

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/19



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L5-4142
Naslov projekta	Vpiv širine smuči na varnost pri alpskem smučanju
Vodja projekta	20755 Matej Supej
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	587 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 309 Univerzitetni rehabilitacijski inštitut Republike Slovenije - Soča
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	5 DRUŽBOSLOVJE 5.10 Šport 5.10.03 Kineziologija - biomehanski, biometrični vidik
Družbeno-ekonomski cilj	07. Zdravje
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	5 Družbene vede 5.09 Druge družbene vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V zadnjem času je prisotno naraščanje števila poškodb kolena v alpskem smučanju. To se dogaja sočasno s proizvodnim trendom, ki poteka v smeri širjenja smuči pod čevljem in nižanja podložne plošče. Razmislek o ravnovesju sil in navorov pove, da je širina smuči lahko vzrok za večje obremenitve kolenskega sklepa in posledično za večjo število poškodb. Ker je smučanje kompleksno gibanje, ni mogoče priti do zanesljivih in dokončnih ugotovitev s takim

poenostavljanjem problema. Zato smo izvedli poglobljena študijo, ki smo jo razdelili na pilotske meritve in tri glavne faze.

Pilotske meritve

Na preprostem simulatorju za spreminjane širine smučke po smučarskim čevljem smo preverili obnašanje kinematike kolenskega sklepa na 3 merjencih ob uporabi simuliranih smučí širin 60, 90 in 120 mm. Radialne sile smo simulirali z dodatnimi bremení. Izkazalo se je, da smučarji pri večji širini smučk potiskajo koleno bolj medialno.

Faza I: Meritve na terenu

Šest merjencev je v dolžini 12 veleslalomskih zavojev na terenu smučalo na smučeh, ki so se razlikovale v širini smučke: 65, 68 in 110 m. Med smučanjem smo izmerili 3D kinematiko telesa z inercialno obleko in RTK GNSS sistemom ter elektromiografijo obkolenskih mišičnih struktur. Smučarji so na širših smučeh smučali pri manjšem upogibu v kolenih, hkrati pa so imeli večjo relativno zunanjo rotacijo in relativno abdukcijo v kolenskem sklepu. Mišična aktivacija obkolenskih mišičnih struktur ni pokazala statistično značilnih razlik.

Faza II: Biomehansko modeliranje

Izdelali smo kompleksen mišično-skeletni model smučarja v sistemu Anybody Modeling System. Model smučarja je sestavljen iz treh poglavitnih komponent: i) kinematike gibanja, ii) biomehanskega modela smučarja in interakcije s smučmi in iii) modela smučí in interakcije s tlemi. Rezultati modela kažejo na to, da so navori na kolenski sklep ob uporabi širših smučí višji kot pri ožjih smučeh posledično pa se spremenijo tudi mišične sile in njihova aktivacija.

Faza III: Naprava za testiranje

Zgradili smo še robotizirano testirno napravo, ki omogoča naključno spreminjanje širine smučke pod smučarskim čevljem ob simuliranih radialnih silah. Dvanajst merjencev je ob naključnih širinah smučí (0, 60, 90, in 120 mm) izvedlo dva seta meritev. V 1. setu meritev so merjenci imeli kontroliran kot v kolenskem sklepu in nagib telesa, v 2. setu pa je bil kontroliran še nagib smučke. V 1. primeru širina smučke povzroči zmanjšanje nagiba smučke in povečan varusni moment s povečano addukcijo v kolenu. V 2. primeru se je s širino smučí povečala zunanja rotacija, tendenco povečanja pa je bila tudi pri abdukciji.

Zaključimo lahko, da povečana širina smučí pod smučarskim čevljem vpliva na kinematiko in obremenitev kolenskega sklepa in potencialno predstavlja večje tveganje za nastanek poškodb.

ANG

Recently, we are facing an increase in knee injuries in alpine skiing, which are suspected to be influenced by the increased ski width in both elite and recreational skiing. Simple skiing models using quasi-static balance equilibrium indicates that the increased ski width increases knee loads. Unfortunately, skiing is very complex and such conclusion cannot be made using simple models. Therefore, more profound study was needed to prove or to reject this hypothesis.

Pilot study

Initial pilot experiments were performed on a simple simulator which allowed changing the ski width. Using this device ski widths of 60, 90 and 120 mm were simulated under different external loads. It was demonstrated, that the subjects tended to push their knees medially with increased ski width.

Phase I: Measurement on the ski slope

Six subjects were skiing on a giant slalom course with 12 gates using skis of different widths (65, 68 and 110 mm). The kinematics was captured with RTK GNSS device combined with an inertial suit. In addition, muscular activity of the knee surrounding joint muscles we measured using EMG device. The results showed, that the increased ski width caused: 1) less flexion in the knee joint, 2) increased relative external rotation and 3) increased relative abduction of the knee joint. However, no statistically significant changes in muscular activation were observed.

Phase II: Biomechanical modelling

In order to evaluate measurements, a complex musculoskeletal model of a skier using AnyBody modelling system was developed. Three main components were modelled: 1) skier kinematics 2)

biomechanical skier model including the interaction with the skis 3) ski models and interaction with ground reaction forces. The results indicated that the knee joint torques generally increases with increased ski width and consequently the muscular forces and activation arisen.

Phase III: Verification on a specialized measurement-simulation device.

A robotized device that allows dynamical simulation of the influence of the ski width changes was developed. It was equipped with precise sensors to measure the skiers' posture. Twelve subjects were used in a study, where the ski width was randomly changed (0, 60, 90 and 120 mm) while applying constant external forces, which emulate ground reaction forces and radial forces in the ski turn. Two set of measurements were performed with prescribed and controlled knee angle and body lean. In the second set in addition lateral ski (edging) angle was prescribed and controlled. In the first set of measurement we noticed decreased ski edging angle, increased varus moment and increased knee abduction with increased ski width. In the second set of measurement we noticed an increased outer knee rotation and abduction with increased ski width.

In conclusion, the initial hypotheses that the increased ski width enhances the loading of the skier's knee and can consequently influence the skiing safety were confirmed.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Raziskovalni projekt je bil usmerjen v proučevanje vpliva širine smučke pod smučarskim čevljem na varnost pri smučanju. Natančneje, kako vpliva širina smučke pod smučarskim čevljem na kinematiko in obremenitev kolenskega sklepa ter posledično na obkolenske mišično-tetivne strukture.

Opis raziskovanja v poročilu smo razdelili glede na točke gantograma projekta.

T.I.1. V želji po bolj bogatih meritvah smo v povezavi z Univerzo v Liberecu na Češkem preverili potencialno primernejši sistem za merjenje sil, ki omogoča neposredno merjenje sil v vseh treh smereh in navorov v vseh treh smereh med smučanjem. Preliminarna študija je pokazala, da je sistem izjemno zapleten za kalibracijo in ima zaradi »cross-talk-a« med senzorji potencialno veliko možnost za napako. Ob tem je za menjavo smuči kot je mi potrebujemo na meritvah precej omejujoč. Zato smo zgradili svoj sistem za merjenje sil reakcije podlage v vertikalni smeri.

T.I.2. Izvedli smo integracijo merilne opreme za meritve na terenu. Najprej smo ločeno preverili zanesljivost in natančnost visoko ločljive navigacijske naprave in funkcionalnost inercialne obleke MVN med smučanjem.

T.I.3. Pripravili smo natančen načrt za izvedbo meritev. V dogovoru s sofinancerjem Elan smo določili smuči za meritve z enakimi konstrukcijskimi značilnostmi in enakim stranskim lokom (21 m) ter dolžino (175 cm), ki se razlikujejo le v širini pod smučarskim čevljem: 67 mm, 88 in 110 mm. Izbrali smo ustrezen teren, določili merjenca in postavitev proge na podlagi preliminarnega eksperimenta kolikšne radije/dolžine zavojev so merjenci sposobni izpeljati z izbranimi smučmi.

T.I.4. Razvili smo metodološki princip za sinhronizacijo GNSS sistem z inercialno obleko MVN in izvedli v ta namen posebne meritve na poenostavljenem terenu z uporabo rolerjev. Hkrati smo razvili opremo za prebiranje XML datotek v programu Matlab (Matworks), ki jih lahko izvozimo iz sistema MVN. Ker smo podatke iz GNSS sistema že znali brati, smo razvili le še sistem za združitev in sinhronizacijo obeh merilnih sistemov.

T.I.5./6. Protokol za merjenje elektro-mišično aktivacije je vključeval mišice, ki so lahko povezane z razliko v varusno-valugusnim navorom: vastus lateralis, vastus medialis, rectus femoris, biceps femoris, semimembranosus, gluteus medius, gastrocnemius in adductor. Delovanje EMG sistema smo preverili v laboratorijskih pogojih. V ta namen smo razvili enostavno platformo na kateri smo lahko simulirali različne širine smuči in merili mišični odziv v statičnih pogojih pod različnimi obremenitvami in kotih v kolenskem sklepu. Izvedli smo več testnih meritev na 5 merjencih pri katerih smo ob EMG signalu merili tudi kinematiko telesa. Rezultati so pokazali, da se merjenec, četudi ni nikoli stal na smučkah, zaradi obremenitev lokomotorne sistema postavlja v položaje, ki jih poznamo iz smučanja. Ti položaji so se iz stališča zdravja s širino smuči poslabševali.

