

**HDZZ      CRPA**

**ZBORNIK      PROCEEDINGS  
RADOVA      OF THE EIGHTH  
OSMOG      SYMPOSIUM  
SIMPOZIJA      OF THE  
HRVATSKOG      CROATIAN  
DRUŠTVA ZA      RADIATION  
ZAŠTITU OD      PROTECTION  
ZRAČENJA      ASSOCIATION**

*Urednici / Editors*

**Ines Krajcar Bronić  
Nevenka Kopjar  
Mirta Milić  
Gina Branica**

**Zagreb  
2011**



**Zbornik radova VIII. simpozija  
HRVATSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA**

*Proceedings of the 8<sup>th</sup> Symposium of the  
CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION*

*Izdavač / Published by*

HRVATSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
*CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION*



*Urednici / Editors*

**Ines Krajcar Bronić  
Nevenka Kopjar  
Mirta Milić  
Gina Branica**

*Tiskara / Printing House*

Denona  
Getaldićeva 1, Zagreb

*Naklada / Copies*  
200

**ISBN 978-953-96133-7-0**

**HDZZ – CRPA**  
Zagreb, 2011

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu  
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu  
pod brojem **762554**.

**ISBN 978-953-96133-7-0**

**VIII. SIMPOZIJ  
HRVATSKOG DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
s međunarodnim sudjelovanjem  
Krak, Hrvatska  
13.-15. travnja 2011.**

***8<sup>th</sup> SYMPOSIUM OF THE  
CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION  
with international participation  
Krak, Croatia  
April 13-15, 2011***

**Organizator / Organiser**

**HRVATSKO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA  
CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION**

**Suorganizatori / Co-organisers**

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb  
*Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb*

Institut "Ruđer Bošković", Zagreb  
*Ruđer Bošković Institute, Zagreb*

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost, Zagreb  
*State Office for Radiological and Nuclear Safety, Zagreb*

**Pokroviteljstvo / Under the Auspices of**

Ministarstvo zdravstva i socijalne skrbi  
*Ministry of Health and Welfare*

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta  
*Ministry of Science, Education and Sports*

Ministarstvo gospodarstva, rada i poduzetništva  
*Ministry of Economy, Labour and Entrepreneurship*

**Znanstveni odbor / *Scientific Committee***

Nevenka Kopjar (predsjednica / *chairwoman*)

Tomislav Bokulić

Vera Garaj-Vrhovac

Ines Krajcar Bronić

Jadranka Kovač

Gordana Marović

Đurđica Milković

Saveta Miljanić

Nevenka Novosel

Bogomil Obelić

Mirjana Poropat

Mária Ranogajec-Komor

Marinko Vilić

**Organizacijski odbor / *Organising Committee***

Gina Branica (predsjednica / *chairwoman*)

Tomislav Bituh

Zdenko Franić

Goran Gajski

Željka Knežević

Dragan Kubelka

Mirta Milić

Martina Rožmarić Mačefat

Jasminka Senčar

Marija Surić Mihić

**Sponzori / *Sponsors***

FOTO BADROV

Hrvatska pošta d.d.

Jamnica d.d.

Knauf Insulation d.o.o

Veleučilište VERN'

**Izlagači / *Exhibitors***

Canberra Packard Central Europe GmbH, Austria

CETRON d.o.o., Slovenia

F&J SPECIALTY PRODUCTS, INC., SAD

Dragi članovi HDZZ-a, poštovani sudionici VIII. Simpozija,

Tri su godine prošle od našeg zadnjeg druženja tijekom VII. Simpozija u Opatiji 2008. Vjerujemo da ćemo se ubuduće družiti u dvogodišnjem ritmu svake neparne godine između velikih (svjetskih i europskih) IRPA kongresa.

U proteklom razdoblju HDZZ nije mirovao, naprotiv, Društvo je bilo vrlo aktivno. 2009. godine proslavili smo 30. obljetnicu Društva znanstveno-stručnim skupom na kojem smo dr. sc. Božu Metzgera proglasili prvim počasnim članom HDZZ-a. Organizirali smo 6. sastanak europskih društava za zaštitu od zračenja u Zagrebu i aktivno sudjelovali na 5. i 7. sastanku. U dogovoru s europskim društvima 2009. godine proveli smo prvi natječaj za najbolji znanstveni ili stručni rad iz područja znanosti o zračenju i zaštite od zračenja. Dobitnica nagrade dr. sc. Martina Rožmarić Mačefat uspješno je sudjelovala na europskom natjecanju mladih tijekom 3. europskog IRPA kongresa u Helsinkiju 2010. godine. Ove godine raspisat ćemo drugi natječaj, čiji će pobjednik predstavljati HDZZ u natjecanju tijekom IRPA-13 kongresa u Glasgowu 2012. godine. Sudjelovali smo u organizaciji Znanstvenog simpozija "Aktualna javnozdravstvena istraživanja o izloženosti elektromagnetskom zračenju" (19. 11. 2010. u Zagrebu) i nekoliko sastanaka srodnih društava u Hrvatskoj, a imamo i predstavnika u znanstvenom odboru IRPA-13 kongresa. Organizirali smo nekoliko znanstveno-popularnih predavanja, sudjelovali na IRPA-12 kongresu u Buenos Airesu (2008.) i na 3. europskom IRPA kongresu u Helsinkiju (2010.), na simpozijima regionalnih društava za zaštitu od zračenja i drugih srodnih društava.

Početakom 2009. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, znanstveno-stručni časopis sa šezdesetogodišnjom tradicijom izlaženja, postao je službeno glasilo HDZZ-a i u njemu se redovito objavljuju informacije vezane uz rad Društva. Ovom prigodom sve sudionike 8. Simpozija HDZZ-a i članove Društva pozivamo da svoje znanstvene i stručne radove objavljuju u *Arhivu* i time aktivno pridonose njegovom daljnjem napretku. Uredništvu časopisa na razmatranje se mogu poslati i radovi pripremljeni za ovaj zbornik koje, ukoliko dosad nisu objavljivani, možete proširiti do veličine originalnog znanstvenog rada na engleskom jeziku ili stručnog rada na hrvatskom ili engleskom jeziku.

