

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/236



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2158
Naslov projekta	Modeliranje vpliva snovskih lastnosti na parno eksplozijo
Vodja projekta	14572 Matjaž Leskovar
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.03 Energetika 2.03.04 Energetski postroji
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Eno od najpomembnejših nerešenih vprašanj na področju taljenja sredice med hipotetično resno nezgodo v jedrski elektrarni je, kakšna je verjetnost nastanka parne eksplozije in kakšne so lahko njene posledice. Dovolj močna parna eksplozija v jedrski elektrarni bi lahko imela za posledico porušitev celovitosti zadrževalnega hrama in s tem direkten izpust radioaktivnih snovi v okolje. V okviru projekta smo

raziskovali in modelirali vpliv snovskih lastnosti taline na parno eksplozijo. Eksperimenti so namreč pokazali, da snovske lastnosti taline pomembno vplivajo na proces interakcije taline z vodo. Energijski izkoristek parnih eksplozij s simulirno talino aluminijevega oksida je bil za velikostni red večji kot s prototipsko oksidno talino korija. Eksperimentalno opažene razlike v obnašanju različnih talin se zlasti pripisuje razlikam v nastanku skorje na kapljicah taline med mešalno fazo parne eksplozije. Dovolj debela skorja namreč prepreči proces finega razpada kapljic taline med eksplozijo. Zato smo se osredotočili na modeliranje vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom. Najprej smo razvili ustrezen model strjevanja kapljic taline. Kompleksnost modela smo smiselno prilagodili namenjeni uporabi in vključitvi v napredni računalniški program MC3D, ki ga razvijajo na IRSN, Francija. Nato smo razvili kriterij za razpad kapljic taline, ki upošteva vpliv stanja površine kapljic taline na njihov razpad. Pri modeliranju parnih eksplozij je namreč potrebno ugotoviti ali lahko kapljica taline razpade na fine delce in tako s hitrim prenosom toplote na vodo učinkovito sodeluje pri razvoju parne eksplozije. Razviti model vpliva strjevanja smo vključili v program MC3D. Ker program MC3D temelji na Eulerjevem pristopu, je bilo potrebno dognati najustreznejše transportne količine za določitev stanja kapljic taline ter razviti postopek za rekonstrukcijo lastnosti kapljic. Model vpliva strjevanja smo validirali v več korakih. Integralno validacijo smo opravili s simulacijami eksperimentov izvedenih v okviru OECD projekta SERENA na napravah KROTOS (CEA, Cadarache) in TROI (KAERI, Koreja) ter eksperimentov na napravah FARO in JRC KROTOS (JRC Ispra, Italija). Naš model vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom je sedaj vključen v uradno verzijo programa MC3D.

ANG

One of the most important remaining issues in core melt progression during a severe nuclear reactor accident are the likelihood and the consequences of a steam explosion, which may occur when the hot core melt comes into contact with the coolant water. A strong enough steam explosion in a nuclear power plant could jeopardize the containment integrity and so lead to a direct release of radioactive material to the environment. Within the project we investigated and modelled the melt material influence on the steam explosion. Experiments have revealed that there is a significant influence of the melt material properties on the fuel coolant interaction process. The energy efficiency of steam explosions with simulant alumina melt was an order of magnitude larger than with prototypic oxydic corium melt. The experimentally observed differences are mainly attributed to the different crust formation on the melt droplets during the premixing phase. Namely, a thick enough crust prevents the fine fragmentation of the melt droplets during the explosion. Therefore we focused on the modelling of the melt droplets solidification influence on the fuel coolant interaction. We developed an appropriate melt droplets solidification model. The complexity of the model was reasonable accommodated to the intended application and its incorporation in the advanced code MC3D, which is being developed by IRSN, France. When modelling steam explosions one has to determine also if a melt droplet is able to undergo fine fragmentation and thus efficiently participate in the development of the steam explosion by the rapid heat transfer to water. Therefore we developed an appropriate melt droplets fine fragmentation criterion, which considers the influence of the melt droplets surface conditions on the droplets fine fragmentation. The developed solidification influence model was incorporated in the code MC3D. Because MC3D is an Eulerian code, the most appropriate transport quantities to determine the melt droplets conditions had to be established and a procedure for the reconstruction of the droplets conditions had to be developed. The solidification influence model was validated in several steps. The integral validation was performed by simulating experiments, which were carried out in the frame of the OECD SERENA project in the KROTOS (CEA, Cadarache) and TROI (KAERI, Korea) facilities, and experiments in the FARO and KROTOS JRC (JRC Ispra, Italy) facilities. The developed solidification influence model is now incorporated in the official version of the code MC3D.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

Pomembnost raziskav težkih nesreč se je znova pokazala po jedrski nesreči v Fukušimi na Japonskem marca 2011. Analiza nesreče je pokazala, da je v enoti Daiči 3 predvidoma prišlo do parne eksplozije. Parna eksplozija je pojav, do katerega lahko pride med interakcijo staljene reaktorske sredice s hladilom, pri katerem je časovna skala prenosa energije s staljene sredice na vodo manjša od časovne skale za tlačno razbremenitev, in povzroči dinamično obremenitev okoliških objektov. Dovolj močna parna eksplozija v jedrski elektrarni bi lahko imela za posledico porušitev celovitosti zadrževalnega hrama in s tem direkten izpust radioaktivnih snovi v okolje.

Namen projekta je bil raziskovati in modelirati vpliv snovskih lastnosti taline na parno eksplozijo. Eksperimenti so namreč pokazali, da snovske lastnosti taline pomembno vplivajo na proces interakcije taline z vodo (FCI – fuel coolant interaction). Energijski izkoristek parnih eksplozij s simulirno talino aluminijevega oksida je bil za velikostni red večji kot s prototipsko oksidno talino korija (talina reaktorske sredice). Eksperimentalno opažene razlike v obnašanju različnih talin se zlasti pripisuje razlikam v strjevanju talin, to je razlikam v nastanku skorje na kapljicah taline med mešalno fazo parne eksplozije. Formiranje skorje je ena izmed najbolj odločilnih posledic snovskih lastnosti, ki omejuje jakost parne eksplozije. Skorja namreč ovira proces finega razpada kapljic taline med eksplozijo in ga popolnoma prepreči, v kolikor je debelina skorje zadostna. V okviru projekta smo se osredotočili na modeliranje vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline z vodo. Projekt je bil razdeljen v tri delovne sklope, ki so podrobneje opisani v nadaljevanju. Aktivnosti projekta so bile tesno povezane z OECD projektom SERENA (Steam Explosion Resolution for Nuclear Applications), z mrežo odličnosti 7. okvirnega programa EC SARNET (Severe Accident Research NETwork of Excellence) ter z bilateralnim sodelovanjem z IRSN, Francija.

