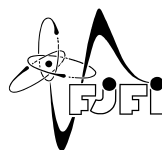


XXXIV. Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Třeboň, Jižní Čechy
5.–9. 11. 2012



Česká společnost pro ochranu před zářením
Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze

Programový výbor:

Irena Malátová, Ing., CSc. — předsedkyně

Ludmila Auxtová, Ing.	Vladislav Klener, Prof., MUDr., CSc.
Tomáš Čechák, Prof., Ing., CSc.	Ladislav Moučka, RNDr.
Dana Drábová, Ing., Ph.D.	Denisa Nikodemová, Doc., RNDr., Ph.D.
Marie Davídková, Ing., Ph.D.	Karla Petrová, Ing.
Aleš Froňka, Mgr.	Zdeněk Prouza, Ing., CSc.
Ivana Horáková, Ing., CSc.	Tomáš Trojek, Ing., Ph.D.
Jiří Hůlka, Ing.	Josef Thomas, RNDr., CSc.

Organizační výbor:

Lenka Thinová	Věra Křížová	Markéta Šmejkalová
Tomáš Čechák	Jiří Martinčík	Václav Štěpán
Eva Čermáková	Ladislav Moučka	Tomáš Urban
Lenka Dragounová	Matěj Navrátil	Kateřina Vávru
Aleš Froňka	Vlasta Pešková	
Jan Hradecký	Kateřina Navrátilová Rovenská	

XXXIV. Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Editor	Ing. Václav Štěpán
Vydalo	České vysoké učení technické v Praze
Zpracovala	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská
Kontaktní adresa	Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze, Břehová 7, 115 19, Praha 1
Kontaktní osoba	RNDr. Lenka Thinová, tel. +420 224 358 235–6
Sazba	Vít Zýka (http://zyka.net/typokvitek) a editor
Tisk	Česká technika — nakladatelství ČVUT (http://www.cvut.cz/cs/struktura/ctn)
Vydáno	Praha, listopad 2012
Počet stran	146
ISBN	978-80-01-05140-5

Úvod

Když jsem na podzim roku 1968, který byl poznamenán ještě dozvuky srpnových událostí, zahajoval I. Radiohygienické dny na Zvíkovském Podhradí a o pár let později oslavoval ve Vranově nad Dyjí už v širokém okruhu zájemců rozvíjejícího se oboru desetileté jubileum jejich tradice, nedohlédl jsem do dnešních dnů, kdy budu pozván k napsání úvodních řádků sborníku už XXXIV. Dnů radiační ochrany, které pod jiným názvem jsou jejich pokračovatelem. Velký počet přihlášek a předložených abstraktů odborných sdělení z širokého okruhu institucí a pracovišť je potěšujícím dokladem trvalé aktuality oboru ochrany před zářením. Platí to přesto, že po období šedesátých a sedmdesátých let, kdy práce v jaderných a radiologických oborech znamenala vysokou prestiž a přitahovala mladé odborníky, došlo k nežádoucí depresi, vrcholící v desetiletí po Černobylu, a postupně i ke zjištění, že klesající zájem u uplatnění v jaderných oborech ohrožuje připravenost odborných týmů k rehabilitaci jaderné energetiky, která se očekává. Zdá se, že comeback jaderných a radiologických oborů je na nyní na obzoru a že výzkumné a inovační aktivity v této oblasti se opět oživují.

Pohlédneme-li zpět do posledních desítek let, zjišťujeme jak převratné změny způsobil v naší práci rozvoj technických inovací zejména aplikace elektronické techniky, který přispěl k dříve

nepředstavitelné rychlosti v získávání informací a k počítačovému řízení procesů. Stojí však za pozornost zamyslet se i nad novými koncepčními a strategickými přístupy oboru. Ty můžeme dobře vysledovat zejména z náplně práce a z dokumentů Mezinárodní komise radiologické ochrany ICRP. Jednou z centrálních ohnisek diskusí se stal v r. 1999 námět Rogera H. Clarke tehdejšího předsedy ICRP, na přehodnocení základních přístupů v řízení radiační ochrany zavedením systému tzv. regulovatelných dávek (controllable dose). I když se jeho návrh v zásadě neprosadil, přispěla několikaletá diskuse k tomu, že nová doporučení ICRP č. 103 vyšla v r. 2007 jako důkladně propracovaný dokument, který bude sloužit jako zásadní vodítko jistě řadu let.

V současné době je významným tématem diskuse ochrana životního prostředí, tj. biologických objektů mimo člověka (biot) – živočichů a rostlin. Doporučení ICRP 103 naznačuje, že dosud hájený předpoklad, že ochrana člověka přináší s sebou i ochranu živočišných a rostlinných druhů vyžaduje nyní prezentací dokladů (kvantitativních) o platnosti tohoto předpokladu. Očekávají se následné práce ke zpracování systému ochrany biot. Tento svůj zájem povýšila ICRP i tím, že v r. 2005 začal působit i nově ustavený výbor ICRP č. 5 o životním prostředí. Byly vydány publikace ICRP č. 91/2003, 108/2008 a

2014/2011, které se vydaly směrem kopírování dobrých zkušeností s aplikací modelu referenčního člověka pro výpočet dávek a vytipovaly obdobné modely pro 9 druhů živočichů a 3 druhy rostlin. Zpracovává se další publikace ICRP *Protection of the Environment under Different Exposure Situations*, která je v současné době předložena k připomínkám. I v ní se ukazuje úskalí přístupu na základě modelů referenčních organismů, je asi třeba hledat i jiné cesty stanovení přijatelnosti expozice relevantních biot a cesta dalšího postupu

zůstává tedy i nadále otevřená. Neujasněnost a neuzavřenost těchto otázek komplikuje i zpracování nové Direktivy EU pro radiační ochranu, kde vystupují i otázky kompetencí daných právními předpisy, neboť rámec smlouvy EURATOM otázky životního prostředí nezahrnuje. V této situaci je třeba, aby odborná pracoviště zabývající se v ČR radiační ochranou i dozorné orgány sledovaly vývoj na tomto poli a popřípadě se připravovaly odborně a organizačně na svou účast v systému radiologické ochrany biot v životním prostředí.

Vladislav Klener

Sponzoři

Hlavní sponzoři

Canberra-Packard s.r.o.

www.cpce.net



ENVINET a.s.

www.envinet.cz

ENVINET

VF a.s.

www.vf.cz



Ostatní sponzoři

AFRAS Energo s.r.o.

www.afras-energo.cz



GEORADIS s.r.o.

www.georadis.com

GEORADIS

Crytur, Ltd.

www.crytur.cz



Obsah

Úvod	1
Sponzoři	3

Pondělí

Úvodní přednášky

Bronchiální karcinom jáchymovských horníků: vědecký výzkum a hmotné odškodňování postižených (30. léta 20. století) <i>Emilie Těšínská</i>	16
---	----

Biologické účinky záření a zdravotní hlediska – 1

Kombinovaný vliv expozice radonu a kouření <i>Ladislav Tomášek</i>	17
Nemoci z povolání způsobené expozicí ionizujícím záření – programy odškodňování pracovníků v různých státech <i>Tomáš Müller</i>	18
Hypersenzitivita buněk při nízkých dávkách <i>Antonín Sedlák</i>	19
Vliv hodnoty lineárního přenosu energie na komplexní poškození DNA <i>Václav Štěpán, Marie Davidková</i>	20
Změny aktivity restrikčních endonukleáz PvuII a HindIII po ozáření <i>Anna Michaelidesová, Eva Rosová, Marie Davidková</i>	21

Postery

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v letech 2002-2011 <i>Tomáš Müller</i>	22
Pilotní studie radiačního poškození fibroblastů <i>Jana Vachelová, Anna Michaelidesová, Kateřina Pachnerová Brabcová, Marie Davidková</i>	23
Vplyv chronického fajčenia a radónovej expozície na riziko vzniku rakoviny pľúc <i>Radoslav Böhm, Antonín Sedlák, Karol Holý</i>	24

Dozimetrie zevního a vnitřního ozáření – 2

LET spectrometry of the clinical ^{12}C ion beams <i>Iva Ambrožová, Alexander G. Molokanov,</i> <i>Kateřina Pachnerová Brabcová, Bohumil Vlček</i>	25
Odhad nejistoty stanovení lebeční aktivity ^{241}Am v důsledku morfologické variability hlavy <i>Tomáš Vrba</i>	26
Využitie MCNP v radiačnej ochrane pri priemyselnej rádiografii <i>Pavol Ragan</i>	27
Služba osobní dozimetrie VF a její začlenění do mezinárodní sítě laboratoří LANDAUER <i>Petr Borek, Radim Kříž, Pavel Prášek, Marc Million</i>	28

Postery

Efektívne dávky posádok leteckých spoločností registrovaných v ČR a SR <i>Ján Kubančák, Hana Orčíková, Ivan Kovář</i>	29
Mezinárodní porovnání měření ^{241}Am v lebce in vivo a simulace spekter metodou Monte Carlo <i>Karin Fantínová, Pavel Fojtík</i>	30
Rychlé stanovení celkových alfa a beta aktivit moči metodou kapalinové scintilace <i>Daniel Sas, Jiří Janda, Alena Tokárová, Silvia Plucnarová</i>	31
Služby osobnej dozimetrie v podmienkach Slovenskej legálnej metrológie <i>Dušan Solivajš</i>	32
Výzkum, vývoj a ověření osobního dozimetru pro důlní prostory <i>Radim Kříž, Jakub Dvořák, Petr Nováček, Petr Okruhlica</i>	33

Modelování šíření a monitorování radionuklidů v životním prostředí

– 4

Monitorování radionuklidů na území ČR po havárii JE Fukušima <i>Miroslav Hýža, Věra Bečková, Zdeněk Borecký, Lenka Dragounová, Pavel Fojtík, Jiří Havránek, Jan Lušňák, Helena Malá, Jan Matzner, Helena Pilátová, Eva Šindelková, Jiří Rada, Petr Rulík, Bečková Vlček</i>	34
The summary of the 12-years duration of the NPP Temelin neighborhood radioactivity monitoring <i>Lenka Thinová, Jaroslav Kluson</i>	35
Obmedzenia výpočtového systému COSYMA pri určovaní veľkosti oblasti ohrozenia vo vzťahu k požiadavkám slovenskej legislatívy <i>Juraj Ďúran</i>	36
Odhad radioaktivní kontaminace zemědělských plodin a půdy pomocí nástroje GIS <i>Jakub Brom, Jan Procházka, Václav Nedbal, Hana Vinciková . . .</i>	37
Rýchle metódy stanovenia antropogénnych rádionuklidov obsiahnutých v urei <i>Dušan Galanda, Jana Strišovská, Veronika Drábová, Sylvia Dulanska</i>	38
Mobilita ¹³⁷ Cs v přírodních ekosystémech: Případová studie na rašeliništích v Jeseníkách <i>Ján Mihalík, Miluše Bartusková, Zoltán Hölgye</i>	39
Variabilita a neurčitosti při odhadech ingesčních dávek <i>Petr Pecha, Emilie Pechová, Radek Hofman</i>	40
Velikostní rozdělení aerosolů spojených s radionuklidy uvolněnými po havárii JE Fukušima a JE Černobyl <i>Helena Malá, Petr Rulík, Miriam Slezáková</i>	41

Postery

Dlhodobé monitorovanie kozmického žiarenia na palube lietadiel s pomocou spektrometra Liulin <i>Ján Kubančák, Ondřej Ploc, Iva Ambrožová, Ivan Kovář</i>	42
Dlouhodobé sledování aktivity ¹³⁷ Cs v houbách lesního ekosystému České republiky <i>Jan Škrkal, Karin Fantínová, Petr Rulík, Jelena Burianová, Jan Helebrant</i>	43

Modelování dopadů hypotetického úniku radionuklidů z jaderného zařízení aplikacemi ESTE a HARP <i>Petr Kuča, Zdeněk Prouza, Irena Češpírová, Barbora Marešová, Petr Pecha, Radek Hofman</i>	44
Rozptýl radioaktivní látky v malém měřítku – počítačové modely vs. skutečnost <i>Jan Helebrant, Petr Kuča</i>	45
Současný stav ochrany hutního průmyslu před kontaminací nahodilými zdroji ionizujícího záření v podmínkách České republiky <i>Jaromír Sud</i>	46
Webové prostředí pro atmosférické disperzní modelování <i>Radek Hofman, Petr Pecha</i>	47
Zkušenosti s provozem aplikace MonRaS <i>Ondřej Chochola</i>	48
Zkušenosti z instalace a provozu zařízení pro monitoring plyných výpustí <i>Jakub Dvořák, Vít Petráněk, Petr Okruhlica, Petr Halas</i>	49
Zvýšené hodnoty ^{131}I v ovzduší České republiky na podzim roku 2011 a začátkem roku 2012 <i>Miroslav Hýža, Petr Rulík, Věra Bečková, Zdeněk Borecký, Jiří Havránek, Jan Lušňák, Helena Malá, Jan Matzner, Helena Pilátová, Jiří Rada, Eva Šindelková, Lenka Dragounová, Jaroslav Vlček, Zdeněk Prouza, Irena Malátová</i>	50

Radiační ochrana v jaderně-palivovém cyklu včetně havarijní připravenosti

– 6

Systém ESTE ETE Annual Impacts – Softvér na hodnotenie vplyvu normálnej prevádzky JE Temelín na okolie pre potreby SÚJB <i>Peter Čarný, Dušan Suchoň, Eva Smejkalová, Ludovít Lipták, Monika Krpelanová, Miroslav Chylý</i>	51
Expresné stanovenie Sr-90 beta spektrometrom a porovnanie so štandardnou separačnou metódou <i>Ondrej Slávik, Alojz Slaninka, Silvia Dulanská</i>	52
Porovnání aktivit radionuklidů v aerosolových výpustech z ventilačních komínů JE stanovených SÚRO a provozovatelem <i>Pavel Žlebčík, Helena Malá, Petr Rulík, Miroslav Kaufman, Rostislav Striegler, Marek Kurfiřt, Jiří Pospíchal, Michal Andrlík, Yuriy Glavach</i>	53

Systém ESTE SIM34 – systém na modelovanie a výpočet radiačných parametrov na JE Mochovce 34 na základe vstupov z trenažéra reaktora MO34 <i>Ludovít Lipták, Peter Čarný, Miroslav Chylý, Dušan Suchoň, Monika Krpelanová, Eva Smejkalová</i>	54
Aplikace operačních intervenčních úrovní při radiační havárii <i>Zdeněk Prouza, Irena Češpírová, Petr Kuča</i>	55
Havarijná pripravenosť a dlhodobá havarijná odozva – proces a nástroje <i>Tatiana Ďúranová</i>	56
Systém ESTE Kozloduy – systém pre stanovenie zdrojového člena a navrhovanie ochranných opatrení pre centrum havarijnej odozvy JE Kozloduy 5,6 <i>Peter Čarný, Miroslav Chylý, Dušan Suchoň, Monika Krpelanová, Eva Smejkalová, Ludovít Lipták</i>	57
Katalóg Akčných kariet SÚJB – inovácia po havárii JE Fukushima <i>Peter Čarný, Monika Krpelanová, Eva Smejkalová, Ludovít Lipták, Miroslav Chylý, Dušan Suchoň</i>	58

Postery

Dávkové příkony v závislosti na výšce a vzdálenosti od zdroje záření <i>Lubomír Gryc, Jan Helebrant, Martina Škábová, Irena Češpírová, Petr Kuča, Zdeněk Prouza</i>	59
Detekce gama záření z odběru vody primárního okruhu reaktoru LVR 15 <i>Vít Klupák, Ladislav Viererbl, Zdena Lahodová, Alexandr Voljanskij</i>	60
Hodnocení radiační mimořádné události pomocí OIL při měření povrchové kontaminace <i>Martina Škábová, Barbora Marešová, Zdeněk Prouza</i>	61
Modelový příklad aplikace OIL <i>Barbora Marešová, Zdeněk Prouza, Petr Kuča, Irena Češpírová</i>	62
Monitorování kontaminovaného území v pozdní fázi nehody – Šumava 2012 <i>Irena Češpírová, Aleš Fronka, Lubomír Gryc, Jan Helebrant, Kateřina Navrátilová Rovenská, Zdeněk Prouza, Martina Škábová</i>	63
Prednapočítané havarijné sekvencie – využívanie databázy v centrách havarijnej odozvy <i>Jarmila Bohúnová, Albert Bujan, Jozef Slabý</i>	64
Zmena vo vyhodnocovaní výpustí vzácných plynov vo ventilačnom komíne JE V2 v Jaslovských Bohuniciach <i>Boris Remenec, Anna Tomášková</i>	65

Všeobecné aspekty radiační ochrany a vzdělávání – 9

Aktuální vývoj legislativy v oblasti radiační ochrany v EU a ČR	
<i>Karla Petrová</i>	66
Cesium v mase divočáků a otázky související	
<i>Jan Matzner</i>	67
K čemu slouží program zabezpečování jakosti – poznatky z praxe	
<i>Martin Neznal</i>	68
Koncepce vzdělávání v oblasti modelování a výpočetních metod na FJFI a její inovace	
<i>Jaroslav Klusoň, Tomáš Urban</i>	69
O aplikáciách ionizujúceho žiarenia – v prednáškach na stredných školách	
<i>Olga Holá</i>	70
Současné problémy kvantifikace ozáření osob pro potřeby radiační ochrany	
<i>Jozef Sabol, Jana Hudzietzová</i>	71

Postery

Činnost GTRI v ČR	
<i>Václav Matějka</i>	72
Linear Curricular Process in Dosimetry	
<i>Jan Singer</i>	73
Novinky ve výuce zaměřené Radioaktivita a životní prostředí	
<i>Lenka Thínová, Milan Matolín, Ladislav Moučka,</i> <i>Kateřina Navrátilová Rovenská, Aleš Froňka, Jiří Martinčík</i>	74
Ověření stínících vlastností kontejnerů UK200, KM40 a TSK-01	
<i>Ondřej Konček, Kateřina Dučevová, Jiří Čížek, Pavel Majer,</i> <i>Filip Mergental</i>	75

Nakládání s radioaktivními odpady – 8

Charakterizácia sypkých RAO na JE V1 a A1	
<i>Ondřej Slávik, Martin Lištjak, Jozef Beňa, Radovan Jadrný,</i> <i>Alojz Slaninka</i>	76
Identifikace a kvantifikace velmi nízko aktivních odpadů v České republice	
<i>Jan Krmela, Josef Podlaha</i>	77
Měřidlo uvolňování materiálu, MUM	
<i>Jan Surý, Petr Londýn, Pavel Jelínek</i>	78
Postup uvolňování materiálů do ŽP v ÚJV Řež a.s.	
<i>Josef Mudra</i>	79

Postery

Viacrozmerná analýza rádiologických dát z odstavenej JE V1 <i>Silvia Dulanská, Dušan Galanda, Lubomír Mátel</i>	80
--	----

Metrologie měření a přístrojová technika – 3

Lokalizace bodových zdrojů ionizujícího záření a odhad jejich aktivity s využitím letecké gamaspektrometrie <i>Josef Pavlík, Petr Sládek, Marcel Ohera, Daniel Sas</i>	81
Nový systém pro mobilní monitorování radiační situace Mob-DOSE <i>Petr Sládek, Bohuslav Pavlík, Marcel Ohera, Silvia Plucnarová</i> . .	82
Nový systém pro radiační monitorování IRIS-Lite <i>Petr Sládek, Marcel Ohera, Bohuslav Pavlík</i>	83
Dozimetrie klinických protonových svazků <i>Matěj Navrátil, Vladimír Vondráček, Lubomír Zámečník, Klára Badraoui-Čuprová</i>	84
Odezva dozimetrů v radiačním poli generovaném laserem TW třídy <i>Veronika Olšovcová, Miroslav Krůs, Zdeněk Zelenka, Andriy Velyhan, Michaela Kozlová, Bedřich Rus</i>	85
Ověření detektorů RD23 <i>Přemysl Ježek, Pavel Hájek, David Kratochvíl, Jiří Šuráň, Vladimír Sochor, Miroslava Novotná</i>	86

Postery

Aplikácia kódu MCNP pri zostavovaní matice operátora odozvy pre celospektrálne spracovanie spektier gama žiarenia <i>Matúš Stacho, Štefan Krnáč, Vladimír Slugeň, Róbert Hinca, Marian Krkoš, Stanislav Sojak</i>	87
Detekce neutronů za použití proporcionálních detektorů a kapalných scintilátorů <i>Aleš Jančář, Zdeněk Kopecký</i>	88
Development of microsamples preparation for the purpose of ^{14}C determination by Accelerator Mass Spectrometry <i>Ivo Světlík, Michal Fejgl, Radek Černý, Lenka Tomášková</i>	89
Evropský metrologický výzkumný program EMRP <i>Petr Kovář, Jiří Šuráň, Jaroslav Šolc</i>	90
MCNP modelovanie odozvy multisférického spektrometra neutrónov <i>Róbert Hinca, Martin Krčmárik</i>	91
Metrologie v radioterapii: nové evropské výzkumné projekty <i>Ludmila Burianová, Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor</i>	92

Monte Carlo simulace vlivu kosmického záření na spektrometrická měření nízkých aktivit <i>Jaroslav Šolc, Petr Kovář, Pavel Dryák</i>	93
Objemové krystaly YAP:Ce pro detekci a spektrometrii ionizujícího záření <i>Tomáš Marek, Jan Kubát, Petr Malý</i>	94
Odhad homogenity radiačního pole recyklovaných zdrojů pro jejich použití v ozařovači krve <i>Ondřej Konček, Kateřina Dučevová, Tomáš Urban, Jan Krívonoska, Milan Semmler, Tomáš Čechák</i>	95
Overenie použitia spektrofotometrických titrácií na sledovanie vytvárania komplexov ^{152}Eu a ^{243}Am s komplexotvornými činidlami (diamidy 2,2'-bipyridyl-6,6'-dikarboxylovej kyseliny) <i>Veronika Drábová, Artyom Mitrofanov, Jana Strišovská, Dušan Galanda, Jozef Kuruc</i>	96
Porovnanie vhodnosti použitia extrakčnej chromatografie a extrakcie na tuhej fáze ako separačných metód pre stanovenie rádionuklidov neptúnia a plutónia <i>Jana Strišovská, Dušan Galanda, Veronika Drábová, Jozef Kuruc</i>	97
Porovnání základních parametrů CdZnTe, LaBr a HPGe detektorů pro detekci záření gama <i>Lenka Dragounová, Jan Škrkal, Petr Rulík, Vendula Pfeiferová</i>	98
Scintilační detektory pro experiment SuperNEMO <i>Hana Chaloupková, Ivan Štekl, Petr Přidal, Karel Smolek, Vít Vorobel, Aivaras Žukauskas</i>	99
Simulace odezvy detekčních systémů pro kontrolu zavazadel pasažérů v letecké dopravě <i>Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň, Lukáš Džbánek, Zdeněk Kopecký</i>	100
Světelný výtěžek granátů $(\text{Lu, Y, Gd})_3\text{Al}_2\text{Ga}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}$ <i>Petr Průša, Kei Kamada, Martin Nikl, Akira Yoshikawa, Jiří A. Mareš</i>	101
Využití nových scintilačních krystalů v radioterapii <i>Matěj Navrátil, Petr Horodyský, Karel Blažek</i>	102
Vývoj měřidla ekvivalentní objemové aktivity radonu EOAR <i>Aleš Jančář, Jiří Čulen, Jaroslav Dostál</i>	103

Radiační ochrana v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně
– 7

Složitost fluencí pro IMRT pole	
<i>Tereza Kulatá, Vladimír Vondráček, Klára Badraoui-Čuprová . . .</i>	104
Použitelnost gafchromických filmů EBT2 pro stanovení dávkových distribucí v radioterapii	
<i>Vladimír Dufek, Ivana Horáková, Daniela Ekendahl</i>	105
Radiačné monitorovanie a osobná dozimetria pracovníkov na lineárnych urýchľovačoch	
<i>Gabriel Králik, Žaneta Kantová, Milan Jurčo</i>	106
Aspekty osobnej dozimetrie rádioterapeutického pracoviska s lineárnym urýchľovačom	
<i>Marko Fülöp, Pavol Ragan, Dušan Solivajs, Žaneta Kantová, Gabriel Králik, Miloš Ursíny</i>	107
Souhrn a analýza radiologických událostí v radioterapii v ČR za období 2008-2011	
<i>Ivana Horáková, Vladimír Dufek, Čestmír Berčík, Lenka Hobzová, Josef Novotný</i>	108
Systematický přehled nejistot v radiační onkologii	
<i>Martin Steiner</i>	109
Use of some artificial intelligence elements in medical dosimetry and in radiation protection	
<i>Libor Makovicka, Rémy Laurent, Pierre Emmanuel Leni, Julien Henriet, Eric Martin, Régine Gschwind</i>	110
Príčiny a dôsledky odporúčania nových dávkových limitov ICRP pre očné šošovky	
<i>Denisa Nikodemová, Ján Berec</i>	111
Konzultační schůzky SÚJB na pracovištích intervenční kardiologie	
<i>Petr Papírník, Jitka Nožičková</i>	112
Zhodnotenie radiačnej záťaže novorodencov v dôsledku rádiologických vyšetrení v Slovenskej republike	
<i>Alexandra Varjúová, Denisa Nikodemová, Ján Greschner</i>	113
Ověření odhadu dávky pacienta při vyšetření na CT části hybridní kamery měřením na fantomu	
<i>Pavel Solný</i>	114
Konfrontace výsledků stanovení radiační úrovně v okolí pacienta po podání I-131 na základě simulační metody Monte Carlo a měření	
<i>Jana Hudzietzová, Michal Košťál, Jozef Sabol, Petr Vlček</i>	115

Systém radiační ochrany na PET Centru Řež	
<i>Milan Buňata, Michal Kazda</i>	116

Postery

Kvantitativní porovnání radiobiologických modelů pravděpodobnosti poškození zdravé tkáně s klinickými daty u karcinomu prostaty	
<i>Darína Trojková, Libor Judas</i>	117
Malá ozařovací pole v klinické praxi	
<i>Tomáš Veselský, Zuzana Horáková, Vladimír Dufek</i>	118
Možnosti hodnocení radiační zátěže pacienta z vyšetření nukleární medicíny	
<i>Petra Mihalová</i>	119
Optimalizace dávkové distribuce při spirálním tomografickém ozařování	
<i>Kateřina Dučevová, Ondřej Konček, Ondřej Semmler, Milan Semmler, Jan Křivonoska</i>	120
Pencil beam kernel pro výpočet dávkové distribuce a jeho ověření pomocí metody Monte Carlo	
<i>Ondřej Konček</i>	121
Porovnanie príspevkov k efektívnej dávke skupiny pacientov podstupujúcich rádiografické vyšetrenia a vyšetrenia CT na Slovensku	
<i>Lukáš Zachar</i>	122
Studium možnosti vyhodnocování polymerních gelových dozimetřů optickou tomografií širokým svazkem světla	
<i>Kamila Kulhová</i>	123
Verification of highly conformal techniques by electronic and gel dosimeters	
<i>Pavel Dvořák, Václav Spěvácěk, Kateřina Vávruš, S. Stevens</i>	124

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 5

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán aktuálně <i>Eva Pravdová</i>	125
Poznámky k radonovému programu <i>Martin Neznal</i>	126
Brief information about hidden fault systems investigation at the Etna volcano vicinity <i>Lenka Thínová, Kamila Johnová, Kateřina Navrátilová Rovenská, Aleš Froňka</i>	127
Spolehlivost a odchylky stanovení radonu v půdním vzduchu <i>Milan Matolín</i>	128
Mezinárodní srovnávací měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu <i>Martin Neznal</i>	129
Zkušenosti s ročním provozem venkovní ON line měřící stanice venkovního radonu v areálu SÚRO, v.v.i., Praha <i>Karel Jílek, Josef Thomas, Miriam Slezáková</i>	130
Stanovení odezvvé funkce pro dekonvoluci kontinuálního měření atmosférického radonu <i>Josef Thomas, Karel Jílek, Aleš Froňka</i>	131
Denná a sezónna variabilita koncentracie radónu v ovzduší areálu SÚRO Praha meraná pomocou ON-line vonkajšej monitorovacej stanice radónu <i>Miriam Slezáková, Karel Jílek</i>	132
Vylučování uranu močí u horníků uranových dolů a neexponované populace <i>Irena Malátová, Věra Bečková, Miriam Slezáková, Ladislav Tomášek, Jiří Hůlka</i>	133
Stanovení homogenity alfa-aktivních vzorků stopovým detektorem <i>Iva Vošahlíková, Josef Holeček, Petr Otáhal, Ivo Burian</i>	134

Postery

Degradace polymerních hydroizolací pomocí radonu a půdních bakterií <i>Kateřina Navrátilová Rovenská, Martin Jiránek</i>	135
Indoor radon and thoron survey in V4 countries <i>Anita Csordás, Matej Neznal, Martin Neznal, Karol Holý, Monika Müllerová, Attila Moravcsík, Jadwiga Mazur, Krzysztof Kozak, Dominik Grzadziel, Tibor Kovács, Denisa Nikodemová, Helena Cabáneková</i>	136

Měření objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních <i>Ivana Fojtíková</i>	137
Radiačná záťaž obyvateľstva od radónu vo vonkajšej atmosfére <i>Martin Bulko, Žofia Pohronská, Monika Müllerová, Karol Holý, Radoslav Böhm</i>	138
Stanovenie Ra-226 a Pb-210 vo vodách pomocou kvapalinového scintilačného spektrometra <i>Pavol Ragan, Peter Kováč</i>	139
Vývoj vysokocitlivej metódy kontroly exhalácie radónu z materiálov pre experiment SuperNEMO <i>Monika Müllerová, Karol Holý</i>	140
Zhodnocení měření školských zařízení v letech 2003-2012 <i>Josef Vošahlík, Petr Otáhal, Ladislav Němeček</i>	141
Rejstřík	142

Stránky sponzorů

Bronchiální karcinom jáchymovských horníků: vědecký výzkum a hmotné odškodňování postižených (30. léta 20. století)

Emilie Těšínská

Ústav pro soudobé dějiny AV ČR, Kabinet dějin vědy, Puškinovo nám. 9,
Praha 6, 160 00, ČR

tesinska@cesnet.cz

K doplnění stávající literatury o profesním onemocněním zaměstnanců jáchymovských uranových dolů a továrny na uranové barvy a radium (tzv. „jáchymovská hornická nemoc“) se v příspěvku zaměřím 1) na zřízení a program činnosti tzv. Komise pro prozkoumání a léčení hornické nemoci v Jáchymově (1931–1938) a 2) na formy odškodnění za újmy spojené s výkonem tohoto rizikového povolání v první československé republice.

Komise pro prozkoumání a léčení hornické nemoci v Jáchymově byla zřízena čs. ministerstvem zdravotnictví a tělesné výchovy k vědeckému výzkumu jáchymovské hornické nemoci koncem r. 1931 s cílem identifikace a odstranění příčiny uvedeného profesního onemocnění na vědeckém základě. Finanční prostředky na činnost Komise – 300 000 Kč – získalo ministerstvo zdravotnictví z daru prezidenta republiky T. G. Masaryka. Charakteristickým rysem Komise byla její interdisciplinarita a spolupráce českých a německých odborníků-lékařů. Program činnosti Komise se postupně tříbil. Byl koncipován v rovině profy-

laxe, diagnostiky a léčby onemocnění, identifikace jeho původce, návrhu účinných pracovních-hygienických opatření a únosných způsobů odškodnění za výkon rizikového povolání. Činnost Komise byla ukončena vývojem historických událostí r. 1938 a následujících let. Výsledky meziválečného výzkumu hornické nemoci v Jáchymově nicméně přispěly k poválečnému objasnění hlavního původce a mechanismu vzniku tohoto onemocnění.

Čs. zákon č. 99/1932 Sb. přiznával odškodnění za prokázanou nemoc z povolání (u podniků pro tento případ pojištěných) z prostředků veřejného pojištění. Nenárokové výpomoci postiženým horníkům a jejich rodinám nabízel Masarykův fond pro horníky, zřízený v ministerstvu veřejných prací v r. 1935. Byl dotován roční částkou 100 000 Kč a podpory z něho byly udělovány do r. 1939. Standardní formuláře, na nichž musily být žádosti o odškodnění či podporu postižených nemocí z povolání podávány, ukazují složitou administrativu, kterou posuzování žádostí procházelo.

Kombinovaný vliv expozice radonu a kouření

Ladislav Tomášek

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.tomasek@suro.cz

Hodnocení kombinovaného vlivu expozice radonu a kouření je založeno na dvou vnořených studiích v rámci kohortových studií 11 000 horníků uranových a lupkových dolů a studie 12 000 osob z oblasti středočeského plutonu. V obou studiích byly zjišťovány údaje o kouření dodatečně u případů plicní rakoviny a kontrolní osoby byly vybrány s ohledem na rok narození a dosažený věk. Údaje o kouření byly zjišťovány z lékařské dokumentace, od příbuzných a od žijících osob. Celkem byly u horníků shromážděny údaje u 850 případů plicní rakoviny a 1932 kontrolních osob a 370 případů a 1399 kontrol ve studii obyvatel. Závislost relativního rizika na kumulované expozici radonu s přihlédnutím ke kouření se výrazně nelišila od výsledků, kdy informace o kouření byly

ignorovány, a v podstatě byla stejná jako ve skupině kuřáků. Samotný vliv expozice radonu vyjádřený v modelu relativního rizika ve skupině nekuřáků (70 a 58 případů) byl však relativně větší ve srovnání s koeficientem relativního rizika u kuřáků. Tyto výsledky vedou k otázce, zda kombinovaný účinek expozice a radonu je aditivní nebo multiplikativní. Hodnocení bylo založeno na tzv. geometrickém smíšeném modelu, který zahrnuje aditivní a multiplikativní model jako speciální případy. Výsledky uvedené studie naznačují, že kombinovaný účinek je blíže k aditivnímu modelu, a to v obou studiích. V porovnání s aditivním modelem je predikce podle multiplikativního modelu významně podceněna, zejména u nekuřáků a bývalých kuřáků.

Nemoci z povolání způsobené expozicí ionizujícím záření – programy odškodňování pracovníků v různých státech

Tomáš Müller

Oddělení hodnocení radiačních rizik, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.muller@suro.cz

Pro expozici ionizujícím záření na pracovišti se na světě monitoruje 6,5 milionu pracovníků. Z toho je 800 000 pracovníků v jaderně palivovém cyklu. Platné systémy radiační ochrany na pracovištích vycházejí ze striktního dodržování dávkových limitů. To za normálních okolností vylučuje výskyt deterministických účinků, zatímco výskyt stochastických účinků (onemocnění rakovinou) se udržuje na přijatelné úrovni. Konvence ILO č. 121 vyžaduje, aby pracovníci, u nichž došlo ke vzniku rakoviny jako důsledku expozice i. z. na pracovišti, byli odškodněni. Postup odškodňování musí být zvolen tak, aby byl schopen odlišit ty případy rakoviny, které jsou s nejvyšší pravděpodobností způsobeny expozicí i. z. na pracovišti od ostatních případů rakoviny, které vznikly z jiných důvodů.

Vzhledem ke skutečnosti, že i. z. by mohlo hrát roli při vzniku rakoviny u pracovníka a že tyto případy rakoviny způsobené i. z. nelze specificky určit lékařskými nebo biologickými prostředky,

byl vyvinut statistický přístup ke stanovení pravděpodobnosti, že konkrétní případ rakoviny byl způsoben předchozí expozicí i. z.. Vychází z koncepce stanovení podílu příčinné souvislosti i. z. (Probability of causation, PC) se vznikem konkrétního případu onemocnění. Z tohoto principu vycházejí programy odškodňování pracovníků v některých zemích (Velká Británie, USA, ČR aj.). Konstrukce programů musí splňovat určitá kritéria (vymezení populace, vhodnost, záznamy dávek, evidence zaměstnání, identifikace sbíraných dat, nejistoty). Program odškodňování by měl být připraven tak, aby identifikoval ty jedince, kteří si nejvíce zaslouží odškodnění. Administrativní postupy by měly být pro žadatele jasné a srozumitelné.

