirati silo zračnega upora na smučeh v horizontalni smeri leta. To doseže tako, da smuči čim hitreje postavi v horizontalni položaj in jih potem tudi poskuša ves čas leta obdržati v tem položaju. V tem času smučki zvezno postavi v V-položaj s kotom približno 30 kotnih stopinj s čim manjšim vzdolžnim »kantanjem« smuči. Na letalnici je pravilna postavitev smuči pri vzletu še pomembnejša (Jošt idr., 2013). Seveda pa je potrebna vedno optimalna celostna tehnika vzleta in leta, ki vključuje celotno postavitev telesa skakalca in smuči.

Zaključek

Tekmovalna uspešnost smučarjev skakalcev predstavlja dokaj kompleksen in zapleten sistem številnih dejavnikov, ki delujejo v določenem času in prostoru. Možnost celostnega proučevanja strukture teh dejavnikov je zaradi njihovega števila in vsebinske raznovrstnosti otežena. Na zimskih olimpijskih igrah v Pekingu 2022 so slovenski smučarji skakalci in skakalke dosegli največji uspeh na dosedanjih zimskih olimpijskih igrah. Slovenija je bila najuspešnejša država v smučarskih skokih. Na posamičnem tekmovalstvu na veliki skakalnici je bila v prvi seriji proučevana struktura izbranih

spremenljivk, ki hipotetično lahko vplivajo na uspešnost smučarjev skakalcev.

Zaletna hitrost je bila na meji značilne korelacije z uspešnostjo smučarjev skakalcev ($r = 0,32$; $p = 0,05$). Boljši skakalci so imeli na splošno nekoliko večjo zaletno hitrost, ki pa ni bila izrazito široko variabilna spremenljivka. V zadnjih treh desetletjih so korelacije med zaletno hitrostjo in dolžino skokov stalno na robu statistične značilnosti. Zaradi uvedbe faktorja zaletnega mesta je proučevanje povezanosti oteženo, ker skakalci lahko skačejo pri posamezni tekmovalni seriji z različnih zaletnih mest.

Hitrost vzleta pri 30 m za robom odskočne mize ni bila značilno povezana s tekmovalno uspešnostjo. Razlike med skakalci pri tej hitrosti so bile precej večje kot pri zaletni hitrosti. Pri vzletu dominira horizontalna komponenta rezultante hitrosti leta. Ta pa ni bila izmerjena in bi hipotetično lahko že značilno diferencirala boljše in slabše skakalce. Najboljši skakalci so sposobni ohranjati večjo horizontalno hitrost leta in letijo pri manjšem kotu letenja.

Hitrost pri doskoku je bila statistično značilno povezana s tekmovalno uspešnostjo smučarjev skakalcev ($r = 0,44$; $p = 0,01$). Slabši skakalci so pri krajših skokih bolj izgubljali hitrost leta, ker so bili hipotetično bolj izpostavljeni zračnemu uporu. Ta še zlasti negativno deluje v prvi polovici leta skakalcev. V drugem delu leta se kot letenja poveča (tudi do 45 kotnih stopinj) in zaradi gravitacijskega pospeška se povečuje tudi rezultanta hitrosti leta.

Spremenljivka »kot med smučkama« v točki 30 m za robom odskočne mize ni imela nobene korelacije s tekmovalno uspešnostjo skakalcev. Med skakalci so bile izmerjene kar velike razlike med 24 in 44 kotnimi stopinjami. V fazi vzleta hitro odpiranje smuči

ni potrebno. Bolj morajo skakalci paziti, da pri zveznem poteku odpiranja smuči (do kota približno 30 kotnih stopinj) ne naredijo vzdolžnega obračanja smuči (»kantanja« smuči). Kadar je takšno obračanje večje od 20 kotnih stopinj, se aerodinamična učinkovitost leta lahko precej poslabša.

Vetrovne razmere v prvi tekmovalni seriji niso vplivale na tekmovalno uspešnost skakalcev. Korelacije ni bilo. Tekmovalci so imeli idealne vetrovne razmere za izvedbo skokov. Tako pravične vetrovne razmere pa niso vedno prisotne. Včasih lahko ekstremnejše vetrovne razmere močno krojijo tekmovalno uspešnost pri posamezni tekmovalni seriji. Še vedno niso povsem znane merske karakteristike pri sedanji metodi merjenja in izračunavanja vpliva vetra. Nekateri strokovnjaki predpostavljajo možnost obstoja nelinearnih odnosov še zlasti pri močnejšem vetru. Sedanja metoda določanja vpliva vetra pa je po mnenju večine precej boljša, kot pa če je ne bi bilo.

Sodniške ocene za slog so bile močno povezane z dolžino skoka in posledično končno tekmovalno uspešnostjo smučarjev skakalcev. Skakalci z večjimi dolžinami skokov so na splošno dobili tudi višje ocene. V majhnem delu celotne variance tekmovalne uspešnosti vedno obstaja neodvisen faktor ocene za slog, ki ni povezan z dolžino skoka. To je del ocene, ki jo sodniki določijo v fazi doskoka in vožnje v iztek. V izbrani tekmovalni seriji sodniške ocene niso vplivale na vrstni red tekmovalcev, ki so osvojili olimpijske kolajne.

