



Bojan Jošt

Ali je linearno ovrednotenje vpliva vetra na dolžino skoka smučarjev skakalcev res ustrezno?

Izvleček

Na dolžino skoka smučarjev skakalcev lahko značilno vpliva veter. Mednarodna smučarska zveza FIS je leta 2010 uvedla novo metodo za ovrednotenje vpliva vetra na dolžino skoka. Ta metoda se je nenehno malenkostno spreminjala. Tudi v zadnji sezoni 2022/2023 je občasno prišlo do značilnih vplivov vetra na dolžino skokov. Na tekmi svetovnega pokala v Willingenu 3. 2. 2023 je slovenski skakalec Timi Zajc poletel kar 161,5 m. Njegova dolžina je za 14,5 m preseгла velikost skakalnice (147 m) in za 8,5 m takratni rekord skakalnice (153 m). Analiza njegovih šestih skokov na tej skakalnici je pokazala, da je mogoče to ekstremno daljavo pripisati predvsem vplivu vetra in ne bistveno drugačnemu skoku skakalca. Pri izračunu korekcijskih točk dolžine skoka zaradi vpliva vetra se hipotetično kaže vse večja težava pri uporabi sedanjega linearnega modela. Kot kažejo nekateri empirični in teoretični argumenti, bi bil pri ovrednotenju vpliva tangentnega vetra ustrežnejši nelinearni model izračuna korekcijskih točk dolžine skoka. V tej študiji uporabljena aproksimativna nelinearna metoda ovrednotenja vpliva tangentnega vetra se je na tem praktičnem primeru izkazala za precej bolj pravilno in natančno metodo ocene korigirane dolžine skoka. Vse bolj se kaže, da sedanja uradna linearna metoda ocene vetrovne korekcije FIS ni več ustrezna in da prihaja čas za njeno spremembo.

Ključne besede: smučarski skoki, dolžina skoka, vpliv vetra.



Is a linear evaluation of the effect of wind on ski jumpers' jump length really appropriate?

Abstract

The length of a ski jumper's jump can be typically influenced by the wind. In 2010, the International Ski and Snowboard Federation (FIS) introduced a new method to evaluate the effect of wind on jump length. This method has undergone minor changes. In the last 2022/2023 season, too, there were occasional significant influences of wind on jump length. At the World Cup in Willingen on 3 February 2023, the Slovenian jumper Timi Zajc jumped 161.5 m. His jump length exceeded the size of the 147 m hill by 14.5 m and beat the current hill record of 153 m by 8.5 m. An analysis of his six jumps on this hill shows that this extreme distance can be mainly attributed to the effect of the wind and not to a fundamentally different jump by the jumper himself. In the calculation of the correction points for the length of the jump due to the effect of the wind, a hypothetical problem is becoming more and more apparent when using the current linear model. As suggested by some empirical and theoretical arguments, a non-linear model for the calculation of jump length correction points would be more appropriate when evaluating the effect of tangential wind. The approximate non-linear method used in this study to evaluate the effect of tangential wind proved to be a much fairer and more accurate method of estimating the corrected jump length in this practical example. It is becoming increasingly apparent that the current official FIS linear method of evaluating wind correction is no longer appropriate and that it is high time it was changed.

Key words: ski jumping, jump length, effect of wind

Uvod

Mednarodna smučarska zveza FIS je leta 2010 na najvišji ravni tekmovalnj prvič poskusno uporabila nov sistem ovrednotenja tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev. Sprememba je nastala pri ovrednotenju dolžine skoka zaradi vpliva vetra in spremembe zaletnega mesta v posamezni tekmovalni seriji.

Mednarodna smučarska zveza je omenjeno metodo uporabila zaradi naslednjih dveh ključnih razlogov:

- Zaletno mesto se lahko v posamezni seriji spremeni (ni več ponovitev serije pri predolgih skokih).
- Dolžina skoka se ob upoštevanju vpliva vetra lahko pravičneje določi glede na gibarno-tehnično uspešnost skakalca.

Uspešnost skakalca pri enem skoku predstavljata dolžina skoka in ocena za slog. Dolžina skoka predstavlja dominanten del tekmovalne uspešnosti smučarja skakalca. Na realno dolžino skoka lahko poleg številnih drugih dejavnikov močno vpliva tudi veter. Ta se pojavlja nepričakovano ter lahko učinkuje z različno hitrostjo in smerjo. Na podlagi meritev vpliva vetra in opravljenih simulacij vpliva vetra na dolžino skokov je bila arbitrarno določena metoda za ovrednotenje dolžine skoka zaradi vpliva vetra. Tako se potem izračuna točke korigirane dolžine skoka. Uporabi se formula:

$\Delta w = \text{TWG} \times \text{FVS}$, pri čemer pomeni:

- Δw – sprememba točk dolžine skoka, povzročena zaradi učinka vetra na dolžino skoka (m);
- TWG – hitrost vetra tangencialno – povprečna vrednost (m/s);
- FVS – faktor vpliva oziroma utež hitrosti vetra zaradi velikosti skakalnice.

Faktor vpliva hitrosti vetra (FVS) se zaradi velikosti skakalnice praviloma izračuna po formuli:

$\text{FVS} = (\text{HS} - 36)/20$, pri čemer je

- HS – velikost skakalnice (angl. hill size) (m).

Primer izračuna:

Velikost skakalnice HS = 130 m, dolžina skoka DS = 119,5 m, veter v hrbet je – 1,00 m/s

$\Delta w = 1,00 \times [(130 - 36)/20] = 1,00 \times 4,7 = +4,7$ točke

V končni seštevek ocene skoka se zaradi vetra v hrbet prišteje +4,7 točke.

Izračun vpliva vetra na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev je narejen na predpostavki učinkovanja vetra v tangentialni smeri glede na krivuljo leta smučarjev skakalcev. Če veter učinkuje v hrbet skakalca, se točke za dolžino skoka prištejejo, če deluje v prsi, se točke za dolžino skoka odštejejo.

Pri metodi za ovrednotenje vpliva vetra so se v 12 letih njene uporabe odprla številna vprašanja in dileme o njeni natančnosti in pravičnosti. Na to so v svojem članku opozorili tudi priznani raziskovalci vpliva vetra na dolžino skokov (Jung, Müller in Virmavirta, 2021). Logika uporabe metode je precej jasna in tudi razumljiva. Vendar pa so okoliščine v praksi, še zlasti pri močnem turbulentnem vetrovnem ozračju, precej kompleksne, zapletene in občasno težko razumljive. Na nekaterih tekmovaljih so se pojavile nejasnosti in nerazumevanje učinkov te metode v praksi. Vodstvo tekmovalja je včasih pod velikim pritiskom, ko mora v slabih vetrovnih razmerah izvesti tekmovalje, če ne drugače, vsaj v eni seriji. Vsako tekmovalje naj bi se seveda v doglednem času tudi izvedlo, kar je tudi osnovni smisel in namen tekmovalja. Da je treba sedanjo metodo FIS za regulacijo vpliva vetra še dopolnjevati, ugotavljata v svojem članku tudi Virmavirta in Kiveskas (2022).

