

Slovenská nukleárna spoločnosť
Okružná 5, 918 64 Trnava

Odborná konferencia sekcie
Mladá generácia SNUS 2007



Častá-Papiernička, Slovenská republika
27. Apríl 2007

I. OBSAH

I.	PROGRAM KONFERENCIE	3
II.	ČASOVÝ HARMONOGRAM KONFERENCIE	4
III.	ZBORNÍK ABSTRAKTOV	6

Organizačný výbor:

Ing. Miloš Lašček¹
Ing. Marek Vaško²
Rastislav Prítrský³

¹Slovenské elektrárne a.s.
Hraničná 12, 827 36 Bratislava 212
Tel.: 02/5866 3298, Fax: 02/5866 3258
e-mail: lascek.milos@hq.seas.sk

²DECONTA,a.s.
Sibírska 1, 917 01 Trnava
Tel.: 033/599 2077
e-mail: vasko@deconta.sk

³Jadrová a vyrad'ovacia spoločnosť, a.s.
Samostatný odbor komunikácie
919 31 Jaslovské Bohunice
Tel.: 033/531 2331
e-mail: pritrsky.rastislav@javys.sk

I. PROGRAM KONFERENCIE

Piatok 27.4.2007

- 7.30 - 8.00 Raňajky
- 8.00 – 8.10 Otvorenie konferencie
- 8.10 - 10.10 Sekcia 1 – predsedajúci Marek Vaško
- 10.10 – 10.25 Prestávka
- 10.25 – 12.05 Sekcia 2 – predsedajúci Miloš Lašček
- 12.05 – 12.15 Prestávka
- 12.15 – 12.35 Záver konferencie, vyhodnotenie
- 12.35 – 13.30 Obed

II. ČASOVÝ HARMONOGRAM KONFERENCIE

SEKCIA 1

Predsedajúci: Marek Vaško

ČAS	AUTOR - TITUL	STRANA
8.10 - 8.30	Jana Veterníková <i>„Použitie ferito-martenzických ocelí pri konštruovaní vysokoteplotných reaktorov“</i>	7
8.30 – 8.50	František Ondra <i>„Použitie výpočtového prostriedku VISIPLAN 3D ALARA PLANNING TOOL pre stanovovanie rádiologických charakteristík pracovného prostredia“</i>	8
8.50 – 9.10	Igor Neuhold <i>„Nedeštruktívne prevádzkové kontroly v jadrových elektrárňach“</i>	12
9.10 – 9.30	Martin Závodský <i>„Meranie hydraulických charakteristík reaktora a primárneho okruhu počas opakovaného spúšťania po výmenách paliva na blokoch VVER 440“</i>	13
9.30 - 9.50	Stanislav Soják <i>„Vplyv teploty na niestoty meraní v PAS LT“</i>	15
9.50 - 10.10	Martin Galba <i>“Konceptia sekundárnej regulácie na blokoch EMO34”</i>	16

SEKCIA 2Predsedajúci: **Miloš Lašček**

ČAS	AUTOR - TITUL	STRANA
10.25 - 10.45	Michal Galamboš, Jana Kufčáková <i>„Metódy separácie dlhožijúcich rádionuklidov“</i>	18
10.45 - 11.05	Matej Zachar <i>„Hodnotenie vplyvu vyrad'ovania jadrových zariadení z prevádzky na životné prostredie pomocou výpočtového prostriedku OMEGA“</i>	19
11.05 - 11.25	Peter Tatranský <i>„Metódy optimalizácie nakladania s materiálmi z procesu vyrad'ovania jadrových zariadení z prevádzky z hľadiska ich vplyvu na životné prostredie“</i>	22
11.25 - 11.45	Silvia Dulanská <i>„Aplikácia korelácií a scaling faktorov v rádioaktívnych odpadoch“</i>	26
11.45 - 12.05	Andrej Drgoň <i>„Príprava vyradenia JE V1 z prevádzky (Projekty BIDSF)“</i>	27

III. ZBORNÍK ABSTRAKTOV

SEKCIA 1

Predsedajúci: Marek Vaško

POUŽITIE FERITO-MARTENZICKÝCH OCELÍ PRI KONŠTRUOVANÍ VYSOKOTEPLŔTNÝCH REAKTOROV

Jana Veterníková

*Katedra jadrovej fyziky a techniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská Technická Univerzita, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava 1
e-mail: janka.vetrickova@gmail.com*

ABSTRAKT

Vysokoteplotné reaktory patria do štvrtej generácie jadrových reaktorov. Svoj názov dostali pre vysoké operačné teploty (do 900 °C), v dôsledku ktorých sa zvyšuje účinnosť výroby elektrickej energie na takmer 50%. Teplo odvádzané z aktívnej zóny môže byť zdrojom pre priemyselnú výrobu bez vzniku škodlivých emisných látok.

Vysokoteplotné reaktory majú veľký význam pre produkciu vodíka, výrobu nových – hydrokarbidových pohonných látok, odsolovanie morskej vody a ďalšie priemyselné činnosti.

Problémom pri návrhu tohto typu reaktora sú materiály, ktoré musia veľmi dobre odolávať tepelnej a radiačnej degradácii. Keďže vo vysokoteplotných reaktoroch je chladivom hélium, je veľmi dôležité poznať jeho vplyv na materiál.

Z experimentov vyplynulo, že najviac kritérii na konštrukčný materiál, spĺňajú ferito-martenzické ocele s prídavkom chrómu, ktoré majú vyššiu odolnosť voči krehnutiu a napúchaniu. Tento druh ocele je pravdepodobne najlepším kandidátom pre konštruovanie tlakových nádob reaktorov a iných komponentov v primárnom aj sekundárnom okruhu.

POUŽITIE VÝPOČTOVÉHO PROSTRIEDKU *VISIPLAN 3D ALARA PLANNING TOOL* PRE STANOVENIE RÁDIOLOGICKÝCH CHARAKTERISTÍK PRACOVNÉHO PROSTREDIA

