

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/35



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0056
Naslov programa	Vakuumska tehnika in materiali za elektroniko
Vodja programa	4254 Janez Šetina
Obseg raziskovalnih ur	17000
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	206 Inštitut za kovinske materiale in tehnologije 106 Institut "Jožef Stefan" 1540 Univerza v Novi Gorici
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.09 Elektronske komponente in tehnologije
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program Vakuumska tehnika in materiali za elektroniko je bil usmerjen v raziskave na področju vakuumistike, ki je izrazito multidisciplinarna in zajema različne tehnologije, kjer je vakuumsko okolje nujno potreben pogoj za raziskave, izdelavo ali delovanje različnih naprav. Kot primere lahko navedemo inženirstvo površin, raziskave in rabo tankih plasti, pripravo in karakterizacijo materialov za elektroniko, plazemske tehnologije, bazične raziskave v fiziki s pospeševalniki delcev in sinhrotronsko svetlobo, raziskave vesolja in v zadnjem času vse bolj pomembna področja biofizike in biokemije ter nanotehnologij. Dobro poznavanje vakuumskih materialov, fizikalnih in kemijskih procesov na površinah, ki so v stiku z vakuumskim okoljem in meroslovje nizkih tlakov so ključnega pomena za razvoje novih tehnologij in izboljšave obstoječih. V programu so sodelovale raziskovalne skupine iz treh različnih inštitucij: Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (nosilec), Institut "Jožef Stefan" ter Univerza Nova Gorica. Program je bil razdeljen v več raziskovalnih področij, kjer smo izvajali temeljne in aplikativne raziskave. Področja dela skupine na IJS so bila: študij hladnih ravnih katod z namenom preučiti možnosti direktne pretvorbe toplote v elektriko, interakcije vodika in devterija s kovinami, relevantnimi za projekt ITER ter meritve koeficienta desorpcije plinov s površin pri obstreljevanju s težkimi ioni.

Raziskovalno področje skupine na UNG so bile transportne lastnosti šibko ionizirane plazme in matičnih plinov v dveh skrajnih različicah: naravno obstoječa v okolju Zemlje (ionosfera) in laboratorijska plazma, ki je uporabna v sodobni proizvodnji in diagnostiki materialov, kot tudi interakcijo plazme in matičnih plazemskih plinov s stenami posode (nerjavno jeklo, W). Delo na IMT je obsegalo meroslovne raziskave, usmerjene v podporo Laboratoriju za metrologijo tlaka, raziskave vakuumskih materialov za XHV tehnologije in vakuumsko optoelektroniko, izboljšanje življenjske dobe miniaturnih fotoelektronk ter nanostrukturiranje površin z ionskim curkom za doseganje posebnih lastnosti.

ANG

Research program "Vacuum science and materials for electronics" was focused on research in vacuum science and technology, which is multidisciplinary field with applications in modern industrial processes like (microelectronics and semiconductor fabrication, nanotechnologies, surface engineering, pharmaceutical industry etc) and in numerous research fields, where vacuum environment is an indispensable prerequisite (electron microscopy and other vacuum analytical methods, surface science, particle accelerators and synchrotron light sources, space research etc). A good understanding of relevant vacuum issues is crucial for new developments in these fields as well as in industrial development of new and better products. Program group was composed of research groups from three different institutions: Institute of Metals and Technologies (IMT-coordinator), Institut "Jožef Stefan" (IJS) and University of Nova Gorica (UNG). Research activities of the group at the "Jožef Stefan" Institute (JSI) were mainly: studies of low work function field emission cathodes that could be used in the direct heat conversion to electricity, interaction of hydrogen and deuterium with metals relevant for the ITER reactor and participation in measurements of heavy ion induced desorption yields, relevant for development of new high energy particle accelerators.

Research topics of UNG group were transport properties of ions and electrons as well as neutral atoms and molecules in weakly ionized low-temperature, low-pressure plasmas (WLP). The goal was to gain understanding of the interaction mechanisms between plasma constituents at two extremes: the naturally occurring plasma in the Earth environment (ionosphere) that can influence the performance and reliability of space borne and ground based technological systems, and the laboratory plasma used in the production and characterization of materials. Another activity, the interaction of the plasmas and parent gases with the walls (stainless steel, W, etc) of the container was fusion oriented and undertaken jointly within the project EURATOM.

The group at IMT is of a great importance for Slovenian national metrological infrastructure, due to its accredited laboratory for pressure and vacuum measurements which is on the top hierarchical level in Slovenia. Our reference instruments were recognized as Slovenian national standards for vacuum and pressure by Metrology Institute of the Republic of Slovenia (MIRS). Research activities were directed toward the metrological support of the laboratory of pressure metrology, research of vacuum materials for the use in XHV and in vacuum optoelectronics, improvement of lifetime of vacuum optoelectronic devices through better tightness and lower outgassing of materials, and nanostructuring of surfaces with ion beams.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

V programu so bile vključene raziskovalne skupine iz treh različnih inštitucij: Inštitut za kovinske materiale in tehnologije (IMT-nosilec), Institut "Jožef Stefan" (IJS) ter Univerza Nova Gorica (UNG). Področja dela skupine na IJS so bila: študij hladnih ravnih katod z namenom preučiti možnosti direktne pretvorbe toplote v elektriko, interakcije vodika in devterija s kovinami, relevantnimi za projekt ITER ter meritve koeficienta desorpcije plinov s površin pri obstreljevanju s težkimi ioni. Delo skupine na UNG so bile transportne lastnosti šibko ionizirane plazme in matičnih plinov v dveh skrajnih različicah: naravna plazma obstoječa v okolju Zemlje (ionosfera) in laboratorijska plazma, ki je uporabna v sodobni proizvodnji in diagnostiki materialov, kot tudi interakcija plazme in matičnih plazemskih plinov s stenami posode (nerjavno jeklo, W). Delo IMT je obsegalo meroslovne raziskave, usmerjene v predvsem podporo nacionalnemu laboratoriju za metrologijo tlaka, raziskave vakuumskih materialov za ultravisoki in ekstremno visoki vakuum ter materialov za vakuumsko optoelektroniko s ciljem izboljšanja življenjske dobe miniaturnih fotoelektronk ter nanostrukturiranje površin z ionskim curkom za doseganje posebnih lastnosti.

Na IMT smo študirali vpliv delovnih parametrov in pogojev okolja na merilno negotovost viskoznostnega merilnika z lebdečo kroglico (SRG) in kapacitivnih membranskih merilnikov. Raziskovali smo difuzijske pojave vodne pare v elastomernem materialu "Viton". Dinamiko absorpcije smo študirali z gravimetrično metodo, desorpcijo pa z vakuumsko merilno metodo. Rezultati obeh metod se dobro ujemajo. Raziskovali smo tudi adsorpcijo vodne pare na različnih kovinah.

Raba getrskih materialov v vakuumskem meroslovju je povsem do sedaj še ni bila uveljavljena. Z

getri lahko izboljšamo merilne negotovosti oziroma razširimo merilna območja pri merjenjih majhnih plinskih pretokov ter v primarnih standardih po metodi dinamične in statične ekspanzije. Pri raziskavi merjenja razmerja volumnov pri metodi statične ekspanzije smo z uporabo getrov spodnjo merilno mejo razširili za eno in pol dekada. Raziskave bomo nadaljevali v naslednjem obdobju.

O rezultatih naših študij kalibracijskih metod za masne spektrometre je imel Janez Šetina na konferenci IVC18 (2010) vabljeni predavanje, kar nas je v 2011 privedlo do uspešne vključitve v mednarodni projekt EMRP-IND12 (glej točko 9), kjer so nam zaupali vodenje delovnega paketa WP3 - Partial pressure and outgassing rate measurement.

S področja raziskav materialov za rabo v vakuumski optoelektroniki smo razvili novo metodo za določanje množine in sestave plinov, ki izhajajo iz raztaljenih spajk na osnovi legur z indijem. Študijo je sofinanciral industrijski partner iz tujine Perkin Elmer Optoelectronics. Raziskovali smo tudi sorpcijske lastnosti getrov Ti-Zr-V-Fe v odvisnosti od postopka aktivacije, kar je privedlo do razvoja nove merilne metode, ki je bila patentirana.

