

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/10



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0137
Naslov programa	Numerična in eksperimentalna analiza nelinearnih mehanskih sistemov
Vodja programa	10470 Nenad Gubeljak
Obseg raziskovalnih ur	10712
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.05 Mehanika
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

Raziskovalni program se je pričel v letu 2009 pod vodstvom Dr. Maksa Oblaka, ki je s januarjem 2010 odšel v pokoj. Vodenje programa je v letu 2010 prevzel Dr. Rudi Pušenjak (št. 0738), ki je tudi s 1. januarjem 2011 odšel v pokoj. Glede na dejstvo, da osrednji program dela sloni na področju uporabnosti parametrov mehanike loma in na prenosljivosti teh na obnašanje konstrukcije je vodenje programa prevzel dr. Nenad Gubeljak (10470), ki je programsko skupino preuredil glede na zastavljene cilje. Raziskovalno delo je temeljilo na teretičnih raziskavah, numeričnih simulacijah in eksperimentalnih meritvah lomnega obnašanja. Na območju optimiranja je razvit postopek za optimizacijo elastičnih lupin z upoštevanjem

stabilnostnih omejitvenih pogojev. Za zmanjšanje kompleksnosti, povezanih z uklonsko stabilnostjo konstrukcije, je predlagana posebna oblika optimizacijske naloge. Zaradi te posebne oblike lahko analizo odziva opravimo z navadnim inkrementalnim postopkom in rešitvijo problema lastnih vrednosti v vsaki ravnovesni točki. Takšna analiza zadošča za izračun ocenjenih vrednosti namenskih in omejitvenih funkcij ter njihovih odvodov po projektnih spremenljivkah. Postopek predvideva prisotnost le mejnih kritičnih točk, saj je obravnava bifurkacijskih kritičnih točk mnogo težavnejša. Bifurkacijskim točkam se izognemo z vpeljavo ustreznih parametrov, ki povzročijo asimetrično imperfektnost oblike konstrukcije. Izkazalo se je, da lahko 'najneugodnejše' vrednosti teh parametrov na enostaven način določimo med optimizacijskim postopkom. Nadaljnji razvoj optimizacije je potekal na optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Novost je uporaba projektnega elementa skupaj z nivojsko funkcijo. Rezultati raziskave, so bili ilustrirani z numeričnimi zgledi. Na področju lomnega obnašanja smo v okviru programa na teoretičnih osnovah in numeričnem modeliranju analizirali rast razpoke v heterogenem elastičnem materialu, kjer je gonilna sila razvoja razpoke močno odvisna od porazdelitve lokalne togosti v bližini vrha razpoke. V materialih s periodičnim prostorskim spreminjanjem modula elastičnosti, se lahko pojavijo mehanizmi zaviranja in pospeševanja rasti razpoke, saj se lokalna gonilna sila razvoja razpoke zmanjša ali poveča v primerjavi s gonilno silo v homogenem materialu. Dokazano je, da s smotno zasnovo mehanskega sistema iz heterogenih materialov in ob poznavanju mejnega lomnega obnašanja prispevamo k močnemu izboljšanju trdnostni nosilnosti materiala. Koncept konfiguracijskih sil (CCF) nam daje možnost izračuna lokalne gonilne sile razvoja razpoke.

ANG

Research program began in year 2009 by leading of Dr. Maks Oblak. Since Dr. Oblak had been retired from January 2010, the management of program was lead by Dr. Rudi Pušenjak, which was also retired since January 2011. Dr. Nenad GUBELJAK took management of program since January 2011, because the central program work based on field of fracture mechanics parameters and transferability of these on the behavior of structure. He rearranged the research group according to the task given in proposal. Research work was based on theoretical research, numerical simulations and experimental measurement of loading and fracture behavior of structural components. In the field of optimization, the procedure for the optimization of elastic shells has been developed. It takes in account the optimization of proportionally loaded elastic shell structures under various constraints, including stability. To reduce the stability-related problems, a special technique is utilized, by which the response analysis is always terminated before the first critical point is reached. In that way, the optimization is always related to a pre-critical structural state. The necessary load-carrying capability of the optimal structure is assured by extending the usual formulation of the optimization problem by a constraint on an estimated critical load factor. Since limit points are easier to handle, the possible presence of bifurcation points is avoided by introducing imperfection parameters. They are related to an asymmetric shape perturbation of the structure. During the optimization, the imperfection parameters are updated to get automatically the 'worst-case' pattern and amplitude of the imperfection. Both, the imperfection parameters and the design variables are related to the structural shape via the design element technique. Further development was aimed to topology optimization of continuous structures by using a level set function and a design element. The novelties of this approach are design element usage in order to parameterize the level set function and a general formulation of the optimization problem, which is independent of the considered problem. The results of our investigations have been illustrated with numerical examples for different structural components. In field of fracture mechanics theoretical, numerical and experimental testing have been performed on analysis of crack growth in heterogeneous elastic material. The crack driving forces are heavily dependent on the distribution of local stiffness near the crack tip. In materials with periodic spatial variations of the Young's modulus, shielding and anti-shielding effects appear, i.e. the crack driving force is reduced or enhanced, compared to a homogeneous material. It has been proved that this effect has a great practical relevance, since it may lead to a strong increase of the fracture resistance. The concept of configurational forces (CCF) offers an

established procedure for calculating the crack driving force.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