František Ondra

FEI STU, Katedra jadrovej fyziky a techniky, Ilkovičova 3, Bratislava

DECONTA a.s., Sibírska 1, Trnava

e-mail: ondra@decom.sk

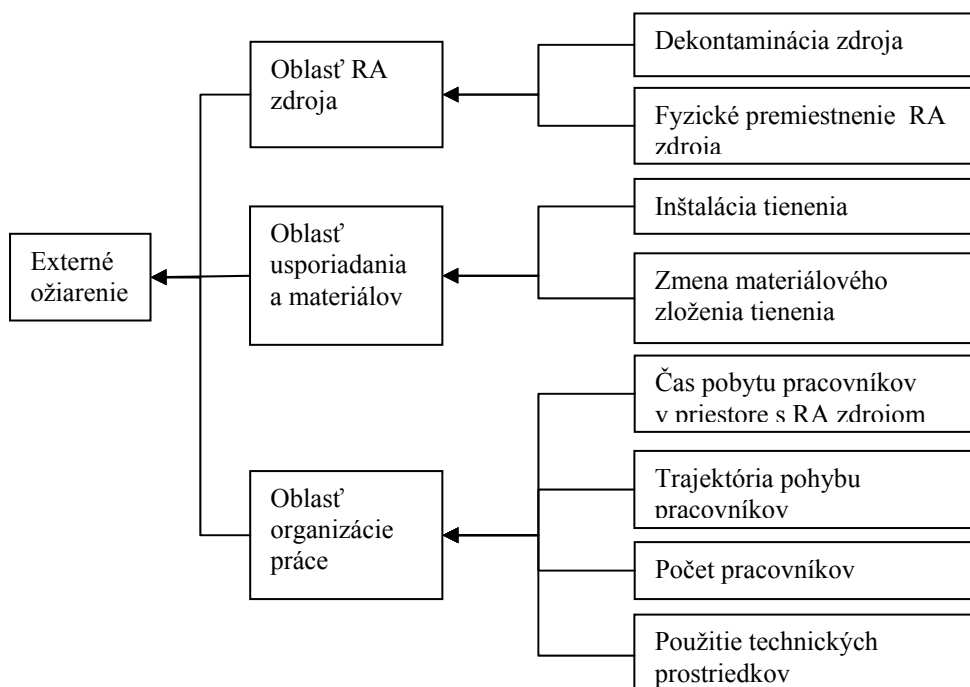
ABSTRAKT

1. Úvod

Z hľadiska radiačnej ochrany sú princípy ALARA základnými postupmi pre zabezpečenie ochrany pracovníkov pred ionizujúcim žiarením. Aplikácia týchto princípov je v praxi založená na vyhotovení sady dozimetrických meraní v pracovných priestoroch a následnom návrhu ochranných a organizačných opatrení.

2. Výpočtový prostriedok *VISIPLAN 3D ALARA planning tool*

Výpočtový prostriedok *VISIPLAN 3D ALARA planning tool* (vyvinutý spoločnosťou SCK-CEN, Mol, Belgicko) predstavuje analytický nástroj pre ocenenie vonkajšieho ožiarovania pracovníkov γ žiarením pričom umožňuje vytvorenie sady modelov s aplikovaním navrhovaných ochranných a organizačných opatrení. Po vykonaní výpočtov je účinnosť týchto opatrení spätne vyhodnotená, pričom môžu byť navrhované opatrenia uvedené do praxe alebo modifikované pre dosiahnutie požadovaného efektu. Ochranné a organizačné opatrenia pre minimalizovanie absorbovanej efektívnej dávky sú vo výpočtovom prostriedku aplikované pomocou nasledujúcich parametrov [2]:



3. Metodika použitá vo výpočtovom prostriedku

VISIPLAN 3D ALARA planning tool využíva pre výpočet efektívneho dávkového príkonu *point-kernel* metódu, pri ktorej je RA zdroj modelovaný množinou bodových zdrojov. Výsledná hodnota efektívnej dávky v stanovenom bode sa rovná súčtu efektívnych dávok od jednotlivých bodových zdrojov.

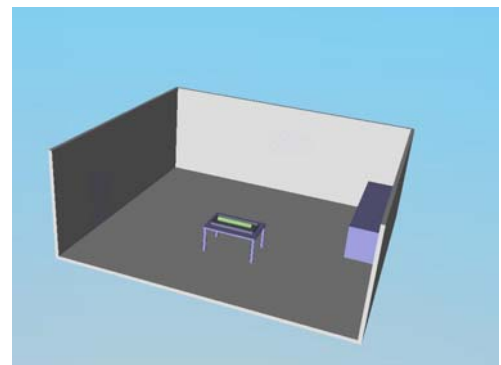
Modelový výpočet vo výpočtovom prostriedku pozostáva z nasledujúcich krokov:

1. *Definovanie modelu* – zahŕňa charakterizáciu pracovného prostredia (geometria a materiálové zloženie), charakterizáciu RA zdroja (umiestnenie, materiálové a nuklidové zloženie, aktivita)
2. *Všeobecná analýza* – obsahuje výpočet dozimetrických máp pracovného prostredia, čo umožňuje identifikáciu oblastí s najvyšším efektívnym dávkovým príkonom
3. *Detailné plánovanie* – zahŕňa definovanie trajektórií pracovníkov, časov trvania jednotlivých aktivít a výpočet akumulovanej efektívnej dávky.
4. *Aplikácia modelového prípadu* – predstavuje aplikáciu respektíve modifikáciu modelového prípadu.

4. Využitie výpočtového prostriedku

Výpočtový prostriedok bol použitý pri hodnotení „Narušiteľského scenára hlbinného úložiska“. Scenár predpokladá narušenie hlbinného úložiska počas geologických prác použitím vrtnej súpravy. Vrtné jadro (obsahujúce vyhorené jadrové palivo) bude prevezené do laboratória na vykonanie analýz. Predpokladáme prítomnosť jedného laboratórneho pracovníka počas pracovnej 8 hod. zmeny. Pre porovnanie boli vytvorené modely „narušenia hlbinného úložiska“ v 5 časových obdobiach 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 a 10^7 rokov po uložení.

Geometria miestnosti je zobrazená na nasledujúcom obrázku Obr. 1. V modelovom prípade boli uvažované tri zdroje γ žiarenia. Prvý zdroj predstavuje vrtné jadro (homogénny valec s dĺžkou 100 cm a polomerom 7,5 cm) umiestnené na stole v strede miestnosti. Ďalšie dva zdroje predstavujú odobrané vzorky z vrtného jadra (homogénne valce s dĺžkou 1 cm a polomerom 0,5 cm) umiestnené na pracovnom pulte pri jednej zo stien miestnosti. Nuklidové zloženie a aktivita vyhoreného jadrového paliva v čase uloženia do úložiska boli vypočítané použitím výpočtového prostriedku HELIOS pracovníkmi VÚJE a.s.

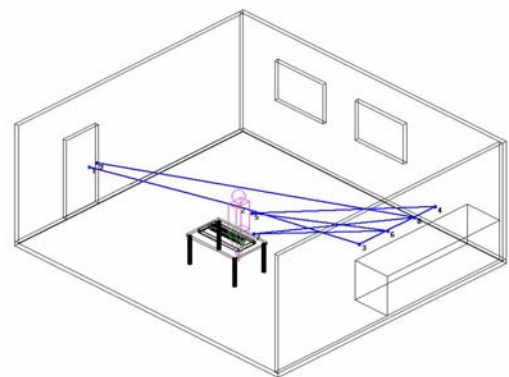


Obr.1: Geometria miestnosti

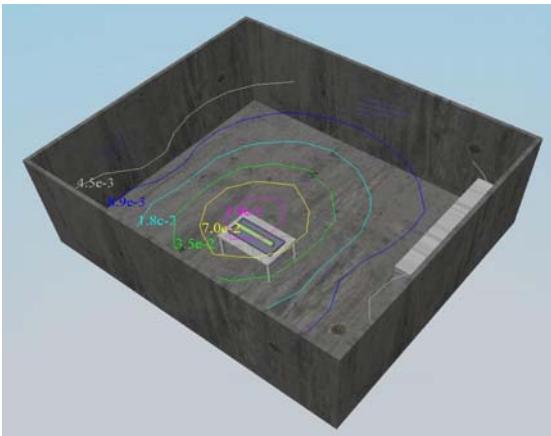
Modelová trajektória pracovníka laboratória je zobrazená na Obr. 2. Trajektória popisuje činnosti ako :

- vstup do miestnosti,
- príprava pracovných nástrojov a prístrojov,
- odber vzoriek z vrtného jadra,
- analýza vzoriek
- opustenie miestnosti.

Jednotlivým činnostiam je vo výpočtovom prostriedku priradený čas trvania spolu s neurčitosťou. Celkový čas pobytu pracovníka v miestnosti je 8 hodín.



