

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2012/23

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-2031
Naslov projekta	Požarna odpornost lesenih konstrukcij
Vodja projekta	23474 Simon Schnabl
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	792 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.01 Gradbeništvo 2.01.03 Konstrukcije v gradbeništvu
Družbeno-ekonomski cilj	04. Prevoz, telekomunikacije in druga infrastruktura

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.01
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.01 Gradbeništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek projekta²

SLO

Varnost lesenih konstrukcij je v veliki meri odvisna od njihove požarne odpornosti. Požarno odpornost lesenih konstrukcij lahko določimo z eksperimenti ali ocenimo z uporabo računskih postopkov. Ker so eksperimenti v večini primerov zelo zahtevni in dragi, njihovo število pa je omejeno, raziskovalci vse večjo pozornost namenjamo razvoju učinkovitih računskih postopkov in matematičnih modelov za določitev požarne odpornosti lesenih konstrukcij. Osrednja naloga projekta je bila tako izpeljava učinkovitega matematičnega modela in izdelava uporabnega

programskega orodja za določitev mehanskega odziva lesenih konstrukcij na hkratno delovanje statične mehanske obtežbe in poljubnega požara z upoštevanjem oglenjenja lesa. Veljavnost predlaganega matematičnega modela je bila kontrolirana s primerjavo rezultatov z eksperimentalnimi rezultati dostopnimi v znani strokovni in znanstveni literaturi. Izpeljani matematični model in izdelani računalniški program omogoča relativno preprosto določitev požarne odpornosti lesenih konstrukcij in sta oziroma bosta tako lahko uporabna v vsakodnevni projektantski praksi. Predstavljeni matematični model oziroma računski postopek omogoča račun požarne odpornosti za različne kriterije požarne odpornosti: (i) kriterij maksimalne napetosti; (ii) kriterij maksimalnega pomika; (iii) kriterij maksimalne temperature; itd. Poleg tega sem na osnovi izvedenih parametričnih študij in občutljivostnih analiz ugotovil kateri parametri bistveno vplivajo na požarno odpornost lesenih konstrukcij. Na osnovi tega sem predlagal kako kar najbolj natančno določiti debelino oglja in požarno odpornost lesenih konstrukcij, ki so izpostavljene mehanski obtežbi in požaru. Nova pridobljena znanja bodo tako omogočala izboljšavo postopkov določitve požarne odpornosti omenjenih konstrukcij.

ANG

Safety of timber structures depends largely on their fire resistance. The fire resistance of timber structures can be established by the experiments or can be estimated by the use of the numerical methods. Usually, experiments are of great pretension and are very expensive; their repetition is limited as well. For this reason, more and more researchers concentrate their attention on the development of efficient numerical methods and mathematical models for the determination of fire resistance of timber structures. Thus, the principal goal of the proposed postdoctoral project was a derivation of an efficient mathematical model and an appropriate computer program for the determination of the mechanical response of timber structures when simultaneously exposed to static loading and arbitrary fire scenarios. A validation of the proposed mathematical model was conducted via comparison with the experimental results obtained from the literature. Due to the simplicity of the derived mathematical model and computer program, the proposed procedure of the determination of fire resistance of timber structures is very useful for the designers of timer structures. The proposed mathematical model and computer program enables designers to calculate the fire resistance of timber structures for different fire resistance criteria: (i) the criterion of maximum stress; (ii) the criterion of maximum deflection; (iii) the criterion of maximum temperature; and so on. Besides, on the basis of the parametric studies and sensitivity analysis that was conducted, the empirical formulas and design diagrams for the determination of the charring depth and fire resistance of timber structures were derived and proposed. The main goal of the project was also to get new a theoretical knowledge about behavior of timber structures when exposed to fire. As a result of all together, the timber structures will be safer and thus there will be much less human casualties and other damage which rise when there is a fire. Additionally, the obtained knowledge about the behavior of timber structures when exposed to fire will enable us to determine the fire resistance of timber structures more accurately.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Varnost lesenih konstrukcij je v veliki meri odvisna od njihove požarne odpornosti. Požarno odpornost lesenih konstrukcij lahko določimo z eksperimenti ali ocenimo z uporabo računskih postopkov. Ker so eksperimenti v večini primerov zelo zahtevni in dragi njihovo število pa je omejeno, raziskovalci vse večjo pozornost namenjamo razvoju učinkovitih računskih postopkov in matematičnih modelov za določitev požarne odpornosti lesenih konstrukcij.

Matematično modeliranje interakcije med požarom in konstrukcijo je v splošnem izredno zahteven postopek. V projektu sem ga zaradi poenostavitve razdelil v tri fizikalno smiselno ločene faze. V prvi fazi sem določil razporeditev temperature in vlage po požarnem prostoru. V drugi fazi sem izračunal časovno razporeditev temperature in vlage po obravnavanih konstrukcijskih elementih, ki je posledica temperaturnega in vlažnostnega spreminjanja požarnega prostora. V tretji fazi pa sem opazujemo časovni mehanski odziv obravnavane konstrukcije na sočasen vpliv zunanje statične mehanske obtežbe in požara.