Na světě existují alternativní programy odškodňování, které nevycházejí z koncepce pravděpodobnosti příčinné souvislosti. Toto sdělení podává stručný přehled programů odškodňování pracovníků v některých státech a jejich základní charakteristiku.

Hypersenzitivita buněk při nízkých dávkách

Antonín Sedlák

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

antonin.sedlak@suro.cz

Předmětem stálého zájmu radiační ochrany jsou nepochybně účinky ionizujícího záření při velmi nízkých dávkách. Odhad o velikosti těchto účinků se často získává extrapolací z údajů nalezených při vyšších dávkách na základě nějakého biofyzikálního modelu. Z toho se poté usuzuje na možné mechanismy radiačního poškození při nízkých dávkách. V tomto sdělení jsou ale některé tyto mechanismy hledány odlišným postupem vycházejícím přímo z experimentálních výsledků, které byly publikovány jinými autory. Analyzovány jsou výsledky experimentů s buněčnými koloniemi ozařovanými *in vitro* při nízkých a středních dávkách (0.01–5 Gy). Konkrétně se jedná o buňky lidského gliomu (T98G), lidské nádorové buňky (HT29), buňky lidské plicní výstelky (L132) a buňky čínské křečka (V79). U zmíněných experimentů byla poloha živých buněk monitorována metodou DMIPS (dynamic microscopic image processing scanner) s jejíž po-

mocí byla sledována i schopnost těchto buněk vytvářet kolonie. Zjištěn byl překvapivě výrazný nárůst počtu uhynulých buněk při velmi nízkých dávkách označovaný jako hyper-radiosenzitivita nebo krátce hypersenzitivita. V tomto sdělení je její dávková závislost vyjádřena matematickým vztahem, který zůstává tentýž pro všechny druhy buněk. Liší se pouze hodnotami jeho jednotlivých parametrů získaných nelineární regresní analýzou. Z hodnot těchto parametrů je pak možné zkoušet vyvozovat pravděpodobné mechanismy radiačního poškození v jednotlivých případech. Tento postup může být užitečný i při řešení aktuálního problému radiační ochrany, kterým je individuální radiosenzitivita. V tomto sdělení je výše popsán způsobem analyzována série jednotlivých opakovaných experimentů s lidskými buňkami HT29, jejichž detailní výsledky byly rovněž publikovány v literatuře.

Vliv hodnoty lineárního přenosu energie na komplexní poškození DNA

Václav Štěpán^{1, 2}, Marie Davidková^{1, 2}

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

vaclav.stepan@gmail.com

Stochastický model RADAMOL založený na metodě Monte Carlo umožňuje simulaci přímého a nepřímého účinku ionizujícího záření na biologické terče se známou atomární strukturou. Časoprostorový vývoj stop nabitých částic je modelován od primární depozice energie nabitými částicemi v kapalně vodě až do konce chemického stádia s nehomogenní distribucí radikálů a iontů (do 10^{-6} s). Přímá ionizace DNA nebo okolní vrstvy vázané vody vede k produkci děr a elektronů následované jejich migrací a lokalizací náboje v DNA.

Modelem RADAMOL bylo modelováno radiační poškození DNA způsobené účinkem 1 GeV protonů, 1 GeV/n iontů kyslíku a železa. Stopy iontů byly generovány kódem Geant4. Výtěžky dvojných zlomů, apurinických míst a oxidovaných purinů byly porovnány s experimentálními měřeními realizovanými v Brookhaven National Laboratory, USA. Bude diskutován vliv lineárního přenosu energie na celkové výtěžky poškození a především komplexní poškození DNA.

Změny aktivity restričních endonukleáz PvuII a HindIII po ozáření

Anna Michaelidesová^{1, 2}, Eva Rosová³, Marie Davidková^{1, 2}

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Ústav radiační onkologie, Nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 00, ČR

gatoullina@hotmail.com

Restriční endonukleázy patří do kategorie enzymů rozpoznávající specifické báze v sekvenci. Tyto enzymy se nacházejí v bakteriích a hrají velice důležitou roli v obranném mechanismu těchto bakterií proti cizorodým organismům. Existují čtyři typy restričních endonukleáz. Tato studie se zabývá restričními enzymy typu II. Po rozpoznání specifických báze v sekvenci na řetězci DNA indukují tyto enzymy dvojné zlomy DNA. Konkrétněji se tato práce zabývá enzymy PvuII a HindIII.

Enzym PvuII rozpoznává báze v sekvenci 5'-CAG|CTG-3' a štípe plasmid mezi guaninem a cytosinem. Plasmid pcDNA3 (5446 bp) obsahuje tři restriční místa pro enzym PvuII. Po interakci tohoto enzymu s tímto plasmidem se objevují DNA fragmenty o délkách 1069, 1097 a 3280 bp. Enzym HindIII rozpoznává báze v sekvenci 5'-A|AGCTT-3' a štípe plasmid mezi dvěma adeniny. Plasmidy pcDNA3 i pBR322 (4361 bp) mají jen jedno restriční místo pro HindIII, proto také

dochází ke konverzi stočené formy plasmidu na lineární.

Po ozáření enzymů různými dávkami gama záření se jejich aktivita snižuje v důsledku inaktivace části enzymu ve vzorku. Vzorky jsou zpracovány gelovou elektroforézou. V případě PvuII se objevují na gelu neznámé fragmenty. Již při 500 Gy dochází k totální inaktivaci celého množství enzymu v ozářeném vzorku.

U HindIII se po ozáření na gelu začíná objevovat relaxovaná forma plasmidu a u vyšších dávek je již plasmid téměř nedotčen enzymem. Objev relaxované formy plasmidu na gelu je způsoben chemickou reakcí enzymu pouze s jedním řetězcem DNA a rozštěpením tedy jen tohoto jednoho řetězce. Viditelná odchylka od normální aktivity enzymu se objevuje u 400 Gy.

Z dosažených výsledků lze usoudit, že PvuII je na ozáření citlivější než HindIII. Výsledky budou diskutovány s ohledem na molekulární strukturu daných enzymů.

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v letech 2002-2011

Tomáš Müller

Oddělení hodnocení radiačních rizik, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

tomas.muller@suro.cz

V České republice se každý rok předkládá k posouzení několik desítek případů onemocnění u stávajících či bývalých horníků uranových nebo rudných dolů, o kterých se postižený nebo jeho ošetřující lékař domnívá, že jsou důsledkem profesionální expozice ionizujícím záření. Pouze část těchto případů lze kvalifikovat jako nemoc z povolání.

Téměř veškeré případy, které jsou navrhovány jako nemoci z povolání jsou zhoubné nádory. Většina z těchto posuzovaných případů jsou onemocnění rakovinou plic z radioaktivních látek. Rozhodování o nemoci z povolání vychází v současné době z pravděpodobnostního přístupu posuzování založeném na stanovení podílu příčinné souvislosti (PPS) ozáření na vzniku onemocnění (např. metodické opatření č. 15 Věstníku ministerstva zdravotnictví ČR, částka 9, 1998).

Poster podává souhrnnou informaci o všech posuzovaných případech ne-

mocí z povolání u horníků uranových a rudných dolů v České republice v letech 2002 – 2011. Ve sledovaném období bylo na SÚRO každý rok předloženo k posouzení podmínek vzniku onemocnění 40–80 případů. Ve většině případů šlo o rakovinu plic. Druhou nejpočetnější skupinu diagnos tvořily rakoviny kůže (non-melanoma skin cancers). Další skupinou byly leukémie. Na ostatní diagnózy připadaly pouze ojedinelé případy onemocnění.

Z posuzovaných onemocnění splňuje kritéria přiznání nemoci z povolání polovina až třetina posuzovaných případů. Z toho většinu tvoří rakovina plic. Podíl rakoviny plic u přiznaných nemocí z povolání má v posledních letech klesající tendenci. Následují rakoviny kůže (basaliomy a spinaliomy). Jejich podíl na počtu přiznaných nemocí z povolání má naopak rostoucí tendenci. Na třetím místě jsou leukémie (zhruba 1 případ za rok).

Pilotní studie radiačního poškození fibroblastů

Jana Vachelová¹, Anna Michaelidesová^{1, 2}, Kateřina Pachnerová Brabcová¹,
Marie Davidková^{1, 2}

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

vachelova@ujf.cas.cz

Základní informace o primárních procesech radiačního poškození DNA lze výhodně měřit v podmínkách *in vitro*. Biologickou významnost těchto poškození je nicméně nutné stanovit přímo v živých buňkách, které pro opravy poškozené makromolekuly DNA iniciují celou škálu reparačních procesů.

Na pracovišti Oddělení dozimetrie záření se dlouhodobě zabýváme otázkami molekulární radiační biofyziky. V letošním roce byly používané experimentální techniky rozšířeny o práci s buněčnými kulturami. Pilotní experimenty byly realizovány s normálními lidskými fibroblasty, které byly ozařovány kobaltovým zdrojem a 30 MeV protony na isochronním cyklotronu

U-120 M v Řeži. Budou prezentovány výsledky prvních provedených experimentů: křivky přežití a stanovení stability genomu (četnost mikrojader).

Zcela nové je uspořádání experimentů pro ozařování DNA a buněčných kultur na Tandetronu 4130 v Řeži. Tento urychlovač s terminálovým napětím 3 MV umožňuje urychlovat široké spektrum iontů od vodíku až po zlato na energie od stovek keV do zhruba 20 MeV. Svazek iontů bude vyveden tenkým okénkem mimo vakuum a biologické vzorky budou ozařovány na tenké 5 μm Mylar fólii ve speciálních plastových mističkách. Bude prezentován aktuální stav projektu.

Vplyv chronického fajčenia a radónovej expozície na riziko vzniku rakoviny pľúc

Radoslav Böhm¹, Antonín Sedlák², Karol Holý¹

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
UK, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR
² SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

mullerova@fmph.uniba.sk

Zhubné nádory pľúc predstavujú v súčasnosti vo vyspelých krajinách asi štvrtinu ochorení a sú najčastejšou príčinou smrti. Viac než 80 % týchto úmrtí je spôsobených fajčením. Mortalita fajčiarov cigariet je asi 1,7× vyššia ako nefajčiarov.

Druhým najvýznamnejším faktorom, vyvolávajúcim toto závažné ochorenie je radón so svojimi produktmi premeny. Nachádza sa v prírodnom prostredí a predstavuje asi 55 % z celkového ožiarovania obyvateľstva.

Fajčenie vplýva na radónové riziko, pretože spôsobuje morfológické a fyziologické zmeny pľúc ovplyvňujúce procesy zachytávania produktov premeny radónu stenami dýchacích ciest ako aj ich redistribúciu prostredníctvom hlienu. Pri vdychovaní cigaretového dymu dochádza k hypersekrecii hlienu, ktorý tvorí ochrannú vrstvu terčových buniek pred radiáciou. Na druhej strane sa dlhodobým fajčením narušuje funkčnosť pľúc, znižuje pohyblivosť hlienu v dýchacích cestách, čo vedie ku kumulá-

cii produktov premeny radónu v pľúcnom tkanive a k zvýšeniu absorbovanej dávky. Morfológické a fyziologické zmeny pľúc teda vedú k protichodným účinkom a ich správna kvantifikácia je kľúčom k predikcii rizika. Ich stupeň je priamo závislý od počtu vyfajčených cigariet.

Cieľom príspevku je použitím zjednodušených predpokladov odvodiť závislosť rizika vzniku rakoviny pľúc od počtu vyfajčených cigariet. V práci sme zohľadnili narušenie funkčnosti pľúc, spôsobené fyziologickými zmenami. Vplyv vyfajčených cigariet S na rakovinové riziko RR bolo skúmané modelom prahovej energie. Model je založený na predpoklade, že inaktivácia bunky sa prejaví pri prekročení prahovej hodnoty mernej energie z_0 v terči, ktorej veľkosť závisí od fajčiarskeho statusu. Porovnaním dosiahnutých výsledkov s epidemiologickými dátami sme dospeli k záveru, že radón je vhodným prostriedkom na stanovenie karcinogénneho rizika indukovaného fajčením.

LET spectrometry of the clinical ^{12}C ion beams

Iva Ambrožová¹, Alexander G. Molokanov²,
Kateřina Pachnerová Brabcová¹, Bohumil Vlček¹

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² Laboratory of Nuclear Problems, Joint Institute for Nuclear Research, Russia

ambrozova@ujf.cas.cz

Light ions as carbon have started to assert more and more in radiotherapy; various studies in such beams have been performed to investigate the behavior of these particles in the matter.

This contribution deals with the studies in three carbon ion beams at the accelerator HIMAC (NIRS, Chiba, Japan). The sets of plastic nuclear track detectors used as a spectrometer of linear energy transfer (LET) were exposed in 135, 290, and 400 MeV/u ^{12}C beams. LET spectra (from about 7 to 450 keV/μm, considered in water) were measured along the depth in the beam, from the entrance up to the region behind the Bragg peak. After the irradiation, the detectors were etched in NaOH and evaluated using the optical microscope system HSP-1000.

On the basis of LET spectra, the absorbed doses at various depths were calculated; the depth-dose distribution is in a good agreement with the reference measurements using ionization chamber. Further, biological weighted effective doses and relative biological weighted efficiency were estimated. The values of the relative biological weighted efficiency ranged from about 1.1 at the beam entrance up to the values 3.9 at the Bragg peaks region. This should be considered during the patient radiotherapy planning.

Odhad nejistoty stanovení lebeční aktivity ^{241}Am v důsledku morfologické variability hlavy

Tomáš Vrba

KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

In vivo měření aktivity aktinidů v lidské lebce je cennou technikou při stanovování dávky z vnitřního ozáření. Mnoho článků bylo publikováno o kalibraci detekčního systému a některé poukázaly na nové skutečnosti. Nejdůležitějším poznatkem bylo, že velikost měřené hlavy a velikost kalibračního fantomu má značný vliv na naměřenou

aktivitu. Velikost tohoto efektu závisí na užitých detektorech a geometrii měření. Stále otevřenou, ale nikdy nestudovanou otázkou je: Jak změna v tvaru lebky ovlivňuje měřenou aktivitu. Aktuální studie se snaží poskytnout odpověď na tuto otázku prostřednictvím simulací Monte Carlo a voxelových fantomů.

Využitie MCNP v radiačnej ochrane pri priemyselnej rádiografii

Pavol Ragan

Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava,
826 45, SR

pavol.ragan@uvzs.sr.sk

Plánovanie práce v priemyselnej rádiografii zahŕňa navrhovanie a vymedzovanie kontrolovaného pásma. Veľkosť pásma závisí od smeru zväzku, tienení – kolimátor, prežarovaný materiál. Pri návrhu je potrebné uvažovať rozptyly žiarenia, ktoré v smeroch tienení kolimátorom významne navyšujú príkony dávok. Pri výpočtoch modelových si-

tuácií sa úspešne dá využiť simulovanie Monte Carlo. Základné geometrie sú jednoduché a nevyžadujú komplikované návrhy geometrií. Výpočty umožňujú analyzovať veľkosť príspevkov rozptylov od jednotlivých častí geometrie. Získané výsledky sa dajú využiť pri vzdelávaní v radiačnej ochrane pri priemyselnej rádiografii.

Služba osobní dozimetrie VF a její začlenění do mezinárodní sítě laboratoří LANDAUER

Petr Borek¹, Radim Kříž¹, Pavel Prášek¹, Marc Million²

¹ VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

² LANDAUER EUROPE, ČR

pavel.prasek@vf.cz

Služba osobní dozimetrie VF, a.s. poskytuje servis pro pracoviště v České republice od roku 2008 a ve Slovenské republice od roku 2010.

Pro osobní monitorování jsou používány celotělové dozimetry s detektory OSL (opticky stimulované luminescence) vyráběné globálním koncernem LANDAUER, jednou z nejvýznamnějších světových společností v oboru. Stejnými typy dozimetrů jaké poskytuje VF, a.s. svým zákazníkům v České a Slovenské republice je v současnosti monitorováno více než 2 milióny radiálních pracovníků po celém světě.

V prezentaci je popsána struktura a filozofie koncernu LANDAUER a jeho systém sítě vzájemně kooperujících a zálohujících se laboratoří, vybavených unifikovanými technologiemi pro vyhodnocování osobních dozimetrů na bázi OSL. Laboratoř služby osobní dozimetrie VF, a.s. je od samého začátku svého komerčního provozu plnohodnotnou součástí této sítě a je tak, kromě samozřejmého dozoru státních orgánů České a Slovenské republiky, pod neustálou kontrolou i ze strany specialistů společnosti LANDAUER.

Efektivně dávky posádek leteckých společností registrovaných v ČR a SR

Ján Kubančák^{1, 2}, Hana Orčíková¹, Ivan Kovář¹

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jan.kubancak@odz.ujf.cas.cz

Oddelenie dozimetrie žiarenia (ODZ) ÚJF AV ČR vykonáva od roku 1999 službu osobnej dozimetrie pre posádky leteckých spoločností registrovaných v ČR. V roku 2011 ODZ získalo povolenie vykonávať službu aj na území SR. Príspevok prezentuje výsledky monitorovania efektívnych dávok leteckých posádok, a to od roku 2010 pre spo-

ločnosti registrované v ČR, a od roku 2011 pre spoločnosti registrované SR. Okrem výsledkov osobného monitorovania prezentujeme porovnanie dávok v závislosti na rôznych hodnotách heliocentrického potenciálu a tiež porovnanie zistených hodnôt s typickou radiačnou záťažou v rôznych oblastiach aplikácií ionizujúceho žiarenia

Mezinárodní porovnání měření ^{241}Am v lebce in vivo a simulace spekter metodou Monte Carlo

Karin Fantínová, Pavel Fojtík

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

karin.fantinova@suro.cz

V rámci činnosti sdružení EURADOS (<http://www.eurados.org>) bylo v roce 2011 zahájeno mezinárodní porovnání měření aktivity Am-241 v lebce in vivo, sestávající zejména ze simulací odezev polovodičových detektorů na fantomy lebky s Am-241 . Oddělení vnitřní kontaminace Státního ústavu radiační ochrany, v.v.i. v Praze se účastní všech úloh, tj. měření spekter Am-241 třech

různých fyzikálních fantomů a simulací těchto spekter metodou Monte Carlo pro obligatorní polovodičový detektor organizátora a vlastní detektory účastníka. Kromě toho se pracovníci ústavu podíleli na přípravě jednoho z fyzikálních fantomů. Plakátové sdělení představuje náplň mezinárodního porovnání, rozsah účasti SÚRO, v.v.i. a dosažené průběžné výsledky s diskusí.

Rychlé stanovení celkových alfa a beta aktivit moči metodou kapalinové scintilace

Daniel Sas, Jiří Janda, Alena Tokárová, Silvia Plucnarová

Univerzita obrany – Ústav OPZHN, sídliště Váta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR
daniel.sas@unob.cz

V práci je řešena problematika rychlého stanovení celkových alfa a beta aktivit moči metodou kapalinové scintilace přímou aplikací vzorků do scintilačního koktejlu. Pro ověření této metody byla vybrána skupina rizikových alfa a beta radionuklidů z hlediska jejich možného výskytu při vojenských operacích. Metoda kapalinové scintilace se vzhledem k možnosti alfa/beta separace a přímého měření ve 4π geometrii bez nutnosti úpravy vzorku moči jeví pro tento druh stanovení jako velmi výhodná. Pro vlastní stanovení byl použit Au-

tomatický TDCR Liquid Scintillation Counter Hidex 300 SL. Pozornost byla věnována především výběru vhodného typu a poměru objemu scintilačního koktejlu a měřeného vzorku pro kvantitativní stanovení jednotlivých typů radionuklidů. Byla zjištěna velmi dobrá účinnost detekce jak u alfa, tak i u beta zájmových radionuklidů. Z výsledků vyplynulo, že výše uvedenou metodou lze použít pro rychlé – operativní kvantitativní stanovení radioaktivní kontaminace moči.

Služby osobnej dozimetrie v podmienkach Slovenskej legálnej metrológie

Dušan Solivajs

Pracovisko osobnej dozimetrie, Slovenská legálna metrológia, n.o.,
Hviezdoslavova 31, Banská Bystrica, 974 01, SR

solivajs@slm.sk

Pracovisko osobnej dozimetrie poskytuje výkon nepretržitého periodického stanovovania dávok osobných dozimetrických veličín z externého IŽ pomocou termoluminiscenčných (TL) dozimetrov viac ako 15 rokov. Spôsobilosť poskytovať služby osobnej dozimetrie bola potvrdená vydaním osvedčenia o akreditácii Slovenskou národnou akreditačnou službou. Jednotnosť a správnosť merania je zabezpečená nadväznosťou a metrologickou kontrolou vykonávanou Slovenským metrologickým ústavom. Rozvoj a inováciu TL dozimetrie zabezpečujeme v spolupráci so spoločnosťou Thermo Scientific, USA a z ich partnerom v SR so spoločnosťou Envinet Slovensko. Technológia TLD je preverená dlhodobým vývojom a viac ako 50 rokmi používania v praxi. Vhodná je pre väčšinu druhov ionizujúceho žiarenia. V rámci skvalitnenia služieb ponúka pracovisko osobnej dozimetrie pre svojich zákazníkov prístup do webo-

vej databázy. Zákazník má možnosť do 24 hodín od zmerania získať výsledky, aktuálny zoznam dozimetricky sledovaných zamestnancov a môže si vypočítať dávky za ľubovoľné obdobie. Od júna 2012 postupne nahradzujeme prstové dozimetre novým typom. Ďalším krokom k skvalitneniu služieb osobnej dozimetrie je kontrola stabilnosti meraní používaných TL dozimetrov. Bola vypracovaná metodika niekoľkonásobného ožarovania známou hodnotou a následného merania. Z doposiaľ odskúšaných 1950 dozimetrov (celkove je v používaní 11260 osobných TL dozimetrov) boli všetky výsledky v rámci nami uvádzanej neistoty meraní. POD uskutočnilo porovnávacie merania pomocou súčasného nosenia OSL a TL dozimetrov v 16 organizáciách. V súčasnosti sa spracúvajú výsledky. Do budúcnosti plánujeme postupnú výmenu puzdier osobných dozimetrov.

Výzkum, vývoj a ověření osobního dozimetru pro důlní prostory

Radim Kríž, Jakub Dvořák, Petr Nováček, Petr Okruhlica

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

radim.kriz@vf.cz

Poster popisuje realizaci projektu výzkumu a vývoje v období 2010-2012 ve společnosti VF, a.s. v rámci programu průmyslového výzkumu a vývoje TIP vyhlášeného Ministerstvem průmyslu a obchodu. Výsledkem projektu je zhotovení a ověření funkčního

vzorku osobního dozimetru pro důlní prostředí. Dozimetr umožní stanovit radiační zátěž z dlouhodobých produktů radioaktivních rozpadových řad, krátkodobých produktů radonu a vnějšího ozáření gama.

Monitorování radionuklidů na území ČR po havárii JE Fukušima

Miroslav Hýža¹, Věra Bečková¹, Zdeněk Borecký¹, Lenka Dragounová¹,
Pavel Fojtík¹, Jiří Havránek², Jan Lušňák¹, Helena Malá¹, Jan Matzner²,
Helena Pilátová¹, Eva Šindelková², Jiří Rada¹, Petr Rulík¹, Bečková Vlček¹

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

miroslav.hyza@suro.cz

Příspěvek podává shrnující informace o monitorování radionuklidů po havárii v jaderné elektrárně Fukušima prováděné zejména v rámci Radiační Monitorovací Sítě ČR. Ačkoliv byly zjištěné koncentrace radionuklidů v ovzduší velmi nízké, bylo prováděno intenzivní monitorování během něhož bylo odebráno více než 400 vzorků aerosolu a plynných forem jódu. Monitorování zahrnovalo i potraviny a výrobky dovážené z Japonska, zejména čaje a moř-

ské řasy. Rovněž bylo provedeno měření 17-ti osob vracejících se z Japonska za účelem stanovení vnitřní kontaminace. Příspěvek dále obsahuje srovnání s post-černobylským monitorováním a popis režimu předávání informací veřejnosti. Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV – identifikační kód: VF20102015014 a za podpory SÚJB s využitím databáze „MonRaS”.

The summary of the 12-years duration of the NPP Temelin neighborhood radioactivity monitoring

Lenka Thinová, Jaroslav Klusoň

ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

The unique monitoring based on studying contamination of the bioindicators by man-made radionuclides has been performed in the area of NPP Temelin for the past twelve years. The increase in radioactivity in the NPP area resulting from its operation is evaluated by comparison with a zero level activities and through the obtained data trend analysis. The area of interest includes 29 collection sites located along 8 radial profiles, where the measurement points are located at a distance of 2, 5, 10, and 20 km from the Power Plant. For monitoring were selected the following bioindicators: forest humus, Pine bark, Schreber's Moss, the Bay Boleté (mushrooms), and forest berries. To determine the presence of

radionuclides and their measurable activity in samples the laboratory gamma spectrometry was found to provide the most reliable results. Each two years the biomonitoring is supplemented by gamma spectrometric in-situ measurements, determining the dosimetric and gamma-spectrometric characteristics of photon fields. In the measured spectra of all the analyzed samples and of all in situ measurement as well, no man-made radionuclides have been identified, with the only exception being radiocaesium (originated from Chernobyl accident). The effective half-life of radiocaesium calculated from forest humus samples measurement (horizon fermentation) is 9 years in average.

Obmedzenia výpočtového systému COSYMA pri určovaní veľkosti oblasti ohrozenia vo vzťahu k požiadavkám slovenskej legislatívy

Juraj Ďuran

Riadenie krízových situácií a hodnotenie rizika, VUJE, a.s., Okružná 5, Trnava,
918 64, SR

juraj.duran@vuje.sk

Prezentácia popisuje ohraničenia v aplikáciách výpočtového systému Cosyma pri určovaní veľkosti oblasti ohrozenia (VOO). Podrobnejšie je diskutovaná adaptovaná metodológia, výpočtový kód Cosyma a rádiologické kritériá pre zavedenie neodkladných ochranných opatrení počas včasnej fázy havárie. Na záver je daný sumárny prehľad dôležitých ohraničení pri použití systému Cosyma pri určovaní veľkosti oblastí ohrozenia vo vzťahu k požiadavkám Slovenskej legislatívy. Na základe skúseností s použitím kódu Cosyma pre určenie VOO pre Slovenské JE môžeme definovať nasledovné ohraničenia pri aplikáciách systému COSYMA vo vzťahu k požiadavkám Slovenskej legislatívy:

- Cosyma umožňuje modelovať ukrytie len počas 24 hodín (Slovenská legislatíva požaduje maximálne 2 dni),
- Cosyma nepočíta efektívne dávkové ekvivalenty pre rôzne vekové skupiny (Slovenská legislatíva požaduje výpočty aj pre dojčatá),
- kód Cosyma nepočíta hodnoty odvrátiteľných efektívnych alebo ekvivalentných dávok (požaduje GS-R-2,

ale nie nový GSG-2, ktorý ešte nebol zahrnutý do legislatívy Slovenskej Republiky),

- inventár nuklidov využívaný kódom Cosyma nekorešponduje úplne s inventárom reaktorov typu VVER (inventár systému Cosyma neobsahuje niektoré nuklidy),
- fyzikálne modely kódu Cosyma neberú do úvahy nové odporúčania ICRP No. 103, ktoré aktualizujú hodnoty radiačných a tkanivových váhových faktorov. A nakoniec jedno „teoretické“ ohraničenie, úzko späté s problémom globálneho otepľovania a postupných klimatických zmien:
- Cosyma nemá priamy štatistický nástroj, s pomocou ktorého by sa dalo preukázať, že výsledky výpočtov získané pri použití rovnakých súborov vstupných údajov, okrem meteorologických údajov, sú štatisticky ekvivalentné. To znamená, že Cosyma neumožňuje priamym spôsobom preukázať, či pri použití 1-hodinových súborov meteorologických údajov z rôznych rokov dostaneme aspoň približne štatisticky ekvivalentné rozloženie následkov.

Odhad radioaktivní kontaminace zemědělských plodin a půdy pomocí nástroje GIS

Jakub Brom, Jan Procházka, Václav Nedbal, Hana Vinciková

Katedra krajinného managementu, Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity
v Českých Budějovicích, Studentská 13, České Budějovice, 370 05, ČR

jbrom@zf.jcu.cz

Problematika radioaktivní kontaminace zemědělských plodin a nakládání s radioaktivním materiálem v zemědělství je intenzivně diskutována zejména z důvodu dalšího využití zemědělské produkce a půdy a z důvodu možného snížení případné radioaktivní kontaminace zemědělské krajiny. Geografické informační systémy (GIS) umožňují, pomocí prostorových analýz, hodnotit prostorovou distribuci jednotlivých plodin na zájmovém území. Ve spojení s růstovou analýzou je možné odhadnout distribuci množství biomasy plodin a dalších ukazatelů, které dále slouží k modelování radiační kontaminace plodin a půdy za daných podmínek. Předkládaný nástroj „Biomasa_Kontaminace” byl vytvořen jako modul pro geografický informační systém ESRI®ArcMap 9.2 ArcInfo a je napsán v programovacím jazyce PythonTM. Modul umožňuje orien-

tační výpočty parametrů produkce zemědělských plodin dále využitých k odhadu radioaktivní depozice na povrchu zemědělských plodin a povrchu půdy v časně fázi radiační havárie za podmínek suché i mokré depozice. Modul rozděluje plochy v zájmovém území do tříd podle úrovně depozice s ohledem na způsob následného managementu a umožňuje orientačně odhadnout výši nákladů na odstranění biomasy ze zemědělských ploch. Modul tak představuje komplexní nástroj využitelný pro rozhodovací procesy při radiační havárii a pro následná opatření na zemědělských plochách s cílem snížení radioaktivní kontaminace těchto ploch. Modul byl testován na příkladu modelu radioaktivní kontaminace okolí JETE radioaktivním cesiem (Cs^{137}) a jodem (I^{131}) s využitím dat modelu HAVAR RP (UTIA AVČR v.v.i.).

Rýchle metódy stanovenia antropogénnych rádionuklidov obsiahnutých v urei

Dušan Galanda, Jana Strišovská, Veronika Drábová, Sylvia Dulanska

Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH, Mlynská dolina CH-1,
Bratislava, 842 15, SR

galanda@fns.uniba.sk

Stanovenie antropogénnych rádionuklidov v produktoch biologického metabolizmu so sebou prináša požiadavku na rýchle a jednoduché metódy separácie s vysokou selektivitou. Prezentovaná práca predstavuje metodiku, ktorá je výsledkom experimentálneho výskumu so zameraním na stanovenie amerícia a plutónia vo vzorkách vody a urei. Zá-

klad metodiky predstavuje použitie komerčného extrakčného materiálu DGA normal, dodávaného firmou Triskem. Predstavovaná metodika predstavuje vysoko selektívnu metódu spracováajúcu požadovanú rádiochemickú analýzu v reálnom čase. Separované rádionuklidy boli metrologicky stanovené alfa spektrometriou.

Mobilita ^{137}Cs v přírodních ekosystémech: Případová studie na rašeliništích v Jeseníkách

Ján Mihalík¹, Miluše Bartusková², Zoltán Hölggye¹

¹ Monitorování, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Radiochemie, SÚRO, v.v.i., Syllabova 21, Ostrava, 703 00, ČR

jan.mihalik@suro.cz

Horské rašeliniska představují v našich podmínkách jedinečný archiv depozice atmosférického spadu. Sú špecifickým ekosystémom, v ktorom je pôdna matrica tvorená organickými látkami. Vyznačuje sa vysokým obsahom vody (až 90 %) a nízkym pH. Na povrchu rašelinísk rastú rastliny prispôsobené nízkemu pH a relatívnemu nedostatku živín. Pre výskum mobility umelých rádionuklidov v tomto ekosystéme sme si vybrali rašeliniska Skřítek a Slatě v CHKO Jeseníky.

Vzorky boli odobrané pomocou plastovej sondy o priemere 10 cm a výške 40 cm. Po zmrazení boli rozrezané na vrstvy o 3 až 5 cm. Sušinu sme stanovili po usušení pri 104°C.

^{137}Cs nie je distribuované homogénne vo vertikálnom profile rašeliny. Najvyššie merné aktivity ^{137}Cs sme zaznamenali do hĺbky 12 cm. Kým na lokalite Skřítek bolo maximum aktivity v hĺbke 9–12 cm s najvyššou stanovenou hodnotou 570 Bq/kg (sušina), na Slatích bolo maximum v najvrchnejšej vrstve 0–3 cm s hodnotou 590 Bq/kg

(sušina). V hĺbke väčšej než 20 cm bola aktivita ^{137}Cs od 10–25 Bq/kg.

Podobný priebeh vertikálnej distribúcie má Pb-210 s najvyššími koncentráciami do hĺbky 12 cm. Merná aktivita K-40 je vyššia v hlbších vrstvách rašeliny než vo vrchných.

Prvé výsledky zo stanovenia Pu-239+240 ukazujú na nárast koncentrácie vo vrstve 3–6 cm (580 ± 40 mBq/kg (sušina)) oproti vrstve 0–3 cm (410 ± 30 mBq/kg (sušina)) na lokalite Skřítek.

Pôdny roztok obsahoval len 1% z aktivity ^{137}Cs obsiahnutej v rašeline, čo je signálom, že sledovaný rádionuklid je viazaný pevne na pôdnu matricu.

Vysoké hmotnostné aktivity ^{137}Cs boli zaznamenané v brusniciach a vrese rastúcom na rašelinisku ($120\text{--}370$ Bq/kg (čerstvá váha)).

Ďalšie kroky budú smerovať k stanoveniu ťoých minerálov vo vrstvách a k odhadu prestupu rádionuklidov v ekosystéme pomocou modelu ERICA.

Výskum je súčasťou projektov VG20122015100 a VF20102015014 financovaného MV ČR.

Variabilita a neurčitosti při odhadech ingesčních dávek

Petr Pecha, Emilie Pechová, Radek Hofman

AS, Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 00, ČR

pecha@utia.cas.cz

V příspěvku zmiňujeme některé aktivity týkající se rozvoje ingesčního modulu softwarového produktu HARP (HAZARDOUS Radioactivity Propagation) vyvíjeného pro predikci šíření radioaktivního znečištění v životním prostředí. Vlastní dynamický algoritmus výpočtu úvazků dávek v důsledku konzumace kontaminované potravy je nezbytné průběžně vyvíjet a zajistit jeho konzistenci se současnou úrovní znalostí. Podáváme dílčí informaci, jak z tohoto hlediska je prováděna aktualizace novými fakty publikovanými v literatuře a jaký vliv mají na variabilitu výsledných odhadů. Konkrétně uvádíme srovnání odhadů ročních dávkových úvazků pro případ variability koncentračního faktoru půdatorostlina pro kořenový transport a návazného přenosového koeficientu pro transport nuklidů do produktu živočišné výroby, konkrétně mléka. V literatuře byly získány nejen rozsahy těchto koeficientů (minimální, maximální, střední hodnoty), nýbrž i odhady jejich náhodných charakteristik, a proto bylo možné postoupit i dále směrem k analýze neurčitosti (AN). V příspěvku uvádíme zatím dílčí výsledky AN pro transport ^{131}I usazeného na pastvě přes kravské mléko směrem

k člověku. Je tedy demonstrována cesta, jak nahradit dosavadní deterministické hodnocení kvalitativně vyšším pravděpodobnostním přístupem. Další aktivity se týkaly zpřesňování dílčích submodelů transportu aktivity životním prostředím. Uvádíme hlubší analýzu transportu aktivity při dešti a její intercepci na listové části rostlin. Je ukázáno k jakým nepříjemně vysokým konzervativním odhadům mohou vést klasicky prováděná hodnocení extrémních zadaní scénářů (únik při intenzivním několikahodinovém dešti). V závěru uvádíme příklad vlivu nevyhnutelně subjektivní volby konkrétního termínu dne spadu v roce při takových procedurách hodnocení, jakými jsou například studie prokazování způsobilosti provozu jaderného zařízení v rámci EIA. Uvádíme dílčí výsledky odhadů dávek pro různé dny spadu v roce vzhledem k pokročilosti vegetační periody jednotlivých rostlin, případně navíc ke způsobu výkrmu hospodářských zvířat. Předkládaná práce je podpořena projektem MV ČR, id. kód VG20102013018, který je řešen u příjemce ÚTIA AV ČR. Podle propozic projektu, výsledky mohou být bezplatně poskytnuty případným zájemcům.

