

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/197



## ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

## A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

## 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L7-2413
<b>Naslov projekta</b>	Hipoksicna in hiperoksicna vadba
<b>Vodja projekta</b>	14676 Igor Mekjavić
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	4650
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje projekta</b>	05.2009 - 04.2012
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	106 Institut "Jožef Stefan"
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	7 INTERDISCIPLINARNE RAZISKAVE
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	07. Zdravje

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS<sup>1</sup>

<b>Šifra</b>	3.01
<b>- Veda</b>	3 Medicinske vede
<b>- Področje</b>	3.01 Temeljna medicina

## B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

SLO

Mnogo športnikov uporablja višinski trening kot dodatno ali osnovno vadbo za izboljšanje športne sposobnosti. Kljub precej nejasnim fiziološkim učinkom različnih protokolov le-te športniki pogosto nekritično uporabljajo. Ugotovitve znanstvenih raziskav o učinkih različnih višinskih protokolov na športno sposobnost si niso enotne. Poznavanje razlik med posameznimi protokoli višinskega treninga je pomembno predvsem za to, da lažje določimo katerega bomo

glede na postavljene cilje izbrali. Glede na rezultate raziskav je trenutno najbolj učinkovit protokol "spi visoko – treniraj nizko" s katerim lahko tudi vrhunski športniki izboljšajo svojo vzdržljivostno sposobnost na višini in nižini. Posebno pozornost je ob uporabi višinskega treninga potrebno nameniti nadzoru vadbe in njenih rezultatov, saj se posamezniki v odzivih na hipoksični dražljaj bistveno razlikujejo. Ker nekateri protokoli omogočajo izboljšanje vzdržljivosti pri posameznih športnikih, je njihova uporaba lahko priporočljiva in smiselna. V prispevku je najprej na kratko predstavljeno ozadje višinskega treninga in tehnološke možnosti aplikacij, v nadaljevanju pa so predstavljeni štirje osnovni, najbolj pogosto uporabljeni protokoli in njihovi potencialni učinki.

ANG

A vast number of athletes use hypoxic training as an additive training method for performance enhancement. However, the physiological and functional (e.g. performance) effects of different modalities are still not fully clear. The differences between various hypoxic modalities should be well understood, if one wishes to beneficially apply them to an individual athlete. Moreover, this enables optimal selection and adjustment of the modality to the training goals of the athlete. According to the current body of knowledge the "Sleep high – train low" protocol seems to be the most efficient providing benefits for both altitude and sea level performance even in elite athletes. When performing and monitoring hypoxic training protocols special vigilance should be placed to individual differences in responses to hypoxic stimuli. It seems that different hypoxic training protocols can provide some benefits for performance, therefore athletes should not be discouraged to employ them. In this paper, a short overview and technological possibilities of hypoxic applications are presented followed by the most often used protocols, their effects and employment possibilities.

#### 4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu<sup>3</sup>

Višinska aklimatizacija lahko izboljša športno sposobnost, če je hipoksična doza in frekvenca izpostavitve zadostna. V zadnjem času, se poleg uveljavljenih daljših protokolov, vse bolj uveljavljajo protokoli višinskega treninga, ki uporabljajo kratke prekinjajoče izpostavitve hipoksiji. Učinki tovrstnih protokolov na športno sposobnost še niso jasni in dokazani. Cilj doktorskega dela je bil ugotoviti učinkovitost izbranih kratkotrajnih hipoksičnih protokolov za izboljšanje športne sposobnosti v hipoksiji in normoksiji. V ta namen smo izvedli tri raziskave, ki so preučevale učinke kratkotrajne izpostavitve hipoksiji med vadbo (Raziskava I) in mirovanjem (Raziskavi II in III) na športno sposobnost ter izbrane hematološke in ventilatorne kazalce. Poleg direktnih učinkov na sposobnost, smo v zadnji raziskavi (Raziskava IV) preučevali spremembe plazemske koncentracije eritropoetina po novem protokolu, ki vključuje zaporedno dihanje hiperoksične in hipoksične mešanice. Povečana koncentracija hormona eritropoetina, ki je glavni regulator eritropoeze v človeškem telesu, lahko poveča količino rdečih krvnih celic in s tem oksiforne kapacitete krvi, ter tako potencialno izboljša prenosa kisika do mišic. To lahko posredno izboljša športno sposobnost, zato je bil odziv eritropoetina na dihalno manipulacijo glavni predmet zadnje raziskave. Kljub dejstvu, da nekatere raziskave kažejo na uporabnost vzdržljivostne vadbe v hipoksiji, so se do sedaj raziskave osredotočile na raziskovanje učinkov le na višini ali le na nižini. V prvi raziskavi (Raziskava I) smo preučevali vpliv vadbe v hipoksiji na maksimalno porabo kisika in vzdržljivostno sposobnost tako v normoksiji kot hipoksiji. Osemnajst zdravih, mladih prostovoljcev je sodelovalo v raziskovalnem protokolu, ki je vključeval 20 enournih vadbenih enot razporejenih preko štirih tednov. Pol preiskovancev (kontrolna skupina) je vadbo opravilo v normoksičnih ( $FIO_2 = 0.209$ ), druga polovica (eksperimentalna skupina) pa v hipoksičnih pogojih ( $FIO_2 = 0.120$ ). Individualna vadbena obremenitev je predstavljala 50 % maksimalne obremenitve v normoksiji oz. hipoksiji. Testi maksimalne porabe kisika ( $VO_{2peak}$ ) in vzdržljivostne sposobnosti (konstantna obremenitev 80%  $VO_{2peak}$ ) v normoksiji in hipoksiji so bili opravljeni pred, med, takoj po zaključku in deset dni po zaključenem protokolu. Normoksična  $VO_{2peak}$  se je povečala le v kontrolni skupini, hipoksični  $VO_{2peak}$  pa se v obeh skupinah ni statistično značilno spremenila. Značilno povečanje vzdržljivostne sposobnosti v normoksiji je bilo ugotovljeno v obeh skupinah, izboljšanje maksimalne moči pa le pri kontrolni skupini. Uporabljeni protokol vadbe v hipoksičnih pogojih v primerjavi z relativno enako intenzivno vadbo v normoksiji ni učinkovito izboljšal športne sposobnosti ne v hipoksiji in ne v normoksiji. Poleg vadbe v hipoksiji študije kažejo tudi na možno učinkovitost kratkotrajnih prekinjajočih izpostavitvev

