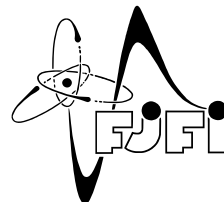


XXXII.

Dny radiační ochrany

sborník abstraktů

Třeboň, Jižní Čechy
8.–12. 11. 2010



Česká společnost pro ochranu před zářením
Státní ústav radiační ochrany

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Programový výbor:

Irena Malátová, Ing., CSc. — předsedkyně

Ludmila Auxtová, Ing.

Tomáš Čechák, Prof., Ing., CSc.

Dana Drábová, Ing., Ph.D.

Marie Davidková, Ing., Ph.D.

Aleš Froňka, Mgr.

Ivana Horáková, Ing., CSc.

Jiří Hůlka, Ing.

Vladislav Klener, Prof., MUDr., CSc.

Ladislav Moučka, RNDr.

Denisa Nikodemová, Doc., RNDr., Ph.D.

Zdeněk Prouza, Ing., CSc.

Tomáš Trojek, Ing., Ph.D.

Josef Thomas, RNDr., CSc.

Organizační výbor:

Lenka Thinová

Tomáš Čechák

Aleš Froňka

Jan Hradecký

Věra Křížová

Jiří Martinčík

Ladislav Moučka

Matěj Navrátil

Vlasta Pešková

Kateřina Rovenská

Markéta Šmejkalová

Václav Štěpán

Lenka Trnková

Tomáš Urban

Kateřina Vávrů

XXXII. 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 (www.typokvitek.com) a editor
Tisk	Česká technika – nakladatelství ČVUT (http://www.cvut.cz/cs/struktura/ctn)
Vydáno	Praha, listopad 2010
Počet stran	125
ISBN	978-80-01-04647-0

Milé kolegyně, milí kolegové, vážení přátelé:

Ráda bych vzpomněla přednášku profesora Marvin Goldmana z University of California, Davis, kterého jsme pozvali v r. 1996 při příležitosti světového kongresu IRPA ve Vídni do Prahy. Jeho seminář v SÚRO měl téma „Legacy of Chernobyl“, možná, že si někteří ještě na něj vzpomínáte. Po přednášce jsme s prof. Goldmanem ještě poseděli u skleničky a diskutovali o Černobylu, o radiační ochraně, o problémech se stárnutím odborníků a malém přírůstkem mladých. Prof. Goldman vzpomínal, že když on přišel do oboru, tak se jen rozhlédl a viděl samá bílá místa, o nichž nebylo nic známo a všude viděl možná pole působnosti — podotýkám, že se radiační ochraně a radiobiologii začal věnovat v začátku padesátých let při pokusných výbuších v Nevadě. Na webu jsem našla paměti profesora Goldmana, kde říká, že doba nových poznatků byla tak hektická, že v pondělí rozmístili přístroje a v pátek již mohli publikovat (resp. byli by mohli, kdyby to vše nebylo tajné). I u nás v šedesátých a sedmdesátých letech byla nasbírána pěkná řádka nových poznatků — vzpomeňme jen velkých pokusů na zvířatech s cílem zjistit závislost dávka–účinek pro různou časovou a prostorovou distribuci v tkáni, které byly provedeny v tehdejšímu Centru hygieny záření IHE či spoustu pokusů s experimentálními zvířaty na VLDVÚ v Hradci Králové.

Dnes se nám jeví, že je již vše známé, vše prozkoumáno a ty vzrušující objevy se dějí jinde. Je tomu opravdu tak? Kde tedy jsou bílá místa dnešní radiační ochrany? A jsou nějaká? A také se říká (jistě nadsazeně), že největší zdroj poznatků je v archívech. Měli bychom však využít toho, že ještě máme tušení, co by v těch archívech mohlo být, a vytáhnout na světlo to, co je skutečně cenné. Tohle se týká samozřejmě starší generace.

Dnešní mladá generace si jistě ta bílá místa nachází také, již počet přednášek a posterů, které jsou přihlášeny na XXXII. Dny radiační ochrany

nás mohou naplňovat optimismem, že zajímavých témat v radiační ochraně je stále dost a rozvoj techniky v aplikacích ionizujícího záření nás stále novými tématy zásobuje. Všechny tematické okruhy, které jsme vyhlásili, byly poměrně dost naplněny, výjimkou byl okruh 8, který měl mj. zahrnovat vzdělávání. To bychom měli považovat za nedostatek, protože vzdělávání odborné veřejnosti — tím myslím například zdravotníky nebo záchranné týmy — a komunikace s veřejností by měly patřit k našim prioritám.

Jen si představme, jak složité je vysvětlení přenosu a rizika — na obrázku níže je to trochu zjednodušeno:



Takže pro příště bychom měli zařadit do sekce „různé“ i komunikaci s veřejností a uvidíme, na jaké nové nápady přijdeme.

Přeji vám všem, aby se vám v novém místě XXXII. Dnů radiační ochrany v krásném městě Třeboni líbilo, abyste zde načerpali hodně poznatků a elánu do další práce a hledání „bílých míst“ v našem oboru.

Irena Malátová

Sponzoři

Hlavní sponzoři

Canberra-Packard s.r.o.

www.cpce.net



ENVINET a.s.

www.envinet.cz

ENVINET a.s.

VF a.s.

www.vf.cz



Ostatní sponzoři

AFRAS Energo s.r.o.

www.afras-energo.cz



EMPOS, s.r.o.

www.empos.cz



GEORADIS s.r.o.

www.georadis.com



Ing. Petr Šimeček — RDS

www.rdsys.cz



VUJE a.s.

www.vuje.sk



Obsah

Úvod	1
Sponzoři	2

Pondělí

Úvodní přednášky

Současné mezinárodní a národní aktivity v oblasti radiační ochrany <i>Karla Petrová</i>	11
Spotřební výrobky s přidanými radionuklidy z pohledu regulátora <i>Zdeněk Rozlívka</i>	12

Biologické účinky záření a zdravotní hlediska – 1

Kombinovaný vliv expozice radonu a kouření <i>Ladislav Tomášek</i>	13
Radiosenzitivita při velmi nízkých dávkách <i>Antonín Sedlák</i>	14
Současné možnosti biodozimetrie <i>Zuzana Šinkorová</i>	15
Efektivní dávka — přednosti a omezení této veličiny při aplikacích v radiologii <i>Václav Hušák, Jaroslav Ptáček, Marko Fülöp, Petr Fiala</i>	16

Postery

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v letech 2002–2009 <i>Tomáš Müller</i>	17
---	----

Úterý

Metrologie, měření a přístrojová technika – 3

Detekce záření emitovaného z vyhořelého jaderného paliva výzkumného reaktoru LVR-15 <i>Ladislav Viererbl, Vít Klupák, Zdena Lahodová, Alexandr Voljanskij, Adam Kolmistr, Michal Kolečka, Karel Turek</i>	18
Metrologické aspekty uvolňování radioaktivně kontaminovaných materiálů <i>Róbert Hinca, Jozef Dobrovodský, Anton Švec</i>	19
Porovnání programů pro spektrometrii záření gama <i>Josef Tecl, Petr Kovář, Miroslav Martykán</i>	20
Použití letecké gamaspektrometrie pro lokalizaci zdrojů záření a odhadu jejich aktivity <i>Petr Sládek, Marcel Ohera, Jiří Janda, Daniel Sas</i>	21
Tvorba matice operátora odozvy pro WSP analýzu spektier NaI(Tl) detektora <i>Matúš Stacho, Štefan Krnáč, Vladimír Slugeň, Róbert Hinca, Stanislav Sojak</i>	22
Vývoj, výroba a uplatnění nových scintilačních detektorů ve společnosti ENVINET a.s. <i>Hana Chaloupková, Václav Holeček</i>	23
Základní pojmy v legální metrologii: připomenutí a poznámky <i>Tomáš Soukup</i>	24

Postery

Aplikácia kvapalinovej scintilačnej spektrometrie pri stanovení americia vo vzorkách životného prostredia <i>Dušan Galanda, Veronika Drábová, Silvia Dulanská, Eubomír Mátel, Boris Remenec</i>	25
Kalibrační plochy pro leteckou gamaspektrometrii používané v rámci Armády České republiky <i>Petr Sládek, Marcel Ohera, Jiří Janda, Daniel Sas</i>	26
Metody stanovení ^{14}C a jejich využití <i>Ivo Světlík, Václav Michálek, Lenka Tomášková, Michal Fejgl</i>	27
Měření relativní 3D distribuce dávky ve vodě v okolí brachyterapeutického zdroje Ir-192 pomocí radiochromního gelu <i>Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor</i>	28
Pásový analyzátor lupku na principu promptní gama-neutronové aktivační analýzy <i>Jan Dressler, Zdeněk Kopecký, Aleš Jančář</i>	29
Příprava obtížně rozložitelných vzorků pomocí mikrovlnného rozkladného zařízení <i>Jiří Janda, Petr Sládek, Daniel Sas</i>	30
Rychlé stanovení radioaktivní kontaminace mléka metodou kapalinové scintilace <i>Daniel Sas, Petr Sládek, Jiří Janda</i>	31
VUV-UV-visible luminescence iontů Nd^{3+} , Er^{3+} a Tm^{3+} a distribuce energie v krystalu LiLuF_4 <i>J. Martinčík, M. Nikl, S. Ishizu, K. Fukuda, T. Čechák, A. Beitlerová, K. Polák, A. Yoshikawa</i>	32
Scintilační odezva tenkých filmů LuAG:Sc , Pr , Ce připravených metodou epitaxe z kapalných fází <i>Petr Průša, Miroslav Kučera, Jiří A. Mareš, Martin Nikl, Karel Nitsch, Martin Hanuš, Zuzana Onderišinová</i>	33
Stanovení parametrů rentgenky s polykapilární fokusací pomocí radiochromních filmů a spektrometrie záření X <i>Lenka Trnková, Tomáš Trojek</i>	34

Modelování šíření a monitorování radionuklidů v životním prostředí – 4

Validácia novej metódy stanovenia izotopov ^{239}Pu a $^{238,240}\text{Pu}$ <i>Silvia Dulanská, Eubomír Mátel, Dušan Galanda, Boris Remenec</i>	35
Odhad radiačnej záťaže z výpustí ÚJV Řež výpočtovým kódem RD_UJV <i>Juraj Ďúran, Ladislav Bohún</i>	36

Problémy s predikcí šíření radioaktivního znečištění při specifických meteorologických podmínkách <i>Radek Hofman, Petr Kuča, Petr Pecha</i>	37
Vliv variability povětrnostních podmínek na odhady důsledků dlouhodobých úniků radioaktivity <i>Radek Hofman, Petr Kuča, Petr Pecha</i>	38

Postery

Modelování radiační zátěže obyvatelstva v okolí jaderných zařízení <i>Vladimír Patera, Ondřej Pokorný</i>	39
Systém pro odhad ekonomických nákladů na eliminování radioaktivní kontaminace zemědělsky využívaných ploch <i>Pavel Kepka, Jan Procházka, Jakub Brom, Hana Vincíková</i>	40
Terénní testy s rozptylem radioaktivní látky na volném prostranství s překážkou <i>Petr Rulík, Věra Bečková, Irena Češpírová, Aleš Froňka, Jan Helebrant, Petr Kuča, Helena Malá, Václav Michálek, Vendula Pfeiferová, Helena Pilátová, Zdeněk Prouza, Kateřina Rovenská, Jan Škrkal, Lenka Trnková</i>	41
Časový průběh depozice ^7Be během srážek <i>Helena Pilátová, Miroslav Hýža, Petr Rulík, Helena Malá, Jiří Hůlka</i>	42
Obsah ^{137}Cs v potravních komoditách lesního ekosystému <i>Jan Škrkal, Petr Rulík</i>	43
Rádiochemické stanovenie plutónia-241 v pôdnej matrici <i>Jana Strišovská, Dušan Galanda, Jozef Kuruc</i>	44
Hlbinné geologické úložisko pre rádioaktívny odpad a vyhoreté jadrové palivo: geotechnické kritéria na vlastnosti bentonitovej bariéry <i>Michal Galamboš, Olga Rosскопfová, Veronika Paučová, Pavol Rajec</i>	45
Využitie separačných metód pri stanovení ^{63}Ni v rádioaktívnych odpadoch <i>Olga Rosскопfová, Ivan Kajan, Michal Galamboš, Matúš Pupák, Pavol Rajec, Lubomír Mátel</i>	46

Středa

Dozimetrie zevního a vnitřního ozáření – 2

Rychlé třídění vnitřně ozářených osob I. Principy metodiky a její ověření <i>Zdeněk Prouza, Vendula Pfeiferová, Pavel Fojtík, Irena Češpírová, Irena Malátová, Petr Kuča</i>	47
Hlavové kalibrační fantomy pro aktinidy: měření a simulace <i>Tomáš Vrba</i>	48
Pasivní detektory v polích záření vysokých energií <i>Iva Ambrožová, Kateřina Pachnerová Brabcová, Zlata Mrázová, Ján Kubančák, František Spurný</i>	49
Srovnání různých materiálů používaných jako detektory stop v pevné fázi <i>Kateřina Pachnerová Brabcová, Iva Ambrožová, Zlata Mrázová, František Spurný</i>	50
Porovnanie metód pre odhad dávkového ekvivalentu meraného polovodičovým detektorom Liulin umiestneným na palube medzinárodnej orbitálnej stanice ISS <i>Ján Kubančák, Ondřej Ploc, Tsvetan Dachev, Zlata Mrázová, Iva Ambrožová, František Spurný</i>	51
Simulace experimentu MTR-R uskutečněného na palubě Mezinárodní vesmírné stanice pomocí programu PHITS <i>Zlata Mrázová, Iva Ambrožová, Lembit Sihver, Tatsuhiko Sato, Vyacheslav A. Shurshakov</i> .	52
Principy filtrační analýzy OSL — dozimetru InLight používaných službou osobní dozimetrie VF, a.s. <i>Jana Havelková, Petr Nováček, Pavel Prášek</i>	53
Príspevok k meraniu dávok doručených mimo cieľový objem v klinickom protónovom zväzku <i>Ján Kubančák, Alexander Molokanov, Kateřina Pachnerová Brabcová, Iva Ambrožová, Bohumil Vlček</i>	54
Interpretácia údajov prsteňových dozimetrov pre hodnotenie ožiarenia rúk personálu nukleárnej medicíny pri práci s rádiofarmakami <i>Marko Fülöp, R. Hrzičová, A. Marečková, I. Mráz, Pavol Ragan, Václav Hušák, Daniel Baček, Izabela Makaiová, Pavol Povínek, V. Vondrák, Marína Arpášová, L. Ullmannová</i>	55
Vliv retence železa v trávicím traktu na úvazek efektivní dávky <i>Petra Mihalová, Tomáš Vrba</i>	56
NaCl jako retrospektivní dozimetr <i>Daniela Ekendahl</i>	57

Postery

Rychlé třídění vnitřně ozářených osob II. Měření celotělové aktivity a odhad úvazku efektivní dávky <i>Pavel Fojtík, Vendula Pfeiferová, Irena Malátová, Zdeněk Prouza</i>	58
Association of case-based reasoning and artificial neural networks to create voxelized phantoms <i>Libor Makovicka, Emmanuelle Fontaine, Julien Henriët, Remy Laurent, Jad Farah</i>	59
Dosimetric dependences of DMC 2000XB <i>Jan Singer, Jana Šmoldasová, Irena Petrová</i>	60
Odezva detektorů stop použitých jako spektrometr lineárního přenosu energie v poli záření neutronů vysokých energií <i>Iva Ambrožová</i>	61
Výsledky testovacího měření dávek beta OSL — dozimetru InLight <i>Jana Havelková, Petr Nováček, Pavel Prášek</i>	62
Trendy ve vývoji počtu radiačních pracovníků a v rozložení jejich dávek a ve vývoji počtu zdrojů ionizujícího záření sestavené na základě dat z Registrů SÚJB <i>Jana Davidková</i>	63

Radiační ochrana v jaderně-palivovém cyklu včetně havarijní připravenosti – 6

Činnost letecké a mobilních skupin během cvičení Zóna 2010 <i>Irena Češpírová, Zuzana Pašková, Jan Matzner</i>	64
ESTE Annual Impacts — Dopady běžnej prevádzky JE: Najnovšie prechodové faktory (IAEA), aktualizácia štatistických dát pre SR, ČR, Rakúsko a Maďarsko <i>Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták, Peter Čarný</i>	65
Hodnotenie vplyvu JE v SR v rámci periodického hodnotenia bezpečnosti <i>Ondrej Slávik, Juraj Košťál, Alojz Slaninka</i>	66
Ozařování vysoceobohaceného uranu pro výrobu ⁹⁹ Mo v ÚJV Řež <i>Vladimír Brož, Milan Marek, Jiří Neužil, Jiří Rychecký, Josef Stehno, Vladimír Vrbán</i>	67
Rekonstrukce systémů elektronické osobní dozimetrie SEOD na jaderných elektrárnách Jaslovské Bohunice EBO V2 a Mochovce EMO 1, 2 <i>Petr Okruhlica</i>	68
Stanovenie inventára aktívnej zóny reaktora pre potreby havarijnej odozvy s využitím kódu Origen/SCALE <i>Monika Krpelanová, Peter Čarný</i>	69
Stanovenie konverzných faktorov pre odhad reálneho úniku do atmosféry okolia z odozvy TDS v prípade havárie JE s využitím MCNP <i>Ľudovít Lipták, Peter Čarný</i>	70
Systém radiačnej kontroly na MO34 — technologická radiačná kontrola <i>Štefan Ševečka, Ondrej Slávik, Alojz Slaninka, Marko Fülöp</i>	71
Výpusti AaŠP (bez tritia) z JE Temelín do vodoteče <i>Marek Kurfířt, Jiří Pospíchal</i>	72
Zkušenosti s transporty vyhořelého jaderného paliva z výzkumných reaktorů bývalého východního bloku <i>Karel Svoboda, Josef Podlaha</i>	73
Postupy merania pri uvoľňovaní budov <i>Ondrej Slavík, Martin Lištjak, Alojz Slaninka</i>	74
Postery	
Automatické prepojenie systému ESTE Mochovce a ESTE Bohunice a formulárov o vyrozumení o udalosti na jadrovom zariadení <i>Pavol Lackovič, Peter Čarný, Jozef Čech</i>	75
Databáza kontaminovaných betónových povrchov a automatizovaný systém merania <i>Martin Lištjak, Pavol Göndör, Ondrej Slávik</i>	76
Schéma implementácie systému ESTE v podmienkach Slovenských elektrární a.s. <i>Miroslav Chylý, Dušan Suchoň, Eva Smejkalová, Peter Čarný, Jozef Čech</i>	77
Statistické porovnání metod pro vyhodnocení výsledků leteckých měření dávkových příkonů <i>Jan Helebrant, Irena Češpírová, Aleš Froňka</i>	78
Zhodnocení nezávislého monitorování okolí MAPE Mydlovary <i>Michal Fejgl, Reza Mirchi, Daniel Kobliha</i>	79
Monitorovací systémy Pico Envirotec pro bezpečnostní a environmentální aplikace <i>Petr Sládek, Kateřina Sládková, Hana Chaloupková</i>	80

Radiační ochrana v radiodiagnostice, radioterapii a nukleární medicíně – 7

Optimalizácia ochrany pred žiarením lekárskeho personálu pri vybraných intervenčných vyšetreniach <i>Denisa Nikodemová, Karol Böhm</i>	81
Ožiarenie pacientov pri endovaskulárnych a kardiologických intervenciách <i>Karol Böhm, Denisa Nikodemová</i>	82
Príspevok k stanoveniu populačných dávok z vyšetrení počítačovou tomografiou na Slovensku <i>Dušan Šalát, Denisa Nikodemová, Martina Horváthová, Helena Cabaneková, Miroslav Novák</i>	83
Možnosti optimalizácie patientskych dávok pri CT vyšetreniach v pediatrii <i>Lubka Gbelcová, Denisa Nikodemová, Martina Horváthová</i>	84
Kontrolní činnost SÚJB — mamografie v ČR <i>Eva Jursíková, Otto Kodl</i>	85
Zhodnocení AEC mamografických přístrojů v screeningovém období 2004 až 2009 <i>Otto Kodl, Eva Jursíková</i>	86
Stanovení zeslabení stínících zástěr pro přepočet osobního dávkového ekvivalentu <i>Pavel Kratochvíl, Kateřina Bradáčová</i>	87
Optimalizace fyzikální QA v radioterapii <i>Vladimír Vondráček, Matěj Navrátil</i>	88
Měření relativních faktorů pole Leksellova gama nože Perfexion <i>Jitka Šemnická, Kateřina Vávrů, Ondřej Konček</i>	89
Zhodnocení postupů stanovení vzduchové kermové vydatnosti URZ s Ir-192 na radioterapeutických pracovištích v ČR <i>Ivana Horáková, Irena Koniarová, Helena Žáčková</i>	90
První zkušenosti s nezávislou prověrkou radioterapie prostaty <i>Irena Koniarová, Ivana Horáková, Vladimír Dufek</i>	91
Zaťaženie pacienta mimo ložiska pri IMRT <i>Martina Zemanová, Gabriel Králik, Martin Chorváth, Ivana Krajčovičová</i>	92
Analýza betonových a olověných konstrukcí pro centrum protonové terapie v ČR <i>Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň</i>	93
Postery	
Úloha a současné možnosti SÚJB při hodnocení a usměrňování expozice pacientů z lékařského ozáření <i>Ivanka Zachariášová, Hana Podškubková, Jan Vinklář, Hynek Novák</i>	94
Riziko karcinogenních účinků v radiodiagnostice <i>Jiří Filip, Olga Bezděková</i>	95
Hodnotenie radiačnej záťaže a odhad rizika z ožiarenia predčasne narodených detí a patologických novorodencov v dôsledku rádiologických vyšetrení <i>Alexandra Maruniaková, Denisa Nikodemová</i>	96
Kvalita zobrazenia a veľkosť ožiarenia pacientov pri stomatologických rádiografických vyšetreniach na Slovensku <i>Lukáš Zachar, Denisa Nikodemová, Ondřej Ulman</i>	97
Posouzení profesionálních ozáření na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie v Praze Motole <i>Jaroslav Zimák, Zuzana Pašková, Jozef Sabol, Dana Valachová, Petr Vlček</i>	98
Příprava Cu-64 pre PET diagnostiku a terapiu <i>Jarmila Ometáková, Pavol Rajec</i>	99
Metody modelování a fitování spekter terapeutických elektronových svazků <i>Jaroslav Klusoň, Jitka Šemnická</i>	100
Výpočet faktorů velikosti pole a profilů svazku Leksellova gama nože pomocí Geant4 <i>Jan Pipek</i>	101

Vliv THPC na prostorové rozložení dávky v polyakrylamidovém gelovém dozimetru <i>Kateřina Vávrů, Jitka Šemnická, Václav Spěváček</i>	102
Study of dose modifications due to the previous dental interventions in external orl radiotherapy treatment <i>Libor Makovicka, Celine De Conto, Regine Gschwind, Emmanuelle Martin</i>	103

Nakládání s radioaktivními odpady – 8

Charakterizácia tieniacich kaziet z reaktora 1. bloku JE V-1 <i>Tibor Rapant, Richard Hanzel</i>	104
Velmi nízko aktivní odpady (Very Low Level Wastes — VLLW) ve světě a u nás <i>Jan Krmela</i>	105
Vývoj radiační situace v rámci realizace sanačních prací ÚJV Řež a.s. v letech 2003–2009 <i>Josef Mudra, Josef Podlaha, Eduard Hanslík, Michal Novák</i>	106

Postery

Výzkum a vývoj zařízení pro spektrometrii radioaktivních odpadů <i>Petr Halas, Libor Kalda</i>	107
---	-----

Pátek

Radon a problematika přírodních radionuklidů – 5

Radonový program ČR	
<i>Eva Pravdová</i>	108
Efektivita systému protiradonové prevence v ČR	
<i>Ivana Fojtíková, Aleš Froňka</i>	109
Speciální měření přírodní radioaktivity v bytech	
<i>Eliška Pilecká, Petr Otáhal, Ivo Burian</i>	110
Radon transfer factor in-situ assessment based on indoor and soil gas radon simultaneous measurement	
<i>Aleš Froňka</i>	111
Analýza vplyvu hrúbky mukóznej vrstvy a nehomogénej distribúcie Po-214 a Po-218 na kvantifikáciu radónového rizika	
<i>Radoslav Böhm, Antonín Sedlák, Karol Holý</i>	112
Konverze příjmu dlouhodobých radionuklidů alfa na efektivní dávku	
<i>Ladislav Tomášek</i>	113
The pilot study of dependence of radon concentration on the tectonic structures using simple geophysical methods	
<i>Lenka Thinová, Kateřina Rovenská, Aleš Froňka</i>	114
Obsah uranu v moči u obyvatelstva ČR — pilotní studie	
<i>Věra Bečková, Irena Malátová, Ladislav Tomášek, Jiří Hůlka</i>	115
Odstraňování uranu z pitné vody z pohledu radiační ochrany	
<i>Ivana Ženatá</i>	116
Popis expozícií radónu, dlhodobých radionuklidov a externého gamma žiarenia v uránovej bani Rožná	
<i>Miriám Marušíaková, Zdenek Gregor, Ladislav Tomášek</i>	117
Dynamická adsorpce radonu v koloně s aktivním uhlím jako ozdravné opatření na snižování radonu v interiérech budov a jeho omezení	
<i>Josef Thomas, Jiří Hůlka, Karel Jílek, Karel Smolek</i>	118

Postery

Kontinuálny monitoring radónu v jaskynnom a banskom prostredí	
<i>Iveta Smetanová, Karol Holý, Monika Müllerová, Radoslav Böhm, Jozef Omelka, Dalimír Jurčák, Pavel Bella, Ján Zelinka, Peter Gažík</i>	119
Monitorovacie systémy pre kontinuálne monitorovanie ^{222}Rn a jeho produktov premeny	
<i>Karol Holý, Monika Müllerová, Alena Bujnová, Martin Bulko, Radoslav Böhm, Iveta Smetanová</i>	120
Radon in soil gas concentration and gamma spectrometry in situ — dependencies	
<i>Lenka Thinová, Kateřina Rovenská, Aleš Froňka</i>	121
Velikostní distribuce aerosolových částic v ovzduší uranového dolu Rožná	
<i>Helena Malá, Petr Rulík, Jiří Hůlka</i>	122
Zhodnotenie výskytu radónu v rudných baniach na Slovensku	
<i>Pavol Ragan</i>	123

Rejstřík	124
----------	-----

Stránky sponzorů

Současné mezinárodní a národní aktivity v oblasti radiační ochrany

Karla Petrová

Úsek radiační ochrany, Státní úřad pro jadernou bezpečost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

Karla.Petrova@sujb.cz

Prezentace uvede ucelený přehled aktuálního dění v oblasti radiační ochrany na celosvětové, evropské i národní úrovni. Autorka uvede osobní zkušenosti z tvorby nové evropské legislativy a mezinárodních standardů v oblasti radiační ochrany s vyznačením

zásadních problémů diskutovaných v průběhu jejich tvorby. Předmětem sdělení budou aktuální aktivity mezinárodních organizací jako UNSCEAR, ICRP, NEA/OECD, EU, IAEA, IRPA, WHO, HERCA a informace o zapojení ČR do těchto aktivit.

Spotřební výrobky s přidanými radionuklidy z pohledu regulátora

Zdeněk Rozlívka

Státní úřad pro jadernou bezpečost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

zdenek.rozlivka@subjb.cz

Spotřebním výrobkem s přidanými radionuklidy je takový výrobek, který je určen k prodeji široké veřejnosti pro obecné využití a po jeho realizaci na trhu se na jeho vlastníka nekladou žádné specifické povinnosti. Spotřebním výrobkem s přidanými radionuklidy jsou například náramkové hodinky s GTLI, světelné zdroje s přídavkem Kr-85, autonomní ionizační hlásiče požáru apod. Protože tyto zdroje záření nejsou regulovány u uživatele, musí být o to pozorněji regulovány u jejich výrobce či dovozce — jde o povolenou činnost podle § 9 odst. 1 písm. s) atomového zákona, vlastní výrobky pak podléhají typovému schvalování, pokud aktivita nebo hmotnostní

aktivita jejich radioaktivního obsahu překračuje příslušnou zprošťovací úroveň. Výrobce a dovozce musí zaručovat, že na trh dodávané výrobky budou shodné se schváleným typem a musí vytvořit podmínky pro jejich zpětný odběr od uživatelů (vztahuje se i na výrobky nekompletní či rozbité) — musí tento zpětný odběr nabízet obdobně jako u baterií či zářivek. Distribuce jako taková není povolenou činností, to ale nezabývá výrobce či dovozce výše uvedené povinnosti. Množství spotřebních výrobků s přidanými radionuklidy realizovaných na trhu začíná v poslední době strmě narůstat a ukazuje se, že forma a rozsah regulace bude muset být zpřesněna.

Kombinovaný vliv expozice radonu a kouření

Ladislav Tomášek

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.tomasek@suro.cz

Hodnocení kombinovaného vlivu expozice radonu a kouření je založeno na vnořené studii v rámci kohortové studie horníků uranových a lupkových dolů (10 900 horníků), kdy byly u případů plicní rakoviny dodatečně zjišťovány údaje o kouření. 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 horníků. Celkem byly shromážděny údaje u 850 případů plicní rakoviny a 1932 kontrolních osob. Závislost relativního rizika na kumulované expozici s přihlédnutím ke kouření se výrazně nelišila od výsledků, kdy informace o kouření byly ignorovány, a v pod-

statě byla stejná jako ve skupině kuřáků. Samotný vliv expozice radonu vyjádřený v modelu relativního rizika ve skupině nekuřáků (70 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. Výsledky uvedené studie naznačují, že kombinovaný účinek je blíž k aditivnímu modelu, zejména když je uvažována doba od expozice a rozdíly v deponované radiační dávce u kuřáků a nekuřáků. Uvedené výsledky byly získány v rámci projektu IGA MZ ČR (IGA NS 10596).

Radiosenzitivita při velmi nízkých dávkách

Antonín Sedlák

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

antonin.sedlak@suro.cz

V současné době je široce akceptován názor o lineární závislosti mezi dávkou záření a výskytem rakovin nebo přírůstkem dědičných účinků u lidské populace. Tato závislost však může být výslednicí tvorby mnoha dílčích produktů, jejichž výtěžek s dávkou lineárně narůstat nemusí. Dokládají to zejména výsledky novějších experimentů s buněčnými koloniemi ozařovanými in vitro. Předmětem tohoto sdělení je pokus vyjádřit radiosenzitivitu při velmi nízkých dávkách jediným jednoduchým matematickým vztahem se třemi parametry. Prvý parametr vyjadřuje lineární dávkovou závislost účinku při vyšších dávkách.

Naproti tomu druhý parametr popisuje situaci, kdy nastává rychlejší nárůst účinku při velmi nízkých dávkách (hypersenzitivita). Má-li zápornou hodnotu, je nárůst účinku naopak pomalejší (radiační horméze). Má-li hodnotu nulovou, je vztah dávka — účinek v tom případě lineární. Velikost třetího parametru vyjadřuje snahu vyrovnat počáteční anomální průběh křivky dávka — účinek tak, aby byl při vyšších dávkách již lineární. Konkrétní hodnoty těchto parametrů byly z publikovaných závislostí dávka — účinek zjišťovány nelineární regresní analýzou.

Současné možnosti biodozimetrie

Zuzana Šinkorová

Oddělení radiobiologie, Vojenská lékařská akademie JEP, Třebešská 1575,
Hradec Králové, 500 01, ČR

sinkorova@pmfhk.cz

Biologická dozimetrie (biodozimetrie) je jedním z podoborů radiobiologie, který sleduje změny v organismu po celotělové nebo částečné expozici ionizujícím záření.

Jedním ze základních sledovaných parametrů je sledování absolutního poklesu periferních lymfocytů v krvi ozářených a to 24 hodin po nehodě. Zde pak platí pravidlo, že pokles lymfocytů pod 50 % výchozích hodnot ukazuje, že osoba byla ozářena významnou dávkou záření a pokles absolutních počtů periferních lymfocytů na nulu nebo k hodnotám blízkým nule je prognosticky nepříznivý a přežití ozářených je nepravděpodobné (Vávrová a Filip, 2002).

Nejvíce používané techniky biodozimetrie ihned po nehodě jsou cytogenetické metody (Durante a kol., 1999) zahrnující cytogenetickou analýzu periferních lymfocytů s tvorbou strukturálních aberací. K nejčastějším aberacím patří dicentrické a prstenčité chromozomy. Jejich hodnocení je součástí metody užívané ke stanovení obdržené dávky záření, která patří k tzv. zlatému standardu biologické dozimetrie již mnoho let (IAEA, 1986). Další cytogenetickou metodou je test na přítomnost mikrojader (Thieryns a kol., 1991), kdy zejména v dávkovém rozmezí do 2 Gy je počet mikrojader u in vitro ozářených lymfocytů přímo úměrný obdržené dávce. Dále se používají metody urychlené kondenzace chromozomů, fluorescence po in situ hybridizaci, proužkování chro-

mozomů (banding) a další. Tyto metody pracují na základě skutečnosti, že ionizující záření je silný klastogen, tedy vytváří chromozomální zlomy, které vedou ke vzniku chromozomálních aberací v buňkách poškozených radiací. Obecně nevýhodou cytogenetických metod je poměrně dlouhá doba potřebná pro vyhodnocení analýzy, což je zapříčiněno relativně dlouhou inkubační dobou při přípravě vzorků, vysokou časovou náročností při samotné analýze a nutností vysoce profesionálního přístupu při odečítání změn. Získané výsledky mohou být ovlivněny dalšími faktory, jako je věk, expozice nikotinem apod.

Biodozimetrické metody, které jsou založeny na změnách ve složení periferních krevních lymfocytárních subpopulací zahrnují analýzy vyhodnocované pomocí průtokové cytometrie. V současné době jsou k dispozici publikace, které ukazují na rozdílnou radiosenzitivitu jednotlivých lymfocytárních populací (Vokurková a kol., 2006; Yamamoka a kol., 2004; Kusunoki a kol., 2003). Tento přístup však dosud nebyl využit pro zpětné stanovení obdržené dávky ionizujícího záření v praxi.

Pro sledování změn v delším časovém intervalu od expozice ionizujícím zářením se používá elektro-
nová spinová rezonance. Tato metoda je založena na principu fyzikálního měření absorbované dávky v biologickém materiálu, např. v zubní sklovině (Pass a Aldrich, 1985).