Velikostní rozdělení aerosolů spojených s radionuklidy uvolněnými po havárii JE Fukušima a JE Černobyl

Helena Malá, Petr Rulík, Miriam Slezáková

Odbor monitorování, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

helenamala@suro.cz

Po havárii JE Fukušima byla v období konce března a dubna 2011 provedena série odběrů pomocí kaskádních im-paktorů za účelem stanovení velikostní distribuce aerosolů spojených s ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs a ^7Be . Všechna rozdělení bylo možno považovat za monomodální. Střední hodnota AMAD umělých radionuklidů byla $0.43\ \mu\text{m}$ a GSD 3.6; pro ^7Be byl AMAD $0.41\ \mu\text{m}$ a GSD 3.0. Časový vývoj AMAD ^{134}Cs , ^{137}Cs a ^7Be v monitorovaném období vykazoval mírný pokles na hladině významnosti 0.05. Časový vývoj ^{131}I nebyl na hladině 0.05 významný, ale vzrůstal na hladině významnosti 0.1. Časový vývoj hodnot GSD vykazoval mírný vze-

stup statisticky významný na hladině 0.05 jen pro ^{137}Cs a ^7Be . Radionuklidy uvolněné z JE Černobyl, pro které byl stanoven AMAD, bylo možno rozdělit na 2 skupiny, na žáruvzdorné (^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{95}Zr , ^{95}Nb) a těkavé (^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{132}Te); AMAD žáruvzdorných radionuklidů byl $3\times$ větší než AMAD těkavých, nicméně velikostní rozdělení pro těkavé radionuklidy se střední hodnotou AMAD $0.51\ \mu\text{m}$ byla velmi podobná rozdělením získaným po havárii JE Fukušima.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV – identifikační kód: VF20102015014

Dlhodobé monitorovanie kozmického žiarenia na palube lietadiel s pomocou spektrometra Liulin

Ján Kubančák^{1, 2}, Ondřej Ploc³, Iva Ambrožová¹, Ivan Kovář¹

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Chalmers University of Technology, Göteborg, SE-41296, Švédsko

jan.kubancak@odz.ujf.cas.cz

Na Zem každú sekundu dopadajú zo Slnka či vzdialených oblastí vesmíru vysokoenergetické ionizujúce častice, pred ktorými nás chráni magnetické pole a atmosféra. Niektoré ľudské činnosti vyžadujú realizáciu v oblastiach, kde je ochranná funkcia magnetosféry a atmosféry znížená. Typickým príkladom je letectvo, kde pri opakovaných letoch palubného personálu dochádza k jeho významnému ožiareniu z prírodných zdrojov. ÚJF AV ČR, subjekt držiaci povolenie k vykonávaniu služby osobnej dozimetrie letových posádok, vykonáva trvalé monitorova-

nie radiačnej záťaže s použitím detektora Liulin umiestneného na palube lietadla Airbus A319-112 (České aerolinie, a.s.). V našom príspevku prezentujeme výsledky dlhodobého monitorovania týmto detektorom, pričom dáta zahŕňajú obdobie od roku 2001 až po súčasnosť. V dátach je obsiahnutý celý slnečný cyklus a celkovo predstavujú viac ako 10^5 záznamov. Naš príspevok ukazuje, že dáta nemusia byť využité len ako nástroj slúžiaci na odhad radiačnej záťaže letového personálu, ale aj ako nástroj monitorujúci aktivitu Slnka a s ňou spojené udalosti.

Dlouhodobé sledování aktivity ^{137}Cs v houbách lesního ekosystému České republiky

Jan Škrkal, Karin Fantínová, Petr Rulík, Jelena Burianová, Jan Helebrant

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jan.skrkal@suro.cz

Obsah ^{137}Cs v houbách ČR je v rámci Radiační monitorovací sítě (RMS) sledován od roku 1986. Jejich vzorkování a měření provádí Státní ústav radiační ochrany v.v.i. (SÚRO) spolu s Regionálními centry SÚJB (RC). Od roku 2004 se do sběru vzorků zapojil Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti v.v.i. (VÚLHM) a do měření Státní veterinární ústav (SVÚ). Zapojení VÚLHM do RMS přineslo lepší identifikaci jednotlivých druhů hub a pokrytí území ČR. Houby v současnosti stále obsahují aktivity ^{137}Cs na úrovni až stovek Bq/kg (nativní hm.) a kromě toho, že jsou významným indikátorem kontaminace lesního ekosystému ČR, jsou vzhledem ke své oblíbenosti významným příspěvkem k příjmu ^{137}Cs ingescí. V práci jsou uvedeny výsledky analýzy obsahu ^{137}Cs v závislosti na době sběru od Černobylské havárie, na druhu hub a na velikosti plošné kontaminace ČR. Od roku

1986 dochází v houbách k pozvolnému poklesu aktivity ^{137}Cs charakterizovanému efektivním poločasem 6,9 roků. Data od roku 2004 byla druhově rozdělena a statisticky analyzována. Byla potvrzena vyšší kumulativní schopnost skupiny hřibotvarých hub, mezi kterými je hřib hnědý druhem s nejvyššími aktivitami. Nehomogenní kontaminace území ČR způsobená rozdílnou velikostí srážek v době průchodu kontaminovaných vzdušných hmot po černobylské havárii měla za následek, pět řádů široké rozpětí hmotnostních aktivit v houbách.

Práce byla vykonána za Institucionální podpory Ministerstva vnitra (MV-25972-17/OBVV-2010) pro rok 2012 a za podpory SÚJB s využitím databáze RMS „MonRaS”.

Děkujeme všem pracovníkům RC SÚJB, VÚLHM, SVÚ a SÚRO, kteří se na monitorování podíleli.

Modelování dopadů hypotetického úniku radionuklidů z jaderného zařízení aplikacemi ESTE a HARP

**Petr Kuča¹, Zdeněk Prouza¹, Irena Češpírová¹, Barbora Marešová¹,
Petr Pecha², Radek Hofman²**

¹ Odbor havarijní připravenosti, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Adaptivní systémy, Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 08, ČR

petr.kuca@suro.cz

Příspěvek prezentuje výsledky modelování dopadů hypotetického úniku radionuklidů z jaderného zařízení. Scénář úniku jak z hlediska volby zdrojového členu, tak i z hlediska volby meteorologických podmínek, byl přizpůsoben pro účely demonstrace možností přístupu ke stanovení OIL pro havarijní odezvu na událost. Šíření radionuklidů

v ovzduší a jeho dopady byly modelovány pomocí aplikací ESTE (ABmerit, Trnava, SR) a HARP (ÚTIA) implementovaných v SÚRO.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV – identifikační kód: VF20102015014, a Programu BVII/2 – VS – ID: VG20122015083.

Rozptyl radioaktivní látky v malém měřítku – počítačové modely vs. skutečnost

Jan Helebrant¹, Petr Kuča²

¹ Odbor havarijní připravenosti, oddělení mobilní skupiny, SÚRO, v.v.i.,
Bartošková 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Odbor havarijní připravenosti, SÚRO, v.v.i., Bartošková 28, Praha 4,
140 00, ČR

jan.helebrant@suro.cz

Prezentovány jsou výsledky porovnání s reálnými daty získaných při několika experimentech provedených v rámci projektu VaV č. 2/2008 SÚJB. Ty zahrnovaly rozptyl radionuklidu Tc-99m pomocí výbušniny v areálu SÚJCHBO Příbram – Kamenná na základě povolení SÚJB a příslušného báňského úřadu.

Modelová data byla získána v rámci projektu IAEA EMRAS II (Environmental Modelling for Radiation Safety), konkrétně pracovní skupiny č. 9 „Urban Areas” – Short Range Scenario.

Do srovnání byla použita data naměřených plošných aktivit radionuklidu na testovacím polygonu ze dvou experimentů provedených v roce 2009 a dále z výstupů pěti počítačových modelů účastníků programu IAEA EMRAS II vytvořených na základě reálných meteorologických dat a parametrů rozptylované látky i výbušného systému pro oba experimenty.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení projektů: MV ČR ID: VF20102015014 a MV ČR ID: VG20122015083.

Současný stav ochrany hutního průmyslu před kontaminací nahodilými zdroji ionizujícího záření v podmínkách České republiky

Jaromír Sud

Radioizotopová laboratoř, VÚHŽ a.s., Dobrá, 739 51, ČR

jaromir.sud@vuhz.cz

K předvídatelným mimořádným událostem, spojeným s rizikem nekontrolovaného úniku radionuklidů do životního prostředí, ke kterým by mohlo dojít mimo běžné činnosti související s využíváním jaderné energie a činnosti vedoucí k ozáření, patří neúmyslné nakládání s nezachyceným radioaktivním materiálem v odpadech a druhotných surovinách. Vznik událostí tohoto typu je pravděpodobný ve spalovnách odpadů a v hutním průmyslu. Radioizotopová laboratoř VÚHŽ a.s. (dříve Výzkumný ústav hutnictví železa), která se dlouhodobě zabývá kromě jiného aplikacemi radioindikátorových technik v hutnictví, „dohledáváním”, výrobou kovových etalonů radionuklidů a dalšími aktivitami souvisejícími s metalurgií, se v rámci své zakázkové činnosti věnovala popisu a hodnocení současných systémů ochrany před těmito riziky v podmínkách českých oceláren. Přestože z hlediska závažnosti jsou mimořádné události tohoto typu uvažované v ocelárnách spíše z těch méně závažných, nelze jejich rizika opomíjet. Známý je případ španělského hutního podniku Acerinox z roku 1998, kdy při tavení vsázky

obsahující nahodilý zářič ^{137}Cs došlo k úniku aktivity do ovzduší, zachycené monitorovacími sítěmi celé řady evropských států. V České republice se lze opakovaně setkávat s následky méně závažných incidentů v podobě záchytů ocelových výrobků kontaminovaných ^{60}Co . Předkládaný příspěvek se zabývá systémem kontroly vstupů a výstupů z hlediska technologií a materiálového toku v hutnictví. Zde je v první řadě nutné vycházet ze znalosti zákonitostí rozdělení důležitých radionuklidů do jednotlivých fází při výrobě oceli (kovová lázeň, struska, plynné exhalace), v druhé řadě přihlídnout k vlastnostem a parametrům konkrétní technologie. Na základě hodnocení současných systémů lze jako jednoznačné nejvhodnější zdokonalení doporučit instalaci sekundárních stacionárních detekčních systémů na úseku dopravy vsázky ocelového odpadu z místa jeho přípravy k pecnímu agregátu. Namísto nákladné a problematické instalace detektorů do systémů odsávání a odprašení zplodin lze dále doporučit důslednější vzorkování odpadů (strusek, kalů a odprašků) pro laboratorní stanovení případné přítomnosti a aktivity radionuklidů.

Webové prostředí pro atmosférické disperzní modelování

Radek Hofman, Petr Pecha

Ústav teorie informace a automatizace AV ČR, v.v.i., Pod Vodárenskou věží 4,
Praha 8, 182 08, ČR

hofman.radek@gmail.com

V případě úniků radionuklidů do ovzduší se pro modelování jejich šíření používají komplexní atmosférické disperzní modely. Doménou těchto systémů jsou desktopové aplikace, mnohdy provozované na superpočítačích. Existují ovšem i výjimky, jako například americký systém IXP, který umožňuje provádět simulace disperze vzdušného znečištění ve webovém prostředí. Jednou z hlavních výhod webového prostředí je fakt, že odpadá nutnost jakékoliv instalace software ze strany uživatele, který po přihlášení do systému pracuje s nejnovější verzí modelu.

Naším cílem je vybudovat obdobnou službu. Příspěvek se zabývá vývojem webového prostředí pro provádění simulačních běhů atmosférického disperzního modelu HARP pro blízké a střední vzdálenosti. Mezi hlavní specifika modelu patří: detailní modelování dávkových příkonů a dávek z mraku pomocí numerického algoritmu uvažující skutečnou geometrii mraku, modelování mokré/suché depozice a příslušných dávek, tvorbu dceřiných produktů, uvažování proměnných meteorologických podmínek s hodinovým krokem.

V současnosti webové prostředí umožňuje registrovaným uživatelům konfiguraci všech důležitých vstupů do modelu HARP, jako je konfigurace zdrojového členu a bodových meteorologických dat. Výsledky experimentů je možno prohlížet na mapovém pozadí Google Maps.

Jádrům systému je webový server obsluhující uživatelské rozhraní (webové stránky), pomocí kterého uživatelé konfiguruji své simulace. Jeho součástí je i takzvaný „task manager“, který zadané úkoly čekající ve frontě rozděluje mezi dostupné výpočetní uzly. Tato distribuovaná architektura umožňuje flexibilní škálování výpočetního výkonu. V případě velkého množství simulací (např. výuka v učebně) je možno její navýšení tak, že na dalších PC připojených do sítě bude spuštěn výpočetní kód.

Naším cílem je postupné rozšiřování systému tak, abychom vytvořili plnohodnotné prostředí pro tento typ úloh. Cílovou skupinou pro tuto aplikaci jsou studenti a profesionálové z oboru radiální ochrany. Vývoj je financován projektem Bezpečnostního výzkumu MV ČR VG20102013018.

Zkušenosti s provozem aplikace MonRaS

Ondřej Chochola

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

ondrej.chochola@sujb.cz

Poster sumarizuje poznatky a problémy, které s sebou přinesl první rok provozu aplikace MonRaS (SW prostředek pro sběr, zpracování a archivaci dat z monitorování radiační situace v České republice).

Aplikace MonRas byla zhotovena dodavatelskými firmami Envinet, a.s., a ABmerit, na základě zadání prováděného od r. 2008 realizačním týmem Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). Software je nástupcem již zastaralého, ale donedávna používaného, informačního systému IS RMS. Data z monitorování radiační situace na území ČR, shromažďovaná v aplikaci MonRaS, slouží pro hodnocení radiační situace na našem území, pro potřeby sledování a posuzování stavu ozáření obyvatel a v případě radiační

havárie, pro rozhodování o opatřeních vedoucích ke snížení nebo odvrácení ozáření. Interní verze aplikace slouží pro ukládání, zpracování a zobrazování získaných dat a je určena pro zaměstnance SÚJB a další zainteresované osoby a organizace. Program nyní poskytuje uživatelům rychlou a přehlednou informaci o aktuální radiační situaci na území České republiky a současně umožňuje pracovat i s historickými daty, která byla do aplikace převedena z původního systému IS RMS. Dále zajišťuje automatické předávání předvolených dat do evropských systémů. Externí verze – Webový prezentační systém (WPS), je určen pro informování veřejnosti o radiační situaci v ČR a je volně dostupný na internetových stránkách úřadu.

Zkušenosti z instalace a provozu zařízení pro monitoring plyných výpustí

Jakub Dvořák, Vít Petráněk, Petr Okruhlica, Petr Halas

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

jakub.dvorak@vf.cz

Společnost VF, a.s. realizuje projekt výzkumu a vývoje v oblasti monitoringu plyných výpustí, jehož řešení v období 2009–2012 probíhá v rámci programu průmyslového výzkumu a vývoje TIP

vyhlášeného Ministerstvem průmyslu a obchodu.

Poster prezentuje zatím dosažené výsledky a zkušenosti z instalace a provozu funkčních vzorků zařízení pro monitoring plyných výpustí.

Zvýšené hodnoty ^{131}I v ovzduší České republiky na podzim roku 2011 a začátkem roku 2012

**Miroslav Hýža¹, Petr Rulík¹, Věra Bečková¹, Zdeněk Borecký¹,
Jiří Havránek², Jan Lušňák¹, Helena Malá¹, Jan Matzner²,
Helena Pilátová¹, Jiří Rada¹, Eva Šindelková², Lenka Dragounová¹,
Jaroslav Vlček¹, Zdeněk Prouza¹, Irena Malátová¹**

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

miroslav.hyza@suro.cz

Príspevek prezentuje výsledky monitorování aerosolové a plynné formy ^{131}I v ovzduší, které bylo prováděno v teritoriální síti monitorovacích míst kontaminace ovzduší v rámci Radiční monitorovací sítě ČR (RMS) na podzim roku 2011 a na začátku roku 2012. Aktivita ^{131}I na území ČR byly měřitelné v období 14.10–18.11. 2011 a 13.1–10.2.2012. Nejvyšší zaznamenaná koncentrace aerosolové složky

^{131}I byla $59 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ a plynné složky $550 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Jako původce byl identifikován Institute of Isotopes Ltd., Budapešť. V článku je také uvedena přehledová analýza veškerých detekcí ^{131}I v rámci RMS. Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV – identifikační kód: VF20102015014 a za podpory SÚJB s využitím databáze „MonRaS”.

Systém ESTE ETE Annual Impacts – Softvér na hodnotenie vplyvu normálnej prevádzky JE Temelín na okolie pre potreby SÚJB

**Peter Čarný, Dušan Suchoň, Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták,
Monika Krpelanová, Miroslav Chylý**

ABmerit, ABmerit, námestie J.Herdu 1, Trnava, 917 01, SR

carny@abmerit.sk

Systém „ESTE ETE Annual Impacts“ verzia SÚJB je program na hodnotenie vplyvu výpustí do atmosféry a do vodných tokov počas normálnej prevádzky JE Temelín na okolie. Program bol vytvorený v rámci projektu plne financovaného ČR – SÚJB a pre potreby SÚJB.

Systém umožňuje odhadovať ožiarenie obyvateľov v dôsledku výpustí do atmosféry a do hydrosféry z JE Temelín, a to za kalendárny rok alebo kratšie obdobie, vrátane jednorazových (neplánovaných) výpustí, vrátane vplyvu globálnych nuklidov C-14, H-3, Kr-85.

Hlavnou úlohou systému je analyzovať jednotlivé cesty ožiarenia pre jednotlivé vekové skupiny obyvateľov a identifikovať kritickú (potenciálne najviac ožiarenú) skupinu obyvateľov za hodnotené obdobie pre oba druhy výpustí. Ďalšou úlohou systému je stanovovať cezhraničné dopady prevádzky JE Temelín, so zameraním na obyvateľstvo Nemecka, Rakúska, Slovenska a Poľska. Systém je vytvorený na báze GIS a využíva Mapový server SÚJB.

V systéme sú implementované aktuálne databázy poľnohospodárskej produkcie a aktuálne databázy rozloženia obyvateľstva v ČR a v okolitých susedných štátoch. Systém využíva metodiku diaľkového prieskumu Zeme na zisťovanie rozloženia poľnohospodárskeho využitia krajiny. Pre modelovanie atmosférickej disperzie systém využíva alternatívne PTM (Puff Trajectory) model alebo LPM (Lagrangeov Particle) model, atmosférické výpuste a ich dopad sú analyzované s krokom 1 h. Pre LPM model systém využíva archív (napríklad ročný archív) numerickej predpovede meteorologických parametrov (NWP) pre širšie okolie JE Temelín vo formáte GRIB tak, ako je predpoveď dostupná 2× denne v podmienkach SÚJB.

V prednáške je diskutovaný metodický postup výpočtov a sú okrem iného demonštrované vzorové výpočty dopadov výpustí z bežnej prevádzky ETE na obyvateľstvo ČR a okolitých susedných štátov.

Expresné stanovenie Sr-90 beta spektrometrom a porovnanie so štandardnou separačnou metódou

Ondrej Slávik¹, Alojz Slaninka¹, Silvia Dulanská²

¹ Oddelenie osobnej dozimetrie a dozimetrie životného prostredia, VUJE, a.s.,
Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

² Katedra jadrovej chémie, Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

alojz.slانinka@vuje.sk

Beta spektrometer pre expresné meranie aktivity ^{90}Sr bol vyvinutý a vyrobený v Kurčatovom inštitúte v Rusku. Meranie aktivity ^{90}Sr je založené na meraní beta spektra jeho dcérskeho produktu ^{90}Y (2.27 MeV) a vyhodnotení príspevkov beta žiarenia v energetickom okne 0.9–2.0 MeV korigovaných na príspevok od prírodných RN. Detektor pozostáva z tenkého plastického scintilátora Ø80 mm a hrúbky 3.5 mm, špeciálne tvarovaného svetlovodu a štandardného fotonásobiča. Možno ním merať tenké vzorky (filter apod.), alebo objemovo kontaminované vzorky (napr. nasýtená vrstva pôdy hrúbky okolo 10 mm). Detektor bol metrologicky overený SMÚ v Bratislave ako meradlo povrchovej kontaminácie. Overenie pre objemovo kontaminované vzorky je v procese konania. MDA pre povrchovú kontamináciu je na úrovni 0.5 Bq, v prípade objemovo kontaminovaných vzoriek na úrovni 60 Bq/kg, v závislosti od prítomnosti ďalších RN. Výhodou je predovšetkým krátka doba získania výsledkov, ktorá v prípade vyšších aktivít nepresahuje hodinu (neporovnateľne menšia ako v prípade štandardných separačných metód).

Pre účely porovnania bol stanovený obsah ^{90}Sr v 10 objemovo kontaminovaných vzorkách zemín a betónov z JE A1 a V1 spektrometrickou a separačnou metódou používanou v akreditovanom laboratóriu katedry jadrovej chémie PriFUK v Bratislave. Na separáciu ^{90}Sr bol použitý sorbent molekulárneho rozpoznávania AnaLig[®]Sr01, ktorý slúži na zakoncentrovanie a separáciu stroncia z rôznych matric. Vzorky boli pred separáciou pripravené mikrovlnným rozkladom so zmesou koncentrovanej HNO_3 a 30% H_2O_2 . ^{90}Sr bolo merané po náraste dcérskeho rádionuklidu ^{90}Y meraním Čerenkovovho žiarenia na kvapalinovom scintilačnom spektrometri v energetickom intervale 1–25 keV. Doba prípravy vzorky na separáciu mikrovlnným rozkladom je cca 5–6 h, pričom doba separácie na sorbente AnaLig[®]Sr01 je krátka (cca 1–2 h), v závislosti od objemu vzorky. Výhodou separačnej metódy je jej nízka MDA 0.006 Bq.

Technické a metrologické charakteristiky beta spektrometra a výsledky porovnávacích meraní vzoriek budú detailnejšie diskutované v rámci prezentácie.

Porovnání aktivit radionuklidů v aerosolových výpustech z ventilačních komínů JE stanovených SÚRO a provozovatelem

Pavel Žlebčík¹, Helena Malá¹, Petr Rulík¹, Miroslav Kaufman²,
Rostislav Striegler², Marek Kurfiřt³, Jiří Pospíchal³, Michal Andrlík³,
Yuriy Glavach³

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČEZ, a.s., JE Dukovany, Dukovany, 675 50, ČR

³ ČEZ, a.s., JE Temelín, Temelín, 373 05, ČR

zlebcik.p@seznam.cz

Nezávislé monitorování výpustí z jaderných elektráren Temelín a Dukovany do ovzduší je prováděno v rámci kontrolní činnosti SÚJB na základě § 39 odst. 4 písm. d) atomového zákona a v souladu s čl. 35 Smlouvy Euratom. SÚRO Praha zabezpečuje kromě jiného stanovení aktivit pomocí spektrometrie gama v inspektory SÚJB vybraných týdenních vzorcích aerosolových filtrů JE a stanovení ⁹⁰Sr a transuranů (TRU) ve spojených vzorcích čtvrtin aerosolových filtrů pokrývajících kontinuálně celý kalendářní rok. Nad rámec monitorování požadovaného ze strany SÚJB provádí SÚRO Praha před zpracováním čtvrtin filtrů pro stanovení ⁹⁰Sr a TRU ve spojených měsíčních vzorcích (dříve čtvrtletních) stanovení aktivity radionuklidů emitujících záření gama z důvodu možnosti porovnání celkových aerosolových výpustí z JE do atmosféry. V prezentaci jsou uvedeny především výsledky tohoto bilančního porovnání. Analyzované vzorky pocházejí z 5 ven-

tilačních komínů ETE a 2 ventilačních komínů EDU. Metoda srovnávání výpustí je založena na porovnání intervalu hodnot vypouštěných aktivit stanovenému provozovatelem JE a SÚRO za delší časové období (rok, čtvrtletí), přičemž spodní hranici intervalu tvoří součet vypouštěných aktivit (v případě aktivity < MVA je započtena nula) a horní hranici intervalu tvoří součet aktivity a MVA (MVA je započtena, v případě aktivity ležící pod MVA). Takto získaný interval je dále rozšířen o nejistotu stanovení intervalu s koeficientem rozšíření 3. Výsledky provozovatele JE a nezávislého monitorování (SÚRO) se považují za shodné, pokud je průnik intervalů nenulový, v případě disjunktnosti intervalů je konstatována neshoda. Příspěvek srovnává formou grafů a tabulek hodnoty z nezávislého monitorování za rok 2010 a 2011. Práce byla vykonána za Institucionální podpory Ministerstva vnitra (MV-25972-17/OBVV-2010) pro rok 2012.

Systém ESTE SIM34 – systém na modelovanie a výpočet radiačných parametrov na JE Mochovce 34 na základe vstupov z trenažéra reaktora MO34

Ludovít Lipták, Peter Čarný, Miroslav Chylý, Dušan Suchoň,
Monika Krpelanová, Eva Smejkalová

ABmerit, ABmerit, námestie J.Herdu 1, Trnava, 917 01, SR

liptak@abmerit.sk

Program ESTE SIM34 pre 3. a 4. blok JE Mochovce je nadstavba k plnorozsahovému simulátoru (trenažéru) reaktora EMO34. Jeho úlohou je stanovovať výpočtom radiačné parametre v primárnom okruhu (I.O.), v hermetickej zone (HZ), na reaktorovej sále (RS), vo vložených okruhoch, vo ventilačnom komíne (VK), na blokových dozorníach (BD), v areáli (TDS) EMO, v ZHP (TDS) EMO. Na základe simulovaných technologických meraní, signálov a vypočítaných parametrov vstupujúcich do programu z plnorozsahového simulátora (trenažéra) JE Mochovce 34 počíta radiačné parametre v I.O., v HZ, vo vložených okruhoch, na RS, vo VK a na BD. Zároveň umožňuje simulovať (manuálne, obsluhou) stav poškodenia AZ, tomu zodpovedajúce uvoľnenie RA látok do I.O. (var chladiva, odkrytie alebo čiastočné odkrytie AZ, tavenie alebo čiastočné tavenie AZ) a umožňuje aj simulovať stav poškodenia tesnosti HZ.

Modely implementované v systéme ESTE SIM34:

model na výpočet príkonu dávky na I.O. z aktivity v chladive (médiu) I.O.;

model na výpočet príkonu dávky v HZ, z aktivity vzdušniny resp. parovzdušnej zmesi v atmosfére HZ;

model na výpočet príkonu dávky na RS, z aktivity vo vzduchu RS, so zohľadnením vplyvu aktivity v priestoroch HZ pod reaktorovou sálou a štruktúrach primárneho okruhu;

model na výpočet príkonu dávky vo ventilačnom komíne VK34, z aktivity vzdušniny vo VK34;

model na výpočet dávkového príkonu na BD 3. a 4. bloku, z aktivity vzdušniny v priestoroch v okolí BD, prípadne z aktivity vzduchu v atmosfére samotnej dozorne;

model šírenia rádioaktívneho mraku v areáli EMO, model pre výpočet príkonu dávky v mieste merania (v geometrii merania, kolimované detektory) detektorov TDS 1 až 16 v areáli EMO;

model šírenia rádioaktívneho mraku v okolí EMO.

V prednáške je diskutovaný spôsob výpočtu modelových parametrov na báze využitia kódu MCNP a na jednotlivých havarijných scenároch sú demonštrované priebehy radiačných veličín v záujmových priestoroch.

Aplikace operačních intervenčních úrovní při radiační havárii

Zdeněk Prouza, Irena Češpírová, Petr Kuča

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

zdenek.prouza@suro.cz

Vývoj strategie plánování a zavádění ochranných opatření při radiační mimořádné události (RMU) vycházející z aplikace základních principů radiační ochrany – zdůvodnění, optimalizace a omezování ozáření osob – nutně vedl i k vypracování systému obecných kritérií vyjádřených ve veličinách, v nichž jsou stanoveny limity ozáření osob. Tato kritéria jsou určena jak pro fázi plánování ochranných opatření tak pro jejich realizaci v případě, že RMU nastane. Na základě obecných kritérií byly odvozeny a stále se odvozují soubory přímo měřitelných operačních úrovní OIL, které se vztahují k jednotlivým typům opatření/činností ve fázi reakce na RMU. Tyto „rozumně“ konzervativní OIL, vycházející z předpokládaných/očekávaných „referenčních“ úniků radionuklidů, zdrojových členů, vybraných meteorologických podmínek, byly odvozeny pro

různé typy opatření a různé expoziční cesty. Havárie JE Fukušima I v roce 2011 ukázala na zásadní význam OIL pro strategii monitorování při RMU a reakci na ní a pro hodnocení radiologických důsledků v různých fázích RMU. V tomto sdělení a na něj navazujících posterech SÚRO jsou uvedeny jak příklady použití OIL (zejména souboru OIL publikovaných IAEA v roce 2011) pro některé typy neodkladných i následných ochranných opatření, pro regulaci ozáření při RMU zasahujících osob a obyvatel RMU dotčených, tak i některé problémy spojené s interpretací dat radiačního monitoringu za nepříznivých meteorologických podmínek a „netypických“ časově rozdílných distribucí úniku radioaktivních látek.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR BV ID: VF20102015014.

Havarijná pripravenosť a dlhodobá havarijná odozva – proces a nástroje

Tatiana Ďúranová

Oddelenie pre riadenie krízových situácií a hodnotenie rizika, VUJE, a.s.,
Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

tatiana.duranova@vuje.sk

Otázky dlhodobej havarijnej odozvy v prípade pretrvávajúcej radiačnej situácie a havarijnej pripravenosti na tieto situácie sa dostávajú do popredia najmä po havárii vo Fukushima. Budovanie dôvery a porozumenia medzi orgánmi štátnej správy, samosprávy a jednotlivcami, odporúčania a diskusia o ďalších možnostiach a prijateľných opatreniach obnovy by mali byť cieľom a prioritami havarijného plánovania a pripravenosti v oblasti dlhodobej odozvy na radiačnú haváriu. Nástroje na podporu rozhodovania, ktoré sa využívajú počas workshopov a seminárov sa nemusia používať priamo na lokálnej alebo regionálnej úrovni zástupcami komunity, ale zástupcovia stakeholderov by mali byť oboznámení ako používať výsledky, ktoré interpretujú odborníci a špecialisti a vedieť použiť tieto informácie ďalej pri zavádzaní a realizácii opatrení. Je dôležité a potrebné zapojiť do týchto činností aj predstaviteľov mimovládnych organizácií, súkromných podnikov a iných predstaviteľov, ktorí nie sú priamo zahrnutí do odozvy, ale ktorí budú vykonávať alebo budú ovplyvnení vykonávaním a realizáciou opat-

rení. Je potrebné v rámci havarijnej pripravenosti vytvoriť prostredie na dialóg, zdieľať znalosti s ľuďmi prostredníctvom ich zástupcov. Dialóg má umožniť získanie ich požiadaviek a potrieb, naučiť sa najprv počúvať a potom dávať odporúčania, informácie a možné riešenia. Je dôležité poznať aj postoje a názory tejto časti spoločnosti, „zdola“ aby sa zistilo ako sa môžu prejaviť v prípade radiačnej situácie na území kde pôsobia. Je potrebné mať možnosti na vykonanie lokálneho monitoringu samotným obyvateľstvom alebo jeho zástupcami aby sa to v prípade života na dlhodobom kontaminovanom území stalo obvyklým a tak samotní obyvatelia by mohli prispieť ku kvalite života na takomto území. Otázky procesu zahrnutia stakeholderov, zdokonalenia a využitia nástrojov na podporu rozhodovania sú predmetom riešenia v rámci medzinárodného projektu NERIS-TP v rámci 7RP EÚ. Vytvorenie platformy NERIS pre zdieľanie skúsenosti medzi stakeholdermi a udržateľný rozvoj v tejto oblasti umožňuje mať reálne výsledky a postaviť havarijnú pripravenosť a odozvu na kvalitatívne vyššiu úroveň.

Systém ESTE Kozloduy – systém pre stanovenie zdrojového člena a navrhovanie ochranných opatrení pre centrum havarijnej odozvy JE Kozloduy 5,6

**Peter Čarný, Miroslav Chylý, Dušan Suchoň, Monika Krpelanová,
Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták**

ABmerit, námestie J.Herdu 1, Trnava, 917 01, SR

carny@abmerit.sk

Program ESTE KOZLODUY pre 5. a 6. blok JE Kozloduy (Bulharsko) vo verzii klient/server bol vytvorený a dodaný pre centrum havarijnej odozvy jadrovej elektrárne Kozloduy v súvislosti s explicitnou požiadavkou zo záverov misie OSART. Jedná sa o elektrárňu typu VVER1000.

Program ESTE KOZLODUY slúži na stanovenie zdrojového člena a identifikáciu navrhovaných ochranných opatrení v areáli a v zone havarijnej pripravenosti v prípade havárie s hroziacim resp. reálnym únikom rádioaktívnych látok do atmosféry okolia JE Kozloduy. Systém je určený paralelne pre 5. a 6. blok JE Kozloduy, je pripojený online k zdroju technologických a radiačných dát z daného reaktora a jeho úlohou je identifikácia symptómov udalosti, ktorá potenciálne môže viesť k poškodeniu aktívnej zóny reaktora, predikcia zdrojového člena (možného úniku do atmosféry okolia) a predikcia rádiologických dopadov v okolí, osobitne v zóne havarijného plánovania. Na báze predikovaných rádiologických dopadov v okolí sú potom systémom navrhované odporúčané neodkladné opat-

renia pre obyvateľstvo – odporúčania sú k dispozícii Krízovému štábu JE Kozloduy.

V prednáške je demonštrovaný vypočítaný inventár aktívnej zóny 5. a 6. bloku, inventár bazénov skladovania a databáza zdrojových členov JE Kozloduy špecificky vypočítaná pre potreby systému ESTE. Je demonštrovaný teledozimetrický systém (TDS) v okolí 5. a 6. bloku, ktorý sa vyznačuje tým, že jeho detektory sa nachádzajú v okruhu cca 2 km od kontajnementov reaktora, čo je z hľadiska stanovenia veľkosti úniku z meranej odozvy monitorov veľmi priaznivá geometrická konfigurácia – radiačné pole v okolí detektorov v prípade úniku do atmosféry okolia je prakticky bez akéhokoľvek vplyvu budov, detektory sa nachádzajú v geometrii „voľného priestoru“. Zóna havarijného plánovania JE Kozloduy má polomer 30 km a viac ako 1/3 leží na území susedného štátu – Rumunska. Projekt a dodávka ESTE KOZLODUY pre centrum havarijnej odozvy bol financovaný plne jadrovou elektrárnou Kozloduy.

Katalóg Akčných kariet SÚJB – inovácia po havárii JE Fukushima

**Peter Čarný, Monika Krpelanová, Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták,
Miroslav Chylý, Dušan Suchoň**

ABmerit, námestie J.Herdu 1, Trnava, 917 01, SR

carny@abmerit.sk

Katalóg Akčných kariet SÚJB je súbor postupov a návodov v písomnej (vytlačenej) forme pre potreby Krízového štábu SÚJB pre rýchle posúdenie potreby prijatia ochranných opatrení na území ČR v prípade jadrovej resp. radiačnej havárie na ktoromkoľvek energetickom reaktore v Európe. Katalóg má byť využiteľný osobitne v prípade, keď nie sú dostupné Krízovému štábu SÚJB žiadne výpočtové prostriedky. Katalóg obsahuje údaje, zdrojové členy a špecifické postupy pre každý energetický reaktor v Európe, vrátane JE Temelín a JE Dukovany.

K inovácii Katalógu Akčných kariet SÚJB dochádza v súvislosti s haváriou v JE Fukushima, osobitne v súvislosti s únikmi z bazénov skladovania vyhoretého paliva vo Fukushime, a v súvislosti s neustálou tendenciou jednotlivých prevádzkovateľov jadrových elektrární zvyšovať výkon a vyhorenie pou-

žívaného jadrového paliva, čo má vplyv na inventár aktívnej zóny reaktora a teda v konečnom dôsledku na možné úniky rádioaktívnych látok do okolia pri ťažkej nadprojektovej havárii. Inovácia je plne financovaná ČR – SÚJB a je vykonávaná pre potreby SÚJB.