V okviru PS so potekale fundamentalne raziskave na raziskovalni hipotezi, da je ob smotni zasnovi mehanskega sistema z večplastnimi materiali in ob poznavanju mejnega lomnomehanskega obnašanja in dinamičnega mehanskega odziva konstrukcije možno doseči višjo odpornost proti porušitvi ob zmanjšanju teže in dimenzij konstrukcijske komponente. Raziskave so potekale vzporedno na več področjih in sicer:

- na področju dinamičnega odziva vzbujevalnega sistema,
- na področju optimizacije geometrije konstrukcije, ki je podprta z razvojem računalniških algoritmov,
- na področju statične in dinamične karakterizacije mehanskih in lomnomehanskih lastnosti materialov in konstrukcijskih komponent, kakor tudi na uporabi novih materialov z absorpcijo vibracij in za spajanje plasti
- na področju numeričnega modeliranja in razvoja koncepta konfiguracijskih sil za opis lomnega obnašanja,
- na področju razvoja in aplikacije senzorske tehnike za verifikacijo in spremljanje odziva na obremenitve

Na vsakem od navedenih področjih so doseženi mednarodno relevantni rezultati, ki so bili objavljeni v JCR revijah, kot tudi na mednarodnih kongresih in v okviru vabljenih gostovanj. Na področju dinamičnega odziva vzbujevalnega sistema je razvit postopek za optimizacijo elastičnih lupin z upoštevanjem stabilnostnih omejitvenih pogojev. Na področju optimizacije geometrije konstrukcije je potekal na optimizaciji topologije zveznih konstrukcij z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Novost je uporaba projektnega elementa skupaj z nivojsko funkcijo. Na področju statične in dinamične karakterizacije mehanskih in lomnomehanskih lastnosti materialov smo prispevali k razvoju eksperimentalne mehanike loma in sicer na področju določitev krivulje lomne odpornosti materiala delta-R (ali J-R). Razvili smo postopek za meritev lomne žilavosti, ki je primerljiv z veljavnimi standardi kot so ASTM E-1820, BS 7448 ali drugimi standardi in predpisi. V okviru raziskav smo opravili analizo lomnega obnašanja na osnovi spremljanja pomikov na površini preizkušanca. Preizkusi so opravljeni s tridimenzionalnim optičnim spremljanjem pomikov na površini, na osnovi katerega so se določili parametri mehanike loma in začetek rasti razpoke. Predstavljena metoda predstavlja prednost za meritev lomnega obnašanja oz. lomne žilavosti predvsem v primeru, ko ni mogoče CMOD merilec pritrditi na površini konstrukcijske komponente v naravi. Nadaljnja aplikacija parametrov mehanike loma je bila usmerjena k oceni občutljivosti vzmetnih materialov na velikost nekovinskih vključkov. Z uvedbo dvokompozitnih adhezijskim materialov med večplastne natezno obremenjene lamele smo pokazali, da je možno življenjsko dobo pri enaki dinamični obremenitvi povečati tudi do 10-krat. Omenjena zasnova predstavlja izhodišče za zgradbo samonosilnih kritičnih konstrukcij kot so letala prihodnosti. Obenem večplastna nosilna konstrukcija preprečuje nenadno izgubo integritete, kar z uvedbo senzorske tehnike omogoča pravočasno opozarjanje na kritične obremenitve in prepreči porušitev oz. škodo, ki bi lahko nastala. Na področju numeričnega modeliranja in razvoja koncepta konfiguracijskih sil smo v okviru programa na teoretičnih osnovah in numeričnem modeliranju analizirali rast razpoke v heterogenem elastičnem materialu. V materialih s periodičnim prostorskim spreminjanjem modula elastičnosti, se lahko pojavijo mehanizmi zaviranja in pospeševanja rasti razpoke, saj se lokalna gonilna sila razvoja razpoke zmanjša ali poveča v primerjavi s gonilno silo v homogenem materialu. Učinek ima veliki praktičen pomen, saj lahko prispeva k izboljšanju lomnomehanskih lastnosti materiala. Koncept konfiguracijskih sil (CCF) nam daje možnost izračuna lokalne gonilne sile razvoja razpoke. Predstavljen je splošen pristop, ki obravnava spremembo modula elastičnosti, ki se lahko spreminja harmonično ali skokoma v lamelni mikrostrukturi. Aplikacija koncepta konfiguracijskih sil (CDF) je bila prvotno razvita za strojne konstrukcije oz. nosilce z večplastno strukturo. V začetni fazi je analizirano lomno obnašanje stacionarnih razpok, vendar so na pobudo sodelavcev iz Erich-Schmid Instituta v Leobnu iz Avstrije prenesene na biološke materiale, kot so kosti, školjke, ali nekateri skeleti globokomorskih steklenih spužv, ki imajo hierarhično strukturo. Ta jih naredi trde, čvrste in odporne na poškodbe. Skupna značilnost teh materialov je periodično ureditev strukturnih elementov z zelo različnimi

togostnimi lastnostmi, ki ni bila predmet pozornosti do sedaj. Ugotovljeno je, da je periodično spreminjanje lastnosti materiala eden od prevladujočih razlogov za visoko odpornost na porušitev teh struktur in njihovo odpornost oz. imunost na kratke razpoke. Če sestavljene kompozitne strukture izpolnjujejo ugotovljena pravila oblikovanja, zelo toga struktura postane odporna proti zlomom in predvsem tolerantna na kratke razpoke oz. napake. Na področju razvoja in aplikacije senzorske tehnike za verifikacijo in spremljanje odziva na obremenitve smo uspešno vpeljali tehniko spremljanja rasti razpoke s pomočjo seta merilnih lističev na površini obremenjenega mehanskega sistema. Na osnovi deformacijskih sprememb na površini je poleg ocene iniciacije utrujenostne razpoke dana tudi rekonstrukcija propagacije razpoke v notranjost materiala. Razvit je računalniško voden sistem za zajemanje podatkov, s čemer so postavljene osnove za on-line monitoring konstrukcij med obratovanjem.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