T.I.7. Pripravili smo metodološki načrt za izvedbo kompleksnih terenskih meritev. V ta namen smo morali pripraviti sinhronizacijo EMG signala z inercialno obleko Moven, GNSS opremo,

senzorji sil reakcije podlage in video posnetki. Na testnih terenskih meritvah na Mariborskem Pohorju smo izvedli pilotsko meritev ob uporabi vseh merilnih sistemov..

T.I.8. Analiza meritev je pokazala, da je inercialna obleka v kombinaciji z RTK navigacijskim sistemom ustrezna izbira za meritev 3D kinematike. Za meritve smo v okviru finančnih zmožnosti razvili prototip merilnih plošč za merjenje sil in navorov, ki pa se v težkih »ne-laboratorijskih« (zimskih, snežnih) ni izkazal najbolje. Na terenskih meritvah smo opravili tudi meritev aktivacije 12 mišičnih skupin, ki so se izkazale za uporabne. Ker z lastnim razvojem meritva sil nismo prišli do želene natančnosti, smo se za sodelovanje dogovorili s Tehniško Univerzo v Muenchenu in Ortopedsko kliniko v Garmischu s katerimi smo izpeljali dodatne meritve, ki so vključevale tudi merjenje sil in ločeno nagib smučarskega čevlja.

T.I.9-10. Glavne meritve na terenu so bile izvedene po načrtanem programu. Izmerili smo 3D kinematiko celotnega telesa na 6 merjenjih (člani Slovenske smučarske demonstratorske vrste) z uporabi treh različnih širin smuči v postavitvi dolžine 12 vratc. Za ustrezno vhodno hitrost so bila prva vratca postavljena naravnost, nato so bila štiri vratca z razdaljami 30 m in zamikom 11 m, nato dvojna prehodna vratca in v spodnjem položnejšem delu štiri vratca z razdaljami 27 m in 8 m zamika. Za natančno postavitev vratc smo uporabili inovativen pristop z RTK GNSS geodetsko opremo za zakoličbo. Da bi čim bolj izenačili pogoje, smo s posebno barvo za sneg označili trajektorijo po kateri so morali merjenci smučati.

Za obdelavo podatkov smo izdelali programske rutine, ki vsakega od 8 obravnavanih in izmerjenih zavojev (od 11ih) razdelijo na 4 faze, ko se uporablja v literaturi: faza iniciacije, faza zavijanja 1, faza zavijanja 2 in faza zaključka.. Skupno smo obdelali 39 meritev x 8 zavojev x 4 faze = 1248 odsekov za obdelavo. Nato smo parametre kinematike (abdukcija-addukcija, interna-eksterna rotacija in fleksija-ekstenzija za oba kolenska in oba kolčna sklepa) razdeli na zgoraj omenjene faze in in jih statistično obdelali. Hkrati smo na enak način razdelili po fazah zavojev tudi del parametrov mišične aktivacije nog. Rezultati so bili predstavljeni na znanstveni konferenci, znanstveni članek je v recenziji.

T.II.1-2. Izdelava in optimizacija enostavnega in kompleksnega biomehanskega modela se je osredotočila na sintezo biomehanskega modela človeka smučarja v programskem okolju Anybody Modeling System. Programsko okolje vsebuje zbirko modelov kosti in mišic, ki so podani z realističnimi geometrijskimi in fizikalnimi karakteristikami. Model smučarja je sestavljen iz treh poglavitnih komponent: i) kinematike gibanja, ii) biomehanskega modela smučarja in interakcije s smučmi in iii) modela smuči in interakcije s tlemi. Za kinematiko gibanja smo uporabili relane izmerke iz terena. Ker modeli, ki jih vsebuje Anybody, posedujejo več prostostnih stopenj kot nabor kinematičnih podatkov, smo omejitve med sosednjimi segmenti telesa postavili tako, da smo lahko implementirali tiste prostostne stopnje, ki smo jih izmerili in so imeli prevladujoč doprinos k gibanju. Končen model smučarja je zajemal tri rotacijske stopnje prostosti v gležnjih, kolenih in kolkih, petnajst prostostnih stopenj hrbtenice smo pretvorili v tri rotacijske prostostne stopnje trupa, tri rotacije v vratu so narekemale orientacijo glave, tri prostostne stopnje ramen glede na vretence C7 in tri prostostne stopnje v ramenu ter tri v komolcu. K izbranim prostostni stopnjam so pripadale ustrezne mišične skupine iz nabora modelov mišičnih skupin. Interakcijo s smučko smo opišemo z reakcijsko silo podlage in centrom pritiska. Prvo lahko izračunamo z inverzno dinamiko, za center pritiska pa smo predpostavili da je v bližini metatarzalnih sklepov stopal. Smučmi smo modelirali kot tridimenzionalen objekt z znano maso in vztrajnostnimi lastnostmi. Ker med zavojem večina obremenitve nosi zunanja noga, smo predpostavili, da je na enkrat v kontaktu s tlemi samo ena noga in da je to točkovni dotik na notranjem robu smučke.

T.II.3. Izdelali smo programsko opremo za obdelavo vhodnih podatkov v biomehanski model v okolju Matlab. Programska oprema izvede ustrezne pretvorbe realno izmerjenih kinematičnih parametrov, da smo jih lahko uvozili sistem Anybody. Hkrati izračuna še ustrezne točke pomikanja smuči, ki niso neposredno izmerjene.

T.II.4. Pri analizi podatkov smo se osredotočili na dve različni možnosti: 1) neposredno smo primerjali mišične obremenitve in aktivacijo mišic kot jo izračuna model pri uporabi različnih širin smuči na istem smučarju v ob različnih vhodnih podatkih (meritvah) ter 2) na osnovi meritev istega smučarja smo v istem zavoju ob uporabi istih smuči primerjali razliko, ki bi jo hipotetično dobili, če bi smučar uporabil smučmi različnih širin. Slednjega npr. v praksi sploh ni moč izvesti in daje veliko dodano vrednost takemu pristopu. Rezultati so v fazi obdelave, razlike pa so s širino smuči opazne tako v mišičnih silah kot tudi v aktivacijah mišic.

T.III.1-4. Rezultati meritev faze I in faze II sta nas pripeljale do ugotovitev, kjer smo morali načrt projekta spremeniti. Izkazalo se je namreč, da so izjemnega pomena sklopljene prostostne stopnje gibanja kolenskega sklepa, torej povezava abdukcije/addukcije in interne/eksterne rotacije s fleksijo/ekstenzijo v kolenskem sklepu. Zato v ta namen po načrtih, ki smo jih imeli v planu ni moč izvesti umetnega modela noge, ki bi dobro opisal takšno kinematiko gibanja kolenskega sklepa. V ta namen smo že razvili tistino napravo, ki jo sestavljajo 1) »robotiziran« sistem za pomik smučke, 2) sistem za kontrolo nagiba smučarja v realnem

času in 3) sistem za kontrolo kinematike v realnem času.

Sistem za pomik smučke je sestavljen iz nihajne platforme, linearnega mehanizma in manjše plošče s smučarsko vezjo, ki jo pomika linearni mehanizem relativno glede na nihajno platformo. Nihajna platforma je na dveh koncih vpeta v ležaje na stojalu tako, da lahko niha okoli prečne osi. Pravokotno na to os sta na nihajno platformo nameščeni dve linearni tirnici z vozičkoma, ki na dveh koncih podpirata ploščo s smučarsko vezjo tako, da se ta lahko pomika v vzdolžni smeri glede na nihajno platformo. Plošča s smučarsko vezjo je z nihajno platformo povezana preko bloka z matico in navojnega vretena, ki je na obeh koncih vpet v ležaje na nihajni platformi, na enem koncu pa povezan s koračnim motorjem. Koračni motor je povezan s krmilnikom motorja, ki sprejema informacije o pomiku linearne prostostne stopnje. Na ta način je zagotovljen aktivni pomik smučarske vezi vzporedno glede na os skozi ležaja nihajne platforme s čimer lahko na merjenjih simuliramo različne širine smuči.

Sistem za kontrolo nagiba smučarja v realnem času smo sestavili iz pritiskovne plošče, nateznega senzorja, vpetja smučarja in programske opreme. Smučar je bil na napravi vpet v višini težišča v horizontalni smeri (simulacija radialne sile) in je na stal z robotizirano platformo na pritiskovni plošči. Iz ravnovesja sil se je izračunaval kot nagiba smučarja, ki je bil grafično prikazan na ekranu v realnem času v sistemu Dewesoft.

