

PLANIŠKA LETALNICA Z VIDIKA GEODEZIJE

PLANICA SKI JUMP – GEODETIC ASPECT

Jure Podbevšek, Janez Gorišek, Mitja Lakner, Dušan Kogoj

»Če že nimamo svetovnega rekorderja med smučarskimi letalci, imamo vsaj letalnico s svetovnim rekordom v poletih in jo želimo tudi obdržati!«

Janez Gorišek – konstruktor letalnice

UDK: 528.48:685.65

POVZETEK

Geometrija planiške letalnice je bila določena na osnovi geodetskih meritev. Pridobljeni rezultati detaljne izmere so bili uporabljeni za rekonstrukcijo letalnice leta 2003 in 2004. Podrobno je predstavljena primerjava rezultatov geodetskih meritev s pravili FIS in podatki konstruktorjev. Na osnovi primerjave teoretičnih zahtev in dejanske geometrije skakalnice s snegom in brez njega je mogoče definirati pomanjkljivosti konstrukcije in izboljšati geometrijo letalnice.

KLJUČNE BESEDE

smučarski poleti, letalnica, geodetska izmera, primerjava geometrijskih elementov

Klasifikacija prispevka po COBISS-u: 1.04

ABSTRACT

The geometry of the Planica ski jump was established on the basis of geodetic measurements. The results of precise measurement were used for the reconstruction of the ski jump during 2003 and 2004. The comparison of results of geodetic measurements with FIS regulations and data of the constructing engineers is represented. On the basis of comparison of theoretical requirements and actual geometry of the ski jump with and without snow, one can identify the disadvantages of the construction and improve the geometry of the ski jump.

KEY WORDS

ski jumping, ski jump, geodetic measurement, comparison of geometric elements

1 LETALNICA V PLANICI

Planiška letalnica je športni objekt, izredno pomemben za smučarski šport. V svetovnem merilu je to največja letalnica. Tu skakalci letijo najdlje.

Prva planiška velikanka je bila zgrajena leta 1933. Osnova za izgradnjo je bila želja, da tedanja Smučarska zveza v Kraljevini SHS, s sedežem v Ljubljani, z mednarodnim tekmovanjem proslavi deseto obletnico svoje ustanovitve. Predpisi Mednarodne smučarske zveze (FIS) so tedaj dopuščali izgradnjo skakalnic s kritično točko $P = 70$ m na koncu hrbtišča. Dodatno so dovolili *mirujočo dolžino M*, ki je znašala petino dolžine do kritične točke in predstavlja dolžino dela doskočišča, na katerem se skakalec umiri, preden preide v spodnjo krivino v iztek.

Inženir *Stanko Bloudek* je za takšno skakalnico izbral teren v Planici. Gradnjo nove skakalnice je prevzel gradbenik *Franč Rožman*. Glede na dosežene dolžine skokov je FIS dovolila gradnjo skakalnic s kritično točko $P = 80$ m. Skupaj z mirujočo dolžino je bila dejanska velikost skakalnice 96 m. Že tedaj so razmišljali o skokih čez 100 m. Na prvi planiški velikanki je leta 1934 *Birger Ruud* dosegel svetovni rekord 92 m. Skočil je praktično do začetka spodnje krivine izteka (točke K - kritične točke). Leta 1935 je *Reidar Andersen* dosegel 99 m. Tedaj se je začelo govoriti in pisati o zračni blazini, ki nosi skakalce. Prvič se je govorilo o poletih. Skakalnico so začeli imenovati "mamutska".

Leta 1936 je *Sepp Josef Bradl* skočil 101 m. Prvi polet preko magičnih 100 m je pomenil prelomnico v gradnji skakalnic. FIS je sicer prepovedala gradnjo večjih skakalnic, le v Planici so bili dopuščeni daljši skoki. Po letu 1936 je inženir Stanko Bloudek povečal skakalnico z možnostjo skoka do 120 m. Leta 1941 je bila rekordna znamka po zaslugi *Rudija Göringa* pomaknjena na 118 m.