U ovom Zborniku radova objavljujemo sve u roku pristigle radove. Objavljeni radovi odražavaju stanovišta autora, a urednici su ispravili samo očite pogreške u tekstovima, te tehnički uredili i ujednačili izgled radova prema zadanom predlošku. Radovi su pisani ili na hrvatskom jeziku sa

sažetkom na engleskom, ili na engleskom jeziku u cjelini. Kvaliteta i standard engleskog jezika su odgovornost autora jer tekstovi nisu posebno lektorirani. Znanstveni odbor i urednice ovog Zbornika većinu radova autora iz BiH, Crne Gore, Kosova i Srbije ostavili su u originalnom jezičnom obliku, unoseći izmjene samo na mjestima gdje su smatrali da je to nužno. Kvaliteta grafičkih priloga također je odgovornost autora i u pojedinim slučajevima na nju nismo mogli utjecati. To se posebno odnosi na ilustracije koje su originalno u boji, a tisak Zbornika je u crno-bijeloj tehnici. Nakon Simpozija na internetskim stranicama HDZZ-a ([www.hdzz.hr](http://www.hdzz.hr)) bit će dostupna i pdf verzija Zbornika u kojoj će se svi prilozi moći vidjeti u originalnim bojama.

U Zborniku se nalazi ukupno 80 radova podijeljenih u 7 sekcija; u taj broj ulaze i uvodno predavanje te dva predavanja vezana uz Okrugli stol o akreditaciji metoda i laboratorija u području zaštite od zračenja. Ponosni smo što je upravo u ovom Zborniku sabran najveći broj objavljenih radova u zbornicima od 1992. godine, a posebno nas veseli veliki broj radova mladih članova društva, kao i velik broj radova iz inozemnih prijateljskih društava.

U jeku priprema ovog Simpozija Japan su pogodili potres i tsunami katastrofalnih razmjera što je za posljedicu imalo i velika oštećenja nekoliko reaktora nuklearne elektrane Fukushima. Nuklearna nesreća u Japanu ubrzo je postala jedan od najvećih globalnih problema s još uvijek nepoznatim posljedicama. Nažalost, nedovoljno poznavanje osnovnih činjenica o radioaktivnosti i ponekad pretjerano senzacionalističko izvještavanje u medijima izazvalo je nepotrebnu paniku i u našoj zemlji. Stoga su organizatori odlučili program Simpozija nadopuniti stručnom i znanstveno utemeljenom raspravom u okviru aktualnog sata, s ciljem informiranja javnosti zasnovanog na argumentiranim, stručnim i znanstvenim činjenicama, što je u konačnici i temelj na kojem počiva rad našeg Društva.

I na kraju, nadamo se da će autori radova biti zadovoljni načinom na koji su njihovi prilozi uređeni i prezentirani u Zborniku, a da će čitatelji u ovoj knjizi naći korisne informacije i poticaj za svoj znanstveni i stručni rad u području znanosti o zračenju te zaštite od zračenja.

*Nevenka Kopjar, predsjednica ZO 8. HDZZ-a i urednica Zbornika  
Ines Krajcar Bronić, tajnica HDZZ-a i urednica Zbornika  
Saveta Miljanić, predsjednica HDZZ-a*

Zagreb, travnja 2011.



**SADRŽAJ**

***CONTENTS***



## **Uvodno predavanje / *Opening lecture***

- V. Chumak, E. Bakhanova** 3  
*Chernobyl experience in the field of retrospective dosimetry*

## **Okrugli stol / *Round Table***

- G. Omahen, U. Zdešar** 15  
*Akreditacija i zaštita od zračenja – trebamo li je zbog zakona ili zbog nas  
Accreditation and radiation protection – do we need it because of the  
law or because of us*
- Z. Franić, S. Galjanić, D. Križanec** 21  
*Iskustva akreditacije laboratorija iz područja znanosti o zračenju u  
Republici Hrvatskoj  
Experiences in accreditation of laboratories in the field of radiation  
science*

## **Opće teme / *General topics***

- D. Kubelka, N. Sviličić, I. Kralik, N. Belamarić, D. Faj, N. Novosel,  
V. Vukić, Z. Tečić** 31  
*Analiza učinkovitosti i usklađenosti s EU propisima zakonodavstva  
kojim se regulira radiološka i nuklearna sigurnost  
Analysis of efficacy and conformity with the EU acquis  
communautaire of the radiation protection and nuclear safety  
legislative*
- N. Novosel** 39  
*Međunarodna suradnja Republike Hrvatske na području radiološke i  
nuklearne sigurnosti  
International cooperation of the Republic of Croatia in the field of  
radiological and nuclear safety*
- M. Nodilo, T. Petković** 48  
*Pojmovnik iz moderne fizike i zaštite od ionizirajućeg zračenja  
First Glossary of modern physics and ionising radiation protection in  
Croatian*

<b>M. Medvedec, N. Kovačević, R. Magjarević</b>	54
EMITEL: e-enciklopedija i e-rječnik tehnologija medicinskog oslikavanja <i>EMITEL: e-Encyclopaedia and e-Dictionary of medical imaging technologies</i>	
<b>B. Hanžek, Z. Franić, G. Branica</b>	60
Istaknuti hrvatski prirodosnanstvenici na polju znanosti o zračenju do 1945. godine <i>Notable Croatian scientists in the field of radiation science until year 1945</i>	
<b>Dozimetrija zračenja i instrumentacija / Radiation dosimetry and instrumentation</b>	
<b>D. Babić</b>	71
Fizikalni principi rada nekih suvremenih detektora ionizirajućeg zračenja <i>Physical principles of operation of some modern detectors of ionising radiation</i>	
<b>M. Osvay</b>	77
<i>Individual monitoring and TL dosimetry in Hungary</i>	
<b>M. Ranogajec-Komor, I. Mócsy, I. Csige, Ž. Knežević</b>	82
Mjerenje doze u okolini s TL i RPL dozimetrima <i>Environmental dosimetry with TL and RPL dosimeters</i>	
<b>M. Surić Mihić, D. Posedel, J. Šiško, T. Meštrović, I. Prlić</b>	88
Kalibracija TLD iradijatora prema sekundarnom standardu za $K_{air}$ <i>TLD irradiator calibration to a <math>K_{air}</math> secondary standard</i>	
<b>V. Radolić, D. Čamilović, D. Stanić</b>	94
Kontroler vremena ozračivanja detektora nuklearnih tragova <i>Time controller for nuclear track etched detectors irradiation</i>	
<b>V. Radolić, I. Stanić, I. Miklavčić, D. Stanić</b>	100
Zasićenje brojača iskri pri velikim gustoćama tragova na detektorima nuklearnih tragova LR-115 II <i>Saturation of spark counter due to high track densities on strippable LR-115 II nuclear track detectors</i>	