Sistem za kontrolo in zajem kinematičnih parametrov smo razvili je v programskem jeziku C++, ki je integriral:

1. 1. zajem markerjev in togih teles IR kamere OptiTrack Trio proizvajalca NaturelPoint
2. 2. vodenje robotizirane platforme za simulacijo poljubne širine smuči
3. 3. zajem enkoderskih signalov nagiba platforme za simulacijo poljubne širine smuči
4. 4. zajem, prikaz ter obdelavo rezultatov v programskem paketu Matlab

T.III.5-8. Dvanajst merjencev je ob naključnih širinah smuči (0, 60, 90, in 120 mm) izvedlo dva seta meritev na testirni napravi. V 1. setu meritev so merjenci imeli kontroliran kot v kolenskem sklepu in nagib telesa, v 2. setu pa je bil kontroliran še nagib smučke. Ob tem smo merili s pomočjo inercialne obleke celotno kinematiko gibanja telesa, s pomočjo 3D kamere izključno stojno (zunanjo) nogo, platformo in smučarski čevlji, s pomočjo EMG pa aktivacijo že prej omenjenih mišičnih skupin. Protokoli so bili izvedeni tako, da so se širine naključno spreminjale, merjenec pa je pri vsaki širini ostajal 8 s. Za obdelavo stacionarnih podatkov smo vzeli zadnje štiri sekunde meritve pri vsaki širini. Obdelali smo kinematiko kolenskega sklepa, aktivacijo mišic, modeliranje navorov na stojno nogo in kolenski sklep pa je v teku. Rezultati so pokazali, da v primeru brez kontrole nagiba smučke, širina smučke povzroči zmanjšanje nagiba smučke in povečan varusni moment s povečano addukcijo v kolenu. V primeru, kjer se dodatno kontrolira še nagib smučke pa se je s širino smuči povečala zunanja rotacija, tendenco povečanja pa je bila tudi pri abdukciji. Sorazmerne razlike so tudi v aktivaciji mišic.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

Delo na projektu je v fazi 1 in 2 v celoti potekalo po zastavljenih načrtih. V prvih dveh fazah smo proučili vsa zastavljena vprašanja in cilje projekta. Hkrati so rezultati teh dveh faz odprla novo problematiko sklopljenih prostostnih stopenj v kolenskem sklepu, ki jih do sedaj v športni znanosti nismo zasledili, še več praktično nikjer v kineziološki znanosti se jim ne posveča dovolj pomembne vloge. Ravno ti rezultati pa so narekovali spremembo 3. faze projekta, saj se je izkazalo da izgradnja modela noge, kot je bil načrtovan, ni smiselna. Več o spremembi je zapisano v naslednji točki poročila in v realizaciji predloženega programa.

Ob sledenju osnovnih ciljev projekta, smo izvedli še vrsto manjših aplikativnih in znanstveno zanimivih podprojektov, ki so neposredno ali posredno vezani na projekt:

- Zaradi odpenjanj širokih smuči s polno raziskovalno opremo prišli do podatkov o udarcih in gibanju smučarjev ob realnih padcih, kar so edinstveni podatki in izjemno pomembni za nadaljnje razmišljanje o varnosti pri smučanju.
- Izvedli smo laboratorijske meritve pritiska noge na smučarski čevlji v medio-lateralni smeri in ugotovili, da se spremeni položaj pritiska noge v čevlju pri širših smučeh, ki je pri večjih nagibih ergonomsko neugoden za smučarja.
- Izvedli smo meritev treh najznačilnejših oblik smučanja po Smučarski šoli Slovenije z inercialno obleko MVN. S pomočjo analize vibracij na teh treh oblikah smučanja smo ugotovili, da se le te lahko prenesejo vse do glave, kar predstavlja faktor tveganja.
- Preverili smo sile in energijske izgube pri petih osnovnih elementih Slovenske nacionalne šole

smučanja, kar je neposredno povezano z obremenitvami, uporabo smuči in posledično varnim in učinkovitim učenjem smučanja.

- Modeliranja smo uspešno prenesli tudi na tek na smučeh, kjer smo se ukvarjali z analizo zavijanja tekačev v povezavi z njihovimi telesnimi sposobnostmi.
- Izmerjene podatke smo uporabili tudi za nov pristop modeliranja mehanske energije pri smučanju, kjer smo vključili vse prostostne stopnje vseh segmentov telesa.
- Razvili smo sistem s katerim lahko posredno merimo upor zraka med smučanje, kar do sedaj ni bilo možno. S temi modeli smo ocenili razmerje med razmerje vpliva upora zraka in trenja k energijskim izgubam v smučanjem, kar ima vpliv na razumevanje kontrole hitrosti.
- Objavili smo pregledni članek v eni najmenitnejših revij področja pregledni članek, ki se ukvarja z vplivom biomehanskih faktorjev na uspešnost pri smučanju.
- Kot del podprojekta smo pokazali vpliv dodatnih bremen na spremembe sile reakcije podlage pri skokih z nasprotnim gibanjem.
- Preverili smo natančnost merjenja hitrosti različnih GNSS naprav, kar je neposredno vezano na možnosti merjenja v smučanju, kjer vemo, da je hitrost eden od pomembnih dejavnikov tveganja.
- Razvili smo metodologijo, kako lahko s pomočjo nevronske mreže in strojnega učenja dobimo težišče telesa in trajektorijo smuči, če izmerimo le eno točko (vrat), pri smučanju
- ...
-

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

Sprememb projektne skupine v zadnjem letu ni bilo.

Rezultati meritev faze I in faze II so nas pripeljali do ugotovitev, da je prvotni načrt o izgradnji umetne noge na kateri bi simulirali smučanje praktično neizvedljiv. Ugotovili smo, da ob tem, da se kinematika kolenskega sklepa spremeni ob uporabi širših smuči, sta abdukcija/addukcija in interna/eksterna rotacija močno sklopljeni s fleksijo v kolenu in individualno pogojeni. Peščica študij, ki se je s tem ukvarjala primarno na kadavrih je to povezavo pokazala le pri začetnih kotih fleksije (pretežno do 25 st), katerim nismo priča v alpskem smučanju. Naše meritve pa so pokazale, da je območje tega bistveno večje in se razteza tudi v območje kotov fleksije, katerim smo priča med smučanjem. Zato je zaradi kompleksnosti takih gibanj vprašljiva relevantnost simulacij, ki bi jih lahko praktično izvedli. To je tudi razlog, da smo se odločili, da namesto izgradnje umetne noge v načrtu pripravimo zelo kompleksno preskušališče na katerem smo izvajali meritve na »živih merjencih« in kjer smo dinamično spreminjali po naprej začrtanih in naključnih protokolih simulirano širino smuči. Ob tem smo ključne parametre kot so fleksija v kolenu (problem sklopljenosti prostostnih stopenj v kolenu), nagib smučarja, ki simulira radialne sile, in nagib smučke, ki je neposredno povezan z radijem smučanja, kontrolirali v realnem času. Odvisne spremenljivke pa so bile navori v kolenskem sklepu, abdukcija/addukcija in interna/eksterna rotacija v kolenskem in kolčnem sklepu ter elektromiografija (aktivacija) najpomembnejših obkolenskih mišičnih struktur.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	4450481	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Biomehanski parametri, ki vplivajo na uspešnost vrhunskih alpskih smučarjev
		<i>ANG</i>	Biomechanical factors influencing the performance of elite alpine ski racers
			Ozadje: Tekmovalno alpsko smučanje je priljubljen mednarodni zimski šport, ki je kompleksen in zahteven iz vidika telesnih, tehničnih in taktičnih značilnosti. Kljub veliki količini znanstvene literature s poudarkom na tem športu, vključno z aktualnimi pregledom fiziologije, trenja med snegom in smučkami ter poškodbami, nobeno pregledno delo še ni obravnavala

	Opis	<p>SLO</p> <p>biomehanskih dejavnikov uspešnosti elitnih alpskih smučarjev tekmovalcev. Na prireditvah svetovnega pokala so razlike za zmago pogosto le delček sekunde, biomehanski dejavniki pa so lahko odločilen dejavnik za mesto na stopničkah v končnem razporedu. Cilj: Namen tega prispevka je sistematično pregledati znanstveno literaturo za opredelitev biomehanskih dejavnikov, ki vplivajo na delovanje uspešnost elitnih alpskih smučarjev tekmovalcev, s poudarkom na slalomu, veleslalomu, superveleslalomu in smuku. Metode: Štiri elektronske baze podatkov so bile uporabljene s pomočjo ustreznih medicinskih predmetnih oznak in ključnih besed, ob tem pa je bilo opravljeno še ročno iskanje po referenčnih seznamih, po pomembnih revijah in ključnih avtorjih na tem področju. Članki so bili vključeni, če so vključevali biomehaniko človeka, elitni alpsko smučanje in uspešnost. Samo originalni raziskovalni članki, objavljeni v znanstvenih revijah in v angleškem jeziku, so bili pregledani. Članki, ki se osredotočajo na druge teme in ne sovpadajo s štirimi izbranimi smučarskimi disciplinami so bili izključeni (npr. smučanje po grbinah, smučarski kros in prosti slog). Tako izbranim člankom smo kakovost ocenjevali z modificirano verzijo validiranega kontrolnega seznama za ugotavljanje kakovosti. Podatki o vzorcu študije, raziskovalnem načrtu, lokaciji, in ugotovitvah, ki se nanašajo na biomehansko uspešnost alpskih smučarjev tekmovalcev so bili pridobljeni iz vsakega članka z uporabo standardnega obrazca za ekstrakcijo podatkov. Skupno 12 člankov je izpolnilo merila za vključitev. Te so bili pregledani in so dosegli povprečno oceno 69-+13% (razpon 40-89%) za oceno kakovosti. Pet študij se je osredotočilo na veleslalom, štiri na slalom in trije na smuk, čeprav so bili zadnji trije pomembni tudi za super-veleslalom. Raziskave v hitrih disciplinah (tj. spust in super-veleslalom) so se predvsem osredotočile na vpliv aerodinamičnega upora na uspešnost, sicer so raziskale tudi biomehanske značilnosti zavijanja, energijska načela, tehnične in taktične sposobnosti ter nekateri drugi individualni pristopi. Razpon biomehanskih dejavnikov, o katerih so poročali, da vplivajo na uspešnost vključuje izgube in ohranjanje energije, zračni upor in silo trenja, silo reakcije sile, polmer zavijanja in trajektorije smuči in/ali težišča telesa. Biomehanske razlike med tehnikami zavijanja, soodvisnosti med zavoji in sposobnosti posameznikov so bile ugotovljene, da ravno tako lahko vplivajo na uspešnost smučanja. Pri slalomu in veleslalomu, lahko uspešnost v največji meri povečamo z vodenjem smuči tako, da se zmanjša trenje med smučmi in snegom ter se s tem zmanjšajo energijske izgube. To se dosega z zgodnejšim začetkom zavijanja, daljšimi trajektorijami, zgodnejšim in manj izrazitim delovanjem sil reakcije podlage, zarezovanjem (namesto oddrsavanjem). V hitrih disciplinah je bilo pokazano, da zmanjšanje čelne površine in pozicioniranje rok tesno k telesu zmanjšajo izgube energije zaradi aerodinamičnega upora in s tem skrajšajo (izboljšajo) čas smučanja. V raziskavah na tekmovanjih je bilo pokazano, da so dobri rezultati (tj. kratek čas) povezani s konsistentno dobro presmučanimi vsemi odseki, tereni in različnimi snežnimi podlagami. Značilnost zmagovalcev v tehničnih disciplinah so, da ti smučarji povečujejo prednost v delih, kjer so prisotne njihove individualne tehnične/taktične prednosti in minimizirajo izgube, na delih kjer imajo sicer individualne slabosti. Omejitve: Večina pregledanih člankov je bile omejenih na preiskovanje relativno majhnega vzorca, ki je običajna omejitev raziskav v vrhunskem športu. Nadaljnega skrb je majhno število raziskav na ženskem spolu, saj predstavlja vzorec žensk manj kot 4% vseh obravnavanih merjencev. Čeprav je skupni čas smučanja končni merilo uspešnosti v alpskem smučanju, je bilo uporabljena vrsta drugih parametrov za primerjanje uspešnosti smučarjev, vključno z aerodinamičnim koeficientom upora, hitrostjo, časa odseka, izguba časa na spremembo nadmorske višine in obnašanje mehanske energije, zaradi česar je navzkrižno sklepanje bolj problematično. Poleg tega je večina študij preučevala uspešnost z omejenim številom zavojev (2-4 vratca), verjetno zato, ker se lahko z</p>
--	------	---

