

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Ovsenik, T., 2015. Kontrola oblike hrbtnišča Bloudkove velikanke. Diplomsko naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Koler, B., somentor Urbančič, T.): 24 str.

Datum arhiviranja: 07-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Ovsenik, T., 2015. Kontrola oblike hrbtnišča Bloudkove velikanke. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Koler, B., co-supervisor Urbančič, T.): 24 pp.

Archiving Date: 07-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM PRVE STOPNJE
GEODEZIJA IN
GEOINFORMATIKA

Kandidatka:

TANJA OVSENIK

**KONTROLA OBLIKE HRBTIŠČA BLOUDKOVE
VELIKANKE**

Diplomska naloga št.: 96/GIG

**CONTROLLING THE LANDING HILL PROFILE OF
BLOUDEKS LARGE HILL**

Graduation thesis No.: 96/GIG

Mentor:

doc. dr. Božo Koler

Somentor:

asist. Tilen Urbančič

Ljubljana, 17. 09. 2015

»Ta stran ja namenoma prazna.«

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Podpisana **TANJA OVSENIK** izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»**KONTROLA OBLIKE HRBTIŠČA BLOUDKOVE VELIKANKE**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Zabreznica, 8. 9. 2015.

Tanja Ovsenik

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.715:796.925(497.4Planica)(043.2)
Avtor:	Tanja Ovsenik
Mentorica:	doc. dr. Božo Koler
Somentor:	asist. Tilen Urbančič
Naslov:	Kontrola oblike hrbtišča Bloudkove velikanke
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	24 str., 4 pregl., 19 sl., 1 pril.
Ključne besede:	kontrola oblike hrbtišča, Bloudkova velikanka, oblak točk, odstopanje profila

Izveček

V diplomski nalogi je predstavljena analiza kontrole oblike hrbtišča Bloudkove velikanke. Analizo kontrole oblike skakalnice smo izvedli z grafičnimi in analitičnimi postopki na osnovi oblaka točk, ki smo ga dobili s terestričnim laserskim skeniranjem hrbtišča. Bolj podrobno analizo smo opravili za os hrbtišča ter na delu hrbtišča, kjer naj bi nastala manjša poškodba. V nalogi je opisan postopek izmere, uporabljena merska oprema in obdelava pridobljenih podatkov. Večina rezultatov je izračunanih s primerjavo projektiranih dimenzij in oblik s tistimi, ki smo jih določili iz oblaka točk. Ugotovili smo, da profil v osi skakalnice po višini odstopa do največ 4 cm in da se je konstrukcija na mestu poškodbe v smeri normale udrla za 6 cm.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 528.715:796.925(497.4Planica)(043.2)
Author: Tanja Ovsenik
Supervisor: Assist. Prof. Božo Koler, Ph.D.
Co-advisor: Assist. Tilen Urbančič, B.Sc.
Title: Controlling the landing hill profile of Bloudeks large hill
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 24 p., 4 tab., 19 fig., 1 ann.
Key words: control of landing hill, Bloudeks large hill, point cloud, deviation of profile

Abstract

In this thesis, we represented the control analysis of the landing hill profile in Planica's Bloudek large ski jumping hill. The more detailed analysis was made on the upper part of the landing hill profile, where minor damage was supposed to appear. The analysis of the control shape of the jumping hill was made by laser scanning the landing slope and thus forming a point cloud. In the thesis, we describe the measuring procedure, and which measuring equipment was used, as well as the processing of the attained data. Most of the results were calculated by comparing the projected dimensions and shapes with the dimensions defined from the point cloud. We have determined that the profile of the jumping hill axis deviates to a maximum 4 centimetres in height, and, that the construction collapsed 6 centimetres in the direction of the normal level on the damaged area.

ZAHVALA

Za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Božu Kolerju.

Posebna zahvala gre somentorju asist. Tilnu Urbančiču za vso pomoč, nasvete in vzpodbudne besede med izdelavo diplomske naloge.

Za podporo v času študija se zahvaljujem Jerneju, Nuši, prijateljem ter predragim staršem, hvala vam!

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	IV
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA	VII
1 UVOD	1
2 ZGODOVINA BLOUDKOVE VELIKANKE	2
3 ELEMENTI SKAKALNICE	4
3.1 Pravila Mednarodne smučarske zveze (FIS)	4
3.2 Oblika hrbtišča	7
3.3 Klotoida	8
4 ZAJEM IN OBDELAVA PODATKOV	9
4.1 Terenska izmera in uporabljen instrumentarij	9
4.2 Analiza podatkov	12
5 PREDSTAVITEV REZULTATOV IN NJIHOVA ANALIZA	14
5.1 Oblika in geometrija celotne skakalnice	14
5.1.1 Primerjava in odstopanja od projektirane vrednosti	16
5.2 Kontrola zgornjega dela hrbtišča	19
5.2.1 Prikaz območja s plastnicami	20
6 ZAKLJUČEK	22
VIRI	23

KAZALO SLIK

Slika 1: Rožmanov načrt skakalnice iz leta 1933 (vir: [7])	2
Slika 2: Lesena konstrukcija Bloudkove velikanke (vir: [7])	3
Slika 3: Prečni prerez loka na Bloudkovi skakalnici s pilotiranim spodnjim temeljem sidranem v teren	3
Slika 4: Profil pristajalnega območja (vir: [4])	4
Slika 5: Pomembne širine skakalnice (vir: [4])	6
Slika 6: Prečne in vzdolžne grede skupnega doskočišča skakalnic HS 139 - 104 (vir: [3])	7
Slika 7: Klotoida (vir: [6])	8
Slika 8: Spoj premice s krožnico z vmesnim lokom klotoide (vir: [6])	8
Slika 9: Prikaz zajema območja skeniranja	9
Slika 10: TLS Riegl VZ-400 (vir: [8])	10
Slika 11: Pregledni oblak točk in prikaz stojišč instrumenta (pika) in tarč (križci)	11
Slika 12: Prikaz osi skakalnice z rdečo črto in območja nepravilnosti z belo črtkano črto	12
Slika 13: Oblak točk vpet na projektirano geometrijo profila	13
Slika 14: Prikaz maksimalnega odstopanja dejanske oblike hrbtišča od projektirane	14
Slika 15: Prikaz vpadnega kota snemanja γ	15
Slika 16: Prikaz konstruiranja radijev na krivuljo	15
Slika 17: Prikaz nepravilnosti na hrbtišču skakalnice HS 139	19
Slika 18: Prikaz dimenzij udrtin v višinskem smislu in pravokotno na podlago	20
Slika 19: Prikaz območja s plastnicami	21

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Osnovne specifikacije instrumenta TLS Riegl VZ 400 (vir: [8])	10
Preglednica 2: Glavni parametri, odčitani iz diagrama	17
Preglednica 3: Koordinate pomembnih točk na skakalnici [9]	18
Preglednica 4: Primerjava rezultatov pridobljenih z meritvami in projekta	18

1 UVOD

Pri velikih projektih, kot je gradnja skakalnice, brez geodezije ne gre. Pred uporabo geodetskih merskih metod pri izgradnji skakalnic so konstruktorji skakalnic za določitev pomembnih parametrov uporabljali postopke meritev z latami in kotomeri. Poleg tega da je za projektiranje takega objekta potreben dober geodetski načrt, da geodet sodeluje v vseh fazah gradnje (zakoličevanje, kontrolne meritve,...), je delo geodeta pomembno tudi pri določitvi geometrije snežne podlage na doskočišču ter npr. pri uravnavanju vodil za izdelavo smučine na zaletišču. Pravilna geometrija oziroma pravilni nakloni in polmeri odziva ter pristanka pa lahko zagotovijo varnost skakalcev.

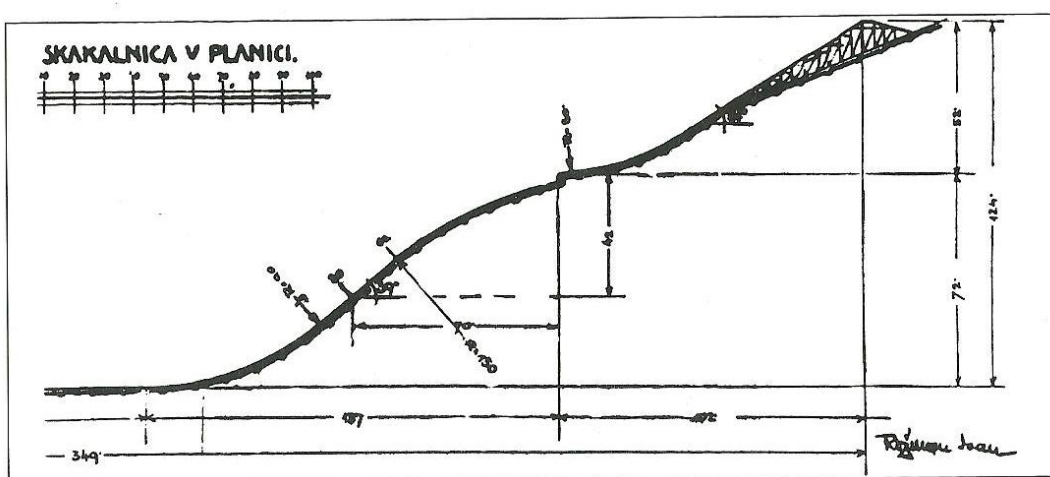
Glavni cilj naloge je bil preveriti obliko hrbtišča na zgornjem delu skakalnice HS 139 na osnovi izvedenega skeniranja. Po navedbah odgovornih ljudi v Nordijskem centru Planica naj bi prišlo do manjše poškodbe. Poleg tega smo preverili in skonstruirali tudi geometrijo celotne skakalnice. Dobljene rezultate smo podrobno analizirali.