<b>N. Kovačević, H. Hršak, J. Bibić</b>	106
<i>Dosimetric verification and evaluation of the 3-D conformal parotid gland-sparing irradiation technique for bilateral neck treatment at University Hospital Centre Zagreb</i>	
<b>T. Bokulić, I. Mrčela, M. Budanec, B. Vekić, A. Fröbe, Z. Kusić</b>	113
<i>Kalibracija brahiterapijskog izvora <sup>192</sup>Ir velike brzine doze: analiza rezultata i nepouzdanosti</i>	
<i>High dose rate <sup>192</sup>Ir source calibration: analysis of results and uncertainties</i>	
 <b>Biološki učinci zračenja / <i>Biological effects of radiation</i></b>	
<b>M. Milić, R. Rozgaj, V. Kašuba, D. Kubelka, S. Angelini, P. Hrelia</b>	123
<i>Utjecaj polimorfizama gena za popravak DNA na razinu postojanih oštećenja genoma u ljudskim limfocitima izazvanih nakon izlaganja ionizirajućem zračenju od 2 Gy</i>	
<i>Influence of SNP polymorphisms in DNA repair genes on the level of persistent damage in human lymphocytes after exposure to 2 Gy of ionising radiation</i>	
<b>G. Gajski, Đ. Milković, M. Ranogajec-Komor, S. Miljanić, Ž. Knežević, N. Beck, M. Gerić, V. Garaj-Vrhovac</b>	129
<i>Alkaline comet assay and micronucleus test parameters in children exposed to diagnostic X-ray examination</i>	
<b>N. Kopjar, S. Ramić, D. Želježić, I. Prlić</b>	134
<i>Utjecaj radioizotopa <sup>201</sup>Tl i <sup>99m</sup>Tc primijenjenih u dijagnostičke svrhe na razinu oštećenja genoma u limfocitima periferne krvi – prikaz slučaja</i>	
<i>Peripheral blood lymphocyte genome damage induced by diagnostic exposure to <sup>201</sup>Tl and <sup>99m</sup>Tc: a case study</i>	
<b>B. Rakić, J. Pajić, O. Marinković, D. Jovičić, V. Prokić, Z. Mirkov</b>	142
<i>Occupational exposure in nuclear medicine – a case study</i>	
<b>A. Ajanović, E. Sofić, M. Mihaljević, D. Hasanbašić, D. Rukavina</b>	148
<i>Promjene koncentracije lecitina u moždanom tkivu čovjeka kod nekih neurodegenerativnih stanja</i>	
<i>Changes in lecithin concentration in the human brain tissue in some neurodegenerative conditions</i>	

<b>P. Kraljević, M. Vilić, D. Matišić, S. Miljanić, M. Šimpraga</b>	155
Koncentracija bjelančevina i bjelančevinskih frakcija u krvnoj plazmi pilića izleženi iz jaja ozračenih malom dozom gama-zračenja <i>Concentration of proteins and protein fractions in blood plasma of chickens hatched from eggs irradiated with low level gamma rays</i>	
<b>M. Vilić, Ž. Gottstein, S. Miljanić, H. Mazija, P. Kraljević</b>	161
Učinak malih doza gama-zračenja na titar protutijela za virus newcastleske bolesti u pilića lake pasmine <i>Effect of low dose gamma-radiation upon Newcastle disease virus antibody level in chickens of light line</i>	
<b>V. Benković, D. Đikić, A. Horvat Knežević, D. Lisičić, N. Oršolić, N. Kopjar</b>	167
<i>The role of flavonoids as potential radioprotectors</i>	
<b>M. Šegvić Klarić, I. Kosalec, M. Milić, S. Vladimir-Knežević, B. Blažeković, N. Kopjar</b>	173
Inhibicija foto-genotoksičnih učinaka UV zračenja na limfocitima periferne krvi čovjeka pomoću ekstrakta vrste <i>Echinacea purpurea</i> (L.) Moench <i>Inhibition of photo-genotoxic effects of UV radiation on human peripheral blood lymphocytes by Echinacea purpurea (L.) Moench herbal extract</i>	
<b>Izloženost stanovništva zračenju / <i>Public exposure</i></b>	
<b>G. Marović, Z. Franić, G. Branica, J. Kovač, J. Senčar</b>	183
Procjena izloženosti zračenju stanovništva RH po regijama <i>Assessment of population exposure in regions of Republic of Croatia</i>	
<b>I. Franulović, G. Marović, T. Bituh, Z. Franić</b>	191
Procjena izloženosti stanovništva Republike Hrvatske unosom <sup>90</sup> Sr mlijekom <i>Exposure assessment of population of the Republic of Croatia from <sup>90</sup>Sr uptake by milk consumption</i>	
<b>K. Šega, I. Bešlić, G. Marović, J. Senčar</b>	196
Ukupna beta aktivnost frakcije PM2.5 lebdećih čestica u atmosferi Zagreba <i>Total beta activity in PM2.5 particle fraction in Zagreb atmosphere</i>	