V prednáške sú demonštrované na príkladoch inventáre aktívnej zóny a inventáre bazénov skladovania rôznych typov európskych jadrových reaktorov, vypočítané programom SCALE 6.1. Sú demonštrované a diskutované zdrojové členy pre ťažké nadprojektové havárie a možný vplyv takých havárií na územie Českej republiky z hľadiska eventuálnej potreby prijímať neodkladné ochranné opatrenia alebo preventívne ochranné opatrenia v poľnohospodárstve na území ČR. Na konkrétnych príkladoch je ukázaný spôsob využitia Akčných kariet v prípade reálnej havarijnej situácie kdekoľvek v Európe.

Dávkové příkony v závislosti na výšce a vzdálenosti od zdroje záření

**Lubomír Gryc, Jan Helebrant, Martina Škábová, Irena Češpírová,
Petr Kuča, Zdeněk Prouza**

Mobilní skupina, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

lubomir.gryc@suro.cz

Podobně jako pro pozemní monitorování se uvažuje použití detekční techniky umístěné na dálkově ovládaných bezpilotních pozemních prostředcích (UGV) z důvodu ochrany osob, tak i pro letecká měření se předpokládá využití dálkově ovládaných leteckých prostředků (UAS), které by ochránily pracovníky nejen před účinky ionizujícího záření, ale i eventuálně dalších nebezpečných látek (chemie, biologie). To však nese problémy při odhadech dávkových příkonů od zdrojů, které dávají v různé výšce a geometrii různé odezvy při monitorování prostřednictvím bezpilotního prostředku, a to zejména v důsledku absorpce a rozptylu gama záření jak ve vzduchu tak i povrchu

země na/v kterém je nebo aspoň v jeho blízkosti umístěn zdroj záření.

Příspěvek prezentuje výsledky porovnání reálných dat získaných při experimentu uskutečněný na konci jara 2012 na letišti Hosín u Českých Budějovic. S použitím několika GBq radionuklidu ^{137}Cs byla naměřena data dávkových příkonů různými typy detektorů a s využitím LaBr(Ce) detektoru také spektra v jednotlivých vzdálenostech a výšce od zdroje. Jako nosné zařízení pro ukotvení detektorů nad zdrojem v nastavitelných výškách byl použit vysokozdvihový žebřík hasičského vozidla.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení projektů: MV ČR ID: VF20102015014 a MV ČR ID: VG20122015083.

Detekce gama záření z odběru vody primárního okruhu reaktoru LVR 15

Vít Klupák, Ladislav Viererbl, Zdena Lahodová, Alexandr Voljanskij

Centrum výzkumu Řež s.r.o., Hlavní 130, Husinec-Řež, 250 68, ČR

klu@cvrez.cz

Ve vodě primárního okruhu reaktoru jsou přítomné radionuklidy mající původ ve štěpení uranu a v aktivaci nečistot ve vodě. Na výzkumném reaktoru LVR-15 byly prováděny experimenty zaměřené na detekci štěpných produktů. Do primárního okruhu se štěpné produkty dostávají dvěma způsoby. První zdroj je uran obsažený v palivu, kdy se štěpné produkty dostanou netěsnostmi v palivovém pokrytí do vody primárního okruhu. Druhým zdrojem je kontaminace povrchu paliva, vstupní vody a zařízení v primárního okruhu uranem.

Standardně se v rámci Programu monitorování na reaktoru LVR-15 provádí stanovení objemové aktivity vybraných radionuklidů : ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{99}Mo , ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{131}I , ^{132}Te , ^{133}Xe , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce a ^{144}Ce . Mě-

ření se provádí 96 až 104 hodiny od odběru půllitrového vzorku vody. Jedná se o radionuklidy se středním a dlouhým poločasem rozpadu. Cílem experimentů bylo stanovení možnosti měření i radionuklidů s krátkým poločasem rozpadu. K měření byl použit půllitrový vzorek odebraný z primárního okruhu. Voda byla průběžně měřena v různých časových intervalech od okamžiku odběru – nejdříve po 10 sekundách, poté ve 100 sekundových intervalech. Následně byla provedena dlouhodobější měření cca po 3 hodinách, po jednom dni, a po pěti dnech od odběru.

Příspěvek shrnuje výsledky gama spektrometrického stanovení přítomnosti radionuklidů v různých časových odstupech od okamžiku odběru vzorku chladící vody primárního okruhu reaktoru LVR-15.

Hodnocení radiační mimořádné události pomocí OIL při měření povrchové kontaminace

Martina Škábová, Barbora Marešová, Zdeněk Prouza

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

martina.skabova@suro.cz

OIL (operační intervenční úroveň) jsou specifická kritéria radiační ochrany, která se aplikují při rozhodování o zavádění ochranných opatření v případě radiační mimořádné události (RMU). OIL vycházejí z obecných referenčních úrovní vyjádřených ve veličinách absorbovaná, ekvivalentní, příp. efektivní dávka a jsou stanoveny v přímo měřitelných veličinách (dávkový příkon a povrchová kontaminace), v nichž jsou kalibrovány stacionární či přenosné měřiče používané při radiačním monitorování zasaženého území. Dokument IAEA GSG-2 z roku 2011 rozděluje OIL do šesti skupin podle typu opatření, k nimž se vztahují. Při hodnocení výsledků radiačního monitorování v počátečních fázích RMU mobilní skupiny RMS vycházejí zejména z aplikace OIL 1 až OIL 3, které se vztahují k zavádění neodkladných, příp. následných ochranných opatření na základě informace o kontaminaci půdy. OIL4 se vztahuje ke kontaminaci nekryté kůže a používá se zejména pro účely prvotního třídění potenciálně kontaminovaných osob. Cílem terénního monitorování prvosledové mobilní skupiny za RMU je jednak stanovení dávkových příkonů záření gama (v závislosti na kalibraci přístroje) ve výšce 1 m nad kontaminovaným zemským

povrchem, příp. dávkových příkonů radionuklidového zářiče (ve vzdálenosti umožňující jeho bližší specifikaci), jednak stanovení povrchové kontaminace terénu, osoby, předmětu (v jednotkách Bq/m², příp. imp/s). Naměřené hodnoty se následně porovnají s hodnotami OIL. V případě překročení kterékoli z uvedených OIL, se dále postupuje v závislosti na opatření, k němuž se daná OIL vztahuje. Dokument IAEA GSG-2 udává kritéria pro hodnocení odezvy detektorů – jejich splnění potvrzuje vhodnost použití konkrétního přístroje k danému typu radiačního monitorování. Mobilní skupiny používají různé typy přístrojů k měření povrchové kontaminace, jedná se o detektory záření alfa a beta, některé umožňují i současnou detekci záření gama. Na základě zmíněných kritérií byla ověřována vhodnost použití měřidel využívajících MS SÚRO a MS SÚJB. Ve sdělení jsou presentovány získané výsledky měření, které prokázaly použitelnost všech testovaných detektorů s ohledem na zmíněná kritéria pro hodnocení radiačních dopadů v počáteční fázi odezvy na RMU. Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektů MV ČR BV – identifikační kódy VF20102015014, VG2012201508.

Modelový příklad aplikace OIL

Barbora Marešová, Zdeněk Prouza, Petr Kuča, Irena Češírová

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

barbora.maresova@suro.cz

Na modelovém, značně zjednodušeném příkladu radiační havárie, je demonstrován příklad aplikace operačních intervenčních úrovní (OIL) v časně fázi radiační mimořádné události (RMU) z pohledu vyhodnocovací skupiny SÚRO, tzn. z hlediska přípravy podkladů pro činnost KŠ SÚJB. Byla zvolena hypotetická, velmi nepravděpodobná radiační havárie, na které bylo možno demonstrovat některé problémy pro rozhodování v únikové a krátce poúnikové fázi RMU, vyplývající ze specifického časového vývoje úniku radionuklidů do životního prostředí a specifických meteorologických podmínek. K výpočtu byl použit program ESTE instalovaný v SÚRO. Na základě zvolených změn meteorologických předpovědí a zvolené sekvence byl simulován „reálný únik“ a využívány dostupné prognózy vývoje radiační situace a radiologických následků dané havárie. Vycházelo se z předpokladu, že vyhodnocovací skupina SÚRO zahájila činnost po 2 hodinách od počátku úniku. Činnost vyhodnocovací skupiny SÚRO je popsána po dobu 12 hodin, kdy již bylo možno demonstrovat radi-

ační situaci a její vývoj v celé oblasti a vyhodnotit strategii monitorování s ohledem na zavádění neodkladných ochranných opatření a odhadnout oblast, kde by bylo třeba uvažovat nejen o neodkladných (ukrytí, evakuace), ale také následných ochranných opatřeních. Hodnocení radiační situace bylo vztaženo ke 3., 6. a 9. h od začátku úniku. Z této analýzy vyplynuly některé poznatky, které by se měly promítnout do praxe systému havarijní připravenosti ČR – nutnost rozšířit počet monitorovacích bodů nejen v sídelních jednotkách v zóně havarijního plánování (ZHP), ale i ve větších sídelních jednotkách v jejím blízkém okolí, dozimetrické zabezpečení všech při RMU zasahujících osob, expresní metody odhadu vnitřního ozáření zasahujících osob a RMU postižených obyvatel, přehodnotit strategii monitorování v ZHP a v jejím okolí.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektů MV ČR – BV – identifikační kódy: VF20102015014, VG20122015083.

Monitorování kontaminovaného území v pozdní fázi nehody – Šumava 2012

**Irena Češpírová, Aleš Froňka, Lubomír Gryc, Jan Helebrant,
Kateřina Navrátilová Rovenská, Zdeněk Prouza, Martina Škábová**

Mobilní skupina, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.cespirova@suro.cz

V rámci testování postupů určených pro monitorování kontaminovaného území v pozdní fázi nehody proběhla na Šumavě (okolí Nové Hůrky a Prášil), tj. v oblasti s vyšším počernobylským spadem, řada měření (terénních i laboratorních). Na posteru jsou předvedeny výsledky měření, ale především je zde zdokumentován a zhodnocen postup jednotlivých měření (letecká měření,

pozemní spektrometrie, odběr vzorků a následné měření v terénu i laboratoři). Během měření byly zároveň testovány nové přístroje a jejich použitelnost pro radiační mimořádné situace.

Poster byl vypracován na základě výsledků řešení Projektů MV ČR ID: VF20102015014 a MV ČR ID: VG20122015083.

Prednapočítané havarijné sekvencie – využívanie databázy v centrách havarijnej odozvy

Jarmila Bohúnová, Albert Bujan, Jozef Slabý

Oddelenie pre riadenie krízových situácií a hodnotenie rizika, VUJE, a.s.,
Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

bohunova@vuje.sk

V súvislosti s prechodom na používanie nového typu paliva s vyšším obohatením, zvyšovaním výkonu reaktorov a predlžovaním palivového cyklu bola vykonaná analýza pôvodnej metodiky stanovenia zdrojového člena a databáz vopred analyzovaných havarijných scenárov až po ocenenie zdrojového člena pre bloky VVER 440/V213 prevádzkované v Slovenskej republike. Metodika na rýchle ocenenie stavu bariér a zdrojového člena pri podmienkach nadprojektových havárií je založená na vopred analyzovaných havarijných sekvenciách, ktoré spájajú dominantné podmienky priebehu havárie s potenciálnym únikom štiepných produktov do okolia jadrovej elektrárne. Metóda vychádza z predpokladu, že nadprojektové havarijné sekvencie, ktoré sa nelíšia z hľadiska dominantných podmienok ich priebehu, majú za následok porovnateľný únik rádioaktívnych látok do okolia. Na základe analýzy bola vypracovaná jednotná metodika stanovenia zdrojového člena a databáza havarijných sekvencií pre bloky VVER

440/V213 prevádzkované v Slovenskej republike. Táto metodika bola ďalej využitá pri tvorbe znalostnej bázy pre určenie stavu bariér a výber zdrojového člena využívanej expertným systémom ESPRO (automatické vyhodnotenie na základe on-line údajov z JE) a modifikácii existujúcich havarijných predpisov na stanovenie zdrojového člena používaných v Centre havarijnej odozvy ÚJD SR skupinou reaktorovej bezpečnosti, vhodných pre ručné použitie na základe off-line údajov o stave bloku. Zdrojový člen je ďalej využívaný ako jeden zo vstupných parametrov systému RTARC (Real Time Accident Release Consequence), ktorý slúži na ocenenie radiačnej situácie v skorej fáze havárie, t.j. v dobe medzi okamihom poznania potenciálneho ožiarenia obyvateľstva a únikom podstatnej časti rádioaktivity do okolia. V únikovej fáze havárie je ďalej vybraný zdrojový člen z databázy vopred analyzovaných havarijných scenárov spresnený na základe reálnych meraní dávkového príkonu 1. okruhu teledozimetrického systému.

Zmena vo vyhodnocovaní výpustí vzácnych plynov vo ventilačnom komíne JE V2 v Jaslovských Bohuniciach

Boris Remenec, Anna Tomášková

Radiačná Ochrana, SE a.s., AE Bohunice, o.z., Jaslovské Bohunice, 919 31, SR

boris.remenec@enel.com

Systém monitorovania emisií THI je určený na kontinuálne sledovanie rádioaktívnych emisií vo ventilačnom komíne počas bežnej prevádzky blokov a GO. Systém THI popri hodinovom a dennom bilancovaní troch základných zložiek emisií, t.j. vzácnych plynov, aerosólov a J131, kontroluje aj priebežné objemové aktivity uvedených zložiek a informuje o prekročení nastavených prahov.

MVP-2000 je určený na meranie objemovej aktivity vzácnych plynov vo ventilačnom komíne V2 a bilancovanie rádioaktívnych výpustí vzácnych plynov. Princípom merania je meranie gama aktivity vzácnych plynov polovodičovým detektorom.

V súčasnosti je v EBO nainštalovaný systém THI s dvoma meracími kanálmi a monitor vzácnych plynov MVP-2000, pre zabezpečenie 200% redundancie merania vzácnych plynov.

V priebehu rokov 2010 a 2011 bola vykonaná na základe výsledkov meraní z MVP-2000 analýza zloženia vypúšťanej vzdušnej zmesi. Z výsledkov vyplýva, že dominantným nuklidom vypúšťaným do atmosféry je Ar-41. Aktivita Xe-133, pre ktorý bol doteraz kalibrovaný a nastavený systém THI, vo vzdušnine predstavuje 1,3% z celkovej

aktivity a je zanedbateľná oproti aktivite Ar-41 (74%). Účinnosť detekcie Ar-41 je vyššia ako Xe-133. Pri používaní účinnosti pre Xe-133 a maximálneho prietoku cez VK, t.j konzervatívneho prístupu pre vyhodnocovanie výpustí, boli nadhodnocované hodnoty denných výpustí vzácnych plynov.

Cielom SE a.s je monitorovanie reálnych výpustí a minimalizácia vplyvu JE V2 na okolie. Tento cieľ bol dosiahnutý zmenou účinnosti resp. kalibračného faktora meracieho zariadenia a implementáciou reálnej hodnoty prietoku vzdušiny cez VK. Bol zvolený kalibračný faktor pre Kr-85 s hodnotou účinnosti najbližšou účinnosti Ar-41 a aktivita vzácnych plynov sa počíta z priemerného denného prietoku cez VK. Ak aktivita dennej výpuste je menšia ako je minimálna detekovateľná aktivita meracieho zariadenia, minimálna detekovateľná aktivita výpustí je počítaná z aktuálneho priemerného prietoku cez VK (podľa STN 75 7600). Implementáciou reálnej hodnoty prietoku cez VK došlo samozrejme aj k zmene vo výpočte výpustí aerosólov a jódov.

Všetky uvedené zmeny boli predložené vo forme prevádzkového predpisu k schváleniu ÚVZ Slovenskej republiky.

Aktuální vývoj legislativy v oblasti radiační ochrany v EU a ČR

Karla Petrová

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

karla.petrova@sujb.cz

Příspěvek si klade za cíl seznámit odbornou veřejnost s aktuálním vývojem v oblasti legislativy v radiační ochraně. V současné době je v přípravě nová direktiva EU týkající se radiační ochrany pracovníků, obyvatel i pacientů – návrh je kompilací stávajících direktiv platných v oblasti radiační ochrany a obsahuje navíc explicitní požadavky na radiační ochranu v oblasti regulace ozáření z přírodních zdrojů. V současné době je nedořešen problém začlenění problematiky ochrany životního prostředí, která je z hlediska regulace stále problematicky definovatelná. ICRP v současné době připravuje nové doporučení k této problematice zahrnující již i aspekty regulace. Vzhledem k tomu, že v současnosti je také ve stadiu tvorby nový

atomový zákon jako jeden ze stěžejních legislativních dokumentů pro regulaci v oblasti radiační ochrany, v příspěvku bude zmíněno nakolik tento návrh přejímá a reflektuje tyto nové podněty. Příspěvek se v kontextu těchto víceméně souběžných iniciativ v oblasti radiační ochrany také zamýšlí obecně nad současným stavem a vývojem v oblasti regulace radiační ochrany a zkoumá zda stále ještě platí zavedené algoritmy pro jejich uvádění do praktického života a co způsobuje zrychlující se trend v přetváření vědeckých poznatků do regulačních požadavků.

Závěrem je diskutována otázka jak tento vývoj může ovlivnit radiační ochranu v budoucnosti?

Cesium v mase divočáků a otázky související

Jan Matzner

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

jan.matzner@sujb.cz

Z prováděných kontrol ulovených divočáků vyplývá, že v posledních dvou letech jsou lovena i zvířata, u nichž hmotnostní aktivita Cs-137 v mase je větší než 10 kBq/kg. Příspěvek se zabývá legislativní otázkou v rámci ČR

a EU, hodnotí situaci z hlediska radi-ační ochrany a informuje o opatřeních, která navrhl Státní úřad pro jadernou bezpečnost ve spolupráci se Státní veterinární správou.

K čemu slouží program zabezpečování jakosti – poznatky z praxe

Martin Neznal

RADON v.o.s., Novákových 6, Praha 8, 180 00, ČR

neznal@clnet.cz

Program zabezpečování jakosti je povinnou a Státním úřadem pro jadernou bezpečnost schvalovanou součástí dokumentace pro řadu činností při využívání jaderné energie a ionizujícího záření (§ 13, odst. 5 Atomového zákona). Jedná se o činnosti rozmanité, od relativně velmi jednoduchých po velmi komplikované.

V příspěvku budou analyzovány mnohaleté praktické zkušenosti získané při tvorbě a aplikaci programu zabezpečování jakosti ve třech oblastech:

- na úrovni malé soukromé firmy podnikající v oblasti radiační ochrany (měření radonu na pozemcích a ve stavbách; hodnocení efektivních dávek pracovníků na pracovištích se

zvýšeným rizikem ozáření z přírodních zdrojů; přijímací zkoušky a zkoušky dlouhodobé stability rtg zařízení; soustavný dohled nad dodržováním požadavků radiační ochrany);

- na úrovni veterinárních a zubních rtg pracovišť (převážně malé soukromé praxe);
- na úrovni s. p. DIAMO (úprava a těžba uranové rudy – pracoviště III. kategorie; zahlazování následků hornické činnosti).

Na uvedených příkladech lze doložit, že smysluplnost celé koncepce programu zabezpečování jakosti se jeví jako diskutabilní.

Koncepce vzdělávání v oblasti modelování a výpočetních metod na FJFI a její inovace

Jaroslav Kluson, Tomáš Urban

ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

kluson@fjfi.cvut.cz

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT v Praze je zaměřena na výchovu studentů v moderních vědeckých a technických oborech, vyžadujících hluboké základní matematicko-fyzikální vzdělání. V souladu s tím je na fakultě rozvíjena i výuka využití matematických metod a metod modelování. Výuka v oblasti využití matematických metod je zaměřena zejména na zpracování a analýzu experimentálních dat pro potřeby fyziky vysokých energií, částicové fyziky, spektrometrie, medicíny a dalších oborů. V oblasti modelování je, kromě reaktorové fyziky, významným tematickým okruhem využití metody Monte Carlo pro modelování transportu záření pro potřeby radiační ochrany, lékařských aplikací, vývoje detektorů a detekčních metod, metod monitorování (od havarijního až po monitorování životního prostředí), resp. dalších aplikací.

Výuka je, kromě základní teoretické přípravy zajišťované katedrou matematiky, soustředěna pro oblast reaktorové fyziky na Katedře jaderných reaktorů, v ostatních zmiňovaných oblastech pak na Katedře dozimetrie a aplikace ionizujícího záření (KDAIZ). Výuka v oblasti modelování je na KDAIZ soustředěna do základního kurzu Metoda Monte Carlo v radiační fyzice (MCRF),

na který navazuje rozšiřující předmět Matematické metody a modelování a další volitelné předměty. Pro doktorské studium je katedrou zajišťován předmět Metoda Monte Carlo v dozimetrii.

Základní předmět z oblasti metod modelování – MCRF – prochází v rámci běžícího projektu FRVŠ rozsáhlou inovací a modernizací s cílem sledování moderních trendů vývoje v oblasti SW obecně a specificky pak v oblasti rozvoje SW nástrojů pro simulaci transportu záření a aplikaci metody MC, využití e-learningu a webové podpory výuky.

Příspěvek shrnuje základní koncepci výuky v uvedených oborech a zaměřuje se na výsledky inovace předmětu MCRF. Uveden je požadovaný profil a znalosti absolventa a z toho plynoucí tematická náplň a obsahové zaměření předmětu, způsob výuky a její technické zabezpečení, SW vybavení, studijní materiály a podpora výuky, ukázky řešených úloh a cvičení a. Zvláštní pozornost je věnována nové podpoře výuky s využitím kódu Fluka (s ohledem na dostupnost licence k tomuto programu).

Příspěvek vznikl za podpory MŠMT v rámci řešení projektu FRVŠ č. 2443/2012.

O aplikáciách ionizujúceho žiarenia – v prednáškach na stredných školách

Olga Holá

Ústav fyzikálnej chémie a chemickej fyziky, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie Slovenskej technickej univerzity, Radlinského 9, Bratislava 1, 812 37, SR

olga.hola@stuba.sk

V rámci riešenia projektu APVV LPP-0230-09 „Fyzika a chémia v našom živote dnes a zajtra” uskutočňujeme prednáškovo-experimentálne výjazdy na stredné školy v SR. Takéto „predstavenia” pozostávajú z powerpointovej prezentácie v kombinácii s našimi videofilmami a demo ukážkami experimentov, alebo jednoduchými pokusmi. Máme pripravených 16 tém, naša videofilmotéka obsahuje 18 videofilmov a ku každej téme realizujeme niekoľko experimentov. Snažíme sa medzi stredoškolskou mládežou o popularizáciu prírodovedy všeobecne, súčasne aj o prezentáciu vedecko-výskumných výsledkov našej fakulty. V rámci týchto fyzikálnych a chemických tém máme zahrnuté aj tematické okruhy o využití ionizujúceho žiarenia v medicíne a vo výskume a o radiačnej ochrane. Z tejto oblasti máme pripravených niekoľko videofilmov vlastnej produkcie, ich názvy sú: *Rádioaktivita; Ožarovňa RX gama 3; 27. DRO; Rtg lúče a rtg difraktometer; Využitie rtg lúčov v lekárskej diagnostike; Moderné zobrazovacie techniky v rádiológii a v nukleárnej medi-*

cíne; Nukleárna medicína- otvorené žiariče v diagnostike a terapii; Ionizujúce žiarenie a radiačná ochrana v medicíne; Protónový synchrotrón. Trvanie jednotlivých videofilmov je 5-20 minút, videofilmy majú ako odborný komentár, tak aj podfarbujúcu hudbu. Ukázali sa veľmi vhodným prostriedkom pri vysvetľovaní čím sa zaoberá rádiológia, ako fungujú napríklad CT-čka, MRI, na akom princípe je založená nukleárna medicína a jej prístrojové vybavenie – od gamakamier až po PET-ky. Naším hlavným cieľom v tejto oblasti je vzbudenie záujmu mládeže, prekonávanie ich strachu z rádioaktivity a všeobecne z účinkov ionizujúceho žiarenia, ako aj poskytnutie informácií o pozitívnych aj negatívnych účinkoch ionizujúceho žiarenia a radiačnej ochrane. Záujem o témy najmä v oblasti aplikácií ionizujúceho žiarenia v medicíne sa ukázal veľmi veľký zo strany stredných škôl z celého Slovenska. Odozva na naše prednáškovo-experimentálne turné bola ako u študentov, tak ich učiteľov veľmi pozitívna.

Současné problémy kvantifikace ozáření osob pro potřeby radiační ochrany

Jozef Sabol, Jana Hudzietzová

Katedra lékařských a humanitních oborů, Fakulta biomedicínského inženýrství
ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

j.sabol44@gmail.com

Abstrakt nedodán/nedostupný.

Činnost GTRI v ČR

Václav Matějka

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

vaclav.matejka@sujb.cz

Již od roku 2010 působí v ČR iniciativa GTRI (Global Threat Reduction Initiative), v jejímž programu je projekt na modernizaci systému fyzické ochrany na pracovištích se zdroji ionizujícího záření. Tato původem americká iniciativa vznikla v roce 2004 pod záštitou Ministerstva energetiky USA a v dnešní době působí ve více než 130 zemích celého světa. Cílem projektu je zlepšení podmínek fyzické ochrany a zabezpečení zdrojů ionizujícího záření proti zneužití k teroristickým nebo sabotážním účelům. Jedná se zejména o zabezpečení tzv. vysokoaktivních zdrojů, což zahrnuje radionuklidové zářiče dosahující vyšších aktivit určených IAEA. Celý projekt má plnou podporu většiny mezinárodních organizací a je podpora-

ván také ze strany SÚJB, přičemž se předpokládá, že některé požadavky na zabezpečení budou zahrnuty i do připravované legislativy. GTRI v tomto projektu oslovuje různá pracoviště s vysokoaktivními zdroji a nabízí jim spolupráci, což zahrnuje bezplatnou analýzu současného stavu fyzické ochrany, navržení modernizace a také realizace bezpečnostních prvků na pracovišti, přičemž vše je financováno GTRI. Účast je ve všech fázích dobrovolná a kdykoli lze od projektu odstoupit. Tímto způsobem bylo od roku 2010 v ČR osloveno již několik pracovišť, ale ne všechna projekt skutečně realizovala. Stručný přehled realizovaných i nerealizovaných nabídek je uveden v příspěvku.

Linear Curricular Process in Dosimetry

Jan Singer

Katedra laboratorních metod a informačních systémů, Zdravotně sociální fakulta
Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Boreckého 27, České Budějovice,
370 11, ČR

singerj@seznam.cz

The work presented here shows the importance of the projected curriculum as an integral part of the theory curriculum. Its contents create the typical part of the projected curriculum in the field of dosimetry as an interdisciplinary subject. Important parts are the accumulation of experimental data, their analysis, evaluation also describe creation of teaching text, mind of the students and practical usage.

In the whole linear process, i.e.:

measurements – results – evaluation
– expert report – teaching text – mind
of the student – application by the student

the present article deals with the first three steps, which demonstrate the creativity of an expert participant and

assistance of further staff members as e.g. employees dealing with irradiation of dosimeters, etc.

Considerations concerning the curricular process presented in the introduction to the present article continue, by three conclusive terms of the curricular process representation. These stages are branched, since the Teaching text can be applied to several Fields of study (including study subjects) and thereafter even to a larger series of Branches of the activity

This contribution attempts to show that not only conceptual and intended curriculums are very important but also the elements of projected curriculum are of importance to show complete features of theory of curriculum.

Novinky ve výuce zaměření Radioaktivita a životní prostředí

**Lenka Thinová¹, Milan Matolín², Ladislav Moučka³,
Kateřina Navrátilová Rovenská³, Aleš Froňka³, Jiří Martinčík¹**

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Užité Geofyzika, PřF UK, Albertov 6, Praha 2, 12706, Francie

³ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

thinova@jfifi.cvut.cz

Cílem projektu v rámci Operačního programu Praha – Adaptabilita v prioritní ose Modernizace počátečního vzdělávání „Inovace bakalářského studijního zaměření Radiační ochrana a životní prostředí” bylo lépe připravit studenty bakalářského studia pro nástup do praxe. Mezi hlavní změny ve výuce patří odklon od klasických přednášek, které zůstávají k dispozici formou samostudia, ale výuka je zaměřena více na samostatné projekty studentů, jejich zapojení do řešení aktuálních problémů, včetně trénování zručnosti měření. Po ukončení projektu budou mít studenti poprvé k dispozici skriptu z předmětů

Dozimetrie a radioaktivita v životním prostředí, Radionuklidy v životním prostředí a Bezpečnost jaderných zařízení k samostudiu a výukový čas může být věnován exkurzím, diskusím s odborníky a praktickým cvičením. Zcela nový předmět Úvod do životního prostředí je směřován k aktuálním tématům současnosti a umožňuje studentům konfrontovat své názory nejen v oblasti radiační ochrany. Projekt končí v únoru roku 2013.

Tento projekt financuje Operační program Praha – Adaptabilita; Praha & EU: Investujeme do vaší budoucnosti, Evropský sociální fond.

Ověření stínících vlastností kontejnerů UK200, KM40 a TSK-01

Ondřej Konček^{1, 2}, Kateřina Dučevová^{1, 2}, Jiří Čížek², Pavel Majer²,
Filip Mergental²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP PRAHA a.s., Nad Kamínkou 1345, Praha, 156 10, ČR

koncek@ujp.cz

Potřeba nového výpočtového posouzení stínících vlastností obalových souborů UK200, KM40 a TSK01 vyplynula s rozvojem výpočetních programů pro transport záření a ve snaze o ověření starších výpočtů. Výpočty byly provedeny pomocí Monte Carlo kódu MCNP5.

Pro UK200 byly zjišťovány maximální přípustné aktivity radionuklidů ^{22}Na , ^{55}Fe , ^{60}Co , ^{75}Se , ^{85}Kr , ^{90}Sr , ^{99}Mo , ^{109}Cd , ^{137}Cs , ^{147}Pm , ^{192}Ir , ^{204}Tl , ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{241}Am , ^{244}Cm a ^{252}Cf .

Pro stínící obal KM40 byl proveden výpočet pro tyto radionuklidy: ^{22}Na , ^{60}Co , ^{75}Se , ^{90}Y , ^{90}Sr , ^{99}Mo , ^{106}Ru , ^{121}I , ^{124}Sb , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{192}Ir , ^{226}Ra a ^{241}Am .

Stínící vlastnosti kontejneru TSK01 byly ověřovány pro zdroj ^{60}Co .

Ověřující výpočet odhalil nadhodnocení dosavadních maximálních aktivit u několika radionuklidů pro obalový soubor UK200. Pro obalový soubor KM40 byly potvrzeny stávající hodnoty aktivit. Pro soubor TSK01 bylo navrženo dodatečné stínění.

Charakterizácia sypkých RAO na JE V1 a A1

Ondrej Slávik¹, Martin Lištjak¹, Jozef Beňa¹, Radovan Jadrný²,
Alojz Slaninka¹

¹ VUJE, a.s., Okružná 5, Trnava, 918 64, SR

² JAVYS, a.s., Tomášikova 22, Bratislava, 821 02, SR

martin.listjak@vuje.sk

Jedným z požadovaných výstupov (výsledkov?) riešenia projektu C13 „Nakladanie so sypkým RAO“ je charakterizácia sypkých RAO v objekte 839 a oblúkovej hale JAVYS s cieľom vypracovania odporúčaní pre konečné nakladanie s historickými odpadmi podľa výsledkov charakterizácie. Charakterizácia zahŕňala identifikáciu a vyhodnotenie objemu, množstva a príslušných fyzikálnych, rádiologických a chemických charakteristík jednotlivých druhov odpadu.

Na základe monitorovania dávkových príkonov a analýzy historických údajov bol navrhnutý a schválený štatistický model a vzorkovací plán. Vzorkovanie pozostávalo z odberu povrchových vzoriek a odberu vrtných jadier z celej hĺbky skládkovaného sypkého odpadu. Odbery boli realizované náhodne ako aj v miestach zvýšeného PD.

Jednotlivé vzorky boli po odbere prevezené do akreditovaného laboratória VUJE (S-219), kde boli ďalej spracované a analyzované. V každej vzorke boli stanovené fyzikálne a rádiologické parametre, v priemerných zmesných vzorkách navyše chemické charakteris-

tiky (výluh podľa príslušných noriem) a TDRN. Pre každú vzorku bola stanovená hustota, sušina a rozdelenie frakcií častíc ako aj obsah rádionuklidov v najjemnejšej frakcii (0-2mm) sypkkej vzorky (polovodičová gamaspektrometria (GSP) v akreditovanom laboratóriu).

Dominantným kontaminantom je vo väčšine vzoriek ¹³⁷Cs. Ďalšími významnými RN sú ⁶⁰Co, ²⁴¹Am a ostatné TRU a ⁹⁰Sr. RN vektor bol stanovený v 10 priemerných zmesných vzorkách spojených podľa výsledkov GSP. Aktivita odpadov gama je podľa očakávania menšia než 10 Bq/g (sklad sypkých RAO slúžil na uskladnenie sypkých RAO s aktivitou 3–10 Bq/g). Charakterizáciou na základe gamaspektrometrickej analýzy odobraných vzoriek z 20 jadrových vrtov (asi 300 vzoriek) bolo zistené, že približne 330 m³ zemín (sypká frakcia zmesi odpadov) a asi 1000 m³ betónu (polovica frakcie nad 2 cm) je uvoľniteľných do ŽP.

Výsledky charakterizácie sypkých RAO slúžia ako podklad pre vypracovanie odporúčania ďalšieho nakladania s odpadmi.

Identifikace a kvantifikace velmi nízko aktivních odpadů v České republice

Jan Krmela, Josef Podlaha

Centrum nakládání s RAO, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR
jan.krmela@ujv.cz

Na základě dokumentu vydaného MAAE Classification of Radioactive Waste z roku 2009 zavádí MAAE kategorii Very Low Level Waste (VLLW) jako jednu z kategorií radioaktivních odpadů (RAO). Dále ve zprávě Evropské komise o stavu nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v EU z roku 2011 je kategorie VLLW již standardně v textu používána, především s ohledem na členské státy EU, které tuto kategorii odpadu již rozlišují nebo zavádějí (Francie, Španělsko, Švédsko, Velká Británie a Litva). Na základě zkušeností s kategorií velmi nízko aktivních odpadů (VNAO) ve světě se kategorie VNAO osvědčila a zavedení této kate-

gorie je opodstatněné, především z hlediska efektivního nakládání s RAO.

V rámci projektu MPO – TIP FR-TI3245 Výzkum a vývoj technologií a systému nakládání s RAO ve vazbě na nové jaderné zdroje je kategorie velmi nízko aktivních odpadů v České republice řešena jako způsob efektivního nakládání s radioaktivními odpady, především co se týká vyřazování jaderných elektráren v České republice z provozu.

V roce 2012 byl projekt zaměřen na navržení metody identifikace, kvantifikace a charakterizace VLLW. Byly navrženy limity VNAO pro Českou republiku. Bylo také identifikováno a kvantifikováno množství a produkce VNAO v České republice.

Měřidlo uvolňování materiálu, MUM

Jan Surý, Petr Londýn, Pavel Jelínek

Divize radiometrických systémů, ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč,
674 01, ČR

jan.sury@envinet.cz

Společnost ENVINET a.s. se zabývá výzkumem a vývojem v oblasti měření IZ a radioaktivního odpadu.

Současně používané stavební materiály a stavební prvky s vysokou měrnou hmotností, nerostného původu nebo kombinované, tj. s přidanými kovovými částicemi, dosud nejsou pro účely měření veličin v atomové a jaderné fyzice používány pro vysoký obsah přírodních radionuklidů zvyšujících úroveň ionizujícího záření uvnitř měřicích zařízení. Jsou v současnosti používány pouze tam, kde obsah radionuklidů není podstatný, zejména pro odstínění silných zdrojů ionizujícího záření v technologických objektech. Zdroj záření se přitom nachází uvnitř stínění.