	<p>najpogosteje uporabljeno merilno tehnologijo zajame samo majhne količine podatkov na področju alpskega smučanja z razumno natančnostjo podatkov. Ali se lahko biomehanske parametre, ki opredeljujejo visoko trenutno uspešnost ohranja skozi celotno tekmovalno progo, še vedno ostaja odprto vprašanje tako za smučarje kot smučarke. Sklepi: Uspešno alpsko smučanje vključuje učinkovito rabo potencialne energije, sposobnost zmanjšanja trenja med smučmi in snežno podlago, zmanjšanja zračnega upora, ohranjanje visoke hitrosti in izbiro optimalne trajektorije smučanja. Individualne taktike in tehnike je treba upoštevati tako v trenažnem procesu kot na tekmovalju. Za najvišjo stopnjo uspešnosti (doseganje najboljših časov) je bolje biti konsistentno dober preko vrste različnih odsekov proge in terena kot biti odličen v posameznih odsekih in v posebnih pogojih.</p>
ANG	<p>Background Alpine ski racing is a popular international winter sport that is complex and challenging from physical, technical, and tactical perspectives. Despite the vast amount of scientific literature focusing on this sport, including topical reviews on physiology, ski-snow friction, and injuries, no review has yet addressed the biomechanics of elite alpine ski racers and which factors influence performance. In World Cup events, winning margins are often mere fractions of a second and biomechanics may well be a determining factor in podium place finishes. Objective The aim of this paper was to systematically review the scientific literature to identify the biomechanical factors that influence the performance of elite alpine ski racers, with an emphasis on slalom, giant slalom, super-G, and downhill events. Methods Four electronic databases were searched using relevant medical subject headings and key words, with an additional manual search of reference lists, relevant journals, and key authors in the field. Articles were included if they addressed human biomechanics, elite alpine skiing, and performance. Only original research articles published in peer-reviewed journals and in the English language were reviewed. Articles that focused on skiing disciplines other than the four of primary interest were excluded (e.g., mogul, ski-cross and freestyle skiing). The articles subsequently included for review were quality assessed using a modified version of a validated quality assessment checklist. Data on the study population, design, location, and findings relating biomechanics to performance in alpine ski racers were extracted from each article using a standard data extraction form. Results A total of 12 articles met the inclusion criteria, were reviewed, and scored an average of 69+13 % (range 40-89 %) upon quality assessment. Five of the studies focused on giant slalom, four on slalom, and three on downhill disciplines, although these latter three articles were also relevant to super-G events. Investigations on speed skiing (i.e., downhill and super-G) primarily examined the effect of aerodynamic drag on performance, whereas the others examined turn characteristics, energetic principles, technical and tactical skills, and individual traits of high-performing skiers. The range of biomechanical factors reported to influence performance included energy dissipation and conservation, aerodynamic drag and frictional forces, ground reaction force, turn radius, and trajectory of the skis and/or centre of mass. The biomechanical differences between turn techniques, interdependency of turns, and abilities of individuals were also identified as influential factors in skiing performance. In the case of slalom and giant slalom events, performance could be enhanced by steering the skis in such a manner to reduce the ski-snow friction and thereby energy dissipated. This was accomplished by earlier initiation of turns, longer path length and trajectory, earlier and smoother application of ground reaction forces, and carving (rather than skidding). During speed skiing, minimizing the exposed frontal area and positioning the arms close to the body were shown to reduce the energy loss due to aerodynamic drag and thereby decrease run times. In actual races, a consistently good performance (i.e.,</p>

		<p>fast time) on different sections of the course, terrains, and snow conditions was a characteristic feature of winners during technical events because these skiers could maximize gains from their individual strengths and minimize losses from their respective weaknesses. Limitations Most of the articles reviewed were limited to investigating a relatively small sample size, which is a usual limitation in research on elite athletes. Of further concern was the low number of females studied, representing less than 4 % of all the subjects examined in the articles reviewed. In addition, although overall run time is the ultimate measure of performance in alpine ski racing, several other measures of instantaneous performance were also employed to compare skiers, including the aerodynamic drag coefficient, velocity, section time, time lost per change in elevation, and mechanical energy behaviours, which makes cross-study inferences problematic. Moreover, most studies examined performance through a limited number of gates (i.e., 2-4 gates), presumably because the most commonly used measurement systems can only capture small volumes on a ski field with a reasonable accuracy for positional data. Whether the biomechanical measures defining high instantaneous performance can be maintained throughout an entire race course remains to be determined for both male and female skiers. Conclusions Effective alpine skiing performance involves the efficient use of potential energy, the ability to minimize ski-snow friction and aerodynamic drag, maintain high velocities, and choose the optimal trajectory. Individual tactics and techniques should also be considered in both training and competition. To achieve better run times, consistency in performance across numerous sections and varied terrains should be emphasized over excellence in individual sections and specific conditions.</p>
	Objavljeno v	Adis International; Sports medicine; 2013; Impact Factor: 5.320; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A'': 1; A': 1; Avtorji / Authors: Hébert-Losier Kim, Supej Matej, Holmberg Hans-Christer
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	4296113 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Zračni upor ni glavni dejavnik uspešnosti v veleslalomu smučanje na najvišji tekmovalni ravni</p> <p><i>ANG</i> Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V tej študiji smo: (a) razvili individualiziran mehanski model za merjenje zračnega upora med alpskim smučanjem skozi več vrat, (b) izračunali energijske izgube, ki jih povzročijo zračni upor med vsakimi vratci, (c) določili relativni prispevek energijskih izgub povzročenih z zračnim uporom glede na celotne energijske izgube med veleslalomskimi vratci. V ta namen so bile opravljene obsežne meritve v vetrovniku, specialne meritve z Globalnim Satelitskim Navigacijskim Sistemom na terenu in obsežno biomehansko računalniško modeliranje. Izkazalo se je, da v veleslalomu upor predstavlja le ~ 5% do 28% energijskih izgub, sila upora pa se giblje med 20 in 60 N. Glede na rezultate je moč trditi, da je trenje v tekmovalnem veleslalomu pomembnejše od zračnega upora.</p> <p><i>ANG</i> This investigation was designed to (a) develop an individualized mechanical model for measuring aerodynamic drag (F_d) while ski racing through multiple gates, (b) estimate energy dissipation (E_d) caused by F_d and compare this to the total energy loss (E_t), and (c) investigate the relative contribution of E_d/E_t to performance during giant slalom skiing (GS). Nine elite skiers were monitored in different positions and with different wind velocities in a wind tunnel, as well as during GS and straight downhill skiing employing a Global Navigation Satellite System. On the basis of the wind tunnel measurements, a linear regression model of drag coefficient</p>