Po koncu 2. svetovne vojne, v letih 1947 in 1948, je FIS v Planici dopustila "študijske polete". Švicar *Fritz Tschannen* je skočil 120 m in postavil zadnji svetovni rekord na Bloudkovi mojstrovini. Dolgih 21 let je ta rekord v Planici ostal nedotaknjen. Za njim je njegov rojak *Charles Blum* s padcem poletel 121 m in si pri tem zlomil nogo. Tudi pred rekordom se je zgodila huda nesreča. *Zoran Zalokar* je na odskočni mizi podrsal z roko in zaradi velike hitrosti poletel v zrak, se zasukal in po 80 m v zraku padel s hrbtom na doskočišče. Po besedah *Janeza Goriška* je bil polet strah vzbujajoč.

Novo obdobje v razvoju poletov se začne z gradnjo velikank v Oberstdorfu in Kulmu po letu 1950 sočasno s spremembo predpisa FIS, ki je kritično točko pomaknila na 145 m. Leta 1953 je bilo hrbtišče planiške velikanke po načrtih Stanka Bloudka obnovljeno s skeletno konstrukcijo v armiranem betonu. Bil je prvi, ki je hrbtišče oblikoval po paraboli, ki se uporablja še danes. Po težkih pogajanjih z Mednarodno smučarsko zvezo se je za skoke na teh napravah začel uporabljati izraz poleti na smučeh. Lahko rečemo, da je Planica zibelka poletov.

Naslednjo prelomnico v razvoju poletov zaznamuje izgradnja nove planiške letalnice bratov Gorišek v letu 1968. V tem času je prišlo do sprememb pravil FIS. Dosedanja kritična točka P postane *normna točka NP*, kritična točka pa se premakne na začetek radiusa v iztek KP . Nova planiška letalnica je bila načrtovana za polete do 200 m. Tekmovanje na tej napravi leta 1969 je postreglo z dolgimi in varnimi poleti nad 160 m. Najdaljši polet, 165 m, je uspel *Manfredu Wolfu*. Leta 1971 so bili na kongresu v Opatiji poleti prvič uradno priznani in vpeljeni v svetovno prvenstvo, k čemur je pripomoglo ravno svetovno prvenstvo v Planici 1969 in sposobni funkcionarji.

Prireditev v Planici leta 1974 je znana po 177 m dolgem poletu *Walterja Steinerja*. Končal se je s padcem brez posledic, a izjemna dolžina in razmišljanja o tem letu, ki se odmika od doskočišča, so prinesla novo konstrukcijsko novost - doskočišče z dvema naklonoma - tako imenovani *Goriškov lom*. Goriškov lom je postal predpis pri projektiranju skakalnic v prihodnosti. Prvič je bil uporabljen za olimpijske skakalnice v Sarajevu. Istega leta je na kongresu FIS v Argentini profesor *G. Hochmut* predlagal uniformiranost skakalnic. Letalnice naj imajo *normno točko NP = 120 m* in *kritično točko KP = 185 m*, imenujejo pa naj se po normni točki.

Zdajšnje obdobje poletov v Planici je obdobje po letu 1994. To je obdobje poletov nad 200 m. Svetovno prvenstvo 1994 je znano po 200 m dolgem poletu z dotikom avstrijskega virtuoza *Andreas Goldbergerja*. To je bila prva dvestotica v zgodovini poletov. *Espen Bredesen* je na istem tekmovanju z 209 m postavil nov svetovni rekord. V Riu de Janeiru na kongresu FIS je bil ukinjen predpis, ki omejuje polete do 191 m. Dovoljeni so bili poleti nad 200 m. Velikanka v Planici je imela žiri točko $L = 215$ m.

