

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2012/8

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	Z2-2334
Naslov projekta	Raziskava zadrževanja in sproščanja plinastega devterija s kovin primernih za ITER
Vodja projekta	20335 Bojan Zajec
Tip projekta	Zt Podoktorski projekt - temeljni
Obseg raziskovalnih ur	3400
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.09 Elektronske komponente in tehnologije 2.09.05 Vakuumistika
Družbeno-ekonomski cilj	05. Energija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.11
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek projekta²

SLO

Namen projekta je pridobiti kvantitativne podatke o zadrževanju in sproščanju devterija s kovin, ki so pomembne za fuzijski reaktor ITER, to je nerjavno jeklo AISI316, W in Be (vse ITER-grade). Projekt je potekal v tesni navezavi z delom na Evropskem fuzijskem programu znotraj asociacije EURATOM-MHEST (Slovenska fuzijska asociacija-SFA) na področju Plasma wall interaction.

Kmalu se je pokazalo, da je predlagana metoda z izpostavo in sledenjem razplinjevanja D₂ premalo občutljiva za kovine z nizko topnostjo (Be, W), na ta način smo pomerili le zadrževanje na nerjavnem jeklu. Zato smo prešli na določevanje interakcije kovin z vodikom (oz. D₂) z metodo permeacije (stacionarni in prehodni tok), ki prav tako omogoča opredelitev absorpcije tritija, dejansko pa omogoča še določitev vseh ključnih parametrov interakcije z vodikom (ali njegovimi izotopi), to je koef. difuzivnosti, koef. topnosti in koef. permeabilnosti. Tako smo dogradili permeacijsko celico, ki drži membrano in visokotlačno komoro. Z inovativnim konceptom tankostenske perm. celice, smo dosegli zelo nizko razplinjevanje ozadja, kar omogoča meritve izjemno nizkih tokov vodika (za zelo nepermeabilne materiale). Zadnji trendi pri raziskavah za DEMO nakazujejo, da bi nanos ustrezne tanke zaporni plasti za vodik lahko predstavljal uspešen način, kako zmanjšati količino zadržanega tritija. Tudi W in Be v fuzijskem reaktorju JET (v projektu "ITER-like wall") sta dejansko v obliki tankih plasti na jeklu Inconel in ne bulk W in Be in enako se načrtuje za ITER. Meritve enoslojnih ("bulk") membran iz W in Be so bile nekoliko problematične zaradi izjemno nizke permeabilnosti W oz. puščanja Be membran. Zelo uspešno pa smo pomerili tanke plasti Be/Eurofer-u in W/Eurofer-u, identične plasti so uporabljene za JET v projektu "ITER-like wall" in Be-W plast na Eurofer jeklu. Izkaže se, da je njihova permeabilnost precej večja od ustreznih bulk materialov. najvišjo doslej objavljeno učinkovitost zaporne plasti smo pomerili za 5μm TiAlN plast. Ker je večji del projekta obsegal meritve permeacije skozi dvoplastne membrane (tanek film in debel substrat), za katere ne obstaja poznanih modelov, je del aktivnosti je bil tako posvečen tudi študiju in razvoju modelov, ki so ključni za tolmačenje dobljenih eksper. rezultatov, saj je potrebno za določitev parametrov tanke plasti ustrezno "odšteti" vpliv samega substrata. Razvili smo kriterij, kako in kdaj je moč zgolj iz meritev prehodnega permacijskega toka določiti ali imamo opravka z neučinkovito plastjo ali z defekti.

V sodelovanju z več skupinami (NILPRP-Romunija, Inst. for Surface Techn.&Photonics-Avstrija, Close support unit,Garching-Nemčija) smo pridobili relevantne tanke plasti in bulk vzorce. V okviru tega projekta smo objavili 5 člankov v revijah IF, od tega 4 članki v revijah, ki so v prvi četrtini. Vseh pet člankov ima kategorijo A' eden pa še A". Prav tako je imel nosilec projekta dve vabljeni predavanji iz tematike projekta.

ANG

The scope of the proposed project is to measure and thus quantify deuterium retention and release from ITER-relevant metals, i.e. AISI316 stainless steel, Be and W (all ITER-grade). This project was related to our work on the European fusion program within the Association EURATOM-MHEST in the field of Plasma Wall Interaction. Rather soon it was realized that the proposed Infusion in D₂ and monitoring of subsequent outgassing is not sufficiently reliable technique for low-solubility metal (such as Be and W), only AISI316 measurements were successful. Consequently we decided to determine hydrogen (and its isotopes) interaction by hydrogen permeation technique (steady-state and transient permeation). This technique enables assessment of deuterium retention along with the determination of all hydrogen diffusive transport parameters (hydrogen solubility, diffusivity and permeability coef.). We upgraded our UHV system with an innovative thin-walled permeation cell that has very low intrinsic outgassing rate which determines the background signal. This enables measurement of H permeation fluxes through extremely impermeable materials. Recent trends in fusion research demonstrate that the needed W and Be armor is not feasible in bulk but in thin-film form (cf. "ITER-like wall" project in JET). Moreover, hydrogen permeation barriers in the form of the coated thin films could also significantly reduce the unwanted tritium retention in the first wall. H perm. measurements of bulk (single layer) Be and W membranes were rather problematic due to high conc. of native H in W and its extremely low permeability, and due to mechanical failures of Be membranes. We were very successful at the determination of H transport parameters for Be/Eurofer and W/Eurofer two-layer membranes, identical (same deposition method) thin Be and W films are used in JET for "ITER-like wall" project. We also measured the Be-W film on Eurofer. Surprisingly all those films exhibited much higher permeability and solubility than predicted from known (though very scattered) bulk properties. The highest permeation reduction factor (20,000) we measured for 5μm TiAlN film on Eurofer, the highest published value so far. Large part of the project represented H perm. measurements through two-layer membranes (thin film on thick supporting substrate), which means that substrate contribution needs to be "subtracted" to extract thin film parameters. Almost no such models existed and we developed models that enabled extraction of H transport