		multiplied by cross-sectional areas as a function of shoulder height was established for each skier ($r > 0.94$, all $P < 0.001$). Skiing velocity, F_d , E_t , and E_d per GS turn were 15-21m/s, 20-60N, -11 to -5kJ, and -2.3 to -0.5kJ, respectively. E_d/E_t ranged from ~5% to 28% and the relationship between E_t/v_{in} and E_d was $r = -0.12$ (all NS). In conclusion, (a) F_d during alpine skiing was calculated by mechanical modeling, (b) E_d made a relatively small contribution to E_t , and (c) higher relative E_d was correlated to better performance in elite GS skiers, suggesting that reducing ski-snow friction can improve this performance.
	Objavljeno v	Munksgaard; Scandinavian journal of medicine & science in sports; 2013; Vol. 23, no. 1; str. e38-e47; Impact Factor: 3.174; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; A ¹ : 1; WoS: XW; Avtorji / Authors: Supej Matej, Satran L., Oggiano Lucca, Ettema Gertjan, Šarabon Nejc, Nemec Bojan, Holmberg Hans-Christer
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	28015143 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> cenjevanje položajev smučarja z metodami strojnega učenja
		<i>ANG</i> Estimation of alpine skier posture using machine learning techniques
	Opis	<i>SLO</i> V zadnjem času se tudi pri alpskem smučanju vse več meritev izvaja s pomočjo tehnologije za satelitsko navigacijo. Vzrok to so vse cenejše merilne naprave, enostavno rokovanje in praktično neomejen merilni prostor. Pri alpskem smučanju lahko na ta način zasledujemo gibanje samo ene točke, to je točke antene, ki je običajno pritrjena na vratu smučarja. Pri tem nastane problem, kako bi lahko vsaj aproksimativno ocenili še gibanje težišča in lego smučič, ki so glavni parametri pri ocenjevanju izvedbe smučarske storitve. V ta namen smo že v predhodnih raziskavah razvili metodo, ki temelji na statičnem in dinamičnem ravnovesju inverznega nihala, s katerim aproksimiramo smučarja. Tak model z eno samo prostostno stopnjo pa je pogosto preenostaven in ne daje zadovoljivih rezultatov. Zato smo v tej raziskavi razvili inovativen pristop, ki v ta namen uporablja metode strojnega učenja na modelu smučarja z devetimi prostostnimi stopnjami. Preskusili smo dve metodi, in sicer nevronske mreže ter metodo z lokalnimi linearnimi modeli. Obe metodi se na osnovi nekaj meritev naučijo odvisnosti gibanja telesa od dinamičnih parametrov gibanja antene. Metode smo medsebojno evalvirali na tipični veleslalomski progi. Pokazalo se je, da modeli na osnovi strojnega učenja veliko boljše ocenjujejo lego smučarja kot pa model na osnovi inverznega nihala.
		<i>ANG</i> High precision Global Navigation Satellite System (GNSS) measurements are becoming more and more popular in alpine skiing due to the relatively undemanding setup and excellent performance. However, GNSS provides only single-point measurements that are defined with the antenna placed typically behind the skier's neck. A key issue is how to estimate other more relevant parameters of the skier's body, like the center of mass (COM) and ski trajectories. Previously, these parameters were estimated by modeling the skier's body with an inverted-pendulum model that oversimplified the skier's body. In this study, we propose two machine learning methods that overcome this shortcoming and estimate COM and skis trajectories based on a more faithful approximation of the skier's body with nine degrees-of-freedom. The first method utilizes a well-established approach of artificial neural networks, while the second method is based on a state-of-the-art statistical generalization method. Both methods were evaluated using the reference measurements obtained on a typical giant slalom course and compared with the inverted-pendulum method. Our results outperform the results of commonly used inverted-pendulum methods and demonstrate the applicability of machine learning techniques in biomechanical

		measurements of alpine skiing.
	Objavljeno v	MDPI; Sensors; 2014; Vol. 14, no. 10; str. 18898-18914; Impact Factor: 2.048; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.432; A': 1; WoS: EA, HQ, OA; Avtorji / Authors: Nemec Bojan, Petrič Tadej, Babič Jan, Supej Matej
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	4109745 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Nova metoda merjenja časov v alpskem smučanju s pomočjo visoko-ločljivega globalnega satelitskega navigacijskega sistema
		<i>ANG</i> A new time measurement method using a high-end global navigation satellite system to analyze alpine skiing
	Opis	<i>SLO</i> Pri alpskem smučanju je čas osnovni razvrstitveni parameter na tekmovanju. V študiji je bila razvita procedure in metodologija, kako lahko s pomočjo visoko-ločljivega navigacijskega GNSS sprejemnika izmerimo oz. izračunamo čase med vsakim količkom z visoko natančnostjo. To omogoča neposreden vpogled na katerem delu proge je smučar izgubljal čas in koliko časa je zares izgubil. To znanje smo neposredno uporabili v projektu za definiranje faz zavojev od vratc do vratc.
		<i>ANG</i> Time is a primary classification parameter in alpine skiing competitions. In this study a measuring procedure and methodology were developed how to accurately retrieve gate-to-gate times using a high-end navigation system (GNSS). This allows a direct insight into intercourse or gate-to-gate time difference. This knowledge was directly used in the project while determining the turn phases.
	Objavljeno v	American Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance.; Research quarterly for exercise and sport; 2011; Vol. 82, no. 3; str. 400-411; Impact Factor: 1.490; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.054; A': 1; WoS: VI, XW, MW, NQ; Avtorji / Authors: Supej Matej, Holmberg Hans-Christer
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	4404913 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv dodatnih bremen na spremembe sil in poteka sil reakcije podlage med skoki z nasprotnim gibanjem
		<i>ANG</i> The influence of an additional load on time and force changes in the ground reaction force during the countermovement vertical jump
	Opis	<i>SLO</i> Cilj te raziskave je bil ugotoviti, kako dodatna bremena vpliva na silo in potek sile reakcije podlage pri vertikalnih skokih z nasprotnim gibanjem (VSNG), ki predstavljajo podobno ekscentrično koncentrično akcijo kot jo zasledimo v alpskem smučanju. Udeleženci so morali izvesti VSNG brez in z dodatnimi obremenitvami 10 %, 20% in 30% svoje telesne mase. Navpične komponente sile reakcije podlage je bila uporabljena za izračun trajanja pripravljalne, zaviralne faze in faze pospeševanja, skupno trajanje skoka, gibalno količino skoka med zaviralnim in pospeševalnim fazo, povprečne sile med zaviralno in pospeševalno fazo, in največji pristanek sile. Povečanje dodatne obremenitve podaljša fazi zaviranja in pospeševanja. Velikost sile se sistematično in znatno poveča z dodatno obremenitvijo. Gibalna količina pa se ni bistveno razlikovala med skoki z dodatnim bremenom 20% in 30% telesne teže. Rezultati kažejo, da je optimalno dodatno breme za razvoj eksplozivne moči v navpični skokih med 20% in 30% telesne teže pri čemer ta vrednost subjektivno pogojena.
		The aim of this study was to determine how an additional load influences the force-vs-time relationship of the countermovement vertical jump (CMVJ), which have a similar eccentric concentric action as found in alpine

	ANG	skiing.. The participants were asked to perform a CMVJ without and with additional loads of 10%, 20%, and 30% of their body weight (BW). The vertical component of the ground reaction force (GRF) was used to calculate the durations of the preparatory, braking, and acceleration phases, the total duration of the jump, force impulses during the braking and acceleration phases, average forces during the braking and acceleration phases, and the maximum force of impact at landing. Increasing the additional load prolonged both the braking and acceleration phases of the jump. The magnitude of the force systematically and significantly increased with the additional load. The force impulse during the acceleration phase did not differ significantly between jumps performed with loads of 20% and 30% BW. The results suggest that the optimal additional load for developing explosive strength in vertical jumping ranges from 20% to 30% of BW, with this value varying between individual subjects.
Objavljeno v		Academy of Physical Education; Journal of Human Kinetics; 2013; Vol. 38; str. 191-200; Impact Factor: 0.698; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.709; WoS: XW; Avtorji / Authors: Vaverka František, Jakobsova Zlatava, Jandacka Daniel, Zahradnik David, Farana Roman, Uchytel Jaroslav, Supej Matej, Vodičar Janez
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek					
1.	COBISS ID	4404657 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>ARRS priznanje v letu 2013 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>SRA award in 2012 for »Outstanding scientific achievement«: Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry</td> </tr> </table>	SLO	ARRS priznanje v letu 2013 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju	ANG	SRA award in 2012 for »Outstanding scientific achievement«: Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry
SLO	ARRS priznanje v letu 2013 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju					
ANG	SRA award in 2012 for »Outstanding scientific achievement«: Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju« za izjemni znanstveni dosežek v letu 2013.</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>Slovenian Research Agency recognized the research work entitled » Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry« as the outstanding scientific achievement in the year 2013.</td> </tr> </table>	SLO	Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju« za izjemni znanstveni dosežek v letu 2013.	ANG	Slovenian Research Agency recognized the research work entitled » Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry« as the outstanding scientific achievement in the year 2013.
SLO	Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Učinkovitost v primerjavi z uspešnostjo pri soročnem teku na smučeh na trenažerju« za izjemni znanstveni dosežek v letu 2013.					
ANG	Slovenian Research Agency recognized the research work entitled » Skiing efficiency versus performance in double-poling ergometry« as the outstanding scientific achievement in the year 2013.					
	Šifra	E.01 Domače nagrade				
	Objavljeno v	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije - ARRS; Izjemni znanstveni dosežki 2012; 2013; str. [75]; Avtorji / Authors: Holmberg L. Joakim, Lund Ohlsson Marie, Supej Matej, Holmberg Hans-Christer				
	Tipologija	1.25 Drugi sestavni deli				
2.	COBISS ID	4573617 Vir: COBISS.SI				
	Naslov	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>ARRS priznanje v letu 2014 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Merjenje zračnega upora in energijskih izgub v veleslalomu</td> </tr> <tr> <td>ANG</td> <td>SRA award in 2014 for »Outstanding scientific achievement«: Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level</td> </tr> </table>	SLO	ARRS priznanje v letu 2014 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Merjenje zračnega upora in energijskih izgub v veleslalomu	ANG	SRA award in 2014 for »Outstanding scientific achievement«: Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level
SLO	ARRS priznanje v letu 2014 za »Izjemi znanstveni dosežek«: Merjenje zračnega upora in energijskih izgub v veleslalomu					
ANG	SRA award in 2014 for »Outstanding scientific achievement«: Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level					
	Opis	<table border="1"> <tr> <td>SLO</td> <td>Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Merjenje zračnega upora in energijskih izgub</td> </tr> </table>	SLO	Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Merjenje zračnega upora in energijskih izgub		
SLO	Javna Agencija za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije je prepoznala delo z naslovom »Merjenje zračnega upora in energijskih izgub					