Svetovni rekordi v Planici so se v naslednjih letih kar vrstili: 212 m *Lasse Ottesen* leta 1997, 219,5 m *Tommy Ingebritsen* leta 1999, 225 m *Andreas Golberger* leta 2000. Poleti nad 200 m so postali že samoumevni. Predzadnja prireditev leta 2003 v Planici je zaradi ugodnih razmer, odlične priprave letalnice, najboljše ureditve objektov ob izteku in najnovejšega profila preseгла vsa pričakovanja. Kar 72 poletov je šlo preko 200 m. Poleti nad 220 m so postali povsem varni. *Matti Hautamaeki* je rekordne daljave 227,5 m, 228,5 m in 231 m dosegal skoraj kot za šalo. Moto prihodnosti za velikanko je, da se skače varno preko 200 m. V letu 2004 je bilo takih poletov kar 122.

2 GEODETSKA IZMERA PLANIŠKE LETALNICE

Poleg trenutnih razmer v zraku je za varno letenje in doseganje rekordnih daljav smučarskih poletov ključnega pomena geometrija smučarskih letalnic. Najpomembnejši parametri, ki določajo geometrijo letalnice, so odskočni in pristajalni *radius*, *nakloni*, *dolžina* in *širina* odskočišča, mize, doskočišča itn. (slika 5, slika 6). Vse dimenzije letalnice v Planici so se v zgodovini določale s "preizkušeni", manj zanesljivimi, a vendar uveljavljenimi negeodetskimi metodami. Kljub temu, da je mogoče s klasično terestrično izmero zagotoviti natančnejše podatke na hitrejši in zanesljivejši način, je bila planiška letalnica prvič geodetsko izmerjena šele leta 2003! In zanimivo, le kot dodatek tradicionalnim negeodetskim meritvam!

Naloga je bila zamišljena tako, da pridobljene rezultate geodetskih meritev primerjamo s pravili Mednarodne smučarske zveze (FIS) in podatki konstruktorja Janeza Goriška. Uporabljena je bila klasična terestrična polarna geodetska izmera. Izračuni so bili izvedeni na dva načina, analitično s pomočjo orodja Mathematica 5 in grafično s pomočjo orodij QuickSurf v povezavi z AutoCadom in GEOS6.

2.1 Terenska izmera

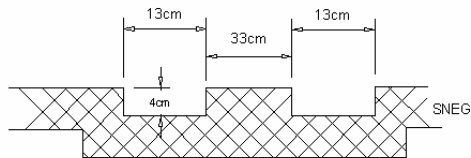
Kriterij za izbiro metode snemanja je bil predvsem čim enostavnejši in čim hitrejši zajem terenskih podatkov in možnost obdelave meritev do končnih rezultatov. Metoda snemanja je bila klasična terestrična polarna metoda izmere. Uporabljen je bil elektronski tahimeter SOKKIA 3010R s pripadajočimi reflektorji in osnovni dodatni pribor, ki je potreben za detajlno izmero.

Želeni rezultati in zahtevana natančnost so pogojevali, kako in kdaj se bo izvajalo snemanje letalnice. Meritve so potekale v dveh letnih časih, v poletnem času zaradi določitve geometrije objekta in v zimskem času, v trenutku, ko je bila letalnica popolnoma pripravljena na svetovno prvenstvo. S primerjavo rezultatov je bilo mogoče določiti višino snega in celotno količino snega na letalnici.

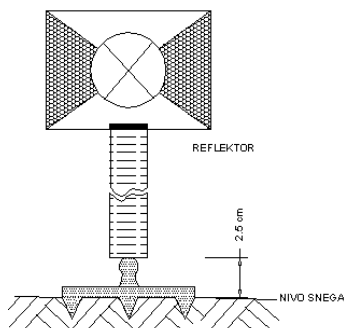
Izhodišče za snemanje letalnice v poletnem času je bila poligonska mreža, razvita prav v ta namen. Poligon je bil vklopljen v državni koordinatni sistem. S točk poligona je bilo mogoče posneti celotno letalnico, vključno z bližnjo okolico. Položaj profilov pri snemanju letalnice je bil izbran tako, da je bilo mogoče na približno enak način ponoviti tudi izmero v zimskih razmerah (letalnica s snegom). S tem je bila kasnejša obdelava in primerjava merskih rezultatov enostavnejša.