Problematika vpliva vetra na dolžino skokov je prav gotovo kompleksna in stalno odpira nova vprašanja z naslednjih zornih kotov:

- Ali se tangentialna smer hitrosti vetra na različnih delih skakalnice kaže z vidika optimiziranja dolžine skoka različno? V prvem delu leta pri nizkem kotu med tangento leta in horizontalno osjo (do približno 20 kotnih stopinj) je aerodinamična situacija po Barnesu, Tuplinu in Duncanu (2022) povsem drugačna kot v zaključnem delu leta, kjer skakalci lahko letijo pri kotu do 40 kotnih stopinj. Na majhnih skakalnicah morda te spremembe niso značilne. Na letalnicah pa imajo močan vpliv na dolžino poletov. Izračun temelji na povprečju in ne upošteva omenjenih razlik. Končni izračun vpliva vetra mora bolj upoštevati specifičnost posameznih točk glede na doseženo dolžino skoka oziroma poleta.
- Kaj pomeni upoštevani tangentialni kot leta glede na izrazito variabilnost kota letenja skakalca predvsem v osrednjem delu leta? Skakalci letijo pri različnih kotih in lahko manj ali bolj individualno odstopajo od splošno določenega kota tangente

na krivuljo leta (Jošt, Kugovnik, Strojnik in Colja, 1997). Na planiški letalnici v osrednjem delu leta pri 120 m najboljši skakalci letijo pri kotu letenja 35 kotnih stopinj in najslabši skakalci pri kotu 45 kotnih stopinj (Jošt, 2010).

- Ali je izračunana vrednost učinkovanja vetra v tangentialni smeri res optimalna in enakovredna? Delovanje vetra je praviloma kompleksno oziroma večsmerno. Tangencialni veter se izračuna matematično glede na hipotetično skupno komponento sile vetra. V realnosti so razmere pri isti izračunani vrednosti v tangencialni smeri lahko za skakalce precej različne. Pri isti izračunani vrednosti korekcijskih točk so bili nekateri skakalci popolnoma nemočni in so dosegli precej krajše skoke (vzrok je bil verjetno v močnem stranskem vetru in turbulentnem zračnem toku, povezanem z njim).
- Kolikšne so pomanjkljivosti in napake izmere učinkovanja vetra glede na dejansko krivuljo leta smučarja skakalca? Osnovni protokol meritev je predpisala FIS. Smer in hitrost tangencialnega vetra se izmerita in izračunata za vsakega skakalca posebej v realnem času leta v ločenih točkah na približni višini krivulje leta vzdolž doskočišča skakalnice (manjše skakalnice 5 merilnih točk, večje skakalnice 7 merilnih točk). Vsak senzor (anemometer) popolnoma neodvisno izmeri smer in velikost vetra. Dobljeni vektor na posameznem senzorju se potem preračuna v skupni tangencialni vektor vpliva hitrosti vetra (m/s) na dolžino skoka. Pri tem se upoštevajo samo senzori, postavljeni v območju dosežene dolžine skoka. Pri nadaljših skokih prek točke K se vedno upoštevajo rezultati merjenja vseh senzorjev. Pri končnem izračunu se pri vsakem senzorju upoštevajo specifične hipotetične vpliva vetra na dolžino skoka. Te ocene vpliva prsno-hrbtne vetra temeljijo na predpostavki laminarnega zračnega toka, ki poteka v tangencialni smeri krivulje leta. Na prvem senzorju v prvem delu leta je pomen prsno-hrbtne vetra bistveno drugačen kot na zadnjem senzorju v območju K-točke skakalnice. Na podlagi velikosti vetra v tangencialni smeri v vseh merilnih točkah se nato izračuna povprečna vrednost hitrosti vetra v tangencialni smeri. Tako dobljena vrednost služi za izračun korekcije dolžine skoka. Omenjena hipotetična matematična metoda je lahko v praksi dovolj natančna le pri predpostavki laminarnega

zračnega toka, ki naj bi potekal čim bolj v smeri tangencialnega kota krivulje leta skakalca. Takšnih primerov pa je v praksi malo, verjetno so res le izjemni in posamični. Pri nekaterih tekmovalnih serijah so vetrovne okoliščine bolj umirjene, na nekaterih pa so lahko izjemno turbulentne. Na vsakem merilnem senzorju se v določenem trenutku izmerita smer in velikost vetra. Gre za vektorsko količino, ki se potem matematično preračuna v vektor tangencialne hitrosti vetra. Na podlagi ponderirane vrednosti vpliva hitrosti tangencialnega vetra v vseh merilnih točkah se izračuna povprečna vrednost hitrosti vetra v tangencialni smeri. Tako dobljena vrednost služi za izračun korekcije dolžine skoka. Pri izmeri hitrosti vetra lahko nastanejo večje napake zaradi omejenega prostorskega točkovnega zajema podatkov o vetru. Na letalnicah je lahko na različnih prostorskih točkah nad doskočiščem različen vpliv vetra, ki ga točkovni senzorji ob skakalnici ne zaznajo. Točkovni senzorji hitrosti vetra ne merijo te spremenljivke v osi krivulje leta skakalca. Na letalnici so lahko odmaknjeni od osi krivulje leta tudi več kot 10 m. Natančna izmera vetrovnih okoliščin v točki krivulje leta na skakalnici ni mogoča. Dva skakalca imata pri isti izračunani vrednosti tangencialne hitrosti vetra popolnoma različne vetrovne okoliščine. Te pa lahko v praktični situaciji značilno izboljšajo ali poslabšajo aerodinamične značilnosti leta. Merilni senzorji so postavljeni vzdolž doskočišča skakalnice oziroma letalnice ob strani hrbišča skakalnice in ne na vzdolžni osi krivulje leta skakalca. Z velikostjo skakalnice se povečuje širina doskočišča in s tem tudi območja meritev vetrovnih razmer. Na večji skakalnici je lahko širina postavitve senzorjev med 20 m in 25 m, na letalnici pa med 25 m in 45 m. Na takšni širini se lahko v turbulentnih vetrovnih okoliščinah pojavijo velike razlike v posameznih delih doskočišča skakalnice. Lahko je velikost tangencialnega vetra v predelu osi dejanske krivulje leta precej drugačna, kot se izmeri na najbližjem senzorju.

- Ali je časovni zajem podatkov o vplivu vetra optimalen? Ob turbulentnih vetrovnih razmerah se lahko pojavi tudi problem območja časa meritev. Ko skakalec dobi znak, da lahko skoči, in do trenutka, ko doseže območje prvega senzorja, lahko mine tudi do 20 sekund. V tem času se lahko vetrovne razmere na skakalnici občutno spremenijo. Vodstvo tekmovanja običajno čaka, da se vetrovne razmere

umirijo toliko, da se lahko dovoli štart tekmovalca. Kaj se bo zares zgodilo v turbulentnih vetrovnih razmerah, pa ostaja velika neznanka. Na zadnjem svetovnem prvenstvu v smučarskih skokih v Planici 2023 so bile na moški posamični tekmi na manjši skakalnici HS 100 m precej turbulentne razmere v obeh tekmovalnih serijah. Med trenerji in poznavalci smučarskih skokov se je pojavil bolj ali manj upravičeni dvom o korektnosti dosežkov smučarjev skakalcev na tem tekmovanju. Trenerji in tekmovalci se vse bolj zavedajo, da so lahko rezultati na tekmi tudi pod visokim vplivom slučajnih vetrovnih razmer, ki je do tekmovalcev lahko pozitiven ali pa tudi negativen. Delež srečnih okoliščin je lahko pri vsaki tekmovalni seriji povsem različen ter ob predpostavki nenamernega protežiranja posameznih tekmovalcev tudi povsem nepredvidljiv in slučajen. To pa v praksi pomeni, da ima posamezen skakalec v nekaterih tekmovalnih serijah pač srečo, pri nekaterih pa smolo. Seveda je želja vodstev tekmovanj in športne javnosti, da bi bile razmere za vse skakalce čim bolj enakovredne in poštene. Samo takrat bodo lahko zmagali resnično najboljši tekmovalci. To pa se lahko v praktični situaciji turbulentnega vetrovnega ozračja pokaže le kot želja in vrednota, ki pa je žal daleč od dejanske praktične realnosti na skakalnici.