V prvih dveh letih progama, ko ste ga vodila dr. Maks Oblak (leta 2009) in dr. Rudi Pušenjak (leta 2010) so potekale raziskave na področju dinamičnega odziva nihajočega dinamičnega sistema. V letih 2011 in 2012, so rezultati raziskovalnega programa, dali odgovore na zastavljena vprašanja o optimizaciji in topologiji elementov, kot tudi na področju uporabe parametrov mehanike loma. Novost je uporaba projektnega elementa skupaj z nivojsko funkcijo, kar je bilo ilustrirano z numeričnimi zgledi. Posebna pozornost je bila namenjena vplivu lege in uteži kontrolnih točk projektnega elementa pri optimizaciji topologije. Optimizacija topologije zveznih konstrukcij je dosežena z uporabo nivojske funkcije in projektnega elementa. Analiziran je vpliv spremenljive lege in uteži kontrolnih točk projektnega elementa na potek optimizacije in na končno optimalno topologijo konstrukcije. Rezultati raziskovalnega programa so pokazali, da je koncept konfiguracijskih sil možno razširiti za določanje lomne odpornosti materialov s heterogenimi strukturami.

Predvsem spodbuduje daje možnost, da razvite modele uporabimo za karakterizacijo lomnega obnašanja bioloških materialov, s čemer se odpira novo področje aplikacije in snovanja novih implantatov s strukturno zgradbo, ki za razliko od dosedanjih zanesljivejše in fiziološko bolj prilagojeni naravnemu obnašanju. Raziskovalni program je na področju eksperimentalne in numerične mehanike loma presegel pričakovanja in se z citati in odmevnostjo uveljavil v raziskovalnem prostoru, med tem ko na področju optimizacije konstrukcij in dinamičnih odzivov je potrebno razviti platformo za praktično aplikacijo rezultatov raziskav. Neposredni prispevek se kaže tudi na aplikaciji in modifikaciji standardnih eksperimentalnih meritev lomne žilavosti, kot tudi na aplikativnih projektih za domače gospodarstvo.

Raziskovalni program na drugih dveh prvotno zastavljenih področjih, periodičnih in aperiodičnih nihanj nelinearnih dinamičnih sistemov ter statistične mehanike, ni dosegel pričakovanih rezultatov saj so prejšnji vodji programa predčasno, zaradi nenadnega odhoda v pokoj, zapustili programsko skupino.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

Po izteku leta 2010 je vodja programske skupine izr. prof. dr. Rudi Pušenjak, zaradi odhoda v pokoj zapustil programsko skupino, ki jo je v skladu s sklepom ARRS v vodenje prevzel red. prof. dr. Nenad GUBELJAK. Zastavljeni cilji odbrenega programa ostajajo enaki kot pri odobritvi, vendar doseženi rezultati raziskav niso kazali, da bo programska skupina v tedanji sestavi izpolnila cilje. Po pregledu dosežkov in možnosti se je vodja programske skupine odločil, da sestavo programske skupine obnovi v danem obegu raziskovalnih ur in sredstev. Predlagana je nova sestava programske skupine z raziskovalci, ki v zadnjih letih beležijo boljše reference in so zmožni uresničiti zastavljene cilje do konca leta 2011! Predvideno je da se začne s takojšnjo aplikacija merilne opreme za on-line monitoring s posenemanjem podatkov in daljninskim brezžičnim prenosom, za kaj je angažiran dr. A. Veg. Pravtako predvidena je uporaba novih sodobnih modelov za določitev dinamične trdnosti materialov, ki je nujna za določitev življenjske dobe. Ob tem je zastavljeno, da se pristopi razvoju avtomatizacije izvajanja stereoptičnih meritev za kalibracijo merilne opreme v laboratoriju in aplikacija meritev na konstrukcijske komponente. Programiranje meritev se izvaja z odprtim računalniškim kodom Python, ki ga je prevzel novi član programske skupine doc. dr. Marko Pinterič. V tim za razvoj preizkuševalne opreme je vključen dr. Vinko Močilnik. Tako programsko skupino sestavljajo, poleg vodje še doc. dr. Jožef Predan (numerične analize z metodo končnih elementov) in izr. prof. dr. Marko Kegl optimiranje linearnih mehanskih sistemov. Na osnovi doseženih rezultatov je prijavljen nov raziskovalni

program, s poudarkom na temeljnih in aplikativnih raziskavah razvoja konstrukcijskih komponent iz heterogenih materialov z namenom zagotoviti bistveno višjo trajno dinamično trdnost in nizko občutljivostjo na razpoke oz. porušitev.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