Spreminjanje temperature in vlage med požarom oziroma njegovo širjenje je odvisno od mnogih težko določljivih parametrov. Zaradi tega sem se odločil, da določitev temperature in vlage požarnega prostora ne bo predmet predlaganega raziskovalnega projekta. To pomeni, da bo razviti matematični model, z razliko od večine modelov v dostopni literaturi, uporaben za račun požarne odpornosti v primeru poljubnega (nestandardnega) požara.

Vsebino in program dela raziskovalnega projekta sem tako v grobem razdelil na dva tesno povezana dela. V prvem sem analiziral temperaturno-vlažnostno stanje lesenih elementov pri požaru z upoštevanjem oglečenja lesa. Pri tem sem za opis temperaturno-vlažnostnega stanja lesenih elementov uporabil nelinearni parcialni diferencialni enačbi Luikova, ki sta se že izkazali, da sta tudi pri relativno visokih temperaturah uporabni za opis povezanega prehoda temperature in vlage v poroznih snoveh kot so les, beton, itd. Na ta način sem upošteval, da temperatura vpliva na vsebnost vlage in obratno ter, da se temperatura in vlaga med požarom prenašata na različne načine (konvekcija, kondukcija, radiacija). Poleg tega sem upošteval tudi izhlapevanje, izparevanje in kondenziranje vode ter oglečenja lesa. Pri tem sem upošteval temperaturno in vlažnostno odvisne materialne in termične lastnosti lesa in oglja. Tako formuliran problem povezanega prehoda toplote in vlage se izkaže za izrazito nelinearen in nestacionaren. Analitične rešitve sistema enačb povezanega prehoda toplote in vlage v lesu in oglju so bile tako možne samo v najpreprostejših primerih. V vseh ostalih primerih je bilo reševanje možno le z uporabo numeričnih metod za reševanje nelinearnih parcialnih diferencialnih enačb. Uporabil sem eno izmed metod, kot so metoda končnih diferenc, metoda končnih elementov, metoda robnih elementov, itd. Na osnovi predstavljenega matematičnega modela sem izdelal računalniški program s katerim je bilo preprosto določiti razporeditev temperature in vlage ter oglja po obravnavanem lesenem elementu. Računalniški program je narejen v programskem okolju Matlab.

Veljavnost izdelanega matematičnega modela oziroma računalniškega programa sem preveril s primerjavo rezultatov debeline oglja oziroma razporeditve temperature in vlage po elementu z eksperimentalnimi rezultati dostopnimi v znani strokovni in znanstveni literaturi. V ta namen sem v okviru natančnega pregleda literature poiskal in zbral številne numerične in eksperimentalne rezultate oglečenja lesa. Poleg validacije numeričnega modela sem ustreznost in natančnost razvitega modela primerjal z rezultati različnih poenostavljenih (empiričnih, numeričnih) metod računa oglečenja. Med drugim sem rezultate oglečenja primerjal z evropskim standardom za dimenzioniranje lesenih konstrukcij Evrokod 5, ki predlaga konstantno hitrost oglečenja in ne upošteva vpliva vsebnosti vlage in ostalih parametrov na hitrost oglečenja. Z izvedeno parametrično študijo oziroma občutljivostno analizo sem ugotovil kateri parametri (med drugim tudi vrsta in debelina požarne zaščite) ter v kakšni meri vplivajo na hitrost oglečenja in razporeditev temperature in vlage po elementu.

Določitev požarne odpornosti lesenih elementov temelji na poznavanju njihovega temperaturno in vlažnostno odvisnega napetostno-deformacijskega stanja. V dostopni strokovni in znanstveni literaturi ni zaslediti modela, ki bi celovito analiziral mehanski odziv lesenih elementov na sočasno delovanje mehanske statične obtežbe in požara. Osrednja točka drugega dela raziskovalnega projekta je bila tako analiza mehanskega odziva oziroma izpeljava matematičnega modela ter izdelava računalniškega programa za določitev napetostno deformacijskega stanja lesenih elementov na sočasno delovanje zunanje statične obtežbe in požara z upoštevanjem oglečenja lesa. Vhodni parametri mehanske analize so bili časovna razporeditev temperature in vlage ter oglja po prečnem prerezu, ki jih dobimo na osnovi matematičnega modela izpeljanega v prvem delu projekta.

Lesene nosilce sem modeliral z geometrijsko točnimi enačbami Reissnerjevega modela ravninskih nosilcev. Reissnerjev model ravninskega nosilca je zasnovan na Bernoullijevi predpostavki o ravnih prečnih prerezih, pravokotnih na nedeformirano referenčno os, ki ostanejo ravni tudi po deformaciji a ne nujno pravokotni na deformirano referenčno os nosilca in na predpostavki, da se oblika in velikost glede na ravnino deformiranja simetričnih prečnih prerezov lesenega nosilca med deformiranjem ne spreminjata. Deformiranje nosilca tako opišemo z membranskimi, upogibnimi in strižnimi deformacijami ter poljubno velikimi pomiki in zasuki nosilca. Poleg tega sem tudi

predpostavil, da je temperaturno in vlažnostno polje simetrično glede na ravnino deformiranja nosilca in da je temperaturno in vlažnostno stanje nosilca in okolice vzdolž nosilca konstantno.