Efektivní dávka — přednosti a omezení této veličiny při aplikacích v radiologii

Václav Hušák^{1, 2}, Jaroslav Ptáček², Marko Fülöp³, Petr Fiala²

¹ Klinika nukleární medicíny, Lékařská fakulta UP Olomouc, ČR

² Oddělení lékařské fyziky a radiační ochrany, Fakultní nemocnice Olomouc, ČR

³ Slovenská zdravotnícká univerzita, Bratislava, SR

vaclav.husak@quick.cz

V r. 1979 zavedla ICRP pro účel radiační ochrany a limitů pro radiační pracovníky veličinu efektivní dávkový ekvivalent EDE. Určitým orgánům a systémům orgánů byly připsány bezrozměrné tkáňové váhové faktory w_T , jež vyjadřují jejich předpokládanou relativní radiosenzitivitu pro fatální nádory a genetické účinky. V r. 1991 byla koncepce EDE inovována, doplnil se soubor orgánů, byly pozměněny tkáňové váhové faktory a zaveden nový název efektivní dávka. Stať o efektivní dávce při lékařském ozáření byla publikována v Doporučeních ICRP 103 vydaných v r. 2007.

Uvedeme stručně přednosti, kterými se efektivní dávka vyznačuje. Efektivní dávka vyjádřená jediným číslem může být stanovena pro libovolný typ radiologického vyšetření. Je možné porovnávat různé výkony spojené s nerovnoměrnou expozicí, které jsou typické pro radiologická vyšetření (radiografie, skisaskopie, CT a nukleární medicína). Efektivní dávka dovolu je kvantifikovat (aproximovat) ozáření, které se přímo vztahuje ke stochastickému riziku.

Kritikové vyčítají pojmu efektivní dávka E mimo jiné např. způsob výběru váhových tkáňových váhových faktorů, existující nezávislost těchto faktorů na věku, možnosti chybné záměny pojmů absorbovaná dávka, ekvivalentní dávka a efektivní dávka, nesprávné používání efektivní dávky u souboru pacientů, které se liší od referenčních osob, pro něž je efektivní dávka definována aj.

Cílem tohoto sdělení je informovat o zajímavé diskusi (D.J. Brenner, W. Huda, G. Dietze, C. Borrás, C.J. Martin a další), která se rozvinula odborné literatuře o tomto pojmu. Předním zastáncem termínu efektivní dávka a jeho obsahu je americký radiolog W. Huda. Pro uživatele této veličiny je znalost diskuse velmi užitečná, neboť dovolu je porozumět určitým omezením, které jsou s efektivní dávkou spojena. Ukazuje se, že aplikace efektivní dávky — stejně jako jiných termínů v radiační ochraně — vyžaduje obezřetné používání vstupních veličin a ujasnění si oblastí, kde mohou být tyto veličiny uplatňovány.

Nemoci z povolání u horníků uranových a rudných dolů v ČR způsobené expozicí ionizujícím záření v letech 2002–2009

Tomáš Müller

Oddělení hodnocení radiačních rizik, SÚRO, 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.

Prakticky 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 nemocí z povolání u horníků

uranových a rudných dolů v České republice v letech 2002–2009. Ve sledovaném období bylo na SÚRO každý rok předloženo k posouzení podmínek vzniku onemocnění 50–80 případů. Ve většině případů šlo o rakovinu plic. Druhou nejpočetnější skupinu diagnos tvořily rakoviny kůže (non-melanoma skin cancers). Další relativně početnou skupinou byly leukémie. Na ostatní diagnózy připadaly pouze ojedinělé 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).

Detekce záření emitovaného z vyhořelého jaderného paliva výzkumného reaktoru LVR-15

Ladislav Viererbl¹, Vít Klupák¹, Zdena Lahodová¹, Alexandr Voljanskij¹, Adam Kolmistr¹,
Michal Kolečka¹, Karel Turek²

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

² ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

vie@ujv.cz

Reaktor LVR-15 je lehkovodní výzkumný jaderný reaktor umístěný v areálu Ústavu jaderného výzkumu v Řeži u Prahy. K provozu využívá 28 až 32 palivových souborů s uranem obohaceným na 36 %, od roku 2010 se přechází na obohacení 20 %. Daný palivový soubor je v aktivní zóně používán jeden až dva roky. Pak je zhruba rok skladován v tzv. mokřem zásobníku, dále v odložišti, následně ve skladu VAO a nakonec je odvezen do země původu.

Během provozu reaktoru vzniká štěpením a aktivací v palivovém souboru velké množství radionuklidů, které emitují různé typy záření. Z hlediska detekce připadá v úvahu záření gama a neutronů. Měření emitovaného záření se provádí nejdříve 1 rok po vyjmutí palivového souboru z reaktoru. Celková aktivita 1 rok po vyjmutí při vyhoření 80 % palivového souboru je odhadována v řádu 10^{15} Bq. Významné radionuklidy emitující záření gama jsou např. ^{106}Rh , ^{125}Sb , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{144}Ce a ^{154}Eu . V menším množství jsou z vyhořelého paliva emitovány také neutrony, a to buď spontánním štěpením některých aktinidů (např. ^{244}Cm), nebo jako důsledek (α , n) reakce na některých aktinidech (např. ^{238}Pu).

Měření záření emitovaného z palivového souboru slouží především ke stanovení relativního vyhoření.

Bylo vyrobeno a v odložišti reaktoru LVR-15 nainstalováno zařízení k měření vyhoření paliva metodou spektrometrie záření gama. Odložiště je 6 m hluboký bazén naplněný demineralizovanou vodou. Zařízení sestává z detektoru HPGe, kolimátoru a posuvného zařízení, které umožňuje skenování signálu po délce palivového souboru. Měřený palivový soubor se pohybuje horizontálně v hloubce cca 4 m, záření je vedeno nad hladinu kolimátorem zakončeném na obou stranách otvory o průměru 7 mm, nad hladinou je umístěn detektor. Po kalibraci detektoru byly měřeny aktivity a jejich rozložení po délce palivového souboru. Spolehlivě byly detekovány aktivity šesti výše uvedených radionuklidů emitujících záření gama. V příspěvku jsou uvedeny příklady změřených profilů aktivit jednoho palivového souboru.

Dále jsou popsány a uvedeny výsledky měření pomocí pasivních detektorů. K měření dávkových příkonů uvnitř (ve středovém otvoru) palivového souboru byly použity alaninové dozimetry, naměřené hodnoty se pohybovaly v řádech desítek Gy/h. K měření příkonu fluence neutronů byly použity stopové detektory.

Metrologické aspekty uvoľňovania rádioaktívne kontaminovaných materiálov

Róbert Hinc^{1, 2}, Jozef Dobrovodský², Anton Švec²

¹ Katedra jadrovej fyziky a techniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky,
Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

² Centrum ionizujúceho žiarenia, Slovenský metrologický ústav, Karloveská 63, Bratislava, 842 55, SR

hinca@smu.gov.sk

Legislatívny rámec štátneho dozoru nad uvoľňovaním rádioaktívne kontaminovaných materiálov do životného prostredia v krajinách EU síce vychádza zo spoločných odporúčaní, ale má národný charakter a v jednotlivých krajinách EU sa môže značne líšiť. Príspevok analyzuje situáciu v Slovenskej republike, pričom sa zameriava na metrologické aspekty dodržiavania limitov definovaných v národnej legislatíve.

Kritériá pre uvoľňovanie materiálov do životného prostredia kontaminovaných rádionuklidmi z pracovísk so zdrojmi ionizujúceho žiarenia, tak ako sú definované v Nariadení vlády SR č. 345/2006 Z. z., sú zdrojom diskrepancií, ktoré vedú k odlišnému chápaniu zo strany držiteľov licencií a dozoru. Rozličný výklad umožňuje samotný limit hmotnostnej aktivity, ktorý sa podľa prílohy č. 3 k predmetnému NV SR určuje ako priemerná hodnota aktivity bližšie nedefinovaného množstva uvoľňovaného materiálu. Nie je bližšie definované kritérium homogenity rádioaktívnej kontaminácie, ktoré podmieňuje aplikáciu reprezentatívneho merania. Citeľná je absencia noriem pre meradlá aktivity uvoľňovaných pevných

materiálov, ktoré by definovali požiadavky v tejto oblasti podobne ako je to v norme STN EN 60761 pre plynné výpuste a STN EN 60861 pre kvapalné výpuste do životného prostredia. Samozrejme, že v otázke výkladu predpisov má štátny dozor definované právomoci, avšak situácii by prospela revízia s cieľom sprehľadniť a precízne definovať uvoľňovacie podmienky. Z pohľadu metrologického úradu sú meradlá používané na meranie aktivity v uvoľňovaných materiáloch dôležité pri ochrane zdravia, bezpečnosti, majetku a životného prostredia a preto podliehajú povinnej metrologickej kontrole, ktorá vyplýva zo zákona NR SR č. 142/2000 Z. z. o metrologii. Slovenský prístup je odvodený od noriem a legislatívy pre podobné meradlá. Očakávame, že krajiny európskej únie vypracujú v najbližšom čase metodiku a odporúčania pre túto oblasť činnosti. Uskutočnili sa prvé kroky vo forme prípravy návrhu spoločného výskumného projektu európskych metrologických ústavov „Metrologia v manažmente rádioaktívnych odpadov“, ktorý sa má riešiť v rámci európskeho metrologického programu EMRP.

Porovnání programů pro spektrometrii záření gama

Josef Tecl¹, Petr Kovář², Miroslav Martykán³

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

² Oddělení primární etalonáže, Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

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

josef.tecl@envinet.cz

Byly porovnány programy pro měření a vyhodnocování spekter záření gama, která jsou naměřena spektrometry s germaniovými detektory. Programy Genie 2000 firmy Canberra, GammaVision firmy ORTEC a GAMWIN firmy ENVINET byly porovnávány zejména z hlediska použitých algoritmů, správnosti identifikace radionuklidů v měřených vzorcích a stanovení jejich aktivity a nejistot. Testy byly provedeny pomocí dříve nabraných spekter a nemohou zahrnovat posouzení správnosti oprav na mrtvou dobu, náhodné a koincidenční sumace a další efekty, které závisí na spektrometrickém řetězci, použitém při měření.

Byly provedeny následující testy:

- test algoritmu pro vyhledávání píků,
- test nezávislosti plochy píku na poměru výška píku/kontinuum,

- test algoritmu pro vyhledávání a proklad dubletů,
- test algoritmu pro identifikaci radionuklidů,
- kontrola knihoven radionuklidů,
- test správnosti stanovení aktivity radionuklidů a nejistot,
- porovnání stanovených hodnot MDA.

Při testování byla použita norma ČSN IEC 1452 „Přístroje jaderné techniky — Měření emisí gama záření radionuklidů — Kalibrace a užití germaniových spektrometrů”.

Výsledky porovnání tří výše uvedených softwarových produktů budou uvedeny v prezentaci a v článku.

Použití letecké gamaspektrometrie pro lokalizaci zdrojů záření a odhadu jejich aktivity

Petr Sládek¹, Marcel Ohera², Jiří Janda¹, Daniel Sas¹

¹ Ústav OPZHN, Univerzita obrany, sídliště Váta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

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

petr.sladek@unob.cz

Letecká gamaspektrometrie je jednou z moderních monitorovacích technik kterou používá AČR v systému radiačního průzkumu a také v rámci působnosti armádní radiační monitorovací sítě ARMS. Od roku 2006 má letecká monitorovací skupina specialistů chemického vojska ve výbavě letecký gamaspektrometr IRIS (PicoEnvirotec) s detektorem NaI(Tl) o objemu 16 litrů. K provozování letecké gamaspektrometrie je standardně využíváno vrtulníku Mi-17. Tento spektrometrický systém, který byl původně určen především ke geologickému prozkumu, disponuje v současné době i dalšími rozšířenými funkcemi. Je to například přímé stanovení aktivity některých radionuklidů na terénu a to nejen přírodních ale i vybraných umělých, potenciálně rizikových radionuklidů (Cs-137, Co-60, I-131 ad.), měření dávkového příkonu záření gama s přepočtem k úrovni 1m nad terénem, možnosti rozlišení kontaminace v atmosféře a na zemském povrchu a dalšími funkcemi které jsou využitelné v armádních (vojenských) podmínkách. Tyto rozšířené funkce byly do systému IRIS postupně implementovány na základě spolupráce specialistů AČR a výrobce fy. PicoEnvirotec ve prospěch možnosti použití tohoto zařízení v oblasti ochrany vojsk a obyvatelstva.

Vedle základních úloh průzkumu radiační situace na zájmovém teritoriu, monitorování radioaktivní kontaminace a případné identifikace radionuklidů

byla věnována pozornost možnosti efektivní lokalizace nekontrolovaných radioaktivních zdrojů v zájmové oblasti s možností odhadu jejich aktivity. Byly provedeny experimenty s uzavřenými nestíněnými radionuklidovými zářiči URZ typu Cs-137 a Co-60 o aktivitách od desítek MBq až po řádově jednotky GBq. Byly sledovány závislosti odezvy detekčního systému při různých letových podmínkách. K tomuto účelu bylo využito vybrané testovací plochy taktického cvičiště TPC-3 ve vojenském výcvikové prostoru Březina (Vyškov), která byla již dříve vybrána jako kalibrační plocha a je detailně zmonitorovaná pozemní scintilační NaI(Tl) (PGIS 128, PicoEnvirotec) i polovodičovou HPGe (ISOCART, Ortec) gamaspektrometrií. Byly provedeny gamaspektrometrická měření v letových výškách 25 m až 150 m nad lokalizovanými zdroji záření a rovněž byly sledovány možnosti registrace zdrojů v závislosti na rychlosti letu (50 až 150 km/h).

Na základě provedených experimentů byly do vyhodnocovacích programu systému IRIS zavedeny algoritmy, které umožňují odhad aktivity sledovaného zdroje na terénu, a to jak v průběhu monitorování (SW AGIS), tak při komplexním „poletovém“ vyhodnocování radiační situace (SW PEIView a PRAGA3). Práce popisuje provedené experimenty a porovnává výsledky leteckého monitorování s reálnou radiační situací.

Tvorba matice operátora odozvy pre WSP analýzu spektier NaI(Tl) detektora

Matúš Stacho, Štefan Krnáč, Vladimír Slugeň, Róbert Hinca, Stanislav Sojak

KJFT FEI, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

matus.stacho@stuba.sk

Na spektrometrické meranie sa prevažne využívajú meracie systémy založené na polovodičových alebo scintilačných detektoroch. Polovodičové detektory majú všeobecne lepšie základné spektrometrické parametre ako rozlíšenie, pomer výšky píku plnej absorpcie k výške Comptonovho kontinua a teda aj minimálnu detekovateľnú aktivitu. Využitím metódy celospektrálneho spracovania (WSP) je možné dosiahnuť porovnateľné výsledky aj so scintilačným detektorom. V prevažnej miere používané modely na vyhodnocovania spektier sú založené na rôznych modifikáciách tzv. metódy plochy pod píkom (PNA), ktorá využíva pre analýzu len oblasť píku úplnej absorpcie. Pre komplexnú spektrometrickú analýzu scintilačných spektier je však plne účinná len v jednoduchších diskretných prípadoch. Matica operátora odozvy obsahuje všetky interakcie, ktoré sa zúčastňujú detekcie a šírenia gama žiarenia. Pre vytvorenie kompletnej matice však nie sú dostupné vhodné monoenergetické zdroje pre každý kanál v energetickom rozsahu vstupujúcim do analýzy.

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 výpočtom pomocou metódy Monte Carlo. Tvorba matice operátora odozvy pomocou SCFA je vhodná pri energetickom rozsahu do 2 MeV, kde máme k dispozícii dostatok kalibračných štandardov potrebných na kalibráciu latentného modelu. Pri energetickom rozsahu do 10 MeV, ktorý je potrebný pri meraniach počas prevádzky reaktora na nominálnom výkone, je nutné použiť matematickú kalibráciu matice pomocou Monte Carlo výpočtu napríklad výpočtovým kódom MCNP. Matematická kalibrácia umožňuje simulovať iba interakciu gama žiarenia s detektorom a jeho okolím. Nezohľadňuje rozšírenie píkov v dôsledku zberu svetelného záblesku a zosilnenia elektrického pulzu vo fotonásobiči. Kombinácia oboch metód kalibrácie umožňuje zohľadniť aj tento efekt.

Vývoj, výroba a uplatnění nových scintilačních detektorů ve společnosti ENVINET a.s.

Hana Chaloupková^{1, 2}, Václav Holeček¹

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

² KJCH, FJFI ČVUT v Praze, Břehová 7, Praha, 115 19, ČR

hana.chaloupkova@envinet.cz

Divize technologie detektorů ENVINET a.s. navázala na dlouholetou tradici výroby scintilačních materiálů a detektorů vzešlou z Tesla Přemýšlení (Výzkumný ústav přístrojů jaderné techniky – VÚPJT). Během uplynulého roku se výroba přestěhovala do nových prostor v Kralupech nad Vltavou a společnost tak získala komplexní výrobní a servisní zázemí pro svoji činnost v této oblasti. Inovace výrobních prostor umožnila také zahájit vývoj nových výrobků a to ve spolupráci jak s našimi stávajícími zákazníky, tak s vědeckými institucemi. V prvním případě se jedná o vývoj scintilačních tyčí o délce 1,5 a 2 metry s průměrem 5 centimetrů a jejich následné opracování, pro použití v průmyslových měřidlech hladiny, hustoty atd. Společně s Ústavem technické a experimentální fyziky se v rámci druhé skupiny podílíme na projektu SuperNEMO v oblasti vývoje scintilačních bloků pro experiment zaměřený na hledání bezneutrinového dvojitého beta rozpadu ($0\nu\beta\beta$). Projekt navazuje na předchozí NEMO 3, který je instalován v podzemní

laboratoři v Modane ve Francii (Fréjus underground laboratory).

Organické plastové scintilátory jsou na bázi styrenu jako rozpouštědla a obsahují scintilátor — p-terfenyl a posunovač spektra POPOP. Aniontově iniciovaná polymerace je dokončována v sušárnách, kde polymerační směs nalitá do forem postupně chladne. Výroba detekčních bloků pro zařízení SuperNEMO probíhá standardním způsobem, základní bloky jsou, podle návrhů založených na matematickém modelování, opracovány do tvarů navržených výzkumným týmem a sérií měření je porovnávána jejich účinnost a rozlišení. V současné době probíhá výběr finálního tvaru detekčního bloku a jeho testování. Výroba scintilační tyče, vzhledem k jejím rozměrům, vyžaduje speciální postup při polymeraci/chladnutí, který zajistí homogenitu a optimální scintilační vlastnosti. Opracování tyče a opatření světlotěsným obalem do formy výsledného produktu a jeho kontrola jsou předmětem probíhajících experimentů.

Základní pojmy v legální metrologii: připomenutí a poznámky

Tomáš Soukup

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

tsoukup@cmi.cz

Přednáška má upozornit na novinky v legální metrologii ionizujícího záření, připomenout pozapomenuté pojmy a vyvolat diskusi v plénu a hlavně v kuloárech.

Hlavní body pro připomenutí:

Základní pojmy legální metrologie v ČR jsou definovány v zákonu č. 505/1990 Sb., jenž po mnoha úpravách i s poslední změnou v zákoně č. 155/2010 Sb. je dosud platný.

V oboru ionizujícího záření jsou nejvýznamnější pojmy:

Stanovená (pracovní) měřidla. Státní metrologická kontrola měřidel. Státní metrologický dozor. Schvalování typu. Doba platnosti ověření, způsob vyznačení ověření.

Kalibrace: definice legální a metrologická. Zásadní legální rozdíly mezi „ověřením stanoveného měřidla“ a „kalibrací“. Princip sdíleného rizika.

Postup při ověřování a schvalování typu: opatření obecné povahy (OOP) proti metodickým postupům metrologickým (MPM).

Aplikácia kvapalinovej scintilačnej spektrometrie pri stanovení amerícia vo vzorkách životného prostredia

Dušan Galanda, Veronika Drábová, Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Boris Remenec

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

galanda@fns.uniba.sk

V príspevku sú prezentovaný separačný postup na stanovenie amerícia vo vzorkách životného prostredia použitím kvapalinovej scintilačnej spektrometrie. Primárnu modifikáciou pri stanovení ^{241}Am predstavuje použitie ^{147}Sm ako stopovacieho rádionuklidu pri spektrometrickom stanovení kvapalným scintilačným spektrometrom. Z hľadiska rádiochemickej separácie nami prezentovanej metódy zahŕňajú zkoncentrovanie vzorky a následnú separáciu s použitím extrakčných chromatografických materiálov DGA a TRU od firmy Eichrom. Výsledky stanovenia

pomocou kvapalinovej scintilačnej spektrometrie boli porovnané s výsledkami stanovenia pomocou alfa spektrometrie. Priemerná hodnota rádiochemického výťažku ^{147}Sm pri použití alfa spektrometrie bola 73,5 %, pri použití kvapalinovej scintilačnej spektrometrie sa rádiochemický výťažok ^{147}Sm pohyboval v rozmedzí od 22 % do 76 %. Aplikovateľnosť metódy bola overovaná na vzorkách pôdy, ako aj kvapalných vzorkách z medzinárodného porovnávacieho testu NPL.

Kalibrační plochy pro leteckou gamaspektrometrii používané v rámci Armády České republiky

Petr Sládek¹, Marcel Ohera², Jiří Janda¹, Daniel Sas¹

¹ Ústav OPZHN Vyškov, Univerzita obrany, Váta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

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

envimo@seznam.cz

Při modernizaci vybavení speciálních chemických jednotek byly do používání v AČR zavedeny nové prostředky pro leteckou a terénní (in-situ) gamaspektrometrii. V případě letecké gamaspektrometrie se jedná o zařízení pro letecký radiační průzkum IRIS (výrobce Pico Envirotec, Inc. Kanada, výhradní zastoupení pro střední Evropu Envinet, a.s. Třebíč), které je v rámci armády určeno především pro monitorování dávkových příkonů na teritoriu velkých území, vymezení oblastí lokální kontaminace, resp. oblasti se zvýšeným dávkovým příkonem nebo k vyhledávání a identifikaci zdrojů ionizujícího záření. Letecká monitorovací skupina vymezuje kontaminovaný prostor a na výsledky jejího průzkumu navazuje činnost mobilních a pozemních monitorovacích skupin.

Použití gamaspektrometrického systému IRIS pro letecký radiační průzkum rozsáhlých prostorů resp. vyhledávání hot-spots vyžaduje v rámci zajištění jakosti ověřování systému a provádění kalibrací za letu nad plochami se známým dávkovým příkonem zevního záření gama v 1 m nad terénem a tedy známými hmotnostními aktivitami přírodních radionuklidů a plošnou aktivitou Cs-137 v půdě. K tomu je nutné vyhledání vhodné kalibrační plochy a její detailní proměření jinými ověřenými detekčními prostředky pro měření záření gama.

Kalibrační plocha je snadno navigovatelný pás země, který lze využít k měření odezev leteckého gamaspektrometru IRIS. Tato kalibrační plocha slouží nejen k ověřování správné funkce leteckého spektrometru, ale takovou kalibrační plochu lze rovněž použít ke stanovení dalších parametrů leteckého spektrometru. Nad kalibrační plochou se obvykle létá ve výškách 50 m až 150 m ve výškových odstupech 50 m.

Výběr kalibrační plochy se musí provádět podle určitých kritérií, především volit terén nenarušený větrnou a vodní erozí ani lidskou činností (orbou), tedy otevřený terén bez větších nerovností a překážek jako stromy budovy, silnice ap., s možností

přistání vrtulníku v blízkosti kalibrační plochy nebo přímo na kalibrační ploše, s dobrou dostupností kalibrační plochy pozemními prostředky, se sezónní stálostí. Výhodou je rovněž možnost aplikace uzavřených radionuklidových zdrojů (UZR).

Pro naše účely byly vybrány dvě kalibrační plochy — veřejné letiště Vyškov a prostor taktického cvičiště TPC-3 ve vojenském výcvikovém prostoru (Vojenský újezd Březina).

Veřejné letiště Vyškov se vyznačuje vhodnou délkou rovinné plochy (cca 1 600 m × 400 m), konstantními vlastnostmi povrchu, je nenarušeno větrnou a vodní erozí ani lidskou činností. Tato plocha byla vybrána jako hlavní lokalita pro kalibrační měření, tedy kalibrační plocha, k ověřování správnosti výsledků měření dávkového příkonu zevního záření gama ve výšce 1 m nad terénem a obsahu přírodních radionuklidů U-238, Th-232 a K-40 (včetně Cs-137).

Taktické cvičiště TPC-3 prostor je lokalita umístěna ve vojenském výcvikovém prostoru Vojenský újezd Březina. Má tvar nepravidelného lichoběžníku s rozměry přibližně délkou 1100 m a šířkou 450 m. Prostor je zvlhčený s výškovými rozdíly až 10 m, v některých místech porostlý křovinami a na okraji stromy. Tento prostor byl již dříve vybrán jako hlavní lokalita pro standardní výcvikové a experimentální lety, pro použití uzavřených radionuklidových zdrojů a provádění korelačních měření mezi leteckou, mobilní a in-situ gamaspektrometrií.

Jsou uvedeny výsledky měření na kalibračních plochách pomocí pozemních měřicích přístrojů jako např. měřidla dávkového příkonu PDOSE2 (Pico-Envirotec), FHZ 672 E-10 (Thermo), pozemního gamaspektrometru PGIS-128 (PicoEnvirotec) a polovodičové in-situ gamaspektrometrie ISOCART (Ortec) s HPGe detektorem. Pozemní měření jsou dále porovnávána s výsledky získanými leteckým gamaspektrometrem IRIS (PicoEnvirotec) a s výsledky z poleťového vyhodnocení pomocí programů PRAGA3 a PEIView.

Metody stanovení ^{14}C a jejich využití

Ivo Světlík¹, Václav Michálek², Lenka Tomášková¹, Michal Fejgl²

¹ ODZ, ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

svetlik@ujf.cas.cz

Radiocarbon is a radionuclide, which can provide important information for several different applications. (1) ^{14}C is responsible for a major contribution to the collective effective dose from all radionuclides released by nuclear power plants (NPP) with light-water pressurized reactors (LWPR) during normal operation. (2) Radiocarbon dating based on ^{14}C activity determination in carbon containing samples actually plays essential role in various archaeological, geological, and paleoenvironmental disciplines. (3) Actual fossil fuel combustion causes dilution of ^{14}C in carbon isotopic mixture (Suess effect), hence ^{14}C monitoring in recent environmental components (troposphere, oceanic water, biota) can precise our knowledge about global, regional, and local carbon (CO_2) transport as well as capacity and residence time in the environmental carbon sinks (oceans, peat, karst systems, biota). Exact parameters connected with carbon transport utilized by realistic climate prediction models can minimize various risks invol-

ved in both overestimation and underestimation of impact of fossil fuel combustion.

In general, there exist several basic methods of ^{14}C determination. The methods utilized for radioactive waste, technologic parts and gaseous releases from nuclear power plants are based almost on liquid scintillation measurement of ^{14}C in carbonate forms (dispersion or solutions). For dating and monitoring purposes, very exact determination of relatively small ^{14}C activities (almost below 0.25 Bq of ^{14}C per gram of carbon isotopic mixture with typical uncertainties several per mille) is required. Measurements by Liquid Scintillation Counting — LSC (carbon is transformed into benzene), Gas Proportional Counting — GPC (CO_2 , or CH_4 , or C_2H_2 form), and Accelerator Mass Spectrometry — AMS (targets with elementary carbon or gaseous CO_2 sources) are applied in the case of such precise determinations. Our contribution will compare methods of ^{14}C activity determination and their partial advantages and possibilities will be discussed.

Měření relativní 3D distribuce dávky ve vodě v okolí brachyterapeutického zdroje Ir-192 pomocí radiochromního gelu

Jaroslav Šolc, Vladimír Sochor

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

jsolc@cmi.cz

Príspevek popisuje výsledky měření prostorové distribuce dávky ve vodě v okolí HDR (high-dose-rate) brachyterapeutického zdroje Ir-192 pomocí Frickeho gelového dozimetru s xylenolovou oranží. Cílem bylo porovnat relativní distribuci dávky změřenou gelem s distribucí vypočtenou metodou Monte Carlo. Dozimetr válcového tvaru byl ozářen zevnitř zavedením zářiče do trubičky vedoucí osou dozimetru. Doba ozařování byla stanovena podle plánovacího systému tak, aby absorbovaná dávka v 1 cm od zářiče činila 3 Gy. Vyhodnocení odezvy dozimetru bylo provedeno metodou optické výpočetní tomografie, pomocí které byla získána 3D mapa rozložení relativních hodnot absorbované dávky ve vodě (ve vodě-ekvivalentním gelu) v celém objemu dozimetru. Experimentální uspořádání použité při ozařování bylo namodelováno v prostředí výpočetního kódu MCNPX, aby bylo možné naměřená data porovnat. Porovnání experimentu a simulace bylo provedeno pro několik dávkových profilů kolmých na osu zářiče, několik dávkových profilů rovnoběžných s osou zářiče a jeden dávkový profil ležící na kružnici okolo středu zářiče v rovině obsahující osu zářiče. Na všech těchto dávkových profilech byla zjištěna velmi dobrá shoda simulace a experimentálních dat, kdy rozdíl

činil méně jak 5 % absolutní hodnoty dávky. Velký rozdíl byl zjištěn pouze v těsné blízkosti zářiče (do cca 5 mm od zářiče), kde byla odezva gelu výrazně podhodnocená, patrně vlivem vysokého dávkového příkonu (cca 0,6 Gy/s v 5 mm od zářiče). Relativní rozdíly mezi experimentem a simulací větší než 5 % byly zjištěny také na okrajích dozimetru, kde byla odezva gelu malá v porovnání s úrovní pozadí dozimetru (dávky pod 0,25 Gy, cca více jak 3,5 cm od zářiče) a kde se proto již významněji projevovaly statistické fluktuace vypočítaných hodnot relativní absorbované dávky. Lze konstatovat, že v zájmové oblasti ve vzdálenosti od 0,5 do 3,5 cm byla prokázána velmi dobrá shoda výsledků simulace a hodnot získaných vyhodnocením odezvy radiochromního gelu. Příčinu podhodnocení dávky v bezprostředním okolí zářiče bude třeba ještě vyjasnit a případně poté provést nezbytnou korekci.

Práce byla provedena v rámci řešení projektu „Zvyšování efektivity léčby nádorových onemocnění pomocí 3D brachyterapie“, který je finančně podporovaný Evropskou unií a řešený ve spolupráci s národními metrologickými instituty v Evropské unii. Cílem projektu je zpřesnit měření a standardizaci dávky ve vodě od brachyterapeutických zářičů.

Pásový analyzátor lupku na principu promptní gama-neutronové aktivační analýzy

Jan Dressler, Zdeněk Kopecký, Aleš Jančář

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

jan.dressler@vf.cz

Průmyslové analyzátory hornin založené na principu promptní gama-neutronové aktivační analýzy (PGNAA) se ve světě používají zhruba od 80. let minulého století. U předních výrobců těchto zařízení jako Sabia nebo Sodern se lze nejčastěji setkat s analyzátory uhlí a cementu, a to jak s šachtovými, tak pásovými typy analyzátorů.

Cílem našeho projektu bylo vyvinout pásový analyzátor lupku založený na PGNAA tak, aby vyhovoval potřebám Českých lupkových závodů, zejména aby dosahoval potřebné přesnosti měření hmotnostního zastoupení složek určujících kvalitu lupku, tj. Al_2O_3 a Fe_2O_3 .

Hledání optimální konstrukce analyzátoru bylo podstatně usnadněno díky výsledkům Monte Carlo simulací. V rámci teoretické části projektu byl uni-

verzální Monte Carlo kód MCNP vylepšen tak, aby zahrnoval korelace mezi neutronovou interakcí a produkcí fotonů. Finální program dává řadu možností pro popis fyzikálních aspektů PGNAA, např. fotonové kaskády, prostorové rozložení interakcí a konstrukce realistického detektorového spektra.

Výsledky výpočtů v upravené verzi MCNP byly ověřeny měřeními aktivačních spekter různých materiálů (šlo o vzorky lupku a vzorky čistých prvků a jejich oxidů) v testovacích geometriích. Po sestrojení prototypu analyzátoru následovalo měření kalibračních spekter pomocí vzorků čistých oxidů, stanovení kalibračních konstant pomocí vzorků lupku o známém složení a stanovení předpokládané přesnosti analýzy.

Příprava obtížně rozložitelných vzorků pomocí mikrovlnného rozkladného zařízení

Jiří Janda, Petr Sládek, Daniel Sas

Ústav OPZHN, Univerzita Obrany, Kounicova 65, Brno, 662 10, ČR

jiri.janda@unob.cz

V práci je řešena problematika rozkladu obtížně mineralizovatelných vzorků (půda, písek) pomocí technologie mikrovlnného rozkladu. Pro ověření této metody byla vybrána skupina rizikových alfa a beta radionuklidů z hlediska jejich možného výskytu při vojenských operacích. Mikrovlnný rozklad vzorků se jeví jako velmi efektivní metoda pro převod radionuklidů do roztoku a jejich následnou kvalitativní

a kvantitativní analýzu. Pro vlastní rozklad byl použit přístroj MWS4+ a pro stanovení radionuklidů byl použit Automatický TDCR Liquid Scintillation Counter Hidex 300 SL. Z výsledků vyplynulo, že mikrovlnný způsob rozkladu obtížně mineralizovatelných vzorků je výhodným způsobem přípravy tohoto typu vzorků při zachování vysoké výtěžnosti radionuklidů.

Rychlé stanovení radioaktivní kontaminace mléka metodou kapalinové scintilace

Daniel Sas, Petr Sládek, Jiří Janda

Ústav OPZHN, Univerzita obrany, sídliště Víta Nejedlého, Vyškov, 682 01, ČR

daniel.sas@unob.cz

V práci je řešena problematika rychlého stanovení radioaktivní kontaminace mléka metodou kapalinové scintilace přímou aplikací vzorku 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 4pí geometrii bez nutnosti úpravy vzorku mléka jeví pro tento druh stanovení jako velmi výhodná. Pro

vlastní stanovení byl použit Automatický 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 mléka.

VUV-UV-visible luminescence iontů Nd^{3+} , Er^{3+} a Tm^{3+} a distribuce energie v krystalu LiLuF_4

J. Martinčík¹, M. Nikl¹, S. Ishizu², K. Fukuda², T. Čechák⁴,
A. Beitlerová¹, K. Polák¹, A. Yoshikawa³

¹ Fyzikální ústav Akademie věd ČR, Cukrovarnická 10, Praha, 162 53, ČR

² Tokuyama Co. Ltd., Japan

³ IMRAM, Tohoku University, Sendai, Japan

⁴ ČVUT FJFI KDAIZ, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jiri.martincik@fjfi.cvut.cz

Náplní tohoto příspěvku je zhodnocení vlivu množství dopantů na luminiscenční vlastnosti krystalu LiLuF_4 , který se testuje jako ultra rychlý scintilátor citlivý v oblasti VUV s emisním maximem v UV oblasti. Scintilátor by se měl v budoucnu použít v detektorech IZ, které vyžadují velmi rychlou odezvu.

V příspěvku bude předložen přehled luminiscenčních spekter a dosvitových charakteristik iontových

center Nd^{3+} , Er^{3+} a Tm^{3+} v krystalu LiLuF_4 včetně zhodnocení možných mechanismů energetických přenosů z a do Nd^{3+} 5d excitovaného stavu. Dopované krystaly byly připraveny metodou micro-pulling-down. Excitační a emisní spektra spolu s rychlou dosvitovou kinetikou v oblasti VUV byly zkompletovány s radioluminiscenčními spektry a dosvitovou kinetikou v oblasti UV.