Iz tematike nanostrukturiranja površin z ionskim curkom je naša mlada raziskovalka doktorirala v 2010 in nadaljevala delo na dvoletnem podoktorskem usposabljanju na Univerzi v Genovi.

Pri diagnostiki ionsferske plazme v UNG smo zasnovali nov model za določanje elektronske koncentracije plasti D v času sončevih bliščev. Opažanja D plasti smo razširili tudi na nočno ionosfero, z opisom z bliskom sprožene precipitacije elektronov v nižjo atmosfero.

Na področju interakcije vodika s stenami fuzijskega reaktorja smo dosegli realistični opis dinamike interakcije sistema s 17 zvrstmi delcev z hladnimi in toplimi površinami. Formirana je bila konsistentna podatkovna baza vhodnih parametrov za opis interakcije vodik-površina, ki je osnova za variacijo in optimizacijo parametrov na podlagi primerjav merjenih in modeliranih vibracijskih spektrov vodika.

Za preučevanje nanostrukturiranih diamantnih filmov z negativno elektronsko afiniteto smo izdelali merilno celico, ki je omogočala vgradnjo katod premera 25 mm in gretje do temperature 600 stopinj C. Razvili smo izvirno preiskovalno metodo in napravo za določevanje enakomernosti emisije po razsežni površini termoionskih katod. Z natančnim doziranjem vodika med termično obdelavo smo znižali izstopno delo za diamantne plasti, dopirane z dušikom, celo pod 1 eV. Vpliv vodika na termoionsko emisijo smo opazovali še z instrumentom XPS, ki ima zelo natančen elektronski spektrometer. Z njim smo zasledovali spremembo energije izsevanih elektronov pri dodajanju vodika. Rezultati obeh metod so komplementarni. Delo smo izvajali s sodelovanjem s skupino z Arizona State University.

Za študij kinetike prehajanja in zajetja vodika v snovi smo zasnovali in zgradili vakuumski sistem za meritve ekstremno nizkih permeacijskih tokov. Izvirnost naše metode je v dvoplastni membrani, kjer specialno jeklo Eurofer kot močno permeabilen substrat debeline 0.5 mm omogoča študij slabo permeabilnih tankih plasti v obsegu tlakov do 1 bar pri temperaturah do 500°C.

Izmerili smo izjemno učinkovitost zaporne tanke plasti TiAlN in po naši vednosti, kot prvi doslej, tudi SiN. Slednji utegne v prihodnosti postati izjemno pomemben v reaktorju DEMO. S fuzijsko tematiko in posredno z ITER, je bil povezan študij dolgotrajnega razplinjevanja in permeacije vodika skozi mikro in nano-strukturirane plasti Be in W. V 2013 poteka študij Be/W v različnih razmerjih, še posebej zanimiv je delež vodika, ki je v taki plasti vezan bistveno močneje kot je bilo napovedano v starejših modelih. Naše delo je bilo usklajeno z EU fuzijskim programom znotraj EFDA in EURATOM.

Skupina na IJS se je vključila v delo mednarodne skupine, ki je že angažirana na razvoju novega pospeševalnika delcev. Za meritve koeficienta desorpcije plinov s površine med obstreljevanjem s težkimi ioni je nujno potreben ustrezen ionski žarek, zato je taka meritev vezana na ustrezen pospeševalnik delcev in lastno žarkovno linijo. Rezultati so podrobneje opisani v dveh izvirnih znanstvenih člankih.

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Kar se tiče raziskovalnega dela ocenjujemo, da smo realizirali načrtovane aktivnosti iz programa dela. Predvidene osnovne raziskovalne metode so bile večinoma ustrezne. Po potrebi smo jih dopolnili, da smo lahko uspešno izvedli meritve in eksperimente.

Po naši oceni so rezultati raziskav dali pričakovane rezultate, še posebej če upoštevamo majhen obseg dodeljenih ur (skupaj 2 FTE, od tega 0.5 FTE za IJS, 0.4 FTE za UNG in 1.1 FTE za IMT). Večina rezultatov je bila predstavljena na številnih mednarodnih konferencah (86 prispevkov). Od 2009 do 2013 je bilo objavljeno 32 člankov v znanstvenih revijah z impakt faktorjem in 4 strokovni članki.

Uspešno smo se vključili v mednarodne projekte na področju vesoljskega vremena in v raziskave v enem najpomembnejših raziskovalno-razvojnih programov v Evropi, fuzijskem reaktorju ITER.

Potrdili smo hipotezo, da je mogoče z natančnim doziranjem vodika med termično obdelavo znižati izstopno delo za diamantne plasti, dopirane z dušikom, celo pod 1 eV. in podali ustrezno razlago. Med najpomembnejše rezultate pri interakcijah vodika z materiali, relevantnimi za fuzijo, štejemo ugotovitev, da je za izjemno nizko permeabilnost vodika v SiN odgovoren kemijsko vezan vodik na Si. Podoben velja za nano-strukturiran volfram, kjer je lahko močno vezan vodik prisoten celo v razmerju ~0.1 H/W in zniža permeabilnost za faktor 100. Doslej neobjavljene so bile vrednosti permabilnosti za nanostrukturiran berilij, do katerih smo prišli s sistematičnim zniževanjem eksperimentalnih napak, ki delno izvirajo tudi iz reaktivnosti berilija.

Del raziskav je bil usmerjen v podporo Laboratoriju za metrologijo tlaka, ki je nosilec slovenskih nacionalnih etalonov za vakuum in tlak. Z ekspertnim znanjem s področja vakuumskega meroslovja, ki smo ga tudi dogradili v okviru raziskovalnega programa, smo se enakopravno vključili v mednarodni projekt EMRP-IND12-"Vacuum metrology for production environments" skupaj z vodilnimi evropskimi nacionalnimi inštituti kot so PTB iz Nemčije, LNE iz Francije in INRIM iz Italije.

V oceni našega poročila za leto 2011 je recenzent kot poglobitve pomanjkljivosti našega programa navedel, da je izrazito heterogen, ker se izvaja se na treh institucijah, raziskave niso povezane, ni skupnih publikacij, ni izmenjave študentov... To kritiko smo sprejeli kot upravičeno in smo pomanjkljivosti poskusili vsaj delno odpraviti v letu 2013. Kot prvi korak sta skupini na IJS in IMT izvedli skupno raziskavo, ki je privedla do priprave skupnega članka, ki je bil poslan v objavo v začetku 2014. Program dela za naslednje obdobje smo pripravili tako, da bodo raziskave na različnih inštitucijah bolj komplementarne in medsebojno povezane.

Delo skupine na IJS za naročnika iz tujine poteka že četrto leto in dokazuje, da smo se tudi na področju zahtevnih industrijskih raziskav sposobni uveljaviti kot zaupanja vreden partner.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

V letu 2010 je prišlo do spremembe v sestavi programske skupine na IJS. Dr. Bojan Zajec (šifra raziskovalca 20335) je pridobil podoktorski projekt Z2—2334, ki je trajal od 1.5.2009—30.4.2011, zato ni imel prostih ur za sodelovanje na programu. Na IJS so njegove ure dodelili Gregorju Avblju (šifra raziskovalca 32609).

V 2013 sta skupino zapustil Bojan Zajec in Gregor Avbelj zaradi izteka pogodbe o zaposlitvi na IJS.

Na IMT je v letu 2011 skupino zapustil dr. Milorad Milun. Njegovo delo so prevzeli ostali člani skupine.