	Znanstveni dosežek		
1.	COBISS ID	15050006	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO ANG Konstruiranje CTOD-R krivulje na osnovi meritev pomikov na površini CTOD-R curve construction from surface displacement measurements	
	Opis	SLO	Določitev krivulje lomne odpornosti materiala CTOD-R (ali J-R) zahteva primerno meritev odpiranja na konici razpoke (CTOD) v odvisnosti od rasti razpoke. Postopek je lahko opravljen v skladu z veljavnimi standardi kot so ASTM E1820, BS 7448 ali drugimi standardi in predpisi (npr. GTP02, ESIS92, ...) za meritev lomne žilavosti. Vsi standardi predpisujejo meritev odpiranja za določitev kalibracijske krivulje samega materiala. V članku je bila opravljena analiza lomnega obnašanja na osnovi spremljanja površine preizkušanca. Preizkusi so opravljeni s tridimenzionalnim optičnim spremljanjem pomikov na površini, na osnovi katerega so se določili parametri mehanike loma in začetek rasti razpoke. Testi so pokazali da na osnovi površinskih meritev lahko izračunamo tudi standardne pomike s tki. CMOD merilci, s čemer je omogočeno, da se za zaključno CTOD-R krivuljo uporabi normalizacijski postopek. Predstavljena metoda predstavlja prednost za meritev lomnega obnašanja oz. lomne žilavosti predvsem v primeru, ko ni mogoče CMOD merilec pritrditi na površini konstrukcijske komponente v naravi. Enostaven način optičnega spremljanja rasti razpoke nam daje odvisnost silapomik CMOD, ki je sicer zahtevan po standardu. Rezultati kažejo, da je možno s pomočjo meritev na površini določiti tudi trenutek iniciacije rasti razpoke na osnovi relaksacije deformacij.
		ANG	The construction of a fracture resistance delta-R (or J-R) curve requires the appropriate measurement of crack-tip opening displacement (CTOD) as a function of crack extension. This can be made by different procedures following ASTM E1820, BS7448 or other standards and procedures (e.g., GTP-02, ESIS-P2, etc.) for the measurement of fracture toughness. However, all of these procedures require standard specimens, displacement gauges, and calibration curves to get intrinsic material properties. This paper deals with some analysis and aspects related to the measurement of fracture toughness by observing the surface of the specimen. Tests were performed using three-dimensional surface displacement measurements to determine the fracture parameters and the crack extension values. These tests can be conducted without using a crack mouth opening displacement-CMOD or load-line displacement gauge, because CMOD can be calculated by using the displacement of the surface points. The presented method offers a significant advantage for fracture toughness testing in cases where a clip gauge is not easy to use, for example, on structural components. Simple analysis of stereo-metrical surface displacements gives a load vs. crack opening displacement curve. Results show that the initiation of stable crack propagation can be easily estimated as the point of the curve's deviation. It is possible to determine the deviation point if the crack opening displacement measurements are close to crack tip in the plastic zone area. The resistance curve, CTOD-R, is developed by the local measurement of crack opening displacement (COD) in rigid body area of specimen. COD values are used for the recalculation with the CMOD parameter as a remote crack opening displacement, according to the ASTM

		standard.
	Objavljeno v	Pergamon Press.; Engineering fracture mechanics; 2011; Vol.78, issue 11; str. 2286-2297; Impact Factor: 1.353; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.301; WoS: PU; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad, Chapetti Mirco D., Predan Jožef, Landes John D.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	15200534 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO ANG Bioinspired design criteria for damage-resistant materials with periodically varying microstructure
	Opis	SLO ANG Veliko bioloških materialov, kot so kosti, školjke, ali nekateri skeleti globokomorskih steklenih spužv, imajo hierarhično strukturo, ki jih naredi trde, čvrste in odporne na poškodbe. Različne strukturne značilnosti, ki prispevajo k tem izjemnim lastnostim so bodo obravnavane. Skupna značilnost teh materialov je periodično ureditev strukturnih elementov z zelo različnimi togostnimi lastnostmi, ni predmet pozornosti do sedaj. V članku je pokazano, da je periodično spreminjanje lastnosti materiala eden od prevladujočih razlogov za visoko odpornost na porušitev teh struktur in njihovo odpornost oz. imunost na kratke razpoke. Če sestavljeni kompozitne arhitekture izpolnjujejo nekatera pravila oblikovanja, ki izhajajo v članku, zelo toga struktura postane odporna proti zlomom in predvsem tolerantna na kratke razpoke oz. napake. To arhitekturno merilo predstavlja navdih iz narave in vsebuje koristne smernice za oblikovanje na razpoke odpornih umetnih materialov. Many biological materials, such as bone, nacre, or certain deep-sea glass sponges, have a hierarchical structure that makes them stiff, tough, and damage tolerant. Different structural features contributing to these exceptional properties have been identified, but a common motif of these materials, the periodic arrangement of structural components with strongly varying stiffness, has not gained sufficient attention. Here we show that the periodicity of the material properties is one of the dominant reasons for the high fracture resistance of these structures and their tolerance to short cracks. If the composite architecture fulfills certain design rules, which are derived in this paper, the stiff structure becomes fracture resistant and, most of all, flaw tolerant. This architectural criterion inspired from nature provides useful guidelines for the design of defect-tolerant resistant man-made materials.
	Objavljeno v	Wiley Interscience; Advanced functional materials; 2011; Vol. 21, iss. 19; str. 3634-3641; Impact Factor: 10.179; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; A": 1; A': 1; WoS: DY, EI, NS, PM, UB, UK; Avtorji / Authors: Kolednik Otmar, Predan Jožef, Fischer Franz Dieter, Fratzl Peter
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	13792534 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO ANG Utrujenostna rast razpoke v območju praga pod vplivom zaostalih napetosti
	Opis	SLO Vpliv zaostalih napetosti v območju praga utrjenostne rasti je analiziran na osnovi višine faktorja intezitete napetosti. Utrujenostna rast je spremljana na enostransko zarezanem upogibnem preizkušancu iz zvarnega spoja. Zaostale napetosti so povzročile spremembo v obliki fronte utrjenostne rasti razpoke. S spreminjanjem nivoja obremenitve se spreminja višina in porazdelitev faktorja intezitete napetosti. Na osnovi spreminjanja oblike fronte razpoke in faktorja intezitete napetosti je možno oceniti višino