Sistem nelinearnih enačb s katerimi opišemo napetostno in deformacijsko stanje ravninskega lesenega nosilca ali okvirja v splošnem ni bil analitično rešljiv. Sistem algebrajsko diferencialnih enačb robnega problema lesenega elementa sem tako diskretiziral z uporabo numerične metode končnih elementov, ki temelji na aproksimaciji rešitev osnovnih enačb. To pomeni, da sem aproksimiral neznane funkcije, ki enolično določajo napetostno in deformacijsko stanje lesenega nosilca. S tem sem algebrajsko diferencialni sistem enačb, ki določa robni problem kompozitnega nosilca, nadomestil s sistemom algebrajskih enačb. To sem storil s pomočjo modificiranega Hu-Washizujevega funkcionala (Planinc, 1998) in Galerkinove metode končnih elementov. Na ta način sem aproksimiral le neznane deformacijske količine in tako izpeljal družino deformacijskih končnih elementov lesenega nosilca. Dobra lastnost tako izpeljane družine končnih elementov je dobra odpornost na vse vrste blokiranja (strižno, membransko, itd), ki so značilnost končnih elementov zasnovanih na aproksimaciji neznanih pomikov, konsistentno upoštevanje konstitutivnih enačb, izjemna preglednost enačb in velika natančnost.

Pri geometrijsko in materialno nelinearni analizi mehanskega odziva oziroma določitvi napetostnega in deformacijskega stanja lesenih konstrukcij na sočasno delovanje statične mehanske obtežbe in požara, diskretne posplošene ravnotežne enačbe konstrukcije rešujemo z Newton-Raphsonova inkrementno-iteracijsko metodo. S to metodo sem celotni čas požarne analize $[0, t]$ razdelil na intervale oziroma inkremente $[t_{zac}, t_{kon}]$. Znotraj vsakega časovnega inkrementa sem pri znanem inkrementu obtežnega faktorja izračunal popravke inkrementov posplošenih vzdolžnih pomikov in zasukov. Newton-Raphsonova metoda običajno odpove v kritični točki konstrukcije, tj. pri mejni obtežbi oziroma, ko je dosežena mejna nosilnost konstrukcije. Zato sem posplošene diskretne enačbe konstrukcije rešil s t.i. Crisfieldovo metodo ločne dolžine. Na osnovi predstavljenega matematičnega modela sem izdelal računalniški program s katerim je preprosto določiti mehanski odziv lesenih nosilcev pri sočasnem delovanju mehanske statične obtežbe in požara. Podobno kot v prvem delu, sem računalniški program izdelal v programskem okolju Matlab.

Če hočemo določiti mehanski odziv lesenih nosilcev pri hkratnem delovanju statične mehanske obtežbe in požara moramo poznati mehanske lastnosti lesa pri visokih temperaturah. Mehanske lastnosti lesa so odvisne od temperature, vsebnosti vlage, hitrosti oglečenja in orientiranosti materialnih vlaken. Znano je, da se mehanske lastnosti (togost in trdnost) lesa z višanjem temperature in vlage slabšajo. Poleg tega oglečenje lesa zmanjšuje velikost prečnega prereza in s tem hitrejšo porušitev elementa. Običajno vzamemo, da je trdnost lesa pri temperaturi vnetišča enaka nič. Zelo pomembna naloga tega dela je bila pregledovanje literature in zbiranje podatkov o temperaturno in vlažnostno odvisnih materialnih lastnostih lesa.

Izpeljani matematični model in izdelani računalniški program omogočata relativno preprosto določitev požarne odpornosti lesenih nosilcev, ki izpostavljeni mehanski obtežbi in požaru oglečijo. Računalniški program je narejen tako, da omogoča račun požarne odpornosti za poljubne vrste požarnih obtežb (standardne in nestandardne). Poleg tega omogoča račun požarne odpornosti za različne kriterije požarne odpornosti, ki je običajno definirana kot stanje: (i) ko so napetosti v prerezu višje od trdnosti materiala; (ii) ko je velikost navpičnih pomikov večja od dovoljene, itd. Požarno odpornost običajno izražamo kot čas, ki je potreben, da konstrukcija ne odgovarja več zahtevam kriterijem požarne odpornosti.