hipoksiji v mirovanju, za izboljšanje športne sposobnosti kot posledice ventilatorne adaptacije na hipoksijo. Cilj druge raziskave (Raziskava II) je bil preučiti učinke dvajsetih izpostavitve prekinjajoči hipoksiji v mirovanju na aerobno kapaciteto in vzdržljivostno sposobnost v hipoksiji in normoksiji. Osemnajst zdravih mladih prostovoljcev je bilo naključno izbranih in razporejenih v kontrolno in eksperimentalno skupino. Vsi preiskovanci so opravili štiri tedenski vadbeni protokol (20 vadbenih enot) zmerne intenzivnosti na kolesu (50 %VO<sub>2</sub>peak). Eksperimentalna skupina je pred vsako vadbeno enoto izvedla še enourno hipoksično vadbo. Hipoksično vadbo je sestavljalo sedem ciklov, pri katerih se je izmenjevalo dihanje hipoksične mešanice (5 minut) in normoksičnega zraka (3 minute). Koncentracija kisika v vdihanem zraku je bila med hipoksičnim delom med 0.125 in 0.095. Testi maksimalne porabe kisika in vzdržljivostne sposobnosti (konstantna obremenitev 80% VO<sub>2</sub>peak) so bili, v normoksiji in hipoksiji, izvedeni v enakih obdobjih kot v prvi raziskavi. Obe skupini sta značilno izboljšali maksimalno porabo kisika v normoksiji. V hipoksiji ni bilo značilnih sprememb. Prav tako sta obe skupini izboljšali vzdržljivostno sposobnost po končanem protokolu, le eksperimentalna skupina pa je to izboljšavo zadržala tudi 10 dni po koncu protokola. Pri eksperimentalni skupini smo, glede na kontrolno, izmerili značilno povečano ventilacijo med naporom, takoj po in deset dni po protokolu. Rezultati kažejo, da je testirani protokol lahko učinkovit za izboljšanje oz ohranjanje športne sposobnosti v normoksiji in ne v hipoksiji. Ventilatorna adaptacija je najverjetnejši mehanizem, ki omogoči podaljšano ohranitev izboljšane sposobnosti. Kljub dejstvu, da nekatere raziskave kažejo na učinkovitost kratkotrajnih hipoksičnih protokolov za ventilatorno aklimatizacijo, najmanjša doza potrebna za učinke še ni znana. V tretji raziskavi (Raziskava III) smo ugotavljali učinke štirih kratkotrajnih izpostavitve hipoksiji na sposobnost premagovanja napora v hipoksiji, ventilatorne parametre in oksigenacijo mišic ter možgan med naporom. Devetnajst mladih, zdravih prostovoljcev, ki so sodelovali v tej enosmerno slepi raziskavi, smo naključno razdelili v eksperimentalno (n = 10) in kontrolno skupino (n = 9). Vsak preiskovanec je v klimatski komori preživel štiri ure na dan, štiri dni zapored. Preiskovanci eksperimentalne skupine so bivali v hipoksiji (FIO<sub>2</sub> = 0.120), preiskovanci kontrolne skupine pa v normoksiji (FIO<sub>2</sub> = 0.209). Pred in po protokolu so vsi preiskovanci izvedli vzdržljivostni test v hipoksiji s stalno obremenitvijo (75 %VO<sub>2</sub>peak). Med testom smo vseskozi merili kapilarno saturacijo in minutno ventilacijo. Za merjenje sprememb v oksigenaciji možgan in mišic smo uporabili NIRS in stalno nadzorovali relativne spremembe oksihemoglobina, deoksihemoglobina in celokupnega hemoglobina. Nobena skupina ni značilno izboljšala vzdržljivostne sposobnosti po protokolu. Kljub temu je le eksperimentalna skupina značilno povečala ventilacijo (+ 15 %) in saturacijo (+ 4 %) med naporom. Koncentracija deoksihemoglobina je bila v mišici vastus lateralis ob koncu napora povečana le v eksperimentalni skupini. Drugih značilnih sprememb v oksigenaciji možgan ali respiratornih mišic med naporom ni bilo. Glede na kontrolno skupino je testirani hipoksični protokol značilno vplival na saturacijo in ventilacijo med naporom. Rezultati tretje raziskave kažejo da kratkotrajna štirikratna izpostavitve ponavljajoči hipoksiji lahko privede do delne ventilatorne aklimatizacije, a ne vpliva značilno na sposobnost premagovanja maksimalnega napora v hipoksiji. Z zadnjo raziskavo doktorskega dela (Raziskava IV) smo ugotavljali učinke novega dihalnega protokola, ki bi, z uporabo zaporednega dihanja hiperoksične in hipoksične mešanice, lahko preko stimulacije eritropoetina (EPO) posredno izboljšal športno sposobnost. Zadnja spoznanja kažejo, da povečano produkcijo EPO lahko poleg akutne in kronične izpostavitve hipoksiji izzovemo tudi z uporabo relativnih sprememb v oksigenaciji z uporabo menjave med dihanjem hiperoksične dihalne mešanice in zraka. Teorija na kateri sloni domneva je poimenovana "Normobarični kisikov paradoks" in je že uvedena tudi v klinično prakso. Cilj raziskave je bil potrditi vpliv relativnih sprememb oksigenacije na plazemsko [EPO] koncentracijo in možnost uporabe le teh kot sredstva za izboljšanje športne sposobnosti preko povečanja oksiforne kapacitete krvi. Osemnajst zdravih mladih prostovoljcev smo naključno razdelili v dve skupini: Intermitentno hiperoksično-hipoksično (IHH; n = 10) in kontrolno (n = 8) (placebo). Preiskovanci v IHH skupini so prvo uro protokola dihali čisti kisik (FIO<sub>2</sub> = 1.00), drugo uro pa hipoksično mešanico (FIO<sub>2</sub> = 0.150). Preiskovanci v kontrolni skupini so dve uri dihali zrak (FIO<sub>2</sub> = 0.209). Krvni vzorci so bili odvzeti tik pred