- Ali bi se morale pri izračunu korekcijskih točk dolžine skoka upoštevati tudi značilnosti zračnega toka? V laminarnem zračnem toku je skakalcu lažje in učinkoviteje leteti kot v močnem turbulentnem zračnem toku. Močne turbulence ne vplivajo samo na dolžino skoka, ampak tudi na stabilnost položaja sistema skakalec-smučič med letom. To pa pomeni tudi vpliv na varnost poleta. Na letalnicah se lahko med poletom precej spreminjajo značilnosti zračnega toka pri istem skakalcu v različnih segmentih poleta (Jošt, Čoh in Vodičar, 2013). Te spremembe niso upoštevane in se vedno izračunajo kot povprečne vrednosti.
- V kolikšni meri povzročajo vetrovne okoliščine tudi subjektivne pritiske na smučarje skakalce? Izračun korekcijskih točk temelji le na objektivni oceni smeri in velikosti sile vetra. Ne upošteva pa subjektivnih okoliščin, ki jih sprožajo različne situacije. Izvesti optimalno tehniko odskoka in leta pri močnem vetru v hrbet je mnogo težje kot pri močnem vetru v prsi. To je na primer tako, kot bi košarkar-

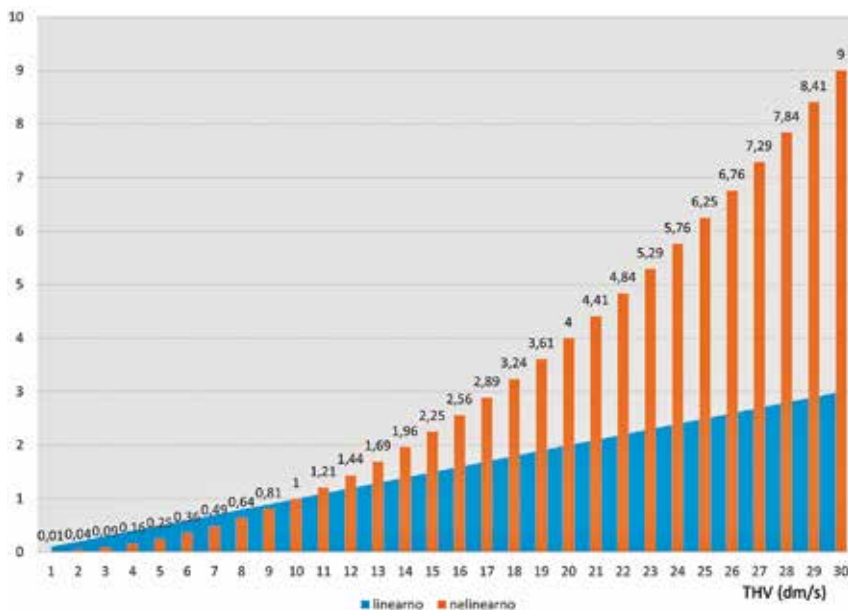
ju pri prostih metih povečali težo žoge (verjetno bi povsem drugače zadeval pri uporabi trikrat težje žoge). S tega zornega kota je FIS že linearno povečala ponder vpliva vetra v hrbet.

- Ali bi moral izračun korekcijskih točk dolžine skoka upoštevati tudi morfološke značilnosti sistema skakalec-smučič? Na učinkovitost leta močno vpliva spremenljivka indeks telesne mase BMI (Schmolzer in Müller, 2002). FIS predpisuje velikost dresov le po zunanjih telesnih merah, ne upošteva pa telesne teže ali BMI. Skakalci z višjo vrednostjo BMI bi lahko imeli nekoliko večji dres ali pa bi lahko dobili posebne točke za faktor vpliva BMI, s čimer bi bili bolj konkurenčni lažjim skakalcem. Pri izvedbi skoka je indeks telesne mase povezan tudi s skalalnim dresom. Ta je znova glede geometrijskih mer povezan s telesnimi merami. Pri tem pa se ne upoštevata indeks telesne mase in telesna teža skakalcev. Po drugi strani pa FIS določa dolžino smučič glede na BMI. Vpliv dolžine smučič na dolžino skoka pa je v primerjavi z vplivom skalalnega dresa precej manjši.

- Ali bi moral izračun korekcijskih točk dolžine skoka temeljiti na nelinearni metodi izračuna? Skakalci letijo na skakalnici z določeno hitrostjo, odvisno od velikosti skakalnice. Vsak položaj leta skakalca ima svojo aerodinamično učinkovitost. Ta je odvisna od aerodinamičnih sil med letom seveda v povezavi s hitrostjo letenja, ki učinke teh sil povečuje ali zmanjšuje s kvadratno funkcijo (Seo, Murakami in Yoshida, 2004; Virmavirta, Kiveskas in Komi, 2001; Virmavirta, Isolehto, Komi, Bruggemann, Muller in Schwameder, 2005).

Namen te študije je na podlagi raziskovanja nekaterih primerov smučarskih skokov odgovoriti na vprašanje, ali je današnja linearna metoda za ovrednotenje tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev zaradi vpliva vetra res dovolj ustrezna ali bi bila morda primernejša metoda nelinearnega vpliva.

Današnja metoda za ovrednotenje vpliva smeri in hitrosti vetra na dolžino skoka temelji na določanju linearnega koeficienta vpliva vetra v hipotetični tangencialni smeri letenja skakalca. Tangenta na krivuljo leta pomeni premico, ki se dani krivulji v določenem območju točke merjenja najbolje prilega oziroma najboljše aproksimira krivuljo leta. Pri iskanju čim bolj poštene enačbe za ovrednotenje vpliva vetra na dolžino



Slika 1. Odnos med linearnim in nelinearnim modelom pri ovrednotenju vpliva tangentnega vetra
Opomba. THV = tangentna hitrost vetra (dm/s).

