

XLIII. Dni radiačnej ochrany

2022

pondelok 19. september 2022 - piatok 23. september 2022

Hotel KC SAV Academia, Stará Lesná

Kniha abstraktov

Editori:

Silvia Dulanská, Slovenská zdravotnícka univerzita

Iveta Smetanová, Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i.

Ján Kubančák, Ústav experimentálnej fyziky SAV, v. v. i.

Vydala:

Slovenská zdravotnícka univerzita

Limbová 12

833 03 Bratislava

ISBN: 978 - 80 - 89702 - 98 - 5

EAN: 9788089702985



9 780201 379624

Obsah

Úvodné slovo	5
Sponzori konferencie	6
Sekcia „Dozimetria vonkajšieho a vnútorného ožiarenia”	9
The IAEA’s Role in Establishing Radiation Safety Standards and Guidance: Challenges in Applications	9
Od ožiarenia po výsledok.....	10
Statistické výstupy z Centrálného registru profesných ozáření.....	11
Bodový radionuklidový zdroj pro detektor kontaminace ran.....	12
Problematika oční dozimetrie v praxi.....	13
Použití detektoru GEODOS01 a jeho srovnání s AIRDOS-C.....	14
Kritická studie horizontální a vertikální radiační emise v přítomnosti elektrického výboje indukovaného vysokonapěťovým impulzním generátorem.....	15
Detekce neutronů v ultrakrátkých pulsních polích generovaných laserem.....	16
SpacePix2: monolitický pixelový detektor pro monitorování radiace ve vesmíru.....	17
Sekcia „RTG diagnostika, rádioterapia a nukleárna medicína”	18
Role robotického ozařovače CyberKnife při radiochirurgii adenomu hypofýzy.....	18
Využití organického materiálu MAKROCLEAR pro radiochromickou integrující dozimetrii hadronových svazků.....	19
Korespondenční dozimetrický audit aktivních skenovacích protonových svazků v evropských centrech protonové terapie	20
Protónová rádioterapia a zníženie rizika vzniku neskorých efektov rádioterapie pomocou synchrotrónového urýchľovača protónov	21
Optimalizace vyhodnocení odezvy pevnolátkového dozimetru PRESAGE® pomocí optické tomografie	23
Možnosti provedení radiační ochrany personálu při použití operačního C-ramene na endoskopickém urologickém sálu.....	24
3D zobrazovanie pomocou CBCT (cone - beam počítačová tomografia), v stomatológii.....	25
Sekcia „Metrologia, meranie a prístrojová technika”	26
Quality assurance of Rn-222 measurements with a walk-in type calibration chamber.....	26
Detektor pro měření kosmického ionizujícího záření na palubách letadel založený naplastovém scintilátoru s tvarovým rozpoznáváním pulzů	27
Detekce mionů pomocí stripových detektorů PH32 v CERF a na palubách letadel	28
Využití nových postupů pro sejmутí vzorků z hrubých povrchů.....	29
Porovnaní metrologických charakteristik vybraných typů vmeradiel dávkového ekvivalentu.....	30

Možnosti kontinuálneho stanovení aktivity beta ve vodách pomocí pevných scintilátorů	31
Radioaktivní rovnováha ve vzorcích strusek a popílků.....	32
Radionuklidy ve vodě primárního okruhu výzkumného reaktoru LVR-15.....	33
Zpřesnění Monte Carlo výpočtu beta spekter na základě podrobné charakterizace vzorků rentgenovou fluorescenční analýzou	34
Testování vlivu prostředí na přenosné polovodičové a scintilační detektory.....	35
Metoda stanovení aktivity ⁹⁰ Sr s inovativním přístupem využívajícím detektor Timepix a podzemní laboratoř	36
Hodnotenie výsledkov skúšok spôsobilosti – získané skúsenosti a ponaučenia.....	36
Reverzní metoda Monte Carlo s využitím výpočetního kódu MCNP	38
Optovláknový gama detektor pro vysoké dávkové příkony.....	39
Experimental study of etching condition effects and alpha radiation on TASTRACK PADC detectors.....	40
New red/IR emitting scintillators and their characterization by amplitude spectrometry	41
Analýza, zpracování a interpretace dat z letecké spektrometrie gama s využitím BLP.....	42
Výpočetní 3D a 4D gama tomografie radioaktivních vzorků	43
Podpora občanských měření radiace-gamaspektrometrie s kapesním spektrometrem RadiaCode-101.....	44
Projekt evropské metrologické sítě pro lékařské využití ionizujícího záření.....	45
Determination of the Minimum Detectable Activity for Scanning	46
Measurement During Characterization and Final Status Survey	46
Cross-section data uncertainties in the manganese sulphate bath calculation.....	47
Rozšírenie národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia neutrónov	48
Charakterizace pasivních detekčních metod v ultrakrátkých pulsních polích.....	49
Calibration of radon dosimetry system with radon chamber in self-decay mode	50
Sekcia „Všeobecné aspekty radiačnej ochrany“	51
Preprava rádioaktívnych materiálov v podmienkach Slovenskej republiky	51
Mezioborová synergie při řešení nejistot radiouhlíkového datování.....	52
Vybrané etické aspekty pri poskytovaní zdravotní péče v současné kulturné rozmanité společnosti se zaměřením na radiologické asistenty	53
Měření nízkých aktivit radionuklidů v aerosolech v Praze	54
Preprava rádioaktívnych materiálov v podmienkach Slovenskej republiky	55
Determination of attenuation coefficient and build-up factor using measurement bench.....	56
Evaluation of NEUTRONSTOP Shielding Blocks in the Minilabyrinth Experiment	57
Sekcia „Radón a prírodné zdroje ionizujúceho žiarenia“	58
Národní akční radónový plán Slovenskej republiky.....	58
Hodnocení dopadů nových radonových konverzních faktorů.....	59

Historie cíleného odstraňování radionuklidů z pitné vody v České republice	60
Využití stopových detektorů na bázi KODAK LR 115 Type II ke dlouhodobému stanovení průměrné hodnoty objemové aktivity radonu v odvalu po uranové těžbě.....	61
Analysis of radon time series from the gallery of St. Anthony of Padua in Vyhne, Slovakia	62
Odhad podílu volné frakce ve čtyřech turistických jeskyních Bulharska.....	63
Radon-based atmospheric mixing layer height and its influence on major air pollutant concentrations in Bratislava, Slovakia.....	64
A CFD analysis of Rn-222 dispersion in the vicinity of an uranium mining waste rock dump site	65
LOW ACTIVITY RADON EMANATION SOURCES FOR GREEN-	66
HOUSE GAS MITIGATION STRATEGIE.....	66
Kontrola přirozené expozice radonu pracovníků ve školách a školských zařízeních v ČR.....	67
Zimní Thunderstorm Ground Enhancement na Milešovce	68
Kontrola rádioaktivity stavebních materiálů z pohledu zabezpečenia národných a medzinárodných požiadaviek	69
Gamaspektrometrické merania rádioaktivity NORM/stavebných materiálů na Slovenskej zdravotníckej univerzite	70
Overovanie predikovaných území so zvýšeným výskytom radónu na základe integrálnych meraní OAR v pobytových priestoroch	71
Verifikácia rôznych prístupov určovania exhalačnej rýchlosti ²²² Rn z pôdy pre odhad exhalácií CO ₂	72
Skúsenosti zo simultánneho monitorovania koncentrácií ²²² Rn a CO ₂ v ovzduší rodinných domov	73
Poznatky získané z celoročného kontinuálneho monitorovania	74
²²² Rn v ovzduší pracovisku verejnej správy	74
Nové poznatky k sezónnému chováni objemových koncentrací radonu v blízkosti odvalu š. č. 15, Brod u Příbrami	75
Měření radiační zátěže posádek letadel podle nového doporučení ICRU 95	76
Využití bezpilotních prostředků pro geologické mapování a monitoring ekologických zátěží (případové studie).....	77
SIREN (Space Ionizing Radiation Project Nursery).....	78
Radiačná zát'áž posádok leteckých spoločností registrovaných na Slovensku	79
Stanovení aktivity ²²⁶ Ra a ²²⁸ Ra ve vzorcích smíšené stravy.....	80
VPLYV ARBUSKULÁRNYCH MYKORÍZNYCH HÚB NA TRANSLOKÁCIU ¹³³ Ba V RASTLINÁCH RAJČIAKA.....	81
Sekcia „Radiačná ochrana v havarijnom manažmente“	82
Národní radiační havarijný plán v České republice	82
Odhad zdrojového členu Cs-137 při požárech v okolí Černobyli v dubnu 2020	83
Elektrokinetická ochrana rostlin proti příjmu cesia	84

Přestup radionuklidů Cs a Sr do zemědělských plodin pěstovaných ve skleníku	85
RadBio - softwarový nástroj pro odhad kontaminace rostlinné biomasy na území zasaženém jadernou havárií.....	86
Specifika evakuace v zónách havarijního plánování jaderných elektráren se zaměřením na diferenciaci populace	88
Modelovanie radiaènej situácie modelom LPM ESTE v mestskom prostredí po aplikácii špinavej bomby	89
ESTE CBRN – modelovanie zdrojového èlena, atmosférickéj disperzie a radiaènej situácie po aplikácii taktickej jadrovej zbrane	90
Sekcia Biologické účinky žiarenia a odhad rizika z ožiarénia	91
Egypt Participation in IRPA Activities	91
Účinnost terapeutických radionuklidů v cílené léčbě	92
Simulace stop a indukce poškození DNA izotopy vodíku, helia, lithia, beryllia, boru a uhlíku ..	93
Stanovenie genomickej nestability spôsobenej ionizujúcim žiarením pri mamografii.....	94
Povedz, kde ten bór je, kde ho hľadať mám?	95
Vyřazení cyklotronu PET Centra ÚJV Řež	96
Odezva glioblastomových buněčných linií na ozáření v přítomnosti boru	97
Dynamics of p53 protein in tumor cells caused by radiation.....	98
Nové výzvy radiaènej ochrany pri výkonoch intervenènej rádiológie	99
Potenciál nano částic z kyseliny hyaluronovéj v terapii radiaèného poškození plíc	100
Moderní trendy využití kyseliny hyaluronové v radiobiologii	101
Sekcia „Jadrová energetika, vyradovanie jadrovo-energetických zariadení a nakladanie s rádioaktívnym odpadom“	102
Vyhodnotenie projektu minimalizácie RAO v SE, a.s. za obdobie r. 2007-2022, mílniky a výzvy	102
Optimalizace měřicích geometrií vzorků na Oddělní spektrometrie SÚRO v. v. i.....	103
Porovnání výsledků nezávislého monitorování radionuklidů ve výpustech z ventilačních komínů JE.....	104
Monitorovanie veľkorozmerných kovových komponentov zvyraďovania JE A1 za účelom ich uvoľnenia spod administratívnej kontroly do ŽP	105
Radiaèná zátáž betónových konštrukcií v okolí reaktora VVER 440 z pohľadu dlhodobej prevádzky	106
Postupy pro úpravu odpadu z bioplynových stanic kontaminovaného radioaktivním cesiem .	107
Correlation of Cs-137 and Sr-90 in Contaminated Concrete.....	108
Využití metodiky stanovení sumární alfa bety aktivity jako screeningového měření během vyřazování	109
Análzy veľkosti oblasti ohrozenia pre jadrové zariadenia JAVYS	110
Prílohy.....	111

Úvodné slovo

Vážené kolegyne, vážení kolegovia,

konferencia Dni radiačnej ochrany je už dlhoročne miestom stretnutia českých a slovenských odborníkov, zástupcov štátnych organizácií, firiem aj študentov zaoberajúcich sa problematikou radiačnej ochrany.

Po minuloročnom netradičnom stretnutí v online priestore sa XLIII. Dni radiačnej ochrany konajú opäť prezenčne, v Kongresovom centre SAV Academia v Starej Lesnej.

V rámci konferencie si vypočujeme prednášky a miniprezentácie zaradené do ôsmich sekcií, v takmer každej sekcii je na úvod zaradená prehľadová prednáška. Ako každoročne, aj tentoraz v stredu program vyvrcholí spoločenským večerom, na ktorom budú vyhlásené výsledky súťaže prác mladých vedeckých pracovníkov do 35 rokov, ktoré posúdila odborná komisia.

V mene programového aj organizačného výboru Vám prajeme, aby ste si konferenciu a spoločenský večer užili, vypočuli si množstvo pútavých prednášok a dozvedeli sa novinky nielen vo svojom odbore.

Iveta Smetanová, Silvia Dulanská, Ján Kubančák

Sponzori konferencie

Ďakujeme všetkým sponzorom našej konferencie, ktorí sa na nej podieľali. Veríme, že mnohí z nich Vám predstavili riešenia, ktoré by mohli uľahčiť alebo skvalitniť odborné výstupy Vašej práce. Ako prejav vdáky nižšie uvádzame ich stručný prehľad a ku knihe abstraktov pripájame materiály, ktoré by Vám v budúcnosti mohli pomôcť pri Vašej práci.



JADROVÁ ENERGETIKA & ŽIVOTNÉ PROSTREDIE, MEDICÍNA Zastupujeme lídrov v oblasti detekcie žiarenia v jadrovom a životnom prostredí, a v oblasti detekcie lekárskeho žiarenia, meracích, diagnostických a terapeutických zariadení.

<https://www.cpce.net/sk/>



SLUŽBY PRE JADROVO ENERGETICKÝ PRIEMYSEL. Výskumné a vývojové práce, rádioekológia a radiačná bezpečnosť, posudzovanie vplyvu na životné prostredie - EIA, bezpečnostná a prevádzková dokumentácia, vyradovanie z prevádzky a nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi, monitoring a sanácia rádioaktívnej kontaminácie životného prostredia, projektové manažérstvo.

<http://www.ekosur.sk>



MĚŘÍCÍ TECHNIKA A TECHNIKA IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ. Společnost EMPOS spol. s r.o., která byla založena v roce 1991, je tuzemským dodavatelem měřicí techniky. Během své existence zprostředkovala dodávky pro zákazníky z oblasti průmyslu, školství, služeb, státní správy, telekomunikací, letectví a zdravotnictví. Od svého vzniku se společnost zabývá nejen prodejem měřicích přístrojů a systémů, dodávkami laboratoří nebo testovacích pracovišť na klíč, ale i technickým poradenstvím.

<https://www.empos.cz>



PORADENSKÁ ČINNOSŤ V OBLASTI JADROVEJ CHÉMIE A RÁDIOEKOLÓGIE, JADROVEJ FYZIKY A DOZIMETRIE. PREPRAVA RÁDIOAKTÍVNYCH MATERIÁLOV. Okrem vyššie uvedeného sa spoločnosť venuje práci s vysokoaktívnymi žiaričmi s pomocou vlastnej horúcej komory a gamaspektrometrickej linky, preprave rádioaktívnych materiálov vrátane vysokoaktívnych, vývoju informačných systémov a mobilných aplikácií a ďalším činnostiam, o ktorých sa dozviete viac na našej stránke.

<https://apeko.sk>



PRACOVNÁ ZDRAVOTNÁ SLUŽBA. Do ponuky našich služieb patrí poskytovanie prvotnej, ako aj priebežnej PZS, akými sú napr. fyzická obhliadka všetkých pobočiek, stredísk a pracovísk klienta, realizácia vstupnej analýzy jednotlivých pracovísk, realizácia skriningových meraní škodlivých faktorov práce a pracovného prostredia, identifikácia zdravotných rizík, posúdenie a návrh kategorizácie pracovných činností a ďalšie.

<https://www.miomed.sk>



INŽENÝRSKO-DODAVATELSKÁ SPOLEČNOSŤ PŮSOBÍCÍ JIŽ VÍCE NEŽ 25 LET V JADERNÉ ENERGETICE, PRŮMYSLU, OBRANĚ, ZDRAVOTNICTVÍ, VĚDĚ A VÝZKUMU. Dodávky a služby pro jadernou energetiku, automatizace v energetice a průmyslu, inženýring a EPC projekty, radiometrické systémy a radiační monitoring, výroba a servis detektorů, vývoj a implementace software, služby osobní dozimetrie.

<https://nuvia.com/cz>



SPOLEČNOSŤ JE NAJVÄČŠÍM VÝROBCOM ELEKTRICKEJ ENERGIE NA SLOVENSKU A JEDNÝM Z NAJVÄČŠÍCH V STREDNEJ EURÓPE. Slovenské elektrárne prevádzkujú 31 vodných, dve jadrové, dve tepelné a dve fotovoltické elektrárne s celkovým inštalovaným výkonom 4144 MWe.

<https://www.seas.sk>

VÝZNAMNÝ CELOSVĚTOVÝ VÝROBCE A DODAVATEL ZAŘÍZENÍ A SYSTÉMŮ PRO RADIAČNÍ OCHRANU A KONTROLU Vyvíjíme výhradně výkonná, citlivá a přesná zařízení, která spolehlivě detekují ionizující záření a



chrání tak bezpečí lidí, věcí, pracovního prostředí, vybavení a technologií. Naše zkušenosti sbíráme přímo v praxi. Sledujeme celosvětové trendy a integrujeme je do našich zařízení. Jako jeden z mála světových výrobců a dodavatelů máme přímou zkušenost z údržby a servisu přímo na jaderných elektrárnách, kde máme vlastní týmy.
<https://vf.sk>

Sekcia „Dozimetria vonkajšieho a vnútorného ožiarenia”

The IAEA’s Role in Establishing Radiation Safety Standards and Guidance: Challenges in Applications

Autor: Miroslav Piňák¹

¹ *International Atomic Energy Agency*

The presentation aims to describe the role of the IAEA in the establishment of an internationally recommended radiation system based on inter alia IAEA safety standards and guidance documents. Such standards and guidance documents are aimed to assist individual countries in establishment of their national radiation safety frameworks. The first part of presentation introduces the process of establishment of radiation standards in general as being based on the contemporary theory and principles of radiation safety and compares such theory with its application in the practice. The second part of the presentation introduces contemporary challenging issues and possible solutions in radiation safety. For example, it introduces selected questions associated with the application of dose constraints, measures toward ensuring radiation safety of food and drinking water, as well as briefly mentions approaches towards ensuring radiation protection of patients in medical applications of ionizing radiation. The presentation also describes the contemporary issues with the natural source of radiation, radon and with graded approach used in ensuring radiation safety in NORM industry.

Od ožiarenia po výsledok

Autor: Dušan Solivajs¹

¹ *Slovenská legálna metrológia, n.o.*

Škodlivé účinky ionizujúceho žiarenia (ďalej IŽ) sú známe už od roku 1897, kedy Antoine Henri Becquerel objavil rádioaktivitu. Procesy pôsobenia IŽ na organizmus dodnes nie sú úplne známe. IŽ môže vyvolať tkanivové reakcie na koži ako napríklad začervenanie, chronický zápal kože či tvorbu abscesov, taktiež môže IŽ spôsobiť nádorové ochorenia rôznych orgánov, leukémiu alebo spôsobiť genetické následky u potomkov. Jedným z účinných opatrení na zmiernenie radiačnej záťaže pracovníkov je monitorovanie pomocou osobných dozimetrov. V praxi sa používa veľké množstvo rôznych typov dozimetrov. Dozimetrické systémy sú na Slovensku pravidelne kontrolované na základe Zákona o metrológii, zákona o radiačnej ochrane a musia spĺňať požiadavky technických noriem. V prednáške sa budeme venovať získaniu výsledkov z termoluminiscečných dozimetrov. Postupne si ukážeme proces od prijatia dozimetra od zákazníka cez meranie, vyhodnotenie až po stanovenie konečnej dávky, ktorú pracovník dostal za dané obdobie.

Statistické výstupy z Centrálního registru profesních ozáření

Autor: Miluše Budayová¹

¹*Státní úřad pro jadernou bezpečnost*

Příspěvek podává přehled vývoje hodnocení a regulace profesního ozáření v České republice v průběhu let.

Státní úřad pro jadernou bezpečnost pro sběr dat v oblasti profesního ozáření využívá elektronický systém evidence - Centrální registr profesních ozáření (CRPO). Tato databáze v České republice shromažďuje informace od roku 1997 a slouží nejen jako nástroj pro podporu státního dozoru v oblasti využívání jaderné energie a ionizujícího záření. Údaje z CRPO je možné využít k analýze dat pomocí specifických ukazatelů, jako je např. podrobné rozdělení dávek sledovaných radiačních pracovníků v různých oborech a činnostech v průmyslu, jaderné energetice, lékařství, výzkumu a vzdělávání, uranovém průmyslu a při poskytování služeb.

Vedle CRPO využívá Státní úřad pro jadernou bezpečnost také Registr zdrojů ionizujícího záření. Standardní výstup těchto databází mimo jiné poskytuje statistické informace tříděné podle oborů činností, zdrojů záření, pracovních činností nebo profesí, a umožňuje sledovat různé trendy ve zvolených oblastech. Jedny z nejzajímavějších výstupů nacházíme v lékařských oborech. Statistická data z CRPO v medicíně naznačují významný pokrok v přístupu ke vzdělávání, využívání principů dobré praxe a zavádění moderních technologií.

Souhrnné informace o radiační zátěži radiačních pracovníků jsou tak jedním z důležitých nástrojů pro zajišťování ochrany před ionizujícím zářením.

Bodový radionuklidový zdroj pro detektor kontaminace ran

Autori: Alena Kelnarová; Pavel Fojtík¹

¹ *Státní ústav radiační ochrany v.v.i*

Nejčastěji uváděným poraněním vedoucím k vnitřní kontaminaci porušenou kůží je vpich do ruky, nejčastěji do prstu, například ostrým předmětem přes ochrannou rukavici.

Pro kalibraci a testování vlastností detektorů fotonového záření určených pro detektor kontaminace vranách instalovaný ve Státním ústavu radiační ochrany v.v.i. v Praze byly připraveny bodové zdroje ^{241}Am , které umožňují simulovat bodovou ránu a popřípadě více blízkých ran. Radionuklidovým zdrojem je kulička ionexu s nasorbovanou aktivitou ^{241}Am . Ze silně kyselého katexu DOWEX byly vybrány kuličky s průměrem cca 0,6 až 0,8 mm a použity k sorpci ^{241}Am ze zředěného nosičového etalonového roztoku. Bylo připraveno 53 kuliček s relativně jednotnou a dobře fixovanou aktivitou kolem 500 Bq v jedné kuličce.

Kuličky sorbentu jsou použity jako zdroj ve fantomech bodového vpichu pro účinnostní kalibraci a testování prostorového rozlišení detektorů určených pro měření ran.

Problematika oční dozimetrie v praxi

Autori: Jana Tamášová¹; Lenka Siková; Zdenka Balogová

¹*Nemocnice Na Homolce*

Dozimetrie oční čočky je stále diskutované téma. S postupem technologií se sice radiační zátěž personálu během výkonů snižuje, ale na druhou stranu se ZIZ v diagnostice používají stále více a častěji. Zároveň se zvyšuje složitost prováděných výkonů.

Odhad dávky na oko z tělového dozimetru, tak jak je v současné době řešen, je již obecně považován za nedostatečně přesný, a tak je personál pohybující se na operačních sálech se ZIZ dovybavován ještě očními dozimetry.

Nošení dalšího dozimetru se ukazuje pro řadu lékařů jako dosti nekomfortní a z již provedených měření je zřejmé, že nemusí být zaručen ani přesnější odhad dávky na oční čočku.

Snahou je stanovit vhodné místo pro nošení očního dozimetru v závislosti na pozici operátora v rámci geometrie výkonu. Naměřit hodnoty dávek a dávkových ekvivalentů Hp(10) a Hp(3) v referenční místě a v místě oka operátora a znaměřených hodnot získat přepočtové koeficienty mezi celotělovým a očním dozimetrem.

Financováno z IG204701 Nemocnice Na Homolce.

Použití detektoru GEODOS01 a jeho srovnání s AIRDOS-C

Autori: Olena Velychko¹; Martin Kákona¹; Iva Ambrožová¹; Jakub Šlegl¹; Ondřej Ploc¹

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.

Detektor GEODOS01 na bázi scintilačního krystalu NaI(Tl) vyvinuli a postavili pracovníci projektu CRREAT. Tento detektor je určen pro umístění v blízkosti zemského povrchu v obtížně dostupném terénu. V současné době jsou detektory tohoto typu úspěšně využívány na různých instalacích na Poledníku na Šumavě, Lomnickém štítu ve Vysokých tatrách, a na Milešovce v Českém středohoří pro detekci vysokoenergetických jevů v atmosféře. Je třeba poznamenat, že GEODOS01 je vybaven solárním panelem, což umožňuje jeho dlouhodobé používání bez připojení na elektrickou síť a radiomodemem pro vzdálené připojení k Internetu věcí.

Protože se předpokládá použití detektoru v terénu při výrazně odlišných teplotách, provedli jsme kromě základní kalibrace také teplotní kalibraci detektoru.

V červnu 2022 byl GEODOS01 ozářen v referenčním poli CERF v CERNu. Získané výsledky byly porovnány s výsledky detektoru AIRDOS-C, prezentovanými na konferenci DRO2021.

Kritická studie horizontální a vertikální radiační emise v přítomnosti elektrického výboje indukovaného vysokonapětovým impulzním generátorem

Autor: Dagmar Štěpánová⁴

Spoluautori: Jan Mikeš¹; Václav Štěpán²; Michal Krbal³; Ondřej Ploc⁴

¹Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze

²FJFI ČVUT v Praze

³Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně

⁴Ústav jaderné fyziky AV ČR

Vysokoenergetická radiační emise patří k dosud nepříliš prozkoumaným fyzikálním jevům. V přírodě jsou tyto fenomény omezeny svým lokálním a randomizovaným výskytem. Exteriérová měření jsou s ohledem na náročnost přípravy specifických měřicích přístrojů lokalizovaných v daném čase a prostoru při výskytu uvedených jevů extrémně náročná, s velmi malou výtěžností.

Pochopení jejich vzniku a podmínek, které je formují a determinují často brání jejich laboratorní energetické dosažitelnost.

Simulace situací blízkých atmosférickým výbojům, které jsou pravděpodobně zdrojem vysokoenergetických částic,

jehož prostřednictvím elektrických výbojů uskutečňovaných přeskokem na dlouhou vzdálenost. V laboratorních podmínkách lze studovat jevy při zohlednění pouze jedné indiferentní složky výboje, a to buď napětové, nebo proudové.

Tento příspěvek sumarizuje experimenty provedené na vysokonapětovém impulzním generátoru využívající atmosférický výboj 1,2/50 μs.

Celkem bylo provedeno 400 negativních výbojů, opřeskokové maximální hodnotě napětí 0,9 MV a celkové energii 80 kJ dodané do výbojové dráhy o vzdálenosti mezi elektrodami 1 m.

Z důvodu eliminace elektromagnetických interakcí vznikajících při provozu vysokonapětového impulzního generátoru byly pro detekci radioaktivního záření použity pasivní detektory. Konkrétně

byly v experimentu použity termoluminiscenční detektory CaSO₄:Dy pro stanovení fotonové /elektronové složky záření a LiF:Mg:Ti (MTS-6, MTS-7 a MTS-N) pro detekci fotonové /elektronové a neutronové složky.

Byly vytvořeny měřicí sety sestávající z 10 až 30 termoluminiscenčních detektorů volených selektivně od každého typu. Takto vytvořené měřicí sety byly umístěny, jak v horizontální, tak i vertikální rovině maximálně do vzdálenosti 1 m od osy výboje. Horizontální měření probíhalo v polohách 0,25, 0,5 a 1 m od svislé osy výboje, a to v jeho středu, tj. ve výšce 0,5 m od zemnicí elektrody a na hrotu aktivní elektrody a samotné zemnicí elektrodě. Pro vertikální měření byly sety umístěny v 5 různých polohách, tj. na hrotu elektrody, zemnicí elektrodě a ve výškách 0,25, 0,5 a 0,75 m na vertikální ose ve vzdálenosti 1 m od horizontální osy elektrického výboje.

Byla potvrzena přítomnost neutronové a fotonové /elektronové složky v radiační poli elektrického výboje. Maximální navýšení absorbované dávky bylo zaznamenáno na hrotu aktivní elektrody. Pro fotonovou /elektronovou složku záření byla hodnota absorbované dávky $1,0 \pm 0,8$ mGy a neutronovou složku $1,8 \pm 1,0$ mGy.

Detekce neutronů v ultrakrátkých pulsních polích generovaných laserem

Autori: Veronika Olsovcova¹; Iva Ambrožová²; Anna Cimmino¹; Dávid Horváth¹; Benoit Lefebvre¹; Ondřej Ploc²; Vojtěch Stránský¹; Roman Truneček¹; Roberto Versaci¹

¹ *ELI Beamlines, Institute of Physics, CAS, Czech Republic*

² *Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.*

V mezinárodním výzkumném centru ELI Beamlines v Dolních Břežanech jsou využívány vysokoenergetické lasery mimo jiné ke generování svazků ionizujícího záření. I při nižším výkonu, než je ten nominální, lze generovat prostřednictvím těchto laserů směsná pole záření s unikátními vlastnostmi.