dihanjem, po prvih 60 minutah in po koncu dihalnega protokola. Po protokolu so bili dodatni vzorci odvzeti v sledečih urah: 3, 5, 8, 24, 32 in 48 ur po protokolu. Med dihanjem so bili preiskovanci vseskozi v ležečem položaju. V kontrolni skupini je bil [EPO] značilno povečan 8 in 32 ur po protokolu, v skupini IHH pa samo 32 ur po protokolu. Med skupinama v [EPO] ni bilo statistično značilnih razlik pri nobenem vzorčenju. Relativne spremembe [EPO] so bile značilno nižje v IHH glede na kontrolno skupino 5 in 8 ur po protokolu. Testirani protokol zaporednega dihanja hiperoksične in hipoksične mešanice ni povečal endogene produkcije eritropoetina. Glede na rezultate lahko trdimo, da je protokol v prvih osmih urah po zaključku dihanja povzročil malenkostno zmanjšano produkcijo eritropoetina, najverjetneje kot posledica hiperoksične supresije. Testirani protokol ne kaže uporabne vrednosti za stimulacijo produkcije eritropoetina. Rezultati druge in tretje raziskave kažejo na možne pozitivne učinke prekinjajoče hipoksične vadbe na izbrane fiziološke kazalce, brez značilnega vpliva na športno sposobnost. Edino vadba v hipoksiji ni pokazala nobenih izmerjenih pozitivnih učinkov, kar najverjetneje lahko pripišemo majhni absolutni vadbeni obremenitvi. Tako 20 kot tudi samo 4 izpostavitve prekinjajoči hipoksiji, lahko povzročijo določeno stopnjo ventilatorne aklimatizacije. Podaljšano zadržanje izboljšane sposobnosti premagovanja napora v raziskavi tri kaže na možnost uporabe intermitentne hipoksije tudi kot sredstva za vzdrževanje ventilatornih prilagoditev takrat, kadar vadbe posameznik ne more izvajati. Glede na rezultate zadnje raziskave lahko trdimo, da uporaba hipoksije za povečevanje sprememb v oksigenaciji, z namenom stimulacije produkcije eritropoetina ni priporočljiva. Zaključimo lahko, da so trenutno tako športne kot klinične aplikacije ki slonijo na teoriji "Normobaričnega kisikovega paradoksa" preuranjene in nepotrjene. Za konec lahko, kljub dejstvu da različni kratkotrajni hipoksični protokoli lahko izboljšajo določene fiziološke kazalce zaključimo, da je vpliv teh izboljšav na športno sposobnost zanemarljiv.

V raziskavi je sodeloval prof. dr. Ola Eiken, predstojnik odseka za Okoljsko fiziologijo Department of Physiolog), Oddelka za tehnologijo iz zdravje (School of Health and Technology, Kraljevega inštituta za tehnologijo (Royal Institute of Technology), v Štokholmu (Švedska).

#### 5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>4</sup>

Doseženi so bili vsi zastavljeni cilji na raziskovalnem projektu.

#### 6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine<sup>5</sup>

Sprememb programa raziskovalnega projekta ni bilo.

#### 7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25109799	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv ogljikovega monoksida na aerobno zmogljivost.
		ANG	Carbon monoxide exposure during exercise performance
	Opis	SLO	Cilj raziskave je preučiti učinek ogljikovega monoksida (CO) v vdihanem zraku, v koncentracijah, ki jih dosega med prometno konico v velemestih, na oksigenacijo možganov, dihalnih mišic in mišic nog s testom konstantne moči. V raziskavo smo vključili 9 moških preiskovancev v treh pogojih: (i) kontrolni test konstantne moči po 3-urni izpostavljenosti zraku, (ii) 1-urna izpostavljenost zraku in 2-urna izpostavljenost CO (18.9 ppm), nato test konstantne moči v CO pogojih in (iii) 2-urna izpostavitvev CO in 1-urna izpostavitvev 100% normobaričnemu kisiku, nato test konstantne moči v CO pogojih. Ugotovili smo, da vdihavanje 18.9 ppm CO zmanjša oksigenacijo v mišicah vastus lateralis in serratus anterior, ne vpliva pa na športno