Obr. 2.: Trajektória pracovníka laboratória



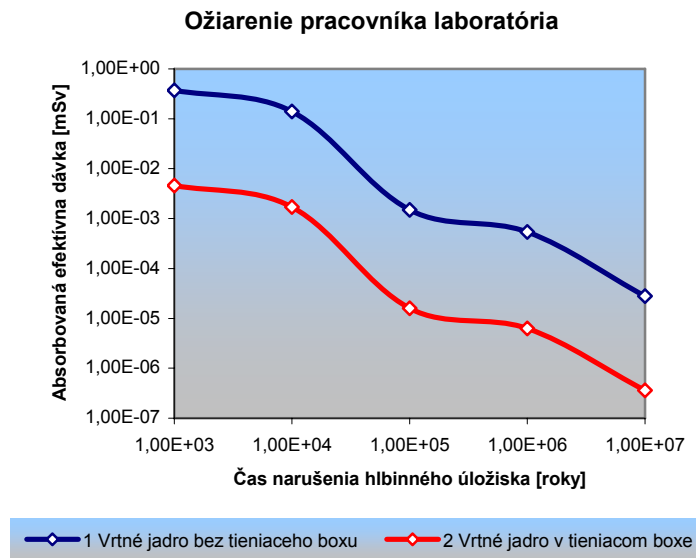
Na obrázku Obr. 3. je zobrazená dozimetrická mapa miestnosti pre čas narušenia hlbinného úložiska 10^3 rokov po uložení VJP. V prípade zotrvania pracovníka v tomto radiačnom poli podľa modelovej trajektórie bude absorbovaná efektívna dávka 0.37 mSv.

Výpočtový prostriedok *VISIPLAN 3D ALARA planning tool* umožňuje zobrazenie aktuálneho efektívneho dávkového príkonu v jednotlivých bodoch trajektórie, absorbovanej efektívnej dávky za jednotlivé činnosti, príspevky od jednotlivých zdrojov a rozsah absorbovanej efektívnej dávky vzhľadom na neurčitosť trvania činnosti.

Obr. 3.: Dozimetrická mapa miestnosti

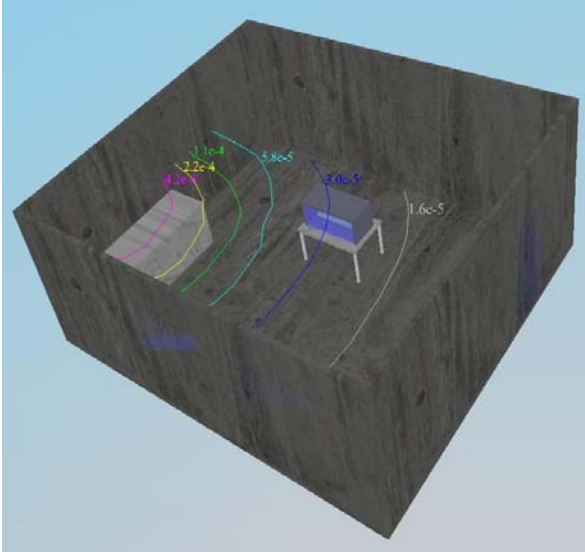
Grafické závislosti na obrázku Obr. 4 znázorňujú:

- absorbovanú efektívnu dávku pre jednotlivé časy narušenia hlbinného úložiska (krivka č.1),
- absorbovanú efektívnu dávku pre jednotlivé časy narušenia hlbinného úložiska a za predpokladu že bude vrtné jadro uložené do oloveného tieniaceho boxu, pričom materiál prednej steny je olovené sklo (krivka č.2).



Obr. 4.: Ožiarenie pracovníka laboratória v definovaných modelových prípadoch

Dozimetrická mapa miestnosti s vrtným jadrom uloženým v tieniacom boxe je zobrazená na obrázku Obr. 5. Pre tento modelový prípad bude absorbovaná efektívna dávka $4,6 \mu\text{Sv}$.



Obr. 5.: Dozimetrická mapa miestnosti s vrtným jadrom v tieniacom boxe

Literatúra

- [1] Vermeersch F.: *VISIPLAN 3D ALARA planning tool, training guide, calculation method & validation tests*, SCK CEN, Mol Belgium, 2005.
- [2] Vermeersch F.: *VISIPLAN 3D ALARA planning tool, User's guide*, SCK CEN, Mol Belgium, 2005.

NEDEŠTRUKTÍVNE PREVÁDZKOVÉ KONTROLY V JADROVÝCH ELEKTRÁRŇACH

Igor Neuhold

*Katedra jadrovej fyziky a techniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská Technická Univerzita, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava 1
e-mail: igor.neuhold@gmail.com*

ABSTRAKT

Príspevok zhrňuje poznatky o nedeštruktívnych metódach skúšania, ktoré sú používané pre kontrolu tlakových nádob a iných zariadení vo VVER 440/V-213. Pojednáva o jednotlivých metódach a poukazuje na rozdiely medzi ich využitím

MERANIE HYDRAULICKÝCH CHARAKTERISTÍK REAKTORA A PRIMÁRNEHO OKRUHU POČAS OPAKOVANÉHO SPÚŠŤANIA PO VÝMENÁCH PALIVA NA BLOKoch VVER 440

Martin Závodský

*VUJE, a.s., Okružná 5, 918 64 Trnava, Slovensko
zavodsky_m@vuje.sk, tel. 033/599 12 79*

ABSTRAKT

Jedným z testov, vykonávaných sa na blokoch jadrových elektrární (JE) VVER 440 na Slovensku počas fyzikálneho spúšťania (FS) a energetického spúšťania (ES) je test: „Meranie hydraulických charakteristík reaktora a primárneho okruhu počas opakovaného spúšťania“.

Cieľom merania hydraulických charakteristík (HCH) primárneho okruhu (PO) počas opakovaného spúšťania je:

- zhodnotiť všetky zmeny vykonané na PO, ktoré by mohli spôsobiť zmenu HCH PO (zavezenie nových kaziet, úprava obežných kolies na hlavných cirkulačných čerpadlách, ...),
- určiť prietok chladiva cez reaktor v stacionárnom stave a zmenu celkového prietoku cez reaktor voči predchádzajúcej kampani (hodnota prietoku chladiva cez reaktor slúži ako jeden z podkladov pre zostavenie tabuľky dovolených prevádzkových režimov reaktora),
- výpočtovo určiť prietoky chladiva cez vnútroreaktorové časti - pomocou výpočtových kódov vyvinutých vo VUJE, a.s.,
- vypočítať prietoky cez palivové časti palivových kaziet (PK) a havarijno-regulačno-kompenzačných kaziet (HRK) v závislosti od ich konštrukčného typu a ich pozície v aktívnej zóne (AZ),
- vypočítať hydraulický obtok AZ, ktorý je dôležitým parametrom pri stanovení dovolených ohrevov na kazetách - porovnať ho s termo-hydraulickým obtokom.