Výše uvedené nevýhody z velké části řeší stínicí kompozitní stavební materiály a z nich vytvořené stavební prvky na bázi kameniva pro výstavbu objektů s nízkou interní úrovní ionizujícího záření. Podstatou nového kompozitního stavebního materiálu a stavebních prvků je, že komponenty jsou vybrány tak, že hmotnostní aktivita kom-

pozitního materiálu je pro radionuklid Ra-226 nižší než 5 Bq/kg, pro radionuklid Th-228 nižší než 5 Bq/kg a pro radionuklid K-40 nižší než 50 Bq/kg. Výběr materiálů je kontrolován měřením pomocí spektrometru záření gama.

Stavební prvky z uvedených materiálů mají měrnou hmotnost nejméně 2300 kg/m³, čímž je dosaženo dostatečného stínicího efektu. Pro vysokou efektivitu výstavby mohou být stavební prvky výhodně vyráběny ve speciálních tvarech a opatřeny speciálními zámky umožňujícími suchou výstavbu různých geometrických tvarů, samonosnost, optimalizaci počtu vrstev, rozebíratelnost. Mohou být výhodně opatřeny otvory umožňujícími jednoduchou manipulaci či zpevnění vložením tyčí.

Výhodou uvedeného řešení je, že úroveň ionizujícího záření uvnitř objektu vytvořeného z popsaných stavebních materiálů nebo z nich zhotovených stavebních prvků s nízkým obsahem radionuklidů je oproti úrovni ionizujícího záření vně objektu významně snížena.

Postup uvolňování materiálů do ŽP v ÚJV Řež a.s.

Josef Mudra

Centrum nakládání s radioaktivními odpady, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130,
Řež, 250 68, ČR

muj@ujv.cz

ÚJV Řež, a.s. (ÚJV) zajišťuje výzkumnou a vývojovou činnost v oblasti jaderných technologií a nakládání se zdroji ionizujícího záření. V důsledku svých aktivit vzniklo v ÚJV značné množství radioaktivně kontaminovaných i ozářených materiálů, technologií a stavebních konstrukcí, se kterými je po vyřazení z provozu nakládáno jako s radioaktivními odpady (RAO). Cílem nakládání s RAO je upravit RAO do formy vhodné k uložení a materiály, které lze dekontaminovat, se pokusit dekontaminovat a následně uvolnit do životního prostředí (ŽP) na základě principu minimalizace objemu RAO. Pro tyto práce se používají unikátní metody a postupy včetně využití speciálních technologických zařízení. Před provedením dekontaminace každého materiálu je provedena jeho radiační charakterizace a stanovení tzv. korelačních faktorů. Ke stanovení korelačních faktorů je použita gamaspektrometrická charakterizace pro radionuklidy emitující záření o dostatečné energii a intenzitě. Pro

obtížně měřitelné radionuklidy (např. alfa, beta a radionuklidy s nízkou energií gama) jsou voleny jiné vhodné postupy. Korelační faktory jsou stanoveny pro každý odpad se stejnou historií samostatně (např. nádrž, potrubní trasy). U materiálu připraveného k uvolnění do ŽP je v souladu s legislativními požadavky proměřena povrchová kontaminace a stanovena specifická aktivita. Pro stanovení specifické aktivity je vyvíjeno zařízení pro uvolňování materiálu do ŽP firmou Envinet a.s. ve spolupráci s ČMI IIZ. Toto unikátní zařízení bude pro tyto účely v ČR typově schválené a bude stanoveným měřidlem. Instalace a zprovoznění zařízení se očekává koncem roku 2012. V nejbližší budoucnosti očekáváme zhruba 150 tun materiálu připraveného k uvolnění do ŽP. Materiál bude pocházet především z likvidace starých ekologických škod, což je v současné době největší realizovaný sanační projekt radioaktivně kontaminovaných materiálů v ČR.

Viacrozmerná analýza rádiologických dát z odstavenej JE V1

Silvia Dulanská, Dušan Galanda, Ľubomír Mátel

Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH, Mlynská dolina CH-1,
Bratislava, 842 15, SR

dulanska@fns.uniba.sk

Metódami viacrozmernej analýzy sa identifikovali významné kontaminanty a hlavne dôležité vzťahy medzi ťažko merateľnými a ľahko merateľnými rádionuklidmi v analyzovaných vzorkách z odstavenej elektrárne JE V1 v Jaslovských Bohuniciach. K vyšetreniu vnútorných súvislostí a vzťahov t.j. korelácii a odhaleniu základnej štruktúry zdrojovej matice rádiologických dát sa použila faktorová analýza. Potvrdila sa významná korelácia medzi ťažko merateľným rádionuklidom ^{90}Sr a gama emitujúcim ^{60}Co , a medzi akti-

vačnými produktami paliva ťažko merateľnými rádionuklidmi $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Am a ľahko merateľným rádionuklidom ^{137}Cs . Analýza ťažko merateľných rádionuklidov predstavuje súbor zložitých a hlavne časovo náročných rádiochemických a separovanie od rádionuklidových interferentov je neodmysliteľnou súčasťou každej rádiochemickej analýzy. Zhlukovou analýzou sa dáta zjednodušili a rovnako ako v prípade PCA a FA identifikovali vzťahy medzi rádionuklidmi.

Lokalizace bodových zdrojů ionizujícího záření a odhad jejich aktivity s využitím letecké gamaspektrometrie

Josef Pavlík¹, Petr Sládek², Marcel Ohera³, Daniel Sas⁴

¹ 314. centrum výstrahy ZHN, Hostivice-Břve, 253 01, ČR

² Pico Envirotec Inc., ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

³ ENVIMO, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

⁴ Ústav OPZHN, Univerzita obrany, V. Nejedlého 693, Vyškov, 682 03, ČR

nbc.centre@army.cz

Vybrané složky a pracoviště ozbrojených sil České republiky soustavně rozvíjí problematiku monitorováním radiční situace a jejího vyhodnocování. V posledních letech je intenzivně věnována pozornost oblastí monitorování radioaktivní kontaminace a identifikace zdrojů záření s využitím letecké gamaspektrometrie. Pro tyto účely využívá AČR zavedený letecký gamaspektrometr IRIS-XP. Tato velmi citlivá a sofistikovaná instrumentace může být s výhodou využívána pro monitorování přírodní radioaktivity, vyhledávání kontaminace umělými radionuklidy, mapování hodnot dávkového příkonu záření gama na kontaminovaném území a také k vyhledávání bodových zdrojů ionizujícího záření.

Využití letecké gamaspektrometrie je v takovýchto případech výhodné zejména tehdy, jedná-li se o vyhledávání bodového zdroje na rozsáhlém území.

Kromě lokalizace tzv. „ztracených“ bodových zdrojů ionizujícího záření, lze

obdobně systém IRIS využít také pro účely sledování nelegálního transportu zdrojů ionizujícího záření po pozemních komunikacích, v železniční či lodní dopravě.

V souvislosti s efektivním použitím systému IRIS v uvedených aplikacích je nezbytné zohledňovat některé faktory, jako jsou např. hodnoty minimálních detekovatelných aktivit pro konkrétní radionuklidy, letové podmínky monitorování, meteorologické podmínky a další.

Stávající rozvoj problematiky letecké gamaspektrometrie, pozornost věnovaná experimentálnímu a zpětná optimalizace systému IRIS, rozšířily významně možnosti aplikací lokalizace a identifikace bodových zdrojů záření v letové fázi měření. Byly také nově rozpracovány možnosti odhadu aktivit bodových zdrojů z visu vrtulníku, možnosti detekce pohybujících se zdrojů a také souběžného snímkování prostoru monitorování.

Nový systém pro mobilní monitorování radiační situace Mob-DOSE

Petr Sládek¹, Bohuslav Pavlík¹, Marcel Ohera², Silvia Plucnarová³

¹ Pico Envirotec Inc., ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² ENVIMO, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

³ Ústav OPZHN, Univerzita obrany, V. Nejedlého 693, Vyškov, 682 03, ČR

petr.sladek@picoenvirotec.com

Pico Envirotec Inc. (Kanada) představil nový radiometrický systém Mob-DOSE pro aplikace mobilního monitorování radiační situace, měření v terénních podmínkách nebo stacionární monitorování zájmových objektů a lokalit. Mob-DOSE je určen pro měření příkonu fotonového dávkového ekvivalentu. V současné době může být Mob-DOSE vybavena GM detektory nebo detektorem na bázi plastického scintilátoru. Systém Mob-DOSE využívá pokročilou mikroprocesorovou technologii a disponuje bezdrátovou komunikací Bluetooth. Pro ovládání Mob-DOSE mohou být využívány mobilní telefony typu Smart Phone, tablety nebo notebooky pracující pod OS Android 2.2 a vyšší. Systém Mob-DOSE disponuje unikátní technologií synchronizace měření radiačních veličin s GPS souřadnicemi. To umožňuje precizní vyhodnocování radiační situace jak v průběhu monitorování tak vyhodnocení a prezentaci dat po jeho ukončení. Mob-DOSE lze provozovat i v bezobslužném režimu (Black-Box), kdy je jednotka ovládána pouze vypínačem Start/Stop a data jsou ukládána v interní paměti

typu Micro SD. Systém Mob-DOSE disponuje díky interní Li-Ion baterii také dlouhodobým autonomním provozem. Ve standardním režimu umožňuje provoz bez dobíjení více než 36hod. Díky moderním řídicím jednotkám vyniká Mob-DOSE skvělou grafickou on-line prezentací měřených hodnot, mapovou navigací a řadou doplňkových multi-mediálních aplikací. Fotografie, hlasové záznamy či textové poznámky mohou být ukládány k jednotlivým měřením a jejich souřadnicím. Předností systému Mob-DOSE je rovněž přímé použití binárních souborů dat do některých SW jako například MONRAS (CRMS ČR), PEIView pro data processing nebo PEIConvert pro prezentaci na mapových podkladech. Novinkou je také export naměřených dat a multimediálních záznamů do souborů typu KMZ, které jsou ihned po ukončení měření spustitelné v aplikaci Google Earth. Systém Mob-DOSE umožňuje také odesílání naměřených dat přes rozhraní GSM ve formě zpráv SMS nebo real-time přenos dat přes internetovou síť (GPRS, 3D) do web aplikace „MobDOSE Monitor”.

Nový systém pro radiační monitorování IRIS-Lite

Petr Sládek¹, Marcel Ohera², Bohuslav Pavlík¹

¹ Pico Envirotec Inc., ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² ENVIMO, Vlčnovská 16, Brno, 628 00, ČR

petr.sladek@picoenvirotec.com

Firma Pico Envirotec Inc. (Kanada) představila novou variantu leteckého gamaspektrometru IRIS-Lite. Jedná se o mobilnější a operativnější systém verze leteckého spektrometru s různými variantami objemů krystalů – nejčastěji používané jsou 2 krystaly s objemem 4,2 litru NaI(Tl), popřípadě 4 × 4, 2 litru. Systém je aplikovatelný jak pro letecká, tak i pro pozemní měření ve vozidle. Kromě standardních vlastností předchozí verze leteckého gamaspektrometru IRIS-XP (v ČR vlastní SÚRO Praha a Armáda České republiky) je tento spektrometr charakterizován dalšími novými vlastnostmi. Především je systém plně nezávislý na palubním zdroji napájení a je vybaven vyměnitelnými dobíjitelnými bateriemi 28 VDC, 8,8 Ah pro napájení ze sítě 120/220 VAC. Baterie vydrží cca 8 hodin provozu. Systém používaný ve variantě 4 × 4, 2 litrů používá tradičně dva

boxy vždy se 2 krystaly, přičemž oba boxy jsou ekvivalentní (žádný z boxů není Master/Slave). V případě potřeby lze použít například pro pozemní měření pouze jeden box. Pro každodenní zajištění jakosti měření se používá program PEINatVerif, který využívá přírodních zdrojů záření (K-40 a Tl-208) pro kontrolu energetické kalibrace a zajištění jakosti měření. Gamaspektrometr používá ke komunikaci vysokorychlostní LAN (Ethernet). Výhodnou novinkou je také možnost bezdrátové komunikace s řídicí jednotkou (NB) přes rozhraní Bluetooth. Díky nové technologii MCA je systém schopen zpracovávat až 250 000 cps na jeden detektor, což umožňuje měření v oblastech s vyšší kontaminací. Jsou prezentovány výsledky měření leteckým gamaspektrometrem IRIS-Lite (4 × 4, 2 litru) při testech v Japonsku v prefektuře Ibaraki v dubnu 2012.

Dozimetrie klinických protonových svazků

**Matěj Navrátil^{1, 2}, Vladimír Vondráček¹, Lubomír Zámečník¹,
Klára Badraoui-Čuprová¹**

¹ Proton Therapy Center Czech s.r.o., Budínova 1a, Praha 8, 180 00, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

matej.navratil@ptc.cz

V rámci uvádění do provozu prvního protonového centra v České republice byla otevřena nová kapitola dozimetrie nabitých částic, které se dosud věnovalo pouze několik málo výzkumných institucí. Zároveň byla zahájena systematická práce na systému zkoušek provozní stálosti, který bude dostatečně informativní pro použité technologie a zároveň optimalizovaný na zátěž pracovníků, provádějících QA – radiologických fyziků, techniků a asistentů.

K dispozici je protonový urychlovač IBA Proteus 235 s nominální energií protonového svazku 230 MeV. V první fázi uvádění do provozu je k dispozici pouze ozařovna pro fixní svazek, vybavena univerzální tryskou pro rozptýlený i skenovaný svazek. V rámci interní diskuse byly zvoleny jako klinicky nejvíce využívané svazky aktivního skenování tužkovým svazkem a dvojitě rozptýleným svazkem.

Dozimetrické vybavení centra je zejména od společnosti IBA – klinické dozimetrie Dose 1, planparalelní a cylindrické ionizační komory a rovněž sofisti-

kované detektory, primárně určené pro dozimetrii protonového svazku MLIC Zebra, detektor Lynx a 2D pole detektorů MatrixX a DigiPhant.

V rámci absolutní dozimetrie je použit přístup popsáný v doporučení TRS 398. Popsaný postup je však určen primárně pro svazky, ve kterých je splněna Bragg–Grayova podmínka rovnováhy nabitých částic, která však neplatí pro tenké tužkové svazky (průměr svazku je cca 3–5 mm). V tomto případě je pak nutno volit jiný přístup, který zejména laterální nerovnováhu bere v potaz.

Během testů v protonovém svazku se objevila celá řada otázek, které jsou průběžně řešeny tak, aby léčba protonovým svazkem byla bezpečná a přesná a aby bylo možno využít předností částicové terapie. Protože se používají nové typy detektorů, je nutno detailně porovnat jejich parametry s již prověřenými metodami. Chování těchto detektorů je rovněž nutné porovnat pro různé situace (dávkový příkon, velikost svazku, citlivost na rozptýlené záření apod.).

Odezva dozimetrů v radiačním poli generovaném laserem TW třídy

**Veronika Olšovcová¹, Miroslav Krůs¹, Zdeněk Zelenka², Andriy Velyhan¹,
Michaela Kozlová¹, Bedřich Rus¹**

¹ Sekce realizace projektu ELI Beamlines, Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, Praha, ČR

² Celostátní služba osobní dozimetrie, s.r.o., Na Truhlářce 39, Praha 8, ČR

olsovcova@fzu.cz

Moderní laserové systémy umožňují fokusaci ultra krátkých vysokoenergetických pulsů a tím i generování ionizujícího záření. V laboratořích, kde jsou tato zařízení provozována, je následně třeba zajistit radiační bezpečnost a to jak monitorováním pracovního prostředí, tak osobní dozimetrií pracovníků. Vzhledem k tomu, že dostupné dozimetry jsou určeny pro měření v kontinuálních polích, je třeba prozkoumat jejich odezvu na velmi krátké pulsy záření a dále vhodnost použití v pulsním poli s vysokou repeticí.

Tato studie se zabývá radiačním polem vytvářeném TW laserovým systémem pracujícím v režimu elektronového urychlování, který generuje izolované pulsy dlouhé několik fs. Pro tuto modelovou konfiguraci byly pomocí Monte Carlo transportního kódu

FLUKA vypočteny očekávané prostorové distribuce fluencí elektronů, fotonů a neutronů a prostorového dávkového ekvivalentu. Ověření výpočtu bylo provedeno v laboratoři disponující laserovým systémem o výkonu 25 TW, který typicky generuje 100 MeV elektronové pulsy o délce 40 fs, s 10^6 primárních elektronů ve svazku. V prostoru laboratoře byly rozmístěny v párech pasivní dozimetry (filmové a termoluminiscenční) a jeden aktivní dozimetr (elektronický osobní dozimetr). Porovnání naměřených odezev s vypočtenými hodnotami prokázalo v případě pasivních dozimetrů dobrý soulad. Odezva aktivního dozimetru byla oproti očekávání nenulová, ale reflektovala časovou distribuci pulsů jen částečně, k její interpretaci bude třeba dalších experimentů.

Ověření detektorů RD23

**Přemysl Ježek¹, Pavel Hájek¹, David Kratochvíl¹, Jiří Šurán²,
Vladimír Sochor², Miroslava Novotná²**

¹ AFRAS Energo s.r.o., Fráni Šrámka 1163/41, České Budějovice, 370 01, ČR

² Inspektorát pro ionizující záření, Český metrologický institut, Radiová 1,
Praha 10, 102 00, ČR

hlexova@afras-energo.cz

Vysokorozsahové monitory (DHHRM) s detektory RD-23 jsou umístěny v reaktorovém sálu každého bloku JE Temelín a slouží jako havarijní dozimetrická měřidla pro případ úniku radioaktivního materiálu z reaktorové nádoby. Tato měřidla patří mezi stanovená podle zákona 505/1990 Sb. ve znění pozdějších úprav a podrobují se pravidelnému ověřování s intervalem dvou let. Do roku 2008 byla měřidla DHHRM ověřována komparací samotného detektoru RD-23 s referenční ionizační komorou referenčního etalonu ČMI v polích záření gama realizovaných pomocí průmyslové ozařovny s následnou kontrolou celé měřicí trasy pomocí proudového zdroje. Tento postup ověřování vyžadoval demontáž detektoru měřidla, při které bylo nutné porušit protipožární ochranu kabelové trasy a připojovacího konektoru. Při každém ověření se zvyšovalo riziko poškození měřidla, navíc v roce 2008 byla ukončena činnost průmyslové ozařovny a

pole záření gama s vysokými dávkovými příkony již nebyla k dispozici. Mezi roky 2008 a 2009 byl vypracován metrologický postup, navržený a vyrobeny technické prostředky umožňující provádět ověření v místě instalace substituční metodou. Vzhledem k režimovým požadavkům na práce v reaktorovém sále byly postup i technické prostředky v období 2009 a 2010 dále upraveny tak, aby bylo možné zkrátit čas ověřování. V současnosti se ověřování provádí komparační metodou, tj. přímým porovnáním odezev ověřovaného měřidla a konstrukčně shodného komparátoru navázaného na státní etalon expozice, kerry a dávky uchovávaný v ČMI-IIZ. Obě měřidla jsou přitom v pevné geometrii z několika různých vzdáleností současně ozařovány defektoskopickým ozařovačem se zdrojem ¹⁹²Ir. Předkládaná prezentace podává stručný přehled vývoje a popisuje některé podrobnosti zmíněných metod.

Aplikácia kódu MCNP pri zostavovaní matice operátora odozvy pre celospektrálne spracovanie spektier gama žiarenia

Matúš Stacho¹, Štefan Krnáč², Vladimír Slugeň¹, Róbert Hincá¹,
Marian Krkoš¹, Stanislav Sojak¹

¹ ÚJFI, FEI STU, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

² PEGASUS FACTORIA, spol. s r. o., Socháňova 2, Bratislava, 811 04, SR

matus.stacho@stuba.sk

Celospektrálne spracovanie spektier gama žiarenia umožňuje efektívnejšiu analýzu meraného spektra ako bežne používané metódy (napr. PNA), nakoľko spracováva informáciu z celého meraného spektra. Táto metóda je založená na matici operátora odozvy, ktorá pozostáva z odoziev detekčného systému na monoenergetické zdroje žiarenia. Iba niekoľko energetických komponentov môže byť získaných priamo kalibračnými meraniami. Ostatné komponenty, potrebné na vytvorenie matice operátora odozvy, môžeme získať pomocou škálovacej konfirmátornej faktorovej analýzy (SCFA), alebo výpo-

čtom pomocou metódy Monte Carlo. Zostavenia matice operátora odozvy pomocou SCFA je vhodné len v prípadoch, kde máme k dispozícii dostatok kalibračných štandardov potrebných na kalibráciu latentného modelu. V opačnom prípade je možné použiť matematickú kalibráciu matice pomocou Monte Carlo výpočtu napríklad výpočtovým kódom MCNP. Tento príspevok je venovaný zostaveniu matice operátora odozvy pre analýzu objemových vzoriek a analýzu spektier žiarenia gama v energetickom rozsahu do 10 MeV.

Detekce neutronů za použití proporcionálních detektorů a kapalných scintilátorů

Aleš Jančář, Zdeněk Kopecký

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

ales.jancar@vf.cz

Příspěvek zahrnuje experimentální měření s detektory (^3H , BC-501A, BC-519) v poli fotonového a neutronového záření s využitím moderní elektroniky, využívající analog-digitální převodníky s vysokou vzorkovací frekvencí.

V teoretické části se zbýváme Monte Carlo simulacemi odezvových charakteristik neutronových detektorů s kapal-

nými scintilátory. Námi provedená modernizace programového kódu MCNPX, umožňuje detailnější záznam interakcí neutronů s kapalnými scintilátory.

Prezentované výsledky byly získány v rámci projektu Spektrum, číslo TA01011383 programu ALFA Technologické agentury ČR.

Development of microsamples preparation for the purpose of ^{14}C determination by Accelerator Mass Spectrometry

Ivo Světlík^{1, 2}, Michal Fejgl^{2, 1}, Radek Černý^{1, 3}, Lenka Tomášková¹

¹ ODZ, ÚJF AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

³ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

svetlik@ujf.cas.cz

Conventional methods (Liquid Scintillation Spectrometry or Gas Proportional Counting) utilized for ^{14}C determination require several grams of sample carbon. Accelerator Mass Spectrometry (AMS) facilitates measurement of several milligrams of sample carbon only. Due to smaller sufficient quantity of sample carbon, possible applications of ^{14}C determination expand in various areas: radiocarbon dating, climatology, environmental studies, monitoring of nuclear power plants surroundings.

Adaptation of microsample preparation techniques includes a considerably wide scale of routines of sample pretreatment and purification of selected compounds of sample carbon (for radiocarbon dating mainly). Subsequently, several milligrams of a purified carbon form must be combusted carefully to avoid additional contamination by recent (from surrounding air) or by fossil (from construction materials and reagents) carbon. Resulting CO_2 is then

purified, dried, quantified and admeasured for final processing step. Via a vacuum line generated CO_2 is transported to the reactor, where CO_2 is converted to graphite in presence of the iron based catalyst under hydrogen atmosphere at the temperature of 600°C . AMS measurement of graphitized samples will be performed in collaboration with several laboratories abroad, because of lack of a proper accelerator type with a mass spectrometry line in our country. Quantity of processed samples smaller by several orders of magnitude is a great challenge due to several orders of magnitude higher requests on vacuum apparatus sealing, possible memory effects of utilized equipment, or possible fossil carbon contamination during sample processing. In our poster presentation, basic parameters of our implemented “starting” microsample preparation routines will be described and discussed.

Evropský metrologický výzkumný program EMRP

Petr Kovář, Jiří Šurán, Jaroslav Šolc

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

pkovar@cmi.cz

Evropský metrologický výzkumný program EMRP (European Metrology Research Programme) je každoročně vyhlašován organizací EURAMET, která sdružuje evropské národní metrologické instituty. Program je vyhlašován v následujících sekcích: Energie, Průmysl, Zdraví, Životní prostředí, Nové technologie a Soustava jednotek SI. Obvyklý rozpočet jednotlivých projektů je 3 až 4 mil. EUR. Český metrologický institut se v oblasti ionizujícího záření zapojil do programu v roce 2009 prostřednictvím Inspektorátu pro ionizující záření. V současné době je ČMI-IIZ zapojen do pěti probíhajících projektů a další projekt je ve fázi příprav. Jsou to následující projekty:

„Metrology for New Generation of Nuclear Power Plants“ (MetroFission): Rozvoj metod pro měření aktivity radionuklidů, a to metody TDCR (Triple to Double Coincidence Ratio) a metody digitální koincidence.

„Metrology for Radioactive Waste Management“ (MetroRWM): Rozvoj metod pro měření pevných odpadů a předmětů uvolňovaných z jaderných zařízení do životního prostředí, nebo ukládaných na úložiště; metoda mobilního

rychlého měření in-situ; měření plynů v úložištích radioaktivních odpadů; vývoj referenčních kalibračních materiálů; stanovení jaderných dat dlouhodobých radionuklidů. ČMI je koordinátorem tohoto projektu, informace jsou na www.radwaste-emrp.eu.

„Ionizing Radiation Metrology for Metallurgical Industry“ (MetroMetal): Rozvoj metod pro měření tavebních vzorků, vzorků strusky a vzorků odprašků v hutích. ČMI vede dvě pracovní skupiny.

„Metrology for Radiotherapy using Complex Radiation Fields“ (MetroExtRT): ČMI se podílí na práci ve skupině brachyterapie.

„Metrology for Molecular Radiotherapy“ (MetroMRT): Projekt se zabývá výzkumem v oblasti nukleární medicíny, ČMI vede pracovní skupinu „Creating Impact“.

„Metrology for Processing Materials with High Natural Radioactivity“ (MetroNORM): Projekt je ve fázi přípravy, ČMI povede pracovní skupinu zabývající se vývojem referenčních kalibračních materiálů.

Veškeré informace o programu EMRP jsou na stránkách www.emrponline.eu.

MCNP modelovanie odozvy multisférického spektrometra neutrónov

Róbert Hinca¹, Martin Krčmárik²

¹ Ústav Jadrového a Fyzikálneho Inžinierstva, FEI STU Bratislava, SR

² SE a.s., AE Mochovce, o.z., Mochovce, 935 39, SR

robert.hinca@stuba.sk

V príspevku sú prezentované výsledky počítačovej simulácie interakcie neutrónov s materiálom sférických moderátorov neutrónového spektrometra (BSS – Bonnerov sférický spektrometer) pre rôzne energie neutrónov a polomery gulí. Pre ich rôzne kombinácie je graficky znázornené priestorové rozloženie miesta interakcie neutrónov. Hlavným výsledkom simulácií je výpočet odozvovej funkcie definovanej podľa vzťahu:

$$\begin{aligned} R_i(E) &= S_i V_d n_{Li} \int_0^E \sigma(n, t) \Phi_E \\ &= C_i \int_0^E \sigma(n, t) \Phi_E \end{aligned}$$

kde $R_i(E)$ je funkcia odozvy detektora v závislosti od energie, $[\text{cm}^2]$, S_i – plocha diskového zdroja neutrónov, $[\text{cm}^2]$, V_d – objem detekčnej časti, $[\text{cm}^3]$, n_{Li}

– počet jadier ${}^6\text{Li}$, resp. ${}^3\text{He}$ v objeme detektora $[\text{cm}^{-3}]$, $\sigma(n, t)$ – mikroskopický účinný prierez reakcie $[\text{cm}^2]$, Φ_E – hustota toku neutrónov $[\text{cm}^{-2}]$.

Hodnoty odozvovej funkcie pre definované energie a polomery gulí tvoria odozvoovú maticu, ktorá je základom pre ďalšie výpočty dozimetrických veličín a spektrometrických parametrov meraného poľa neutrónov. Na evaluáciu vytvoreného modelu boli porovnané výpočty odozvovej matice s používanými hodnotami multisférického spektrometra SMU a výpočty dozimetrických veličín vybraných referenčných zdrojov neutrónov s meraním. Následne boli vypočítané odozvoové matice pre dva detektory neutrónov, používané v laboratóriách UJFI STU: $\text{LiI}(\text{Eu})$ a ${}^3\text{He}$. V závere je na základe týchto analýz overená kalibrácia meracieho zariadenia.

Metrologie v radioterapii: nové evropské výzkumné projekty

Ludmila Burianová, Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

lburianova@cmi.cz

V polovině roku 2012 odstartovaly dva nové výzkumné projekty spolufinancované Evropskou komisí, jejichž společným tématem je zlepšení metrologie ionizujícího záření v radioterapii. Tyto projekty budou probíhat po dobu tří let a jsou řešeny ve spolupráci metrologických institutů zemí Evropské unie a za podpory cílových uživatelů jako jsou nemocnice nebo výrobci zdrojů ionizujícího záření používaných v radioterapii. Český metrologický institut (ČMI) se obou projektů účastní. Prvním projektem je „Metrologie pro radioterapii využívající komplexní radiační pole“, který se zabývá těmito dílčími úkoly: 1) vývoj nových primárních etalonů absorbované dávky ve vodě pro rentgenové záření středních energií, 2) nové integrální veličiny pro stereotaktickou radioterapii, 3) vývoj primárního etalonu dávky ve vodě pro protonové a uhlíkové svazky, 4) vývoj měřicích sys-

témů pro ověření dávkových distribucí s ostrými gradienty nebo vytvořených úzkými svazky, 5) ustanovení metrologického řetězce pro brachyterapeutické rentgeny. ČMI je zapojen do posledního zmíněného úkolu a dále je zodpovědný za prezentaci projektu na internetu. Druhý projekt se jmenuje „Metrologie pro molekulární radioterapii“ a jeho náplní je zlepšení metrologie absorbované dávky v nukleární medicíně. Zabývá se následujícími úkoly: 1) standardizace aktivity terapeutických beta zářičů, 2) návaznost aktivity radionuklidů v kvantitativním zobrazování, 3) standardizace absorbované dávky ve vodě od radionuklidů, 4) analýza nejistot a doporučení pro kalibrační postupy. ČMI je zapojen zejména do výzkumu v oblasti kvantitativního zobrazování a standardizace absorbované dávky, na kterém bude spolupracovat s několika odděleními nukleární medicíny v Praze.

Monte Carlo simulace vlivu kosmického záření na spektrometrická měření nízkých aktivit

Jaroslav Šolc, Petr Kovář, Pavel Dryák

Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

jsolc@cmi.cz

Germaniové gama spektrometry jsou výkonným nástrojem pro měření nízkoaktivních směsí radionuklidů v přírodních vzorcích, ve vzorcích potravin nebo v materiálech uvolňovaných z jaderných zařízení. Při takových měřeních je nezanedbatelná část pozadového signálu způsobena kosmickým zářením. Monte Carlo kód MCNPX byl použit pro výpočet amplitudových spekter koaxiálního germaniového detektoru, která jsou způsobena interakcí kosmického záření s materiálem detektoru a se stíněním. Výsledky výpočtů byly porovnány s měřeními provedenými uvnitř olověného stínění silného 10 cm a uvnitř nízkopozadové kobky s betonovým stropem různé tloušťky. U detektoru umístěného uvnitř olověného stínění byl zjištěn pro energii 2.62 MeV, která již leží

za rozsahem energií terestriálních radionuklidů, čtyřnásobný rozdíl mezi naměřenou a vypočítanou četností. Se zvyšující se energií se rozdíl snižuje, přičemž od energie 13 MeV je mezi naměřeným a vypočítaným amplitudovým spektrem shoda. Autoři se domnívají, že rozdíl může být způsoben zjednodušeným modelováním energetických ztrát mionů, zejména nízkou četností emise fotonů brzděného záření a delta elektronů. Lepší shoda měření a simulace byla dosažena u snižování pozadí v betonové kobce se zvyšující se tloušťkou jejího stropu. Možnou příčinou je nižší efektivní protonové číslo betonu a v důsledku toho také nižší radiační ztráty mionů a delta elektronů vytvořených miony.

Objemové krystaly YAP:Ce pro detekci a spektrometrii ionizujícího záření

Tomáš Marek, Jan Kubát, Petr Malý

Crytur spol. s r.o., Palackého 175, Turnov, 511 01, ČR

marek@crytur.cz

Scintilační spektrometry nacházejí uplatnění v oblasti geologických sond pro vyhledávání mj. fosilních uhlovodíků (ropa, plyn).

Sondy pro vyhledávání uhlovodíků představují soubor zahrnující zdroj neutronů, detektory zpomalených a odražených neutronů a detektory záření gama z neutronové aktivace. Přítomnost uhlovodíků ve vrtu se vyhodnocuje na základě parametrů, jakými jsou intenzita zpomalování a odrazu neutronů a dále gama záření z neutronového zachytu na vodíku (2,223 MeV) a uhlíku (4,439 MeV). Pro potlačení pozadí z aktivace hornin se používají techniky, které obvykle vyžadují co nejrychlejší odezvu scintilátoru.

Společnost Crytur produkuje syntetické krystaly YAP:Ce, které mohou být využity mj. k tomuto účelu. Ty patří do skupiny směsných oxidů yttria a hliníku, které mají strukturu perovskitu, tj. stechiometrický vzorec YAlO_3 . Pokud jsou aktivovány cerem, představují zajímavý scintilační materiál pro detekci a spektrometrii jaderného záření gama.

Vzhledem k maximu emise okolo 370 nm jsou vhodné pro kombinaci s fotonásobiči, např. Hamamatsu R2154-02 s bialkalickou fotokatodou. Významným rysem krystalu je rychlý dosvit s časovou konstantou 25 až 30 ns a se zanedbatelnou příměsí pomalejších složek. Integrální světelný výstup činí přibližně 70 % hodnoty pro NaI(Tl).

Produkováné krystaly mají tvar a rozměry podle požadavků zákazníka. Typický tvar je válec o průměru 30 mm a délce 100 mm s leštěným povrchem. Atenuační délka světelného signálu v krystalu, tj. vzdálenost, na které poklesne intenzita světla $1/e$ krát, se pohybuje okolo hodnot 300 mm a více. V kombinaci s vhodnými reflektory světla, které zohledňují atenuaci světla z různých částí krystalu, se docílí homogenní odezvy po celé délce krystalu: poloha čáry 662 keV (^{137}Cs) se mění v intervalu ne větším, než 3% bez ohledu na to, ve kterém místě je přiložen testovací zářič. Energetické rozlišení se blíží k hodnotám lepším než 8 % na čáře 662 keV (^{137}Cs) a 3,5 % na čáře 2615 keV (^{232}Th s produkty rozpadu).

Odhad homogenity radiačního pole recyklovaných zdrojů pro jejich použití v ozařovači krve

Ondřej Konček^{1, 2}, Kateřina Dučevová^{1, 2}, Tomáš Urban¹, Jan Křivonoska²,
Milan Semmler², Tomáš Čechák¹

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP PRAHA a.s., Nad Kamínkou 1345, Praha, 156 10, ČR

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

Použitelnost vysoceaktivního zdroje v kobaltových radioterapeutických ozařovačích je okolo 10 let (max. 15 let), po této době je nutné zdroj vyměnit. Ačkoli se stále jedná o zdroj o aktivitě řádově tisíce Curie, většinou končí v uložistiších radioaktivního odpadu.

Cílem této práce je odhadnout homogenitu radiačního pole při různém uspořádání a poměru aktivit „vyřazených“ vysoceaktivních zdrojů pro jejich potenciální použití v ozařovačích krve. Malý dávkový příkon, který je již pro teleterapii nepoužitelný/nevhodný, může být kompenzován současným využitím více zdrojů či zmenšením vzdálenosti k ozařovanému objektu (krevní kon-

zervě). K odhadu homogenity radiačního pole byl zvolen modelový přístup, byl použit Monte Carlo kód MCNPX. (Ne-)homogenita radiačního pole byla odhadnuta na základě izodóz ve vodním fantomu a při různém uspořádání a poměru aktivit použitých kobaltových zdrojů. S ohledem na další optimalizaci (z pohledu homogenity ozáření vzorku, ekonomického, radiační ochrany obsluhujícího personálu, dostupnosti dostatečného počtu zdrojů, atd.) jsou výsledky v příspěvku dále diskutovány.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory TA ČR v rámci řešení projektu č. TA02010372 programu ALFA.