Delovni sklop 1: Razvoj FCI modelov in njihova vključitev v program MC3D

Razvili smo model strjevanja kapljic taline HTMOD (Heat Transfer MODel). Kompleksnost modela smo smiselno prilagodili namenjenu uporabi in vključitvi v napredni računalniški program za simulacijo parnih eksplozij MC3D, ki ga razvijajo na IRSN, Francija. Pri razvoju in validaciji programa sodelujemo tudi člani projektne skupine. Z razvitim modelom HTMOD je možno dovolj natančno napovedati časovni razvoj temperature površine kapljice, temperaturni profil v staljeni mejni plasti, rast staljene mejne plasti, pričetek nastajanja strjene skorje, rast skorje in temperaturni profil v skorji. Vzporedno smo razvili detajlen model strjevanja kapljic taline, s katerim smo validirali model HTMOD.

Pri modeliranju parnih eksplozij je potrebno ugotoviti ali lahko kapljica taline razpade na fine delce in tako s hitrim prenosom toplote na vodo učinkovito sodeluje pri razvoju parne eksplozije. Zato smo razvili ustrezen kriterij razpada kapljic taline, ki upošteva vpliv stanja površine kapljic taline na njihov razpad. Za popolnoma tekoče kapljice taline temelji kriterij na Weberovem številu, za kapljice, kjer se je že začela tvoriti skorja, pa na modificiranem Weberovem številu, kjer vlogo površinske napetosti prevzamejo mehanske lastnosti skorje.

Razviti model HTMOD s pripadajočimi kriteriji za razpad kapljic taline smo vključili v program MC3D. Ker program MC3D temelji na Eulerjevem pristopu, je bilo treba dognati najustreznejše transportne količine za določitev stanja kapljic. Izkazalo se je, da so najprimernejše naslednje transportne količine: notranja energija in velikost kapljic, mehanske lastnosti skorje ter temperaturni gradient na površini kapljic, ki dobro opiše zgodovino ohlajanja kapljic. Z izračunom prenosa mehanskih lastnosti skorje se ohranja sposobnost kapljic, da razpadejo na fine delce, kar je ključnega pomena za ustrezno določitev tlačnih obremenitev med parno eksplozijo. Razvili smo postopek za rekonstrukcijo lastnosti kapljic taline, ki je potreben pri Eulerjevem pristopu zaradi mešanja faze kapljic taline v posameznih računskih celicah in s tem mešanja lastnosti kapljic.

Razviti model vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom je

vključen v uradno verzijo programa MC3D.

Delovni sklop 2: Določitev, izvedba, analiza in interpretacija štirih eksperimentov parne eksplozije

V okviru projekta OECD SERENA smo v sodelovanju s partnerji predlagali štiri eksperimente, ki so jih izvedli na napravi KROTOS (CEA, Cadarache). Namen eksperimentov je bilo raziskovati vpliv snovskih lastnosti prototipske taline na parno eksplozijo. Eksperimente so izvedli v tipičnih pogojih, ki jih pričakujemo v reaktorskih razmerah med izlivom taline sredice v poplavljeni reaktorski votlini, s sledečimi sestavami prototipskega korija:

Mat1: evtektična sestava oksidnega korija - 70% UO₂ / 30% ZrO₂,
Mat2: neevtektična sestava oksidnega korija - 80% UO₂ / 20% ZrO₂,
Mat3: oksidni korij z dodanim neoksidiranim cirkonijem - 70% UO₂ / 15% ZrO₂ / 15% Zr,
Mat4: oksidni korij z dodanimi neradioaktivnimi izotopi cepitvenih produktov v oksidni obliki in dodanim železovim oksidom - 73% UO₂ / 20% ZrO₂ / 4% FeO_{1,5} / 3% različni cepitveni produkti.

Enake eksperimente so v okviru projekta SERENA izvedli tudi na napravi TROI (KAERI, Koreja). Namen eksperimentov s korijem Mat1 in Mat2 je bil raziskovati vpliv evtektične in neevtektične sestave korija na parno eksplozijo. Namen ostalih dveh eksperimentov pa je bil raziskovati vpliv oksidacije taline (Mat3) in velikega temperaturnega območja strjevanja taline na parno eksplozijo (Mat4).

Eksperimente smo analizirali in interpretirali. Pri tem smo si pomagali z računalniškimi simulacijami s programom MC3D. Izkazalo se je, da rezultati eksperimentov na komplementarnih napravah KROTOS in TROI niso bili vedno konsistentni in prav tako niso bili vedno konsistentni z rezultati preteklih eksperimentov. Tako so bile v preteklih eksperimentih na napravi TROI parne eksplozije s korijem Mat1 močnejše kot s korijem Mat2, medtem ko je bilo pri eksperimentih SERENA ravno obratno. Razlike v eksplozivnosti korija evtektične in neevtektične sestave torej niso enoznačne, in ker razlike niso pomembne, nadaljnje raziskave tega pojava s stališča jedrske varnosti niso potrebne. Pri koriju Mat3 se tako v KROTOS kot v TROI napravi ni razvila parna eksplozija, medtem ko so se v preteklih eksperimentih pri simuliranih neprototipskih talinah z večjo vsebnostjo neoksidiranega cirkonija (ZrO₂/Zr) pojavile izredno močne eksplozije. Analiza s programom MC3D je pokazala, da je jakost parne eksplozije zelo odvisna od dinamike oksidacije cirkonija med mešalno in eksplozijsko fazo FCI. Oksidacija med eksplozijsko fazo FCI ojači eksplozijo (sproščena toplota, sproščen nekondenzabilni vodik), med mešalno fazo pa nekateri vplivi ojačijo eksplozijo (zakasnelo strjevanje zaradi sproščene toplote), nekateri pa jo blažijo (večji delež praznin zaradi sproščene toplote). Parna eksplozija s korijem Mat4 je bila na napravi TROI najmočnejša v seriji eksperimentov, na napravi KROTOS pa najšibkejša v seriji eksperimentov z oksidnim korijem. Analiza s programom MC3D je pokazala, da je verjeten razlog za tako močno eksplozijo na napravi TROI zakasnelo strjevanje taline Mat4 zaradi nižje temperature faznega prehoda in velikega območja strjevanja. Razlog za šibko eksplozijo na napravi KROTOS pa bi lahko bilo pozno aktiviranje eksplozije in je bila tako talina ob času eksplozije verjetno že pretežno strjena.