Veljavnost izdelanega matematičnega modela oziroma programskega orodja za določitev požarne odpornosti sem preveril s primerjavo rezultatov z eksperimentalnimi rezultati dostopnimi v znani strokovni in znanstveni literaturi. V ta namen sem v okviru natančnega pregleda literature poiskal in zbral čim več numeričnih in eksperimentalnih rezultatov požarne odpornosti lesenih konstrukcij. Določitev požarne odpornosti sem primerjal s požarno odpornostjo določeno v skladu s smernicami podanimi v standardu za dimenzioniranje lesenih konstrukcij Evrokod 5. Z izvedeno parametrično študijo oziroma občutljivostno analizo sem ugotovil kateri parametri (med drugim tudi vrsta in debelina požarne zaščite) ter v kakšni meri vplivajo na požarno odpornost.

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

Raziskovalna hipoteza oziroma vsi obljubljeni/predvideni rezultati temeljnega podoktorskega raziskovalnega projekta so bili uspešno realizirani/doseženi.

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

Raziskovalna hipoteza oziroma vsi obljubljeni/predvideni rezultati temeljnega podoktorskega raziskovalnega projekta so bili uspešno realizirani/doseženi zato do sprememb programa omenjenega projekta ni prišlo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	5069153	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv nekonsistentnih robnih pogojev na velikost uklonskih sil dvoslojnih elastičnih stebrov
		ANG	The influence of boundary conditions and axial deformability on buckling behavior of two-layer composite columns with interlayer slip
	Opis	SLO	V članku je predstavljena analiza vpliva nekonsistentnih robnih pogojev na velikost uklonskih sil geometrijsko popolnih dvoslojnih elastičnih Eulerjevih stebrov z upoštevanjem zdrsa med slojema. Analiza je zasnovana na linearizirani stabilnostni teoriji. Teoretične in parametrične študije so pokazale, da so robni pogoji v vzdolžni in prečni smeri povezani in da je vpliv nekonsistentnih robnih pogojev na velikost uklonskih sil dvoslojnih Eulerjevih stebrov lahko tudi do 20 %.
		ANG	This paper presents an analysis of the influence of inconsistent boundary conditions on critical buckling loads of geometrically perfect two-layer Euler elastic columns with inter-layer slip between the layers. The analysis is based on the linearized stability theory. The theoretical and parametric study prove the interrelation of boundary conditions in longitudinal and transverse directions. The influence of the inconsistent boundary conditions on the buckling loads of two-layer Euler columns can be up to 20 %.
	Objavljeno v	Elsevier Science; Engineering structures; 2010; Letn. 32, št. 10; str. 3103-3111; Impact Factor: 1.363; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.88; A': 1; WoS: IM; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Planinc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	5504097	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uklon lesenih stebrov pri požaru
		ANG	Buckling of timber columns exposed to fire

Opis	SLO	V članku je predstavljen matematični model za račun kritičnih uklonskih sil lesenih stebrov, ki izpostavljeni požaru oglenijo. Matematični model upošteva temperaturno odvisne termomehanske lastnosti lesa in oglja. Pri določitvi temperaturnega in vlažnostnega polja po prerezu upoštevamo povezan prehod toplote in vlage. Kritične uklonske sile določimo analitično po metodi stabilnosti z linearizacijo. V okviru študije analiziramo vpliv oglenjenja, različnega načina podpiranja, nivoja obremenitve in vitkosti na kritične uklonske sile lesenih stebrov pri požaru. Rezultate predstavljene semi-analitične metode smo primerjali z rezultati dveh različnih poenostavljenih metod v Evrokodu 5. Izkaže se, da je predstavljena metoda konservativna če zanemarimo vpliv vlage, medtem ko se rezultati za vlažnost 12 % dobro ujemajo. Za višje vlažnosti je predstavljena metoda nekonservativna v primerjavi z Evrokodom 5.	
	ANG	A mathematical model for structural behavior of timber columns under fire has been proposed. The semi-analytical study has been carried out for evaluating the load-carrying capacity of timber columns exposed to fire. Particular emphasis has been given to critical buckling loads. For this purpose, a parametric study has been performed by which the influence of slenderness ratio, load level, and water content on critical buckling loads of timber columns have been investigated. The results of this preliminary study showed that the present semi-analytical method is conservative compared to the two simplified calculation methods offered by Eurocode 5 if the transfer of water is neglected, while, on the other hand, the results agree well for a water content of 12%. Moreover, for higher water contents, the present semi-analytical model is non-conservative compared to the Eurocode 5 methods.	
	Objavljeno v	Elsevier; Fire safety journal; 2011; Letn. 46, št. 7; str. 431-439; Impact Factor: 1.017; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.88; WoS: IM, PM; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Turk Goran, Planinc Igor	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	5522529	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Neelastični uklon dvoslojnih kompozitnih stebrov z nelinearno povezavo med sloji	
	ANG	Inelastic buckling of two-layer composite columns with non-linear interface compliance	
Opis	SLO	V članku je predstavljen matematični model za analizo uklona neelastičnih dvoslojnih stebrov z upoštevanjem zdrsa med sloji ter nelinearno togostjo stika. Z modelom so izračunane točne kritične sile. Poleg tega smo pokazali, da so kritične sile odvisne od začetne togosti stika. Pokažemo tudi, da lahko materialna nelinearnost močno zmanjša kritične sile. Na koncu pokažemo še, da ima togost stika pomemben vpliv na prehod iz elastičnega v neelastičen uklon.	
	ANG	A mathematical model for a slip-buckling problem has been proposed and its exact solution has been found for the analysis of materially inelastic two-layer composite columns with non-linear interface compliance. The mathematical model has been carried out to evaluate exact critical buckling loads. It has been demonstrated mathematically exactly, that exact critical buckling loads are influenced by the initial stiffness, and hence on linear portion of the interface force-slip relationship. Besides, it has been shown that material inelasticity can reduce the critical buckling loads significantly and that the interlayer stiffness has an important effect on the transition between the elastic and inelastic buckling	
Objavljeno v	Pergamon Press; International journal of mechanical sciences; 2011; Letn. 53, št. 12; str. 1077-1083; Impact Factor: 1.266; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; A': 1; WoS: IU, PU; Avtorji /		

