



Redaktor naukowy/Scientific editor

Dr Paweł Krajewski

Recenzent/Reviewer

Dr. hab. inż., Prof. CLOR Sławomir Jednoróg

Redakcja techniczna/Technical editors

Mgr Zuzanna Samborska- Zajkowska

Mgr Dorota Wieczorek

Copyright by Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2021

All rights reserved

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Central Laboratory for Radiological Protection

Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

RAPORT CLOR NR 162

**ISBN** 978-83-947765-5-8

*Warszawa 2021*

---

# ***RAPORT ROCZNY CLOR 2020***

## ***ANNUAL REPORT 2020***



*Warszawa, 2021*



PRZEDMOWA	9
<b>ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ</b>	<b>15</b>
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	17
OZNACZANIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA	21
MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH W LATACH 2018-2020	23
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA <sup>226</sup> Ra W WODZIE ZA POMOCĄ SPEKTROMETRII CIEKŁOSCINTYLACYJNEJ	25
OZNACZENIE STĘŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO <sup>137</sup> Cs I <sup>90</sup> Sr W PRÓBKACH POŻYWIENIA W 2020 ROKU	26
PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPÓW <sup>137</sup> Cs I <sup>90</sup> Sr PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIACYJNEGO KRAJU	28
UTRZYMANIE AKREDYTACJI W LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH WYKONUJĄCYM POMIARY SŁUŻĄCE OCENIE DAWEK OD NARAŻENIA WEWNĘTRZNEGO	30
OZNACZANIE STĘŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH <sup>232</sup> Th, <sup>230</sup> Th I <sup>228</sup> Th W BUTELKOWANYCH WODACH MINERALNYCH I ŹRÓDLANYCH	32
POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W PRÓBKACH WODY, OSADÓW DENNYCH I RYB, W RAMACH PROWADZONEGO MONITORINGU SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH MORZA BAŁTYCKIEGO	34
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA <sup>90</sup> Sr W PRÓBKACH ŻYWNOŚCIOWYCH I WODZIE TECHNIKĄ LSC	37
OZNACZENIE STĘŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO <sup>241</sup> Pu W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO MORZA BAŁTYCKIEGO	39
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA <sup>226</sup> Ra W WODZIE ZA POMOCĄ SPEKTROMETRII CIEKŁOSCINTYLACYJNEJ	42
<b>ZAKŁAD DOZYMETRII</b>	<b>43</b>
INFORMACJA O DZIAŁALNOŚCI ZAKŁADU DOZYMETRII W ROKU 2020	45
OCENA DAWKI SKUTECZNEJ DLA MIESZKAŃCÓW POLSKI OD WCHŁONIĘCIA AEROSZLI ATMOSFERYCZNYCH DROGĄ ODDECHOWĄ – SIEĆ STACJI ASS-500 (ROK 2020)	49
MONITORING PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO REALIZOWANY W RAMACH PAŃSTWOWEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA W LATACH 2018-2020. ZADANIE 3: MONITORING STĘŻENIA <sup>137</sup> Cs W GLEBIE.	54
MONITORING PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO REALIZOWANY W RAMACH PAŃSTWOWEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA W LATACH 2020-2022. ZADANIE 3: MONITORING STĘŻENIA <sup>137</sup> Cs W GLEBIE	56
UNOWOCZEŚNIENIE SIECI WCZESNEGO OSTRZEGANIA O SKAŻENIACH POWIETRZA W POLSCE – WYKONANIE TRZECH NOWYCH STACJI ASS- 500 ZASILANYCH NAPIĘCIEM JEDNOFAZOWYM. ZAINSTALOWANIE I URUCHOMIENIE NOWYCH STACJI W TRZECH LOKALIZACJACH W POLSCE (GDYNIA, TORUŃ, KIELCE)	59
MONITORING I OCHRONA RADIOLOGICZNA TERENU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W RÓŻANIE	61
MONITORING I OCHRONA RADIOLOGICZNA ZAKŁADU UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (OTWOCK-ŚWIERK)	64
ROZWÓJ SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W AKREDYTOWANYM LABORATORIUM POMIARÓW PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ W ZAKRESIE UTRZYMANIA WZORCA ODNIESIENIA RADU <sup>226</sup> Ra, TORU <sup>228</sup> Th I POTASU <sup>40</sup> K	68
ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2020	70
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ NA TERENIE ŚWIĘTOKRZYSKIEGO PARKU NARODOWEGO NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK FLORY	73
MONITORING GAZÓW SZLACHETNYCH W WARSZAWIE I ŚWIERKU W LATACH 2015-2020	75
ZORGANIZOWANIE I PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH ZAWARTOŚCI NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W SUROWCACH I MATERIAŁACH BUDOWLANYCH DLA JEDNOSTEK ORGANIZACYJNYCH PROWADZĄCYCH TAKIE POMIARY	78
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ NA TERENIE NARWIAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO (NPN) NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK GLEBY	81
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE ORAZ WOKÓŁ NARODOWEGO CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH (NCBJ) W ŚWIERKU	83
<b>ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA</b>	<b>86</b>
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA W 2020 ROKU	88
ROZWÓJ METOD I MODELI DO OCENY RYZYKA RADIOEKOLOGICZNEGO W RAMACH MIĘDZYNARODOWEGO PROGRAMU MAEA MODARIA II (2016-2020)	90
UTRZYMANIE GOTOWOŚCI LABORATORIUM MONITORINGU JODU CLOR DO WYKONYWANIA POMIARÓW ZAWARTOŚCI JODU PROMIENIOTWÓRCZEGO W TARCZYCY CZŁOWIEKA	94
ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH – CZĘŚĆ TECHNICZNA	97

FUNKCJONOWANIE SYSTEMU ZARZĄDZANIA JAKOŚCIĄ W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH W 2020 R.	99
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM "ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU JAKOŚCI W LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH (LWPDİR) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ"	100
PROJEKT EU-RADION „EUROPEAN SYSTEM FOR IMPROVED RADIOLOGICAL HAZARD DETECTION AND IDENTIFICATION”	102
POMIAR STĘŻENIA RADONU W MIEJSCACH PRACY, W KTÓRYCH ISTNIEJE ZNACZĄCE RYZYKO PRZEKROCZENIA POZIOMU REFERENCYJNEGO 300 Bq/m <sup>3</sup>	104
PROJEKT METRO-RADON METROLOGY FOR RADON MONITORING	105
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM „DOSKONALENIE SYSTEMÓW ZARZĄDZANIA W ŚWIETLE NORM ISO”.	106
WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W 2020 R.	108
DZIAŁALNOŚĆ SŁUŻBY DOZYMETRYCZNEJ CLOR W RAMACH UMOWY ZAWARTEJ Z CENTRUM DO SPRAW ZDARZEŃ RADIACYJNYCH PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI	110
OCENA PRZYDATNOŚCI DO MONITORINGU RADIACYJNEGO ŚRODOWISKA SONDY SCYNTYLACYJNEJ Z DETEKTOREM LABr <sub>3</sub> (Ce)	111
OPRACOWANIE STUDIUM WYKONALNOŚCI PROJEKTU NEUTRONOWEJ DOZYMETRII INDYWIDUALNEJ.	113
WYKORZYSTANIE SYMULACJI GEANT4 W INFRASTRUKTURZE CHMUROWEJ DO BADANIA OBUDÓW TLD	114
ZAPROJEKTOWANIE I OPRACOWANIE URZĄDZENIA DO OBRAZOWEJ REJESTRACJI PROMIENIOWANIA GAMMA	116
BADANIE CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA ZMIANĘ WŁAŚCIWOŚCI DETEKTORÓW ŚLADOWYCH CR39	118
PROJEKT „PREPAREDNESS” – METROLOGY FOR MOBILE DETECTION OF IONISING RADIATION FOLLOWING A NUCLEAR OR RADIOLOGICAL INCIDENT	121
TERMOLUMINESCENCYJNE DOZYMETRY ŚRODOWISKOWE: PROJEKT NOWEGO TYPU OBUDOWY ORAZ BADANIA NAD DOSTĘPNYMI OBUDOWAMI.	122
<b>DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI</b>	<b>123</b>
PODSUMOWANIE PRAC DZIAŁU SZKOLENIA I INFORMACJI W ROKU 2020	125
<b>ENGLISH VERSION</b>	<b>127</b>
INTRODUCTION	129
<b>DEPARTMENT OF RADIATION HYGIENE</b>	<b>135</b>
DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE	137
MONITORING OF RADIOLOGICAL PARAMETERS OF DRINKING WATER IN LARGE POLISH CITIES AND EVALUATION OF DOSES RECEIVED BY ITS CONSUMPTION	139
MONITORING OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF SURFACE WATERS AND BOTTOM SEDIMENTS IN 2018-2020	141
ADAPTATION OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF <sup>226</sup> Ra IN WATER BY USING LIQUID SCINTILLATION SPECTROMETRY	143
DETERMINATION OF RADIOACTIVITY CONCENTRATION OF <sup>137</sup> Cs AND <sup>90</sup> Sr IN SAMPLE OF DAILY DIET IN 2020	144
COMPARATIVE MEASUREMENTS REGARDING <sup>137</sup> Cs AND <sup>90</sup> Sr ISOTOPE DETERMINATION BY BASIC UNITS PERFORMING RADIOACTIVE CONTAMINATION MEASUREMENTS WITHIN THE FRAMEWORK OF RADIATION MONITORING OF THE COUNTRY	146
MAINTENANCE OF ACCREDITATION IN THE LABORATORY OF RADIOCHEMICAL AND SPECTROMETRIC ANALYSIS PERFORMING MEASUREMENTS FOR ASSESSING DOSES FROM INTERNAL EXPOSURE	148
DETERMINATION OF ACTIVITY CONCENTRATION OF <sup>232</sup> Th, <sup>230</sup> Th AND <sup>228</sup> Th IN BOTTLED MINERAL AND SPRING WATERS	150
MEASUREMENTS OF RADIOACTIVE CONTAMINATIONS IN SAMPLES OF WATER, BOTTOM SEDIMENTS AND FISH IN THE FRAMEWORK OF THE MONITORING OF RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE BALTIC SEA	151
ADAPTATION OF THE <sup>90</sup> Sr DETERMINATION METHOD IN FOODSTUFF AND WATER WITH LSC DETECTION TECHNIQUE	153
DETERMINATION OF THE ACTIVITY CONCENTRATION OF <sup>241</sup> Pu IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC SEA	154
ADAPTATION OF A METHOD FOR THE DETERMINATION OF <sup>226</sup> Ra IN WATER BY USING LIQUID SCINTILLATION SPECTROMETRY	156
<b>DOSIMETRY DEPARTMENT</b>	<b>157</b>
INFORMATION OF THE ACTIVITIES OF THE DOSIMETRY DEPARTMENT IN 2020	159
ASSESSMENT OF EFFECTIVE DOSE FOR RESIDENTS OF POLAND FROM INHALATION OF ATMOSPHERIC AEROSOLS – NETWORK OF ASS-500 STATIONS (IN THE YEAR 2020)	162
MONITORING OF IONIZING RADIATION IMPLEMENTED WITHIN THE FRAMEWORK OF THE STATE ENVIRONMENTAL MONITORING IN 2018-2020. TASK 3: MONITORING OF <sup>137</sup> Cs CONCENTRATION IN SOIL.	167
MONITORING OF IONIZING RADIATION IMPLEMENTED WITHIN THE FRAMEWORK OF THE STATE ENVIRONMENTAL MONITORING IN 2020-2022. TASK 3: MONITORING OF <sup>137</sup> Cs CONCENTRATION IN SOIL.	169

MODERNIZATION OF THE EARLY WARNING NETWORK ON AIR CONTAMINATION IN POLAND – PERFORMING OF THREE NEW ASS-500 STATIONS POWERED WITH SINGLE-PHASE VOLTAGE. INSTALLATION AND COMMISSIONING OF NEW STATIONS IN THREE LACATIONS IN POLAND (GDYNIA, TORUŃ, KIELCE).	172
MONITORING AND RADIOLOGICAL PROTECTION OF THE NATIONAL RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY IN RÓŻAN	174
MONITORING AND RADIOLOGICAL PROTECTION OF THE RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT PLANT (OTWOCK – ŚWIERK)	177
DEVELOPMENT OF THE QUALITY ASSURANCE SYSTEM IN ACCREDITED LABORATORY OF NATURAL RADIOACTIVITY MEASUREMENTS IN THE SCOPE OF RADIUM <sup>226</sup> RA, THORIUM <sup>228</sup> TH AND POTASSIUM <sup>40</sup> K REFERENCE STANDARD MAINTENANCE	181
ANALYSIS AND EVALUATION OF THE RADIOACTIVITY OF RAW AND BUILDING MATERIALS USED IN POLAND IN YEARS 1980-2020	183
ASSESSMENT OF THE RADIATION SITUATION IN THE ŚWIĘTOKRZYSKI NATIONAL PARK AREA BASED ON THE MEASUREMENTS OF THE FLORA SAMPLES	186
NOBLE GAS MONITORING IN WARSAW AND ŚWIERK IN 2015-2020	188
ORGANIZING AND CONDUCTING COMPARATIVE MEASUREMENTS CONTENT NATURAL RADIOACTIVE ISOTOPES IN RAW MATERIALS BUILDING FOR INSTITUTIONS PROVIDING SUCH MEASUREMENTS	191
ANALYSIS OF THE RADIATION SITUATION IN THE NARWIANSKI NATIONAL PARK (NPN) BASED ON THE STUDY OF SOIL SAMPLES	193
THE ESTIMATE OF THE SITUATION OF THE RADIATION IN THE VICINITY OF THE NATIONAL RADIOACTIVE WASTE LANDFILLS (KSOP) IN RÓŻAN AND AROUND NATIONAL CENTRE FOR NUCLEAR RESEARCH IN ŚWIERK.	195
<b>DEPARTMENT OF MONITORING AND CALIBRATION</b>	<b>199</b>
DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING AND CALIBRATION	201
VALIDATION OF CODE CLRP ELABORATED IN CLOR IN A FRAME OF INTERNATIONAL PROGRAM IAEA MODARIA II	203
MAINTENANCE OF THE CLOR IODINE MONITORING LABORATORY TO PERFORM MEASUREMENTS OF RADIOACTIVE IODINE IN THE HUMAN THYROID	207
ASSURANCE AND SUPPORT OF THE QUALITY SYSTEM IN LABORATORY FOR CALIBRATION OF DOSIMETRIC AND RADON INSTRUMENTS – TECHNICAL PART	210
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM IN THE LABORATORY OF PERSONAL AND ENVIRONMENTAL DOSES IN 2020	211
REPORT FROM THE SEMINAR "ENSURING AND MAINTAINING A QUALITY SYSTEM IN THE LABORATORY FOR CALIBRATION OF DOSIMETRIC AND RADON INSTRUMENTS (LWPDIR) FOR THE PURPOSES OF RADIOLOGICAL PROTECTION".	212
PROJECT EU-RADION „EUROPEAN SYSTEM FOR IMPROVED RADIOLOGICAL HAZARD DETECTION AND IDENTIFICATION”	214
MEASUREMENT OF RADON ACTIVITY CONCENTRATION IN WORKPLACES WHERE IS A SIGNIFICANT RISK OF EXCEEDING THE REFERENCE LEVEL 300 Bq/m <sup>3</sup>	216
PROJEKT METRO RADON - METROLOGY FOR RADON MONITORING	217
REPORT FROM THE SEMINAR "IMPROVEMENT OF MANAGEMENT SYSTEMS IN THE LIGHT OF ISO STANDARDS".	218
CALIBRATION DOSIMETERS FOR RADIATION PROTECTION PURPOSE IN 2020.	220
THE OPERATION OF THE CENTRAL LABORATORY OF RADIOLOGICAL PROTECTION (CLOR) DOSIMETRY SERVICES WITHIN THE FRAMEWORK OF AN AGREEMENT CONCLUDED WITH THE RADIATION EMERGENCY CENTER (CEZAR) FROM THE NATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY	222
ASSESSMENT OF SUITABILITY FOR ENVIRONMENTAL RADIATION MONITORING OF THE SCINTILLATION PROBE WITH THE DETECTOR LABR3(Ce).	223
DEVELOPMENT OF A FEASIBILITY STUDY FOR THE PROJECT OF INDIVIDUAL NEUTRON DOSIMETRY.	226
USAGE OF GEANT4 IN CLOUD INFRASTRUCTURE FOR RESEARCH OF THERMOLUMINESCENCE DOSIMETERS HOLDERS (TLD)	227
DESIGN AND DEVELOPMENT OF VISUAL GAMMA IMAGING DEVICE	229
PROJECT „PREPAREDNESS” – METROLOGY FOR MOBILE DETECTION OF IONISING RADIATION FOLLOWING A NUCLEAR OR RADIOLOGICAL INCIDENT	234
THERMOLUMINESCENT ENVIRONMENTAL DOSIMETERS: DESIGN OF A NEW HOLDER TYPE AND RESEARCH INTO AVAILABLE HOLDERS	235
<b>DEPARTMENT OF TRAINING AND INFORMATION</b>	<b>237</b>
SUMMARY OF THE ACTIVITIES OF TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT IN 2020	239





---

# Przedmowa

---

Niniejszy raport stanowi zwięzły opis głównych prac Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) realizowanych w roku 2020, które w całości są omówione w ekspertyzach i wydawnictwach CLOR dostępnych na stronach instytucji współpracujących z nami lub są możliwe do pobrania na stronie internetowej CLOR<sup>1</sup>.