Jeden z hlavních laserových systémů, HAPLS (High repetition rate Advanced Petawatt Laser System), je již používán v experimentálních stanicích, v rámci jejich uvádění do provozu.

Detekce neutronů při těchto prvních experimentech se ukázala jako poměrně náročný úkol. Za prvé, experimentální uspořádání bylo často měněno (např. parametry laserového paprsku, geometrické uspořádání, typ terče). Správnou interpretaci odečtů detektorů, kalibrovaných ve standardních polích, také komplikovala extrémně krátká doba pulsu záření generovaného laserem (~10fs). Tento příspěvek představuje při konkrétním experimentu realizovaném v rámci uvádění do provozu, problémy spojené s detekcí záření a získané zkušenosti.

SpacePix2: monolitický pixelový detektor pro monitorování radiace ve vesmíru

Autor: Pavel Vančura¹

Spoluautori: Josef Gečnuk ¹; Zdenko Janoška ¹; Jakub Jirsa ¹; Vladimír Kafka ¹; Maria Marčišovská ¹; Michal Marčišovský ¹; Lukáš Tomášek ¹; Pavel Staněk ¹

¹ *Fakulta jaderná fyzikálně inženýrská, ČVUT, Praha*

Monitorování radiace ve vesmíru je důležité po úspěch kosmických misí a vesmírnou infrastrukturu. Zároveň je zajímavé i studovat radiaci ve vesmíru která je typicky složená z elektronů, protonů a těžkých iontů. Pixelové detektory jsou optimálním nástrojem pro detekci takové radiace. SpacePix2 je nový monolitický aktivní pixelový senzor pro monitorování radiace určený pro kosmické aplikace navržený v technologii 180 nm SoI CMOS. Aktivní plocha detektoru je 3.84 x 3.84 mm² složená z 64x64 pixelů s šířkou pixelu 60 μm. Energetický rozsah pixelu 7.2 keV - 288 keV. Díky měření signálu ze zadní strany senzoru lze po saturaci signálu z pixelu měřit signál až do energie 30 MeV. Analogový signál z pixelu vzorkují interní sloupcové analogově digitální převodníky (ADC) s rozlišením 10-bit. Komunikace probíhá pomocí rozhraní LVDS (400 MHz max) nebo SPI (50 MHz max). V čipu jsou realizována opatření pro zvýšení radiační odolnosti v podobě triplikace důležitých registrů a asynchronní ADC architekturou. Výhodou oproti existujícím řešení je nízká spotřeba (43 mA) při napájení 1.8 V a monolitická realizace bez nutnosti propojení senzoru s vyčítací elektronikou.

Sekcia „RTG diagnostika, rádioterapia a nukleárna medicína”

Role robotického ozařovače CyberKnife při radiochirurgii adenomu hypofýzy

Autor: Tomáš Veselský¹

¹ Samostatné oddělení lékařské fyziky, Fakultní nemocnice v Motole, V Úvalu 84. Praha 5, 150 06; Ústav radiační terapie, Ústřední vojenská nemocnice - Vojenská fakultní nemocnice Praha, U Vojenské nemocnice 1200, Praha 6, 169 02

V Ústřední vojenské nemocnici Praha na Ústavu radiační terapie byl nově instalován a spuštěn do klinického provozu robotický ozařovač CyberKnife M6. Tato prezentace popíše hlavní body uvádění ozařovače do klinického provozu, zaměří se na instalaci a commissioning nového kolimačního systému InCise2 MLC, který je prvním tohoto druhu v klinickém provozu v České republice.

V klinické části bude prezentována plánovací studie srovnání CyberKnife, GammaKnife a stereotaktického lineárního urychlovače TrueBeam STx při radiochirurgii adenomu hypofýzy. Plánovací studie byla provedena na souboru 30 náhodně vybraných pacientů ozářených na GammaKnife v Nemocnici Na Homolce v Praze.

Využití organického materiálu MAKROCLEAR pro radiochromickou integrující dozimetrii hadronových svazků

Autor: David Zoul¹

Spoluautori: Markéta Koplová¹; Václav Zach²

¹Centrum Výzkumu Řež

²Ústav jaderné fyziky AV ČR

V roce 2021 byla v Laboratoři cyklotronů a generátorů rychlých neutronů (LC&FNG) Ústavu jaderné fyziky AVČR provedena série pokusných ozáření radiochromických integrujících dozimetrů MAKROCLEAR protonovými a deutronovými svazky urychlenými na cyklotronu U-120M.

Tyto dozimetry jsou vyvíjeny v Centru výzkumu Řež od roku 2016. Jedná se o pevný čirý polymerní materiál, který reaguje na ozáření změnami své optické denzity. Protože má materiál dozimetru pouze o 8 % vyšší hustotu, než je průměrná hustota lidského těla, lze metodu využít též v hadronové radioterapii onkologických onemocnění.

Dozimetry připravené ve tvaru kvádrů o rozměrech 10 x 10 x 10 mm, nebo 10 x 10 x 20 mm byly umístěny ve speciálním hliníkovém držáku za hliníkovým kolimátorem o tloušťce 10 mm s aperturou o průměru 9 mm tak, aby osa hadronového svazku procházela středem vzorku.

Během ozařování byl hadronový svazek před aperturou kolimátoru simultánně monitorován Farmerovou ionizační komorou připojenou k elektrometru UNIDOS, aby bylo možno v reálném čase odečítat absorbovanou dávku ve vzorcích. Jednotlivé vzorky byly postupně ozářeny protony o energii 15,5 MeV a 34 MeV v dávkách 500 Gy, 2 500 Gy, 5 000 Gy, 7 500 Gy, 10 000 Gy. Další série vzorků byla ozářena deutrony o energii 17 MeV v dávkách 5 000 Gy, 10 000 Gy, 15 000 Gy.

Následovalo skenování ozářených dozimetrů na transmisním skeneru Epson Perfection 850-Pro přes řadu barevných filtrů propouštějících vlnové délky světla 640 nm, 580 nm, 510 nm, 450 nm a přes bílé polychromatické světlo se střední vlnovou délkou 550 nm.

Výsledky analýz prokázaly, že dozimetry MAKROCLEAR jsou skvěle využitelné jako levné a snadno dostupné integrující dozimetry protonů v oblasti dávek do přibližně 7,5 kGy, kde je jejich odezva v bílém světle prakticky lineární dávce. Ještě vyšší měřicí rozsah byl zaznamenán v případě deutronů, kde byla odezva dozimetrů lineární dávce minimálně do 15 kGy.

K nesporným výhodám dozimetrů MAKROCLEAR oproti jiným typům patří jejich snadná příprava v požadovaném tvaru a velikosti, jejich jednoduchá dostupnost, a velmi nízká pořizovací cena (přibližně 1 eurocent za kus). Rovněž jejich vyhodnocení je levné, snadné, rychlé a nevyžaduje nákladné či objemné laboratorní vybavení. V řádu minut lze získat 3D informaci o dávkovém profilu hadronového svazku a hloubkové dávkové křivce včetně polohy Braggova píku, dávky v Braggově píku, a poměru dávky v Braggově maximu ku dávce v oblasti plató.

Korespondenční dozimetrický audit aktivních skenovacích protonových svazků v evropských centrech protonové terapie

Autor: Marie Davídková¹

Spoluautori: EURADOS WG9 Dosimetry in Radiotherapy ; Partneři projektu INSPIRE

¹ODZ, ÚJF AV ČR, v.v.i.

Deset evropských center protonové terapie se zúčastnilo korespondenčního dozimetrického auditu organizovaného EURADOS WG9 Dozimetrie v radioterapii. V pilotním experimentu v CCB IFJ PAN (Polsko) a PTC (Česká republika) byl otestován držák pro umístění pasivních detektorů ve vodním fantomu. Na jaře roku 2021 byly v rámci společné výzkumné aktivity INSPIRE do zúčastněných center protonové terapie distribuovány manuály, držáky a vlastní detektory. Byly použity alaninové, radiofotoluminiscenční a termoluminiscenční detektory ze sedmi dozimetrických laboratoří spolupracujících v rámci pracovní skupiny EURADOS WG9. Většina detektorů byla kalibrována ve svazcích gamma záření Co-60. Během auditu byly detektory ozářeny dvěma plány: Plán P zahrnoval ozáření pole 10 cm x 10 cm 170 MeV protony, Plán S homogenní cílový objem 10 cm x 10 cm x 10 cm. Efektivní střed detektorů byl umístěn v izocentru ve vzdálenosti 2 cm pod hladinou vody pro plán P a 15 cm pro plán S. Absorbovaná dávka byla ověřena pomocí ionizační komory a bylo povoleno přeskálování ozařovacího plánu na předepsanou dávku (2 nebo 15 Gy). Získané výsledky naznačují dobrou shodu mezi zúčastněnými centry. Provedený audit umožnil získat cenné informace o možnostech využití různých typů pasivních detektorů pro korespondenční dozimetrické audity skenovacích protonových svazků.

Protónová rádioterapia a zníženie rizika vzniku neskorých efektov rádioterapie pomocou synchrotrónového urýchľovača protónov

Autor: Marko Fülöp¹, Andrea Šagátová², Pavol Ragan³, Igor Gomola³, Igor Čombor⁴, Monika Rybáková¹, Lukáš Lacko⁴

¹Centrum vedecko-technických informácií Slovenskej republiky, Lamačská cesta 8/A, 84005 Bratislava, Slovensko

²Slovenská technická univerzita v Bratislave, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav jadrového a fyzikálneho inžinierstva, Ilkovičova 3, 81219 Bratislava, Slovensko

³Fakulta verejného zdravotníctva, Slovenská zdravotnícka univerzita v Bratislave, Limbová 12, 83303 Bratislava, Slovensko

⁴Vedecko-výskumné protónové centrum, Centrum vedecko-technických informácií Slovenskej republiky, Generála Miloša Vesela 21, 03401 Ružomberok, Slovensko

Pri rádioterapii je dôležité čo najpresnejšie ožarovať požadovaný objem tkaniva a minimálne ožiariť zdravé tkanivo. Protónová rádioterapia sa tejto požiadavke významne blíži hlavne tým, že prenos energie protónov pri prechode v tkanive je iba zlomkom oproti prenosu energie na konci ich dráhy vo forme „Braggovho píku“.

Zdrojmi protónov v rádioterapii sú cyklotróny a synchrotróny. Cyklotróny sú známe svojou spoľahlivosťou a produkujú zväzky protónov s pevne nastavenou energiou danou jeho konštrukciou. Táto energia je preto zvolená dostatočne vysoká (200 MeV až 250 MeV), aby protóny prenikli maximálnou uvažovanou hrúbkou ožarovaného chorého tkaniva. Pre ožarovanie menších hrúbok tkaniva je potrebné znížiť energiu cyklotrónom produkovaných protónov pomocou absorpčných filtrov. Týmto postupom sa však do určitej miery nežiaduco zmenia parametre ožarovacieho zväzku, pretože dochádza k rozmazaniu – rozšíreniu energetickej distribúcie, a preto môže byť rozmer Braggovho píku protónov viacnásobne širší. Následkom je zhoršenie možnosti selektívnej rádioterapie týmto zväzkom protónov v prípade potreby ožarovania cm rozmerov chorého tkaniva. Filtráciou na zníženie energie protónov sa významne zmenší aj pomer medzi výškou Braggovho píku a platô pred píkom, čo vedie k zvýšenému ožiareniu zdravého tkaniva, cez ktoré preniká rádioterapeutický zväzok k chorému tkanivu.

Prednosťou synchrotrónového urýchľovača protónov je produkcia rádioterapeutického zväzku protónov s presnou požadovanou energiou a preto nie je potrebné používať žiadne filtre na úpravu energie protónov.

Predmetom prezentácie je pomocou Monte Carlo simulácií (kód MCNPX) posúdiť veľkosť zmien protónového zväzku produkovaného cyklotrónom urýchľovačom, u ktorého energia protónov bola filtráciou tkanivu ekvivalentným materiálom znížená z 200 MeV na 100 MeV. Parametre tohto 100 MeV zväzku cyklotrónom urýchľovača sú porovnané so zväzkom 100 MeV protónov produkovaným synchrotrónom inštalovaným v UVN Ružomberok.

Pri ožiarení tkaniva zväzkami protónov o priemere 5 mm je veľkosť depozície energie v Braggovom píku od 100 MeV protónov produkovaných synchrotrónom je asi 2 krát vyššia a cca. 6 krát užšia v porovnaní s Braggovým píkom od 100 MeV protónov

produkovaných 200 MeV cyklotrónom. Táto skutočnosť poukazuje na významne nižšie ožiarenie zdravého tkaniva a na výhodosť použitia synchrotrónového zdroja protónov pre rádiochirurgiu.

Optimalizace vyhodnocení odezvy pevnolátkového dozimetru PRESAGE® pomocí optické tomografie

Autori: Hana Průšová¹; Kateřina Pilařová²; Petra Osmančíková²; Tomáš Veselský²

¹*Katedra dozimetrie a aplikace ionizujícího záření, FJFI, ČVUT v Praze, Břehová 7, Praha 1, 115 19*

²*Samostatné oddělení lékařské fyziky, Fakultní nemocnice v Motole, V Úvalu 84. Praha 5, 150 06*

Pevnolátkový dozimetr PRESAGE® patří společně s gelovými dozimetry do skupiny 3D integrálních dozimetrů. Dozimetr PRESAGE® je založen na polyuretanové matrici a oproti jiným 3D integrálním dozimetrům je stabilní, je proto možné ho komerčně vyrábět a dodávat uživatelům. Vzhledem k vysoké stabilitě a dobře popsáním vlastnostem dozimetru [1] je velmi vhodný pro testy a optimalizaci metod vyhodnocení 3D dozimetrů, nejistoty spojené s přípravou gelových dozimetrů na bázi želatiny jsou pro dozimetr PRESAGE® minimalizovány. Při ozáření dozimetru ionizujícím zářením dochází k oxidaci leuko barviva a tvorbě sloučeniny s absorpčním maximem při 632 nm [2].

Optimalizace vyhodnocení odezvy dozimetru se skládala z UV/VIS spektrofotometrického měření kyvet PRESAGE® (1x1 cm) po ozáření Co-60 v ozařovači Gammacell 220, a dále z ozáření válců PRESAGE® (d 11 cm, v 9,5 cm) pomocí ozařovače TrueBeam na Onkologické klinice FN v Motole. Ozařovací plán byl navržen v lineárním rozsahu odezvy dozimetru (10-50 Gy) s cílem testovat prostorové rozlišení a přesnost stanovení přístroje optické tomografie (OT). V rámci optimalizace byl testován vhodný výběr optického filtru před světelným panelem prosvětlujícím dozimetr, výběr optického filtru před detektorem (CCD kamera), nastavení clony a délky expozice. Dále byly posuzovány rozdílné algoritmy pro 3D rekonstrukci získaných dat.

[1] D. Khezerloo et al., "PRESAGE® as a solid 3-D radiation dosimeter: A review article," *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 141, pp. 88–97, Dec. 2017.

[2] E. S. Yates et al., "Characterization of the optical properties and stability of Presage™ following irradiation with photons and carbon ions," *Acta Oncol. (Madr.)*, vol. 50, no. 6, pp. 829–834, 2011.

Možnosti provedení radiační ochrany personálu při použití operačního C-ramene na endoskopickém urologickém sálu

Autor: Tomáš Steinberger¹

¹ KNM FNKV

Cíl: Na Urologické klinice Fakultní nemocnice Královské Vinohrady bylo obměněno přístrojového vybavení endoskopického sálu. Původní přístroj Uroskop Access fy Siemens byl nahrazen přístrojem typu sálové RTG, tj. C-rameno fy Ziehm, model Vision RFD (dále jen C-rameno). Cílem práce bylo navrhnout a zhodnotit možnosti zajištění a zvýšení radiační ochrany personálu na operačním sále.

Metody: Nejdříve byly detailně zjištěny potřeby a nároky z hlediska provádění rutinní operační praxe. Dále byly analyzovány pracovní pozice v průběhu výkonu a použití RTG. Na základě těchto údajů byl sestaven seznam kritérií, které by měla použitá opatření k zvýšení radiační ochrany splňovat.

Dále byl proveden průzkum trhu a následně byla vyhodnocena nalezená řešení, jak sériově vyráběná, tak z i vlastních návrhů.

Výsledky: Na základě firemních řešení nebylo nalezeno ideální provedení stínění pro urologický operační stůl. Proto bylo navrženo provedení vlastní konstrukce. Ostatní ochranné pomůcky, osobní, závěsné atd., sériového provedení bylo možné prohlásit za vyhovující.

Závěr: Na základě celkového zhodnocení možností a důsledného kritického zhodnocení následného využití v reálné praxi bylo shledáno jako klíčové pro radiační ochranu pracovníků, tj. s největší efektivitou vs. vynaložené prostředky (časové, lidské a finanční), především správné provedení expozice, vybavení osobními ochrannými pomůckami a optimalizace pracovních míst u operačního stolu.

3D zobrazovanie pomocou CBCT (cone - beam počítačová tomografia), v stomatológii

Autor: Anita Zubáková¹

Spoluautori: Martina Horváthová; Denisa Nikodemova ; Igor Gomola

Výsledkom vývoja v poslednom období sú tzv. cone - beam CT zariadenia (CBCT). Hlavným princípom je vytvorenie 3D obrazu s využitím kuželového zväzku žiarenia. Význam CBCT spočíva vo vysokej presnosti v porovnaní s ostatnými zobrazovacími metódami. Hlavnou diskutovanou otázkou využívania CBCT je však vzťah medzi prínosom a potenciálnym rizikom pri každodennom používaní v oblasti stomatológie na pacienta a obsluhujúci personál. Údaje o počtoch stomatologických vyšetrení s využitím CBCT nám boli sprístupnené prostredníctvom zdravotných poisťovní za obdobie 2015 - 2021 a od poskytovateľov zdravotnej starostlivosti v oblasti zubného lekárstva v období od 2019 - 2021. Počty z CBCT prístrojov získal Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky prostredníctvom žiadosti, nakoľko v kódovom systéme zdravotných poisťovní nie je zavedený kód na vykazovanie daného výkonu a výkon si pacient hradí sám. Na území Slovenskej republiky je v súčasnosti 90 pracoviísk, ktoré majú registrované CBCT stomatologické prístroje. Počet výkonov prostredníctvom CBCT prístroja v poslednej dobe narastá a s tým je spojená aj väčšia radiačná záťaž pre pacienta.

Sekcia „Metrológia, meranie a prístrojová technika”

Quality assurance of Rn-222 measurements with a walk-in type calibration chamber

Autor: Trilochana Shetty¹

¹ *Czech Technical University in Prague, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Department of Dosimetry and Application of Ionizing Radiation*

A diverse variety of Rn-222 measurement instrumentation available today poses a substantial challenge for the quality assurance (QA) of the measurements provided. QA is crucial for realistic and efficient preventive measures of Rn-222 exposure in buildings, workers' protection, and for the potential legal impacts that measurements may have in regulatory non-compliance situations. Setting up standard protocols and maintaining mutual conformity between various detectors and instruments used by different laboratories and researchers need state-of-the-art calibration facilities. Calibration chamber designed to simultaneously accommodate a large number of detectors of different types and perform experiments like Rn-222 spiking, sensitivity analysis, and response evaluations are desirable. In Europe, metrological infrastructure for QA of measurements is always essentially maintained. This serves to continuously test, approve, verify and calibrate the instrumentation used in any type of Rn-222 study. Metrological traceability of Rn-222 concentration measurements requires calibration or periodic check of the detectors used with respect to its measurement standard. This should be performed using calibration system equipped with an accurate reference measuring instrument and carried out in a well-defined measurement condition. Calibration protocols followed must consider the range of environmental conditions (T, RH, 222Rn concentrations, air flow) in which measurements are routinely or anticipated to be performed. Special attention must be paid to detectors used in extreme meteorological conditions. Environmental conditions which may affect the outcome of the measurement should be monitored, and be retained as stable as necessary during the calibration procedures. A strategic and budgetary considerations to these calibration facilities is necessary in any National Radon Action Plans.

Detektor pro měření kosmického ionizujícího záření na palubách letadel založený naplastovém scintilátoru s tvarovým rozpoznáváním pulzů

Autori: Iva Ambrožová¹; Marek Sommer¹; Martin Kákona¹; Ondřej Ploc¹

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i

Měření kosmického ionizujícího záření v letových výškách je obvykle prováděno kvůli verifikaci algoritmů počítajících radiační dávku letového personálu a pro zkoumání vlivu vesmírného počasí na radiační pole v atmosféře. Směsná radiační pole v atmosféře jsou velice komplexní, časově i prostorově proměnná a obsahují různé druhy částic s velkým rozpětím energií. Proto je velice obtížné správně měřit radiační dávky na palubách letadel. Detektor, který bude na přednášce představen, se o to pokouší. Detektor je založený na plastovém scintilátoru, který podporuje tvarové rozpoznávání pulzů, tudíž lze částečně odlišit částice na základě jejich lineárního přenosu energie. Tato schopnost je využívána především k rozpoznání rychlých neutronů, které mají v letových výškách největší příspěvek k radiační zátěži. Jejich příspěvek je přibližně 30 až 60 % celkové efektivní dávky - záleží zejména na výšce, zeměpisné šířce a slunečním cyklu. V přednášce budou prezentovány parametry detektoru, výsledky experimentů v různých svazcích ionizujícího záření a srovnání s výpočetním programem CARI-7, který je používán pro výpočet dávek letového personálu.

Detekce mionů pomocí stripových detektorů PH32 v CERF a na palubách letadel

Autori: Martina Lužová¹; Fabio Pozzi²; Mária Marčišovská³; Michal Marčišovský³; Pavel Brož⁴; Petr Suchánek⁴; Ondřej Ploc¹

¹ÚJF AV ČR

²CERN, 1211 Geneva 23, Switzerland

³FJFI ČVUT v Praze

⁴evolving systems consulting Aerospace, Praha

Čtyřvrstvé teleskopické křemíkové stripové detektory založené na technologii PH32 chipů byly vyvinuty na FJFI ČVUT v Praze a vyrobeny společností esc Aerospace v Praze. Jsou schopné filtrovat částice tak, že je zaznamenána událost pouze v případě, kdy je nenulová odezva detektoru ve všech 4 vrstvách současně, tedy je vysoká pravděpodobnost, že vrstvami proletěla právě 1 částice, nejčastěji mion. Typ částice lze odhadnout podle množství energie, které v detektoru zanechá, tedy velikosti odezvy detektoru v dané vrstvě. Stripová struktura detektoru umožňuje určit také úhly jednotlivých částic.

Stripové detektory je možné díky malým rozměrům, nízké spotřebě, odnímatelným akumulátorům a vnitřní paměti dobře využít pro měření na palubách letadel. Zároveň lze tyto detektory napájet pouze z vnějšího zdroje a logovat data do paměti počítače a jsou tedy vhodné i pro dlouhodobé experimenty na hůře dostupných místech, například vysokohorských observatořích.

Tato práce se zabývá především měřeními mionů v poli CERF (The CERN-EU high-energy Reference Field facility) – jejich úhlové distribuci a porovnáním četnosti změřené různými stripovými detektory a ionizační komorou trvale umístěnou na místě měření v zařízení CERF. Dále budou uvedeny výsledky z měření úhlových distribucí a četností mionů na palubách letadel a jejich porovnání s modelem.

¹ SÚJCHBO Kamenná v.v.i.

Využití nových postupů pro sejmутí vzorků z hrubých povrchů

Autori: Josef Holeček¹; Michaela Kozlovská²; Petr Otáhal²

²SÚJCHBO v.v.i. Kamenná

Při odběru vzorku z hrubých povrchů, jakými jsou například asfalt, beton či velmi zkorodované železo, které mají velkou sorpční plochu, dochází k protržení otěrového materiálu, což má za následek nezdar otěru vzorku, a i možnou kontaminaci obsluhy. V rámci řešení výzkumného úkolu: „Výzkum moderních metod detekce a identifikace nebezpečných látek a materiálu, metod snížení jejich nebezpečnosti a dekontaminace; výzkum moderních prostředků ochrany osob a kritické infrastruktury“ řešeného za podpory ministerstva vnitra České republiky pod označením VF20112015013 bylo zjištěno, že nanášením snímatelných laků lze i hrubé povrchy úspěšně dekontaminovat. Proto v rámci řešení současného výzkumného úkolu: “Systém zpracování a vyhodnocování vzorků z terénních měření“ bylo provedeno testování možnosti využití těchto laků k provedení otěrů hrubých a drsných povrchů jakými jsou beton, asfalt či již zmiňované železo. Bohužel tento postup ukázal jistá omezení, např. nutnost správného odhadu množství nanášeného laku na vytvoření dostatečně silné vrstvy, dlouhá doba zasychání laků a především nutnost navštívit kontaminovanou oblast opakovaně. Proto byla pozornost obrácena na lepicí pásy. V rámci tohoto přístupu byly testovány tři typy lepicích pásek: běžná malířská páska papírová, textilní lepicí páska a standardní lepicí páska. Hlavní výhodou použití lepicích pásek je především kratší doba pobytu obsluhy v kontaminované oblasti při snímání vzorků. V rámci stávajícího úkolu bylo provedeno srovnání vhodnosti využití lepicích pásek, snímatelných nátěrů a klasických otěrových materiálů k otěru kontaminovaných hrubých ploch.

Porovnaní metrologických charakterístík vybraných typov meradiel dávkového ekvivalentu

Autori: Alojz Slaninka¹; Jana Vajdová¹

¹ VUJE a.s.

Príspevok obsahuje porovnanie správnošti (tesnosť zhody medzi výsledkom merania a skutočnou hodnotou meranej veličiny – accuracy) merania vybraných typov meradiel príkonu dávkového ekvivalentu žiarenia gama. Porovnávané boli meradlá používané na Oddelení osobnej dozimetrie a dozimetrie ŽP, VUJE, a.s. pre monitorovanie pracovného prostredia a zdrojov ionizujúceho žiarenia v kontrolovaných pásmach a pre monitorovanie osobných dávok pracovníkov.

Uvedené sú základné metrologické charakterístiky meradiel podľa údajov výrobcov (merací a energetický rozsah, citlivosť merania, typ detektora atď.). Správnošť výsledkov meraní jednotlivých meradiel bola hodnotená na základe výsledkov certifikovaných kalibračných meraní vykonaných v období 2014 až 2022. Pri kalibrácii bol použitý monoenergetický zväzok Cs-137 (662 keV), preto pri reálnych meraniach so zvýšeným podielom rozptýleného žiarenia nemusia byť dosiahnuté rovnaké výsledky ako pri kalibrácii. Výsledky kalibračných meraní sú uvedené graficky s uvedením relatívnej odchýlky od referenčnej hodnoty (chyby merania) a jej rozšírenej neistoty. Prevažná časť kalibračných meraní bola vykonaná Slovenským metrologickým ústavom, ostatné VF, s.r.o. (MGD02), GIHMM (RS-03X, RS-04X) a kalibračným laboratóriom SE, a.s. v Mochovciach. Kalibrácie boli vykonávané v rozsahu 0.1 $\mu\text{Sv/h}$ až 1 Sv/h.

Porovnávaných bolo 22 kusov a 10 typov ručných prenosných a pevne inštalovaných meradiel, kalibrovaných na príkon priestorového dávkového ekvivalentu. Ďalej bolo porovnávaných 10 ks 2 typov elektronických osobných dozimetrov, kalibrovaných na osobný dávkový ekvivalent.

Uvedené hodnotenie môže byť prínosné pre výber vhodného typu meradla v závislosti od jeho určenia a účelu budúceho používania.

Možnosti kontinuálního stanovení aktivity beta ve vodách pomocí pevných scintilátorů

Autori: Ondřej Pařízek¹; Michal Fejgl¹; Alena Kelnarová¹

¹Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.