Posebnost izmere vsekakor predstavlja snemanje letalnice v trenutku, ko je pripravljena za tekmo. Izmera s snegom prekrite letalnice je potekala na dokončno pripravljeni letalnici pred uradnim treningom in po njem. Videti je bilo, da ima letalnica na doskočišču neenakomerno višino snega, zato je bilo treba tudi v "snežnih razmerah" posneti celotno doskočišče.

Detajlne točke doskočišča so bile postavljene po vnaprej zamišljenih vzdolžnih profilih. Potekali so od vrha do dna doskočišča. V spodnjem najširšem delu je bila med petimi profili medsebojna oddaljenost približno 8 m, do vrha, kjer se doskočišče oža, pa sta segala le dva profila. Točke so bile na ključnih delih (radiusi) zgoščene. Posneta je bila tudi ograja, ki določa mejo območja pristanka skakalca.



Slika 1: Smučini na odskočišču.



Slika 2: Reflektor na podnožki (žabi).

Na odskočišču sta bili posneti smučini in tirnici. Globino odstranjenega snega in smer freze (naprava, ki odstrani sneg v širini in globini smučine z veliko natančnostjo) regulirajo s stranskimi tirnicami, ki frezo držijo. Regulacija globine in smeri je na tirnicah zelo precizna in jo lahko spreminjamo z vijaki, ki so med seboj oddaljeni 1,5 m. Položaj vsakega vijaka je vnaprej določen. Detajlne točke na smučinah so bile postavljene zelo na gosto, na enaki oddaljenosti, kot so postavljeni vijaki na tirnicah.

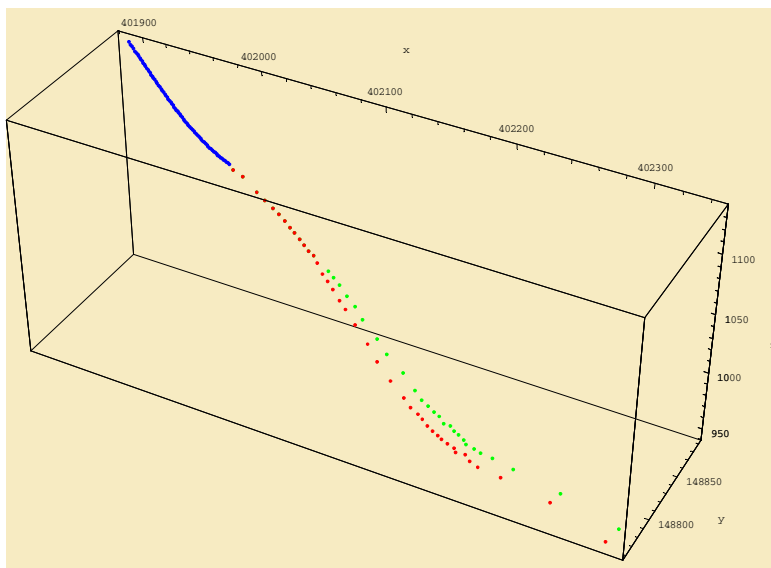
Snemanje letalnice s snegom je povzročalo dodatne težave. Sprva je bil sneg še zelo trd, vendar se je proti popoldnevu začel mehčati. Reflektor, ki je bil uporabljen pri meritvah, ima na spodnjem koncu, kjer se dotika tal, 8,7 cm dolgo stožčasto konico, ki bi se ob postavitvi na sneg različno udirala. Tako je bila uporabljena žaba s tremi konicami. Njena spodnja ploskev se je ob postavitvi vedno dotikala zgornje plasti snega. Na žabo je bil postavljen reflektor z odvito konico zaradi lažje postavitve (slika 2).