			zaostalih napetosti, ki vpliva na rast utrujenostne razpoke.
		ANG	The effect of residual stress on the fatigue crack propagation was analysed for a loading regime close to threshold stress intensity factor range. Fatigue crack propagation experiments were performed on single edge notched bending specimens machined from a welded plate. The residual stresses induced a variation in the crack propagation rate along the crack front. By varying the stress ratio and the stress intensity factor range different shapes of crack front can be realized. From the shape of the crack front and the variation of the crack front the resulting residual stresses and local stress intensity can be determined by means of finite element modeling. By using some simplifications it is possible to estimate the limit values of the stress intensity factor induced by the residual stresses at selected regions.
	Objavljeno v		Butterworth Scientific Limited; International journal of fatigue; 2010; Vol. 32, iss. 7; str. 1050-1056; Impact Factor: 1.799; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; A': 1; WoS: IU, PM; Avtorji / Authors: Predan Jožef, Pippan Reinhard, Gubeljak Nenad
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID		16206358 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba cikličnega J-integrala kot parametra za iniciacijo utrujenostne razpoke pri X52 jeklu
		ANG	The use of cyclic [Delta] J [sub] [ro] as a parameter for fatigue initiation of X52 Steel
	Opis	SLO	Koncept cikličnega J-integrala se lahko razširi na iniciacijo utrujenostne razpoke, ki nastane na zarezi kot mestu koncentracije napetosti. Parameter se pogosto imenuje tudi delta J _{ro} . Spreminjanje parametra je ocenjeno na posebnem preizkušancu tki. "rimski strešnik", ki je izdelan iz X52 jekla za cevovode. Iniciacija utrujenostnega loma je ugotovljena z akustično emisijo. Ugotovljeno je, da odpornost na iniciacijo utrujenostne razpoke se zmanjšuje zaradi prisotnosti vodika v jeklu, kar se lahko pojasni z zmanjševanjem plastičnosti in žilavosti materiala.
		ANG	The concept of [delta]J cyclic has been extended to fatigue initiation emanating from notch. The parameter is then named [delta]J _{ro} . Validation of this parameter is made by fatigue tests made on Roman tile specimens made in X52 pipe steel. Here, fatigue initiation is detected by acoustic emission. It has been found that the fatigue initiation decreases after hydrogen absorption. This can be explained by interaction of hydrogen and plasticity as can be seen for tensile and fracture behaviour of X52 steel after introduction of hydrogen.
	Objavljeno v		Pergamon Press.; Engineering fracture mechanics; 2012; Vol. 96; str. 82-95; Impact Factor: 1.353; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.301; WoS: PU; Avtorji / Authors: Capelle J., Predan Jožef, Gubeljak Nenad, Pluinage Guy
5.	COBISS ID		15654934 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeli za natezno preizkušanje nizko-ogljčnega mikrolegiranega jekla z visoko vsebino niobija
		ANG	Tensile test models for low-carbon microalloyed steels with high niobium contents
			Predstavljena je raziskva vpliva različnih parametrov valjanja (2 razmerja valjanja ob 3 hitrosti ohlajanja) in kemičnih elementov kot so C, Mn, Nb, Ti, Mo, Ni, Cr, Cu in B v nizko-ogljčnem mikrolegiranem jeklu z visoko vsebino Nb. V okviru raziskovalne naloge je bil zastavljen obseg eksperimentalnih testiranja na 26 različnih šaz izdelanih v laboratoriju. Kombiniranjem