V současné době je monitorování radionuklidů ve složkách hydrosféry v ČR realizována bodovým odběrem vzorků a jejich následnou analýzou v ex situ. Časové pokrytí monitorování je velmi malé a proto je snaha o vývoj inovativních systémů umožňujících kontinuální monitorování aktivity jednotlivých radionuklidů ve vodách v in situ. Konkrétní požadavky na tyto systémy vycházejí z legislativy platné v ČR ve vztahu k monitorování vod. Ty jsou obsaženy ve vyhlášce č. 360/2016 Sb., Národním programu monitorování a nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Na základě legislativních požadavků byla vytvořena koncepce kontinuálního měření aktivity beta pomocí pevných scintilátorů. Pomocí simulace Monte Carlo byla určena optimální geometrie za účelem zjištění požadované citlivosti detektoru. Simulace byly prováděny se ⁹⁰Sr, které má relativně vysokou hodnotu E_{\max} (přibližně 500 keV). Optimálním tvarem plastického scintilátoru je lamela o rozměrech 30 x 30 x 3 mm. Dalším výstupem ze simulace byla teoretická maximální účinnost detekce. Při konstrukci 90-lamelové komory teoretické hodnoty NVA (Bq/l) pro ⁹⁰Sr při vzdálenosti mezi lamelami 0,8; 1,5 a 2,5 mm a času měření vzorku 10 min nabývala hodnota NVA 0,6; 0,4 a 0,3 Bq/l. Model potvrdil, že teoreticky lze dosáhnout detekčních citlivostí pro zamýšlené použití. Podobné simulace byly provedeny pro další radionuklidy, konkrétně pro ¹⁴C (E_{\max} 156 keV) a ³H (E_{\max} 18,6 keV). Výsledky simulací byly experimentálně ověřeny, pokud jde o měření aktivity ⁹⁰Sr a ¹⁴C, jsou výsledky slibné. V případě ³H bude detekce velice obtížná vzhledem k nízké E_{\max} a krátké vzdálenosti doletu beta částice ve vodě. Při štěrbině 0,01 mm je účinnost měření ³H pouze do 1 %. Dále byl sestaven jednoduchý experimentální modul s cílem verifikovat výsledky simulací reálným měřením v laboratorních podmínkách. Experimentální modul je sestaven z YaP(Ce) lamely o mocnosti 3 mm spárované s SiPM diodou. Zajištění homogenní mocnosti štěrbiny kolem lamely bylo zajištěno pomocí plastové obálky. Bylo ověřeno, že stanovení aktivity beta pomocí průtočného kontinuálního systému je ve vodách teoreticky možné pro $E_{\max}=50$ keV a vyšší. V konferenčním příspěvku budou prezentovány výsledky simulací i výsledky měření pomocí experimentálního modulu pro zájmové radionuklidy.

Řešení výzkumu bylo podpořeno v rámci projektu TAČR TK02010064.

Radioaktivní rovnováha ve vzorcích strusek a popílků

Autor: Lenka Dragounová¹

¹ SÚRO, v.v.i.

Příspěvek prezentuje výsledky analýzy přírodních radionuklidů ve vzorcích popílků a strusek za účelem ověření předpokladu neporušené radioaktivní rovnováhy u těchto typů vzorků. Produkty spalování uhlí (popílek, struska a škvára) se pro účely měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech považují za materiály s neporušenou radioaktivní rovnováhou a hodnotí se na základě stanovení hmotnostních aktivit radionuklidů K-40, Ra-226 a Th-228 a výpočtu indexu hmotnostní aktivity - Doporučení SÚJB DR-RO-5.2 (Rev. 0.0), 2016. Ve spektrometrických laboratořích SÚRO, v.v.i. bylo v období 2019 - 2022 analyzováno téměř sto vzorků popílků a strusek pro účely uvolňování z NORM pracovišť. U těchto vzorků byla provedena podrobnější gamaspektrometrická analýza v hermetizovaných měřicích nádobách. Díky podstatně delším dobám měření, než je tomu u standardního měření stavebních materiálů, jsou měření zatížena menší nejistotou a bylo dosaženo takové citlivosti detekce, která dovoľovala získat podrobnější informace o obsahu přírodních radionuklidů ve vzorku. Na základě těchto měření bylo možné zhodnotit možnou narušenost radioaktivní rovnováhy v přírodních řadách nebo efektivnost provedené hermetizace vzorků.

Statistické zpracování výsledků potvrdilo, že předpoklad neporušené radioaktivní rovnováhy v obou řadách lze v praxi považovat za odůvodněný. Dále výsledky prokázaly, že podhodnocení aktivity Ra226 v důsledku nedokonalé hermetizace je ve spektrometrických laboratořích SÚRO do 5 %.

Radionuklidy ve vodě primárního okruhu výzkumného reaktoru LVR-15

Autori: Ladislav Viererbl¹; Vít Klupák¹; Hana Assmann Vratislavská¹

¹Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Hlavním důvodem pro měření aktivity vody primárního okruhu jaderných reaktorů je včasná detekce porušení palivového článku v aktivní zóně reaktoru. Toto měření také poskytuje informaci o radiačních podmínkách poblíž primárního okruhu a o kontaminaci radionuklidy předmětů, které byly v kontaktu s vodou primárního okruhu. Významné zvýšení objemové aktivity vody vede ke zhoršení podmínek radiační ochrany především pro pracovníky údržby areálu reaktoru, v případě výzkumného reaktoru pak také pro pracovníky připravující experimenty poblíž primárního okruhu. Také na výzkumném reaktoru LVR-15 probíhá pravidelné měření vody primárního okruhu od roku

1996. Reaktor má nominální tepelný výkon 10 MW a je v provozu v průměru 200 dní v roce, proto objemová aktivita vody není zanedbatelná. Aktivita vody se stanovuje minimálně jednou týdně. Vzorek se odebírá do 0,5 litrové PET lahve a objemové aktivity se měří na gama spektrometru s detektorem HPGe.

Štěpné produkty ve vodě vznikají při štěpení především nuklidu ²³⁵U, aktivační produkty souvisí s dalšími nečistotami ve vodě. Významnější měřené štěpné produkty jsou ⁹⁵Nb, ¹³¹I, ¹³⁷Cs a ¹⁴⁰La, z aktivačních produktů lze jmenovat ²⁴Na, ⁵¹Cr, ⁶⁰Co a ¹²⁴Sb. V posledních letech dochází ke snížení objemových aktivit štěpných produktů, což pravděpodobně souvisí se sníženou kontaminací palivových souborů uranem. U některých aktivačních produktů dochází naopak ke zvýšení objemových aktivit, zřejmě v souvislosti s uvolňováním některých prvků ze zařízení používaných k experimentům v aktivní zóně reaktoru. V příspěvku jsou uvedeny časové průběhy objemových aktivit vybraných radionuklidů pro celé měřené období.

Zpřesnění Monte Carlo výpočtu beta spekter na základě podrobné charakterizace vzorků rentgenovou fluorescenční analýzou

Autor: Pavel Novotný

Široce využívaným způsobem přípravy vzorků analyzovaných pomocí spektrometrie záření beta je odpařovací metoda, která spočívá v depozici kapky radioaktivního roztoku na podložku. Následným odpařením rozpouštědla vznikne tenká vrstva tvořící samotný zdroj ionizujícího záření. Ve srovnání s alternativními technologickými postupy, jako je elektrolytická depozice, katodové rozprašování nebo vakuové napařování, je předností odpařovací metody její jednoduchost, nenáročnost na vybavení a univerzálnost. Díky tomu ji lze úspěšně aplikovat pro přípravu vzorků téměř libovolného radionuklidu. Naopak její nevýhodou je problematické zajištění opakovatelnosti měření. Vytvořená radioaktivní vrstva není homogenní a její tloušťka je proměnlivá, což se projevuje výraznými rozdíly v samoabsorpci nízkenergetického záření beta. To může být problémem v aplikacích vycházejících z analýzy tvaru spektra. Příkladem měření, jehož výsledky jsou ovlivňovány kvalitou studovaných vzorků, je stanovení radionuklidových nečistot ve směsích tvořených čistými zdroji záření beta. Vyhodnocení je založené na porovnání naměřených beta spekter s odezvami detektoru odpovídajícími jednotlivým radionuklidům, které jsou získány Monte Carlo výpočtem. Spektra vzorků stejného složení se však z důvodu nehomogenit vzniklých při krystalizaci mohou vzájemně odlišovat, což znesnadňuje použití uvedené metody pro analýzu směsí radionuklidů emitujících záření beta nižších energií (cca do 500 keV). Eliminaci efektu rozdílné míry samoabsorpce, nebo alespoň jeho potlačení, skýtá v první řadě použití odlišného výrobního postupu. Pro případy, kdy z různých důvodů není jiná technologie k dispozici, nabízí se jako řešení zpřesnění popisu zdrojového členu v Monte Carlo modelu tak, aby geometrie aktivní vrstvy i v detailech co nejvěrněji odpovídala skutečnosti. Náplní tohoto příspěvku je demonstrace detailní charakterizace radioaktivních vzorků pomocí rentgenové fluorescenční analýzy v režimu skenování s vysokým prostorovým rozlišením. Dále je prezentováno použití získaných výsledků pro zpřesnění výpočtu beta spekter v kódu MCNPX.

Testování vlivu prostředí na přenosné polovodičové a scintilační detektory

Autor: Irena Češpírová¹

Spoluautori: Lubomír Gryc¹; Martina Nováková¹; Marcel Ohera¹

¹SÚRO

Mobilní skupina SÚRO využívá k měření v terénu různé typy scintilačních i polovodičových detektorů. Je důležité znát přesně podmínky, za kterých je možné jednotlivé detektory použít i v extrémních podmínkách – např. v podzemních prostorách. Každý detektor má deklarované vlastnosti od výrobce, což však ne vždy odpovídá realitě.

Poster porovnává výsledky měření polovodičových a scintilačních (NaI(Tl), CeBr, LaBr) detektorů v kobce celotělového počítače SÚRO, podzemních pracovištích – štola Josef (<https://ceg.fsv.cvut.cz/>), podzemní laboratoř v Modane (<http://www.lsm.in2p3.fr/>) a v běžném terénu. Diskuse shrnuje možnosti a výhody/nevýhody použití konkrétních detektorů pro vybrané nestandardní podmínky.

Metoda stanovení aktivity ^{90}Sr s inovativním přístupem využívajícím detektor Timepix a podzemní laboratoř

Autori: Jan Kujan¹; Michal Fejgl¹

¹ SÚRO

Příspěvek popisuje metodu stanovení aktivity ^{90}Sr ve vzorcích vod, která byla vyvinuta v rámci projektu IMDUKR (BV MVČR). Projekt byl zaměřen na stanovení zranitelnosti podzemních zdrojů pitné vody v České republice radioaktivní kontaminací. Pro tento účel bylo potřeba vyvinout analytické postupy schopné stanovit aktivitu některých radionuklidů s řádově vyšší citlivostí, než jakou disponují běžně používané metody. Jedním z těchto radionuklidů je právě ^{90}Sr . Nejcitlivější dostupná metoda jeho stanovení je tzv. šťavelanová metoda využívající komplikovaný chemický postup ke koncentraci a přečištění stroncia, následného nárůstu dceřiného ^{90}Y do radioaktivní rovnováhy a po jeho separaci měření aktivity ^{90}Y pomocí plynového proporcionálního počítače. Nově vyvinutý postup je zdánlivou modifikací šťavelanové metody, přitom využívá tři nezávislých přístupů umožňujících zvýšení její citlivosti. Jsou to navýšení objemu analyzovaného vzorku, jehož standardní hodnota je upravena na 30 L, měření aktivity ^{90}Sr simultánním měřením aktivity ^{90}Sr a dceřiného ^{90}Y v radioaktivní rovnováze a prodloužením doby měření. Uplatnění těchto tří meliorativních úprav bylo umožněno díky principiálním přepracováním chemického postupu přípravy vzorků, která využívá především separaci na měničích kationtů a extrakční činidlo Sr-resin.

Nakonec byla podstata metody fundamentálně modifikována změnou techniky detekce elektronů emitovaných při přeměně ^{90}Sr a ^{90}Y , pro tento účel by s úspěchem použit detektor Timepix. Při jeho zapojení bylo podstatné vypořádat se s pozadřovou úrovní nápočtu pulzů. Při měření v laboratoři bez dodatečného stínění tato technika nevykazovala pro daný účel slibné výsledky, zlepšení nastalo poté, co v SÚRO byla vybudována měřicí kobka pro Timepix detektor z nízkoaktivního olova, pozadřový nápočet pulzů klesl přibližně pětinasobně. Další podstatný pokles nastal při měření pozadí v podzemní laboratoři Modane, kde bylo v lehkém mobilním stínění dosaženo více než dvacetinasobného poklesu pozadí oproti nestíněné laboratoři SÚRO.

Nově vyvinutá metodika umožňuje přistanovení aktivity ^{90}Sr ve vzorcích vody dosahovat při měření v SÚRO kobce NVA $\sim 1,0\text{E}-4$ Bq/L a při měření v Modane $\sim 5,0\text{E}-5$ Bq/L.

Na základě vyvinuté metody byla sepsána metodika, ta byla předložena ke schválení SÚJB.

Práce byla podpořena bezpečnostním výzkumem Ministerstva vnitra ČR, projekt č. VI20192022142. Poděkování náleží Peteru Rubovičovi (ELI Beamlines) za pomoc při práci s detektorem Timepix.

Hodnotenie výsledkov skúšok spôsobilosti – získané skúsenosti a ponaučenia

Autor: Jakub Dolniak¹

Spoluautor: Martin Lištjak¹

¹ VUJE, a.s.

Skúšobné laboratórium dozimetrie žiarenia VUJE S-219, tak ako aj iné akreditované laboratória, sa pravidelne zúčastňuje medzilaboratórnych porovnávacích skúšok a skúšok spôsobilosti. Cieľom takýchto skúšok je potvrdiť platnosť výsledkov vykonávaných meraní, identifikovať a odstrániť prípadné nedostatky, v súlade s požiadavkami normy ISO/IES 17025, bod 7.7.1. V rámci skúšok spôsobilosti je sledovaných viacero štatistických parametrov pre jednotlivé stanovované rádionuklidy, napr. odchýlka od referenčnej hodnoty, zeta skóre a z-skóre. Jednotlivé parametre hovoria o úspešnosti výsledkov porovnávacích skúšok z hľadiska správnosti a neistoty merania. Za neúspešný výsledok sa považuje ten, ak niektorý zo sledovaných štatistických ukazovateľov (z a zeta skóre) je mimo stanovený rozsah $<-2; 2>$. V prípade neúspešného výsledku je potrebné vykonať analýzu príčiny a následne prijať príslušné nápravné a preventívne opatrenia, ktoré by mali minimalizovať opakovanie podobnej situácie v budúcnosti. V minulosti sa vyskytli prípady, kedy laboratórium neuspelo na skúškach spôsobilosti z hľadiska z-skóre a odchýlok od referenčnej hodnoty alebo prípady, kedy odchýlka od referenčnej hodnoty bola v rámci stanoveného intervalu hodnôt, avšak zeta skóre bolo mimo intervalu. Inými slovami, stanovená aktivita je v rozsahu deklarovanom organizátorom skúšok spôsobilosti, avšak jej neistota je na relatívne nízkej úrovni. Takéto výsledky sa vo všeobecnosti považujú za akceptované, ale otázne. Účasť na skúškach spôsobilosti je jednou z nutných podmienok udelenia akreditácie. Okrem referenčnej vzorky laboratórium takýmto spôsobom získava spätnú väzbu, ktorá nám pomáha zlepšiť a udržiavať systém kvality nášho laboratória. Príspevok referuje o skúsenostiach z doteraz absolvovaných skúškach spôsobilosti či medzilaboratórnych porovnávacích skúškach.

Reverzní metoda Monte Carlo s využitím výpočetního kódu MCNP

Autor: Tomáš Trojek¹

¹ *FJFI, ČVUT v Praze*

Metoda Monte Carlo je často využívaným nástrojem pro modelování transportu ionizujícího záření v látce. Při tomto procesu jsou simulovány jednotlivé částice na základě známých účinných průřezů interakcí. Vstupními údaji pro výpočet jsou popis zdroje záření, geometrické uspořádání experimentu a složení použitých materiálů. Výstupem výpočtu pak mohou být charakteristiky pole záření v požadovaném místě nebo odezva detektoru.

V případě reverzní metody je tomu však naopak. Z výsledků měření, např. odezvy detektoru, je možné určit podmínky experimentu. Základem tohoto postupu je iterační proces, v rámci kterého jsou prováděny klasické Monte Carlo simulace, přičemž pro každý výpočet jsou vstupní údaje postupně upravovány tak, aby bylo dosaženo co nejlepší shody Monte Carlo výpočtu s výsledkem experimentu.

Reverzní metoda Monte Carlo s využitím programu MCNP byla demonstrována na jednoduchém příkladu, kdy svazek záření z miniaturní rentgenky dopadal na neznámý materiál, ve kterém se záření rozptylovalo nebo absorbovalo za následné produkce charakteristického záření. Toto záření bylo detekováno spektrometrickým polovodičovým detektorem SDD (Silicon Drift Detector). Ze získaného spektra rentgenového záření bylo možné po několika výpočetních iteracích určit základní strukturu a složení použitého materiálu.

Optovláknový gama detektor pro vysoké dávkové příkony

Autori: Jiří Čulen¹; Aleš Jančář¹; Břetislav Mikel²; Michal Jelínek²; Jitka Tesařová¹; Zdeněk Matěj³; Filip Mravec¹

¹*VF, a.s.*

²*ISI Brno*

³*FI MU Brno*

V tomto příspěvku se zabýváme vývojem detektorem pro měření vysokých dávkových příkonů.

Tento unikátní měřicí systém využívá optické vlákno pro přenos signálů z detektoru do vyhodnocovací jednotky. Systém umožňuje měření vysokého dávkového příkonu až do 100 Gy/h s přenosem signálu až na vzdálenost 30 m.

Experimental study of etching condition effects and alpha radiation on TASTRACK PADC detectors

Autori: Vendula Filová¹; Branislav Vrban¹; Štefan Čerba¹; Jakub Luley¹; Vladimír Nečas¹

¹Slovak University of Technology in Bratislava

Compact passive Solid State Nuclear Track Detectors (SSNTD) are suitable for use in fast neutron and ion dosimetry. The TASLImage system used at the Slovak University of Technology in Bratislava utilizes TASTRACK plastic SSNTDs made of poly-allyl diglycol carbonate (PADC). The dose measured by these detectors is estimated from the number of tracks from incident particles, that are visible under the microscope after etching. Two parameters describe the process of etching: the track etch rate, which indicates the velocity of etching along the path of the particle and the bulk etch rate, describing the velocity of etching of the whole surface of the SSNTD. The bulk etch rate is dependent on etching conditions, such as the etching medium, its molarity, duration, and temperature of the etch bath. The change in the bulk etch rate with the change in etching temperature and time (using the 6.25 M NaOH solution) is demonstrated to quantify the effect of not ideal etching on resulting dosimetry quantities. The etching of detectors from two different batches is used to explore the effect of aging. In addition, the relationship between the bulk etch rate and diameters of alpha tracks (delivered by ²⁴¹Am) is determined. The acquired findings help to estimate the changes in the etching process from a comparison of tracks caused by alpha radiation. Bulk etch rates are determined from the measurement of the weight of detectors before and after etching.

New red/IR emitting scintillators and their characterization by amplitude spectrometry

Autori: Petr Průša¹; Monika Kotyková¹; Qian Wang²; Quan Zhou; Martin Nikl³; Jiawen Xiao⁴; Romana Kučerková³; Alena Bietlerová³; Pavel Boháček³; Vladimír Babin³; Vladimír Linhart¹; Jingkang Wang²; Xuemin Wen²; Guangda Niu⁵; Jiang Tang⁵; Guohao Ren²; Yuntao Wu²

¹FJFI ČVUT v Praze

²Shanghai Institute of Ceramics, Chinese Academy of Sciences

³Fyzikální ústav AVČR, v.v.i.

⁴Institute of Microstructure and Property of Advanced Materials, Beijing Key Lab of Microstructure and Property of Advanced Materials, Faculty of Materials and Manufacturing, Beijing University of Technology

⁵Wuhan National Laboratory for Optoelectronics and School of Optical and Electronic Information, Huazhong University of Science and Technology

In recent years, the development of new semiconductor photodetectors, e.g., avalanche photodiodes (APD), silicon photomultipliers (SiPM), and TFT (thin-film transistor), lead to an increased interest in red and infrared emitting scintillators. These photodetectors allow the construction of more compact and robust scintillation detection units, are compatible with magnetic fields, and exhibit generally higher quantum efficiency than photomultipliers. Moreover, red/IR emitting scintillators of smaller band-gap are theoretically able to outperform more common UV/blue emitting scintillators in terms of light yield and energy resolution. Czech Technical University has built a new APD-based amplitude spectrometry setup for red/IR emitting scintillator characterization. The performance of the setup was tested using high quality GGAG:Ce,Mg ($Gd_3Ga_2Al_3O_{12}:Ce,Mg$) crystal. Measurements of light yield, energy resolution, proportionality, timing characteristics were carried out. Independently, the light yield of the GGAG:Ce,Mg sample was determined by HPMT-based setup for verification purposes. Also, setup performance dependence on bias voltage was studied. Two sets of samples with different dopant concentration were characterized by an amplitude spectrometry setup based on APD: $Cs_3Cu_2I_5:In$ and $CsEuBr:Sm$. Light yield and energy resolution were determined. The best sample $Cs_3Cu_2I_5:In(0.2\%)$ exhibited light yield 43 600 photons/MeV and 5.0 % FWHM under ^{137}Cs irradiation. The response of a black scintillator $Cs_4EuBr_6:Sm$ samples is much less promising: light yield 5740 ph/MeV at best and FWHM is above 20 %. With light yield 43 600 ph/MeV and good optical quality of $Cs_3Cu_2I_5:In(0.2\%)$ single crystal, good performance in intended application, i.e. x-ray imaging, was expected. Indeed, $Cs_3Cu_2I_5$ -based imaging system exhibit resolution 16 lp/mm.

Analýza, zpracování a interpretace dat z letecké spektrometrie gama s využitím BLP

Autor: Jaroslav Klusoň¹

¹KDAIZ FJFI ČVUT v Praze

Bezpilotní letecké prostředky (BLP, drony) nabízí v poslední době čím dál širší uplatnění v řadě oblastí. Jednou z nich je radiační monitorování pro havarijní účely, případy teroristických akcí, geologický průzkum, monitorování životního prostředí a ekologických zátěží, vyhledávání opuštěných zdrojů, apod. Využití malých dronů má své specifické požadavky, dané omezenou nosností a tedy rozměry/hmotností, resp. účinností nesených detekčních systémů. S gama spektrometrickým monitorováním jsou spojeny i některé protichudné požadavky na dobrou statistiku spekter v širokém energetickém intervalu do 3 MeV na straně jedné a požadavku na pokrytí co největší monitorované plochy s dostatečným prostorovým rozlišením, tj. požadavku na krátkou dobu jednoho skenu (typicky doba akvizice spektra 1 s), resp. rychlosti letu.

Pro potřeby analýzy, zpracování a interpretace experimentálních gama spektrometrických dat pro různé účely monitorování byla provedena řada modelových výpočtů odezvy spektrometru. Pro stanovení koncentrací K, U, Th a kontaminace ¹³⁷Cs byly vypočteny odezvy pro seminekonečný zdroj a výšky letu do 10 m nad terénem. Pro stanovení příkonu kermy ve vzduchu v místě měření byly vypočteny matice odezvy detekčního systému. Pro úlohu vyhledávání bodového zdroje byly vypočteny pro vybrané radionuklidy a výšky letu nad zdrojem kalibrační faktory pro odhad aktivity zdroje. Modelovány byly i korekce výškové závislosti a závislost prostorového rozlišení na výšce letu pro terestriální složku a povrchovou kontaminaci vybranými radionuklidy. Modelové výpočty byly provedeny pro spektrometr Georadis D230A s dvojicí detektorů 2"x2" NaI(Tl) s využitím kódu

MCNP6.2. V příspěvku jsou diskutovány uvedené výsledky a jejich aplikace při zpracování experimentálních spektrometrických dat.

Výpočetní 3D a 4D gama tomografie radioaktivních vzorků

Autor: David Zoul¹

Spoluautor: Pavel Zháňal¹

¹Centrum Výzkumu Řež

V květnu 2021 proběhl v Centru výzkumu Řež upgrade výpočetního gama tomografického zařízení SPE-CT, motivovaný myšlenkou posunout se od běžného 3D skenování k možnosti 4D skenování. V témže měsíci bylo celé zařízení důkladně odzkoušeno a výsledky předčily naše očekávání.

Úprava umožnila kupř. 4D skenování celé difusní cely se vzorkem porézní hornny s cílem časosběrného záznamu pronikání radioaktivního stopovače vzorkem. Rozšíření statického 3D zobrazení o časosběrný záznam difuse stopovače vzorkem může poskytnout informaci např. o kinematice migračních procesů podzemních vod v geologickém podloží lokalit vytipovaných pro vybudování budoucího trvalého úložiště radioaktivních odpadů.

Jedním z vytyčených cílů je posouzení možností budoucího využití zařízení SPE-CT např. pro TAČR projekt ALMARA, v rámci něhož budou malé korozní kupónky aktivovaných kovů zalaty do fixační cementové matrice přičemž bude studován vznik korozních produktů na kontaktu těchto materiálů a také migrace jednotlivých radioizotopů v matrici.

První série analýz vzorků/těles proběhne ve druhé polovině roku 2022. První vzorky v rámci tohoto projektu by se měly začít skenovat již v říjnu 2022. Do té doby budeme mít experimentálně ověřenu schopnost SPE-CT skeneru spolehlivě uskutečnit časosběrné (4D) skeny a na základě těchto skenů věrně rekonstruovat časové změny distribuce radioaktivity ve vzorku.

Podpora občanských měření radiace-gamaspektrometrie s kapesním spektrometrem RadiaCode-101

Autori: Jan Helebrant¹; Lubomír Gryc¹ ¹ Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.

¹Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.

Technologický pokrok poslední doby zpřístupnil různou detekční a vyhodnocovací techniku dříve vyhrazenou pouze profesionálům i v cenově akceptovatelné podobě pro různé nadšence z řad veřejnosti. Díky technologiím jako například křemíkové fotonásobiče (SiPM) a dostupnosti malých scintilačních krystalů z různých materiálů se během posledních let začaly na trhu objevovat malé cenově dostupné gamaspektrometrické detektory.

V rámci projektu institucionální podpory poskytované Ministerstvem vnitra ČR probíhá testování dvou kapesních spektrometrů RadiaCode-101 na bázi detektoru CsI(Tl).

Přístroj bude využíván pro "amatérskou" gamaspektrometrii v rámci spolupráce s veřejností, uvažováno je také jeho využití pro případná rychlá orientační měření pro potřeby hodnocení radiační situace.

Testována je použitelnost přístroje pro rozlišení jak běžných přírodních, tak i umělých radionuklidů s využitím kalibračních zdrojů dostupných v SÚRO za běžných podmínek.

Data jsou průběžně vyhodnocována a vybraná spektrometrická měření spolu s patřičným množstvím informací jsou zpřístupněna odborné i laické veřejnosti pro potřeby vzdělávacích aktivit v rámci podpory občanských měření radiace.

Projekt evropské metrologické sítě pro lékařské využití ionizujícího záření

Autori: Jana Šmoldasová¹; Jaroslav Šolc¹

¹*Český metrologický institut*

Příspěvek seznamuje s evropským výzkumným projektem „Support for a European Metrology Network on the medical use of ionising radiation“ (19NET04 MIRA), jehož cílem je příprava evropské metrologické sítě (European Metrology Network, EMN) zaměřené na aplikaci ionizujícího záření v medicíně. Cílem sítě je vytvořit společný bod a zajistit koordinaci na evropské úrovni pro lékaře, metrology, výrobce lékařského vybavení, akademické odborníky, standardizační orgány a další experty. Síť bude pokrývat celý radioterapeutický proces od vzniku léčebných protokolů přes radiobiologické studie a jejich realizaci, radiodiagnostické postupy, samotnou léčbu, následnou léčbu, a nakonec hodnocení rizika vzniku indukovaného karcinomu. Úkolem sítě také bude usnadnit zajištění udržitelné odborné úrovně znalostí v Evropě například pořádáním školení pro mladé výzkumníky a pracovníky s cílem zvýšit jejich kvalifikaci a podporovat bezpečné využívání ionizujícího záření. Projekt probíhá za účasti 10 předních evropských metrologických institutů do roku 2024. Síť bude uvedena do ostrého provozu před ukončením projektu.

Determination of the Minimum Detectable Activity for Scanning Measurement During Characterization and Final Status Survey

Autor: Dávid Bednár¹

Spoluautori: Martin Lištjak¹; Alojz Slaninka¹; Vladimír Nečas²

¹VUJE, a.s.

²Slovak University of Technology in Bratislava

Characterization and final status survey are crucial parts during any phase of nuclear powerplant life cycle, especially in the decommissioning process. Nowadays, many procedures with different measurement instruments are used and well known. Scanning measurements are becoming more and more popular due to their effectiveness and need in decommissioning projects around the world. The paper presents a step-by-step procedure to determination of the scan minimum detectable activity for selected geometry arrangement during scanning measurements of soil around A1 and V1 nuclear powerplants in Slovakia. The paper details the uncertainty analysis for major parameters such as efficiency, soil density, soil composition, detector model accuracy, etc., and deals with the determination of the scan minimum detectable activity. The selected measuring device is a 2x2 inch scintillation detector 10 cm above the surface of the soil. The measurement efficiency for scanning was determined based on the detector model in MCNP6. To design the methodology for the scanning measurement of the soil, it was necessary to perform the following procedures - creation of a 2x2 NaI(Tl) detector model and its verification, determination of the radionuclide vector of the soil in the vicinity of the A1 and V1 nuclear power plants in Slovakia, reconstruction of the soil background spectrum, determination of the contribution to the background spectrum from cosmic radiation, uncertainty analysis, and finally determination of the scan minimum detectable activity for the selected measurement geometry. The achieved scan minimum detectable activity for gamma photon energy 662 keV (Cs-137), while the scanning process is performed 10 cm above the ground at a speed of 0.6 m/s, is 30 Bq/kg. The obtained result is sufficiently satisfactory, and the methodology will be further verified for the needs of practice in the decommissioning of nuclear facilities in Slovakia.