2.2 Izračun elementov letalnice

2.2.1 Izračun vertikalnih linij

Zaradi lastne kontrole pridobljenih rezultatov geodetske izmere sta bila izvedena dva načina izračuna elementov letalnice, in sicer analitični in grafični.

Analitični izračun je bil izveden s pomočjo orodja Mathematica 5. Vhodni podatki izračuna so bile prostorske koordinate detajlnih točk letalnice. Izračunane so bile krivulje vzdolžnih profilov odskočišča in doskočišča ter pomembni polmeri teh krivulj. Nizu točk je bila določena ravnina po metodi najmanjših kvadratov. Nato smo s pravokotno projekcijo točke projicirali na ravnino. Krivulja se izračuna s pomočjo zlepkov, kjer dobimo gladko krivuljo. Za boljše rezultate so bile interpolirane še točke z ekvidistanco 1 m. Polmeri so bili izračunani na podlagi minimalnih odmikov krožnice od krivulje. Na sliki so vidne detajlne točke odskočišča in dva profila doskočišča v 3D-prostoru.



Slika 3: Analitični izračun krivulj odskočišča in doskočišča.

Dimenzija krožnice je določena na osnovi merjenih točk, med katerimi je interpolirana krožnica najverjetnejšega radija. Rezultati so zbrani v preglednici 3.

Za **grafično obdelavo** so bili vhodni podatki isti kot pri analitični obdelavi. Posnete točke so bile uporabljene za izdelavo vzdolžnih profilov na letalnici. Profilom se je nato s pomočjo orodja AutoCad določilo polmere in naklone, ki so pomembni za skakalnice. Določilo se jih je s pomočjo pritisnjenih krožnic in pravokotnic med točkama. Rezultati so zbrani v preglednici 3.

Zelo pomemben podatek na letalnici je višinska razlika med točko odskoka na mostu (odskočišču) T in najnižjo točko na doskočišču U (slika 5). Predpisana višinska razlika za letalnice je 130 m.

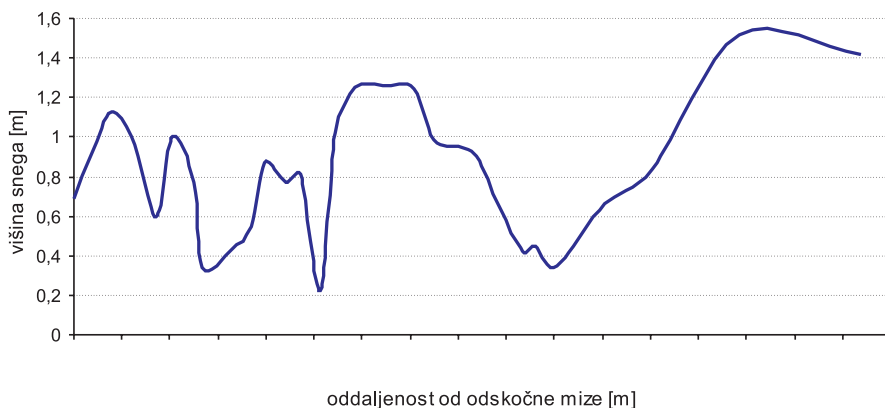
Na osnovi geodetskih meritev sta bili določeni nadmorski višini krajnih točk leta 2003 in 2004 v trenutku, ko je bila letalnica pripravljena za tekmo. Na osnovi teh višin je bila izračunana višinska razlika Δh (preglednica 1).

točka	H_{2003}	H_{2004}	$\Delta_{2003-2004}$
T	1074,61 m	1074,53 m	0,08 m
U	944,69 m	944,55 m	0,14 m
$\Delta h (z_{\text{max}})$	129,92 m	129,98 m	

Preglednica 1: Višinska razlika med točko odskočne mize in najnižjo točko doskočišča.