Opis	SLO	metalografskih raziskav, elektronske povratne difrakcije in nateznih preizkusov je ocenjen vpliv posameznih tehnoloških parametrov izdelave jekla in kemijske sestve na mehanske lastnosti. Dobljeni eksperimentalni rezultati kot so meha tečenja, natezna trdnost in raztezek so bili analizirani statistično z večkratno regresijsko tehniko za določitev regresijskih enačb. Rezultati kažejo, da prisotnost Nb povečuje trdnosti in omogoča zmanjšanje vsebine ogljika, kar omogoča boljšo varivost jekla brez predgrevanja.
	ANG	In the present investigation, the effect of both: rolling parameters (2 reduction rates and 3 cooling rates) and chemical elements such as: C, Mn, Nb, Ti, Mo, Ni, Cr, Cu and B, has been studied in relation to strength properties in low-carbon microalloyed steels with high niobium contents (up to 0,12 wt. % Nb). For this purpose, an experimental set-up was designed based on an intelligent design of experiments (DoE), resulting in 26 casts (laboratory casts). A combination of metallography, Electron Back-Scattered Diffraction (EBSD) and tensile tests have been performed to study how processing parameters and chemical composition affect the strength. The results, where the proof stress, tensile strength, uniform and fracture elongations are the response variables, have been analysed statistically by means of multiple linear regression technique, leading to response equations. From the results, it was found that the effectiveness of niobium increasing the strength is reduced as carbon content increases. It makes better weldability without pre-heating.
	Objavljeno v	Strojarski fakultet; Elektrotehniški fakultet; Građevinski fakultet; Tehnički vjesnik; 2011; Vol. 18, no. 4; str. 561-569; Impact Factor: 0.347; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.881; WoS: IF; Avtorji / Authors: Pérez-Bahillo Marcos, Gubeljak Nenad, Porter David A., López Beatriz, Predan Jožef, Martín-Meizoso Antonio
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁷

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	15078678	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Spreminjanje praga utrujenostne rasti razpoke za vzmetno jeklo s prednapenjanjem	
	ANG	Variation of fatigue threshold of spring steel with prestressing	
	SLO	Visoktrdnostno jeklo 51CrV4 v poboljšanjem stanju se uporablja za izdelavo paraboličnih listnastih vzmeti tovornih vozil. Dosedanje raziskave so pokazale, da je prag utrujenostne rasti razpoke odvisen od velikosti vključka in trdote. Za ocenitev dopustne velikosti vključkov v vzmetnih jeklih sta bila analizirana dva modela Murakamijev in Chapettijev model. Na osnovi aplikacije Chapettijevega modela je za razmereje utrujanja $R=-1$, določena S-N (Wohlerjeva) krivulja za vzmetna jekla in ocenjen vpliv velikosti vključka na potek dobljene krivulje. Primerjava med rezultati po modelu in eksperimentalnimi rezultati, ki jih je podjejte naročilo v tujini je pokazalo zelo dobro ujemanje.	
	ANG	High strength steel grade 51CrV4 in thermo-mechanical treated condition is used as bending parabolic spring of heavy vehicles. Several investigations show that fatigue threshold for very high cycle fatigue depends on inclusion's size and material hardness. In order to determine allowed size of inclusions in spring's steel the Murakami's and Chapetti's model have been used. The stress loading limit regarding to inclusion size and applied stress has been determine for loading ratio $R=-1$ in form of S-N curves. Experimental results and prediction of S-N curve by model for given size of	

		inclusion and R ratio show very good agreement. Pre-stressing and shot-peening causes higher compress stress magnitude and consequently change of loading ratio to more negative value and additionally extended life time of spring.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v	Elsevier; Proceedings of 11th International Conference On The Mechanical Behavior Of Materials, Villa Erba, Como, Italy 2011, June 5-9, 2011; Procedia engineering; 2011; str. 3339-3344; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad, Chapetti Mirco D., Predan Jožef, Senčič Bojan
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID	15272726 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Dinamična karateristika hiperelastičnega vzmetnega elementa izpostavljenega vibrirajoči obremenitvi
		<i>ANG</i> Dynamic characteristic of hyperelastic spring elements subjected to dynamic loading
	Opis	<i>SLO</i> Membranske jeklene vzmeti karakterizira dolga življenjska doba, boljša izkoriščenost prostora, nizko lezenje in visoke obremenitve ob majhnem povesu. Z večanjem debeline se povečuje togost vzmeti, kar pomeni da dosežemo manjši povese ob večji obremenitvi. Z večanjem obremenitve se zmanjšuje življenjska doba in vzmet se lahko nenadoma krhko zlomi, kar lahko povzroči še dodatne poškodbe na stroju in napravah. Z namenom, da se prepreči krhek zlom membranske vzmeti je na obe površini vzmeti nanešen elastomer. Eksperimentalna preizkušanja in numerični rezultati kažejo, da vzmet dobi progresivno tki. hipeelatično vzmetno karakteristiko. Med naraščanjem tlačne obremenitve elastomera se napetosti v jeklenem delu membranske vzmeti zmanjšujejo, ker večjo deformacijo prevzame elastomer namesto jeklene osnove.
		<i>ANG</i> Belleville washer steel springs are characterized by long fatigue life, better space utilization, low creep tendency and high load capacity with a small spring deflection. In the case of a thicker spring, a higher loading and higher stiffness are obtained, but the deflection of the spring is reduced. In this case fatigue life is reduced and there is a very high probability that a Belleville washer spring can fail in a brittle manner, causing additional damages to the machinery. In order to prevent the fracture of a Belleville washer the elastomer filling was used on both free surfaces of the spring. Experimental testing and numerical analyses show that progressive loading characteristics were obtained when the elastomer filling was increasingly involved in the loading process. When the elastomer filling is compressed, the stresses in Belleville washer steel are reduced, because the majority of the deflection stress is taken by the elastomer instead of the steel.
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi
	Objavljeno v	2011; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi
3.	COBISS ID	16118550 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Lomno mehanski prestop za določitev Wöhlerjeve krivulje za utrujenostno pokljivost visokotrnostnega vzmetnega jekla
		<i>ANG</i> Fracture Mechanics determination of Wöhler curve of high strength steel fatigue cracking
		Lomno mehanski pristop in Wohlerjeva krivulja za utrujenostno razpoko pri visokotrnostnih jeklih Fracture mechanic's approach and Wöhler curve on fatigue cracking of high strength steel V okviru predavanja je predstavljen postopek uporabe parametrov

