

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROJ_ZP_2008/127

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-9370
Naslov projekta	Računalniško modeliranje celičnih struktur pod vplivom večosnih udarnih obremenitev
Vodja projekta	23463 Matej Vesenjak
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3.400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	01.2007 - 12.2008
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Družbeno-ekonomski cilj	11 Neusmerjene raziskave (temeljne)

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	
	Naslov	
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Raziskovali projekt je temeljil na eksperimentalnem in računalniškem testiranju novih celičnih materialov za določitev in vrednotenje vpliva različnih parametrov na makroskopsko obnašanje celičnih struktur, z upoštevanjem polnil v porah pod vplivom enosnih in večosnih udarnih obremenitev. V okviru projekta so bili upoštevani naslednji dejavniki: (i) vrsta osnovnega (celičnega gradiva), (ii) relativna gostota, (iii) deformacijska hitrost, (iv) prisotnost polnila, (v) velikost celične strukture in (vi) različne geometrije celic z določeno stopnjo nehomogenosti. Obnašanje in sposobnost absorpcije deformacijske energije celičnih gradiv, izdelanih iz

aluminijeve zlitine, jekla, železa in polimera, je bilo določeno eksperimentalno, z upoštevanjem različnih deformacijskih hitrosti. Da bi povečali sposobnost absorpcije udarne energije celičnih gradiv, je bilo uporabljeno viskozno polnilo. V dvoletnem projektu je bilo izvedeno veliko število tlačnih preizkusov pri različnih deformacijskih hitrostih obremenjevanja na servo-hidravličnem preizkusnem stroju na Fakulteti za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo v Splitu, Hrvaška. Rezultati eksperimentalnih meritev so bili uporabljeni za vrednotenje in validacijo računalniških modelov celičnih struktur, prav tako z upoštevanjem viskoznih polnil por, kjer je bilo potrebno določiti močno vezano interakcijo med osnovnim gradivom in polnilom por. Rezultati mehanskih eksperimentov celičnih struktur z vzdolžnimi porami (angl. lotus-type porous structure) in struktur kovinskih votlih kroglic (angl. metallic hollow sphere structure) so bili pridobljeni na podlagi mednarodnega sodelovanja z Univerzo v Osaki na Japonskem, Univerzo v Aveiru na Portugalskem in Univerzo v Maleziji. Lastnosti osnovnega (celičnega) gradiva in parametri deformacijske hitrosti pa so bili določeni z eksperimentalnimi meritvami preizkušancev pod vplivom kvazi-statičnih in dinamičnih enoosnih obremenitvenih pogojev na Fakulteti za strojništvo v Mariboru in Fakulteti za elektrotehniko, strojništvo in ladjedelništvo v Splitu.

Natančno modeliranje celične strukture navadno ni možno zaradi omejenih računalniških zmogljivosti, zato je urejena in neurejena razporeditev celic celičnega gradiva v projektu ustrezala določeni stopnji homogenosti, kar je pripomoglo k lažji izdelavi matematičnega opisa in hkrati omogočalo ponovljivo izdelavo konstrukcije za eksperiment. Odziv celičnih gradiv in njihova karakterizacija je opisana in izvedena na podlagi "enotskega volumnskega elementa" (angl. representative volume element). Osnovno numerično izhodišče za računalniške simulacije je predstavljala nelinearna metoda končnih elementov, v kombinaciji z modernejšo brez mrežno metodo hidrodinamike diskretnih delcev (Smoothed particle hydrodynamics – SPH). Ustreznost in natančnost simulacijskih modelov je bila potrjena z: (i) izvedbo parametričnih analiz, (ii) uporabo različnih inženirskih programskih paketov in (iii) vrednotenjem in primerjavo eksperimentalnih rezultatov. Zaradi začetnega tlaka v porah zaprtih celičnih gradiv je bila prav tako upoštevana prednapetost celotne strukture. Posebna pozornost je bila posvečena tudi opisu začetnih in robnih pogojev, kjer so bile uporabljene določene poenostavitve zaradi omejitev računalniških zmogljivosti. Določeni računalniški modeli dodatno upoštevajo kriterij porušitve za natančnejši in realnejši opis porušitve medceličnih sten, kar pa vpliva na celotno spremembo robnih pogojev. Računalniške simulacije so bile analizirane na visoko zmogljivih računalnikih: i) gruča s 30 enotami na Fakulteti za strojništvo v Mariboru, ii) gruča z 120 enotami na Univerzi v Karlsruhe, Nemčija in iii) gruča s 400 enotami na enem izmed šestih največjih izobraževalnih računskih centrov v Evropi (HLRS) v Stuttgartu, Nemčija.