<b>S. Kadiri, G. Hodolli, S. Dumani, X. Pllana, F. Hasani</b>	203
Mjerenje radona ( $^{222}\text{Rn}$ ) u prostorijama srednje medicinske škole "Dr. Ali Sokoli" u Prištini <i>Measurement of radon (<math>^{222}\text{Rn}</math>) in the high school of medicine "Dr. Ali Sokoli" in Prishtina</i>	
<b>P. Jovanovič</b>	209
<i>Radon measurements in buildings with high radon concentrations</i>	
<b>M. Varga Pajtler, D. Jurišić, I. Miklavčić, M. Poje, V. Radolić, B. Vuković, I. Ivković</b>	214
Radon u kućama Virovitičko-podravske županije <i>Radon in the houses of Virovitica and Podravina County</i>	
<b>V. Radolić, I. Miklavčić, M. Poje, D. Stanić, M. Varga Pajtler, B. Vuković</b>	220
Implementacija protokola za mjerenje radona u kućama u RH na primjeru Baranje <i>Protocol implementation for radon concentration measurements in houses in Croatia – Baranja case</i>	
<b>I. Mócsy, I. Csige, K. Szacsvai, M. Ranogajec-Komor, T. Néda</b>	226
<i>Proposal for radon mapping</i>	
<b>V. Radolić, I. Miklavčić, M. Poje, D. Stanić, B. Vuković, D. Paar</b>	232
Radon u špiljama Hrvatske – doze koje prime zaposlenici i posjetitelji <i>Radon concentration in caves of Croatia – assessing effective radon doses for occupational workers and visitors</i>	
<b>A. Gregorič, J. Vaupotič</b>	238
<i>Diurnal variation of radon concentration in the Postojna cave</i>	
<b>K. Obu, A. Gregorič, M. Smerajec, B. Čenčur Curk, R. Fujiyoshi, Y. Sakuta, J. Vaupotič</b>	243
<i>The influence of air temperature and barometric pressure on radon and carbon dioxide levels in air of a karst cave</i>	

**Zaštita od zračenja u medicini /  
*Radiation protection in medicine***

- M. Poropat, D. Dodig, M. Ciglar, S. Težak** 251  
Analiza osobnih doza osoblja u nuklearnoj medicini u  
desetogodišnjem razdoblju  
*Analysis of personal dosimetry for nuclear medicine staff in ten-year period*
- H. Prpić, A. Švarc, B. Vekić, R. Bagarić** 257  
Zaštita od zračenja tijekom proizvodnje radiofarmaceutika na ciklotronu  
*Radiation protection during cyclotron production of  
radiopharmaceuticals*
- B. Klasić, K. Višković, Z. Brnić, D. Posedel, J. Popić, M. Šoštarec-Crnić** 263  
Towards establishment of national reference dose levels from  
computed tomography in Croatia – first results
- Z. Brnić, A. Ljevar, B. Klasić, J. Popić-Ramač** 269  
*Image quality in screening mammography in Croatia*
- O. Ciraj-Bjelac, S. Rafajlović, D. Arandić, D. Košutić, M. Kovačević** 276  
*Patient dose considerations in interventional cardiology*
- D. Nikodemová, K. Böhm** 282  
*Optimization of patient doses in interventional radiology and cardiology*
- N. Beck, Ž. Knežević, Đ. Milković, S. Miljanić, M. Ranogajec-Komor** 287  
Utjecaj ljudskog čimbenika u zaštiti od zračenja pri snimanju dišnih  
puteva djece  
*The role of human factor in radiation protection of children during  
chest X ray examination*
- J. Popić-Ramač, Ž. Knežević, Z. Brnić, B. Klasić, A. Hebrang** 292  
Preliminarni rezultati niskodoznog protokola kompjutorizirane  
tomografije prsišta kod pacijenata s limfoproliferativnim bolestima  
*Efficacy of low-dose CT protocol in follow-up of lymphoproliferative  
disorders – preliminary results*
- M. Gamulin, M. Grgić** 298  
Nuspojave adjuvantnog zračenja bolesnika sa seminomom testisa stadija I  
*Side effects of adjuvant radiotherapy in patients with testicular  
seminoma stage I*



<b>S. Miljanić, I. Bessieres, J.-M. Bordy, E. D'Agostino, F. d'Errico, A. di Fulvio, C. Domingo, Ž. Knežević, P. Olko, M. Silari, L. Stolarczyk, R. Harrison</b>	303
<i>Interkomparacija dozimetara za mjerenje perifernih doza u radioterapiji – aktivnost radne grupe 9 EURADOS-a: zaštita od zračenja u medicini Intercomparison of dosimeters for non-target organ dose measurements in radiotherapy – activity of EURADOS WG9: radiation protection in medicine</i>	
<b>I. Mrčela, T. Bokulić, M. Budanec, Ž. Soldić, A. Fröbe, Z. Kusić</b>	309
<i>Kalibracija optički stimuliranih luminiscentnih dozimetara (OSL) za in-vivo dozimetriju u radioterapiji Calibration of optically stimulated luminescence (OSL) dosimeters for in-vivo dosimetry in radiotherapy</i>	
<b>S. Jurković, A. Diklić, M. Kasabašić, Đ. Smilović Radojčić, M. Švabić, A. Ivković, D. Faj</b>	316
<i>Survey of equipment quality control in radiotherapy centers in Croatia: first results</i>	
<b>Đ. Smilović Radojčić, M. Švabić, A. Diklić, S. Jurković</b>	323
<i>Kontrola kvalitete terapije zračenjem u KBC Rijeka Quality control of radiotherapy in University Hospital Rijeka</i>	
<b>M. Kasabašić, V. Rajevac, S. Jurković, A. Ivković, H. Šobat, D. Faj</b>	330
<i>Utjecaj pogreške u položaju bolesnika tijekom zračenja zdjelice na raspodjelu doze Influence of daily set-up errors on dose distribution during pelvis radiotherapy</i>	
 <b>Radioekologija / Radioecology</b>	
<b>V. Stibilj, B. Svetek, Z. Trkov, A. Volčanšek, B. Breznik</b>	341
<i>Measurement of <math>^{14}\text{C}</math> activity in exhaust air at the Krško Nuclear Power Plant</i>	
<b>B. Obelić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, A. Sironić, J. Barešić, A. Rajtarić, B. Breznik, A. Volčanšek</b>	347
<i>Utjecaj remonta Nuklearne elektrane Krško na aktivnost <math>^{14}\text{C}</math> u atmosfera i bilju Impact of refuelling of the Krško Nuclear Power Plant on the <math>^{14}\text{C}</math> activity in the atmosphere and plants</i>	