		v veleslalomu« za izjemni znanstveni dosežek v letu 2013.
	ANG	Slovenian Research Agency recognized the research work entitled »Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level« as the outstanding scientific achievement in the year 2013.
	Šifra	E.01 Domače nagrade
	Objavljeno v	Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije; Odlični v znanosti ...; 2014; str. [55]; Avtorji / Authors: Supej Matej
	Tipologija	1.25 Drugi sestavni deli
3.	COBISS ID	4474289 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kinematika kolenskega sklepa se spremeni s prijemališčem sile reakcije podlage v medio-lateralni smeri pri simuliranju smučanja: pilotska študija
	ANG	Knee kinematics changes with the point of application of the ground reaction force in the medio-lateral direction in a simulated alpine skiing
	Opis	SLO Cilj te študije je bil analizirati kako se kinematika kolenskega sklepa prilagodi na novo navorno situacijo, ki jo povzročijo širše smuči v simuliranju smučanja v laboratoriju. V ta namen je bila razvita posebna testirna naprava na kateri smo zasledovali tri različne širine smuči pod smučarskim čevljem: 60, 90 in 120 mm. Rezultati so pokazali, da širše smuči povzročijo večje eksterne rotacije in abdukcije v kolenskem sklepu kar lahko pripelje do večje verjetnosti za poškodbe še posebej v dinamičnih pogojih kot smo jim priča v alpskem smučanju.
	ANG	The aim of this study was to analyse how the kinematics of the knee joint adapts to the new torque situation when using wider skis in simulated skiing conditions. In order to perform these measurements a specially built testing device have been developed that enabled simulating at three different ski waist widths: 60, 90 and 120 mm. The results indicate that wider skis may cause larger external rotation and abduction angles in the knee joint which can lead to an increased injury risk particularly in dynamic situations such as skiing.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Department of Sport science and kinesiology, University of Salzburg; Abstract book of the 6th International congress on Science and skiing; 2013; Str. 43; Avtorji / Authors: Supej Matej, Zorko Martin, Milanković Ljilja, Babič Jan, Nemeč Bojan
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
4.	COBISS ID	4475825 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Analiza gibanj kolenskega sklepa pri uporabi smuči z različno širino pod smučarskim čevljem in njihova povezava z verjetnostjo s poškodbami
	ANG	Analysis of knee joint movement when using alpine skis of different widths and the related risk factors for injury
	Opis	SLO The aim of the study was to establish differences in positions of the knee joint of competitive skiers during a ski turn using skis of different widths. For this purpose an extensive data sample in real alpine skiing conditions has been gathered by means of full body 3D measurements on full course consisting of 12 giant slalom gates. By using the combination of knee abduction and external rotation on the narrower skis the skiers appeared to move the knee joint inward and towards the ground reaction force vector. The reason for that was probably the aim to reduce the knee joint varus torque. Using wider skies the knee joint remained in a more neutral position in transversal and frontal planes despite the possible higher varus torque. The reason for that could be the inability of the skiers to move the

		knee inward on the wider ski due to increased torques. As a consequence they had to use a different balancing strategy when using wider skis. The results indicate a potential for a higher injury risk when using wider skis.
	ANG	Cilj študije je bil ugotoviti razlike v položajih kolenskega dobrih smučarjev med zavijanjem pri uporabi smuči različnih širin pod smučarskim čevljem. Za ta namen je bil izmerjen obsežen vzorec podatkov v realnih smučarskih razmerah zbran s pomočjo polnega 3D gibanja telesa v prostoru na veleslalomski progi, ki je imela 12 vratc. Z uporabo kombinacije abdukcije in zunanje rotacije kolena na ožjih smučeh so kot kaže smučarji želeli premakniti kolenski sklep navznoter proti vektorju sile reakcije podlage. Razlog za to je verjetno cilj za zmanjšanje kolenskega varusnega navora. Uporaba širših smuči je botrovala k bolj nevtralni legi, kljub morebitnemu višjemu varusnemu navoru. Razlog za to je lahko nezmožnost smučarjev premakniti kolena navznoter na širših smučeh zaradi omenjenih večjih navorov. Zaradi tega so morali tudi na drugačen način ohranjati ravnotežni položaj. Rezultati kažejo tudi na potencial za višje tveganje poškodb pri uporabi širše smuči.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Department of Sport science and kinesiology, University of Salzburg; Abstract book of the 6th International congress on Science and skiing; 2013; Str. 69; Avtorji / Authors: Zorko Martin, Lešnik Blaž, Kolman Katja, Supej Matej
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci
5.	COBISS ID	4268209 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Napredne rešitve analiz v športu s pomočjo Leica Geosystems GNSS sistemov
		ANG Advanced sports analysis solutions using Leica Geosystems' GNSS Systems
	Opis	SLO Globalni Satelitski Navigacijski Sistemi so doživeli velik razmah v zadnjem obdobju. Na vabljenem predavanju so bile predstavljene najaktualnejše in najnovejše metode uporabe, ki so se nanašale na različne športe: analiziranje alpskih smučarjev, modeliranje trajektorije težišča telesa in trajektorije smuči pri smučanju, 3D animacija bark in prikaz merskih podatkov v realnem času pri jadrnanje, komparativna analiziranje sprinta na 100 m, simulacija olimpijske proge v teku na smučeh pred olimpijado.
		ANG Global Navigation Satellite Systems have experienced significant development in recent years. On an invited lecture the recently developed and technically up to date methods of use that are related to different sports have been presented: analysing alpine skiers, modelling the trajectory of the centre of mass of the body and the trajectory of skis while skiing, 3D boat animation and display of measurement data over internet in real time for sailing, comparison analyse in 100-m sprint, simulation of Olympic track in cross-country skiing before the Olympics.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v	Leica geosystems; Hexagon 2012, think forward; 2012; 9208; Avtorji / Authors: Supej Matej
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine^Z

Kot podprojekt smo na osnovi terenskih meritev izvedli še obdelavo energij med smučanjem. V ta namen smo izračunali vse prispevke mehanskih energij (kinetične translacijske, kinetične

rotacijske in potencialne) za vse segmente. Pri tem je bilo potrebno modelirati vztrajnostne momente za vse segmente okoli vseh treh osi vrtnja. Rezultat je pokazal, da energija vse segmentov telesa pokaže dodatne zanimive informacije v primerjavi s približkom točkastega telesa kakršen je bil uporabljen do sedaj v vseh znanih raziskavah. Še posebej so pomembne razlike pri individualni obravnavi in primerjavi smučarjev med seboj. Rezultat ima pomemben prispevek k znanosti in je uporaben za razmišljanje in konec koncev tudi za meritve v drugih športih. S tega področja je S. Pulko diplomiral na Fakulteti za Fiziko in Matematiko – oddelek za fiziko na UL. (PULKO, Sašo. Energijska analiza alpskega smučarja : diplomsko delo. Ljubljana: [S. Pulko], 2012. 47 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 2466916])

Na osnovi terenskih in laboratorijskih meritev je kandidat Martin Zorko ravnokar uspešno zagovarjal temo doktorskega projekta z naslovom: »Vpliv širine smuči na kinematiko kolenskega sklepa«.

Projekt nadaljujemo tudi v fiziološki smeri, kjer spremljamo vpliv utrujanja na kinematiko kolenskega sklepa in ravnotežje pri uporabi smuči različnih širin. Iz tega področja kandidatka Karmen Hirsch pripravlja magistrsko nalogo.

Še nekaj drugih podprojektov, ki so posredno vezani na projekt, je rezultiralo v diplomske naloge. Kandidati: J. Sašo, 2012; M. Senica, 2015; N. Pogačar, 2013; A. Kralj, 2012; T. Hribar, 2012; L. Grandovec, 2012; U. Poteko, 2012 in J. Mlakar, 2012.

Na osnovi rezultatov smo svetovali sofinancerju Elan d.d. glede uporabe in nastavitve varnostnih vezi v kombinaciji s širimi smučmi, saj so meritve in testi pokazali, da so se klasične nastavitve in klasične varnostni vezi velikokrat po nepotrebnem odpenjale smučarjem med testiranjem.