Overenie použitia spektrofotometrických titrácií na sledovanie vytvárania komplexov ^{152}Eu a ^{243}Am s komplexotvornými činidlami (diamidy 2,2'-bipyridyl-6,6'-dikarboxylovej kyseliny)

Veronika Drábová¹, Artyom Mitrofanov², Jana Strišovská¹,
Dušan Galanda¹, Jozef Kuruc¹

¹ Katedra Jadrovej chémie, Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

² Radiochemistry division, Chemistry Department, M. V. Lomonosov Moscow
State University, Leninskie Gory, Moscow, 119992, Russia

drabova86@gmail.com

Separácia minoritných aktinoidov od prvkov vzácnych zemín je dôležitá z hľadiska redukcie objemu odpadov. Najvhodnejšími ligandami pre tento účel sú polydusíkaté zlúčeniny. Dusík je ľahkým donorom a vykazuje silnú afinitu pre komplexáciu aktinoidov. Hlavným cieľom výskumu bolo nájsť činidlo, ktoré by disponovalo vysokým separačným faktorom pre aktinoidy/lantanoidy dokonca aj v kyslom prostredí a overenie možnosti použitia spektrofotometrických titrácií na sledovanie vytvárania komplexov ^{152}Eu a ^{243}Am s komplexotvornými činidlami. Činidlá, ktoré vykazujú vysokú schopnosť extrakcie a disponujú aj vysokou

hydrolytickou stabilitou, boli objavené medzi amidmi dikarboxylových kyselín (malónová kyselina, 2,6-pyridíndikarboxylová kyselina). Pre druhý typ amidov sa preukazuje vyšší potenciál pre ich použitie v jadrovej technológii kvôli ich stabilite voči kyslej hydrolýze a rádiolýze. Z tohto dôvodu sme vybrali diamidy 2,2'-dipyridyl-6,6'-dikarboxylovej kyseliny ako činidlo pre Am/Eu separáciu. Konštanta stability komplexov bola stanovená UV-VIS spektrofotometrickým meraním v roztoku dichlórétanu. Absorbancia bola meraná v rozmedzí vlnových dĺžok 520–190 nm.

Porovnanie vhodnosti použitia extrakčnej chromatografie a extrakcie na tuhej fáze ako separačných metód pre stanovenie rádionuklidov neptúnia a plutónia

Jana Strišovská, Dušan Galanda, Veronika Drábová, Jozef Kuruc

Katedra jadrovej chémie, Universita Komenského v Bratislave, PF, KJCH,
Mlynská dolina CH-1, Bratislava, 842 15, SR

strisovskajana@gmail.com

Na základe alfa-premenovej schémy plutónia-239 a neptúnia-237 a ich relatívne nízkych koncentrácií v environmentálnych vzorkách musí byť ich separácia od jednotlivých komponentov a možných interferujúcich prvkov vykonaná pred ich stanovením.

Predložený príspevok popisuje potenciálne možnosti použitia rôznych typov sorbentov pre separáciu rádionuklidov plutónia a neptúnia v závislosti od aplikovanej metódy. Na separáciu rádionuklidov sa využila metóda extrakčnej chromatografie a extrakcie na tuhej fáze, tzv. SPE metóda. V experimente boli použité komerčne do-

stupné sorbenty, a to TEVA®Resin a DGA®Resin od spoločnosti Eichrom Technologies a AnaLig®Pu02 gel od firmy IBC Advanced Technologies, Inc. Dôležitým krokom v každom postupe bola úprava oxidačných stupňov, konkrétne neptúnia do IV a plutónia do III alebo IV v závislosti od použitého sorbentu. Aktivita ^{237}Np a ^{239}Pu sa stanovila pomocou alfa-spektrometrie. Zdroje pre alfa-spektrometriu boli pripravené mikrozrážaním s chloridom neodýmu (NdCl_3). Boli porovnané získané aktivity a rádiochemické výťažky z jednotlivých metód separácie boli porovnané.

Porovnání základních parametrů CdZnTe, LaBr a HPGe detektorů pro detekci záření gama

Lenka Dragounová, Jan Škrkal, Petr Rulík, Vendula Pfeiferová

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

lenka.dragounova@suro.cz

Cílem prezentovaných měření bylo ověřit možnosti použití různých typů detektorů ionizujícího záření pro spektrometrii gama během mimořádné radiční situace. Hlavními požadavky na spektrometrický systém za mimořádné situace je rychlá odezva systému, stabilita i za méně standardních podmínek, schopnost detekovat i vyšší četnosti impulsů, dobrá rozlišovací schopnost a v neposlední řadě dostatečná účinnost v požadovaném energetickém rozsahu. Testovanými detektory byly: polovodičový detektor CdZnTe, polovodičový detektor HPGe a scintilační detektor LaBr.

Z uvedených důvodů byly u daných detektorů mimo jiné sledovány následující parametry: energetická rozlišovací schopnost, účinnost pro různé geometrie v daných energetických rozsazích, schopnost detekovat vysoké četnosti impulsů resp. porovnání mrtvé doby detektorů a v neposlední řadě i vypočítané hodnoty minimální detekovatelné

aktivity pro vybrané nuklidy přítomné v pozadí, vybrané „havarijní“ nuklidy a pro pozadové kontinuum.

Scintilační detektory vybavené krystalem NaI(Tl), nebyly do porovnání zahrnuty z důvodu jejich špatné rozlišovací schopnosti, která je pro danou aplikaci nedostatečná. V příspěvku je zahrnuto jen porovnání účinností detektorů pro bod 25 cm nad detektorem, ve kterém jsou znázorněny i účinnosti scintilačních sond NaI(Tl): Bicorn, Empos a GR Exploranium.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení Projektu MV ČR – BV „Výzkum pokročilých metod detekce, stanovení a následného zvládnutí radioaktivní kontaminace“, Identifikační kód: VF20102015014 a projektu „Mobilní a stacionární radiční monitorovací systémy nové generace pro radiční monitorovací sítě“, Identifikační kód: VG20122015083, program: BVII/2 – VS.

Scintilační detektory pro experiment SuperNEMO

Hana Chaloupková^{1, 2}, Ivan Štek³, Petr Přidal³, Karel Smolek³,
Vít Vorobel⁴, Aivaras Žukauskas⁴

¹ ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ ÚTEF, ČVUT, Horská 3a/22, Praha 2, 128 00, ČR

⁴ ÚČJF MFF, Univerzita Karlova, V Holešovičkách 2, Praha 8, 180 00, ČR

hana.chaloupkova@envinet.cz

Plastové scintilační detektory se často využívají v experimentech fyziky vysokých energií, kosmického záření a také při studiu vlastností neutrin. Experiment superNEMO navazuje na předchozí NEMO3 (The Neutrino Ettore Majorana Observatory) a jejich úkolem je přímá detekce dvou elektronů z dvojité beta rozpadu. Dvojitý beta rozpad ($2\nu\beta\beta$) je proces, který probíhá vzácně s poločasem 10^{17} – 10^{24} let. Výzkum tohoto procesu poskytne informace o základních vlastnostech neutrin a elementárních částic. Při dvojitým beta rozpadu dochází k přeměně zároveň dvou neutronů na protony a elektronová antineutrína, energetické spektrum detekovaných elektronů je spojitě neboť část energie odnášejí antineutrína, jež nejsou detekována. Bezneutrinový rozpad ($0\nu\beta\beta$) pak probíhá tak, že dva neutrony si vymění virtuální neutrino a emitovány jsou pouze dva elektrony, energie zaznamenaná ve spektru je čárová.

Plastové scintilační detektory slouží jako kalorimetr a detekují energii a dobu letu částic. Na základě výsledků

NEMO3 byly pro experiment SuperNEMO stanoveny nové požadavky pro scintilační detektory v podobě lepšího energetického rozlišení a detekční účinnosti $0\nu\beta\beta$. Cílem je dosažení energetického rozlišení scintilátorů nižšího než 4 % pro 3 MeV elektrony.

V prvním porovnání scintilačních detektorů z polystyrenu (PS – ENVINET a.s.) a polyvinyltoluenu (PVT – Eljen) vychází rozlišení pro 1MeV elektrony horší pro PS o asi 1,5 %. Koncentrace jednotlivých scintilačních složek, vlastnosti polymeru a tvar a obal scintilátoru jsou parametry, které mají vliv na kvalitu odezvy scintilačního detektoru. Odezvu detektoru v závislosti na uvedených parametrech je možné modelovat pomocí Monte Carlo zde konkrétně kódu GEANT4 a výsledky simulací lze pak ověřit měřením modifikovaných scintilátorů na zařízení vybaveném speciálním elektronovým spektrometrem, který obsahuje silný zdroj elektronů (390 MBq ^{90}Sr) a za použití magnetického pole umožňuje vybrat svazek elektronů o určité energii.

Simulace odezvy detekčních systémů pro kontrolu zavazadel pasažérů v letecké dopravě

Tomáš Urban¹, Jaroslav Klusoň¹, Lukáš Džbánek², Zdeněk Kopecký²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

V oblasti simulace odezvy detekčních systémů byly provedeny simulační výpočty s cílem ověřit možnosti detekce gama záření na RTG skenerech používaných pro kontrolu zavazadel pasažérů v letecké dopravě. Na základě navržené metodiky modelových výpočtů byl připraven a ověřen návrh modelu pro „dual-energy“ detekční systém (GOS a CsI) a pro monoenergetický homogenní kulový zdroj objemu 1 dm^3 , hustoty $0,89 \text{ g/cm}^3$. Výpočty byly provedeny pro vytípanou energii fotonů v intervalu od 50 keV do 3 MeV a pro různé polohy zdroje vzhledem k detektorům.

Dále byla nasimulována odezva různých uspořádání dvojice scintilačních krystalů NaI + PVT jako externího (vzhledem k RTG skenerům) systému

detekce při kontrolách zavazadel. Tyto odezvy byly nasimulovány pro vytípané radionuklidy v geometrii bodového zdroje. V souvislosti s tím byla také odhadnuta odezva externího systému detekce na referenční pozadí („umělý“ zdroj – beton 30 cm silný, $5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ ve tvaru „L“ s obsahem ^{238}U , ^{232}Th a ^{40}K) a navržen kolimátor/odstínění scintilačních krystalů proti okolnímu radiačnímu pozadí (zejména stavební materiál) s cílem maximální detekční účinnosti pro detekci záření emitovaného nezákonně přepravovanými radionuklidy.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory MPO v rámci řešení projektu č.FR-TI3/099 programu TIP.

Světelný výtěžek granátů (Lu, Y, Gd)₃Al₂Ga₃O₁₂:Ce

Petr Průša^{1, 2}, Kei Kamada³, Martin Nikl¹, Akira Yoshikawa⁴,
Jiří A. Mareš¹

¹ Oddělení optických materiálů, Fyzikální ústav AV ČR, Cukrovarnická 10,
Praha, 160 00, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Materials Research Laboratory, Furukawa Co. Ltd., 1-25-13, Kannondai,
Tsukuba, 305-0856, Japonsko

⁴ Institute for Material Research, Tohoku University, 2-1-1 Katahira, Aoba-ku,
Sendai, 980-8577, Japonsko

petr.prusa@fjfi.cvut.cz

Granáty Lu₃Al₅O₁₂:Ce (LuAG:Ce) and Y₃Al₅O₁₂:Ce (YAG:Ce) patří mezi rychlé scintilační materiály se středně vysokým světelným výtěžkem. Narozdíl od řady jiných scintilátorů jsou chemicky stabilní, nehygroskopické, s dobrými mechanickými vlastnostmi. Vysoké efektivní atomové číslo LuAG:Ce navíc zajišťuje vysokou detekční účinnost pro fotonové záření. Tyto granáty však obsahují mělké pasti negativně ovlivňující scintilační odezvu: snižují světelný výtěžek, činí intenzivní pomalou komponentu odezvy a zhoršují energetickou rozlišovací schopnost (FWHM). Tyto pasti se připisují anti-site defektům Lu_{Al} and Y_{Al}, jež vznikají při vysoké teplotě dané růstem z taviny. Vlastnosti granátů lze zlepšit užitím tzv. „band-gap engineeringu“. Postupným nahrazováním iontu Al³⁺ za Ga³⁺ se dno vodivostního pásu (VP) posouvá směrem k nižším energiím, což nakonec vede k ponoření pastí do VP. V materiálu sice zůstávají, ale mají jen zanedbatelný vliv na odezvu. Posun však způsobuje i přiblížení 5d₁ exci-

Metrologie měření a přístrojová technika

tovaného stavu Ce³⁺ luminiscenčního centra k dnu VP, které vede k nežádoucí ionizaci excitovaného stavu. Nahrazení části iontů Lu³⁺ (Y³⁺) ionty Gd³⁺ zajistí dostatečný odstup hladiny 5d₁ Ce³⁺ centra a dna VP. Použití technologie „micro-pulling down“ (μPD) umožňuje snadnou a rychlou přípravu mnoha krystalů a tím nalezení optimálního složení. Výsledkem jsou scintilátory s vyšším světelným výtěžkem, lepší FWHM a potlačenou pomalou složkou odezvy. Pro měření světelného výtěžku, jeho energetické závislosti, zastoupení po-malé komponenty odezvy a FWHM byla použita aparatura sestávající z hybridního fotonásobiče, elektroniky pro zpracování signálu a několika zářičů gama. Metodou μPD bylo připraveno 7 vzorků různého složení. Nejlepší vlastnosti měl Gd₃Ga₃Al₂O₁₂ dopovaný 1% Ce. Po optimalizaci technologie přípravy má scintilátor světelný výtěžek až 50 fotonů/keV a FWHM 5.5 %. Práce byla podpořena projektem MŠMT KONTAKT č. LH12150.

Využití nových scintilačních krystalů v radioterapii

Matěj Navrátil^{1, 2, 3, 4}, Petr Horodyský⁴, Karel Blažek⁴

¹ Nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 00, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ Proton Therapy Center, Budínova 1a, Praha 8, 180 00, ČR

⁴ CRYTUR, spol. s r.o., Palackého 175, Turnov, 511 01, ČR

matej.navratil@seznam.cz

Scintilační krystaly – pevnolátkové detektory, který v sobě v závislosti na použitém materiálu spojují výhody velmi dobrého odstupu signálu od šumu a zároveň velmi malého účinného objemu. Jsou tedy potenciálně velmi vhodné jak k absolutním měřením absorbované dávky, tak k měření přesného dávkového rozložení v oblastech vysokého gradientu dávky, či k relativní dozimetrii i malých polí.

Námi testované krystaly byly z materiálu CR19 resp. CR18 od firmy Crytur. Krystaly byly připojeny světlovodným vláknem k fotodiodě, která byla připojena k elektrometru DPD3 (IBA – Scanditronix Wellhoffer)

V rámci této práce byla zkoumána zejména reprodukovatelnost a linearita odezvy těchto krystalů v běžném klinickém rozpětí dávek a dávkových příkonů. Parametry testovaných detektorů byly

porovnány s parametry na našem pracovišti používaných ionizačních komor – FC65G, CC13 a CC01 od firmy IBA (Scanditronix Wellhoffer).

Toto srovnání ukázalo že detektor z materiálu CR19 vykazuje vlastnosti srovnatelné s vlastnostmi ionizačních komor. To z něj dělá ideální detektor pro dozimetrii malých polí nebo polí s modulovanou intenzitou svazku – IMRT. Jediným problémem tohoto typu detektoru tak zůstává produkce Čerenkovova záření v ozářeném optickém vlákně, kde množství tohoto záření závisí na délce ozářeného vlákna a způsobuje tak nepřesně definovaný parazitní signál. Ale na odstranění tohoto problému se již intenzivně pracuje.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Vývoj měřidla ekvivalentní objemové aktivity radonu EOAR

Aleš Jančář, Jiří Čulen, Jaroslav Dostál

VF, a.s., nám. Míru 50, Černá Hora, 679 21, ČR

ales.jancar@vf.cz

V tomto příspěvku se zabýváme problematikou měření radonu a vývojem měřidla ekvivalentní objemové aktivity radonu EOAR. Radon je inertní radioaktivní plyn, který vzniká jako produkt radioaktivního rozpadu radia a uranu. Vzhledem k jeho nestabilitě vznikají radioaktivním rozpadem další, tzv. dceřiné produkty radonu, které se snadno vážou na různé povrchy a značná část jich ulpívá také v plicích. Radiotoxicita dceřiných produktů radonu je tedy ve srovnání s radonem mnohem významnější. V prostorech se zvýšeným výsky-

tem radonu (doly, jeskyně, ...) je nutné dceřiné produkty radonu monitorovat.

Myšlenka zabývat se měřením EOAR byla vyvolána potřebou náhrady a modernizace měřidel v uranových dolech. Při vývoji přístroje vznikla potřeba vytvořit prostředí se známým a regulovatelným množstvím radonu a jeho dceřiných produktů. Pro tyto účely byla vytvořena ve sledovaných prostorech VF, a.s. jednoduchá radonová komora. Výsledky měření byly porovnávány s měřeními v nezávislých laboratořích zabývajících se touto problematikou.

Složitost fluencí pro IMRT pole

Tereza Kulatá³, Vladimír Vondráček^{1, 2, 3}, Klára Badraoui-Čuprová^{1, 2, 3}

¹ Radiofyzikální odbor, Nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 00, ČR

² Proton Therapy Center, Budínova 1a, Praha 8, 180 00, ČR

³ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

terezakulata@centrum.cz

Radioterapeutická technika IMRT umožňuje lepší kontrolu nádoru u některých lokalit a je stále častěji indikována. Je však nutné ověřit před ozářením plán každého pacienta, což je časově náročné. V Nemocnici Na Bulovce je snaha zjednodušit proces verifikace IMRT a pokud možno upustit od tzv. patient-related verifikace. Náhradou by byla sada testů lineárního urychlovače, jejichž podoba a frekvence je v současné době předmětem zkoumání.

Jednou z možností je omezit počet IMRT polí ke kontrole. Pokud by složitější fluence znamenaly horší výsledky podle gama analýzy, stačilo by verifikovat jen nejsložitější pole z plánu – pokud by splnilo toleranční kritéria, dalo by se předpokládat, že ostatní méně složitá pole je budou splňovat automaticky. Druhou možností je navrhnout testovací fluenci pro ranní testy lineárního urychlovače, která by svou složitostí odpovídala průměrné hodnotě klinických polí, ověřovala by správnou funkčnost MLC a spolu s dalšími testy by nahradila verifikaci individuálních IMRT plánů pro daný den.

Príspevek se zabývá těmito dvěma myšlenkami. Jsou navrženy metody pro stanovení složitosti fluencí, které se svou podstatou liší od dosud publikovaných. Je zkoumána souvislost takto definované veličiny s výsledky verifikací IMRT plánů a polí. Na základě souboru klinických plánů je stanovena průměrná složitost fluencí v IMRT poli a je navržena testovací fluence odpovídající této složitosti. Její využitelnost je ověřena v klinické praxi.

Byla potvrzena závislost výsledků gama analýzy na složitosti fluencí v plánu, nikoliv však v jednotlivých polích. Nebude tedy možné ověřovat jen nejsložitější pole z plánu. Navržená testovací fluence se při verifikacích IMRT shoduje s klinickými poli v parametru average gamma. Byla stanovena kritická hodnota tohoto parametru u testovací fluence jako kritérium pro správnou funkci MLC při ranním testu lineárního urychlovače.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Použitelnost gafchromických filmů EBT2 pro stanovení dávkových distribucí v radioterapii

Vladimír Dufek^{1, 2}, Ivana Horáková¹, Daniela Ekendahl¹

¹ Odbor lékařských expozič, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

vladimir.dufek@suro.cz

Gafchromické neboli samovyvolávací filmy jsou filmy, v nichž po ozáření ionizujícím zářením dochází k barevnému zabarvení (zčernání). Jelikož je toto barevné zabarvení úměrné dávce, lze filmy použít k dozimetrickým účelům. Příznivou vlastností gafchromických filmů je jednoduchá manipulace (není nutné filmy vyvolávat ve vyvolávacím automatu), tkáňová ekvivalence a velmi nízká energetická závislost v oblasti megavoltážních fotonových svazků.

V práci byly zkoumány dozimetrické vlastnosti gafchromických filmů EBT2 spolu s vlastnostmi skeneru Epson Perfection V750 Pro, na němž byly EBT2 filmy digitalizovány. Zejména se zkoumala změna zčernání filmu s časem po ozáření (tzv. post irradiation darkening), energetická závislost, nehomogenita filmu, nehomogenita odezvy

skeneru (závislá na velikosti nazářené dávky) a dávkové rozlišení.

Porovnávacím měřením byla potvrzena velmi dobrá shoda dávkových profilů malých polí změřených gafchromickým filmem EBT2 s dávkovými profily změřenými radiografickým filmem Kodak X-Omat V, polovodičovým detektorem PFD-3G a malou ionizační komorou CC01. Bylo tak ověřeno, že při důkladném seznámení se s vlastnostmi gafchromických filmů EBT2 a skeneru Epson Perfection V750 Pro a při pečlivém zacházení, jsou gafchromické filmy EBT2 s výhodou použitelné pro stanovení dávkových distribucí v radioterapii.

Práce byla řešena s finanční podporou TA ČR (TB01SUJB071) a byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Radiačné monitorovanie a osobná dozimetria pracovníkov na lineárnych urýchľovačoch

Gabriel Králik¹, Žaneta Kantová¹, Milan Jurčo²

¹ Oddelenie klinickej rádiofyziky, Onkologický ústav sv. Alžbety, Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

² študent biomedicínskej fyziky, FMFI UK Bratislava, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

gkralik@ousa.sk

Po vzniku samostatnej Slovenskej republiky prešla osobná dozimetria pracovníkov v zdravotníctve postupne z filmovej dozimetrie na TL dozimetriu. Vznikom konkurenčného prostredia a novej ponuky vzišla myšlienka porovnania používaných systémov osobnej dozimetrie. Pre korektnosť hodnotenia výsledkov nosili pracovníci dva druhy dozimetrov umiestnených vedľa seba. Prekvapením boli vyhodnotené vý-

sledky, ktoré ukázali signifikantné rozdiely nameraných výsledkov. Žiaľ, systémy neudávali neistotu výsledkov meraní. Zariadenia boli overované podľa normy STN IEC 61066: 2000 na ¹³⁷Cs s energiou 667 keV. Práca ukazuje porovnanie systémov pre zataženie pracovníkov na lineárnych urýchľovačoch 6 a 18 MeV, i porovnania s výsledkami oficiálnej metrologickej inštitúcie.

Aspekty osobnej dozimetrie rádioterapeutického pracoviska s lineárnym urýchľovačom

Marko Fülöp¹, Pavol Ragan², Dušan Solivajs³, Žaneta Kantová⁴,
Gabriel Králik⁴, Miloš Ursíny⁵

¹ SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Ústav verejného zdravotníctva SR, Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

³ SLM, n.o., Hviezdoslavova 31, Banská Bystrica, 974 01, SR

⁴ OUSA, s.r.o., Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

⁵ VF, s.r.o., Žilina, SR

fulop@szu.sk

Pri rádioterapii lineárnymi urýchľovačmi elektrónov s urýchľovaním nad 10 MV je v miestnosti urýchľovača zmiešané pole rozptýleného brzdného žiarenia a neutrónov.

Merania zložiek gama žiarenia a neutrónov sa vykonali dvomi dlhodobými experimentmi pri využití dvojice TL čipov TLD600 a TLD700, osobných TL dozimetrov gama žiarenia a albedo dozimetrov neutrónov a OSL dozimetrov pre gama žiarenie a Neutrak 144-T pre neutrónové žiarenie, ktoré boli umiestnené na vodnom fantóme. Pre okamžité merania boli použité gama dozimeter FH40 a neutrónový remmeter NM2B. Spektrum energií neutrónov sa meralo Bonnerovým spektrometrom, ktorý obsahoval TL dozimetre.

Výsledky meraní s Bonnerovým spektrometrom v miestnosti ovládača poukázali na významnú zložku neutrónov s relatívne nízkou priemernou energiou 0,3 MeV.

Osobný dozimeter využívajúci TLD100 nie je vhodný na meranie gama dávky v miestnosti ovládača, pretože čip TLD100 obsahuje prírodné Li, ktorého izotop ⁶Li je citlivý na tepelné neutróny. Neutróny v miestnosti ovládača majú vplyv na odpoveď TLD100, ktorá potom nezodpovedá reálnej dávke gama žiarenia, preto sa v tejto miestnosti odporúča použiť osobný dozimeter gama žiarenia využívajúci TLD700, ktorý má zanedbateľnú citlivosť k tepelným neutrónom. Prítomnosť neutrónov vyžaduje použitie dostatočne citlivého neutrónového osobného dozimetra v prípade, že má zmysel merať dávku od neutrónov (nad 10% celkového dávkového ekvivalentu). Často sa pre tento účel využívajú albedo dozimetre. Albedo dozimetre sú významne energeticky závislé a pre ich použitie pre konkrétne pole bola určená korekcia pre určenie reálnej dávky neutrónov.

Souhrn a analýza radiologických událostí v radioterapii v ČR za období 2008–2011

Ivana Horáková¹, Vladimír Dufek¹, Čestmír Berčík², Lenka Hobzová³,
Josef Novotný⁴

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² RC, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Habrovice 52, Ústí nad Labem,
403 40, ČR

³ RC, Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

⁴ Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

ivana.horakova@suro.cz

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) ve spolupráci se Státním ústavem radiační ochrany, v.v.i., a dalšími odborníky dlouhodobě věnuje pozornost radiologickým událostem v radioterapii. V této souvislosti SÚJB vydal dvě doporučení (Radiologické události – 1999 a Radiologické události v systému jakosti pracoviště – 2008), požaduje zpracování problematiky radiologických událostí do programu zabezpečování jakosti pracoviště a pravidelně sbírá a analyzuje zaznamenané radiologické události a potenciální radiologické události. Naposledy to bylo provedeno v roce 2008 za období 2005–2008. V letošním roce SÚJB sběr informací o radiologických událostech zopakoval. Oslovil všechna radioterapeutická pracoviště s žádostí o zaslání protokolů o radiologických událostech a záznamů o potenciálních radiologických událostech a o vyplnění dotazníku o celkovém počtu pacientů, frakcí, ozářených polí a radiologických událostí pro jednotlivé zdravotní vý-

kony v radioterapii v období 2008–2011.

V přednášce jsou analyzována data ze všech 28 radioterapeutických pracovišť v ČR za období 2008–2011. Je zpracováno 339 protokolů, z toho 5 radiologických závažných událostí (A), 9 radiologických událostí s významnými důsledky (B), 258 radiologických událostí s omezenými důsledky (C) a 67 potenciálních radiologických událostí (D). Je uvedeno i porovnání těchto výsledků s výsledky z předchozího období (5 událostí A, 6 událostí B, 144 událostí C, 5 událostí D). Pozornost je zaměřena na klasifikaci událostí, na chyby vedoucí ke vzniku radiologických událostí, na příčiny událostí, na nejčastější fáze procesu radioterapie, ve kterých dochází k chybě, a na prevenci událostí, včetně ochranných bariér (kontrolní listy, stranové protokoly, kontroly identifikace pacienta a dat, přídavných zařízení, polohy pacienta atd.). Jsou uvedeny konkrétní příklady radiologických událostí.

Systematický přehled nejistot v radiační onkologii

Martin Steiner

KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

martin.steiner@fjfi.cvut.cz

V této práci jsou kvalitativně popsány všechny významné zdroje nejistot v radioterapii. Na začátku komplexního radioterapeutického procesu stojí nejistoty spojené se stanovením rozsahu onemocnění, které lze dále rozdělit na nejistoty vznikající před vytvořením tomografického modelu pacienta, artefakty zobrazovacích modalit, nejistoty v registraci (fúzi) různých obrazových modalit, nejistoty v delineaci cílových objemů a kritických struktur, nejistoty v interpolaci objemů z 2D do 3D. Dále jsou analyzovány nejistoty v předpisu dávky úzce spojené s nejistotami radiobiologickými. Navazují nejistoty v procesu dozimetrického plánování, které můžeme dále rozdělit na nejistoty v konfiguraci výpočetních modelů, nejistoty vyplývající z preciznosti plánování, nejistoty v souvislosti s fixováním pacienta a simulací radioterapeutických plánů. Do radioterapeutického řetězce dále vstupují nejistoty spojené s ozařovací technologií, zejména nejistoty v generování

svazku (energie), nejistoty v monitorovacím systému, kolimačním systému a systému nastavení izocenter. Celý radioterapeutický řetězec je pak zakončen nejistotami v průběhu léčby, především v souvislosti s nastavováním pacientů, režimem IGRT a pohybem orgánů uvnitř pacienta. Všechny uvedené nejistoty jsou představeny chronologicky v pořadí, tak jak vstupují do procesu, zdůrazněny jejich dozimetrické a klinické důsledky, naznačeny možnosti jejich kvantifikace a eliminace. V práci jsou zdůrazněny nevýhody tomografického modelu pacienta a načrtnuty možnosti budoucích antropomorfních modelů a dalšího vývoje oboru s ohledem na nové poznatky radiobiologie a možnosti biologického zobrazování. Role lékařských fyziků v radiační onkologii leží především ve zvyšování CELKOVÉ dozimetrické, radiobiologické a geometrické přesnosti léčby, tedy v systematické eliminaci četných nejistot.

Use of some artificial intelligence elements in medical dosimetry and in radiation protection

Libor Makovicka, Rémy Laurent, Pierre Emmanuel Leni, Julien Henriet, Eric Martin, Régine Gschwind

IRMA (Informatics & Radiation Physics for Medical Applications), UMR 6249
CNRS University of Franche-Comté, BP 71427,, Montbeliard, 25211, Francie

libor.makovicka@univ-fcomte.fr

Actually, about 40% of the annual mean dose perceived by inhabitant (French statistics) is of medical origin by use of ionising radiations for diagnostic and therapeutic purposes (more than 50% of cancers treated by rays). This increasing contribution year by year (reproduction and multiplication of exams) can be better controlled by technique improvements, notably by the association of physical means and of computing sciences. In this aim, we developed tools stemming from artificial intelligence for the medical radiation physics and radiation protection purposes. Three main trunk roads characterize our will of minimization and optimization of doses received by the patients (or victims):

- Reduction of the computation times for the establishment of more accurate 3D dose cartographies (compared to the clinical routine TPS), due to the association of the Monte Carlo

methods and the ANN (Artificial Neural Network).

- The use of an ANN for the simulation and the prediction of lung movements. The developed platform offers several applications on the therapy stage, as well as on the diagnosis stage. Indeed, it will be able to deduct lung movement without supplementary doses.
- The association of ANN and CBR (Case Based Reasoning's) for the construction of personalised phantoms for the reconstitutions of external radiation accidents. In the case of an overexposure of a victim, it is paramount to avoid any new exposure while establishing the dose balance with the best accuracy. Therefore, digital phantoms are used to create the phantom of the victim. The goal is to reproduce the most faithfully possible the victim, to make the anthropo-radiametry able to anticipate its care.

Príčiny a dôsledky odporúčania nových dávkových limitov ICRP pre očné šošovky

Denisa Nikodemová¹, Ján Berec²

¹ Radiačnej Hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Oddelenie traumatológie, FNsP L. Dédera, Limbová 3, Bratislava, 833 01, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Zavedenie účinného programu optimalizácie dávok ožiarenia pacientov, lekárov a rádiologických asistentov je v súčasnosti aktuálnym a naliehavým problémom radiačnej ochrany, najmä v oblasti intervenčnej rádiológie, v dôsledku aplikácie vysokých dávok žiarenia. Nové Odporúčania ICRP (č.103 z roku 2007) revidujúce doterajšie systémy radiačnej ochrany, obsahujú úvahy o rastúcom poškodení zdravia z nenádorových účinkov ožiarenia. Tieto účinky, v minulosti označované ako deterministické, sú v súčasnosti nazývané tkanivovými reakciami. Súčasné epidemiologické dôkazy prehodnocujú neskoré prejavy ožiarenia a znižujú ich prahové hodnoty. ICRP odporúča dávkový limit pre očné šošovky 20 mSv za rok, takže drasticky znižuje dosiaľ v legislatíve SR používaný limit (150 mSv)

Riziko poškodenia šošovky je obzvlášť vysoké pri vysokom pracovnom nasadení pri fluoroskopických vyšetreniach, kde personál je priamo prítomný v operačnej sále. V príspevku budú diskutované faktory ovplyvňujúce dávku očných šošoviek v závislosti od vybavenia pracoviska, zložitosti klinického problému, používania ochranných prostriedkov, ale vo veľkej miere aj skúsenosti a výchovy zdravotníckeho personálu. Bude načrtnutá tiež možnosť stanovenia osobných dávok očí a niektoré výsledky sledovania radiačnej záťaže pri vybraných intervenčných rádiologických a kardiologických vyšetreniach, sledovaných pomocou TLD v rámci riešenia európskeho projektu ORAMED (FP7-EURATOM)

Konzultační schůzky SÚJB na pracovištích intervenční kardiologie

Petr Papírník, Jitka Nožičková

OEHO, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

petr.papirnik@sujb.cz

Vyšetření intervenční kardiologie vedou k velkému patientskému i profesionálnímu ozáření. Proto Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) zadal výzkum „Radiální ochrana při intervenční kardiologii“, jehož zpracovatelem byl Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. a který byl dokončen v roce 2010. V rámci něj proběhla analýza nejčastěji prováděných výkonů intervenční kardiologie na třech vybraných pracovištích. V listopadu 2011 SÚJB uspořádal seminář pro radiologické fyziky, asistenty a kardiology, na němž je seznámil s výsledky analýzy a se záměrem pořádat v dalších letech konzultační schůzky na všech pracovištích intervenční kardiologie. Tyto schůzky jsou zaměřeny převážně na koronární angiografii (CA) a standardní intervenční výkony (PCI). Před schůzkou pracoviště předkládá dozimetrická data 50+50 náhodně vybraných vyšetření CA a PCI. Při schůzce je tento soubor dat hodnocen a se zástupci pracoviště jsou diskutovány konkrétní možnosti praco-

viště, jak monitorovat patientské ozáření, případně jak dávky snižovat, možnosti porovnávání postupů mezi jednotlivými pracovišti i lékaři, způsoby monitorování ozáření pacienta dávkou, která by mohla vést k deterministickým účinkům, možnosti ochrany zdravotnického personálu před zářením. Je nutné, aby se schůzek účastnil radiologický fyzik, zástupce kardiologů a zástupce kardiologických sester nebo radiologických asistentů. V tuto chvíli se schůzky uskutečnily na 8 z 20 pracovišť. Po dokončení schůzek na všech pracovištích SÚJB zpracuje všechna získaná data a navrhne národní diagnostické referenční úrovně pro standardní vyšetření intervenční kardiologie. Poté začne SÚJB na těchto pracovištích provádět standardní kontroly, které budou zaměřeny na zapracování závěrů zjištěných při konkrétních schůzkách a na vytvoření a používání místních radiologických standardů a diagnostických referenčních úrovní.

Zhodnotenie radiačnej záťaže novorodencov v dôsledku rádiologických vyšetrení v Slovenskej republike

Alexandra Varjúová¹, Denisa Nikodemová², Ján Greschner³

¹ Oddelenie röntgenov, uzavretých a otvorených žiaričov, Regionálny úrad verejného zdravotníctva Banská Bystrica, Cesta k nemocnici 1, Banská Bystrica, 975 56, SR

² VVZ, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

³ Oddelenie rádiológie, Fakultná nemocnica s poliklinikou F.D. Roosevelta Banská Bystrica, SR

alexandra.varjuova@vzbb.sk

Použitie röntgenového žiarenia môže zachrániť život včasnou diagnostikou ochorení, avšak netreba zabúdať na riziko vyplývajúce z jeho aplikácie. Ionizujúce žiarenie je jeden z dokázaných rizikových faktorov pre vznik nádorov detského veku, v dôsledku vyššej citlivosti na žiarenie. Preto je nevyhnutné minimalizovať všetky riziká a voliť postupy vedúce k redukcii dávky žiarenia. Cieľom práce bolo získať prehľad o rádiologických vyšetreniach novorodencov, zhodnotiť radiačnú záťaž a navrhnúť optimalizáciu rádiologických postupov. Zmapovali sme prístrojové vybavenie v SR, typy najfrekventovanejších vyšetrení a parametre, pri ktorých sa uskutočňujú (napätie röntgenovej lampy, filtrácia, celkové elektrické množstvo, veľkosť poľa, vzdialenosť ohnisko-koža, projekcia, tienenie). Následne sme vykonali merania dopadovej dávky, určili vstupnú povrchovú dávku a zistenia porovnali s kritériami uvedenými v odporúčaní EC. Najčastejšie uskutočnenými rádiologickými vyšetreniami sú vyšetrenia hrudníka pojazdnými rönt-

genovými prístrojmi. Porovnaním expozičných parametrov a parametrov vyšetrenia sme zistili nesúlad viacerých parametrov s odporúčaniami Európskej komisie. Meraním dávkového príkonu na miestach ďalších lôžok a inkubátorov sme zistili, že nedochádza k významnému ožiareniu iných novorodencov. Na mnohých pracoviskách chýbajú olovené ochranné a fixačné pomôcky určené pre novorodencov. Prostredníctvom získaných výsledkov je možné prehodnotiť v spolupráci s neonatológmi frekvenciu vyšetrení novorodencov a ich nevyhnutnosť. Dúfame, že nami získané výsledky umožnia zjednotenie rádiologických postupov, optimalizáciu prístrojového vybavenia a budú príspevkom pre redukcii dávok novorodencov, ako aj pre návrh diagnostických referenčných úrovní. Aj keď si uvedomujeme, že riziko z rádiologického vyšetrenia je nízke v porovnaní s inými rizikami vyplývajúcimi zo zdravotného stavu predčasne narodených novorodencov, je potrebné zabezpečiť, aby dávky z ožiarovania boli čo najnižšie.