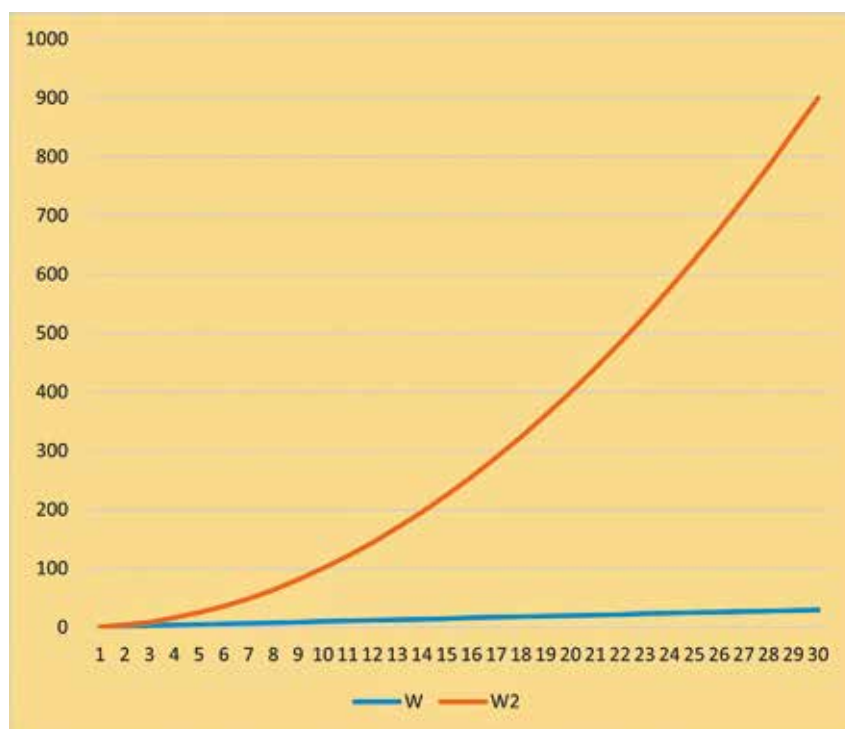
skokov so mogoče še kakšne modifikacije sedanje linearne metode. Prva dilema se pojavlja z vidika linearnosti oziroma nelinearnosti vpliva hitrosti vetra. Sedanja metoda temelji na predpostavki povsem linearnega vpliva tangencialne hitrosti vetra. Na Sliki 1 je razviden odnos med linearnim in možnim kvadratnim nelinearnim modelom vpliva velikosti tangentne hitrosti vetra. Pri nelinearnem modelu bi se pri izračunu upoštevalo kvadrirano vrednost tangentne hitrosti vetra (W^2).

Vrednosti uteži vetrovne izravnave se do hitrosti vetra 1m/s občutno ne razlikujejo. Pri naraščanju velikosti tangencialne hitrosti vetra nad 1,0 m/s se razlike v utežeh vpliva hitrosti vetra vse hitreje povečujejo. Pri hitrosti tangentnega vetra 2,0 m/s je razlika v velikosti uteži že dvakratna in pri hitrost 3 m/s kar trikratna. FIS je prve spremembe pri ovrednotenju učinkov tangentnega vetra storila pri ovrednotenju števila točk vetrovne izravnave po linearni metodi. To bi bil prav gotovo primeren pristop, če bi bili odnosi pri ovrednotenju vetrovne izravnave res linearni. Učinki aerodinamičnih sil se na splošno spreminjajo s kvadratom hitrosti gibanja zraka. Torej gre za nelinearno spreminjanje velikosti aerodinamičnih sil, ki pa značilno vplivajo na tehniko leta smučarjev skakalcev. Do vrednosti tangentne hitrosti vetra 0,3 m/s sta si modela precej podobna (Slika 2). S povečevanjem tangentne hitrosti vetra nad 0,3 m/s pa se modela vse bolj

razlikujeta. Še najbolj se njuna razlika pokaže pri ekstremnem vplivu vetra na večjih skakalnicah in letalnicah, pri čemer sedanji linearni model ni več realen pokazatelj dejanskega učinka tangentnega vetra.

Z velikostjo osnovne hitrosti gibanja skakalca se po Vaverki (1987) spreminja inercialni sistem delujočih sil na skakalca. Učinki aerodinamičnih sil na manjših skakalnicah so mnogo manjši kot na velikih skakalnicah. Na letalnicah pa so učinki aerodinamičnih sil še mnogo višji kot na sedanjih največjih skakalnicah. Zaradi tega je težava linearne in nelinearne ovrednotenja še najbolj očitna pri določanju vetrovnih odbitkov na letalnicah. Razlike v dolžini poletov so hipotetično lahko pri istem skakalcu pri enakem poletu pri velikosti prsno-hrbtnege vetra ($W = 2 \text{ m/s}$) v tangentsni smeri krivulje leta tudi do 100 m. Pri ugodnem vetru bi na povečani letalnici HS 300 m lahko nekateri letalci, pri sedanji zaletni hitrosti, že poleteli tudi čez 300 m (Jošt, 2010). Razvoj najdaljših poletov je in bo odvisen predvsem od razmer, v katerih bo vodstvo tekovanja dovoljevalo izvedbo poletov. Na letalnicah se bo verjetno prav faktor vpliva vetra v tangentsni smeri leta izkazal kot najpomembnejši dejavnik razvoja najdaljših poletov.

Pri ovrednotenju vpliva tangentnega vetra je treba upoštevati tudi kakovost tehnike smučarjev skakalcev. Slabši skakalci imajo povsem drugo aerodinamiko leta kot najboljši skakalci. Če bi določili kompromisno



Slika 2. Učinki aerodinamičnih sil se hipotetično spreminjajo s kvadratom hitrosti gibanja zraka ali telesa skakalca in opreme
Opomba. W = velikost tangentne hitrosti vetra (dm/s); W² = kvadrirana vrednost W pri nelinearnem modelu.

povprečno varianto določanja meril in kriterijev za ovrednotenje vetrovnih odbitkov, bi tako storili škodo predvsem najboljšim skakalcem. Ti običajno skačejo v območje velikosti skakalnice oziroma letalnice in se zaradi tega izpostavljajo veliki nevarnosti, še zlasti če poletijo daleč prek te točke v spodnji prehodni lok letalnice. Tam so nakloni doskočišča manjši in se potem lahko zelo hitro večkratno povečajo pritiski ob doskoku (Jošt, Supej in Vodičar, 2022). Pri ovrednotenju odbitnih vetrovnih točk bi morala arbitrarna ocena temeljiti predvsem na potencialni kakovosti leta najboljših smučarjev skakalcev. Pri izvedbi tekmovanj ima vodstvo tekmovanja pri uporabi linearne metode ovrednotenja tangentialnega vetra večkrat problem natančne objektivne ocene vetrovnih okoliščin na letalnici. Pri tem pa ne gre več le za vprašanje okoliščin z vidika enakovrednega doseganja dolžine skoka, ampak predvsem za vprašanje še varnih razmer, pri katerih bo polet izveden. Napačna presoja vodstva tekmovanja se lahko izrazi v nevarnem poteku poleta, ki se praviloma konča z nerazumno dolgim ali kratkim poletom. To pri ekstremno dolgem poletu prek točke velikosti skakalnice povzroči hude težave skakalca pri doskoku. Težavne situacije se lahko še prej pojavijo pri turbulentnem ozračju, kjer je vodenje tekmovalne serije najtežje. V določenem trenutku lahko posamezni skakalci naletijo na izjemno ugodne ali neugodne vetrovne razmere, ki potem popolnoma nepričakovano povzročijo ekstremno dolge ali kratke skoke. Skakalci še sami ne vedo, zakaj so poleteli tako malo ali tako daleč. Danes so skakalci že ozaveščeni, da pri predolgi poletih pravočasno skrajšajo dolžino skoka. Tako pri doskoku ni prevelikih težav in nevarnosti padca. Te situacije se seveda na tekmovanjih pojavijo predvsem pri najboljših skakalcih oziroma letalcih. To so skakalci, ki lahko letijo pri manjših vpadnih kotih krivulje leta. Najboljši skakalci so potencialno bolj izpostavljeni ugodnim učinkom tangencialne hitrosti vetra. Med takšnimi letalci na smučeh je prav gotovo tudi 22-letni slovenski skakalec Timi Zajc. Gre za odličnega skakalca, ki v ugodnih okoliščinah leta lahko poleti daleč prek velikosti skakalnice oziroma letalnice. V sezoni 2022/2023 je 3. 3. 2023 postal v precej enakovrednih vetrovnih razmerah svetovni prvak na večji skakalnici HS 138 m v Planici. Pred tem pa je imel 28. 1. 2023 izjemno dolg polet 243 m na letalnici v Kulmu. Pred poletom mu je linearna metoda predvidela za prevzem vodstva dolžino poleta 217 m, poletel pa je