Meranie sa realizuje v troch etapách:

1. počas fyzikálneho spúšťania pri práci reaktora na minimálnom kontrolovanom výkone (MKV):
 - pri výkone reaktora cca 10^{-3} až 10^{-1} % N_{nom} ,
 - pri prevádzke 6 hlavných cirkulačných čerpadiel (HCČ),
 - pri strednej teplote chladiva v PO cca 260 °C a nominálnom tlaku v PO.
2. počas fyzikálneho spúšťania pri odstavenom reaktore:
 - pri práci 6, 5, 4, 3 a 0 HCČ.
3. počas energetického spúšťania pri výkone reaktora cca 100 % N_{nom} a práci 6 HCČ

Prietok chladiva cez reaktor pri 6 pracujúcich HCČ sa určuje:

- z nameranej strednej hodnoty tlakového spádu na reaktore pri známej hodnote koeficienta hydraulického odporu (KHO) reaktora,
- z nameranej strednej hodnoty tlakového spádu na HCČ pri známej hodnote KHO PO,

- z nameranej strednej hodnoty tlakového spádu na hlavných cirkulačných slučkách (HCS) pri známej hodnote KHO HCS,
- z nameranej strednej hodnoty tlakového spádu na parogenerátoroch (PG) pri známej hodnote KHO PG

Prietok chladiva cez vnútroreaktorové časti je určovaný na základe známych koeficientov hydraulických odporov (KHO) jednotlivých komponentov PO a vnútroreaktorových častí pomocou výpočtového kódu CORFLO vyvinutého vo VUJE, a.s.

Pri meraniach HCH reaktora a PO sú preverované nasledovné kritéria úspešnosti:

- Prietok chladiva cez reaktor pri nominálnom výkone reaktora a frekvencii siete 50 Hz je $43000 \pm 2000 \text{ m}^3/\text{hod}$.
- Výpočtové hodnoty prietokov chladiva cez palivové zväzky kaziet pri nominálnom výkone reaktora sú v rozmedzí $100 \pm 130 \text{ m}^3/\text{hod}$.
- Nameraná hodnota prietoku chladiva cez reaktor sa zhoduje s hodnotou použitou pri zostavovaní platnej tabuľky "Dovolené prevádzkové režimy reaktora" s presnosťou do 1%
- Výpočtom určené hodnoty prietokov chladiva cez palivové zväzky jednotlivých kaziet zavezených do AZ sa zhodujú s prietokmi chladiva určenými pre kazety v predchádzajúcej záväzke AZ s presnosťou do 1 %.

Pravidelné merania hydraulických charakteristík reaktora a PO vykonávané na začiatku jednotlivých kampaní na blokoch EBO a EMO majú za úlohu jednak určiť skutočný prietok chladiva cez reaktor a najmä zdokumentovať skutočné prietokové pomery cez vnútorné časti reaktora. Zmena prietoku chladiva cez reaktor býva spôsobená predovšetkým výmenou obežných kolies HCC v priebehu odstávky bloku. Prietoky chladiva cez palivové časti pracovných palivových kaziet a kaziet HRK sa menia v závislosti na konštrukčných zmenách novozavázaných kaziet. Pravidelné merania hydraulických a teplotných parametrov AZ reaktora zabezpečia lepšie monitorovanie termohydraulických charakteristík palivových kaziet a umožnia prípadné zvýšenie výkonového zaťaženia palivových kaziet v budúcnosti.

VPLYV TEPLoty NA NIESTOTY MERANI V PAS LT**Stanislav Soják**

*Katedra jadrovej fyziky a techniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Slovenská Technická Univerzita, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava 1
e-mail: stanleyf1@gmail.com*

ABSTRAKT

Práca sa zaoberá vplyvom teploty na merania a analýzy spektier PAS LT (positron annihilation spectroscopy - lifetime technique) s využitím programu Lifetime 9. Poukazuje aj na jednotlivé pokroky v oblasti presnosti merania a stability meracej aparatury s využitím inovatívnej realizácie aparatury v "rýchlo-rýchlom" zapojení. Na záver sú vyhodnotené vplyvy jednotlivých veličín, napr. teploty, z fitovaných spektier v programe Lifetime 9.

KONCEPCIA SEKUNDÁRNEJ REGULÁCIE NA BLOKCH EMO34

Martin Galba

*VUJE, a.s., Okružná 5, 918 64 Trnava, Slovensko
galba@vuje.sk, tel. 033/599 1409*

ABSTRAKT

Pokryvanie systémových služieb elektrizačnej sústavy zabezpečením primárnej a sekundárnej regulácie kvalitatívne zvyšuje uplatnenie zdroja elektrickej energie v očakávanom prostredí voľného trhu s elektrickou energiou.

Bloky JE s reaktormi VVER 440/V213 boli pôvodne projektované a realizované pre prevádzku v ustálenom stave na nominálnych parametroch na pokryvanie základného denného zaťaženia. Z tohoto dôvodu neboli požiadavky na regulovanie výkonu bloku podobné SRV zahrnuté ani v projekte blokov VVER 440/V213.

Práca popisuje regulačné možnosti blokov VVER 440/V213 z pohľadu požiadaviek kladených prevádzkovateľom elektrizačnej sústavy na automatickú prevádzku sekundárnej regulácie činného výkonu a diaľkového riadenia z centrálného regulátora siete. Cieľom sekundárnej regulácie činného výkonu je poskytovanie systémových služieb elektrizačnej sústave v presne definovaných medziach a prevádzkových režimoch bloku.

III. ZBORNÍK ABSTRAKTOV

SEKCIA 2

Predsedajúci: Miloš Lašček

METÓDY SEPARÁCIE DLHOŽIJÚCICH RÁDIONUKLIDOV

Michal Galamboš, Jana Kufčáková

*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra jadrovej chémie
Mlynská dolina CH-1, 842 15 Bratislava IV, Slovenská republika
galambos@fns.uniba.sk, kufcakova@fns.uniba.sk
<http://www.fns.uniba.sk/~kjd/>*

ABSTRAKT

Príspevok ponúka prehľad separačných metód dlhožijúcich rádionuklidov z matric životného prostredia a rádioaktívnych odpadov používaných v súčasnej rádioanalytickej praxi, z ktorých mnohé sú predmetom výskumnej činnosti KJCH PRIF UK. Tiež zahŕňa progresívne metódy separácie dlhožijúcich rádionuklidov s dôrazom na minimalizáciu ekotoxicity.

Oblasť separácie dlhožijúcich rádionuklidov disponuje v súčasnej dobe s nepreberným radom separačných metód a techník. Klasické rádiochemické metódy delenia a izolácie rádionuklidov založené na kryštalizácii, zrážaní a sorpcii bývajú často krát príliš zdĺhavé a pri delení stopových koncentrácií rádionuklidov dochádza k nežiadúcim javom adsorpcie a spoluzrážania. V separačných postupoch rádionuklidov je nutné voliť vhodný postup podľa individuálnych fyzikálno-chemických a rádiochemických vlastností komponentov systému. Na dosiahnutie požadovaného výsledku nie vždy postačuje jediná operácia, mnohokrát je účelné alebo dokonca nutné kombinovať dve alebo viacero metód.

V ostatnom čase sa čoraz väčšia pozornosť venuje tzv. rýchlym rádiochemickým metódam separácie dlhožijúcich rádionuklidov. Vyvíjajú sa nové efektívnejšie, prípadne sa modifikujú už existujúce separačné metódy a metodiky, zohľadňujúce jednoduchosť a časovú i finančnú nenáročnosť, elimináciu toxických rozpúšťadiel a činidiel. Dôraz sa kladie na nízke koncentrácie rádionuklidov a vyššie dekontaminačné faktory.

Produkty pre rýchlu analýzu kombinujú vysokú selektivitu supramolekulových receptorov akými sú makrocyclické organické zlúčeniny zo skupiny kavitandov, s výhodami membránových separačných techník. Relatívne novou a atraktívnou oblasťou výskumu „zelených chemikov“ sa ukazujú byť tzv. iónové kvapaliny, ktoré so sebou prinášajú vývoj nových sľubných metód potenciálne vhodných na separáciu rádionuklidov.