Na podlagi rezultatov raziskovalne študije so pridobljena nekatera dragocena spoznanja, ki bodo prispevala k nadaljnjemu razvoju modela sistema tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev. Nova metoda merjenja hitrosti vzleta in hitrosti pri doskoku je prinesla nove informacije o poteku hitrosti vzleta in leta. Vendar pa je treba podatke teh meritev razumeti z velikimi vsebinskimi omejitvami in zadržki. Hitrost leta skakalcev je v vsakem trenutku vektorska količina, ki je povezana z velikostjo in smerjo letenja. Natančnejša objektivna ocena vektorja hitrosti leta je mogoča le ob hkratnem poznavanju obeh vektorskih komponent.

Tekmovalna uspešnost smučarjev skakalcev odpira vedno znova nova vprašanja, ki so pomembna za razvoj te priljubljene olimpijske športne zvrsti. Še vedno je tekmovalna uspešnost preveč pod vplivom nizke telesne teže oziroma indeksa telesne

mase. Mednarodna smučarska zveza je zaustavila prekomerno zniževanje telesne teže, ki je v preteklosti že vodilo k podhranjenosti smučarjev skakalcev. Rešen je zdravstveni vidik problema telesne teže, ni pa razrešen tisti bistveni športnotekmovalni vidik. Brez odgovora pa je vprašanje spremembe pravil, ki bi omogočala enakovredno tekmovalno uspešnost tudi mladim športnikom, ki imajo vrednost indeksa telesne mase do 25. To so lahko mladi skakalci z odličnim atletskim morfološko-motoričnim profilom. Ker pa imajo le za nekaj kilogramov višjo telesno težo, se jim sposobnost učinkovitega letenja precej zmanjša. Tega primanjkljaja pa težji skakalci in skakalke ne morejo nadomestiti z boljšimi motoričnimi sposobnostmi in z dovršeno tehniko skoka. Zaradi velike morfološke selekcije je v smučarskih skokih vse manj mladih športnikov in športnic. Rešitev tega problema je v povečanju števila novih mladih smučarjev skakalcev in skalk, ki jih je treba vključiti v sistem treniranja tako, da bodo pri tem lahko nekoč tudi tekmovalno uspešni.

Literatura

- Janura, M., Cabell, I., Svoboda, Z., Elfmark, M. in Zahalka, F. (2011). Kinematic analysis of the take-off and start of the early flight phase on a large hill (HS-134m) during the nordic world ski championships. *Journal of Human Kinetics*, 27, 5–16.
- Jošt, B. (2009). *Teorija in metodika smučarskih skokov (Theorie and Methodik of Skijumping)*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport.
- Jošt, B., Vaverka, F., Kugovnik, O. in Čoh, M. (1998). Differences in selected kinematic flight parameters of the most and the least successful ski jumpers of the 1996 world cup competition in Innsbruck. *Biology of sport*, 15(4), 245–251.
- Jošt, B., Čoh, M., Pustovrh, J. in Ulaga, M. (1999). Analysis of the selected kinematic variables of the take off in ski jumps in the finals of the world cup at Planica 1999. *Kinesiology Slovenica*, 5(1–2), 17–25.
- Jošt, B., Čoh, M. in Vodičar, J. (2013). *Design of a Ski flying hill with the profile HS300m*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Jošt, B., Čoh, M., Čuk, I. in Vodičar, J. (2016). *Expert modelling of athlete Sport performance Systems*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.
- Mahnke, R. in Mross, H. (1992). *Windkanaluntersuchungen Ergebniszusammenstellung (Kurzauswertung)*. Dresden/Klotzsche 18.-22.5.1992.
- Müller, W. (2008). Performance factors in ski jumping. *Sport Aerodynamics*, 506, 139–160.
- Müller, W. (2009). Determinants of ski-jump performance and implications for health, safety and fairness. *Sports medicine*, 39(2), 85–106.
- Müller, W., Gröschl, W., Müller, R. in Sudi, K. (2006). Underweight in ski jumping: the solution of the problem. *International Journal of Sports Medicine*, 27(11), 926–934.
- Oggiano, L. in Saetran, L. (2008). Effects of Body Weight on Ski Jumping Performances under the New Fis Rules (P3). *The Engineering of Sport 7*, 1, 1–9.
- Schmölzer, B. in Müller W. (2005). Individual flight styles in ski jumping: results obtained during Olympic Games competitions. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 1055–1065.
- Seo, K., Murakami, M. in Yoshida, K. (2004). Optimal flight technique for V-style ski jumping. *Sports Engineering*, 7(2), 97–104.
- Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžich*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Virmavirta, M., Kivekäs, J. in Komi, P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 34(4), 465–470.
- Virmavirta, M., Isolehto, J., Komi, P., Brüggemann, G.P., Müller, E. in Schwameder, H. (2005). Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition. *Journal of Biomechanics*, 38(11), 2157–2163.
- Virmavirta, M. in Kivekäs, J. (2011). The effect of wind on jumping distance in skijumping – fairness assessed. *Sport Biomechanics (1)*, 1–12. DOI:10.1080/14763141.2011.637119.
- Vodičar, J. in Jošt, B. (2011). The relationship between selected kinematic parameters and length of jumps of the ski-flying competition. *Kinesiology*, 43(1), 74–81.
- Vodičar, J. in Jošt, B. (2017). Reliability and Validity of the Skijumping Technique Factors. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Prof. dr. Bojan Jošt

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport,
bojan.jost@fsp.uni-lj.si