V okviru UNG in bilo nobenih sprememb.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	25908263	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Permeacija vodika skozi nanostrukturirane plasti volframa
		ANG	Hydrogen permeation through disordered nanostructured tungsten films
	Opis	SLO	Poznavanje interakcij vodikovih izotopov z volframom se je v zadnjih letih izkazalo za pomanjkljivo, saj se v fuzijskih reaktorjih nove generacije nakazujejo izjemne termične razmere, pri katerih mnoge od možnih interakcij lahko privedejo do nenadejanih posledic. Še posebej kritična je količina tritija, ki se v reaktorju lahko zadrži po daljšem času izvajanja eksperimentov, in sicer zato, ker se v reakciji z devterijem ne porabi v celoti in se tudi ne odvede iz reaktorja v plinasti fazi. Predvidoma je tritij lahko zajet kjerkoli v stenah reaktorja (tritium retention), v masivnih stenah ali v depozitih iz W ali Be/W. V sklopu raziskav iz fuzijske tematike, povezane z EFDA in posredno z ITER, smo s predhodno razvitimi metodami študirali dolgotrajno razplinjevanje in hkrati občasno izmerili permeacijo vodika skozi plasti volframa debeline 1 in 10 mikrometrov, nanesenimi za različnimi postopki. Hladen substrat iz specialnega jekla Eurofer je izjemno močno permeabilen, kar omogoča študij volframa, ki pa je celo v strukturi z velikimi kristalnimi zrni dosti manj prepusten za vodik kot pa je substrat. Posebej zanimive lastnosti ima

		<p>volfram, nanesen z lasersko pulzno metodo (PLD) v helijevi razredčeni atmosferi. Volfram raste v pogojih, ki na tarči ne sprožajo izbruhov kapljic, dokaj počasi in tvori v plasti izjemno majhne kristalite premera nekaj nm. O interakciji vodika takih volframovih plasti ni najti literaturnih podatkov. Presenetilo nas je, da so poleg izjemno nizke permeabilnosti pri 400 °C, ki so imele vrednosti med $P = 1.46 \times 10^{-15}$ mol H₂/(m s Pa^{0.5}) in $P = 4.8 \times 10^{-15}$ mol H₂/(m s Pa^{0.5}), plasti izkazovale izjemno visoko koncentracijo vodika, reda 0.1 H/W, kljub dejstvu, da je topnost vodika v volframu med najnižjimi med vsemi kovinami. Razlago smo poiskali v novejših teoretičnih napovedih, kjer lahko vsaka volframova vrzel vsebuje celo 10 – 12 atomov vodika, ki tvori srednje močno kemijsko vez.</p>
	ANG	<p>Hydrogen interaction with tungsten is becoming a highly relevant topic since tungsten was recognized as the most promising candidate for the first wall of future fusion reactors. Prediction of hydrogen isotopes migration and their abundance in the reactor after plasma exposure is uncertain. Namely, a part of gaseous tritium is not interacted completely with deuterium and is also not completely removed in the gas phase after the plasma shots. A part of it may be retained everywhere inside reactor surface. A great role represents the structural disorder that is formed on the W surface or by W and Be/W deposits.</p> <p>Vacancy sites are theoretically predicted to trap multiple H atoms exothermically, but their density and their potential influence on permeability has not been experimentally investigated yet. In our work, long-term hydrogen outgassing and permeation studies of structurally highly disordered tungsten films, deposited on 40 mm diameter highly permeable Eurofer substrates, using the Pulsed Laser Deposition technique have been realized. Permeability of W films having different thicknesses (1 and 10 micrometers) was initially extremely low, and was gradually increasing over a several-day campaign. The final values at 400 °C, lying between $P = 1.46 \times 10^{-15}$ mol H₂/(m s Pa^{0.5}) and $P = 4.8 \times 10^{-15}$ mol H₂/(m s Pa^{0.5}), were substantially lower than those known for well ordered films. Surprisingly, the 10 micrometer thick W film initially contained a very high amount of hydrogen, ~ 0.1 H/W, which was gradually releasing during the twenty-day campaign.</p>
	Objavljeno v	North-Holland; Journal of nuclear materials; 2012; Vol. 429, no. 1/3; str. 92-98; Impact Factor: 1.211; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.706; A': 1; WoS: PM, RY, ZQ; Avtorji / Authors: Nemanič Vincenc, Zajec Bojan, Dellasega D., Passoni M.
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	914090 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Spinodno odlepljanje tankih plasti zaradi ionskega snopa ANG Ion induced spinodal dewetting of thin solid films
	Opis	<p>SLO V prispevku predstavimo eksperimentalne podatke in numerično simulacijo spinodnega odlepljanja tankih plasti. Pokazalo se je, da je mehanizem spinodnega odlepljanja prisoten tudi v primeru, ko tanko plast obsevamo z ionskim snopom, vendar je pričakovana zveza med z ačetno debelino tanke plasti in karakteristično valovno dolžino nastalega vzorca modificirana zaradi delovanja ionskega curka. Ta ugotovitev je podprta z numeričnim modelom, ki pokaže pričakovani kvadratni zakon za primer, da ni ionskega jedkanja, ter bimodalni trend v primeru delovanja ionskega snopa. Ta rezultat dopolnjuje prejšnje študije in odpira novo, zanimivo področje za uporabo odlepljanja tankih plasti pod vplivom ionskega curka za izdelavo funkcionalnih nanostruktur.</p> <p>We present experimental data and numerical simulations in order to show</p>

		ANG	that the mechanism of spinodal dewetting is active during ion beam irradiation of thin solid films. The expected scaling law for the characteristic wavelengths versus the initial film thickness is modified by the presence of sputtering. The conclusion is fully supported by model simulation which shows a square law dependence for null sputtering yield and a bimodal trend when sputtering is included. This result is in contrast to earlier studies and opens the possibility to control and use ion induced dewetting for the fabrication of functional nanostructures.
	Objavljeno v		American Institute of Physics.; Applied physics letters; 2012; Vol. 100, issue 22; str. 223113-1-223113-4; Impact Factor: 3.794;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.629; A': 1; WoS: UB; Avtorji / Authors: Repetto Luca, Šetina Barbara, Firpo Giuseppe, Piano Emanuele, Valbusa Ugo
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	24636967	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Transport vodika skozi tanke plasti volframa v difuzivnem načinu
		ANG	Hydrogen diffusive transport parameters in W coating for fusion applications
	Opis	SLO	V članku smo uporabili izjemno natančno metodo za merjenje permeacije vodika skozi tanko plast volframa, ki je identična s plastjo, ki se uporablja v nekaj evropskih fuzijskih reaktorjih. Naš rezultati so tako izvirni in uporabni za boljše poznavanje interakcije devterija in tritija s prvo steno fuzijskega reaktorja. Tematika se navezuje na ta projekt preko natančne analize sestave mešanice plina, katere del je vodik ali devterij. Slednjo smo razvili delno tudi z delom na tem projektu.
		ANG	In this paper we described new experimental data on hydrogen interaction with the first wall of a nuclear fusion reactor. By applying a very sensitive method we were able to measure most relevant parameters which govern hydrogen transport through tungsten films.
	Objavljeno v		North-Holland; Journal of nuclear materials; 2011; Vol. 412, issue 1; str. 116-122; Impact Factor: 2.052;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.684; A'': 1;A': 1; WoS: PM, RY, ZQ; Avtorji / Authors: Zajec Bojan, Nemanič Vincenc, Ruset Cristian
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	874154	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Preiskave metode za določanje črpalne hitrosti in sorpcijske kapacitete nenaparljivih getrov osnovane na in-situ kalibriranem pretoku
		ANG	Investigations of a method for determining pumping speed and sorption capacity of nonevaporable getters based on in situ calibrated throughput
	Opis	SLO	V članku je predstavljena sorpcijska metoda za karakterizacijo nenaparljivih getrov iz Ti in Zr zlitin, ki temelji na insitu kalibriranem pretoku. Glavne značilnosti metode so nastavitev in takojšnja kalibracija plinskega pretoka ter meritev naraščajočega sorpcijskega tlaka. Za merjenje totalnega tlaka je pomembna izbira inertnih vakuumskih merilnikov z namenom preprečiti kontaminacijo preskusnega plina in zastrupljanje preskusnega nenaparljivega getra. Kapacitivni membranski merilnik se uporablja za pripravo plinskega pretoka, ki vsebuje polnjenje rezervoarja s preskusnim plinom in nastavljanje prevodnosti dozirnega ventila. Viskoznostni merilnik z lebdečo kroglico se uporablja za insitu kalibracijo plinskega pretoka z metodo hitrosti naraščanja tlaka v znanem volumnu ter za kontinuirno merjenje sorpcijskega tlaka v preskusni komori. Getrska črpalna hitrost se izračuna iz plinskega pretoka, sorpcijskega tlaka in sorpcijskega časa. Detajlna analiza merilne negotovosti meritev tlaka manjšega od 10 ⁻³ mbar vodi do razširjene