		<p>spodobnost. Vdihavanje normobaričnega kisika vpliva na s CO pogojeno zmanjšanje oksigenacije mišic, predvsem v interkostalnih mišicah, ne vpliva pa na športno sposobnost.</p>
	ANG	<p>Aim: To investigate the effect of carbon monoxide (CO) in the inspired air as anticipated during peak hours of traffic in polluted megalopolises on cerebral, respiratory and leg muscle oxygenation during a constant-power test (CPT). In addition, since O<sub>2</sub> breathing is used to hasten elimination of CO from the blood, we examined the effect of breathing O<sub>2</sub> following exposure to CO on cerebral and muscle oxygenation during a subsequent exercise test under CO conditions.</p> <p>Methods: Nine men participated in three trials: (i) 3-h air exposure followed by a control CPT, (ii) 1-h air and 2-h CO (18.9 ppm) exposure succeeded by a CPT under CO conditions (CPTCOA), and (iii) 2-h CO and 1-h 100% normobaric O<sub>2</sub> exposure followed by a CPT under CO conditions (CPTCOB). All exercise tests were performed at 85% of peak power output to exhaustion. Oxygenated (<math>\Delta[O_2Hb]</math>), deoxygenated (<math>\Delta[HHb]</math>) and total (<math>\Delta[tHb]</math>) haemoglobin in cerebral, intercostal and vastus lateralis muscles were monitored with near-infrared spectroscopy throughout the CPTs.</p> <p>Results: Performance time did not vary between trials. However, the vastus lateralis and intercostal <math>\Delta[O_2Hb]</math> and <math>\Delta[tHb]</math> were lower in CPTCOA than in CPT. During the CPTCOB, the intercostal <math>\Delta[O_2Hb]</math> and <math>\Delta[tHb]</math> were higher than in the CPTCOA. There were no differences in cerebral oxygenation between the trials.</p> <p>Conclusion: Inspiration of 18.9 ppm CO decreases oxygenation in the vastus lateralis and serratus anterior muscles, but does not affect performance. Breathing normobaric O<sub>2</sub> moderates the CO-induced reductions in muscle oxygenation, mainly in the intercostals, but does not affect endurance.</p>
	Objavljeno v	Blackwell Publishing; Acta physiologica; 2012; Vol. 204, issue 4; str. 544-554; Impact Factor: 3.090; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.943; WoS: UM; Avtorji / Authors: Keramidias Michail E., Kounalakis Stylianos N., Eiken Ola, Mekjavić Igor B.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	26168871   Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Vpliv intermitentne normobarične hipoksije</p> <p>ANG Intermittent normobaric hypoxic exposures at rest</p>
	Opis	<p>SLO V raziskavi smo preiskovali vpliv dnevne intermitentne hipoksične izpostavljenosti v mirovanju (IHE) na maksimalno porabo kisika in športno sposobnost v normoksičnih in hipoksičnih pogojih. Vključili smo 18 zdravih preiskovancev, ki so bili enakomerno razdeljeni v kontrolno ali IHE skupino. Opravili so 4-tedenski srednje intenzivni trening kolesarjenja (1h/dan, 5 dni/teden). IHE skupina je dodatno izvajala še IHE 1 uro pred treningom, tako da so preiskovanci vdihovali hipoksično mešanico zraka (7 x 5min, Fio<sub>2</sub> = 0.12). Ugotavljali smo podobno izboljšanje športne sposobnosti preiskovancev v obeh skupinah v normoksiji, brez izboljšanja športne sposobnosti v hipoksičnih pogojih. Na podlagi rezultatov lahko zaključimo, da IHE ne izboljša športne sposobnosti v normoksiji ali hipoksiji.</p> <p>Introduction: It has been speculated that short (~1-h) exposures to intermittent normobaric hypoxia at rest can enhance subsequent exercise performance. Thus, the present study investigated the effect of daily resting intermittent hypoxic exposures (IHE) on peak aerobic capacity and performance under both normoxic and hypoxic conditions. Methods: Eighteen subjects were equally assigned to either a control (CON) or IHE</p>