V reaktorskih razmerah bo sestava taline korija kompleksna. Pričakuje se, da bo realna talina korija imela veliko temperaturno območje strjevanja in da bo oksidirala med interakcijo z vodo zaradi vsebnosti cirkonija v kovinski obliki. SERENA eksperimenti s korijem Mat3 in Mat4 so prvi in do sedaj edini eksperimenti s prototipsko talino, ki obravnavajo vpliv oksidacije cirkonija in velikega temperaturnega območja strjevanja. Pomemben vpliv oksidacije in velikega temperaturnega območja strjevanja na FCI še ni dobro razumljen in bo predmet prihodnjih mednarodnih raziskav.

Rezultati projekta SERENA so v skladu z OECD pravili last sodelujočih partnerjev in bodo javno dostopni tri leta po zaključku projekta.

Delovni sklop 3: Validacija razvitih FCI modelov in kriterijev ter določitev optimalnih vrednosti parametrov modelov

Razviti model vpliva strjevanja na interakcijo taline s hladilom smo validirali v več korakih. Z direktno numerično simulacijo smo preverili ustreznost poenostavljenega pristopa modeliranja strjevanja kapljic taline. Kriterij za fini razpad delno strjenih kapljic taline smo validirali na razpoložljivih podatkih eksperimentov, opravljenih s posameznimi kapljicami. Pravilno vključitev modela v program MC3D in ustreznost rekonstrukcije lastnosti kapljic taline smo preverili s številnimi numeričnimi testi.

Integralno validacijo smo opravili s simulacijami eksperimentov izvedenih v delovnem sklopu 2, t.j. eksperimentov v okviru projekta SERENA na napravi KROTOS (CEA, Cadarache), SERENA eksperimentov na napravi TROI (KAERI, Koreja), ter eksperimentov na napravah FARO in JRC KROTOS (JRC Ispra, Italija).

V programu MC3D (in drugih FCI programih) se kapljice taline opiše z enogrupnim pristopom. To pomeni, da v vsaki računski celici celoten spekter velikosti kapljic opišemo z reprezentativno kapljico. Analitično smo pokazali, da ima tak pristop določene pomanjkljivosti pri modeliranju vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom, saj majhne kapljice zmrzujejo hitreje od velikih. Pri enogrupnem pristopu so v vsaki računski celici kapljice taline ali vse tekoče ali vse strjene, medtem ko se v realnosti delež tekočih kapljic zaradi različnih velikosti zvezno zmanjšuje s časom. V začetni fazi strjevanja bomo tako z enogrupnim pristopom v posamezni celici podcenili strjevanje (naša reprezentativna kapljica je še tekoča, medtem ko so v realnosti manjše kapljice že zmrznjene), v kasnejši fazi pa bomo strjevanje precenili (reprezentativna kapljica je že zmrznjena, medtem ko so v realnosti večje kapljice še tekoče). Z enogrupnim pristopom lahko torej vpliv strjevanja ovrednotimo le okvirno (v nekaterih celicah ga bomo precenili, v drugih podcenili). Z analizo strjevanja posamezne kapljice smo pokazali, kako je pri enogrupnem pristopu optimalen kriterij fine fragmentacije odvisen od izbire velikosti reprezentativne kapljice. Če za velikost reprezentativne kapljice vzamemo mediano velikosti kapljic, je optimalen kriterij fine fragmentacije enak kriteriju fine fragmentacije enako velike kapljice. Če pa za velikost reprezentativne kapljice vzamemo npr. Sauterjev povprečen premer (ohranja površino kapljic), ki ga uporablja MC3D in je tipično 30%-50% manjši od mediane velikosti kapljic, je potrebno kriterij fine fragmentacije ustrezno prilagoditi.

Rezultati validacijskih simulacij eksperimentov so se ujemali z identificiranimi posebnostmi enogrupnega pristopa. Če smo za velikost reprezentativne kapljice vzeli mediano velikosti kapljic, se je optimalni kriterij ujema s kriterijem fine fragmentacije enako velike kapljice. Če pa smo za velikost reprezentativne kapljice vzeli Sauterjev povprečen primer, smo dobili ujemanje le, če smo kriterij fine fragmentacije ustrezno prilagodili, v skladu z opravljeno analitično študijo. Prav tako se je pokazalo, da v primeru, ko je eksplozija aktivirana pozno, podcenimo jakost eksplozije, ker je zaradi enogrupnega pristopa strjevanje kapljic takrat precenjeno. Na podlagi primerjav rezultatov simulacij z eksperimentalnimi meritvami smo določili optimalni kriterij fine fragmentacije.

Zaradi identificiranih pomanjkljivosti enogrupnega opisa kapljic taline, program MC3D (in ostale napredne FCI programe) že nadgrajujejo z večgrupnim opisom kapljic taline, pri katerem so kapljice taline razporejene v skupine glede na velikost. Z večgrupnim opisom bodo prišle prednosti razvitega modela vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom še posebej do izraza.

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

Program dela na raziskovalnem projektu je bil v celoti realiziran. Realizirani so bili vsi zastavljeni raziskovalni cilji.

V okviru delovnega sklopa 1 »Razvoj FCI modelov in njihova vključitev v program MC3D« smo:

- Pregledali obstoječo literaturo s področja modeliranja parnih eksplozij.
- Razvili ustrezen model strjevanja kapljic taline za simulacijo stanja kapljic taline in rasti strjene skorje na površini kapljic med mešalno fazo parne eksplozije.
- Razvili detajlen model strjevanja kapljic taline za validacijo.
- Razvili ustrezen kriterij razpada kapljic taline med mešalno fazo, ki upošteva vpliv stanja površine kapljic taline na njihov razpad.
- Razvili ustrezen kriterij fine fragmentacije med eksplozijo, ki upošteva vpliv stanja površine kapljic taline na proces fine fragmentacije.
- Razvite modele in kriterije smo vključili v FCI program MC3D.