		negotovosti 1.9% za getsko črpalni hitrost in 3.5% za sorbirano množino plina. Začasna prekinitev plinskega pretoka omogoča diskretne meritve rezidualnega tlaka, ki narašča zaradi akumuliranja inertnih plinov. Na koncu preskusa se lahko izvede kvalitativna analiza sestave akumuliranih plinov z metodo plinskih izbruhov, uporabljajoč kvadrupolni masni spektrometer. Kvantitativna analiza se lahko izvede s spektrometrom kalibriranim in-situ z znanimi množinami izbranih plinov.
	ANG	This paper presents a gas-sorption method, based on an in situ calibrated throughput, for characterizing nonevaporable getters (NEGs) of Ti- and Zr-based alloys. The main characteristics of the method are the adjustment of a constant injected gas flow, the prompt calibration of a throughput, and the measurement of an increasing sorption pressure. It is essential that inert vacuum gauges be selected for measurements of total pressure to prevent contamination of a test gas and poisoning of an NEG under test. A capacitance diaphragm gauge is used for preparation of the injected gas flow by filling the gas reservoir with a test gas and adjusting the conductance of a variable leak valve. A spinning rotor gauge (SRG) is used for in situ calibration of the throughput by means of an integrated gas-flow calibration facility and the rate-of-pressure-rise method, and by continuous measurement of the sorption pressure in a test chamber. A getter pumping speed and a sorbed quantity are calculated while considering the throughput, the sorption pressure, and the sorption time. The throughput must be selected in accordance with both the sorption characteristics of a particular Neg TYPE and the measurement capabilities of the SRG. At room temperature, porous thick-film NEGs and structured thin-film NEGs exhibit an initial getter pumping speed on the order of 1 and 0.1 $1 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, respectively. The corresponding sorption capacity of a few times $10^{-4} \text{ mbar} \cdot 1 \text{ cm}^{-2}$ is comparable for all chemically active gases except for H_2 , which amounts to a few times $100 \times 10^{-3} \text{ mbar} \cdot 1 \text{ cm}^{-2}$ in the case of porous NEGs and $\sim 1 \times 10^{-3} \text{ mbar} \cdot 1 \text{ cm}^{-2}$ in the case of structured NEGs. Detailed analysis of uncertainties of SRG pressure measurements below $1 \times 10^{-3} \text{ mbar}$ gives an expanded uncertainty of the getter pumping speed and the sorbed quantity of 1.9% and 3.5%, respectively. While temporally interrupting the throughput, the setup enables discrete measurements of the background pressure, which increases because of the accumulation of nongetterable gases. After completion of the gas-sorption test, a qualitative determination of the accumulated inert gas composition is performed by the gas-burst method using a quadrupole mass spectrometer (QMS) mounted on a vacuum system. The quantitative analysis is enabled by the use of a QMS calibrated in situ by known amounts of a certain gas such as H_2 , CH_4 , CO , Ar and Kr .
	Objavljeno v	Published for the Society by the American Institute of Physics; Journal of vacuum science & technology; 2011; Vol. 29, no. 5; str. 051602-1/051602-10; Impact Factor: 1.253; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.183; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Erjavec Bojan, Šetina Janez
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	2058491
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Efektivni elektronski rekombinacijski koeficient v ionosferskem D območju med relaksacijo po sončevem blišču 18. februarja 2011
		ANG Effective electron recombination coefficient in ionospheric D-region during the relaxation regime after solar flare from February 18, 2011
		Preučili smo posledice sončevega blišča v področju sevanja žarkov X (0.1 - 0.8 nm), ki ga je zabeležil satelit GOES 12, 18. februarja 2011 med 14:00 in 14:15 UT. Analizirali smo v realnem času spremembe amplitude in faze radijskih valov zelo nizke frekvence (VLF) oddajnika DHO/23.4

Opis	SLO	kHz (Nemčija), kakor jih je zaznal beležnik AWESOME v Beogradu (Srbija). Elektronska koncentracija je bila določena z aplikacijo LWPC simulacije na posamezne stopnje blišča, tako kot so bile lete zaznane čez perturbirane amplitude in faze VLF signala. Na to je uporabljena enačba kontinuitete za oceno učinkovitega koeficienta rekombinacije na višini okoli 70 km. Potrjeno je naraščanje učinkovitega koeficienta rekombinacije tako z upadanjem višine kakor z upadanjem jakosti blišča.
	ANG	We study the consequences of a class M1.0 Xray solar flare (0.1 - 0.8 nm) recorded by GOES15 satellite on February 18, 2011 between 14:00 and 14:15 UT, by analyzing the amplitude and phase real time variations of very low frequency (VLF) radio waves emitted by transmitter DHO/23.4 kHz (Germany) and recorded by the AWESOME receiver in Belgrade (Serbia). The electron density has been recovered by applying the LWPC simulation code to the different stages of the flare development, as registered by the amplitude and phase perturbations, whereupon the electron continuity equation has been used to estimate the effective recombination coefficient in the range around 70km height. The increase of the effective recombination coefficient with both decreasing height and flare intensity is confirmed.
Objavljeno v	Elsevier; Proceedings of the Fifth International Conference on Elementary Processes in Atomic Systems, Belgrade, Serbia, 21-25 June 2011; Nuclear instruments & methods in physics research; 2012; Vol. 279; str. 106-109; Impact Factor: 1.266; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.844; A': 1; WoS: OA, RY, UH, UN; Avtorji / Authors: Nina Aleksandra, Čadež Vladimir, Šulić Desanka, Srećković Vladimir, Žigman Vida	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	946602	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Naprava za določanje črpalnih hitrosti getrskih črpalk z vgrajenim podsklopom za kalibracijo plinskih pretokov	
	ANG	Apparatus for determining pumping speed of getter pumps with integrated subassembly for gas flow calibration	
Opis	SLO	<p>V letu 2012 je bil IMT podeljen patent za napravo za določanje črpalne hitrosti getrskih črpalk. Napravo sestavlja podsklop za generiranje pretoka preskusnega plina in preskusna komora z getrsko črpalko za merjenje ravnotežnega tlaka. Preskusna komora nadalje vsebuje tudi podsklop za kalibriranje pretoka v molekularnem območju. Inertni merilnik SRG se uporablja za nastavitve ter in situ kalibracijo plinskega pretoka z metodo hitrosti naraščanja tlaka ter hkrati za merjenje tlaka nad getrsko površino. V merilni komori poteka pri sorpcijskem testu tudi akumulacija inertnih plinov (žlahtnih plinov in CH₄). Z nekajkratno prekinitvijo plinskega pretoka je omogočena meritev spremembe rezidualnega tlaka. Na koncu sorpcijskega testa je omogočena tudi analiza sestave akumuliranih plinov s plinsko sunkovno metodo uporabljajoč QMS.</p> <p>Zanimanje za raziskave getrskih lastnosti materialov z našo napravo je predvsem iz tujine. Za firmo ALVATEC iz Avstrije že izvajamo te raziskave, pred kratkim pa smo prejeli povpraševanje tudi iz Francije. Gle na to smo pričeli razmišljati o razširitvi akreditacije tudi na to področje. S tem bi po naših podatkih bili prvi akreditiran laboratorij za neodvisno</p>	