<b>G. Pehlec, V. Vadić, I. Bešlić, J. Kovač</b>	355
Mjerenja koncentracija sumporovodika i radioaktivnosti u okolici CPS Molve <i>Measurements of hydrogen sulphide and radioactivity in the vicinity of the Molve gas station</i>	
<b>V. Vadić, G. Pehlec, J. Kovač</b>	362
Razine merkaptana i radioaktivnosti na plinskom polju Molve <i>Mercaptan and radiation monitoring at the gas field Molve</i>	
<b>M. Čačković, V. Vadić, S. Žužul, G. Marović, J. Senčar</b>	368
Sumporov dioksid i ionizirajuće zračenje u okolišu plinskog polja Molve <i>Sulphur dioxide and ionizing radiation in the environment of gas field Molve</i>	
<b>G. Branica, G. Marović, J. Senčar</b>	375
Radioaktivnost na plinskom polju Molve <i>Radioactivity at natural gas field Molve</i>	
<b>D. Pavičić-Hamer</b>	381
Antropogeni radionuklidi u morskoj vodi srednjeg i južnog Jadrana <i>Anthropogenic radionuclides in seawater of the middle and southern Adriatic Sea</i>	
<b>N. Horvatinčić, J. Barešić, A. Sironić, I. Krajcar Bronić, B. Obelić</b>	387
Tricij u oborinama, površinskim i podzemnim vodama na području Zagreba <i>Tritium in precipitation, surface and groundwaters in the Zagreb area</i>	
<b>M. Rogić, L. Benedik, M. Rožmarić Mačefat, M. Štrok</b>	393
Određivanje $^{210}\text{Pb}$ i $^{210}\text{Po}$ u vodama za piće dostupnim na hrvatskom tržištu <i><math>^{210}\text{Pb}</math> and <math>^{210}\text{Po}</math> determination in bottled water available on the Croatian market</i>	
<b>M. Rožmarić Mačefat, L. Benedik, M. Rogić, De. Barišić</b>	399
Određivanje prirodnih alfa radionuklida u komercijalno dostupnoj pitkoj i mineralnoj vodi <i>Determination of natural alpha emitting radionuclides in bottled drinking and mineral water</i>	
<b>D. Todorović, M. Janković, J. Nikolić, D. Košutić</b>	405
Radioaktivnost na lokalitetima olova, cinka i fosfora u Srbiji <i>Radioactivity of ore sites of lead, zinc and phosphate in Serbia</i>	

<b>N. Gradašćević, D. Samek, L. Saračević, A. Mihalj</b>	411
Procjena utjecaja termoelektrane Kakanj na tlo i vegetaciju u bližem okruženju postrojenja <i>Impact assessment of coal fired power plant Kakanj on the soil and vegetation in surroundings of the facility</i>	
<b>P. Vukotić, R. Svrkota, T. Anđelić, R. Zekić, N. Antović</b>	418
Lokalnosti sa povećanim fonom gama zračenja u zoni Visoki krš u Crnoj Gori <i>Localities with elevated radiation background in the High Karst Zone of Montenegro</i>	
<b>M. J. Križman, J. Rojc</b>	424
<i>Decrease of environmental radioactivity after terminated restoration of the uranium mine site at Žirovski Vrh (Slovenia)</i>	
<b>M. Štrok, P. Planinšek, B. Smodiš</b>	431
<i>Content of natural radionuclides in sediments in the vicinity of a former uranium mine</i>	
<b>B. Skoko, G. Marović, D. Babić, I. Vicković</b>	437
<sup>137</sup> Cs na znanstveno-istraživačkom poligonu "Šumbar" <i><sup>137</sup>Cs in research polygon "Šumbar"</i>	
<b>T. Bituh, I. Prlić, G. Marović, J. Senčar, B. Petrincec</b>	443
Radioaktivnost i moguća iskoristivost fosfogipsa <i>Radioactivity of phosphogypsum and its possible usage</i>	
<b>M. Rožmarić Mačefat, Do. Barišić, M. Rogić, L. Svečnjak,</b>	449
<b>M. Nodilo, D. Bubalo, M. Popijač, N. Kezić</b>	
Aktivnosti <sup>137</sup> Cs u kestenovom medu iz sjeverozapadne Hrvatske dva desetljeća nakon akcidenta u Černobilu <i><sup>137</sup>Cs behaviour in chestnut honey from northwestern Croatia two decades after Chernobyl accident</i>	
<b>D. Copplestone, R. Allott</b>	455
<i>The radiological protection of wildlife and its implications</i>	

**Validacija metoda u radioekologiji /  
*Validation of methods in radioecology***

**J. Barešić, I. Krajcar Bronić, N. Horvatinčić, B. Obelić, A. Sironić,  
J. Kožar-Logar** 461

Mjerenje tricija u uzorcima voda tekućinskim scintilacijskim  
brojačem uz elektrolitičko obogaćenje  
*Tritium activity measurement of water samples using liquid  
scintillation counter and electrolytical enrichment*

**A. Kandić, B. Šešlak, I. Vukanac, M. Đurašević, Z. Milošević** 468

Analiza stabilnosti rada HPGe spektrometra u okviru interne kontrole  
kvaliteta  
*Analysis of HPGe spectrometer stability – internal quality control*

**M. Đurašević, I. Vukanac, A. Kandić, B. Šešlak, Z. Milošević** 474

Određivanje sadržaja radionuklida u okviru međunarodnih  
interkomparativnih merenja – IAEA-CU-2008-03 i IAEA-CU-2009-03  
*Radionuclide content determination within the international  
intercomparison campaigns – IAEA-CU-2008-03 and IAEA-CU-2009-03*