parameters of film. A criterion was developed that elucidates when and how a defective barrier film can be identified from the permeation measurements alone.

Thin films and bulk samples were obtained from cooperation with several foreign research groups (NILPRP-Romania, Inst. for Surface Techn.&Photonics-Austria, Close support unit, Garching-Germany). 5 articles were published in journal with IF, 4 of those in 1st quarter. Project leader had two invited talks.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V prvih mesecih izvajanja projekta smo ugotovili, da meritve zadrževanja devterija na nerjavnem jeklu ITER-grade AISI 316 ne bo možno izvesti z metodo 1, ker ni možno enostavno izdelati ustrezne vakuumske posode iz bloka (6x23x40cm) jekla, ki smo ga dobili. Zato smo se lotili sistematičnih in dolgotrajnih meritev z metodo 2 (izpostava vzorca devteriju v stekleni oz. glinični cevi v peči). Raziskovali smo vpliv 24h izpostave devteriju pri tlakih 0.1 in 0.01 mbar in temperaturah 100, 250 in 400°C. Pred izpostavo je bilo potrebno z dolgotrajnim (200h) segrevanjem pri 400°C zadovoljivo znižati razplinjevanje vodika, ki je že naravno v vzorcu. Le tako je potem moč med samo izpostavo devteriju dejansko zaslediti padanje tlaka zaradi absorpcije D₂, sicer bi ga preglasilo naraščanje tlaka zaradi izhajanja vodika. Po pričakovanjih se

največ devterija absorbira/adsorbira pri izpostavi pri 400°C in 0.1 mbar, to je 2.6×10^{16} at. D/cm². Presenetljivo pa je, da začetni tlak devterija med 24h izpostavo le malo upade, se pa zelo spremeni sestava samega plina. Na začetku je čisti devterij, po koncu izpostave pa je največ molekul HD, sledijo skoraj enaki deleži H₂ in D₂. To kaže na intenzivno izotopsko izmenjavo, ki se izkaže kot glavni mehanizem pri zadrževanju vodika na kovinah. V primeru izpostave pri 400°C smo merili tudi sproščanje devterija (in ostalih plinov) po izpostavi. Izkaže se da v prvih 24h pri 400°C sprosti kvečjemu 1/10 zadržanega devterija večinoma v molekulah HD. Slednje kaže, da se del devterija absorbira v notranost vzorca. Rigorozen izračun napake pokaže, da so rezultati obremenjeno z napako med 25-54%. Posebno meritve pri nizkih temperaturah in tlakih izpostave so na sami detekcijski meji merilnih instrumentov, tako da nismo merili izpostav pod 0.01 mbar.

V nadaljevanju smo z enako metodo merili zadrževanje na ITER-grade Be vzorcih. Za znižanje začetnega razplinjevanja vodika, ki je že naravno v vzorcu je bilo potrebno 600h segrevanja pri 400°C. Same meritve zadrževanja devterija na 400°C so bile problematične, ker vzorec takorekoč ni absorbiral/adsorbiral nič devterija – tlak skorajda ni padal. Dejansko je bilo vedenje tlaka skoraj enako kot če vzorca ne bi bilo v stekleni cevi (enako kot »blank run«). Seveda pa je bila prisotna intenzivna izotopska izmenjava. Rezultati teh meritev kažejo da je tudi pri najvišji temperaturi in tlaku (400°C, 0.1mbar) napaka določitve zelo velika. Glavni vzrok je nizka topnost Be za vodik. Pri tlaku 0.01 mbar D₂ smo tako ocenili, da se zadrži $\approx 2.7 \times 10^{15}$ at. D/cm².

Podobno je bilo z meritvijo ITER-grade W vzorcev pri 800°C in 0.01 mbar D₂, kjer se omenjenim težavam pridruži še možnost disociacije D₂ molekul v atome in izotopska (H-D) izmenjava tudi v sami glinični cevi. Ocenili smo da se zadrži okoli 3×10^{15} at. D/cm², v 24h po izpostavi se sprosti le 3.8×10^{14} at. D/cm².