		izvajanje takih preskusov v Evropi in najbrž tudi v svetu. Seadje te meritve večinoma izvajajo le proizvajalci getrov sami, kar pa za nekatere uporabnike ni sprejemljivo. Podelitev patenta, čeprav je zaenkrat samo slovenski, je v tem primeru za nas zelo pomembna referenca.
	ANG	In 2012 IMT received a patent for the apparatus for determining the pumping speed of getter pumps with integrated subassembly for calibrating the gas flow. Apparatus consists of a subassembly for the throughput generation and a test chamber for the measurement of an equilibrium pressure at the inlet of a getter pump. The test chamber with an attached inert vacuum gauge (and the isolated getter pump) can be used as a calibration volume for an in-situ calibration of throughput using the pressure rise method instead of the standard throughput method. The maintenance of a constant throughput in the molecular flow regime is enabled by the selection of amount and pressure of a test gas and corresponding gas flow restriction elements, and the use of inert vacuum gauges for the establishment and calibration of a throughput as well as the measurement of an equilibrium pressure. There is a great advantage of using the same vacuum gauge for throughput calibration and measurement of equilibrium pressure above the getter, because the gauge calibration constant cancels out in sorption speed calculation. Another feature of the apparatus is determination of accumulation rate of nongetterable gasses in sealed volume, which can be done by measurement of a residual pressure of inert gases at temporal interruption of the gas throughput. Since there is interest from industrial sector for independent getter testing (currently from foreign companies in Austria and France), we are considering accreditation of this type of service also. In this respect the granted patent means very important reference for our laboratory.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2012; 13 f., [2] f.; Avtorji / Authors: Šetina Janez, Erjavec Bojan
	Tipologija	2.24 Patent
2.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO Končno poročilo o interkomparaciji CCM.P-K12 za zelo majhne pretoke plina He (vakuumska netesnost)
		ANG Final report of key comparison CCM.P-K12 for very low helium flow rates (leak rates)
	Opis	SLO Kvantitativno preskušanje vakuumske tesnosti je postalo pomembno orodje v industriji pri zagotavljanju pravilnega delovanja vakuumskih naprav, varnosti, in za zagotavljanje ustreznosti regulativam o varstvu okolja. Ker pred tem še ni bila izvedena nobena interkomparacija s tega področja meroslovja, tudi ni bil mogoč vpis kalibracijskih merilnih zmogljivosti (CMC) v bazo podatkov pri BIPM. Da bi nacionalnim meroslovnim inštitutom, ki izvajajo kalibracije vakuumskih referenčnih netesnosti omogočili vpis njihovih CMC v bazo BIPM in da se pri tem zagotovi mednarodna ekvivalentnost različnih primarnih realizacij te merske veličine, je BIPM organiziral ključno interkomparacijo CCM.P-K12. Cilj interkomparacije je bil primerjati različne nacionalne etalone in kalibracijske procedure za helijeve netesnosti. Kot prenosna etalona sta bila izbrani dve permeacijski helijeve netesnosti s pretokom He of 4×10^{-11} mol/s (L1) in 8×10^{-14} mol/s (L2). Netesnost L1 je merilo vseh 11 nacionalnih meroslovnih inštitutov, L2 pa 6. Ekvivalentnost je bila izkazana v 8 laboratorijih za L1 in v vseh 6 sodelujočih laboratorijih za L2
		Quantitative leak tests with vacuum technology have become an important tool in industry for safety and operational reasons and to meet environmental regulations. In the absence of a relevant key comparison, so

		<p>far, there are no calibration measurement capabilities published in the BIPM data base. To enable national metrology institutes providing service for leak rate calibrations to apply for these entries in the data base and to ensure international equivalence in this field, key comparison CCM.P-K12 was organized. The goal of this comparison was to compare the national calibration standards and procedures for helium leak rates. Two helium permeation leak elements of 4×10^{-11} mol/s (L1) and 8×10^{-14} mol/s (L2) served as transfer standards and were measured by 11 national metrology institutes for L1 and 6 national metrology institutes for L2. Equivalence could be shown for 8 laboratories in the case of L1 and for all 6 in the case of L2. Three different evaluation methods were applied and are presented in this report, but the random effects model was accepted as most suitable in our case.</p>
	Šifra	F.11 Razvoj nove storitve
	Objavljeno v	IOPscience.; Metrologia; 2013, 50, Tech. Suppl., 07001, doi:10.1088/0026-1394/50/1A/07001 Final report of key comparison CCM.P-K12 for very low helium flow rates (leak rates), Authors: K Jousten, K Arai, U Becker, O Bodnar, F Boineau, J A Fedchak, V Gorobey, Wu Jian, D Mari, P Mohan, J Setina, B Toman, M Vičar and Yu Hong Yan
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
3.	COBISS ID	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	<p><i>SLO</i> Razširitev obsega akreditacije Laboratorija za metrologijo tlaka na področje vakuumske tesnosti</p> <p><i>ANG</i> Extension of the scope of accreditation of Pressure metrology laboratory in the field of vacuum leaks</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Tesnost vakuumskih sistemov ter različnih hermetičnih naprav in vakuumskih kontejnerjev je zelo pomembna tako v industriji, kot tudi z vidika varstva okolja in zdravja ljudi, kadar se v vakuumskih kontejnerjih shranjujejo škodljive in nevarne snovi. Tesnost se preverja z različnimi detektorji netesnosti, ki pa morajo biti kalibrani in sledljivi. V letu 2012 smo razširili obseg akreditacije Laboratorija za metrologijo tlaka na področje kalibracij referenčnih helijevih vakuumskih netesnosti (leakov) v območju med 8×10^{-16} mol/s in 2.5×10^{-10} mol/s. Te referenčne netesnosti se uporabljajo za kalibracije He detektorjev tesnosti. Presoja merilne metode in najboljše kalibracijske in merilne zmogljivosti je izvedel tuj neodvisen strokovni presojevalec.</p> <p><i>ANG</i> Tightness of vacuum systems, different hermetically sealed devices and vacuum containers is very important not only in industrial applications but also from the viewpoint of environmental protection, health and safety, when vacuum containers are used for storage of harmful or dangerous substances. Tightness is tested with different types of leak detectors and among them He leak detectors are most sensitive. Calibration of leak detectors is important to assure traceable and accurate measurements. In 2012 we extended the scope of accreditation of our Pressure metrology laboratory for the field of calibration reference He leaks in the range from 8×10^{-16} mol/s to 2.5×10^{-10} mol/s. With the extension we joined the group of few European national metrology institutes which have this capability.</p>
	Šifra	D.05 Akreditacija laboratorija
	Objavljeno v	http://www.slo-akreditacija.si/lk000/media/lk012.pdf
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo
4.	COBISS ID	25908519 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Workshop o meroslovnih lastnostih in rabi kvadrupolnih masnih