		<p>group and performed a 4-wk moderate intensity cycling exercise training (1 h · d<sup>-1</sup>, 5 d · wk<sup>-1</sup>). The IHE group additionally performed IHE (60 min) prior to exercise training. IHE consisted of seven cycles alternating between breathing a hypoxic gas mixture (5 min; FIO<sub>2</sub> = 0.12-0.09) and room air (3 min; FIO<sub>2</sub> = 0.21). Normoxic and hypoxic peak aerobic capacity (&lt;inline-graphic xlink:href="942inf1.gif"/&gt;o<sub>2</sub>peak) and endurance performance were evaluated before (PRE), during (MID), upon completion (POST), and 10 d after (AFTER) the training period. Results: Similar improvements were observed in normoxic &lt;inline-graphic xlink:href="942inf1.gif"/&gt;o<sub>2</sub>peak tests in both groups [IHE: (POST-PRE) = 10%; CON: (POST-PRE) = 14%], with no changes in the hypoxic condition. Both groups increased performance time in the normoxic constant power test only [IHE: (POST-PRE) = 108%; CON: (POST-PRE) = 114%], whereas only the IHE group retained this improvement in the AFTER test. Higher levels of minute ventilation were noted in the IHE compared to the CON group at the POST and AFTER tests. Conclusion: Based on the results of this study, the IHE does not seem to be beneficial for normoxic and hypoxic performance enhancement.</p>
	Objavljeno v	Aerospace Medical Association; Aviation space and environmental medicine; 2012; Vol. 83, no. 10; str. 942-950; Impact Factor: 0.879; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.53; WoS: NE, PY, XW; Avtorji / Authors: Mekjavić Igor B., Debevec Tadej, Amon Mojca, Keramidias Michail E., Kounalakis Stylianos N.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	25007911 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>SLO Hipoksija po akutni kratkotrajni hiperoksiji ne vpliva na proizvodnjo eritropoetina (EPO)</p> <p>ANG Acute short-term hyperoxia followed by mild hypoxia does not increase EPO production</p>
	Opis	<p>SLO Pred nedavnim objavljene študije ugotavljajo, da relativno zmanjšanje tkivne oksigenacije s prehodnim izmeničnim dihanjem hiperoksične in normoksične mešanice zraka stimulira izločanje eritropoetina (EPO) (normobarični O<sub>2</sub> paradoks). V raziskavo smo vključili 18 zdravih moških preiskovancev, ki so bili razdeljeni v IHH skupino in kontrolno skupino. IHH skupina je 1 uro dihala 100 % kisik (FIO<sub>2</sub> ~ 1.0), nato 1 uro hipoksično mešanico zraka (FIO<sub>2</sub> ~ 0.15). Kontrolna skupina je 2 uri dihala normoksično zračno mešanico (FIO<sub>2</sub> ~ 0.21). Pred, med in po dihanju so bili odvzeti vzorci krvi, kjer smo določali nivo eritropoetina. Med skupinama ni bilo statistično značilnih razlik v nivoju eritropoetina v nobeni izmed testiranih časovnih točk. Rezultati raziskave zavračajo teorijo normobaričnega O<sub>2</sub> paradoksa.</p> <p>ANG Recent findings suggest that besides renal tissue hypoxia, relative decrements in tissue oxygenation, using a transition of the breathing mixture from hyperoxic to normoxic, can also stimulate erythropoietin (EPO) production. To further clarify the importance of the relative change in tissue oxygenation on plasma EPO concentration [EPO], we investigated the effect of a consecutive hyperoxic and hypoxic breathing intervention. Eighteen healthy male subjects were assigned to either IHH (N = 10) or CON (N = 8) group. The IHH group breathed pure oxygen (FIO<sub>2</sub> ~ 1.0) for 1 h, followed by a 1-h period of breathing a hypoxic gas mixture (FIO<sub>2</sub> ~ 0.15). The CON group breathed a normoxic gas mixture (FIO<sub>2</sub> ~ 0.21) for the same duration (2 h). Blood samples were taken just before, after 60 min, and immediately after the 2-h exposure period. Thereafter, samples were taken at 3, 5, 8, 24, 32, and 48 h after the exposure. During the breathing interventions, subjects remained in supine position. There were significant increases in absolute [EPO] within groups at 8 and 32 h in the CON and at 32 h only in the IHH group. No significant differences in</p>