26 m več. Pri tem poletu je dobil vetrovni odbitek 8,7 točke oziroma nekaj več kot 7 metrov. Na tekmi mešanih ekip v Willingenu 3. 2. 2023 je Timi Zajc na največji skakalnici HS 147 m poletel kar 161,5 m. Po doskoku ni zdržal visokega pritiska in je padel. Lahko bi prišlo do hujše telesne poškodbe. Po linearni metodi FIS je skakalec dobil 25 točk vetrovnega odbitka, kar po sedanjih metodi pomeni skrajšanje dolžine skoka za 14 metrov. Pri obeh ekstremnih dosežkih se je odlični letalec boril predvsem s tem, da je lahko varno doskočil. Na veliko srečo tekmovalca in vodstva tekmovanja se je v obeh primerih ekstremno dolgih poletov to tudi zgodilo. Pri napovedi dolžine omenjenih skokov je vodstvo tekmovanja v obeh primerih naredilo napačno predikcijo, ki bi bila lahko usodna za skakalca. Takšnih primerov pa je bilo seveda na tekmovanjih pri različnih skakalcih še precej več. Na tekmovanju v Willingenu je slovenski skakalec opravil več skokov na isti skakalnici s podobnega zaletišča in v različnih vetrovnih okoliščinah. Namen pričujoče raziskave je bil ugotoviti povezavo med tangencialno hitrostjo vetra in dolžino njegovih skokov na skakalnici HS 147 m v Willingenu, največji skakalnici na svetu. Hkrati bi lahko na podlagi rezultatov študije odgovorili na vprašanje, ali bi vodstvo tekmovanja ob uporabi nelinearne metode ovrednotenja vpliva tangentialnega vetra lahko uspešneje preprečilo nevarne ekstremne dolžine poletov skakalcev.

Metode

Metoda dela vključuje metodo teoretične in eksperimentalne analize tekmovalne uspešnosti odličnega smučarja skakalca T. Z. in skakalcev, ki so nastopili na tekmovanjih za svetovni pokal v Willingenu v Nemčiji od 2. do 5. 2. 2023. Rezultati tekmovanj so razvidni na spletni strani FIS (www.fis-ski.com). Tekmovanja so potekala na skakalnici HS 147 m s K-točko pri 130 m in rekordom skakalnice pri 153 m. Dolžina skoka 1 m se je vrednotila z 1,8 točke. Faktor vpliva vetra pri tangencialni hitrosti 1 m/s se je ovrednotil pri vetru v prsi z 11,7 točke (6,5 m) in pri vetru v hrbet s 17,55 točke (9,75 m).

Analiza rezultatov izbranih skokov je potekala na vzorcu naslednjih spremenljivk:

- *Izmerjena dolžina skoka (m):* Dolžina skoka je izmerjena do pol metra natančno.

- *Zaletna hitrost (km/h):* Izmerjena je bila po pravilih FIS. Podatki so povzeti iz uradnih rezultatov FIS.

- *Hitrost vetra v tangencialni smeri glede na krivuljo leta (m/s):* Izmerjena je bila po pravilih FIS. Podatki o velikosti delovanja vetra v tangencialni smeri so bili povzeti iz uradnih rezultatov izbranih tekmovalnih serij (pri vetru v hrbet so vrednosti tangentialne hitrosti vetra izražene z negativnim predznakom).

- *Korigirana dolžina skoka (m) – linearna metoda:* Izračun korigirane dolžine skoka zaradi tangentialnega vpliva vetra je na skakalnici v Willingenu HS 147 m temeljil na linearni metodi FIS. Pri vetru v prsi ($W = +1$ m/s) se je po linearnem faktorju FIS dejanska dolžina skoka zmanjšala za 6,5 točke oziroma 3,61 m. Pri vetru v hrbet ($W = -1$ m/s) se je po linearnem faktorju ozirom uteži FIS dejanska dolžina skoka povečala za 9,75 točke oziroma 5,41 m.

- *Korigirana dolžina skoka (m) – nelinearna metoda:* Izračunana je bila glede na izmerjeno dolžino skoka in faktor tangentialnega vpliva vetra po nelinearni metodi ob upoštevanju vetrovnih uteži vpliva vetra po FIS. Formula za izračun velikosti korekcije dolžine skokov po nelinearnem modelu: $\Delta DS = (p \times W^2)$. Pri tem pomeni: p – določena utež korekcije dolžine skokov za enoto hitrosti tangencialnega vetra ($W = 1$ m/s), izražena v metrih, in W^2 – kvadrat dejanske izmerjene tangencialne hitrosti vetra. Pri vetru v prsi se dejanska dolžina skoka ustrezno zmanjša in pri vetru v hrbet ustrezno poveča.

Rezultati in razlaga

Rezultati odličnega slovenskega skakalca T. Z. na tekmovalnih serijah na skakalnici v Willingenu HS 147 m so numerično prikazani v Tabeli 1 in grafično na Sliki 3.

Vrednosti izbranih spremenljivk so grafično predstavljene na Sliki 3.

Slovenski skakalec je opravil v treh dneh 7 tekmovalnih skokov pri majhni razliki zalezne hitrosti. Vetrovne razmere so bile zelo ugodne (prsni veter +2,15 m/s) le pri prvem ekstremno dolgem skoku 161,5 m (prva ekipna mešana tekma 3. 2. 2023). Skok je bil izveden pri najmanjši zalezni hitrosti 86,4 km/h. Vetrovni odbitek je znašal 13,9 točke oziroma 7,76 m. Linearno korigirana dolžina skoka je znašala 153,5 m. Ta linearno korigirana dolžina je odstopala za 24 m

Tabela 1

Rezultati skakalca T. Z. na tekmovalnih serijah na skakalnici v Willingenu HS 147 m

	Team	Q1	1IND1	2IND1	Q2	1IND2	2IND2
Zaletna hitrost (km/h)	86,4	87,8	87,7	88,8	86,8	87,4	87,1
Dolžina skoka (m)	161,5	121,5	135	131	134,5	129,5	134,5
Tangentna hitrost vetra (dm/s)	21,5	-4,6	2,9	-2,0	6,5	7,7	6,1
Korigirana dolžina skoka (m) – linearna metoda	153,5	124	134	131,7	132	126,7	132,3
Korigirana dolžina skoka (m) – nelinearna metoda	145	122,5	134,5	131,2	133	127,5	133,1

Opomba. Team = tekmovalna serija na mešani ekipni tekmi 3. 2. 2023; Q1 = kvalifikacije 4. 2. 2023; 1IND1 = prva serija na tekmi 4. 2. 2023; 2IND1 = druga serija na tekmi 4. 2. 2023; Q2 = kvalifikacije 5. 2. 2023; 1IND2 = prva serija na tekmi 5. 2. 2023; 2IND2 = druga serija na tekmi 5. 2. 2023.