		spektrometrov v vakuumskih tehniki
	ANG	Workshop on Measurement Characteristics and Use of Quadrupole Mass Spectrometers for Vacuum Applications
Opis	SLO	<p>Mednarodno delavnico smo organizirali v okviru projekta EURAMET EMRP IND12 "Vakuumsko meroslovje za proizvodno okolje". Namen delavnice je bil povezati partnerje v projektu z uporabniki v industriji in proizvajalci kvadrupolnih masnih spektrometrov (QMS). Cilj je bil, da izvajalci projekta dobijo informacije o primerih uporabe QMS v industriji, potrebah po sledljivih kalibracijah in kako različne izvedbe instrumentov vplivajo na njihove meroslovne lastnosti.</p> <p>Delavnico je organizirala programska skupina na IMT. Predsedujoča v programskem odboru sta bila Janez Šetina (IMT) in Karl Jousten PTB, Nemčija). Čeprav je bila delavnica zelo specializirana, je bilo na njej 38 udeležencev. Več kot polovica (22) jih je bilo izven konzorcija EMRP IND-12 projekta. Delavnica ni bila omejena samo na evropski prostor, saj so prišli tudi strokovnjaki iz Koreje, Tajvana in ZDA. http://www.ptb.de/emrp/ws-ind12-home.html</p>
	ANG	<p>Workshop was organized within the scope of Euramet EMRP JRP IND12 project "Vacuum metrology for production environments". Intention of the workshop was to bring together partners of EMRP IND12 project, users of QMS in industrial applications and manufacturers. Main aim of the workshop was that JRP Consortium gains information (i) about practical use of QMS instruments in industry and other fields, (ii) what are needs for traceability of these instruments in practical applications, and also (iii) how designs of these instruments influence their metrological characteristics. This should help the JRP consortium to develop reasonable calibration scheme of quadrupole mass spectrometers.</p> <p>Program/steering committee was co-chaired by Janez Setina, IMT, Slovenia and Karl Jousten from PTB, Germany. Organization was performed by the program group at IMT (chair Janez Setina).</p> <p>Besides the fact that this was very specialized workshop it was very well attended. We had in total 38 participants. More than half of participants (22) were outside of the JRP IND-12 consortium. This means that we really archived the goal to interface consortium with outside users in industry and other research institutions. Workshop has also reached beyond the European borders: we had participants from Korea, Taiwan and USA. It was a three day workshop. We had three invited talks and 22 regular contributions. Program was divided into 4 technical sessions: 1) Physics, technology and metrological characteristics of QMS (invited speaker Jonathan. H. Batey, UK), 2) Applications of QMS, 3) Calibration of QMS in NMIs (invited speaker Hajime Yoshida, NMIJ, Japan), and 4) Calibration in situ in industry and elsewhere, (invited speaker Robert. E. Ellefson, USA). Each session finished with a moderated discussion on the presented materials. http://www.ptb.de/emrp/ws-ind12-home.html</p>
Šifra	B.01 Organizator znanstvenega srečanja	
Objavljeno v	Workshop on Measurement Characteristics and Use of Quadrupole Mass Spectrometers for Vacuum Applications, Bled, Slovenia, April 1013, 2012, ŠETINA, Janez (ur.), JOUSTEN, Karl (ur.). Book of abstracts; 2012; 32 str.; Avtorji / Authors: Šetina Janez, Jousten Karl	
Tipologija	2.25 Druge monografije in druga zaključena dela	
5.	COBISS ID	25752615 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p>Izboljšanje stabilnosti delovanja plinskega prenapetostnega odvodnika z uporabo grafitnih elektrode</p> <p>Breakdown voltage reliability improvement in gas-discharge tube surge</p>

	ANG	protectors employing graphite field emitters
Opis	SLO	V članku smo opisali, kako deluje pomožna grafitna elektroda, ki je bila v literaturi opisana kot možen ukrep za stabilno delovanje plinskega prenapetostnega odvodnika. Izkazalo se je, da izjemno ostri robovi grafitne elektrode (grafeni debeline nekaj atomskih plasti) delujejo kot vir elektronov, ki pod vplivom pozitivne napetosti izstopajo proti kovinski anodi. Pri obratni polariteti elektronov ne zaznamo. S tem se je nakazala verjetno prva in doslej neobjavljena uporaba grafenov v konkretni elektronski napravi.
	ANG	Gas-discharge tube (GDT) surge protectors are known for many decades as passive units used in lowvoltage telecom networks for protection of electrical components from transient overvoltages (discharging) such as lightning. A cold field electron emitter source is used as the trigger for the gas discharge. We present experimental results which show that stable cold field electron emission current in the high vacuum range originating from the nanostructured edge of the graphite layer is well correlated to the stable breakdown voltage of the GDT surge protector filled with a mixture of clean gases.
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v	American Institute of Physics.; Journal of applied physics; 2012; Vol. 111, no. 8; str. 083301-1-083301-6; Impact Factor: 2.210; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.629; A': 1; WoS: UB; Avtorji / Authors: Žumer Marko, Zajec Bojan, Rozman Robert, Nemanič Vincenc	
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Alternativni obnovljivi viri energije so postali ključnega pomena za prihodnost človeštva. Naše raziskave so bile usmerjene v področje "energy harvesting", ki je bilo doslej malo raziskano, obeta pa izjemen potencial. Odpadna toplota pri klasični proizvodnji električne energije je namreč neizrabljen vir, ki bi v primeru uspešne rešitve pomenil za petino boljši skupni izkoristek.

Zanesljiva napoved zajetja tritija v kovinah, ki so kandidati za izdelavo notranjih sten fuzijskega reaktorja ITER in podobnih načrtovanih naprav, bo omogočila podaljšanje varne dobe delovanja reaktorjev, znižala tveganja ob morebitni napaki in prispevala k izboljšanju metod za odstranjevanje tritija iz sistema. Raziskave skupine na IJS so bile usmerjene v študij permeacije vodika skozi tanke zaporne plasti Be in W na substratu Eurofer. Pridobljene podatke lahko verodostojno prevedemo v kinetiko, ki bi veljala za devterij ali tritij.

V GSI v Darmstadtu v Nemčiji v je v fazi izgradnje nov pospeševalnik delcev za študij antiprotonov in ionov (FAIR-International Facility for Antiproton and Ion Research). Obstoječi sinhrotron za težke ione SIS18 bo služil kot vir za novi superprevodni sinhrotron SIS100/300. Slednji bo povečal energijo ionov za 15x in intenziteto za do 1000 krat za primarni žarek in do 10000 krat za sekundarni žarek. Da bo to moč doseči je najprej potrebno nadgraditi SIS18, da bo lahko dajal 10¹² U238+ ion/s z energijo okoli 10 MeV/u. V ta namen pa je potrebno dobro poznati koeficient desorpcije pri obstreljevanju s težkimi ioni za različne materiale, ki pridejo v poštev za gradnjo vakuumske cevi omenjenega pospeševalnika. Te raziskave smo izvedli v sodelovanju s skupino v Uppsali.

Oba vidika raziskav na UNG, vpliv vesoljskega vremena na ionosfero Zemlje in interakcija fuzijskega goriva (vodika) s stenami reaktorja sodijo v sam vrh sodobnih raziskav, ki se jim v

znanstveni sferi v tem trenutku posveča posebna pozornost. Obe področji aktivnosti imata poleg znanstvenega pomena tudi neposredno tehnološko vrednost in prispevek k trajnostnem razvoju družbe. Raziskave na področju vesoljskega vremena na celotni verigi Sonce-Zemlja so bile še posebej aktualne, saj smo bili na začetku novega Sončevega cikla 24, s pričakovanim maksimumom aktivnosti v prihodnjih letih. Naše raziskave so bile usmerjene v razvoj operativnih modelov za predvidevanje vpliva Sončevih izbruhov na geoprostor najbližji Zemlji. Raziskave na interakciji vodika s stenami fuzijskega reaktorja so prispevale k znanosti o termojadri in njeni implementaciji v prakso. Pomembne so v dolgoročnem evropskem in svetovnem projektu za pridobivanje varnih virov energije.

Raziskave meroslovnih lastnosti izbranih merilnikov, ki jih je izvajal del skupine na IMT, in študij nove metode za določanje majhnih množin inertnih plinov zaradi razplinjevanja različnih materialov in elektronskih komponent, so pomembne za razvoj vakuumske znanosti in vakuumskega meroslovja. Rezultati raziskav adsorpcije/desorpcije plinov na površinah materialov za gradnjo vakuumskih sistemov ter raziskave rabe getrskih materialov v vakuumski metrologiji bodo omogočili nadaljnje izboljšave primarnih kalibracijskih metod v področju ultravisokega in ekstremno visokega vakuuma.

Za raziskave sprememb na površini med iradiacijo z različnimi ioni obstaja znanstvena kot tudi tehnološka motivacija. Študij nastanka različnih vzorcev na površinah je bil pomemben za boljše razumevanje temeljnih neravnovesnih procesov, ki nadzorujejo evolucijo površinske topografije. Tehnološko spontano urejanje struktur na površini predstavlja zanimive možnosti za samoorganizacijo nanostruktur. Dobro urejene površinske strukture lahko pripravimo z majhnimi stroški na velikih površinah, kar predstavlja možnost za potencialne aplikacije, kot so mreže kvantnih pik z dobro kontroliranimi optoelektronskimi lastnostmi, ali magnetni mediji za zelo gosto shranjevanje podatkov.