Računalniško modeliranje različnih celičnih struktur (kovinske pene, celične strukture z vzdolžnimi porami, strukture kovinskih votlih kroglic, kovinske pene z napredno morfologijo) je temeljilo na predhodno izvedenem računalniškem testiranju, kjer je opisan odziv celičnih gradiv ob upoštevanju vpliva različnih parametrov pod vplivom enoosnih udarnih obremenitev. Razviti so bili modeli za izvedbo elasto-plastičnih parametričnih analiz, najnovejših poroznih gradiv z vzdolžnimi porami, ki zagotavljajo izjemno homogene strukture. Modeli so prav tako upoštevali vpliv plina, ki se nahaja v porah zaradi izdelovalnih postopkov, na makroskopski odziv strukture. Določeni in razviti so bili računalniški modeli zaprtih celičnih struktur – strukture votlih kovinskih kroglic, ki omogočajo karakterizacijo in analizo tovrstnih struktur z različnimi topologijami, kjer je bil analiziran vpliv postavitve in razporejenost celic. Omenjeni modeli tudi omogočajo simulacijo vpliva plinskega polnila in absorpcijo udarne energije. Analizirane so bile urejene odprte celične strukture pod vplivom enoosnih dinamičnih obremenitev, kjer je bila določena močno vezana interakcija med osnovnim celičnim gradivom in polnilom celic. Izdelani so bili računalniški modeli, s katerimi je bilo možno analizirati celične strukture različnih dimenzij. V izvedenem projektu je bilo modeliranje in analiziranje nadgrajeno na višji nivo ob upoštevanju večosnih obremenitvenih pogojev in določitvi natančne površine tečenja ter utrjevanja za različne vrste osnovnih gradiv z in brez polnil. Natančneje so bili analizirani tudi kriteriji porušitve. V okviru raziskovalnega projekta je bila analizirana tudi oblika in topologija neurejenih celic s pomočjo slik pridobljenih z računalniško tomografijo (CT). Te slike so bile obdelane in rekonstruirane v virtualnem okolju s pomočjo slikovne prepoznavne slikovnih podatkovnih sklopov. Razviti računalniški modeli omogočajo način za reševanje dinamičnih, vezanih problemov interakcije med strukturo (osnovnim celičnim gradivom) in tekočino (polnilom), pri zelo velikih deformacijah. Računalniški

rezultati prav tako opisujejo analizo parametrov vpliva relativne gostote, deformacijske hitrosti in možne uporabe polnila na odziv celične strukture ter njeno sposobnost absorpcije deformacijske energije. Raziskave, ki so bile osredotočene na določitev vpliva dinamičnega obremenjevanja novih celičnih gradiv, so potrdile, da pri dinamičnih obremenitvah in velikih deformacijah opazimo večjo odvisnost v meji tečenja kot pri dosedanjih modelih pri kvazi-statičnih obremenitvah. Posledično je bil analiziran tudi vpliv deformacijske hitrosti, ki omogoča vpogled v odvisnost spreminjanja makroskopskih lastnosti celičnih gradiv ob upoštevanju polnila.

Odzivi celičnih struktur, določeni z natančnim računalniškim modelom, predstavljajo začetne parametre in pogoje za razvoj homogeniziranih modelov celične strukture pri enoosnih in večosnih obremenitvah, za splošno uporabo v komercialnih inženirskih programskih paketih. Homogenizacija je temeljila na zamenjavi enotskega volumnskega elementa z enim samim prostorninskim končnim elementom z le eno integracijsko točko in določitvijo homogeniziranega konstitutivnega modela, pridobljenega z natančnimi parametričnimi simulacijami. Razvoj homogeniziranih modelov je potekal v sodelovanju z Univerzo v Hannoveru v Nemčiji. Prednost teh modelov pa je preprostejša, hitrejša in učinkovitejša izvedba računalniških simulacij celičnih gradiv v splošni inženirski praksi.