Scintilační odezva tenkých filmů LuAG:Sc, Pr, Ce připravených metodou epitaxe z kapalně fáze

Petr Průša¹, Miroslav Kučera², Jiří A. Mareš³, Martin Nikl³, Karel Nitsch³,
Martin Hanuš², Zuzana Onderišinová²

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

² Matematicko-fyzikální fakulta, Karlova Univerzita, Ke Karlovu 5, Praha, 121 16, ČR

³ Oddělení optických materiálů, Fyzikální ústav AV ČR, Cukrovarnická 10, Praha, 162 00, ČR

petr.prusa@centrum.cz

Scintilátory na bázi $\text{Lu}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (LuAG) nalézají uplatnění v 2D radiografii s vysokým rozlišením, mezi nimi i rychlý a účinný LuAG:Pr s emisním maximem kolem 310 nm. Skutečnost, že emisní spektrum excitonu vázaného v blízkosti iontu Sc^{3+} a excitační spektrum Pr^{3+} se překrývají (oboje 275 nm), naznačuje možnost dále zrychlit pomocí kodopování scintilační odezvy.

LuAG epitaxní filmy byly připraveny metodou epitaxe z kapalně fáze s použitím tavidla $\text{BaO-B}_2\text{O}_3\text{-BaF}_2$ na podložkách z LuAG a YAG ($\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$). Tyto filmy byly dopovány ionty Pr^{3+} , Sc^{3+} , v některých případech i Ce^{3+} .

Scintilační vlastnosti filmů, jmenovitě fotoelektronový výtěžek, jeho časová závislost a energetická

rozlišovací schopnost, byly zkoumány aparaturou složenou z hybridního fotonásobiče a další elektroniky za buzení scintilační odezvy částicemi alfa emitovanými ^{239}Pu . Czochralského metodou připravený monokrystal LuAG:Pr posloužil jako referenční vzorek. Nejlepší vlastnosti vykazaly epitaxní vrstvy s nižším obsahem Sc^{3+} , které byly srovnatelné, ba i lepší než referenční krystal co do fotoelektronového výtěžku a relativní intenzity rychlé složky scintilační odezvy. Vysoká koncentrace iontů Sc^{3+} vede ke snížení a zároveň zpomalení odezvy. Část filmů dosáhla lepší energetické rozlišovací schopnosti než referenční monokrystal, a to i přesto, že jejich fotoelektronový výtěžek byl nižší. Tyto výsledky jsou diskutovány.

Stanovení parametrů rentgenky s polykapilární fokusací pomocí radiochromních filmů a spektrometrie záření X

Lenka Trnková, Tomáš Trojek

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

lenka.trnkova@fjfi.cvut.cz

Nárůst využití fokusující optiky záření X je v poslední době značný. Rentgeny s polykapilární fokusací mohou sloužit k lokálnímu ozařování vzorků nebo nacházejí uplatnění v mikroskopické rentgenfluorescenční analýze (mikro-XRF), což je v současné době velmi oblíbená metoda používaná k nedestruktivnímu zkoumání materiálů. Pomocí fokusace záření X je možné v ohniskové oblasti dosáhnout velmi vysoké intenzity záření, tj. vysoké dávkové příkony, což umožňuje studium efektů ionizujícího záření na materiál a biologické systémy ve velmi malých objemech. Všechny tyto aplikace požadují podrobné informace o parametrech daného svazku.

Hlavním cílem provedených měření bylo stanovení parametrů používané aparatury. Námi používaný zdroj záření X je rentgenka od firmy XOS s mo-

lybdenovou katodou a polykapilárním fokusačním systémem. Maximální možné napětí je 50 kV a proud 1 mA. Pro toto nastavení výrobce deklaruje velikost ohniska 15 μm v ohniskové vzdálenosti 4 mm a intenzitu svazku $2,5 \times 10^7$ fotonů/s. Pozorované parametry byly velikost profilu svazku záření X v závislosti na vzdálenosti od konce kapiláry, homogenita svazku, energetická distribuce záření a tok emitovaných fotonů.

Mezi parametry aparatury zkoumané pomocí radiochromního filmu patřily homogenita svazku a profil svazku. Pomocí mikroskopu a stupně zčernání radiochromního filmu bylo možné sledovat, jak je záření emitováno jednotlivými kapilárami a také je možné podrobně pozorovat profil svazku včetně jeho intenzity a případných defektů.

Validácia novej metódy stanovenia izotopov ^{239}Pu a $^{238,240}\text{Pu}$

Silvia Dulanská, Ľubomír Mátel, Dušan Galanda, Boris Remenec

Univerzita Komenského, PriFUK, Mlynská dolina, Bratislava, 845 12, SR

dulanska@fns.uniba.sk

Boli porovnané dva spôsoby stanovenia aktivity izotopov plutónia v referenčných NPL vzorkách (High Alpha-Beta 2003, 2005). Úlohou bolo uskutočniť validáciu mernej aktivity izotopov plutónia ^{238}Pu , $^{239,240}\text{Pu}$, stanoveného pomocou nového sorbentu AnaLig[®] Pu02 (IBC), porovnaním so štandardnou extrakčno-chromatografickou metódou so sorbentom TRU[®] resin (Eichrom[®] Industries). Celkovou analý-

zou dát sa zistilo, že obe metódy poskytujú rovnaké výsledky so zhodným rozptylom. Nová validovaná metóda separácie izotopov plutónia AnaLig[®] Pu02 je v zhode so štandardnou separačnou metódou separácie izotopov plutónia so sorbentom TRU[®] resin. Po validácii nového sorbentu bola uskutočnená separácia izotopov plutónia v kontaminovanom kale z areálu JE A1 v Jaslovských Bohuniciach.

Odhad radiačnej záťaže z výpustí ÚJV Řež výpočtovým kódem RD_UJV

Juraj Ďúran, Ladislav Bohún

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

duran@vuje.sk

Výpočtový kód RD UJV nadväzuje na výpočtové kódy RD pre jadrové elektrárne (JE), slúži k odhadu dávkovej záťaže kritickej skupiny obyvateľstva z dlhodobých výpustí rádioaktívnych látok (RAL) z objektov ÚJV a.s. a bol vytvorený vo VUJE, a.s.. V RD kódach pre JE sa predpokladá, že terén je rovinný a prúdenie poľa vetra je stacionárne a homogénne. Tieto predpoklady umožňujú použiť pre výpočet koncentrácií gaussovský priamočiary model difúzie s hodinovými meteorologickými údajmi z 1 MS v lokalite JE a vedú k zjednodušeniu a urýchleniu výpočtov. Predpoklady umožňujú aj použitie jednoduchého polárneho systému súradníc, ktorý je zviazaný so 16 smerovou ružicou vetrov.

Keďže sa ÚJV a.s. nachádza v obci Husinec — Řež, na brehu rieky Vltavy, v pomerne hlbokom údolí lemovanom z jednej strany strmými skalnými stenami, pre model RD UJV nebolo možné použiť predpoklady rovinného terénu a homogénneho a stacionárneho poľa vetra. Pre modelovanie vplyvu členitého terénu na nabehávajúce prúdenie poľa vetra sme použili metódu Monte Carlo (Memoc) a ako vstupné meteorologické údaje sme použili údaje z najbližšej aerologickej stanice (AES) Praha-Libuš a údaje z 2 špeciálnych MS v lokalite areálu ÚJV Řež (rýchlosť, smer vetra, teplota a fluktuácie smeru vetra). Údaje o rýchlostiach a smeru vetra na jednotlivých MS a AES sú použité k modelovaniu poľa vetra s použi-

tím amerického kódu Calmet a údaje o fluktuáciách smeru vetra sú použité k modelovaniu fluktuácií v kóde Memoc.

Matica pravdepodobnosti súčasného výskytu rýchlosti, smeru vetra a kategórií stability používaná v kódach RD pre JE je nahradená maticou Kategórií Meteorologických Situácií (KMS) pre nabehávajúce prúdenie. KMS sú definované na základe údajov z AES, pričom kategórie stability sú určené z údajov vertikálnych profilov teploty a rýchlosti vetra. Pre každú KMS sú zadefinované priemerné hodnoty rýchlosti, smeru vetra a fluktuácií smeru vetra na oboch MS v lokalite ÚJV. Meteorologické údaje z 2 MS a AES sú spracované v module Meteo a pole koncentrácií je počítané v module Koncad. Výstupy z modulu Koncad majú rovnaký formát a štruktúru ako modely RD pre JE, a preto sú priamo použiteľné v kóde Davky. Model Memoc počíta koncentrácie v pravouhlej sieti a terén simuluje súradnicami sledujúcimi terén.

Verifikácia výsledkov kódu RD UJV je založená na ich porovnávaní s výsledkami kódov využívajúcich gaussovských kódov pre rovinný terén (kód Normal a kódy RD so vstupnými údajmi z ÚJV). Validácia je rovnako problematická ako v prípade všetkých RD kódov pre JE, pretože hodnoty dlhodobých výpustí sú veľmi malé. V súčasnosti prebieha na SÚJB proces šandardizácie kódu RD UJV.

Problémy s predikcí šíření radioaktivního znečištění při specifických meteorologických podmínkách

Radek Hofman¹, Petr Kuča², Petr Pecha¹

¹ Adaptivní systémy, Ústav teorie informace a automatizace, v.v.i. „AV ČR,
Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 08, ČR

² IS, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

pecha@utia.cas.cz

Základním problémem ochrany obyvatel v časně fázi mimořádného úniku radioaktivity je věrohodná a rychlá predikce parametrů šíření radioaktivních látek v životním prostředí. Ukazuje se, že k řešení tohoto úkolu je nutné využít všechny existující zdroje informací, jako jsou předpověď matematického modelu, měření meteorologických a radiologických hodnot z terénu, expertní znalosti a případně i minulé zkušenosti a intuici. Každá část těchto informací je nutně zatížena nepřesnostmi a chybami, které jsou zohledněny při propojování (asimilaci) všech těchto informací. Výsledné rozhodování zohledňuje ten který zdroj informací podle jeho věrohodnosti. Do matematického modelu šíření znečištění externě vstupují zejména údaje poskytované meteorologickou službou, jejichž kvalita hraje rozhodující úlohu. V současnosti se jedná jednak o reálná měření charakteristik počasí v terénu a dále pak o předpovědi vývoje počasí odvozované z NWP (Numerical Weather Predictions) modelů. Zabýváme se modelováním šíření do vzdálenosti zhruba 100 kilometrů od zdroje úniku, proto využíváme existující předpovědi jednak pro lokalitu jaderného zařízení (bodové předpovědi) podle modelu ALADIN a jednak 3-D předpovědi pro širší okolí jaderných elektráren EDU a ETE ve formátu HIRLAM. Na pracovišti SÚRO pokračuje vývoj programového systému HARP (HAzardous Radioactivity Propagation), který využívá online přístup ke zmíněným meteorologickým předpovědím a k reálným měřením z okolí těchto jaderných zařízení. I když

hlavním cílem vývoje je konstrukce asimilačního subsystému, byla za minulé období provedena celá řada testů šíření RA látek v atmosféře, vždy s konkrétní předpovědí počasí k danému datu/hodině. Některé scénáře spojené s nízkými rychlostmi větru nebo s rychlými změnami počasí vedly k překvapivým průběhům časového a prostorového vývoje kontaminace terénu, ze kterých lze usuzovat na citlivost správné lokalizace zasažené oblasti na krátkodobé předpovědi počasí vzhledem k okamžiku úniku RA látek. V příspěvku vybíráme z archivu a graficky prezentujeme některé zajímavé reálné scénáře. Pomocí meteorologického preprocesoru systému HARP jsou dále vytvořeny dlouhodobé povětrnostní statistiky pro lokalitu ETE za období 2008 až 2009, kdy v prvním případě se vyšlo z historické archivované sekvence hodinových bodových předpovědí ALADIN a ve druhém případě z reálných měření na meteostanici ČHMÚ Temelín. Ke zjištěným rozdílům přispívají i odlišné procedury generování obou sekvencí (vztažný bod, průměrování hodnot apod.). K podstatnému zlepšení kvality výsledků modelování může vést implementace nových rozšíření předpovědního modelu ALADIN na ČHMÚ (zejména zjemnění kroku výpočetní sítě a zvýšení frekvence výpočtu resp. aktualizace předpovědi z původních 12 hodin na 6 hodin).

Předkládaná práce je podpořena projektem MV ČR, id. kód VG20102013018.

Vliv variability povětrnostních podmínek na odhady důsledků dlouhodobých úniků radioaktivity

Radek Hofman¹, Petr Kuča², Petr Pecha¹

¹ Adaptivní systémy, Ústav teorie informace a automatizace, v.v.i., AV ČR,
Pod Vodárenskou věží 4, Praha 8, 182 08, ČR

² IS, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

pecha@utia.cas.cz

V příspěvku popisujeme možnosti využití kódu HARP (HAzardous Radioactivity Propagation) pro modelování šíření radioaktivních látek v ovzduší pro scénáře dlouhodobých úniků. Jedná se o rozsah trvání úniku od několika dnů až po řádově roky (například úniky při normálním provozu jaderného zařízení). Principem výpočtů je segmentace dynamiky úniků do sekvence ekvivalentních hodinových úseků, a následně pro každý z nich modelování jeho šíření za jemu příslušné meteorologické situace. Výsledné radiologické hodnoty se pak získají superpozicí dopadu všech segmentů daného úniku. Takováto synchronizace úniku s meteorologickými podmínkami předpokládá dostupnost kvalitních vstupů. Z tohoto hlediska je posuzována současná situace a trendy rozvoje kvality u poskytovatelů dat. Příspěvek předkládá výsledky aplikace uvedené metody na dva dlouhodobé scénáře. Předně jde o analýzu vybrané hypotetické projektové nehody na jaderném zařízení, která je simulována postupně v jednotlivých hodinách v roce, vždy při odpovídajícím tehdy reálném počasí. Závěrečné souhrnné zpracování zvolené konkrétní výsledné radiologické veličiny provádí výstupní preprocesor systému HARP. Lze tak získat nejen deterministické hodnoty, ale hlavně i frekvenční funkce a další statistiky v libovolných vzdá-

lenostech od zdroje úniku. Tyto výsledky obsahují kvalitnější informaci a umožňují pravděpodobnostní přístup k hodnocení způsobnosti jaderného zařízení splnit bezpečnostní limity. Použitý kód takto představuje vhodný nástroj pro analýzy typu PSA-Level 3. Ve druhém analyzovaném případě se jedná o dlouhodobé úniky při normálním provozu, kdy roční vypusti radionuklidů jsou přepočteny do jednotlivých hodin v roce a následně je pro tyto hypotetické hodinové úniky modelováno jejich šíření za konkrétního historického počasí, které v tomto definovaném čase skutečně bylo. V hodinových sekvencích je tak implicitně obsažena dlouhodobá povětrnostní statistika. Tato byla dále pomocí meteorologického preprocesoru systému HARP exportována a použita pro dílčí srovnávací výpočty s kódem NORMAL vyvinutým pro analýzu dopadů normálního provozu s užitím externě zadané 4-D povětrnostní statistiky. Poznamenejme, že oba uvedené scénáře prověřily schopnost kódu HARP zvládnout podobně intenzivní výpočty v oblastech asimilace modelových předpovědí s pozorováními v terénu, což je hlavní cíl rozvoje kódu HARP.

Předkládaná práce je podpořena projektem MV ČR, id. kód VG20102013018.

Modelování radiační zátěže obyvatelstva v okolí jaderných zařízení

Vladimír Patera, Ondřej Pokorný

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

paterav@egp.cz

Výrobci jaderných zařízení se snaží o budování stále dokonalejších zařízení, ve smyslu minimalizace úniku ionizujícího záření, které by mohlo mít nežádoucí vliv na životní prostředí. Pro posouzení nakolik se jim to daří, je třeba umět možné vlivy ohodnotit. Z tohoto důvodu byly pro účely naší projektantské činnosti vytvořeny specifické programové nástroje sloužící k modelování radiační zátěže.

Pro postihnutí možných radiologických důsledků hypotetických nehod a normálního provozu používáme lokalizované programy HAVAR-RP a NOR-

MAL, které dávají informace o dávkách na obyvatelstvo. Jedna z jejich komponent slouží k následnému znázornění vypočtených hodnot grafickou formou na mapovém podkladu a tím pádem i k snazší interpretaci výsledků.

Příkladem snižování radiační zátěže by měla být volba jaderných bloků nové generace, které jsou uvažovány i pro nový jaderný zdroj JE Temelín. Prezentací grafických výstupů programů chceme doložit zlepšení vlastností bariér bloků III. generace jak v případě normálního, tak i havarijního provozu.

Systém pro odhad ekonomických nákladů na eliminování radioaktivní kontaminace zemědělsky využívaných ploch

Pavel Kepka, Jan Procházka, Jakub Brom, Hana Vinciková

Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích,
Studentská 13, České Budějovice, 370 05, ČR

prochaz@zf.jcu.cz

V souvislosti s provozem velkých jaderných zařízení a jejich možné havárie je potřeba řešit problematiku hodnocení potenciálně kontaminovaného území z hlediska prostorového rozmístění plodin a množství produkce na zemědělských plochách. Na to navazuje i problematika hospodářských opatření a technických řešení pro minimalizaci dopadu havárie. V rámci projektu VaV SÚJB 1/2008 (Metody hodnocení kontaminovaného území po radiační havárii — význam struktury a funkce krajinného krytu) byl připraven systém, který pracuje v prostředí ArcGIS a slouží k odhadu ekonomických nákladů vybraných protioopatření. Ze souboru protioopatření EURANOS bylo vybráno ke zpracování především následující: předčasná sklizeň, mělká orba a zušlechťování půdy. Ekonomickými podklady jsou ceny provozu dostupných

zemědělských strojů a materiálu. Variabilním vstupním faktorem jsou logistické prvky ovlivňující náklady, jako jsou například cestní síť, místa skládek kontaminovaného odpadu apod. Pro každé z vybraných protioopatření byl zpracován set tabulek, odpovídající možným alternativám realizace. Základem systému je aplikace pro odhad aktuální množství kontaminované biomasy pro jednotlivé pole a plodiny v zasaženém území. Veškerá vstupní data se vyhodnocují za použití ArcGIS Network Analyst. Porovnání výsledků pro jednotlivé možné scénáře umožňuje výběr nejvhodnějšího managementu pro případ krizového scénáře jak pro jednotlivé pole, tak i pro celou vyhodnocovanou oblast. Podpořeno z projektu VaV SÚJB 1/2008.

Terénní testy s rozptylem radioaktivní látky na volném prostranství s překážkou

**Petr Rulík, Věra Bečková, Irena Češpírová, Aleš Froňka,
Jan Helebrant, Petr Kuča, Helena Malá, Václav Michálek,
Vendula Pfeiferová, Helena Pilátová, Zdeněk Prouza,
Kateřina Rovenská, Jan Škrkal, Lenka Trnková**

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

petr.rulik@suro.cz

Nejpravděpodobnější variantou zneužití radioaktivní látky (RaL) při teroristickém útoku se v současné době jeví útok s použitím tzv. „špinavé bomby“, neboli rozptyl radioaktivní látky konvenční výbušninou. Modelové výpočty za účelem simulace a vyhodnocení možného účinku teroristického útoku za použití RaL se provádějí v řadě zemí, avšak experimentálních dat není mnoho. SÚRO Praha provedlo řadu testů s rozptylem RaL za různých podmínek s cílem analýzy distribuce plošných a objemových aktivit a získání souboru dat použitelných pro testování fyzikálních a matematických modelů. V této práci jsou uvedeny výsledky 4 testů s rozptylem ^{99m}Tc na volném prostranství s překážkou realizované v letech 2008 až 2010. Experimenty byly provedeny v areálu Státního ústavu jaderné, biologické a chemické ochrany (SÚJCHBO) v Kamenné na polygonu $40 \times 50 \text{ m}^2$. Jednotlivých experimentů se účastnilo vždy kolem 40 osob. Stejně jako v testech bez překážky byla provedena měření plošné aktivity deponované na síti filtrů umístěných na zemi a na

vertikálně umístěných filtrech a měření dávkového příkonu. V několika místech byly odebrány aerosoly, a to jak odběrovými zařízeními pro stanovení objemové aktivity radionuklidu v ovzduší, tak zařízeními ke stanovení velikostní distribuce aerosolu. Dále byly použity laserové nefelometry umožňující stanovit koncentrace hmotnosti atmosférického aerosolu s krátkou integrační dobou. Současně probíhal záznam aktuálních meteo-podmínek mobilními meteostanicemi a průběh exploze byl zaznamenán termokamerou a optickými kamerami. Plošné a objemové aktivity byly měřeny pomocí polovodičové spektrometrie gama. Analýza výsledků ukázala, že data jsou použitelná pro účely modelových výpočtů šíření RaL na krátké vzdálenosti. Poděkování: SÚJCHBO za poskytnutí polygonu k provedení testů a jeho pracovníkům za pomoc při realizaci testů. Výzkum byl proveden za podpory projektu „Veřejná zakázka SÚJB VaV č.2/2008 Metody a opatření k omezení vzniku a k likvidaci následků teroristického zneužití radioaktivních látek”.

Časový průběh depozice ^7Be během srážek

Helena Pilátová, Miroslav Hýža, Petr Rulík, Helena Malá, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

miroslav.hyza@suro.cz

Za účelem studia atmosférické mokré depozice radioaktivního aerosolu po nehodě JEZ provádí SÚRO také dlouhodobá monitorování objemových aktivit přírodního izotopu ^7Be v atmosféře i jeho suché a mokré depozice. ^7Be se jeví jako vhodný izotop pro studium depozice aerosolu, jeho průměrná aktivita v přízemní vrstvě atmosféry je 3 mBq/m^3 ; inventář v atmosféře je odhadován na $3,7 \times 10^{16} \text{ Bq}$. Práce podává výsledky sledování časové distribuce aktivity ^7Be v dešťové vodě v průběhu intenzivních převážně letních srážek a výsledky sledování ^7Be v jednodenním až několikadenním spadu. Srážky byly jímány

postupně v časových intervalech tak, aby bylo zachyceno měřitelné množství aktivity; v době intenzivního deště to byly i jen dvouminutové intervaly. Celkem bylo v letech 2008 až 2010 podrobně sledováno 16 srážkových událostí. Aritmetický průměr aktivity ^7Be ve srážkách byl $1,5 \text{ Bq/l}$, maximální zjištěná hodnota 13 Bq/l , maximální deponovaná aktivita při jedné události byla 25 Bq/m^2 (při délce srážkové události v délce 120 min) a nejvyšší příkon deponované aktivity byl více než $3 (\text{Bq/m}^2)/\text{min}$.

Práce byla provedena za podpory projektu SÚJB č.1/2008.

Obsah ^{137}Cs v potravních komoditách lesního ekosystému

Jan Škrkal, Petr Rulík

Odbor monitorování, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jan.skrkal@suro.cz

Monitorování obsahu radionuklidů v potravinách je v ČR prováděno v rámci Radiační monitorovací sítě (RMS) od roku 1986. V současné době se monitorovací plán řídí Vyhláškou SÚJB 319/2002 ve znění Vyhlášky 27/2006 a doporučeními EU (Euratom 473, 2000). Na pořizování a analýzách vzorků se podílí řada institucí; vedle SÚRO, RC SÚJB, SVÚ, SZPI, VÚLHM, VÚV T.G.M (význam zkratk viz níže). Monitorovanými potravinami jsou především hlavní druhy masa (hovězí, vepřové a drůbeží), zeleniny, ovoce, obilnin a produktů z nich, hub, lesních plodů, medu, ryb a zvěřiny. Výsledky jsou uloženy v databázovém systému RMS a jsou dostupné pro statistické vyhodnocení. Roční zprávy o radiační situaci v ČR jsou vytvářeny ve spolupráci SÚRO s SÚJB. V práci jsou prezentovány analýzy dat z dlouhodobého sledování ^{137}Cs (1986-2010) v komoditách lesního ekosystému, tj. v houbách, lesních plodech a zvěřině, které, na rozdíl od ostatních běžných potravních komodit, obsahují stále ve většině případů dobře měřitelné hodnoty aktivity ^{137}Cs , a které, i když jsou konzumovány v menší míře, významně přispívají k úvazku efektivní dávky z ingesce ^{137}Cs .

Statistické hodnoty byly odhadnuty za předpokladu logaritmicko-normálního rozdělení dat se zahrnutím hodnot menších než mez detekce. Protože vzorky pocházejí z oblastí s rozdílným černobylským spadem, je rozpětí aktivit velmi široké. Například v roce 2009 byly zjištěny následující hodnoty: ve zvěřině v rozpětí od méně než 0,05 až do 2100 Bq/kg, v lesních plodech v rozpětí od méně než 0,02 až do 27 Bq/kg a v houbách v rozpětí od 0,04 až do 570 Bq/kg (aktivita uvedených komodit je vztažena na kilogram čerstvého vzorku). Práce byla provedena za podpory projektu SÚJB č.1/2008.

Seznam institucí podílejících se na pořizování a analýzách vzorků RMS: RC SÚJB — Regionální centra Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, SÚRO — Státní ústav radiační ochrany včetně všech svých poboček a detašovaných pracovišť, SVÚ — Státní veterinární ústav Praha a Olomouc, SZPI — Státní zemědělská a potravinářská inspekce, VÚLHM — Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v.v.i., VUV T.G.M. — Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. a Povodí a.s..

Rádiochemické stanovenie plutónia-241 v pôdnej matrici

Jana Strišovská, Dušan Galanda, Jozef Kuruc

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

strisovska@fns.uniba.sk

Prítomnosť radionuklidov sa zvyšuje v dôsledku testovania nukleárných zbraní, prevádzky jadrových reaktorov, prepracovávaní jadrového paliva a ďalších zdrojov jadrových odpadov. Z hľadiska radiačnej kontroly vyplýva potreba sledovať koncentráciu radionuklidov v životnom prostredí. Pri rádiochemickom stanovení vzoriek životného prostredia je dôležitá separácia radionuklidov od interferujúcich komponentov matrice, pričom z pravidla platí, že pôdna matrica je zložitejšia ako matrica vodných vzoriek. Predkladaný príspevok popisuje metódu separácie ^{241}Pu z pôdných vzoriek s využitím extrakčnej chromatografie, ktorý zahŕňa úpravu oxidačného stupňa plutónia, následne jeho separáciu a rádiochemické stanovenie. Na separáciu plutónia sme použili ko-

merčne dostupné extrakčné sorbenty DGA[®] Resin a TEVA[®] Resin od firmy Eichrom s použitím stopovača kvôli sledovaniu chemických výťažkov. Na zistenie aktivity ^{241}Pu sa použila kvapalná scintilačná spektrometria. Z dôvodu podobných chemických vlastností plutónia a neptúnia sa zaoberáme aj rádiochemickým stanovením a separáciou spomínaných radionuklidov vo vzorkách pôdy. Extrakčná chromatografia je spoľahlivá technika pre stanovenie aktinoidov v pôdných vzorkách a je účinnejšou metódou ako klasické rádiochemické metódy.

Práca bola podporovaná Grantom Univerzity Komenského č. UK/297/2010 — „Nové rádiochemické metódy stanovenie Np a Pu s použitím extrakčnej chromatografie”.

Hlbinné geologické úložisko pre rádioaktívny odpad a vyhoreté jadrové palivo: geotechnické kritéria na vlastnosti bentonitovej bariéry

Michal Galamboš, Oľga Rosskopfová, Veronika Paučová, Pavol Rajec

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

galambos@fns.uniba.sk

Použitie bentonitových bariér vo forme tesniacich tvárnic, resp. zásypov v hlbinnom geologickom úložisku pre rádioaktívne odpady a vyhoreté jadrové palivo predurčujú ich mineralogické, erózne a reologické vlastnosti, adsorpčné a retardačné správanie sa k ekotoxickým radionuklidom. Zámer využiť tieto nerudné adsorbenty, zložené prevažne z minerálu montmorillonitu, pri realizácii úložiska si vyžaduje multidisciplinárny výskum, ich komplexnú a podrobnú charakterizáciu. Posúdenie dlhodobej nemenosti správania sa bentonitovej bariéry, charakterizovať ju z rôznych geotechnických, fyzikálnych a chemických hľadísk.

Slovenská republika disponuje niekoľkými významnými ložiskami bentonitových hornín. Najznámejšie a dlhodobo ťažené ložisko bentonitov na území Slovenska, tvorené Al-Mg-montmorillonitom sa nachádza v oblasti Slovenského stredohoria, v lokalite Stará Kremnička: *Jelšovský potok*. V tejto oblasti je situované ešte jedno čiastočne ťažené ložisko andezitového bentonitu tvorené Fe-montmorillonitom: *Lieskovec*. Ložisko *Kopernica* patrí tiež do Al-Mg-montmorillonitového typu. V oblasti východoslo-

venských neovulkanitov sa nachádza ťažené ložisko ryolitových bentonitov tvorené hlavne Al-Mg-montmorillonitom: *Lastovec*. Ložisko illit/smektitu *Dolná Ves* je súčasťou Jastrabskej formácie.

Záujem výskumníkov z rôznych oblastí, participujúcich na stále nedoriešenej otázke zadnej časti palivového cyklu jadrovo-energetických zariadení SR, sa prednostne sústreďuje na rôzne formy vzoriek bentonitov z vytipovaných, vyššie uvedených slovenských ložísk. Výskum sa sústreďuje na: mineralogické (mineralogické zloženie, prítomnosť rizikových materiálov, hypergénne procesy, illitizácia, kaolinizácia, interakcia bentonitovej bariéry a prostredia, minerálna, termálna a mikrobiálna stabilita, technologické spracovanie), fyzikálno-chemické (chemické zloženie, kationtová výmenná kapacita, radiačná stabilita, adsorpčné a retardačné vlastnosti, interakcia kovového Fe, pufrovacia schopnosť) a fyzikálno-mechanické vlastnosti (napúčavosť, merný povrch častíc, plasticita, hydraulická priepustnosť, zrnitosť, hutnitosť, vysoká pevnosť pri tlaku a šmyku, nízka stlačiteľnosť, vysoký modul deformácie, tepelná vodivosť, merná hmotnosť, medze konzistencie, pevnosť).

Využitie separačných metód pri stanovení ^{63}Ni v rádioaktívnych odpadoch

Oľga Roskopfová¹, Ivan Kajan¹, Michal Galamboš¹, Matúš Pupák²,
Pavol Rajec¹, Ľubomír Mátel¹

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

² Katedra chemickej teórie liečiv, Univerzita Komenského v Bratislave, FF, KCHTL,
Kalinčiakova 8, 832 32 Bratislava, SR

roskopfova@fns.uniba.sk

Železo a nikel sú zložkami rôznych konštrukčných materiálov v jadrovom priemysle. Aktivačné produkty sa nachádzajú v pevnom rádioaktívnom odpade a odpadových vodách. Pri nakladaní s rádioaktívnym odpadom je nevyhnutné deklarovať aktivitu vybraných štiepných a aktivačných produktov, ktoré sa v nich nachádzajú. V prípade nízko aktívneho odpadu, ktorý sa môže uvoľniť do životného prostredia sa hodnoty aktivít ^{63}Ni a ^{59}Ni pohybujú na úrovni najmenej detegovateľnej hodnoty aktivity. Najvhodnejšou metódou na stanovenie nízkych hodnôt aktivít ^{59}Ni a ^{63}Ni je urýchľovacia hmotnostná spektrometria, avšak táto technika nie je vhodná pre rutinné použitie. Najcitlivejšou a používanou rádio-metrickou technikou pre bežnú kvantifikáciu ^{63}Ni je kvapalinová scintilačná spektrometria (LSC). Pri tomto meraní sa vychádza z účinnej chemickej izolácie stanovovaných prvkov a separácie od iných beta emitujúcich radionuklidov, ktoré môžu prekážať pri meraní. Na určenie chemického výťažku separácie ^{63}Ni sa používa prírodný nikel a pre jeho stanovenie analytické metódy ako sú optická emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (ICP-OES), atómová absorpčná spektrometria (AAS), gravimetria a spektrofotometria. Cieľom práce bolo použiť rýchlu a spoľahlivú separačnú techniku na stanovenie ^{63}Ni vo vybranej vzorke rádioaktívneho odpadu.

Na separáciu ^{63}Ni sa použila ako vzorka betónová suť. Po homogenizácii sa vzorka betónovej suť spaľovala pri 550°C a následne sa použilo lúhovanie v lúčavke kráľovskej. Stanovil sa obsah stabilného niklu prítomného vo vzorke betónovej suť pomocou AAS. Rádiochemický separačný postup sa realizoval v niekoľkých krokoch. V prvom kroku sa odstránilo železo vo forme $\text{Fe}(\text{OH})_3$ upravením vzorky výluhu na hodnotu pH 8 s vodným roztokom amoniaku. Po centrifugácii sa k supernatantu pridal dimetylglýoxím (DMG). Získaný nerozpustný komplex Ni-DMG sa následne rozložil v koncentrovanej HNO_3 a H_2O_2 . Po odparení sa vzorka rozpustila v roztoku 9M HCl a použila sa iónovýmenná chromatografia na DOWEX 2x8 na separáciu niklu od kobaltu a železa. Nikel netvorí záporne nabitý chloridový komplex v prostredí HCl až do koncentrácie 12M a preto sa nesorbujú na kolóne s anexom a nachádza sa v eluáte. Po úprave pH na 8-9 sa roztok naniesol na sorbent Ni Resin. Po elúcii z kolóny sa alikvotná časť eluátu použila na stanovenie chemického výťažku a zvyšná časť roztoku sa zmiešala s kvapalným scintilátorom a stanovila sa aktivita ^{63}Ni pomocou LSC. Metóda sa overila na referenčnom materiáli betónu Environmental PTE 2008 X08161 dodanom National Physical Laboratory, Anglicko. Výsledky potvrdili vhodnosť použitej metodiky pre stanovenie ^{63}Ni vo vzorke betónu.

Rychlé třídění vnitřně ozářených osob I. Principy metodiky a její ověření

**Zdeněk Prouza, Vendula Pfeiferová, Pavel Fojtík, Irena Češpírová,
Irena Malátová, Petr Kuča**

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

zdenek.prouza@suro.cz

Problematika radiologického terorismu je v současné době předmětem analýz a studií v řadě zemí, včetně ČR; věnují se jí i mezinárodní instituce IAEA, EU a další. Sdělení je věnováno metodice rychlého odhadu vnitřního ozáření osob dotčených teroristickým útokem za použití „špinavé“ bomby. Třídění osob na základě radiačního monitoringu po takovém útoku má za cíl rychle vytipovat ty osoby, které ať v důsledku traumatologického poškození, či v důsledku ozáření budou vyžadovat následnou zdravotnickou péči (následná traumatologická a radiologická třídění). Měření a odhad úrovně vnitřního ozáření osob bude ve většině případů třístupňové/tříúrovňové a bude vycházet z počtu zasažených osob, typu a rozsahu dané události. Při větším počtu osob bude prvotní třídění založeno na použití jednoduchých detekč-

ních přístrojů (zpravidla měřičů dávkových příkonů). Na základě tohoto měření bude odhadnuta celotělová aktivita a po té úvazek efektivní dávky ozářené osoby. Vypracovaná metodika třídění byla ověřena v rámci cvičení provedeného v červnu 2010 v areálu SÚRO Praha. Cvičení se zúčastnilo 26 pracovníků SÚRO, kteří jednak představovali zasažené osoby (připraveno pro ně bylo 44 legend) a jednak radiační specialisty provádějící monitoring. Scénář, obsah a průběh cvičení jsou ve sdělení popsány a demonstrovány. Cvičení ukázalo na řadu problémů týkajících se jak organizačně-technického zajištění samotného procesu třídění (logistické zajištění), tak průběhu monitorování (měření — dekontaminace — měření; kapacity, faktor času, měřicí technika, apod.).