ANG

Renewable energy sources will play an important role in the human society of the future. Part of our research dealt with energy harvesting, where a great progress is expected. The unused potential of energy at all conventional heat to electricity conversion systems is very attractive since the waste heat represents currently mainly an environmental load. Our research was directed toward increasing the total energy conversion efficiency.

An accurate prediction of tritium retention in the inner walls of future fusion reactors, like ITER, will increase the period of their reliable operation, contributing to safe handling and helping to improve the methods for tritium removal. Beside the first wall where charged particles at high flux density enter the metal, there is a huge inner area where gaseous tritium at low pressure may also enter the metal. Our research contributed new findings about kinetics of absorption rate and release of hydrogen in these materials.

A new generation of anti proton and ion research facilities (FAIR) is presently under construction at the GSI in Darmstadt. The new superconducting double ring synchrotron SIS100/300 will provide ion beams with a gain in energy of about a factor of 15 and a considerable gain in intensity of up to a factor of 1000 for primary beams and up to a factor of 10000 for secondary beams. To achieve these goals it is therefore necessary to know the ion induced desorption yields from different materials used for vacuum chamber components in order to choose the most suitable one. We performed research in this direction in collaboration with a group from Uppsala.

Both aspects of research conducted at UNG, space weather effects on the ionosphere, and the interaction of the fusion fuel (hydrogen) with the reactor walls are at the cutting edge of the present concerns of the scientific community. Both fields of research activities, apart from high scientific significance, have also a technological value, and are equally oriented towards a sustainable development.

Space weather research on the complete Sun to Earth chain gained increasing attention, since we were at the beginning of the new Solar Cycle 24, expecting the maximum activity in the years to come. The activities on the development of operative models for predicting the influence of the Solar Xray flares on the geospace closest to Earth are of obvious significance. Studies of the interaction of hydrogen with the walls of the fusion reactor are indispensable for the feasibility of the thermonuclear fusion power plant, a long term European and world project for obtaining safe energy.

Research of metrological properties of selected vacuum gauges and studies of the new method for determining small gas quantities due to the outgassing of different electronic components and materials was important for the development of vacuum science.

The results of research of adsorption/desorption of gasses on materials relevant for construction

of ultrahigh vacuum systems and studies of the use of getter materials in vacuum metrology will allow further improvement of primary calibration methods in ultrahigh vacuum UHV and XHV.

There is substantial scientific and technological motivation for understanding surface evolution during sputtering. Studying the pattern formation behavior can provide new insight into the fundamental non-equilibrium processes that control surface evolution. Technologically, because patterns develop spontaneously on the surface, sputter rippling also presents intriguing possibilities for nanostructured self assembly. Highly ordered surface structures can be formed inexpensively over large areas for potential applications such as quantum dot arrays with highly controlled optoelectronic properties or magnetic media for high density storage.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Sodobne tehnologije zelo pogosto vključujejo uporabo vakuumskega okolja (mikroelektronika, nanotehnologije, inženirstvo površin, itd). Tudi sodobna znanost (elektronska mikroskopija in druge analitske metode, znanost o površinah, raziskave s pospeševalniki delcev in sinhrotronsko svetlobo, raziskave vesolja, itd) ne morejo brez vakuuma. Dobro poznavanje vakuumskih materialov, fizikalnih in kemijskih procesov na površinah, ki so v stiku z vakuumskim okoljem in meroslovje nizkih tlakov so ključnega pomena za razvoj novih tehnologij in izboljšave obstoječih. Z raziskavami, ki smo jih izvedli smo pripomogli, da je Slovenija ohranjala stik s tehnološkim razvojem v svetu na tem področju.

Izvirni rezultati naših raziskav so bili objavljeni v uglednih revijah, ki se ukvarjajo s problematiko iz tega področja. Poleg tega je bilo naše delo pomembno za vzgojo strokovnih kadrov in za razvoj vakuumske stroke in inženirske prakse.

S splošnega vidika je v medsebojno povezanem svetu nujno 'biti zraven'. Trajnostni razvoj je danes globalna kategorija. Vsaka pridobitev v znanju, še posebej če je dosežena s strani slovenskih raziskovalcev, je pomembna za razvoj Slovenije.

Raziskave, ki so prispevale k razvoju službe vesoljskega vremena in raziskave na strateško prednostni fuzijski problematiki dolgoročno prispevajo tudi k trajnostnemu razvoju Slovenije ter so pomembne za ohranitev njene naravne dediščine. Razvijanje regionalne mreže VLF sprejemnikov na področju srednjih zemljepisnih širin in južne Evrope bo omogočilo regionalno nadzorovanje vplivov vesoljskega vremena.

Pristop Slovenije k Evropski vesoljski agenciji (ESA) s pridobitvijo statusa evropske sodelujoče države je rezultat dosedanjih slovenskih raziskovalnih dosežkov na področju vesolja, h katerim smo tudi mi aktivno prispevali. S posebnega vidika delovanje na mednarodnih projektih kot so EURATOM, Cost in projekt ESA smo prispevali tudi prispeva k prepoznavnosti Slovenije v svetovni raziskovalni in znanstveni skupnosti. Udejstvovanje na pedagoškem področju visokega šolstva, mentorstva, informiranje javnosti je prispevalo k ozaveščanju slovenske javnosti o pomembnosti trajnostnega razvoja.

Doseženi položaj Laboratorija za metrologijo tlaka, ki deluje v okviru programske skupine, na nacionalnem nivoju in v mednarodnem prostoru, zahteva, da zelo aktivno delujemo na področju znanstvenega meroslovja svoje fizikalne veličine ter sodeluje s tujimi nacionalnimi laboratoriji in s tem nenehno dokazuje vrhunsko usposobljenost. To je temelj za mednarodno uveljavitev celotnega slovenskega nacionalnega meroslovnega sistema in za ohranjanje zaupanja drugih mednarodnih meroslovnih organizacij v naš nacionalni sistem.

ANG

In many modern industrial processes (microelectronics and semiconductor fabrication, nanotechnologies, surface engineering, pharmaceutical industry etc) and in numerous research fields (electron microscopy and other vacuum analytical methods, surface science, particle accelerators and synchrotron light sources, space research etc), the vacuum environment is an indispensable prerequisite. A good understanding of relevant vacuum materials and measurement methods is crucial for new developments in these fields as well as in industrial development of new and better products. Our work can contribute to the fact that Slovenia keeps the contact with technological development in the world.

Novel results of our research were published in recognized international journals which address the topics mentioned. Generally speaking, in the interconnected world society it is important 'to join in'. Every contribution to science, specially, if achieved by Slovenian researchers, is relevant to Slovenia as well.

Sustainable development is a global category. Research topics that contribute to the

development of the Space Weather service and to the strategically significant fusion endeavor, eventually and on long-term contribute also to the sustainable development and to the economy of Slovenia, and are important for the preservation of the Slovenian natural heritage. Development of the regional network of VLF transmitters/ receivers at mid-latitudes and in Southern Europe, (Beograd, Erd, Nova Gorica, Corsica, Sicily) is providing better control of the space weather effects over the region.

Recently Slovenia joined ESA as a European cooperating state. This is confirmation of results of Slovenian research activities on space, to which we have also actively contributed. In particular, taking part in international projects such as EURATOM, Cost and ESA projects both demands and enhances further development of Slovenia.

Teaching and supervising at University levels, outreach to specific public target groups, rises the public awareness of the technological implications in the modern society and the significance of sustainable development.

The achieved top position of Laboratory for pressure metrology in Slovenian national metrology system, as well as its reputation on the international level demands an active role in the fields of scientific metrology and cooperation with foreign national laboratories, proving its topmost qualification. It provides a foundation for international recognition of Slovenian national metrology system and for the confidence of other international metrology organizations in our distributed system. Results of our research work opened us possibility to take leading role in international metrology project EMRP-IND12.