		absolute [EPO] were observed between groups following the intervention. Relative ( $\Delta$ [EPO]) levels were significantly lower in the IHH than in the CON group, 5 and 8 h following exposure. The tested protocol of consecutive hyperoxic-hypoxic gas mixture breathing did not induce [EPO] synthesis stimulation. Moreover, the transient attenuation in $\Delta$ [EPO] in the IHH group was most likely due to a hyperoxic suppression. Hence, our findings provide further evidence against the "normobaric O2 paradox" theory.
	Objavljeno v	Springer-Verlag; European journal of applied physiology; 2012; Vol. 112, no. 3; 1059-1065; Impact Factor: 2.147; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.543; A': 1; WoS: UM, XW; Avtorji / Authors: Debevec Tadej, Keramidias Michail E., Norman Barbara, Gustafsson Thomas, Eiken Ola, Mekjavić Igor B.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	25708839   Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Kratka intermitentna hipoksija izboljša dihanje med hipoksično vadbo
		<i>ANG</i> Short intermittent hypoxic exposures augment ventilation but do not alter regional cerebral and muscle oxygenation during hypoxic exercise
	Opis	<i>SLO</i> Minimalna doza hipoksije, ki bi izboljšala športno sposobnost trenutno ni znana. S to raziskavo smo preučevali ali lahko s štirimi 4-urnimi izpostavitvami izboljšamo športno sposobnost ter mišično in cerebralno oksigenacijo med naporom v hipoksičnih pogojih. Devetnajst preiskovancev smo razdelili v dve skupini od katerih je bila ena izpostavljena hipoksičnim pogojem (SIH; FIO <sub>2</sub> =0.120, N = 10), druga pa slepo izpostavljena normoksičnim pogojem (Control; FIO <sub>2</sub> =0.209, N = 9). Pred in po izpostavitvah smo preiskovancem med maksimalnim testom pri konstantni obremenitvi v hipoksiji (75% maksimalne normoksične sposobnosti) na kolesu merili porabo kisika, ventilacijo in oksigenacijo z NIR spektrometrom. Po izpostavitvah se sposobnost premagovanja napora ni povečala v nobeni skupini. Se je pa značilno povečala ventilacija in saturacija s kisikom le v skupini SIH. V mišični in cerebralni oksigenaciji nismo zaznali nobenih značilnih sprememb. Dobljeni rezultati kažejo, da lahko s štirimi izpostavitvami normobarični hipoksiji izzovemo ventilatorno aklimatizacijo in s tem posledično izboljšamo sistemsko saturacijo med naporom v hipoksiji.
		<i>ANG</i> This study investigated the effects of four exposures to normobaric hypoxia (SIH group; FIO <sub>2</sub> =0.120, N = 10) or placebo-control normoxia (Control group; FIO <sub>2</sub> =0.209, N = 9) on cardio-respiratory responses to hypoxic exercise. Before and after the exposures all subjects performed a constant power test (CP) to exhaustion in hypoxia (FIO <sub>2</sub> =0.120) at a work load corresponding to 75% of previously determined normoxic. Arterial oxygen saturation (SpO <sub>2</sub> ) and minute ventilation were measured continuously. NIRS was used to monitor regional changes in oxygenated, de-oxygenated and total hemoglobin concentrations of the frontal cortex, vastus lateralis and serratus anterior. Although neither group improved CP time, the SIH group exhibited increases in both (+15%; P < 0.05) and SpO <sub>2</sub> (+4%; P < 0.05) after intermittent hypoxia. No physiologically significant differences were observed during exercise in vastus lateralis, serratus anterior and cerebral oxygenation between groups and testing periods. These data suggest that normobaric SIH enhances hypoxic exercise and SpO <sub>2</sub> , without affecting regional oxygenation or time to exhaustion.
	Objavljeno v	Elsevier; Respiratory physiology & neurobiology; 2012; Vol. 181, no.2; str. 132-142; Impact Factor: 2.242; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.943; WoS: UM, WE; Avtorji / Authors: Debevec Tadej, Mekjavić Igor B.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	24589095   Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Akutna normobarična hiperoksija prehodno zavre koncentracijo eritropoetina v plazmi.
	ANG	Acute normobaric hyperoxia transiently attenuates plasma erythropoietin concentration in healthy males
Opis	SLO	Namen tega dela je bilo preučiti ali lahko s pomočjo 2-urnega dihanja hiperoksične mešanice spodbudimo produkcijo hormona eritropoetina (t.i. Normobarični kisikov paradox). Deset zdravih moških je v tej randomizirani in cross-over dizajnirani raziskavi ob eni priložnosti 2 uri dihala 100 % kisik, ob drugi pa placebo zrak. Pred med in po dihanju smo merili koncentracijo in dinamiko hormona eritropoetina. Glede na placebo je dihanje hiperoksične mešanice rahlo zavrlo izločanje in posledično koncentracijo hormona eritropoetina. Dobljeni rezultati kažejo, da normobarični kisikov paradoks ne obstaja in zato dihanje 100 % kisika z namenom stimulacije eritropoeze ni smiselno.
	ANG	Aim: The purpose of the present study was to evaluate the 'normobaric oxygen paradox' theory by investigating the effect of a 2-h normobaric O2 exposure on the concentration of plasma erythropoietin (EPO). Methods: Ten healthy males were studied twice in a single-blinded counterbalanced crossover study protocol. On one occasion they breathed air (NOR) and on the other 100% normobaric O2 (HYPER). Blood samples were collected Pre, Mid and Post exposure; and thereafter, 3, 5, 8, 24, 32, 48, 72 and 96 h, and 1 and 2 weeks after the exposure to determine EPO concentration. Results: The concentration of plasma erythropoietin increased markedly 8 and 32 h after the NOR exposure (approx. 58% and approx. 52%, respectively, $P \leq 0.05$ ) as a consequence of its natural diurnal variation. Conversely, the O2 breathing was followed by approx. 36% decrement of EPO 3 h after the exposure ( $P \leq 0.05$ ). Moreover, EPO concentration was significantly lower in HYPER than in the NOR condition 3, 5 and 8 h after the breathing intervention ( $P \leq 0.05$ ). Conclusion: In contrast to the 'normobaric oxygen paradox' theory, the present results indicate that a short period of normobaric O2 breathing does not increase the EPO concentration in aerobically fit healthy males. Increased O2 tension suppresses the EPO concentration 3 and 5 h after the exposure; thereafter EPO seems to change in a manner consistent with natural diurnal variation.
Objavljeno v		Blackwell Publishing; Acta physiologica; 2011; Vol. 202, no. 1; str. 91-98; Impact Factor: 3.090; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.943; WoS: UM; Avtorji / Authors: Keramidias Michail E., Kounalakis Stylianos N., Debevec Tadej, Norman Barbara, Gustafsson Thomas, Eiken Ola, Mekjavić Igor B.
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

### 8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine<sup>2</sup>

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	30239193 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Sodobna obravnava bolnikov z omrzlinami
		ANG Modern management of patients with frostbite
		Izhodišča: Omrzline so lokalne poškodbe tkiva, ki pomenijo za poškodovanca v primeru amputacij hudo funkcionalno okvaro. Povezane so z bivanjem in aktivnostmi v mrzlem okolju. Vrhunski razvoj alpinizma v Sloveniji se kaže tudi z večjo pojavnostjo z mrazom povezanih poškodb. Mraz je sprožilni dejavnik za procese, ki na lokalni ravni okvarijo mikrocirkulacijo. Omrzline delimo na povrhnje-reverzibilne in globoke omrzline z nepovratnimi okvarami tkiva. Povrhnje omrzline obravnavamo



