

źródła, w obwodzie zamkniętym, z wydajnością 1 dm<sup>3</sup>/min. Urządzenia pracowały w trybie biernym (dyfuzyjnym) oraz aktywnym przy dwóch natężeniach przepływu 0,5 i 1 dm<sup>3</sup>/min.

Wyniki pomiaru średniego stężenia radonu w komorze radonowej dokonane z pomocą urządzeń AlphaGUARD wykazują bardzo dobrą zgodność dla całego okresu ekspozycji. Dla sześciu monitorów AlphaGUARD, odchylenie standardowe średnich, obliczone dla czterech wybranych okresów ekspozycji, wynosiło od 1 do 2,8%, podczas gdy dla wszystkich tego typu urządzeń od 5,5 do 20%. Znacznie gorsze rezultaty otrzymano dla porównań wykonanych w komorze toronowej, gdzie odczyty wykazywały stężenia poniżej 100 Bq/m<sup>3</sup>.

Porównanie wyników otrzymanych z pomocą mierników T/N Rn WL i Pylon WLx oraz przyrządu odniesienia RPPSS wskazuje na różnice współczynników kalibracji zmieniające się od 30 do 42% przy dużym stężeniu aerozoli (udział frakcji wolnej 5%) i od 38 do 55% przy względnie małym stężeniu aerozoli (udział frakcji wolnej 62%), co jest prawdopodobnie spowodowane stratami, jakie powstają na wlotach urządzeń.

## 60.

### **Aerosol sampling for radiological protection: which particle size aerosol sampler to select?**

#### **Pomiary aerozoli w ochronie radiologicznej: jak wybrać urządzenie do pomiaru rozkładu ziarnowego aerozoli?**

Jean-Pierre Degrange<sup>1)</sup>, Olivier Witschger<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> CEPN, BP-48, 92263, Fontenay-aux-Roses, FRANCE, degrange@cepn.asso.fr

<sup>2)</sup> INRS, Laboratoire de Métrologie des Aérosols, avenue de Bourgogne, BP 27, 54501 Vandoeuvre-les-Nancy Cedex, FRANCE

Sampling of radioactive aerosols for the purpose of assessing or predicting occupational radiation doses becomes an important issue in the European countries. In particular, the 96/29/Euratom Council Directive specifies that aerosol sampling results can be used for assessing the individual dose when the individual in vivo and/or bioassay methods are not possible or give insufficient results. It precisely is the case for exposures by inhalation to Naturally Occurring Radioactive Materials (NORMs), for which bioassay methods may be associated with high detection limits while in comparison traditional aerosol sampling methods may lead to lower detection limits in terms of dose.

A generic method has been developed to facilitate the identification of the particle size aerosol sampler (following the inhalable, thoracic or respirable convention) to select for minimising the respective biases between the true and estimated exposure and the true and estimated effective dose associated with exposure by inhalation to any radioactive compound.

Calculation based on this method have been applied to various radioactive compounds (of different absorption rates and particle size dispersion characteristics) of the <sup>238</sup>U and <sup>232</sup>Th natural chains. These calculation have shown that:

- for exposure and effective dose estimates, the sampling efficiency of the sampler should be known and corrected for,
- for exposure estimates, an inhalable sampler should be chosen,

- for effective dose estimates, the sampler should be chosen according to the absorption rate of the considered compound, in order to follow as closely as possible the AMAD dependency of the compound's dose coefficients:
  - a thoracic sampler should be chosen for compounds of slow and moderate absorption rate,
  - an inhalable sampler should be chosen for compounds of fast absorption rate,
  - in absence of (precise) information on the particle size characteristics of the ambient aerosol, the following default values should be chosen: AMAD = 5  $\mu\text{m}$ , GSD = 2.5.

This paper presents the key elements of the method and the main results of its application to exposures by inhalation to NORMs.

This work was partially supported by the European Commission DG Research within the framework of the 5th PCRD (SMOPIE project: "Strategies and Methods for Optimisation of Internal Exposures of workers from industrial natural sources").



Pomiary aerozoli promieniotwórczych dla celów oceny lub przewidywania dawek u osób narażonych zawodowo stało się ważnym zagadnieniem w krajach europejskich. Szczególnie dlatego, że Dyrektywa 96/29/Euratom określa możliwość wykorzystania wyników pomiarów aerozoli do oceny dawek indywidualnych w przypadkach, gdy nie można zastosować metod badania in-vivo lub badania tkanek albo gdy metody te dają bardzo niepewne wyniki. Dokładnie taka sytuacja występuje w przypadku ekspozycji na wdychanie naturalnych substancji promieniotwórczych (NORM), dla których w metodach tkankowych uzyskuje się wysokie limity detekcji a jednocześnie tradycyjne metody, oparte na pomiarach aerozoli mogą się charakteryzować znacznie niższymi limitami detekcji w odniesieniu do dawek.