		Authors: Schnabl Simon, Planinc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	5249121	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv strižne deformacije na uklon dvoslojnih kompozitnih stebrov z upoštevanjem zdrsa med sloji
		<i>ANG</i>	The effect of transverse shear deformation on the buckling of two-layer composite columns with interlayer slip
	Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljen učinkovit matematični model za analizo uklona geometrijsko popolnih elastičnih dvoslojnih stebrov z zdrsom med sloji. Omenjeni matematični model je osvojen na linearizirani teoriji stabilnosti in omogoča točno določitev kritičnih uklonskih sil. Kritične sile smo primerjali z rezultati iz literatura. Parametrična študija pokaže, da so rezultati lahko različni tudi do 22 % ter, da lahko zanemarimo vpliv vzdolžne deformacije na velikost uklonskih sil. Vpliva strižne deformacije ne smemo zanemariti. Vpliv slednje je lahko do 20 % za lesene kompozitne stebre, 40 % za zelo strižno podajne stebre (pirolitičen grafit), medtem ko je za kovinske stebre zanemarljiv.
		<i>ANG</i>	This paper presents an efficient mathematical model for studying the buckling behavior of geometrically perfect elastic two-layer composite columns with interlayer slip between the layers. The present analytical model is based on the linearized stability theory and is capable of predicting exact critical buckling loads. Based on the parametric analysis, the critical buckling loads are compared to those in the literature. It is shown that the discrepancy between the different methods can be up to approximately 22 %. In addition, a combined and an individual effect of pre-buckling shortening and transverse shear deformation on the critical buckling loads is studied in detail. A comprehensive parametric analysis reveals that generally the effect of pre-buckling shortening can be neglected, while, on the other hand, the effect of transverse shear deformation can be significant. This effect can be up to 20 % for timber composite columns, 40 % for composite columns very flexible in shear (pyrolytic graphite), while for metal composite columns it is insignificant.
	Objavljeno v	Pergamon; International journal of non-linear mechanics; 2011; Letn. 46, št. 3; str. 543-553; Impact Factor: 1.388; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.214; WoS: PU; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Planinc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	5069409	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Požarna odpornost lesenih stebrov
		<i>ANG</i>	Fire resistance of timber columns
	Opis	<i>SLO</i>	V članku je predstavljena semi-analitična metoda za določitev kritičnih temperatur in časov do porušitve za lesene stebre izpostavljene požaru. Metoda je osnovana na 2D termo-mehanski analizi, pri čemer je termomehansko stanje stebra opisano z Luikovimi enačbami, mehansko stanje uklona pa z lineariziranimi Reissnerjevimi enačbami nosilca. Model predvideva ogledenje lesa kot funkcijo temperature, vlažnosti in gostote lesa. Z modelom smo izračunali kritične temperature in čase do porušitve za lesene stebre ki izpostavljeni požaru oglenijo in sicer za različne čase izpostavljenosti požaru, različne dimenzije stebra ter različne temperaturno odvisne termo-mehanske lastnosti lesa.

	ANG	moisture-thermal state of columns is modeled by Luikov equations and, on the other hand, the exact mechanical analysis including buckling behavior of columns, which is modeled by linearized Reissner's kinematic equations. The model predicts the char formation in the timber column as a function of its temperature, moisture content, and density. As a result, critical temperatures and times-to-failure of charred timber columns exposed to fire are calculated for different exposure times, different dimensions of the column and different temperature-dependent thermo-mechanical parameters.
Objavljeno v	s.n.; WCTE 2010; 2010; Str. 1-7; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Turk Goran, Planinc Igor	
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine²