od povprečne vrednosti linearno korigiranih dolžin njegovih preostalih skokov, ki je znašala 129,5 m. Iz videoposnetka skoka je razvidno, da je skakalec namerno skrajšal potencialno dolžino skoka, pri katerem je praktično doskočil že v izteku skakalnice. Vprašanje je, kam bi skakalec poletel, če bi bila skakalnica preprosto povečana na raven manjše letalnice HS 180 m. Tudi če je skakalec opravil najboljši skok v tej seriji, bi bil skok v običajnih vetrovnih razmerah verjetno le za nekaj metrov daljši od njegovih preostalih skokov. Ob uporabi kvadratne nelinearne metode ovrednotenja vpliva tangentnega vetra (W^2) bi skakalec dosegel korigirano dolžino skoka 145 m. Ta dolžina je bila bližje povprečni vrednosti nelinearno korigirane dolžine preostalih šestih skokov, ki je znašala 130 m. Še vedno

je razlika 15 metrov med nelinearno korigirano dolžino skoka in preostalimi nelinearno korigiranimi dolžinami skokov velika. Verjetno je bil tangentni veter na skakalnici, v času izvedbe leta in v območju krivulje leta skakalca, še močnejši. Po izjavi direktorja svetovnega pokala Sandra Pertileja po tekmovalju naj bi bil na eni vetrovno najzahtevnejših tekmovalnih serij tangentni veter v spodnjem delu skakalnice v času štarta skakalca blizu 3,5 m/s (<https://sport.radiozet.pl/skoki-narciarskie/timi-zajc-wyladowal-na-161-5-m-sandro-pertile-tlumaczy-kontrowersje>). Ob prsnem tangentnem vetru 3 m/s bi skakalec imel izračunano korigirano dolžino skoka 129 m. Uporabljena aproksimativna nelinearna metoda ovrednotenja vpliva tangentnega vetra se je v tem primeru izkazala za precej bolj

natančno metodo ocene korigirane dolžine skoka, kot je bila uporabljena linearna metoda FIS. Na manjših skakalnicah (morda do HS 50 m) pri manjšem učinkovanju vetra (do 1m/s) je morda sedanji linearni model še ustrezen. Na večjih skakalnicah in predvsem na letalnicah pa linearni model prav gotovo ni ustrezna rešitev. Učinki aerodinamičnih sil delujejo nelinearno glede na velikost tangencialne hitrosti leta (hipotetično s kvadratom te hitrosti). Zato bi bilo pri izračunu korekcijskih točk za dolžino skokov bolje upoštevati nelinearno transformacijo dosežene dolžine skoka. To bi zahtevalo spremembo formule za izračun korekcijskih točk, ki bi temeljila na nelinearnem modelu, predstavljenem na Sliki 1.

Primer izračuna za skakalnico Willingen HS 147 m (faktor p je povzet po FIS: $p = 6,5$ m za $W = 1$ m/s in $p = 9,75$ m za $W = -1$ m/s) je prikazan v Tabeli 2 in grafično prikazan na Sliki 4.

Tabela 2

Izračun korekcije dolžine skoka za skakalnico v Willingenu HS 147 m

W (m/s)	(p x W)	(p x W ²)	Dif. (točke)
-3,0	+29,2	+87,7	+58,5
-2,5	+24,3	+60,9	+36,6
-2,0	+19,5	+39,0	+19,5
-1,5	+14,6	+21,9	+7,3
-1,0	+9,75	+9,75	0
-0,5	+4,87	+2,43	-2,44
-0,1	+0,975	+0,0975	-0,88
0	0	0	0
0,1	-0,65	-0,065	+0,59
0,5	-3,25	-1,62	+1,63
1,0	-6,5	-6,5	0
1,5	-9,7	-14,6	-4,9
2,0	-13,0	-26,0	-13,0
2,5	-16,2	-40,6	-24,3
3,0	-19,5	-58,5	-39,0

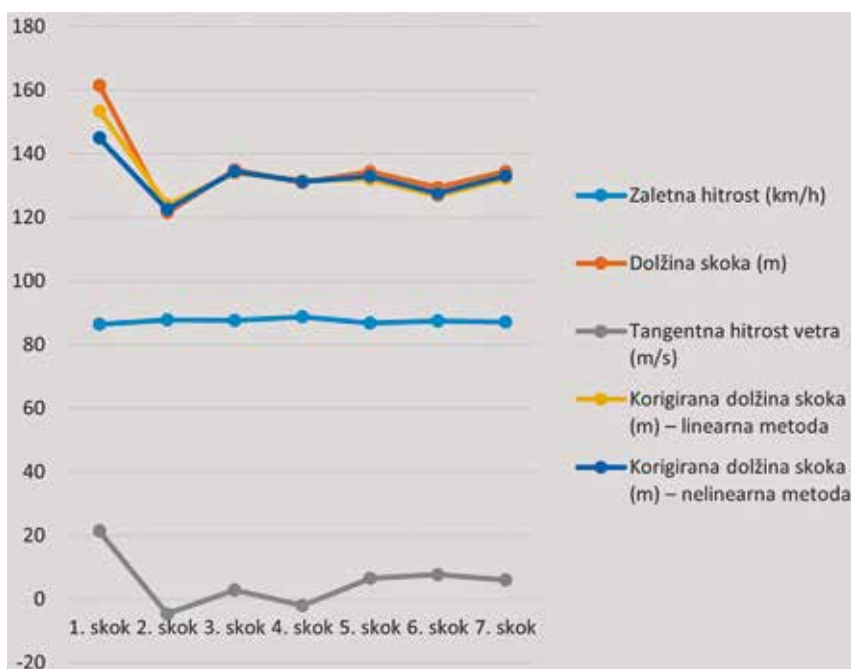
Opomba. W (m/s) = hitrost tangencialnega vetra (m/s);

(p x W) = linearna korekcija dolžine skoka (točke);