Del raziskav je bil v okviru različnih mednarodnih štipendij (HPC Europe, JSPS, Leonardo da Vinci) in bilateralnih projektov znanstvenega in tehnološkega sodelovanja izveden na naslednjih univerzah: Univerza v Osaki, Japonska (6 tednov), Univerza v Karlsruhe in Univerza v Stuttgartu, Nemčija (16 tednov), Univerza v Splitu, Hrvaška (1 mesec), Univerza v Aveiru, Portugalska (1 teden) in Univerza v Hannoveru, Nemčija (1 teden). H kakovosti projekta pa je prispevalo tudi sodelovanje z naslednjimi ustanovami, inštituti in podjetji doma ter v tujini: Fraunhoferjev Inštitut v Nemčiji, M-pore v Nemčiji, Univerza Salford v Veliki Britaniji, Univerza Kettering v ZDA in Univerzitetni klinični center Maribor. Na podlagi izvedenega projekta in izvrstnega znanstveno-raziskovalnega sodelovanja s številnimi institucijami in podjetji so odprte številne možnosti za nadaljevanje razvoja na področju celičnih struktur in partnerstva vzajemne koristi tudi v prihodnosti v skupnih evropskih projektih.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V okviru projekta so bili realizirani vsi zastavljeni cilji. Z vzpostavitvijo novega sodelovanja z raziskovalnimi ustanovami in podjetji doma ter v tujini je bilo dodatno možno analizirati še različne vrste celičnih struktur (neurejene kovinske pene, celične strukture z vzdolžnimi porami, strukture kovinskih votlih kroglic, kovinske pene z napredno morfologijo) in izvesti natančno analizo ter virtualno rekonstrukcijo neurejenih celičnih struktur.

Dosežen je bil temeljni cilj projekta, ki predstavlja nadgradnjo obstoječih računalniških modelov celičnih gradiv s poudarkom na upoštevanju vpliva dinamične obremenitve, različnih vrst celičnih struktur ter polnila na njihov mehanski in termični odziv za uporabo v splošni inženirski praksi. Numerični modeli, ki so upoštevali močno vezan vpliv osnovnega gradiva celične strukture in polnila v celicah pri udarnih dinamičnih obremenitvah, so bili razviti v sodelovanju z mednarodno priznanimi tujimi univerzami in ovrednoteni z eksperimentalnim programom.

Rezultati projekta zajemajo tudi razvoj in karakterizacijo novih naprednih celičnih struktur. Na podlagi eksperimentalnih meritev, v sodelovanju z univerzami v tujini, so bili razviti novi simulacijski modeli. Le-ti so ob uporabi parametričnih računalniških simulacij omogočili določitev najprimernejših geometrijskih in materialnih parametrov celičnih gradiv z viskoznimi polnili, z namenom prirediti in izboljšati njihovo togost ter sposobnost absorpcije deformacijske energije pri različnih deformacijskih hitrostih glede na zahteve posamezne aplikacije. Razviti natančni in homogenizirani modeli zagotavljajo preprostejšo, natančnejšo in predvsem realnejšo uporabo simulacijskih modelov različnih celičnih gradiv pod vplivom enoosnih in večosnih udarnih obremenitev.

K izvedbi zastavljenega programa raziskovalnega projekta so prispevali tudi številni bilateralni projekti znanstvenega in tehnološkega sodelovanja, ki so omogočili natančnejšo, naprednejšo in bolj izpopolnjeno analizo in razvoj novih računalniških modelov ter karakterizacijo celičnih gradiv. Aktualnost, uspešnost in odmevnost izvedenega programa in omenjenih raziskav dokazuje

skupno 46 bibliografskih enot.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