	Opis	<p>ambulantno, globoke pa hospitalno. Uspešnost obravnave omrzlin je odvisna od pravočasne prve (PP) in nujne medicinske pomoči (NMP), od hitre diagnostike in kombiniranega zdravljenja. Bolniki in metode: V obdobju med letoma 2000 in 2010 smo obravnavali 27 alpinistov z omrzlinami. Povrhnje omrzline je imelo 16 alpinistov. Pri 11 alpinistih smo ugotovili globoke omrzline. Povprečna starost alpinistov je bila 36,5 let (najmlajši 23 let, najstarejši 55 let). Med njimi sta bili 2 alpinistki (18 %) in devet alpinistov (82 %). Omrzline so utrpeli na nadmorskih višinah med 2000 in 8848 metri. Devet (82 %) jih je utrpelo omrzline prstov nog, dva (18 %) omrzline prstov rok. Devet alpinistov (82 %) je na terenu prejelo PP, devet (82 %) tudi NMP. Pri sedmih alpinistih (64 %) smo po prihodu v bolnišnico naredili trifazno scintigrafijo kosti (TS), s katero smo lahko pravilno ocenili globino poškodb ter napovedali potek bolezni. Sedem alpinistov (64 %) smo zdravili s kombinacijo zdravil (acetilsalicilna kislina, nizkomolekularni heparin, pentoksifilin, antibiotiki, iloprost). Osem alpinistov (73 %) smo zdravili s hiperbarično oksigenacijo (HBO). Rezultati: Pri šestih bolnikih (55 %) z globokimi omrzlinami amputacije prstov niso bile potrebne. Kirurško nekrektomijo (popolne amputacije prstov) smo izvedli pri petih bolnikih (45 %). Pri dveh alpinistih smo prst amputirali v metatarzofalangealnem (MCP) sklepu, pri štirih alpinistih pa na bolj distalnih ravneh. Amputacije v distalnih interfalangealnih (DIP) sklepih smo morali izvesti pri obeh alpinistkah. Zaključek: Za dober končni rezultat zdravljenja omrzlin sta najprej potrebni hitra in pravilna PP in NMP. V zgodnji diagnostiki omrzlin se je najbolj izkazala TS. Za zdravljenje uporabljamo v primeru globokih omrzlin kombinacijo zdravil, čemur dodamo še HBO kot obliko adjuvantnega zdravljenja. S takim pristopom lahko ohranimo vitalnost tkiva in preprečimo napredovanje obsega mrtvine ter hudo funkcionalno okvaro.</p>
	SLO	<p>Background: Frostbite is a local cold injury that may lead to loss of tissue, and result in disability. It is normally a consequence of prolonged exposure of unprotected regions to subzero ambient temperatures, which causes impairment of the microcirculation. In Slovenia, the main risk group for frostbite injury are mountain climbers. Frostbite is classified as either a superficial reversible injury, or an irreversible deep tissue injury. Superficial frostbite is managed in out-patient clinics, whereas hospital treatment is required for deep frostbite. The success of frostbite management depends a great deal on the field first aid and emergency medical treatment, as well as on the subsequent hospital treatment. The present study reports of the success of a protocol for hospital treatment of frostbite (Planica Protocol), comprising the early diagnosis with three-phase bone scintigraphy (TS), administration of appropriate medications, particularly iloprost, and initiation of hyperbaric oxygen treatment (HBOT). Patients and methods: A total of 27 mountain climbers presented with frostbite injury between 2000 and 2010. Of these, 16 suffered superficial injuries and were treated as outpatients. The remaining 11 mountaineers (2 females, and 9 males) suffered deep frostbite and were hospitalised. Frostbite injury was sustained at different altitudes (range: 2000 to 8848 meters above sea level) in the toes (n = 9; 82%) and fingers (n = 2; 18%). Some climbers (n = 9; 82%) received field first aid, and some (n = 9; 82%) also emergency medical treatment in the field. On admission to hospital, patients received the following treatment in out-patient clinics, whereas hospital treatment is required for deep frostbite. The success of frostbite management depends a great deal on the field first aid and emergency medical treatment, as well as on the subsequent hospital treatment. (Abstract truncated at 2000 characters)</p>
	Šifra	F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov
	Objavljeno v	[Slovensko zdravniško društvo]; Zdravniški vestnik; 2012; Letn. 81, št. 10; str. 699-709; Impact Factor: 0.155; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.53; WoS: PY; Avtorji / Authors: Gorjanc Jurij,

		Ahčan Uroš, Veselko Matjaž, Milčinski Metka, Mekjavić Igor B.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	23694375	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Neaktivnost poveča podajnost ven
		ANG	Increased distensibility in dependent veins following prolonged bedrest
	Opis	SLO	Po daljšem obdobju v ležečem položaju ("bed-rest") je ojačan premik krvi v spodnje predele telesa, ki sledi posturalni spremembi iz ležečega v stoječ položaj. Ugotavljali smo, v kakšni meri je ojačan premik krvi posledica povečane podajnosti ven v okončinah po 5 tednih horizontalnega bed-resta. Dvig pritiska v venah je bil dosežen z izpostavitvijo celotnega telesa razen testirane okončine nad-atmosfernemu pritisku, tako da je bil preiskovanec v tlačni komori, presikovana okončina pa je bila izven komore. Z ultrazvočno tehniko smo merili spremembo v premeru ven pri dvigu intravenskega pritiska s 60 na 140 mmHg. Pred bedrestom je bila podajnost ven značilno nižja v tibialnih v primerjavi z brahialnimi venami. Ugotovili smo, da se z odstranitvijo tlačne komponente, ki je odvisna od gravitacije in deluje na vene v stoječem položaju, podajnost odvisnih ven poveča.
		ANG	Displacement of blood to the lower portion of the body that follows a postural transition from recumbent to erect is augmented by a prolonged period of recumbency (bedrest). Information is scarce as to what extent this augmented blood-volume shift to dependent veins is attributable to increased distensibility of the veins. Accordingly, we studied the effect of 5 weeks of horizontal bedrest on the pressure-distension relationship in limb veins. Elevation of venous distending pressure was induced by exposure of the body except the tested limb to supra-atmospheric pressure with the subject seated in a pressure chamber with one arm, or supine with a lower leg, protruding through a hole in the chamber door. Diameter changes in response to an increase of intravenous pressure (distensibility) from 60 to about 140 mmHg were measured in the brachial and posterior tibial veins using ultrasonographic techniques. Prior to bedrest, the distensibility was substantially less in the tibial than in the brachial vein. Bedrest increased ( $P < 0.01$ ) pressure distension in the tibial vein by 86% from $7 \pm 3\%$ before to $13 \pm 3\%$ after bedrest. In the brachial vein, bedrest increased ( $P < 0.05$ ) pressure distension by 36% from $14 \pm 5\%$ before to $19 \pm 5\%$ after bedrest. Thus, removal of the gravity-dependent pressure components that act along the blood vessels in erect posture increases the distensibility of dependent veins.
	Šifra	F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Objavljeno v	Springer-Verlag; European journal of applied physiology; 2009; Vol. 106, no. 4; str. 547-554; Impact Factor: 2.047; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.387; A': 1; WoS: UM, XW; Avtorji / Authors: Kölegard Roger, Mekjavić Igor B., Eiken Ola	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	251433728	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hypoxic training laboratory
		ANG	Laboratorij za hipoksično vadbo
	Opis	SLO	Ustanovili smo raziskovalno infrastrukturo, ki omogoča simulacijo višinskih razmer. Sistem deluje na principu zmanjševanja vsebnosti kisik v zraku.
		ANG	We established a research infrastructure, which allows us to simulate high altitude conditions, by decreasing the fraction of oxygen in the atmosphere.
	Šifra	D.04 Pobuda za uvedbo novega raziskovalnega področja v Sloveniji	
	Objavljeno v	Biomed; 2010; 35 str.; Avtorji / Authors: Mekjavić Igor B., Eiken Ola	