Cross-section data uncertainties in the manganese sulphate bath calculation

Autori: Jakub Luley¹; Branislav Vrban¹; Štefan Čerba¹; Vendula Filová¹; Vladimír Nečas¹; Matej Krivošík²; Pavol Blahušíak²; Andrej Javorník²; Jarmila Slučiak²

¹*Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia*

²*Slovak Institute of Metrology*

The manganese sulphate bath is standardly used for primary standardization of dosimetry quantities of neutron radiation. To achieve results at the metrology level it is necessary to have the overall uncertainty of this method properly determine and possibly the contributing uncertainties minimized. Several parameters, which have impact on the overall uncertainty, were discussed and characterized in previous publications. Analysis presented in the paper is focused on the characterization of uncertainties induced by cross-section data, which contribute through the correction factor. Advances in computational methods and computational power shifted the calculation of correction factors among the standard steps of the manganese bath method what decrease an interest about this part of the method. Anyway, with the development of computational tools, the cross-section data were also improved, and new cross-section libraries include more information about the cross-section data uncertainties. Therefore, the propagation of uncertainties in neutron cross-section can be carried out within standard transport calculation of the manganese sulphate bath model. In this paper, the super-sequence SAMPLER module that implements stochastic techniques is used to assess the uncertainty in computed results. Reaction rates on all nuclides of the solution are computed in more than 200 cases with uncertain parameters and the results are evaluated by an auxiliary tool.

Rozšírenie národného etalónu dozimetrických veličín žiarenia neutrónov

Autori: Pavol Blahušiak¹; Jarmila Slučiak¹; Matej Krivošík¹; Andrej Javorník²; Jakub Luley³; Branislav Vrban⁴; Vendula Filová⁵; Štefan Čerba⁶

¹*Institute of Nuclear and Physical Engineering, Faculty of Electrical Engineering and*

²*Information Technology, Slovak University of Technology in Bratislava*

Slovenský metrologický ústav získal v roku 2022 projekt APVV s názvom „Rozšírenie národného etalónu v kľúčovej oblasti pre hospodárstvo SR“.

Hlavným prínosom projektu je vybudovanie primárneho etalónu dozimetrických veličín žiarenia neutrónov, čím sa zabezpečí realizácia jednotky na najvyššej úrovni a súčasne bude možné merať ďalšiu veličinu, anizotropiu. Týmto spôsobom sa rozšíri existujúci systém merania na Slovensku a eliminuje sa potreba nadväznosti na etalóny vyšších rádov v zahraničí. Vybudovanie primárneho etalónu je založené na metóde mangánového kúpeľa, ktoreho podstatou je neutrónová aktivačná analýza. Sledovaným prvkom, ktorý sa v dôsledku záchytu neutrónov aktivuje je mangán, a to prostredníctvom reakcie $^{55}\text{Mn}(n, \gamma)^{56}\text{Mn}$. Aktivita ^{56}Mn je priamo úmerná emisii neutrónového zdroja a je určená pomocou gamaspektrometrickej analýzy. Vonkajší okruh zabezpečí kontinuálne meranie aktivity roztoku za účelom minimalizácie neistôt súvisiacich s premenou ^{56}Mn ako aj jednoduchší odber vzoriek roztoku, vďaka čomu bude možné použiť viacero metód na stanovenie mernej aktivity roztoku. SMÚ disponuje kvapalinovým scintilačným spektrometrom na báze TDCRG. Aktivita ^{56}Mn bude stanovená aj pomocou tejto metódy, čím je možné prepojiť dve, na sebe nezávislé metódy stanovenia aktivity roztoku, a teda aj stanovenia emisie rádionuklidového zdroja. V rámci prípravy návrhu riešenia budú využité dva výpočtové programy MCNP6 a SCALE6.

Charakterizace pasivních detekčních metod v ultrakrátkých pulsních polích

Autori: Iva Ambrožová¹; Anna Cimmino²; Dávid Horváth²; Veronika Olsovcova²; Michal Šesták²; Roman Truneček²

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.

²ELI Beamlines, Fyzikální ústav, AVČR

V rámci práce na projektu 18HLT04 UHDpulse, zaměřeného na metrologii pro pokročilou radioterapii pomocí částicových svazků s vysokou dávkou v pulsu, byla na stanici ALFA studována odezva detektorů na bázi termoluminiscence (TL) a opticky stimulované luminiscence (OSL). Cílem projektu je vyvinout vhodné modely a předvídat chování detekčních systémů v komplexních radiačních polích, jako jsou ty, které jsou generovány laserovými urychlovači nebo terapeutickými zařízeními využívajícího efektu FLASH (dodání velmi vysokých dávek ve velmi krátkých pulsech). V mezinárodním výzkumném centru ELI Beamlines v Dolních Břežanech jsou využívány vysokoenergetické lasery mimo jiné ke generování svazků ionizujícího záření. Jednou z experimentálních stanic je stanice "ALFA", zaměřená na urychlování elektronů (desítky až stovky MeV). Generované svazky jsou pulsní, s ultrakrátkou délkou pulsu ($\sim 10\text{e-}14\text{s}$) a vysokým dávkovým příkonem v jednotlivém pulsu.

V této studii bylo provedeno několik samostatných ozáření (při různých parametrech svazku) TL a OSL detektorů umístěných na ISO slab fantomu. V příspěvku bude presentováno porovnání odezev detekčních systémů a vytvořený teoretický model.

Calibration of radon dosimetry system with radon chamber in self-decay mode

Autor: Branislav Vrban¹

Spoluautori: Jakub Luley¹; Vendula Filová¹; Pavol Blahušiak²; Štefan Čerba¹; Ivana Bonková²; Vladimír Nečas¹

¹*Slovak University of Technology in Bratislava*

²*Slovak Institute of Metrology*

Radon is estimated to cause a significant portion of all cancer cases in Europe causing avoidable deaths. To minimize the public exposure to radon in Slovakia, the Slovak University of Technology in Bratislava (STU) in close cooperation with and Slovak Institute of Metrology (SMU) started collaborating on the development and implementation of a certified methodology on radon dosimetry utilizing solid-state nuclear track detectors. The SMU operates the Air Radon Secondary Standard comprising a radon chamber operated in self-decay mode and calibrated radon atmosphere monitoring system AlphaGUARD. To complement the Air Radon Standard, the STU laboratory acquired the TASLImage™ system for radon and neutron dosimetry, TASTRAK CR-39 type detectors, and diffusion containers. The analysis is focused on the determination of calibration factors for original and self-developed diffusion chambers and the TASLImage™ system for average radon activities of 1 kBq.m⁻³ and different irradiation times varying from 12 hours to 21 days. The comparison of the performance of the two diffusion chambers is provided and in addition, the spatial distribution of the radon concentration in the irradiation chamber is evaluated.

Sekcia „Všeobecné aspekty radiačnej ochrany“

Preprava rádioaktívnych materiálov v podmienkach Slovenskej republiky

Autor: Alena Bujnová¹

Spoluautori: Darina Páleniková¹; Ján Kubančák¹

¹ Ministerstvo dopravy a výstavby SR

Príspevok sa zaoberá analýzou prepravy rádioaktívnych materiálov, ktorá sa vykonáva na území Slovenskej republiky, v podmienkach národnej legislatívy ako aj medzinárodných požiadaviek. Vstupné dáta boli získané prostredníctvom štátneho dozoru, ktorý vykonáva Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky ako orgán radiačnej ochrany v súlade so zákonom č. 87/2018 Z. z. o radiačnej ochrane ako aj prostredníctvom elektronického informačného systému CERETRAM spusteného do prevádzky v roku 2020. Analýza vstupných dát bola vykonaná podľa rôznych kritérií, ako napríklad podľa typu povolenia, kategórie prepravovaného materiálu, jeho zatriedenia, počtu doručených oznámení, spôsobu dopravy a pod.

V súčasnosti je evidovaných spolu 50 subjektov, ktorí sú držiteľmi povolenia na prepravu rádioaktívnych materiálov na území SR, z toho 36 slovenských a 14 zahraničných. V roku 2021 bolo ministerstvu doručených spolu viac ako 5100 oznámení o preprave a prepravených viac ako 7500 zásielok obsahujúcich rádioaktívny materiál. Vo vnútroštátnej doprave v posudzovanom roku dominovala preprava vlastných žiaričov na prechodné pracoviská a v rámci medzinárodnej prepravy sa viac ako 90 % doručených oznámení o preprave týkalo dovozu alebo vývozu rádiofarmák. Podiel prepráv jadrového materiálu (čerstvé a vyhoreté jadrové palivo) vykonaných železničnou alebo kombinovanou leteckou a cestnou dopravou tvoril 0,1 % z celkového počtu uskutočnených prepráv oproti preprave iných rádioaktívnych materiálov vykonávanej výhradne cestnou dopravou.

Mezioborová synergie při řešení nejistot radiouhlíkového datování

Autor: David John¹

Spoluautori: Vojtěch Valášek¹; Ivo Světlík¹; Kateřina Pachnerová Brabcová¹

¹ÚJF AV ČR, v.v.i.

Při radiouhlíkovém datování vzorků z některých specifických období může být výsledek zatížený vysokými nejistotami. Známým problematickým obdobím je zhruba polovina 17. až polovina 20. století, kdybezohledunapřesnostanalýzastoupeníradiouhlíku, výsledek je téměř vždy souborem řady intervalů přes celé toto období. Následkem atmosférických testů jaderných zbraní sice došlo v polovině 20. století k navýšení množství ¹⁴C, které u mladších vzorků umožňovalo velmi přesné datování i v řádu pouhých let. Nicméně důsledkem Suessova efektu, neboli ředění izotopové směsi uhlíku v atmosféře spalováním fosilních paliv, dochází ke změně. Datování vzorků ze současnosti i blízké budoucnosti je tak opět zatížené relativně vysokými nejistotami. V rámci radiouhlíkového datování se proto pátrá, jak tento problém obejít, naděje je spatřována zejména v synergetické aplikaci nezávislých metod.

Stanovování stáří vzorků současných nebo zblízké minulosti je zajímavé zejména při forenzní analýze tkání ohrožených druhů zvířat. Datování je zpravidla jediná dostupná metoda schopná rozhodnout, zda se nejedná o zvíře ulovené po datu zavedení ochrany druhu. Jedním ze způsobů, jak se snažíme vyřešit nejednoznačnost, je studium chronologie a získání dodatečné informace o vzájemném vztahu přirůstajících tkání. Například ve sloním klu je možné identifikovat přírůstkové linie, přímé analogie letokruhů stromů. Na rozdíl od stromu však v případě zvířete není tak snadné v této struktuře nalézt jednoznačnou, diskretní, periodickou přírůstkovou sérii, kterou bychom mohli přímo vztahovat ke kalendářnímu stáří. Výzkum je zatím fázi testování různých zobrazovacích metod mikroskopie a také metod zpracování obrazu.

Jiný námi testovaný přístup vychází z elektronové spinové rezonance, metody zkoumající počet paramagnetických center generovaných průchodem ionizujícího záření. Z jejich naakumulovaného počtu je pak možné odhadnout i stáří předmětu. ESR datování je v současnosti typicky aplikováno u prehistorických nálezů se stářím za dosahem radiouhlíkového datování (60 ka). V případě mladších vzorků je metoda teoreticky využitelná u vzorků s dobrými biodozimetrickými vlastnostmi, jako je například zubní sklovina. V archeologické praxi se zatím příliš neuplatňuje, neboť v současnosti nejsou prakticky vyřešeny všechny potenciální komplikace. Nicméně kombinace ESR a ¹⁴C datování skýtá potenciál, z kterého by mohly obě metody profitovat a přinejmenším kompenzovat některé své aktuální slabiny.

Vybrané etické aspekty pri poskytovaní zdravotní péče v súčasnej kultúrnej rozmanitej spoločnosti se zaměřením na radiologické asistenty

Autori: Zuzana Freitinger-Skalická¹, Friedo Zölzer²; Štěpán Kavan¹; Štěpán Strnad¹

¹Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta

²Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Vybrané etické aspekty při poskytovaní zdravotní péče v současné kulturně rozmanité společnosti je velmi aktuální téma. Tyto aspekty vyplývají ze vztahu mezi poskytovatelem a příjemcem péče a pomoci. V České republice byla dosud pozornost věnována spíše příjemcům péče a pomoci zejména minoritám a náboženským skupinám z pohledu jejich charakteristik a přání. Rovina poskytovatelů péče a pomoci dosud příliš zmapována není. Vzhledem k migračním trendům, ke struktuře obyvatel ČR i struktuře poskytovatelů zdravotní péče a pomoci při mimořádných událostech je pro zlepšení realizovaných činností nezbytné pochopení celého kontextu, tedy i faktorů, zkušeností, etického postoje, hodnotové orientace poskytovatelů péče a pomoci.

S příslušníky cizích národností, rozdílných náboženských vyznání se v současné společnosti a ve zdravotnictví setkáváme stále častěji. A není to jen mezi pacienty, ale i mezi poskytovateli různých služeb. To sebou přináší zvyšující se nároky na znalosti a dovednosti personálu, na komunikační schopnosti i na uvědomění si své vlastní etnicity a kulturního zázemí.

Cílem práce bylo identifikovat a popsat základní etické aspekty poskytování zdravotní péče z pohledu poskytovatelů péče v Jihočeském kraji se zaměřením na radiologické asistenty jak z oddělení radiodiagnostiky, radioterapie, tak i nukleární medicíny. Analyzovali jsme možnosti výuky a specifika pro obor Radiologická asistence se zaměřením na komunikaci a etiku.

Výzkumný soubor byl tvořen respondenty z Jihočeského kraje. Důležitým kritériem pro zařazení respondentů do výzkumu byla požadovaná odbornost dle platné legislativy a ochota spolupracovat. Tento výzkumný záměr si klade za cíl identifikovat a popsat etické aspekty, které vyplývají z kontaktu poskytovatele a příjemce péče a pomoci a poukázat na eticky sporné situace a jejich možná řešení. Současně také upozornit na důležitost předkládané problematiky, jejíž pochopení může napomoci zvýšení kvality poskytovaných služeb, zkvalitnění odborné přípravy pracovníků pomáhajících profesí i zlepšení nastavení celoživotního vzdělávání v této oblasti. Tato práce byla podpořena v rámci projektu RVO –INT - ZSF JU-070908.

Měření nízkých aktivit radionuklidů v aerosolech v Praze

Autor: Lucie Švamberová¹

Spoluautori: Michal Sloboda ; Michal Fejgl¹

Objemové aktivity přírodních i umělých radionuklidů v atmosféře jsou v České republice monitorovány po dobu více než 36 let, dohromady na deseti místech v rámci sítě MonRaS (MONitorování RADiační Situace), s průtokem od 150 po 900 m³/h. Za běžných okolností se odběr aerosolů provádí kontinuálně a vyhodnocení se provádí dvakrát týdně. Aktivity odebrané na filtrech jsou měřeny metodou gama spektrometrie či radiochemicky na čtyřech pracovištích. V tomto posteru jsou uvedeny výsledky měření v Praze, kde je ze všech vyhodnocovacích míst dosahováno nejvyšší citlivosti měření (až na úrovně desítek nBq/m³) a analyzováno je nejširší spektrum radionuklidů – v aerosolech Cs-137, Be-7, Na-22, Pb-210, K-40, Sr-90, Pu-238 a Pu-239,240, v plynné fázi Kr-85 a C-14 a ve vodní páře a srážkách H-3. Tento příspěvek se zabývá nuklidy Cs-137, Be-7, Na-22, Pb-210, K-40, Sr-90, Pu-238 a Pu-239,240. Jsou prezentovány sezónní variace aktivit radionuklidů, průměrné měsíční hodnoty aktivit, efektivní poločas Cs-137, korelace mezi aktivitami jednotlivých radionuklidů a ukázka možností atmosférického modelování trajektorií radionuklidů a online měření v SÚRO Praha.

Preprava rádioaktívnych materiálov v podmienkach Slovenskej republiky

Autor: Alena Bujnová¹

Spoluautori: Ján Kubančák¹; Darina Páleniková¹

¹ Ministerstvo dopravy a výstavby SR

Príspevok sa zaoberá analýzou prepravy rádioaktívnych materiálov, ktorá sa vykonáva na území Slovenskej republiky, v podmienkach národnej legislatívy ako aj medzinárodných požiadaviek. Vstupné dáta boli získané prostredníctvom štátneho dozoru, ktorý vykonáva Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky ako orgán radiačnej ochrany v súlade so zákonom č. 87/2018 Z. z. o radiačnej ochrane ako aj prostredníctvom elektronického informačného systému CERETRAM spusteného do prevádzky v roku 2020. Analýza vstupných dát bola vykonaná podľa rôznych kritérií, ako napríklad podľa typu povolenia, kategórie prepravovaného materiálu, jeho zatriedenia, počtu doručených oznámení, spôsobu dopravy a pod.

V súčasnosti je evidovaných spolu 50 subjektov, ktorí sú držiteľmi povolenia na prepravu rádioaktívnych materiálov na území SR, z toho 36 slovenských a 14 zahraničných. V roku 2021 bolo ministerstvu doručených spolu viac ako 5100 oznámení o preprave a prepravených viac ako 7500 zásielok obsahujúcich rádioaktívny materiál. Vo vnútroštátnej doprave v posudzovanom roku dominovala preprava vlastných žiaričov na prechodné pracoviská a v rámci medzinárodnej prepravy sa viac ako 90 % doručených oznámení o preprave týkalo dovozu alebo vývozu rádiofarmák. Podiel prepráv jadrového materiálu (čerstvé a vyhoreté jadrové palivo) vykonaných železničnou alebo kombinovanou leteckou a cestnou dopravou tvoril 0,1 % z celkového počtu uskutočnených prepráv oproti preprave iných rádioaktívnych materiálov vykonávanej výhradne cestnou dopravou.

Determination of attenuation coefficient and build-up factor using measurement bench

Autor: Burian Jiří¹

Spoluautori: Ondřej Šťastný¹; Karel Katovský¹; Branislav Vrban²; Jakub Luley²; Štefan Čerba² ¹*Vysoké učení technické v Brně*

²*Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia*

This article describes fundamental experimental efforts performed with the special measurement bench which was assembled at the Brno University of Technology. The bench allows determination of attenuation coefficient and build-up factor of various materials using several sources of gamma radiation. Data obtained during experiments with samples of copper, lead and concrete were compared with calculation results provided by Monte Carlo codes such as MCNP and SCALE.

Evaluation of NEUTRONSTOP Shielding Blocks in the Minilabyrinth Experiment

Autori: Štefan Čerba¹; Branislav Vrban¹; Jakub Luley¹; Vendula Filová¹; Vladimír Nečas¹

¹*Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia*

As part of international cooperation, the research team from the Slovak University of Technology is involved in the development of new radiation shielding experimental workplaces for code verification. One of these activities is the so-called “Mini Labyrinth” workplace. The STU Mini Labyrinth, as its name implies, is a mini version of the original IHEP Labyrinth originally developed in the Russian Federation, currently with dimensions of 96x60x50 cm. The experimental setup is placed on a special deck in the neutron physics laboratory of STU and uses the remote source handling mechanism. It consists of several NEUTRONSTOP C5 shielding blocks (polyethylene with 5 % boron), several detector positions and two options to generate either thermal or fast neutrons. This paper investigates the effect of NEUTRONSTOP shielding blocks on the rate of thermal neutrons inside and outside the Mini Labyrinth experiment. The analysis is performed by both measurements using gas-filled neutron detectors and by simulations utilizing the SCALE6 system. In this measurement setup, the neutron source is placed inside the left side of the Mini Labyrinth with and without an extra moderator.

Sekcia „Radón a prírodné zdroje ionizujúceho žiarenia“

Národný akčný radónový plán Slovenskej republiky

Autori: Alžbeta Ďurecová¹; Veronika Drábová²

¹RÚVZ Banská Bystrica

²Úrad verejného zdravotníctva SR

Národný akčný radónový plán Slovenskej republiky na roky 2022 až 2026 vypracoval Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky v spolupráci s príslušnými regionálnymi úradmi verejného zdravotníctva, ktorým zo zákona č. 87/2018 Z. z. o radiačnej ochrane a o zmene a doplnení niektorých zákonov vyplýva povinnosť regulovať ožiarenie radónom v pobytových priestoroch a na pracoviskách. Národný akčný radónový plán Slovenskej republiky na roky 2022 až 2026 vychádza z plnenia požiadaviek definovaných v článkoch 100 a 103 smernice Rady 2013/59/Euratom z 5. decembra 2013, ktorou sa ustanovujú základné bezpečnostné normy ochrany pred nebezpečenstvami vznikajúcimi v dôsledku ionizujúceho žiarenia, a ktorou sa zrušujú smernice 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom a 2003/122/Euratom schválené vládou Slovenskej republiky dňa 19. januára 2022. Jeho cieľom je implementácia stratégií na zvládanie dlhodobých rizík spôsobených ožiareními radónom v pobytových priestoroch a na pracoviskách na základe dôkazov o ožiarení, ktoré nie je možné z hľadiska radiačnej ochrany zanedbať, a to prostredníctvom prijímania opatrení na znižovanie rizík v dôsledku ožiarenia radónom a na určovanie a hodnotenie existujúcich situácií ožiarenia. Primárnym krokom a dlhodobým cieľom na zabezpečenie regulácie ožiarenia radónom je zabezpečiť informovanosť verejnej správy, zapojenie verejnosti, jej informovanie a vzdelávanie v danej problematike, optimalizácia spôsobov oboznamovania a vykonanie reprezentatívneho prieskumu. Jedným z ukazovateľov úspešnosti je požiadavka na zníženie počtu alebo percentuálneho podielu pobytových priestorov a pracovísk s objemovou aktivitou radónu nad referenčnou úrovňou alebo zníženie objemovej aktivity radónu v pobytových priestoroch a na pracoviskách.

Hodnocení dopadů nových radonových konverzních faktorů

Autori: Miroslav Jurda¹; Ivana Ženatá¹

¹Státní ústav pro jadernou bezpečnost

V prosinci 2017 byly publikovány Mezinárodní komisí pro radiační ochranu nové dávkové konverzní faktory (dále jen „DKF“) pro výpočet (efektivní) dávky pracovníků z inhalace produktů přeměny radonu (²²²Rn a ²²⁰Rn) ICRP -137, 2017 - Occupational Intakes of Radionuclides: Part 3. 137. V rámci mezinárodní diskuse (IAEA, EU, UNSCEAR) nebyl jednotný přístup k dané skutečnosti, zda konverzní faktory přijmout či ponechat původní. Úřad se situací zabýval, sledoval přístup ostatních evropských zemí a v roce 2019 se rozhodl a prezentoval na jednání v rámci Technical Meeting on the Implications of the New Dose Conversion Factors for Radon Vienna, Austria 1 - 4 October 2019, že zahájí kroky k přijetí nových DKF. “Despite too many questions the Czech Republic to will open process to goal to use new dose conversion factors in 2020 will to use for calculating the effective dose from radon in the Czech Republic.”

V prosinci 2020 ředitelka sekce radiační ochrany SÚJB jmenovala tým, jehož úkolem bylo provést hodnocení dopadů regulace (RIA, z anglického Regulatory Impact Assessment). Cílem RIA bylo zhodnotit, jaký dopad by přijetí DKF mělo na systém regulace přírodních zdrojů záření v České republice.

Nové DKF vedou k efektivní dávce přibližně 2,5x vyšší než je efektivní dávka stanovená stávajícím postupem (za použití DKF podle ICRP 65, 1993. Protection Against Radon-222 at Home and at Work). DKF nejsou přímou součástí atomového zákona a jeho prováděcích předpisů, jsou však uvedeny v několika doporučeních vydaných SÚJB pro potřeby stanovení efektivní dávky z inhalace radonu a jeho dceřiných produktů (dále jen „DP“).

V přednášce bude prezentován postup hodnocení, který probíhal podle „Vzdělávacího manuálu pro hodnocení dopadu regulace (RIA)“, který vydal Úřad vlády České republiky v roce 2017, přijetí DFK v ČR a způsob následné implementace DKF do příslušných právních předpisů ČR.

Pro vyhodnocení dopadů byla zvolena Multikriteriální analýza (dále jen „MCA“). Podstatou metody je nalezení varianty s optimální kombinací míry naplnění jednotlivých relevantních kritérií při zohlednění jejich důležitosti. Váha kritéria představuje koeficient jeho důležitosti, tedy číselné vyjádření jeho relativní významnosti v porovnání s ostatními kritérii. Čím větší význam je kritériu přiřkládán, tím vyšší musí být jeho váha.

Historie cíleného odstraňování radionuklidů z pitné vody v České republice

Autor: Růžena Šináglová¹

Spoluautor: Hana Jurkovská

¹ *Státní úřad pro jadernou bezpečnost*

Tématem příspěvku je vývoj regulace přírodního ozáření v pitné vodě dodávané pro veřejnou potřebu v ČR. Příspěvek obsahuje přehled právních předpisů, které se historicky vztahují k regulaci ozáření z pitné vody, vychází z evidence vodovodů v SÚJB a z výsledků systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vodě, které jsou SÚJB předávány dodavateli vody v rámci jejich oznamovací povinnosti. Příspěvek zahrnuje i informaci o povinnostech provozovatelů úpraven vody, kde dochází k cílenému odstranění radionuklidů z podzemních zdrojů vody. První regulace přírodního ozáření pro pitnou vodu, jen pro radon, byla ustanovena v roce 1991 vyhláškou ministerstva zdravotnictví, kterou byly poprvé v ČR upraveny podmínky dodávky pitné vody závazné od 1.3.1991 do 30.6.1997, kdy byla vyhláška zrušena atomovým zákonem č. 18/1997 Sb. s účinností od 1.7.1997. Atomový zákon a jeho prováděcí předpisy uložily povinnosti dodavatelům pitné vody, zajistit systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů v pitné vodě prostřednictvím držitele povolení k této činnosti a oznamování evidovaných údajů o vodovodu SÚJB. Radiologické ukazatele objemová aktivita radonu a celková objemová aktivita alfa a beta se hodnotily vůči tzv. směrné hodnotě, pro jednotlivé radionuklidy byla stanovena tzv. mezní hodnota. Při překročení směrné hodnoty pro celkovou objemovou aktivitu alfa a beta byl prováděn doplňující rozbor pro stanovení jednotlivých radionuklidů odpovědných za její překročení a prováděna optimalizace radiační ochrany. Při překročení mezní hodnoty nebylo možné vodu dodávat bez opatření pro snížení obsahu přírodního radionuklidu. Postupně byla zaváděna opatření pro cílené snížení obsahu radonu ve vodě (provzdušněním vody). V roce 2010, kdy byl přijat přísnější hygienický limit 15 µg/l pro obsah uranu ve vodě, jsou na některých úpravárnách vody instalována také zařízení pro cílené snížení obsahu uranu ve vodě technologií iontové výměny, náplně po naplnění sorpční kapacity jsou předávány s.p. Diamo k dalšímu zpracování. Současná právní úprava, atomový zákon č. 263/2016 Sb. a vyhláška č. 422/2016 Sb., platné od 1.1.2017, zavedly nejvyšší přípustnou hodnotu radonu a tzv. referenční úroveň pro radon a celkovou indikativní dávku, při jejichž překročení musí být optimalizována radiační ochrana. V současné době vede SÚJB v evidenci celkem 532 vodovodů s odradonovacím zařízením a 29 vodovodů s cíleným odstraněním uranu.

Využití stopových detektorů na bázi KODAK LR 115 Type II ke dlouhodobému stanovení průměrné hodnoty objemové aktivity radonu v odvalu po uranové těžbě.

Autori: Josef Holeček; Petr Otáhal

¹SÚJCHBO v. v. i. Kamenná

V souvislosti s dříve realizovanými experimenty zaměřenými na určení radiační zátěže způsobené radonem-222 uvolňovaným z odvalů na Příbramsku bylo provedeno dlouhodobé orientační stanovení hodnoty objemové aktivity radonu na různých místech v odvalu. Stanovení vycházelo z měření koncentrace radonu realizovaných pomocí detektorů KODAK LR-115 umístěných i s měřicími systémy V-90 do hloubky 80-100 cm pod povrch odvalu. V rámci stanovení byla měření realizována jak v koruně odvalu, tak i v patě odvalu. Pro srovnání chování radonu v odvalu a okolí bylo realizováno i stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na lokalitě nacházející se poblíž odvalu. Pro stanovení byla použita doba expozice nových měřicích systémů v rozmezí od 6 do 10 dní. Hlavním zjištěním bylo, že hodnota objemové aktivity radonu v odvalu není stabilní, ale mění se sezónně. Ze zatím získaných hodnot za období jaro – léto 2022 vyplývá, že s přicházejícím letním charakterem počasí hodnota objemové aktivity v koruně odvalu velmi výrazně klesá.