2.2.2 Izračun debeline snežne prevleke in volumna snega

Debelino snega je mogoče določiti s primerjavo rezultatov polarne izmere letalnice v poletnem času in izmere pozimi, ko je naprava pripravljena za tekmo. Debelina snega se je določila za leto 2003. Slika 4 prikazuje debelino snega na srednjem vzdolžnem profilu doskočišča, ki poteka od odskočne mize do konca izteka. Debelina snega se v smeri prečnih profilov spreminja.



Slika 4: Debelina snežne odeje na doskočišču leta 2003 glede na oddaljenost od odskočne mize.

Volumen snega je bil določen na podlagi meritev na celotni letalnici. Izračun je bil izveden s programom QuickSurf v povezavi z AutoCadom. Upoštevana je bila debelina snežne odeje na odskočišču in doskočišču. Mejno ploskev je na odskočišču določal položaj tirnic, na doskočišču pa zaščitna ograja. Izmerjena količina snega in primerjava z ocenjenimi vrednostmi je podana v preglednici 2.

Leta 2004 je bila želja še izboljšati radije in s tanjšo plastjo snega še povečati dolžine poletov, tako da je bila debelina snega na nekaterih mestih stanjšana tudi na polovico prejšnje, kar je tudi vidno na vzdolžnem profilu. Snega na letalnici je bilo kar za približno 3600 m³ ali 30 % manj.

leto	odskočišče		doskočišče		skupna razlika Δ
	Izmerjeno	Ocena (Gorišek)	Izmerjeno	Ocena (Gorišek)	
2003	111 m ³	100 m ³	11 767 m ³	10 000 m ³	+ 1878 m ³
2004			8133 m ³		

Preglednica 2: Količina snega na letalnici.

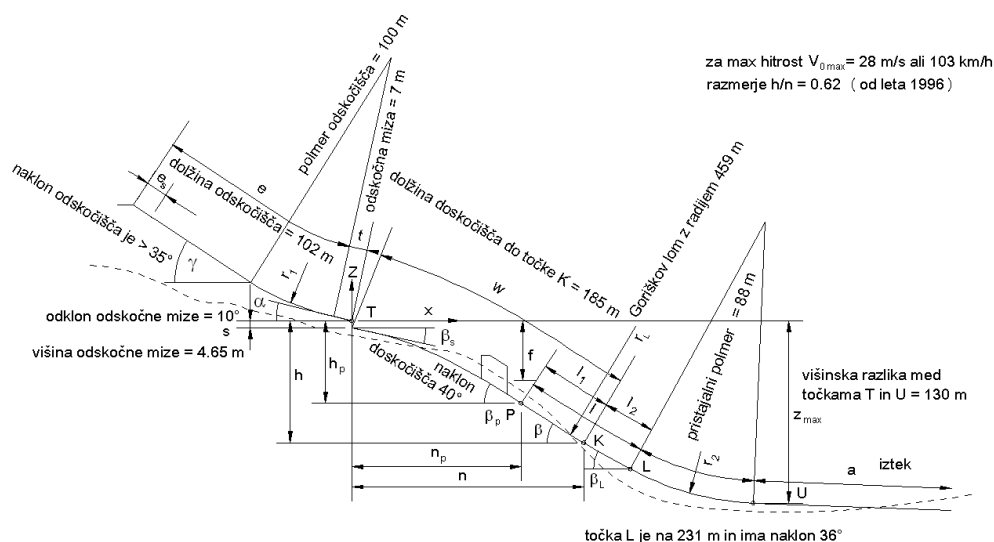
3 PRIMERJAVA REZULTATOV

3.1 Pravila mednarodne smučarske zveze (FIS)

Mednarodna smučarska zveza je leta 1996 izdala zadnje standarde glede konstruiranja skakalnic. Pravila, ki so jih izdali, je treba pri pripravi naprav upoštevati, saj se na nehomologiranih skakalnicah ne sme izvajati mednarodnih tekem.