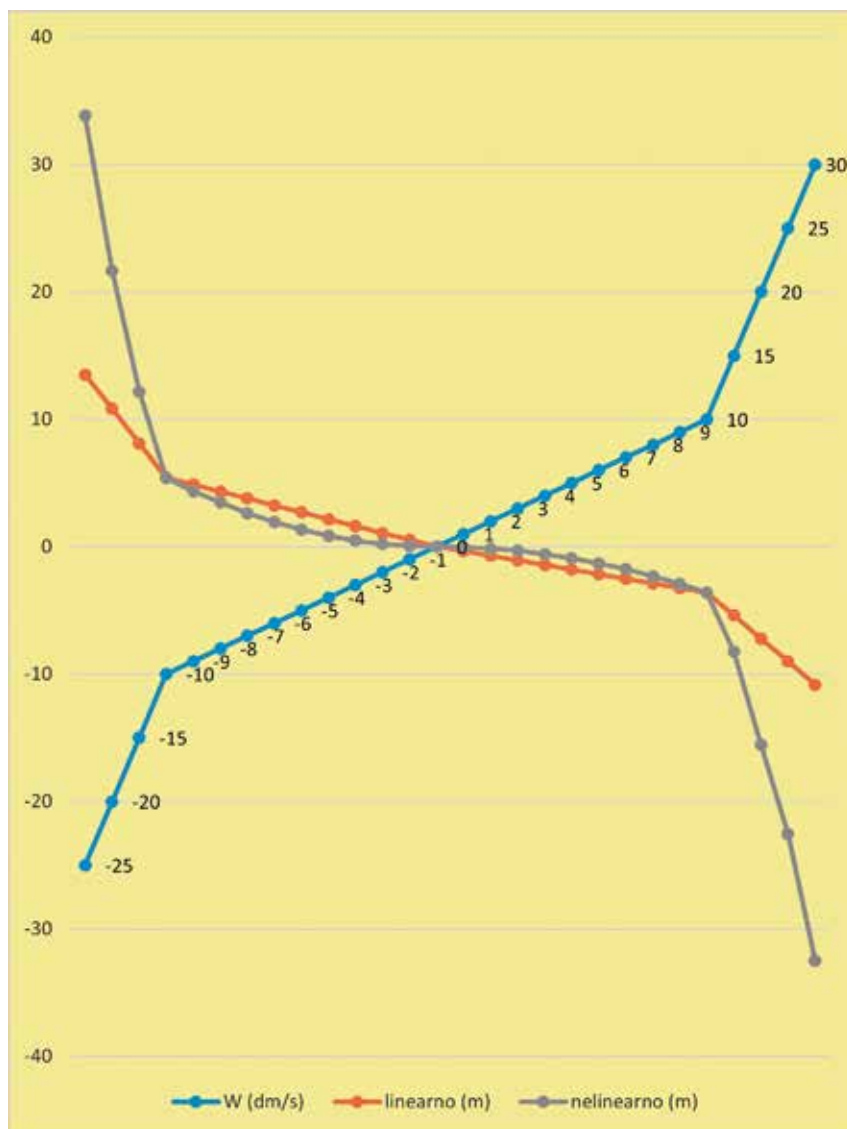
(p x W²) = nelinearna korekcija dolžine skoka (točke);

Dif. = razlika v točkah in tendenca glede na linearni model (točke).

Glede na sedanji linearni model izračuna korekcije dolžine skoka FIS bi se ob uporabi kvadratne nelinearne metode (Slika 4) pojavile naslednje razlike pri tekmovalni uspešnosti:



Slika 3. Vrednosti izbranih spremenljivk za skakalca T. Z. v sedmih tekmovalnih skokih na skakalnici v Willingenu HS 147 m



Slika 4. Odnos med linearnim in nelinearnim ovrednotenjem korigirane dolžine skoka

Opomba. W (dm/s) = hitrost vetra v tangencialni smeri.

1. Rahlo povečane tekmovalne uspešnosti skakalcev, ki so skočili pri pozitivnem vplivu prsnega vetra do tangencialne hitrosti 1 m/s (tem skakalcem bi se pri korigiranju dolžine skokov po nelinearnem modelu odštele nekoliko nižje vrednosti točkovnega vetrovnega pribitka).
2. Znižanje tekmovalne uspešnosti skakalcev, ki so skočili pri pozitivnem vplivu prsnega vetra nad tangencialno hitrostjo 1 m/s (tem skakalcem bi se pri korigiranju dolžine skokov po nelinearnem modelu odštele višje vrednosti točkovnega vetrovnega pribitka).
3. Nekoliko nižje tekmovalne uspešnosti skakalcev, ki so skočili pri negativnem

vplivu hrbtnega vetra do tangencialne hitrosti 1 m/s (tem skakalcem bi se pri korigiranju dolžine skokov po nelinearnem modelu dodale nekoliko nižje vrednosti točkovnega vetrovnega pribitka).

4. Večje tekmovalne uspešnosti skakalcev, ki so skočili pri negativnem vplivu hrbtnega vetra nad tangencialno hitrostjo 1 m/s (tem skakalcem bi se pri korigiranju dolžine skokov po nelinearnem modelu dodale višje vrednosti točkovnega vetrovnega pribitka).

Uporaba nelinearnega modela ovrednotenja korigirane dolžine skokov bi prav gotovo vplivala na spremembo tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev. Vsaj hipo-

tetično bi bila tako izračunana tekmovalna uspešnost bolj pravična za vse tekmovalce. Njena prednost bi bila predvsem z vidika preprečevanja ekstremno kratkih ali ekstremno dolgih skokov. S to metodo bi vodstvo tekmovanja dobilo precej učinkovitejše sredstvo za preprečevanje negativnih posamičnih odklonov ekstremnih dolžin skokov. Pri napovedi predvidene dolžine skoka po nelinearni metodi bi se vodstvu tekmovanja na monitorju ob tvegani situaciji precej hitreje prižgala rdeča luč na štartnem položaju skakalca. Vodstvo tekmovanja bi moralo potem ustrezno ukrepati ali s spremembo zaletišča ali pa počakati, da se vetrovne razmere umirijo. Ta ukrep je nujen predvsem z vidika varnosti smučarjev skakalcev in predvsem smučark skalk. Pri ekstremno dolgih skokih prek velikosti skakalnice se sile pritiska ob doskoku povečajo na večkratno telesno težo tudi čez vrednost 10-kratne teže skakalca (Jošt in Vodičar, 2019). Tako dolgi skoki so tudi v nasprotju s pravili FIS. Ta je s pravili uvedla točko velikosti skakalnice (HS), ki pomeni hipotetično točko še dopustne velikosti doskoka skakalca. Razdalja med kalkulacijsko točko (K) in točko velikosti skakalnice (HS) tako predstavlja relativno ravni del, kjer skakalec lahko varno doskoči in kjer je približno enakomerna občutljivost spremenjivke dolžina skokov. Po točki velikosti skakalnice (HS) sledi spodnji prehodni lok, ki hipotetično predstavlja fazo vožnje skakalca v iztek po opravljenem doskoku (Gasser, 2008). Vodstvo tekmovanja naj bi hipotetično določilo dolžino zaletišča glede na kvaliteto skakalcev tako, da bi bili varni skoki s telemarkom izvedeni do točke velikosti skakalnice. To pa so dolžine skokov do 95 % točke velikosti skakalnice HS. V Willingenu na skakalnici HS 147 m je tako hipotetična točka še varnega doskoka (v telemark) pri 139,5 m. Ta točka (95 % HS) bi lahko bila dobra orientacijska mera za določanje višine zaletišča na tekmovanju le ob predpostavki ničelne hitrosti tangentialnega vetra.

Pojavlja se tudi vprašanje smiselnosti izvedbe tekmovanja v razmerah, kjer bi lahko nastale tako velike hipotetične razlike v dolžini skokov le na podlagi vpliva hitrosti tangentialnega vetra. Če je namen le izvedba tekmovanja za vsako ceno in pri tem ni pomembno, kdo bo zmagoval, se tekmovanje lahko izvede. Vendar pa to prav gotovo nima več nobene povezave z dejansko kakovostjo izvedbe skokov na tekmovanju. Rezultati teh tekmovanj so bolj izraz vetrovne loterije kot pa vsakokratne

tekmovalne pripravljenosti oziroma forme smučarjev skakalcev.