HODNOTENIE VPLYVU VYRAĎOVANIA JADROVÝCH ZARIADENÍ Z PREVÁDZKY NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE POMOCOU VÝPOČTOVÉHO PROSTRIEDKU OMEGA

Matej Zachar

Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra jadrovej fyziky a techniky, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava.

Deconta a.s., Sibírska 1, 917 01 Trnava.

matej.zachar@stuba.sk

ABSTRAKT

1. Vplyv vyrad'ovania jadrových zariadení (JZ) na životné prostredie (ŽP)

Vyrad'ovanie jadrovo-energetických zariadení z prevádzky predstavuje rozsiahly, zložitý, finančne náročný súbor administratívnych a technických činností a operácií, ktoré je potrebné vykonať na JZ po uplynutí doby jeho životnosti. Konečným cieľom celého procesu je uvoľnenie lokality vyrad'ovaného JZ spod radiačnej kontroly s následným využitím areálu na ľubovoľný účel.

Realizácia jednotlivých činností vyrad'ovania (dekontaminácia technologických zariadení a stavebných povrchov, demontáž zariadení, demolácia stavebných objektov, manažment odpadov) v rôznej miere pôsobí na ŽP. Tieto vplyvy možno rozdeliť na nasledujúce kategórie :

- Výpuste do životného prostredia
 - A. *Plynné výpuste* : Pri manipulácii s pevnými rádioaktívnymi látkami, demontáži aktívnych zariadení a pri spracovávaní rádioaktívnych odpadov (RAO) sú uvoľňované aerosóly s viazanou rádioaktivitou. Pretože aerosóly nie je možné koncentrovať, stabilizovať ani izolovať, sú odsávané vzduchotechnickými systémami, viacstupňovo filtrované (HEPA filtre s účinnosťou 99,97%), monitorované a prostredníctvom vzduchotechnického komína organizovane vypúšťané do vyšších vrstiev atmosféry, čím priamo vplývajú na ŽP.
 - B. *Kvapalné výpuste* : predstavujú odpadové vody (vody z hygienických slučiek, dekontaminačné roztoky), ktorých objemová aktivita umožňuje ich uvoľnenie do ŽP prostredníctvom špeciálnych kanalizačných systémov.
- Materiály uvoľňované do životného prostredia
 - A. *Materiály neobmedzene uvoľnené do ŽP* : musia spĺňať uvoľňovacie limity (pre plošnú aj hmotnostnú aktivitu) stanovené Nariadením vlády č.345/2006 Z.z. (Príloha č.8). Takto uvoľnené materiály už nie sú predmetom radiačnej kontroly a môžu byť ďalej využívané na ľubovoľný účel.
 - B. *Materiály ukladané do úložísk RAO* : Odpady z vyrad'ovania nespĺňajúce limity pre neobmedzené uvoľnenie do ŽP sú spracovávané a následne upravené do vhodnej a stabilnej formy na ich finálne uloženie na povrchovom úložisku (PÚ) RAO. Ak odpady nespĺňajú podmienky prijateľnosti do povrchového úložiska, sú dočasne uskladnené až do vybudovania hlbinného úložiska (HÚ), kde budú následne uložené.

2. Výpočtové stanovenie vplyvu vyrad'ovania na ŽP pomocou kódu OMEGA

Výpočtový prostriedok OMEGA slúži na ocenenie (kvantifikáciu) jednotlivých parametrov procesu vyrad'ovania vrátane tých, ktoré charakterizujú vplyv vyrad'ovania JZ na ŽP.

Analýzu vplyvov tohto procesu na ŽP je v OMEGE možné efektívne realizovať použitím nástroja integrovaného materiálového toku, ktorý vo výpočtovom procese spája tok materiálov v procese vyrad'ovania spolu s rádiologickými parametrami viazanými na tieto materiály. Uvedený nástroj berie do úvahy fyzikálne a rádiologické charakteristiky inventáru JZ, vplyv jednotlivých činností na ďalšiu distribúciu materiálov, limity technologických zariadení spracovania a úpravy RAO, limity pre uvoľňovanie materiálov do ŽP resp. pre uloženie RAO na PÚ a tiež prirodzený rozpad rádionuklidov v čase. Aplikáciou tohto nástroja možno dosiahnuť:

- evidovanie aktivity a množstevných bilancií na úrovni elementárnych materiálových položiek počas celého procesu vyrad'ovania t.j. až do momentu uvoľnenia materiálov do ŽP resp. uloženia na úložisku vo väzbe na fyzikálne parametre materiálov (hmotnosť, objem, atď.)
- evidovanie aktivity na úrovni jednotlivých rádionuklidov

3. Modelové výpočtové hodnotenie vplyvov vyrad'ovania JZ z prevádzky na ŽP

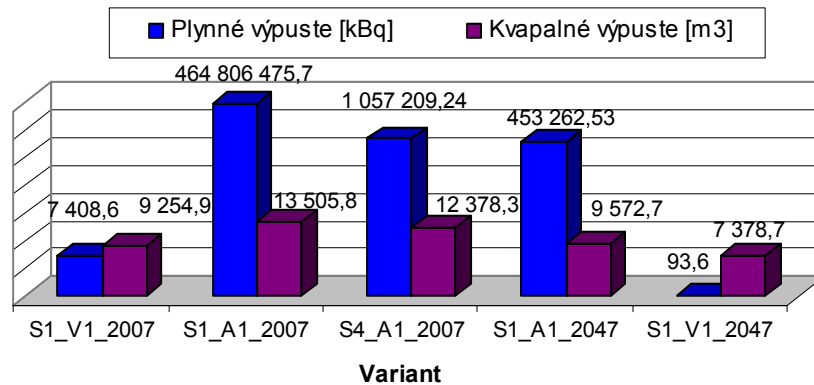
Modelové výpočty boli realizované pomocou kódu OMEGA, pričom bola použitá databáza jadrovej elektrárne A1 vrátane reaktora KS150. Vplyv vyrad'ovania na ŽP bol sledovaný pri nasledovných zmenách vstupných parametrov :

- scenár nakladania s RAO : S1 - použitie podemontážnej dekontaminácie a pretavby kovov
S2 - použitie podemontážnej dekontaminácie
S4 - nie je použitá ani jedna z uvedených technológií
- doba začiatku vyrad'ovania : 2007 (okamžitá demontáž), 2047 (odložená demontáž)
- nuklidový vektor kontaminácie : A1 - havarované JZ, kontaminanty: ^{137}Cs , ^{90}Sr , alfa nuklidy
V1 - „čisté“ JZ, dominantný kontaminant: ^{60}Co

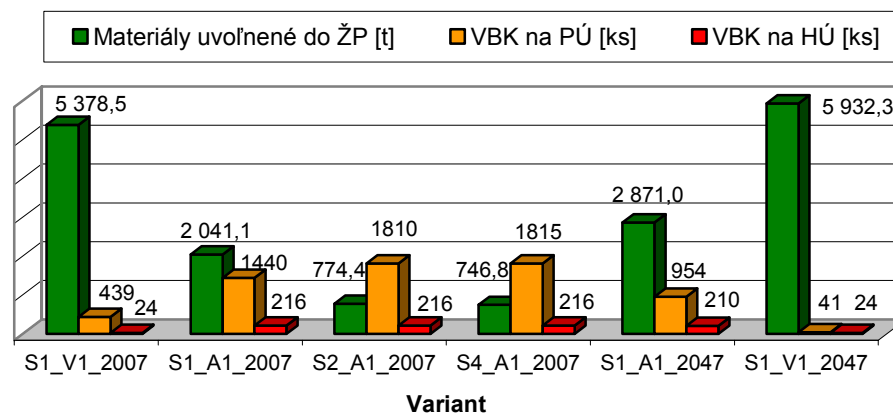
Pre stanovenie vplyvu vyrad'ovania na ŽP pre rôzne varianty boli vyhodnotené nasledovné výstupné parametre:

- aktivita plynných výpustí [kBq], množstvo kvapalných výpustí [m^3]
- množstvo pevných materiálov neobmedzene uvoľnených do ŽP [t]
- počet vláknobetónových kontajnerov (VBK) určených na povrchové resp.hlbinné úložisko [ks]

Grafické znázornenie výsledkov výpočtu modelových variantov je na Obr.č.1 a Obr.č.2.