Uvodni del diplomske naloge predstavlja razvoj Bloudkove skakalnice skozi zgodovino. Sledi poglavje, kjer so opisana pravila Mednarodne smučarske zveze FIS (International Ski Federation) za konstruiranje skakalnic. Podrobneje so predstavljeni geometrijski elementi skakalnice in sama oblika hrbtišča Bloudkove velikanke. Naslednje poglavje vsebuje opis praktičnega dela naloge in analizo pridobljenih podatkov. V zadnjem poglavju so predstavljeni dobljeni rezultati.

Naloga je bila zastavljena tako, da smo pridobljene rezultate skeniranja primerjali s projektiranimi vrednostmi, ki jih je po tehničnem pregledu potrdila FIS. Za izmero je bila uporabljena metoda terestričnega laserskega skeniranja, saj je bil teren v tem času za klasično terestrično izmero nedostopen. Osnovna obdelava podatkov je potekala v programu RiSCAN PRO. Izračuni so bili izvedeni s pomočjo programskega paketa Matlab, rezultati pa predstavljeni s programom MS Excel. Za grafični prikaz smo uporabili AutoCAD Civil 3D, za izdelavo plastnic pa smo si pomagali s programom Surfer.

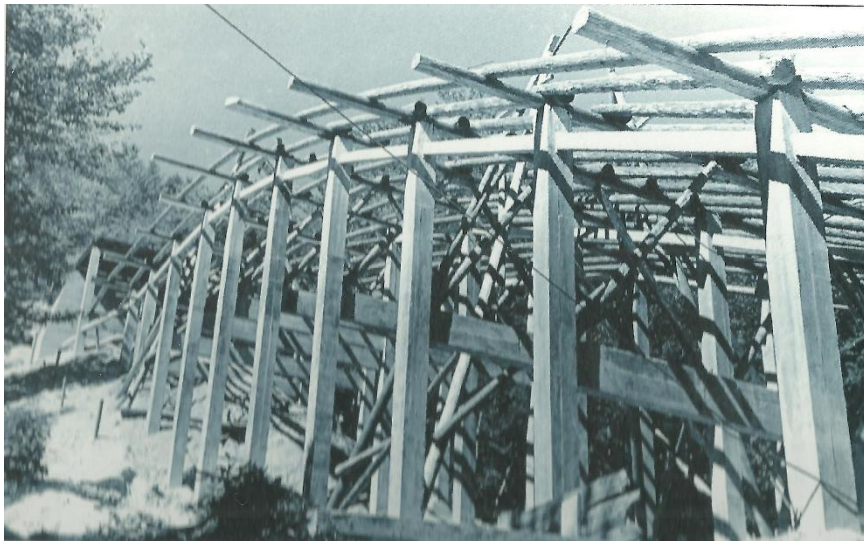
2 ZGODOVINA BLOUDKOVE VELIKANKE

Ideja o gradnji prve skakalnice – velikanke se je porodila inženirju Stanku Bloudku. Bloudek je pričel z gradnjo, kasneje pa je njegovo delo izpopolnil in dokončal gradbenik Ivan Rožnik. Leta 1934 smo bili priča otvoritveni slovesnosti nove skakalnice v Planici [1].



Slika 1: Rožmanov načrt skakalnice iz leta 1933 (vir: [7])

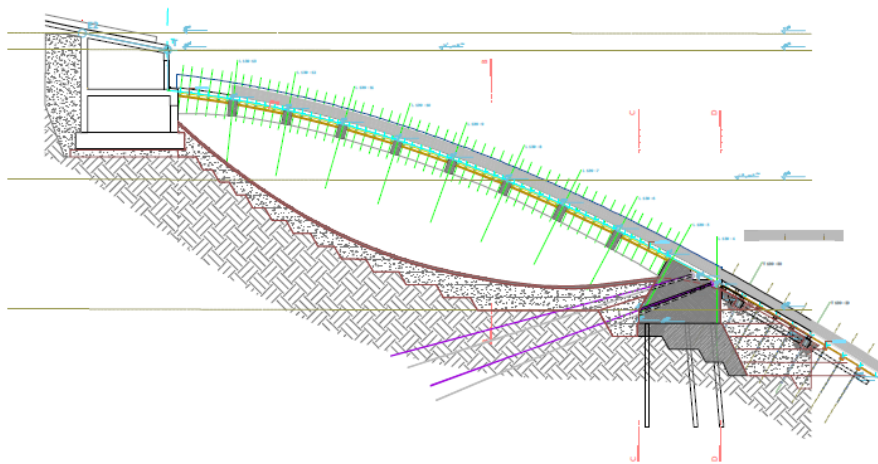
Skakalnica naj bi omogočala skoke do 70 m, imenovali pa so jo tudi mamutska skakalnica. Zaradi dobro izbrane lokacije pod Poncami, kjer je bil naraven profil zelo podoben profilu skakalnice, velike gradbene konstrukcije za nalet in doskočišče niso bile potrebne. Že istega leta, z rahlimi popravki na skakalnici, smo bili priča najdaljšemu skoku na smučeh, in sicer 92 metrov. Po svetovnem rekordu so se pojavila vprašanja, kdo je pravzaprav projektant nove skakalnice, Bloudek ali Rožman. Bloudek je kasneje že pripravljaval nove načrte za skakalnico, kjer bi skakalci poleteli preko stotih metrov. V novih načrtih je odskočni pomol pomaknil nazaj, kar pa je pomenilo, da mora projektirati novo doskočišče. Zamislil si je velikansko ogrodje na lesenih stebrih, ki naj bi bilo pokrito z deskami. FIS je tako začela razmišljati o uvedbi nove zvrsti smučarskega športa: smučarski poleti. Že leta 1936 se je Planica vpisala v zgodovino smučarskega športa s poletom Seppa Bradla prek sto metrov. Med vojno se je za skakalnico slabo skrbelo, kar pa je bil tudi eden izmed razlogov, da se je skakalnica začela podirati že leta 1948. Po smrti Stanka Bloudka sta načrtovanje nove skakalnice po njegovih načrtih prevzela brata Gorišek. Prav njima gre zasluga za nov način oblikovanja prehoda v krivini. Boljše konstruiranje skakalnic je pripomogla tudi uporaba prehodnice – klotoide [1].



Slika 2: Lesena konstrukcija Bloudkove velikanke (vir: [7])

Bloudkovo skakalnico so povečevali vse do velikosti, kjer je bila kritična točka pri 120 metrih. Leta 1998 se je v Planici odvijala zadnja tekma svetovnega pokala na tej skakalnici. Rekord je z 147,5 metri dosegel Noriaki Kasai. Bloudkovo velikanko je leta 2001 dokončno najedel zob časa. Pod težo snega je popustil zgornji del doskočišča. Kar deset let je moralo preteči, da se je nordijski center začel prenavljati [2].

Pričela se je rekonstrukcija oziroma gradnja nove skakalnice HS 139 (stara Bloudkova skakalnica) in ob njej skakalnica HS 104 s skupnim doskočiščem. Hrbtišče stare Bloudkove skakalnice (slika 2) je spomeniško zaščiteno, ravno to pa je razlog, da se je ohranil Bloudkov značilen lok. Obe skakalnici sta bili izdelani iz betona ter armirani z jekleno armaturo [3].



Slika 3: Prečni prerez loka na Bloudkovi skakalnici s pilotiranim spodnjim temeljem sidranem v teren

3 ELEMENTI SKAKALNICE

Z razvojem opreme in tehnike skakanja so se posledično spreminjale tudi tehnične in funkcionalne lastnosti skakalnic. Mednarodna smučarska zveza FIS določa pravila za smučarske skoke, med katerimi so podana tudi določila za geometrijske elemente skakalnic.

3.1 Pravila Mednarodne smučarske zveze (FIS)

Zadnja pravila mednarodne smučarske zveze (International SKI Federation) vsebujejo tudi standarde, ki določajo konstruiranje skakalnic. Skakalnice morajo biti homologirane, kar z drugimi besedami pomeni, da jih mora pregledati in izmeriti pristojna komisija. Če je vse v skladu s pravili oziroma normativi, se izda potrdilo o ustreznosti – certifikat. Neupoštevanje pravil povzroči prepoved izvajanja mednarodnih tekmovanj.

V tretji knjigi ICR (International Competition Rules) so zapisana pravila glede smučarskih skokov. Člen 411 nam navaja standarde za gradnjo skakalnic (slika 4).

Geometrijski elementi skakalnice:

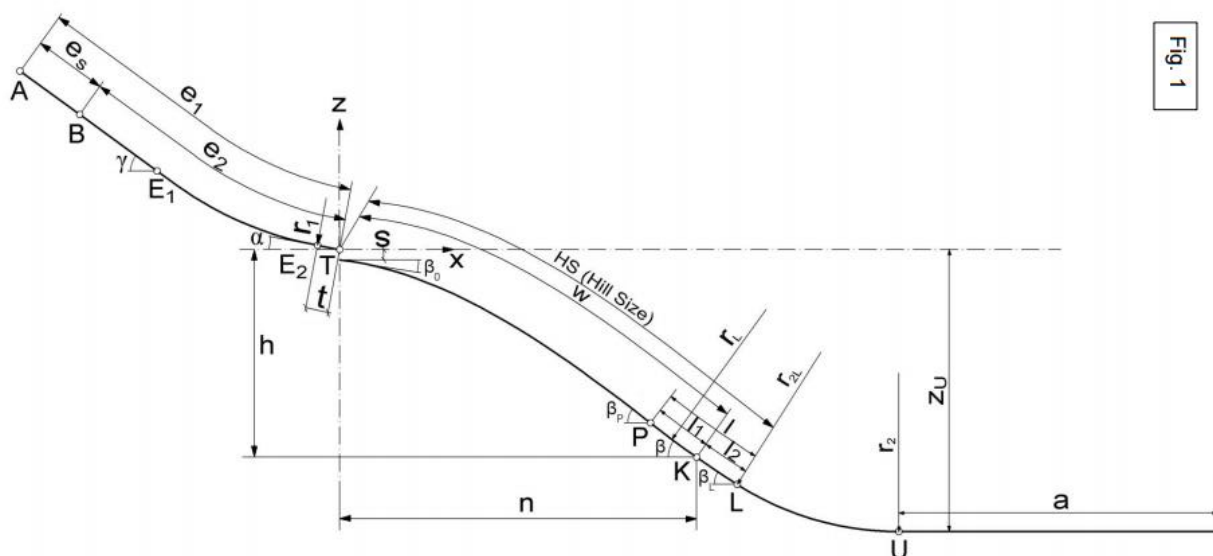


Fig. 1

Slika 4: Profil pristajalnega območja (vir: [4])