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	5504097	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uklon lesenih stebrov izpostavljenih požaru
		ANG	Buckling of timber columns exposed to fire
	Opis	SLO	V članku je predstavljen matematični model za račun kritičnih uklonskih sil lesenih stebrov, ki izpostavljeni požaru oglejajo. Matematični model upošteva temperaturno odvisne termomehanske lastnosti lesa in oglja. V članku je predstavljen matematični model za račun kritičnih uklonskih sil lesenih stebrov, ki izpostavljeni požaru oglejajo. Matematični model upošteva temperaturno odvisne termomehanske lastnosti lesa in oglja. Pri določitvi temperaturnega in vlažnostnega polja po prerezu upoštevamo povezan prehod toplote in vlage. Kritične uklonske sile določimo analitično po metodi stabilnosti z linearizacijo. V okviru študije analiziramo vpliv oglenjenja, različnega načina podpiranja, nivoja obremenitve in vitkosti na kritične uklonske sile lesenih stebrov pri požaru. Rezultate predstavljene semi-analitične metode smo primerjali z rezultati dveh različnih poenostavljenih metod v Evrokodu 5. Izkaže se, da je predstavljena metoda konservativna če zanemarimo vpliv vlage, medtem ko se rezultati za vlažnost 12 % dobro ujemajo. Za višje vlažnosti je predstavljena metoda nekonservativna v primerjavi z Evrokodom 5.
		ANG	A mathematical model for structural behavior of timber columns under fire has been proposed. The semi-analytical study has been carried out for evaluating the load-carrying capacity of timber columns exposed to fire. Particular emphasis has been given to critical buckling loads. For this purpose, a parametric study has been performed by which the influence of slenderness ratio, load level, and water content on critical buckling loads of timber columns have been investigated. The results of this preliminary study showed that the present semi-analytical method is conservative compared to the two simplified calculation methods offered by Eurocode 5 if the transfer of water is neglected, while, on the other hand, the results agree well for a water content of 12%. Moreover, for higher water contents, the present semi-analytical model is non-conservative compared to the Eurocode 5 methods.
	Šifra	B.06 Drugo	
	Objavljeno v	Elsevier; Fire safety journal; 2011; Letn. 46, št. 7; str. 431-439; Impact Factor: 1.017; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.88; WoS: IM, PM; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Turk Goran, Planinc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

2.	COBISS ID	5069409	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Požarna odpornost lesenih stebrov	
		<i>ANG</i> Fire resistance of timber columns	
	Opis	<i>SLO</i> V članku je predstavljena semi-analitična metoda za določitev kritičnih temperatur in časov do porušitve za lesene stebre izpostavljene požaru. Metoda je osnovana na 2D termo-mehanski analizi, pri čemer je termomehansko stanje stebra opisano z Luikovimi enačbami, mehansko stanje uklona pa z lineariziranimi Reissnerjevimi enačbami nosilca. Model predvideva oglenenje lesa kot funkcijo temperature, vlažnosti in gostote lesa. Z modelom smo izračunali kritične temperature in čase do porušitve za lesene stebre ki izpostavljeni požaru oglenijo in sicer za različne čase izpostavljenosti požaru, različne dimenzije stebra ter različne temperaturno odvisne termo-mehanske lastnosti lesa.	
		<i>ANG</i> The paper presents a semi-analytical method for computational assessment of times-to-failure and critical temperatures of timber columns exposed to fire. The method is based on the 2D thermo-mechanical analysis, in which a moisture-thermal state of columns is modeled by Luikov equations and, on the other hand, the exact mechanical analysis including buckling behavior of columns, which is modeled by linearized Reissner's kinematic equations. The model predicts the char formation in the timber column as a function of its temperature, moisture content, and density. As a result, critical temperatures and times-to-failure of charred timber columns exposed to fire are calculated for different exposure times, different dimensions of the column and different temperature-dependent thermo-mechanical parameters.	
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	s.n.; WCTE 2010; 2010; Str. 1-7; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Turk Goran, Planinc Igor	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	5451105	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Uklonske sile dvoslojnih kompozitnih stebrov z zdrsom med sloji in stohastičnimi materialnimi lastnostmi	
		<i>ANG</i> Buckling Loads of Two-Layer Composite Columns with Interlayer Slip and Stochastic Material Properties	
	Opis	<i>SLO</i> Predstavljen je matematični model za analizo uklona elastičnih stebrov z zdrsom med sloji in stohastičnimi materialnimi lastnostmi. Kritične uklonske sile smo izračunali za različne porazdelitve materialnih lastnosti z uporabo znane Monte-Carlo metode. Kot rezultat smo dobili histogram ter približno gostoto verjetnosti in porazdelitveno funkcijo kritične uklonske sile.	
		<i>ANG</i> An efficient mathematical model for studying the buckling behavior of geometrically perfect elastic columns with interlayer slip and stochastic material properties is presented. It is based on Reissner's geometrically exact beam theory and linearized stability theory and is capable of predicting exact critical buckling loads. Therefore, this mathematical model is used to calculate the buckling loads of two-layer composite columns with interlayer slip and stochastic material properties of individual layers and connection between them. The statistical distributions of the critical buckling load are evolved based on simulations performed using well-known Monte Carlo method. As a result, a histogram and the approximated probability density functions and the cumulative distribution functions of critical buckling load are obtained for different material properties.	
	Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih	
	Objavljeno v	Northeastern University; Engineering Mechanics Institute; 2011; str. 757-	