Warto w tym miejscu przybliżyć początek powstania CLOR, które zostało utworzone w 1957 roku, na rok przed rozpoczęciem działalności pierwszego badawczego reaktora jądowego EWA w Świerku, jako odrębny specjalistyczny instytut badawczy, z misją prowadzenie prac operacyjnych i prac badawczo-rozwojowych związanych z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju, w szczególności wokół tego obiektu jądowego. Stanowiliśmy wtedy jedną z pierwszych tego typu placówek w Europie. Zadaniem Instytutu było wykonywanie specjalistycznych ekspertyz w zakresie oceny narażenia środowiska, ludności lub narażenia zawodowego pracowników na ekspozycje od źródeł promieniowania jonizującego.

Obecnie Instytut nadal prowadzi szeroko zakrojony monitoring skażeń promieniotwórczych środowiska: powietrza, gleby, wód powierzchniowych oraz osadów dennych rzek i jezior, fauny i flory i na podstawie uzyskanych wyników przeprowadza kompleksową analizę sytuacji radiologicznej kraju. Wykonuje także ocenę narażenia środowiska człowieka od substancji promieniotwórczych w warunkach ich nagłych uwolnień, ataków terrorystycznych jak i rozciągniętych w czasie uwolnień technologicznych z obiektów jądowych.

W 2020 r., w Zakładzie Dozymetrii CLOR, zakończono wdrożenie nowego typu stacji do badań skażeń promieniotwórczych powietrza ASS-500 (PATENT 184966). Prowadzone w okresie 2018-2020) prace potwierdziły nowoczesność stacji oraz ich wysoką czułość, co pozwoliło na prowadzenie analiz danych otrzymywanych z sieci pod kątem oceny dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia promieniotwórczych aerozoli atmosferycznych

drogą oddechową. Sieć stacji pokrywa cały kraj, stacje znajdują się w 13 lokalizacjach: Warszawa, Białystok, Gdynia, Katowice, Kraków, Lublin, Łódź, Sanok, Szczecin, Toruń, Wrocław, Zielona Góra, Kielce. Wyniki tych badań są publikowane w kwartalnych komunikatach dla ludności o sytuacji radiacyjnej kraju w Dzienniku Urzędowym R.P. „Monitor Polski” przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), jak również w raportach rocznych PAA. W oparciu o wyniki tej sieci eksperci ochrony radiologicznej mogli z pełną odpowiedzialnością formułować oświadczenia o braku zagrożenia radiacyjnego dla Polski. Jako przykład można przytoczyć zdarzenie z dnia 2 i 3 października 2017 r., kiedy nad południową Polską pojawiło się nieznanego pochodzenia promieniotwórcze skażenie powietrza rutenem Ru-106. Analiza wyników pozwoliła wnioskować o znikomym narażeniu ludności na obszarze całego kraju - było to szeroko przedstawiane przez media. W 2020 r. Zakład Dozymetrii prowadził również badania okolic Świerku i Różana za pomocą przewoźnej stacji do pomiarów skażeń powietrza (Patent PL 216990 B1 (2014)). Nie stwierdzono emisji promieniotwórczych aerozoli radioizotopów antropogenicznych przez te obiekty. W tym też okresie badano za pomocą nowego typu stacji PS3PJ(przewoźna stacja pomiarowa) również możliwość emisji jodu promieniotwórczego <sup>131</sup>I wokół reaktora Maria. Nie wykryto istotnych emisji tego radioizotopu w żadnej z postaci fizykochemicznych.

Na podstawie dwuletnich kontraktów finansowanych przez fundusz Ochrony Środowiska, Zakład Higieny Radiacyjnej oraz Zakład Dozymetrii, prowadziły monitoring radiologiczny rzek i jezior oraz gleb na potrzeby Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) w Polsce. Wyniki tych badań publikowane są na stronie internetowej GIOŚ<sup>2,3</sup>. W ramach umów zleczanych co roku przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w/w Zakłady prowadziły regularny krajowy monitoring oraz przeprowadzały ocenę sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska

---

<sup>1</sup> Raporty Roczne - Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (clor.waw.pl)

<sup>2</sup>[https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/raport\\_rok\\_2020.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/raport_rok_2020.pdf)

<sup>3</sup>[https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/raport\\_stezenia\\_2019.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/raport_stezenia_2019.pdf)

Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie oraz wokół Ośrodka w Świerku.

W ramach operacyjnej działalności CLOR, powiązanej z zamówieniami Państwowej Agencji Atomistyki, warto wymienić zadanie wykonywane w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania dotyczące Utrzymania w gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka, polegające na ocenie narażenia zawodowego w zakładach medycyny nuklearnej w skutek dawek na tarczycę, spowodowanych wniknięciami promieniotwórczego jodu  $^{131}\text{I}$  i technetu  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  drogą oddechową oraz zadanie wykonywane wspólnie przez Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania oraz Zakład Dozymetrii dotyczące sprawowania Całodobowej Służby Awaryjnej CLOR przy Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki. W ramach tego zadania (od 2018 roku) eksperci CLOR, na miejscu zdarzenia radiacyjnego, prowadzą ocenę ryzyka radiologicznego oraz podejmują działania prewencyjne wspomagające pracę służb mundurowych kontroli granicznej i celnej w trakcie przechwytywania niebezpiecznych materiałów CBRN na granicy. Również w zakresie tej działalności prowadzone było przez Zakład Higieny Radiacyjnej zadanie polegające na Organizacji pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju oraz zadanie dotyczące Pomiarów skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego – które wypełniana Polska w ramach obowiązków członka Komisji Helsińskiej (Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection Commission, Helcom Mors)<sup>4</sup>.

Inną formą działalności CLOR, stanowiącą wsparcie eksperckie dla Państwowej Agencji Atomistyki CLOR, są szkolenia inspektorów ochrony radiologicznej IOR (IOR-1, IOR-1R, IOR-3) oraz operatorów aparatury wytwarzającej promieniowanie jonizujące typu A-A, S-A, S-Z, prowadzone przez Dział Szkolenia i Informacji. W roku 2020 ze względu

na ograniczenia sanitarne związane z pandemią COVID-19, przeszkolono i wydano 27 licencji inspektora IOR, oraz łącznie 17 nowych licencji A-A, S-A oraz S-Z.

Poza szkoleniami profesjonalnymi, realizując zadanie 2.1 Programu Polskiej Energetyki Jądrowej<sup>5</sup> w zakresie szkolenia kadr na potrzeby energetyki jądrowej, CLOR kontynuował współpracę z uczelniami wyższymi: Politechniką Warszawską (kierunek międzywydziałowy: Inżynieria Biomedyczna, realizowany wspólnie przez dwa Wydziały: Elektroniki i Technik Informacyjnych oraz Mechatroniki), z Uniwersytetem Warszawskim (Wydział Chemii i Wydział Fizyki: makro-kierunek studiów: Energetyka i Chemia Jądrowa).

W ramach dotacji statutowej Ministerstwa Nauki i Edukacji, CLOR prowadził w 2020 r. kilkanaście prac o charakterze badań naukowych poświęconych bądź to specjalistycznym badaniom środowiskowym mającym na celu ocenę narażenia wybranych grup ludności (Oznaczanie stężeń promieniotwórczych  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  i  $^{228}\text{Th}$  w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych, Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego (NPNP) na podstawie badania próbek gleb) bądź mających na celu wdrożenie nowej metodyki pomiarowej pod kątem zwiększenia jej wydajności i skrócenia czasu pomiaru (Adaptacja metody oznaczania promieniotwórczego radu  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej, „Adaptacja metody oznaczania promieniotwórczego strontu  $^{90}\text{Sr}$  w próbkach żywnościowych i wodzie techniką LSC”).

Na szczególną uwagę zasługują prace prowadzone w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania, które skupiały się na zagadnieniu modernizacji i wdrożenia metodyki pomiarowej oraz własnych procedur systemowych do zwiększonych wymagań wynikających z nowych zaleceń i dyrektyw UE, które zostały ostatnio transponowane do

<sup>4</sup> <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/data-maps/databases/>

<sup>5</sup> [https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user\\_upload/bip/prawo/inne\\_projekty/PPEJ/Program\\_polskiej\\_energetyki\\_jadrowej.pdf](https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/prawo/inne_projekty/PPEJ/Program_polskiej_energetyki_jadrowej.pdf)

prawa krajowego<sup>6,7,8</sup>. Przeprowadzono prace związane ze zwiększeniem wydajności metodyki pomiarowej radonu <sup>222</sup>Rn (Badanie czynników wpływających na zmianę właściwości detektorów śladowych Cr-39) czy też prace nad opracowaniem prekursorskiej metodyki pomiarów mocy dawki tzw. promieniowania tła pasywnymi metodami TLD (Wykorzystanie symulacji GEANT4 w infrastrukturze chmurowej do badania obudów TLD<sup>9</sup>) i metodami aktywnymi z użyciem nowej generacji spektrometru promieniowania gamma w oparciu o scyntylator bromku lantanu LaBr<sub>3</sub>(Ce) („Ocena przydatności do monitoringu radiacyjnego środowiska sondy scyntylacyjnej z detektorem LaBr<sub>3</sub>(Ce)). Planowane jest wznowienie (zarzuconych z przyczyn braku funduszy w 2004 r.) pomiarów mocy dawki promieniowania tła, co ma szczególnie istotne znaczenia w perspektywie podejmowania intensywnej badań środowiskowych w lokalizacjach bloków energetycznych przyszłej energetyki jądrowej.

Znaczenie prac badawczych prowadzonych w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania nabrało szczególnej wagi i zyskało wymiar ogólnokrajowy po 2019 roku, kiedy to Polska wdrożyła DYREKTYWĘ RADY UE 2013/59/EURATOM<sup>6</sup>, w szczególności obligującą członków UE do prowadzenia pomiarów stężenia radonu w miejscach pracy oraz w budynkach mieszkalnych, podając jednocześnie normę określającą poziom bezpieczeństwa, za który uznaje się średnioroczne stężenie radonu na poziomie 300 Bq·m<sup>-3</sup>. Na wyposażeniu Zakładu znajduje się Radonowe Stanowisko Wzorcowe (RSW), które jest specjalnym urządzeniem badawczym z unikalną komorą wzorującą, które umożliwia wszechstronne badanie aparatury przeznaczonej do pomiarów stężeń radonu i jego pochodnych rozpadu. W tym kontekście, prowadzone badania przez RSW mają znaczenie ogólnokrajowe, ponieważ stanowią bazę

merytoryczną dla aktualizacji "Krajowego planu działania w przypadku narażenia na radon". Wyniki w/w badań są unikalnym źródłem informacji dla innych centralnych organów administracji rządowej tzn. Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska oraz Głównego Inspektora Ochrony Środowiska. Stanowią również podstawę działalności doradczej CLOR dla deweloperów i przedsiębiorców budowlanych, zrzeszonych w Stowarzyszeniu Nowoczesne Budynki.

Działalność CLOR w kierunku unowocześnienia krajowego systemu ochrony radiologicznej prowadzona jest przy intensywnej współpracy z ośrodkami zagranicznymi w ramach grantów UE horyzont H2020 m.in:

CLOR uczestniczy w projekcie EURAMET METRORADON (Reference nr. 16ENV10) pn. Metrologia monitoringu radonu (okres realizacji projektu od 01.06.2017 r. do 1.12.2020 r.) Projekt dotyczy walidacji metod pomiarów radonu w krajach UE pod kątem wymagań Dyrektywy Rady UE 2013/59/EURATOM z wykorzystaniem radonowej komory wzorującej RSW,

CLOR bierze udział w projekcie EURAMET PREPAREDNESS (Reference nr. 16ENV04) pn. Metrologia mobilnych metod detekcji promieniowania jonizującego w następstwie wypadku jądrowego lub zdarzenia radiacyjnego (okres realizacji projektu od 01.08.2017 r. do 1.01. 2021 r.).

W 2020 roku uzyskano finansowanie w następujących konkursach zagranicznych:

- Projekt traceRADON, pn. Implementacja metrologii radonu do analizy budżetu gazów cieplarnianych (GHG) i ochrony radiologicznej w środowisku, projekt w ramach konkursu UE EMPIR EURAMET 19ENV01 (okres realizacji projektu od 06.2020 do 05-2023)

<sup>6</sup> Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego.

<sup>7</sup> Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2019 r. poz. 1792 oraz z 2020 r. poz. 284 i 322)

<sup>8</sup> Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zobowiązuje przedsiębiorstwa zarządzające ujęciami wody pitnej (kilkanaście tysięcy ujęć w Polsce) do zamówienia specjalistycznej analizy zawartości

pierwiastków promieniotwórczych w wodzie (radonu <sup>222</sup>Rn, trytu HTO, radu <sup>226</sup>Ra, <sup>228</sup>Ra).

<sup>9</sup> OBWIESZCZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 22 stycznia 2021 r. w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy (Dz. U. z 2021 poz. 169)

Wejście w życie w/w ustawy skutkowało znacznym zwiększeniem liczby pomiarów radonu oraz wymagało opracowania specjalistycznej metodyki dla oceny dawki od radonu na stanowiskach pracy oraz w budynkach mieszkalnych.

- Projekt EU-RADION pn. Europejski System Zwiększonej Zdolności Detekcji i Identyfikacji Zagrożenia Radiologicznego, Horyzont 2020, Call: H2020-SU-SEC-2018-2019-2020, (Security) (okres realizacji projektu od 8.2020 r. do 7.2023 r.)

- W ramach konkursu EMPIR EURAMET (ogłoszonego w 2020 roku) , złożono wnioski na metroRadon II. Wniosek pozytywnie przeszedł pierwszy etap konkursu.

W 2020 r. kontynuowano również współpracę związaną z podpisanymi wcześniej umowami z ważnymi ośrodkami naukowymi za granicą:

- W 2020 r., została przedłużona czteroletnia kadencja przedstawiciela CLOR dr Pawła Krajewskiego (2021-2025) jako eksperta Grupy Ekspertów paragrafu 31 traktatu EURATOM (the Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty),

- Umowa 8 lipca 2015 r. o współpracy z Niemieckim Biurem Federalnym Ochrony przed Promieniowaniem (Bundesamt für Strahlenschutz BfS) odnośnie pomiarów gazów szlachetnych Kr-85 i Xe-133 wokół kompleksu „Świerk” składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM została przedłużona na lata 2019-2022.

- Eksperti Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej biorą udział w pracach Komitetu Ochrony

Radiologicznej i Zdrowia Publicznego „Committee on Radiation Protection and Public Health” (CRPPH).