Hlavové kalibrační fantomy pro aktinidy: měření a simulace

Tomáš Vrba

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

tomas.vrba@fjfi.cvut.cz

In vivo detekční systémy pro stanovování obsahu radionuklidů v lidském těle jsou užitečnými nástroji užívanými při monitorování osob. Tyto systémy poskytují kvantitativní výsledky, jen když jsou řádně kalibrovány. Ke kalibraci jsou většinou používány fyzikální fantomy, které simulují lidské tělo nebo jeho část. Alternativním a v jistých ohledech i výhodnějším přístupem je užití matematických fantomů ve spojitosti s programy umožňující simulovat transport záření. Nezbytným krokem k přijetí výsledků výpočetní metody je porovnání výsledků s reálným měřením. Příspěvek se zaměřuje na dva fyzikální hlavové fantomy, které byly v minulosti použity v některých laboratořích ke kalibraci detekčního systému pro stanovování aktivity ^{241}Am v lidské kostře. První z nich BPAM-001 obsahuje kosti osoby kontaminované americiem 25 let před jejím úmrtím. Druhý

fantom, označovaný jako BfS, je mnohem menších rozměru a americiem v něm obsažené bylo uměle nanесeno na vnější a vnitřní povrch lebky. V práci byly vytvořeny voxelové modely obou fantomů, kdy jednotlivé řezy původních CT studií byly segmentovány pomocí různých technik. Vzniklé matematické fantomy byly doplněny o modely detektorů a užity v simulacích. Simulované geometrie odpovídaly těm, které byly užity ve Státním ústavu radiační ochrany a pro které existují naměřená data. Měření a výsledky spolu souhlasily a maximální rozdíl mezi hodnotami činil méně než 7 %. Studie prokázala, že užití obou fantomů pro kalibrační účely není úplně vhodné, neboť jejich nedokonalá vnitřní výplň vede k přehodnocení kalibrační konstanty, což má za následek podhodnocení skutečné aktivity lebky.

Pasivní detektory v polích záření vysokých energií

Iva Ambrožová¹, Kateřina Pachnerová Brabcová^{1, 2}, Zlata Mrázová^{1, 2},
Ján Kubančák^{1, 2}, František Spurný¹

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

ambrozova@ujf.cas.cz

Kombinace luminiscenčních detektorů a detektorů stop v pevné fázi je běžně používána k ocenění celkové úrovně ozáření při měřeních v komplexních polích záření (např. na palubách vesmírných lodí). Pasivní detektory mají několik výhod (malé rozměry a hmotnost, snadná manipulovatelnost, nezávislost na energetickém zdroji, atd.), díky nimž jsou vhodné k měření prostorové distribuce dávky v různých pozicích ve svazku či ve fantomech simulujících lidské tělo.

Příspěvek je zaměřen na shrnutí aktivit a výsledků získaných během posledních let na Oddělení dozimetrie záření v polích záření vysokých energií s použitím pasivních detektorů.

Studie jsou rozděleny do dvou oblastí — měření na palubách vesmírných lodí a dozimetrie ve svazcích těžkých nabitých částic využívaných i pro radioterapii. Za posledních 5 let byly detektory ozářeny na různých místech uvnitř Mezinárodní kos-

mické stanice (MKS), převážně v rámci experimentů MATROSHKA-R ve spolupráci s Ruskou akademií věd. Cílem těchto studií je zkoumat prostorovou distribuci dávkových veličin a jejich změn v různých částech MKS, stejně jako prostorovou distribuci dávky uvnitř a na povrchu tkáni ekvivalentního fantomu. Získané množství dat umožňuje diskutovat změny dávkových veličin v závislosti na různých parametrech jako je fáze slunečního cyklu, tloušťka stínění, výška orbity a další.

Druhá část studií se soustředí na měření ve svazcích těžkých nabitých částic, převážně ve svazcích těžkých iontů japonského urychlovače HIMAC. Pomocí detektorů stop v pevné fázi je možné rozlišit příspěvek částic primárního záření a sekundárních částic, které vznikají reakcemi primárního záření s okolním materiálem nebo v samotném detektoru. Sekundární částice mohou významně přispívat k celkové absorbované dávce.

Srovnání různých materiálů používaných jako detektory stop v pevné fázi

Kateřina Pachnerová Brabcová^{1, 2}, Iva Ambrožová¹, Zlata Mrázová^{1, 2}, František Spurný¹

¹ Oddělení dozimetrie záření, ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR,
Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

brabcova.katerina@gmail.com

Detektory stop v pevné fázi patří mezi pasivní detektory detekující částice s lineárním přenosem energie větším než přibližně $10 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$. Široce se uplatňují při měření radonu, v neutronové osobní dozimetrii a také jako spektrometry lineárního přenosu energie (LET) v dalších aplikacích, například v dozimetrii na palubách kosmických lodí, v poli těžkých nabitých částic a podobně. V současné době je jedním z nej-používanějších materiálů polyalyl-diglykolkarbonát (PADC), v několika variantách vyráběný různými výrobci po celém světě.

Na našem ústavu bylo v posledních letech testováno pět variant PADC od čtyř různých výrobců. Z kalibrace a analýzy nejistot při použití PADC jako spektrometru LET vyplynuly především různé detekční rozsahy jednotlivých PADC. Dále byl testován vliv okolního prostředí na stárnutí materiálů i ztrátu signálu s časem. Rozdíly v chemickém složení byly odhaleny ve FT-IR analýze. V tomto příspěvku budou stručně představeny výsledky testů, zváženy rozdíly mezi materiály a představena vybraná kombinace materiálů, která má v aplikaci vesmírné dozimetrie nejvýhodnější vlastnosti.

Porovnanie metód pre odhad dávkového ekvivalentu meraného polovodičovým detektorom Liulin umiestneným na palube medzinárodnej orbitálnej stanice ISS

Ján Kubančák^{1, 2}, Ondřej Ploc^{1, 3}, Tsvetan Dachev⁴, Zlata Mrázová^{1, 2},
Iva Ambrožová¹, František Spurný¹

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

³ Národní ústav pre radiologické vedy, Chiba, Japonsko, Japan

⁴ Laboratorium výskumu slnečných vplyvov na Zem,
Akadémia vied Buharskej republiky, Sofia, Bulharská republika

jan@kubancak.net

Polovodičový detektor Liulin používame na našom oddelení ako prístroj na odhad dávkového ekvivalentu na palubách lietadiel od roku 1999. Pôvodná metóda bola na základe dlhodobých experimentov vylepšená a to hlavne vyjadrením rozdielného príspevku častíc s nízkym a vysokým lineárnym prenosom energie (LET) v rovníkovej a polárnej oblasti. Relatívne rozdiely výsledkov novej metódy a výpočtov s pomocou kódov EPCARD a CARI6 sú pritom menšie ako 5 %.

Na základe našich skúseností s meraniami na palubách lietadiel sme sa pokúsili vylepšiť metódu stanovenia dávkového ekvivalentu na palubách družíc a medzinárodnej kozmickej stanice ISS. V porovnaní s originálnou metódou je dávkový ekvivalent počítaný z príspevku troch typov častíc, konkrétne z príspevku častíc s nízkym LET, neutrónov a ťažkých vysokoenergetických nabitých častíc. Navyše, v oblasti Juhoatlantickej anomálie (SAA) a oblasti

Vonkajšieho radiačného pásu (ORB) násobí dávku pomerom hmotnostných brzdných schopností v tkanive a v kremíku.

Nová metóda vyvinutá na našom oddelení bola porovnaná s dvoma ďalšími metódami: originálnou metódou a novou metódou vyvinutou v Laboratóriu výskumu slnečných vplyvov na Zem Bulharskej akadémie vied. Metódy boli aplikované na dáta zmerané Liulinom umiestneným v module Columbus, ktorý je umiestnený na vonkajšom plášti ISS. Celkové tienenie detektora bolo $0,4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$, dáta pochádzali z prvých dvoch kvartálov roka 2009.

Porovnanie ukázalo, že relatívne rozdiely medzi originálnou a novými metódami sú menšie ako 17%, rozdiely medzi novými metódami sú menšie ako 11%. Porovnanie s referenčnými dozimetrami je pomerne zložité, pretože nemáme údaje z rovnakého miesta, v ktorom bol umiestnený Liulin.

Simulace experimentu MTR-R uskutečněného na palubě Mezinárodní vesmírné stanice pomocí programu PHITS

**Zlata Mrázová^{1, 2}, Iva Ambrožová¹, Lembit Sihver^{3, 4, 5},
Tatsuhiko Sato⁶, Vyacheslav A. Shurshakov⁷**

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

³ Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

⁴ Roanoke College, Salem, Virginia, USA

⁵ TEXAS A&M, College Station, TX, USA

⁶ JAEA, Tokai-mura, Ibaraki, Japan

⁷ State Research Center of Russia, Institute of Biomedical Problems (IBMP), Moscow, Russia

mrazova@ujf.cas.cz

Před uskutečněním dlouhotrvajících vesmírných misí je důležité odhadnout možné riziko ozáření posádky vesmírné lodi. Prakticky jsou dvě možnosti, jak lze tento odhad učinit. K předpovědi je možné použít současná i historická dozimetrická data z měření kosmického záření nebo některý z výpočetních programů. Ať již je kód založen na metodě Monte Carlo, nebo deterministickém odhadu hledané veličiny, je nutné otestovat jeho vhodnost použití k simulaci dozimetrických veličin na palubách vesmírných lodí porovnáním s dostupnými experimentálními daty.

Takovéto testování spolu s odhadem chyby výpočtu proběhlo pro Monte Carlo program PHITS právě v prezentované práci. Tato práce se zabývá

srovnáním experimentálních dat a simulací experimentu Matroshka-R (MTR-R) z roku 2006, kdy byl ruský tkáni ekvivalentní fantom MTR-R umístěn na Mezinárodní vesmírné stanici uvnitř servisního modulu Zvězda. V práci jsou srovnány výsledky simulací absorbované dávky ve vodě pro oblast kapes fantomu s experimentálními daty získanými pomocí detektorů stop v pevné fázi v kombinaci s termoluminiscenčními detektory. Výsledky získané pomocí simulací se od experimentálních dat liší asi dvakrát. Pomocí zjednodušené geometrie výpočtu byl dále proveden odhad chyby výsledků simulací, ta je pro daný případ větší než 45 %.

Principy filtrační analýzy OSL — dozimetrů InLight používaných službou osobní dozimetrie VF, a.s.

Jana Havelková, Petr Nováček, Pavel Prášek

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

jana.havelkova@vf.cz

V prezentaci jsou popsány principy a nejdůležitější závislosti pro vyhodnocení osobních dávkových ekvivalentů z integrálních osobních OSL dozimetrů InLight. Jsou popsány energetické závislosti odezvy dozimetru pod jednotlivými filtry dozimetrické kazety (prázdné pole, plastik, hliník a měď) a analyzovány poměry odezvy pod filtry hliníku ku mědi a prázdného pole proti plastiku. Dále je v prezentaci popsán algoritmus umožňující na základě znalosti

těchto závislostí stanovit hodnoty $Hp(10)$, $Hp(0,07)$ a rovněž i $Hp(3)$. Algoritmus vyhodnocení dozimetrů je vyvinut tak, aby kromě těchto tří hodnot poskytoval i informace o energii fotonového pole, kterému byl dozimetr vystaven, a informace o tom, zda byl dozimetr vystaven záření beta, včetně stanovení příspěvku dávky beta záření. Algoritmus umožňuje korektní vyhodnocení dozimetru i v případě havarijního ozáření.

Príspevok k meraniu dávok doručených mimo cieľový objem v klinickom protónovom zväzku

Ján Kubančák^{1, 2}, Alexander Molokanov³, Kateřina Pachnerová Brabcová^{1, 4},
Iva Ambrožová¹, Bohumil Vlček¹

¹ ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

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

³ Дзепелова лаборатория ядерных проблем, Соединённый институт ядерных исследований, Жолот-Кюри 6, Дубна, Россия

⁴ Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT, Katedra jaderné chemie, Břehová 7, Praha 1, 115 19, ČR

jan@kubancak.net

V rádioterapii sa už od jej počiatkov stretávame s požiadavkou maximalizácie dávky doručenej do cieľového objemu a s požiadavkou minimálnej radiačnej záťaže okolitých zdravých tkanív. Bohužiaľ, fyzikálne zákony neumožňujú, aby sme sa vyhli radiačnej záťaži zdravých tkanív a s ňou spojeným rizikom vzniku sekundárnych malignít. V našej práci sa venujeme skúmaniu dávok a fyzikálnych charakteristík častíc v blízkosti okraja protónového zväzku a v jeho najbližšom okolí.

Experimenty boli realizované s použitím klinického zväzku inštalovaného v medicínskom komplexe SÚJV Dubna. Zároveň boli zdokonaleným pokračovaním predošlých meraní, pri ktorých sme odhalili nesymetrické rozdelenie periférnych dávok. Na základe

týchto výsledkov boli vykonané zmeny v kolimačnom systéme, ktoré mali nájsť nedostatok odstrániť.

Ako detektory sme použili termoluminiscenčné detektory (LiF: Mg,Cu,P) a detektory stôp v pevnej fáze (USF-4). Táto kombinácia nám umožnila rozlíšiť príspevok častíc s LET väčším ako cca 10 keV/ μ m od príspevku všetkých častíc. Detektory boli umiestnené v sendvičovej geometrii vo fantóme z PMMA dosiek. Výsledky meraní bohužiaľ ukázali, že zmeny prevedené v kolimačnom systéme neboli dostatočné nato, aby odstránili pozorovaný efekt.

Referát ponúka ďalší pohľad na riešenie problematiky periférnych dávok. Aj keď je šírkou obmedzený iba na špecifickú konfiguráciu klinických polí, môže byť vhodným nástrojom ukážky úskalí a výhod použitia protónových zväzkov.

Interpretácia údajov prsteňových dozimetrov pre hodnotenie ožiarenia rúk personálu nukleárnej medicíny pri práci s rádiofarmakami

**Marko Fülöp¹, R. Hržičová², A. Marečková², I. Mráz²,
Pavol Ragan³, Václav Hušák⁴, Daniel Baček⁵, Izabela Makaiová⁶,
Pavol Povinec⁵, V. Vondrák⁷, Marína Arpášová⁸, L. Ullmannová⁹**

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

² Slovenská legálne metrológia, Geologická 1, Bratislava, 821 01, SR

³ Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská 52, Bratislava, ČR

⁴ Univerzitní nemocnice, I. P. Pavlova 185/6, Olomouc, ČR

⁵ BIONT a.s., Karloveská 63, Bratislava, 831 01, SR

⁶ OUSA a.s., Heydukova, Bratislava, SR

⁷ IZOTOPCENTRUM s.r.o., Špitálska 6, Nitra, SR

⁸ Nemocnica Staré Mesto, Mickiewiczova 13, Bratislava, SR

⁹ Fakultní nemocnice Ostrava, 17. listopadu 1790, Ostrava-Poruba, ČR

marko.fulop@szu.sk

Bežne sa stáva, že údaj osobných dozimetrov v jednotkách $H_p(0,07)$, z dôvodu málo presnej interpretácie, nie je vyjadrený vo vzťahu k limitu ožiarenia rúk. Slovenská legálna metrológia (SLM) v súčasnosti pristupuje k overeniu a prípadnému zdokonaľeniu interpretácie vyhodnotenia osobných dozimetrov v jednotkách $H_p(0,07)$ pri určení ekvivalentnej dávky lokálneho ožiarenia kože. Pre tento cieľ sa urobilo rozdelenie pracovníkov zmluvných organizácií podľa priemernej radiačnej záťaži pri rutinnej práci so zdrojmi ionizujúceho žiarenia v jednotkách $H_p(10)$ a $H_p(0,07)$. Potvrdilo sa, že v porovnaní s celotelovým ožiarovaním u personálu oddelení nukleárnej medicíny (ONM) môže byť práca s rádiofarmakami limitovaná ožiarovaním kože na rukách. Na vybraných pracoviskách ONM sa vykonali merania rozdelenia dávky na kožu rúk počas manipulácie s rádiofarmakami na vyšetrenia pacientov PET a SPECT. Pri práci s ^{18}F -FDG aj s $^{99\text{m}}\text{Tc}$ v 65 % prípadoch merania rozdelenia dávky na ruke je miesto maximálneho ožiarenia kože v blízkosti bruška ukazováka. Toto

miesto nie je možné priamo monitorovať prsteňovým dozimetrom, lebo by prekážal pri práci. Prsteňový dozimeter býva umiestnený na spodných článkoch prstov, často na prstenníku alebo ukazováku a je orientovaný smerom do dlane ruky. V prezentácii sú uvedené experimentálne namerané faktory prevodu údajov prsteňových dozimetrov na hodnotu ožiarenia kože na brušku ukazováka pri príprave a podaní rádiofarmák pacientom. Ak sa nosí prsteňový dozimeter na spodnom článku ukazováka, tieto faktory sú v rámci neurčitosti 35 % porovnateľné a sú málo závislé na rozdielnom technologickom vybavení alebo použití rôznej techniky práce s rádiofarmakami. Zavedením takto určeného faktora prevodu údajov prsteňového dozimetra na hodnotu ožiarenia kože na brušku ukazováka, je možné zlepšiť presnosť monitorovania maximálneho $H_p(0,07)$ s chybou do cca 40 %. To je významné zlepšenie oproti súčasnému stavu, kedy sa maximálne $H_p(0,07)$ bežne odhaduje bez použitia faktora prevodu, čím dochádza k jeho podhodnoteniu v priemere o faktor 2,5.

Vliv retence železa v trávicím traktu na úvazek efektivní dávky

Petra Mihalová¹, Tomáš Vrba²

¹ Institut Klinické a Experimentální Medicíny, Vídeňská 1958/900, Praha, 140 21, ČR

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

petra.mihalova@ikem.cz

Nový model trávicího traktu dle doporučení ICRP 100 (HATM) zohledňuje možnost retence radionuklidů ve všech orgánech tohoto ústrojí. Jedněmi z radionuklidů, u kterých má tento jev význam, jsou izotopy železa. Ve studii byl vytvořen biokinetický model trávicího traktu, který spojuje HATM s modelem z ICRP 78 a zohledňuje retenci v tenkém

střevě dle dostupné literatury. Pomocí modifikace modelu byly simulovány možné odchylky biokinetiky, jako je anémie, porucha vstřebávání železa nebo rozdílné doby průchodu tráveniny střevní pasáží. Vypočítané úvazky ekvivalentních a efektivních dávek byly porovnány.

NaCl jako retrospektivní dozimetr

Daniela Ekendahl

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

daniela.ekendahl@suro.cz

V posledních letech je v souvislosti s větším důrazem na bezpečnostní problematiku věnována pozornost vývoji metod retrospektivní dozimetrie. Jsou studovány dozimetrické vlastnosti netradičních typů materiálů, které nepatří do kategorie klasických komerčně dostupných detektorů. Mezi tyto netradiční detektory patří například běžné předměty denní potřeby (např. součástky z mobilních telefonů, čipy z platebních karet, apod.) nebo různé předměty a chemikálie běžně se vyskytující v domácnostech a pracovištích (např. kuchyňská sůl, prací prášky, apod.). Možnost využití těchto předmětů jako dozimetrů může mít zásadní význam při radiologických událostech zahrnujících ozáření osob nevybavených klasickými osobními dozimetry.

Tato práce prezentuje výsledky studia dozimetrických vlastností NaCl použitého ve formě kuchyňské soli (Alpská sůl s jodem, výrobce Saline Bad Reichenhall, Německo). Je známo, že NaCl vykazuje silný luminiscenční radiačně indukovaný signál. K měření tohoto signálu byla využita metoda opticky stimulované luminiscence (OSL). Pozornost byla zaměřena

na optimalizaci termálních a optických parametrů v rámci měřicí procedury OSL v souvislosti s možností využití analytického protokolu SAR (Single Aliquot Regenerative-dose), který umožňuje stanovení dávky v případech, kdy není k dispozici specifická kalibrace. Dále byly studovány další důležité dozimetrické charakteristiky OSL signálu NaCl jako citlivost, dávková závislost a fading.

Použitá sůl vykazuje nevýznamnou míru fadingu, a to $< 5 \%$ během 4 týdnů. OSL signál i velmi malého vzorku (≈ 5 mg) je dosti silný. Pozařová dávka odpovídající OSL signálu neozařené soli vychází $3,68 \pm 0,13$ mGy. Minimální detekovatelná dávka pak vychází 0,4 mGy. Závislost OSL signálu na dávce je silně supralineární. Bylo ukázáno, že s využitím optimalizovaných parametrů v rámci metody SAR lze stanovit dávku s relativní chybou 6 % za laboratorních podmínek. Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že použitá kuchyňská sůl představuje velmi perspektivní retrospektivní dozimetr.

Rychlé třídění vnitřně ozářených osob II. Měření celotělové aktivity a odhad úvazku efektivní dávky

Pavel Fojtík, Vendula Pfeiferová, Irena Malátová, Zdeněk Prouza

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

pavel.fojtik@suro.cz

Rychlý odhad míry vnitřního ozáření je nezbytnou součástí první etapy třídění zasažených osob po radiologickém teroristickém útoku. Naměřená hodnota dávkového příkonu v blízkosti povrchu těla kontaminované osoby je převedena na celotělovou aktivitu a následně je odhadnut úvazek efektivní dávky. V mezinárodní příručce TMT Handbook jsou uvedeny příslušné převodní koeficienty pro běžně

užívaná zařízení se scintilačními a GM detektory. Podobné koeficienty byly námi stanoveny pro zařízení používaná mobilní skupinou SÚRO. Na hodnoty odezvy těchto detekčních zařízení navazují diagramy pro odhad možného rozpětí efektivní dávky z vnitřní kontaminace. Interpretace těchto diagramů a jejich praktické využití jsou demonstrovány.

Association of case-based reasoning and artificial neural networks to create voxelized phantoms

Libor Makovicka¹, Emmanuelle Fontaine¹, Julien Henriet¹, Remy Laurent¹, Jad Farah²

¹ IRMA/ENISYS/FEMTO-ST, UMR-CNRS 6174, Université de Franche-Comté,
Place L. Tharradin BP71427, MONTBELIARD, 25211, France

² LEDI/ SDI/DPRH, IRSN, BP-17, Fontenay-aux-Roses, 92269, France

libor.makovicka@pu-pm.univ-fcomte.fr

In case of accidental exposure to radiation, it is necessary to establish a precise dosimetric report for the victim as soon as possible. Therefore, it is judicious to perform a numerical simulation of the accident by using a personalized numerical model, called voxelized phantom. In most cases, in order to match the victim precisely, this phantom is based on her medical images. But it is not always possible to perform the medical imaging. Indeed, even if the technology is available, additional exposure to radiation may be dangerous for the victim. Nowadays, standard voxelized phantoms can be used instead but they are not similar enough to the victim to enable a precise diagnosis. That's why our team is developing a platform, called EquiVox, able to create a voxelized phantom adapted to the victim, by combining two Artificial Intelligence techniques, the Case-Based Reasoning (CBR), which is a problem solving method that uses similar past problems' solutions to solve new problem, and the Artificial Neural Networks (ANN), which is an interpolation tool. This way, additional exposure to the victim can be avoided. This study focused on the lung's adaptation using the victim's size as external mensuration.

The EquiVox platform is a Case-Based Reasoning system at which an Artificial Neural Network was incorporated. This platform was created to retrieve solved cases, which solutions are personalized voxelized phantoms, in order to adapt them to the new victim, via a Case-Based Reasoning. Two phantoms

are selected by this way, one which size is lower than the one of the victim and another which size is higher. Then an Artificial Neural Network is used as an interpolation tool to create a personalized voxelized phantom. This Artificial Neural Network requires a previous learning phase, where it learns how to interpolate phantoms. 9 phantoms were created to this goal. Then the new phantom is created by the ANN from the two phantoms found by the CBR.

Three new phantoms of lungs corresponding to three different victims were created to verify that the ANN can create the personalized phantoms by interpolating the phantoms found by the CBR. The coordinates of the points that compose these three phantoms were compared to the coordinates given by the ANN for the corresponding victim. The mean-square errors obtained between these phantoms and the results given by the ANN were at most equal to 1.5 mm (respectively for the models corresponding to the sizes 1.65 m, 1.79 m and 1.85 m, the mean-square errors are 1.49 mm, 0.55 mm and 0.44 mm). The results presented here are encouraging and lead to the creation of a lung phantom matching the victim's lungs, according to her size. Indeed, this platform enables the adaptation of the lung phantom's outlines to fit the lungs' outlines of a victim. Other studies will be necessary to adapt a complete phantom to an entire victim but these first results are promising and show the relevance to use ANN combined with a CBR system.

Dosimetric dependences of DMC 2000XB

Jan Singer¹, Jana Šmoldasová², Irena Petrová³

¹ Katedra laboratorních metod a zdravotnické techniky, Zdravotně sociální fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Jírovцова 24, České Budějovice, 370 04, ČR

² Český metrologický institut, Radiová 1, Praha 10, 102 00, ČR

³ AMEC Nuclear Czech Republic a.s., Brno, ČR

singerj@seznam.cz

Electronic personal doseimeters can be considered as measuring devices of the future. A number of doseimeters types are used in the Czech Republic, the type DMC 2000XB from the company MGP Instrument SA being the most frequently employed one. Like with all the devices used for the measurement of doses for personal dosimetry purposes, in these personal doseimeters, it is necessary to verify their dosimetric parameters. The most important characteristics include dose, energy and directional dependences for particular types of radiation. In the work presented here, the above mentioned charac-

teristics were verified for photon radiation within a range of dose equivalents $H_p(10)$ of 5 μSv to 10 Sv, at energies of 16 to 1330 keV and in directions $\pm 90^\circ$, for a number of steps, with repeating experiments and use of doseimeters. Certain special features were found, as e.g. a non-linearity of the dose dependence (depending on dose rate), asymmetry of energy and directional dependences as well as characteristics of particular doseimeters. Thus, for the use in practice, certain corrections should be adopted to refine the evaluation of personal doses.

Odezva detektorů stop použitých jako spektrometr lineárního přenosu energie v poli záření neutronů vysokých energií

Iva Ambrožová

ODZ Ústav jaderné fyziky AV ČR, Na Truhlářce 39/64, Praha 8, 180 86, ČR

ambrozova@ujf.cas.cz

Pasivní detektory (termoluminiscenční a detektory stop v pevné fázi) jsou často používány ke stanovení dozimetrických veličin (absorbované dávky a dávkového ekvivalentu) na palubách kosmických lodí. Radiační pole uvnitř lodí je velmi složité — skládá se z primárních částic kosmického záření (hlavně protonů vysokých energií a těžších iontů), ale i sekundárního záření vzniklého v interakcích primárních částic se stěnami lodě či s okolním materiálem. Nezanedbatelný příspěvek k celkové úrovni ozáření tvoří neutrony; udává se, že jejich příspěvek k dávkovému ekvivalentu může být až 60 %.

Ke stanovení dozimetrických veličin na palubách kosmických lodí je třeba nejprve ověřit odezvu detek-

torů ve známých polích záření, která jsou co nejvíce podobná těm reálným; k tomuto účelu jsou využívány různé urychlovače. Ke kalibraci detektorů používaných v polích záření neutronů podobných těm jako jsou na palubách letadel a vesmírných lodí se používá referenční pole v CERN.

Příspěvek popisuje výsledky ozáření detektorů stop v pevné fázi použitých jako spektrometr lineárního přenosu energie v referenčním poli CERF. Byla studována spektra lineárního přenosu energie, absorbovaná dávka a dávkový ekvivalent pro různé pozice detektorů. Některé detektory byly umístěny za polyethylenovým a hliníkovým stíněním za účelem studia vlivu okolního materiálu na odezvu detektorů.

Výsledky testovacího měření dávek beta OSL — dozimetry InLight

Jana Havelková, Petr Nováček, Pavel Prášek

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

petr.novacek@vf.cz

Na posteru jsou uvedeny výsledky měření osobních dávkových ekvivalentů Hp(10) a Hp(0,07) ve směsných polích záření beta/gama. Ozáření beta bylo provedeno radionuklidy Pm-147, Kr-85 a Sr-90/Y-90 na ozařovači BSS-2 v laboratoři metrologie IZ elektrárny Dukovany. Poté byla pro dozimetry ozářené Kr-85 a Sr-90/Y-90 prováděna další ozáření na gama-ozařovači OG-8 v metrologické laboratoři

VF, poměry dávek gama/beta byly voleny v rozsahu od 0 do 4. Při vyhodnocení dozimetrů byla využívána možnost opakovaného vyhodnocení OSL dozimetrů. Odchyłky měřených hodnot Hp(0,07) a Hp(10) od hodnot referenčních jsou ve všech případech v rozmezí od –20 % do +15 %, což znamená, že jsou splněna kritéria požadovaná v ICRP 60, ICRP 75 (od –33 % do +50 %).

Trendy ve vývoji počtu radiačních pracovníků a v rozložení jejich dávek a ve vývoji počtu zdrojů ionizujícího záření sestavené na základě dat z Registrů SÚJB

Jana Davidková

Oddělení evidencí a hodnocení ozáření, Státní úřad pro jadernou bezpečnost,
Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

jana.davidkova@sujb.cz

Státní úřad pro jadernou bezpečnost (SÚJB) od roku 1997 buduje elektronický systém státních evidencí, tzv. Registry, který slouží k podpoře výkonu státní správy v oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření. Systém funguje jako nástroj pro kontrolu plnění právními předpisy uložených povinností u konkrétních subjektů, ale také jako zdroj dat pro statistické výstupy, které umožňují sledování různých trendů ve zvolených oblastech. Na základě toho pak mohou být formulována různá doporučení a přijímána opatření jak na straně výkonu dozoru, tak na straně provozovatelů pracovišť se zdroji ionizujícího záření. Výraznější změny jednotlivých ukazatelů by se mohly odrazit i ve formě změn v systému regulace, tj. v právních předpisech. Statistiky slouží i k porovnávání s jinými zeměmi v rámci mezinárodní spolupráce.

V příspěvku jsou představeny trendy ve vývoji počtu radiačních pracovníků v jednotlivých profesních skupinách a rozložení jejich dávek sestavené na základě dat z Centrálního registru profesionálních ozáření a trendy ve vývoji počtu jednotlivých druhů zdrojů ionizujícího záření získané z Registru zdrojů.

Centrální registr profesionálního ozáření eviduje v celé své historii kolem 35 000 radiačních pracovníků (z toho cca 22 000 z nich je aktivních). Tendence v dávkové distribuci jsou v posledních letech stabilní. Nejvyšší dávky jsou zaznamenávány v oblasti intervenční radiologie, kde průměrná $E = 2,9$ mSv (obecně v lékařství je $E = 1,3$ mSv pro dávky nad MDL) a u horníků v uranových dolech, kde $E = 7,11$ mSv. Asi ve 30 % případů je individuální efektivní dávka pod minimální detekovatelnou úroveň (MDL). Průměrná efektivní dávka pro všechny monitorované pracovníky se pohybuje okolo 0,56 mSv.

Registrem zdrojů prošlo za dobu jeho existence přes 25 000 zdrojů ionizujícího záření (generátorů, uzavřených radionuklidových zářičů či zařízení s nimi). Aktuálně je jich evidováno kolem 17 000, z toho 14 000 je aktivně používaných a zbytek je uložen v pracovních skladech nebo připraven k likvidaci. Mezi jednotlivými typy zdrojů ionizujícího záření lze sledovat největší vývoj především v oblasti zařízení používaných v lékařství, kde dochází k trvalé obměně za stále vyspělejší přístroje (např. CT či lineární urychlovače).

Činnost letecké a mobilních skupin během cvičení Zóna 2010

Irena Češpírová¹, Zuzana Pašková², Jan Matzner²

¹ Mobilní skupina, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

irena.cespirova@suro.cz

Ve dnech 22.–23. září 2010 proběhlo havarijní cvičení „Zóna 2010“. Účelem bylo procvičit činnost orgánů krizového řízení ústředních správních úřadů a Jihočeského kraje, složek integrovaného záchranného systému a dalších subjektů při řešení mimořádné události vzniklé v souvislosti se simulovanou radiační havárií na ČEZ ETE. Součástí cvičení bylo i procvičení činnosti Radiační monitorovací sítě ČR. Referát se soustředí na úkoly letecké a mobilních skupin během cvičení.

Cvičení se účastnila jedna letecká skupina (pracovníci SÚRO a Armády ČR), vrtulník byl poskytnut Armádou ČR. Letecká skupina měla za úkol provést po simulovaném přejití mraku kontaminovaných mas prvotní průzkum kontaminovaného území pro potvrzení a upřesnění hranice kontaminace.

Mobilních skupin (MS) se zúčastnilo celkem 10, z toho byly 4 z resortu SÚJB (2 skupiny SÚRO, 2 skupiny RC SÚJB, 5 mobilních skupin HZS a 1 sku-

pina z JE ETE). Pro účely řízení MS byl v budově HZS Jihočeského kraje zřízen Regionální krizový štáb (RKŠ). MS byly rozděleny do dvou skupin — „rychlé MS“ a „odběrové MS“, kdy každá z těchto skupin měla jiné úkoly i čas nasazení.

Úkolem rychlých MS bylo projet zadanou trasu a průběžně měřit hodnoty dávkových příkonů, ve vytipovaných obcích zastavit a provést „ruční“ měření, výsledky telefonicky nahlásit na RKŠ a zapsat je do příslušných formulářů; vyměnit termoluminiscenční dozimetry ve stávající síti TLD (jedna MS), a po návratu na základnu předat naměřená data a dozimetry.

Úkolem odběrových MS bylo projet zadanou trasu, odebrat vzorky životního prostředí (aerosoly, půda, porost a voda) a vrátit se na základnu, kde měly předat naměřená data i odebrané vzorky k následné laboratorní analýze.