V okviru delovnega sklopa 2 »Določitev, izvedba, analiza in interpretacija štirih eksperimentov parne eksplozije« smo:

- Pregledali do sedaj opravljene eksperimente parnih eksplozij, z namenom določitve štirih eksperimentov, ki bi jih bilo najbolj smiselno izvesti za doseg cilja projekta.
- Določili vse štiri eksperimente, ki so jih izvedli na napravi KROTOS v okviru OECD projekta SERENA.
- Pridobili načrtovane eksperimentalne podatke.
- Analizirali in interpretirali eksperimentalne rezultate ter opravili simulacije eksperimentov s programom MC3D.

V okviru delovnega sklopa 3 »Validacija razvitih FCI modelov in kriterijev ter določitev optimalnih vrednosti parametrov modelov« smo:

- Validirali model strjevanja kapljic taline, razvit za program MC3D, na razvitem detajlnem modelu strjevanja kapljic taline.
- Validirali kriterij za fini razpad delno strjenih kapljic taline na razpoložljivih podatkih eksperimentov, opravljenih s posameznimi kapljicami.
- Preverili pravilno vključitev modela v program MC3D in ustreznost rekonstrukcije lastnosti kapljic taline s številnimi numeričnimi testi.
- Validirali razviti model vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline z vodo z eksperimentalnimi podatki pridobljenimi v okviru projekta SERENA na napravah KROTOS in TROI, ter eksperimentov na napravah FARO in JRC KROTOS.
- Določili optimalni kriterij fine fragmentacije s simuliranjem eksperimentov SERENA KROTOS in TROI, ter eksperimentov na napravah FARO in JRC KROTOS.
- Razviti model vpliva strjevanja na interakcijo taline s hladilom smo uspešno uporabili pri izračunih parnih eksplozij v reaktorskih razmerah.

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

/

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	23573287	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj modela strjevanja kapljic taline med interakcijo taline s hladilno vodo
		ANG	Development of melt droplets solidification model in fuel coolant interactions
			Eksperimenti parnih eksplozij so pokazali, da snovske lastnosti taline pomembno vplivajo na proces interakcije taline z vodo. Eden izmed razlogov za opaženo različno obnašanje različnih talin je različno

	Opis	SLO	strjevanje kapljic taline zaradi različnih snovskih lastnosti taline. Razvili smo model strjevanja kapljic taline, s katerim lahko simuliramo rast strjene skorje na površini kapljice med mešalno fazo parne eksplozije, ter kriterije za razpad kapljic. Razvili smo model eksplozije, s katerim upoštevamo vpliv nastale skorje na proces fine fragmentacije med samo eksplozijo.
		ANG	Steam explosion experiments revealed that there is a significant influence of the melt material properties on the fuel coolant interaction process. A reason for this observed significantly different behaviour for different melts could be the probably different melt droplets freezing due to different melt material properties. A melt droplets solidification model, by which the growth of the solid crust on the droplets surface during the premixing phase may be simulated, was developed with corresponding melt droplets fragmentation criteria.
	Objavljeno v	American Society of Mechanical Engineers; Journal of engineering for gas turbines and power; 2010; Vol. 132, no. 7; str. 072901-1-072901-7; Impact Factor: 0.464; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.909; WoS: IU; Avtorji / Authors: Uršič Mitja, Leskovar Matjaž, Mavko Borut	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	24021799	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izboljšano modeliranje vpliva strjevanja med interakcijo taline z vodo za simulacijske programe z Eulerjevo formulacijo
		ANG	Improved solidification influence modelling for Eulerian fuel-coolant interaction codes
	Opis	SLO	Razvili smo modele vpliva strjevanja kapljic taline na parno eksplozijo s pripadajočimi kriteriji za razpad kapljic taline v ustrezni ohranitveni obliki, ki omogoča njihovo uporabo v FCI (fuel-coolant interaction) programih z Eulerjevo formulacijo. Razvite modele smo vgradili v napredni FCI računalniški program MC3D.
		ANG	An improved solidification influence modelling approach for Eulerian fuel-coolant interaction (FCI) codes was developed together with corresponding melt drop break up criteria. The developed models were implemented into the advanced FCI code MC3D in an appropriate conservation form.
	Objavljeno v	North-Holland; Special issue on the International Conference Nuclear Energy for New Europe 2009, September 14 and 17, 2009, Bled, Slovenija; Nuclear Engineering and Design; 2011; Vol. 241, no. 4; str. 1206-1216; Impact Factor: 0.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.949; WoS: RY; Avtorji / Authors: Uršič Mitja, Leskovar Matjaž, Mavko Borut	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	25895719	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje temperaturnega profila v kodah za interakcijo taline s hladilom
		ANG	Temperature profile modelling in fuel-coolant interaction codes
	Opis	SLO	V prispevku je predstavljen model ohlajanja kapljice taline, ki omogoča obravnavo vpliva materialnih lastnosti in pogojev ohlajanja na interakcijo taline s hladilom. Model je dovolj kompleksen, da uspe napovedati razvoj temperaturnega profila, a hkrati dovolj preprost, da ga je mogoče enostavno vgraditi v računalniške kode za interakcijo taline s hladilom. S primerjavo rezultatov matematičnega in poenostavljenega modela smo pokazali, da poenostavljen model omogoča ustrezno obravnavo vpliva materialnih lastnosti in pogojev ohlajanja na interakcijo taline s hladilom.