Profil doskočišča:

A....najvišja točka starta

B....najnižja točka starta

E1...začetek radija krivine

E2...konec krivine, začetek vzleta

T.....rob skoka/vzletišča

e_1 ...dolžina odskočišča od najvišje točke zaleta do začetne točke odskočne mize

e_2 ...dolžina odskočišča od najnižje točke zaleta do začetne točke odskočne mize

e_s ...dolžina območja starta

tdolžina odskoka

γnaklon zgornjega dela odskočišča

α ...naklon odskočne mize

r_1 ...polmer krivulje odskočišča v točki E2

Profil doskočišča:

T....končni rob odskočne mize

s.....višina odskočne mize

P...začetek pristajalnega območja

K....konstruktorska točka

L....konec pristajalnega območja

U...začetek izteka, najnižja točka profila

HS...merjena razdalja (Hill Size) od roba odskočišča do konca pristajalnega območja L

w....razdalja med robom vzletišča in konstrukcijsko točko K, izmerjeno na podlagi ICR 415.1

h ...višinska razlika od roba vzletišča do konstrukcijske točke K

n ...horizontalna razdalja od roba vzletišča do konstrukcijske točke K

z_U ...višinska razlika od roba vzletišča do najnižje točke U

l_1 ...dolžina loka krivulje med točkama P in K

l_2 ...dolžina loka krivulje med točkama K in L

ldolžina loka krivulje med točkama P in L

a ...dolžina izteka

β_0 ...kot tangente začetka hrbtišča v spodnji točki končnega robu odskočne mize

β_P ...kot tangente v točki P

β ...kot tangente začetka v točki K

β_L ...kot tangente v točki L

r_L ...polmer pristajalnega območja P-L

r_{2L} ...polmer krivulje v točki L

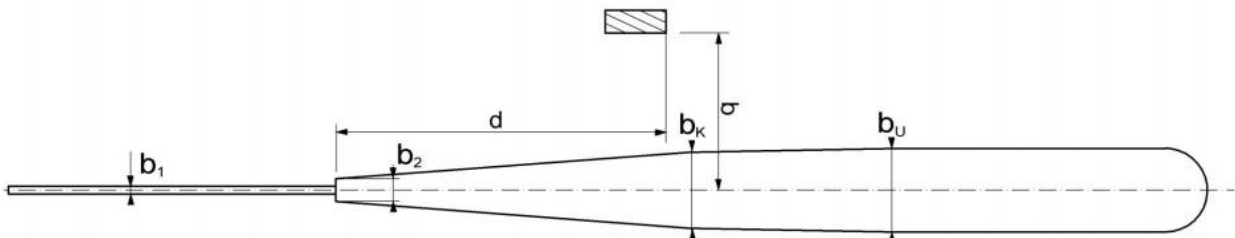
r_2 ...polmer krivulje v točki U

b_1 ...pripravljena širina odskočišča

b_2 ...širina doskočišča na začetku hrbtišča

b_K ...širina doskočišča pri točki K

b_U ...pripravljena širina na koncu r2 radija in začetku izteka



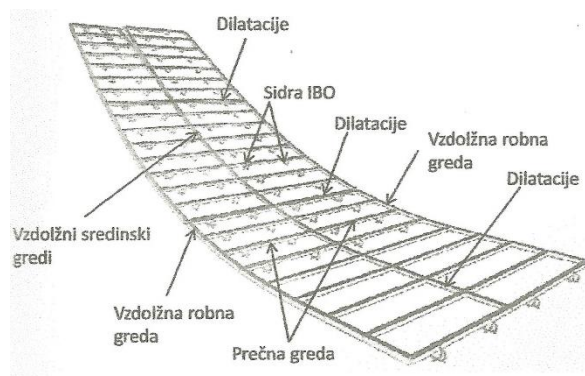
Slika 5: Pomembne širine skakalnice (vir: [4])

3.2 Oblika hrbtišča

Doskočišče skakalnice je sestavljeno iz več delov in sicer: griča, pristajalnega območja, krivine – »radiusa« in izteka. V projektih je element w definiran kot nominalna dolžina skakalnice [3].

Posebno nalogo pri skakalnicah ima grič, njegova oblika je pomembna predvsem zaradi vetra. Grič se prične v točki T (slika 4) in je določen z odmikom od horizontale za kot β_0 . Do začetka pristajalnega območja, ki je določen s točko P, je grič določen s kubično parabolo. Od točke T je točka P oddaljena 109,04 m. Vsaka izmed pomembnih točk P, K in L, ima določen svoj naklon (β_P, β in β_L). Ena pomembnejših točk je točka K, saj se od nje določa razmerje med h in n . Konstruktorska točka K se nahaja na razdalji 125 m (w) od točke T. Dolžina med točkama P in K je določena s polmerom krivulje r_L in razdaljo l_1 . Krivina se nato nadaljuje do točke L, ki je od točke T oddaljena za 139,03 m. Točka L je tudi kritična točka skakalnice, tu je krivulja določena s polmerom r_{2L} . Pri točki L se nato prične pristajalna krivina, ki naj bi jo najbolje opisala okrog obrnjena kubična parabola. Krivulja se zaključi s točko U, ki je določena s krogom, ter njenim polmerom r_2 .

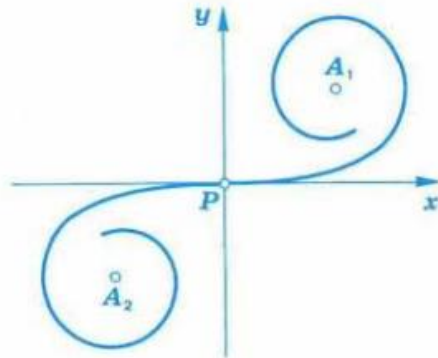
Skakalnica je sestavljena iz vzdolžnih betonskih gred, le te pa so sidrane v podlago. Lesene grede (slika 6) so preko čaš, ki preprečujejo rotacijo, vstavljene na betonske grede. Umetna trava je pritrjena na lesene grede [3]. Sklepamo, da je poškodba na zgornjem delu hrbtišča v konstrukciji lesene gredi.



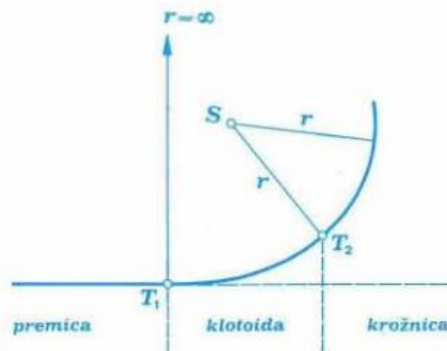
Slika 6: Prečne in vzdolžne grede skupnega doskočišča skakalnic HS 139 - 104 (vir: [3])

3.3 Klotoida

Klotoida, imenovana tudi Cornujeva spirala (slika 7), je definirana kot krivulja, kateri se ukrivljenost spreminja linearno vzdolž njene dolžine [5]. Uporablja se predvsem pri projektiranju cest, železnic in tudi smučarskih skakalnic, kjer se srečujemo s problemom spajanja odsekov z različnimi krivinami.



Slika 7: Klotoida (vir: [6])



Slika 8: Spoj premice s krožnico z vmesnim lokom klotoide (vir: [6])

Smučarski skakalec bi zaradi neprimerne spoja med premico in krožnico (slika 8) v nogah čutil hipen pritisk, ki bi vplival na varen doskok. Pri neprimernem spoju utrpi sila F gibajočega se telesa skok. Da skok preprečimo, med spojena odseka vstavimo zvezno se spreminjajoče krivuljo klotoido. V prevojni točki P ima klotoida krivino 0, od tu dalje narašča zvezno v levo in desno stran, kjer se spiralno zvija proti asimptotični točki A_1 [6].