ESTE Annual Impacts — Dopady bežnej prevádzky JE: Najnovšie prechodové faktory (IAEA), aktualizácia štatistických dát pre SR, ČR, Rakúsko a Maďarsko

Eva Smejkalová, Ľudovít Lipták, Peter Čarný

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

carny@abmerit.sk

ESTE Annual Impacts (ESTE AI) je program (legálny inštrument podľa zákona) na hodnotenie dopadov bežných prevádzkových výpustí rádionuklidov do atmosféry a do hydrosféry z jadrovo-energetických zariadení (JEZ). Program stanovuje

- dávky na členov kritickej skupiny obyvateľov v 100 km okolí JEZ,
- identifikuje kritické skupiny obyvateľov,
- stanovuje individuálne a kolektívne dávky v 100 km okolí JEZ, vrátane územia a obyvateľov ČR, Rakúska a Maďarska,
- stanovuje kolektívne dávky od globálnych nuklidov vypúšťaných do atmosféry alebo hydrosféry z JEZ, a to selektívne na celé obyvateľstvo SR, resp. ČR, resp. Rakúska, resp. Maďarska, resp. v prípade potreby na obyvateľstvo EU.

Jedná sa o komplexný veľmi moderne koncipovaný softvérový nástroj, na báze geografického informačného systému (GIS). V roku 2009 a v roku 2010 IAEA vydala 2 nové zásadné publikácie, ktoré obsahujú najnovšie odporúčané prechodové faktory a parametre na hodnotenie transferu rádionuklidov cez terestriálnu a kvapalnú (povrchové vody) zložku životného prostredia, resp. konkrétne potravinového reťazca. Jedná sa o „IAEA-TECDOC-1616: Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and

Freshwater Environments for Radiological Assessments, International Atomic Energy Agency (August 2009)” a „Technical Reports Series No.472: Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments (Marec 2010)”. Dokumenty nahrádzajú Technical Report Series No.364 z roku 1992.

T.j. prakticky po 17 rokoch IAEA vydala nové odporúčania týkajúce sa prechodových faktorov v potravinovom reťazci.

Náš príspevok diskutuje nové prechodové faktory, ich ukončenú implementáciu do programu ESTE AI, a zaoberá sa ich vplyvom na výsledky výpočtov dopadov bežných prevádzkových výpustí v lokalite Bohunice.

Okrem toho podrobne analyzujeme a diskutujeme (každoročnú) aktualizáciu údajov o obyvateľstve, spotrebe potravín, osevných plochách, o rastlinnej a živočíšnej výrobe v okolí lokality JEZ Bohunice, t.j. pre územie a obyvateľstvo Slovenska, Českej republiky, Maďarska a Rakúska. Aktualizácia je vykonaná podľa najnovších (leto 2010) údajov štatistických úradov jednotlivých krajín. Náš príspevok sa zaoberá aj vplyvom aktualizácie štatistických dát na výsledky výpočtov dopadov bežných prevádzkových výpustí.

Hodnotenie vplyvu JE v SR v rámci periodického hodnotenia bezpečnosti

Ondrej Slávik¹, Juraj Košťál¹, Alojz Slaninka^{1, 2}

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

² Katedra jadrovej fyziky a techniky, Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

slaninka@vuje.sk

Periodické hodnotenie bezpečnosti (PHB) sa vykonáva v zmysle Vyhlášky ÚJD SR č. 49/2006. Jedna jej časť (oblasť) sa zaoberá hodnotením vplyvu JE na životné prostredie ktoré pre prevádzkované JE v SR (V2 Bohunice – 2006?, EMO12 – 2009 Mochovce) vykonala nezávislá organizácia VUJE, a.s., závery ktorého sú predmetom príspevku. Táto oblasť je z hľadiska PSR zaujímavá preto, že vplyv prevádzky jadrového zariadenia na životné prostredie priamo odzrkadľuje stav tesnosti bariér technologického zariadenia a tým do určitej miery aj kvalitu zaistenia jadrovej bezpečnosti. Metodika hodnotenia vychádzala z posúdenia troch cieľov (objektov) pozostávajúcich z osem prvkov, ktoré bolo možné charakterizovať jednoznačnými kritériami. Kritériá boli založené hlavne na legislatívnych požiadavkách pre túto oblasť. Na základe celkom okolo 30 kritérií boli posúdené nezhody, silné a slabé stránky jednotlivých objektov.

V prípade oboch JE prípadoch bolo konštatované, že majú v tejto oblasti vypracovaný efektívny program dohľadu nad ŽP založený na schválenom monitorovacom programe výpustí a okolia JE (ÚVZ) a systéme riadenej dokumentácie a záznamov pre prijímanie nápravných opatrení stanovujúcich záväzné pravidlá pre vykonávanie tohto dohľadu. Pri hodno-

tení oblasti neboli zistené nálezy vysokej a prakticky ani strednej bezpečnostnej významnosti. Zistené nedostatky sa týkali niektorých metodických postupov monitorovania a nedostatočnom rozsahu monitorovania okolia odpadového potrubného kanála do rieky Váh alebo Hron.

V priebehu posudzovaného obdobia prevádzky elektrárne JE Mochovce nebol zistený žiadny prípad merateľného vplyvu JE Mochovce na zložky životného prostredia cez atmosférické výpuste. Ako hlavný indikátor vplyvu EMO na ŽP bola identifikovaná úroveň ^{60}Co a $^{110\text{m}}\text{Ag}$ v zložkách ŽP. Tieto rádionuklidy však neboli namerané v odobratých vzorkách z okolia oboch JE. Výnimkou sú ojedinelé záznamy o merateľnosti ich aktivity vo vzorkách povrchových vôd a vodných rastlín, úroveň ktorých však bola veľmi nízka. To potvrdzuje očakávanie o nemerateľnom a teda zanedbateľnom vplyve EMO na okolie aj v zložkách ŽP a koncentrácii rádionuklidov v nich. Veľmi nízku úroveň uvoľňovania RN do atmosféry preukazujú aj namerané dlhodobé priebehy bilančných hodnôt výpustí do atmosféry cez ventilačné komíny oboch JE. Z pohľadu tejto oblasti bolo odporúčené vydať povolenie na ďalšiu prevádzku oboch JE.

Ozařování vysoceobohaceného uranu pro výrobu ^{99}Mo v ÚJV Řež

Vladimír Brož, Milan Marek, Jiří Neužil, Jiří Rychecký, Josef Stehno, Vladimír Vrbán

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

vbn@ujv.cz

Reaktor LVR-15 provozovaný v Ústavu jaderného výzkumu se zařadil po bok pěti reaktorů na světě (tři v Evropě, po jednom v Kanadě a Jižní Africe), které doposud zásobovaly celý světový trh radionuklidy používanými ve zdravotnictví. Výroba radionuklidů v těchto reaktorech je založena na štěpení uranu.

Z hlediska celosvětové spotřeby ve zdravotnictví je stěžejním nuklidem $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (resp. jeho mateřský nuklid ^{99}Mo) a odborná veřejnost očekává dodávky ^{99}Mo v dostatečném množství a obvyklé kvalitě doposud poskytované pouze štěpením.

V ÚJV byla ve spolupráci s belgickým Institut National des Radioéléments za extrémně krátkou dobu vyvinuta, odzkoušena a uvedena do provozu technologie pro ozařování terčů z vysoce obohaceného uranu zahrnující následné manipulace a transport ozářeného materiálu ke zpracování do Belgie.

Príspevek přináší přehled přípravných prací (fyzikální, technické, logistické a legislativní povahy), jakož i zkušenosti z doposud realizovaných ozařování resp. produkčních dodávek.

Rekonstrukce systémů elektronické osobní dozimetrie SEOD na jaderných elektrárnách Jaslovské Bohunice EBO V2 a Mochovce EMO 1, 2

Petr Okruhlica

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

petr.okruhlica@vf.cz

V roce 2009 se společnost Slovenské elektrárne, a.s. spolu se svým majoritním vlastníkem Enel SpA rozhodla uskutečnit přechod z dříve používaného elektrárenského informačního systému ARSOZ na systém SAP. V části týkající se dat důležitých z hlediska radiační ochrany byl zvolen systém SAP Nuclear.

Tento přechod se bezprostředně dotýkal systémů elektronické osobní dozimetrie SEOD společnosti VF, již dříve nasazených na jaderných elektrárnách společnosti SE, a.s. Jaslovské Bohunice V2 a Mochovce 1, 2. Oba systémy SEOD se za dobu svého používání staly nedílnou součástí řídicích informačních systémů těchto elektráren. Přechod ze systému ARSOZ na SAP Nuclear proto vyvolal potřebu přizpůsobit systémy SEOD.

Připravovaná změna byla rovněž využita pro úpravy a zejména pro doplnění a rozšíření schopností a funkcionality systémů SEOD.

Mezi základní požadavky rekonstrukce patřila unifikace a vzájemná datová provázanost systémů v rámci společnosti.

Systémy SEOD jsou napojeny na systém SAP a je zajištěna vzájemná výměna dat. SEOD-y EBO a EMO si vzájemně poskytují údaje o dávkách z operativní a legální dozimetrie, což je důležité z hlediska řízení a limitování dávek radiačních pracovníků v rámci celé společnosti SE.

Při rekonstrukci byly zásadně přepracovány a sjednoceny části týkající se řízení a kontroly průchodu hygienickými smyčkami při vstupu a výstupu do kontrolovaného pásma. Pro řízení procesu průchodu hygienickou smyčkou jsou nyní používány následující rekonstruované součásti SEODu:

- server systému s databází Oracle,
- pomocný server hygienické smyčky systému s databází Oracle,

- terminály elektronické dozimetrie TED,
- výdejní automaty osobních filmových dozimetrů VAD a DPD,
- výdejní automaty klíčů VAK,
- informační panely HS,
- výstupní kontrolní a informační panely HS s připojenými monitory kontaminace osob.

Z hlediska softwarových úprav byly do systémů SEOD doplněny a upraveny zejména následující funkce:

- modul legální dozimetrie pro kompletní práci se všemi na systémy legální dozimetrie,
- moduly koloběhu R-příkazů,
- moduly řízení jednorázových povolení vstupu JPV,
- moduly správy šalovacích skříněk HS včetně výdeje a sběru klíčů,
- modul pro testovací a školící režim pro výcvik nových pracovníků.

Z hlediska unifikace, údržby a možností dalšího rozvoje je důležitá skutečnost, že obě elektrárny po dokončení rekonstrukce používají prakticky shodné programové i hardwarové vybavení, které je pro konkrétní podmínky obou elektráren přizpůsobeno především nastavitelnou SW a HW konfigurací. Je samozřejmé, že byly použity současné moderní SW nástroje i odpovídající nový hardware.

Vlastní rekonstrukce začala podpisem smlouvy mezi SE, a.s. a VF, s.r.o. v polovině roku 2009 a byla úspěšně ukončena v druhé polovině roku 2010.

Stanovenie inventára aktívnej zóny reaktora pre potreby havarijnej odozvy s využitím kódu Origen/SCALE

Monika Krpelanová, Peter Čarný

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

krpelanova@abmerit.sk

Pri stanovení zdrojového člena (predikovaného úniku rádioaktívnych látok do atmosféry okolia) v prípade udalosti na jadrovom zariadení, pri ktorej hrozia radiačné následky v areáli alebo v okolí, je jedným zo vstupných parametrov, ktoré zásadne ovplyvnia výslednú predikciu úniku (predikciu zdrojového člena) inventár aktívnej zóny reaktora, t.j. aktivita rádionuklidov v palivových článkoch umiestnených v reaktore. Systémy ESTE Mochovce, ESTE Bohunice, ESTE Dukovany, ESTE Temelín, ktoré sa používajú ako nástroje na podporu rozhodovania krízových štábov na rôznych úrovniach organizácie havarijnej odozvy, využívajú výsledky špecifických výpočtov inventára aktívnej zóny pre daný typ paliva v danom reaktore a pre daný výkon resp. dosahované vyhorenie paliva. Obdobne, pre prípad udalosti pri výmene paliva alebo udalosti v bazéne skladovania vyhoreného paliva, sú v systémoch a algoritmoch implementovaných v systémoch ESTE využívané výsledky výpočtov aktivity palivového súboru a inventára bazénu

skladovania vyhoreného paliva. Na modelovanie aktivity paliva v reaktore a na všetky s tým súvisiace výpočty sa používa program Origen/Scale, ktorý je vyvíjaný v ORNL (Oak Ridge National Laboratory) a je základným nástrojom na obdobné výpočty podľa požiadaviek úradu jadrového dozoru (Nuclear Regulatory Commission) v USA. V našom príspevku je diskutovaný a zobrazený metodický postup modelovania a výpočtu inventára aktívnej zóny, palivového súboru a bazénu skladovania pre reaktory VVER 440 a VVER 1000. Uvedené a diskutované sú príklady inventára pre rôzne typy paliva (bez Gd, Gd-2) a pre rôzne reálne dosahované (resp. predpokladané) stupne vyhorenia paliva pri reálnej prevádzke špecifických reaktorov. Uvedené a diskutované sú tiež algoritmy aplikácie inventára aktívnej zóny a bazénu skladovania vyhoreného paliva v softvérových nástrojoch ESTE slúžiacich na podporu havarijnej odozvy.

Stanovenie konverzných faktorov pre odhad reálneho úniku do atmosféry okolia z odozvy TDS v prípade havárie JE s využitím MCNP

Ludovít Lipták, Peter Čarný

ABmerit, Námestie J. Herdu č.1, Trnava, 917 01, SR

liptak@abmerit.sk

V prípade vzniku udalosti na jadrovom zariadení s hrozbou úniku rádioaktívnych látok do atmosféry okolia a radiačných následkov v areáli alebo v okolí, je pre organizáciu havarijnej odozvy zásadná informácia/potvrdenie, že boli zistené symptómy už reálne nastalého úniku, t.j. že v atmosfére okolia už boli zistené symptómy zvýšeného výskytu aktivity (rádioaktívneho mraku), informácia o odhadovanej veľkosti (v Bq) a nuklidovom zložení toho mraku a samozrejme tiež informácia, že aktuálne nie sú detegované symptómy úniku do atmosféry, t.j. únik skončil alebo je aktuálne prerušený. Systémy ESTE Mochovce, ESTE Bohunice, ESTE Dukovany, ESTE Temelín, ktoré sa používajú ako nástroje na podporu rozhodovania krízových štábov na rôznych úrovniach organizácie havarijnej odozvy, využívajú na odhad (výpočet) reálneho úniku do atmosféry okolia špecifické postupy, ktoré sú postavené na interpretácii odozvy teledozimetrického systému (TDS) — monitorov dávkového príkonu žiarenia gama — rozmiestneného v areáli jadrového zariadenia v okruhu okolo reaktorových budov, takzvané „na plote“ areálu. Na jednotlivých jadrových elektrárnach v Čechách a na Slovensku je v areáli v okolí reaktorových budov rozmiestnených 16 až 27 monitorov TDS. Pre interpretáciu odozvy každého jedného monitora z hľadiska

zistenia veľkosti reálne už nastalého úniku do atmosféry okolia je podstatné modelové stanovenie vzťahu medzi odozvou detektora a aktivitou v mraku v okolí, resp. nad tým detektorom. Na základe modelovej analýzy a výpočtov sme stanovili a implementovali v expertných systémoch ESTE sady konverzných faktorov na prepočet odozvy detektora TDS v areáli JE (v Gy/s) na objemovú aktivitu v mraku v okolí toho detektora, resp. na rýchlosť úniku (v Bq/s) z hlavného výrobného bloku alebo z ventilačného komína. Modelové výpočty konverzných faktorov vykonávame kódom MCNP. V našom príspevku je diskutovaný a opísaný metodický postup výpočtov kódom MCNP a uvedené a diskutované sú príklady konkrétnych konverzných faktorov stanovených za rôznych vstupných predpokladov — rôzne polohy detektorov TDS voči predpokladanému miestu úniku. Diskutované sú výsledky modelových výpočtov metódou Monte Carlo (MCNP) a metódou point kernel (Microshield). Diskutovaný je vplyv miesta úniku (výrobný blok verzus ventilačný komín), efektívnej výšky miesta úniku (50–150 m nad terénom), typu meteorologických podmienok (kategória stability počasie), energie fotónov resp. nuklidového zloženia mraku, geometrie detektora, vplyv okolitých budov na odozvu detektora TDS.

Systém radiační kontroly na MO34 — technologická radiační kontrola

Štefan Ševečka, Ondrej Slávik, Alojz Slaninka, Marko Fülöp

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

sevecka@vuje.sk

Dodávateľom systému systému radiačnej kontroly (RK) pre JE MO34 je VUJE, a.s. Významnú časť systému RK tvorí tzv. technologická radiačná kontrola, ktorá na základe vhodne volených veličín zaisťuje sledovanie stavu rozhraní fyzických bariér. Monitor I.O. je aplikáciou elektricky chladeného polovodičového detektora, spektrometrickej trasy LYNX a riadiaceho aplikačného SW vyvinutého vo VÚJE. Ostatné monitory technologickej RK sú realizované na báze štandardných NaI detektorov MGPI ako aj monitorov príkonu dávky pomocou Si- detektorov, alebo ionizačných komôr. Údaje z týchto monitorov (RS-485) sú centralizované do automatického informačného systému pomocou koncentrátorov s prevodníkmi RS-485-ETHERNET a aplikačného SW vyvinutého vo VUJE.

Výber energetických okien NaI detektorov, ich interpretácia ako aj výpočet príslušných prevodových koeficientov boli navrhnuté resp. vypočítané v rámci spracovania realizačnej projektovej dokumentácie SRK pre MO34 vo VÚJE. Pre jednotlivé systémy boli zvolené tri energetické kanály, ktorými sa monitorovali špecifické skupiny rádionuklidov (RN) — úzke energetické okná a ich celková gama aktivita v jednom širokom okne 0,1–2,0 MeV. Ako pravidlo pri sledovaní bariér (napr. I.O. / II.O.) boli navrhnuté energetické okná zohľadňujúce stav chladiwa I.O. pri tesnom a netesnom palive.

Kalibrácia týchto spektrometrických monitorovacích systémov bola založená na určovaní citlivostných koeficientov pre jednotlivé energetické okná. Tieto boli stanovené pomocou matematickej simulačnej metódy Monte Carlo zohľadňujúcej geometrické a radiačné charakteristiky kontrolovaného zdroja ionizujúceho žiarenia. Pri simulačných výpočtoch bol využívaný validovaný výpočtový program MCNP5. Výpočet týchto koeficientov bol uskutočnený pre: kryptónový monitor (kontrola tesnosti pokrytia paliva), prevádzkové monitory v systémoch technickej vody dôležitej (TVD) a nedôležitej (tesnosť rozhrania medzi primárnym okruhom a okruhmi TVD, resp. TVN), havarijný monitoro TVD, jódový monitor v blokovej a núdzovej dozorni. Jódový monitor v BD a ND zaisťuje indikáciu ^{131}I vo vzduchu na základe merania krátkodobých rádiojódoov.

Pre monitorovacie systémy s primárne meranou veličinou príkon dávky žiarenia gama (PD) boli prevodové koeficienty stanovované pomocou výpočtového programu VISIPLAN založeného na integrovaní bodových príspevkov a príslušných vzrastových faktorov (havarijný monitor na hlavných parovodoch a monitor na ejektoroch odvetrávajúcich jamu vývev). Získané citlivostné a prevodové koeficienty budú predmetom prezentácie.

Výpusti AaŠP (bez tritia) z JE Temelín do vodoteče

Marek Kurfiřt, Jiří Pospíchal

radiační kontrola okolí, ČEZ, a.s., JE Temelín, Temelín, 373 05, ČR

jiri.pospichal@cez.cz

Uvádění radionuklidů do ŽP ve formě kapalných výpustí z JETE je povoleno rozhodnutím SÚJB. Rozhodnutím je stanoven autorizovaný limit (dále jen AL) pro kapalně výpusti do řeky Vltavy v profilu Kořensko pro jednotlivce z kritické skupiny obyvatelstva, který se vztahuje na součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření. Součástí rozhodnutí jsou i hodnoty převodních koeficientů pro přepočet celkové výpusti jednotlivých radioizotopů v Bq na jednotky efektivní dávky v Sv pro účely kontroly a regulace výpustí v průběhu kalendářního roku a další podmínky uvádění radionuklidů do ŽP včetně provádění ročního bilancování výpustí, které se na JETE provádí pomocí výpočetního programu RDETE. AL stanovený v rozhodnutí je univerzální a zohledňuje vliv libovolné směsi radionuklidů (včetně tritia) vypuštěné do povrchových vod. Pro uvádění radionuklidů do životního prostředí ve formě kapalných výpustí je platné rovněž rozhodnutí Krajského úřadu České Budějovice čj. KUJCK 18 378/20/2005 OZZL Ža, které mění rozhodnutí Okresního úřadu České Budějovice, referátu životního prostředí z r. 1993.

Vedle AL se k výpustem vztahuje ohlašovací povinnost na SÚJB při neplánovaném překročení sedminásobku průměrného denního limitu efektivní dávky z plyných nebo kapalných výpustí, odvozeného jako 7/365 dílů z ročního AL.

Kapalné výpusti se z JE uvolňují prostřednictvím systémů kontrolních nádrží. Tyto nádrže, resp. je-

jich obsah je před každým vypouštěním promíchán, následně je odebrán vzorek a tento kvalitativně a kvantitativně vyhodnocen v radiochemické laboratoři. Při vyhovující radiochemické analýze je kontrolní nádrž vypuštěna do ŽP celkem třemi možnými způsoby:

- přes systém neutralizace: Vody s obsahem chemikálií a regenerační vody z čistící stanice RY, dochází k neutralizaci na výsledné pH = 6,5–9,0
- přes biologickou čistírnu odpadních vod: prádelenské vody a vody z hygienických uzávěrů
- přímo do sběrné jímky odpadních vod: nadbilanční kondenzát z čistící stanice TR, podmíněně aktivní kanalizace, bilančně nezahrnuté vody z nádrže promývacích vod ionexových filtrů čistících stanic TR, RY, TD a v případě potřeby i čistý kondenzát z čistící stanice TD

Veškeré kapalně odpady jsou ve sběrné jímce odpadních vod smíseny s odluky z cirkulačních chladících okruhů, s odluky bazénů technické vody důležité a vyčištěnou vodou z čistírny odpadních vod. Tím dochází k dalšímu naředění a snížení koncentrace radioaktivních látek. Ze sběrné jímky odchází odpadní vody mimo objekt elektrárny dvěma odpadními řádami, které jsou zaústěny do řeky Vltavy v profilu Kořensko.

Zkušenosti s transporty vyhořelého jaderného paliva z výzkumných reaktorů bývalého východního bloku

Karel Svoboda, Josef Podlaha

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

V roce 2004 byla podepsána dohoda mezi vládami USA a Ruské Federace o omezení hrozeb zneužití jaderných a radioaktivních materiálů k teroristickým účelům tzv. Global Thread Reduction Initiative (GTRI) agreement. Týká se to především vysoce obohaceného uranu, čerstvého nebo vyhořelého jaderného paliva a plutonia, které je skladováno v mnoha zemích. Prezentovaný projekt se týká materiálů s vysoce obohaceným uranem a vyhořelého jaderného paliva z výzkumných reaktorů ruského původu, které jsou postupně vyváženy zpět do Ruské Federace (RF) k přepracování či likvidaci.

V tomtéž roce se k dohodě připojila i Česká republika prostřednictvím Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s. (ÚJV Řež), kde během 50-ti let provozu bylo nahromaděno množství bezpečně skladovaných radioaktivních a jaderných materiálů včetně vyhořelého jaderného paliva z výzkumného reaktoru LVR 15, které představovalo celkem 527 palivových souborů EK-10 (s obohacením 10% U235) a IRT-M (s obohacením 36% a 80% U235) a 657 ozářených proutků paliva EK-10. Česká republika byla první zemí, kde se podobný transport uskutečnil a stala se tak pilotním projektem GTRI. Pro účely převozu skladovaných jaderných materiálů byly vyvinuty nové transportní kontejnery VPVR/M typu B/U v plzeňské Škodě JS a ÚJV Řež získal 16 těchto kontejnerů a finanční podpory US DOE, MAAE a fondu národního majetku ČR. Z České republiky byly předmětné jaderné materiály a vyhořelé jaderné palivo odvezeny již v roce 2007. Česká republika se zavázala ke spolupráci při transportech podobných materiálů a

vyhořelého jaderného paliva z výzkumných reaktorů ruského typu v ostatních zemích bývalého východního bloku do RF k přepracování s využitím nově vyvinutých kontejnerů VPVR/M.

Po odvozu vyhořelého jaderného paliva z ÚJV Řež se takto získané poznatky a zkušenosti uplatňují při podpoře a pomoci odvozu vyhořelého jaderného paliva i z jiných výzkumných reaktorů ruského typu v různých zemích bývalého východního bloku v rámci projektu GTRI. Podpora ÚJV Řež spočívá v kontrolách a přepravách kontejnerů VPVR/M po použití a přípravě k dalšímu použití, podpora v tvorbě potřebných dokumentů, zaškolení personálu pro práci s kontejnery, dohled na plnění kontejnerů a sušení kontejnerů a He-zkoušky těsnosti kontejneru.

ÚJV Řež se podílela na odvozech z následujících zemí — Bulharsko (3 VPVR/M), Maďarsko (16 VPVR/M), Polsko (24 VPVR/M), Ukrajina (7 VPVR/M), Bělorusko (4 VPVR/M). Současně probíhá i odvoz vyhořelého jaderného paliva ve velmi špatném stavu ze Srbska (institut ve Vinče), který probíhá pod kuratelou MAAE a pro transport budou mimo ruských kontejnerů TUK 19 použity i kontejnery VPVR/M v počtu 16 ks. Dále se plánují transporty vyhořelého vysoce obohaceného jaderného paliva, které bylo v době prvního odvozu ještě v reaktoru v Maďarsku a České republice, a odvoz nízko obohaceného vyhořelého jaderného paliva z Polska. V současné době probíhají jednání o převozu paliva z Vietnamu a několika výzkumných reaktorů v RF.

Postupy merania pri uvoľňovaní budov

Ondrej Slavík¹, Martin Lištjak¹, Alojz Slaninka^{1, 2}

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

² Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Ilkovičova 3, Bratislava, 812 19, SR

listjak@vuje.sk

V rámci projektu vyradovanie JE A1 v Bohuniciach bola navrhnutá nová koncepcia uvoľňovania budov, ktorá bola prerokovaná s ÚVZ. Koncepcia uvoľňovania budov je založená na meraní celkovej plošnej aktivity ^{137}Cs betónových povrchov. Nakoľko limity pre uvoľňovanie podľa povrchovej kontaminácie sú príliš nízke a sú ťažko merateľné (ak vôbec — uvoľňovacia úroveň pre ^{137}Cs je $0,3 \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$), boli navrhnuté uvoľňovacie úrovne podľa odporúčaní európskej komisie RP-113. Po stanovení hĺbky kontaminácie a odstránení príslušnej kontaminovanej vrstvy sa zmonitoruje celý uvoľňovaný povrch na celkovú plošnú kontamináciu (CPK) a nameraná hodnota sa porovná s uvoľňovacou úrovňou podľa RPP-113 ($10 \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ pre ^{137}Cs). Hrúbka kontaminácie sa stanoví HPGe on site spektrometriou podľa pomeru energií fotónov ^{137}Cs . Podľa stanovenej hrúbky kontaminácie sa zavedie korekčný faktor pre účinnosť merania CPK. Závislosť tohto faktora bola zisťovaná v našom laboratóriu pomocou betónových doskových žiaričov s rôznymi hrúbkami a známou aktivitou. Súčasťou koncepcie je klasifikácia daného povrchu, ktorá priamo súvisí s hrúbkou kontaminácie a celkovým potenciálom kontaminácie stien. Počet odobraných vzoriek, prípadne aj niektorých meraní je závislý od potenciálu kontaminácie danej betónovej plochy.

Pri uvoľňovaní sa počíta s postupnými fázami: Pred- dekontaminačné monitorovanie, s cieľom identifikovať hĺbku kontaminácie a oblasti s najvyššou kontamináciou vrátane vyznačenia hraníc pre dekontamináciu plôch. Po- dekontaminačné a charakterizačné monitorovanie s kontrolou dostatočnosti dekontaminácie na všetkých plochách vrátane rohov, dutín a hĺbky betónu, stanovením RN vektorov pomocou odberu jadrových vzoriek, potvrdením predbežne navrhutej klasifikácie plôch. Uvoľňovacie monitorovanie so zameraním na preukázanie kritérií uvoľňovania podľa predtým potvrdenej klasifikácie plôch a uvoľňovacích úrovní (UU) podľa RP-113 (súčtové pravidlo s UU pre všetky významné RN).

Pre zaistenie dôveryhodnosti nameraných údajov sa jednotlivé údaje z prístroja priamo prenášajú do databázy kontaminovaných betónov (DBKB). Koncepcia uvoľňovania uvažuje s priebežným oznamovaním nameraných údajov napr. na ÚVZ. Namerané údaje sú evidované a dlhodobo archivované v DBKB, čím je zabezpečená kontinuita dát, zvýšená spoľahlivosť kontroly kontaminovaných miest a zároveň aj efektívna komunikácia s ÚVZ. Zaistenie týchto požiadaviek by bolo veľmi náročné bez patričnej DB (už spomínaná DBKB), ktorá navyše slúži aj na riadenie celého procesu uvoľňovania kontaminovaných plôch spod administratívnej kontroly.

Automatické prepojenie systému ESTE Mochovce a ESTE Bohunice a formulárov o vyrozumení o udalosti na jadrovom zariadení

Pavol Lackovič¹, Peter Čarný¹, Jozef Čech²

¹ ABmerit, Nám. J. Herdu č.1, Trnava, 917 01, SR

² Slovenské elektrárne a.s., Mlynské Nivy 47, Bratislava, SR

lackovic@abmerit.sk

Príspevok popisuje automatické prepojenie expertného systému ESTE Mochovce resp. ESTE Bohunice s formulármi o vyrozumení o udalosti na jadrovom zariadení. Systém (softvér) ESTE na základe vstupných technologických a radiačných dát prostredníctvom svojich algoritmov automaticky

- vyhodnocuje symptómy iniciačnej udalosti (únik do kontajneru, bajpas-únik do sekundárneho okruhu alebo do medzisystému);
- vyhodnocuje čas identifikácie udalosti;
- klasifikuje udalosť (podľa stupnice mimoriadnych udalostí platnej na jadrovom zariadení, MU),
- predbežne klasifikuje udalosť podľa stupnice INES,
- stanovuje prognózu zdrojového člena (úniku rádioaktívnych látok do okolia),
- stanovuje reálnu alebo predikovanú cestu úniku RA látok do okolia,
- stanovuje odhad (v Bq) reálne už nastalého úniku do okolia,
- modeluje šírenie RA mraku v areáli a v oblasti ohrozenia okolo JZ a na základe vypočítanej prognózy dopadov identifikuje sektory, v ktorých majú

byť prijaté ochranné opatrenia a na základe pre-kročenia zásahových úrovní pre prijatie neodkladných ochranných opatrení identifikuje navrhované opatrenia (ukrytie, jódová profylaxia, evakuácia),

- na základe vypočítaných dopadov reálne už nastalého úniku RA látok do okolia stanovuje evakuačné dávky po predom definovaných trasách pre zamestnancov JZ,
- na základe vypočítanej prognózy dopadov stanovuje výpočtom radiačné parametre (maximálne hodnoty) vo vzdialenosti 3-5-10-21 km od miesta úniku,
- v prípade JE Bohunice V2 je systém ESTE prepojený so systémom vyrozumenia a varovania (VAR-VYR) a obsahuje informáciu (spätnú väzbu) o reálnom spustení systému VARVYR.

Popri automatickom režime behu systému ESTE je umožnené príslušným členom organizácie havarijnej odozvy zadávať informácie a pokyny programu aj manuálne cez klávesnicu. Všetky vyššie uvedené výstupy ESTE sú automaticky napojené na formuláre o vyrozumení o udalosti – v tom zmysle systém ESTE umožňuje automatizovať proces vyrozumenia. Poster diskutuje a zobrazuje výstupy ESTE a ich prepojenie s formulármi „Prvotná a Následná správa o udalosti“.

Databáza kontaminovaných betonových povrchov a automatizovaný systém merania

Martin Lištjak, Pavol Göndör, Ondrej Slávik

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

listjak@vuje.sk

Nová koncepcia uvoľňovania budov bola navrhnutá v rámci projektu vyradovania JE Bohunice A1, Slovensko v minulom roku. Jej základom je, že uvoľňovacie merania sú vykonávané v budove určenej na uvoľnenie do životného prostredia alebo na znovu využitie budovy. Plánovanie a záznam všetkých nameraných dát sa chronologicky ukladajú do špeciálnej databázy (Databáza kontaminovaných betónov — DBKB)

Databázu kontaminovaných betónov možno formálne rozdeliť na dve časti:

- správa údajov (DBKB), cez ktorú sa vytvára DB pre konkrétny objekt (miestnosti, povrchy a ich vlastnosti ako sú rozmery a historické rádiologické údaje) a z ktorej je možné odhadnúť predpokladaný objem betónových odpadov po dekontaminácii, ako aj zobrazíť výsledky meraní cez výstupné protokoly.
- záznam meraní pred- a po- dekontaminačného monitorovania (PPDM). V tejto časti sa ukladajú údaje priamo z prístroja do databázy. Spolu s nameranými hodnotami sa ukladajú informácie o polohe meraného bodu ako aj informácia o fáze monitorovania (pred-, po- dekontaminačná, charakterizačná alebo uvoľňovacia)

Automatizáciou prenosu údajov do DBKB sa minimalizuje ľudský faktor pri ručnom vpisovaní údajov do DB.

Samotné meranie je manažované cez obslužný program, ktorý riadi spôsob merania v závislosti od fázy uvoľňovacieho procesu. V pred- dekontaminačnej fáze sa meranie začína v pravom hornom rohu steny a horizontálnym posunom o max. 0,5 m za nastavený čas jedného merania sa zaznamená nameraná hodnota. Počet meraní v jednom riadku je automaticky generovaný podľa rozmerov steny (údaj z DBKB). Po ukončení všetkých meraní na danom povrchu sa zobrazí sieť s nameranými hodnotami a tie, ktoré prevyšujú dekontaminačnú úroveň, sú zvýraznené podfarbením daného oka siete, ktoré slúži na identifikáciu polohy miesta, ktoré má byť dekontaminované.

Meranie v po- dekontaminačnej fáze uvoľňovania riadi program tak, že do programu sa zadá poloha meraného metra štvorcového. Program automaticky rozdelí tento meter štvorcový na menšiu podsieť. Po spustení merania sa automaticky priradí meraniu pozícia v pravom hornom rohu podsiete. Merania v danom oku podsiete je ukončené po nadstavenom čase ukončené zvukovým signálom a ďalšiemu meraniu je automaticky priradená nasledujúca pozícia a začne sa ďalšie meranie. Merania automaticky nasledujú jedno za druhým, kým nie je zmeraných 100 % povrchu daného metra štvorcového.

Vypracovaná DBKB a navrhnutý systém automatizovaných meraní zabezpečuje vyššiu dôveryhodnosť nameraných údajov, ich dlhodobú archiváciu, spätné vyhľadanie údajov, deklaráciu premerania budovy a komunikáciu smerom k ÚVZ.

Schéma implementácie systému ESTE v podmienkach Slovenských elektrární a.s.