Obr.č.1 Aktivita plynných a množstvo kvapalných výpustí pre rôzne varianty vyrad'ovania



Obr.č.2 Množstvo uvoľnených materiálov a počet VBK pre PÚ a HÚ pre rôzne varianty vyrad'ovania

Na základe výsledkov výpočtov možno povedať, že s využitím väčšieho množstva spracovateľských technológií RAO klesá množstvo kvapalných a aktivita plynných výpustí (varianty S1_A1_2007 a S4_A1_2007 na Obr.č.1). Podobne sa znižuje množstvo pevných RAO uvoľnených do ŽP a naopak rastie počet VBK uložitelných na PÚ. Scenár nakladania s odpadmi nemá žiaden vplyv na počet VBK určených pre HÚ (varianty S1_A1_2007, S2_A1_2007, S4_A1_2007 na Obr.č.2).

Ak porovnáme varianty s rôznym nuklidovým vektorom (NV) kontaminácie (S1_A1_2007, S1_V1_2007) je viditeľný výrazný nárast aktivity plynných výpustí (5 rádov) pri aplikácii NV A1 a vzrastie tiež množstvo kvapalných výpustí (Obr.č.1). Vďaka prítomnosti alfa nuklidov je počet VBK uložených na HÚ pre NV A1 takmer 10x vyšší. Podobne pre NV A1 vzrástol počet VBK pre PÚ a adekvátne kleslo množstvo pevných materiálov uvoľnených do ŽP (Obr.č.2).

Uplatnením odloženej demontáže (varianty S1_A1_2047, S1_V1_2047) rádoovo klesá aktivita plynných výpustí pri oboch NV z dôvodu prirodzeného rozpadu nuklidov v čase (Obr.č.1). Pri uvážení NV V1 a demontáže odloženej o 40 rokov klesol počet VBK na PÚ asi 10x, pretože dominantný kontaminant NV V1 ^{60}Co ($T_{1/2}=5,3$ roka) sa za 40 rokov takmer úplne rozpadne. Z dôvodu výskytu dlho žijúcich nuklidov v NV A1 nie je pokles VBK na PÚ pri odloženej demontáži taký výrazný ako pri NV V1 (Obr.č.2). Počet VBK pre HÚ ostáva takmer nezmenený (oba NV), pretože 40 rokov je krátka doba na rozpad dlho žijúcich nuklidov (prítomné tiež v NV indukovanej aktivity reaktora).

METÓDY OPTIMALIZÁCIE NAKLADANIA S MATERIÁLMI Z PROCESU VYRAĐOVANIA JADROVÝCH ZARIADENÍ Z PREVÁDZKY Z HĽADISKA ICH VPLYVU NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE

Peter Tatranský

Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra jadrovej fyziky a techniky, Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava.

Deconta a.s., Sibírska 1, 917 01 Trnava.

peter.tatransky@stuba.sk

ABSTRAKT

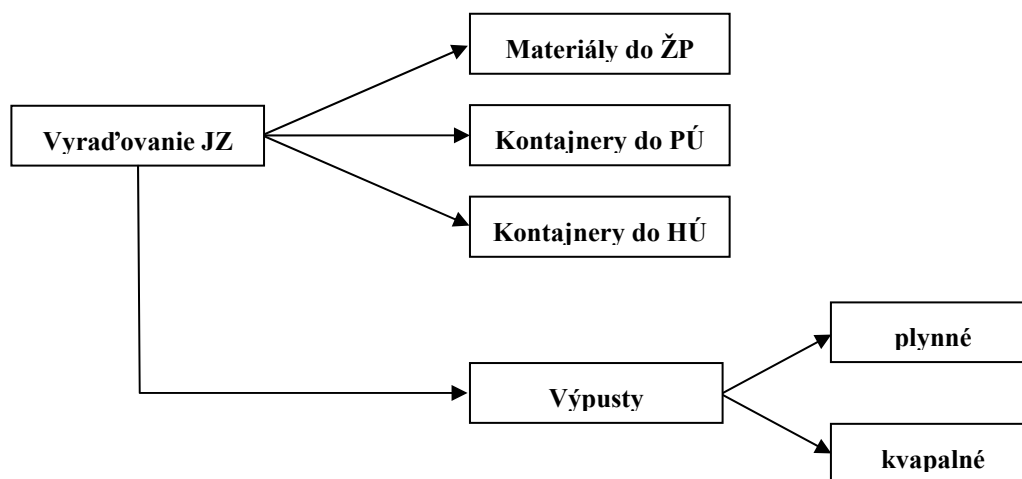
Príspevok sa zaoberá vyradovaním jadrovo-energetických zariadení z hľadiska uvoľňovania materiálov do životného prostredia. Venuje sa najmä tematike podmieneného uvoľňovania materiálov. Záverom je načrtnutý postup podmieneného uvoľnenia materiálov do podoby koľajníc, ich modelovanie a následný postup stanovenia kritickej skupiny obyvateľstva a kritického jedinca. Modelovanie prebieha v programe VISIPLAN 3D Alara planning tool.

2. Vplyv vyradovania jadrových zariadení (JZ) na životné prostredie (ŽP)

Cieľom vyradovania jadrových zariadení z prevádzky je uvoľnenie lokality pre iné použitie, čo je možné po znížení úrovne prítomných rádioaktívnych látok na prijateľnú úroveň neohrozujúcu obyvateľstvo ani životné prostredie.

Vlastné vyradovanie jadrových zariadení z prevádzky predstavuje súbor administratívnych a technických činností, ktoré je potrebné vykonať pre dosiahnutie uvedeného cieľa.

Produktom vyradovania sú materiály a výpusty ktoré sa uvoľňujú do životného prostredia podľa platnej legislatívy a príslušných predpisov.



Obr. č. 1: Jednoduchá schéma uvoľňovania materiálov z vyradovania do ŽP.

Pri manipulácií, nakladaní úprave a spracovaní rádioaktívnych odpadov (RAO) dochádza k tvorbe aerosólov, ktoré sa uvoľňujú do pracovných priestorov a sú odsávané, monitorované a po splnení povolených limitov kontrolovane vypúšťané do ovzdušia vo forme plynných výpustov. Kvapalné výpusty tvoria prevažne odpadové vody z hygienických slučiek, kondenzáty z odpariek, ktorých objemová aktivita spĺňa príslušný limit a sú uvoľňované do vodných recipientov pomocou špeciálnych kanalizačných systémov.

Materiály sa uvoľňujú do životného prostredia dvomi spôsobmi:

- Nepodmienene uvoľňovanie materiálov
- Podmienené uvoľňovanie materiálov.