Dysponując dobrze wykształconą kadrą, o bogatym, wieloletnim doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczo-rozwojowych i operacyjnych w dziedzinie ochrony radiologicznej, jak również posiadając unikalne w skali kraju metody oznaczania izotopów promieniotwórczych w środowisku i w organizmie człowieka, CLOR dobrze sprawdza się w roli krajowego zaplecza eksperckiego. (tzw. TSO Technical Support Organization). Interdyscyplinarny charakter działalności, synergia badań naukowych oraz działań operacyjnych, w połączeniu z niezależnością od użytkowników źródeł promieniotwórczych, jest unikalną cechą naszej instytucji i wielokrotnie się sprawdziła w sytuacjach istotnych zagrożeń radiologicznych.

Należy podkreślić, że osiągnięcie wysokiego stopnia kompetencji oraz dobrych wyników merytorycznych i finansowych w 2020 r. są zasługą całej załogi CLOR, której w tym miejscu należy się podziękowanie Dyrekcji. Wysoki poziom kompetencji, niezależna i obiektywna opinia oraz zaangażowanie i otwartość pracowników CLOR w kontaktach z nieprofesjonalistami, wydaje się mieć pozytywny wpływ na społeczną akceptację rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.

Dyrektor

Centralnego Laboratorium  
Ochrony Radiologicznej



Dr Paweł Krajewski





## ***Zakład Higieny Radiacyjnej***





# Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. W 2020 roku w Zakładzie zatrudnionych było 11 osób:

Kierownik Zakładu – dr Małgorzata Kardaś

Pracownicy: mgr Agnieszka Fulara, mgr Agnieszka Matysiak, dr Krzysztof Pachocki, mgr inż. Barbara Rubel, dr Ewa Starościak, dr Maria Suplińska, Katarzyna Trzpił, mgr Karol Wiatr, mgr Kamil Wieprzowski, Adam Adamczyk.

Do zakresu działania Zakładu Higieny Radiacyjnej m.in. należy:

- prowadzenie prac badawczych i usługowych z zakresu higieny radiacyjnej, w tym ochrony radiologicznej,
- uczestniczenie w monitorowaniu skażeń środowiska i żywności, w tym wód i środowiska morskiego naturalnymi i sztucznymi izotopami promieniotwórczymi, wraz z prowadzeniem oceny zagrożenia radiacyjnego,
- opracowywanie i wdrażanie technik i metod pomiarowych, w tym radiochemicznych, oznaczania radionuklidów,
- nadzór nad jakością pomiarów i organizowanie międzylaboratoryjnych badań porównawczych dla jednostek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych,
- uczestniczenie w krajowych i międzynarodowych badaniach biegłości w zakresie oznaczania radionuklidów tak sztucznych jak i naturalnych.

W ramach prac monitoringowych w roku 2020 w Zakładzie realizowano prace o następującej tematyce:

1. Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego.
2. Oznaczenie stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w próbkach pożywienia.
3. Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  przez placówki podstawowe wykonujące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju.
4. Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach państwowego monitoringu środowiska. Zadanie

2: Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych 2018-2020.

5. Usługa dotycząca bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej obiektów ZUOP w Otwocku - Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

Część IV - Monitoring i ochrona radiologiczna terenu KSOP.

6. Oznaczenie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek od jej spożycia.

Ponadto w Zakładzie prowadzone były prace badawcze realizowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

1. Opracowanie i walidacja procedury badawczej metodą bezpośredniego oznaczania stężenia promieniotwórczego  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{89}\text{Sr}$  w żywności i próbkach środowiskowych.

2. Adaptacja metody oznaczania  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej.

3. Oznaczenie stężeń promieniotwórczych  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  i  $^{228}\text{Th}$  w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych”.

4. Oznaczenie stężenia promieniotwórczego  $^{241}\text{Pu}$  w osadach dennych południowego Morza Bałtyckiego.

W Zakładzie funkcjonuje akredytowane Laboratorium Analiz Spektrometrycznych i Radiochemicznych w zakresie oznaczania izotopów gamma promieniotwórczych,  $^{90}\text{Sr}$ , Pu 239+240, Pu-238, U-234,235,238, w próbkach środowiskowych i żywności oraz globalnej aktywności beta i alfa oraz trytu w wodzie. Zakres otrzymanej akredytacji (Nr akredytacji: AB 1215) obecnie obejmuje oznaczanie:

-stężeń promieniotwórczych izotopów gamma promieniotwórczych w próbkach żywności, pasz, wody, gleby, drewna i osadów dennych, metodą spektrometryczną,

-stężeń promieniotwórczych trytu, strontu 90, ranu – 234, 235, 238 oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,

-stężeń promieniotwórczych trytu, plutonu – 239 + 240 i 238, uranu – 234, 235, 238 w próbkach moczu metodą radiochemiczną,

-stężeń promieniotwórczych plutonu – 239+240 i 238 i uranu – 234, 235, 238 w próbkach żywności metodą radiochemiczną,

-stężeń promieniotwórczych <sup>90</sup>Sr w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,

-stężeń promieniotwórczych plutonu – 239+240 i 238 w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną

-stężenia promieniotwórczego <sup>226</sup>Ra – nowa procedura,

- całkowitej promieniotwórczości alfa,

- całkowitej promieniotwórczości beta.

W ramach prac akredytowanego Laboratorium wykonaliśmy ponad 2800 analiz spektrometrycznych i ok. 1100 analiz radiochemicznych. Badania były wykonane na zlecenie zarówno klientów krajowych jak i zagranicznych.

Swoje kompetencje w zakresie oznaczania izotopów promieniotwórczych w próbkach o różnej matrycy Zakład w 2020 roku z pozytywnym wynikiem potwierdził poprzez udział w krajowych i międzynarodowych porównaniach międzylaboratoryjnych oraz badaniach biegłości:

1. PAA/ICH TJ Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów plutonu, <sup>90</sup>Sr przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju, Warszawa, 2020.

2. PROCORAD Intercomparison 2020: Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis LBM CEA Fontenay-aux-roses Cedex, France.

W ramach Zakładu Higieny Radiacyjnej prowadzone są również prace naukowo-badawcze, które stwarzają podstawy rozwoju naukowego pracowników. Wyniki prac w 2020 roku przedstawione były w postaci:

Publikacji:

Geochronology of the southern Baltic Sea sediments derived from <sup>210</sup>Pb dating.

T. Zalewska, P. Przygodzki, M. Suplińska, M. Saniewski.

Quaternary Geochronology, 56 (2020) 101039

[www.elsevier.com/locate/quageo](http://www.elsevier.com/locate/quageo)

Doniesień konferencyjnych:

Assessment of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr intake with food by the inhabitants of Warsaw in 2004-2019

B.Rubel, M.Kardaś, K.Pachocki, M.Suplińska, A.Matysiak K.Wiatr

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research, 20-24. July.2020 Herceg Novi, Montenegro. PLAKAT

Monitoring of radiological parameters of drinking water in large cities and evaluation of doses received by its consumption.

A.Fulara, A.Matysiak, B.Rubel, K.Trzpił

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research,

20-24.July.2020 Herceg Novi, Montenegro. PLAKAT

Adaptation of the <sup>226</sup>Ra determination method in water using liquid scintillation spectrometry.

A.Matysiak, K.Wieprzowski

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research,

20-24. July.2020 Herceg Novi, Montenegro. PLAKAT

Monitoring of radioactive contamination of southern Baltic Sea in 2016-2018

M. Suplińska, A.Fulara, B. Rubel, M. Kardaś

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research,

20-24. July.2020

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłowymi zestawami pomiarowymi oparty na licznikach przepływowych GM do pomiaru promieniowania beta (Low Level Beta GM Multicounter System, produkcji Riso, Dania). Bieg własny: 0,18-0,20 imp/min

- niskotłowym układem pomiarowy złożony z komór typu Lucas'a (pokrytych scyntylatorem ZnS) połączonych z układem elektronicznym TD- electronics, z wykorzystaniem programu komputerowego ALFA-1 software dla Windows. Układ pomiarowy aktywności alfa radu poprzez pomiar radonu.

- zestawami spektrometrycznymi składającymi się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów produkcji Canberra współpracującym z detektorem półprzewodnikowym HPGe o wydajności względnej 33%-50% do oznaczenia ilościowego i jakościowego

---

poszczególnych izotopów gamma – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowanie GENIE-2000.

- zestawem spektrometrycznym składającym się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów produkcji Canberra współpracującym z detektorem PIPS o wydajności 32% do oznaczenia ilościowego i jakościowego izotopów alfa – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowanie GENIE-2000.

- spektrometrem alfa-beta iSolo firmy Canberra z detektorem krzemowym PIPS.

-niskotłowym licznikiem ciekło-scyntylicyjnym WALLAC 1410

-spektrometrem ciekłoscyntylicyjnym Quantulus GCT-6220.



# Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek, od jej spożycia

A. Fulara, A. Matysiak, K. Trzpił

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód wodociągowych prowadzony w 2020 roku obejmował badania próbek wody pochodzącej z głównych ujęć w Warszawie oraz Bydgoszczy. Wodę uzdatnioną tłoczoną do sieci pobierano do pojemników polietylenowych. Z każdego punktu pobrano 20 dm<sup>3</sup> wody. Woda dostarczona do laboratorium została rozdzielona do badań w następujący sposób:

- 15 dm<sup>3</sup> wody przeznaczono do badań zawartości <sup>137</sup>Cs i <sup>90</sup>Sr. W pierwszej kolejności oznaczano zawartość <sup>137</sup>Cs, następnie <sup>90</sup>Sr.
- 4 dm<sup>3</sup> wody przeznaczono do badań całkowitej promieniotwórczości alfa i beta.
- pozostały 1 dm<sup>3</sup> wody przeznaczono do badań na zawartość trytu.

Łącznie pobrano i wykonano analizy w wodach pobranych z 6 stacji uzdatniania wody.

Otrzymane wyniki stężenia promieniotwórczego <sup>137</sup>Cs zawierały się w granicach od wartości 1,93±0,26 mBq·l<sup>-1</sup> dla wody pochodzącej z SUW Falenica w Warszawie do 4,45±0,52 mBq·l<sup>-1</sup> dla wody pobranej z Zakładu Centralnego (SUW Praga) w Warszawie. Średnie stężenie <sup>137</sup>Cs obliczone dla badanych próbek wody wynosiło 3,23±1,03 mBq·l<sup>-1</sup>.

W przypadku <sup>90</sup>Sr zakres stężeń wynosił od wartości 1,26±0,14 mBq·l<sup>-1</sup> dla wody pochodzącej z Ujęcia SW04 Czyżkówko w Bydgoszczy do 4,36±0,49 mBq·l<sup>-1</sup> dla wody pobranej ze z Zakładu Centralnego (SUW Falenica) w Warszawie. Średnie stężenie promieniotwórcze <sup>90</sup>Sr w badanych wodach do picia wyniosło 2,82±1,25 mBq·l<sup>-1</sup>.

Stężenie promieniotwórcze trytu było na niskim poziomie i zawierało się w zakresie od 0,9±0,1 Bq·l<sup>-1</sup> (dla wody pobranej w Bydgoszczy z Ujęcia SW04 Czyżkówko) do 2,0±0,3 Bq·l<sup>-1</sup> (dla wody pobranej w Warszawie SUW Filtry). Średnie stężenie trytu obliczone dla wszystkich analizowanych wód wynosiło 1,6±0,4 Bq·l<sup>-1</sup>. Całkowita promieniotwórczość β badanych wód była bardzo niska

i zawierała się w zakresie od 0,10±0,01 Bq·l<sup>-1</sup> do 0,22±0,03 Bq·l<sup>-1</sup>.

Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości β obliczone dla wszystkich analizowanych wód wynosiło 0,17±0,05 Bq·l<sup>-1</sup>.

Całkowita promieniotwórczość α przekroczyła granicę detekcji (0,015 Bq·l<sup>-1</sup>) tylko w przypadku dwóch badanych wód pobranych w Warszawie (SUW Filtry oraz SUW Falenica).

Zgodnie z Umową w przypadku przekroczenia wartości 0,1 Bq·l<sup>-1</sup> całkowitej promieniotwórczości α należało wykonać oznaczenie stężenia <sup>226</sup>Ra, izotopów uranu (<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U), natomiast w przypadku przekroczenia całkowitej promieniotwórczości β wartości 1 Bq·l<sup>-1</sup>, należało określić stężenie <sup>40</sup>K i <sup>228</sup>Ra.

W żadnej z badanych wód całkowita promieniotwórczość α i β nie przekroczyła powyższych wartości. Z tego względu nie prowadzono oznaczeń <sup>226</sup>Ra, izotopów uranu (<sup>226</sup>Ra, izotopów uranu (<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U), <sup>40</sup>K i <sup>228</sup>Ra.

Na podstawie oznaczonych stężeń <sup>137</sup>Cs i <sup>90</sup>Sr obliczono roczne wchłonięcia tych izotopów z wodą w grupach wiekowych: do 1-go roku życia (spożycie wody 250 l·rok<sup>-1</sup>), 1–10 lat (spożycie 350 l·rok<sup>-1</sup>), 11 do 17 lat (spożycie l·rok<sup>-1</sup>) i osób dorosłych (spożycie 730 l·rok<sup>-1</sup>).

Na podstawie tych danych obliczono średnie roczne wchłonięcia. Wchłonięcia te wynosiły odpowiednio 0,81±0,26 Bq·year<sup>-1</sup>; 1,13±0,36 Bq·year<sup>-1</sup>; 1,74±0,56 Bq·year<sup>-1</sup> i 2,35±0,75 Bq·year<sup>-1</sup> dla <sup>137</sup>Cs. Wchłonięcia <sup>90</sup>Sr w odpowiednich grupach wiekowych były następujące: 0,71±0,31 Bq·year<sup>-1</sup>; 0,99±0,44 Bq·year<sup>-1</sup>; 1,52±0,67 Bq·year<sup>-1</sup> i 2,06±0,91 Bq·year<sup>-1</sup>.

W oparciu o roczne wchłonięcia i odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wyrażone w Sv·Bq<sup>-1</sup>, podane w Tabeli 4 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168) obliczono obciążające dawki skuteczne.

---

Dawki od wchłonięć  $^{137}\text{Cs}$  mieszczą się w zakresach od 0,012 do 0,031  $\mu\text{Sv}\cdot\text{rok}^{-1}$  co stanowi niewielki procent (0,0012-0,0031%) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 ( $1\text{mSv}\cdot\text{rok}^{-1}$ ).

Od wchłonięć  $^{90}\text{Sr}$  dawki mieszczą się w zakresie od 0,058 do 0,162  $\mu\text{Sv}\cdot\text{rok}^{-1}$  co stanowi 0,0058% - 0,0162% dawki granicznej.

Otrzymane wyniki wskazują, że dawki te są zanedbywalnie małe a wody wodociągowe we wszystkich badanych miastach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r.

Pracę wykonano zgodnie z Umową nr 32/OR/2019/260 zawartą w dniu 5.11.2019r. pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

# Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2018-2020

M. Kardaś, M. Suplińska, A. Fulara, B. Rubel, K. Pachocki, E. Starościak, A. Matysiak, K. Wiatr, K. Wojtkowski

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2020 roku obejmował próbki wody i osadów dennych pobranych dwukrotnie w każdym roku (wiosną i jesienią) w 18 punktach, zlokalizowanych w dorzeczu Wisły (7 punktów poboru), w dorzeczu Odry (5 punktów poboru) i w wybranych jeziorach (6 jezior).



Rys. 1. Usytuowanie punktów poboru.

Próbki wody z rzek pobierano z głównego nurtu, natomiast wodę z jezior pobierano z pomostów. Objętość próbek wynosiła 20 litrów. Próbki osadów pobierano z trzech miejsc, oddalonych od siebie o ok. 30-50 m i z nich sporządzano próbkę zbiorczą o masie ok. 1 kg.

Stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach oraz izotopów plutonu w osadach dennych oznaczano metodami radiochemicznymi, natomiast stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych oznaczano metodą spektrometrii gamma.

Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  w wodach dorzecza Wisły, Odry i wodach jezior wynosiły odpowiednio: 3,69 mBq/l, 4,21 mBq/l, 3,00 mBq/l. Średnie roczne stężenia promieniotwórcze  $^{90}\text{Sr}$  był na wyrównanym poziomie

i zawierały się w granicach 2,34 mBq/l dla dorzecza Wisły – 2,76 mBq/l dla jezior.

Tabela 1. Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w wodach dorzecza Wisły, Odry i jezior.

Lokalizacja poboru próbek	$^{137}\text{Cs}$ [mBq l <sup>-1</sup> ] średnia	$^{90}\text{Sr}$ [mBq l <sup>-1</sup> ] średnia
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	3,69 ± 1,05 <sup>b)</sup> (14)	2,34 ± 0,40 <sup>b)</sup> (14)
Dorzecze Odry (5)	4,21 ± 1,10 (10)	2,52 ± 0,0,57 (10)
Jeziora (6)	3,00 ± 1,22 (12)	2,76 ± 2,16 (12)
Średnia ogólna (18)	3,61 ± 1,19 (36)	2,53 ± 1,28 (36)

<sup>a)</sup> Liczba próbek wody

<sup>b)</sup> Wartość średnia ± odchylenie standardowe

W osadach dennych rzek i jezior obserwuje się duże różnice w stężeniach promieniotwórczych  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ . Największe zróżnicowanie obserwowano dla jezior. Najmniejsze różnice w stężeniach tych izotopów obserwowano w osadach dennych dorzecza Wisły.

Tabela 2. Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry.

Lokalizacja poboru próbek	$^{137}\text{Cs}$ [Bq kg <sup>-1</sup> ] średnia	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq kg <sup>-1</sup> ] średnia
Dorzecze Wisły (7) <sup>a)</sup>	1,76 ± 1,79 (14) <sup>b)</sup>	16,32 ± 15,80 (14)
Dorzecze Odry (5)	3,59 ± 6,13 (10)	22,07 ± 31,12 (10)
Jeziora (6)	11,47 ± 21,69 (12)	112,30 ± 250,52 (12)
Średnia ogólna (18)	5,51 ± 13,39 (36)	49,71 ± 148,49 (36)

<sup>a)</sup> Liczba próbek osadów dennych

<sup>b)</sup> Wartość średnia ± odchylenie standardowe

---

Średnie stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych były także zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Wisły 1,76 Bq/kg, a najwyższe dla jezior 11,47 Bq/kg.

Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior wynosiły odpowiednio: 16,32 mBq/l, 22,07 mBq/l, 112,30 mBq/l.

Zarówno średnie stężenia promieniotwórcze wszystkich badanych nuklidów jak i dane uzyskane dla pojedynczych próbek badanej wody i osadów dennych nie odbiegają od wyników uzyskiwanych w poprzednich latach.

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że skażenie wód powierzchniowych takimi nuklidami jak  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  jest niewielkie. Podobnie stężenia promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  w osadach dennych rzek i jezior pozostaje na niskim poziomie.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że nie wystąpiły nowe uwolnienia izotopów promieniotwórczych do środowiska.

Prace wykonane na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.



# Adaptacja metody oznaczania $^{226}\text{Ra}$ w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej

*K. Wieprzowski, A. Matysiak*

Celem pracy była adaptacja metody oznaczania radu -  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej.

Do oznaczania stężenia tego izotopu w Zakładzie Higieny Radiacyjnej stosowano metodyki:

- A Procedure for the Rapid Determination of Ra-226 and Ra-228 in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting, IAEA, 2014

- ISO 22908:2020 Water quality — Radium 226 and Radium 228 — Test method using liquid scintillation counting.

Metodyki te dotyczą równoczesnego oznaczania obu izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ . Jednak jedyny, powszechnie dostępny komercyjnie wzorzec radu  $^{228}\text{Ra}$  w National Institute of Standards and Technology jest bardzo niskiej aktywności (w momencie kupna zawiera ok. 290 Bq na chwilę obecną). Dlatego żeby oszczędzić wzorzec radu  $^{228}\text{Ra}$ , obecne prace w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych dotyczyły głównie izotopu radu  $^{226}\text{Ra}$ . W dalszych etapach prac planuje się wykorzystanie także wzorca radu  $^{228}\text{Ra}$ .

W 2020 r. przygotowano krzywe kalibracyjne wzorców radu  $^{226}\text{Ra}$  wykonane na scyntylatorach: OptiPhase HiSafe III oraz Insta Gel Plus. Krzywe te prezentowały zależność częstości zliczania wzorca (cpm) od jego początkowej aktywności (Bq). Porównano właściwości obu scyntylatorów w odniesieniu do stosowanej metodyki. Scyntylator OptiPhase HiSafe III jest zalecany do stosowania w literaturze (metodyka IAEA oraz norma ISO 22908:2020), głównie ze względu na lepszą separację widma alfa/beta – może mieć zastosowanie do oznaczania izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ . Niestety jego wadami są: problemy ze stabilnością (rozwarstwianie), co powoduje słabą powtarzalność, oraz mniejsza wydajność zliczania w porównaniu do scyntylatora Insta Gel Plus.

Natomiast scyntylator Insta Gel Plus jest bardziej stabilny niż OptiPhase HiSafe III, posiada także wyższą wydajność zliczania. Niestety charakteryzuje się słabszą separacją widm alfa/beta w porównaniu do OptiPhase HiSafe III.

Do pomiarów wykorzystano licznik ciekłoscyntylacyjny Quantulus GCT-6220.

Na podstawie przeprowadzonych prac sformułowano dalsze perspektywy metodyki:

- konieczna jest optymalizacja pomiędzy stabilnością próbki zmieszanej ze scyntylatorem a wydajnością zliczania,

- należy uwzględnić także wymagania Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (poz. 2294): granica wykrywalności na poziomie 20 mBq/dm<sup>3</sup> dla izotopu radu  $^{228}\text{Ra}$ ,

- być może optymalnym rozwiązaniem będzie zmieszanie scyntylatorów zapewniające oczekiwaną stabilność i granicę wykrywalności, przy zagwarantowaniu jednoczesnej dobrej separacji widm alfa/beta,

- do rozważenia jest także optymalny czas pomiaru od momentu preparatyki,

- preparatyka i dalsze prace w kierunku oznaczania obu izotopów radu:  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ .

Dzięki uzyskaniu obiecujących wyników możliwe jest przystąpienie do kolejnych etapów metodyki. Prace te będą zmierzały w kierunku jednoczesnego oznaczania obu izotopów radu:  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ .

Środki finansowe wykorzystane do realizacji niniejszego tematu pochodziły z subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

# Oznaczenie stężenia promieniotwórczego $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ w próbkach pożywienia w 2020 roku

*B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, A. Matysiak, K. Wiatr, K. Trzpił*

Celem pracy było oznaczenie zawartości  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w próbkach całodziennego pożywienia mieszkańców Warszawy i Wrocławia oraz oszacowanie dawki obciążającej od tych radionuklidów wchłanianych z pożywieniem. Badania takie są prowadzone w CLOR od wielu lat dla różnych polskich miast.

Materiał do badań stanowiły próbki całodziennego pożywienia pobrane w stołówce wydającej co najmniej trzy posiłki dziennie (Warszawa) i w barze mlecznym (Wrocław). Pobierano po dwa zestawy całodziennego pożywienia przez 5 dni. Całodzienne posiłki pobierano zgodnie z wcześniej opracowaną instrukcją.

Stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  oznaczano radiochemicznie (sorpcja na złożu AMP i pomiar promieniowania beta preparatu) i spektrometrycznie (spektrometr Canberra z detektorem HPGe, i oprogramowaniem Genie 2000). Do kalibracji energetycznej i wydajnościowej spektrometru stosowano źródło wzorcowe – mieszaninę wieloizotopową w zakresie energii od 60 keV do 1836 keV. Stężenie promieniotwórcze  $^{90}\text{Sr}$  oznaczano poprzez pomiar  $^{90}\text{Y}$ . Z roztworu analizowanej próbki oddzielano  $^{90}\text{Sr}$  i po ustaleniu się równowagi  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ , wydzielano  $^{90}\text{Y}$  w postaci szczawianów itru.

Przygotowany preparat pomiarowy z wydzielonym izotopem poddawano pomiarom aktywności beta. Do pomiarów stosowano niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM (Riso, GM-25-5) [1].

Posiłki analizowano z każdego dnia osobno. Dwie porcje całodziennego pożywienia łączono w celu zwiększenia masy próbki do analizy. Posiłki suszono i mineralizowano w piecu laboratoryjnym do uzyskania jednolitego szarego popiołu. Przygotowany materiał stanowił próbkę do oznaczeń stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$ . Zakres zawartość  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w całodziennych posiłkach wynosił odpowiednio  $0.07 \div 0.19 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  i  $0.04 \div 0.05 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  w Warszawie oraz  $0.13 \div 0.97 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  i  $0.03 \div 0.06 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  we Wrocławiu.

Rozrzut zmierzonych zawartości izotopu  $^{137}\text{Cs}$  w poszczególnych dobowych próbkach zależy od doboru

produktów do przygotowania posiłków jak również masy posiłków. Najwyższa oznaczona wartość  $0,97 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  (Wrocław) wynika z podania potrawy z grzybami leśnymi. Średnia zawartości  $^{90}\text{Sr}$  w posiłkach była na zbliżonym poziomie. Rozrzut zawartości  $^{90}\text{Sr}$  w poszczególnych dniach był związany z doborem produktów i masą posiłków.

Określona w powyższej pracy zawartość  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w całodziennych posiłkach nie różni się w sposób zasadniczy od zawartości tych radionuklidów w diecie innych krajów europejskich. W 2019 roku zawartość  $^{137}\text{Cs}$  w diecie mieszkańców Finlandii wynosiła od  $0,13 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  do  $2,35 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  w zależności od regionu a zawartość  $^{90}\text{Sr}$  od  $0,04 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  do  $0,043 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ [2]. Zawartość  $^{137}\text{Cs}$  w 2018 roku w diecie mieszkańców Portugalii była na poziomie  $0,06 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ , a  $^{90}\text{Sr}$  w zakresie  $0,024 \div 0,132 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ [3].

Na podstawie oznaczonych zawartości  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w całodziennych posiłkach oszacowano roczne wchłonięcia analizowanych izotopów z żywnością i oszacowano dawkę. Dawki te wynosiły od  $^{137}\text{Cs}$ -  $0,7 \mu\text{Sv}$  i  $0,4 \mu\text{Sv}$  od  $^{90}\text{Sr}$ , w Warszawie i odpowiednio  $1,5 \mu\text{Sv}$  ( $2,8$  uwzględniono dania z grzybami) i  $0,4 \mu\text{Sv}$  we Wrocławiu.

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Warszawy w 2020 roku od  $^{137}\text{Cs}$  są na niższym poziomie niż te otrzymywane w latach 2006-2012 a na zbliżonym do poziomu lat 2018-2019. Dawki otrzymywane przez mieszkańców Wrocławia są niższe niż te otrzymywane w 2008 roku a na takim samym poziomie jak w roku 2017. W ocenie nie uwzględniono potraw z grzybami. Dawki otrzymywane przez mieszkańców miast Polski były 2- 3 krotnie wyższe jeżeli w posiłkach były potrawy z grzybami leśnymi. Dawki otrzymywane przez mieszkańców Warszawy i Wrocławia od wchłonięć  $^{90}\text{Sr}$  są na takim samym poziomie.

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców Warszawy i Wrocławia jak również innych miast Polski (wcześniejsze badania) w wyniku skażeń wewnętrznych stanowi ułamek procenta rocznej dopuszczalnej dawki granicznej wynoszącej  $1 \text{ mSv}$ .

---

Praca finansowana zgodnie z umową z Państwową Agencją  
Atomistyki nr 33/OR/2019/225 z dnia 05.11.2019 r.

Literatura

[1].Metodyki stosowane w pracach związanych  
z monitoringiem środowiska i żywności CLOR, Warszawa,  
listopad 2015.

[2].Aleksi Mattila, Samu Inkinen ,Environmental Radiation  
Monitoring in Finland Annual Report 2019. STUK-B-  
240/KESAKUU 2020

[3].Madruga M.J. et al., Programas de Monitorização  
Radiológica Ambiental (Ano 2018), Relatório LPSR-A, N°  
47/2020

---

# Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów $^{137}\text{Cs}$ i $^{90}\text{Sr}$ przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju

---

*B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, K. Wiatr, A. Matysiak, K. Trzpił*

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów porównawczych, w zakresie oznaczeń aktywności  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  w próbkach materiału kontrolnego, dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

Materiałem kontrolnym były ziemniaki (puree ziemniaczane) i grzyby suszone do oznaczania  $^{137}\text{Cs}$  oraz ziemniaki (płatki ziemniaczane) do oznaczania  $^{90}\text{Sr}$ . Wymagane stężenie promieniotwórcze dla cezu:  $0,1 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  dla puree ziemniaczanego i naturalne dla grzybów suszonych oraz dla strontu:  $0,06 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Zastosowano metodę spektrometryczną do oznaczania  $^{137}\text{Cs}$ . Sprawdzone wzorcowanie spektrometru gamma (spektrometr Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł wieloizotopowych (mix gamma). Do sprawdzenia kalibracji układu pomiarowego stosowanego do oznaczeń stężenia promieniotwórczego  $^{90}\text{Sr}$  (niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM, produkcji duńskiej) wykorzystano roztwór wzorcowy  $^{90}\text{Sr}$ . Poprawność wzorcowania była potwierdzona w porównaniach krajowych organizowanych przez IChTJ i PAA.

Do sporządzenia próbek referencyjnych w celu oznaczenia stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  zakupiono 20 kg puree ziemniaczanego w Selgrosie w Warszawie i 20 kg grzybów suszonych w firmie Runoland Sp z o.o. w Górze. Do oznaczenia  $^{90}\text{Sr}$  zakupiono 25 kg płatków ziemniaczanych. Próby materiałów referencyjnych zostały wymieszane, sprawdzono ich homogenność, wykonując pomiary stężenia  $^{40}\text{K}$  i  $^{137}\text{Cs}$  w materiale przeznaczonym do oznaczania cezu oraz  $^{90}\text{Sr}$  do oznaczania strontu. Następnie próbki płatków ziemniaczanych przeznaczone do oznaczeń  $^{90}\text{Sr}$  były domieszkowane izotopem  $^{90}\text{Sr}$ . Wykonano pomiary sprawdzające, które wykazały, że próbki przygotowano zgodnie z wymaganiami dotyczącymi homogenności

i zawartych w nich stężeń. Oznaczone w próbkach puree ziemniaczanego stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  wynosiło  $0,30 \pm 0,07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , a w grzybach  $843,27 \pm 31,99 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

W domieszkowanych próbkach płatków ziemniaczanych stężenie  $^{90}\text{Sr}$  wynosiło  $1,70 \pm 0,18 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

Próbki płatków ziemniaczanych do oznaczeń  $^{137}\text{Cs}$  przygotowano dla 19 placówek, a próbki grzybów dla 24, które zgłosiły udział w pomiarach porównawczych. Próbki do oznaczania  $^{90}\text{Sr}$  przygotowano dla 4 placówek. Do każdej próbki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki oznaczenia stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  w próbce puree ziemniaczanego otrzymano z 17 placówek, a stężenia były w zakresie od  $<0,4 \text{ Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $3,76 \text{ Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Za poprawne uznano wyniki podawane w formie „mniej niż”.