Zaradi omenjenih nepremostljivih težav smo začeli razmišljati o alternativni metodi meritve in se naposled odločili za meritve permeacije vodika skozi vzorce iz preiskovanih materialov. Tako smo v letu 2009 popolnoma prenovili in preuredili obstoječi vakuumski sistem (UVV) in dogradili permeacijsko celico, ki drži membrano in visokotlačno komoro. Ker smo pričakovali zelo nizke vrednosti permeacijskega toka (zaradi nizke topnosti za vodik), smo veliko pozornosti namenili znižanju razplinjevanja permeacijske celice pri visokih temperaturah, ki določa spodnjo detekcijsko mejo. To smo naposled dosegli z inovativnim konceptom tankostenske permeacijske celice, ki omogoča vgradnjo membrane do $\phi=40$ mm. Zadeva je bila predstavljena na konferenci ISOHIM 2009 (Chennai, Indija) in na AVS 56th International Symposium & Exhibition (San Jose, CA, ZDA) in v članku "Sensitivity enhancement in hydrogen permeation measurements" J. Vac. Sci. Techn. A, vol 28 (2010), p.578.

V letu 2010 smo se ukvarjali z meritvami permeacije vodika skozi Be (bulk) membrano, prav tako pa smo se ukvarjali tudi z določitvijo permeabilnosti (in ostalih parametrov, ki določajo

interakcijo z vodikom) tankih plasti na osnovi Be in W, nekaj pa tudi SiO_xN_y . Zadnji trendi pri raziskavah za DEMO nakazujejo, da bi nanos ustrezne tanke zaporni plasti za vodik lahko predstavljal uspešen način, kako zmanjšati količino tritija, ki se absorbira v stene reaktorja in ostale dele pomožnih sistemov. Prav tako je tudi W in Be v fuzijskem reaktorju JET (v projektu "ITER-like wall") dejansko v obliki tankih plasti na jeklu Inconel in ne bulk W in Be.

Določevanje parametrov interakcije z vodikom za materiale, ki imajo zelo nizko topnost in/ali difuzivnost za vodik, je edino možno zanesljivo pomeriti z meritvijo permeacije skozi tanke plasti iz takega materiala. Ta tanka plast mora biti seveda nanesena na substrat z mnogo višjo in znano permeabilnostjo (ki omogoča mehansko trdnost tanki plasti), tako da imamo opravka z dvoplastno membrano. Seveda smo se trudili dobiti rezultate tudi po bolj direktni poti – z meritvami skozi enoplastno (bulk) membrano iz Be in W. Ker so vse omenjene membrane z dodatnim nanosom dejansko dvoplastne strukture, je modeliranje permeacije vodika skozi njih precej bolj zahtevno in manj znano. Del aktivnosti je bil tako posvečen tudi študiju in razvoju modelov, ki so ključni za tolmačenje dobljenih eksper. rezultatov, saj je potrebno za določitev parametrov tanke plasti ustrezno "odšteti" vpliv samega substrata. Pri zelo zapornih plasteh so velika nevarnost defekti/razpoke, ki navidezno znižajo učinkovitost. Razvili smo kriterij, kako in kdaj je moč zgolj iz meritev prehodnega permacijskega toka določiti ali imamo opravka z neučinkovito plastjo ali z defekti. Članek je objavljen v "Hydrogen permeation barrier - recognition of defective barrier film from transient permeation rate", Int. J. hydrogen energy., 2011, vol. 36, issue 12, str. 7353-7361.

Nizko detekcijsko mejo permacijskega toka za naš merilni sistem smo določili z meritvijo permeabilnosti 5 um plasti TiAlN nanešene na 0.5 mm disk iz Eurofer jekla pri 400°C (Eurofer jeklo bo konstrukcijski material vakuumske posode fuzijskega reaktorja DEMO). Permeacija je bila zmanjšana do 20000x, oz. najmanjša gostota toka vodika, ki smo jo uspeli zanesljivo pomeriti je znašala le 4×10^{-10} mol H_2/m^2 s. Ta študija je sicer večinoma potekala v okviru projekta MNT ERA net: Hy-nano, rezultate pa smo objavili v članku "Hydrogen permeation through TiAlN-coated Eurofer'97 steel" v reviji Surface & Coatings Technology (2011), vol. 205, str. 2709-2713

Zelo veliko časa smo posvetili meritvam permeacije skozi bulk Be membrano. Dve ITER-grade Be membrani z debelino 0.125 mm in dve z 0.25 mm proizvajalca Brush Wellman (skupna cena cca. 2500 eur) smo skušali pomeriti, vendar neuspešno. Kljub zelo skrbnemu ravnanju sta se obe tanjši membrani pretrgali zaradi majhne necentričnosti obeh zlatih tesnilk pri zatesnitvi. Po spremembi permacijske celice in uporabi debeljši Be membran pa se je izkazalo, da ima vsaka od membran majhno netesnost, ki je lahko posledica sintranja (proizvodni postopek) ali pa nastane zaradi raztezkov (izpostava 1 baru H_2 pri $T=400^\circ\text{C}$).