	565; Avtorji / Authors: Schnabl Simon, Turk Goran, Planinc Igor
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Nosilec podoktorskega projekta Simon Schnabl je v tem času postal član komiteja za stabilnost (Stability Committee) pri združenju gradbenih inženirjev Združenih držav Amerike (ASCE - American Society of Civil Engineers). Spodaj navajamo vse člane:

Noel Challamel, Ph.D., Aff.M.ASCE, Chair
 Anislo Andrade
 Zdenek P. Bazant, Ph.D., S.E., Hon.M.ASCE
 Dinar R. Camotim, Ph.D., M.ASCE
 Fangliang Chen, Ph.D.
 Fehmi Cirak, Aff.M.ASCE
 Brian G. Falzon, Ph.D.
 Dewey H. Hodges, M.ASCE
 John Hutchinson, Ph.D.
 George Kardomateas, Ph.D.
 Stelios Kyriakides, Ph.D., M.ASCE
 Jean Lerbet, Ph.D.
 Raymond H. Plaut, Ph.D., M.ASCE
 Pizhong Qiao, Ph.D., P.E., F.ASCE
 Hayder A. Rasheed, P.E., F.ASCE
 Benjamin W Schafer, Ph.D., P.E., M.ASCE
 Simon Schnabl, Ph.D.
 Erol Senocak, Ph.D.
 Khaled W. Shahwan
 Anthony Waas, Ph.D.
 M. A. Wadee, Ph.D.
 Yang Xiang, M.ASCE
 Jifeng Xu, M.ASCE
 Jianqiao Ye, Ph.D.
 Stylianos Yiatros, A.M.ASCE

Namen komiteja je pospeševati oziroma spodbujati analitične in eksperimentalne študije na področju elastične in neelastične stabilnosti konstrukcijskih elementov.

internetna povezava na stran od komiteja: <http://www.asce.org/emi/CommitteeDetail.aspx?committeeId=000000885215>

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Področje, ki je bilo predmet tega podoktorskega projekta je izrazito interdisciplinarno in zaradi tega izredno zahtevno. Predlagani projekt oziroma njegovi rezultati bodo omogočili pridobitev dodatnih raziskovalnih izkušenj in potrebnih znanj, ki so potrebna za razumevanje glavne teme projekta, to je požarna odpornost lesenih konstrukcij. Na osnovi tega sem v okviru predlaganega projekta izdelal matematični model in računalniški program za natančno določitev mehanskega odziva oziroma napetostno-deformacijskega stanja lesenih konstrukcij pri poljubnem požarnem scenariju. Glede na to, da v literaturi tak model ne obstaja, rezultati omenjenega modela pomembno prispevajo k razumevanju obnašanja lesenih konstrukcij med požarom. Rezultate raziskave sem znanstveni javnosti predstavil v obliki izvornih znanstvenih člankov, ki sem jih objavil v najboljših mednarodnih znanstvenih revijah s tega področja in v

obliki predavanj na številnih domačih in mednarodnih znanstvenih konferencah. Poleg tega je formalno in neformalno sodelovanje z raziskovalci iz Češke in Finske še intenzivnejše, poleg tega pa si lahko obetamo tudi sodelovanje z drugimi raziskovalci in znanstvenimi ustanovami, ki se ukvarjajo s podobnimi problemi. Rezultat takega sodelovanja bi lahko bili različni mednarodni bilateralni ter evropski raziskovalni projekti.

Novo pridobljeno znanje bo preko mentorstva raznim diplomskim delom, magisterijem in doktoratom pomembno vplivalo na razvoj in vzgojo novih znanstvenih kadrov s tega področja. Raziskovalne izkušnje in znanje, ki sem ga pridobil v okviru predlaganega podoktorskega projekta bodo pomembno vplivala na moje nadaljnje znanstveno raziskovalno delo.

ANG

The field that was a subject of the proposed postdoctoral project is markedly multi-disciplinary and thus very complex. The proposed project was enable me to get new research experiences and knowledge important for an accurate understanding of behavior of timber structures during fire. On this basis, a mathematical model and a computer program for an accurate stress-strain analysis of timber structures subjected to static loading and hypothetical fire were derived. Due to the fact, that such a model does not exist in the literature, the developed numerical model contribute considerably to the understanding of behavior of timber structures during fire.

Scientifically original results were published as scientific papers in the recognized international journals and presented at the numerous domestic and international scientific and technical conferences. This way, the formal and informal co-operation with the researchers from Czech Republic and Finland will enhance, and some new co-operation with the researchers and scientific (research) institutions from this field may be created. The results of such co-operation might be various bilateral international and European research projects.

A new knowledge (understandings) will be interposed to the students through different diplomas, masters and doctorates and thus will considerably influenced on the education and development of new scientific cadre on this field.

Besides, the investigation (new findings) will considerably contribute to the development of knowledge in the field of modeling and calculating the fire resistance of timber structures.