Wyniki oznaczenia stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  w próbce grzybów suszonych otrzymano z 24 placówek, a stężenia były w zakresie od  $691,42 \text{ Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$  do  $975,49 \text{ Bg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Oznaczenia wykonano metodą spektrometryczną albo radiochemiczną lub obiema metodami. Wyniki dla obu metod oznaczania  $^{137}\text{Cs}$  analizowano oddzielnie. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą w metodzie spektrometrycznej od  $-7,2\%$  do  $+15,7\%$  oraz od  $-18,0\%$  do  $+14,0\%$  w metodzie radiochemicznej. Liczba wyników w przedziale  $\pm 25\%$  wartości referencyjnej stanowi 100% nadesłanych wyników. Określano parametr zizeta, oceniono poprawność i precyzję nadesłanych przez placówki wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach grzybów suszonych. Wyznaczony parametr z, który pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących udział w pomiarach

---

porównawczych. Wartość bezwzględna wyznaczonego parametru  $z$  jest  $\leq 2$  dla 19 wyników oznaczeń spektrometrycznych i 7 radiochemicznych, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej. Ponadto 1 wynik w metodzie radiochemicznej i 3 wyniki w oznaczeniu spektrometrycznym były w zakresie  $2 \leq z \leq 3$  co oznacza wynik wątpliwy (nie można jednak stwierdzić, czy wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej) i 1 wynik był wątpliwy,  $z > 3$  (metoda radiochemiczna).

Określony parametr zeta w jednym przypadku (metoda spektrometryczna) był w przedziale  $2 < zeta < 3$ . Dla pozostałych wyników był poniżej 2, świadczy to o tym, że placówki w stosowanych przez siebie budżetach niepewności uwzględniły wszystkie istotne źródła niepewności. Oceniono liczbę  $E_n$ . Dwa wyniki po jednym w każdej metodzie przekraczały wartość 1. Pozostałe wyniki były poniżej 1, co oznacza wyniki zadowolające.

Oceniono również poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. Z oceny wynika, że 30 wyników spełnia obydwa kryteria.

Placówki wykonały 3 oznaczenia stężenia promieniotwórczego  $^{90}\text{Sr}$ . Nadesłane wyniki były w zakresie

od 1,40 do 2,29  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej były w zakresie od -17,6% do -34,7%. Ze względu na małą liczbę wyników nie wyznaczano parametru  $z$ . Oceniono jedynie poprawność i precyzję. Trzy wyniki spełniły kryterium akceptacji.

Praca finansowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 21/OR/2018/104 z dnia 18 maja 2018 r

#### Literatura

PN-EN ISO/IEC 17043 Ocena zgodności – Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości.

EA-04/16 (European co-operation for accreditation). Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych, 2004.

Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. IAEA-TECDOC-1401, July 2004.

W.Hyk, Z.Stojek: Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym. Komitet Chemii Analitycznej PAN, Warszawa, 2020

---

# Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wykonującym pomiary służące ocenie dawek od narażenia wewnętrznego

---

*E.Starościak, A.Fulara, B.Rubel, M.Kardaś, M.Suplińska, A.Matysiak, K.Trzpił, K.Wieprzowski, K.Pachocki, K.Wiatr, A.Adamczyk.*

W 2020 r. w ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

1. Sprawowanie nadzoru przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych - przeprowadzenie auditu w nadzorze przez ekspertów PCA.

W dniu 25 lutego 2020 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audit zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów Polskiego Centrum Akredytacji. Auditorzy podczas oceny nie stwierdzili niezgodności oraz spostrzeżeń. Podczas oceny auditorzy stwierdzili, że Laboratorium utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Zespół oceniający pozyskał zaufanie do kompetencji Laboratorium z uwzględnieniem spełnienia wymagań akredytacyjnych i stwierdził, że Laboratorium ustanowiło, wdrożyło i utrzymuje system zarządzania umożliwiający spełnienie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. Dnia 30 marca 2020 r. Laboratorium otrzymało nowy zakres akredytacji – wydanie 12.

2. Doskonalenie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych.

W styczniu 2020r. Kierownik ds. jakości Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych opracował nowe wydania dokumentów systemu zarządzania, m.in. Księgi Jakości, procedur ogólnych: QPO1 – QPO15 oraz instrukcji ogólnych, dostosowane do wymagań nowego wydania normy: PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

W 2020 r. Laboratorium wzięło udział w międzynarodowym badaniu biegłości oraz w krajowym porównaniu międzylaboratoryjnym:

- PROCORAD 2020, Francja; wg procedury badawczej QPB 4 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego plutonu  $^{239}\text{Pu}$  +  $^{240}\text{Pu}$  i  $^{238}\text{Pu}$  w próbce roztworu referencyjnego.

- PAA/ICH TJ „Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  dotyczące oznaczania stężeń promieniotwórczych  $^{137}\text{Cs}$  wg procedury badawczej QPB 1 w próbkach wody powierzchniowej, wody pitnej i piasku oraz  $^{90}\text{Sr}$  wg QPB 2 i QPB 8 w próbkach wody powierzchniowej i wody pitnej.

Zgodnie z Planem monitorowania ważności wyników na rok 2020 wykonano: potwierdzenie powtarzalności, odtwarzalności i liniowości metod, sprawdzenie poprawności obliczeń w arkuszu Excel, sprawdzanie aparatury, dodatek wzorca wewnętrznego.

3. Przeprowadzenie dwóch auditów wewnętrznych: systemu zarządzania oraz obszaru technicznego.

Realizując Program auditów wewnętrznych na rok 2020 w Laboratorium przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. W dniach 24 - 25 listopada 2020 r. odbył się audit wewnętrzny nr 1/2020 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. W dniach 26 – 27 listopada 2020 r. odbył się audit wewnętrzny nr 2/2020 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas auditów auditorzy nie stwierdzili niezgodności. Audyty wykazały, że system zarządzania Laboratorium jest wdrożony i ciągle doskonalony.

4. Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego Laboratorium.

W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących, zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania wagi elektronicznej OHAUS i wagi analitycznej RADWAG XA. Wykonane zostało także okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.

5. Podnoszenie kwalifikacji pracowników Laboratorium poprzez uczestnictwo w szkoleniach zewnętrznych dotyczących doskonalenia systemu zarządzania

---

w laboratorium badawczym (organizowanych m.in. przez PCA) oraz szkoleniach z zakresu technicznego m.in. udział w konferencjach naukowych.

Zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2020” w Laboratorium odbyło się 6 szkoleń wewnętrznych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział

w 6 szkoleniach zewnętrznych w tym 1 międzynarodowej konferencji naukowej.

Praca była finansowana przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska na podstawie umowy nr: 8/DBF/2020 z dnia 03.07.2020 r.

# Oznaczanie stężeń promieniotwórczych $^{232}\text{Th}$ , $^{230}\text{Th}$ i $^{228}\text{Th}$ w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych

E.Starościak, K.Trzpił

Spożywanie wody jest jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/51/EURATOM z dn. 22.10.2013r. „Określająca wymagania dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi” oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (Dz. U. 2017r. poz. 2294) określają poziomy naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych dopuszczalne w wodach pitnych. Szczegółowe wymagania jakie powinny spełniać wody mineralne i źródlane reguluje także rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 31.03.2011r „W sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródłanych i wód stołowych”.

Praca jest kontynuacją tematu realizowanego w latach 2018-2019. W poprzednich latach zostały oznaczone stężenia promieniotwórcze naturalnych izotopów:  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  oraz  $^{210}\text{Po}$  i  $^{210}\text{Pb}$  w próbkach mineralnych i źródłanych wód butelkowanych.

W 2020 r. oznaczone zostały stężenia promieniotwórcze:  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  oraz  $^{228}\text{Th}$  w 16 wodach dostępnych w sklepach

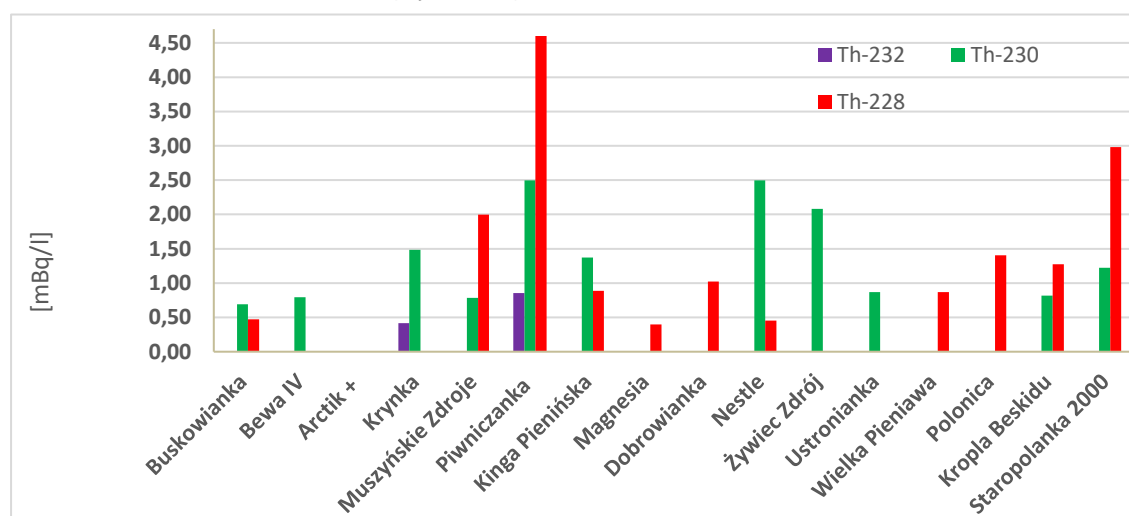
na terenie Warszawy, pochodzących z ujęć z różnych rejonów Polski. Zbadano następujące wody butelkowane: Buskowińska, Beva IV, Arctik +, Krynka, Muszyńskie Zdroje, Piwniczanka, Kinga Pienińska, Magnesia, Dobrowianka, Nestle, Żywiec Zdrój, Ustronianka, Wielka Pieniawa, Polonica, Kropla Beskidu i Staropolanka 2000.

Stężenia promieniotwórcze  $^{232}\text{Th}$  dla dwóch badanych próbek były powyżej granicy oznaczalności ( $0,4 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) i wynosiły:  $0,42 \pm 0,09 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Krynka oraz  $0,85 \pm 0,14 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Piwniczanka.

W przypadku  $^{230}\text{Th}$  zakres stężeń wynosił od  $0,69 \pm 0,11 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Buskowińska do  $2,50 \pm 0,33 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Nestle. Dla 5 badanych wód stężenia były poniżej granicy oznaczalności.

Stężenia promieniotwórcze  $^{228}\text{Th}$  w 5 próbkach były poniżej granicy oznaczalności ( $0,4 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ ), dla pozostałych wynosiły od  $0,40 \pm 0,10 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Magnesia do  $4,60 \pm 0,43 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  dla wody Piwniczanka.

Stężenia promieniotwórcze wszystkich badanych izotopów zostały przedstawione na Wykresie 1.



Wykres 1. Stężenia promieniotwórcze  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  i  $^{228}\text{Th}$ .



---

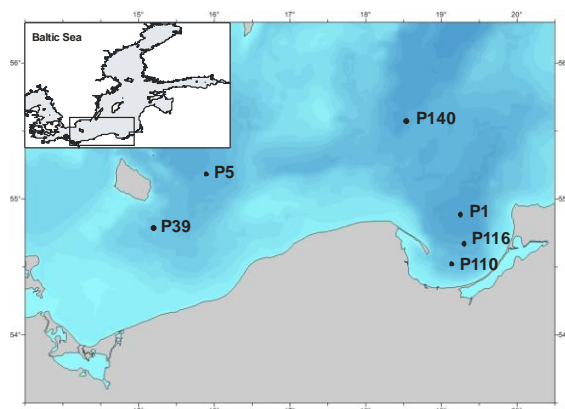
Przeprowadzone badania poszerzyły wiedzę o poziomach narażenia ludności Polski od wchłonięć badanych radionuklidów.

Temat był finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

# Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego

M. Suplińska, M. Kardaś, K. Wiatr, A. Fulara, K. Pachocki

Prace prowadzone w CLOR są częścią monitoringu koordynowanego przez Komisję Helsińską w którym uczestniczą wszystkie kraje nadbałtyckie. Dane o skażeniach Morza Bałtyckiego przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej. Badania obejmują oznaczanie substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim: w wodzie, osadach dennych i organizmach żywych (ryby), pochodzących z południowego rejonu Morza Bałtyckiego.



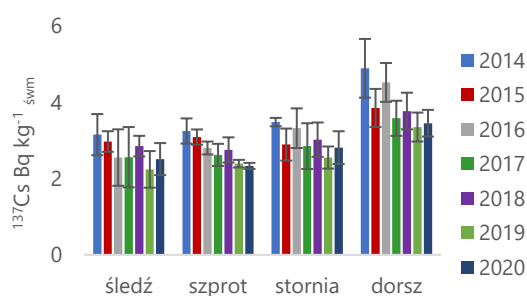
Rys. 1. Miejsca poboru próbek wody i osadów dennych

Próbki dorszy, śledzi, szprot i stornia pochodziły z Zatoki Gdańskiej, Basenu Gdańskiego i Basenu Bornholmskiego. Oznaczano w nich  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  i  $^{226}\text{Ra}$ . Próbki wody i próbki rdzeniowe osadów dennych pochodziły z sześciu ustalonych miejsc w rejonie południowego Bałtyku - Rysunek 1. W próbkach wody, z warstwy powierzchniowej i przydennej, przeprowadzono oznaczenia  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^3\text{H}$ . W stratyfikowanych próbkach rdzeniowych osadów dennych wykonano oznaczenia  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  (w sześciu lokalizacjach) oraz oznaczenia  $^{238}\text{Pu}$  i  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$  w dwu wybranych lokalizacjach (w sześciu stacjach w okresie 3 lat).  $^{90}\text{Sr}$  oznaczono w próbkach rdzeniowych z sześciu lokalizacji bez podziału na warstwy.

Do oznaczeń  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  - stosowano spektrometrię gamma. Izotopy plutonu oznaczano metodą radiochemiczną

zakończoną pomiarem  $\alpha$  - spektrometrycznym,  $^{226}\text{Ra}$  - metodą emanacyjną, a oznaczenia  $^{90}\text{Sr}$  metodą radiochemiczną poprzez pomiar stężenia promieniotwórczej  $^{90}\text{Y}$  po ustaleniu równowagi promieniotwórczej  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ . Do oznaczeń  $^3\text{H}$  stosowano metodę polegającą na elektrolitycznym ilościowym wzbogaceniu trytu w próbkach, destylacji koncentratów i pomiarze ich radioaktywności za pomocą spektrometru ciekło-scyntylicyjnego.

Oznaczenia  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  i  $^{226}\text{Ra}$  prowadzono w filetach ryb, z wyjątkiem próbek szprot, gdzie analizowano całe tuszki. W corocznie monitorowanych czterech gatunkach ryb najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze  $^{137}\text{Cs}$  określono dla dorsza -  $3,45 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ , a najniższe w szprotach -  $2,33 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ . Stężenie to w każdym z gatunków ryb maleje w kolejnych latach chociaż znaczące zmiany widoczne są w dłuższych okresach [1]. Stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w rybach bałtyckich w latach 2014-2020 przedstawiono na rysunku 2.



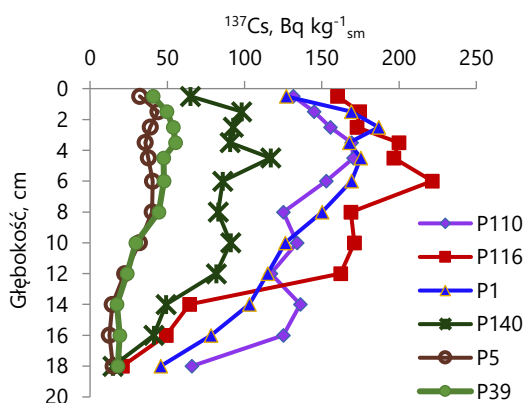
Rysunek 2.  $^{137}\text{Cs}$  w rybach bałtyckich w latach 2014-2020

Średnie stężenia  $^{137}\text{Cs}$  wyliczone dla czterech gatunków ryb w roku 2020 wynosiło  $2,78 \pm 0,49 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ .

Stężenie  $^{226}\text{Ra}$  było zróżnicowane w zależności od gatunku ryb, najwyższe określono w dorszu -  $81 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ , a najniższe w śledziu -  $22 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ . Stężenie promieniotwórcze  $^{40}\text{K}$  w rybach było w zakresie  $93 \div 135 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$  i tak samo jak w przypadku  $^{226}\text{Ra}$  nie

zmieniało się znacząco w ciągu wieloletnich badań.

Stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w wodzie bałtyckiej z warstwy powierzchniowej były w zakresie  $17,9 \div 25,9 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , a w wodzie przydennej w zakresie  $15,8 \div 25,3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Największa różnica w stężeniach  $^{137}\text{Cs}$  w wodzie z warstwy powierzchniowej i warstwy przydennej odnotowani w stacji P 1 (Głębia Gdańska). Średnie wartości dla warstw powierzchniowej i przydennej południowego Bałtyku wynosiły odpowiednio  $22,5 \pm 3,3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  i  $19,2 \pm 3,4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Stężenie  $^{40}\text{K}$  w wodach powierzchniowych zmieniało się w zakresie  $2685 \div 2946 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . W wodach przydennych stężenia  $^{40}\text{K}$  wzrastały wraz z zasoleniem, obejmując zakres  $3733 \div 6084 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Średnie stężenia promieniotwórcze  $^{226}\text{Ra}$  w wodzie powierzchniowej i przydennej wynosiły  $2,68 \pm 0,18 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  oraz  $3,95 \pm 0,31 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Stężenia promieniotwórcze  $^3\text{H}$  wynosiły odpowiednio:  $2,6 \pm 0,4 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  oraz  $2,2 \pm 0,3 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  mieszcząc się w zakresie stężeń charakterystycznych dla całego obszaru Bałtyku [2].



Rysunek 3. Stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w osadach dennych

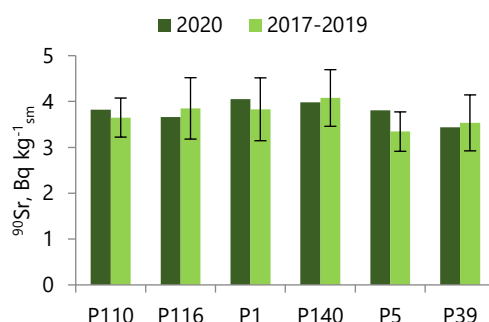
W osadach dennych wyższe stężenia  $^{137}\text{Cs}$  obserwowano w górnych warstwach i tak jak w latach ubiegłych występowały różnice w jego stężeniach związane z lokalizacją [3]. Maksymalne stężenia  $^{137}\text{Cs}$  obserwowane w Basenie Gdańskim (P 110, P 116, P 1), obejmowały zakres  $171 \div 211 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ , natomiast stężenia określone w rejonie Basenu Bornholmskiego (P 5 i P 39) wynosiły  $43,9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$  i  $55,3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ . We wszystkich lokalizacjach stężenia  $^{137}\text{Cs}$  zmniejszają się w głąb profilu osadowych. (Rysunek 3).

Oznaczenia izotopów plutonu w osadach dennych w 2020 roku przeprowadzono w próbkach z Głębi Gdańskiej (P 1)

oraz z Zatoki Gdańskiej (P 110). W P 1 najwyższe stężenie  $^{239,240}\text{Pu}$  wynoszące  $3,07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$  określono w warstwie 9-11 cm, po czym następował sukcesywny spadek do wartości  $0,91 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ . W profilu P 110 najwyższe stężenia:  $1,72 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$  i  $1,70 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$  określono w warstwach od 15 cm do 19 cm. Rozmieszczenie stężeń  $^{239,240}\text{Pu}$  w tym profilu osadowym było nietypowe w porównaniu do lat ubiegłych [3].

Stężenia  $^{238}\text{Pu}$  w P 1 i P 110 były w zakresie  $0,003 \div 0,063 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ , a stosunek stężenia  $^{238}\text{Pu}$  do  $^{239,240}\text{Pu}$  w zakresie  $0,02 \div 0,04$  był typowy dla opadu promieniotwórczego po testach nuklearnych.

Stężenia promieniotwórcze  $^{90}\text{Sr}$  w osadach dennych (oznaczane w warstwie 0-19 cm) były wyrównane w całym rejonie będąc w zakresie  $3,44 \div 4,05 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$  i porównywalne do oznaczonych w latach 2017-2019 (Rysunek 4).



Rysunek 4. Stężenia  $^{90}\text{Sr}$  w osadach dennych w roku 2020 oraz jego średnie stężenia w latach 2017-2019

#### Literatura

1. Aust M-O. Suplińska M. Zalewska T. (2018) Radionuclides in biota. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
2. Schmied S., Zalewska T, Jakobson E. (2018) Radionuclides in seawater. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
3. Zalewska T., Suplińska M. (2013), Antropogenic radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in southern Baltic Sea ecosystem., Oceanologia, 55 (3) pp.1-33

Praca realizowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 26/OR/2019/142.



# Adaptacja metody oznaczania $^{90}\text{Sr}$ w próbkach żywnościowych i wodzie techniką LSC

*K. Wiatr, B. Rubel, M. Kardaś*

Jednym z wielu produktów rozszczepienia jest wysoce radiotoksyczny  $^{90}\text{Sr}$ , który został wprowadzony do środowiska przede wszystkim na skutek prób broni jądrowej oraz katastrof elektrowni jądrowych: Czarnobyl (1986) i Fukushima (2011). Ze środowiska trafia on do żywności stwarzając zagrożenie dla ludzi. Stront jako pierwiastek chemiczny należy do tej samej grupy układu okresowego co wapń i ma przez to podobne właściwości chemiczne. Powoduje to ich wzajemną konkurencję w przechodzeniu ze środowiska do żywności i w procesach zachodzących w organizmach żywych w tym w ludziach. Przyjęty przez człowieka stront odkłada się głównie w kościach. Promieniowanie  $\beta$  pochodzące z rozpadu  $^{90}\text{Sr}$  i produktu tej przemiany ( $^{90}\text{Y}$ ) powoduje nowotwory kości i tkanek przyległych oraz białaczkę.

Z powodu szkodliwości tego radionuklidu żywność jest bardzo często badana pod kątem jego obecności. Stosowane procedury badawcze najczęściej polegają na pośrednim oznaczeniu stężenia promieniotwórczego  $^{90}\text{Sr}$  przez pomiar aktywności  $^{90}\text{Y}$ . Chociaż bardzo precyzyjne, te procedury trwają długo – oczekiwanie na wynik analizy od jej rozpoczęcia to trzy do czterech tygodni. Bezpośrednie metody analizy stawiają problemy, które najczęściej dyskwalifikują je w zastosowaniu w komercyjnych badaniach żywności dla producentów. Również badania naukowe muszą brać pod uwagę w planowaniu eksperymentu czas trwania analiz i skrócenie tego czasu jest korzystne.

Celem zadania jest zaadaptowanie szybkiej, bezpośredniej procedury analizy żywności i wody w kierunku  $^{90}\text{Sr}$ .

Zasada działania nowej procedury..

Czas połowicznego zaniku  $^{90}\text{Sr}$  to 28,8 lat, natomiast dla produktu jego rozpadu  $^{90}\text{Y}$  są to 64 godziny. Po 18 dniach

od ich chemicznego rozdzielenia zostanie ustalona równowaga pomiędzy ich aktywnościami, tzn. połowa całkowitej aktywności próby będzie pochodziła od  $^{90}\text{Sr}$ , a druga połowa od  $^{90}\text{Y}$ . W celu obliczenia aktywności  $^{90}\text{Sr}$  przed osiągnięciem stanu równowagi promieniotwórczej należy znaleźć udział aktywności tego radionuklidu w całkowitej aktywności próby. Należy pamiętać, że  $^{90}\text{Sr}$  został chemicznie oddzielony i jest jedynym izotopem promieniotwórczym w badanym materiale w chwili początkowej.

Stosując równanie Batemana wyznaczono wielkość udziału aktywności  $^{90}\text{Sr}$  w całkowitej aktywności w funkcji czasu.

Walidacja nowej procedury badawczej.

Po wstępnych eksperymentach i testach ustalono przebieg procedury analitycznej. Przystąpiono do jej walidacji używając mleka w proszku jako matrycy odpowiadającej realnym próbom. Mleko w proszku było wcześniej analizowane w kierunku  $^{90}\text{Sr}$  obecnie stosowaną procedurą i stwierdzono, że jego aktywność jest poniżej najniższej wykrywalnej aktywności.

Walidację przeprowadzono na dwóch poziomach stężeń analitu ( $5$  i  $50 \text{ Bq kg}^{-1}$ ). Wykonano 24 analizy po 12 na każdy poziom stężenia analitu. Wyniki dla cech walidacyjnych procedury wraz z kryteriami akceptacji zestawiono w tabeli 1.

Cecha	Kryterium	Rezultat
Powtarzalność	CV<15%	8,49%
Odtwarzalność	CV<15%	8,66%
Odtwarzalność CRM	CV<15%	Jeszcze nieznaną
Liniowość	$R^2 > 0,98$	0,9999
MDA	$\leq 0,09 \text{ Bq kg}^{-1}$	$0,02 \text{ Bq kg}^{-1}$
Niepełność $\pm U$ k=2	$\leq 20\%$	ok. 17%

Tab. 1. Wyniki walidacji procedury

W wyniku prowadzonych prac uzyskano nową procedurę badawczą skracającą czas oczekiwania na wynik o dwa

tygodnie. Nowa procedura badawcza nadaje się do planowanego zastosowania.

# Oznaczenie stężenia promieniotwórczego $^{241}\text{Pu}$ w osadach dennych południowego Morza Bałtyckiego

M. Suplińska, K. Wiatr

Pluton jest nie tylko pierwiastkiem promieniotwórczym, ale również silnie toksycznym metalem.

Izotopy plutonu dotarły do środowiska przede wszystkim wskutek działalności człowieka, a ilości izotopów plutonu ze źródeł naturalnych ( $^{244}\text{Pu}$  i  $^{239}\text{Pu}$ ) są do pominięcia.

Głównymi źródłami izotopów plutonu w środowisku bałtyckim są: opad globalny po próbnym wybuchach jądrowych, opad po awarii czarnobylskiej, uwolnienia z europejskich zakładów przerobu paliwa jądrowego i uwolnienia z zakładów energetyki jądrowej. Izotopy plutonu  $\alpha$ -promieniotwórcze charakteryzują się długimi okresami połowicznego rozpadu  $^{238}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 87,7$  lat),  $^{239}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 24110$  lat),  $^{240}\text{Pu}$  ( $T_{1/2} = 65611$  lat). Izotop  $\beta$ -promieniotwórczy,  $^{241}\text{Pu}$  charakteryzuje się okresem połowicznego rozpadu  $T_{1/2} = 14,35$  lat, ale poprzez emisję cząstek beta powstaje długożyciowy, wysoko radiotoksyczny  $^{241}\text{Am}$  ( $T_{1/2} = 432,6$  lat).

Celem zadania jest określenie stężenia izotopu  $^{241}\text{Pu}$  w próbkach osadów dennych, co wiąże się z adaptacją metody jego oznaczania dostosowanej do warunków CLOR. Dotychczas zajmowaliśmy się tylko oznaczeniami  $\alpha$ -promieniotwórczych izotopów plutonu. Znajomość stężeń  $^{241}\text{Pu}$  pozwoli na wyliczenia oprócz stosunku aktywności  $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$  również stosunek  $^{241}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ , a te dwie wartości pozwalają ocenić pochodzenie źródła skażeń środowiska [1].

Jedną z metod oznaczania  $^{241}\text{Pu}$  to metoda pośrednia, oparta na pomiarze alfa aktywności  $^{241}\text{Am}$  narastającego z  $^{241}\text{Pu}$  w starych preparatach, jednakże jest ona długotrwała i mało czuła [2].

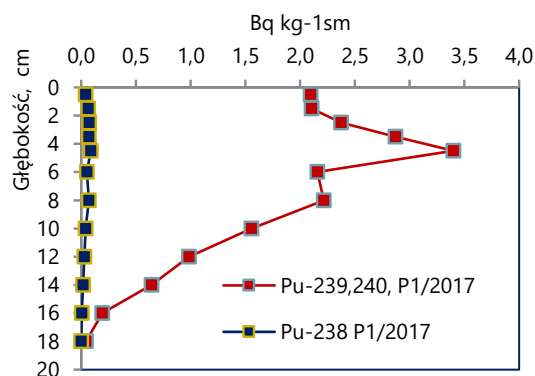
Druga metoda szybsza i dokładniejsza oparta jest na technice ciekłej scyntytacji.

Materiałem badawczym w pierwszym roku pracy były osady dennie ze stacji P1 (Głębia Gdańska) pobrane w 2017 roku.

Przygotowano również preparaty z próbek referencyjnych IAEA-385 i IAEA-447.

Z analizowanych próbek, na początku badań, wydzielono izotopu plutonu metodą radiochemiczną z zastosowaniem znacznika -  $^{242}\text{Pu}$ .

Izotopy plutonu w końcowym etapie analizy zostały osadzone elektrolitycznie na krążkach stalowych, aktywność  $^{239,240}\text{Pu}$  oraz  $^{238}\text{Pu}$  została zmierzona za pomocą  $\alpha$ -spektrometrii [3].



Rysunek 1. Stężenia promieniotwórcze  $^{239,240}\text{Pu}$  i  $^{238}\text{Pu}$  w funkcji głębokości osadu.

Stężenia  $^{239,240}\text{Pu}$  i  $^{238}\text{Pu}$  w osadzie dennym stacji P1 w funkcji głębokości osadu przedstawiono na Rysunku 1, natomiast w Tabeli 1 przedstawiono wyniki oznaczeń izotopów plutonu w próbkach referencyjnych.

Izotop	IAEA-385		IAEA- 447	
	CLOR	Ref	CLOR	Ref
$^{239,240}\text{Pu}$ Bqkg $^{-1}_{sm}$	2,97 ± 0,10	2,96 (2,89÷3,00)	4,92 ±0,14	5,3 ±0,2
$^{38}\text{Pu}$ Bqkg $^{-1}_{sm}$	0,46 ±0,03	0,44 (0,42÷0,48)	0,14 ±0,03	0,15 ±0,02

Tabela 1. Oznaczenia izotopów plutonu w próbkach referencyjnych.

Metoda oznaczania  $^{241}\text{Pu}$ .

$^{241}\text{Pu}$  jest izotopem  $\beta$ -promieniotwórczym o niskiej energii maksymalnej promieniowania (20,8 keV), więc do analizy jego zawartości konieczny jest detektor promieniowania beta o niskim tle i wysokiej czułości.

Przygotowanie preparatów do pomiaru aktywności beta  $^{241}\text{Pu}$  (osady denne ze stacji P1) rozpoczęto przez przeprowadzenie do roztworu plutonu, zdeponowanego na krążkach stalowych za pomocą gorącego kwasu azotowego. Kontrolę wydajności powyższego etapu dokonano poprzez pomiar alfa-spektrometryczny. Następnie przeprowadzono redukcję plutonu do  $\text{Pu}^{4+}$  za pomocą azotynu sodu oraz jego ekstrakcję z fazy wodnej do fazy organicznej za pomocą TOPO (tlenku trioktylofosfiny w cykloheksanie). W kolejnym etapie łączono wyekstrahowany pluton z koktajlem scyntylacyjnym (Ultima Gold AB). Próbki pomiarowe stabilizowano w chłodnym i ciemnym miejscu (wnętrze aparatury pomiarowej). Pomiar próbek prowadzono w niskotłowym liczniku do ciepłej scyntylacji (Quantulus 6220 GCT).