Plasti volframa debeline 10 um na Eurofer jeklo so nanesli z metodo magnetronskega naprševanja in ionske implantacije v skupini dr. C. Ruseti na National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics (NILPRP), ki je vodilni inštitut v Romuniji in celo v Evropi, ki obvlada nanos obstojnih in gostih plasti volframa z izjemnimi termomehanskimi lastnostmi potrebnimi za fuzijski reaktor. Meritve smo opravili na 2 enakih vzorcih, natančna analiza je pokazala, da je se parametri nanešenega W bistveno razlikujejo od objavljenih vrednosti za bulk W, pasti za vodik so zelo pomembne. Najbolj presenetljiva je bila razmeroma nizka učinkovitost W zaporne plasti. Objavili smo članek "Hydrogen diffusive transport parameters in W coating for fusion applications", J. nucl. mater., 2011, vol. 412, issue 1, str. 116-122

Ukvarjali smo se tudi z meritvami permeacije vodika skozi SiO_xN_y plasti, predvsem z vidika njihove visoke zaporne učinkovitosti za vodik. Plasti so pripravili v skupini dr. Waldhauserja, Institute for Surface Technologies and Photonics, Joanneum Research, Avstrija.

Plasti berilija debeline 8 mikrometrov pa so nanesli z metodo termoionskega vakuumskega obloka v skupini dr. C Lunguja, ki je na istem inštitutu NILPRP. Njegova skupina nanaša Be na Inconel plošče za JET za izvedbo projekta "ITER-like wall". Tudi te Be plasti so dosegle najboljše rezultate pri termomehanskih testih. V zahtevnih in dolgotrajnih meritvah smo merili preko 10 vzorcev, problemi so bili predvsem s ponovljivostjo. Izkazalo se je, da je Be plast nekoliko porozna, kar je povzročilo zelo majhno netesnost, ki pa je lahko povzročila delno oksidacijo Be plasti. Probleme smo reševali z več pristopi (dušikova atmosfera pred izpostavo vodik, dodatni nanos Ag plasti pod Au tesnilko, določanje učinka vodne pare, analize površine z XPS, SEM itd.). Učinek zaporne plasti je znašal med 15 in 140. Tudi tu se je pokazala zelo velika razlika med parametri tanke Be plasti in objavljenimi vrednostmi za bulk Be (čeprav imajo slednji

zelo velik raztros, podobno kot pri W). O preliminarnih rezultatih smo poročali na več mednarodnih konferencah in tudi v objavi v članku "Hydrogen permeability of beryllium films prepared by the thermionic vacuum arc method", Fusion eng. des., 2011, vol. 86, no. 9/11, str. 2421-2424. V času trajanja projekta (in tudi kasneje) smo se veliko ukvarjali z ustrezno interpretacijo dobljenih rezultatov skozi te Be plasti. Tako smo prišli do ugotovitve, da so defekti (mikro vrzeli) v Be plasti poglobitvenega pomena za raztros. Prav tako je majhna netesnost (ki je zaradi poroznosti Be plasti, ni bilo mogoče odpraviti) prispevala k dodatnemu zmanjšanju permeabilnosti. Z natančno analizo smo izluščili dejansko permeabilnost Be, $P_{Be} \approx 1.9 \cdot 10^{-14}$ mol H_2/m s $Pa^{0.5}$. Ta analiza je pripravljena za objavo v članku, ki ga bomo v marcu 2012 poslali v revijo J. Nuclear Materials.

V letu 2011 (jan.-apr.) smo nadaljevali z meritvami permeacije skozi tanke filme SiN na Eurofer substratu (v sklopu meritev skozi SiO_xN_y plasti). Permeabilnost SiN plasti se izkaže za zelo odvisno od konc. vodika v plasti, najboljši učinek zaporne plasti je bil preko 2000. Izsledki so pripravljene za objavo v reviji Acta Materialia.

Veliko časa smo posvetili meritvam permeacije skozi "bulk" W membrane (ITER-grade, 0.5mm debelina), kjer se je izkazalo, da je zopet potrebno dolgotrajno pregrevanje na 400°C da se zniža razpiljevanje same membrane. Odločilna je bila tudi orientacija kristalnih zrn (anizotropija) glede na ravnino membrane, saj lahko pri neprimerni orientaciji pride do porušitve membrane zaradi tlačnih napetosti med meritvijo. Meritve so potekale na spodnji detekcijski meji, koef. permeabilnosti smo določili $P_W = (0.46-2.1) \times 10^{-14}$ mol H_2/m s $Pa^{0.5}$.

Raziskovali smo tudi Be-W plasti (1um) nanešene z metodo termoionskega vakuumskega obloka v skupini dr. C Lunguja. Take plasti lahko nastajajo v fuzijskem reaktorju med samim delovanjem, saj poteka intenzivna migracija materiala. Izkazalo se je da imajo majhno zaporno vrednost, ta je podobna najslabšim vzorcem Be filma.