Analysis of radon time series from the gallery of St. Anthony of Padua in Vyhne, Slovakia

Autori: Iveta Smetanová¹; Susana Barbosa²; Marek Vďačný¹; Kristian Csicsay¹; Guilherme Amaral²; Carlos Almeida²; Ľubica Mareková¹

¹*Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences*

²*INESC TEC*

The parameters driving the seasonal and short-term variations of radon concentration in the underground monitoring station are investigated within the frame of a bilateral mobility project „Radon in caves and mines - Portuguese and Slovak case studies (RADCAMIN)“, between INESC TEC, Porto and Earth Science Institute, Slovak Academy of Sciences. Radon monitoring was performed from October 2005 to April 2008 in the Tidal Station of Earth Science Institute of Slovak Academy of Sciences, situated at the horizontal gallery of St. Anthony of Padua (Central Slovakia). Radon signal was registered using Barasol alpha detector, Algade. Time series of radon activity are analyzed together with environmental parameters (air temperature and atmospheric pressure). The seasonal variation of radon in the gallery seems to be connected with the seasonal variation of atmospheric pressure, displaying a two-cycle/year pattern anti-correlated with pressure values. The short-term variation of radon is also anti-correlated with atmospheric pressure data with a time-lag of about 4 days. This work was supported by the Agency APVV SK-PT-18-0015 and Agency VEGA No. 2/0015/21.

Odhad podílu volné frakce ve čtyřech turistických jeskyních Bulharska

Autori: Václav Štěpán¹; Lenka Thinová¹; Eva Fialová¹; Karel Jílek²; Karel Turek³; Petar Stefanov⁴; Petr Otáhal⁵; Vít Jirutka¹

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

²SÚRO, v. v. i.

³ÚJF AV ČR, v. v. i.

⁴NIGGG BAS

⁵SÚJCHBO, v.v.i.

Z hlediska radiační ochrany jsou jeskyně podzemní prostory tvořené převážně horninovým prostředím s nízkým přirozeným obsahem radionuklidů. Jsou specifické především vysokou relativní vlhkostí, minimální ventilací a nepřítomností zdrojů aerosolů, což ovlivňuje podíl volné a vázané frakce v aerosolovém spektru. Ve srovnání s obytnými prostory je zde podíl volné frakce vyšší, faktor nerovnováhy může nabývat hodnot v širokém intervalu, je zde i silná sezónnost koncentrací radonu. Pro zpřesnění odhadu efektivní dávky je tedy znalost faktoru nerovnováhy a podílu volné frakce zásadní, jak vyplývá ze závěrů ICRP 137. V ČR je postup výpočtu efektivní dávky jasně dán metodickým doporučením SÚJB DR-R0-5.5 (rev. 0.1 z 1. 6. 2022).

Na základě více jak osmi let (2011–2020) měření koncentrace radonu v turistických jeskyních Bulharska K. Turek, P. Stefanov a H. Orčíková odhadli, že efektivní dávka pracovníků v jeskyni Saeva Dupka (podle metodického doporučení SÚJB z r. 2018, jeskynní faktor 2) může překračovat úroveň 6 mSv/rok.

V červenci 2022 jsme proto v turisticky využívaných jeskyních Bulharska – Ledenika, Saeva Dupka, Bacho Kiro a Uhlovitsa provedli sérii doplňujících měření s cílem odhadnout podíl volné frakce a zároveň doplnit informace o koncentracích radonu v klíčových místech v uvedených jeskyních. Souběžně jsme také testovali možnost lokalizace prostupů do prozatím nepopsaných jeskynních prostor pomocí měření koncentrací vzdušných iontů.

Vpříspěvku výsledky provedených měření shrneme a zasadíme je do kontextudlouhodobých měření koncentrace radonu, CO₂ a dalších parametrů prostředí prováděných kolegy z AV ČR a NIGGG BAS.

Radon-based atmospheric mixing layer height and its influence on major air pollutant concentrations in Bratislava, Slovakia

Autor: Mohammad Alem Sultani¹

Spoluautori: Jozef Masarik¹; Karol Holý¹; Martin Bulko¹; Monika Müllerová¹

¹*Comenius University in Bratislava*

Radon-based atmospheric mixing layer height and its influence on major air pollutant concentrations in Bratislava, Slovakia

The aim of this work is to determine the mixing layer height (MLH) based on outdoor radon concentration and study its influence on the concentration of major air pollutants (i.e., PM₁₀, PM_{2.5} and O₃). MLH is a key parameter for characterization and interpretation of green-house gases and air pollution. It is the lower part of atmospheric boundary layer (ABL) which ranges from few meters to hundreds of meters. Radon activity concentration (RAC) and the air pollutants concentration were monitored simultaneously in the urban area of Bratislava during the whole year 2020. Continuous measurement of RAC shows a diurnal cycle with a maximum in the early morning and a minimum in the late afternoon. Mean annual concentrations are: 8.21 Bqm⁻³ for radon, 11.91 µg.m⁻³ for PM_{2.5}, 18.27 µg.m⁻³ for PM₁₀ and 59.82 µg.m⁻³ for O₃ respectively.

An improved box model based on radon was used to obtain the mixing layer height and investigate its influence on the concentration of air pollutants. The MLH exhibits nearly a diurnal cycle with a minimum in the early morning (i.e., when the ABL is shallowest and most stable), and a maximum in the late afternoon (i.e., when the ABL is well mixed and unstable). The data were grouped based on the Sturges method in order to reduce the influence of other factors (e. g. emission rate, wind speed, and chemical reaction) on the air pollutant concentration. Using grouped MLH data, strong correlations were observed between MLH and air pollutant concentration, with the following correlation coefficients: -0.71 for PM_{2.5}, -0.75 for PM₁₀ and 0.75 for O₃. These result reveal that MLH is strongly correlated with ozone and strongly anticorrelated with particulate matter. The strong correlation between MLH and O₃ is due to the fact that both MLH and ozone concentrations increase after sunrise. The rise in ozone concentration is caused by photochemical production after sunrise, when the MLH grows due to radiative heating of the ground and increased convection. The significant anticorrelation in the case of particulate matter can be explained by vertical diffusion, whereby higher MLH permits greater particulate matter diffusion from the surface to high levels and lower MLH causes the pollutants to accumulate in the area close to the ground. As a result, significant influence of MLH on air pollutant concentration was observed.

A CFD analysis of Rn-222 dispersion in the vicinity of an uranium mining waste rock dump site

Autori: Trilochana Shetty¹; Martin Kaschner¹; Vaclav Stepan¹; Lenka Thinova¹

¹Czech Technical University in Prague, Faculty of Nuclear Sciences and Physical Engineering, Department of Dosimetry and Application of Ionizing Radiation

Computational fluid dynamics (CFD) techniques are widely used for the prediction of radioactive gas release and transport in complex environments such as the vicinity of a nuclear power plant or within underground mines. In the present study, the CFD technique is applied to perform sensitivity analysis for simulation of Rn-222 dispersions in the area surrounding the Příbram shaft No. 15 – applying a sample geometry derived from the waste rock dump site (Brod, Czech Republic). The influence of meteorological conditions, seasonal variations in land cover properties, chosen turbulence models, atmospheric stability and selected further properties of the environment, on the Rn-222 concentration dispersions are evaluated. Preliminary results of the simulations performed are presented and discussed.

A 3D CFD-based code Fluidyn-PANEPR, which uses a finite volume method for numerical solutions of Navier-Stokes equations is utilized. The geometry is constructed from publicly available data (ČÚZK, OpenStreetMap) and published findings. Further, the governing Rn-222 transport equations are used to predict Rn-222 activity concentration dispersions in the vicinity of the waste rock dump. The work aims to identify key elements of the case setup that influence the simulation outcomes and provides a basis for the construction of advanced setups complementing in-situ measurements.

LOW ACTIVITY RADON EMANATION SOURCES FOR GREENHOUSE GAS MITIGATION STRATEGIE

Autor: Monika Mazánová

Atmospheric measurements of radon activity concentration seem to be very useful for the assessment and improvement of atmospheric transport models (ATM). Radon can be used as a tracer to evaluate dispersal models important for identifying successful greenhouse gas (GHG) mitigation strategies. For this purpose, the “traceRadon” (Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level) project will provide the necessary measurement infrastructure and use obtained outputs in the Radon Tracer Method (RTM) which is important for GHG emission estimates that support national reporting under the Paris Agreement on climate change. To increase the accuracy of GHG modelling, traceability to SI units for radon release rates from soil, its concentration in the atmosphere and validated methods for its dispersal are needed. There exists correlation between GHG and radon concentration. However, traceability to the environmental level does not exist for measurements of radon fluxes and atmospheric radon activity. Therefore, the radon data used for improvement of the ATM and estimation of the GHG emissions needs significant improvement of accuracy of both radon flux measurements and environmental radon activity concentrations in the range from 1 Bq m⁻³ to 100 Bq m⁻³ to be able to provide robust data for use in the RTM. The overall aim of this project is to develop metrological capacity to measure low level of radon in the environments, which can be used to determine remission reduction strategies of GHG. This includes the two new traceable Rn-222 emanation sources (below 100 Bq m⁻³) for application in climate monitoring and radiation protection networks. Such sources will be used to calibrate a transfer instrument to assure the traceability. The new low level activity emanation sources have been developed.

Kontrola prirodzenej expozice radonu pracovníků ve školách a školských zařízeních v ČR

Autor: Marcela Berčíková¹

Spoluautori: Ivana Fojtíková²; Jaroslav Slovák¹

¹SÚJB

²SÚRO, v.v.i.

SÚJB se problematice radonu ve školách a školských zařízeních věnuje dlouhodobě. V rámci Radonového programu ČR bylo doposud proměřeno významné množství škol. Vlastníci a provozovatelé škol a školských zařízení byli pravidelně vyzýváni k měření radonu a k zavádění ochranných opatření, pokud tato byla opodstatněná. Taková opatření nemusí být nijak nákladná, ale přesto mohou být velmi účinná. Měření byla dobrovolná a apelováno na zdravé pracovní prostředí pro zaměstnance a žáky. Regulace ozáření nebyla závazná z pohledu pracoviště / pracovníků.

Atomový zákon stanovil od 1. 2. 2018 nové povinnosti pro provozovatele pracoviště a také pro vlastníka školní budovy nebo školského zařízení, a to při splnění alespoň jedné z těchto podmínek:

- Stavební povolení pro budovu školy nebo svým obsahem podobné povolení bylo vydáno před 28. 2. 1991 (první legislativní regulace radonu) - budova školy je postavena na některém z území vyjmenovaných obcí (RPA), kde je vysoká pravděpodobnost, že budou zjištěny vysoké objemové aktivity radonu (OAR)
- Budova školy prošla stavebními změnami, které mohly ovlivnit OAR uvnitř budovy (např. zateplení budovy, zavedení řízeného větrání, klimatizace) a následně nebylo provedeno měření OAR, které by potvrdilo nepřekročení stanovené referenční úrovně (RÚ)
- Vbudověškolybylo v minulostiměřením (z jakýchkolivdůvodů) zjištěno překročeníRÚ OAR300 Bq/m³, bez ohledu zda se škola nachází na území vyjmenované obce, přičemž nebylo realizováno protiradonové ozdravné opatření, jehož dostatečná účinnost by byla potvrzena měřením.

Provozovatel pracoviště, které splňuje některou z uvedených podmínek je dle Atomového zákona povinen:

- oznamovat SÚJB informace o pracovišti (předdefinovaný registrační formulář)
- zajistit měření radonu a (pokud to situace vyžaduje) stanovit efektivní dávky zaměstnanců
- informovat pracovníky o možném zvýšení ozáření z radonu.

Vlastník budovy sloužící škole nebo školskému zařízení je dle Atomového zákona povinen:

- zajistit měření OAR ve vnitřním ovzduší při uvedení do provozu a vždy po provedení změn dokončené stavby, které by mohly OAR ve vnitřním ovzduší ovlivnit
- provést opatření ke snížení ozáření na úroveň tak nízkou, jaké lze rozumně dosáhnout při zohlednění všech hospodářských a společenských hledisek.

Součástí posteru bude také blokové schéma kontroly ozáření zaměstnanců škol a školských zařízení v ČR a aktuální výsledky měření a přijatých protiradonových opatření.

Zimní Thunderstorm Ground Enhancement na Milešovce

Autor: Jakub Šlegl¹

Spoluautoři: Zbyněk Sokol; Jana Minářová; Petr Pešice; Ronald Langer; Igor Strhárský; Martin Kákona; Iva Ambrožová; Ondřej Ploc

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.

²Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i.

³Ústav experimentální fyziky SAV, v. v. i.

Zimní bouřky na evropském kontinentu dále od pobřeží jsou poměrně vzácné. Jejich výhodou pro pozorování radiačních jevů je jejich nízká výška nad zemí, kdy je záření málo zeslabeno. 4. února 2022 jedna taková přecházela přes Milešovku a přímo nad ní nebo v blízkém okolí došlo k výboji. Tato bouřka svým vnitřním elektrickým polem generovala urychlené elektrony, které vyprodukovaly brzdné záření, které jsme naměřili dvěma nezávislými detektory na vrcholu Milešovky. Toto 30sekundové zvýšení odezvy detektorů, nazývané Thunderstorm Ground Enhancement, bylo přímo ukončené elektrickým výbojem. V přednášce budeme prezentovat naměřená data z gama spektrometru, detektoru ionizujícího záření SEVAN, sítě detekujících blesky, vertikálního oblačného polarimetrického dopplerovského radaru, disdrometru a elektrického mlýnku. Představíme také z naměřených dat odhadnutou strukturu oblaku.

Kontrola rádioaktivity stavebných materiálov z pohľadu zabezpečenia národných a medzinárodných požiadaviek

Autor: Pavol Ragan¹

Spoluautor: Igor Gomola

¹*Slovenská zdravotnícka univerzita, Bratislava*

Predpokladyprekontrolurádioaktivystavebnýchmateriálovajejúčinnosťsúdanésystémomlegislatívnych požiadaviek. Ich kvalita ovplyvňuje ako pozitívne, tak aj negatívne prostredie pre kontrolu a validitu výsledkov meraní a hodnotení. Vzhľadom na viaceré väčšie či menšie nejasnosti/absencie sú v práci uvedené návrhy a odporúčania pre prax, ktoré by mohli byť základom usmernenia dozorných orgánov pre meracie laboratória.

Gamaspektrometrické merania rádioaktivity NORM/stavebných materiálov na Slovenskej zdravotníckej univerzite

Autor: Pavol Ragan¹

Spoluautor: Igor Gomola¹

¹*Slovenská zdravotnícka univerzita*

Na SZU sa gamaspektrometrické merania vykonávajú od 80-tych rokov minulého storočia a rovnako aj merania prírodných rádionuklidov v stavebných materiáloch. Pracovisko bolo nanovo uvedené do prevádzky v roku 2021. V práci uvidieme analýzy variácií prirodzeného pozadia HPGe detektora vzhľadom na niektoré ovplyvňujúce faktory, analýzu korekcií pri odchýlkach od referenčných podmienok a odporúčania pre prax.

Overovanie predikovaných území so zvýšeným výskytom radónu na základe integrálnych meraní OAR v pobytových priestoroch

Autori: Alžbeta Brandýsová¹; Karol Holý¹; Martin Bulko¹; Monika Müllerová¹

¹ *Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave*

Vyhľadávanie rizikových lokalít z hľadiska zvýšenej expozície radónom v interiéri, tzv. „radon-prone areas“ patrí v celosvetovom meradle medzi aktuálnu problematiku. Existuje však množstvo vedeckých prístupov, akými možno takéto oblasti identifikovať pomocou meraných charakteristík pôdy ako sú napríklad obsah ²³⁶Ra v pôdných zrnách, koncentrácia ²²²Rn v pôdnom vzduchu, pórovitosť pôdy, plynopriepustnosť pôdy, pôdna vlhkosť a iné. Na základe vytvorených predikcií pôdneho radónového potenciálu pre 28 oblastí, na ktoré bola v práci Slovenská republika rozdelená, boli identifikované obce so zvýšeným výskytom radónu vo vnútorných priestoroch budov, v ktorých sa zároveň očakáva prekročenie referenčnej úrovne priemernej ročnej objemovej aktivity radónu (OAR) 300 Bq/m³. V rámci experimentálnej verifikácie stanovených predikcií boli následne vo vybraných obciach s predikovaným nízkym, resp. vysokým radónovým potenciálom uskutočnené merania koncentrácie radónu v domoch pomocou integrálnych stopových detektorov značky RamaRn. Celkovo bolo pritom v obciach s predikovaným vysokým radónovým rizikom pre miestnosti nachádzajúce sa v kontakte s podložíom (nepodpivničené miestnosti) meraním zistené prekročenie referenčnej úrovne OAR v 41 % prípadov. Namerané výsledky poukazujú na spoľahlivú a efektívnu metódu vyhľadávania vysokorizikových lokalít na území Slovenska zasahujúcich do obývaných oblastí, v ktorých je možné následne uskutočniť prednostné merania vnútornej koncentrácie ²²²Rn v rámci radiačnej ochrany obyvateľstva. Opisovaná metóda môže byť súčasne prínosom pre realizovaný Národný akčný radónový plán Slovenskej republiky.

Táto práca bola finančne podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV (VEGA projekt č. 1/0213/18, č. 1/0019/22 a č. 1/0086/22), Agentúrou na podporu výskumu a vývoja (projekt č. APVV-210356) a Grantom Mladých UK č. G-22-30-00.

Verifikácia rôznych prístupov určovania exhalačnej rýchlosti ^{222}Rn z pôdy pre odhad exhalácií CO_2

Autori: Terézia Eckertová¹; Karol Holý¹; Monika Müllerová²; Jozef Masarik¹

¹Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Súčasné požiadavky na redukciu obsahu fosílného CO_2 v atmosfére vyžadujú potrebu monitorovania dynamiky CO_2 s cieľom odlišiť jeho antropogénne emisie od prirodzených, ktorých zdrojom je predovšetkým pôda, ako najväčší suchozemský rezervoár uhlíka na Zemi. To vedie k vývoju rôznych nových spôsobov určovania exhalácie CO_2 , ktoré by dostatočne presne vedeli odhadnúť exhalácie CO_2 aj z väčších územných celkov. Perspektívnou metódou sa pre tieto účely zdá určovanie exhalačnej rýchlosti CO_2 prostredníctvom určovania exhalačnej rýchlosti ^{222}Rn tzv. radónom kalibrovanou metódou (RKM). Vlastnosti ^{222}Rn , možnosti jeho detekcie a všeobecne široká monitorovacia sieť poskytujú dobrý základ pre jeho využitie na uvedené účely.

V práci sa zaoberáme overovaním rôznych prístupov určovania exhalačnej rýchlosti ^{222}Rn z pôdy pomocou najviac rozšírených teoretických vzťahov, ktorej hodnoty sú následne použité na výpočet exhalačnej rýchlosti CO_2 pomocou RKM. Oba typy výsledkov, t.j. vypočítané exhalačné rýchlosti ^{222}Rn a CO_2 sú porovnávané s ich nameranými hodnotami, ktoré sme získali z dlhodobých meraní exhalácie použitím akumuláčnej metódy uskutočnených na rovnakej ploche počas jedného roka. Vypočítané hodnoty exhalačných rýchlostí z krátkodobého hľadiska výrazne fluktuujú v závislosti od meteorologických prvkov ako je teplota či vlhkosť pôdy, prípadne od koncentrácie ^{222}Rn a CO_2 v pôde, avšak v širšom časovom rozpätí sa tieto priebehy vyhladzujú a pre niektoré testované vzťahy dostávame dobrú zhodu s nameranými hodnotami.

Táto práca bola finančne podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV (VEGA projekt č. 1/0213/18, č. 1/0019/22 a č. 1/0086/22), Agentúrou na podporu výskumu a vývoja (projekt č. APVV-210356) a Grantom Mladých UK č. G-22-154-00.

Skúsenosti zo simultánneho monitorovania koncentrácií ^{222}Rn a CO_2 v ovzduší rodinných domov

Autor: Karol Holý¹

Spoluautori: Barbora Achbergerová²; Monika Müllerová²

¹Univerzita Komenského v Bratislave, FMFI

²Univerzita Komenského v Bratislave, FMFI, Katedra jadrovej fyziky a biofyziky

Vo vnútorných priestoroch trávajú ľudia takmer 80% času. Preto by ich ovzdušie malo byť čo najmenej zdravotne závadné. V súčasnosti sa venuje najväčšia pozornosť v ovzduší domov rádioaktívnemu ^{222}Rn . V ovzduší domov sa však kumuluje aj CO_2 . Oba plyny majú negatívny vplyv na zdravie ľudí. Za limitnú hodnotu v ovzduší domov pre ^{222}Rn sa považuje objemová aktivita 300 Bq/m^3 a pre CO_2 koncentrácia 1000 ppm . Po jej prekročení sa už prejavuje pocit ospalosti a vydýchaného vzduchu. Za významné zdroje ^{222}Rn a CO_2 v ovzduší domov sa považuje ich prísun z pôdy. Zdrojom CO_2 však môže byť široké spektrum ľudských aktivít, mimo iného aj samotné dýchanie.

V rámci príspevku budú prezentované výsledky simultánneho kontinuálneho merania ^{222}Rn a CO_2 v ovzduší dvoch rodinných domov. Na kontinuálne meranie ^{222}Rn bol použitý profesionálny monitor AlphaGUARD a kontinuálne meranie CO_2 bolo uskutočnené pomocou Vaisala Carbon Dioxide Meter GM70. Koncentrácie ^{222}Rn a CO_2 vykazovali denné variácie, ale ich pôvod bol preukázateľne odlišný. Pre CO_2 boli variácie spôsobené pravidelným spínaním plynového vykurovacieho kotla, zatiaľ čo u ^{222}Rn pravidelnou zmenou ventilačnej rýchlosti počas dňa. Naopak v suteréne domu vykazovali oba plyny často rovnaké variácie súvisiace s nasávaním oboch plynov z podlažia. Zvýšené koncentrácie CO_2 boli zistené aj počas pobytu viacerých ľudí v jednej miestnosti. V suterénnej miestnosti jedného zo sledovaných domov sme namerali hodnoty objemovej aktivity radónu presahujúce 500 Bq/m^3 a koncentrácie CO_2 prevyšujúce 2000 ppm .

Táto práca bola finančne podporovaná Vedeckou grantovou agentúrou MŠ SR a SAV (VEGA projekt č. 1/0019/22 a č. 1/0086/22), Agentúrou na podporu výskumu a vývoja (projekt č. APVV-21-0356) a Grantom Mladých UK č. G-22-30-00.

Poznatky získané z celoročného kontinuálneho monitorovania

²²²Rn v ovzduší pracovisku verejnej správy

Autori: Monika Müllerová¹; Viktoria Benkova¹; Karol Holý¹

¹Fakulta matematiky, fyziky a informatiky Univerzity Komenského v Bratislave

Smernica Rady 2013/59/Euratom z 5.decembra 2013 sa venuje vo viacerých ustanoveniach problémom radónového rizika vo vnútorných priestoroch. Medzi jej základné doporučenia patria: 1) stanovenie referenčnej úrovne radónu v uzavretých priestoroch; 2) vypracovanie národných akčných radónových plánov (NARP) na riešenie dlhodobých rizík vyplývajúcich z ožiarovania radónom; 3) špecifikácia položiek, ktoré je potrebné zohľadniť pri príprave národných akčných plánov. Slovenská republika doposiaľ vypracovala tri právne akty týkajúce sa ochrany pred radónom: a) zákon č. 87 o radiačnej ochrane, ktorý stanovuje referenčnú úroveň objemovej aktivity radónu (OAR) v pobytových priestoroch na 300 Bq/m³; a) vyhláška MZ SR č. 98, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o obmedzovaní ožiarovania pracovníkov a obyvateľov z prírodných zdrojov ionizujúceho žiarenia; c) NARP. V rámci týchto právnych aktov je OAR zisťovaná integrálnym meraním počas doby najmenej troch mesiacov, aby bolo možné odhadnúť priemernú hodnotu objemovej aktivity radónu za jeden kalendárny rok.

V súvislosti s vyhodnocovaním OAR radónu na pracovisku z integrálnych meradiel je dôležité poznamenať, že merania OAR počas voľných dní môžu byť z dôvodu nevyužívania priestoru neporovnateľne vyššie ako počas pracovných dní. Práve táto skutočnosť môže viesť k nadhodnoteniu efektívnych dávok získaných na základe integrálnych meraní v porovnaní so skutočnou dávkou získanou počas pracovnej doby. Predložený príspevok si kladie za cieľ odhadnúť ako môžu byť zvýšené hodnoty OAR získané na základe integrálneho monitorovania v porovnaní s priemernou OAR počas pracovnej doby. K tejto analýze boli použité údaje získané jednoročným kontinuálnym monitorovaním OAR s využitím detekčného systému TERA. Boli získané priemerné denné vlny OAR pre jednotlivé týždne a to ako počas pracovnej doby tak aj počas víkendov. Ďalej bol analyzovaný vplyv meteorologických prvkov na variácie radónu. Na základe denných priebehov OAR bola tiež odhadovaná rýchlosť prísunu radónu do miestnosti. Bol pozorovaný významný vplyv vetrania na OAR počas pobytu zamestnancov úradu na pracovisku. Najväčšia variabilita OAR bola pozorovaná počas pracovných dní, na rozdiel od toho počas víkendov boli zistené len minimálne variácie v pracovnom priestore. Najväčšie rozdiely medzi OAR počas pracovných dní a víkendov boli zistené počas letných mesiacov jún až august a taktiež v novembri, kedy bolo pozorované až dvojnásobné nadhodnotenie OAR a tým aj efektívnej dávky od radónu.

Nové poznatky k sezónnímu chování objemových koncentrací radonu v blízkosti odvalu š. č. 15, Brod u Příbrami

Autori: Lenka Thinová¹; Václav Štěpán¹

Spoluautori: Petr Otáhal²; Kateřina Navrátilová Rovenská³; Martin Čermák⁴; Radek Bican⁴; David Strnad¹

¹*České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská*

²*SÚJCHBO, v.v.i.*

³*SÚRO, v.v.i.*

⁴*DIAMO, s.p., o.z.SUL*

Pro vyjasnění některých otázek z oblasti radiační ochrany v blízkosti odvalu po těžbě radioaktivního nerostu š. č. 15 v Brodu u Příbrami byla v letech 2020 a 2021 realizována ve spolupráci FIFI ČVUT v Praze, DIAMO, s.p., SÚJCHBO, v.v.i. a SÚRO, v.v.i. řada nových měření. Zajímavé výsledky přinesla dlouhodobá měření koncentrací radonu sondami TSR 4M a 4S na stacionárních 8-9 pozicích, pokrývajících jak patu, tak korunu odvalu. Tato měření byla doplněna studiem proudění a teplotních poměrů, zvláště u paty odvalu, kde teploty v létě klesly místy pod bod mrazu. Měřicí kampaň v délce 24 hodin na podzim roku 2021 s využitím 33 kontinuálních monitorů radonu si kladla za cíl objasnit dynamiku odvalu a preferenční přístupové cesty radonu z odvalu směrem k obci Brod. Výsledky těchto měření podávají náhled na dynamiku odvalu v období, kdy teploty ovzduší vně odvalu nepoklesnou pod očekávanou teplotu v tělese odvalu. Zajímavé poznatky přineslo rovněž studium chování odvalu v zimních měsících, ať už sledováním dlouhodobých řad koncentrací radonu a jejich ovlivnění meteorologickými parametry, tak i s využitím UAV a pochůzkové termovize k identifikaci a následnému sledování míst s intenzivním únikem odvalového plynu, tzv. hotspotů, které jsou charakteristické vysokými koncentracemi radonu a teplotami kolem 9-10°C. Prezentované výsledky jsou dobrým podkladem k verifikaci připravovaného modelu dynamiky odvalu jako suťového pole.

Měření radiační zátěže posádek letadel podle nového doporučení ICRU 95

Autor: Ondřej Ploc¹

Spoluautori: Iva Ambrožová¹; Martin Kákona¹; Martina Lužová¹; Marek Sommer¹; Olena Velychko¹; Jakub Šlegl¹

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR

Podle nedávného doporučení Mezinárodní komise pro radiační jednotky a měření ICRU95, ve kterém byly navrženy nové operační veličiny pro vnější radiační zátěž, má prostorová dávka (ambient dose, H) nahradit prostorový dávkový ekvivalent, $H(10)$, za účelem přesnějšího odhadu efektivní dávky. Měření prostorové dávky podle její definice vyžaduje podrobnější znalosti o radiačním poli než u prostorového dávkového ekvivalentu. To v případě smíšeného radiačního pole v letových výškách dopravních letadel představuje novou výzvu spočívající v přesnějším stanovení příspěvku jednotlivých složek záření. Zároveň zavedením nové operační veličiny se bude muset aktualizovat norma ISO 20785 Dozimetrie ozáření kosmickým zářením v civilním letadle.