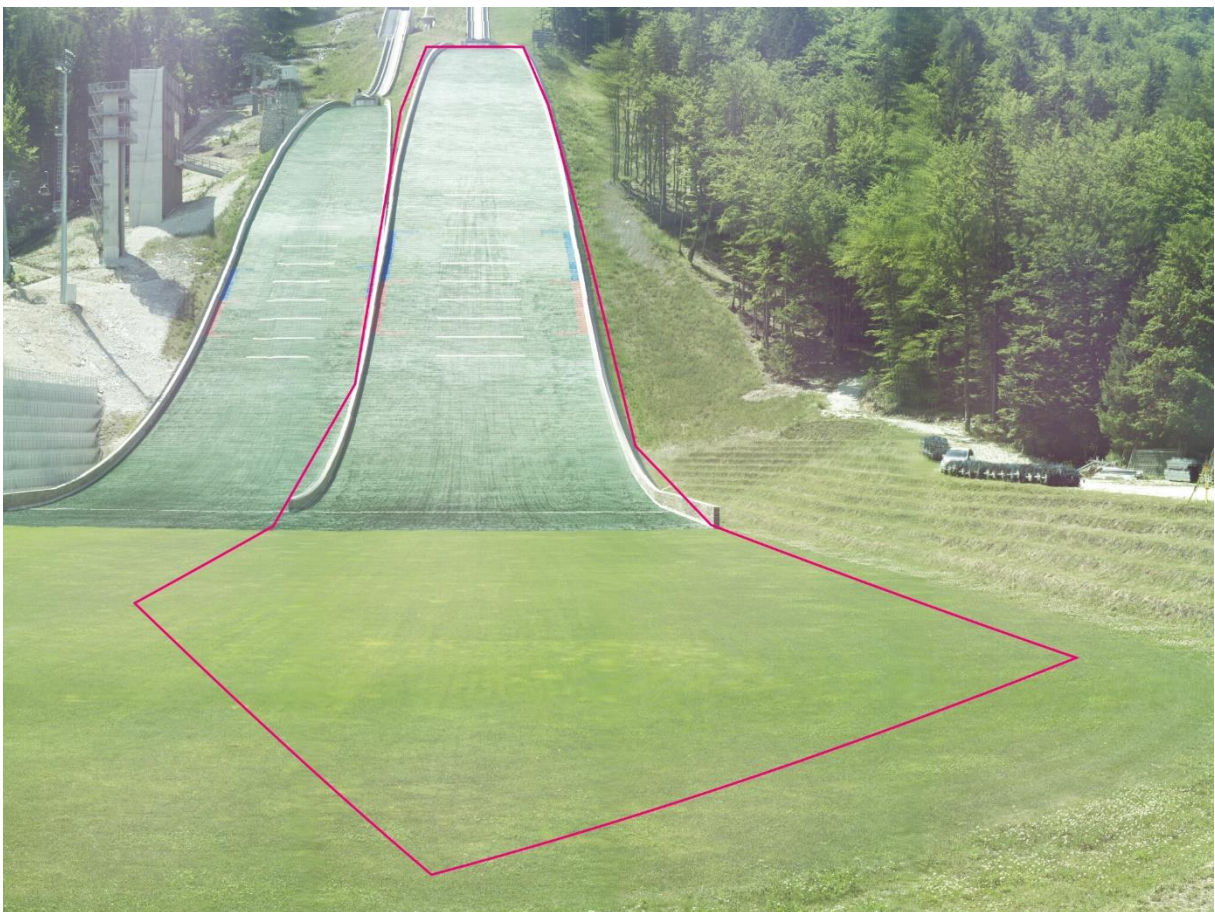
Tako na skakalca pri vožnji v iztek vpliva enakomeren pritisk in se ne stopnjuje, kot bi se pri kri krožnem loku. Skakalec dobi občutek varnega in prijetnega leta tudi pri dolžinah okrog kritične točke [7].

4 ZAJEM IN OBDELAVA PODATKOV

Pred izvedbo meritev smo si predhodno ogledali teren. Z izvajalcem geodetskih meritev v času gradnje Bloudkove velikanke smo si ogledali obstoječo geodetsko mrežo na gradbišču. Seznanjeni smo bili tudi, kje se nahaja območje nepravilnosti na skakalnici.

4.1 Terenska izmera in uporabljen instrumentarij

Prvi poskus skeniranja Bloudkove velikanke v Planici smo opravili z Leica Nova MS50. V instrument smo vnesli območje skeniranja, ki je zajemalo celotno skakalnico HS 139.



Slika 9: Prikaz zajema območja skeniranja

Po več poskusih s spreminjanjem nastavitev laserskega žarka nismo pridobili zadovoljivih rezultatov (velike luknje v oblaku točk). Vzrok za neuspele poizkuse je v veliki reflektivnosti odbojne površine, v našem primeru umetne trave na skakalnici in velikosti vpadnega kota laserskega žarka na odbojno površino.

V drugem poskusu skeniranja skakalnice smo uporabili terestrični laserski skener Riegl VZ-400 (slika 10), ki omogoča skeniranje do razdalje 600 metrov. Valovna dolžina laserskega žarka je v območju bližnje infrardeče svetlobe. Osnovne karakteristike instrumenta so navedene v preglednici 1. Prednost dela s tem instrumentom je, da lahko že na samem terenu s programom RiSCAN PRO na prenosnem računalniku preverimo kakovost in popolnost podatkov.



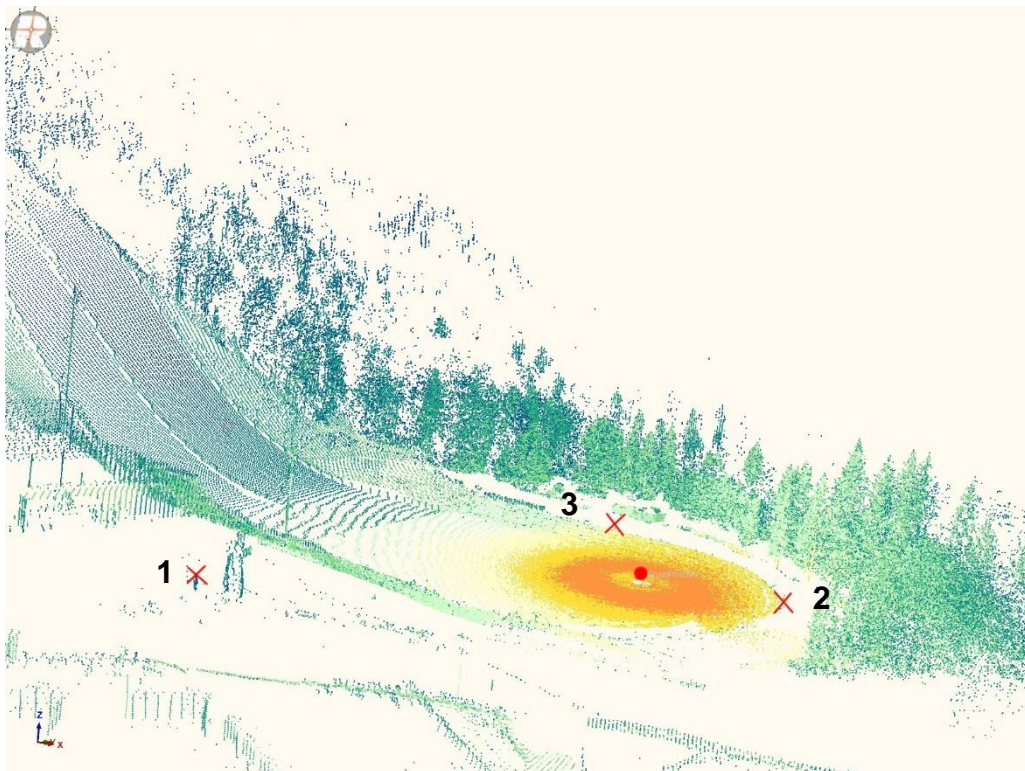
Slika 10: TLS Riegl VZ-400 (vir: [8])

Preglednica 1: Osnovne specifikacije instrumenta TLS Riegl VZ 400 (vir: [8])

Tehnični podatki	Instrument Riegl VZ - 400
Laser	Class 1
Hitrost skeniranja	125 000 točk na sekundo
Točnost	5 mm/100 m
Natančnost	3 mm/100 m
Mersko območje	1,5 – 600 m
Vidno polje	360° (+60° / -40°) x 100°
Teža	9,8 kg
Kotna ločljivost (Hz, V)	0,0024°
	0,0024°
Valovna dolžina laserja	bližnja infrardeča
Temperatura upravljanja	0° do 40°C
Temperatura hranitve	-10° do 50°C

Obravnavan objekt smo lahko zaradi načina analize geometrije skenirali le iz enega stojišča. Navezavo na obstoječo geodetsko mrežo gradbišča Nordijskega centra Planica smo izvedli prek treh točk, kjer smo za signaliziranje točk z retroreflektivnimi nalepkami uporabili prisilno centriranje. Celoten potek skeniranja se na terenu vodi v programu RiSCAN PRO. Na osnovi preglednega oblaka točk (slika 11) smo določili območje podrobnejšega skeniranja in ločljivost skeniranja. Eden od pomembnih korakov je bil tudi nastavitev moči laserskega žarka. Glede na težave zaradi slabega odboja od umetne trave pri skeniranju z instrumentom Leica MS 50 smo ga nastavili na Long Range (dolg doomet). Izbrano območje na objektu smo skenirali z ločljivostjo 4 cm na 200 m.

Na sliki 11 so z rdečim križcem označena stojišča tarč za goreferenciranje, z rdečo piko pa stojišče našega skenerja.



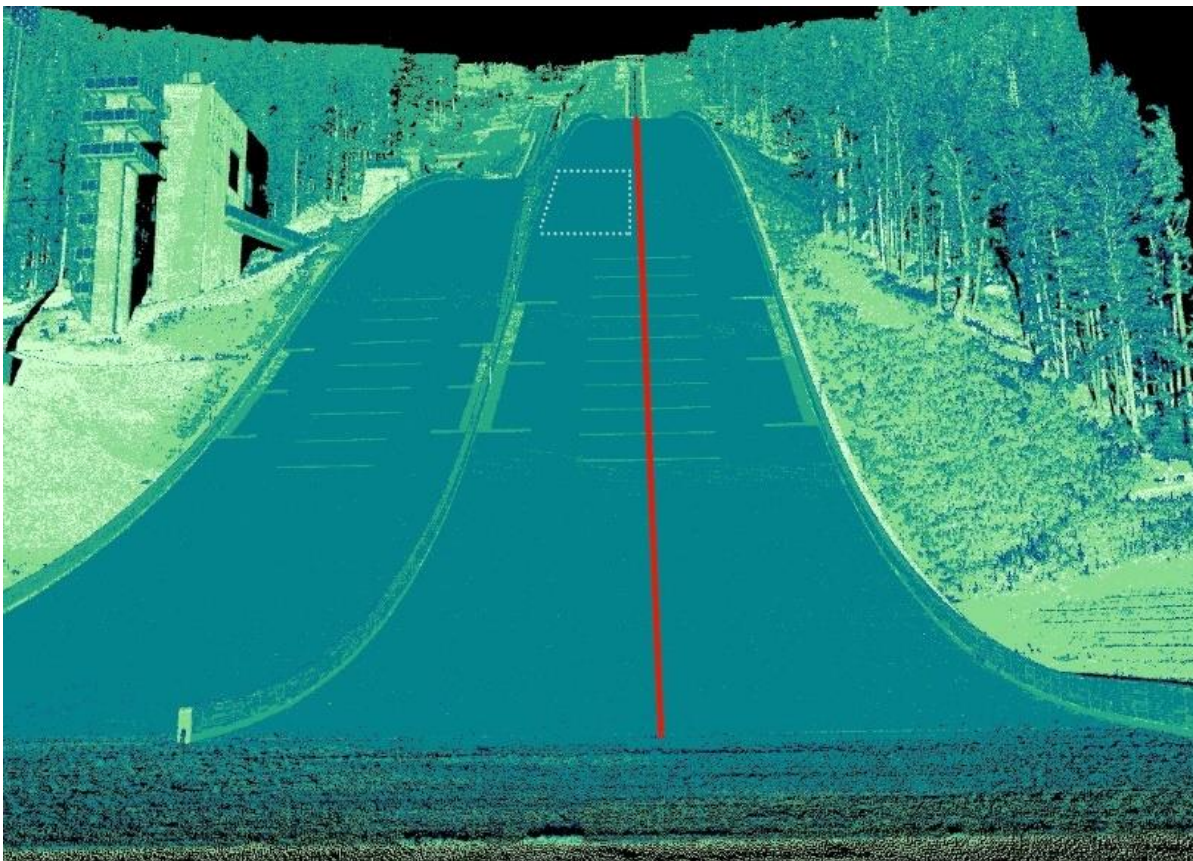
Slika 11: Pregledni oblak točk in prikaz stojišč instrumenta (pika) in tarč (križci)