Še enkrat velja poudariti, da smo razvili matematično-fizikalne modele, ki omogočajo iz meritev (prehodnega) permeacijskega toka skozi dvoplastno membrano, določiti parametre interakcije z vodikom za tanko zaporno plast. Dosedaj se ta pristop ni uporabljal razen v najbolj preprostem primeru (stacionarni permacijski tok), ki omogoča določiti le koef. permeabilnosti P.

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

Projekt se je izvajal po predloženem planu dela kar se tiče materialov, ki naj bi bili raziskani (nerjavno jeklo AISI316, Be in W). Zaradi nepredvidljivih tehničnih težav smo prešli na določevanje interakcije kovin z vodikom (oz. devterijem) z metodo permeacije (steady-state in transient), ki prav tako omogoča opredelitev absorpcije tritija, dejansko pa omogoča določitev vseh ključnih parametrov interakcije z vodikom (ali njegovimi izotopi), to je koef. difuzivnosti, koef. topnosti in koef. permeabilnosti.

Ker sodelujemo tudi v Evropskem fuzijskem programu znotraj asociacije EURATOM-MHEST (Slovenska fuzijska asociacija-SFA) na področju Plasma wall interaction (EURATOM WP10-PWI-01-02-04/MHST/BS) smo v stalnem stiku s trenutnimi raziskavami v zvezi z materiali za prvo steno fuzijskega reaktorja in tako lahko dejansko pomerimo materiale, ki so najbolj aktualni in za katere so parametri interakcije z vodikom neznani ali slabo določeni.

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	24636967	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Parametri interakcije z vodikom volframove plasti za fuzijske namene
			Hydrogen diffusive transport parameters in W coating for fusion

		ANG	applications
Opis	SLO		Opisana je meritve permeacije vodika skozi dvoslojno membrano: substrat iz jekla Eurofer, nanj je nanešena 10 um plast W z metodo magnetronskega napaševanje in ionske implantacije (ang. CMSII). Take W plasti so vgrajene v JET (fuz. reaktor) in so aktualne tudi za ITER. So edine W plasti, ki so prestale zahtevne termomehanske teste, nič pa ni znano o njihovih interakcijah z H izotopi. Z meritvijo stacionarne in prehodne permeacije (pri 400°C) in dobrim poznavanjem modelov smo določili difuzivnost, topnost in permeabilnost vodika v tanki W plasti. Visoko topnost smo pojasnili z pastmi za vodik.
	ANG		Combined magnetron and ion implantation (CMSII) techn. is currently the only W deposition method that passed demanding thermomechanical tests for the first wall of fusion reactors. CMSII W coated CFC tiles are currently installed in JET and are an option for ITER. We evaluated the unknown hydrogen interaction of such 10um W coatings on Eurofer substrate (two layer membrane) by careful hydrogen permeation measurements and analysis. We extracted all H diffusive trans. param.: diffusivity, solubility and permeability of thin W layer. High solubility was explained by H traps in tungsten layer.
Objavljeno v			North-Holland; Journal of nuclear materials; 2011; Vol. 412, issue 1; str. 116-122; Impact Factor: 1.275; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.857; A': 1; WoS: PM, RY, ZQ; Avtorji / Authors: Zajec Bojan, Nemanič Vincenc, Ruset Cristian
Tipologija			1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	24679207	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO		Zaporne plasti za vodik -- odkrivanje defektov v zaporni plasti zgolj na podlagi prehodne permeacije vodika
	ANG		Hydrogen permeation barrier - recognition of defective barrier film from transient permeation rate
Opis	SLO		V članku predstavim teoretični model, ki napove vedenje permeacijskega toka vodika skozi dvoslojno membrano (debel substrat z nanešeno tanko zaporno plastjo - filmom) za primer zaporne plasti brez defektov (mikroskopsko majhnih luknjic) in za primer z defekti. Rezultat je kriterij, ki določa v katerih primerih in kako je mogoče zgolj z opazovanjem prehodnega permeacijskega toka vodika (ali njegovih izotopov) ugotoviti, če imamo opravka z defektno zaporno plastjo. Slednje je bistvenega pomena, saj je te defekte takorekoč nemogoče najti z mikroskopiranjem, ker so zelo majhni in redko posejani.
	ANG		Hydrogen permeation barrier films often exhibit lower efficiency than anticipated. The cause could be defects in the barrier film, high permeability of the defect-free (dense) barrier film, or a combination of both. This study addresses the recognition of the defects in the hydrogen permeation barrier films using the hydrogen permeation rate transient evolution analysis and suitable mathematical models have been developed. An experimentally useful criterion is derived when and how the permeation through the defects in the barrier layer can be recognized and its extent determined.
Objavljeno v			Pergamon Press.; International journal of hydrogen energy; 2011; Vol. 36, issue 12; str. 7353-7361; Impact Factor: 4.053; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.031; A': 1; WoS: EI, HQ, ID; Avtorji / Authors: Zajec Bojan
Tipologija			1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	24629799	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO		Permeacija vodika skozi Be filme nanešene z metodo termoionskega