3. Nepodmienené uvoľňovanie materiálov

Nepodmienene uvoľnené materiály majú veľmi nízku alebo žiadnu úroveň viazanej aktivity a môžu byť v neobmedzenom množstve uvoľňované do ŽP a využívané v ľubovoľnom priemyselnom odvetví bez rizika ohrozenia zdravia obyvateľstva. V každej krajine platí prijatá legislatíva, ktorá presne určuje, akým spôsobom je možné uvoľniť dané materiály do životného prostredia.

Podľa nariadenia vlády SR z 10. mája 2006 č.245/2006 z.z. o základných bezpečnostných požiadavkách na ochranu zdravia pracovníkov a obyvateľstva pred ionizujúcim žiarením, je základným kritériom pre nepodmienené uvoľnenie materiálov do ŽP požiadavka, podľa ktorej nesmie v žiadnom kalendárnom roku priemerná efektívna dávka jednotlivcov kritickej skupiny obyvateľstva (IDE) prekročiť 10 μSv a súčasne kolektívna efektívna dávka (KDE) neprekročí 1 man Sv, pričom sa musia zohľadniť všetky potencionálne cesty ožiarovania.

Nariadenie vlády definuje aj uvoľňovacie úrovne na uvádzanie rádioaktívnych látok do ŽP a najvyššie prípustné hodnoty pre rádioaktívnu kontamináciu materiálov a ich povrchov pre jednotlivé triedy radiotoxicity nuklidov.

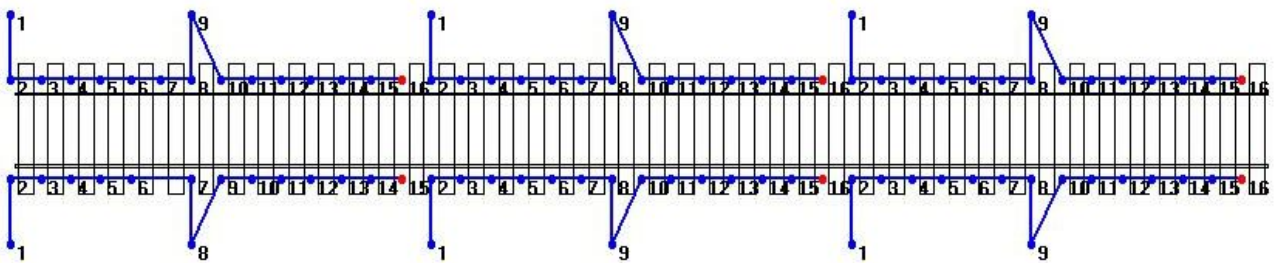
4. Podmienené uvoľňovanie materiálov

Podmienené uvoľňovanie materiálov z vyradovania sa zatiaľ vo svete nikde neaplikuje pod touto definíciou. Podmienene uvoľnenými materiálmi sú predovšetkým pevné RAO najmä kovy, ktoré boli súčasťou potrubí alebo technologických zariadení. Ich uvoľneniu predchádza dôkladná dekontaminácia, roztavenie a iné úpravy v kontrolovanom prostredí závodu na spracovanie RAO. Potom nasleduje ich ďalšia úprava, ale už v nekontrolovanom prostredí a nakoniec sú využité v bežných priemyselných odvetviach.

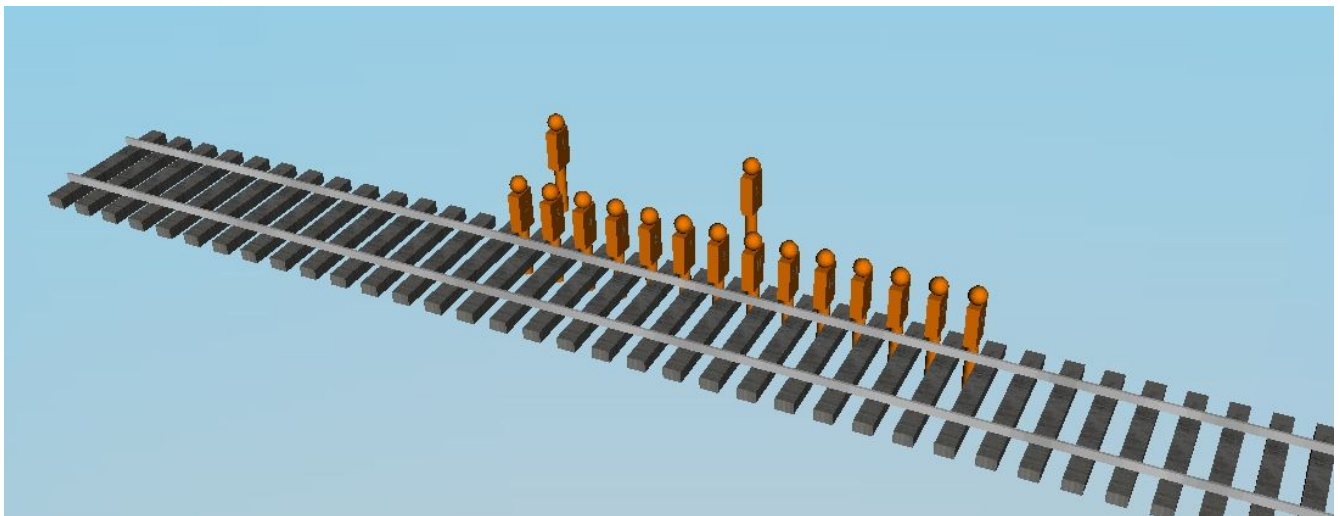
Podstatou podmieneného uvoľňovania je, že značné množstvo materiálov, prevažne kovov, je zvyčajne kontaminované iba rádionuklidmi s relatívne krátkymi polčasmi rozpadu. Tieto materiály je vhodné využiť na špecifický priemyselný účel, kde sa predpokladá dlhodobá viazanosť krátko žijúcich rádionuklidov na jednom mieste. Typickým príkladom využitia podmienene uvoľnených kovových materiálov by tak mohla byť napríklad stavba mostov alebo koľajníc. Pre podmienené uvoľňovanie materiálov sú k dispozícii medzinárodné odporúčania, odvodené od princípov 10 $\mu\text{Sv}/\text{rok-IDE}$ a 1 Sv-KDE a sú viazané na vybrané scenáre naloženia s podmienene uvoľnenými materiálmi.

Z viacerých možností podmieneného uvoľňovania sa zameriavam na scenár uvoľnenia kovových materiálov vo forme koľajníc. V takomto prípade je potrebné sledovať cestu uvoľňovaného kovového ingotu a nájsť kritickú skupinu obyvateľstva a jej kritického jednotlivca. V úvahách zohľadňujem proces výroby koľajníc valcovaním, ich následnú montáž na podvaly a tvorby koľajových polí. Koľajové polia sa ukladajú na bočné koridory, kde sa predpokladá ich viazanosť na 50 rokov.