Po končanem skeniranju izbranega območja smo se za določitev pomembnih točk K, P in L na samem terenu s tahimetrom postavili na točko 2. Posneli smo več točk pri rdeči in modri oznaki na skakalnici (slika 9).

4.2 Analiza podatkov

Osnovno obdelavo oblaka točk smo opravili v programski opremi za modeliranje RiSCAN PRO proizvajalca Riegl. Rezultat skeniranja je bil oblak točk, ki ga sestavljajo nizi prostorskih koordinat v lokalnem koordinatnem sistemu skenerja. Ker smo v nadaljevanju obravnavali manjše izreze osnovnega oblaka točk, je bilo pomembno, da ga najprej georeferenciramo. Georeferenciranje smo izvedli prek treh točk v koordinatnem sistemu obstoječe geodetske mreže na gradbišču. Točke, ki smo jih uporabili za georeferenciranje, so označene na sliki 11 z rdečimi križci. Uporabili smo retroreflektivne nalepke premera 5 cm.

Sledil je izrez in izvoz delov oblaka točk za nadaljnjo obdelavo. Izvozili smo vzdolžni profil v osi skakalnice in manjši del hrbtišča, ki vključuje območje nepravilnosti na skakalnici (slika 12).

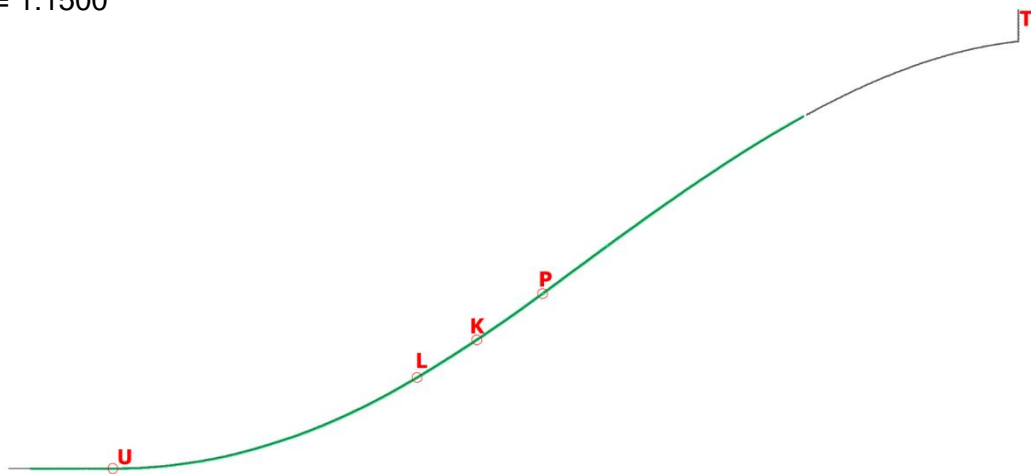


Slika 12: Prikaz osi skakalnice z rdečo črto in območja nepravilnosti z belo črtkano črto

Da bi lažje preverili sovpadanje projektirane in dejanske oblike skakalnice, smo na vzdolžnem profilu osi skakalnice v oblaku točk določili glavne točke K, L in P. Pomagali smo si tako, da smo celoten oblak točk skakalnice obarvali po intenziteti odboja. Tako smo dobili jasno razvidne oznake na skakalnici. Ena od osnovnih funkcij programa je tudi informacijsko orodje, ki nam za izbrano točko izpiše nekatere podatke. Nas so zanimale predvsem koordinate točk, ki predstavljajo glavne točke. Po zbranih podatkih, smo lahko točke K, L in P določili na našem vzdolžnem profilu osi skakalnice.

Nadaljnja obdelava je potekala v programu AutoCAD Civil 3D. Za uvoz oblaka točk v program smo iz programa RiSCAN PRO izvozili .txt datoteko. Projektirane dimenzije skakalnice smo pridobili iz projekta za zakoličevanje, ki nam ga je poslal predstavnik podjetja Gekom. Po uvozu točk v delovno okolje smo preverili kakovost georeferenciranja oblaka točk. Izrez profila skakalnice v osi hrbtišča smo projicirali na ravnino, ki jo dobimo, če v osi hrbtišče presekamo z ravnino, ki vključuje normale na profil (slika 13). Ugotovili smo, da točke U, L, K in P ne sovpadajo popolnoma, zato smo preko omenjenih točk izvedli manjšo translacijo ter rotacijo. Vzrok neskladnosti lahko poiščemo v kakovosti danih točk geodetske mreže oz. v dejstvu, da smo oblak točk vpeli na samo 3 dane točke, ki so stabilizirane ravno v nasprotni strani skakalnice. Za iste vrednosti premika in rotacije smo prestavili tudi oblak točk, ki vključuje točke nepravilnosti na zgornjem delu hrbtišča.

M = 1:1500



Slika 13: Oblak točk vpet na projektirano geometrijo profila

Opravljeni rotacija in translacija nimata na končni rezultat nobenega vpliva, saj so pridobljeni rezultati odvisni le od relativnih odnosov točk in krivulj vzdolž profila.

5 PREDSTAVITEV REZULTATOV IN NJIHOVA ANALIZA

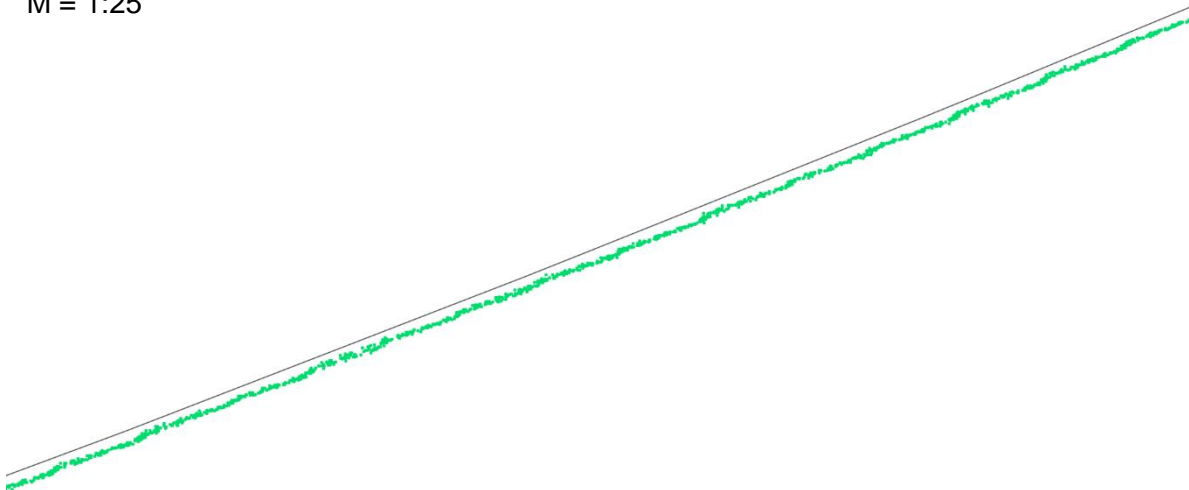
Opis rezultatov, je razdeljen na dva dela. V prvem delu so opisani rezultati oblike in geometrije celotne skakalnice, v drugem delu pa smo obravnavali zgornji del hrbtišča skakalnice, kjer naj bi bilo območje nepravilnosti na skakalnici HS 139.

5.1 Oblika in geometrija celotne skakalnice

Vsi rezultati so dobljeni z grafično primerjavo projektirane in skenirane oblike celotne skakalnice v programu AutoCAD Civil 3D. Ko sovpadanje projektirane in dejanske oblike hrbtišča preverimo bolj podrobno, so na nekaterih delih razlike v smeri koordinatne osi z do maksimalno 0,04 m (slika 14). Vzrokov za to odstopanje je več. Velik vpliv imajo razdalja skeniranja in s tem povezana velikost odtisa laserskega žarka, kakovost tarče - razpršen odboj na umetni travi in velik vpadni kot (slika 15).