Aktywność  $^{241}\text{Pu}$  wyliczano ze wzoru:

$$A = \frac{A_{242} N_{t\alpha} N_{LSC\beta}}{m N_{LSC\alpha} N_{242\alpha}}$$

gdzie:

A- aktywność próbki [Bq]

$A_{242}$  – aktywność dodanego wzorca  $^{242}\text{Pu}$  [Bq]

$N_{t\alpha}$  – całkowita szybkość zliczania w spektrometrze alfa [cpm]

$N_{LSC\beta}$  – szybkość zliczania promieniowania  $\beta$  w liczniku LSC [dpm]

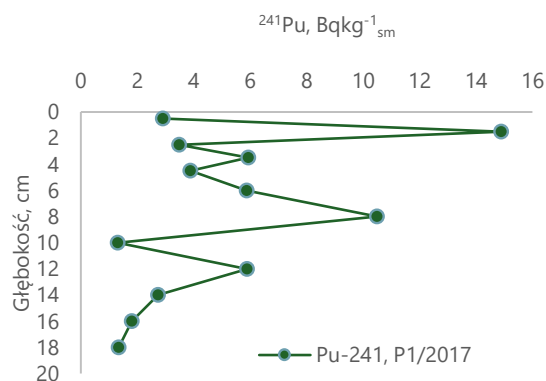
m – masa próbki [kg]

$N_{LSC\alpha}$  – szybkość zliczania promieniowania  $\alpha$  w liczniku LSC [cpm]

$N_{242\alpha}$  – szybkość zliczania dodanego  $^{242}\text{Pu}$  w spektrometrze alfa [cpm]

Wyniki oznaczeń przedstawiono na Rysunku 2.

Adaptacja procedury oznaczania  $^{241}\text{Pu}$  rozpoczęta w roku 2020 będzie kontynuowana w kolejnym roku. Wykonane zostaną oznaczenia  $^{241}\text{Pu}$  w próbkach referencyjnych (IAEA-447, IAEA\_384, IAEA-385). W przyszłym roku przeprowadzone zostaną również oznaczenia  $^{241}\text{Pu}$  w osadach dennych z dwu lokalizacji z Zatoki Gdańskiej, co pozwoli na określenie skażeń  $^{241}\text{Pu}$  w Basenie Gdańskim Morza Bałtyckiego.



Rysunek 2. Stężenia promieniotwórcze  $^{241}\text{Pu}$  w funkcji głębokości osadu

Literatura:

T.K. Ikaheimonen (2000) Measurement of  $^{241}\text{Pu}$  in environmental samples, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 243, 2, 535-541.



---

D.I. Strumińska-Parulska, B. Skwarzec (2015)  
Characterization of  $^{241}\text{Pu}$  occurrence, distribution  
and bioaccumulation in seabirds from northern Eurasia.  
Environ Sci Pollut Res 22:7821-7832.

M. Suplińska. Vertical distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$   
and  $^{238,240}\text{Pu}$  in bottom sediments from Southern Baltic Sea  
in the years 1998-2000. Nukleonika 2002; 47 (2): 45-52.

Praca realizowana z funduszy Ministerstwa Edukacji

# Adaptacja metody oznaczania $^{226}\text{Ra}$ w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej

*K. Wieprzowski, A. Matysiak*

Celem pracy była adaptacja metody oznaczania radu- $^{226}\text{Ra}$  w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej. Do oznaczania stężenia tego izotopu w Zakładzie Higieny Radiacyjnej stosowano metodyki:

A Procedure for the Rapid Determination of Ra-226 and Ra-228 in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting, IAEA, 2014 -ISO 22908:2020 Water quality — Radium 226 and Radium 228 — Test method using liquid scintillation counting.

Metodyki te dotyczą równoczesnego oznaczania obu izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ . Jednak jedyny, powszechnie dostępny komercyjnie wzorzec radu  $^{228}\text{Ra}$  w National Institute of Standards and Technology jest bardzo niskiej aktywności (w momencie kupna zawiera ok. 290 Bq na chwilę obecną). Dlatego żeby oszczędzić wzorzec radu  $^{228}\text{Ra}$ , obecne prace w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych dotyczyły głównie izotopu radu  $^{226}\text{Ra}$ . W dalszych etapach prac planuje się wykorzystanie także wzorca radu  $^{228}\text{Ra}$ .

W 2020 r. przygotowano krzywe kalibracyjne wzorców radu Ra-226 wykonane na scyntylatorach: OptiPhase HiSafe III oraz Insta Gel Plus. Krzywe te prezentowały zależność częstości zliczania wzorca (cpm) od jego początkowej aktywności (Bq). Porównano właściwości obu scyntylatorów w odniesieniu do stosowanej metodyki. Scyntylator OptiPhase HiSafe III jest zalecany do stosowania w literaturze (metodyka IAEA oraz norma ISO 22908:2020), głównie ze względu na lepszą separację widma alfa/beta – może mieć zastosowanie do oznaczania izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ . Niestety jego wadami są: problemy ze stabilnością (rozwarstwianie), co powoduje słabą powtarzalność, oraz mniejsza wydajność zliczania w porównaniu do scyntylatora Insta Gel Plus.

Natomiast scyntylator Insta Gel Plus jest bardziej stabilny niż OptiPhase HiSafe III, posiada także wyższą wydajność zliczania. Niestety charakteryzuje się słabszą separacją widm alfa/beta w porównaniu do OptiPhase HiSafe III.

Do pomiarów wykorzystano licznik ciekłoscyntylacyjny Quantulus GCT-6220.

Na podstawie przeprowadzonych prac sformułowano dalsze perspektywy metodyki:

- konieczna jest optymalizacja pomiędzy stabilnością próbki zmieszanej ze scyntylatorem a wydajnością zliczania,
- należy uwzględnić także wymagania Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (poz. 2294): granica wykrywalności na poziomie 20 mBq/dm<sup>3</sup> dla izotopu radu  $^{228}\text{Ra}$ ,
- być może optymalnym rozwiązaniem będzie zmieszanie scyntylatorów zapewniające oczekiwaną stabilność i granicę wykrywalności, przy zagwarantowaniu jednoczesnej dobrej separacji widm alfa/beta,
- do rozważenia jest także optymalny czas pomiaru od momentu preparatyki,
- preparatyka i dalsze prace w kierunku oznaczania obu izotopów radu:  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ .

Dzięki uzyskaniu obiecujących wyników możliwe jest przystąpienie do kolejnych etapów metodyki. Prace te będą zmierzały w kierunku jednoczesnego oznaczania obu izotopów radu:  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$ .

Środki finansowe wykorzystane do realizacji niniejszego tematu pochodziły z subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

---

***Zakład  
Dozymetrii***



# Informacja o działalności Zakładu Dozymetrii w roku 2020

*K. Isajenko, Zakład Dozymetrii*

W roku 2020 w Zakładzie Dozymetrii pracowało 6 osób: mgr inż. Krzysztof Isajenko (Kierownik Zakładu), mgr Barbara Piotrowska (pełni nieformalną funkcję Zastępcy Kierownika Zakładu) oraz mgr inż. Karol Wojtkowski, mgr Olga Stawarz, Anita Kiełbańska i Marcin Kozdój. Do końca sierpnia 2020 roku załogę Zakładu uzupełniała jeszcze mgr Izabela Kwiatkowska (rozwiązała umowę z CLOR za porozumieniem stron).

Czoro pracowników Zakładu Dozymetrii posiada wyższe wykształcenie w dziedzinie fizyki (lub pokrewnej). Troje pracowników może się pochwalić ponad 25-letnim stażem pracy w dziedzinie spektrometrii promieniowania gamma. W strukturze Zakładu Dozymetrii działa Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN), które posiada akredytację (nr AB 1108) na pomiary promieniotwórczości naturalnej w surowcach i materiałach budowlanych. Akredytacja została przyznana 19 listopada 2009 roku. Kierownikiem LPPN jest mgr inż. Krzysztof Isajenko, rolę Kierownika ds. jakości pełni mgr Olga Stawarz, a Kierownikiem ds. technicznych jest mgr Barbara Piotrowska. Laboratorium posiada jedną akredytowaną procedurę.

Prace prowadzone w Zakładzie Dozymetrii.

W ramach działalności statutowej (finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) w Zakładzie Dozymetrii w roku 2020 były prowadzone następujące tematy:

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2020 – kierownik pracy: Barbara Piotrowska.

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek gleby – kierownik pracy: Karol Wojtkowski.

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek flory – kierownik pracy: Olga Stawarz.

Poza tym w Zakładzie prowadzony były prace na zlecenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki:

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko.

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku – kierownik pracy: Barbara Piotrowska.

Zorganizowanie i przeprowadzenie pomiarów porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych dla jednostek organizacyjnych prowadzących takie pomiary – kierownik pracy: Karol Wojtkowski

Zakład Dozymetrii prowadził także prace zleczone przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (finansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej):

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2018 – 2020.

Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko (zakończenie drugiego etapu pracy).

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020 – 2022.

Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko (zakończenie pierwszego etapu pracy)

W roku 2020 prowadziliśmy także prace finansowane przez Ministerstwo Klimatu (obecnie Ministerstwo Klimatu i Środowiska):

Rozwój systemu zapewnienia jakości w akredytowanym Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu  $^{226}\text{Ra}$ , toru  $^{228}\text{Th}$  i potasu  $^{40}\text{K}$  – kierownik pracy: Olga Stawarz.

Inwestycja pn. „Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce – wykonanie

trzech nowych stacji ASS-500 zasilanych napięciem jednofazowym. Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w trzech lokalizacjach w Polsce (Gdynia, Toruń, Kielce)” – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko.

Także po wygranym przetargu w roku 2020 Zakład Dozymetrii realizował prace na zlecenie Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych:

Monitoring i ochrona radiologiczna ZUOP (Otwock – Świerk) – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko.

Monitoring i ochrona radiologiczna terenu KSOP – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko.

Obydwa tematy były prowadzone w ramach jednej umowy zawartej pomiędzy CLOR i ZUOP pt. „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna obiektów ZUOP w Otwocku-Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie” – Zakład Dozymetrii (Krzysztof Isajenko) był koordynatorem tych tematów wykonywanych w trzech Zakładach w CLOR.

Jeśli chodzi o pozostałe (ważniejsze) prace prowadzone w Zakładzie Dozymetrii, to można tutaj wymienić:

Ocena promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żuźłowej pochodzącej ze spalania węgla kamiennego w kotłach ciepłowniczych Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku – kierownik pracy: Barbara Piotrowska.

Temat prowadzony na zlecenie Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej we Włocławku  
Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie – kierownik pracy: Karol Wojtkowski.

Temat własny Zakładu Dozymetrii prowadzony za pomocą aparatury (stacji do poboru gazów szlachetnych) wypożyczonej przez BfS Freiburg (Niemcy).

Wykonanie (dzięki ogromnej pomocy p. Romana Czeaka) stacji do poboru powietrza z kranów na terenie KSOP w Różanie.

Otrzymanie zamówienia z IAEA na stację ASS-500 dla Bośni i Hercegowiny.

W ramach prac prowadzonych w Zakładzie Dozymetrii i na podstawie otrzymywanych wyników, w Zakładzie powstało kilka publikacji i ważnych opracowań, a mianowicie:

Artykuł “Assessment of the natural radioactivity of Polish and foreign granites used for road and lapidary constructions in Poland”- Drzymała Tomasz, Łukaszek-

Chmielewska Aneta, Lewicka Sylwia, Stec Joanna, Piotrowska Barbara, Isajenko Krzysztof, Lipiński Paweł; Materials 2020, 13(12), 2824; <https://doi.org/10.3390/ma13122824> data publikacji 23.06.2020 r. – czasopismo posiada 140 punktów w wykazie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Ocena promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żuźłowej pochodzącej ze spalania węgla kamiennego w kotłach ciepłowniczych Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku - B. Piotrowska, K. Isajenko, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, Karol Wojtkowski, A. Kiebasiańska, M. Kozdój – Sprawozdanie końcowe dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku, Warszawa, CLOR, styczeń 2020.

Ekspertyza radiologiczna kolejowego przejazdu granicznego w Kuźnicy Białostockiej – Barbara Piotrowska, Karol Wojtkowski, Marcin Kozdój, Krzysztof Isajenko; marzec 2020

Ekspertyza radiologiczna środowiska pracy od lampy RTG w firmie Alstom Konstal S.A. ul. Metalowców 9; 41-500 Chorzów - Barbara Piotrowska, Karol Wojtkowski, Krzysztof Isajenko, lipiec 2020.

Pracownik Zakładu Dozymetrii, mgr inż. Karol Wojtkowski rozpoczął w roku 2020 podyplomowe studia menadżerskie na Wydziale Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego. Kontynuuje także studia doktoranckie na Politechnice Warszawskiej, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska – rozpoczęte w 2016 roku. Planowane zakończenie i obrona – 2021 rok.

Plany Zakładu Dozymetrii na rok 2021.

Plany Zakładu Dozymetrii na 2021 rok sprowadzają się do następujących działań i prac:

Unowocześnienie sieci stacji ASS-500 – wymiana ostatnich dwóch stacji na nowe egzemplarze (Katowice, Łódź);

Zakup części zamiennych do stacji ASS-500;

Zakup nowego toru spektrometrycznego, który umożliwiłby rozszerzenie sieci stacji ASS-500 o trzy egzemplarze (Koszalin, Olsztyn, Poznań/Piła);

Utrzymanie akredytacji LPPN (m.in. zmiana przepisów prawnych);

Prowadzenie interkalibracji (co 1-2 lata) dla laboratoriów prowadzących pomiary surowców i materiałów

---

budowlanych – dotychczas takie pomiary porównawcze prowadził Prezes PAA;

Przyjęcie nowego pracownika do pracy w Zakładzie – do spraw związanych z pomiarami radioaktywności powietrza;  
Zakup filtrów Petrianova w Rosji. – filtry są niezbędne do prawidłowego działania sieci stacji ASS-500 do radiacyjnego monitoringu powietrza w Polsce;

Udział w interkalibracjach międzynarodowych.

Trwająca od marca 2020 roku na terenie naszego kraju pandemia związana z rozprzestrzenianiem się wirusa SARS-CoV-2, miała bardzo duży wpływ na działalność Zakładu a mianowicie:

Brak prowadzenia szkoleń dotyczących badania promieniotwórczości naturalnej, pomimo, że byli chętni – znaczne zmniejszenie dochodu Zakładu;

Niemożliwość wyjazdów na komercyjne ekspertyzy w terenie (np. zamknięte hotele), pomimo, że było zapotrzebowanie – zmniejsza to dochód Zakładu;

Utrudnione kontakty z pracownikami innych Zakładów, Księgowością i Dyrekcją – nie wszystko można załatwić zdalnie;

Brak możliwości spotkań w Zakładzie, na których omawiane były bieżące plany i prace Zakładu.

Ale można także znaleźć pewne pozytywne aspekty tej pandemii i związanej z nią pracy w systemie hybrydowym (praca zdalna w domu plus dyżury pełnione w Zakładzie Dozymetrii):

Sprawdzenie umiejętności każdego pracownika w zastępowaniu innych (przy dowolnych pracach, na wszystkich stanowiskach);

Zdefiniowanie obszarów, w których niektórzy pracownicy powinni zostać jeszcze lepiej przeszkoleni, aby w bardziej efektywny sposób zastępować innych przy wykonywaniu ich pracy;

Optymalizacje w wykorzystywaniu czasu potrzebnego na wykonywanie różnych prac w Zakładzie;

Pandemia pokazała, że wiele spraw w różnych firmach (przekazywanie sprawozdań w wersji elektronicznej, odbiory prac, audyty PCA itp.) można załatwić zdalnie.





# Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski, od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2020)

K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

Dla oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową, korzystaliśmy z następującego wzoru:

$$D = \sum_i D_i$$

Gdzie:

D – jest obliczoną dawką skuteczną otrzymaną od radionuklidów wchłanianych układem oddechowym,

$D_i$  – jest dawką skuteczną od pojedynczego ( $i$ -ego) radionuklidu. W niniejszej pracy bierzemy pod uwagę tylko dawki otrzymane od następujących radionuklidów pochodzenia naturalnego:  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ac}$  oraz od wszystkich radionuklidów pochodzenia sztucznego, których stężenia zostały określone na poziomach przekraczających limity detekcji (przy czym  $^{137}\text{Cs}$  oraz  $^{131}\text{I}$  uwzględniamy zawsze).