Situacija, v kateri se je znašlo vodstvo tekmovalcev v smučarskih skokih, pa je težavna. Po mnenju večine strokovnjakov je uporaba vetrovne korekcije dolžine skoka nujna, ker rešuje nekaj hujših problemov, ki so se pojavili še pred uvedbo vetrovnega pravila. Še vedno prevladuje prepričanje, da je bolje uporabiti trenutno veljavno pravilo kot pa stopiti korak nazaj in pravilo odpraviti. Treba pa je storiti korak naprej v smislu iskanja tehnološko še bolj izpopolnjenih merilnih instrumentov za določanje velikosti ključnih spremenljivk, ki vplivajo na tekmovalno uspešnost skakalcev in metodologijo vodenja predvsem pri tistih tekmovalnih serijah, ki se izvajajo v oteženih okoliščinah. Vodenje tekmovalne serije je precej enostavno pri neznatnem vplivu hitrosti vetra v tangentni smeri leta. Ko pa se vetrovne razmere otežijo, se lahko vodstvo tekmovalcev znajde v hudih težavah. Te lahko zaradi nepoznavanja in neupoštevanja možnih razmer še dodatno zapletejo, ker se tudi sami ulovijo v vetrovne pasti. Takšen primer je bila posamična tekma na svetovnem prvenstvu v Planici na manjši skakalnici HS 102 m. V finalni seriji je vodstvo tekmovalcev izbralo najprej precej visok nalet, tega je s pridom izkoristilo več skakalcev, vključno s trinajstim po prvi seriji. Ta je ob ugodnem vetru skočil na nov rekord skakalnice 105 m. Vsi naslednji skakalci te sreče z vetrom niso več imeli in so vsi po vrsti zaostali za tem tekmovalcem, ki je potem predvsem po srečnem naključju postal svetovni prvak. Če bi vodstvo tekmovalcev izbralo nižji nalet, pri katerem bi omenjeni tekmovalec skočil na primer 95 m, bi imelo vodstvo še primerno možnost reševanja finalne serije. Tako pa so si s previsokim zaletom to možnost zapravili v škodo najboljših tekmovalcev po prvi seriji. Seveda se vodstvo tekmovalcev teh težav vse bolj zaveda in – če je le mogoče – se potem poskuša nekoliko počakati, da se vetrovne razmere umirijo in da so vsaj približno enakovredne za vse tekmovalce. To čakanje pa je dokaj nesimpatično za gledalce pod skakalnico in predvsem gledalce pred televizijskimi zasloni. Čas televizijskega prenosa je omejen in tudi v konkurenci številnih športnih zvrsti vse težje dosegljiv. To pa je dejavnik, ki bo še bolj krojil razvoj smučarskih skokov v prihodnje – in temu dejstvu se bo morala vse bolj prilagoditi tudi FIS.

■ Zaključek

Linearna metoda za ovrednotenje korigirane dolžine skokov, ki jo trenutno uporablja FIS, je dokaj dobra v območju nizkih vrednosti učinkovanja tangentnega vetra (do 0,3 m/s). Pri naraščanju te vrednosti pa prihaja do vse izrazitejših odklonov in morda tudi nepravilnega ovrednotenja korigirane dolžine skokov.

Pri ekstremnejših vetrovnih razmerah bi bila primernejša nelinearna metoda ovrednotenja korigirane dolžine skokov. Ob uporabi predlagane kvadratne nelinearne metode bi se prav gotovo doseglo pravičnejše ovrednotenje tekmovalne uspešnosti z vidika dolžine skokov. Predvsem pa bi takšna metoda prispevala k večji preventivni varnosti tekmovalcev, ki so sposobni doseči ekstremno dolge skoke. Če bi vodstvo tekmovalcev imelo to nelinearno metodo kot pripomoček pri vodenju tekmovalne serije, bi prav gotovo lahko ustrezneje ukrepalo pri več tekmovalcih, ki so zaradi previsokega naleta in/ali premočnega vetra dosegli pretirane dolžine skokov, ki so se končali z doskokom daleč prek točke velikosti skakalnice ali letalnice.

Smučarski skoki so športna zvrst, ki se lahko odvija pri močnem vplivu dejavnikov narave. Ti bodo vedno krojili tekmovalno uspešnost športnikov. Z nobeno racionalno tehnološko metodo teh dejavnikov ne bo mogoče odpraviti. Lahko pa bi se z napredkom metode za ovrednotenje vpliva tangentnega vetra le pravičnejše ovrednotilo dolžino skokov in – kar je najpomembnejše – uspešnejše preprečilo nevarne situacije pri ekstremno kratkih in predvsem dolgih skokih. Pri tem gre seveda tudi za vsakokratna etična vprašanja, povezana z zagotavljanjem čim bolj enakovrednih pogojev na tekmovalju. Če skakalec že vnaprej dobi dovoljenje za skok, pri čemer je jasno, da ta ne more biti tekmovalno uspešen, je to najmanj tekmovalno etično sporno ne glede na metodo za ovrednotenje vpliva tangentnega vetra. Če pa pri tem pride do hudega padca in poškodbe skakalca, to ni več le etično vprašanje, ampak tudi materialnopravni problem in s tem povezana odgovornost vodstva tekmovalcev.

■ Literatura

1. Barnes, J., Tuplin, S. in Duncan, W. A. (2022). Flight dynamics of ski jumping: Wind tunnel testing and numerical modelling to optimize flight position. *Journal of Sports*

Engineering and Technology, 26. <https://doi.org/10.1177/17543371221111625>

2. Gasser, H. H. (2008). *Skisprungschanzen Bau – Normen 2008* (Ausführungsbestimmungen zu Art. 411 der IWO Band III – Juni 2008). Oberhofen: FIS. (<http://www.fis-ski.com/>)
3. Jošt, B. (2010). Simulacija krivulje profila letalnice HS 300 m na podlagi kinematične analize 233 metrov dolgega poleta Simona Ammann v Planici 2009. *Šport*, 3-4, 130–135.
4. Jošt, B., Kugovnik, O., Strojnik, V. in Colja, I. (1997). Analysis of kinematic variables and their relation to the performance of 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.
5. Jošt, B., Čoh, M. in Vodičar, J. (2013). *Design of a ski flying hill with the profile HS300m*. Hamburg: Verlag dr. Kovač.
6. Jošt, B. in Vodičar, J. (2019). *Development of the skijumping hill profile from the viewpoint of skijumping technique*. Hamburg: Verlag dr. Kovač.
7. Jošt, B., Supej, M. in Vodičar, J. (2022). *Development Take-off Power in Ski Jumping*. Hamburg: Verlag dr. Kovač.
8. Jung, A., Muller, W. in Virmavirta, M. (2021). A heuristic model-based approach for compensating wind effects in ski jumping. *Journal of Biomechanics*, 125 (110585).
9. Schmolzer, B. in Muller, W. (2002). The importance of being light: aerodynamic forces and weight in ski jumping. *Journal of Biomechanics* 35, 1059–1069.
10. Seo, K., Murakami, M. in Yoshida, K. (2004). Optimal flight technique for V – style ski jumping. *Sports Engineering* 7, 97–104.
11. Vaverka, F. (1987). *Biomechanika skoku na lyžich*. PA Olomouc.
12. Virmavirta, M., Kiveskas, J. in Komi, P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of Biomechanics* 34 (4), 465–470.
13. Virmavirta, M., Isolehto, J., Komi, P. V., Brüggemann, G. P., Muller, E. in Schwameder, H. (2005). Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition. *Journal of Biomechanics* 38, 2157–2163.
14. Virmavirta, M. in Kiveskas, J. (2022). The effect of wind on jumping distance in ski jumping depends on jumpers' aerodynamic characteristics. *Journal of Biomechanics* 137. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2022.111101>

prof. dr. Bojan Jošt

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