Využitím řady našich experimentů na palubách letadel a v kalibračním zařízení CERF (CERN's high Energy Reference Field facility) realizovaných v rámci projektu CRREAT byla v této práci porovnána měření různými typy detektorů citlivých k různým typům záření. V příspěvku bude vysvětlen návrh metody pro stanovení nové operační veličiny z naměřených dat a prezentovány výsledky porovnání obou operačních veličin ($H(10)$, H) a efektivní dávky spočítané pro daný let pomocí programu CARI-7A.

Využití bezpilotních prostředků pro geologické mapování a monitoring ekologických zátěží (případové studie)

Autori: Václav Štěpán¹; Lenka Thinová¹; Jaroslav Klusoň¹; Jiří Martinčík¹; Petr Otáhal²

¹České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

²SÚJCHBO, v.v.i.

Pro letecká měření byla využita sestava multikoptéry DJI M600 Pro, UgCS SkyHub systému pro sledování terénu a detektoru D230Av2 s dvěma válcovými 2x2“ NaI(Tl) krystaly. Pro pochůzková měření byl využit detektor GT-40 s jedním 3x3“ NaI(Tl). První případ se věnuje možnosti využití pro geologické mapování, v blízkosti bývalého znělcového lomu poblíž obce Valkeřice v severních Čechách – na základě geologické mapy jsme tu očekávali dobře rozlišitelný kontrast mezi trachyty v prostoru bývalého lomu a sedimenty v okolí a ukážeme porovnání z pochůzky na zemi a letů v 3 až 10 metrech.

V druhém případě jsme se věnovali možnostem rozlišení lokálního znečištění Ra-226 v nivě řeky Ploučnice, historicky vzniklém v souvislosti s uranovou těžbou výše v povodí.

V závěru bychom rádi diskutovali technologický vývoj v této oblasti, včetně porovnání s další generací podobného technického řešení – DJI M300 s odlehčenou verzí D230A detektoru.

SIREN (Space Ionizing Radiation Project Nursery)

Autori: Kubančák Ján¹; Pavol Bobík¹; Ronald Langer¹

¹ *Slovak Academy of Sciences, Institute of Experimental Physics, Košice*

The aim of our contribution is to introduce a unique university course developed within the ESA SIREN project. The course is focused on introduction into radiation protection from cosmic rays and contains topics devoted to a) basics of space ionising radiation, its complexity and principal aspects of its measurement (i.e. measurement of mixed radiation fields); b) description of principle of most common cosmic rays detection systems; c) risks that it possess for technology and spaceflights; d) risks that it possess for human and space crew health; e) possibilities to further develop and apply obtained knowledge in space research via ESA programmes.

The course materials and lectures are prepared in English language and will be offered to universities in Slovakia as well as to universities abroad.

We would like to acknowledge the European Space Agency for funding our project SIREN (Space Ionizing Radiation Protection Nursery; SK5_23 Contract 4000132782).

Radiačná záťaž posádok leteckých spoločností registrovaných na Slovensku

Autori: Ján Kubančák¹; Peter Hruška¹; Alena Bujnová¹; Darina Páleniková¹

¹ *Ministerstvo dopravy a výstavby SR*

Členovia posádok dopravných prúdových lietadiel patria k skupine najexponovanejších radiačných pracovníkov s ročnými efektívnymi dávkami na úrovni 2–4 mSv. S podobnými strednými hodnotami efektívnych dávok sa stretávame u pracovníkov v priemysle či rádioterapii.

Ministerstvo dopravy a výstavby SR ako príslušný orgán radiačnej ochrany v oblasti expozícií posádok lietadiel kozmickému žiareniu za týmto účelom eviduje radiačnú záťaž posádok lietadiel kontinuálne od roku 2011. Výsledky našej práce by sme Vám preto radi odprezentovali ako krátky historický prehľad tejto zaujímavej problematiky.

Stanovení aktivity ^{226}Ra a ^{228}Ra ve vzorcích smíšené stravy

Autor: Alena Kelnarová

Spoluautor: Eva Schlesingerová

Z literární rešerše vyplynulo, že znalost obsahu přírodních radionuklidů v potravinách České republiky je poměrně omezená. UNSCEAR ve své zprávě z roku 2000 stanovil „referenční hodnoty“ koncentrací aktivity přírodních radionuklidů v potravinách, které jsou založeny na nejrepresentativnějších a nejrozšířenějších údajích z té doby. Referenční hodnoty byly vyvinuty pro použití při hodnocení dávek, přičemž ingesční dávka z přírodních radionuklidů je způsobená téměř výhradně ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{228}Ra a ^{226}Ra , ostatní radionuklidy přeměnových řad uranu a thoria přispívají k dávce minimálně.

V rámci monitorování podle Vyhlášky o monitorování radiační situace č.360/2016 Sb. se stanovují v ČR aktivity ^{137}Cs , ^{90}Sr a ^{40}K ve smíšené stravě. Cílem této práce je stanovení ^{226}Ra a ^{228}Ra v identických vzorcích jako jsou vzorky smíšené stravy analyzované pro potřeby monitorování radiační situace. Byla vypracována metoda využívající roztoky a sraženiny vznikající v různých fázích postupu separace ^{90}Sr . Aktivita ^{228}Ra se měří ve sraženině síranu radnato-barnatého po ustanovení rovnováhy ^{228}Ra s ^{228}Ac spektrometrií gama s vysokým rozlišením. Aktivita ^{226}Ra se měří po ustanovení rovnováhy s ^{222}Rn v Lucasových komorách. Výsledkem analýz 32 vzorků z let 2021-2022 je stanovení aktivity s průměrnou hodnotou 22,6 mBq/kg nativní stravy v případě ^{226}Ra (rozmezí 6,9 – 41,2) a 29,0 mBq/kg nativní stravy v případě ^{228}Ra (rozmezí 13,4 – 57,3). Tyto výsledky jsou ve shodě s německou studií BfS z let 2001-2004.

VPLYV ARBUSKULÁRNYCH MYKORÍZNYCH HÚB NA TRANSLOKÁCIU ^{133}Ba V RASTLINÁCH RAJČIAKA

Autori: Silvia Dulanská^{1,2}; Ľubomír Mátel¹; Ján Pánik²

¹*Slovenská zdravotnícka univerzita*

¹*Lekárska fakulta, Univerzita Komenského*

Práca sa zaoberá posúdeniu vplyvu aplikovania arbuskulárnych mykoríznych húb do pôdy kontaminovanej ^{133}Ba , za účelom sledovania ich účinku na distribúciu rádionuklidu ^{133}Ba v rastlinách rajčiaka kríčkoveho (*Lycopersicon lycopersicum*). Arbuskulárne mykorízne (AM) huby môžu tvoriť symbiózu s väčšinou druhov zeleniny, vrátane hlavných plodín cibuľa, pór, cesnak, mrkva, uhorka, fazuľa, hrach, rajčiak, paprika. Bárium sme vybrali ako neizotopový nosič pre sledovanie ^{226}Ra . Príjem bária bol prepočítaný na translokačné faktory, kde sa zistila nízka akumulácia ^{133}Ba najmä v listoch rajčiaka pestovaných v prítomnosti arbuskulárnych mykoríznych húb. Zo získaných výsledkov vyplýva, že ^{133}Ba môže slúžiť pri výskume rastlín umožňujúci sledovať symbiózu mykoríznych húb a koreňového systému pri príjme a následnej translokácii tohto rádionuklidu v pletivách rastlín. Symbióza mykoríznych húb a koreňového systému mala vplyv na vyššiu kumuláciu $^{133}\text{Ba}(\text{Ra})$ v koreňovom systéme a ich nižší prienik do nadzemných častí rajčiaka kríčkoveho.

Pod'akovanie: Práca vznikla s podporou projektu APVV-17-0150 „Interakcie arbuskulárnych mykoríznych húb s rastlinami v stresových podmienkach a ich potenciál pri fytoimediačných metódach“.

Sekcia „Radiačná ochrana v havarijnom manažmente“

Národní radiační havarijný plán v České republice

Autor: Milan Hort¹

¹Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Prezentace pojedná o přípravě a tvorbě Národního radiačního havarijního plánu, jeho místu v systému krizového řízení a jeho uplatnění.

Odhad zdrojového člena Cs-137 při požárech v okolí Černobylu v dubnu 2020

Autori: Ondřej Tichý¹; Nikolaos Evangeliou²; Václav Šmídl¹; Miroslav Hýža³; Petr Kuča³

¹*Ústav teorie informace a automatizace AV ČR*

²*Norwegian Institute for Air Research*

³*Státní ústav radiační ochrany*

V dubnu 2020 bylo okolí Černobylu zasaženo největšími požáry za poslední roky. Požáry, jejichž intenzita byla značná především mezi 3. a 22. dubnem, uvolnily do ovzduší značné množství radionuklidů. Zvýšené koncentrace byly naměřeny po celé Ukrajině a následně pak i na dalších Evropských stanicích. Tento příspěvek se zabývá odhadem zdrojového člena (časového průběhu emise s výškovou diskretizací a rozdělením podle velikostních frakcí modelovaných částic) z dostupných měření vzdušných koncentrací cesia-137. Úlohu odhadu zdrojového člena lze formulovat jako lineární inverzní problém, kde na jedné straně rovnice stojí vektor měřených koncentrací a na druhé straně teoretický výstup atmosférického transportního modelu kombinovaný s (odhadovaným) zdrojovým členem, jejichž odlišnost optimalizujeme. Tato úloha je typicky velmi špatně podmíněná a další předpoklady, tzv. regularizace, jsou nezbytné pro smysluplný odhad zdrojového člena. Typickými předpoklady jsou penalizace velikosti emise nebo její hladkost. Pro výcesložkové zdrojové členy se v poslední době jako výhodný ukazuje i model korelací jednotlivých složek zdrojového člena, kdy lze předpokládat, že nenulová emise pro jednu velikostní frakci implikuje velkou pravděpodobnost emise i v ostatních frakcích.

Pro odhad zdrojového člena cesia-137 využijeme 90 měření vzdušných koncentrací získaných na Ukrajině pokrývajících období 3. až 22. dubna 2020. Pro atmosférické transportní modelování je využit model FLEXPART 10.4 s uvažovanými výškovými hladinami 0-100m, 100-500m, 500-1000m, 1000-5000m a 5000-10000m a frakcemi částic o velikosti <2.5, 2.5-10 a >10 mikrometru. Celkový odhadnutý zdrojový člen o velikosti 624 GBq i jeho časová distribuce dobře koresponduje s odhady dostupnými v odborné literatuře.

Elektrokinetická ochrana rastlin proti príjmu cesia

Autor: Jaroslav Vacula¹

Spoluautor: Dana Komínková¹

¹Česká zemědělská univerzita v Praze

Tato práce je zaměřena na využití elektromagnetického pole (EMF) k ochraně hydroponicky pěstovaných rostlin rákosy obecné (*Phragmites australis*) před kontaminací cesiem. Experiment byl proveden v kyselé lázni mytých 1,8 L válcových sklenicích, naplněných 1,5 L roztoku CsCl o koncentraci 0,267 mM. Rozteč mezi kruhovou katodou, vyrobenou ze zinkového drátu o Ø1,2 mm, umístěnou na dně baňky, a anodou z měděného drátu namontovanou těsně pod povrchem odpovídala přesně 205 mm. Zdroj poskytoval stabilní stejnosměrný proud 100 mA a napětí 1,5 V. Experiment trval 16 dní. Skupiny byly složeny z negativních kontrol (C), pozitivních kontrol s EMF (CE), skupin, ve kterých EMF působilo 16 dní (2WE), skupiny, ve které EMF začalo působit ve 2. polovině experimentu (1WE) a skupiny pouze s CsCl (Cs). Každá skupina měla 5 opakování. V nadzemních částech rostlin bylo zjištěno, že koncentrace Cs⁺ se zvyšují od nejnižší ve 2WE přes 1WE až po nejvyšší ve skupině Cs. Průměrné akumulované hodnoty skupin 2WE, 1WE a Cs odpovídaly 2526, 2986 a 3869 mg/kg, v uvedeném pořadí. Výsledky statistických analýz mezi jednotlivými skupinami ukázaly signifikantně nižší ($p < 0,05$) akumulaci Cs⁺ při srovnání 2WE se skupinou ošetřenou pouze Cs. 1WE byla na hranici významnosti, ale vzhledem k malému počtu vzorků tuto hranici nepřekročila. V podzemní části rostlin analýza odhalila nízké průměrné hodnoty pro skupinu 2WE a 1WE s 1831 a 1732 mg/kg. K mnohem vyšší akumulaci došlo ve skupině Cs, kde průměrná hodnota dosáhla 2962 mg/kg. Výsledky statistických analýz potvrdily signifikantně nižší ($p < 0,005$) akumulaci Cs⁺ ve skupinách 2WE a 1WE ve srovnání se skupinou Cs. Výsledky tohoto výzkumu naznačují slibné a potenciální využití v mokřadních biotopech k prevenci kontaminace životního prostředí a přenosu cesia do potravního řetězce.

Přestup radionuklidů Cs a Sr do zemědělských plodin pěstovaných ve skleníku

Autori: Věra Záhorová; Jan Škrkal

Spoluautori: Dana Komínková; Emílie Pecharová; Fatma Öykü Cömez; Jaroslav Vacula; Helena Pilátová; Petr Rulík

Po radiační havárii mohou být radionuklidy kontaminovány rozsáhlé plochy, a tím omezeny možnosti zemědělského využívání krajiny. Pro predikci kontaminace plodin je zásadní znalost transferových koeficientů (TK) půda-rostlina a jejich závislosti na dalších proměnných. Dostupné zdroje udávají TK jednotlivých rostlin v širokém rozmezí hodnot a je obtížné zúžit interval hodnot pro konkrétní místo. Proto byla v rámci projektu BV v roce 2020-21 uskutečněna řada poloprovozních experimentů s pěstováním plodin v různých typech půd odebraných v okolí EDU a ETE s cílem získat reálné hodnoty TK. V této práci předkládáme výsledky pěstování ředkviček, salátu a červené řepy na černozemi ze ZHP EDU.

Půda byla umístěna do květináčů o objemu 25 l a kontaminována Cs-134 a Sr-85 o průměrné plošné aktivitě 309 kBq/m² resp. 145 kBq/m². Pro studium vlivu draslíku a vápníku na TK byly květináče rozděleny do 4 skupin. Do 1. skupiny byl přidán roztok K₂SO₄, půda ve 2. skupině byla posypána 8 g dolomitického vápence, ve 3. skupině byl přidán K₂SO₄ i vápenec. Květináče ve 4. skupině zůstaly bez úpravy. Celkem 72 květináčů bylo rozděleno rovnoměrně do 3 skleníků. V jednotlivých sklenících byla prováděna různě intenzivní závlivka tak, aby byla simulována půda suchá, s normální vlhkostí a mokrá. Aktivita radionuklidů v plodinách byla stanovena pomocí polovodičové (HPGe) spektrometrie gama a byly stanoveny TK. Hodnoty TK vztažené na sušinu se pohybovaly v intervalu 1,9E-3 – 6,6E-2 (Bq/kg)/(Bq/m²) pro Sr-85 a 1,7E-5 – 3,2E-3 (Bq/kg)/(Bq/m²) pro Cs-134. Nejnižší průměrná hodnota TK pro Sr-85 i Cs 134 byla zjištěna v bulvě řepy, nejvyšší průměrná hodnota byla pro Sr-85 v nati ředkvičky a pro Cs-134 v bulvě ředkvičky. Závlivka téměř vždy ovlivňovala množství sušiny. S vyšší vlhkostí došlo ke snížení TK Cs-134 do bulvy i nati ředkvičky a řepy. Závlivka měla vliv i na přestup Sr-85, došlo ke zvýšení transportu do nati ředkvičky; salát měl nejnižší TK Sr-85 při normální závlivce.

Přídavek draslíku ovlivňoval růst rostlin minimálně, ovšem měl vliv na hodnoty TK. Došlo k redukci přestupu Cs-134 do salátu a obou částí řepy a k redukci přestupu Sr-85 do bulvy i nati ředkvičky a naopak došlo ke zvýšení přestupu Cs-134 do nati ředkvičky. Přidání vápníku mělo výraznější vliv jen u růstu bulvy ředkvičky, vliv na přestup obou radionuklidů prokázán nebyl. Práce vznikla v rámci projektu BV MV ČR “Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií (VI20192022153)”.

RadBio - softwarový nástroj pro odhad kontaminace rostlinné biomasy na území zasaženém jadernou havárií

Autori: Jan Helebrant¹; Jan Škrkal; Petr Rulík¹; Petra Hesslerová²; Lenka Kröpfelová²; Jakub Brom³; Jan Procházka³

¹Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.

²ENKI, o.p.s.

³Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Po radiační havárii mohou být kontaminovány radionuklidy (RN) rozsáhlé plochy určené k zemědělské produkci, a tím velmi omezeny možnosti využívání krajiny. Obnovení zemědělské činnosti na zasaženém území bude jednou z priorit. K tomu by měl pomoci i vyvinutý software (SW) RadBio, umožňující odhadnout kontaminaci biomasy rostlin na základě informací o půdních charakteristikách a o úrovni kontaminace půdy. Prezentovaná práce pojednává o tomto SW a o možnostech jeho použití.

SW provádí výpočty pro 3 RN, 70 druhů zemědělských plodin pěstovaných na 15 typech a 5 druzích půdy v závislosti na 6 agrochemických charakteristikách půdy (hodnotě pH a obsahu Cox, Ca, K, Mg a P).

Ke stanovení aktivity v rostlině SW využívá sadu transferových koeficientů (TK) popisujících přestup RN z dané půdy do rostliny, závisících na řadě proměnných, koeficientů a dalších funkcích, které přestup blíže specifikují. Tyto závislosti jsou poměrně komplikované a dosud nepříliš známé. Proto byla navržena i jejich jednodušší varianta, tzv. agregované transferové koeficienty, které v sobě všechny závislosti slučují a jsou závislé pouze na době od havárie. SW se skládá ze 2 samostatných částí. První část je dostupná formou pluginu pro SW QGIS a slouží pro prostorovou vizualizaci predikce aktivity RN v rostlinách pro zadaný rok pro havarijní zóny elektráren Dukovany a Temelín. Prostorovou jednotku představují tzv. díly půdních bloků, z databáze LPIS, ke kterým jsou přiřazeny atributy - půdní charakteristiky, typy kultur, aktivita ve spadu a v půdě po havárii. Kromě mapového výstupu jsou výstupní hodnoty exportovatelné i v tabulkové formě. Součástí výpočtu je i předpověď roku, kdy aktivita klesne pod zadanou úroveň.

Druhá část, vyvinutá pro celou ČR, je desktopová aplikace s tabulkovým a grafickým výstupem predikujícím časový vývoj aktivit RN v rostlinách v závislosti na vstupních hodnotách zadaných uživatelem.

Pro potřeby první části vznikly v rámci projektu dvě sady dat. Jedna je fiktivní, může být šířena spolu se softwarem (modelová data) za účelem seznámení se uživatelským prostředím. Druhá využívá reálná pedologická data. Díky dostupnosti simulačního SW JRODOS na SÚRO byla aplikace testována s daty obsahujícími hodnoty kontaminace odpovídající havarijním podmínkám.

Práce vznikla v rámci projektu BV MV ČR "Optimalizace postupů pro realizaci rostlinné výroby na území zasaženém jadernou havárií (VI20192022153)". SW byl vytvořen ve

spolupráci s Inštitutom radiobiologie, Gomel, Bělorusko.

Specifika evakuace v zónách havarijního plánování jaderných elektráren se zaměřením na diferenciaci populace

Autori: Zuzana Freitinger-Skalická¹; Lenka Michalcová¹; Friedo Zölzer²; Štěpán Kavan¹; Renata Havránková¹

¹Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta

²Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Evakuace ze zóny havarijního plánování je opatření směřující k organizovanému přemístění obyvatelstva a zvířat z ohroženého území. Účelem evakuace v případě radiační havárie je zabránit ozáření obyvatelstva z radioaktivních částic v mraku, z kontaminované půdy a ozáření inhalací. V případě nevhodných opatření v průběhu evakuace (dlouhý pobyt ve vnějším prostoru, provedení v době průchodu radioaktivního mraku nebo nevhodným směrem do radioaktivního mraku), může v důsledku evakuace dojít ke zvýšení ozáření.

Evakuace může být provedena preventivně v předúnikové fázi, nebo se provede až v poúnikové fázi radiační havárie, tj. po průchodu radioaktivního oblaku. Jejím prvořadým smyslem je včasné vyvedení osob z prostoru, který je akutně ohrožený zamořením, na bezpečné místo.

Neodkladná krizová opatření musí být realizována s ohledem na věkové složení obyvatelstva, neboť v populaci rodin v zónách havarijního plánování JE je 11 % rodin, kde je alespoň jeden člen do 6 let. Na opačné straně věkového spektra jsou senioři nad 65 let, kteří jsou zastoupeni v 46 % rodin. Pro evakuaci obyvatelstva je nutné zohlednit skutečnost, že v populaci ZHP je 5 % dětí do 6 let, 13 % dětí a mladistvých od 6 do 18 let, 57 % osob od 18 do 65 let a 25 % seniorů nad 65 let. Neodkladná krizová opatření nutno specifikovat i s ohledem na dojíždění členů domácností do zaměstnání/školy mimo zónu havarijního plánování. Z těchto zón dojíždí do zaměstnání/školy alespoň jeden člen ze 42 % domácností, přičemž z toho z 12 % rodin dojíždí 2 členové a z 8 % rodin více než 2 jejich členové. Při evakuaci musí orgány zabezpečující evakuaci brát v úvahu, že v 16 % rodin je alespoň jejich člen zdravotně postižený, z toho ve 3 % rodin jsou zdravotně postižení 2 členové.

Evakuace řízená je proces, který je řízen představiteli odpovědnými za evakuaci a výkonnými orgány pověřenými řízením evakuace. Evakuované osoby se přemísťují jak s využitím vlastních dopravních prostředků, tak s použitím dopravních prostředků hromadné přepravy, zajištěnými orgány pověřenými řízením evakuace.

Modelovanie radiačnej situácie modelom LPM ESTE v mestskom prostredí po aplikácii špinavej bomby

Autori: Eva Fojciková¹; Michal Marčišovský¹; Peter Čarný¹; Ľudovít Lipták¹; Miroslav Chylý¹; Monika Krpelanová¹; Mária Marčišovská¹; Viera Fabová¹

¹ABmerit, s.r.o.

Prezentovaný je Lagrangeovský časticový model (LPM) implementovaný v SW nástroji ESTE CBRN pre modelovanie šírenia v mestskej zástavbe a aj metodológia výpočtu radiačných dopadov v mestskej zástavbe. Tento prístup modelovania prináša výhody efektívneho paralerizovania výpočtu, čo umožňuje dosiahnutie výsledkov za výrazne kratší časový interval. V rámci príspevku je modelovaná hypotetická udalosť so špinavou bombou v reálnej mestskej zástavbe (centrum mesta Košice), od inicializačnej udalosti až po výpočet radiačných dopadov. Diskutované sú aj rozdiely medzi rôznymi modelmi šírenia v atmosfére – LPM, Eulerov prístup a Gaussovský Particle Trajectory model (PTM).

ESTE CBRN – modelovanie zdrojového členu, atmosférickej disperzie a radiačnej situácie po aplikácii taktickej jadrovej zbrane

Autori: Eva Fojciková¹; Michal Marčišovský¹; Monika Krpelanová¹; Miroslav Chylý¹; Mária Marčišovská¹; Peter Čarný¹; Viera Fabová¹; Ľudovít Lipták¹

¹ABmerit, s.r.o.

V prednáške je prezentovaný postup stanovenia zdrojového členu, v prípade aplikácie taktickej jadrovej zbrane ekvivalentu 1/10/50 kT TNT. Zdrojovým členom tu rozumieme rozloženie aktivity štiepných produktov v atmosfére v okolí epicentra výbuchu, vo fáze stabilizovaného mraku, desiatky minút až jednu hodinu po prvej sekunde výbuchu. Časť zdrojového členu sa môže nachádzať aj nad hranicou troposféry. Prezentované sú výsledky modelovania disperzným modelom LPM v ESTE, za použitia numerickej predpovede poľa vetra GFS/NOAA (dáta až po mezosféru). Porovnané sú výsledky modelovania radiačnej situácie vypočítané modelom LPM a modelom PTM pre územie strednej Európy za predpokladu aplikácie jadrovej zbrane v susednom štáte.

Sekcia Biologické účinky žiarenia a odhad rizika z ožiarenia

Egypt Participation in IRPA Activities

Autor: Dr Mohamed Gomaa¹

¹ *Egypt IRPA representative*

In 1992, Egypt became a member of the International Radiation Protection Association (IRPA). Since then, Egyptian representatives have attended the majority of IRPA congresses and contributed to IRPA publications. In addition, Egypt actively engaged in the activities of the African Regional Congress of the International Radiation Protection Association (AFRIRPA) and hosted the 2nd AFRIRPA Congress.

Regarding current and future radiation protection measures, it is recommended that junior radiation protection staff be provided with responses to IRPA Guidelines materials, particularly those concerning public engagements, culture, and radiation protection certificates.

Due to the scientific contributions of Radiation Protection experts from IRPA, ICRP, and IAEA, new foundations for the future of radiation protection are being formed.

My recommendation is for simple guidelines and recommendations that match the most recent UNSCEAR publication's results.

Účinnosť terapeutických radionuklidů v cılené lıcbı

Autor: Martin Vlk¹

¹ FJFI ČVUT v Praze

Preklinický výzkum v oblasti cílené radionuklidové terapie se v poslední dekádě začal zaměřovat na Augerovy zářiče a zářiče podléhající jedné nebo více kaskádovým přeměnám alfa za současné emise jak beta, tak i gama záření – tzv. „in vivo“ generátory.

V běžné klinické praxi jsou již řadu let využívány při cílených terapeutických aplikacích zejména ¹³¹I (T_{1/2} 8,05 dne) a ¹⁷⁷Lu (T_{1/2} 6,65 dne). Od února 2021 je v České republice k léčbě inoperabilních nebo metastazujících, dobře diferencovaných (G1 a G2) gastroenteropankreatických neuroendokrinních nádorů (GEP-NET), které progredují na léčbě analogy somatostatinu a je u nich scintigraficky potvrzena nadměrná přítomnost somatostatinových receptorů na povrchu tumoru. Klinická účinnost ¹⁷⁷Lu vůči karcinomu prostaty byla rovněž studována a potvrzena. V souvislosti s PSMA a GEP-NETs byly zkoumány možnosti využití alfa zářičů, např. ²²⁵Ac a ²¹³Bi. Aktinium-225 (T_{1/2} 10 dní, α 5,8 MeV) a jeho dceřiný radionuklid ²¹³Bi (T_{1/2} 45 min, α 5,8 MeV (2,1%), β- 1,4 MeV (98%)) jsou studovány v rámci několika klinických studií i preklinického výzkumu. V porovnání s beta zářiči, jež jsou v terapii využívány podstatně delší dobu, je hmotnost emitovaných α částic asi 7000 krát větší než β- částic. Zároveň je energie α -částic 10-30-krát větší než β- částic: α typicky 4-8MeV a β- cca 0,2-2,25MeV. Lineární přenos energie LET α částic je cca 100-krát větší než β- částic. U alfa částic o energiích 4-8 MeV činí LET v tkáni cca 100keV/mikrometr, ke konci dráhy v Braggově maximu se může lokálně zvyšovat až na 300keV/mm. U β- částic typických energií stovky keV je LET jen cca 0,2 keV/mikrometr. Nicméně efektivní dosah α částic v tkáni je podstatně kratší než β- částic. U dolet činí cca 2-5 buněčných průměrů, u β- stovky buněčných průměrů. Augerovy zářiče jsou zmoňovány jako potenciální konkurence k beta zářičům. Pozornost výzkumu je věnována zejména studiu ¹⁶¹Tb, produkovaného v současné době na reaktoru LVR-15 v CVŘ UJV. Posouzení biologické účinnosti výše zmíněných radionuklidů, stanovení MTD, krevního obrazu a funkce ledvin jsou v souvislosti s dozimetrií klíčové parametry pro stanovení efektivity a bezpečnosti terapie.

Cílem přednášky je ukázat dostupná preklinická a klinická data z aplikace radiofarmak se zmiňovanými radionuklidy, pokusit se srovnat jejich biologickou účinnost a představit možné trendy do budoucna.