Ověření odhadu dávky pacienta při vyšetření na CT části hybridní kamery měřením na fantomu

Pavel Solný^{1, 2, 3}

¹ Oddělení dozimetrie, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

³ KNME-ORF, Fakultní nemocnice v Motole, V Úvalu 84, Praha, 150 06, ČR

solny@seznam.cz

Tato práce se zabývá ověřením odhadu radiační zátěže pacienta z CT části hybridní kamery pomocí měření termoluminiscenčních TLD 100H dozimetrů v Alderson Rando Antropomorfním fantomu. Cílem zhodnotit a navrhnout dozimetrickou aplikaci bylo TLD 100H detektorů v antropomorfním fantomu. TLD dozimetrie byly kalibrovány v podmínkách simulujících skutečné měření. Odhad radiační zátěže z vyšetření vyjádřený veličinou efektivní dávky E se pro konkrétní vyšetření stanoví pomocí profesionálního software ImPACT a ImpactDose. Protože E se nedá měřit přímo, byla zvolena metoda porovnání hodnot odhadů tkáňových ekvivalentních dávek H_T (taktéž odhadnutých výše uvedeným SW) s měřením absorbované dávky (D_T) v tkáni (T) v příslušných částech fantomu. Experiment a práce byly primárně plánovány a provedeny pro CT část hybridní kamery (Emotion Duo) na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie Fakultní nemocnice v Motole. Vzhledem k zájmu byl

proveden stejný experiment i pro dva diagnostické CT přístroje. Měřením byla v případě CT Emotion Duo zjištěna dobrá shoda odhadů H_T z vyšetření s naměřenými hodnotami D_T . V tomto případě byly odhady H_T obecně mírně nadhodnoceny oproti naměřeným D_T , což by zabránilo případnému podcenění radiační zátěže pacienta. Při měření pro diagnostická CT takového shody nebylo dosaženo. V plicích, které obsahovaly největší počet sad TLD detektorů, byly hodnoty odhadnuté H_T mírně podhodnoceny oproti měřeným D_T , což by mohlo v konečném důsledku vést k podcenění celkové radiační zátěže pacienta. Výsledky práce využijí zaměstnanci KZM při možné optimalizaci a porovnání nastavení CT přístrojů zahrnutých v této práci. Podobně provedený experiment na dalších diagnostických i hybridních CT přístrojích by mohl odhalit rezervy v jejich nastavení a vyvolat procesy směřující k další optimalizaci radiační ochrany.

Konfrontace výsledků stanovení radiační úrovně v okolí pacienta po podání I-131 na základě simulační metody Monte Carlo a měření

Jana Hudzietzová¹, Michal Košťál², Jozef Sabol¹, Petr Vlček³

¹ Katedra lékařských a humanitních oborů, Fakulta biomedicínského inženýrství ČVUT v Praze, Nám. Sítná 3105, Kladno, 272 01, ČR

² Centrum výzkumu Řež, s.r.o, Hlavní 130, Husinec – Řež, 250 68, ČR

³ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie 2. LF UK a FN Motol, V Úvalu 84, Praha 5, 150 06, ČR

hudzietzova@gmail.com

Na oddělení nukleární medicíny, zabývající se terapií štítné žlázy (karcinom štítné žlázy, hyperthyreóza), představuje pacient po podání radiofarmaka obsahující I-131 z hlediska radiační ochrany významný zdroj ionizujícího záření, který ozařuje nejen další pacienty na lůžkové části pracoviště, ale také zdravotnický personál zajišťující potřebnou léčebnou péči během pacientovy hospitalizace v nemocničním zařízení a v neposlední řadě jsou po propuštění pacienta do domácího léčení expozici vystaveni též rodinní příslušníci či osoby vyskytující se v pacientově blízkosti.

Po aplikaci radiofarmaka se kolem pacienta vytvoří radiační pole, které lze kvantifikovat veličinou příkon prostorového dávkového ekvivalentu. Jeho hodnota bude kromě aktivity použitého radiofarmaka rozhodujícím způsobem záviset na době stanovení této veličiny od okamžiku podání radioaktivní látky.

Referát se zabývá hodnocením radiačního pole v okolí pacienta během a po aplikaci příslušného radiofarmaka pro potřeby získání informací nutných k ocenění možného dopadu na ozáření dalších osob.

Byla realizována celá řada měření v okolí pacienta s cílem získat spolehlivé údaje o radiačním poli definovaném pomocí příkonu prostorového dávkového ekvivalentu a současně byla provedena simulace interakce záření gama emitovaného I-131 s látkou s použitím výpočetní metody Monte Carlo. Následně byly na základě tohoto postupu získány výsledky této veličiny, které se porovnály s experimentálně získanými daty.

Získané výsledky lze použít pro optimalizaci ozáření osob, které jsou ve styku s naaplikovaným pacientem a jsou tedy vystaveni určité radiační zátěži, která musí splňovat příslušná kritéria a požadavky dozorného orgánu na zabezpečení jejich adekvátní ochrany.

Systém radiační ochrany na PET Centru Řež

Milan Buňata¹, Michal Kazda²

¹ Divize Radiofarmak, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

² ENVINET a.s., Modřínová 1094, Třebíč, 674 01, ČR

milan.bunata@ujv.cz

V dubnu 2012 byla dokončena realizace projektu Výzkumné a vývojové PET Centrum Řež, jehož investorem byl ÚJV Řež, a. s., a jedním z generálních dodavatelů byla firma ENVINET a.s. V rámci projektu bylo v areálu ÚJV vybudováno nové moderní pracoviště, které bude sloužit k výzkumu, vývoji a produkci radiofarmak určených pro PET diagnostiku.

Jelikož příprava radiofarmak zahrnuje intenzivní práci s poměrně silnými otevřenými zdroji ionizujícího záření, bylo nutné v rámci projektu připra-

vit a realizovat účinný systém radiační ochrany pracovníků, a to jak po stránce technického vybavení, tak z hlediska režimu práce a pohybu osob. Přitom bylo využito dlouhodobých zkušeností, které ÚJV Řež, a. s., získala během několikaletého provozu dvou podobných pracovišť v nemocnicích v Praze a Brně.

Projekt Výzkumné a vývojové PET Centrum Řež je spolufinancován Evropským fondem pro regionální rozvoj a Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR.

Kvantitativní porovnání radiobiologických modelů pravděpodobnosti poškození zdravé tkáně s klinickými daty u karcinomu prostaty

Darina Trojková¹, Libor Judas²

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

darina.ornova@seznam.cz

S rozvojem 3D plánovacích systémů a složitějších technik ozařování (konformní terapie, IMRT), které umožňují navýšení dávky do cílového objemu za současného šetření zdravých tkání, se zvýšil zájem o radiobiologické modely pravděpodobnosti vzniku komplikací (NTCP – Normal Tissue Complication Probability).

Tyto modely koncentrují dávkovou distribuci v rizikovém orgánu do jednoho čísla a vyjadřují pravděpodobnost výskytu komplikací. Jako vstupní data pro výpočet slouží dávkově objemový histogram (DVH) plánu a parametry daného modelu. Zpětně pak může být pozorovaná toxicita léčby u pacienta porovnána s NTCP hodnotou, což by mělo vést ke zlepšení techniky léčby pro další pacienty.

Nejznámějším a nejpoužívanějším modelem je LKB model, alternativně pak Kallmännův a Logit+EUD model. V této práci byly tyto modely použity na data 302 pacientů s karcinomem prostaty, kde zkoumaným rizikovým orgánem je rektum. Byly porovnány výsledky modelů při použití dříve publikovaných hodnot parametrů s parametry získanými optimalizací programem MatLab na základě minimalizace Brierra skóre. Toto skóre porovnává shodu předpovědi modelu s pozorovanými toxicitami (čím je jeho hodnota menší, tím je shoda lepší).

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Malá ozařovací pole v klinické praxi

Tomáš Veselský^{1, 3}, Zuzana Horáková^{2, 3}, Vladimír Dufek^{1, 4}

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² ČVUT, Fakulta biomedicínského inženýrství, ČR

³ Fakultní nemocnice v Motole, ČR

⁴ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

veselskyt@seznam.cz

V současné době se používají moderní a stále přesnější technologie a přístroje pro radioterapii nádorových onemocnění. U těchto přístrojů roste význam používání tzv. malých ozařovacích polí nebo jejich segmentů. V případě takovýchto polí často není splněna rovnováha nabitých částic, jelikož jejich velikost je malá ve srovnání s velikostí maximálního dosahu sekundárních elektronů. Proto je důležité, jak tato malá ozařovací pole měříme a zároveň jakým způsobem je plánovací systém schopen s nimi počítat. V tomto smyslu byl na našem pracovišti ve FN v Motole proveden nezávislý audit od IAEA pomocí radiochromického filmu v plastovém fantomu, toto měření jsme doplnili

měřením pomocí polovodičové diody ve vodním fantomu a obě měření srovnali s výpočtem plánovacího systému. Nejmenší velikost pole, pro které má plánovací systém k dispozici data je 3×3 cm. Námi měřené pole bylo MLC tvarované pole o velikosti 2×2 cm. Výpočet takového pole v plánovacím systému tedy probíhá extrapolací z dat, které má k dispozici. Cílem práce je proto zhodnotit, zda je výpočet takto malých ozařovacích polí pomocí extrapolace dostatečný nebo je třeba do plánovacího systému vložit data i pro pole o velikostech menší než 3×3 cm.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Možnosti hodnocení radiační zátěže pacienta z vyšetření nukleární medicíny

Petra Mihalová^{1, 2}

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

Petruska.Mihy@seznam.cz

Radiační zátěž pacientů při diagnostických aplikacích otevřených radionuklidových zářičů se obvykle stanovuje za pomoci tabulek (ekvivalentní resp. efektivní dávka v mGy/MBq resp. mSv/MBq) uváděných v ověřených zdrojích. Za nespolehlivější zdroje jsou v současné době považovány publikace ICRP, které navazují na rozsáhlé soubory publikací amerického výboru MIRD (Medical Internal Radiation Dose) a centra RIDIC (Radiation Internal Dose Information Center). Nejčastěji jsou citovány hodnoty uvedené v doporučeních ICRP 53 a ICRP 80. Souhrnně jsou tyto tabulky uvedeny ve Věstníku MZ ČR v Národním radiologickém standardu – Radiologická fyzika „Postupy pro stanovení a hodnocení dávek pacientů při lékařském ozáření“, který vyšel v roce 2011. V současné době je již dostupné i doporučení ICRP 106, které doplňuje informace o radiofarmacích chybějících ve starších publikacích (tj. radiofarmaka pro PET, značené monoklonální protilátky aj.).

Výrobci radiofarmak mají za povinnost v příbalové informaci k radiofarmaku uvádět efektivní dávku a ekvivalentní dávku v nejvíce zatížených orgánech. Tato informace byla až do vydání výše uvedeného Věstníku jediným oficiálním zdrojem pro stanovení radiační zátěže pacienta. Při analýze příbalových informací od různých výrobců a jejich porovnání s Věstníkem lze však narazit na řadu nesrovnalostí. V práci je uveden přehled efektivních a ekvivalentních dávek z jednotlivých radiofarmak tak, jak je uvádějí jednotliví výrobci v porovnání s hodnotami uvedenými ve Věstníku. Většina výrobců uvádí jako zdroj informací ICRP 53, případně se pouze odkazuje na metodu MIRD či zdroj informací neuvádí. Největší neshody se bohužel objevují u radiofarmak s největší radiační zátěží pro pacienta (desítky mSv) a to u ⁶⁷Ga-citrátu a ¹¹¹In-pentetreotidu.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Optimalizace dávkové distribuce při spirálním tomografickém ozařování

Kateřina Dučevová^{1, 2}, Ondřej Konček^{1, 2}, Ondřej Semmler²,
Milan Semmler², Jan Křivonoska²

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP PRAHA a.s., Nad Kamínkou 1345, Praha, 156 10, ČR

ducevova@ujp.cz

Při tvorbě ozařovacího plánu pro konvenční techniku vychází většinou fyzik ze své klinické zkušenosti. Tento způsob plánování lze použít jen v případě klasického plánu složeného z několika málo ozařovacích polí. V případě tvorby plánu pro tomoterapii nelze tento klasický postup typu „pokus-omyl“ použít, neboť úloha má mnohem více stupňů volnosti, a není v lidských silách navrhnout plán, který by zaručil dostatečné pokrytí. Proto je třeba při tvorbě plánu použít sofistikovaný matematický algoritmus, který nalezne řešení tohoto problému. Výsledkem algoritmu je navrhnout takové geometrické uspořádání, aby byla splněna předem stanovená kritéria ozáření – doručení předepsané dávky do cílového objemu za současného šetření zdravé tkáně.

Pro optimalizaci dávkové distribuce byly použity a porovnány tři algoritmy založené na optimalizaci dávkově-objemového histogramu (DVH): metoda postupné iterace, metoda maximální věrohodnosti a genetický algorit-

mus. Porovnání proběhlo na jednoduchém modelu zahrnujícím jeden cílový objem (PTV) a jeden kritický orgán (OAR).

Zadaná kritéria na DVH 100 % splnila pouze metoda maximální věrohodnosti. Pomocí ní bylo dosaženo nejhomogennějšího prozáření PTV za současného chránění OAR. Pomocí genetického algoritmu byl získán relativně dobrý výsledek, avšak výpočet probíhal velmi dlouhou dobu. Podařilo se splnit kritérium omezující maximální dávku v PTV a kritérium omezující maximální dávku v OAR, avšak kritérium pro minimální dávku v PTV zůstalo nesplněno. Nejhoršího výsledku bylo dosaženo optimalizací metodou postupné iterace, kdy bylo splněno pouze kritérium omezující maximální dávku v OAR.

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory z prostředků státního rozpočtu prostřednictvím MPO ČR v rámci řešení projektu číslo FR-TI3/477.

Pencil beam kernel pro výpočet dávkové distribuce a jeho ověření pomocí metody Monte Carlo

Ondřej Konček^{1, 2}

¹ KDAIZ, ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² UJP PRAHA a.s., Nad Kamínkou 1345, Praha, 156 10, ČR

koncek@ujp.cz

Pencil beam kernel (PBK) pro ^{60}Co byl odvozen pomocí MCNP Monte Carlo kódu. Na základě PBK byl dále vytvořen algoritmus pro výpočet dávkové distribuce kobaltového ozařovače. Pro zrychlení výpočtu využívá algoritmus analytického fitu PBK. Správnost fitu PBK byla ověřena porovnáním spočteného a simulovaného dávkového profilu a hloubkové dávkové křivky.

Dále byl algoritmus rozšířen o 3D korekci na nehomogenity, která využívá jednak změny laterálního rozšíření PBK v závislosti na elektronové hustotě prostředí, a dále změny v dopředném a zpětném rozptylu elektronů při průchodu svazku materiálem. Ověření implementované korekce na nehomogenity bylo provedeno porovnáním vý-

počtu dávkové distribuce ve fantomu s různými nehomogenitami a Monte Carlo simulací. Dále bylo provedeno porovnání výpočtu se široce používanou korekcí tzv. Generalised Batho Power Low (GBPL), která ovšem nezohledňuje elektronový transport.

V porovnání s výsledkem Monte Carlo simulací, je výpočet dávky s novým algoritmem přesnější v porovnání s GBPL, a to především v blízkosti nehomogenit.

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. GS11/135/OHK4/2T/14. This work was supported by the Grant Agency of the Czech Technical University in Prague, grant No. SGS11/135/OHK4/2T/14

Porovnanie príspevkov k efektívnej dávke skupiny pacientov podstupujúcich rádiografické vyšetrenia a vyšetrenia CT na Slovensku

Lukáš Zachar

Fakulta verejného zdravotníctva, Oddelenie Radiačnej Hygieny, SZU Bratislava,
Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

zachar.lukas@seznam.cz

Populačné dávky v rámci diagnostického zobrazovania zaznamenali v súčasnej dobe rapidný nárast so zväčšujúcou sa dostupnosťou počítačovej tomografie (CT) a rozvojom intervenčných rádiodiagnostických vyšetrení.

V rámci našej práce sme sa zamerali na odhad veľkosti ožiarenia pre konvenčné rádiografické vyšetrenia a vyšetrenia počítačovou tomografiou. K tomuto účelu sme uskutočnili v období od začiatku kalendárneho roka 2011 zber údajov, ktoré nám umožnili stanoviť príspevky k efektívnej dávke (E) vyššie spomenutých zobrazovacích techník na troch pracoviskách na Slovensku. Zhromaždené údaje sme použili na výpočet príspevku k efektívnej dávke pre vybrané skupiny vyšetrení. Výpočty príspevku k E pre vyšetrenia konvenčnou rádiografiou sme vykonávali pomocou metodiky ktorú popísal vo

svojej práci W.Huda. Obdržané výsledky sme porovnávali s výpočtom pomocou overeného dozimetrického programu PCXMC. V rámci vyšetrení CT sme príspevky k E stanovovali manuálnym výpočtom z hodnoty celkového DLP pomocou prepočítavacích koeficientov a vybraných faktorov špecifikujúcich príslušnú generáciu a typ použitého CT prístroja. Obdržané výsledky sme porovnávali s výpočtom pomocou overeného dozimetrického programu CTEXPO v 2.1.

Obdržané výsledky nám umožnili vykonať vzájomné porovnania jednotlivých parametrov medzi vybranými pracoviskami zahrnutými do štúdie. V našej štúdií popisujeme jednoduchú a rýchlu metódu stanovenia príspevku k efektívnej dávke použiteľnú v klinickej praxi.

Studium možnosti vyhodnocování polymerních gelových dozimetrů optickou tomografií širokým svazkem světla

Kamila Kulhová

ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

kamila.kulhova@seznam.cz

Radioterapie se jako každý obor lidské činnosti neustále vyvíjí, proto je stále důležitější nalézt metodu, která umožní kontrolu výpočtu prostorové dávkové distribuce nezávisle měřením s dostatečnou přesností a rozlišením. Jedním z řešení tohoto úkolu může být gelová dozimetrie v kombinaci s optickou tomografií. Tato práce se zaměřuje na základní experimenty spojené s 3D vyhodnocováním fantomu optic-

kým skenerem využívajícím širokého svazku světla a na metodiku porovnávání výsledků, mj. je zde zkoumá vliv různého počtu snímků užitých při rekonstrukci řezu na kvalitu řezu, zobrazení trnu v různé výšce či vliv různých barevných a polarizačních filtrů. Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS11/135/OHK4/2T/14.

Verification of highly conformal techniques by electronic and gel dosimeters

Pavel Dvořák¹, Václav Spěvacek², Kateřina Vávrů², S. Stevens¹

¹ The London Clinic, 22 Devonshire Place, London, W1G 6JA, Great Britain

² ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

vaclav.spevacek@fjfi.cvut.cz

Three-dimensional dosimetry became available for radiotherapy dosimetry during recent years. Advantages over conventional 2D/1D methods include ability to present results of measurement in clinically relevant plan specific metrics such as structure DVHs. Until recently only truly 3D dosimeters with a sufficient spatial resolution were gel dosimeters evaluated by MRI or optical CT.

Development of electronic methods resulted in a range of commercial products based on 3D reconstruction of dose from acquired 2D projection data. Unlike gel or any phantom-based dosimeter results can be presented on patient CT model rather than a phantom only.

A simple 3D reconstruction application was developed on MATLAB platform applicable theoretically to any 2D detector capable of measurement of 2D dose at a given depth in water-equivalent phantom. 3D dose distributions are obtained using 2D maps of dose difference between reference and measurement, back-projected in the direction of a given field onto the ori-

ginal reference 3D dose distribution. Such 'measured' dose distribution can be then compared to original distribution including DVH analysis. Using this method we tested a 7-field IMRT (esophagus) plan measured by both Map-Check2 and Matrixx Evolution detectors used routinely for QA. Also we used a PAGAT polymer-gel (MRI) dosimeter to measure 3D dose of a highly complex VMAT H&N plan with spine sparing. Although not applied clinically we delivered this dose in a gated mode with approx. 50% duty cycle. All tests were performed on a Varian linac with a Millenium120 MLC.

If and when successfully implemented and verified, 3D dosimetry may become primary method of intensity-modulated plan pre-treatment QA.

This work was supported by the Grant Agency of the CTU in Prague, grant No. SGS11/135/OHK4/2T/14, by TIP program of the Ministry of Industry and Trade, project No. FR-TI3/477 and by the Ministry of Education, Youth and Sports, institutional research plan MSM6840770040.

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán aktuálně

Eva Pravdová

SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

eva.pravdova@sujb.cz

Radonový program ČR 2010 až 2019 – Akční plán byl schválen jako mezi-rezortní projekt Usnesením vlády ČR č. 594/2009. Jeho hlavním cílem je přispět ke snížení počtu úmrtí na rakovinu plic v důsledku zvýšeného ozáření radonem a jeho dceřinými produkty. Jeho strategie a priority byly modifikovány na základě vyhodnocení předcházejícího období. Na prvním místě je v současnosti strategie informovanosti, která má prostřednictvím obecných i cílených informací vyvolat zájem a zajistit aktivní přístup občanů k vlastnímu bydlení. Informovanost je zaměřena současně i na odbornou veřejnost, zejména na profesionály v oblasti stavebnictví. Průběžně jsou hledány a testovány cesty a prostředky, jak veřejnost i odbornou veřejnost oslovit a motivovat. Naše zkušenosti uplatňujeme

při tvorbě nového atomového zákona i na mezinárodní úrovni v rámci připomínkování dokumentů, které k problematice přírodního ozáření zpracovávají mezinárodní instituce. Musíme reagovat také na nové trendy ve stavebnictví, zejména snižování ventilace a zateplování mohou výrazně ovlivnit koncentraci radonu uvnitř budov. Současný systém radiační ochrany v oblasti přírodních zdrojů záření je u nás na vysoké úrovni. Občané mají možnost bezplatného informativního měření objemové aktivity radonu v bytech, ve stanovených případech i možnost požádat o poskytnutí státní dotace na protiradonová ozdravná opatření. Existuje dostupný vstřícný informační systém pro občany i profesionály. Pro hodnocení účinnosti Akčního plánu bude však rozhodující zejména jejich aktivní přístup.

Poznámky k radonovému programu

Martin Neznal

RADON v.o.s., Novákových 6, Praha 8, 180 00, ČR

neznal@clnet.cz

Při řešení problému zvýšených koncentrací radonu ve stavbách bylo v České republice v posledních dvaceti letech dosaženo řady úspěchů. Dokladem těchto úspěchů je i skutečnost, že řadu v České republice vyvinutých dílčích postupů přejímají jiné země, nebo v nich alespoň nacházejí inspiraci.

K ideálnímu stavu je nicméně daleko. Realizace radonového programu trpí některými nedostatky, které v řadě individuálních případů vedou k selhání. Rychle se mění technické parametry staveb, které mají podstatný vliv na koncentraci radonu v budovách (omezování výměny vzduchu). Také se objevují problémy nové. Za zmínku stojí zejména:

Povinnost stanovení radonového indexu stavby zákon ukládá tomu, kdo navrhuje umístění stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi, nebo tomu, kdo žádá o stavební povolení takové stavby. Tato povinnost se často neplní, nebo obchází.

Na trhu – konkrétně v oblasti stanovení radonového indexu pozemku – se pohybují firmy, které pracují nekvalitně, případně se dopouštějí podvodného jednání. Eliminace podobných subjektů z trhu je komplikovaná a zdoluhavá.

U nových staveb, v nichž byly po kolaudaci zjištěny vyšší koncentrace radonu, lze téměř vždy nalézt chyby v některé fázi procesu (stanovení radonového indexu, návrh preventivních opatření, realizace preventivních opatření).

Trvalý tlak na snižování tepelných ztrát a omezování ventilace budov nutně zvyšuje koncentraci radonu ve vnitřním prostředí. Tato skutečnost velmi komplikuje jakékoliv hodnocení účinnosti radonového programu. Také vzbuzuje pochyby, zda jsou v současnosti používaná preventivní protiradonová opatření stále ještě dostatečná. Navíc se objevují signály, že zdravotní riziko inhalace přeměnových produktů radonu je podhodnocené (tlak na zvýšení koeficientu pro přepočet objemové aktivity radonu na úvazek efektivní dávky).

Chybí informace o dlouhodobé účinnosti preventivních i ozdravných opatření. Příklad: Jaké lze v současnosti očekávat hodnoty objemové aktivity radonu v domech START, do nichž byly v devadesátých letech instalovány větrací systémy s rekuperací?

Není vyřešen potenciální problém nakládání s odpady – materiály se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů, které mohou vznikat při demolicích staveb (opět domy START).

Brief information about hidden fault systems investigation at the Etna volcano vicinity

Lenka Thinová¹, Kamila Johnová¹, Kateřina Navrátilová Rovenská^{1, 2},
Aleš Froňka²

¹ ČVUT FJFI, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

² SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

In the vicinity of Etna volcano there are, apart from the large main tectonic systems, lot of smaller tectonic faults, which are still active and may play the big role in case of the new tectonic or magma activity. Along these (partly hidden) faults, for example, may occur elevated concentration of carbon dioxide which may cause health burden. The collaboration between Department of Dosimetry CTU in Prague, Radon expert group NRPI Prague and Italian partners has started in the year 2010 with the aim to support the effort of Sicilian physicists and geologists to verify the best methods, which are able to find hidden faults safely. The measurement in the area of Primoti, San Venerina and Zafferana Etnea were carried out during two ten day common measurement campaigns (September 2011 and May 2012 on 7 selected profiles. The main aim of the realized measurements was: a) to find out hidden faults using a set of geophysical methods while none of them alone is capable to reveal the fault with certainty; b) to select the

best combination of methods, which are able to identify fault structures, and find their limitations. The measurements on all profiles were performed with sampling at distances between 3 m to 5 m, depending on obstacle locations, for example farm buildings and garden walls layout, following preliminary exploration across the area of interest. The terrain in the selected area was typical for Etna populated areas: usually stony, with mix of cultivated or uncultivated soil, situated on a series of terraces with relatively high elevation differences. Among the methods used by Czech group for the hidden fault confirmation the following were the most important: resistivity measurement; in situ gamma spectrometry; VLF method; radon concentration and permeability of soil; laboratory gamma spectrometry; atmogeochemistry measurement in selected locations; solid state nuclear track detectors located inside plastic boxes, placed in selected locations.

Spolehlivost a odchylky stanovení radonu v půdním vzduchu

Milan Matolín

Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité geofyziky, Univerzita Karlova
v Praze, Přírodovědecká fakulta, Albertov 6, Praha 2, 128 43, ČR

matolin@natur.cuni.cz

Radonový indexu pozemku určuje objemová aktivita radonu v půdním vzduchu a plynopropustnost zemin. Spolehlivost stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na pozemku ovlivňuje homogenita geologického prostředí a nahodilost míst odběrů vzorků půdního vzduchu, způsob a hloubka odběrů vzorků půdního vzduchu, počet bodů odběru a zvolený výsledný

statistický parametr dat souboru, citlivost přístroje a jeho kalibrace a časové změny radonu v horninách a období terénního měření. Tyto významné parametry byly na základě experimentů studovány a posouzeny. Převážně jednotné postupy a technika měření radonu v půdním vzduchu uplatňované v ČR přispívají ke zmírnění odchylek výsledků měření radonu na pozemcích.

Mezinárodní srovnávací měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

Martin Neznal

RADON v.o.s., Novákových 6, Praha 8, 180 00, ČR

neznal@clnet.cz

Príspevek shrnuje poznatky z mezinárodních srovnávacích měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu, kterých se RADON v.o.s. v minulosti zúčastnila, nebo na jejichž organizaci se podílela: Badgastein, Rakousko, 1991; New York, U.S.A., 1995; Praha, Česká republika, 1996; Příbram, Česká republika, 2002; Příbram, Česká republika, 2010; Saelices el Chico (Salamanca), Španělsko, 2011.

Poznatky lze shrnout takto:

Klasické terénní srovnávací měření neslouží ke kalibraci přístrojů (metod). Hodnoty naměřené jednotlivými účastníky se neporovnávají se standardem nebo s referenční hodnotou, ale vzájemně – s cílem získat představu o odchylkách, které jsou spojeny s použitím různých metod.

Geologické podmínky v hloubce odběru vzorků půdního vzduchu na testovací ploše by měly být pokud možno homogenní. Pokud není tento požadavek splněn, dá se očekávat značná variabilita naměřených hodnot.

Výskyt odlehklých hodnot významně ovlivní výsledky srovnávacího měření.

Odchylky spojené s primární kalibrací přístrojů v radonové komoře obvykle nepřesahují 10 %.

Odchylku na úrovni 20 % lze považovat za realistický cíl pro srovnávací

měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Variabilita významně převyšující 20 % indikuje problémy s odběrem vzorků půdního vzduchu a/nebo s primární kalibrací přístrojů u některých účastníků.

Časté systematické chyby jsou spojené s odběrem vzorků půdního vzduchu. Pokud není odběrový systém těsný, bývá odebraný vzorek „naředěn“ atmosférickým vzduchem a skutečná objemová aktivita radonu v půdním vzduchu je potom podhodnocena. Pro ověření použitelnosti metod odběru vzorků je vhodné vybrat testovací plochu se střední nebo nízkou plynopropustností půdy.

Odchylky mohou být dále způsobeny chybami při převodu vzorku do komory detektoru měřícího zařízení a chybějící nebo nedostatečnou eliminací vlivu thoronu. Odchylky vznikají i tehdy, pokud se podstatně liší objemy vzorků půdního vzduchu, odebírané různými účastníky. Různí účastníci potom měří objemovou aktivitu v podstatně odlišném objemu půdy, tedy de facto odlišné veličiny.

Doporučuje se co nejvíce omezit předběžná měření na vybrané testovací ploše, aby nedošlo k narušení povrchových vrstev půdy.

Zkušenosti s ročním provozem venkovní ON line měřící stanice venkovního radonu v areálu SÚRO, v.v.i., Praha

Karel Jílek, Josef Thomas, Miriam Slezáková

Radonová expertní skupina, SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

karel.jilek@suro.cz

Před více než rokem byla vybudována v areálu SÚRO v.v.i. stacionární venkovní měřící stanice pro měření venkovní objemové aktivity radonu, dávkového příkonu záření gama v rozsahu od přirozeného pozadí až do havarijních dávek a umožňující dále měřit i veličiny popisující parametry počasí (teplota, vlhkost, rychlost a směr větru, intenzita srážek a sluneční radiace).

V příspěvku nejprve představíme vlastní stanici koncipovanou pro samostatný provoz nezávislý na vnější elek-

trické síti, umožňující ON line bezdrátový přenos všech dat a vyhodnocovací a řídicí SW.

Dále budou ilustrovány vybrané výsledky měření vč. unikátních, získaných z několikaměsíčního kontinuálního monitorování venkovní objemové aktivity radonu z areálu Ředitelství lázní Jáchymov v průběhu topné sezony, pomocí předchůdkyně současné verze stanice.

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení TAČR alfa ID: TA02020865.

Stanovení odezvové funkce pro dekonvoluci kontinuálního měření atmosférického radonu

Josef Thomas, Karel Jílek, Aleš Froňka

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

josef.thomas@suro.cz

K detekci radonu je použita průtoková scintilační komora (PSK) s režimem 10 minut odběru – 20 minut měření. Pro každý nový odběr je tedy nutné odečíst vliv hromadícího se depozitu produktů přeměny radonu (ppRn) z odběrů předchozích, neboli provést dekonvoluci výsledků měření pomocí odezvové funkce (OF). OF je stanovena teoreticky pomocí modelu pro lineární kinetiku, ovšem s rozlišením aktivit Rn a ppRn ve vzduchu SK a aktivit ppRn deponovaných na vnitřním povrchu PSK. běžně se předpokládá, že každý atom ^{218}Po vzniklý v SK se 100% deponuje. Pokusili jsme se zavést neznámý koe-

ficient rychlosti depozice q , který je nutno stanovit z průběhu aktivit kalibračního měření, čímž se stanovení OF ovšem značně komplikuje. Ke studiu závislosti koeficientu q na průtokové rychlosti Q jsem využili výsledky sady experimentů s průtokovou ionizační komorou (PIK). Kriteriem pro stanovení koeficientu q je kvalita fitu časového průběhu experimentálních a teoretických dat na začátku odběru i v ustáleném stavu. Závislost $q(Q)$ je použita v OF PSK s měnitelným Q .

Sdělení bylo vypracováno na základě výsledků řešení projektu TAČR alfa ID: TA02020865.

Denná a sezónna variabilita koncentrácie radónu v ovzduší areálu SÚRO Praha meraná pomocou ON-line vonkajšej monitorovacej stanice radónu

Miriam Slezáková, Karel Jílek

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

miriam.slezakova@suro.cz

Pred viac než rokom bola vybudovaná v areáli SÚRO vonkajšia meracia stanica pre meranie vonkajšieho radónu, dávkového príkonu žiarenia gama v rozsahu od prirodzeného pozadia až do havarijných dávok a veličín popisujúcich parametre počasia (teplota, vlhkosť, rýchlosť a smer vetra, intenzita zrážok a atmosférický tlak).

V príspevku najprv predstavíme vlastnú stanicu koncipovanú pre samostatnú prevádzku nezávislú na vonkaj-

šej elektrickej sieti a umožňujúcu ON-line bezdrátový prenos všetkých dát. Ďalej budú prezentované výsledky nájdenej dennej a mesačnej variability vonkajšej objemovej aktivity radónu, založené na ročnom kontinuálnom meraní vonkajšieho radónu zo stanice s využitím veľkoobjemovej scintilačnej komory s odberovou výškou 2 m nad terénom.

Práca vznikla za podpory projektu TAČR alfa ID: TA02020865.

Vylučování uranu močí u horníků uranových dolů a neexponované populace

Irena Malátová, Věra Bečková, Miriam Slezáková, Ladislav Tomášek,
Jiří Hůlka

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.malatova@suro.cz

Obsah uranu v moči byl zkoumán u 60 horníků uranových dolů a u 76 neexponovaných osob. Do celkového počtu neexponovaných osob je zahrnuto též 13 osob z rodin horníků uranových dolů. Horníci byli rozděleni podle profesí; pouze ale lamačů byl dostatečný počet ke statistickému hodnocení.

Obsah uranu v moči byl stanoven metodou HR ICP–MS firmou ALS a SZÚ. Dosavadní výsledky potvrzují průměrný vyšší obsah uranu v moči u horníků uranových dolů než u obyvatelstva. Nejvyšší obsah uranu v moči byl nalezen u lamačů, u dalších hornických profesí se mnohdy překrývá s vyššími hodnotami u populace.