			<p>To improve the determination of heat and mass transfer in fuel-coolant interaction codes appropriate knowledge of the conditions inside the melt droplets is needed. A simplified mathematical model for the determination of the melt droplet conditions is introduced, considering the material physical properties of the melt droplet. Since the computational demand of the mathematical model would significantly increase the overall computational time of the fuel-coolant interaction codes, a simplification based on the temperature profile approach is presented. The model is simple enough to be practical for the implementation into computer codes and complex enough to consider adequately the material properties.</p>
	Objavljeno v		<p>Pergamon Press.; International journal of heat and mass transfer; 2012; Vol. 55, no. 19/20; str. 5350-5356; Impact Factor: 2.407; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.056; A': 1; WoS: DT, IU, PU; Avtorji / Authors: Uršič Mitja, Leskovar Matjaž</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	25534247	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Simulacija eksplozijskih eksperimentov z aluminijem in korijem opravljenih na napravi KROTOS
		ANG	Simulations of KROTOS alumina and corium steam explosion experiments
	Opis	SLO	<p>Eksperimenti, ki so bili opravljeni na napravi KROTOS, so pokazali, da sestava taline pomembno vpliva na pojav parne eksplozije. Ker se ocenjuje, da strjevanje taline pomembno vpliva na jakost parne eksplozije, smo v prispevku predstavili izboljšani pristop k modeliranju samega strjevanja. Pristop smo ocenili s simulacijo eksperimentov KROTOS s programom MC3D, v katerega smo vgradili razviti model. Izbrali smo eksperimenta K44 (aluminijev oksid) in K53 (korij). Rezultati so potrdili naše domneve.</p>
		ANG	<p>The KROTOS steam explosion experiments revealed important differences in the energy conversion efficiency among the melts. In the presented research we have focuses on the solidification effect which influences directly the strength of the steam explosion. An improved solidification influence model was developed and implemented into the MC3D code. For the assessment of the model the KROTOS alumina K44 and corium K53 explosion experiments were selected and simulated. The simulations support the key role of the solidification in the steam explosion phenomenon.</p>
	Objavljeno v		<p>Elevier; Selected and expanded papers from International Conference Nuclear Energy for new Europe 2010, Portorož, September 6-9, 2010; Nuclear Engineering and Design; 2012; Vol. 246; str. 163-174; Impact Factor: 0.765; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.949; WoS: RY; Avtorji / Authors: Uršič Mitja, Leskovar Matjaž, Mavko Borut</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	2378852	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nagrada za najboljši doktorat na evropskem tekmovanju doktorskih študentov s področja jedrske tehnike
		ANG	Prize for best PhD at European competition of PhD students in nuclear engineering
			Član projektne skupine je prejel nagrado za najboljši doktorat na

	Opis	SLO	evropskem tekmovanju doktorskih študentov s področja jedrske tehnike. Doktorat je opravil v okviru tega projekta. Tekmovanje, ki je potekalo 4. maja 2011 v Nici v Franciji, je organiziralo združenje ENEN (European Nuclear Education Network), ki ga sestavlja 60 članic.
		ANG	A member of the project team was granted the prize for the best PhD at the European competition of PhD students in the field of nuclear engineering. The PhD work was performed in the frame of this project. The competition, which took place on May 4, 2011 in Nice in France, was organized by the European Nuclear Education Network (ENEN), consisting of 60 members.
	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade	
	Objavljeno v	[M. Uršič]; 2011; 134 str.; Avtorji / Authors: Uršič Mitja	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
2.	COBISS ID	26265383	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nosilec projekta je Podpredsednik Skupine za program in Vodja Skupine za analitične aktivnosti projekta OECD SERENA
		ANG	The project leader is the Vice-Chairman of the Program Review Group and the Leader of the Analytical Working Group of the OECD SERENA project
	Opis	SLO	Raziskovalni projekt SERENA (Steam Explosion REsolution for Nuclear Applications) je namenjen reševanju odprtih vprašanj povezanih s parnimi eksplozijami in strategijami obvladovanja težkih nesreč v jedrskih elektrarnah. V raziskovalnem projektu sodelujejo vodilni znanstveniki s tega področja iz Belgije, Kanade, Finske, Francije, Nemčije, Japonske, Koreje, Švedske, Švice, ZDA in Slovenije (IJS). Glavni cilj projekta SERENA je pridobiti iz varnostnega stališča dovolj zanesljive ocene tlačnih obremenitev ob hipotetični parni eksploziji v poplavljeni reaktorski votlini. Projekt obsega eksperimentalne in analitične aktivnosti.
		ANG	The research project SERENA (Steam Explosion REsolution for Nuclear Applications) addresses the remaining issues on fuel-coolant interaction mechanisms and their effect on ex-vessel steam explosion energetics. In the project leading scientists in this field from Belgium, Canada, Finland, France, Germany, Japan, Korea, Sweden, Switzerland, USA, and Slovenia (JSI) are participating. The main goal of the SERENA project is to gain from the safety standpoint enough reliable estimations of the pressure loads during a hypothetical ex-vessel steam explosion in a flooded reactor cavity. The project comprises experimental and analytical activities.
	Šifra	D.03 Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih	
Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Basu S., Piluso Pascal, Hong Seong-Wan, Leskovar Matjaž, Bürger Manfred		
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa		
3.	COBISS ID	26584615	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zaključno poročilo SERENA skupine za analitične aktivnosti
		ANG	SERENA analytical working group outcome document
	Opis	SLO	V obsežnem poročilu SERENA skupine za analitične aktivnosti so predstavljene opravljene raziskave skupine in njeni izsledki. Poročilo obravnava vse ključne pojave med interakcijo taline s hladilom, ki so predstavljeni v sledečih poglavjih: razpad curka taline, porazdelitev taline in pare v mešanici, strjevanje taline, faza eksplozije, modeliranje interakcije taline s hladilom v integralnih kodah. V zaključnem poglavju so povzeti pomembni izsledki.
		In the comprehensive SERENA analytical working group outcome document the activities of the group and their findings are presented. The document	