			vakuumskega obloka
		ANG	Hydrogen permeability of beryllium films prepared by the thermionic vacuum arc method
	Opis	SLO	Filmi na osnovi Be bodo v prihodnosti prekrivali večji del prve stene fuzijskega reaktorja. Morfologija, adhezija in obstojnost Be filmov nanešenih z metodo termionskega vakuumskega obloka je kompatibilna z zelo zahtevnimi termomehanskimi obremenitvami. Vseeno pa lahko taki filmi vsebujejo defekte, ki povsem spremenijo kinetiko tricijeve interakcije. V članku objavljamo rezultate meritve vodikove permeacije pri 400°C skozi 8µm plasti Be nanešenega na Eurofer z opisano metodo.
		ANG	Beryllium films will be used in fusion reactors as the first wall tile coating in the near future. The morphology, adhesion and thermal stability of Be films deposited by the thermionic vacuum arc (TVA) method have been confirmed to be compatible with extremely high thermomechanical demands. Actual Be films used in the future plasma experiments may contain defects causing unwanted porosity which may change the tritium interaction kinetics. Here, we present results of hydrogen permeation at 400°C through 8 micrometer thick Be films deposited by the TVA method on Eurofer membranes.
	Objavljeno v		North Holland; Proceedings of the 26th SOFT 2010, 26th Symposium on Fusion Technology, September 27 - October 1, 2010, Porto, Portugal; Fusion Engineering and Design; 2011; vol. 86, no. 9/11; str. 2421-2424; Impact Factor: 1.143; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.857; A': 1; WoS: RY; Avtorji / Authors: Nemanič Vincenc, Zajec Bojan, Žumer Marko, Porosnicu Corneliu, Lungu Cristian P.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID		23733287 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izboljšanje občutljivosti pri meritvah permeacije vodika
		ANG	Sensitivity enhancement in hydrogen permeation measurements
	Opis	SLO	V članku predstavimo inovativen koncept tankostenske permeacijske celice iz nerjavnega jekla, ki ima posledično zelo nizko razplinjevanje. Slednje predstavlja zelo majhen prispevek k skupnemu toku vodika in omogoča meritve zelo nizko permeabilnih kovinskih membran. Naše meritve pokažejo, da lahko izmerimo permeacijske toke do $j \sim 1E-9$ mbar L/(cm2s) na membrani s površino 8.4 cm2.
		ANG	For hydrogen permeation measurements through rather impermeable metal membranes it is very challenging to suppress the hydrogen background outgassing flux to the level when it represents only a fraction of the permeation flux. The authors present an innovative thin-walled stainless steel permeation cell design that results in efficient hydrogen background suppression. When implemented in an all metal UHV system, low permeation flux density of hydrogen down to $j \sim 1E-9$ mbar L/(cm2 s) could be measured on disk-shaped membranes having an area of 8.4 cm2.
	Objavljeno v		Published for the Society by the American Institute of Physics; Journal of vacuum science & technology; 2010; Vol. 28, no. 4; str. 578-582; Impact Factor: 1.286; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.159; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Nemanič Vincenc, Zajec Bojan, Žumer Marko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID		24018471 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Permeacija vodika skozi TiAlN film na Eurofer jeklu.
		ANG	Hydrogen permeation through TiAlN-coated Eurofer '97 steel

Opis	SLO	Jeklo Eurofer'97 je namensko jeklo z znižano aktivacijo za fuzijske reaktorje (DEMO). To jeklo dobro raztaplja vodikove izotope. V članku smo preučili vpliv tanke TiAlN plasti na permeabilnost vodika pri 400°C. Izkazuje se da 5µm TiAlN plast zniža permeacijski tok skozi 0.5mm debel Eurofer substrat do 20,000 krat, kar je mnogo več kot katerakoli doslej objavljena zaporna plast.
	ANG	EUROFER '97 steel, which has already been chosen for the DEMO reactor, although possessing reduced activation, remains very susceptible to hydrogen. In this study we have looked at the effectiveness of thin, TiAlN coatings with respect to the permeability of hydrogen at 400 °C. Our results reveal that the coating forms a columnar structure, with evidence of epitaxy at the substrate-coating interface, and that this coating can produce a permeation-reduction factor for hydrogen of up to 20,000. This is substantially higher than any other coating reported for this type of steel.
Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2011; Vol. 205, no. 8/9; str. 2709-2713; Impact Factor: 2.135; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.159; A": 1; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: McGuinness Paul J., Čekada Miha, Nemanič Vincenc, Zajec Bojan, Rečnik Aleksander	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine^Z