**F. M. Gavila** 480

*The fundamentals of the air sampler calibration-verification process*

**Neionizirajuća zračenja / *Non-ionising radiations***

**G. Serša, M. Čemažar, E. Gadžijev, I. Edhemović, E. Breclj,  
M. Snaj** 489

*Biomedical application of electroporation: electrochemotherapy and  
electrogene therapy in treatment of cutaneous and deep seated tumors*

**B. Tanatarec, N. Nikolić** 495

Norme u području mjerenja visokofrekvencijskog elektromagnetskog  
zračenja u svrhu zaštite od štetnog djelovanja  
*Standards for measurements in the field of high frequency  
electromagnetic radiation for the purpose of protection against  
adverse health effects*

**D. Poljak, C. Peratta, A. Peratta, A. Šarolić, V. Dorić** 501

*Dosimetry methods for human exposure to non-ionising radiation*

<b>S. Pažanin, A. Šarolić</b>	507
Profesionalna izloženost obalnih motritelja neionizirajućem zračenju <i>Occupational exposure of coastal observation station personnel to non-ionising radiation</i>	
<b>A. M. Marjanović, A.-M. Domijan, D. Flajs, I. Pavičić</b>	513
Pokazatelji oksidacijskog oštećenja makromolekula i antioksidacijske obrane u ispitanika izloženih radarskom zračenju frekvencija od 1,5 GHz do 10,9 GHz <i>Indicators of macromolecular oxidative damage and antioxidant defence in examinees exposed to the radar frequencies 1.5 – 10.9 GHz</i>	
<b>I. Pavičić, A. M. Marjanović, I. Trošić</b>	519
Usporedba djelovanja GSM moduliranog i nedomuliranog radiofrekvencijskog zračenja na stanice <i>Comparison of GSM modulated and CW radiofrequency radiation on cells</i>	
<b>V. Garaj-Vrhovac, G. Gajski</b>	524
<i>Radioprotection of Wistar rat lymphocytes against microwave radiation mediated by bee venom</i>	
<b>Popis autora / Author index</b>	531

## **ODREĐIVANJE SADRŽAJA RADIONUKLIDA U OKVIRU MEĐUNARODNIH INTERKOMPARATIVNIH MERENJA – IAEA-CU-2008-03 I IAEA-CU-2009-03**

*Mirjana Đurašević, Ivana Vukanac, Aleksandar Kandić, Bojan Šešlak i  
Zoran Milošević*

Institut za nuklearne nauke "Vinča", Univerzitet u Beogradu, Srbija  
[mirad@vinca.rs](mailto:mirad@vinca.rs)

### **UVOD**

Učešće u interkomparativnim merenjima, za laboratorije akreditovane po standardu SRPS ISO/IEC 17025:2006 predstavlja vid eksterne kontrole kvaliteta. Na taj način akreditovana laboratorija potvrđuje tačnost, pouzdanost i reproducibilnost akreditovane metode.

Evropski centri kao što su IAEA, JRC, i IRMM u okviru svojih redovnih aktivnosti imaju obavezu organizacije i realizacije programa interkomparativnih merenja. Jedan deo tih programa odnosi se na merenje sadržaja prirodnih i veštačkih radionuklida u uzorcima iz okoline. Laboratorija za nuklearnu i plazma fiziku, Instituta "Vinča", redovno učestvuje na nekom od takvih programa u cilju obezbedjenja kvaliteta rezultata ispitivanja.

U toku 2008. i 2009. godine učestvovali smo na dve interkomparativne kampanje organizovane od strane Grupe za Referentne Materijale (Reference Materials Group) u sklopu IAEA (International Atomic Energy Agency):

- The IAEA-CU-2008-03 Worldwide open proficiency test: Određivanje prirodnih radionuklida u fosfogipsu i vodi.
- The IAEA-CU-2009-03 Worldwide open proficiency test: Određivanje prirodnih i veštačkih radionuklida u zemljištu sa mahovinom i spajkovanoj vodi.

### **UZORCI MERENI U INTERKOMPARATIVNIM KAMPANJAMA**

U okviru kampanje IAEA-CU-2008-3 distribuirani su sledeći uzorci: dva uzorka spajkovane vode (gde je trebalo odrediti  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$ ) i uzorak fosfogipsa (gde je trebalo odrediti  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$ ).

U okviru kampanje IAEA-CU-2009-3 distribuirani su sledeći uzorci: tri uzorka spajkovane vode (gde je trebalo odrediti  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,

$^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{133}\text{Ba}$ , i  $^{152}\text{Eu}$ ), kao i uzorak zemljišta sa mahovinom (gde je trebalo odrediti  $^{40}\text{K}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ac}$ ,  $^{234}\text{Th}$  i  $^{241}\text{Am}$ ).

Hemijski gips – fosfogips, nastaje kao sporedni proizvod pri proizvodnji fosforne kiseline dihidratnim, tzv. "mokrim postupkom" [1], pri čemu vrlo visok procenat radijuma i olova (99,5 %  $^{226}\text{Ra}$ , i 93 %  $^{210}\text{Pb}$ ) od ukupne početne koncentracije u fosfatnoj rudi ostaje u fosfogipsu. Slično ponašanje pokazuju  $^{232}\text{Th}$  i  $^{228}\text{Th}$ . Za razliku od njih,  $^{238}\text{U}$  i ostali radionuklidi iz uranovog niza najvećim delom ostaju u fosfornoj kiselini [2].

Uzorak fosfogipsa meren u okviru ove interkomparativne kampanje sakupljen je sa deponije u blizini fabrike za proizvodnju fosforne kiseline koja se nalazi u Gdanjsku u Poljskoj.

Uzorak zemljišta sa mahovinom meren u okviru prikazane interkomparativne kampanje sakupljen je od strane Mađarskog zavoda i potiče iz okoline starog rudnika crvenog mermera koji je napušten šezdesetih godina i nalazi se u planini Gerecse u severozapadnom delu Mađarske. U okviru programa zaštite životne sredine, u poslednjih nekoliko godina, razvijene su metode za monitoring u kojima se mahovine koriste kao biološki indikatori raznih zagađivača. Zbog svoje strukture mahovine mogu da akumuliraju i adsorbuju nečistoće preko cele svoje površine. Mahovine nemaju korenski sistem tako da hranjive materije koje koriste adsorbuju direktno iz atmosfere [3].