/

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Odziv popolnoma in delno vezanih struktur votlih kovinskih krogel pri dinamičnih obremenitvah
		<i>ANG</i> Behaviour of syntactic and partial hollow sphere structures under dynamic loading
	Opis	<i>SLO</i> Članek opisuje raziskavo makroskopskega odziva posebne vrste celičnih struktur – strukture kovinskih votlih kroglic (angl. metallic hollow sphere structure), ki so delno in popolnoma adhezivno povezane z umetno maso. Vplivi morfologije in topologije strukture ter debeline sten por so bili ovrednoteni s parametričnimi dinamičnimi simulacijami. Natančno je bil analiziran tudi potek deformacije in sposobnost absorpcije deformacijske energije pri delno in popolnoma povezanih strukturah.
		<i>ANG</i> The paper investigates the macroscopic behaviour of adhesively bonded metallic hollow sphere structures (MHSS) fully and partially embedded within an adhesive matrix. The influence of MHSS morphology and topology, sphere wall thickness and strain rate was evaluated with dynamic parametric simulations. The deformation mechanism and capability of strain energy absorption of fully and partially embedded spheres has been analyzed in detail.
	Objavljeno v VESENJAK, Matej, FIEDLER, Thomas, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas. Behaviour of syntactic and partial hollow sphere structures under dynamic loading. Adv. eng. mater. (Print), 2008, vol. 10, no. 3, str. 185-191. http://dx.doi.org/10.1002/adem.200700325 , doi: 10.1002/adem.200700325.	
	Tipologija 1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID 12151574	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Karakterizacija odprtih celičnih gradiv s polnili
		<i>ANG</i> Characterization of open-cell cellular material structures with pore fillers
	Opis	<i>SLO</i> V raziskavi so bila obravnavana nova napredna celična gradiva z namenom povečati sposobnost absorpcije deformacijske energije. Rezultati izvedene študije dokazujejo, da uporaba viskoznih polnil v odprtih celičnih strukturah poveča sposobnost absorpcije deformacijske energije. Dodatno je bilo ugotovljeno, da velikost celične strukture bistveno vpliva na globalni odziv in da ima polnilo večji vpliv na celično strukturo z višjo relativno gostoto (manjšimi porami).
		<i>ANG</i> In this research new advanced cellular materials have been evaluated in order to increase the capability of energy which is absorbed during the deformation process. The results of the performed study shows that introduction of viscous fillers in open-cellular structures indeed increases the capability of deformational energy absorption. Additionally, it was determined that the size of the cellular material dramatically influences its response and that the filler influences the behaviour of a cellular structure with a higher relative density more than the one with a lower relative density.
	Objavljeno v VESENJAK, Matej, ÖCHSNER, Andreas, REN, Zoran. Characterization of open-cell cellular material structures with pore fillers. Mater. lett.. [Print ed.], 30. Jun. 2008, vol. 62, iss. 17/18, str. 3250-3253. http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2008.02.054 , doi: 10.1016/j.matlet.2008.02.054.	
	Tipologija 1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID 12407318	