9.Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1.Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Izpostavljenega problema smo se lotili s pomočjo najsodobnejše tehnologije, ki je v tem trenutku razvita in dostopna na tržišču. Izvedli smo najbobjejše kinematične meritve gibanja celotnega telesa v alpskem smučanju doslej, kar nam omogoča generalizacijo rezultatov. Razvili smo mišično-skeletni model za alpsko smučanje, ki omogoča poleg obravnave posledic uporabe različnih širin smuči tudi poglobljeno analizo vpliva drugih delov smučarske opreme (npr. smučarskih čevljev) in obravnavo različnih tehnik smučanja. Razvili smo tudi robotiziran simulator za smučanje, ki je prvi take vrste in omogoča manipulacijo prijemališča sile reakcije podlage v medialno-lateralni smeri, kar ima znanstvene izhode ob alpskem smučanju tudi v drugih človeških gibanjih. Celoten sistem biomehanskega modeliranja in testiranja ima potencialno uporabo v medicini, medicinski diagnostiki, rehabilitaciji, evalvaciji kolenskih protez... Vsebinsko celotnega projekta je vez med športno kineziologijo, ergonomijo in medicino, kar predstavlja nove možnosti raziskovanja. Rezultati raziskave imajo neposreden in takojšen transfer znanja v prakso. Z novimi znanji se bo povečala varnost pri rekreativnem in tekmovalnem alpskem smučanju. Smučarski strokovnjaki bodo lahko ustrezno, torej strokovno in z raziskovalnimi rezultati podprti mnenji, svetovali pri najustreznejši oz. boljše rečeno izbiri varne smučarske opreme.

ANG

The goals of the study have been tackled using the latest technology, which at the moment is developed and commercially available. The largest kinematic measurements of whole-body movements in alpine skiing have been performed, allowing us generalization of the results. We have developed a musculo-skeletal model for alpine skiing, which allows for the treatment of the effects of using different widths of skis as well as in-depth analysis of the impact of other ski equipment (e.g. ski boots) and various ski techniques. In addition, a robotic simulator for skiing was developed, which is the first of its kind and allows manipulation of application of the ground reaction force in the medial-lateral direction. It simulator has its scientific value in studying alpine skiing as well as other human locomotion. The whole system of biomechanical modelling and testing has potential applications in medicine, medical diagnostics, rehabilitation,

evaluation of knee prostheses etc. The content of the entire project is the link between sports kinesiology, ergonomics and medicine, which represents new opportunities for research. The survey results have a direct and immediate transfer of knowledge into practice. New knowledge will enhance safety in recreational and competitive alpine skiing. Ski experts will be capable of providing professional and research based results supported advises on the most appropriate, i.e. safest, ski equipment.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Alpsko smučanje je ena od najpomembnejših zimskih aktivnosti turizma v Sloveniji, kjer se je v zadnjem času s prihodom novo oblikovanih smuči opazno povečalo število poškodb. Z rezultati projekta želimo preko Zveze učiteljev in trenerjev Slovenije bolje izobraziti strokovne kadre in preko njih vplivati na osveščenost večjega dela Slovenske smučarske populacije v smislu izbire ustrezne opreme, smučarske tehnike, telesne priprave, izbire ustreznega terena in priprave smučarskih prog. Hkrati s projektom vplivamo na Slovenske proizvajalce smuči (v prvi vrsti Elan d.d.) in jim s tem zagotoviti konkurenčno prednost proizvajalcev »varnih smuči«. S podprojekti pa smo neposredno pomagali razvoju posebnih podložnih plošč, ki imajo prednosti tako v tekmovalnem smučanju kot v izboljšani varnosti delovanja smučarskih vezi. Pomagali smo pri razvoju in evalvaciji nadkolenke proteze za alpsko smučanje, ki je edinstvena in omogoča preboj trgu.

Novo razviti biomehanski modeli in robotizirana naparava predstavljata nove storitve Inštituta za Šport na Fakulteti za Šport, katerega bodo lahko koristili proizvajalci športne opreme na eni strani in na drugi strani smučarske ekipe za optimizacijo smučarske opreme vrhunskih tekmovalcev.

In nenazadnje želimo promovirati Slovensko znanosti in smučarsko znanje na mednarodni smučarski zvezi (FIS), kjer bomo predlagali nove standarde za opremo v tekmovalnem smučanju. To je le eden od še kako potrebnih kamenčkov do blagovne znamke »Made in Slovenia«.

ANG

Alpine skiing is one of the most important winter tourism activities in Slovenia, where an increase in injuries have been noticed after the new geometry of skis came to the market. In is an intention to use the results of the project to better educate skiing professional through the Slovenian Ski Instructors and Coaches Association in order to influence a greater part of Slovenian ski populations in terms of choice of appropriate equipment, ski techniques, physical preparation, selection of the appropriate slopes and the preparation of the ski slopes. At the same time the project influence the Slovenian ski equipment manufacturers (primarily Elan d.d.) and thereby provide a competitive advantage to producers of "safe skis". The sub-projects directly assisted the development of special ski-lifters that have advantages both in competitive skiing and in improved operation of safety bindings. We have also helped in the development and evaluation of above-knee prostheses for alpine skiing, which is unique product and enables a breakthrough on the market.

Newly developed biomechanical models and robotic platform provide new services of the Institute of Sport at the Faculty of Sport, which will be able to benefit manufacturers of sports equipment on the one hand and the ski teams for the optimization of ski equipment of elite competitors on the other hand.

And last but not least we want to promote Slovenian science and skiing knowledge at the International Skiing Association (FIS), where we will propose new standards for equipment in competitive skiing. This is just one of the much-needed mile-stones to the brand "Made in Slovenia".

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj	
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

--

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
	Razširitev ponudbe novih					

G.02.01.	izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

Sofinancer			
1.	Naziv	Fundacija za šport	
	Naslov	Dunajska c. 51, 1000 Ljubljana	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	99.771	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
		1. SUPEJ, M, ZORKO, M, MILANKOVIĆ, L, BABIČ, J, NEMEC, B. Knee kinematics changes with the point of application of the ground reaction force in the medio-lateral direction in a simulated alpine skiing.	A.01
	2. ZORKO, M, LEŠNIK, B. KOLMAN, K, SUPEJ, M. Analysis of knee joint movement when using alpine skis of different widths and the related risk factors for injury.	B.03	
	3. SUPEJ, M, SÆTRAN, L., OGGIANO, L, ETTEMA, G, ŠARABON, N, NEMEC, B, HOLMBERG, HC. Aerodynamic drag is not the major determinant of performance during giant slalom skiing at the elite level.	A.01	
	4. SUPEJ, M. Vibrations in recreational alpine skiing: a pilot study. . V: ISBS 2013, 31th Annual Conference, Taipei.	B.03	
	5. NEMEC, B., PETRIČ, T., BABIČ, J., SUPEJ, M. Estimation of alpine skier posture using machine learning techniques.	A.01	
Komentar	<p>Fundacije za šport v RS je v letih od 2011 do 2014 sofinancirala projekt »Vpliv širine smuči na varnost pri smučanju« (šifra L5-4142) v skupnem znesku 99.771 €. Vse vložki so bili neposredno povezani s tematiko, ki proučuje obremenitve in optimizacijo obremenitev na človeka med alpskim smučanjem.</p> <p>Komentar k najpomembnejšim rezultatom:</p> <p>Tč. 1: Raziskava prikazuje neposredni vpliv širine smuči na kinematiko gibanja v kolenskem sklepu v realnih tekmovalno podobnim pogojem smučanja. Rezultati so v skladu z rezultati laboratorijskih meritev pod Tč. 2, kjer je bilo ugotovljeno da širina smuči vpliva na abdukcijo in eksterno rotacijo v kolenskem sklepu.</p> <p>Tč. 2: Raziskava prikazuje neposredni vpliv širine smuči na kinematiko gibanja v kolenskem sklepu v izoliranih laboratorijskih pogojih. Očitno je širina smuči povezana s samo kinematiko gibanja kolenskega sklepa, predvsem z abdukcijo in eksterno rotacijo, ki imata neposreden vpliv na vodenje zavoja in varnost pri smučanju.</p> <p>Tč. 3: Raziskava omogoča razumevanje delovanja sil na smučarja. Ob tem je prvič na sploh med alpskim smučanjem izmerjena sila upora. Slednja je primerjana z velikostjo sile trenja. Obe sili pa sta ključni za razumevanje uspešnosti smučarjev.</p> <p>Tč. 4: Raziskava se ukvarja z analizo vibracij med alpskim smučanjem in kako se le te prenašajo vse od smučk, preko kolenskega sklepa in medenice do glave. To je na eni strani povezano z uspešnostjo na drugi strani pa z varnostjo športnikov.</p>		