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	23552551	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Permeacija vodika skozi membrano iz jekla Eurofer	
	ANG	Hydrogen permeation through Eurofer membrane	
Opis	SLO	Predstavili smo nov koncept tankostenske permeacijske celice, ki ji je z razmeroma kratkim razplinjevanjem znižati razplinjevanje. Podana je tudi primerjava s klasično celico, ki ima masivne stene. Nov koncept omogoča zanesljivo meriti tudi zelo majhne permeacijske tokove, kar smo pokazali z meritvijo vodika skozi membrane iz jekla Eurofer in Eurofer + TiAlN zaporno plastjo.	
	ANG	A new concept of thin-walled permeation cell has been presented. Such cell can be degassed much faster compared to traditional one (thick-walled). Its low outgassing value enables reliable measurements of very low permeation flux such that arise during measurements through metal membranes with low H solubility. New permeation cell has been tested with Eurofer steel membrane coated with TiAlN coating serving as H barrier.	
Šifra	B.04 Vabljen predavanje		
Objavljeno v	Department of Mechanical engineering, Department of physics, Indian Institute of technology; Book of abstracts; 2009; Str. 16; Avtorji / Authors: Zajec Bojan, Nemanič Vincenc		
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
2.	COBISS ID	23973415	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Interakcije vodika in devterija s kovinami pomembnimi za ITER	
	ANG	Hydrogen and deuterium interaction with ITER-relevant metals	
Opis	SLO	V vabljenem predavanju je bil predstavljen večji del dotodanjega dela na tem projektu: meritve zadrževanja devterija na jeklu ITER-grade AISI316 in Be z metodo izpostave D2 atmosferi pri določeni temp. in tlaku in opazovanju količine in sestave oddanega plina pri evakuaciji posode (metoda 2). Predstavljene so bili tudi preliminarni rezultati meritev	

		permeacije vodika skozi Be/Eurofer in W/Eurofer membrane.
	ANG	Major part of the work done (until then) within the current project has been presented: deuterium retention on ITER-grade AISI316 and Be (bulk) was determined by infussion/outgassing method (method 2). In addition to this, preliminary results and analysis of hydrogen permeation measurements through /Eurofer in W/Eurofer membranes were given.
Šifra	B.04	Vabljen predavanje
Objavljeno v	Tribun EU s.r.o.; Programme and book of abstracts; 2010; Str. 102; Avtorji / Authors: Zajec Bojan	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
3.	COBISS ID	23973671 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Različne tanke plasti in njihova primernost kot zaporna plast za vodik
	ANG	Evaluation of various thin films as a hydrogen permeation barrier
Opis	SLO	V prispevku poročamo o našem merilnem sistemu za meritve permeacije vodika, teoriji in modelih, ki opisujejo permeacijo vodika in rezultatih in analizi meritev permeacije vodika skozi TiAlN in Be plast na Eurofer substratu.
	ANG	We reported on the experimental setup used for hydrogen permeation measurements, theoretical backgrounds for hydrogen permeation models and results of permeation measurements through TiAlN and Be films on Eurofer substrate.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	Chemistry Department, Lomonosov Moscow State University; Book of abstracts; 2010; Zv. 1; str. 141; Avtorji / Authors: Zajec Bojan, Nemanič Vincenc, Žumer Marko	
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Poster na 7. konferenci fizikov v osnovnih raziskavah:

ZAJEC, Bojan. Zaporna plast za vodik : neučinkovita plast ali učinkovita plast z luknjami. V: HUMAR, Matjaž (ur.), ŠKARABOT, Miha (ur.). 7. konferenca fizikov v osnovnih raziskavah, Portorož 2010. Zbornik povzetkov. Ljubljana: DMFA - založništvo, 2010, str. 75. [COBISS.SI-ID 24294695]

Poster na mednarodni konferenci in znanstveni prispevek:

ZAJEC, Bojan, NEMANIČ, Vincenc, POROSNICU, Corneliu, LUNGU, Cristian P. Measurements of hydrogen permeability through beryllium films prepared by the thermionic vacuum arc methods. V: TRKOV, Andrej (ur.), LENGAR, Igor (ur.). International Conference Nuclear Energy for New Europe 2010, Portorož, Slovenia, September 6-9, 2010. Proceedings. Ljubljana: Nuclear Society of Slovenia, 2010, 9 str. [COBISS.SI-ID 24294951]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Ugotovili smo, da meritve zadrževanja devterija z metodo izpostave nizkemu tlaku D2 in opazovanja sprememb tlaka in sestave (morebitna izotopska izmenjava H-D) ni dovolj zanesljiva metoda za materiale z nizko topnostjo (z nizko itenziteto zadrževanja) (npr. Be in W). Problem nastopi, ker pričakovano zadrževanje in izotopska izmenjava nastopa v primerljivi jakosti tudi, ko ni vzorca ("blank run") kar privede do slabega razmerja signal/ozadje. Prav tako ni dobro jasno od kje dobimo molekule HD: s sten vzorca ali tudi z vroče katode masnega spektrometra. Potrebno je tudi predhodno dolgotrajno razplinjevanje vodika, ki je naravno v vzorcu, sicer imamo opravka z previsokim ozadjem vodika. Tako smo zadovoljivo še lahko pomerili zadrževanje na AISI316, medtem ko je rezultat na Be in W vzorcu (vsi ITER-grade) obremenjen z veliko napako.