3.	Naslov	SLO	Eksperimentalna študija odprto-celičnih struktur z elastičnim polnilom
		ANG	Experimental study of open-cell cellular structures with elastic filler material
	Opis	SLO	Odziv duktilnih (aluminijeva zlitina) in krhkih (polimer) celičnih struktur z urejeno topologijo z in brez polnila (silikon) je bil eksperimentalno ovrednoten pri kvazi-statičnih in dinamičnih tlačnih obremenitvah. Eksperimenti so pokazali, da polnilo por povečuje sposobnost absorpcije energije in dodatno izboljša ter stabilizira odziv krhkih celičnih struktur.
		ANG	The behaviour of ductile (aluminium alloy) and brittle (polymer) cellular structures with regular topology with and without the pore filler (silicon rubber) under quasi-static and dynamic compressive loading conditions has been experimentally studied and evaluated. It was observed that the pore filler material increases the capability of energy absorption and furthermore improves and stabilises the response of a brittle cellular structures.
	Objavljeno v		VESENJAK, Matej, KRSTULOVIC-OPARA, Lovre, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas, DOMAZET, Željko. Experimental study of open-cell cellular structures with elastic filler material. Exp. mech., Published online: 7 October 2008. http://dx.doi.org/10.1007/s11340-008-9183-8 , doi: 10.1007/s11340-008-9183-8.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12945686	
4.	Naslov	SLO	Odziv celičnih gradiv pri udarnih obremenitvah
		ANG	Behaviour of cellular materials under impact loading
	Opis	SLO	Članek opisuje računalniške modela za simulacijo odziva urejenih odprtih in zaprtih celičnih struktur pri tlačnih udarnih obremenitvah. Odziv zaprtih celičnih struktur je bil ovrednoten z uporabo enotskega volumskega elementa, kjer je bil analiziran vpliv plinskega polnila v pori. Pri analizi odprte celične strukture je bila določena močno vezana povezava med trdnino in tekočino z uporabo brez mrežne metode delcev (SPH). S pomočjo računalniških simulacij je bilo možno ovrednotiti vpliv osnovnega gradiva, deformacijske hitrosti in relativne gostote na makroskopski odziv celične strukture.
		ANG	The paper describes computational models for simulating the response of regular cellular structures under compressive impact loading. The behaviour of closed-cell cellular structures has been evaluated with the representative volume element accounting for pore pressure. The open- cell cellular structure has been analyzed considering a fully coupled interaction and using the smoothed particle hydrodynamics method. With computational simulations the influence of the base material, strain rate and relative density on the macroscopic behaviour of cellular structures has been evaluated.
	Objavljeno v		VESENJAK, Matej, REN, Zoran, ÖCHSNER, Andreas. Behaviour of cellular materials under impact loading. Mater.wiss. Werkst.tech., Feb. 2008, vol. 39, iss. 2, str. 125-132. http://dx.doi.org/10.1002/mawe.200700258 .
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12097302	
5.	Naslov	SLO	Uporaba metode hidrodinamike diskretnih delcev v inženirskih problemih
		ANG	Application of smoothed particle hydrodynamics method in engineering problems
	Opis	SLO	V poglavju je predstavljena brez mrežna metoda hidrodinamike diskretnih delcev (SPH) in njena uporabnost v eksplicitnem programskem paketu LS-YDNA. Predstavljena sta tudi dva praktična primera uporabe SPH metode. V obeh primerih se je SPH metoda izkazala kot učinkovito in zanesljivo računsko orodje.
		ANG	In this chapter the meshless Smoothed Particle Hydrodynamics method (SPH) is introduced and its implementation in the explicit code LS-DYNA is discussed. Then the application of the SPH method is presented with two practical examples. In both examples the SPH method proved to be an effective and reliable tool.
			VESENJAK, Matej, REN, Zoran. Application of smoothed particle hydrodynamics method in engineering problems. V: FERREIRA, António (ur.), KANSA, Edward J. (ur.), FASSHAUER, Gregory E. (ur.), LEITÃO, V. M. A.

Objavljeno v	(ur.). Progress on meshless methods, (Computational methods in applied sciences, vol. 11). [Dordrecht]: Springer, cop. 2009, str. 273-289.
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID	12930326

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Računalniško modeliranje zaprtih in odprtih celičnih struktur s polnili
		ANG	Computational modelling of closed- and open-cell cellular structures with fillers
	Opis	SLO	Raziskava je osredotočena na računalniško modeliranje zaprtih in odprtih celičnih struktur izpostavljenih udarnim obremenitvenim pogojem. Osnovni cilj računalniškega modeliranja je določitev in ovrednotenje vplivov različnih parametrov na odziv celične strukture. Računalniške simulacije dokazujejo, da povečanje relativne gostote in deformacijske hitrosti vpliva na povečanje makroskopske togosti celične strukture.
		ANG	The research focuses on computational modelling of closed- and open-cell cellular structures subjected to impact loading conditions. The prime aim of computational modelling is to determine and evaluate the influence of different parameters on macroscopic behaviour of cellular structures subjected to impact loading. Computational simulations prove that the increase of relative density and strain rate results in increase of the cellular structure stiffness.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, ÖCHSNER, Andreas, REN, Zoran. Computational modelling of closed- and open-cell cellular structures with fillers. V: ZHAO, Han (ur.), FLECK, Norman A. (ur.). IUTAM Symposium on Mechanical Properties of Cellular Materials, held September 17-20, 2007, LMT-Cachan, Cachan, France.: proceedings of the IUTAM Symposium on Mechanical Properties of Cellular Materials, LMT-Cachan, Cachan, France, (IUTAM book series, 12). Dordrecht; London: Springer, 2009, str. 197-206.	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
		COBISS.SI-ID	12991254
2.	Naslov	SLO	Celične strukture pri udarnih obremenitvenih pogojih
		ANG	Cellular structures under dynamic loading condition
	Opis	SLO	In this study the influence of different parameters on behaviour of open- and closed-cell cellular structures under impact loading was investigated by means of computational simulations using the explicit finite element code LS-DYNA. Computational simulations show that the base material has the highest influence on behaviour of cellular structures under impact conditions.
		ANG	Predstavljena je bila raziskava vpliva različnih parametrov na odziv odprtih in zaprtih celičnih struktur pri udarnih obremenitvah. V ta namen so bile uporabljene računalniške simulacije z eksplicitnim programskim paketom LS-DYNA. Računalniške simulacije so pokazala izjemen vpliv osnovnega gradiva na odziv celične strukture pri udarnih obremenitvah.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej. Cellular structures under dynamic loading condition : lecture presented at the Institut für Mechanik, Universität Karlsruhe, on May 10th 2007. Karlsruhe, 2007.	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
		COBISS.SI-ID	11301910
3.	Naslov	SLO	Celična gradiva: lastnosti, uporaba in modeliranje
		ANG	Cellular materials: properties, application and modelling
			Sprva so bile predstavljene mehanske lastnosti celičnih gradiv, njihove prednosti in slabosti. Nato je bila obravnavana možnost njihove uporabe. V