		Tč. 5: V raziskavi se je razvila nova metodologija merjenja v alpskem smučanju, ki temelji na strojnem učenju. Nov pristop bistveno olajša meritve na terenu, torej tiste, ki so ključne za spremljanje in ocenjevanje vrhunskih alpskih smučarjev.	
Ocena		<p>Projekt »Vpliv širine smuči na varnost pri alpskem smučanju« z za nas zelo pomembnimi podprojekti je bil naravnano tako, da imajo glavni rezultati projekta potencialno zelo veliko vlogo pri zagotavljanju varnosti in uspešnosti pri smučanju. Rezultati obširnih meritev na terenu in v laboratoriju kažejo na to, da je potrebna previdnost pri uporabi smuči večje širine, saj le te neposredno vplivajo na kinemtično gibanje in obremenitev kolenskega sklepa. Še posebej je to izrazito, kadar bodisi tekmovalci uporabljajo »preširoke« smuči, bodisi rekreativci uporabljajo smuči za smučanje izven urejenih smučišč na urejenih, trdih in pomrznjenih podlagah. Med drugim so rezultati pokazali, da je potrebno biti izjemno previden pri nastavitvi varnostnih vezi na širših smučeh, saj so obremenitve očitno bistveno višje. To je še toliko bolj pomembno, saj smo v zadnjem času pričali trendu širjenja smuči pod smučarskim čevljem. Celo FIS pravila narekujejo širše smuči, čeprav so se v zadnjem letu povečali deklarirani radiji smuči posebej pri veleslalomu in hitrih disciplinah, ter vsaj nekoliko omejili širino smuči. Zanimiv rezultat za stroko je tudi, da je kinemtična kolenskega sklepa odvisna od uporabe smuči, kar pomeni da smučarju smuči narekujejo tehniko in ne obratno. Kinetika gibanja v sklepih pa je na širših smučeh taka, smučarja zaradi povečanih obremenitev postavlja v take položaje, ki so glede na nastalo situacijo čim dlje od kritičnih točk. Slednje pa potencialno negativno vpliva na izvedbo in uspešnost smučarjev.</p> <p>Projekt je imel ob glavnem cilju za nas še vrsto stranskih pozitivnih učinkov z majhnimi aplikativnimi podprojekti, saj so se razvile različne nove tehnološke in metodološke rešitve za spremljanje vrhunskih športnikov in njihove varnosti. Ob tem naštejmo le najpomembnejše:</p> <ul style="list-style-type: none"> • prenos vibracij na smučarja med različnimi smučarskimi tehnikami, • mehansko modeliranje mišičnih sil kompleksnega človeškega telesa, ki nam omogoča razumevanje obremenitev športnikov in potreb po telesni pripravi, • modeliranje energijske učinkovitosti športnikov, ki nam pomaga razlikovati različne tekmovalne tehnike glede na njihovo učinkovitost in uspešnost, • novi načini analiziranja in primerjanja hitrosti ter merjenja časa s pomočjo RTK GNSS tehnologije, • modeliranje energije vseh segmentov športnika in njegovih energijskih izgub, • modeli za trening optimalne individualne telesne priprave, ki povečuje verjetnost za vrhunske rezultate in zmanjšuje možnost za poškodbe. <p>modeliranje in merjenje tunanjih sil na smučarja kot je uporaba zraka in njegova primerjava z velikostjo sile rekacije podlage v smislu energijske učinkovitosti,</p> <ul style="list-style-type: none"> • modeliranje položajev smučarja s pomočjo strojnega učenja na osnovi meritev RTK GNSS, kar bistveno poenostavi merilne postopke, • razvit simulator smučanja za testiranje športne opreme in sposobnosti smučarjev, • ... 	
2.	Naziv	Elan skupina d.o.o.	
	Naslov	Begunje 1, 4275 Begunje na gorenjskem	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	0	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	0	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra	

	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar	Elan skupina d.o.o. je podpisala izjavo o sofinanciranju projekta, vendar ni bila pripravljena nase vzeti neposrednih finančnih obveznosti denarnega toka, saj ji je Evropsko Sodišče naložilo vračilo domnevne "nedovoljene državne pomoči". Zato pogodba o sofinanciranju ni bila realizirana. kljub temu je Elan Skupina d.o.o. za potrebe projekta posodila potrebne smuči različnih širin za izvedbo projekta na "prijateljski ravni".		
Ocena	Ker Elan skupina d.o.o. ni podpisala pogodbe o finančnih obveznostih sofinanciranja projekta, za njih nismo opravljali formalnih poročil. Izsledki raziskave in nasveti so bili podani le v ustni obliki.		
3.	Naziv	Športni center Pohorje d.o.o.	
	Naslov	Pohorska ul. 60, 2000 Maribor	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	0	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	0	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar	Športni center Pohorje je bil naš potencialno pomembni sofinancer in partner na projektu. Zaradi likvidnostnih težav je kmalu po začetku projekta zašel v stanje "prisilne poravnave" od katere ni izstopil vse do začetka stečaja podjetja. Iz teh razlogov od sofinancerja ŠC Pohorje nismo uspeli pridobiti nobenih od v začetku načrtovanih sredstev za sofinanciranje projekta.		
Ocena	Ker je Športni center Pohorje d.o.o. zašel v nelikvidnostne težave (prisilno poravnavo) in nato v stečaj, se ni držal finančnih obveznosti do projekta. Ob tem se je zamenjalo še vodstvo, ki ga projekt ni zanimal. Zato njihove ocene dela na projektu nimamo.		

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

Za alpsko smučanje smo v preteklosti razvili nov pristop k 3D kinematičnim meritvam, ki namesto kamer uporablja RTK GNSS in inercialno obleko. Tokratni cilj je bil poenostavitev meritev, kadar se potrebuje le dve najpomembnejši trajektoriji: težišča telesa in smuči. Za potrebe te študije smo izvedli najobsežnejše terenske 3D kinematične meritve v alpskem smučanju doslej in jih uporabili za nov inovativen pristop, kjer smo model smučarja zgradili na osnovi metod strojnega učenja. Model se je iz velike količine izmerjenih vhodnih podatkov naučil povezave med radialno silo v zavoju, hitrostjo smučarja in fazo zavoja ter položajem smučarja, ter napoveduje lego težišča in smuči le na osnovi trajektorije GNSS antene. Novi modeli veliko bolje ocenjujejo lego smučarja kot predhodno razviti dinamični modeli na osnovi

inverznega nihala. Poleg tega na podoben način v kombinaciji s pametnimi telefoni omogočajo spremljati in ocenjevati tako tekmovalno kot tudi rekreativno smučanje.

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
šport

Matej Supej

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana

3.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/19

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

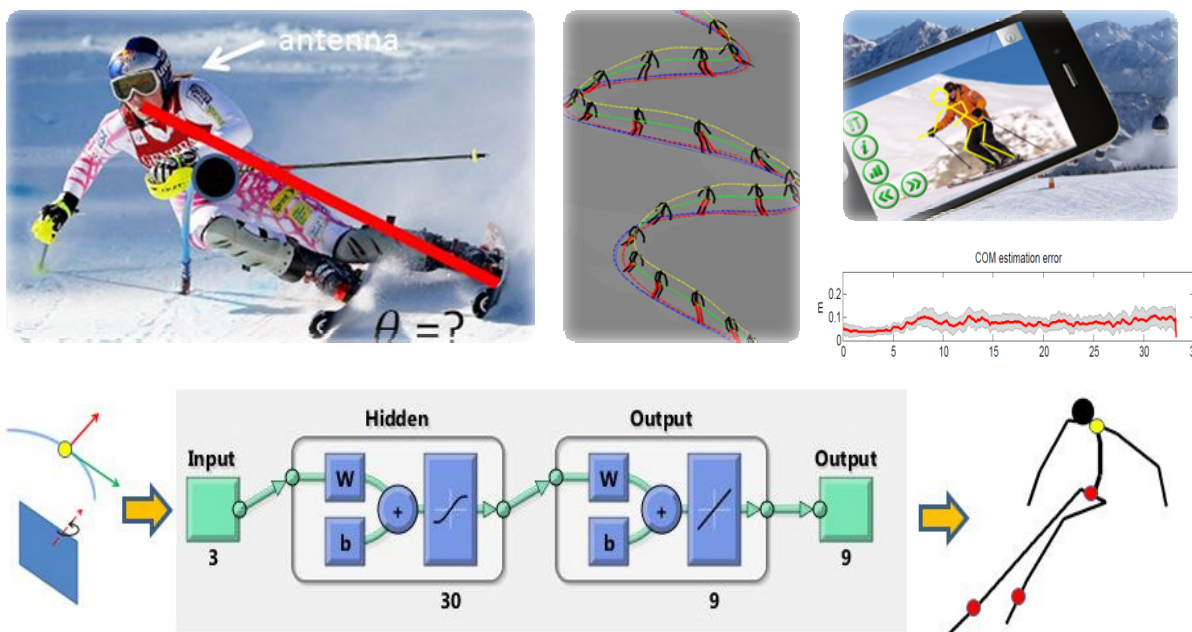
3C-F4-ED-C2-95-C0-0D-8A-AB-D4-63-D9-DA-EA-C4-94-6E-9C-AD-54

Priloga 1

DRUŽBOSLOVJE

Področje: 5.10 – Šport

Dosežek 1: Estimation of Alpine Skier Posture Using Machine Learning Techniques. Nemeč, B., Petrič, T., Babič, J., **Supej, M.** *Sensors*, 2014, 14, str.18898-18914



Za alpsko smučanje smo v preteklosti razvili nov pristop k 3D kinematičnim meritvam, ki namesto kamer uporablja visoko-ločljiv Globalni Navigacijski Satelitski Sistem (GNSS) in inercialno obleko sestavljeno iz 17 senzorjev z 9 prostostnimi stopnjami. Tokratni cilj je bil poenostavitev meritev, kadar se potrebujeta le dve najpomembnejši trajektoriji: težišča telesa in smuči. Za potrebe te študije smo izvedli najobsežnejše terenske 3D kinematične meritve v alpskem smučanju doslej, ki jih je omogočila pri nas razvita metodologija. Meritve smo uporabili za nov inovativen pristop v alpskem smučanju, kjer smo model smučarja zgradili na osnovi metod strojnega učenja. Model se je iz velike količine izmerjenih vhodnih podatkov naučil povezave med radialno silo v zavoju, hitrostjo smučarja in fazo zavoja ter položajem smučarja, ter napoveduje lego težišča in smuči le na osnovi izmerjene GNSS trajektorije. Deluje podobno kot človek, na podlagi izkušenj. Novi modeli veliko bolje ocenjujejo lego smučarja kot pa predhodno razviti dinamični modeli na osnovi inverznega nihala. Poleg tega na podoben način v kombinaciji s pametnimi telefoni omogočajo spremljati in ocenjevati tako tekmovalno kot tudi rekreativno smučanje.