Člen 411 v ICR (*International Competition Rules*), del III, definira geometrijske elemente skakalnic, in minimalne konstrukcijske zahteve, ki so potrebne in pomembne za varnost skakalcev. Inšpektorji in sodniki najbolj upoštevajo ravno te elemente. Predstavljeni diagrami in enačbe temeljijo na dolgotrajnih raziskovanih biomehaničnih in fizikalnih procesov med skoki. Kljub znanstvenim raziskovanjem oz. analiziranju je treba povedati, da so nekateri parametri določeni povsem empirično ali pa so podani kot približek. Najpomembnejši elementi so prikazani na sliki 5.

Iz preglednice 3 vidimo, da rezultati praktično sovpadajo med seboj. Pomembne so mere mednarodne smučarske zveze FIS, ki so predpisane kot minimalne še dopustne količine. Konstruktor jih mora zaradi varnosti skakalcev upoštevati. Letalnica je varna za polete. Pritiski na skakalce niso maksimalni.



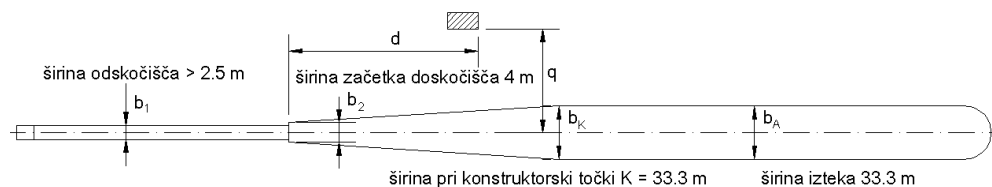
Slika 5: Geometrijski elementi letalnice Planica po predpisih FIS.

		radij [m] kot [°]	Predpis	2003			2004	
				Gorišek	Grafično 1	Grafično 2	Analitično	
odskočišče	r_1	ni	162	161	159	161		
	r_2	100	100	100	101	100		
	γ	> 35	38,5	39				
odskočna miza		α	10	11	11			
doskočišče	1. krivulja	r_1	ni	260	262	259	260	259
		r_L	459	ravnina	458	457	458	722
		r_2	88	90	90	91	90	89
	2. krivulja	r_1					261	
		r_L					456	
		r_2					90	
		β_0	7	19	19			
		β	projekt	35	34			
		β_P	40	39	39			
		β_L	projekt	31	31			

Preglednica 3: Primerjava velikosti geometrijskih elementov letalnice.

Pomemben varnostni faktor je tudi širina skakalnice, ki je odvisna od velikosti naprave. Ta standard se z leti spreminja. V letu 2003 je bil predpis $0,18W$ (W – merjena razdalja na terenu, od mostu, točka T , do zelene točke na doskočišču). Najširši del skakalnice je torej 0,18-ti del največje razdalje, ki jo skalec skoči na skakalnici. Za planiško letalnico, kjer je točka K še po starem 185 m, pomeni, da naj bi bil najširši del doskočišča $b_K = 33,3$ m, najožji del pa naj bi bil na začetku doskočišča $b_2 = 4$ m.

Iz geodetskih meritev ograje, ki določa širino doskočišča, je razvidno, da ograja ni najširša pri 185 m, saj so poleti mnogo daljši in se ograja rahlo širi proti izteku spodnjega »radiusa« (polmera) doskočišča. Najširša je v najnižji točki letalnice A .



Slika 6: Toris letalnice s predpisanimi dimenzijami (FIS).

elementi		predpis FIS	merjeno 2003	merjeno 2004
odskočišče	b_1	> 2,5 m	3,1 m	3,1 m
doskočišče	b_2	> 4 m	11 m	11 m
	b_x	> 33,3 m	33 m	33,4 m
	b_s	> 33,3 m	36,4 m	36,4 m

Preglednica 4: Širina letalnice.