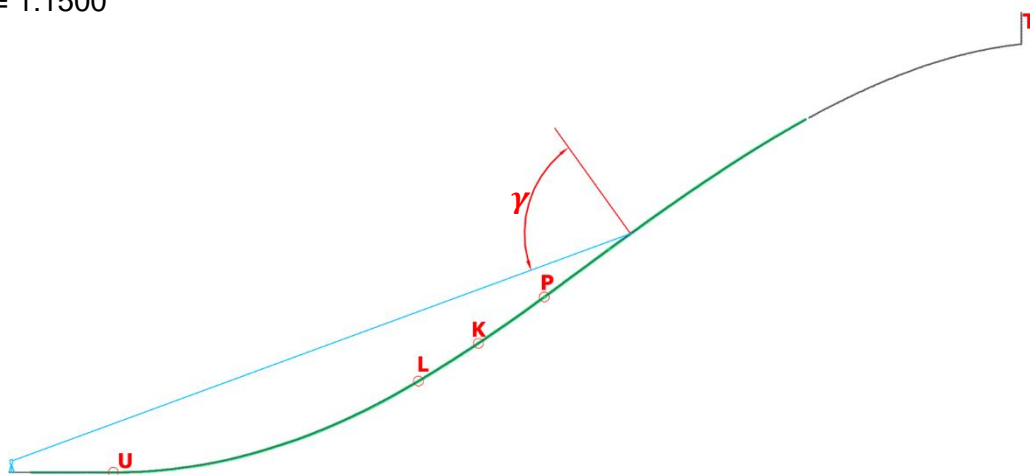
Odstopanja dejanske geometrije profila od projektirane smo preverili tako, da smo v profil iz oblaka točk s poznavanjem položajev točk U, P, K in L skonstruirali projektirane radije in ostale dimenzije (slika 16).

M = 1:25



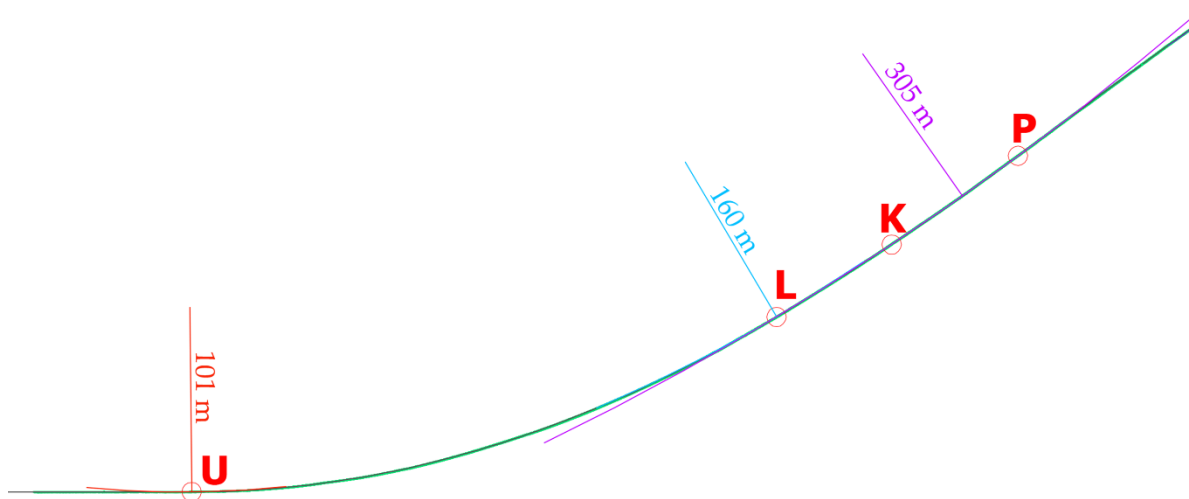
Slika 14: Prikaz maksimalnega odstopanja dejanske oblike hrbtišča od projektirane

M = 1:1500



Slika 15: Prikaz vpadnega kota snemanja γ

M = 1:500



Slika 16: Prikaz konstruiranja radijev na krivuljo

5.1.1 Primerjava in odstopanja od projektirane vrednosti

Primerjavo med krivuljo našega oblaka točk in projektirane krivulje skakalnice smo analizirali še računsko. Projektirane vrednosti skakalnice so povzete po certifikatu mednarodne smučarske zveze FIS. Certifikat je v prilogi A1.

Kot je bilo predstavljeno že v poglavju 3.2, je doskočišče sestavljeno iz več odsekov. Višinska razlika h med točkama T in K in horizontalna razdalja n med točkama T in K, predstavlja razmerje h/n . Parametra w in h/n morata biti izbrana odvisno en od drugega. Za različne kote naklona odskočne mize α imamo predlagane vrednosti prikazane v diagramih. V našem primeru ima odskočna miza naklon 11° . Vrednost parametra h/n določimo iz diagrama 1 [9].

Diagram 1: določitev parametra h/n za $\alpha = 11,0^\circ$ in skakalnice do $w = 125$ m [9]

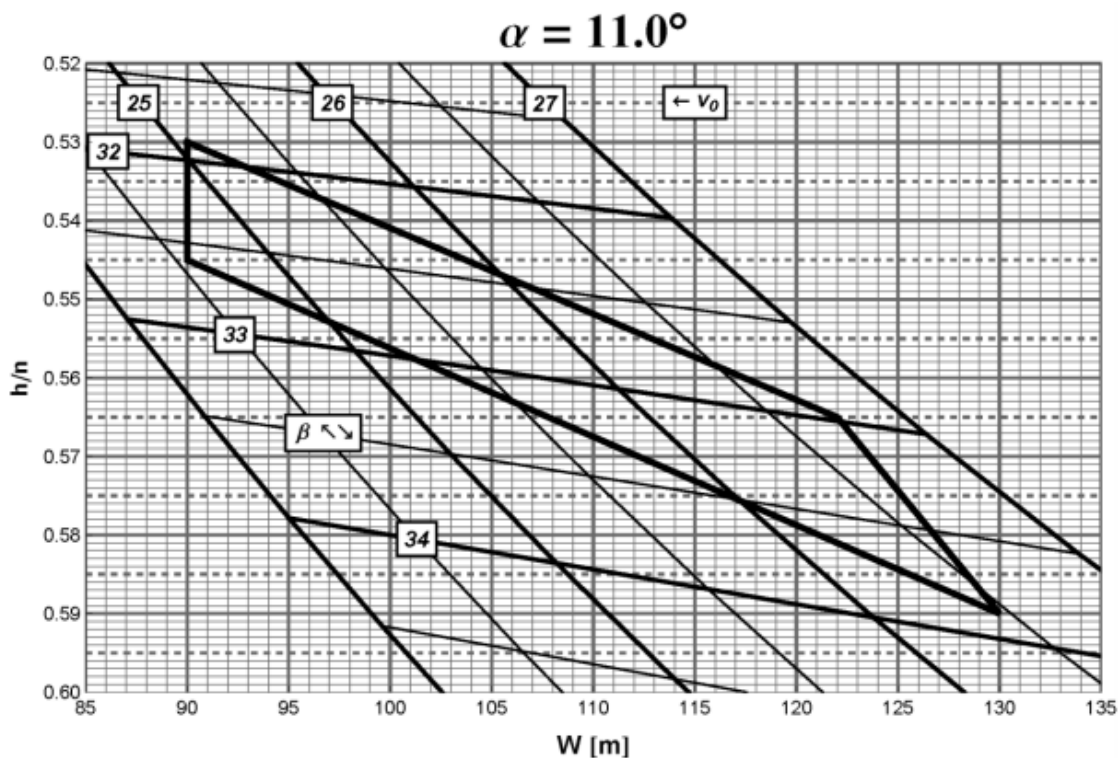


Diagram nam prikaže odskočno hitrost v_0 in kot naklona β v točki K. Izvedemo linearno interpolacijo. S parametri $w, h/n, \alpha$ in β lahko izračunamo ostale količine.

Preglednica 2: Glavni parametri, odčitani iz diagrama

w	125 m
h/n	0,58
α	11°
β	33,55°
v_0	26,5 m/s

Izračun dolžin in kotov je izveden po naslednjih enačbah [9]:

$$w = 0,885 \cdot HS + 1,5 \quad (\text{približna enačba}) \quad (1)$$

$$h = \left(\frac{w}{1,005} \right) \cdot \sin(\text{atan}(h/n)) \quad (2)$$

$$n = \left(\frac{w}{1,005} \right) \cdot \cos(\text{atan}(h/n)) \quad (3)$$

$$v_k = 0,68 \cdot v_0 + 12,44 \quad (4)$$

$$r_L = v_k^2 \cdot \frac{w}{380} \quad (5)$$

$$\beta_L = \beta - \frac{1,4}{v_k} \cdot 180/\pi \quad (6)$$

$$v_{II} = v_k - \frac{16}{v_k} - 0,1 \cdot 0,982 \quad (7)$$

$$\beta_P = \beta + \delta\beta \quad (8)$$

$$\beta_0 = \beta_P/6 \quad (9)$$

$$r_{2Lmin} = v_{II}^2 / (18 - 10 \cdot \cos \beta_L) \quad (10)$$

$$r_2 = v_k^2 / [20 \cdot \cos \beta_L + v_k^2 \cdot \frac{\beta_L}{7000} - 12,5] \quad (11)$$

Priporočilo za $\delta\beta$: $\alpha = 11^\circ$ $\delta\beta = 3.0^\circ$

$$l_1 = \delta\beta \cdot r_L \cdot \pi/180 \quad (12)$$

$$l_2 = 1,4 \cdot r_L/v_k \quad (13)$$

Za izračun kubične parabole po enačbi (14), ki odlično opiše poletno pot skakalca, moramo določiti še koordinate pomembnih točk na skakalnici po naslednjih enačbah:

Preglednica 3: Koordinate pomembnih točk na skakalnici [9]

Točka	x	z
P	$n_P = n - r_L (\sin \beta_P - \sin \beta)$	$-h_P = -h + r_L (\cos \beta - \cos \beta_P)$
K	n	$-h$
L	$n_L = n - r_L (\sin \beta_P - \sin \beta)$	$h_L = r_L (\cos \beta - \cos \beta_P)$

$$z = \left(\frac{w}{40}\right) - x \cdot \tan \beta_0 - (3u - v) \cdot \left(\frac{x}{n_P}\right)^2 + (2u - v) \cdot \left(\frac{x}{n_P}\right)^3 \quad \text{vrednosti so negativne} \quad (14)$$