	ANG	treats all key phenomena during the fuel-coolant interaction, which are presented in the following chapters: jet break-up, melt mass and void in mixture, melt solidification, explosion phase, FCI modeling in integral codes. In the conclusions the important findings are summarized.
Šifra	D.06 Zaključno poročilo o tujem/mednarodnem projektu	
Objavljeno v	s. n.]; 2013; 1 zv. (loč. pag.); Avtorji / Authors: Leskovar Matjaž, Basu S., Brayer C., Buck Michael, Bürger Manfred, Corradini M., Meignen Renaud	
Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	
4.	COBISS ID	22592807 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nosilec projekta je IJS vodja mreže odličnosti 7.OP EU SARNET (Severe Accident Research NETWORK of Excellence)
	ANG	The project leader is the JSI leader of the Network of Excellence 7.FP EU SARNET (Severe Accident Research NETWORK of Excellence)
Opis	SLO	Mreža odličnosti SARNET je bila ustanovljena v sklopu 6. okvirnega programa EU in deluje tudi v 7.OP EU. Namen mreže SARNET je povezovati evropske raziskave na področju resnih nezgod v jedrskih elektrarnah. V mrežo je vključenih 49 akademskih, raziskovalnih in industrijskih ustanov iz 19 evropskih držav ter Kanade, Koreje in ZDA. Skupni program SARNET obsega: integracijske aktivnosti, skupne raziskave, dejavnosti povezane z razširjanjem odličnosti in skupno upravljanje. Spletna stran: http://www.sar-net.eu/
	ANG	The network of excellence SARNET was founded in the 6. framework program of the EU and is active also in the 7.FP EU. The purpose of the SARNET network is to integrate European research on severe accidents in nuclear power plants. SARNET constitutes most of the research capacities and expertise in severe accidents from 49 organisations coming from 19 European countries, Canada, Korea and USA. The SARNET joint program comprises: integrating activities, joint research activities, spreading of excellence activities, and management activities. Web page: http://www.sar-net.eu/
Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov	
Objavljeno v	2009; Avtorji / Authors: Leskovar Matjaž, Uršič Mitja	
Tipologija	3.15 Prispevek na konferenci brez natisa	
5.	COBISS ID	248489216 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Organizacija mednarodne konference "Nuclear Energy for New Europe 2009", Bled, Slovenija, 14-17 september 2009
	ANG	Organization of the International conference "Nuclear Energy for New Europe 2009", Bled, Slovenia, 14-17 September 2009
Opis	SLO	Nosilec projekta je sodeloval pri organizaciji mednarodne konference "Nuclear Energy for New Europe 2009", ki je potekala od 14. do 17.9.2009 na Bledu. Na konferenci je sodelovalo 212 udeležencev iz 27 držav. Na konferenci je bilo predstavljenih 146 prispevkov ter 6 vabljenih predavanj. Nosilec projekta je sourednik konferenčnega CD-ja.
	ANG	The project leader participated in the organization of the International conference "Nuclear Energy for New Europe 2009", which took place in Bled (Slovenia) from September 14 to 17, 2009. The conference was attended by 212 participants from 27 countries. At the conference, 146 papers and 6 invited lectures were presented. The project leader is a coeditor of the conference CD.
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Nuclear Society of Slovenia; 2009; 1 optični disk (CD-ROM); Avtorji / Authors: Cizelj Leon, Končar Boštjan, Leskovar Matjaž	

Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci
------------	------	---

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

V zaključni fazi priprave sta dva SCI članka v sodelovanju s tujimi avtorji:

1. Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, Renaud Meignen (IRSN, Francija), "Melt droplet solidification influence modelling in MC3D code"

V članku bo predstavljen razviti model vpliva strjevanja kapljic taline na interakcijo taline s hladilom in njegova implementacija v program MC3D, ki ga razvija IRSN.

2. Mitja Uršič, Matjaž Leskovar, Manfred Bürger (IKE, Nemčija), Michael Buck (IKE), "Hydrodynamic fine fragmentation of partly solidified melt droplets during vapour explosions"

V članku bo predstavljen razviti model fine fragmentacije kapljic taline, ki temelji na rezultatih eksperimentov s posameznimi kapljicami, ki so jih izvedli na IKE.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Eno izmed najpomembnejših nerešenih vprašanj na področju taljenja sredice med resno nezgodo v jedrski elektrarni je, kakšna je verjetnost nastanka parne eksplozije in kakšne so lahko njene posledice. Dovolj močna parna eksplozija bi lahko imela za posledico porušitev celovitosti zadrževalnega hrana in s tem direkten izpust radioaktivnih snovi v okolje. Eden izmed zaključkov prve faze programa OECD SERENA je, da lahko izračunane tlačne obremenitve pri parnih eksplozijah izven reaktorske posode tudi presegajo nosilnost sten tipične reaktorske votline. Zaradi velikega raztrosa rezultatov simulacij, ki odraža negotovosti razumevanja, modeliranja in skaliranja parnih eksplozij, ne moremo zanesljivo ovrednotiti varnostnih rezerv za parne eksplozije izven reaktorske votline. Na podlagi rezultatov raziskav bomo lahko bolj zanesljivo napovedali tlačne obremenitve med parno eksplozijo.

V okviru projekta smo raziskovali in modelirali vpliv snovskih lastnosti taline na parno eksplozijo. Eksperimenti so namreč pokazali, da snovske lastnosti taline pomembno vplivajo na proces interakcije taline z vodo. Uspeli smo pojasniti, zakaj je energijski izkoristek parnih eksplozij s simulirno talino aluminijevega oksida za velikostni red večji kot s prototipsko oksidno talino korija. Glavni razlog za eksperimentalno opažene razlike je razlika v strjevanju kapljic taline med mešalno fazo parne eksplozije. Vpliv strjevanja taline na interakcijo taline do sedaj ni bil ustrezno obravnavan. Zato smo razvili model strjevanja kapljic taline in kriterij finega razpada kapljic med eksplozijo, ki upošteva vpliv stanja površine kapljic na njihov razpad. Razviti model vpliva strjevanja smo vgradili v napreden evropski program MC3D, ga validirali ter določili optimalne vrednosti modelskih parametrov. Tako smo dobili simulacijsko orodje, ki bo omogočalo bolj realistične simulacije reaktorskih razmer in posledično bolj realistične ocene ranljivosti jedrskih elektrarn za parne eksplozije.

Rezultati raziskovalnega projekta predstavljajo znanstveni prispevek na področju raziskav parnih eksplozij povezanih z jedrsko varnostjo. Pomembno prispevajo k izboljššanemu razumevanju in modeliranju kompleksnega pojava parne eksplozije ter k interpretaciji rezultatov eksperimentov interakcije taline s hladilom.