Research experiences that I have received during the proposed postdoctoral project will definitelay have a significant influence on my future scientific and research work.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

(i) Živimo v času, ko globalno segrevanje ozračja postaja vse večji problem. Posledično bo uporaba lesa kot zelo primerne gradbenega materiala hitro naraščala. S tem se bo povečevalo število lesenih konstrukcij in tudi z njimi povezanih nesreč, kot je požar. Rezultati raziskav bodo tako omogočili načrtovanje oziroma projektiranje bolj varnih, bolj ekonomičnih, okolju in človeku bolj prijaznih konstrukcij. Posledično to pomeni manj človeških žrtev, manj škode, manj uporabljenega materiala in energije, itd. S stališča družbeno-ekonomskega in kulturnega razvoja (varovanja naravne in kulturne dediščine) so zato predvideni rezultati projekta izjemnega pomena;

(ii) Med najpomembnejšimi zahtevami pri zagotavljanju varnosti konstrukcij je zahteva po ustrezni požarni odpornosti, ki zaradi gorljivosti lesa še vedno predstavlja določen faktor nezaupanja med investitorji in določenim delom projektantom. Z rezultati raziskav sem pokazal da so lesene konstrukcije s stališča požarne odpornosti varne konstrukcije. S tem bi se lahko povečalo zanimanje za lesene konstrukcije, kar bi lahko ugodno vplivalo na nekatera podjetja, ki se ali se nameravajo ukvarjati z lesenimi konstrukcijami in vse kar sodi zraven;

(iii) Raziskave in razvita računalniška orodja temeljilo na najnovejših dognanjih in tako omogočajo marsikatero tehnološko izboljšavo, kar je s stališča tehnološkega razvoja družbe, panoge oziroma podjetja izjemnega pomena;

(IV) Pridobljeno znanje omogoča sodelovanje z različnimi raziskovalci in znanstvenimi ustanovami, ki se ukvarjajo s podobnimi problemi; na ta način je možen dostop do tujih znanj in baz podatkov;

(V) Omenjeno sodelovanje bo omogočalo kandidiranje za skupne mednarodne bilateralne in evropske raziskovalne projekte;

(VI) Promocija države, univerze in raziskovalnega področja na različnih mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih konferencah;
 (VII) Prenos raziskovalnih metod in dosežkov na študente (bodoče projektante) preko mentorstva diplomam, magisterijem in doktoratom ter prenos znanja na strokovne delavce v praksi preko neformalnih in formalnih srečanj;
 (VIII) Pridobljeno znanje omogoča kontrolo, izboljšanje in dopolnitev sedaj predlaganega standarda EUROCODE 5 za lesene konstrukcije;

ANG

(i) Nowadays, climate changes (global warming) are becoming more and more imposing problem. Consecutively, the use of wood as an appropriate and convenient constructional material will be rapidly increased in the following decades. Because of this, the number of timber structures will rise drastically. Parallel to this increase, a number of related disasters, like fire, will also increase. The research results enable a better understanding of the behavior of timber structures when exposed to fire. This means, that such structures are designed to be more safe, economic, environment- and human-friendly which means equivalently less human casualties, less constructional material, less production energy and thus lower constructional costs. From the social-economic and cultural development point of view (a protection of natural and cultural heritage), the proposed research results will be most (very) important.

(ii) One of the most important design requirements for timber structures is their fire resistance, which, because timber is a highly combustible material, still presents a high risk for investors and conservative designers. On the basis of the research results, I showed, that from the fire-resistance point of view, timber structures are very convenient structures. This would probably increase an interest for timber structures. Consequently, this would influence beneficially on some companies that are or they will be concerned with timber structures and all that belongs to them.

(iii) The proposed research and the developed computer tools are based on the latest findings and thus they very useful for many technological improvements. The latest is very important from the view of technological development of the society, branch, different companies and enterprises.

(IV) Collaboration with numerous researchers and research institutions, which are concerned with similar problems; this way, the access to their knowledge and data bases are feasible (possible).

(V) The results of the abovementioned collaborations could be various applications for different bilateral and European research projects.

(VI) Promotion of the state, university and research field at various international and domestic technical and scientific conferences and meetings.

(VII) An interposition of research methods and results on the students (future designers) through different diplomas, masters and doctorates and interposition of new knowledge and methods on technical workers through formal and informal meetings of experts.

(VIII) It (the project) enables the control, improvement and completion of actually proposed standard Eurocode 5 for design of timber structures.

11. 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	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

		<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	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 ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
gradbeništvo in geodezijo

Simon Schnabl

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	12.3.2012
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2012/23

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

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

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, 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 raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta - 2012

podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

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

Družbenoekonomski 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 ekonomsko relevantnega 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. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

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

⁹ 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](#)

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

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

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2012 v1.00
03-64-09-22-4A-4E-BA-B5-E9-E7-AB-17-47-F2-5C-2B-7F-C9-9D-A1