Kjer je

$$u = h_P - \left(\frac{w}{40}\right) - n_P \cdot \tan \beta_0 \quad (15)$$

in

$$v = n_P \cdot (\tan \beta_P - \tan \beta_0) \quad (16)$$

Preglednica 4: Primerjava rezultatov pridobljenih z meritvami in projekta

		Računska določitev	Grafična določitev	Projektirane vrednosti
Doskočišče	w	124,52 m	/	125,00 m
	n	107,17 m	107,59 m	107,59 m
	h	62,20 m	/	62,40 m
	β_L	30,91°	30,83°	30,91°
	β_P	36,55°	36,44°	36,55°
	β_0	6,09°	/	6,09°
	l_1	16,09 m	15,97 m	15,96 m
	l_2	14,14 m	14,05 m	14,03 m
	r_L	303,34 m	/	305,00 m
	r_2	101,53 m	/	101,00 m
	r_{2L}	$r_L \geq r_{2L} \geq r_{2Lmin}$	/	160,00 m
	r_{2Lmin}	96,17 m	/	/

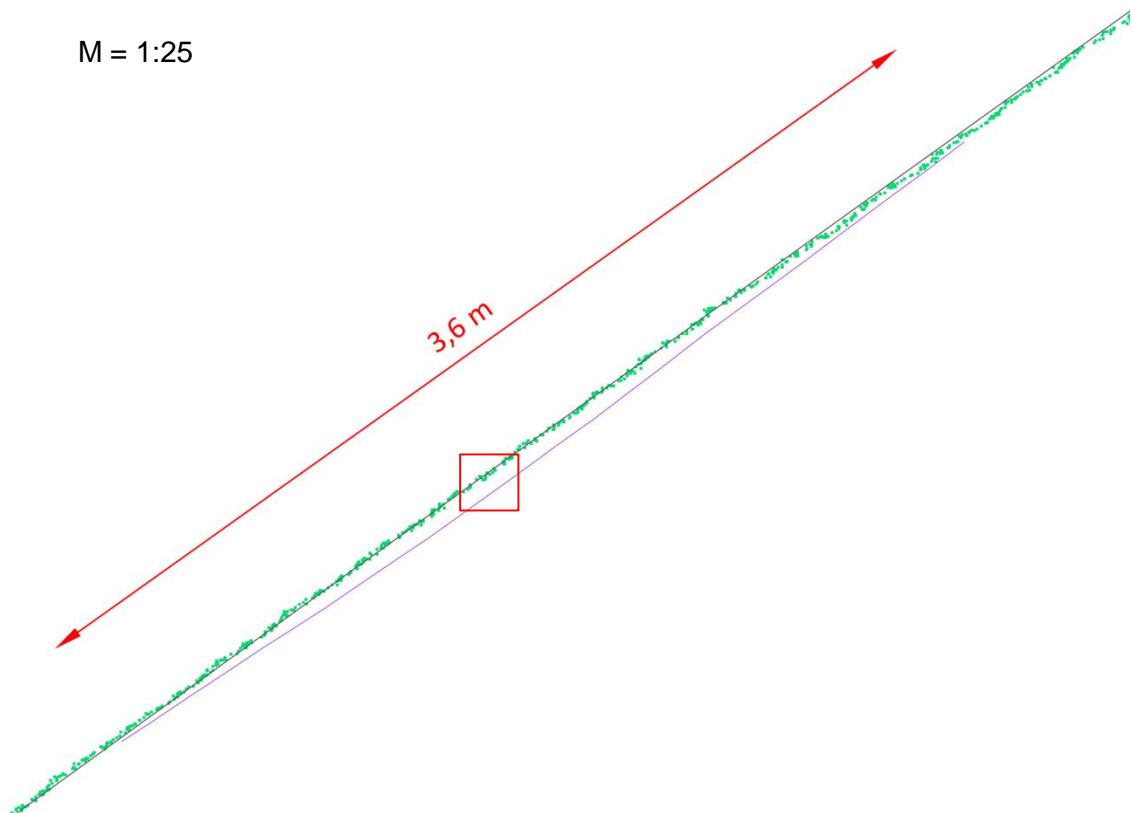
Če primerjamo rezultate določene računsko in grafično s projektiranimi vrednostmi, vidimo, da nikjer ne pride do večjih odstopanj. Predvidevamo, da so razlogi za odstopanja sledeči:

- projektirane dimenzije se navezujejo na leseno konstrukcijo in
- razpršenost točk na ploski je velika.

Za boljšo primerjavo in potrditev rezultatov bi morali pridobiti podatke geodetske izmere za pripravo dokumentacije za pridobitev uporabnega dovoljenja. Tam so navedene prave dimenzije po izgradnji objekta.

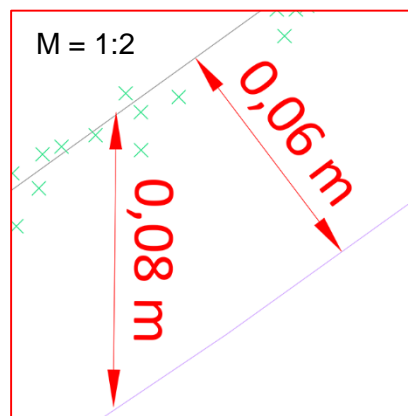
5.2 Kontrola zgornjega dela hrbišča

Zgornji levi del hrbišča (gledano iz izteka proti vzletišču) je bil obravnavan posebej (slika 12), saj naj bi tu prišlo do poškodbe lesene konstrukcije, na katero je pritrjena umetna trava. Nepravilnost predstavlja na videz neopazna luknja, vendar je za skakalce občutljiva.



Slika 17: Prikaz nepravilnosti na hrbišču skakalnice HS 139

Slika 17 nam prikazuje območje nepravilnosti na hrbtišču pri projekciji na ravnino skozi os doskočišča. Vijolično linijo smo zajeli kot najnižje točke v oblaku ter predstavlja dejansko stanje, torej odstopanje od projektirane oblike, ki jo predstavlja linija črne barve. Zelene točke predstavljajo izrez oblaka točk v osi doskočišča. Z rdečim kvadratom je označeno mesto prikaza udrtin v višinskem smislu in pravokotno na podlago. Lesena konstrukcija se je v višinskem smislu udrla za 8 cm oziroma pravokotno na podlago za 6 cm (slika 18). Približna dolžina, ki jo doseže skakalec na območju poškodbe, je 87 metrov.



Slika 18: Prikaz dimenzij udrtin v višinskem smislu in pravokotno na podlago

5.2.1 Prikaz območja s plastnicami

V programu Surfer je bila na osnovi oblaka točk izdelana interpolacija z metodo Kriging. V območju je bilo zajetih 13 153 točk. Velikost mrežne celice smo nastavili na 0,1 m. Plastnice, ki smo jih dobili iz te celične mreže, so prikazane na sliki 19 v svetlo rjavi barvi. Ekvidistanca glavnih plastnic je 0,5 m, pomožnih plastnic pa 0,1 m. Plastnice so vzdolž linije razgibane zaradi razpršenosti točk.

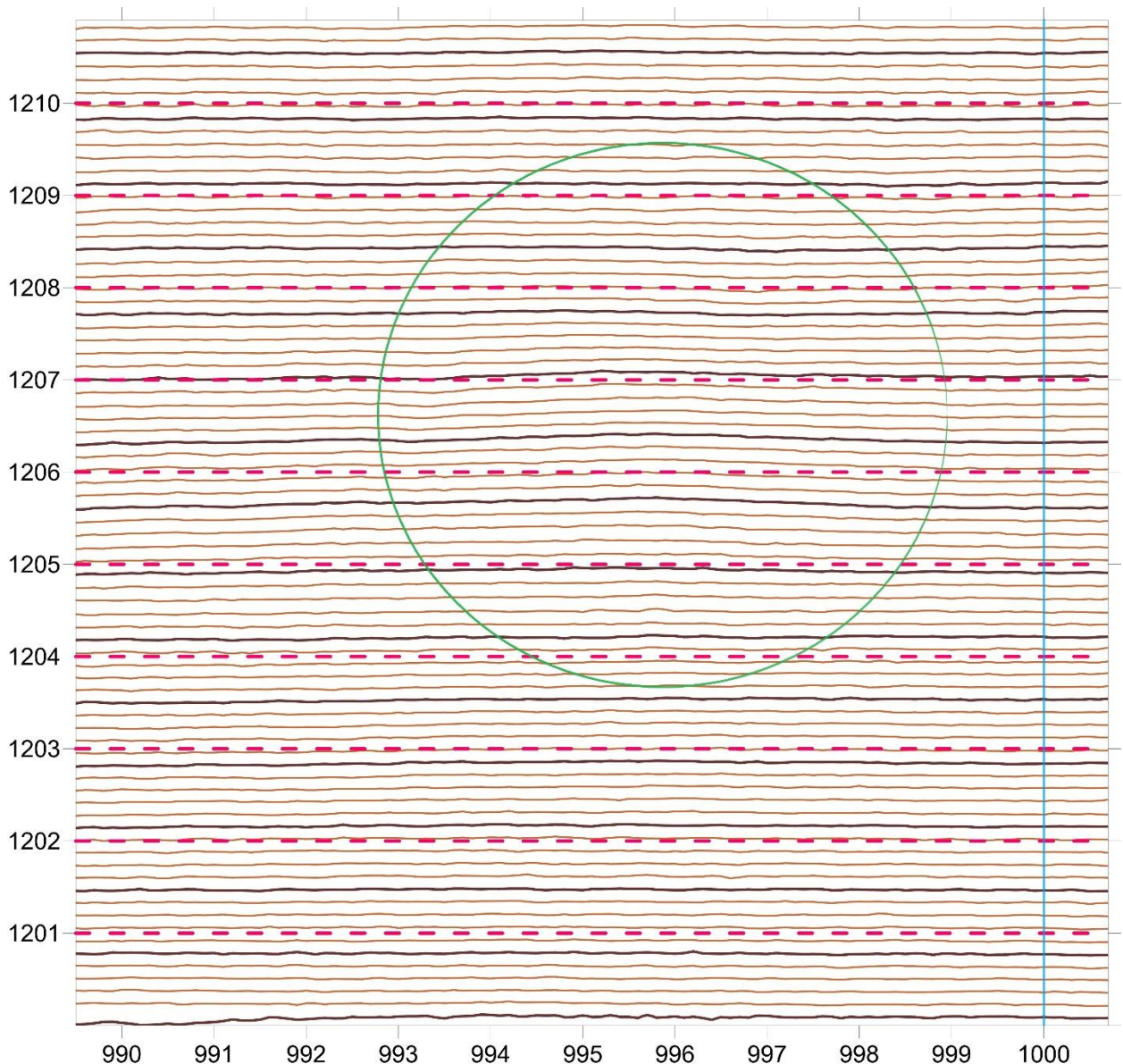
Koordinatna mreža na sliki je določena tako, da na abscisni osi predstavlja vrednost 1000 m os skakalnice, ostale vrednosti pa odmik od nje. Na ordinatni osi pa vrednosti predstavljajo oddaljenost od točke 2 (slika 11).