Simulace stop a indukce poškození DNA izotopy vodíku, helia, lithia, beryllia, boru a uhlíku

Autor: Pavel Kunderát¹

Spoluautori: Werner Friedland; Giorgio Baiocco

¹ ÚJFAV ČR

Radiobiologické účinky iontů byly dosud zkoumány převážně jen pro nejběžněji se vyskytující izotop daného prvku. V některých situacích jsou ale významné i další izotopy. Jedná se např. o deuterony (^2H) nebo izotopy ^{10}C a ^{11}C produkované jadernými reakcemi primárních svazků uhlíku ^{12}C v radioterapii, ^{10}B a ^{11}B v neutronové záchytové terapii (BNCT) a proton-borové záchytové terapii (PBCT), izotopy produkované reakcemi kosmického záření s materiálem stínění na palubě kosmické lodi, případně izotopy jako ^{14}C , ^{13}C nebo ^{10}Be cíleně urychlované v rámci urychlovačové hmotnostní spektrometrie (AMS) pro datování archeologických nebo geologických vzorků.

V příspěvku budou shrnuty systematické simulace stop izotopů ^1H , ^2H , ^3H ; ^3He , ^4He ; ^6Li , ^7Li ; ^9Be , ^{10}Be ; ^{10}B , ^{11}B ; ^{10}C , ^{11}C , ^{12}C , ^{13}C a ^{14}C s energiemi do 0.5 GeV/u a indukce poškození, která tyto izotopy vyvolávají v buněčné DNA. Simulace pomocí biofyzikálního modelu PARTRAC předpovídají, že energie deponovaná do buněčného jádra závisí na počtu neutronů daného izotopu prakticky jen pro energie do 1 MeV/u. Rozdíly mezi izotopy v indukci poškození DNA se pak projeví pouze pro izotopy nejlehčích prvků, zejména vodíku a helia, v menší míře ještě lithia. Například tritony s energií 0,1 MeV/u deponují do buněčného jádra cca 7-krát více energie a indukují cca 11krát více dvojných zlomů DNA než 0,1 MeV protony, i při přepočtu na Gy jsou tedy o více než 50 % účinnější. S rostoucím protonovým číslem se však rozdíly mezi izotopy rychle snižují. Například biologické účinky ^{10}B a ^{11}B jsou při stejné dávce prakticky shodné i pro energie nižší než 1 MeV/u. Podobně lze pro otázky radiační bezpečnosti AMS metod aproximovat biologickou účinnost izotopů ^{13}C a ^{14}C pomocí známých radiobiologických dat získaných pro ^{12}C .

Stanovenie genomickej nestability spôsobenej ionizujúcim žiarením pri mamografii.

Autori: Dušan Šalát¹; Jana Slobodníková; Ivana Guľašová; Vladimír Meluš; Denisa Nikodemová; Anna Šalátová

Ionizujúce žiarenie využívané v medicíne na diagnostiku a liečbu pacientov je nepochybne prínosom pre mnohých z nich, ale zároveň predstavuje aj prídavné riziká, ktorým môžu byť pacienti pri jeho aplikácii v praxi vystavení. Jeden zo základných princípov radiačnej ochrany, ktorý nazývame odôvodnenie skúma, či je prínos z rádiologického vyšetrenia väčší ako ujma, ktorá môže byť takýmto vyšetrením spôsobená. Diskusie o odôvodnení vykonávania preventívnych mamografických vyšetrení pri diagnostike onkologických ochorení (karcinóm mliečnej žľazy) sa v odborných kruhoch vedú desaťročia. Prínosom diagnostickej, alebo skriningovej mamografie pre pacienta i spoločnosť je včasná diagnostika a účinná liečba týchto ochorení, včítane predchádzania onkologickým ochoreniam v rámci prevencie u asymptomatických pacientov. V skorých štádiách onkologických ochorení je priaznivejšia nielen prognóza liečby, ale aj zníženie ekonomických nákladov na liečbu diagnostikovaných pacientov.

Na druhej strane je tu riziko vzniku indukovaných genetických poškodení, ktoré by mohlo viesť k vzniku nových, alebo sekundárnych onkologických ochorení po aplikácii ionizujúceho žiarenia.

V našej pilotnej štúdií, ktorá bola schválená aj etickou komisiou sme hodnotili možné biologické poškodenia (chromozómové aberácie) u siedmich žien vo veku 42 až 50 rokov, u ktorých bolo vykonané štandardné preventívne mamografické vyšetrenie v štyroch projekciách (L-CC, R-CC, L-MLO, R-MLO). Vyšetrenia boli realizované na rádiologickom pracovisku s digitálnym mamografickým prístrojom Fujifilm Amulet Innovality, ktoré bolo komisiou MZ SR pre zabezpečenie kvality v rádiológii, radiačnej onkológii a nukleárnej medicíny zaradené medzi skriningové pracoviská. Zámerne sme do štúdie zaradili ženy mladšie ako 50 rokov, s cieľom analyzovať u nich riziko vzniku biologického poškodenia.

Naše výsledky naznačujú, že v prípade, ak pod vplyvom expozície žiareniu počas mamografického vyšetrenia dôjde k vzniku dicentrických chromozómov a translokácií, tieto vznikajú s rovnakou mierou, úmerne vyšetruvanému organizmu a jeho individuálnych reparačných mechanizmov. Naše dáta naznačujú, že expozícia žiareniu počas mamografie môže viesť k celkovému zvýšeniu početnosti sledovaných aberácií, avšak vzhľadom k obmedzenej početnosti súboru nie sme schopní odhadnúť kvantitu tohto vplyvu, preto bude v budúcnosti nutné do výskumu zahrnúť vyšší počet jedincov.

Povedz, kde ten bór je, kde ho hľadať mám?

Autori: Anna Jelinek Michaelidesová¹; Irina Danilova¹; Kateřina Pachnerová Brabcová¹; Zuzana Jamborová¹; Marie Davidková¹

¹ODZ, ÚJF AV ČR, v.v.i.

Rádioterapia je jedným z hlavných pilierov v liečbe rakoviny popri chemoterapii a chirurgickej operácii. Pre zlepšenie liečebných výsledkov rádioterapie, hlavne zvýšenie účinku na nádorové bunky pri šetrení zdravého tkaniva, sa stále hľadajú nové prístupy. Podobne ako v záchytnnej neutrónovej terapii (NBCT) je skúmaná možnosť protónovo bórovej fúznej terapie (PBFT). Pri PBFT je účinok protónového zväzku zvyšovaný reakciou protónov s bórom za vzniku troch alfa častíc, vyznačujúcich sa vysokou biologickou účinnosťou. Alfy majú zároveň krátky dosah, preto bude efektívnosť terapie závisieť aj na distribúcii bóru v nádorovej bunke.

Vďaka svojim chemickým vlastnostiam je detekcia bóru náročná, obzvlášť skúmanie jeho koncentrácie a distribúcie v kompartmentoch bunky. Do úvahy pripadá metóda emisnej spektrometrie s indukčne viazanou plazmou (inductively coupled plasma optical emission spectrometry, ICP-OES), prípadne hmotnostná spektrometria s indukčne viazanou plazmou (inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS) - pomocou ktorých vieme detekovať bór v bunkovej hmote. Jedným z mála spôsobov získania štruktúrálnej informácie je takzvaná spektroskopia strát elektrónov (electron energy loss spectroscopy, EELS).

V našej práci sme sa sústredili na odhaľovanie prítomnosti bóru pomocou ICP-OES a EELS v bunkách glioblastomovej línie U251. Ako bórový nosič bola použitá zlúčenina merkaptododekaborát sodný (BSH). Zo sérií buniek inkubovaných s rôznymi koncentraciami bóru a následne s rôznou intenzitou oplachované v roztoku fosfátového pufru (phosphate buffered saline, PBS) sa pomocou kyseliny dusičnej pripravili lyzáty, v ktorých sa metódou ICP-OES detekoval bór. V prípade EELS boli nádorové bunky s pridanou bórovou zlúčeninou spracované metódou ultrarýchleho zmrazenia, ktoré zachová molekuly v bunke v ich pôvodných pozíciách. Následne sú tieto zaliate do živice a narezané na ultratenké (rádovo nm) rezy, ktoré sú snímané transmisným elektrónovým mikroskopom. V príspevku predstavíme výsledky oboch metód.

Vyřazení cyklotronu PET Centra ÚJV Řež

Autor: Karel Prchal¹

¹ ÚJV Řež, a. s.

V květnu 2022 proběhla v PET Centru ÚJV Řež v areálu Nemocnice Na Homolce unikátní modernizace zázemí pro výrobu radiofarmak - cyklotron IBA, který si tu odsloužil 23 let, nahradil nejnovější Cyclone KIUBE. Vyřazený cyklotron byl převezen do Řeže a uložen ve skladu Centra nakládání s radioaktivními odpady, kde bude ovzorkován, bude průběžně měřena jeho aktivace a po jejím poklesu pod uvolňovací úroveň bude uvolněn do životního prostředí.

Odezva glioblastomových buněčných linií na ozáření v přítomnosti boru

Autori: Anna Jelinek Michaelidesova¹; Irina Danilova¹; Marie Davidková¹; Zuzana Jamborová¹; Kateřina Pachnerová Brabcová¹; Oldřich Zahradníček¹; Pavel Kunderát¹

¹Ústav jaderné fyziky AV ČR, v.v.i.

Nedávno publikované výsledky experimentálních studií potvrzují účinnost protonové borové záchytové terapie pro buňky lidského adenokarcinomu prostaty DU145, karcinomu pankreatu PANC-1 a epitelu mléčné žlázy MCF-10A. Na druhou stranu jiná laboratoř, která také používala buňky DU145, uveřejnila kontroverzní poznatky, že bor působí jako radiosenzitizátor jak po ozáření protony, tak také fotony. Možný diskutovaný mechanismus spočívá ve fúzní reakci protonů s ¹¹B, ke které dochází zejména při nízkých energiích protonů v Braggově píku, nebo sekundárních neutronů s ¹⁰B. V obou případech jsou produkovány nabitě částice krátkého dosahu s vysokou hustotou ionizací a odpovídající vysokou radiobiologickou účinností.

Naše skupina v současné době pracuje s buňkami glioblastomových linií U-87 MG a U-251 MG. Abychom otestovali možné zvýšení letálního poškození buněk po ozáření za přítomnosti boru, byly buňky U-87 MG a U-251 MG ozářeny svazky fotonů nebo protonů. Buněčné monovrstvy byly ozařovány bez a nebo v přítomnosti klinicky relevantní koncentrace 40 ppm ¹¹B obsaženého ve sloučenině merkaptododekaborát sodný (BSH). BSH snížilo klonogenní přežití buněk po ozáření klinickým svazkem 190 MeV protonů v Braggově píku, ale ne v oblasti plata. U 6 MV fotonů nebyl pozorován žádný účinek. U 18 MV fotonů byl zjištěn trend ke zvýšené účinnosti pomocí BSH, účinek boru nicméně není statisticky významný. Výsledky podporují očekávání aplikačního potenciálu boru v protonové terapii a umožňují opatrný optimismus ohledně obecné platnosti radiosenzitizace borem pro různé buněčné linie.

Dynamics of p53 protein in tumor cells caused by radiation

Autori: Irina Danilova¹; Martina Zíková²; Jana Klementová¹; Marie Davidková¹

¹NPI CAS CZ

²UMG CAS CZ

The p53 protein is customarily called the genome guardian and considered the major tumor suppressor. Mutations in this protein are present in more than half of cancers and change the normal cell processes, affecting cell motility and invasion. The p53 protein regulates a number of key processes, including cell cycle arrest, DNA repair, apoptosis, senescence, and cell survival.

In our research, we investigated the effect of low doses of irradiation on the oscillatory dynamics of the p53 protein. The breast cancer cell line MCF7 was irradiated Co-60 gamma rays. The protein levels in irradiated cells were determined by Western blot analysis. In addition, the expression levels of selected p53-responsive genes were measured by means of the quantitative real-time PCR. The oscillatory dynamics of p53 protein after irradiation at both low and high doses were detected. The results were further confirmed by measuring changes in the expression of p53-regulated genes p21, GADD45A, and MDM2.

A significant proportion of cancer patients receive radiation as a critical part of their treatment. Hence, the goal of our project is to assess the possibility of the p53 oscillation determination for prediction of the outcome of radiotherapy.

Nové výzvy radiačnej ochrany pri výkonoch intervenčnej rádiológie

Autor: Martina Horváthová¹

Spoluautori: Igor Gomola ; Zuzana Bárdyová ²; Tibor Balázs ³

¹Trnavská univerzita FZaSP

²Trnavská univerzita v Trnave

³CINRE Bratislava

Minimálne invazívne výkony na mozgových, srdcových či periférnych cievach sa radia medzi čoraz častejšie realizované výkony. Z najaktuálnejšie dostupných údajov vyplýva, že za posledných desať rokov došlo až k šesťnásobnému nárastu týchto výkonov. Zatiaľ čo stochastické účinky sú bezprahové a nepredvídateľné, deterministické účinky vznikajú v prípade, ak dôjde k prekročeniu určitej prahovej dávky. Avšak mnohokrát práve tkanivové reakcie patria k neľahko rozpoznateľným komplikáciám, pretože sa nemusia objaviť bezprostredne po intervenčnom výkone. Z tohto dôvodu je veľmi dôležité monitorovanie ožiarenia pacientov a udržiavanie expozícií na najnižšej možnej úrovni. Bez náležitých opatrení môžu byť pacienti v dôsledku komplikovaných a dlho trvajúcich výkonov vystavení zbytočne neprimeraným expozíciám. S cieľom zvýšenia radiačnej ochrany pri intervenčných postupoch pomocou fluoroskopie, či už z hľadiska radiačnej ochrany pacientov alebo zdravotníckych pracovníkov, medzinárodné organizácie v spolupráci s IAEA identifikovali nové výzvy týkajúce sa predchádzania potenciálnych biologických účinkov. V našom príspevku sa budeme venovať radiačnej ochrane pacientov na pracovisku intervenčnej rádiológie nie len z pohľadu hodnotenia radiačnej záťaže, ale aj vzniku potenciálnych tkanivových reakcií.

Potenciál nano častíc z kyseliny hyalurónovej v terapii radiačného poškodenia pľúc

Autori: Anna Lierová¹; Jana Čížková^{None}; Alžběta Filipová^{None}; Lenka Andrejsová²; Marcela Milanová³; Zuzana Bílková⁴; Nikola Mannová⁴; Lucie Korecká⁴; Zuzana Šinkorová⁵

¹*Katedra radiobiologie, Fakulta vojenského zdravotnictva, UO*

²*Fakulta vojenského zdravotnictví, Univerzita obrany, Hradec Králové*

³*Katedra radiobiologie, Fakulta vojenského zdravotnictví, UO*

⁴*Katedra biologických a biochemických věd, Fakulta chemicko-technologická, Univerzita Pardubice*

⁵*Univerzita obrany*

Za posledné tri desaťročia bol zaznamenaný významný pokrok využívanie nanotechnológií vo výskume ako aj medicíne. Tento vývoj viedol k nespočetnému množstvu nových terapeutických, diagnostických či teranostických postupov, čo vedie k zlepšeniu výsledkov liečby a stavu pacienta. Výrazné uplatnenie našli nanočastice aj v rádiobiológii. Nové materiály a štruktúrne usporiadanie nanočastíc sa aktuálne zameriava na vývoj nových rádioprotektív či mitigátorov, ktoré by ochránili tkanivo pred dôsledkami radiačného poškodenia, poprípade aspoň výrazne zmiernili jeho účinky.

Cieľom nášho výskumu je objasniť mechanizmus účinku nanočastíc z kyseliny hyalurónovej pri radiačne indukovanom poškodení pľúc a dosiahnuť zlepšenie stavu tkaniva. Súčasné vedecké poznatky potvrdzujú významnú úlohu kyseliny hyalurónovej (HA) v pľúcnej homeostáze a patológii. HA je jedným z kľúčových faktorov pri regulácii zápalu, opravy poškodenie a obnovy homeostázy. Zvoleným postupom s využitím nanočastíc, namiesto lineárnych reťazcov molekuly, je dosiahnuté cielenejšie podanie a zlepšenie biologického polčasu v tkanive, čím sa výraznejšie môžu prejaviť biologické, signalizačné a regulačné vlastnosti HA.

Kritickým bodom poškodenia pľúc po ožiarení je oneskorený rozvoj radiačnej fibrózy (RF). Pre toto poškodenie je charakteristické nadmerná a pretrvávajúca produkcia proteínov extracelulárnej matrice, akumulácie fibronektínu a kolagénu, čo vedie k fyziologickému poškodeniu tkaniva a dysfunkcii orgánu. RF nevzniká nie len po ožiarení, ale tento stav je výsledkom aj po viacerých infekčných ochoreniach či genetických predispozíciách. Mechanizmus RF stále nie je kompletne objasnení.

Výsledky našej in vivo štúdie na experimentálnom modeli potvrdili, že nanočastice z HA významne prispievajú k zmierneniu procesu RF, hlavne v dôsledku zmeny molekulárneho a bunčného stavu v tkanive po ich aplikácií v porovnaní s len ožiarovým modelom. Na molekulárnej úrovni boli pozmenené hladiny pro-fibrotických proteínov a taktiež, bolo zistené rozdielne zastúpenie v tkanive v populácií neutrofilných granulocytov a T-lymfocytov, čo sa výsledne prejavilo aj na celkovom zlepšení stavu pľúcneho tkaniva. Experimentálne sme potvrdili potenciál nanočastíc a ich možné uplatnenie v terapii radiačného poškodenia pľúc.

Moderní trendy využití kyseliny hyaluronové v radiobiologii

Autor: Zuzana Šinkorová¹

Spoluautori: Alžběta Filipová¹; Marcela Milanová¹; Jana Čížková¹; Lenka Andrejsová¹; Zuzana Bílková²; Lucie Korecká²; Nikola Mannová²; Anna Lierová³

¹Univerzita obrany

²Univerzita Pardubice

³Katedra radiobiologie, Fakulta vojenského zdravotnictva, UO

Kyselina hyaluronová je polysacharid, který je hlavní složkou extracelulární matrix. V organismu se účastní regulací různých biologických buněčných procesů.

Tato zajímavá molekula může najít uplatnění v mnoha biomedicínských oborech včetně oblasti ochrany před ionizujícím zářením anebo pro terapii poškozených tkání po negativních účincích ionizujícího záření, protože společným rysem všech orgánových poškození je zřetelná změna ve složení a struktuře extracelulární hmoty, která je závislá na přijaté dávce a buněčném složení daného orgánu. Exogenní podání kyseliny hyaluronové snižuje poškození jater a plicní tkáně pomocí mechanismu snížení produkce prozánětlivých cytokinů vyvolaných T lymfocyty.

Podání nanopartikulí kyseliny hyaluronové vyvolává v současné době mnoho otázek týkajících se jejich výroby, velikosti, stability, biodegradability a jejich vlivu na viabilitu buněčných populací. Další otázkou je jejich stabilita po aplikaci ionizujícího záření.

Naše odborné zaměření v souvislosti s kyselinou hyaluronovou je na léčbu radiačního poškození plic, které je nevratné a vyvolává zejména u onkologických pacientů chronické radiačně indukované plicní poškození, které vede k fibrotizaci plicní tkáně.

Proto byla provedena rozsáhlá studie odpovídající na otázky bezpečnosti nanopartikulí kyseliny hyaluronové, které by mohly po aplikaci před plánovanou radioterapií tomuto onemocnění efektivně předcházet a mohly by být použity i jako radioprotektivní látka v případě radiačních nehod. Studie byla provedena v systému in vitro na buněčných liniích odvozených od plicních buněčných progenitorů bez aplikace a s aplikací ionizujícího záření. Výsledky ukazují vyšší biokompatibilitu měřenou pomocí cytotoxického testu a zároveň viabilitu testovaných linií ve prospěch linií, kterým byla podána kyselina hyaluronová před ozářením ve formě nanopartikulí.

Sekcia „Jadrová energetika, vyrad'ovanie jadrovo-energetických zariadení a nakladanie s rádioaktívnym odpadom“

Vyhodnotenie projektu minimalizácie RAO v SE, a.s. za obdobie r. 2007-2022, míľniky a výzvy

Autor: Anna Tomášková

Spoluautori: Jozef Lukačovič; Marek Hrkút ; Dušan Kusý; Pavel Lamprecht

Cieľom minimalizácie rádioaktívnych odpadov v SE, a.s. je prevádzkovať jadrové elektrárne tak, aby množstvo a aktivita vytvorených rádioaktívnych odpadov boli na tak nízkej úrovni, ako je rozumne dosiahnuteľné (ALARA). Redukcia sa dosahuje pomocou technických a organizačných opatrení. Všetky tieto opatrenia boli v SE, a.s. zahrnuté od r.2007 v dlhodobom projekte minimalizácie prostredníctvom konkrétnych investičných projektov IPR. Projekt minimalizácie bol vyhodnocovaný po technickej aj finančnej stránke v dvoch etapách: r.2007-2012, r.2012- súčasnosť. Počas realizácie boli jednotlivé IPR priebežne kontrolované, prehodnocované, prípadne modifikované na základe skúseností z inej lokality. Výsledkom celého projektu minimalizácie je významné zníženie vytvorených rádioaktívnych odpadov a predpokladanej finančnej rezervy na ich spracovanie a uloženie. Dlhodobé prehľady tvorby to jednoznačne potvrdzujú. Aj v porovnaní s ostatnými VVER elektrárňami sme dosiahli vynikajúce výsledky (MAAE). Dlhodobo stabilne nízke hodnoty tvorby RAO sú výzvou pre ďalšie zlepšenie- hľadanie nových možností, implementácie záverov samohodnotenia, benchmarkingu, pokračovanie v projekte prostredníctvom investovania do technológie. V EMO12 bola ukončená inštalácia zariadenia DTS/AVANTECH na spracovanie rádioaktívnych koncentrátov. Jedná sa o jedinečné zariadenie, ktorého vysoká účinnosť redukcie objemu rádioaktívnych látok bola testovaná v minulosti v laboratórnych podmienkach EBO.

Optimalizace měřicích geometrií vzorků na Oddělní spektrometrie SÚRO v. v. i.

Autor: Michal Sloboda

Spoluautor: Miroslav Hýža

Vzorky biomasy a potravin jsou v rámci sítě monitorování radiační situace (MRS) rutinně analyzovány metodami polovodičové spektrometrie záření gama. Standardně je velkoobjemový vzorek bez další úpravy převeden do třílitrové Marinelliho nádoby a poté měřen na HPGe detektoru. Kompresí vzorků do této geometrie je často obtížná (zejména v případě pružných vzorků jako je seno apod.) a vede k nehomogennímu rozložení v objemu vzorkovnice. Zvýšení kompresního poměru (KP) a zlepšení výsledné homogenity vzorku bylo dosaženo lisováním 60t hydraulickým lisem v nerezové lisovací matici a následným mletím specializovaným vysokootáčkovým mixérem (3500 - 4500 RPM) po dobu dvou minut. V porovnání se standardním přístupem bylo dosaženo cca dvojnásobného zvýšení KP pro trávy. Možnost kroskontaminace vzorků je zanedbatelná, na nerez postačuje oplach a vytření lihem/EDTA.

Celková časová náročnost této přípravy pro třílitrovou Marinelliho nádobu je 25-30 min/vzorek včetně lisování a mletí.

Pro takto připravené vzorky bylo dosaženo $NVA = 4,70 \times 10^{-02}$ Bq/kg pro ^{137}Cs z měření na 150 % HPGe detektoru. V porovnání se standardně připraveným vzorkem bylo dosaženo 1,3 – 2,2 násobného snížení NVA v případě ^{137}Cs pro trávy.

Obdobným způsobem jsou zpracovávány také vybrané potraviny (maso, ovoce, zelenina), pro které byly stanoveny optimální parametry teploty a délky sušení pro dosažení co nejvyššího KP.

Práce byla vykonána na základě Institucionální podpory Ministerstva vnitra pro rok 2021, MV-251161/OBVV-2021

Porovnaní výsledků nezávislého monitorování radionuklidů ve výpustech z ventilačních komínů JE

Autor: Pavel Žlebčík¹

Spoluautori: Petr Rulík¹; Michal Fejgl¹; Marek Kurfiřt²; Rostislav Striegler²; Milan Hort³

¹SÚRO, v. v. i.

²ČEZ, a. s.

³ÚJB

V rámci kontrolní činnosti Státního úřadu pro jadernou bezpečnost je prováděno nezávislé monitorování výpustí z jaderných elektráren Dukovany (EDU) a Temelín (ETE) prostřednictvím laboratoří Státního ústavu radiační ochrany (SÚRO). V roce 2019 byla pro účely kontroly výsledků monitorování výpustí z jaderných elektráren (JE) vytvořena metodika, podle které jsou výsledky monitorování výpustí zpracovávány. Metoda je založena na porovnání dvou souborů aktivit radionuklidů stanovených ve výpusti JE aplikací matematické statistiky. Jeden soubor dat je získáván ze zpráv provozovatele JE a druhý v rámci nezávislého monitorování poskytují laboratoře SÚRO. Příspěvek je primárně zaměřen na vyhodnocení porovnání aktivit radionuklidů stanovených pomocí spektrometrie gama v týdenních a ve spojených měsíčních vzorcích aerosolových filtrů pokrývajících kontinuálně celý kalendářní rok. Okrajově se příspěvek věnuje i vyhodnocení porovnání aktivit plyných forem jódu (¹³¹I) zachycených v sorbentu a stanovených rovněž pomocí spektrometrie gama, ³H v destilátu vzdušné vlhkosti a ¹⁴C v karbonátovém roztoku stanovených pomocí techniky kapalinové scintilační spektrometrie (LSC). Do hodnocení byly zahrnuty výsledky analýz vzorků odebraných ze dvou ventilačních komínů EDU a pěti ventilačních komínů ETE v období let 2020-2021. V případě obou JE lze konstatovat, že hodnoty jsou ve velmi dobré shodě s nezávislým monitorováním a počet statisticky významně rozdílných hodnot se pohybuje na nízké úrovni, do 5% (odpovídá zvolené hladině spolehlivosti 95%, a tedy je vysvětlitelný statistickou povahou procesu měření).

Monitorovanie veľkorozmerných kovových komponentov zvyraďovania JE A1 za účelom ich uvoľnenia spod administratívnej kontroly do ŽP

Autor: Alojz Slaninka

Spoluautor: Jana Vajdová

Cieľom uvoľňovania kovových materiálov spod administratívnej kontroly do ŽP je minimalizácia tvorby RAO a opätovné využitie materiálov.

Štandardný spôsob uvoľňovania materiálov je založený na monitorovaní hmotnostnej aktivity na štandardných monitorovacích pracoviskách pre uvoľňovanie do ŽP, ktoré používajú ako meracie nádoby 200 L sudy alebo 600 L kontajnery. Plošná aktivita povrchovej kontaminácie predmetov určených na uvoľnenie do ŽP je monitorovaná ručnými prenosnými meradlami ešte pred ich vložením do 200 L suda. Takýto spôsob uvoľňovania vyžaduje fragmentáciu komponentov na rozmery umožňujúce ich vloženie do 200 L suda. Preto bol pre uvoľňovanie veľkorozmerných kovových komponentov (VKK) vypracovaný samostatný metodický postup, schválený Úradom verejného zdravotníctva SR. Metodika obsahuje metódy a postupy merania, techniku a hustotu vzorkovania ako aj postupy rozhodovania a interpretácie dosiahnutých výsledkov meraní. Metodika je založená na monitorovaní plošnej aktivity povrchovej kontaminácie na 100% povrchu v pravidelnej monitorovacej sieti priamou metódou, stierateľnej povrchovej kontaminácie na základe odberu oterov, fixovanej povrchovej kontaminácii na základe odberu odbrusov a monitorovaní hmotnostnej aktivity na základe reprezentatívneho odberu vzorky odvrtu alebo meraním časti VKK vlozenej do 200 L suda na štandardnom monitorovacom pracovisku pre uvoľňovanie do ŽP.

Takýto postup sa aplikuje v prípade VKK, ktorých fragmentácia na rozmery umožňujúce ich uloženie do 200 L by bola nákladnejšia, časovo náročnejšia a viedla by k vyššej dávkovej záťaži pracovníkov v porovnaní s ich monitorovaním v celku. Metodika je aplikovateľná na VKK, ktoré majú monolitický charakter bez vnútorných dutín a ktorých rozmery a tvar umožňujú prístupnosť ku všetkým povrchom za účelom dekontaminácie a monitorovania. Metodika bola vypracovaná ešte v roku 2015, pôvodne za účelom uvoľňovania fragmentov závažacích strojov. V roku 2018 bola rozšírená o ďalšie komponenty turbokompresorov. Posledná verzia bola vypracovaná v roku 2020, pričom sa vzťahuje všeobecne na VKK spĺňajúce požiadavky pre takýto spôsob uvoľňovania.