	Opis	SLO	zgoščeni obliki je bilo predstavljeno dvo- in tridimenzionalno modeliranje urejenih in neurejenih celičnih struktur ter računalniške simulacije z nekaj praktičnimi primeri.
		ANG	First the mechanical properties of cellular materials, their advantages and disadvantages, were presented. Then, their application possibilities were discussed. Briefly the modelling of two-dimensional and three-dimensional cellular materials with regular and irregular topology was presented, following by the dynamic computational simulations and particular examples.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej. Cellular materials: properties, application and modelling : invited presentation on June 6, 2008 at the Institute of Continuum Mechanics of the Leibniz Universität Hannover. Hannover, 2008.	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
	COBISS.SI-ID	12467478	
4.	Naslov	SLO	Simulacije in modeliranje: računalniške simulacije aluminijastih celičnih struktur
		ANG	Simulation and modelling: computational simulations of aluminium cellular structures
	Opis	SLO	Namen raziskave je bila karakterizacija večjih vzorcev odprtih celičnih gradiv s polnili z naprednimi računalniškimi simulacijami. V ta namen je bil uporabljen računalniški paket LS-DYNA. Razviti računalniški modeli so bili ovrednoteni s pomočjo eksperimentalnih preizkusov.
		ANG	The purpose of this research was the characterisation of large scale regular open-cell cellular materials with pore fillers by means of advanced computational simulations. For this purpose the explicit dynamic code LS-DYNA was used. The developed computational models were evaluated and validated according to the experimental testing programme.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, REN, Zoran, SCHWEIZERHOF, Karl. Simulation and modelling: computational simulations of aluminium cellular structures. V: HIRSCH, Jürgen (ur.), SKROTZKI, Birgit (ur.), GOTTSTEIN, Günter (ur.). 11th International Conference on Aluminium Alloys, 22-26 Sept. 2008, Aachen, Germany. Aluminium alloys : their physical and mechanical properties. 1. Aufl. Weinheim: Wiley; [S. l.] : Deutsche Gesellschaft für Materialkunde : = DGM, 2008, vol. 2, str. 1394-1399.	
5.	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID	12651286	
	Naslov	SLO	Eksperimentalno testiranje in računalniško modeliranje celičnih struktur
		ANG	Experimental testing and computational modelling of cellular structures
	Opis	SLO	V sodelovanju s tujimi univerzami (Univerza v Splitu, Hrvaška; Univerza v Osaki, Japonska; Univerza Karlsruhe, Nemčija) je obravnavana je eksperimentalna karakterizacija in računalniško modeliranje različnih vrst celičnih struktur v okviru parametričnih analiz.
		ANG	In cooperation with foreign universities (University of Split, Croatia; University of Osaka, Japan; University of Karlsruhe, Germany) experimental characterization and computational modelling of different types of cellular structure based on parametric analyses has been evaluated.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
	Objavljeno v	VESENJAK, Matej, KRSTULOVIĆ-OPARA, Lovre, REN, Zoran, BOROVINŠEK, Matej, DOMAZET, Željko, ALUJEVIĆ, Neven. Modeliranje in razvoj materialov z odprto celično strukturo VESENJAK, Matej, NAKAJIMA, Hideo. Computational modeling of Lotus-Type porous metals accounting for pore filler under impact conditions VESENJAK, Matej, SCHWEIZERHOF, Karl. Computational modelling of open-cell cellular structure : European research infrastructure on high performance computing	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
	COBISS.SI-ID	11528726	

8. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁷

8.1. Pomen za razvoj znanosti⁸

SLO

Dvoletni podoktorski temeljni raziskovalni projekt je povezoval tri glavna področja: (i) konstruiranje, (ii) računalniško modeliranje in (iii) karakterizacijo celičnih gradiv s pomočjo analitičnih modelov, eksperimentalnih meritev in numeričnih simulacij. Znanstveno-raziskovalni rezultati projekta so naslednji:

- karakterizacija in razvoj naprednih zaprtih in odprtih celičnih gradiv;
- kvazi-statično in dinamično eksperimentalno testiranje odprtih celičnih struktur;
- vrednotenje računalniških modelov močno vezane interakcije med osnovnim celičnim gradivom in polnilom pri različnih deformacijskih hitrostih;
- razvoj numeričnih modelov urejenih in neurejenih zaprtih celičnih struktur s plinskimi polnili, izpostavljeni dinamičnim enosnim in večosnim obremenitvi;
- razvoj modelov za izvedbo elasto-plastičnih parametričnih analiz poroznih gradiv z vzdolžnimi porami, ki zagotavljajo izjemno homogene strukture;
- parametrična računalniška analiza zaprtih celičnih struktur – strukture votlih kovinskih kroglic ;
- razvoj novih računalniških modelov za simuliranje urejenih odprtih celičnih struktur s polnilom in upoštevanjem porušitvenega kriterija pri udarnih obremenitvah;
- določitev vpliva prisotnosti polnila in vrste polnila na makroskopski odziv celičnih struktur ter njihovo sposobnost absorpcije udarne energije;
- analiziranje neurejenih naprednih celičnih struktur s pomočjo računalniške tomografije (CT);
- razvoj novih homogeniziranih računalniških modelov celičnih struktur, ki upoštevajo močno vezano interakcijo med osnovnim celičnim gradivom in polnilom pri različnih deformacijskih hitrostih.

Rezultati projekta predstavljajo napredek znanosti na področju razvoja novih materialov z zaprtimi in odprtimi celičnimi strukturami ter računalniškega modeliranja celičnih gradiv. Odmevnost rezultatov dokazuje skupno 46 bibliografskih enot. Rezultati so objavljeni v priznanih mednarodnih znanstvenih revijah (11 izvirnih znanstvenih člankov) in predstavljeni na vabljenem predavanju znanstvene konference v tujini ter 16 drugih znanstvenih in strokovnih konferencah. Izsledki izvedenega projekta so bili natisnjeni tudi v dveh poglavjih monografske publikacije in predstavljeni na šestih vabljenih predavanjih na tujih univerzah.

ANG

The two-year postdoctoral research project has combined three main fields: (design), (ii) computational modelling and (ii) characterization of cellular materials with analytical models, experimental measurements and numerical simulations. Scientific results of the research project are the following:

- characterization and development of advanced closed- and open-cell cellular materials;
- quasi-static and dynamic experimental testing of open-cell cellular materials;
- experimental testing of cellular materials with viscous fillers under dynamic loading;
- evaluation of computational models accounting for fully coupled interaction between the cellular base material and filler at different strain rates;
- development of new numerical models of regular and irregular closed-cell cellular structures with fillers subjected to dynamic uni- and multiaxial loading;
- evaluation of models for determination of elastic-plastic properties of lotus-type porous structures with longitudinal pores, which assure a high level of structural homogeneity;
- parametrical analysis of metallic hollow sphere structures;
- development of new computational models for simulating the regular open-cell cellular structure with fillers and considering the failure criteria at impact loading;
- determination of the filler presence and filler type influence on the macroscopic behavior of cellular structures and their capability of impact energy absorption;
- analysis of irregular advanced cellular structures with computer tomography (CT);
- development of new homogenized computational models of cellular structures that account for fully coupled interaction between the cellular base material and the filler at different strain rates.