Območje poškodbe na hrbtišču smo na sliki 19 prikazali z zelenim krogom. Do največjega razhajanja med pravo obliko plastnice (rdeča črtkana črta) ter interpoliranimi plastnicami iz oblaka točk, pride vzdolž ordinatne osi med 1206 in 1207 m.

Pravilnost interpolacije rezultatov oz. določitev obsega poškodbe (nevzporednost projektiranih in dejanskih plastnic) nam potrjuje vzporednost interpoliranih plastnic s projektiranimi izven zelenega kroga (slika 19).

Ne vzporednost plastnic in projektirane višine med 1206 in 1207 m nam kaže, da so poškodbe dejansko na hrbtišču, medtem ko sta pri 1210 in 1201 m plastnici in pomožni črti vzporedni.

Na osnovi slike s plastnicami (slika 19), smo z vizualno določitvijo meja, ocenili tudi površino poškodbe, ki znaša cca 15 m².



Slika 19: Prikaz območja s plastnicami

6 ZAKLJUČEK

V diplomski nalogi je predstavljena izmera Bloudkove velikanke in kontrola oblike hrbtišča skakalnice. Na podlagi pridobljenih podatkov terestričnega laserskega skeniranja smo primerjali dejansko obliko s projektirano obliko hrbtišča. Da bi se naša krivulja kar najbolj prilegala projektirani, smo izvedli manjšo translacijo in rotacijo, kar pa ni imelo na končni rezultat nobenega vpliva.

Dejansko krivuljo in projektirano krivuljo smo med seboj primerjali računsko in grafično. Vrednosti, ki smo jih izračunali po enačbah (1) – (13), se od projektiranih razlikujejo pri dolžinah do 13 cm, med grafično določenimi in projektiranimi pa so odstopanja le do 2 cm. Pri grafičnem določanju smo uporabili profil osi skakalnice ter profil, kjer je nastala poškodba na hrbtišču. Grafično določevanje krivulje je odvisno od kakovosti določitve položajev glavnih točk L, K in P v oblaku točk. Pri delu smo si pomagali tudi s podanimi radiji iz certifikata skakalnice.

Za računsko primerjavo smo uporabili enačbe, ki jih je pripravila mednarodna smučarska zveza FIS. Pri končni primerjavi vseh rezultatov je prišlo do rahlih odstopanj. Predvidevamo, da je prvi vzrok za odstopanja posledica izgradnje, drugi vzrok za odstopanja, ki mu lahko pripisujemo manjši delež, pa bi lahko bil v veliki razpršenosti točk okoli ploskve doskočišča.

Z diplomsko nalogo smo želeli ugotoviti, ali je na hrbtišču skakalnice HS 139 prišlo do poškodb in s tem do nepravilnosti v geometriji skakalnice, in oceniti velikost teh poškodb. V višinskem smislu se je lesena konstrukcija udrla za 8 cm, v smeri pravokotno na podlago pa za 6 cm. Na tem delu hrbtišča smo izdelali svojo analizo. Za območje poškodb na hrbtišču smo izdelali plastnice, iz katerih je jasno razvidno, da so poškodbe prisotne. To nam pokaže predvsem nevporednost plastnic (slika 19).

Če bi želeli naše območje s poškodbo določiti bolj natančno, bi morali meritve opraviti s tahimetrom, kjer pa bi za delo figuranta potrebovali opremo za plezanje.

VIRI

- [1] Ulaga, D., Urek, S., Rožman, M. 1979. Planica. Ljubljana, Založba Mladinska knjiga: 87 str.
- [2] Bloudkova velikanka. 2015.
https://sl.wikipedia.org/wiki/Bloudkova_velikanka (Pridobljeno 10. 8. 2015.)
- [3] Kilar, V., Koren, D., Petrovčič, S., Logar, J. 2011. Gradbene konstrukcije novih skakalnic in stolpov v Planici – faza 1A. V: Lopatič, J., Markelj, V., Saje, F. (ur.). Zbornik 33. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije. Bled, Hotel Golf, 6.- 7. oktober 2011. Ljubljana, Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev: 171 – 178.
- [4] International Ski Federation FIS. The International Ski Competition Rules (IRC). 2015.
http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/Skijumping/03/19/96/ICRSkiJumping2015_clean_English.pdf (Pridobljeno 10. 8. 2015.)
- [5] Savelov, A. A. 1979. Ravninske krivulje. Zagreb, Šolska knjiga: str. 337.
- [6] Vadnal A. 2009. Skakalnica v Planici. Presek 8, 3: 146-150.
- [7] Guček, S., Rožman, M., Bergant, E., Giacomelli, O., Bras, V. 1999. Planica: 1934-1999. Ljubljana, Društvo Proplanica: 308 str.
- [8] RIEGEL Laser Measurement Systems GmbH. 2015.
<http://www.riegl.com/nc/products/terrestrial-scanning/produktdetail/product/scanner/5/> (Pridobljeno 23. 8. 2015.)
- [9] Gasser, H. 2012. Standards for the Construction of Jumping Hills – 2012.
http://www.fis-ski.com/mm/Document/documentlibrary/Skijumping/03/20/22/StandardsfortheConstructionofJumpingHills2012_english_English.pdf (Pridobljeno 22. 8. 2015.)

SEZNAM PRILOG**PRILOGA A1:** Certifikat skakalnice Bloudkova velikanka HS 139

PRILOGA A1:



No. 381 / SLO 13

**CERTIFICATE OF JUMPING HILL
CERTIFICAT DE CONFORMITE
SCHANZENPROFILBESTÄTIGUNG**

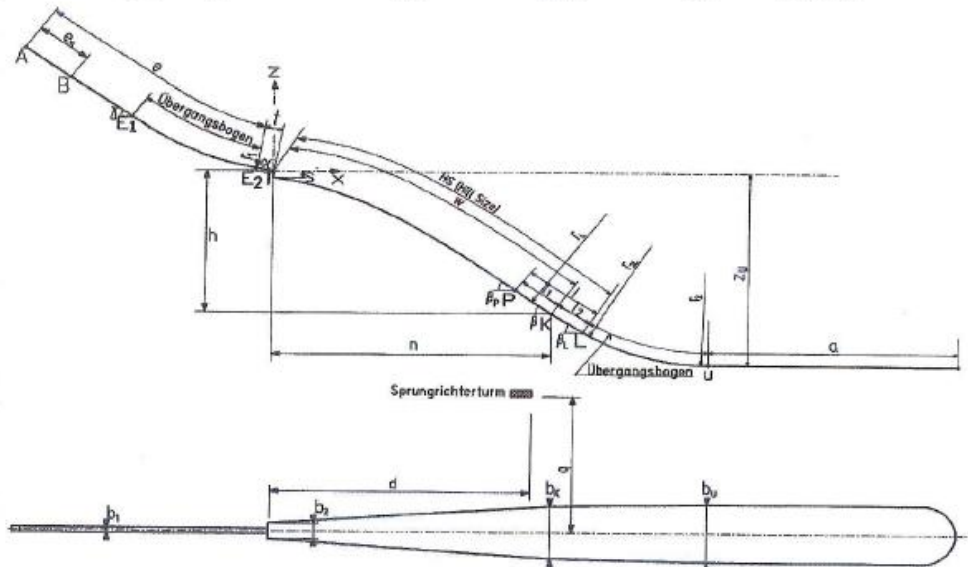
Date of issue 10.10.2012
Établi le
Ausgestellt am

Valid till 31.12.2017
Valable jusqu' au
Gültig bis

Place: Planica

Name: Bloudkova
Velikanka HS 139

HS = 139 m h/n = 0,58 Vo = 26,45 m/s



e = 98,40 m	l ₁ = 15,96 m	Z _u = 88,00 m
e _s = 19,30 m	l ₂ = 14,03 m	P = 109,00 m
t = 6,70 m	a = 92,50 m	K = 125,00 m
γ = 35,00 °	β _p = 36,55 °	L = 139,00 m
α = 11,00 °	β = 33,55 °	b ₁ = 2,50 m
r ₁ = 101,00 m	β _L = 30,91 °	b _K = 25,00 m
h = 62,40 m	r _L = 305,00 m	b _U = 27,50 m
n = 107,59 m	r _{2L} = 160,00 m	d = 88,10 m
s = 3,10 m	r ₂ = 101,00 m	q = 44,80 m

Remarks / Bemerkungen

a should be 88,92 x 15 = 97,92m (take notice to inspection report from 10.10.2012)

solution: a) the guardrail at the end of outrun must placed soft boming mats, alternativ

b) the bank at the end of outrun must must shape soft and guardrail placed by 97,92m

JUMPING HILL APPROVED BY THE FIS
TREMPLIN HOMOLOGUE PAR LA FIS
DURCH DIE FIS GENEHMIGTE SPRUNGSCHANZE

SUB-COMMITTEE FOR JUMPING HILLS

CHAIRMAN:

FEDERATION INTERNATIONALE DE SKI
INTERNATIONAL SKI FEDERATION
INTERNATIONALER SKI VERBAND