## EKSPERIMENT

Dobijeni uzorci vode, fosfogipsa i zemljišta sa mahovinom pripremljeni su za merenje u skladu sa preporukama organizatora interkomparativnih kampanja [4,5].

Svi uzorci mereni su u standardnim geometrijama na HPGe poluprovodničkom spektrometru GEM30-70 *Ortec*, relativne efikasnosti 37 %, rezolucije 1,66 keV i odnos pik-Kompton je 70:1. Za obradu spektara korišćen je softverski paket Genie 2000 [6].

Kalibracija efikasnosti germanijumskog detektora vršena je snimanjem spektara standardnih referentnih materijala. Korišćeni su standardi vode i mleka u prahu spajkovani standardnim rastvorom miksa radionuklida  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{88}\text{Y}$  i  $^{137}\text{Cs}$  [7]. Standardi vode sa  $^{152}\text{Eu}$  i  $^{133}\text{Ba}$  koji su pripremljeni u laboratoriji od sertifikovanih rastvora takođe su mereni u cilju određivanja efikasnosti na energijama emisije ovih radionuklida.

## REZULTATI

Svi rezultati u okviru obe interkomparativne kampanje dati su na nivou poverenja 67 % ( $1\sigma$ ), a greška merenja određena je primenom opšteg zakona propagacije greške i uključivala je statističku grešku merenja, grešku određivanja krive efikasnosti i grešku merenja mase.

### Rezultati interkomparativnog merenja IAEA-CU-2008-3

U Tabeli 1 prikazane su izmerene specifične aktivnosti za tražene radionuklide kao i referentne vrednosti date od strane IAEA.

Analiza dobijenih rezultata pokazala je dobro slaganje za  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{230}\text{Th}$  i  $^{238}\text{U}$ . Za  $^{234}\text{U}$  dobijeno je veliko neslaganje. Specifična aktivnost datog izotopa određena je preko linije 53,2 keV, a da pri tome nije uzeto u obzir da i izotop  $^{214}\text{Pb}$ , takođe ima liniju na energiji 53,2275 keV (prinos 1,06 %). Zato je trebalo od ukupnog odbroja ispod pika oduzeti odbroj koji pripada  $^{214}\text{Pb}$ .

*Tabela 1.* Rezultati merenja aktivnosti pojedinih radionuklida u uzorku fosfogipsa

Radionuklid	Izmerene vrednosti [Bq/kg]	Referentne vrednosti [Bq/kg]
$^{210}\text{Pb}$	$748 \pm 83$	$680 \pm 29$
$^{226}\text{Ra}$	$921 \pm 115$	$780 \pm 31$
$^{230}\text{Th}$	$250 \pm 70$	$211 \pm 4,5$
$^{234}\text{U}$	$5885 \pm 875$	$120 \pm 4,5$
$^{238}\text{U}$	$161 \pm 25$	$120 \pm 5,5$

Merenje uzoraka vode pokazalo je da se vrednosti specifičnih aktivnosti za  $^{234}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  i  $^{226}\text{Ra}$  nalaze daleko ispod minimalne detektabilne aktivnosti traženih radionuklida pri realizovanim uslovima merenja. To potvrđuje da za uzorke niskih aktivnosti ( $\leq 1$  Bq/kg) alfaspektrometrijska metoda ima prednost u odnosu na gamaspektrometriju.

### Rezultati interkomparativnog merenja IAEA-CU-2009-3

U okviru ove interkomparativne kampanje mereni su uzorak zemljišta sa mahovinom i tri uzorka vode. U Tabeli 2 prikazane su izmerene vrednosti specifičnih aktivnosti za tražene radionuklide, kao i referentne vrednosti.



Tabela 2. Rezultati merenja aktivnosti pojedinih radionuklida u uzorku zemljišta sa mahovinom

Radionuklid	Izmerene vrednosti	Referentne vrednosti
	[Bq/kg]	[Bq/kg]
<sup>40</sup> K	689 ± 35	550 ± 20
<sup>137</sup> Cs	478 ± 24	425 ± 10
<sup>241</sup> Am	2,8 ± 0,52	2,2 ± 0,2
<sup>210</sup> Pb	404 ± 22	424 ± 20
<sup>212</sup> Pb	44,3 ± 2,5	37,0 ± 1,5
<sup>214</sup> Pb	29,6 ± 1,6	26,0 ± 2,0
<sup>214</sup> Bi	25,9 ± 1,4	24,8 ± 2,0
<sup>226</sup> Ra	25,7 ± 2,1	25,1 ± 2,0
<sup>234</sup> Th	30,8 ± 3,1	25,5 ± 3,0
<sup>228</sup> Ac	37,9 ± 2,1	37,0 ± 2,0
<sup>208</sup> Tl	12,7 ± 0,7	13,0 ± 0,5

U Tabeli 3 prikazane su izmerene i referentne vrednosti specifičnih aktivnosti za tražene radionuklide u uzorcima vode 01, 02 i 03.