Opis	SLO	mehanike loma za določitev Wohelejeve krivulje za oceno dobe trajanja jekel, ki ne dopuščajo značilne rasti utrujenostne razpoke. Pravočasno odkritje nastanka utrujenostne razpoke pri visoktrdnostnih jeklih, z mejo tečenja nad 1500 MPa, je težavno, saj je kritična velikost razpoke majhna celo pod nekaj milimetrov. V primeru uporabe teh jekel za dinamično obremenjene komponente, kot so vzmeti, ali jeklene vrvi za mostove je pomembno poznati dobo trajanja celo v primeru, ko razpok ni mogoče odkriti. V okviru predavanja bo prvič predstavljena uporaba parametrov mehanike loma in lomne žilavosti ter konstant utrujenostne rasti za določitev S-N krivulje z namenom, da se določi trajna dinamična trdnost materiala.	
	ANG	Lecture provide common issue of Fracture mechanics approach and Wohler curve design in order to determine fatigue limit of damage non-tolerant high strength steel. High strength steel (with yiled stress over 1500 MPa) does not provide any warning or possibility for crack size detection. Such steel are used for high loaded componets as spings but it can be used for rope's steel on the bridges. Therefore, the determination of fatigue limit is crusal for fatigue life time of dynamicaly loaded steel's structure, even in case when we have no-possibility to evaluate fatigue crack length. For first time, we applied fracture mechanics parameters as fracture toughness and fatigue crack growth constants in order to design S-N (Wöhler's) curve in order to determine number cycles to failure regarding to dynamic loading.	
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi	
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Gubeljak Nenad	
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi	
4.	COBISS ID	15916566	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Naprava za podpiranje stabilnosti in orientacije telesa	
	ANG	Device for balance and body orientation support	
Opis	SLO	Inovacija se nanaša na enoto za podpiranje stabilnosti in orientacije telesa z namenom, da se reši tehnični problem, kako kontrolirati stabilnost in orientacijo med prostoročno stojo in hojo posameznika z izrazito fizično omejitvijo, ki je povzročena s poškodbo ali boleznijo centralnega živčnega sistema ali iz drugih razlogov, npr. s starostjo. Naprava je modularno zasnovana, tako da je možno velikost prilagoditi potrebam uporabnika neglede na spol!	
	ANG	The invention relates to a device for balance and body orientation support, solving the technical problem of how to provide control of balance and body orientation during hands free standing and walking to individuals with compromised physical abilities caused by injury or disease of the central nervous system or other reasons, e. g., age related disability, by a device that is modular and adaptive in size to the individual and her/his needs.	
Šifra	F.32 Mednarodni patent		
Objavljeno v	European Patent Office; 2011; 17 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Popović Dejan, Veg Aleksandar		
Tipologija	2.24 Patent		

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

--

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Rezultati raziskovalnega programa se lahko aplicirajo na dinamično obremenjene konstrukcijske komponente in mehanske sisteme, saj povezujejo deformacijsko-napetostno stanje v materialu z zunanjimi statičnimi in dinamičnimi obremenitvami. V okviru raziskovalnega programa so aplicirani postopki za oceno celovitosti konstrukcij z razpoko, ter razviti postopki za izračun števila ciklov oz. dobe trajanja konstrukcije, ki je izpostavljena dinamičnim obremenitvam tki. S-N krivuljo. Razvoj merilnih sistemov za spremljanje deformacijskega obnašanja in vibracij ter prenos izmerjenih veličin s pomočjo spletnih informacijskih tehnologij omogoča "on-line" analizo obremenitvenega stanja in oceno stopnje nevarnosti nastanka porušitve. Sistem je sicer splošno zasnovan, vendar se ob upoštevanju specifičnosti konstrukcije oz. konstrukcijske komponente lahko integralno implementira na mehanski sistem. Opravljene so raziskave, ki so fundamentalnega pomena za obnašanje večplastnih materialov, vendar se ne izvajajo v okviru industrijsko razvojnih nalog. Na področju mehanike smo prispevali k razvoju numeričnih modelov za analiziranje procesov brizganja diezelskih in biodiezelskih goriv ter njihovih mešanic v motorju in k razvoju modeliranja gorivnih mešanic.