Vo výpočte sa uvažuje s výrobou koľajníc typu S 49 o dĺžkach 25 metrov. Kritickou skupinou obyvateľstva bude pravdepodobne jedna z pracovných skupín robotníkov, ktorý vyrábajú, pokladajú a zvárajú koľajové polia. Na modelovanie a simuláciu činnosti pracovných skupín sa použije program *VISIPLAN 3D ALARA planning tool*, ktorí počíta dávkové príkony pracovníkov ako aj kolektívne efektívne dávky jednotlivých pracovných skupín. Na obrázku číslo 1 a 2 je znázornený model pre pracovnú skupinu robotníkov montujúcich koľajnice na podvaly a teda prípravu koľajového poľa. Túto činnosť vykonáva 6 pracovníkov a za deň zmontujú okolo 200 metrov koľajových polí. Montáž pozostáva z prípravy materiálov, rozloženia podvalov pomocou portálového žeriavu a samotnej montáže. Z osem hodinovej pracovnej doby sa pracovníci nachádzajú v bezprostrednej blízkosti koľaje 4 hodiny za deň. V súčasnosti prebieha modelovanie ostatných pracovných skupín, po ktorých pristúpim k výpočtom



Obr. č. 1: trajektórie pracovníkov montujúcich koľajnice na podvaly



Obr. č. 2: 3D zobrazenie pracovníka číslo 5 vykonávajúceho montáž koľajníc na podvaly

Záver: Práve podmienené uvoľňovanie umožňuje účelné využitie značného množstva pevných materiálov nezanedbateľnej hodnoty vznikajúcich v procese vyradovania. Recykláciou týchto materiálov sa ušetrí značná časť priestorov úložísk, kde by inak tieto materiály boli uložené ako rádioaktívny odpad. V neposlednom rade takto uvoľnené kovové materiály zároveň nahrádzajú nové, ktoré by bolo potrebné získať ťažbou nerastných surovín, ktoré sú vyčerpatel'né. Podmienene uvoľňované materiály sú v súčasnosti diskutovanou problematikou a ich budúcnosti sa venuje veľká pozornosť.

APLIKÁCIA KORELÁCIÍ A SCALING FAKTOROV V RÁDIOAKTÍVNYCH ODPADOCH**Silvia Dulanská***PRIF UK, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4*

Počas prevádzky jadrovej elektrárne vznikajú plynné, kvapalné a tuhé rádioaktívne odpady a ich chemické a rádionuklidové zloženie je závislé na rôznych parametroch. Deklarovanie obsahu rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch je úzko späté s prognózou, praktickou významnosťou, ale aj experimentálnou a finančnou dostupnosťou, resp. nedostupnosťou.

Skutočný obsah rádionuklidov v rádioaktívnych odpadoch možno rozdeliť na experimentálne stanovenie (rádiometrické metódy, metrologické metódy), pričom je potrebné uvažovať aj s možnosťou ťažkostaviteľnosti spojenej nielen s množstvom (t.j. koncentráciou, hmotnostnou aktivitou), ale aj s detekciou (detekčný limit; interferencie) rádionuklidov a na deklarovanie obsahu rádionuklidov pomocou výpočtu, pričom základ tvorí model a vstupné údaje.

Kritéria pre použitie korelačných faktorov zohľadňujú pomery vzniku a uvoľňovania korelujúcich rádionuklidov, ale aj chemické a transportné charakteristiky sledovaných rádionuklidov. Za účelom stanovenia ťažko merateľných nuklidov sa čoraz častejšie využívajú práve korelácie s ľahko merateľnými gama nuklidmi ako je ^{60}Co a ^{137}Cs . Tieto nuklidy sa nazývajú kľúčové nuklidy a práve ich rádioaktivita je korelovaná s ťažko merateľnými nuklidmi. Jedna z metód aplikujúca takéto korelácie je metóda scaling faktorov. Medzinárodné smernice doporučujú základnú metodológiu scaling faktorov, ktoré vyhodnocujú rádioaktivitu ťažko merateľných nuklidov v nízko a stredne aktívnych odpadoch. Vyžadujú nevyhnutné zhodnotenie fyzikálno-chemických, rádiochemických vlastností sledovaných rádionuklidov a analýzu korelačných diagramov. Scaling factor metóda nemôže byť aplikovaná pre kombináciu ľubovoľných nuklidov. Existencia korelácií môže byť overená štatistickými metódami ako je napríklad t-test, Fisher test.

**PRÍPRAVA VYRADENIA JE V1 Z PREVÁDZKY
(PROJEKTY BIDSF)**

Andrej Drgoň

JAVYS, a.s., 919 31 Jaslovské Bohunice

e-mail: Drgon.Andrej@javys.sk

ABSTRAKT

Rozhodnutím vlády SR z roku 1999 sa Slovenská republika zaviazala, že ukončí prevádzku dvoch jadrových blokov jadrovej elektrárne V1 (ďalej len JE V1) v Jaslovských Bohuniciach do roku 2008. Ako kompenzáciu nákladov spojených s ukončením jej prevádzky a následným vyradovaním prisľúbila Európska komisia finančnú pomoc cca 600 miliónov euro. Na tento účel bol založený fond Bohunice International Decommissioning Support Fund (ďalej len BIDSF). Fond je určený na financovanie projektov spojených s ukončovaním prevádzky a vyradovaním JE V1 a je spravovaný Európskou bankou pre obnovu a rozvoj (ďalej len EBOR).

Aby bolo možné využiť ponúkanú finančnú pomoc, je potrebné, aby prevádzkovateľ JE V1 vedel definovať projekty, ktoré bude musieť vykonať pri ukončovaní prevádzky a vyradovaní tak, aby využil čo najviac ponúkaných prostriedkov. Tie sú však nevhodne časovo viazané a už teraz je jasné, že bude problém ich vyčerpať. Projekt prípravy vyradovania JE V1 z prevádzky beží od roku 2003. Vtedy boli majiteľom JE V1 Slovenské elektrárne, a.s. Po privatizácii a rozdelení majetku v apríli 2006 sa novým prevádzkovateľom JE V1 a prijímateľom finančných prostriedkov BIDSF stala Jadrová a vyradovacia spoločnosť, a.s. Projekt prípravy vyradenia JE V1 z prevádzky riadi už od roku 2003 projektová manažérska jednotka (ďalej len PMJ), ktorá bola vytvorená na tento účel. PMJ je tím ľudí zložený zo zamestnancov prijímateľa grantu (JAVYS, a.s.) a konzultantského tímu (Konzorcium IEES), ktorý na základe zmluvy poskytuje konzultantské služby v oblasti prípravy a riadenia projektov vyradovania. Jeho úlohou je predať know-how v oblasti vyradovania a obstarávania cez EBOR. Projekty BIDSF sú rozdelené do niekoľkých skupín podľa toho, do ktorej etapy vyradovania projekt patrí. Skupina A zahŕňa projekty spojené s ukončovaním prevádzky. Do skupiny B patria projekty prípravy dokumentácie pre vyradovanie. Projekty patriace do skupiny C sa zaoberajú spracovaním rádioaktívnych odpadov. Projekty skupín D súvisia s vyradovaním blokov. Celkovo sú projekty nadefinované v hodnote 155 miliónov euro, v súčasnosti sú grantované finančné prostriedky na 27 projektov v celkovej hodnote asi 58 miliónov euro, z čoho je približne 50 miliónov euro hradených z fondu BIDSF.

Projekty sa realizujú dodávateľským spôsobom. Do verejnej súťaže sa môžu prihlásiť firmy zo Slovenska, ale aj celej Európy. Vystáva otázka, ako využiť ponúkané finančné prostriedky tak, aby z nich mala Slovenská republika čo najväčší úžitok, t.j. definovať projekty vyradovania JE V1, tak aby bol z grantov zaplatený čo najväčší objem prác. Obstarávanie podľa pravidiel EBOR má isté špecifiká, na ktoré naši dodávatelia nemusia byť zvyknutí. Na to aby mohli byť v súťažiach úspešní a obstáli v medzinárodnej konkurencii, je dôležité, aby si tieto zvláštnosti a nové postupy osvojili.