10. Zaključna mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	1

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
32480	Sefer Avdiaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Sanja Milošević	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
32480	Sefer Avdiaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi

B - gospodarstvo

C - javna uprava

D - družbene dejavnosti

E - tujina

F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
		<input type="text"/>		

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

IJS:

V celem obdobju trajanja programa smo sodelovali na evropskem fuzijskem programu EURATOM, ki ga je koordinirala EFDA, v Sloveniji pa SFA. Področje delovanja: Plasma Wall Interaction, PWI. Ožja tema: Deuterium interaction kinetics with Be, W and mixtures relevant to ITER and DEMO. Letni obseg projekta je bil okvirno 1 FTE, pri čemer je EU prispevala načeloma 40%, saj smo se pogosto uvrstili med prioritete teme, sicer pa 20%. Na posameznih temah smo se povezovali z različnimi skupinami iz tujine. Nosilec projektov - V. Nemanič. Na področju diamantnih plasti smo sodelovali z ameriškim partnerjem na bilateralnem projektu »Termionska konverzija energije«, PR-02882 BI-US/09-12-021. Nosilec projekta na ameriški strani je bil Prof. R.J. Nemanich, na slovenski strani dr. V. Nemanič.

Na področju interakcij vodika s kovinami, relevantnimi za fuzijo, sodelujemo z romunskim laboratorijem, ki ga vodi Dr. C. Lungu iz NILPRP, Bukarešta. Projekt BI-RO/12-13 z naslovom "Interakcija vodika s tankimi plastmi Be/W, relevantnimi za fuzijske reaktorje". Na slovenski strani je nosilec V. Nemanič.

UNG:

EURATOM Slovenia (MHST), 6FP EU: 1.41 – Hydrogen and deuterium molecule wall interaction (2005-2012), V. Žigman

Action Cost ES0803 Developing space weather products and services in Europe, 2008-2012, V. Žigman

Bilateralni projekt: Determination of atomic parameters on the basis of spectral line profiles, 2005-2009, sodelovanje UNG in Fakultete za fiziko Univerze v Beogradu, V. Žigman Institut za Fiziku, Beograd, Laboratorij za fiziko plazme, Projekt 141033 Ministarstva za nauku republike Srbije: "Radiacijske in transportne lastnosti neidealne laboratorijske in ionsferne plazme" (2006-2010), V. Žigman

Bilateralni projekt ARRS BI-SR/10-11-038: Učinki solarne aktivnosti na atmosfero in ionsfero Zemlje, 2010-2011, (bilateralni projekt SLO-Srbija), V. Žigman ESA PECS project Study of the effects of the ionospheric plasma density irregularities on satellite navigation and telecommunications services under adverse space weather conditions, V. Žigman

IMT:

Projekt "Improvement of lifetime of channel electron photomultipliers" – Pogodba o dolgoročnem sodelovanju med Inštitutom za kovinske materiale in tehnologije ter PerkinElmer Optoelectronics, Wiesbaden (Nemčija), 2006-2010, B. Erjavec

Bilateralni projekt ARRS BI-BIH/08-09-021: Transfer of Knowledge and experience in creating adequate metrology infrastructure and practice of National laboratory for physical quantity of pressure. (bilateralni projekt SLO-Bosna in Hercegovina), J. Šetina,

Raziskovalni projekt "Outgassing measurements of special insulation foils", naročnik Technical University of Vienna (J. Šetina)

Projekt EMRP-IND12 - Vakuumska metrologija za proizvodno okolje (Vacuum metrology for production environments). (<http://www.ptb.de/emrp/vacuum.html>), J. Šetina

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

V 2010 smo vzpostavili sodelovanje s firmo Melamin iz Kočevja, ki je sintetizirala nove organskepepe, ki utegnejo postati zanimiv gradnik sodobnih vakuumskih toplotnih izolacij. Raziskovalna tema je vezana na določitev odvisnosti parametrov sinteze pen in dolgoročno kemijskostabilnost pen, ki jo merimo v vakuumu. Letni obseg del je bil 0.2 FTE, s podpisom raziskovalnega vaučerja, ki je sofinanciran s strani EU, pa je v 2013 obseg ~0.5 FTE. Nosilec sodelave je bil V. Nemanič.

V 2009 smo vzpostavili sodelovanje z mednarodno firmo AGC, katere sedež za Evropo je v Belgiji, kjer smo udeleženi z raziskavami vakuumskih zasteklitev. S firmo imamo sklenjen sporazum o nerazkrivanju podatkov (NDA). Trenutno izvajamo tretji projekt. V 2010 je bil obseg sodelovanja 0.4 FTE, v 2013 ja obseg reda 1 FTE. Nosilec sodelave je V. Nemanič.

Laboratorij za metrologijo tlaka, ki deluje v okviru skupine je vključen v distribuiran sistem nacionalnih meroslovnih etalonov in je nosilec slovenskih etalonov za tlak in vakuum. S tem je vključen tudi v projekt rednega letnega sofinanciranja raziskovalnega dela za zagotavljanja sledljivosti nacionalnih etalonov na mednarodni nivo, ki ga zagotavlja Urad RS za meroslovje (MIRS) vrednost projekta ca. 17.000 EUR letno, (vodja Janez Šetina)

Projekt "Meroslovni laboratorij za tlak in vakuumsko tehniko v Inštitutu za mjeriteljstvo Bosne in Hercegovine v Sarajevu" Ministrstvo za gospodarstvo Republike Slovenije (2009), skupna vrednost projekta je bila 460.000 EUR, (vodja Janez Šetina), Projekt "Vzpostavljanje kalibracijskega laboratorija za električne veličine in za preskušanje varnosti električnih naprav in elektromagnetne kompatibilnosti" Center za mednarodno sodelovanje in razvoj (CMSR) (2010), vrednost projekta za IMT bila 190.000 EUR (vodja Janez Šetina)

IMT v okviru nacionalnega laboratorija za metrologijo tlaka zagotavlja sledljivost merilne opreme za tlak in vakuum v Sloveniji na mednarodno raven. V okviru te dejavnosti vsako leto opravimo 100-120 kalibracij za različne gospodarske subjekte v Sloveniji in območju JV Evrope, skupna vrednost 35.000 do 40.000 EUR letno, (vodja Janez Šetina)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Novo znanje iz naših raziskav bo omogočilo prenos v aplikacijo našim partnerjem, saj je trenutni obseg sofinanciranja zadosten le za izvajanje tekočih nalog. Domač partner Melamin bo z razvojem novih organskih pen lahko prodril v nišo vakuumskih izolacij, kjer so kot polnilo doslej uporabljali v svetu izključno anorganske materiale.

Tuj industrijski partner s pomočjo naših raziskav razvija tehnologijo energijsko učinkovitih zasteklitev, ki bo v prihodnosti prinašala velike prihranke energije.

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

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

--

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Kot izjemni družbenoekonomski dosežek skupine lahko navedemo zelo uspešno sodelovanje v mednarodni interkomparaciji helijeve referenčnih netesnosti (leakov), ki jo je organiziral BIPM ("Bureau International des Poids et Mesures"). Sodelovali vsi vodilni NMI: PTB(Nemčija), NIST (ZDA), INRIM(Italija), LNE(Francija), NMIJ(Japonska), NIM(Kitajska), NIMI(Indija), A*Star (Singapur), CMI(Češka), VNIIM(Rusija) ter naš laboratorij. Naša udeležba je bila zelo uspešna. Merilne negotovosti, ki smo jih dosegli, so bile na nivoju PTB in NIST in so bile tako med najboljšimi v interkomparaciji. Končni rezultati interkomparacije so bili uradno objavljeni v reviji Metrogija (IOPscience), doi:10.1088/00261394/ 50/1A/07001. Na osnovi uspešne udeležbe v interkomparaciji BIPM smo lahko v Laboratoriju za metrologijo tlaka v letu 2012 razširili obseg akreditacije na področje kalibracij referenčnih helijeve vakuumske netesnosti v območju med 8×10^{-16} mol/s in 2.5×10^{-10} mol/s.

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

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

Podpisi:

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

in

vodja raziskovalnega programa:

Inštitut za kovinske materiale in
tehnologije

Janez Šetina

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	13.4.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/35

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen

v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

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

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

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

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

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

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitve dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2014 v1.00a
C7-7C-21-C5-01-9E-A1-78-76-99-D9-BF-AA-CF-DD-7C-A6-C1-90-8B