ANG

The results of the research programme can be applied to dynamically loaded structural components and mechanical systems as they connect the strain-stress rates in the material with external static and dynamic loads. Within the framework of the programme procedures for structural integrity assessment were applied and methods for the calculation of the number of cycles/structural longevity of structures applied to dynamic loads of the S-N curve were developed. The development of measurement systems for monitoring deformation behaviour and vibrations and transfer of measured parameters using internet allows for "on-line" analysis of the strain-stress state and estimation of the danger of collapse. The system is designed for general application, but with taking into account the specification of the structure or structural component it can be integrally implemented onto a mechanical system. Investigations, which are fundamental for the research of behaviour of heterogeneous materials, are performed, however they are not implement in the framework of industrial development research.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Raziskovalna skupina se uveljavlja kot razvojno in aplikativno usmerjena skupina, ki poleg fundamentalnih znanstvenih dosežkov prispeva k reševanju problemov za potrebe domačega in tujega gospodarstva. Z razvojem optimalno oblikovanih konstrukcijskih komponent, z uvajanjem in kombiniranjem zgradbe komponente z različnim materiali izboljšujemo performance dinamično obremenjenega sistema, povečujemo življenjsko dobo in preprečujemo porušitve, ki so do zdaj pogosto zgodile. Razviti modeli in postopki omogočajo boljši vpogled v delovanje diezelskih motorjev z biogorivi in posledično zmanjševanje škodljivih emisij ter izpolnjevanje ekoloških zahtev. Programska skupna je osposobljena tudi za podporo pri razvoju in izvedbi projektov, ki so strateškega pomena na področju energetike in transporta.

ANG

The research group is regarded as development and application oriented, which in addition to fundamental scientific research contributes to problem-solving for the needs of both domestic and foreign industry. With the development of optimal design of structural components, with introducing and combining new materials in components the performance of the dynamically loaded systems is increased, resulting in longer life time and collapse prevention, which happened often previously. The research team is qualified for research support and the performing of project with strategic impact in energetics and transportation.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju**1.1.2009-31.12.2012¹²****11.1. Diplome¹³**

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	4

bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	8

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
1379	Vinko Močilnik	☐	☒	☐	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij
Dr. - Doktorat znanosti
MR - mladi raziskovalec

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
		☐	☐		

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
B - gospodarstvo
C - javna uprava
D - družbene dejavnosti
E - tujina
F - drugo

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

A - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
C - študent – doktorand iz tujine
D - podoktorand iz tujine

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

Raziskovalna skupina intenzivno sodeluje v okviru mednarodnih in bilateralnih projektov z inštituti in univerzami v tujini, in sicer z Material Center Leoben in Inštitutom Erich Schmid na projektu Avstrijske akademije za znanost, ter Eureka projekta E! OLMOST z Inovacionim centrom Mašinskega fakulteta u Beogradu, kakor tudi na bilateralnih projektih Proteus z Univerzo v Metz, Univerzo v Mar del Plati, z Rusko akademijo za znanost Inštitutom za mehaniko, Univerzo v Tennesseeju v Knoxvilleu. V okviru sodelave smo objavili skupne članke v mednarodnih revijah in skupne prispevke na mednarodnih konferencah.

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

Raziskave za:

Slovenske Železnice: *Analiza celovitosti osi osnih dvojic železniških vozil : končno poročilo po pogodbi, 1., 2. in 3. faza*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za konstrukterstvo in oblikovanje, 2008. 25 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [12940054](#)]

Litostroj E.I.: *Određivanje lomne žilavosti materijala lopate turbine za HE Dubrava*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2009. 15 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13653526](#)]

NEK: *Aplikacija mehanike loma pri revitalizaciji energijskih komponent. Del 4 : končno poročilo : elaborat za Nuklearno elektrarno Krško*. Maribor: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za strojne elemente in konstrukcije, 2010

Palfinger Maribor: *Fracture toughness testing of weld joints and structural steel : final report no. 6-NG/09*. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Structures and Machine Design, 2009. [32] f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13412374](#)]

Structure integrity assessment of extension boom 1 : final report no. 10-NG/10. Maribor: Faculty of Mechanical Engineering, Institute for Structures and Machine Design, 2009. 21 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [13527830](#)]

kategorija: SU (S)

TCG Learnica Ohrid: *Dauerschwingfestigkeitsversuche und statische Zerreißversuche an EM-Snubber Casing 17 10332A (TCG=697.20) : Prüfbericht 6-NG-2008 für TCG Learnica, Ohrid, Makedonija*. Maribor: Fakultät für Maschinenbau, Labors für Maschinenelemente und Konstruktionen, 2008. 6 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [12646166](#)]

MLM Livarna: *Dauerschwingfestigkeitsversuche und statische Zerreißversuche an V185 OTB-BRACKET 174012 : Prüfbericht 3-NG-2011 für Mariborska livarna Maribor*. Maribor: Fakultät für Maschinenbau, 2011. 10 str., ilustr. [COBISS.SI-ID [15630102](#)]

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Podjetje s strokovno podporo lahko rezultate raziskav aplicira za izgradnjo in vzpostavitev nadzorna sistema varnega obratovanja konstrukcij, ki bo preprečilo poškodbe ali nevarnost za okolje in ljudi.
Razvoj elektronsko mehanske opreme za spremljanje obremenitev in fizioloških odzivov v rehabilitacijske namene!

17. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	☒ DA ☐ NE
potrebni finančni vložek	250.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	Oprema za izdelavo večplastnih materialov, s kontrolirano debelino in medplastno vgarditvijo senzorjev za meritev deformacij!

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

18.2. 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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Nenad Gubelj

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor	11.3.2013
---------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/10

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevalna 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 ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (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 (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹⁴ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁵ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁹ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

²⁰ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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-RPROG-ZP/2013 v1.00

B8-88-F5-19-BA-0D-9C-78-2D-70-1E-01-E1-7D-24-E0-C5-72-12-78