Tipologija	2.05	Drugo učno gradivo
------------	------	--------------------

## 9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>8</sup>

--

## 10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>9</sup>

### 10.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>10</sup>

SLO

Raziskovalni projekt je bil načrtovan z namenom, da se določi optimalno strategijo za adaptacijo na višinske razmere. Nad podlagi uspešno končanih poskusov smo določili, da je optimalna strategija za športnike, alpiniste, delavce in vojake protokol "spi visoko-vadi nizko". Po tem protokolu so preiskovanci v naši raziskavi spali na simulirani nadmorski višini do 2400m, in tekom dneva živeli in vadili v naravnem okolju Olimpijskega športnega centra Planica (nadmorska višina 940 m). Poskusi so tudi pokazali vpliv vadbe na delovanje dihalnih mišic med normoksično in hipoksično vadbo.

Rezultat naših poskusov je tudi ovrgel teorijo "normobaric oxygen paradox", ki pravi da je proizvodnja EPO odvisna od spremembe PO<sub>2</sub> v krvi, in ne na absolutno vrednost PO<sub>2</sub>. Na podlagi te teorije so v kliničnem okolju začeli zdraviti anemične paciente s hiperoksičnimi mešanici. Glede na to, da ima dolgotrajno vdihavanje čistega kisika tudi negativne posledice, ter da ni dokazov da pomaga pri povečanju koncentracije EPO v plazmi, smo zaključili, da je omenjena teorija sporna, uporaba v kliničnem delu pa preuranjena.

ANG

The research project was designed to determine the optimal strategy for adaptation to high altitude. On the basis of the successfully completed projects, we concluded that the optimal strategy is sleep high-train low, whereby subjects slept at an altitude of 2500 m and lived and exercised at the altitude of the Olympic Sport Centre Planica (940m). The research also demonstrated the effect of exercise on respiratory muscles during normoxic and hypoxic exercise.

On the basis of our results were able to disprove the theory of the "normobaric oxygen paradox", which suggests that EPO concentration is elevated as a result of the magnitude of change in the partial pressure of oxygen (PO<sub>2</sub>). Our results clearly demonstrate it is the absolute value of PO<sub>2</sub> that is critical to the production of EPO. On the basis of this theory, oxygen breathing has been advocated for anemic patients in clinical settings. Due to the negative effects of long-term oxygen breathing, and the demonstrated lack of its effect on EPO production, we concluded that its clinical use is premature, and unwarranted.

### 10.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>11</sup>

SLO

Ustanovili smo laboratorij za višinsko vadbo in aklimatizacijo v Olimpijskem športnem centru Planica (Center za šolske in obšolske dejavnosti, CŠOD). Center sedaj uporabljajo športniki in alpinisti za priprave. Z našim delom smo centru dodali vrednost glede ponudb uporabnikom.

ANG

WE established a laboratory for altitude training and acclimatisation in the Olympic Sport Center Planica. The center is used by athletes and alpinists during preparations for a sporting event, or a high altitude expedition.

## 11. 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	
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>

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

<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
<b>F.19 Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>		
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Uporabljen bo v naslednjih 3 letih"/>
<b>F.20 Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21 Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>		
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
<b>F.22 Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>		
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
<b>F.23 Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24 Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25 Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26 Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
--------------------	----------------------

**Komentar**

----------

**12. 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	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visokošolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
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="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	



<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
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"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

**Komentar**

Z izdelano raziskovalno infrastrukturo (opremo) izvajamo:

- pedagoško delo: temeljna hipoksična fiziologija
- raziskave o hipoksičnem treningu na področju športne in visokogorske medicine
- raziskave o hipoksični anoksiji.

**13.Pomen raziskovanja za sofinancerje<sup>12</sup>**

	Sofinancer			
1.	Naziv	b-Cat		
	Naslov	Biezenvej, Tiel, Nizozemska		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	50.000	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	100	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Glej točko 7 in 8.	A.01
		2.	Optimalna aklimatizacija na višino je protokol "spi visoko-vadi nizko"	A.04
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
	Ocena	Uspešno končan projekt.		

**14.Izjemni dosežek v letu 2012<sup>13</sup>****14.1. Izjemni znanstveni dosežek**

**14.2. 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:*

Institut "Jožef Stefan"

Igor Mekjavič

### ŽIG

Kraj in datum: 

Ljubljana	14.3.2013
-----------	-----------

### Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/197

<sup>1</sup> Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

<sup>3</sup> 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](#)

<sup>4</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

<sup>5</sup> 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](#)

<sup>6</sup> 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](#)

<sup>7</sup> 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](#)

<sup>8</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>9</sup> 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](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>12</sup> 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](#)

<sup>13</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (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 priponko/-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/2013 v1.00

BA-94-A8-43-33-EC-40-8E-DD-2F-BA-50-A2-87-BA-B4-50-B1-72-DA