ANG

One of the most important remaining issues in core melt progression during a severe nuclear reactor accident are the likelihood and the consequences of a steam explosion, which may occur when the hot core melt comes into contact with the coolant water. A strong enough steam explosion in a nuclear power plant could jeopardize the containment integrity and so lead to a

direct release of radioactive material to the environment. One of the outcomes of the OECD SERENA Phase 1 programme is that the calculated loads of ex-vessel steam explosions may also exceed the capacity of typical reactor cavity walls. Due to the large scatter of simulation results, reflecting the uncertainties in steam explosion understanding, modelling and scaling, the safety margin for ex-vessel steam explosions can not be quantified reliably. Based on the research results we will be able to more reliably predict the pressure loads during a steam explosion.

Within the project we investigated and modelled the melt material influence on the steam explosion. Experiments have revealed that there is a significant influence of the melt material properties on the fuel coolant interaction process. We were able to explain why the energy efficiency of steam explosions with simulant alumina melt is one order of magnitude larger than with prototypic oxydic corium melt. The main reason for the experimentally observed differences is the different melt droplet solidification during the premixing phase. Therefore we developed a melt droplet solidification model and a criterion for the droplets fine fragmentation during the explosion, which considers the influence of the droplets surface conditions on the droplets fine fragmentation. The developed solidification influence model was incorporated in the advanced code MC3D, it was validated, and the optimal values of the model parameters were determined. Thus we obtained a simulation tool, which enables more realistic simulations of reactor conditions and consequently a more reliable estimation of the vulnerability of nuclear power plants to steam explosions.

The results of the research project present a scientific contribution in the field of steam explosion research related to nuclear safety. They significantly contribute to the improved understanding and modelling of the complex steam explosion phenomenon and to the interpretation of the results of fuel coolant interaction experiments.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Rezultati raziskovalnega projekta predstavljajo teoretično osnovo za varnostne analize, povezane z varnim in stabilnim obratovanjem JE Krško ter za izpeljavo strokovnih nalog za JE Krško in Upravo RS za jedrsko varnost. Rezultati tako prispevajo neposredno in posredno h krepitvi nivoja varnostne kulture v Sloveniji. Pomembnost raziskav na področju jedrske varnosti (ki zadeva tudi Slovenijo) je še posebej pokazala nesreča v jedrski elektrarni Fukušima na Japonskem marca 2011, kjer je bilo potrjeno, da je napoved nadaljnjega poteka nesreče pomembna za ustrezno ukrepanje in omejevanje posledic.

Rezultati projekta omogočajo oceno verjetnosti in posledic parne eksplozije v JE Krško. Raziskave prispevajo k ustvarjanju, ohranjanju in krepitvi lastnega strokovnega znanja ter omogočajo neodvisnost od tujine pri izdelavi ekspertiz v podporo varnemu obratovanju JE Krško in pri pomoči upravnemu organu pri nadzoru vzdrževanja in obratovanja JE Krško. Raziskave omogočajo tudi sodelovanje v mednarodnih raziskovalnih programih, v okviru katerih imamo dostop do najnovejših znanstvenih spoznanj, eksperimentalnih podatkov in računalniških programov. Vse to prispeva k večji gospodarski rasti in povečanju konkurenčnosti Slovenije.

ANG

The results of the research project form the theoretical basis for safety analyses, related with the safe and stable operation of the Krško nuclear power plant, as well as for the execution of the most demanding expert tasks for the Krško NPP and the Slovenian Nuclear Safety Administration. The results thus directly and indirectly contribute to the level of the safety culture in Slovenia. The importance of research in the field of nuclear safety (which is also relevant for Slovenia) has especially been shown by the accident at the Fukushima nuclear power plant in Japan (March 2011), where it was confirmed, that the prediction of the further course of an accident is important for adequate mitigation and limiting of the consequences.

The results of the project enable the assessment of the likelihood and the consequences of a steam explosion in the Krško NPP. The research contributes to creating, keeping and improving of own technical knowledge, makes independence on foreign expertise in support of safe Krško NPP operation and helps the regulatory body in the inspection of Krško NPP operation and

maintenance. The research enables also the cooperation in international research programs, within which we have access to the latest scientific knowledge, to experimental data and to computer programs. All this contributes to the increase of the economic growth and the increase of the competitive position of Slovenia.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
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"/>
	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/varovanje 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 in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input 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="text"/>	<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			

14.Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Dosežek: Modeliranje temperaturnega profila v kodah za interakcijo taline s hladilom
Vir: URŠIČ, Mitja, LESKOVAR, Matjaž. Temperature profile modelling in fuel-coolant interaction codes. Int. j. heat mass transfer. [Print ed.], 2012, vol. 55, no. 19/20, str. 5350-5356, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.05.052. [COBISS.SI-ID 25895719]

V prispevku je predstavljen model ohlajanja kapljice taline, ki omogoča obravnavo vpliva materialnih lastnosti in pogojev ohlajanja na interakcijo taline s hladilom. Model je dovolj kompleksen, da uspe napovedati razvoj temperaturnega profila, a hkrati dovolj preprost, da ga je mogoče enostavno vgraditi v računalniške kode za interakcijo taline s hladilom. S primerjavo rezultatov matematičnega in poenostavljenega modela smo pokazali, da poenostavljen model omogoča ustrezno obravnavo vpliva materialnih lastnosti in pogojev ohlajanja na interakcijo taline s hladilom.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Dosežek: Vodenje skupine za analitične aktivnosti OECD projekta SERENA
Vir: LESKOVAR, Matjaž, BASU, S., BRAYER, C., BUCK, Michael, BÜRGER, Manfred, CORRADINI, M., MEIGNEN, Renaud. SERENA analytical working group outcome document, (OECD-NEA SERENA project). [S. l.: s. n.], 2013. 1 zv. (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 26584615]

Raziskovalni projekt SERENA (Steam Explosion REsolution for Nuclear Applications) je namenjen reševanju odprtih vprašanj povezanih s parnimi eksplozijami in strategijami obvladovanja težkih nesreč v jedrskih elektrarnah. V raziskovalnem projektu sodelujejo vodilni znanstveniki s tega področja iz Belgije, Kanade, Finske, Francije, Nemčije, Japonske, Koreje, Švedske, Švice, ZDA in Slovenije (IJS). Glavni cilj projekta SERENA je pridobiti iz varnostnega stališča dovolj zanesljive ocene tlačnih obremenitev ob hipotetični parni eksploziji v poplavljeni reaktorski votlini. Projekt obsega eksperimentalne in analitične aktivnosti.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Institut "Jožef Stefan"