Byly učiněny pokusy porovnat nalezené obsahy uranu v moči s modelově vypočtenými. Jako vstupní hodnoty byly použity inhalační příjmy, odhadnuté z měření tříslůžkovými osobními dozimetry ALGADE a to z celkové alfa aktivity dlouhodobých radionuklidů, zachycených na filtru. Experimentálně nalezené hodnoty jsou vesměs nižší než vypočtené, což svědčí o konzervativním přístupu. Byl nalezen řádový souhlas, ovšem korelace není dobrá. Příčiny nesouhlasu jsou předmětem zkoumání – jde zejména o možné chyby jednotlivých hodnot a to jak při odhadu inhalace, tak i při odhadu denního vyloučeného množství uranu ze stanovené koncentrace v bodových vzorcích.

Stanovení homogenity alfa-aktivních vzorků stopovým detektorem

Iva Vošahlíková, Josef Holeček, Petr Otáhal, Ivo Burian

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i., Kamenná 71, Milín,
262 31, ČR

vosahlikova@sujchbo.cz

Pro stanovení aktivity vzorku alfa-aktivních radionuklidů je vhodná co nejmenší tloušťka vrstvy vzorku a je vhodné i homogenní rozložení aktivní vrstvy v celé ploše. Jeden ze způsobů, jakým lze ověřit rovnoměrnou distribuci zářičů v analyzovaném vzorku, představuje detekce částic alfa za použití stopového detektoru KODAK LR 115. Vzorek je k detektoru přiložen, přitom ale je mezi ně vložena vhodná brzdicí folie k redukci energie částic alfa na 1,8–3,6 MeV. Po vyleptání exponovaného stopového detektoru v 8% roztoku NaOH je distribuce stop v celé ploše de-

tektoru vyhodnocena v programu NIS verze 3 AR od společnosti Laboratory Imaging. Stopovým detektorem byla testována homogenita alfa-aktivních vzorků připravených elektrodopozicí, vzorků připravených odpařením radioaktivního kontaminantu v parní lázni, odparků rozpuštěných celulóзовých filtrů. Vzorky o různých úrovních aktivity byly připraveny pomocí etalonu uranu s přírodním izotopovým zastoupením. Ve všech případech byla zjištěna homogenní distribuce a tím byly verifikovány hodnoty aktivity zjištěné alfaspektrometry.

Degradace polymerních hydroizolací pomocí radonu a půdních bakterií

Kateřina Navrátilová Rovenská¹, Martin Jiránek²

¹ SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Fakulta stavební, ČVUT v Praze, Tháškova 7, Praha 6, 160 00, ČR

katerina.rovenska@suro.cz

V rámci řešení projektu byla vytvořena banka hydroizolací, která obsahuje zástupce hydroizolačních materiálů na polymerní bázi používaných pro izolace podzemních částí staveb, tj. PVC, recyklované PVC, PE a polyolefiny a zástupce asfaltových pásů. Vzorky byly umístěny do expozičních nádob, kde jsou vystaveny degradaci způsobené alfa zářením, jehož zdrojem je radon a

produkty jeho přeměny, a půdní mikroflórou. Podmínky expozice degradačním činitelům jsou dlouhodobě sledovány. Příspěvek pojednává o průběžných výsledcích mechanických zkoušek a stanovení součinitele difuze získaných v rámci projektu.

Práce provedena v rámci projektu P104/11/1101 financovaném GA ČR

Indoor radon and thoron survey in V4 countries

Anita Csordás¹, Matej Neznal², Martin Neznal², Karol Holý³,
Monika Müllerová³, Attila Moravcsík³, Jadwiga Mazur⁴, Krzysztof Kozak⁴,
Dominik Grzadziel⁴, Tibor Kovács⁵,
Denisa Nikodemová⁶, Helena Cabáneková⁶

¹ Institute of Radiochemistry and Radioecology, University of Pannonia,
Veszprem, Maďarsko

² RADON v.o.s., Novákových 6, Praha 8, 180 00, ČR

³ Department of Nuclear Physics and Biophysics, Faculty of Mathematics,
Physics and Informatics, Comenius University, Bratislava, SR

⁴ Laboratory of Radiometric Expertise, Institute of Nuclear Physics PAN (IFJ
PAN), Krakow, Polsko

⁵ Social Organization for Radioecological Cleanliness, Veszprem, Maďarsko

⁶ SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

On the basis of the newest research work it seems to be proved that the risk factor of lung cancer formation caused by radon is higher than it has been known so far. However, according to some surveys, in certain cases the radiation dose originating from thoron may be considerable. In V4 countries the realized measurements in residential houses show that radon levels considerably exceed the world average. Therefore, the new radon data and statistical analysis are required from these four countries. In the framework of the Visegrad Fund we have carried out small radon project entitled "Harmonization of determining the radiation dose of the population originating from radon".

During the project each partner chooses an area in their own country (radon prone area) where the radon concentration of residential buildings is higher than the average. The radon concentration of the specified areas is surveyed in detail according to the jointly elaborated radon measurement protocol. Data gained this way will be well comparable due to identical measurement protocol, and will be suitable for statistical analysis. The measurement method (Raduet detector) used during the survey is also suitable for discriminative measurement of radon and thoron at the same time. Therefore, the results gained during the survey will also be useful even for thoron level survey.

Měření objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních

Ivana Fojtíková

SÚRO, v.v.i., Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

katerina.rovenska@suro.cz

Státní ústav radiální ochrany v rámci plnění plánu Radonového programu ČR – Akčního plánu zahájil v roce 2011 kampaň, jejímž cílem je proměření objemové aktivity radonu v předškolních zařízeních na území ČR. Od posledního proměřování koncentrace radonu ve školských zařízeních již uplynula řada let a, vzhledem k silnému trendu rekonstruování a zateplování, mohlo dojít ke změnám, které koncentraci radonu v objektech školek ovlivnily.

K měření objemové aktivity radonu se používají integrální detektory RamaRn. Ty jsou školkám, které se k měření přihlásily, zaslány na začátku školního roku poštou. Učitelé je následně podle připraveného návodu rozmístí

v místnostech s pobytem dětí. Na konci školního roku (tj. na konci června) jsou detektory sesbírány a postupně vyhodnoceny. Měření probíhá bezplatně.

Výsledky získané v prvním kole měření (školní rok 2011/2012) umožňují vykreslit mapy proměřenosti školek či získané objemové aktivity radonu. Jako podklad pro tyto mapy je použita nejnovější prognózní mapa radonového indexu autorů Barnet, Pacherová z České geologické služby. Jsou nástrojem využitelným při provádění kampaně na podporu snižování ozáření z přírodních radionuklidů při bydlení.

V současné době probíhá 2. ročník měřicí kampaně ve školkách.

Radiačná záťaž obyvateľstva od radónu vo vonkajšej atmosfére

**Martin Bulko, Žofia Pohronská, Monika Müllerová, Karol Holý,
Radoslav Böhm**

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
UK, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

Rádioaktívny ^{222}Rn (radón) je významnou zložkou prirodzenej radiačnej záťaže. Hoci sa tento plyn nachádza v zvýšených koncentráciách hlavne vo vnútornej atmosfére, v tejto práci sme sa sústredili na radiačnú záťaž obyvateľstva od radónu vo vonkajšej atmosfére, s prihliadnutím na výšku, vek a fyzickú aktivitu rôznych skupín ľudí. Za účelom merania výškového profilu radónu bola v období od októbra 2011 do marca 2012 meraná objemová aktivita radónu (OAR) v areáli FMFI UK BA vo výške 5 cm a 163 cm nad zemou. Priemerná hodnota OAR počas súbežného merania bola vo výške 5 cm $(11,9 \pm 0,5) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ a vo výške 163 cm nad zemou $(4,0 \pm 0,2) \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. Korelačný koeficient medzi nameranými OAR v rôz-

nych výškach bol $R = 0,81$. Hodnoty OAR pre iné výšky nad zemou boli získané interpoláciou. Relatívne riziko vzniku rakoviny pľúc v dôsledku inhalácie radónu vo vonkajšej atmosfére bolo vzhľadom na pomerne nízke objemové aktivity radónu a krátku dobu pobytu osôb v tomto prostredí nízke. Jeho hodnota bola pre dospelého, priemerne fyzicky aktívneho nefajčiara $1,0026 \pm 0,0001$. Pre dvojročné dieťa bolo navýšenie relatívneho rizika približne dvojnásobné. Bolo zistené, že s vekom klesá relatívne riziko približne logaritmicky, a závislosť medzi zvýšenou fyzickou aktivitou (reprezentovanou zvýšenou ventilačnou rýchlosťou) a navýšením relatívneho rizika je približne lineárna.

Stanovenie Ra-226 a Pb-210 vo vodách pomocou kvapalinového scintilačného spektrometra

Pavol Ragan, Peter Kováč

Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

pavol.ragan@uvzs.sk

V ideálnom stave je v spektre vzorky kvapalinového scintilátora a alfa emitujúceho rádionuklidu možné pozorovať pik. V prípade vzorky, ktorá obsahuje zrazeninu (sírany olovnatý a rádiumbarnatý) sa vplyvom absorpcie časti energie alfa častice v kryštáli zrazeniny spektrum zmení a detegované alfa častice majú nižšiu energiu. Pokiaľ však budeme merať kvapalnú vzorku, ktorú získame rozpustením zrazeniny, je možné bez použitia separácie impulzov alfa a beta rozlíšiť v spektre nízkoenergetické žiarenie beta izotopu Pb-

210. Rozlíšenie Pb a Ra však komplikuje skutočnosť, že Pb-210 sa premieňa na Po-210, ktoré je alfa žiarič rovnako ako Ra-226. Vo vzorke s Ra-226 s časom narastajú jeho dcérske produkty, ktoré sú alfa (Rn-222, Po-218) ako aj vysokoenergetické beta žiariče (Pb-214, Bi-214). Výsledkom je komplexné spektrum, ktoré obsahuje viacero energií alfa, nízkoenergetické a vysokoenergetické beta spektrá. Po rozpustení zrazeniny a následnom meraní sa významne zlepši účinnosť detekcie pre Pb-210 a zlepšia sa charakteristiky alfa píkov.

Vývoj vysokocitlivej metódy kontroly exhalácie radónu z materiálov pre experiment SuperNEMO

Monika Müllerová, Karol Holý

Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky
UK, Mlynská dolina F1, Bratislava, 842 48, SR

mullerova@fmph.uniba.sk

V súčasnosti medzi aktuálne vedecké otázky patrí aj štúdium bezneutrínovej dvojitej beta premeny atómových jadier. Týmto problémom sa zaoberal experiment NEMO3, ktorý bol uskutočňovaný v podzemných laboratóriách v Modane a v súčasnosti je tam pripravovaný experiment SuperNEMO. Ako sa ukazuje, tak objemová aktivita radónu tvorí nezanedbateľnú časť pozadia, ktoré nepriaznivo ovplyvňuje rozoznanie eventov, ktoré mohli vzniknúť v dôsledku dvojitej beta premeny. Eliminácia radónu v náplni detekčného systému NEMO je dôležitým predpokladom úspechu tohto experimentu. S cieľom zmerať a ohodnotiť rádioaktivitu jednotlivých konštrukčných súčastí a určiť z nich exhaláciu radónu je potrebné znížiť detekčné limity používaných meracích metodík. Najpoužívanejšou metodikou určovania exhalácie radónu je akumulačná metóda. Táto metóda je založená na meraní nárastu radónu ako časovej funkcie od doby,

počas ktorej je vzorka uzavretá v akumulačnej nádobe. Pri testovacích meraniach exhalácie z materiálov navrhovaných pre experiment SuperNEMO bol radón nahromadený v plexisklovej akumulačnej nádobe (dni až týždne) najprv adsorbovaný na kolónkach s aktívnym uhlím (chladených na teplotu približne -40°C) a potom bol transportovaný do scintilačnej komôrky Lucasovho typu pre určenie jeho aktivity. Testovali sme rôzne druhy aktívneho uhlia z hľadiska ich rádioaktivity a adsorbčných vlastností na radón. Zistili sme, že najlepšie vyhovuje požiadavke nízko aktívnych meraní aktívne uhlie Silcarbon K-48. V príspevku budú uvedené aj výsledky merania exhalácie radónu z rôznych materiálov testovaných pre experiment SuperNemo (fotonásobič, izolačné materiály, kovové súčiastky, tlakové fľaše). Rozpracovaná metodika je vhodná aj pre kontrolu exhalácie radónu v rádiohygienickej praxi.

Zhodnocení měření školských zařízení v letech 2003-2012

Josef Vošahlik, Petr Otáhal, Ladislav Němeček

Státní ústav jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i., Kamenná 71,
262 31, ČR

vosahlik@sujchbo.cz

V České republice byl radonový program zahájen v 80. letech minulého století. Současný radonový program ČR 2010 až 2019 – „Akční plán“ navazuje na výsledky předcházejícího radonového programu, který byl schválen na období 2000 až 2009. „Akční plán“ je zpracován v souladu se současnou legislativou ČR v oblasti radiační ochrany a zohledňuje aktuální trendy v členských státech EU.

Jedním z bodů „Akčního plánu“ je strategie usměrňování stávajícího ozáření z radonu. Smyslem strategie je po-

stupně snižovat počet existujících bytů a budov ve veřejném zájmu, ve kterých je překročena směrná hodnota objemové aktivity radonu $400\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.

Příspěvek shrnuje měření v zařízeních pro dlouhodobý pobyt dětí a mládeže od roku 2003 do roku 2012. V tomto období bylo proměřeno celkem 74 objektů. Vzhledem k charakteristickému režimu užívání těchto objektů je nutné provádět hodnocení objektu podle průměrné objemové aktivity radonu v době pobytu dětí.

Rejstřík

Ambrožová Iva, 25, 42

Andrlík Michal, 53

Badraoui-Čuprová Klára, 84, 104

Bartusková Miluše, 39

Bečková Věra, 34, 50, 133

Beňa Jozef, 76

Berčík Čestmír, 108

Berec Ján, 111

Blažek Karel, 102

Böhm Radoslav, 24, 138

Bohúnová Jarmila, 64

Borecký Zdeněk, 34, 50

Borek Petr, 28

Brom Jakub, 37

Bujan Albert, 64

Bulko Martin, 138

Buňata Milan, 116

Burian Ivo, 134

Burianová Jelena, 43

Burianová Ludmila, 92

Cabáneková Helena, 136

Csordás Anita, 136

Čarný Peter, 51, 54, 57, 58

Čechák Tomáš, 95

Černý Radek, 89

Češpírová Irena, 44, 55, 59, 62, 63

Čížek Jiří, 75

Čulen Jiří, 103

Davídková Marie, 20, 21, 23

Dostál Jaroslav, 103

Drábová Veronika, 38, 96, 97

Dragounová Lenka, 34, 50, 98

Dryák Pavel, 93

Dučevová Kateřina, 75, 95, 120

Dufek Vladimír, 105, 108, 118

Dulanska Sylvia, 38

Dulanská Silvia, 52, 80

Dvořák Jakub, 33, 49

Dvořák Pavel, 124

Džbánek Lukáš, 100

Đúran Juraj, 36

Đúranová Tatiana, 56

Ekendahl Daniela, 105

Fantínová Karin, 30, 43

Fejgl Michal, 89

Fojtík Pavel, 30, 34

Fojtíková Ivana, 137

Froňka Aleš, 63, 74, 127, 131

Fülöp Marko, 107

Galanda Dušan, 38, 80, 96, 97

Glavach Yuriy, 53

Greschner Ján, 113

Gryc Lubomír, 59, 63

Grzadziel Dominik, 136

Gschwind Régine, 110

Hájek Pavel, 86

Halas Petr, 49

Havránek Jiří, 34, 50

Helebrant Jan, 43, 45, 59, 63

Henriet Julien, 110

Hinca Róbert, 87, 91

Hobzová Lenka, 108

Hofman Radek, 40, 44, 47

Holá Olga, 70

Holeček Josef, 134

Hölgve Zoltán, 39

Holý Karol, 24, 136, 138, 140

Horáková Ivana, 105, 108

Horáková Zuzana, 118

Horodyský Petr, 102

Hudzietzová Jana, 71, 115

Hůlka Jiří, 133
Hýža Miroslav, 34, 50

Chaloupková Hana, 99
Chochola Ondřej, 48
Chylý Miroslav, 51, 54, 57, 58

Jadrný Radovan, 76
Jančář Aleš, 88, 103
Janda Jiří, 31
Jelínek Pavel, 78
Ježek Přemysl, 86
Jílek Karel, 130, 131, 132
Jiránek Martin, 135
Johnová Kamila, 127
Judas Libor, 117
Jurčo Milan, 106

Kamada Kei, 101
Kantová Žaneta, 106, 107
Kaufman Miroslav, 53
Kazda Michal, 116
Klupák Vít, 60
Klusoň Jaroslav, 35, 69, 100
Konček Ondřej, 75, 95, 120, 121
Kopecký Zdeněk, 88, 100
Košťál Michal, 115
Kovács Tibor, 136
Kováč Peter, 139
Kovář Ivan, 29, 42
Kovář Petr, 90, 93
Kozak Krzysztof, 136
Kozlová Michaela, 85
Králík Gabriel, 106, 107
Kratochvíl David, 86
Krčmárik Martin, 91
Krkoš Marian, 87
Krmela Jan, 77
Krnáč Štefan, 87
Krpelanová Monika, 51, 54, 57, 58
Krůs Miroslav, 85
Křivonoska Jan, 95, 120
Kříž Radim, 28, 33

Kubančák Ján, 29, 42
Kubát Jan, 94
Kuča Petr, 44, 45, 55, 59, 62
Kulatá Tereza, 104
Kulhová Kamila, 123
Kurfírt Marek, 53
Kuruc Jozef, 96, 97

Lahodová Zdena, 60
Laurent Rémy, 110
Leni Pierre Emmanuel, 110
Lipták Ludovít, 51, 54, 57, 58
Lištjak Martin, 76
Londýn Petr, 78
Lušňák Jan, 34, 50

Majer Pavel, 75
Makovicka Libor, 110
Malá Helena, 34, 41, 50, 53
Malátová Irena, 50, 133
Malý Petr, 94
Marek Tomáš, 94
Mareš Jiří A., 101
Marešová Barbora, 44, 61, 62
Martin Eric, 110
Martinčík Jiří, 74
Matějka Václav, 72
Mátel Eubomír, 80
Matolín Milan, 74, 128
Matzner Jan, 34, 50, 67
Mazur Jadwiga, 136
Mergental Filip, 75
Mihalík Ján, 39
Mihalová Petra, 119
Michaelidesová Anna, 21, 23
Million Marc, 28
Mitrofanov Artyom, 96
Molokanov Alexander G., 25
Moravcsík Attila, 136
Moučka Ladislav, 74
Mudra Josef, 79
Müller Tomáš, 18, 22

Müllerová Monika, 136, 138, 140
Navrátil Matěj, 84, 102
Navrátilová Rovenská Kateřina, 63,
74, 127, 135
Nedbal Václav, 37
Němeček Ladislav, 141
Neznal Martin, 68, 126, 129, 136
Neznal Matej, 136
Nikl Martin, 101
Nikodemová Denisa, 111, 113, 136
Nováček Petr, 33
Novotná Miroslava, 86
Novotný Josef, 108
Nožičková Jitka, 112

Ohera Marcel, 81, 82, 83
Okruhlica Petr, 33, 49
Olšovcová Veronika, 85
Orčíková Hana, 29
Otáhal Petr, 134, 141

Pachnerová Brabcová Kateřina, 23,
25
Papírník Petr, 112
Pavlík Bohuslav, 82, 83
Pavlík Josef, 81
Pecha Petr, 40, 44, 47
Pechová Emilie, 40
Petránek Vít, 49
Petrová Karla, 66
Pfeiferová Vendula, 98
Pilátová Helena, 34, 50
Ploc Ondřej, 42
Plucnarová Silvia, 31, 82
Podlaha Josef, 77
Pohronská Žofia, 138
Pospíchal Jiří, 53
Prášek Pavel, 28
Pravdová Eva, 125
Procházka Jan, 37
Prouza Zdeněk, 44, 50, 55, 59, 61, 62,
63

Průša Petr, 101
Přidal Petr, 99

Rada Jiří, 34, 50
Ragan Pavol, 27, 107, 139
Remenec Boris, 65
Rosová Eva, 21
Rulík Petr, 34, 41, 43, 50, 53, 98
Rus Bedřich, 85

Sabol Jozef, 71, 115
Sas Daniel, 31, 81
Sedlák Antonín, 19, 24
Semmler Milan, 95, 120
Semmler Ondřej, 120
Singer Jan, 73
Slabý Jozef, 64
Sládek Petr, 81, 82, 83
Slaninka Alojz, 52, 76
Slávik Ondřej, 52, 76
Slezáková Miriam, 41, 130, 132, 133
Slugeň Vladimír, 87
Smejkalová Eva, 51, 54, 57, 58
Smolek Karel, 99
Sochor Vladimír, 86, 92
Sojak Stanislav, 87
Solivajs Dušan, 32, 107
Solný Pavel, 114
Spěváček Václav, 124
Stacho Matúš, 87
Steiner Martin, 109
Stevens S., 124
Striegler Rostislav, 53
Strišovská Jana, 38, 96, 97
Sud Jaromír, 46
Suchoň Dušan, 51, 54, 57, 58
Surý Jan, 78
Světlík Ivo, 89

Šindelková Eva, 34, 50
Škábová Martina, 59, 61, 63
Škrkal Jan, 43, 98
Šolc Jaroslav, 90, 92, 93

Štekl Ivan, 99
Štěpán Václav, 20
Šuráň Jiří, 86, 90

Těšínská Emilie, 16
Thinová Lenka, 35, 74, 127
Thomas Josef, 130, 131
Tokárová Alena, 31
Tomášek Ladislav, 17, 133
Tomášková Anna, 65
Tomášková Lenka, 89
Trojková Darina, 117

Urban Tomáš, 69, 95, 100
Ursíny Miloš, 107

Vachelová Jana, 23
Varjúová Alexandra, 113
Vávrů Kateřina, 124
Velyhan Andriy, 85
Veselský Tomáš, 118

Viererbl Ladislav, 60
Vinciková Hana, 37
Vlček Bečková, 34
Vlček Bohumil, 25
Vlček Jaroslav, 50
Vlček Petr, 115
Voljanskij Alexandr, 60
Vondráček Vladimír, 84, 104
Vorobel Vít, 99
Vošahlík Josef, 141
Vošahlíková Iva, 134
Vrba Tomáš, 26

Yoshikawa Akira, 101

Zachar Lukáš, 122
Zámečník Lubomír, 84
Zelenka Zdeněk, 85

Žlebčík Pavel, 53
Žukauskas Aivaras, 99



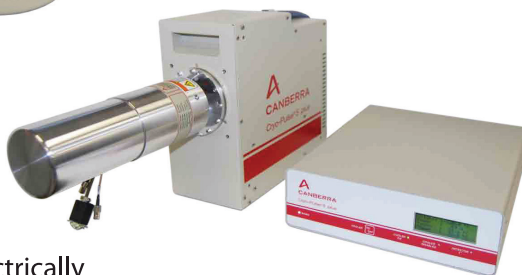
Osprey™ –
Universal Digital MCA Tube Base
for Scintillation Spectrometry



Lynx®
Digital Signal Analyzer



Cryo-Cycle™ II
Hybrid Cryostat



Cryo-Pulse® 5 plus Electrically
Refrigerated Cryostat



EcoGamma
Environmental Gamma
Radiation Monitor



Colibri® :
Hand-Held Health Physics
Communication ALARA* Platform



TriCarb 3180 TR/SL
Super Low Level Liquid Scintillation Counter



Wizard
Automatic Gamma Counter

CANBERRA PACKARD
Central Europe GmbH
Wienersiedlung 6 , A-2432 SCHWADORF
Phone: +43(0)2230 3700-0
Fax: +43(0)2230 3700-15
e-mail: cpce@cpce.net
internet: www.cpce.net

Czech Republic:
CANBERRA PACKARD spol. s r.o.
Sultysova 37 , CZ-16900 PRAHA 6
Phone: +420-233090031
Fax: +420-233090032
e-mail: cpcz@cpce.net
internet: www.cpce.net



Flexibilní řešení



Společnost VF je spolehlivým partnerem v oblasti radiační kontroly a ochrany. Partnerem, který **svým zákazníkům poskytuje flexibilní, technicky vyspělá a kvalitní řešení přizpůsobená na míru jejich potřebám**. Vysokou úroveň produktů a služeb nabízených společností VF zajišťuje tým odborníků se zkušenostmi s realizací řady různorodých projektů **v oblasti radiační kontroly a ochrany v České republice a mnoha dalších zemích Evropy a Asie**.

Společnost VF disponuje kvalitním technickým vybavením, které jí umožňuje plnit vysoké nároky na kvalitu služeb a výrobků v oblasti radiační kontroly a ochrany za konkurenceschopné ceny. **Součástí technického zázemí společnosti jsou:**

- Technologické centrum pro aplikovaný výzkum a vývoj nových technologií, produktů a řešení v oblasti dozimetrie a ochrany a následně zajištění sériové výroby zavedených produktů.
- Výrobní centrum zajišťující sériovou výrobu našich zařízení a kompletaci komplexních systémů.
- Akreditovaná metrologická laboratoř ionizujícího záření.
- Horká komora pro práci se zdroji ionizujícího záření vysokých aktivit.
- Školící středisko pro předávání a výměnu zkušeností v oblasti radiační kontroly a ochrany.
- Realizační a servisní středisko, které zajišťuje realizaci projektů a poskytování servisních služeb, a to jak vlastních systémů, tak i systémů jiných výrobců.

Naši zákazníci:

- Jaderné elektrárny (Dukovany, Temelín, Bohunice, Mochovce, Paks, Kozloduy, Ignalina, Smolensk, Rovno, Lungmen, Metzamor).
- Přepřacovatelské závody (Sellafield UK).
- Výzkumné ústavy (JRC Geel Belgie, ARC Seibersdorf Rakousko, UJV Rez ČR, IFJ Krakow Polsko, INRNE Bulharsko, KAERI Jižní Korea).
- Úložiště odpadů (Důl Richard ČR, Novi Han Bulharsko).
- Národní metrologické instituty (ČR, Slovensko, Litva, Tádžikistán).
- Agentury pro ochranu životního prostředí (ČR, Slovensko, Rumunsko, Bulharsko, Pákistán).
- PET centra (Brno ČR, Bratislava Slovensko, Bydgoszcz Polsko).
- Armáda a ministerstvo vnitra (ČR, Slovensko).
- Evropská komise, Evropská banka pro obnovu a rozvoj, IAEA.

Produkty a řešení společnosti VF jsou rozděleny do následujících segmentů:

- Jaderná energetika a průmysl.
- Radioaktivní odpady.
- Zdravotnictví.
- Metrologie.
- Životní prostředí.

Zakázky realizujeme kompletně od zpracování studií, projektů a realizační dokumentace přes dodávku zařízení, vývoj a implementaci SW, instalaci a kompletní vyzkoušení systému na místě až po předání uživateli do provozu. Dále zákazníkům poskytujeme záruční a pozáruční servis.

Jaderná energetika a průmysl

Společnost VF je významnou mezinárodní společností v oblasti dodávek systémů radiační kontroly pro jadernou energetiku. Nabízíme kompletní řešení pro rekonstrukce i výstavbu nových bloků jaderných elektráren, pro výzkumné ústavy s výzkumnými reaktory, závody na přepracování paliva, úložiště radioaktivních odpadů a pro další zákazníky. **Nabízíme široký sortiment vlastních produktů i kompletní řešení systémů radiační kontroly a ochrany pro oblasti:**

- Monitorování pracovního prostředí a stavu technologie.
- Monitorování plyných a kapalných výpustí.
- Monitorování pevných odpadů.
- Monitorování osobních dávek a kontaminace na hranicích kontrolovaných pásem.
- Monitorování okolního životního prostředí.
- Přenosných přístrojů a laboratorních přístrojů pro měření vzorků.
- Kompletních měřicích, řídicích a informačních systémů.

Radiační kontrola a ochrana



Radioaktivní odpady a zdroje ionizujícího záření

V důsledku vyřazování dožívajících starších jaderných zařízení se dostává do popředí zájmu monitorování radioaktivních odpadů a jejich uvolňování do životního prostředí. Oblast radioaktivních odpadů a likvidace zdrojů ionizujícího záření se tak stává stále významnějším segmentem služeb a řešení. **Společnost VF nabízí pro tuto oblast řadu produktů zaměřených zejména na:**

- Monitorovací systémy pro uvolňování radioaktivních odpadů do životního prostředí.
- Systémy pro radionuklidovou charakterizaci radioaktivních odpadů a stanovení prostorového rozložení aktivity.
- Informační systémy a databáze radioaktivních odpadů, výsledků měření, výpočty a limitování uložené aktivity, sledování pohybu kontejnerů s radioaktivními odpady.
- Projektování a výstavba horkých komor pro práci s vysokými aktivitami do 2000 TBq Co-60.
- Dodávky, výměny, manipulace a likvidace zdrojů ionizujícího záření.

Zdravotnictví

Zdravotnictví využívá zdroje ionizujícího záření pro nejrůznější diagnostické a léčebné účely. **Společnost VF nabízí zdravotnickým zařízením služby a řešení v oblasti radiační kontroly a ochrany, jako např. jsou:**

- Dodávky monitorovacích systémů radiační kontroly pro PET centra.
- Dodávky ozařovačů pro lékařské účely.
- Kompletní legislativní a technická podpora na pracovištích se zdroji ionizujícího záření (radiodiagnostická pracoviště, radioterapeutická pracoviště a oddělení nukleární medicíny).

- Metodickou podporu při tvorbě místních radiologických standardů a nastavení diagnostických referenčních úrovní.

Služba osobní dozimetrie

- Kompletní servis.
- Moderní technologie i design.
- Vysoká stabilita a citlivost.
- Jednoznačná identifikace.
- Odolnost proti vlivům prostředí.
- Operativní vyhodnocování.

Školící středisko

Školící středisko společnosti VF se zaměřuje na pořádání odborných školicích akcí, seminářů, kurzů a konferencí v oblasti radiační ochrany a ionizujícího záření.

Cílem Školícího střediska je zejména poskytnout kvalitní zázemí pro:

- Odbornou přípravu zaměstnanců VF.
- Setkávání s odborníky z průmyslu a jaderné energetiky.
- Celoživotní vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Získávání zvláštní odborné způsobilosti pro práci se ZIZ.
- Spolupráci při odborném výcviku studentů vysokých škol.
- Poskytování prostor i jiným společnostem a organizacím pro pořádání vlastních školicích akcí formou pronájmu.

Metrologie

Produkty a služby jsou dlouhodobě ověřené provozem vlastní laboratoře a zkušenostmi s realizací obdobných pracovišť v České republice i zahraničí.

Zaměřujeme se na následující produkty:

- Kompletní dodávky kalibračních laboratoří pro metrologické instituty, jaderné elektrárny, armádu a civilní ochranu, jejichž součástí jsou ozařovače, kalibrační lavičky, řídicí systémy a související technologie.
- Systémy pro měření a standardizaci aktivity radionuklidů, vhodné pro zavedení národních standardů aktivity.

Životní prostředí

Monitorování přítomnosti radioaktivních látek v životním prostředí má v portfoliu společnosti nezastupitelné místo.

Nabízíme především:

- Automatické monitorovací stanice pro sledování dávkových příkonů a koncentrace radioaktivních látek v ovzduší či vodách, přizpůsobené pro práci ve složitých venkovních klimatických podmínkách.
- Systémy předávání dat a informační systémy pro národní centra sledující úroveň radiace v životním prostředí.

VF, a.s.

náměstí Míru 50, 679 21 Černá Hora, CZ, tel.: +420 516 428 611, fax: +420 516 428 610, info@vf.cz

VF, s.r.o.

M. R. Štefánika 9, 010 02 Žilina, SK, tel.: +421 415 072 411, fax: +421 415 072 410, info@vf.sk



Crytur Ltd.
Palackého 175
CZ-51101 Turnov
Phone: +420 481 319511
Fax: +420 481 322323
crytur@crytur.cz
www.crytur.com



SCINTILLATION MATERIALS AND DETECTORS
LASER RODS AND OTHER LASER COMPONENTS
CRYSTAL BASED PRECISE OPTICS AND MECHANICS
SAPPHIRE PROFILES...

CRYTUR - CZECH REPUBLIC

GEORADIS

GEORADIS s.r.o. je česká společnost zabývající se vývojem, výrobou, prodejem a servisem přístrojů na měření ionizujícího záření a magnetické susceptibility. Hlavní část produkce zaujímají monitory a spektrometry záření gama.

GEORADIS navazuje na tradici firem Geofyzika Brno – Envi 2000 – Exploranium CZ. Spolupracuje se společností Radiation Solutions Incorporation, Toronto, Kanada a Terraplus Ltd., Richmond Hill, Kanada.

Jednoduchý scintilometr gama **RT-20(T)**

- Vyhledávání radioaktivních zářičů v nevelkých množstvích materiálu
- Vhodné pro malé metalurgické a recyklační firmy nebo jako doplněk stacionárních detekčních systémů
- Detektor může být umístěn na teleskopu délky 1 – 2 metry



Scintilometry gama **RT-21, 22 (B, T) Super-SCINT**



- Vysoce citlivé přístroje na vyhledávání zářičů v kovovém odpadu nebo anomálií v přírodním prostředí
- Ukládání měřených hodnot do paměti pro archivaci – RT-22
- Komunikace s PC, GPS nebo hands-free přes USB nebo Bluetooth
- NaI(Tl) nebo BGO detektor $\varnothing$ 51 x 51 mm
- Detektor může být umístěn na teleskopu délky 1 – 2 metry

Směrový scintilometr **GT-25**

- Pro prostředí s vysokým radiačním pozadím jako jsou uranové doly, úložiště radioaktivních odpadů apod.
- Robustní konstrukce do extrémního prostředí
- Dva CsI(Tl) detektory $\varnothing$ 20 x 25 mm s PIN diodami
- Ovládání čtyřmi podsvícenými tlačítky
- Velká paměť, USB přenos dat do počítače



Spektrometr gama - Identifikátor **RT-30 (G, N, T) Super-SPEC**



- Nejnovější, vysoce citlivý Identifikátor radionuklidů
- Vyhledávání zářičů, měření dávkového příkonu a identifikace radionuklidů
- Nevyžaduje externí zářič pro nastavení zesílení
- Varianty s GM trubicí pro vysoké dávkové příkony, s He-3 detektorem pro detekci neutronů nebo s detektorem na teleskopu

AFRAS Energo s.r.o. je spolehlivým dodavatelem komplexních služeb v oblasti radiační ochrany. Navrhuje sofistikovaná řešení a spolupracuje s renomovanými výrobci zařízení. Ve všech svých aktivitách společnost využívá odborné know-how, nejnovější technické prostředky, měřicí zařízení a technologické postupy.

Investiční dodávky

- Realizace investičních projektů v oblasti radiačních monitorovacích systémů.
- Prodej přístrojů pro radiační ochranu, dozimetrických systémů, měřidel pro monitoring životního prostředí aj.

Inženýrské činnosti

Poradentství, technicko-obchodní řešení dodávek zařízení radiačních monitorovacích systémů pro realizaci investičních projektů.

Servis RMS

Komplexní zajištění údržby zařízení radiačních monitorovacích systémů v jaderných elektrárnách.



KOMPLEXNÍ RADIAČNÍ SERVIS

AFRAS Energo s.r.o.
JE Temelín, P.O.Box 5
373 05 Temelín
Česká republika

tel.: +420 381 105 340
fax: +420 381 105 329
e-mail: info@afras-energo.cz
www.afras-energo.cz

ENVINET

Společnost působící v oblasti jaderné energetiky, průmyslu, bezpečnosti a obrany, zdravotnictví a vědecko-výzkumných center.



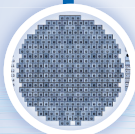
**PROJEKTY, DODÁVKY
A SLUŽBY PRO JADERNOU ENERGETIKU**



**RADIOMETRICKÉ SYSTÉMY A RADIAČNÍ
MONITORING**



**VÝROBA A SERVIS DETEKTORŮ
IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ**



**VÝVOJ A IMPLEMENTACE
SPECIALIZOVANÝCH SOFTWARE**



LABORATORNÍ SYSTÉMY A TECHNOLOGIE



AUTOMATIZACE V ENERGETICE A PRŮMYSLU

Originální inovativní a komplexní řešení

Vlastní projekční a výrobní zázemí

Multiprofesní tým

www.envinet.eu