Posledično smo se zelo izpopolnili na področju meritve permeacije vodika skozi dvoslojne membrane (debel substrat in nanešen tanek film). Naše meritve permeacije skozi tanke plasti Be, W, Be-W in SiN so po pregledu literature sodeč prve. Meritve permeacije zelo nepermeabilnih (nizka topnost in/ali difuzivnost za vodik oz. njegove izotope) materialov so praktično nemogoče za bulk membrane, ker so prehodni časi predolgi, permeacijski tok pa nemerljivo majhen. Osvojitve meritve permeacije skozi tanke plasti na visoko permeabilnem substratu (v našem primeru Eurofer jeklo) pa nam omogoča uspešno določitev permeacijskega toka. Ta koncept je bil razmeroma redko uporabljen, ker je potrebno dobro poznavanje modelov, ki so precej bolj zahtevni, ker imamo dve plasti. Dobro poznavanje obstoječih in razvoj novih modelov nam dajejo tu bistveno prednost pri tolmačenju eksperimentalnih podatkov.

ANG

The proposed infusion/outgassing method for determination of the deuterium retention turned out to be unreliable for samples made of materials (in our case Be and W) with low H isotope solubility (low retention). The main reason lies in the "blank run" being almost equal to the measurement with sample – retention and isotope exchange occurring at the hot walls of the envelope represent the major source of measured signal, hence bad true signal/background ratio. Presence of HD molecules is naturally expected, however they can originate also from the hot filament of mass spectrometer, thus making the quantitative analysis of H/D gas mixture unreliable. Another drawback is the need for low H concentration in sample that requires long preprocessing (H outgassing) of sample. Only AISI316 sample was successfully measured, while the results of Be and W sample (all ITER-grade) bear considerable error.

Consequently we turned to hydrogen permeation measurements and achieved a high degree of competence in hydrogen permeation measurements through two-layer membrane (thick substrate coated with thin film). Literature survey reveals no prior publications on hydrogen permeability measurements through Be, W, Be-W and SiN films. It is virtually impossible to determine the hydrogen permeability of highly impermeable materials using a thick bulk membrane. The reasons are extremely long transient time and permeation flux below any reasonable detection limit. We managed to overcome these obstacles by measuring the hydrogen permeation through a thin film of such material deposited on a mechanically stable and well-permeable substrate (in our case Eurofer steel) thanks to our experimental capabilities, skill and knowledge. Hydrogen permeation measurements through two-layer membrane have been rather rarely applied due to complicated and even lacking models for extraction of hydrogen interaction parameters from experimental data. Our expertise on hydrogen kinetics models and development of new ones provides us an essential advantage.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Naše raziskave zadrževanja devterija na ITER-grade AISI 316 nerjavnem jeklu kažejo, da tudi v primeru največjega zadrževanja (izpostava 0.1 mbar D2 pri 400°C) ne privede fuzijskega reaktorja ITER (cca.1000m² vakuumska posoda) v območje, ko bi analogna količina tritija predstavljala nevarnost za okolje in posledično zahtevala zaustavitev reaktorja.

Naše raziskave permeacije vodika skozi tanke plasti Be, W in kompozita Be-W tudi kažejo, da so te plasti bistveno bolj permeabilne za vodik, kot pa dajejo ekstrapolacije iz »bulk« podatkov. Prav tako je projektna skupina ena izmed zelo redkih skupin, ki sodelujejo pri raziskavah za

ITER in se ukvarjajo z interakcijami molekularnega vodika in njegovih izotopov z aktualnimi materiali, ki se predvidevajo za vgradnjo v prvo steno fuzijskega reaktorja. Oboje predstavlja pomemben doprinos slovenske znanosti k projektu ITER, saj se je Slovenija kot članica EU in podpisnica sporazuma z Skupnostjo za evropsko jedrsko energijo (Euratom) (April 2005) zavezala, da bo sodelovala pri raziskavah za fuzijski reaktor ITER.

ANG

Our prediction of the retention rate of tritium in cca.1000m² of ITER vacuum vessel is the following: even the highest recorded value for deuterium retention during a 24 h exposure (at p = 0.1 mbar and 400°C) represents less than 2 g of tritium equivalent. This quantity does not represent a noticeable fraction of all allowed tritium inventory within the torus which is at present set at 700g.

Our investigations on hydrogen permeation through thin Be, W and mixed Be-W films reveal a significant deviation from a Be and W bulk properties regarding hydrogen interaction parameters. The project group is also one of a few research groups dealing with molecular hydrogen (and its isotopes) interactions with current ITER related materials within the ITER-research framework. Both represent an important contribution from Slovenia. As a member of EU and signatory of an agreement with EURATOM, the European Atomic Energy Community that secured long-term R&D co-operation across the European Union in the field of fusion, Slovenia thus fulfills its participation in the research for the ITER fusion reactor.

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"/>
	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 upravljavskih 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!

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="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="text"/>	<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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

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:

Institut "Jožef Stefan"

Bojan Zajec

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	14.3.2012
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2012/8

¹ Zaradi spremembe klasifikacije je potrebno v poročilu opredeliti raziskovalno področje po novi 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, 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 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](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega projekta - 2012

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

C9-03-52-5E-F9-60-2F-78-40-98-06-A0-F8-0B-19-89-94-0E-A7-84