Miroslav Chylý¹, Dušan Suchoň¹, Eva Smejkalová¹, Peter Čarný¹, Jozef Čech²

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

² Slovenské elektrárne a.s., Mlynské Nivy 47, Bratislava, 821 09, SR

carny@abmerit.sk

Poster popisuje schému implementácie expertných systémov ESTE v podmienkach Slovenských elektrární a.s.. Systémy ESTE Mochovce (1. a 2. blok) a ESTE Bohunice V2 sa používajú ako nástroje na podporu rozhodovania Organizácie havarijnej odozvy na úrovni závodu Mochovce a Bohunice V2, na úrovni Havarijnej komisie riaditeľstva SE a.s. v Bratislave a klienti systémov sú umiestnení aj v Centre havarijnej odozvy Úradu jadrového dozoru SR v Bratislave. Základnou výhodou opisovanej implementácie systémov ESTE na slovenských jadrových elektrárnach je klient-serverovská architektúra. Server ESTE, ktorý beží v lokalite (Mochovce resp. Bohunice), má k dispozícii v lokalite výborný zdroj technologických a radiačných dát a zároveň ho môžu pracovníci havarijnej odozvy na lokalite riadiť aj v režime manuálneho zadávania najpodstatnejších parametrov

alebo zistení. Klienti ESTE sú umiestnení na rôznych relevantných pozíciách v lokalite JE — pre kľúčové funkcie v Organizácii havarijnej odozvy závodu, v Havarijnom riadiacom stredisku riaditeľstva SE a.s. v Bratislave a v Centre havarijnej odozvy ÚJD SR. Tým je zabezpečený veľmi konzistentný a efektívny prístup k informáciám o udalosti, o stave aktívnej zóny reaktora, resp. všeobecne o stave bariér pre zabránenie úniku RA látok do okolia, o zdrojovom člene, o vypočítaných predikovaných alebo aj reálnych dopadoch úniku v areáli a v oblasti ohrozenia okolo JZ. Uvedená schéma implementácie systémov ESTE významne prispieva k veľmi efektívnej koncepcii havarijnej odozvy. Poster popisuje, vysvetľuje a podrobne zobrazuje implementačnú schému ESTE v SE a.s.

Statistické porovnání metod pro vyhodnocení výsledků leteckých měření dávkových příkonů

Jan Helebrant¹, Irena Češpírová¹, Aleš Froňka²

¹ Mobilní skupina, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Oddělení radonové expertní skupiny, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

jan.helebrant@suro.cz

Cílem je porovnat jednotlivé interpolační metody používané pro vytváření map z leteckých měření prováděných Státním ústavem radiační ochrany (SÚRO). Hodnoceny jsou jak vlastní metody tvorby map, tak i software — jeho vhodnost pro běžné a havarijní situace, složitost obsluhy programu, rychlost a nastavení metody atd.

Použita byla data z leteckých měření v oblasti bývalé těžby a zpracování uranu a dalších kovů v okolí města Příbram. V oblasti se nachází několik hald

po těžbě se zvýšenými hodnotami dávkových příkonů způsobených uranovou mineralizací a celkově je oblast velmi heterogenní.

Pro porovnání byly zvoleny programy používané mobilní skupinou SÚRO a to jednak komerční MapInfo Professional, Vertical Mapper a Geosoft Oasis Montaj, ale i open-source software SAGA GIS. Zvoleny byly jednoduché interpolační metody IDW, Multilevel B-Spline Interpolation a Minimum curvature, ale i složitější geostatistická metoda Kriging.

Zhodnocení nezávislého monitorování okolí MAPE Mydlovary

Michal Fejgl, Reza Mirchi, Daniel Kobliha

Radiochemie, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

daniel.kobliha@suro.cz

MAPE Mydlovary je areál bývalé chemické úpravní uranové rudy. V letech 1962 až 1991 zde byl z uranové rudy separován uran. Rmut, který z rudy po separaci uranu zbyl, je uložen na odkalištích v areálu MAPE. Radioaktivita rmutu je tvořena hlavně ^{226}Ra a jeho rozpadovými produkty, aktivita ^{238}U a ^{234}U je přibližně o řád nižší. Existuje podezření, že během zpracování uranové rudy mohlo docházet k jejímu odnosu do okolí a i rmut uložený na odkalištích může představovat zdroj kontaminace okolí. Proto od roku 1997 provádí odbor monitorování SÚRO Praha nezávislé monitorování aktivit ^{238}U a ^{226}Ra ve spadu odebraném v okolí MAPE Mydlovary. Spady jsou odebírány ve dvou odběrových místech (Plástovice a Zálužice), vzdálených asi 4 a 7 km od MAPE. Pro porovnání výsledků jsou stejnou metodikou odebírány i spady z odlehlých částí České republiky.

Za dobu monitorování byla aktivita ^{238}U stanovena v 54 vzorcích ze sledovaných lokalit a ve 41

vzorcích z kontrolních lokalit. Aritmetický průměr naměřených plošných aktivit ze sledovaných lokalit byl $87,5 \text{ Bq/m}^2$ oproti 149 Bq/m^2 z kontrolních lokalit.

Aktivita ^{226}Ra byla stanovena ve 42 vzorcích ze sledovaných lokalit a v 53 vzorcích z kontrolních lokalit. Aritmetický průměr naměřených plošných aktivit ze sledovaných lokalit byl 206 Bq/m^2 oproti 216 Bq/m^2 z kontrolních lokalit.

V roce 2005 bylo provedeno stanovení aktivit ^{238}U ve vzorcích půd z areálu MAPE, z blízkého okolí MAPE a z blízkosti odběrových zařízení spadu v Zálužicích a Plástovicích. Zřetelné navýšení aktivit ^{238}U bylo naměřeno pouze v půdách z areálu MAPE, v okolních půdách byla aktivita ^{238}U srovnatelná s průměrnou aktivitou ^{238}U v zemské kůře.

Práce je zaměřena na shrnutí dlouhodobého monitorování aktivit ^{238}U a ^{234}U a zabývá se změnou přístupu k monitorování MAPE v budoucnosti.

Monitorovací systémy Pico Envirotec pro bezpečnostní a environmentální aplikace

Petr Sládek¹, Kateřina Sládková², Hana Chaloupková²

¹ UNOB, ČR

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

larisa.dubska@envinet.cz

Kanadská společnost Pico Envirotec Inc. se dlouhodobě orientuje na produkci přístrojů pro letecký a pozemní geofyzikální průzkum, zaměřený zvláště na těžební a ropný průmysl.

Současný vývoj v oblasti bezpečnosti a zvýšená pozornost věnovaná monitorování možného šíření nebezpečných látek umožňuje další využití přístrojů z produkce této společnosti pro pozemní a letecké monitorování radioaktivního záření a spektromet-

rii gama radionuklidů jak přírodního tak umělého charakteru. Tradičně velmi kvalitní odolné geofyzikální přístroje s integrovanými GPS systémy a velmi pokročilým interpretačním systémem jsou velkou výhodou pro nasazení v těžkých terénních podmínkách, kterým mohou čelit speciální jednotky, armáda, policie nebo hasičské posádky. Výhradní zastoupení v České a Slovenské republice — ENVINET a.s..

Optimalizácia ochrany pred žiarením lekárskeho personálu pri vybraných intervenčných vyšetreniach

Denisa Nikodemová¹, Karol Böhm²

¹ Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Oddelenie ochrany zdravia pred žiarením, Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Intervenčné rádiologické metódy (IR) sa začali presadzovať do klinickej praxe v 60. rokoch 20. storočia. K výraznému nárastu ich využívania prispeli výkonné röntgenové zariadenia a kvalitné zobrazovacie systémy špecializované pre jednotlivé typy vyšetrení. Tieto postupy prinášajú komplexnejšie diagnostické informácie a sú stále viac využívané aj pre svoj ekonomický prínos v znižovaní nákladov na liečbu pacientov. Sú však spojené s vysokými dávkami aplikovanými pacientom, ktoré majú za následok aj vysoké ožiarenie zdravotníckeho personálu. Personál pri IR patrí k špecifickej skupine pracovníkov, u ktorých sa vyskytujú najvyššie dávky ožiarenia. Jednou zo základných úloh radiačnej ochrany v medicíne je preto znižovanie radiačnej záťaže týchto pracovníkov, pri zachovaní úrovne kvality diagnostických informácií. Pre zabezpečenie tejto úlohy sa vyžaduje optimalizácia pracovných postupov, zavedenie programov zabezpečenia kvality a vypracovanie metodických postupov pre zníženie veľkosti ožiarenia kritických orgánov, najmä očných šošoviek a končatín. V práci budú prezentované výsledky sledovania technických a prevádzkových parametrov vplývajúcich na veľkosť ožiarenia, vplyvu osobných ochranných prostriedkov na obmedzenie ožiarenia a významu intenzívnej výchovy zdravotníckeho personálu pre zlepšenie znalostí v oblasti radiačnej ochrany.

Pre získanie podkladov na hodnotenie radiačnej záťaže zdravotníckych pracovníkov bola pripravená

dotazníková akcia na zaznamenávanie údajov o frekvencii vyšetrení, prevádzkových parametroch (kV, mA, expozičný čas, poloha röntgenového žiariča a typ projekcie), pracovnom mieste lekára vo vzťahu k pacientovi, súčine vstupnej povrchovej kermy a plochy (KAP). Pomocou TL dozimetrov boli merané ekvivalentné dávky na rôznych častiach tela lekárov: ľavý a pravý prstenník, ľavé a pravé zápästie, ľavé a pravé predkolenie, ľavé a pravé oko a štítna žľaza. Tieto údaje boli zhromaždené pre nasledovné intervenčné výkony: perkutánna transluminárna angiografia a angioplastika karotíd, dolných končatín a renálnej artérie, embolizácia a endoskopická retrográdna cholangiopankreatikografia (ERCP).

Napriek veľkému rozptylu nameraných výsledkov na rôznych intervenčných pracoviskách je možné konštatovať, že maximálne dávky pracovníkov boli zaznamenané pri embolizácii, kde maximálne hodnoty $H_p(0,07)$ dosiahli 9,51 mSv pre ľavé zápästie a 7,32 mSv pre ľavý prstenník. Pri ERCP vyšetrení, kde zdroj žiarenia sa nachádzal nad vyšetrovacím stolom, maximálne $H_p(0,07)$ bolo zaznamenané na ľavom oku (4,07 mSv) a na ľavom stehne (3,72 mSv). V prezentácii bude analyzovaný vplyv osobných ochranných prostriedkov na zníženie ožiarenia a vzájomné korelácie sledovaných parametrov vyšetrenia.

Ožiarenie pacientov pri endovaskulárnych a kardiologických intervenciách

Karol Böhm¹, Denisa Nikodemová²

¹ Odbor radiačnej ochrany, Úrad verejného zdravotníctva SR, Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

² Oddelenie radiačnej hygieny, Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Limbová 14, Bratislava, 833 03, SR

denisa.nikodemova@szu.sk

Radiačná záťaž populácie z lekárskeho ožiarenia predstavuje v priemyselne vyspelých krajinách sveta najväčší príspevok k ožiareniu obyvateľov z umelých zdrojov žiarenia. V Európskych krajinách sa vykonáva ročne 750 až 2200 rádiologických vyšetrení na 1000 obyvateľov. Koncom 80. rokov 20. storočia došlo vo svete k výraznému nárastu využívania intervenčných rádiologických techník a tento trend pokračuje dodnes. Intervenčné výkony sú spojené s oveľa vyššou radiačnou záťažou pacientov ako klasické vyšetrenia. Pri týchto výkonoch je nutné počítať nielen so stochastickými účinkami žiarenia, ale aj s deterministickými účinkami, ktoré sa môžu prejaviť u pacientov ako dôsledok vysokej aplikovanej dávky. V Slovenskej republike sa v priebehu piatich uplynulých rokov zvýšil počet angiografických vyšetrení o 70,2 % a počet endovaskulárnych intervencií o 464 %. Vysoké ožiarenie pacientov predstavuje aj významný problém z hľadiska radiačnej ochrany: angiografie a intervenčné výkony predstavujú necelé 2 % z celkového počtu rádiologických výkonov, ale ich príspevok ku kolektívnej dávke pacientov je až 20 %.

Vo svojej štúdii sme sa zamerali na meranie radiačnej záťaže pacientov pri endovaskulárnych a kardiologických intervenciách. Meranie veľkosti dávok

u 318 pacientov sa vykonávalo na 3 intervenčných pracoviskách v najväčšom kardiologickom centre na Slovensku. 74 pacientov sa podrobilo endovaskulárnym intervenciám (DSA, PTA, implantácie stentov a stengraftov), 50 koronárnym angiografiám (CA), 20 PTCA, 54 elektrofyziológickému vyšetreniu srdca (EFV) a 98 RFA. Priemerný vek pacientov bol 56 rokov.

Meranie vstupných povrchových dávok (ESD) bolo vykonávané pomocou kalibrovaného meradla KAP. Priemerná kumulovaná ESD bola pri DSA abdominálnej aorty 547 ± 149 mGy, pri dolných končatinách $263,9 \pm 38,4$ mGy; pri karotídach $230,8 \pm 30,7$ mGy; pri renálnej artérii $284,8 \pm 116,3$ mGy a $285,2 \pm 55,6$ mGy pri PTA. Pri kardiologických intervenciách bola priemerná ESD 343 ± 30 mGy pri CA, 942 ± 115 mGy pri PTCA, $156,4 \pm 24,2$ mGy pri EFV a $970,8 \pm 105,1$ mGy pri RFA. Štúdia preukázala, že najväčší príspevok ku kumulovanej ESD pri endovaskulárnych intervenciách, CA a PTCA pochádza z režimu snímkovania (75–98 %) pri DSA a nie z režimu skiaskopie (2–25 %). Veľký vplyv na veľkosť ožiarenia pacientov mal zvolený impulzný prevádzkový režim pri skiaskopii a DSA a ďalšie prevádzkové parametre používaných röntgenových prístrojov.

Príspevok k stanoveniu populačných dávok z vyšetrení počítačovou tomografiou na Slovensku

Dušan Šalát¹, Denisa Nikodemová², Martina Horváthová³,
Helena Cabaneková², Miroslav Novák¹

¹ Ústav radiačnej ochrany s.r.o., Staničná 1062/24, Trenčín, 911 05, SR

² Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Limbova, Bratislava, SR

³ Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Trnavská univerzita, Univerzitné námestie 1, Trnava, 918 43, SR

uro@uro.sk

Príspevok vyšetrení počítačovou tomografiou tvorí takmer 50 % kolektívnej dávky z radiodiagnostických vyšetrení. Z tohto dôvodu pri zhromažďovaní údajov o populačných dávkach z lekárskejších expozícií sme sa zamerali, v zmysle odporúčania EC 154 (2008), na zhodnotenie radiačnej záťaže z vybraných typov CT vyšetrení (hlava, krk, hrudník, brucho, panva) na monitorovaných CT pracoviskách v rôznych regiónoch SR. Veličinu kolektívna efektívna dávka použijeme ako nástroj optimalizácie a znižovania radiačnej záťaže obyvateľstva.

K realizácii zberu údajov bol využitý špeciálne vyvinutý systém umožňujúci automatizovaný prenos parametrov potrebných pre vyhodnotenie dávkovej záťaže prostredníctvom nemocničného informačného systému (NIS, PACS, RIS).

Pre podporu národnej štúdie o kolektívnej populačnej dávke z CT vyšetrení, sme zhromaždili 10 681 CT vyšetrení z troch pracovísk s archivá-

ciou parametrov potrebných pre analýzu informácií o pacientovi, metóde vyšetrenia, o prevádzkových parametroch daných pracovísk a radiačnej záťaži exponovaných pacientov.

V prezentácii budú uvedené prehľady, ktoré umožnia zhodnotiť radiačnú záťaž vo vzťahu k distribúcií podľa veku a pohlavia, rozpätia individuálnych dávok a ich časovej distribúcie. Zavedená metóda zberu dát predstavuje zvýšenie počtu zaznamenaných prípadov pre hodnotenie radiačnej záťaže a vzájomné porovnanie monitorovaných pracovísk umožní optimalizáciu expozičných protokolov, ako aj porovnanie ožiarenia z rôznych diagnostických výkonov pre tú istú kategóriu vyšetrenia.

Tieto údaje v budúcnosti prispievajú k znižovaniu patientskych dávok a tým aj kolektívnej dávky zo sledovaných CT vyšetrení. Budú tiež podkladom k vytváraniu národných referenčných diagnostických úrovní pre vybrané CT vyšetrenia.

Možnosti optimalizácie patientskych dávok pri CT vyšetreniach v pediatrii

Ľubka Gbelcová¹, Denisa Nikodemová², Martina Horváthová¹

¹ Fakulta zdravotníctva a sociálnej práce, Trnavská Univerzita, Univerzitné námestie 1, Trnava, 918 43, SR

² Oddelenie radiačnej hygieny, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR
ubikag@gmail.com

Detskí pacienti podstupujúci vyšetrenie počítačovou tomografiou sú špecifickým problémom radiačnej ochrany s ohľadom na vyššiu citlivosť k ionizujúcemu žiareniu a väčšiu pravdepodobnosť vzniku indukovaných nádorových ochorení v dospelosti. Z tohto dôvodu je úlohou ochrany pred žiarením zaviesť taký súbor opatrení, ktorý vychádza z kompromisu medzi rádiologickou praxou a hygienickými odporúčaniami vedúcimi k zníženiu radiačnej záťaže. Pri tom je dôležité udržať kvalitu zobrazovania a neznížiť diagnostickú výpoveď uskutočneného CT vyšetrenia.

Jedným z cieľov TC Projektu MAAE (RER/9/093), na ktorom participujeme, je zhromaždiť expozičné parametre a hodnoty charakterizujúce veľkosť ožiarenia detskej populácie pri najfrekvencovanejších CT vyšetreniach (hlava, hrudník, brucho), ako podklad pre návrh diagnostických referenčných úrovní, ktoré doposiaľ pre detskú populáciu v legislatíve SR chýbajú.

Riešenie projektu bolo realizované na štyroch vybraných CT pracoviskách, ktorých CT zariadenia reprezentovali typové vybavenie CT pracovísk na Slovensku. K zberu dát potrebných pre zhodnotenie veľkosti ožiarenia bol použitý štandardizovaný formulár vyplňovaný v troch fázach (fáza A — charakteristika pracoviska, fáza B — detailné parametre

CT vyšetrení, fáza C- výsledky procesu optimalizácie).

Na monitorovaných pracoviskách bolo najfrekvencovanejším CT vyšetrenie hlavy, ktoré tvorilo viac ako 45% z celkového počtu všetkých CT vyšetrení, preto sme sa prednostne zaoberali možnosťou optimalizácie v oblasti hlavy. Vzhľadom na odporúčania ICRP č. 103(2007) očné šošovky sú najcitlivejším tkanivom ľudského tela, a preto CT vyšetrenie hlavy potenciálne môže viesť k centrálnej opacite a tá prerašťať ku katarakte.

V rámci implementácie optimalizačných opatrení do praxe detských CT pracovísk sme študovali komerčne dostupné osobné ochranné pomôcky očí a štítnej žľazy vo forme bizmutových tienidiel.

V našej prezentácii ukážeme výsledky meraní vstupnej povrchovej dávky na antropomorfnom detskom fantóme a priamo na vyšetruvaných deťoch s využitím termoluminiscenčných dozimetrov. Pre naše merania boli použité štandardné protokoly na konkrétnych pracoviskách.

Prezentované výsledky poukazujú na významnú závislosť od typu CT zariadenia, od nastavených expozičných parametrov a od úrovne poznatkov vyšetrujúceho rádiológa. V zmysle najnovších publikácií zahraničných autorov zároveň polemizujeme vhodnosť a uniformnosť používania očných tienidiel.

Kontrolní činnost SÚJB — mamografie v ČR

Eva Jursíková, Otto Kodl

Státní úřad pro jadernou bezpečost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

eva.jursikova@sujb.cz

V České republice vykonává Státní úřad pro jadernou bezpečnost státní dozor nad radiační ochranou na všech mamografických pracovištích. Kontroluje dodržování povinností podle zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a dalších předpisů vydaných na jeho základě.

Sdělení pojednává o kontrolovaných subjektech, diagnostické a screeningové mamografii, v současné době používaných mamografických přístrojích, digitálním a filmovém záznamu diagnostické informace, metodice prováděných kontrol a nedostacích, které inspektoři radiační ochrany na těchto pracovištích zjišťují.

Zhodnocení AEC mamografických přístrojů v screeningovém období 2004 až 2009

Otto Kodl, Eva Jursíková

Státní úřad pro jadernou bezpečost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

otto.kodl@sujb.cz

V příspěvku je hodnocena funkce expoziční automatiky mamografických rentgenových zařízení, která ovlivňuje kvalitu provedení analogového nebo digitálního záznamu na jedné straně a dosažené střední dávky v mléčné žláze na straně druhé.

Posuzovány byly parametry jako jsou:

Optická hustota film/folie, volba napětí rentgenky, vstupní povrchová kerma, střední dávka v mléčné žláze a pro digitální zobrazení ještě poměr signál/šum a poměr kontrast/šum.

Hodnoceno bylo 80 rtg přístrojů z 58 pracovišť.

Výsledky ukazují na dobrou úroveň technického vybavení screeningových pracovišť a dokladují výrazné zlepšení v kvalitě snímků a obdržení středních dávek v mléčné žláze.

Toto tvrzení můžeme např. podložit dosaženým výsledkem optických hustot rtg snímků pohybujících

se v rozsahu 1,4 až 1,9 se středem v doporučené hodnotě 1,65 OD (viz tab. č. 1) a grafu č. 1, kde je znázorněn průběh střední dávky v mléčné žláze PMMA pro ekvivalentní tloušťky prsu při standardním složení poměru tkáň/ tuk, kde současné systémy zobrazení vykazují významný pokles dávky oproti roku 2004 a i doporučeným hodnotám v European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis (EG). Fourth Edition 2006.

Z výsledků naopak vyplývá, že je nutné ještě provést optimalizaci volby napětí a filtrace při provádění snímků jak u analogového tak i u digitálního zobrazení a u digitálního zobrazení stanovit požadavky na způsob hodnocení pro poměr signál/šum, poměr kontrast/šum a určení minimálního detekovatelného kontrastu.

Stanovení zeslabení stínících zástěr pro přepočet osobního dávkového ekvivalentu

Pavel Kratochvíl, Kateřina Bradáčová

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

pavel.kratochvil@vf.cz

VF, a.s. je provozovatelem služby osobní dozimetrie pro pracovníky se zdroji ionizujícího záření. Pro měření osobního dávkového ekvivalentu $H_p(10)$ jsou používány osobní dozimetry s OSL detektory. Vyhláška o radiační ochraně stanovuje povinnost nosit osobní dozimetr na levé straně hrudníku (tzv. referenční místo), v případě že je používána ochranná stínící zástěra, tak vně této zástěry. V RTG lékařské diagnostice je zástěra používána jak radiačními pracovníky k osobní ochraně, tak i k ochraně paci-

enta. OSL dozimetr měří $H_p(10)$ na zástěře, otázkou je jaká je hodnota $H_p(10)$ pod zástěrou? V ČR se korekce provádí přepočtem podle tzv. poměru zeslabení nebo ekvivalentu olova udávaného výrobcem zástěry. V prezentaci jsou uvedeny výsledky měření poměru zeslabení stínících zástěr pomocí ionizační komůrky a pomocí osobních OSL dozimetrů. Měření byla provedena na PMMA fantomu pro ekvivalenty 0,25, 0,35 a 0,5 mm Pb.

Optimalizace fyzikální QA v radioterapii

Vladimír Vondráček¹, Matěj Navrátil^{1, 2}

¹ Radiofyzikální oddělení RFO, Fakultní nemocnice Na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 00, ČR

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

matej.navratil@seznam.cz

Radioterapie je léčebnou metodou, využívající ionizující záření k léčbě nádorových onemocnění. V posledních letech se technologie ozařovací techniky prudce vyvíjí. Ohlédneme-li se o deset let zpět, je pokrok velmi zřetelný. Do popředí stále více vystupují počítačové technologie, umožňující velmi přesné zacílení cílových objemů, máme možnost sledovat v reálném čase pohyby jak pacienta tak jeho vnitřních orgánů a existuje možnost na tyto pohyby přímo reagovat. Takřka každoročně dochází k vylepšením a inovacím v technologii.

Pacient očekává, že bude ozářen zcela správně a že ozařovací technika funguje bezchybně za všech okolností. Cílem QA v radioterapii by mělo být tuto skutečnost zaručit. Domníváme se, že v současné době přijatý koncept testů tomuto nevyhovuje a vyžaduje proto zásadní přepracování. Již není možné vystačit s přístupem „testujeme všechno“ a přistupovat k technologii jako černé skřínce, bez znalosti její funkcionality. Intenzivní testování v tomto smyslu s sebou nese bobtnající časové i personální nároky, které v principu žádné pracoviště není s to dlouhodobě udržovat. Zpravidla nepřichází bohužel pomoc ani ze strany výrobce nebo dodavatele, testy mají

prokázat shodu s deklarovanými údaji, pro rutinní kontroly se však příliš nehodí.

Místo testování jednotlivých parametrů, které zpravidla nemají mnoho společného se skutečnou klinickou situací, navrhujeme sestavit testovací metodiku, která umožní během jednoho komplexního testu odhalit nesrovnalosti v konfiguraci přístroje. Ideální test je takový, který je co nejvíce podobný klinické situaci, ale přitom dostatečně citlivý k možným nepřesnostem. Při tomto typu testů narážíme na několik zásadních problémů. Prvním je možnost, že se chyby různých parametrů navzájem vykompenzují a tím bude test hodnocen falešně pozitivně. Druhým problémem je nalézt optimální konfiguraci testu z hlediska citlivosti a stanovení příslušné tolerance. V neposlední řadě je problém i v tom, že takový test není přenositelný na jiný typ ozařovače a vyžaduje nemalou zkušenost s daným přístrojem.

Řešením je dle našeho názoru vytvoření skupin uživatelů jednotlivých typů ozařovačů a na základě sdílené zkušenosti (a ideálně za spolupráce s výrobcem) sestavit takové testy, které uvedené problémy překlenou.

Měření relativních faktorů pole Leksellova gama nože Perfexion

Jitka Šemnická¹, Kateřina Vávrů², Ondřej Konček³

¹ Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

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

³ UJP PRAHA, Nad Kamínkou 1345, Praha Zbraslav, 150 00, ČR

jitka.semnicka@homolka.cz

Relativní faktory pole (angl. Relative output factors) jsou důležitou dozimetrickou veličinou pro výpočet dávky při plánování léčby Leksellovým gama nožem. U modelu Perfexion jsou k dispozici tři velikosti kolimačních kanálů s nominálním označením 4, 8, 16 mm. Relativní faktory pole pro tyto kolimátory jsou dány jako podíl dávkového příkonu od daného kolimátoru měřeného v izocentru ve standardním fantomu vůči dávkovému příkonu kolimátoru 16 mm v izocentru ve standardním fantomu. Hodnoty jsou tedy menší

nebo rovny jedné. Výrobce hodnoty faktorů pole pro 4 a 8 mm kolimátor získal z řady Monte Carlo simulací. Pro uživatele jsou napevno zadány v plánovacím systému a nemůže je tedy měnit. V naší práci se zabýváme různými přístupy k měření relativních faktorů pole, a to: gelovým dozimetrem, radiochromním filmem a miniaturní ionizační komorou. V příspěvku budou prezentovány výsledky a diskuze s ohledem na základní charakteristiky jednotlivých využitých experimentálních modalit.

Zhodnocení postupů stanovení vzduchové kermové vydatnosti URZ s Ir-192 na radioterapeutických pracovištích v ČR

Ivana Horáková, Irena Koniarová, Helena Žáčková

Radioterapie a rtg laboratoře, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ivana.horakova@suro.cz

Postup pro stanovení vzduchové kermové vydatnosti uzavřených radionuklidových zářičů (URZ) pro HDR (high dose rate) zdroje je součástí doporučení SÚJB: „Zavedení systému jakosti při využívání významných zdrojů ionizujícího záření v radioterapii – uzavřené radionuklidové zářiče v brachyterapii” (1998) + Oprava a doplnění z roku 2003. Standardní postupy kalibrace vysokoenergetického záření gama z ^{192}Ir používaného v HDR brachyterapeutických afterloadingových (AFL) ozařovačích jsou součástí doporučení IAEA–TECDOC-1274: „Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy”, které bylo vydáno v roce 2002.

SÚRO Praha provádí od roku 2002 nezávislou prověrku zařízení s URZ používaných v brachyterapii po přijímací zkoušce před uvedením do klinického provozu podle jednotné metodiky schválené SÚJB (2001). Součástí této prověrky je i ověření hodnoty vzduchové kermové vydatnosti. Metodika pro stanovení vzduchové kermové vydatnosti vychází z postupu uvedeného v doporučení SÚJB — pomocí kalibračního můstku (tzv. free in-air technique). Od roku 1999 bylo provedeno 29 těchto nezávislých pro-
věrek na 25 ozařovačích.

Odbor lékařských expozic v SÚRO Praha současně posuzuje i dokumentace k žádostem o povolení k provádění přijímacích zkoušek (PZ), zkoušek dlouhodobé stability (ZDS) a také dokumentace zkoušek

provozní stálosti (ZPS) HDR brachyterapeutických AFL ozařovačů. V těchto metodikách je stanovení kermové vydatnosti URZ jedním z nejdůležitějších parametrů, jehož správnost a přesnost stanovení ovlivňuje přesnost stanovení dávky pacienta při brachyterapii. Při posuzování jednotlivých dokumentací byla zjištěna nejednotnost v popisu způsobu kalibrace ionizačních komor a v používání opravných koeficientů. To bylo důvodem pro tuto studii.

Príspevek je věnován srovnání postupů pro stanovení vzduchové kermové vydatnosti (pomocí kalibračního můstku) uvedených ve výše jmenovaných doporučeních, v metodice nezávislé prověrky, v metodikách jednotlivých držitelů povolení pro provádění PZ a ZDS a v metodikách pro ZPS. Pozornost je věnována zejména kermovému kalibračnímu faktoru pro ^{192}Ir a opravným koeficientům.

Na závěr je doporučen postup stanovení vzduchové kermové vydatnosti pro ^{192}Ir pomocí kalibračního můstku. Takto stanovená hodnota (při PZ, ZDS, nezávislé prověrce nebo ZPS) se porovnává s hodnotou výrobce URZ, která je vložena do plánovacího systému. Tolerance pro odchylku vzduchové kermové vydatnosti od deklarované hodnoty je pro ^{192}Ir při přijímací zkoušce resp. zkoušce dlouhodobé stability 2 % (dle Opravy a doplnění doporučení z roku 2003), při nezávislé prověrce 3 %.

První zkušenosti s nezávislou prověrkou radioterapie prostaty

Irena Koniarová¹, Ivana Horáková¹, Vladimír Dufek^{1, 2}

¹ Oddělení radioterapie a rtg laboratoře, SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

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

la.dufek@seznam.cz

Státní ústav radiační ochrany plánuje rozšíření nezávislé prověrky lineárních urychlovačů o verifikaci postupu radioterapie prostaty neboli zavedení nezávislé prověrky radioterapie prostaty. Zatímco při nezávislé prověrce lineárních urychlovačů se ověřují jednotlivé geometrické a dozimetrické parametry lineárních urychlovačů, které mají vliv na přesnost dodání dávky do cílového objemu, nezávislá prověrka radioterapie prostaty ověřuje přímo přesnost dodání dávky do cílového objemu při ozáření konkrétního plánu. Ověří se tedy přímo proces plánování léčby a dodání předepsané dávky. V rámci nezávislé prověrky lze také mezi pracovišti srovnávat dávkově-objemové histogramy, vypočtené objemy jednotlivých struktur a optimalizační kritéria jednotlivých plánů.

Pro účel nezávislé prověrky radioterapie prostaty byl na základě reálných anatomických struktur vyroben z PMMA desek speciální fantom malé pánve. Ve fantomu je vyznačena prostata, močový měchýř a rektum. Fantom navíc obsahuje také hlavice stehenních kostí, které mohou být zality buď v gelu nebo ve vodě. Při nezávislé prověrce radioterapie prostaty se

fantom zasílá na radioterapeutická pracoviště, kde je nasnímán na CT a je pro něj vytvořen ozařovací plán dle zvyklostí pracoviště. Poté je fantom ozářen dle plánu. Dvěma ionizačními komorami umístěnými ve fantomu se změří dávka v bodě v PTV a v rektu a porovná se s dávkou odečtenou z plánovacího systému pro příslušný bod.

Doposud se nezávislá prověrka radioterapie prostaty uskutečnila na pěti pracovištích a bylo ověřeno 8 plánů. Odchytky změřené a vypočtené dávky v bodě v PTV byly na všech pěti pracovištích do 3 %, a splňují tak toleranci. Hodnota dávky v rektu pouze v jednom případě mírně překročila hodnotu dávky odečtenou pro tento bod v plánovacím systému, a nesplnila tak toleranci. Nezávislá prověrka byla použita nejen pro konformní radioterapii a pro techniku radioterapie s modulovanou intenzitou svazku (IMRT), ale i pro techniku radioterapie s objemově modulovanou intenzitou (RapidArc).

Výpracováno v rámci řešení veřejné zakázky ve výzkumu a vývoji č. 4/2009.

Zaťaženie pacienta mimo ložiska pri IMRT

Martina Zemanová¹, Gabriel Králik², Martin Chorváth³, Ivana Krajčovičová¹

¹ Onkologická klinika, LFUK Bratislava, Špitálska 24, Bratislava, 813 72, SR

² Oddelenie klinickej radiofyziky, Onkologický ústav sv. Alžbety, Heydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

³ Oddelenie radiačnej onkológie, Onkologický ústav sv. Alžbety, Keydukova 10, Bratislava, 812 50, SR

gkralik@ousa.sk

V terapii sa často zameriavame viac na dodanie dostatočnej liečebnej dávky do sledovaného ložiska s prihliadnutím na tolerančné dávky okolitých kritických štruktúr a orgánov. Z hľadiska celkového zaťaženia ožarovaného objemu však stále do popredia

vystupuje potreba znižovania dávky v okolí ložiska i pod tolerančnými dávkami a sledovanie veľkosti objemov určitých hladín dávky. Práca sa zaoberá rozložením dávky v okolí ložiska pri mozgových nádoroch liečených IMRT technikou.

Analýza betonových a olověných konstrukcí pro centrum protonové terapie v ČR

Tomáš Urban, Jaroslav Klusoň

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

tomas.urban@fjfi.cvut.cz

V souvislosti s výstavbou Protonového terapeutického centra (PTC) v Praze byla provedena analýza stínících (betonových a olověných) konstrukcí.