4 ZAKLJUČEK

V današnjem času so skakalnice pripravljene predvsem po vnaprej pripravljenem programu. Program, ki ga je izdelala mednarodna smučarska zveza FIS, naj bi računal idealne linije glede na velikost skakalnice. Vendar je treba za njihovo zagotovitev pri izgradnji tako "programirane" skakalnice teren popolnoma preurediti in spremeniti. Pri tem pa konstruktorji ne vedo natančno, kaj je dejansko program upošteval in česa ne! Po tem programu je zgrajena tudi nova skakalnica v Kranju. Letalnica je za popolno matematično predstavitev kar zahteven objekt. Za spremljanje dejanskih razmer in "obnašanja" letalnice je treba poleg zagotovitve idealnih geometričnih lastnosti same naprave izvesti veliko dodatnih meritev (atmosferske razmere, hitrost). S praktičnega vidika se kaže, da so pri izdelavi letalnice poleg teorije zelo pomembne izkušnje in volja.

Za spoznavanje prave geometrije snega na letalnici in terena pod snegom je smiselno izvesti detajlno geodetsko snemanje letalnice. Varnost skakalcev je namreč odvisna predvsem od pravih naklonov in polmerov odrida ter pristanka. Geodetske meritve letalnice v smislu zagotavljanja ustrezne natančnosti ne predstavljajo posebnega strokovnega problema, vendar pa se je izkazalo, da so rezultati v primerjavi s klasičnim načinom izmere veliko uporabnejši. Definirani so bili dejanski parametri letalnice, ki so rezultat dela konstruktorja in vseh, ki sodelujejo pri njeni pripravi.

Rezultati geodetskih meritev planiške velikanke so bili zelo koristni pri izdelavi snežne podlage. Konstruktorju dajejo zanesljivo informacijo, kje lahko stanjša debelino snega in podaljša dolžino poleta. S pomočjo geodetskih meritev iz leta 2003 je bila leta 2004 letalnica z obstoječim terenom s pravilno izdelavo snežne podlage pripravljena skoraj optimalno. Na osnovi meritev je konstruktor že predvidel možne povečave letalnice. Že iz rezultatov geodetskih meritev v dveh letih je razvidno, kje so bile storjene napake in kaj je še treba spremeniti, da bo skakalnica idealna.

Rezultati geodetski meritev tudi kažejo, da so predpisi mednarodne smučarske zveze splošni in niso prilagojeni za teren, na katerem stoji planiška velikanka. Zato jih je treba regulirati. Predvsem je treba upoštevati vremenske pogoje in naravne danosti. FIS zahteva posnetke letalnic in njihove profile, kar je možno doseči le s pomočjo geodezije. Zanimivo je, da se konstruktorji, ki poznajo preizkušene tradicionalne metode, še vedno bolj zanašajo na enostavne postopke meritev s pomočjo late in kotomera. Vendar pa je ob spoznanju, kaj vse geodetske meritve nudijo, nedvoumna ugotovitev in prepričanje, da pri takih projektih brez geodezije v današnjem času ne gre več! Z združitvijo pridobljenih geodetskih podatkov in podatkov drugih strok, ki so za varno

letenje potrebni, bi lahko resnično ugotavljali, kje in kako bi bilo mogoče izboljšati geometrične lastnosti letalnice in jo na podlagi tega tudi povečevati.

LITERATURA IN VIRI:

Podbevšek, J. (2004). Geodetska izmera letalnice v Planici. Diplomsko delo. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.

Spletna stran: <http://www.planica.info>

Jure Podbevšek, univ. dipl. inž. geod.

Razvojni zavod, Blatnica 1, SI-1236 Trzin

E-pošta: jure.podbevsek@razvojni-zavod.si

Janez Gorišek, inž. grad.

Predsednik Športnega društva Planica

Mrharjeva ul. 15, SI-1000 Ljubljana

viš. pred. dr. Mitja Lakner, univ. dipl. inž. mat.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo,

Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: mitja.lakner@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo- Oddelek za geodezijo,

Jamova 2, SI-1000 Ljubljana

E-pošta: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si

Prispelo v objavo: 26. oktober 2004