The results of the project contribute to progress of science in the field of development of the new materials with open- and closed-cell cellular structures and computational modelling of cellular structure materials. Significance of the results has already been proven with 46 bibliographic units. Results of the project have been published in high-ranking reviewed international scientific journals (11 original scientific articles), presented as invited lecture on a

scientific conference and as 16 contributions on other scientific and professional conferences. Furthermore, they have been published as two chapters in separate monographs and presented on six invited lectures on foreign universities.

8.2. Pomen za razvoj Slovenije⁹

SLO

Rezultati izvedenega projekta omogočajo neposreden in posreden vpliv na razvoj Republike Slovenije. K neposrednemu vplivu se uvršča novo znanje in odkritja na področju naprednih celičnih materialov in njihovih simulacijskih modelov, ki so trenutno cilj obsežnih raziskav po Evropi in širše po svetu. Razviti modeli omogočajo natančnejšo karakterizacijo in zagotavljajo zanesljivejše rezultate opisa odziva celičnih gradiv pod vplivom dinamičnih mehanskih in termičnih obremenitev ob upoštevanju velikega števila dodatnih parametrov (geometrijskih, materialnih, začetnih in robnih pogojev). Zaradi optimizacije računalniških modelov celičnih struktur le-te zahtevajo manj časa za pripravo numeričnih simulacijskih modelov, zagotavljajo natančnejše in zanesljivejše rezultate in krajše računske čase, kar bo spodbudilo njihovo uporabo v splošnem inženirstvu in zagotovilo širše uporabno območje. Rezultati in izsledki naprednih in novih celičnih gradiv, ki imajo zelo širok spekter uporabe v inženirstvu in drugih panogah, pa bo omogočilo učinkovitejšo uporabo omenjenih gradiv (npr. kot elementi za absorpcijo udarne energije, ki zagotavljajo višjo stopnjo pasivne varnosti v našem vsakdanjem življenju).

K posrednim vplivom na razvoj Republike Slovenije sodijo tesne povezave s številnimi institucijami in podjetji doma, v Evropi ter širše po svetu, ki so bile vzpostavljene v okviru tega raziskovalnega projekta. Omenjena sodelovanja ne predstavljajo le kratkoročnega vpliva, ampak zagotavljajo dobro osnovo in omogočajo partnerstvo tudi v prihodnjem znanstveno-raziskovalnem delu, nacionalnih in meddržavnih projektih, ki bodo prav tako doprinesli k razvoju Republike Slovenije.

ANG

Results of this research project assure direct and indirect impacts on the development of Republic of Slovenia. New knowledge and developments in the field of advanced cellular materials and their computational models, which are currently target of many researches in Europe and worldwide, contribute to direct impacts. The developed models assure more accurate characterization and provide more reliable results in describing behaviour of cellular structures under dynamic mechanical or thermal loading, additionally considering a high number of additional parameters (geometrical, material, initial and boundary conditions). Due to optimisation of cellular structure computational models, there is less pre-processing time of simulation models required. They provide higher accuracy and reliability of results and lower computational effort (short computational time) which makes them very attractive for use in general engineering and assures a wide range of possible application. Results of advanced cellular materials which have a high application spectrum in engineering and other fields will allow for more efficient use of such structures (e.g. elements for impact energy absorption, assure higher passive safety in our everyday life).

Partnerships with many institutions and companies in Slovenia, Europe and worldwide that have been established in the framework of this project will contribute to indirect impacts on development of Republic of Slovenia. These cooperations do not represent only a short term impact but assure a good foundation and promise partnership also in future scientific research work, national and international projects, which will contribute to the progress of Republic of Slovenia.

9. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem 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	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	

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

	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

10. Samo za aplikativne projekte!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					

G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
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	☐	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	☐	☐	☐	☐	

G.09.	Drugo:		☐	☐	☐	☐	
--------------	---------------	--	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	--

Komentar

--

11. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹⁰

1.	Sofinancer			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
Ocena				
2.	Sofinancer			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			
Ocena				
3.	Sofinancer			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:			EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:			%

Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			

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, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

Matej Vesenjaj	in/ali	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

14.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROJ_ZP_2008/127

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta

povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁷ 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](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹⁰ Rubrike izpolnite/prepišite 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](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROJ-ZP/2008 v1.00