Betonové stínící konstrukce byly analyzovány metodou Monte Carlo. V souvislosti s tím bylo mj. nutné vybrat vhodný fyzikální model interakcí vysokoenergetických částic. K tomuto byly identifikovány hlavní zdroje záření a namodelovány úhlově energetická distribuce (zejména) neutronů produkovaných při interakci protonového svazku s konstrukčními materiály technologických částí PTC. Výsledná namodelovaná spektra pro různé modely interakcí byla porovnána a dále použita k odhadu ročního prostorového dávkového ekvivalentu z vybraných zdrojů sekundárního záření v PTC. Hodnoty dávkových

ekvivalentů byly dále použity k verifikaci dostatečné tloušťky betonových konstrukcí.

Při frakcionovaném ozáření bude před každým terapeutickým výkonem v PTC pacient nastaven do léčebné polohy s využitím rentgenových snímků. Ovládací pulty k rentgenkám jsou plánovány umístit přímo do ozařoven (za olověnou bariéru). Optimalizace tloušťky olověné zástěny pro ochranu personálu byla provedena na základě konzervativních odhadů počtu verifikačních rentgenových snímků i plánovaných používaných expozičních parametrů.

S ohledem na další optimalizaci radiační ochrany jsou výsledky analýzy betonového i olověného stínění v příspěvku dále diskutovány.

Úloha a současné možnosti SÚJB při hodnocení a usměrňování expozice pacientů z lékařského ozáření

Ivanka Zachariášová¹, Hana Podškubková¹, Jan Vinklář¹, Hynek Novák²

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

² United Design s.r.o., U Rajske zahrady 6, Praha 3, 130 00, ČR

ivanka.zachariasova@sujb.cz

Struktura jednotlivých radiodiagnostických výkonů se v posledních letech výrazně mění. Zvýšila se frekvence CT vyšetření a počet výkonů v intervenční radiologii (publikace UNSCEAR, RP 154, Statistická ročenka ČR, data VZP). Tyto zobrazovací metody jsou spojené s vysokou orgánovou dávkou pacienta; zvyšuje ozáření populace. V posteru jsou zpracována data získaná z údajů v registru SÚJB a data

poskytnutá VZP o vykazovaných radiologických vyšetřeních, která jsou tříděna a hodnocena podle požadovaných parametrů, zejména dle typu vyšetření, jejich frekvence pro zvolené věkové skupiny a v závislosti na pohlaví. Poster ukazuje možnosti využití těchto informací nejen pro analýzu trendů ozáření obyvatelstva, ale i pro kontrolní činnost Úřadu a pro usměrňování lékařského ozáření.

Riziko karcinogenních účinků v radiodiagnostice

Jiří Filip¹, Olga Bezděková²

¹ Oddělení radiační ochrany, Fakultní nemocnice u sv. Anny, Pekařská 53, Brno, 656 91, ČR

² Oddělení lékařské radiační fyziky a hygieny, Fakultní nemocnice Ostrava,
17. listopadu 1790, Ostrava-Poruba, 708 52, ČR

jiri.filip@fnusa.cz

Cílem posteru je poukázat na rostoucí riziko karcinogenních účinků ionizujícího záření v důsledku lékařských expozic, zejména v radiodiagnostice.

Jsou uvedeny fáze hodnocení zdravotního rizika (WHO 1992, 1998). Je ukázán význam koeficientů rizika karcinogenních účinků a jejich stanovení z přídatné četnosti těchto účinků. Jsou uvedeny hodnoty nominálních koeficientů rizika pro jednotlivé orgány a tkáně, vztažené k incidenci nádorů (podle ICRP 103). Dále pak odpovídající pravděpodobnosti fatálních nádorů. Je provedeno srovnání, jak se tyto hodnoty pro obyvatelstvo měnily od roku 1977 do současnosti. Se zdůrazněním posledních změn jsou porovnány i hodnoty tkáňových váhových faktorů v letech 1977, 1991, 2007.

V České republice zemře na zhoubné nádory z různých příčin za rok asi 28 000 lidí. Z tohoto počtu zemře v důsledku lékařského ozáření, především výkonů v rentgenové diagnostice a nukleární medicíně asi 715 lidí (podle ICRP 103), což činí více než 2,5 % z celkového počtu úmrtí na nádory. Pokud přihlédneme i k ozáření ze zdrojů přírodního pozadí, jemuž jsou lidé rovněž vystaveni, činí to již 2750 úmrtí za rok, tedy cca 9,8 %.

V závěru jsou uvedeny typické hodnoty efektivní dávky pro jednotlivé druhy vyšetření v rentgenové diagnostice a v nukleární medicíně a odpovídající riziko úmrtí na zhoubný nádor k počtu vyšetření daného typu. Pro lepší představu jsou také stanoveny odpovídající doby zátěže z přírodního pozadí, které by způsobily stejně velké riziko.

Hodnotenie radiačnej záťaže a odhad rizika z ožiarenia predčasne narodených detí a patologických novorodencov v dôsledku rádiologických vyšetrení

Alexandra Maruniaková¹, Denisa Nikodemová²

¹ Odbor ochrany zdravia pred žiarením, Regionálny úrad verejného zdravotníctva so sídlom v Banskej Bystrici, Cesta k nemocnici 1, Banská Bystrica, 975 56, SR

² Oddelenie radiačnej hygieny VVZ SZU, Slovenská zdravotnícka univerzita, Limbová 14, Bratislava, 833 03, SR

alexandra.maruniakova@vzbb.sk

V dôsledku zdravotných problémov a pridružených komplikácii predčasne narodené deti, ale aj deti narodené v termíne, podstupujú mnohé a opakované rádiologické vyšetrenia, ktoré sú nevyhnutné pre správnu terapiu. Novorodenci sú citliví na pôsobenie ionizujúceho žiarenia. Riziko prejavu stochastických účinkov je vyššie, pretože ich bunky sú v dôsledku intenzívnej proliferácie a diferenciácie na žiarenie veľmi senzitívne.

Pri riešení problematiky radiačnej záťaže novorodencov sme zmapovali prístrojové vybavenie pre rádiologické vyšetrenia na neonatologickom oddelení a JIRS, typy najfrekventovanejších vyšetrení a parametre, pri ktorých boli uskutočnené (napätie röntgenovej lampy, celková filtrácia, súčin prúdu a času, veľkosť poľa, vzdialenosť ohnisko-kazeta, projekcia) a porovnali s hodnotami odporúčanými v smernici Európskej komisie „European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images in Paediatrics”. Najčastejším rádiologickým vyšetrením je vyšetrenie pľúc novorodenca v inkubátore, použitím mobilného röntgenového prístroja. Zistili sme, že niektoré hodnoty expozičných parametrov a parametrov vyšetovania nie sú v zhode s požiadavkami Európskej komisie. Pre všetky hmotnostné kategórie novorodencov sa používa rovnaká hodnota napätia röntgenovej lampy, mení sa len súčin prúdu a času. Nie je splnená požiadavka prídavnej filtrácie. Dal-

ším cieľom bude uskutočnenie vlastného merania vstupných povrchových dávok žiarenia, na základe čoho bude možné stanoviť efektívnu dávku na dieťa počas jeho hospitalizácie na novorodeneckom oddelení. Podobne budeme postupovať aj na ďalších novorodeneckých oddeleniach v spádovom území.

Optimalizácia prístrojového vybavenia a rádiologických postupov spolu s aplikáciou kritérií vydaných Európskou komisiou môže výrazne redukovat dávku. Je to však náročný proces vyžadujúci spoluprácu rádiológov, pediatrov a asistentov. Napriek tomu, že riziko z rádiologického vyšetrenia je nízke v porovnaní s inými rizikami vyplývajúcimi zo zdravotného stavu predčasne narodených detí, je potrebné, aby dávky z ožiarenia boli čo najnižšie. Prostredníctvom zistených údajov chceme navrhnúť národné diagnostické referenčné úrovne pre pediatrických pacientov, ktoré v našej legislatíve chýbajú. Diagnostické referenčné úrovne umožňujú optimalizáciu rádiologických vyšetrení a slúžia pre porovnanie pracovných návykov a vhodných metodík vyšetrenia na pracoviskách navzájom. Na základe získaných výsledkov riešenej problematiky bude možné prehodnotiť v spolupráci s pediatriami frekvenciu vyšetrení detí a ich nutnosť. Predpokladáme, že nami získané výsledky umožnia zjednotenie rádiologických postupov a budú príspevkom pre redukciiu dávok novorodencov na novorodeneckých oddeleniach.

Kvalita zobrazenia a veľkosť ožiarenia pacientov pri stomatologických rádiografických vyšetreniach na Slovensku

Lukáš Zachar¹, Denisa Nikodemová², Ondřej Ulman³

¹ Fakulta verejného zdravotníctva, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

² Vedecko-výskumná základňa, SZU Bratislava, Limbová 12, Bratislava, 833 03, SR

³ Ústav radiační onkologie, oddělení radiační fyziky, FN na Bulovce, Budínova 2, Praha 8, 180 00, ČR

zachar.lukas@seznam.cz

V poslednom čase, celkový ročný počet vykonávaných radiodiagnostických vyšetrení celosvetovo narástol a tento trend neustále pokračuje s čím súvisí aj neustále zvyšovanie radiačnej záťaže populácie. Frekvencia a typy jednotlivých rádiografických vyšetrení, tak ako aj veličiny používané v dozimetrii v jednotlivých krajinách sú závislé najmä na konkrétnom používanom zobrazovacom procese a úrovni zdravotnej starostlivosti v príslušnej krajine. Hoci expozícia jednotlivcov ionizujúcim žiarením pri stomatologických vyšetreniach je pomerne nízka v porovnaní s inými radiodiagnostickými vyšetreniami ich frekvencia dosahuje v Európskom meradle 30 %. Akékoľvek použitie ionizujúceho žiarenia v radiodiagnostike, stomatologickú rádiografiu nevynímajúc musí byť starostlivo kontrolované. Diagnostická referenčná úroveň (DRL) je vyjadrenie veľkosti ožiarenia pacienta v príslušnej veličine, vzťahnutá na konkrétny typ radiodiagnostického vyšetrenia. Medzinárodná agentúra pre atómovú energiu (MAAE) vo viedni v roku 1996 zaviedla odporúčanú referenčnú úroveň 7 mGy pre stomatologickú periapikálnu rádiografiu. V novšej literatúre sú uvedené DRL pre stomatologickú periapikálnu rádiografiu nižšie. Hodnotu DRL pre mandibulárny molár je možné tiež použiť ako indikátor veľkosti ožiarenia skupiny štandardných pacientov ktorým boli aplikované vyššie expozície. Stredné hodnoty referenčných úrovní pre záhryzové snímky moláru a kefalometrické projekcie boli prvý krát zverejnené v roku 2003 a ich hodnoty sa pohybovali v intervale 0,20 mGy a 1,6 mGy. Stomatologická rádiografia patrí medzi hodnotné nástroje používané v modernej stomatologickej starostlivosti. Hlavnou príčinou nevyznačovania stomatologickej rádiografie v rámci štúdií venovaných problematike stanovenia patientských dávok a optimalizačných techník v radiodiagnostike je fakt, že príspevky k veľkosti ožiare-

nia pacientov v zubnej rádiografii sú relatívne nízke. Významnú skupinu pacientov v čakárni stomatologického RTG pracoviska častokrát tvorí skupina detí a mladých dospelých pre ktorých je riziko z ožiarenia podstatne vyššie. Okrem toho býva vo všeobecnosti mnoho pacientov v súčasnej dobe v rámci stomatologickej rádiografie objektom neoprávnene vysokých dávok ionizujúceho žiarenia na zastaralých zariadeniach ktoré, nie vždy spĺňajú všetky podmienky na prevádzku. Implementáciou programov zabezpečenia kvality v stomatologickej radiodiagnostike je možné dosiahnuť významné zníženie radiačnej záťaže bez straty na kvalite diagnostickej informácie. Zmyslom našej práce je kontrola základných parametrov expozície a nastavenia stomatologického radiodiagnostického zariadenia a kvality procesu diagnostického zobrazenia. Merania sme uskutočnili na stomatologickom radiodiagnostickom pracovisku vo Fakultnej nemocnici s poliklinikou v Žiline na pomerne zastaralom rádiografickom prístroji STOMAX pri ktorom je použitým receptorom obrazu rádiografický film. Veličinu vstupná povrchová kerma (ESAK) sme stanovovali meraním pomocou overeného dozimetrického zariadenia UNFORS Multi-O-Meter a zubného rádiografického fantómu DIGIDENT QU-ART dent/digitest 1.0 ktorého výrobcom je firma SCANDITRONIX-WELLHOFFER. Merania ESAK na fantóme a na pacientoch budú podkladom pre stanovenie miestnej hodnoty DRL na tomto pracovisku. Základným cieľom našej práce je návrh smernej referenčnej hodnoty pre vyššie spomínané pracovisko a taktiež zhodnotenie zmien údajov o efektívnej dávke v stomatológii na základe nových prijatých radiačných váhových faktorov pre oblasť hlavy a krku. Týmto by sme chceli na spomenutom pracovisku prispieť k naplneniu legislatívnej požiadavky zavedenia miestnych DRL pre stomatologickú rádiografiu.

Posouzení profesionálních ozáření na Klinice nukleární medicíny a endokrinologie v Praze Motole

Jaroslav Zimák¹, Zuzana Pašková², Jozef Sabol³, Dana Valachová¹, Petr Vlček¹

¹ Klinika nukleární medicíny a endokrinologie, Fakultní nemocnice v Motole, V úvalu 84, Praha 5, 150 00, ČR

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

³ Univerzita Karlova 2. lékařská fakulta, ČR

zuzana.paskova@sujb.cz

Plakátové sdělení sumarizuje profesionální ozáření personálu kliniky nukleární medicíny a endokrinologie (KNME) v Praze Motole během let 1993 — 2009 ve dvou fázích, konkrétně v letech 1993 — 1997, kdy oddělení nukleární medicíny (ONM) sídlilo ve staré zástavbě v Motole, a v letech 1998 — 2009 po přestěhování bývalé ONM, posléze přejmenované na KNME, do nové budovy motolské nemocnice. Jsou porovnány výsledky osobní dozimetrie v těchto dvou shodně dlouhých časových intervalech. V současnosti je KNME s více než 6 000 pacienty diagnostikovanými za rok a s terapeutickými aplikacemi u cca 1000 pacientů za rok největším zařízením nukleární medicíny v ČR. Jsou uvedeny individuální příspěvky vnějšího ozáření u různých profesí v uvedených le-

tech. Zvláštní pozornost je věnována pracovníkům aplikujícím radiojod pro terapeutické účely. Z údajů osobní dozimetrie a z údajů monitorovacího radiačního systému vyplynuly některé nutné úpravy, jak v uspořádání nového pracoviště, tak i režimu radiačních činností personálu. Rozdíly v uspořádání pracoviště a v procesu lékařských aplikací z hlediska radiační ochrany jsou dokumentovány také ve fotografiích. Ačkoliv v současnosti došlo až k trojnásobnému nárůstu aplikované aktivity radiofarmak ve srovnání s lety ve staré zástavbě, ozáření personálu se v některých případech dokonce snížilo. Uvedené hodnoty profesionálních ozáření svědčí o tom, že přijatá a demonstrovaná opatření v nové zástavbě vedla skutečně k optimalizaci radiační ochrany.

Príprava Cu-64 pre PET diagnostiku a terapiu

Jarmila Ometáková¹, Pavol Rajec^{1, 2}

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

² Biont, a.s., Karloveská 63, Bratislava, 842 29, SR

jarka.ometakova@gmail.com

PET diagnostika okrem iného umožňuje vizualizovať aktivitu nádora, určiť rozsah nádorového ochorenia alebo sledovať účinnosť liečby. Vývoj nových rádiofarmaceutík pre PET diagnostiku a terapiu má preto veľké opodstatnenie. V posledných rokoch vzrástol záujem o použitie rádiofarmák značených rádioizotopom ^{64}Cu . Tento záujem možno pripísať jeho fyzikálnym vlastnostiam ($T_{1/2} = 12,7$ h, β^- 37,1 %, β^+ 17,9 %), ktoré ho predurčujú pre terapiu (β^-) a pre použitie v diagnostike (β^+) napr. hypoxických tumorov. Dopyt po ^{64}Cu je podmienený aj faktom, že jeho produkcia je možná v biomedicínskych cyklotrónoch (s energiou protónov 11–18 MeV). Existuje viacero spôsobov príprav ^{64}Cu , napr. $^{64}\text{Zn}(d,2p)$, $^{66}\text{Zn}(d,\alpha)$, $^{68}\text{Zn}(p,\alpha n)$, $^{64}\text{Zn}(n,p)$, $^{64}\text{Ni}(d,2n)$, $^{64}\text{Ni}(p,n)$. Práve jadrová reakcia $^{64}\text{Ni}(p,n)$ s prahovou energiou 2,5 MeV je veľmi vhodná, pretože má veľký účinný prierez aj pri energiách malých biomedicínskych cyklotrónov. Optimálny rozsah energie je $12 \rightarrow 9$ MeV s výťažkom ≥ 496 [MBq/ μAh]. ^{64}Ni pre ožiarenie protónmi je > 95 % obohatený izotop niklu a terč sa pripravuje elektrolytickým deponovaním niklu na Au, Pt alebo Rh podložke. Po ožiarení pripraveného terča ^{64}Ni protónmi pomocou cyklotrónu sa terčový materiál rozpustí a separácia ^{64}Ni a ^{64}Cu sa uskutočňuje ionexovou chromatografiou.

Rádiochemické nečistoty sú spôsobené konkurenčnou reakciou $^{64}\text{Ni}(p,\alpha)^{61}\text{Co}$ (3 %), avšak ^{61}Co je krátkožijúci izotop (1,6 h). Terčový materiál obsahuje aj malé množstvo ďalších izoto-

pov Ni, spôsobujúcich produkciu rádiochemických nečistôt (^{57}Ni , $^{55-58}\text{Co}$). Tie je možné eliminovať použitím vysokoobohateného terčového materiálu (v našom prípade 99,07 % ^{64}Ni). ^{64}Cu je vhodným rádionuklidom pre značenie rádiofarmák vhodných pre štúdium hypoxie na báze bis-tiosemikarbazónu. Z nich ^{64}Cu -ATSM (^{64}Cu -diacetyl-bis(N4-metylthiosemikarbazón)) a ^{64}Cu -PTSM (^{64}Cu -pyruvaldehyd bis(N4-metylthiosemikarbazón)) majú najväčšie uplatnenie.

Výrobu rádiochemikálie ($^{64}\text{CuCl}_2$) je možné zhrnúť do týchto krokov:

- Elektrolytická príprava terča — galvanostatické alebo potenciostatické pokovovanie Ni na Au alebo Pt disk
- Ožarovanie terča v cyklotróne
- Rozpúšťanie terčového materiálu a následná separácia ^{64}Cu (ionexy)
- Príprava rádiochemikálie $^{64}\text{CuCl}_2$

Cieľom práce realizovaného v projekte APVV VMSP-P-0075-09 je vývoj elektrodepozičnej cely a následná príprava terča s požadovanou hrúbkou terčového materiálu, vypracovanie separačných postupov pre oddelenie Cu a Ni, recyklácia Ni pre ďalšie použitie, stanovenie výťažku jadrovej reakcie $^{64}\text{Ni}(p,n)^{64}\text{Cu}$. Posledným krokom bude optimalizácia separačných postupov pre automatizáciu výroby ^{64}Cu .

Metody modelování a fitování spekter terapeutických elektronových svazků

Jaroslav Kluson¹, Jitka Šemnická^{1, 2}

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

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

kluson@fjfi.cvut.cz

Rozvoj využívání výpočetních a simulačních metod v lékařských aplikacích přináší požadavky i na simulaci terapeutických elektronových svazků. Problémem v modelech interakce takových svazků je otázka jejich spektrálních distribucí. Ty je obtížné měřit a vzhledem k relativní složitosti popisu jejich zdroje a ozařovací hlavice je obtížné i jejich modelování. Jednou z cest řešení je fitování spekter elektronových svazků na základě znalosti experimentálně stanovené hloubkové distribuce dávky ve vhodném prostředí, obvykle ve vodním fantomu. To vyžaduje znalost hloubkových distribucí pro sadu monoenerge-

tických svazků, dostatečně pokrývající požadovaný energetický interval. Tyto hloubkové distribuce lze stanovit simulačními výpočty metodou Monte Carlo. Práce popisuje uvedenou metodiku a konkrétní postup její realizace, výsledky simulačních výpočtů a výsledky fitování pro 9 MeV elektronový svazek a diskutuje možné metody fitu. Prezentované výsledky jsou ověřovány porovnáním experimentálně stanovené hloubkové distribuce dávky a modelové hloubkové distribuce dávky vypočtené pro navigované spektrum.

Výpočet faktorů velikosti pole a profilů svazku Leksellova gama nože pomocí Geant4

Jan Pipek^{1, 2}

¹ Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

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

jan.pipek@gmail.com

Plánovací systém pro Leksellův gama nůž typu ^4C při výpočtu rozložení dávky využívá deterministický semiempirický algoritmus. Dávka pro každé pole je vypočítána superpozicí 201 příspěvků jednotlivých svazků s totožnými geometrickými vlastnostmi. Svazky pro 4 kolimátorové helmice jsou parametrizovány pomocí faktorů velikosti pole a radiálně symetrických příčných profilů v izocentru (tedy pevné vzdálenosti 400 mm od zdroje). V kli-

nické praxi se používají parametry doporučené výrobcem, které vznikly kompilací experimentálních dat a Monte Carlo simulací. Předmětem práce bylo sestavit Monte Carlo model kolimačního systému a fantomu pomocí nástroje Geant4 a ověřit parametry plánovacího systému. Vypočtené hodnoty faktorů velikosti pole se v rámci statistické odchylky shodují s doporučenými, profily svazků se signifikantně liší pouze pro 8 mm kolimátorovou helmici.

Vliv THPC na prostorové rozložení dávky v polyakrylamidovém gelovém dozimetru

Kateřina Vávru¹, Jitka Šemnická^{1, 2}, Václav Spěváček¹

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

² Oddělení lékařské fyziky, Nemocnice Na Homolce, Roentgenova 2, Praha 5, 150 30, ČR

katerina.vavru@fjfi.cvut.cz

Zavedení 3D gelových dozimetrů k použití v klinické praxi je žádoucí zejména pro účely ověřování vysokých dávkových gradientů, které se s technickým pokrokem v oblasti radioterapie a radiochirurgie vyskytují stále častěji. Tato práce se zabývá ověřením spolehlivosti stanovení prostorového rozložení dávky pomocí polymerního gelového dozimetru na akrylamidové bázi s obsahem antioxidantu tetrakis (hydroxymethyl) fosphonium chlorid (THPC).

Polyakrylamidový gelový dozimetr byl připraven v dusíkové atmosféře ve čtyřech sériích s odliš-

ným obsahem antioxidantu tetrakis (hydroxymethyl) fosphonium chloridu (THPC). Baňky naplněné dozimetrem byly ozářeny na Leksellově gama noži v Nemocnici Na Homolce jedním shotem s velikostí kolimátoru 16 mm dávkou 30 Gy do maxima. Následně bylo provedeno celkem 6 vyhodnocení dozimetrů na magnetické rezonanci v časovém rozmezí 1 hodina až 5 dní od ozáření.

Antioxidant THPC prokazatelně redukuje nežádoucí efekt zvýrazňování hrany dávkové odezvy v oblasti vysokého dávkového gradientu.

Study of dose modifications due to the previous dental interventions in external orl radiotherapy treatment

Libor Makovicka¹, Celine De Conto¹, Regine Gschwind¹, Emmanuelle Martin²

¹ 1 IRMA/ENISYS/FEMTO-ST, UMR-CNRS 6174,, Université de Franche-Comté, Place L. Tharradin BP 71427, MONTBELIARD, 25211, France

² 2 Service de Radiothérapie — Oncologie, Centre Hospitalier de Belfort-Montbéliard, Site du Mittan, MONTBELIARD, 25000, France

libor.makovicka@pu-pm.univ-fcomte.fr

In a context where more and more people treated for a cancer by radiotherapy carry various implants (prosthesis of hips, pacemaker, implants, . . .), it is fundamental to know their influence on the better radiation protection of the patient during the treatment. Indeed, these implants are generally consisted of high density materials which often lead to an overdose in the implant tissue interface. This preliminary work focused on the modifications of dose engendered with the fixed implants (bridge, crown) and the amalgam in a treatment of the ORL cancer. Indeed, this last one represents the 4-th type of cancer and 20% of ORL cancers are treated in radiotherapy. With the improvement of care, the majority of these patients wears some implants.

For the experimental part, a phantom symbolized a jaw was realized in order to receive one or several samples of tooth (tooth normal, crown, mixed tooth) and detectors. It is composed of five plexiglass patches (1 cm thickness) and three of which are drilled in shape of 'U' to represent the jaw. One

finds there successively from bottom to the top: a full patch, 2 leaky patches swamped with a piece in 'U' with PVDF plastic, a leaky patch filled with fragments of glass and Plasticine to receive the sample, a last full patch. So, the plexiglass corresponds to the soft tissue, the PVDF replaces the bone and the glass symbolizes a tooth.

Measures were made with TL-detectors (GR200A / LIF) and gafchromic films in the classic conditions of a ORL treatment. The isocenter was so placed in theory at the back of teeth and of jaw in 6 cm in depth for a dose delivered in this point of 1 Gy. Irradiations were made with an accelerator Varian in photon mode X6. To complete experimental part, Monte Carlo simulations with BEAMnrc Monte Carlo code were made. The first results allowed to set up the protocols of measure and put in evidence of overdoses between 5 and 20% in the "tissue — sample" contact and under dosages between 5 and 15%, notably for crowns.

Charakterizácia tieniacich kaziet z reaktora 1. bloku JE V-1

Tibor Rapant, Richard Hanzel

AMEC Nuclear Slovakia s.r.o., Jaslovské Bohunice, 919 31, SR

tibor.rapant@amec.sk

Charakterizácia tieniacich kaziet 1. bloku JE V-1 bola vykonaná na základe objednávky spoločnosti JAVYS a.s. pre účely podpory projektov prípravy vyradovania JE V-1.

Úloha bola vykonaná v dvoch etapách: 1. etapa — monitorovanie dávkových príkonov gama (1.–2. 10. 2008), 2. etapa — gamaspektrometrická analýza (4. 12. 2008).

Merania dávkových príkonov gama boli vykonané sondou STHF a prístrojom Radiagem 2000 (meraná veličina $H^*(10)$, merací rozsah $10 \mu\text{Sv/hod}$ až 1000 Sv/hod). Sonda, ktorá je vodotesná do hĺbky 80 m, bola uchytená v špeciálnom držiaku umiestnenom na prepážke medzi bazénom skladovania vyhorelého paliva (BSVP) a univerzálnym hniezdom (UH). Meranie dávkových príkonov dvoch vybraných tieniacich kaziet prebehlo pod vodnou hladinou. Pomocou zaväzacieho stroja sa tieniace kazety premiestnili z BSVP do UH do meracej polohy. Vzdialenosť kazety od čela meracej sondy bola počas monitorovania približne 1 cm, v niektorých prípadoch pri prekročení meracieho rozsahu sondy bolo meranie vykonané vo vzdialenosti 5 cm, resp. 10 cm. Postupným zdvíhaním a otáčaním tieniacej kazety pomocou zaväzacieho stroja boli premerané všetky určené meracie polohy. Po ukončení všetkých meraní boli tieniace

kazety uložené zaväzacím strojom na pôvodné miesto v BSVP. Počas 1. etapy boli zistené výrazné rozdiely rozloženia dávkových príkonov po obvode tieniacich kaziet, hodnoty dávkového príkonu vo vzdialenosti 1 cm od povrchu kazety v jej centrálnej časti sa pohybovali v rozmedzí 500 až 2200 Sv/h .

Výsledky 1. etapy boli podkladom pre naplánovanie gamaspektrometrického monitorovania vybranej tieniacej kazety pomocou polovodičového CdZnTe detektora. Počas merania bol detektor umiestnený v olovenom kolimátore uchytenom pomocou špeciálneho držiaka na prepážke medzi BSVP a UH. Počas merania bola tieniaca kazeta pomocou zaväzacieho stroja z časti vytiahnutá z vody v BSVP, pričom spektrometrické meranie bolo vykonané v dvoch polohách. V nameraných spektrách bol identifikovaný iba rádionuklid Co-60, ktorého merná aktivita v materiáli tieniacej kazety sa menila od 10^{11} Bq/kg na okrajoch po $3 \times 10^{12} \text{ Bq/kg}$ v centrálnej časti kazety.

Výsledky z charakterizácie tieniacich kaziet, ktoré reprezentujú časti technológie elektrárne s najvyššou úrovňou indukovanej aktivity, sú dôležité pre plánovanie vyradovania JE V-1, najmä pre plánovanie ďalšieho zaobchádzania s aktivovanými časťami primárneho okruhu.

Velmi nízko aktivní odpady (Very Low Level Wastes — VLLW) ve světě a u nás

Jan Krmela

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

Velmi nízko aktivní odpady — Very Low Level Waste (VLLW) patří do skupiny Low Level Waste (LLW). VLLW nemají přesnou definici a je na jednotlivých státech, jaké limity si pro skupinu VLLW stanoví. Obecně jsou však VLLW klasifikovány jako radioaktivní odpady s měrnou aktivitou o 1 až 2 řády vyšší než jsou uvolňovací úrovně stanovené příslušným státem.

Kategorie VLLW byla v některých zemích zavedena na základě různých skutečností. Například ve Francii se jednalo v podstatě o politické rozhodnutí, neboť ve Francii není dovoleno uvolňování radioaktivního odpadu do životního prostředí a veškeré radioaktivní odpady musí být uloženy. Velká Británie rozhodla o zavedení této kategorie kvůli velkému objemu nízko aktivního odpadu hlavně z vyřazování jaderných zařízení z provozu. VLLW především řeší problém s nedostatkem místa pro ukládání radioaktivního odpadu a zefektivňuje způsob ukládání radioaktivního odpadu.

Úložiště VLLW je v porovnání s úložišti nízko a středně aktivního odpadu podstatně jednodušším zařízením, které umožňuje nejen ušetřit místo na úložištích nízko a středně aktivního odpadu, ale také

ušetří finance vložené na zpracování a ukládání radioaktivního odpadu.

Mnoho států nejen v EU se v dnešní době začíná zabývat problematikou VLLW a uvažuje o vybudování úložišť VLLW. Jedná se především o státy, které využívají jaderná zařízení pro výrobu elektrické energie. Při vyřazování jaderných elektráren vzniká velké množství radioaktivního odpadu (30–60 %), který spadá do oblasti VLLW. Tento odpad je poté možné ukládat v úložištích VLLW, což ušetří finanční prostředky (až 50 % nákladů s ukládáním do úložiště nízko a středně aktivního odpadu) a místo na radioaktivní odpady o vyšší nebezpečnosti.

Účelem tohoto materiálu je přispět do již zahájené diskuze o VLLW v České republice — prezentovat praktické zahraniční zkušenosti v této oblasti. Od samotné myšlenky bude ještě dlouhá cesta k realizaci (implementace do legislativy, způsoby nakládání s VLLW, požadavky na úložiště VLLW a jeho výstavba, apod.). Ukládání VLLW na speciální úložiště ušetří do budoucna České republice velké finanční prostředky především při vyřazování jaderných elektráren z provozu.

Vývoj radiační situace v rámci realizace sanačních prací ÚJV Řež a.s. v letech 2003–2009

Josef Mudra¹, Josef Podlaha¹, Eduard Hanslík², Michal Novák²

¹ Centrum nakládání s RAO, ÚJV Řež, a.s., Husinec-Řež č.130, Řež, 250 68, ČR

² Oddělení radioekologie, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,
Podbabská 30/2582, Praha 6, 160 00, ČR

muj@ujv.cz

Ústav jaderného výzkumu Řež (dále ÚJV), který byl založen v roce 1955 je vedoucí výzkumnou organizací v jaderné oblasti v ČR. Zajišťuje výzkumnou a vývojovou činnost a uplatnění jejích výsledků v oblasti jaderných technologií a nakládání s radioaktivními odpady (dále RAO). ÚJV provozuje 2 výzkumné jaderné reaktory, horké komory, výzkumné laboratoře, zařízení pro nakládání s radioaktivními odpady, ozařovače, a další technologická zařízení.

V důsledku výzkumných prací, provozu experimentálních i produkčních zařízení, laboratoří a jejich postupného vyřazování z provozu, vzniklo v ÚJV značné množství RAO, materiálů kontaminovaných radioaktivními látkami (dále RaL) i ozářených materiálů, technologií a stavebních konstrukcí. Všechny tyto zátěže lze podle usnesení vlády ČR č.123/93 charakterizovat jako ekologické závazky (zátěže) vzniklé před privatizací ÚJV v roce 1993.

Ekologické zátěže ÚJV jsou v porovnání s ostatními ekologickými zátěžemi v ČR výjimečné tím, že jejich podstatou je kontaminace radioaktivními látkami. Proto pro jejich likvidaci je nutné používat unikátních metod a postupů včetně využití speciálních technologických zařízení. Likvidace starých ekologických zátěží byla zahájena v roce 2003 a bude

ukončena v roce 2014. Sanační práce jsou prováděny ÚJV, který má dlouholeté zkušenosti v oblasti nakládání s RAO a dekontaminace. ÚJV má také k dispozici pracovníky s vysokou odborností a potřebné technologické vybavení.

V rámci monitorovacích programů schválených SÚJB se provádí monitorování pracovníků, pracovního prostředí a životního prostředí. Nezávislé monitorování okolí provádí na základě požadavku Ministerstva životního prostředí Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.M., v.v.i (dále VÚV TGM). V rámci tohoto nadstandardního radiačního monitorování okolí provádí VÚV TGM kontrolní monitoring dávkového příkonu záření gama v areálu ÚJV, obsahu RaL v podzemních vodách, v odpadních vodách a ve vzorcích zemin odebraných v areálu ÚJV a dále v řece Vltavě pod zaústěním odpadních vod ÚJV.

V příspěvku jsou uvedeny výsledky kontrolního monitoringu položek uvedených v předešlém odstavci z období let 2003 až 2009. Následně jsou uvedeny i výsledky monitorování radiační situace životního prostředí v areálu ÚJV z období let 2003 až 2009, které provedlo Centrum nakládání s RAO — Laboratoř charakterizace RAO ÚJV.

Výzkum a vývoj zařízení pro spektrometrii radioaktivních odpadů

Petr Halas, Libor Kalda

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

petr.halas@vf.cz

Poster popisuje realizaci projektu výzkumu a vývoje v období 2008–2010 ve společnosti VF, a.s. v rámci programu průmyslového výzkumu a vývoje IMPULS vyhlášeného Ministerstvem průmyslu a obchodu. Vý-

sledkem projektu je zhotovení a ověření funkčního vzorku stacionárního gama spektrometru pro monitorování radioaktivních odpadů.