Tabela 3. Rezultati merenja aktivnosti pojedinih radionuklida u uzorcima vode

Radio nuklid	Uzorak 01		Uzorak 02		Uzorak 03	
	Izmerene vrednosti [Bq/kg]	Referentne vrednosti [Bq/kg]	Izmerene vrednosti [Bq/kg]	Referentne vrednosti [Bq/kg]	Izmerene vrednosti [Bq/kg]	Referentne vrednosti [Bq/kg]
<sup>152</sup> Eu	11,0±0,3	11,3±0,23	4,1±0,1	3,7±0,08	10,8±0,3	11,3±0,23
<sup>134</sup> Cs	12,8±0,7	13,9±0,28	4,6±0,3	4,6±0,1	12,6±0,6	13,9±0,28
<sup>137</sup> Cs	9,7±0,2	9,5±0,19	3,5±0,1	3,2±0,06	9,8±0,2	9,5±0,19
<sup>57</sup> Co	7,4±0,3	7,5±0,15	2,7±0,2	2,5±0,05	7,1±0,4	7,5±0,15
<sup>60</sup> Co	6,3±0,1	6,0±0,12	2,3±0,1	2,1±0,04	6,1±0,1	6,0±0,12

## ZAKLJUČAK

Učešće naše laboratorije na interkomparativnim merenjima IAEA–CU-2008-3 i IAEA–CU-2009-3 od izuzetne je važnosti ne samo iz razloga provere tačnosti i preciznosti korišćene analitičke metode već i kod određivanja granica primenljivosti gamaspektrometrijske metode u našim uslovima merenja. Uopšteno gledajući, izmerene vrednosti specifičnih aktivnosti traženih radionuklida prihvatljive su i po tačnosti i po preciznosti, osim u slučaju  $^{234}\text{U}$  u uzorku fosfogipsa,  $^{40}\text{K}$  u uzorku zemljišta sa mahovinom i  $^{152}\text{Eu}$  u uzorku vode 02. Analiza uočenih neslaganja ukazala nam je na učinjene propuste i pomogla u njihovom otklanjanju.

## Zahvalnica

Rad je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije u okviru projekta 141019.

## REFERENCE

- [1] Rajković M, Lačnjevac Č, Tošković D, Stanojević D. Ispitivanje mogućnosti primene fosfogipsa za izradu pregradnog zida – elementa montažnog objekta. Originalni naučni rad u okviru projekta osnovnih istraživanja broj ON142039.
- [2] Bolívar J P, Martín J E, García-Tenorio R, Pérez-Moreno J P, Mas J L. [Behaviour and fluxes of natural radionuclides in the production process of a phosphoric acid plant](#). Applied Radiation and Isotopes 2009;67/2:345-356.
- [3] Nifontova M G. Use of lichens and mosses for on-line testing of environmental radioactive contamination. Russian J Nondestructive Testing 2005;41/1:60-63.
- [4] [http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEA-AQ-15\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/IAEA-AQ-15_web.pdf)
- [5] [http://nucleus.iaea.org/rpst/ReferenceProducts/Proficiency%5FTests/wwpt\\_2009\\_03.pdf](http://nucleus.iaea.org/rpst/ReferenceProducts/Proficiency%5FTests/wwpt_2009_03.pdf)
- [6] Canberra. Genie 2000 Customization Tools Manual
- [7] CMI (Czech Metrological Institute), Radioactive Standard Solutions, ER 25, ER X Prague, 2005

## **RADIONUCLIDE CONTENT DETERMINATION WITHIN THE INTERNATIONAL INTERCOMPARISON CAMPAIGNS – IAEA-CU-2008-03 AND IAEA-CU-2009-03**

*Mirjana Đurašević, Ivana Vukanac, Aleksandar Kandić, Bojan Šešlak and  
Zoran Milošević*

Institute of Nuclear Sciences "Vinča", University of Belgrade, Serbia

[mirad@vinca.rs](mailto:mirad@vinca.rs)

Laboratories accredited in accordance with ISO / IEC 17025:2006 have an obligation to participate periodically in intercomparison campaigns organised by international centres of excellence in the field of interest. These external quality control exercises confirm the accuracy, reliability and reproducibility of accredited methods.

European centers (IAEA, JRC, IRMM) have an obligation, as one of their regular activities, to organize and implement programs of intercomparison measurements. Many of these programs relate to measurement of natural and artificial radionuclides in environmental samples. Laboratory for Nuclear and Plasma Physics, Institute "Vinča", participated in two worldwide open proficiency tests organised in 2008 and 2009 by the Group for Reference Materials under the IAEA:

- The IAEA-CU-2008-03: Determination of naturally occurring radionuclides in phosphogypsum and water.
- The IAEA-CU-2009-03: Determination of natural and artificial radionuclides in moss-soil and spiked water.

The results of measurements of phosphogypsum, moss soil and water samples are presented in this paper. The specific activities of naturally occurring gamma emitters originated from uranium and thorium series were determined in the phosphogypsum and moss soil samples. Besides them, the content of:  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{133}\text{Ba}$  and  $^{152}\text{Eu}$  were determined in water samples.

The obtained results showed generally a very good agreement with referent values of specific activities given by IAEA. The accuracy and precision of the reported results were acceptable. The comprehensive analysis of obtained results enabled the elimination of the observed oversights and the improvement and validation of method for gamma spectrometric analysis of environmental samples.

# THE FUNDAMENTALS OF THE AIR SAMPLER CALIBRATION-VERIFICATION PROCESS

*Frank M. Gavila*

F&J SPECIALTY PRODUCTS, INC., Ocala, Florida, USA 34472

[fandj@fjspecialty.com](mailto:fandj@fjspecialty.com)

## INTRODUCTION

The calibration of an air sampling instrument using a reference air flow calibrator requires attention to scientific detail in order to establish that the instrument's reported values are correctly stated and valid under the actual operating conditions of the air sampling instrument.

## [1] DEFINITIONS

For the purposes of this paper, the following definitions shall apply:

Gas of Interest:	Air
Indicated Flow ( $F_{ind}$ ):	The uncorrected volumetric air flow measured at the flow sensor under the actual conditions of temperature and pressure existing at the flow sensor after air circuitry line losses, pressure drop across the filters and dust loading conditions, if pertinent
Ambient Flow ( $F_{amb}$ ):	The indicated air flow corrected to the dynamic conditions of local ambient temperature and pressure by either manual calculation or instrument calculation
Reference Flow ( $F_{ref}$ ):	The indicated airflow corrected to fixed values of temperature and pressure conditions mandated by a regulatory agency or selected by the organization performing the air sampling activities. Often the reference flow is referred to as "Standard Flow" or "STP flow"
Reference Instrument (REF)	The instrument that reports a conventionally true value (CTV)
Device Under Test (DUT)	The instrument whose reported values are being compared to a REF