V príspevku budú prezentované metódy a postupy monitorovania, bilancia doteraz uvoľnených VKK touto metodikou a získané skúsenosti.

Radiačná záťaž betónových konštrukcií v okolí reaktora VVER 440 z pohľadu dlhodobej prevádzky

Autor: Róbert Hinca¹

Spoluautori: Branislav Stríbrnský; Michal Šnírer; Vladimír Slugeň

¹ Slovenská technická univerzita v Bratislave

Šachta reaktora je počas svojej životnosti vystavená pôsobeniu žiarenia. Betónové konštrukcie patria medzi komponenty s dlhodobou životnosťou, ktorá presahuje plánovanú dobu prevádzky. Dnes hovoríme o dlhodobej prevádzke jadrového bloku, ktorá je stanovená na 60 rokov a preto je nevyhnutné preukázať vyhovujúce charakteristiky konštrukčných prvkov aj za hranicami projektovej životnosti. Životnosť betónových konštrukcií závisí od správneho projektu, kvality betonárskych prác, pracovného zaťaženia a podmienok prostredia. Ožiarenie je jeden z mnohých faktorov, ktoré sa posudzujú pri hodnotení životnosti betónu. Detailný MCNP model reaktora a okolitých konštrukčných prvkov nám umožnil vypočítať očakávané hodnoty fluencie neutrónov ku koncu dlhodobej prevádzky bloku. Z dostupných prameňov sme vyhodnotili procesy spôsobené ožiarением v betóne a hlavne zmeny pevnostných parametrov v závislosti od ožiarenia. Za hraničnú úroveň ožiarenia, kedy sa začínajú podstatne prejavovať degradačné procesy v betóne a rapídne padajú pevnostné parametre, je považovaná hodnota fluencie neutrónov 10^{19} cm^{-2} . Výpočty preukázali rádovú bezpečnostnú rezervu z pohľadu ožiarenia a spolu s ostatnými parametrami prostredia nám dovolili kladne vyhodnotiť aj ostatné charakteristiky ovplyvňujúce životnosť betónových konštrukcií.

Postupy pro úpravu odpadu z bioplynových stanic kontaminovaného radioaktivním cesiem

Autor: Jan Škrkal¹

Spoluautor: Jana Drahozalová¹

¹ *Státní ústav radiační ochrany, v. v. i.*

Při radiační havárii velkého rozsahu může dojít ke kontaminaci velkých ploch radionuklidy. V zemědělsky využívané krajině tak mohou být znehodnoceny velké objemy rostlinných produktů (biomasy) určených k přímé lidské spotřebě nebo ke krmivářským účelům v takové míře, že nemohou být dále k uvedeným účelům použity. Vhodnou technologií umožňující biomasu obsahující nadlimitní množství radionuklidů zpracovat a energeticky využít jsou bioplynové stanice (BPS) široce rozšířené i na území ČR.

Kromě hlavního produktu bioplynu, zdroje elektrické energie, však vzniká při zpracování biomasy v BPS i velké množství fermentovaného odpadního produktu zvaného digestát, do kterého přechází převažující množství radioaktivity. Aby mohla být biomasa v BPS bezpečně využita, musí být digestát upraven. V rámci výzkumu jsme z tohoto důvodu testovali některé metody úpravy digestátu kontaminovaného radionuklidem Cs-134, které se jeví jako slibné z hlediska dostupnosti technologie, surovin a účinnosti. Jsou jimi mechanická separace, sorpce a evaporace.

Pro rozdělení digestátu na pevnou a kapalnou frakci bylo při experimentech použito mechanické dělení 1 mm sítím kombinované s úpravou kapalně frakce flokulanty nebo chemicky destrukcí stabilních organických koloidních komplexů. Poté bylo Cs-134 z kapalně frakce sorbováno buď pomocí biouhlu, hexakysyželeznatanu měďnatého nebo kompozitního sorbentu vytvořeného kombinací obou těchto materiálů. Biouhel vyrobený ze separátu, který byl aplikován jako levná odpadní surovina se sorpčním potenciálem, neposkytoval individuálně uspokojivé výsledky při odstranění cesia z roztoku. Jeho dekontaminační faktor (DF) byl jen 2. Jako účinnější se ukázal kompozit s DF 85, ten ale nedosahoval účinnosti hexakysyželeznatanu s DF 200. Byla též stanovena sorpční kapacita cesia na 1 gramu biouhlu 2E-13 g a kompozitu 22,8 mg. Kromě mechanické separace a sorpce byla také aplikována jednoduchá destilace kapalně frakce za vzniku velmi čistého kondenzátu s maximálním DF procesu 86500.

Experimenty byly uskutečněny v rámci projektu BV MV ČR „Likvidace radiačně kontaminované biomasy po havárii JE – distribuce v krajině, logistika sklizně, využití bioplynovou technologií (VI20172020098)“.

Correlation of Cs-137 and Sr-90 in Contaminated Concrete

Autor: Martin Lištjak¹

Spoluautori: Alojz Slaninka; Jakub Dolniak ; Dávid Bednár

¹VUJE, a.s.

Activity profile of Cs-137 and Sr-90 radionuclides were examined in contaminated concrete surfaces originated from nuclear power plant and result are presented in the paper. There were several incidents in the NPP where concrete surface was in contact with liquid media which caused that contamination diffused from concrete surface to deeper layers. According to recommendation relating to scaling factors it is proposed to link difficult to measure radionuclide Sr-90 to Cs-137 as a key radionuclide. In the paper it was examined that the recommendation is valid for deep layers as well. Activity profile was assumed to be exponential and it was verified by experimental works. The activity distribution is characterized by relaxation length, which seems to be the same for both radionuclides. The geometrical mean of relaxation length was determined to be $L_r = 0.3$ cm.

Využití metodiky stanovení sumární alfa bety aktivity jako screeningového měření během vyřazování

Autor: Daniel Götz

¹ ÚJV Řež, a.s.

Stanovení sumární alfa a beta aktivity pomocí proporcionálního detektoru je zavedená metodika především v oblasti vodohospodářství (ČSN 75 7611, ČSN 75 7612) určená ke stanovení celkové objemové aktivity z hlediska kvality vody. Tato metoda stanovení je však i účinným pomocníkem při hodnocení a plánování odběrů vzorků během vyřazování jaderných zařízení a pracovišť z důvodu její rychlosti a nižší náročnosti na vybavení.

Radionuklidy typicky obsažené v odpadních materiálech jako např. Am-241, Cs-137, Co-60 jsou stanovitelné pomocí gama-spektrometrie. To však neplatí pro další významné kontaminanty, jako například Pu-238, Pu-239, Sr-90, C-14, které nejsou touto metodou detekovatelné kvůli velice nízkým energiím, výtěžkům či úplné absenci emise záření gama. Pro gama detektor obtížně stanovitelné radionuklidy se v případě podezření na jejich výskyt musí analyzovat pomocí vysoce specifických, ale časově i finančně náročných separačních technik a následně měřit např. pomocí alfa-spektrometrie, či kapalinové scintilační spektrometrie.

Současným využitím a porovnáním získaných hodnot z gama-spektrometrie a sumárních alfa a beta aktivit však můžeme účinně odhalit, zdali je celková aktivita vzorku popsána identifikovanými gama radionuklidy, anebo je potřeba provést další analýzy. Metoda s sebou nese nejedno úskalí v podobě přípravy vzorku, rozdílné účinnosti měření jednotlivých radionuklidů, vyšších detekčních limitů a též přeslechu záření alfa do beta, a proto je nutné výsledky vždy správně interpretovat.

Analýzy veľkosti oblasti ohrozenia pre jadrové zariadenia JAVYS

Autori: Ľudovít Lipták¹; Monika Krpelanová¹; Peter Čarný¹

Spoluautori: Eva Fojčíková¹; Viera Fabová¹; Miroslav Chylý¹

¹ABmerit, s.r.o.

V prednáške je prezentovaný metodický postup výpočtov a analýz pre účely stanovenia veľkosti oblasti ohrozenia pre jadrové zariadenia iné ako zariadenia s jadrovým reaktorom. Diskutovaný je prístup k výberu scenárov relevantných havarijných udalostí a postup stanovenia zdrojových členov. Na konkrétnych príkladoch sú demonštrované výsledky analýz veľkosti oblasti ohrozenia pre jadrové zariadenia na spracovanie a ukladanie rádioaktívneho odpadu v lokalite Bohunice.

Prílohy

CANBERRA-PACKARD

POPREDNÝ DODÁVATEĽ MONITOROVACÍCH SYSTÉMOV RÁDIOAKTIVITY

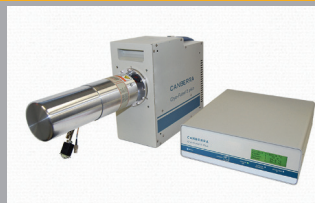


Canberra
Packard



- Výpuste na hranici so životným prostredím a v ňom
- Materiály uvoľňované pri vyradovaní jadrových elektrární
- Kontaminácia pracovníkov a ich odevov, nástrojov
- Kontaminácia pracovného prostredia
- Radiačná bezpečnosť práce v kontrolovanom pásme
- Monitorovanie vstupov a výstupov

CANBERRA-PACKARD s. r. o.
Vojtecha Tvrdého 13, 010 01 Žilina • +421 41 500 6750



EXKLUZÍVNY PARTNER FIRMY TECHMART

- Priemyselné gama skenery rádioaktivity odpadov v sudoch
- Meracie zariadenia pre uvoľňovanie materiálov do životného prostredia
- Izokinetické odberové zariadenia aerosolov a vzácnych plynov
- Laboratórne olovené tienenia pre detektory HPGe



TechMart



CANBERRA-PACKARD s. r. o. • Vojtecha Tvrdého 13, 010 01 Žilina • +421 41 500 6750



Canberra Packard



Ručné meradlo dávky a dávkového príkonu RDS-32

Schválenie typu TSK 441/22-094

Merací rozsah: 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ – 100 mSv/h (verzia WR 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ – 10 Sv/h)

Prevádzková teplota: -25°C až +60°C

Voliteľne so zabudovaným telemetrickým modulom pre komunikáciu s AWM



Rozmery: 116 x 72 x 32 mm

Možnosť pripájania externých sond

Ochrana: IP67



Mnohokanálový analyzátor LYNX-II



Dve skupiny 32k kanálov každá

Informačný displej

Zvýšená kybernetická bezpečnosť

Zdokonalená stabilita pri vysokých čítnostiach a meniacej sa teplote

Micro USB, 10/100/1000 BASE-TX Ethernet



Ing. Július Plško **EKOSUR**

919 31 Jaslovské Bohunice, Slovakia

tel.: +421-(0)33-5908 115, fax: +421-(0)33-5908 120

e-mail: plsko@ekosur.sk, www.ekosur.sk

PROJEKTOVÝ MANAŽMENT
PROJECT MANAGEMENT

- riadenie projektov IPMA certifikovanými projektovými manažermi a ich zmluvné personálne poskytovanie

KÚPA ALEBO PREDAJ PODNIKU – AUDIT
BUY OR SALE OF ENTERPRISE - AUDIT

- environmentálny, právny a podnikateľský audit

PRIESKUM, HODNOTENIE A OCHRANA ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA
THE SURVEY, ASSESSMENT AND PROTECTION OF THE ENVIRONMENT

- monitorovanie a ochrana životného prostredia
- návrh, projektovanie a realizácia monitorovacích systémov a užívateľských geografických informačných systémov (GIS)
- posudzovanie vplyvov na životné prostredie (EIA)
- výpočtové modelovanie šírenia kontaminácie v podzemných a povrchových vodách

GEOLICKÉ PRÁCE
GEOLOGICAL WORKS

- ložiskový, hydrogeologický, inžinierskogeologický prieskum a geologický prieskum životného prostredia,
- geochemické, meračské, geofyzikálne, technologické a laboratórne práce
- monitorovanie geologických faktorov životného prostredia
- Sanácia geologického prostredia a environmentálnej zátáže
- Odborný geologický dohľad pri sanácii
- Vypracovanie geologickej štúdie a odborného geologického posudku

STAVBY A TECHNOLOGIE
CONSTRUCTIONS AND TECHNOLOGY

- projektové a konštrukčné práce, inžinierska činnosť
- prieskumné a podzemné práce, demolácie a zemné práce
- projektovanie a dodávka laboratórií a lyzimetrických zariadení

SLUŽBY PRE NUKLEÁRNY PRIEMYSEL
SERVICES FOR NUCLEAR INDUSTRY

- výskumno-vývojové práce, rádioekológia, radiačná bezpečnosť
- projektová, bezpečnostná, prevádzková a EIA dokumentácia
- monitorovanie ionizujúceho žiarenia na pracovisku alebo v jeho okolí na účely hodnotenia ožiarovania osôb

ODPADOVÉ HOSPODÁRSTVO
WASTE MANAGEMENT

- nakladanie s nebezpečnými a ostatnými odpadmi
- projektovanie a realizácia stavieb skládok odpadov, prieskum vplyvov na ŽP, nápravné opatrenia a rekultivácie

PORADENSKÁ, KONZULTAČNÁ A EXPERTÍZNA ČINNOSŤ V OBLASTI PRÍRODNÝCH A TECHNICKÝCH VIED
ADVISORY ACTIVITY, CONSULTING AND EXPERTISE ACTIVITIES IN THE FIELD OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCE

Firma **EKOSUR** bola založená v r.1990 ako jeden z prvých subjektov súkromného podnikania v prostredí nukleárneho priemyslu bývalej ČSFR. Činnosť firmy bola prioritne zameraná na komplexné multidisciplinárne riešenie problematiky monitorovania a ochrany podzemných vôd, geologického a životného prostredia v lokalitách s jadrovými zariadeniami – prieskum, modelovanie geologického prostredia a šírenia kontaminantov v ňom, návrh a budovanie monitorovacieho systému ŽP vrátane GIS, monitorovanie geologickej sféry a hodnotenie ekologicky rizikových parametrov, návrh a realizácia nápravných opatrení. Firma okrem projektov pravidelného monitorovania a ochrany podzemných vôd (včítane prevádzky sanácie podzemných vôd) rieši pre jadrový priemysel aj problematiku sanácie rádioaktívne kontaminovaných zemín a ich bezpečného uloženia. Firma je tiež činná v investičných projektoch mimo nukleárneho priemyslu a v súčasnosti prebieha program budovania lyzimetrických staníc pre pôdohospodárstvo a ŽP. Podrobnejšie referencie sú uvedené na www.ekosur.sk. Firma v rámci inzerátom ponúkaných inžinierskych služieb disponuje všetkými potrebnými povoleniami a osvedčeniami.

EKOSUR poskytne svojmu klientovi komplexný balík služieb na zabezpečenie realizácie malých i veľkých projektov v priemyselnej i komunálnej sfére. Na riešenie konkrétnych úloh vytvára flexibilné tímy z vlastných pracovníkov, externých špecialistov a kooperujúcich subjektov. Náročné projekty sú riadené IPMA certifikovanými projektovými manažermi - túto činnosť ponúkame aj ako samostatnú službu.

Špeciálne ponúkame zabezpečenie komplexného auditu pri kúpe alebo predaji podniku (referencie: Cement Roadstone Holding Írsko a HOERBIGER Švajčiarsko).

EKOSUR je v SR výhradným obchodným zástupcom f. **Umwelt-Geräte-Technik GmbH** Deutschland.

Měřicí sestavy pro měření ionizujícího záření

Srdcem našich nových měřicích sestav je moderní digitální mnohakanálový analyzátor EMPOS MCA4K, který je měřidlem schváleného typu. V kombinaci s vhodnou sondou/sondami, stíněním, geometrií měření a software dodáváme měřicí systém na míru konečnému uživateli v souladu s konkrétními legislativními požadavky.



EMPOS EMS-7 Rn

Nízkopozadová gama spektrometrická souprava pro měření objemové aktivity radonu ^{222}Rn ve vzorcích vody odebraných z vodního zdroje do PET lahev o objemu 1000 ml, 500 ml nebo 250 ml, v souladu s požadavky normy ČSN 75 7624 (čl. 6) nebo STN EN ISO 13164-2.

Měření nevyžaduje radiochemickou úpravu odebraného vzorku vody, je prováděno gama spektrometricky pomocí analyzátoru EMPOS MCA4K a scintilačního detektoru NaI(Tl) 3x3". Je měřena aktivita dceřiných produktů ^{222}Rn emitujících záření gama (^{214}Pb , ^{214}Bi). Nízkého detekčního limitu je dosaženo použitím stínícího kontejneru o tloušťce olova min. 80 mm.

EMPOS EMS-1 SH

Nízkopozadová gama spektrometrická souprava pro měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních hmotách a kontrolu jejich mezních hodnot. Stanovení hmotnostní aktivity ^{226}Ra , $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, ^{40}K a indexu hmotnostní aktivity pomocí analyzátoru EMPOS MCA4K a scintilačního detektoru NaI(Tl) 2x2". Software založený na 6-komponentní analýze naměřeného gama spektra.

EMPOS EMS-1 TV

Nízkopozadová gama spektrometrická souprava pro měření radioaktivity tavbových vzorků oceli pro stanovení hmotnostní aktivity ^{60}Co .

Alfa-beta automaty EMPOS EMS-3 a EMS-3.2

Automatizované měření celkové alfa aktivity a celkové beta aktivity radionuklidů ve vzorcích sedimentů, odpadků, prášků, stěrů, rostlin nebo v pevných látkách. Umožňují stanovení radioaktivity materiálů a předmětů z životního prostředí, biologických a biochemických vzorků, kontrolu radioaktivní kontaminace potravin, půdy, pitné a odpadní vody (ve formě odpadků). Stanovení aktivity přírodního uranu U_{nat} , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{241}Am , resp. ^{40}K , ^{210}Pb , ^{90}Sr , aj. v odebraných vzorcích v závislosti na volbě měřicí metody, použitím etalonu nebo standardu a zvolené radiochemické přípravy vzorku.

Nabízíme ekvivalentní náhradu průtokového proporcionálního detektoru POB302 scintilačními sondami s novými alfa a beta detektory $\varnothing 50$ mm, bez nutnosti použití metanu.

ČSN 75 7611 Jakost vod - Stanovení celkové objemové aktivity alfa (odst. č. 4 a č. 5)

ČSN 75 7612 Kvalita vod - Stanovení celkové objemové aktivity beta

ČSN 75 7626 Jakost vod - Stanovení polonia Po-210

Slovenské normy: STN 75 7600, STN 75 7611 a STN 75 7612

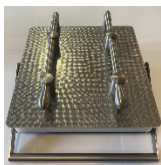


EMPOS MCA4K – mnohakanálový analyzátor

Analyzátor určený pro fyzikální aplikace a rutinní měření v průmyslu a laboratorních provozech, pracovištích hygieniků a vodohospodářů, kde je vyžadována snadnost obsluhy a přitom možnost nastavovat parametry algoritmu analýzy amplitudy pulsů a dalších parametrů měření. Diagnostika vstupního signálu i v průběhu měření interním digitálním osciloskopem a zpětné měření nastaveného vysokého napětí pro sondu.

EMPOS EMS-8

Měřicí souprava pro emanometrické stanovení objemové aktivity ^{222}Rn ve vzorcích vody převedením ^{222}Rn do scintilační Lucas komory. Měření objemové aktivity ^{222}Rn ve vodách podle ČSN 75 7624 nebo STN 75 7628, měření půdního radonu a radonu v okolním vzduchu. Měření objemové aktivity ^{226}Ra ve vodách.



Jako doplněk měřicích sestav dodáváme i olovem stíněné manipulační pomůcky, laminární boxy, stíněné trezory, aplikační stolky, stíněné kazety a stínění injekčních stříkaček.



Zakázková výroba olověného stínění a kontejnerů, dodávky nových scintilačních sond a detektorů, Lucas komor.

Školení osob pro obsluhu používaných měřicích sestav.

Provádění kalibrací, oprav, servisu a údržby dodávaných přístrojů, optimalizace měření, odborné analýzy.

Firma EMPOS, s.r.o. je v souladu se zákonem o metrologii č. 505/1990 Sb. registrovaným subjektem pro opravy a montáž stanovených měřidel v oblasti atomové a jaderné techniky podle Osvědčení o registraci č. 100-OR-0004-21, které vydal Český metrologický institut 28.1.2021, používá dohodnutou značku zn. 1/21 004. <https://www.empos.cz/attachments/0/0c2c714c48f48391a924c74f025ee46f.pdf>

NAŠA SPOLOČNOSŤ ZABEZPEČUJE
KOMPLEXNÉ ČINNOSTI SO ZDROJMI
IONIZUJÚCEHO ŽIARENIA VYUŽÍVANÝCH
V PRIEMYSLE A V ZDRAVOTNÍCTVE

Sme tu pre vás už

28 rokov

www.apeko.sk

apeko@apeko.sk

- 1** inštalácie, údržby, opravy, prepravy, skúšky a prekládky rádioaktívnych žiaričov aj u zákazníka.
- 2** riešenie havarijných situácií a nehôd spôsobených stratou kontroly nad rádioaktívnym žiaričom.
- 3** odber ionizačných hlásičov požiaru, tranzitný sklad pre preskladnenie rádioaktívnych izotopov.
- 4** nakladanie s opustenými žiaričmi, rádioaktívnymi odpadmi neznámeho pôvodu a nepoužívanými rádioaktívnymi žiaričmi.
- 5** zmluvný servis defektoskopických zariadení a iných technických zariadení, v ktorých sa nachádza rádioaktívny žiarič. Predaj a servis zariadení pre defektoskopiю, likvidácia zariadení z ochudobneného uránu.



3100

Zlikvidovaných

žiaričov



3750

Dovezených

HUMA-LAB Apeko s.r.o.

Ukrajinská 22

040 18 Košice

Slovenská republika

28 rokov
spoľahlivosti





MIOMED, s.r.o.
Mýtka 28, 811 07
Bratislava
IČO: 44 729 081
Tel: +421 917 497 141,
@: miomed@miomed.sk

Pracovná zdravotná služba

Sme celoslovensky pôsobiaca spoločnosť s najvyššou odbornou garanciou a poskytujeme komplexnú starostlivosť v oblasti ochrany a podpory zdravia Vašich zamestnancov od roku 2010. Sme držiteľmi certifikátu STN EN ISO 9001:2009 systém manažérstva kvality v oblasti poskytovania pracovnej zdravotnej služby.

Naša pracovná zdravotná služba zabezpečuje:

- Hodnotenie pracovného prostredia a faktorov práce na pracoviskách, identifikáciu rizík a ich následnú analýzu
- realizácia skriningových meraní škodlivých faktorov práce a pracovného prostredia
- posúdenie a návrh kategorizácie pracovných činností
- oboznámenie klienta s opatreniami, ktoré je nevyhnutné uskutočniť pre zosúladenie pracovných podmienok so všeobecne záväznými právnymi predpismi SR a následné vytvorenie plánu optimalizácie pracovných podmienok s ohľadom na zdravie zamestnancov
- vypracovanie traumatologického plánu
- vypracovanie prevádzkových poriadkov a vypracovanie posudkov o riziku
- stanovenie náplne a periodicity lekárskeho preventívneho prehliadok vo vzťahu k práci
- realizácia vstupných, periodických, mimoriadnych a výstupných lekárskeho preventívnych prehliadok
- školenia prvej pomoci
- konzultačná a poradenská činnosť v oblasti ochrany zdravia zamestnancov (organizácia práce a usporiadanie pracovísk, minimalizácia zdravotných rizík, ...)
- spolupráca pri výchove a vzdelávaní zamestnancov pri ochrane a podpore zdravia
- poradenstvo v oblasti plánovania a zavádzania nových technológií z pohľadu ochrany zdravia, ergonómie a fyziológie práce
- pravidelné informovanie klienta o zmenách v legislatíve a ich dopade na rozsah služieb a povinností zamestnávateľa

Tím pracovnej zdravotnej služby MIOMED s.r.o. tvorí skupina odborníkov s dlhoročnými skúsenosťami v oblasti ochrany a podpory zdravia pri práci pod vedením nášho vysokokvalifikovaného odborného garanta doc. MUDr. Ferdinanda Krutého, CSc.



Doc. MUDr. Ferdinand Krutý, PhD.



NUVIATECH
HEALTHCARE

KOMPLEXNÍ ŘEŠENÍ PRO APLIKACE IONIZUJÍCÍHO ZÁŘENÍ V MEDICÍNĚ

Jedinečné portfolio technologií a služeb NUVIA

Přístrojové a laboratorní vybavení pro nukleární medicínu

Služby radiální ochrany a osobní dozimetrie

Nakládání s radioaktivním odpadem

Stínící konstrukce pro ochranu před zářením

Softwarová řešení

SYSTÉMY

radioterapie
radiodiagnostika
nukleární medicína
radiofarmacie

PRODUKTY

SLUŽBY

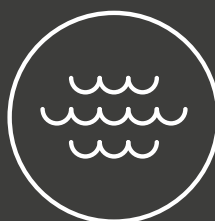
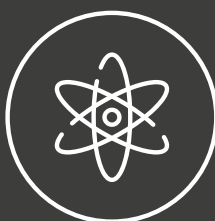




94%

elektriny
vyrábame
bez emisií CO₂

V jadrových
a vodných
elektrárnach

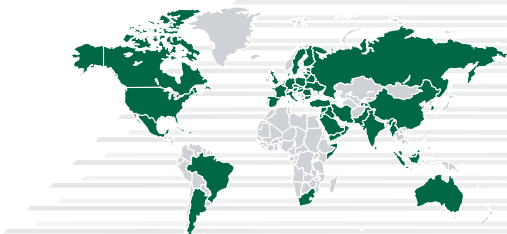


SLOVENSKÉ
ELEKTRÁRNE





VF NUCLEAR



Jsmo významným světovým výrobcem a dodavatelem ZAŘÍZENÍ A SYSTÉMŮ PRO RADIAČNÍ OCHRANU A KONTROLU

Navrhujeme, vyvíjíme a vyrábíme výkonná, citlivá a přesná zařízení, která spolehlivě detekují ionizující záření a chrání tak bezpečí lidí, věcí, pracovního prostředí, vybavení a citlivé provozní technologie.

- Při naší práci využíváme high-tech materiály.
- Integrujeme chytré technologie a pokročilé funkce.
- Běžně stavíme a instalujeme rozsáhlá systémová řešení po celém světě.



JADERNÉ ELEKTRÁRNY

Komplexní radiační monitorovací systémy pro výstavbu nových a rekonstrukci stávajících jaderných bloků. Likvidace a vyřazování jaderných bloků z provozu. Dodávka zařízení pro výzkumné a tréninkové jaderné reaktory.



ZDRAVOTNICTVÍ

Dodávky a instalace radiačních monitorovacích systémů, výroba ručních a přenosných zařízení. Měření kontaminace osob a předmětů. Služby osobní dozimetrie.



RADIOAKTIVNÍ ODPADY

Třídění a likvidace zdrojů ionizujícího záření. Zařízení pro charakterizaci pevných radioaktivních odpadů a jejich uvolňování do životního prostředí. Systémy pro kapalnou radioaktivní odpad. Osobní dozimetrie.



KALIBRAČNÍ LABORATOŘE

Návrh a realizace a vybavení kalibračních laboratoří. Výpočty a dodávky stínění. Vývoj a výroba ozařovačů a kalibračních lavic. Kalibrace dozimetrických přístrojů. Dodávky uzavřených radionuklidových zdrojů.



VÝZKUMNÁ CENTRA

Vývoj, výroba a instalace měřících systémů včetně integrace měřících výsledků do uceleného systému monitoringu radiační situace pro pracoviště s výzkumnými nebo tréninkovými reaktory. Poskytování záručního a pozáručního servisu případně poskytování služeb spojených s údržbou systémů.



PRŮMYSL

Dodávky komplexních systémů pro monitorování technologií, které využívají zdroje ionizujícího záření v jakékoli formě. Návrh a vybavení pracoviště průmyslových ozařoven, polohorkých a horkých komor a dalších ucelených průmyslových provozů.



**MÁME
DOSTATEČNÉ
ZDROJE
PRO VÝVOJ
A VÝROBU
MONITOROVACÍCH
ZAŘÍZENÍ
NEBO SYSTÉMŮ**

**Vývojové,
výzkumné, projekční
a konstrukční
středisko**

**Vlastní
strojní výroba**

**Špičkově vybavená
metrologická
a radiochemická
laboratoř**

**Horká
komora pro práci
s uzavřenými
radionuklidovými
zářiči**

**Silná skupina zkušených fyziků, chemiků,
projektových inženýrů, strojařů**

**Více jak 25 let praxe
v oboru radiační ochrany a kontroly**

Zařízení přizpůsobujeme potřebám zákazníka.

Zařízení stavíme tak, aby vyhovovala podmínkám daných technologických provozů.

Nebojíme se nacházet zcela nová řešení.

Samozřejmostí je instalace a integrace zařízení do nových
i existujících radiačních monitorovacích systémů.