Matjaž Leskovar

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/236

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

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, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost 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, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

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](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
D2-64-B5-75-A8-1E-8E-8F-B8-5C-4C-50-03-9D-17-2F-7E-DF-B1-FC

TEHNIKA

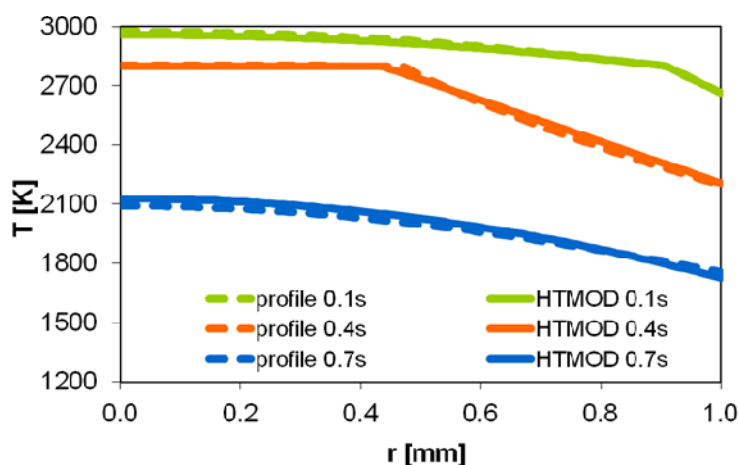
Področje: 2.03 Energetika

Dosežek 1: Modeliranje temperaturnega profila v kodah za interakcijo taline s hladilom

Vir: URŠIČ, Mitja, LESKOVAR, Matjaž. Temperature profile modelling in fuel-coolant interaction codes. Int. j. heat mass transfer. [Print ed.], 2012, vol. 55, no. 19/20, str. 5350-5356, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.05.052. [COBISS.SI-ID 25895719]

Simulacija

temperaturnega profila ob interakciji taline s hladilom za tipično kapljico korija in tipične pogoje. Na sliki je vidno dobro ujemanje poenostavljenega modela (HTMOD) in matematičnega modela (profile).



Da bi izboljšali modeliranje prenosa mase in toplote v računalniških kodah za proučevanje interakcije taline s hladilom, je potrebno zadovoljivo poznavanje pogojev v kapljici taline.

Najprej smo predstavili matematični model, na podlagi katerega smo proučevali vplive materialnih lastnosti taline (aluminijev oksid in korij) in fizikalnih pogojev v kapljici taline (radiacija, konvekcija in kondukcija).

Ker je matematični model računsko zahteven in zaradi tega nepraktičen za vgradnjo v računalniške kode, smo predstavili tudi poenostavljen model ohlajanja kapljice taline. Poenostavljen model je dovolj kompleksen, da uspe napovedati razvoj temperaturnega profila, a hkrati dovolj preprost, da ga je mogoče enostavno vgraditi v računalniške kode. S primerjavo rezultatov matematičnega in poenostavljenega modela smo pokazali, da poenostavljen model omogoča ustrezno obravnavo vpliva materialnih lastnosti in pogojev ohlajanja na interakcijo taline s hladilom.

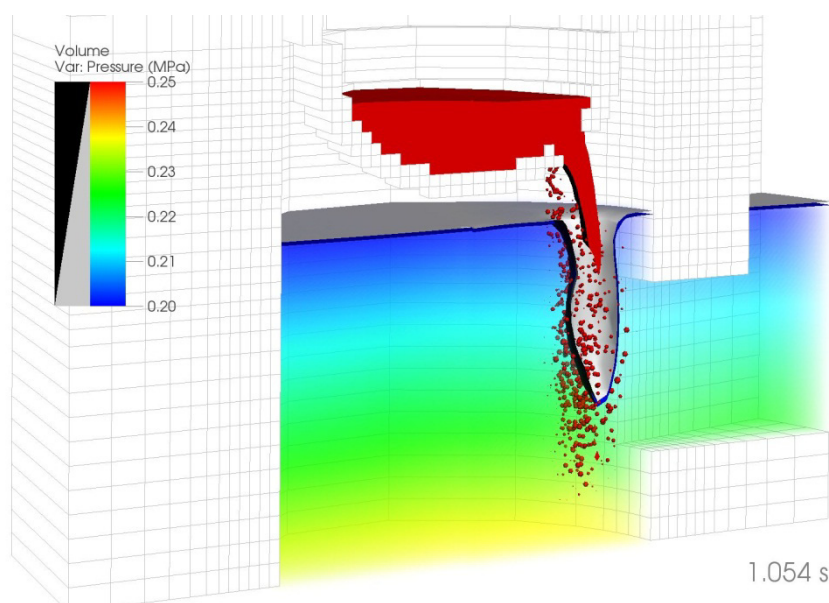
TEHNIKA

Področje: 2.03 Energetika

Dosežek 1: Vodenje skupine za analitične aktivnosti OECD projekta SERENA

Vir: LESKOVAR, Matjaž, BASU, S., BRAYER, C., BUCK, Michael, BÜRGER, Manfred, CORRADINI, M., MEIGNEN, Renaud. SERENA analytical working group outcome document, (OECD-NEA SERENA project). [S. l.: s. n.], 2013. 1 zv. (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 26584615]

3D simulacija
parne eksplozije v
poplavljeni votlini
tlačnovodnega
reaktorja.
Prikazani so izliv
in razpad taline ter
tlak med mešalno
fazo interakcije.



Raziskovalni projekt SERENA (Steam Explosion REsolution for Nuclear Applications) je namenjen reševanju odprtih vprašanj povezanih s parnimi eksplozijami in strategijami obvladovanja težkih nesreč v jedrskih elektrarnah. V raziskovalnem projektu sodelujejo vodilni znanstveniki s tega področja iz Belgije, Kanade, Finske, Francije, Nemčije, Japonske, Koreje, Švedske, Švice, ZDA in Slovenije (IJS). Glavni cilj projekta SERENA je pridobiti iz varnostnega stališča dovolj zanesljive ocene tlačnih obremenitev ob hipotetični parni eksploziji v poplavljeni reaktorski votlini. Projekt obsega eksperimentalne in analitične aktivnosti.