Radonový program ČR

Eva Pravdová

Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

eva.pravdova@sujb.cz

Aby byla zachována kontinuita plnění jednotlivých úkolů Radonového programu ČR, Státní úřad pro jadernou bezpečnost na základě vyhodnocení výsledků a efektivity jednotlivých úkolů připravil Radonový program ČR 2010 až 2019 — Akční plán, který modifikuje strategie a postupy pro další období. Tento dokument byl schválen jako mezirezortní 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. K tomu je třeba vytvořit legislativní a informační systém založený na odborném potenciálu, který byl vytvořen v minulém období a který musí být nadále rozvíjen. Proti minulému programu došlo ke změně priorit jednotlivých úkolů. Na prvním místě je strategie informovanosti, která má prostřednictvím obecných i cílených informací vyvolat zájem a zajistit aktivní přístup občanů k vlastnímu zdravému bydlení. Informovanost bude zaměřena i na odbornou veřejnost, zejména na profesionály

v oblasti stavebnictví. Nadále pokračuje možnost bezplatného informativního měření objemové aktivity radonu v bytech, poskytování státních dotací na protiradonová ozdravná opatření v bytech a na vodovodech a uplatňování legislativních požadavků na protiradonovou prevenci. K zajištění řešení odborných problémů a vývojových projektů je třeba získat podporu dalších spolupracujících rezortů.

V průběhu Radonového programu ČR je třeba reflektovat také změnu pohledu na riziko přírodního ozáření, který vyplývá z revize Doporučení ICRP 103 v roce 2009 a z publikace WHO Handbook on Indoor Radon a který se promítá i do návrhu novely BSS — Směrnice 96/29/Euratom. Očekáváme, že v budoucnu budou na státy EU kladeny větší požadavky na regulaci ozáření z přírodních zdrojů, protože návrh obsahuje mimo jiné požadavek, aby členské státy implementovaly vlastní akční plán pro radon v bytech a na pracovištích do svých právních předpisů.

Efektivita systému protiradonové prevence v ČR

Ivana Fojtíková, Aleš Froňka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ivana.fojtikova@suro.cz

Ochrana budov proti radonu se realizuje ve dvou liniích, snížení stávajícího ozáření v již existujících domech (intervence) a vytvoření prostředí pro výstavbu nových objektů tak, aby budované objekty nebyly nadměrně zatíženy (prevence). V ČR je tento systém založen na povinném měření radonového indexu pozemku a případném návrhu a realizaci technických opatření, které omezují vstup radonu do objektu.

V příspěvku budou prezentovány výsledky měření souboru nových domů s následnou analýzou důvodů selhání preventivních opatření u některých vybraných případů. Pozornost bude věnována rovněž přístupu stavebníků a profesních skupin, důležitých pro funkčnost prevence, k nezbytnosti ochrany objektu před radonem.

Speciální měření přírodní radioaktivity v bytech

Eliška Pilecká, Petr Otáhal, Ivo Burian

Odbor jaderné ochrany, SÚJCHBO, Kamenná 71, Milín, 262 31, ČR

pilecka@sujchbo.cz

Studiu přírodní radioaktivity v bytech je věnována v současné době velká pozornost. Vesměs se jedná o studium chování radonu a jeho dceřiných produktů. Daleko menší pozornost je věnována koncentracím thoronu a jeho dceřiným produktům a koncentraci dlouhodobých radionuklidů emitujících částice alfa. V letech 2009–2010 proběhl v rámci výzkumných aktivit SÚJCHBO, v. v. i. výzkum monitorující tyto doplňující činitele přírodní radioaktivity pro studium celkové dávky. Kromě výše zmíněných koncentrací dceřiných produktů thoronu a koncentrací dlouhodobých produktů přeměny v atmosféře domů a bytů středočeského kraje byly mimo jiné monitorovány koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic a homogenita rozložení a celková dávka záření gama.

Celkem bylo provedeno 22 měření v celoročně obydlených domech i bytech ve Středočeském kraji. Měření probíhala během celého kalendářního roku. Ekvivalentní objemové aktivity radonu se pohybo-

valy v rozmezí od 6 do $440 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$. V rozmezí od 1 do $40 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ se pak pohybovaly ekvivalentní objemové aktivity thoronu. Průměrná celková objemová aktivita dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa byla $0,2 \text{ mBq} \cdot \text{m}^{-3}$.

Významným činitelem ovlivňujícím efektivní dávku obdrženou z přírodních radionuklidů v bytech je koncentrace a velikostní distribuce aerosolových částic. Tato měření probíhala vesměs v bytech nekuřáků. Z důvodu zpřesnění představy o stavu aerosolů v prostředí bytových prostor byly vybrané typy prostředí experimentálně zamořeny cigaretovým kouřem a následný stav byl studován z hlediska velikostní distribuce aerosolových částic.

Pro přibližnou představu o době pobytu osob v obydlených domech byla provedena pseudosociologická studie, která byla zaměřena zjištění poměru mezi pobytem osob „uvnitř“ a mimo bytové prostory určené k bydlení.

Radon transfer factor in-situ assessment based on indoor and soil gas radon simultaneous measurement

Aleš Froňka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ales.fronka@suro.cz

The detailed knowledge of radon transport mechanisms from the subsoil into the indoor environment is absolutely essential for the correct interpretation of results of short term indoor radon measurements and for proper design of radon mitigation systems. In addition, the radon transport behavior is closely associated with the physical properties of engineering structures and the appropriate part of subsoil. Radon transfer factor time variations have been studied based on simultaneous continuous indoor and

soil gas radon measurements within the framework of complex radon diagnosis of individual buildings. In this context, the key influencing factors have been identified and analyzed in order to provide satisfactory explanation of radon entry variations under different measurement conditions. Moreover, a new significant manner of radon entry pathway into the indoor environment has been identified and will be discussed in detail.

Analýza vplyvu hrúbky mukóznei vrstvy a nehomogénei distribúcie Po-214 a Po-218 na kvantifikáciu radónového rizika

Radoslav Böhm¹, Antonín Sedlák², Karol Holý¹

¹ Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, Bratislava, 842 48, SR

² Státní ústav radiační ochrany, Šrobárova 48, Praha, 100 00, ČR

bohbm@fmph.uniba.sk

Radón a najmä jeho produkty premeny sú považované za druhý najvýznamnejší faktor (po fajčení), ktorý vplýva na vznik rakoviny pľúc. Pri vdychovaní sa zachytávajú mukóznou vrstvou a po rádioaktívnej premene emitujú alfa častice s rôznym dobehom. Ich vysoká ionizačná schopnosť a dobeh im umožňuje zasiahnuť a radiačne poškodzovať sekreторické a bazálne bunky považované za terčové pre indukciu rakoviny pľúc. V súčasnom období sa venuje významná pozornosť správnej kvantifikácie tohto rizika, ktoré je ovplyvnené vzájomnou polohou terčových buniek a zdrojov alfa častíc. Hrúbka mukóznei vrstvy sa mení od fajčiarskeho statusu. Podľa ICRP 66 pre bežnú populáciu 5 μm pričom u fajčiarov dôsledkom dráždenia dýchacích ciest je podstatne väčšia a dosahuje až 15–35 μm . Experimentálne pozorovania

ako aj výsledky simulácii naznačujú, že priestorové rozloženie ^{214}Po a ^{218}Po sú vplyvom zotrvačnosti intenzívne zachytávané v bifurkálnej oblasti pľúc, čo má vplyv na radiačné riziko.

Cieľom príspevku je analyzovať závislosť kvantifikátorov radónového rizika (faktor kvality Q , absorbovanú dávku, zásahové spektrá buniek) od stupňa nehomogenity distribúcie produktov premeny radónu, od fajčiarskeho statusu (ktorý určuje hrúbku mukóznei vrstvy) a od zloženia radiačnej zmesi (^{214}Po a ^{218}Po). Faktor kvality Q sme počítali využitím geometrického modelu, ktorý dýchaciu trubicu nahradzal valcovou trubkou s vnútorným polomerom (štvrtej generácie) $r = 2200 \mu\text{m}$. Hodnoty faktorov kvality sa menili až o niekoľko percent, závislosti od uvedených parametrov.

Konverze příjmu dlouhodobých radionuklidů alfa na efektivní dávku

Ladislav Tomášek

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

ladislav.tomasek@suro.cz

Konverze příjmu dlouhodobých radionuklidů alfa na efektivní dávku, přesněji dávkový úvazek za 50 let vychází z modelů ICRP-66 (model pro respirační trakt) a ICRP-68 (systemický biokinetický model). Výpočet efektivní dávky vyžaduje řadu fyzikálně chemických parametrů, jako je velikost částic (AMAD), parametry absorpce radionuklidů, izotopické složení, které závisí na podílu radonu uniklého z částic. Od-

had těchto parametrů v současných podmínkách uranových dolů a jejich distribuce je předmětem úkolu Výzkum profesionálního ozáření z dlouhodobých přírodních radionuklidů při těžbě a úpravě uranové rudy (VZ 60022490). Prezentace zahrne výpočty efektivní dávky pro různé kombinace parametrů uranové, aktiniové a thoriové řady.

The pilot study of dependence of radon concentration on the tectonic structures using simple geophysical methods

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

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

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

The high variation of the radon concentration in the soil gas on the building sites is well known phenomenon. Sometimes the concentration may vary of more than two orders of magnitude. The tectonic structure of the bedrock is one of the reasons which influences the strength of the radon supply. The simple geophysical method ARES (Automatic Resistivity System - main unit with standard accessories, the multi-electrode cable sections MCS5 — 8 electrodes / 5 m spacing) in different modes (Schlumberger, Dipole-Dipole and Pole-Dipole arrays) was used for in situ tectonic structure determination. Radon concentration in the soil gas was measured in the same network like the resistivity. Measurement of radon was also followed up by the soil permeability measurement. The behavior of radon concentration in soil gas was correlated with the found tectonic inhomogeneities. This pilot study opened new questions for next analysis.

Obsah uranu v moči u obyvatelstva ČR — pilotní studie

Věra Bečková, Irena Malátová, Ladislav Tomášek, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

irena.malatova@suro.cz

V posledních deseti letech se velmi zvýšil zájem o znalost obsahu uranu v organismu populace v závislosti na lokalitě, kde daná populace žije. Vhodným ukazatelem je koncentrace uranu v moči. Důvody pro tento zájem jsou dva — za prvé jde o odlišení „přírodního pozadí“ od zátěže, způsobené lidskou činností ať jde již o uranové doly či zbytky po těžbě nebo o zpracování uranu jako takového, za druhé to je možná kontaminace příslušníků ozbrojených sil i civilistů v oblastech, v nichž bylo použito střelivo s obohaceným uranem. Metody stanovení uranu v moči v během posledních desetiletí značně pokročily a jejich citlivost se významně zvýšila. V šedesátých až osmdesátých letech minulého století, kdy byly používány méně citlivé metody, se studie uranu v moči zaměřovaly zejména na osoby, žijící v oblastech s vyšším obsahem uranu v prostředí a zejména v pitné vodě a tedy s potenciálně vyššími příjmy, takže tyto hodnoty byly posunuty k vyšším hodnotám. V ČR takové stu-

die nebyly dosud systematicky prováděny. Výzkum inhalačního příjmu ^{238}U u horníků uranových dolů prostřednictvím stanovení koncentrace uranu v moči však znalost koncentrace uranu v moči populace vyžaduje; proto byla provedena pilotní studie koncentrace uranu v moči u české populace. V rámci této studie bylo analyzováno celkem 40 vzorků moči normální populace, z toho 12 od osob, žijících v lokalitách poblíže uranových dolů (většinou se jednalo o rodinné příslušníky horníků uranových dolů). Zatím nešlo o reprezentativní průzkum, vzorky moči pocházely především od pracovníků SÚRO v Praze a v jeho pobočkách, dále byly využity vzorky, sbírané v rámci monitorovací sítě na stanovení aktivity ^{137}Cs .

Tato studie byla provedena v rámci projektu SÚJB JC_3/2009 Výzkum profesionálního ozáření z dlouhodobých přírodních radionuklidů při těžbě a úpravě rudy).

Odstraňování uranu z pitné vody z pohledu radiační ochrany

Ivana Ženatá

Oddělení přírodních zdrojů, SÚJB, Senovážné nám. 9, Praha 1, 110 00, ČR

ivana.zenata@sujb.cz

Uran je radioaktivní těžký kov, který se vyskytuje ve složkách životního prostředí. Účinky uranu na zdraví člověka jsou důvodem pro stanovení nejvyššího přípustného obsahu uranu v pitné vodě.

- Zákon č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, (dále atomový zákon), stanoví směrné a mezní hodnoty obsahu přírodních radionuklidů vč. uranu v pitné vodě z důvodu omezení karcinogenních a genotoxických účinků uranu. Mezní hodnoty pro objemovou aktivitu uranu 234 a uranu 238 jsou stanoveny na úrovni 12 Bq/l, což odpovídá přibližně hmotnostní koncentraci 900 µg/l uranu.
- Obsah uranu v pitné vodě je z důvodu chemické toxicity od roku 2010 omezen Metodickým doporučením Ministerstva zdravotnictví — hlavního hygienika ČR, a to hygienickým limitem 15 µg/l.

K odstraňování uranu z pitné vody se v praxi nejčastěji používají ionexové technologie. Hromadění uranu v ionexových náplních však s sebou přináší problémy a omezení z pohledu radiační ochrany. Zachycování uranu v ionexové náplni způsobuje radioaktivní kontaminaci používaných náplní. Z tohoto důvodu se na provoz úpraven vody s technologiemi na odstraňování uranu z pitné vody a také na nakládání s nasycenými náplněmi vztahuje celé řada požadavků stanovených atomovým zákonem:

1. Úpravný vody s technologiemi na odstraňování uranu jsou podle § 87 vyhlášky č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů (dále vyhláška), pracovišti, kde může dojít k významnému zvýšení ozáření pracovníků. Na

těchto pracovištích je proto nutno zajistit radiační ochranu pracovníků obsluhy. Za naplnění těchto požadavků odpovídá majitel pracoviště.

2. Radioaktivní kontaminace ionexových náplní pokračuje obvykle tzv. uvolňovací úrovně stanovené v § 91 vyhlášky, a proto není možné uvolnit je bez povolení SÚJB do životního prostředí (např. umístit je na skládku odpadu). Takto se značně omezí přípustné způsoby zacházení s nimi. V zásadě je možno předat tyto náplně osobě s povolením k nakládání s radioaktivními odpady za účelem jejich likvidace (např. uložení na úložiště radioaktivních odpadů), nebo je předat osobě, která má povolení k jejich regeneraci (tzn. k odstranění nesorbovaného uranu) a která je takto připraví k opakovanému použití. Za naplnění těchto požadavků odpovídá majitel pracoviště.
3. Při odvozu nasycených náplní z úpravný je třeba zohlednit požadavky, které stanoví atomový zákon pro přepravu radioaktivních látek.
4. Současně je třeba posoudit, zda a v jaké míře se na tyto náplně vztahují požadavky stanovené atomovým zákonem pro nakládání s jadernými materiály.

V případě rozhodování o instalaci technologie na odstraňování uranu z pitné vody je doporučeno konzultovat tento záměr s SÚJB, aby při jeho realizaci bylo zajištěno naplnění všech požadavků stanovených pro tyto činnosti atomovým zákonem. Podrobněji viz www.sujb.cz.

Popis expozicí radónu, dlhodobých radionuklidov a externého gamma žiarenia v uránovej bani Rožná

Miriam Marušiaková¹, Zdenek Gregor², Ladislav Tomášek¹

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² GEAM, DIAMO, Dolní Rožinka, ČR

miriam.marusiakova@suro.cz

Prezentácia je založená na výsledkoch osobného monitorovania expozícií radiačného žiarenia v uránovej bani Rožná. V tejto bani, kde sa ťaží už od roku 1957, sa používali osobné dozimetry ALGADE od roku 1998. Popíšeme expozície u skupiny 600 baníkov, ktorí pracovali v bani v období 2000–2009.

Sú vyhodnotené mesačné i ročné expozície radónu, dlhodobých radionuklidov a externého gamma žiarenia. Tieto tri zložky prispievajú k celkovej radiačnej dávke. Je popísaná aj závislosť expozícií na profesii baníka.

Dynamická adsorpce radonu v koloně s aktivním uhlím jako ozdravné opatření na snižování radonu v interiérech budov a jeho omezení

Josef Thomas¹, Jiří Hůlka¹, Karel Jílek¹, Karel Smolek²

¹ SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

² Ústav teoretické a experimentální fyziky, ČVUT v Praze, Praha, ČR

josef.thomas@suro.cz

Jednou z možností, jak snížit OAR v bytech je i využití enormní adsorpční schopnosti radonu v koloně s aktivním uhlím. Účinnost tohoto opatření závisí na geometrickém uspořádání použité adsorpční kolony, volbě postupové rychlosti čištěného vzduchu kolonou, na časovém režimu jejího použití, fyzikálních vlastnostech a množství použitého typu uhlí, ale i na okolních expozičních podmínkách.

Klíčovými fyzikálními parametry ovlivňujícími účinnost tohoto opatření jsou: dynamický adsorpční

koeficient aktivního uhlí K (m^3/kg), množství aktivního uhlí v koloně m (kg), průtok vzduchu kolonou Q (m^3/h) a ventilační koeficient interiéru k (h^{-1}). Teoretický přístup je ověřen experimenty provedenými za realistických podmínek podobných v bytech ve Velké radonové komoře SÚRO Praha.

Pro aplikaci dynamické adsorpce radonu v aktivním uhlí v interiéru jsou ukázány vztahy pro účinnost tohoto ozdravného opatření v závislosti na vstupních parametrech a jejich limitující vliv.

Kontinuálny monitoring radónu v jaskynnom a banskom prostredí

**Iveta Smetanová¹, Karol Holý², Monika Müllerová², Radoslav Böhm²,
Jozef Omelka³, Dalimír Jurčák³, Pavel Bella⁴, Ján Zelinka⁴, Peter Gažík⁴**

¹ Geofyzikálny ústav, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta, Bratislava, 845 28, SR

² KJFB, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK, Mlynská dolina, Bratislava, 842 48, SR

³ MicroStep-MIS, Čavojského 1, Bratislava, 841 04, SR

⁴ Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, Liptovský Mikuláš, 021 01, SR

bohbm@fmph.uniba.sk

Objemová aktivita radónu bola kontinuálne monitorovaná v ovzduší krasovej jaskyne Domica (Slovenský kras, južné Slovensko) a v štôlni neaktívnej rudnej bane vo Vyhniach (Štiavnické vrchy, stredné Slovensko). V príspevku sú porovnané hodnoty namerané v letnom období. V obidvoch typoch podzemných priestorov bol vyšetrovaný vplyv meteorologických

prvkov na variácie objemovej aktivity radónu. Periodické denné a neperiodické krátkodobé variácie boli zaznamenané v obidvoch typoch prostredia. Hodnoty objemovej aktivity radónu v ovzduší štôlnie boli výrazne vyššie, dosahovali 5–8 kBq/m³, zatiaľ čo v jaskyni len 0,3–2,5 kBq/m³.

Monitorovacie systémy pre kontinuálne monitorovanie ^{222}Rn a jeho produktov premeny

Karol Holý¹, Monika Müllerová¹, Alena Bujnová¹, Martin Bulko¹, Radoslav Böhm¹,
Iveta Smetanová²

¹ Katedra jadrovej fyziky a biofyziky, Fakulta matematiky, fyziky a informatiky,
Mlynská dolina F1, Bratislava, 841 04, SR

² Geofyzikálny ústav, Slovenská akadémia vied, Dúbravská cesta 9, Bratislava, 845 28, SR
bohbm@fmph.uniba.sk

Kontinuálne metódy merania ^{222}Rn (radónu) poskytujú aktuálnu a nepretržitú informáciu o jeho koncentrácii počas merania. Kontinuálne merania sú dôležité na sledovanie pomerne rýchlych zmien koncentrácií radónu vo vzduchu, pri štúdiu javov ovplyvňujúcich tieto zmeny a pri hľadaní zdrojov radónu. Dôležitým predpokladom aplikácií kontinuálnych monitorov radónu je ich správna kalibrácia. V práci je popísané testovanie troch kontinuálnych monitorov radónu na báze litrových scintilačných komôr, jeden na báze veľkoobjemovej scintilačnej

komory, radónový monitor AlphaGUARD a jeden kontinuálny monitor produktov premeny radónu.

Analýzy ukázali dobrý súhlas medzi objemovými aktivitami radónu meranými všetkými monitormi. Rovnako bol pozorovaný dobrý súlad medzi variáciami radónu a jeho produktov premeny. Objemové aktivity radónu a jeho produktov premeny v monitorovanom vnútornom ovzduší vykazujú variácie s maximami v ranných a minimami v popoludňajších hodinách. Vzájomné korelačné koeficienty medzi objemovými aktivitami radónu nameranými jednotlivými monitormi sú na úrovni 0,89.

Radon in soil gas concentration and gamma spectrometry in situ — dependencies

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

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

² SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

thinova@fjfi.cvut.cz

The radon concentration in soil gas measurement may have a lot of difficulties in case of the very low permeable background or the water-bearing horizon which occurs in the sampling depth. The effort of some physicists to replace radon in soil gas measurement by in situ gamma spectrometry measurement has no significant physical background. Some measurements — combination of (standard and depth profiled) radon in soil gas measurement followed up

by the soil permeability measurement and gamma spectrometry in situ (NaI(Tl) detector) on the earth surface and in shallow hole (with step 10 cm and synchronous soil sampling for laboratory gamma spectrometry measurement using the special sampling probe) in the regular net of sampling points were carried out. The radon concentration was correlated with contribution of ^{226}Ra and ^{214}Bi to the gamma spectra in the each point of measurement.

Velikostní distribuce aerosolových částic v ovzduší uranového dolu Rožná

Helena Malá, Petr Rulík, Jiří Hůlka

SÚRO, Bartoškova 28, Praha 4, 140 00, ČR

helenamala@suro.cz

Radiologická závažnost radionuklidů při inhalaci závisí kromě druhu, aktivity a chemické formy radionuklidu velkou měrou také na aerodynamických vlastnostech aerosolových částic, se kterými je radionuklid spojen. Cílem práce bylo stanovit velikostní rozdělení aerosolových částic svázaných s uranem a jeho dceřinými produkty v prostředí uranového dolu. Experiment probíhal v uranovém dole Rožná, který je posledním místem, kde se dnes v České republice uran těží. Odběry byly prováděny v letech 2009 a 2010 ve spolupráci se Státním ústavem jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i. Pro odběr aerosolu a jeho velikostní rozdělení byly použity kaskádní impaktory (KI), které byly opakovaně umístěny ve třech vytipovaných lokalitách dolu, kde by horníci mohli být vystaveni nejvyššímu příjmu inhalací. Jednalo se o čelo ražby, místo nakládání horniny do vozíků a drtírnu rudy. K určení objemových aktivit na sběrných vložkách (filtrech), umístěných na každém stupni KI a na podložném filtru byla použita

polovodičová spektrometrie gama (HPGe detektory). Experimentální data, tj. závislost aktivity radionuklidů na aerodynamickém průměru částic byla hodnocena za předpokladu jejich log-normálního rozdělení hlavně pomocí dvou parametrů: aktivitního mediánu aerodynamického průměru (AMAD) a geometrické směrodatné odchylky (GSD). Výsledky ukazují, že rozdělení jsou mírně bimodální s přechodem mezi módy blízko $0,4\ \mu\text{m}$. AMAD aerosolu většího než $0,4\ \mu\text{m}$ se pohybuje v rozmezí $5\text{--}7\ \mu\text{m}$ a GSD okolo 3. Celkové aktivity (bez rozlišení velikosti aerosolu) jsou většinou v řádu $10^{-2}\ \text{Bq/m}^3$ (aktivita ^{226}Ra , které je s ^{238}U v rovnováze). Poměr aktivit dceřiných produktů radonu (^{214}Bi , ^{214}Pb) a ^{226}Ra je blízký hodnotě 0,6.

Práce byla provedena za podpory projektu „Výzkum profesionálního ozáření z dlouhodobých přírodních radionuklidů při těžbě a úpravě uranové rudy — VZ60022490”.

Zhodnotenie výskytu radónu v rudných baniach na Slovensku

Pavol Ragan

Odbor ochrany zdravia pred žiarením, Úrad verejného zdravotníctva SR,
Trnavská ulica 52, P.O.BOX 45, Bratislava, 826 45, SR

pavol.ragan@uvzs.sr.sk

Vysoké aktivity radónu v uránových bankách viedli po skončení prác väzníkov v päťdesiatych rokoch k zavádzaniu ochranných opatrení, ktoré spočívali v zavádzaní vetrania prostredia baní. Priemerná aktivita radónu v uránových baniach prudko klesla na dostatočne nízke hodnoty.

Výskytu radónu v rudných baniach sa pozornosť začala venovať až v sedemdesiatych rokoch. V rokoch 1969–1972 bol vykonaný prieskum a merania potenciálnej energie dcérskych produktov radónu v ovzduší baní. Na jeho základe boli bane rozdelené do troch skupín — 1. skupina, kde boli prekračované NPK a kde mohli byť prekročené najvyššie prípustné ročné príjmy, 2. skupina, kde hodnoty boli v rozmedzí 3/10 NPK až NPK, ktoré bolo potrebné zaradiť do KP a 3. skupina boli bane, kde nebolo zistené prekročenie 3/10 NPK. NPK bola stanovená na 4×10^4 MeV/l a 3/10 boli $1,2 \times 10^4$ MeV/l. Do 1. skupiny patrilo 6 baní, do druhej 11 a do tretej 6 baní.

Na základe tejto kategorizácie boli pre jednotlivé bane stanovené intervaly meraní (mesačne, štvrtročne) a boli vyškolení technici a zabezpečená me-

racia technika. Ochranné opatrenia — dodatočné vetranie prostredia baní sa začali v praxi zavádzať v osemdesiatych rokoch.

Vo výsledkoch meraní, ktoré vykonávali jednotlivé podniky/bane je možné pozorovať sezónne variácie, spravidla v letných mesiacoch boli koncentrácie vyššie ako v zime. Vysoké prekročenia (viac ako 8×10^4 MeV/l) NPK boli spravidla ojedinelé, avšak nie výnimočné:

Rudné bane Banská Bystrica

závod Talcum Hnúšťa, 1982	$8,28 \times 10^4$ MeV/l
závod Talcum Hnúšťa, 1983	$9,96 \times 10^4$ MeV/l
závod Dúbrava, 1982	$14,10 \times 10^4$ MeV/l
z. Banská Štiavnica, 1972	$6,50\text{--}26,50 \times 10^4$ MeV/l
závod Hodruša Hámre, 1983	$8,52 \times 10^4$ MeV/l
závod Hodruša Hámre, 1990	$11,22 \times 10^4$ MeV/l

Železorudné bane Spišská Nová Ves

závod Slovinky, 1982–1989	$5,97\text{--}10,10 \times 10^4$ MeV/l
---------------------------	--

Východoslovenské kameňolomy a štrkopieskovne

závod Novoveská Huta, 1988	$8,89 \times 10^4$ MeV/l
----------------------------	--------------------------

Rejstřík

- Ambrožová Iva, 49–52, 54, 61
 Arpašová Marína, 55
- Baček Daniel, 55
 Bečková Věra, 41, 115
 Beitlerová A., 32
 Bella Pavel, 119
 Bezděková Olga, 95
 Böhm Karol, 81, 82
 Böhm Radoslav, 112, 119, 120
 Bohún Ladislav, 36
 Bradáčová Kateřina, 87
 Brom Jakub, 40
 Brož Vladimír, 67
 Bujnová Alena, 120
 Bulko Martin, 120
 Burian Ivo, 110
- Cabanecková Helena, 83
- Čarný Peter, 65, 69, 70, 75, 77
 Čech Jozef, 75, 77
 Čechák T., 32
 Češpírová Irena, 41, 47, 64, 78
- Dachev Tsvetan, 51
 Davidková Jana, 63
 De Conto Celine, 103
 Dobrovodský Jozef, 19
 Drábová Veronika, 25
 Dressler Jan, 29
 Dufek Vladimír, 91
 Dulanská Silvia, 25, 35
- Đuran Juraj, 36
- Ekendahl Daniela, 57
- Farah Jad, 59
 Fejgl Michal, 27, 79
 Fiala Petr, 16
 Filip Jiří, 95
 Fojtík Pavel, 47, 58
 Fojtíková Ivana, 109
 Fontaine Emmanuelle, 59
 Froňka Aleš, 41, 78, 109, 111, 114, 121
 Fukuda K., 32
 Fülöp Marko, 16, 55, 71
- Galamboš Michal, 45, 46
 Galanda Dušan, 25, 35, 44
 Gažík Peter, 119
 Gbelcová Lubka, 84
- Göndör Pavol, 76
 Gregor Zdenek, 117
 Gschwind Regine, 103
- Halas Petr, 107
 Hanslík Eduard, 106
 Hanuš Martin, 33
 Hanzel Richard, 104
 Havelková Jana, 53, 62
 Helebrant Jan, 41, 78
 Henriet Julien, 59
 Hincá Róbert, 19, 22
 Hofman Radek, 37, 38
 Holeček Václav, 23
 Holý Karol, 112, 119, 120
 Horáková Ivana, 90, 91
 Horváthová Martina, 83, 84
 Hržičová R., 55
 Hůlka Jiří, 42, 115, 118, 122
 Hušák Václav, 16, 55
 Hýža Miroslav, 42
- Chaloupková Hana, 23, 80
 Chorváth Martin, 92
 Chylý Miroslav, 77
- Ishizu S., 32
- Jančář Aleš, 29
 Janda Jiří, 21, 26, 30, 31
 Jílek Karel, 118
 Jurčák Dalimír, 119
 Jursíková Eva, 85, 86
- Kajan Ivan, 46
 Kalda Libor, 107
 Kepka Pavel, 40
 Klupák Vít, 18
 Klusoň Jaroslav, 93, 100
 Kobliha Daniel, 79
 Kodl Otto, 85, 86
 Kolečka Michal, 18
 Kolmistr Adam, 18
 Konček Ondřej, 89
 Koniarová Irena, 90, 91
 Kopecký Zdeněk, 29
 Košťál Juraj, 66
 Kovář Petr, 20
 Krajčovičová Ivana, 92
 Králik Gabriel, 92
 Kratochvíl Pavel, 87
 Krmela Jan, 105
 Krnác Štefan, 22
- Krpelanová Monika, 69
 Kubančák Ján, 49, 51, 54
 Kuča Petr, 37, 38, 41, 47
 Kučera Miroslav, 33
 Kurfírt Marek, 72
 Kuruc Jozef, 44
- Lackovič Pavol, 75
 Lahodová Zdena, 18
 Laurent Remy, 59
 Lipták Ludovít, 65, 70
 Lištjak Martin, 74, 76
- Makaiová Izabela, 55
 Makovicka Libor, 59, 103
 Malá Helena, 41, 42, 122
 Malátová Irena, 47, 58, 115
 Marečková A., 55
 Marek Milan, 67
 Mareš Jiří A., 33
 Martin Emmanuelle, 103
 Martinčík J., 32
 Martykán Miroslav, 20
 Maruniaková Alexandra, 96
 Marušiaková Miriam, 117
 Mátel Lubomír, 25, 35, 46
 Matzner Jan, 64
 Mihalová Petra, 56
 Michálek Václav, 27, 41
 Mirchi Reza, 79
 Molokanov Alexander, 54
 Mráz I., 55
 Mrázová Zlata, 49–52
 Mudra Josef, 106
 Müller Tomáš, 17
 Müllerová Monika, 119, 120
- Navrátil Matěj, 88
 Neužil Jiří, 67
 Nikl M., 32
 Nikl Martin, 33
 Nikodemová Denisa, 81–84, 96, 97
 Nitsch Karel, 33
 Nováček Petr, 53, 62
 Novák Hynek, 94
 Novák Michal, 106
 Novák Miroslav, 83
- Ohera Marcel, 21, 26
 Okruhlica Petr, 68
 Omelka Jozef, 119
 Ometáková Jarmila, 99

- Onderišinová Zuzana, 33
Otáhal Petr, 110
- Pachnerová Brabcová Kateřina, 49, 50, 54
Pašková Zuzana, 64, 98
Patera Vladimír, 39
Paučová Veronika, 45
Pecha Petr, 37, 38
Petrová Irena, 60
Petrová Karla, 11
Pfeiferová Vendula, 41, 47, 58
Pilátová Helena, 41, 42
Pilecká Eliška, 110
Pipek Jan, 101
Ploc Ondřej, 51
Podlaha Josef, 73, 106
Podškubková Hana, 94
Pokorný Ondřej, 39
Polák K., 32
Pospíchal Jiří, 72
Povinec Pavol, 55
Prášek Pavel, 53, 62
Pravdová Eva, 108
Procházka Jan, 40
Prouza Zdeněk, 41, 47, 58
Průša Petr, 33
Ptáček Jaroslav, 16
Pupák Matúš, 46
- Ragan Pavol, 55, 123
Rajec Pavol, 45, 46, 99
Rapant Tibor, 104
Remenec Boris, 25, 35
Roskopfová Olga, 45, 46
Rovenská Kateřina, 41, 114, 121
Rozlívka Zdeněk, 12
Rulík Petr, 41–43, 122
- Rychecký Jiří, 67
- Sabol Jozef, 98
Sas Daniel, 21, 26, 30, 31
Sato Tatsuhiko, 52
Sedlák Antonín, 14, 112
Shurshakov Vyacheslav A., 52
Sihver Lembit, 52
Singer Jan, 60
Sládek Petr, 21, 26, 30, 31, 80
Sládková Kateřina, 80
Slaninka Alojz, 66, 71, 74
Slavík Ondřej, 74
Slávik Ondřej, 66, 71, 76
Slugeň Vladimír, 22
Smejkalová Eva, 65, 77
Smetanová Iveta, 119, 120
Smolek Karel, 118
Sochor Vladimír, 28
Sojak Stanislav, 22
Soukup Tomáš, 24
Spěváček Václav, 102
Spurný František, 49–51
Stacho Matúš, 22
Stehno Josef, 67
Štríšovská Jana, 44
Suchoň Dušan, 77
Světlík Ivo, 27
Svoboda Karel, 73
- Šalát Dušan, 83
Šemnická Jitka, 89, 100, 102
Ševečka Štefan, 71
Šinkorová Zuzana, 15
Škrkal Jan, 41, 43
Šmoldasová Jana, 60
Šolc Jaroslav, 28
Švec Anton, 19
- Tecl Josef, 20
Thinová Lenka, 114, 121
Thomas Josef, 118
Tomášek Ladislav, 13, 113, 115, 117
Tomášková Lenka, 27
Trnková Lenka, 34, 41
Trojek Tomáš, 34
Turek Karel, 18
- Ullmannová L., 55
Ulman Ondřej, 97
Urban Tomáš, 93
- Valachová Dana, 98
Vávrů Kateřina, 89, 102
Viererbl Ladislav, 18
Vinciková Hana, 40
Vinklář Jan, 94
Vlček Bohumil, 54
Vlček Petr, 98
Voljanskij Alexandr, 18
Vondráček Vladimír, 88
Vondrák V., 55
Vrba Tomáš, 48, 56
Vrban Vladimír, 67
- Yoshikawa A., 32
- Zachar Lukáš, 97
Zachariášová Ivanka, 94
Zelinka Ján, 119
Zemanová Martina, 92
Zimák Jaroslav, 98
- Žáčková Helena, 90
Ženatá Ivana, 116