Opracowana została metoda wyboru odpowiedniego urządzenia do pomiaru rozkładu ziarnowego aerozoli w celu zminimalizowania odchyżeń między rzeczywistością a mierzoną ekspozycją czy dawką skuteczną dla dowolnego izotopu promieniotwórczego w zależności od przyjętej konwencji (dla frakcji wdychanej, oskrzelowej czy respirabilnej).

Obliczenia oparte na tej metodzie zostały zastosowane dla różnych radionuklidów z szeregów  $^{238}\text{U}$  i  $^{232}\text{Th}$ , charakteryzujących się odmiennymi współczynnikami depozycji w drogach oddechowych oraz różniące się rozkładem ziarnowym aerozoli. Obliczenia powyższe wykazały, że:

- w przypadku wyznaczenia ekspozycji czy dawki skutecznej musi być znana skorygowana wydajność filtracji przyrządu,
- ponadto w przypadku szacowania ekspozycji należy korzystać z przyrządu do pomiarów frakcji wdychanej,
- kiedy chodzi o oszacowanie dawki skutecznej powinno się wybierać taki przyrząd pomiarowy, który zapewnia podobny współczynnik filtracji do współczynnika osadzania danego izotopu w celu jak najlepszego oddania zależności pomiędzy AMAD a współczynnikiem dawki skutecznej tego radionuklidu:
  - przyrząd do pomiarów frakcji torakalnej należy stosować dla radionuklidów o niskim lub średnim współczynniku osadzania,
  - przyrząd do pomiarów frakcji wdychanej należy stosować wówczas, gdy izotop charakteryzuje się wysokim współczynnikiem osadzania,
  - kiedy brak jest precyzyjnych danych o rozkładzie ziarnowym aerozoli w powietrzu należy przyjąć poniższe wartości: AMAD = 5  $\mu\text{m}$ , GSD = 2,5.

W pracy przedstawiono kluczowe elementy metody oraz wyniki jej stosowania w przypadku wdychania substancji zawierających NORM.

Praca była częściowo finansowana przez Komisję UE w ramach V Programu Ramowego (projekt SMOPIE: "Strategies and Methods for Optimisation of Internal Exposures of workers from industrial natural sources").

**61.**

### **A protocol for determination of natural radionuclides in the geothermal water**

#### **Metodyka pomiaru naturalnych izotopów promieniotwórczych w wodach termalnych**

Henryk Bem\*, Marcin Olszewski, Aneta Kaczmarek

Institute of Applied Radiation Chemistry, Technical University of Lodz, POLAND

\*corresponding autor: Institute of Applied Radiation Chemistry, Technical University of Łódź ul. Żwirki 36, 90-924 Łódź, POLAND, phone:48-42-6313195, henrybem@p.lodz.pl

A routine radiometric analysis of the underground water including the geothermal water is generally limited to the main natural radionuclides. A simplified protocol for the determination of natural radionuclides in that kind of water has been tested.

Activities of the main radionuclides from  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  series in the Uniejów geothermal water were determined by combining liquid scintillation counting with  $\alpha/\beta$  separation and  $\gamma$  spectrometry methods. The  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{226}\text{Ra}$  activities were measured after extraction of radon from 10 ml water samples to 10 ml of Ultima Gold F scintillation cocktail directly in the 22 ml scintillation vials. The samples were counted in a new generation portable liquid scintillation counter, Betascout, without separation of the phases: over the period of 30 days after extraction. The average values of the specific activities were equal to 2.95 and 0.64 Bq/dm<sup>3</sup> for  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{226}\text{Ra}$ , respectively. The  $^{210}\text{Po}$  radionuclide before counting was preconcentrated from 1 dm<sup>3</sup> water samples on hydrated manganese oxide and deposited on silver discs. The discs were immersed in the 10 ml of scintillator and their activity was measured also by the same method. The average  $^{210}\text{Po}$  concentration was 0.052 Bq/dm<sup>3</sup>. Activity of the remaining radionuclides was determined by  $\gamma$ -spectrometry after their preconcentration on the hydrated manganese oxides from 10 dm<sup>3</sup> samples. The activities of two radium radionuclides,  $^{224}\text{Ra}$  and  $^{226}\text{Ra}$ , can be calculated from their basic  $\gamma$ -lines, whereas  $^{228}\text{Ra}$  can be determined from its decay product –  $^{228}\text{Ac}$ , and were equal to 0.52, 0.65 and 0.58 Bq/dm<sup>3</sup>, respectively. The activities of  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{238}\text{U}$  ( $^{234}\text{Th}$ ) were below the detection limit of the method equal to 0.03 Bq/dm<sup>3</sup>. Based upon the obtained results, it can be concluded that there are not any radiological restrictions for using this water as a heat source or for balneological purposes. However, it cannot be used as a mineral drinking water, because the calculated committed effective dose from its one year consumption exceeds the WHO recommended value of 0.1 mSv.

★ ★ ★

Rutynowe analizy radiometryczne wód podziemnych, w tym także wód termalnych, są w zasadzie ograniczone do podstawowych izotopów promieniotwórczych. W pracy przedsta-