UWAGA – jeśli stężenie jakiegoś radionuklidu nie przekraczało wartości limitu detekcji (LLD, ang.: Lowest Limit of Detection), to do obliczenia dawki skutecznej przyjmujemy wartość LLD. W ten sposób oczywiście obliczone dawki skuteczne są zawyżone w stosunku do rzeczywistych dawek otrzymywanych przez mieszkańców Polski.

Dawkę skuteczną, otrzymaną od wchłonięcia poprzez układ oddechowy pojedynczego radionuklidu promieniotwórczego ( $D_i$ ) dla osoby z grupy wiekowej  $g$  obliczamy, stosując następujący wzór:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{odd} \cdot T$$

Gdzie:

$D_i$  – jest dawką skuteczną od pojedynczego radionuklidu,  $A_{w,i}$  – jest aktywnością właściwą (stężeniem promieniotwórczym)  $i$ -tego radionuklidu w powietrzu atmosferycznym (zmierzonego w sieci stacji ASS-500 w danej lokalizacji),

$e(g)_i$  – jest wartością obciążającą dawkę skuteczną dla  $i$ -tego radionuklidu dla osoby z grupy wiekowej  $g$ ,

$V(g)_{odd}$  – jest wydajnością (prędkością) oddychania osoby z grupy wiekowej  $g$ ,

$T$  – jest to czas dla jakiego jest liczona dawka skuteczna (czyli tydzień, miesiąc, kwartał lub rok).

Działania na jednostkach:

$$D_i : \left[ \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left[ \frac{\text{Sv}}{\text{Bq}} \right] \cdot \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{doba}} \right] \cdot [\text{doba}] = [\text{Sv}]$$

Współczynniki inhalacyjne dla dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych zostały określone w „Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994”.

Przedstawia je Tabela 1.

Tabela 1. Prędkości oddychania dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych. [2]

Grupa wiekowa	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	>17 lat
Prędkość oddychania [m <sup>3</sup> /doba]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

Obciążającą dawkę skuteczną  $e(g)$  dla osób z ogółu ludności od wniknięcia radionuklidu o aktywności 1 Bq

drogą oddechową (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych

promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168)) przedstawia Tabela 2.

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv·Bq <sup>-1</sup> ] dla grupy wiekowej g:					
		≤ 1 roku	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
<sup>137</sup> Cs	30,0 lat	8,8·10 <sup>-9</sup>	5,4·10 <sup>-9</sup>	3,6·10 <sup>-9</sup>	3,7·10 <sup>-9</sup>	4,4·10 <sup>-9</sup>	4,6·10 <sup>-9</sup>
<sup>131</sup> I	8,04 dnia	7,2·10 <sup>-8</sup>	7,2·10 <sup>-8</sup>	3,7·10 <sup>-8</sup>	1,9·10 <sup>-8</sup>	1,1·10 <sup>-8</sup>	7,4·10 <sup>-9</sup>
<sup>7</sup> Be	53,3 dnia	2,5·10 <sup>-10</sup>	2,1·10 <sup>-10</sup>	1,2·10 <sup>-10</sup>	8,3·10 <sup>-11</sup>	6,2·10 <sup>-11</sup>	5,0·10 <sup>-11</sup>
<sup>40</sup> K	1,28·10 <sup>9</sup> lat	2,4·10 <sup>-8</sup>	1,7·10 <sup>-8</sup>	7,5·10 <sup>-9</sup>	4,5·10 <sup>-9</sup>	2,5·10 <sup>-9</sup>	2,1·10 <sup>-9</sup>
<sup>210</sup> Pb	22,3 lat	4,7·10 <sup>-6</sup>	2,9·10 <sup>-6</sup>	1,5·10 <sup>-6</sup>	1,4·10 <sup>-6</sup>	1,3·10 <sup>-6</sup>	9,0·10 <sup>-7</sup>
<sup>226</sup> Ra	1,60·10 <sup>3</sup> lat	1,5·10 <sup>-5</sup>	1,1·10 <sup>-5</sup>	7,0·10 <sup>-6</sup>	4,9·10 <sup>-6</sup>	4,5·10 <sup>-6</sup>	3,5·10 <sup>-6</sup>
<sup>228</sup> Ac	6,13 godz.	1,8·10 <sup>-7</sup>	1,6·10 <sup>-7</sup>	9,7·10 <sup>-8</sup>	5,7·10 <sup>-8</sup>	2,9·10 <sup>-8</sup>	2,5·10 <sup>-8</sup>

Tabela 2. Wartości obciążającej dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym dla wybranych radionuklidów (dla różnych grup wiekowych). [1]

Wyniki pomiarów oparte zostały na pomiarach stężeń radionuklidów zmierzonych w filtrach powietrza eksponowanych w sieci stacji ASS-500. Poniżej, na Rys. 1, przedstawiono rozmieszczenie stacji ASS-500 w Polsce:



Rysunek. 1. Rozmieszczenie stacji ASS-500 na terenie naszego kraju

Stacje ASS-500 zlokalizowane są w następujących instytucjach:

**Warszawa** – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Zakład Dozymetrii

**Białystok** – Uniwersytet Medyczny, Zakład Biofizyki  
Gdynia – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, Oddział Morski

**Katowice** – Główny Instytut Górnictwa, Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej im. Marii Goeppert-Mayer

**Kraków** – Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. Henryka Niewodniczańskiego, Zakład Fizykochemii Jądrowej, Pracownia Badań Skażeń Promieniotwórczych Środowiska

**Lublin** – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Chemii, Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów

**Łódź** – Politechnika Łódzka, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

**Sanok** – Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie, Laboratorium Pomiarów Promieniowania w Sanoku

**Szczecin** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska

**Toruń** – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Fizyki  
**Wrocław** – Politechnika Wrocławska, Zakładowy Inspektor Ochrony Radiologicznej

**Zielona Góra** – Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów.

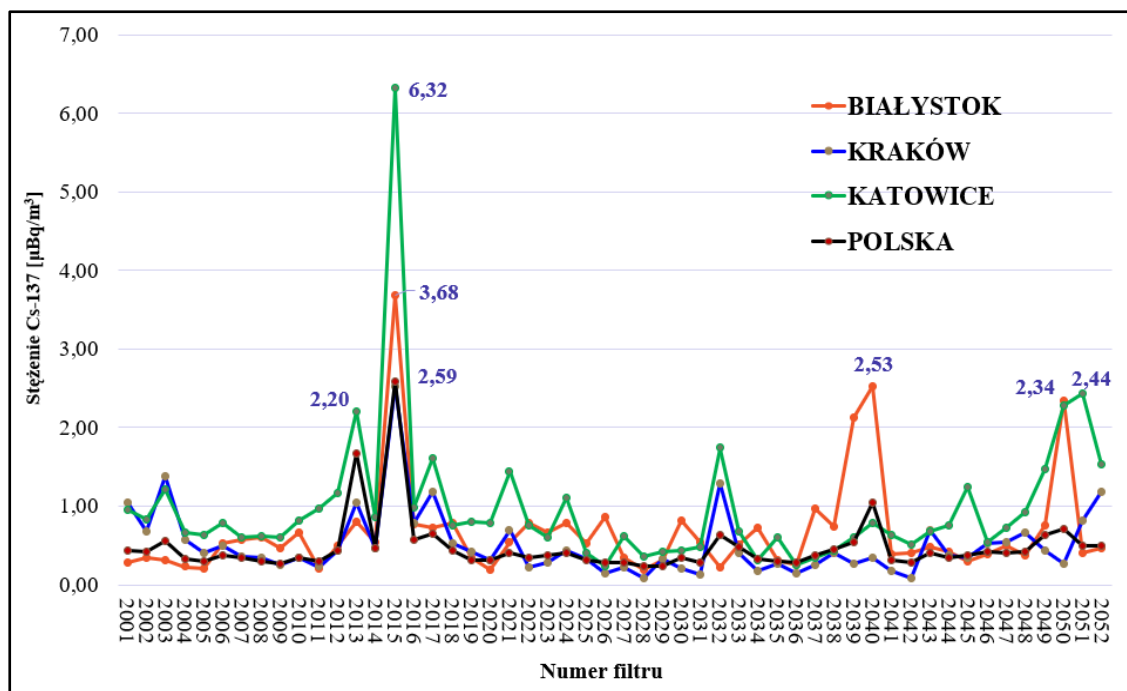
Wyniki pomiarów stężeń poszczególnych radionuklidów w aerozolach atmosferycznych pobranych z przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego przedstawiono w tabeli 3. W tabeli podano również miejsce i okres wystąpienia maksymalnego stężenia dla każdego radionuklidu.

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Zakres	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
$^{137}\text{Cs}$	$0,47 \pm 0,02$	(<0,09 ÷ 6,92)	Gdynia, 6.04 - 14.04
$^{131}\text{I}$	$0,69 \pm 0,06$	(<0,10 ÷ 33,60)	Szczecin, 20.04 – 27.04
$^7\text{Be}$	$3279 \pm 63$	(437 ÷ 9535)	Katowice, 10.08 – 17.08
$^{40}\text{K}$	$12,0 \pm 0,3$	(2,2 ÷ 72,0)	Lublin, 14.04 – 20.04
$^{210}\text{Pb}$	$384 \pm 12$	(43 ÷ 3531)	Katowice, 7.12 – 14.12
$^{226}\text{Ra}$	$6,1 \pm 0,2$	(<2,0 ÷ <29,6)	Wrocław, 30.12.2019 – 7.01.2020
$^{228}\text{Ra}$	$1,1 \pm 0,0$	(<0,3 ÷ <6,1)	Katowice, 21.12 – 28.12

**Tabela 3.** Średnie roczne (dla całej Polski) stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego w 2020 roku

Rysunek 2 przedstawia przebiegi stężeń cezu  $^{137}\text{Cs}$  w kilku wybranych miastach oraz średnia wartość stężenia

promieniotwórczego tego radionuklidu w Polsce w poszczególnych tygodniach 2020 roku.



Rys. 2. Średnie tygodniowe stężenia <sup>137</sup>Cs w wybranych miastach oraz w Polsce w roku 2020 [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]

Na podstawie stężeń radionuklidów zmierzonych w sieci stacji ASS-500 w Polsce określono dawki efektywne, jakie otrzymali mieszkańcy naszego kraju, oddychając powietrzem zawierającym radionuklidy o zmierzonych stężeniach. Tabela 4 zawiera wyliczone wartości dawek otrzymanych przez mieszkańców (w różnym wieku) w miastach, w których znajdują się stacje ASS-500.

Dawki skuteczne (efektywne) otrzymane drogą inhalacyjną wahały się od wartości 2,022 mSv rocznie dla dzieci w wieku 2-7 lat mieszkających w Szczecinie do wartości 5,225 mSv dla młodzieży w wieku 12-17 lat. Maksymalna dawka skuteczna została obliczona dla mieszkańców Katowic.

LOKALIZACJA STACJI ASS-500	GRUPY WIEKOWE					
	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
WARSZAWA	3,528	2,745	2,698	3,491	4,030	2,912
BIAŁYSTOK	2,859	2,219	2,174	2,826	3,263	2,354
GDYNIA	3,298	2,559	2,506	3,259	3,763	2,714
KATOWICE	4,569	3,563	3,512	4,527	<b>5,225</b>	3,781
KRAKÓW	3,512	2,724	2,665	3,470	4,007	2,889
LUBLIN	4,547	3,531	3,460	4,495	5,190	3,745
ŁÓDŹ	3,358	2,614	2,570	3,324	3,837	2,774
SANOK	3,093	2,402	2,356	3,058	3,531	2,549
SZCZECIN	2,635	2,053	<b>2,022</b>	2,609	3,012	2,178
TORUŃ	3,976	3,090	3,033	3,932	4,540	3,278
WROCLAW	4,014	3,163	3,165	3,998	4,612	3,362
ZIELONA GÓRA	4,093	3,177	3,113	4,046	4,672	3,370

Tabela 4. Wartości rocznej dawki skutecznej otrzymanej w roku 2020 przez osoby z różnych grup wiekowych od radionuklidów wchłoniętych drogą inhalacyjną w miejscach lokalizacji stacji ASS-500.

---

Obliczone dawki pochodzące od radionuklidów znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, otrzymywane przez mieszkańców naszego kraju są bardzo niskie. Wyniki otrzymane w powyższej pracy pokazały, że dawki te są na poziomie ułamkowych części dawek granicznych.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr **41/OR/2019/345** z dnia 31 grudnia 2019.

#### Literatura

- [1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168).
- [2] Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994

# Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2018-2020. ZADANIE 3: Monitoring stężenia $^{137}\text{Cs}$ w glebie.

*K.Isajenko, B.Piotrowska, K.Wojtkowski, O.Stawarz, A.Kiełbasińska, M.Kozdój  
Zakład Dozymetrii  
M.Kardaś, A.Fulara  
Zakład Higieny Radiacyjnej*

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce od roku 1988. Próbkę gleby do pomiarów pobiera się w cyklu dwuletnim w sieci stacji i posterunków meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – miejsca poboru pokazane są na Rys. 1. Punkty poboru próbek gleby (254 punkty) są rozmieszczone na terenie całej Polski i zlokalizowane w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Łącznie pobiera się 264 próbki: 254 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm.



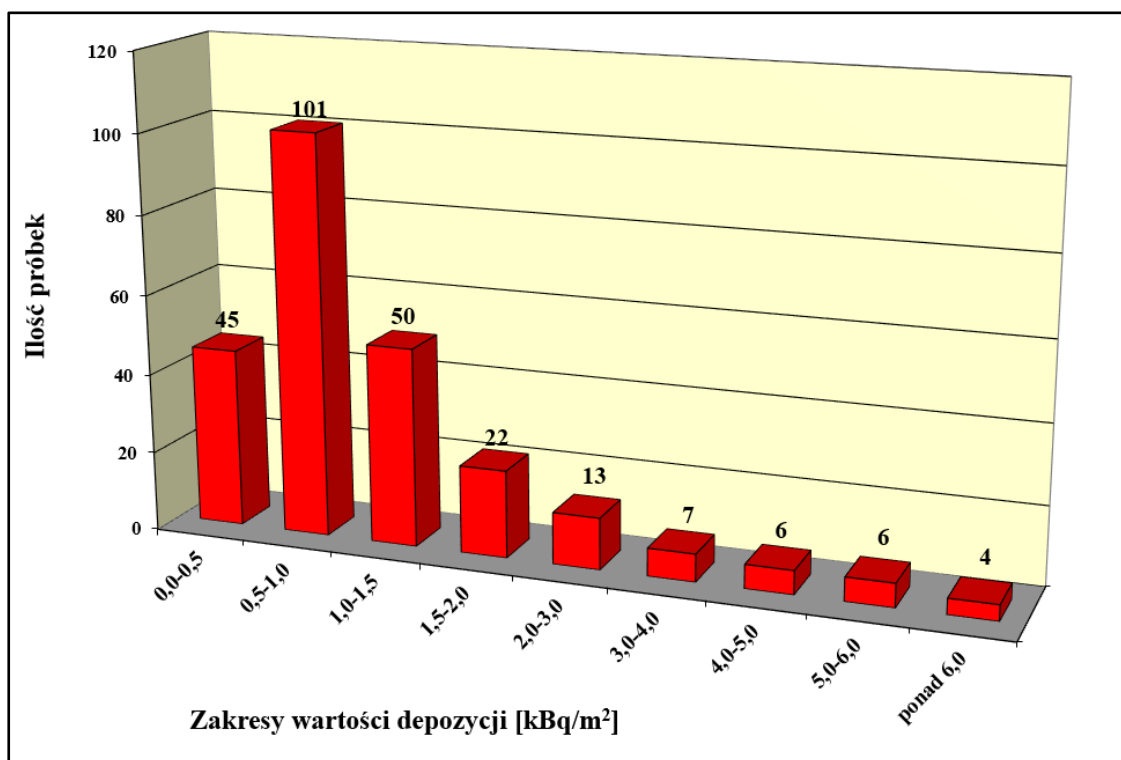
Rys. 1. Punkty poboru gleby w Polsce (jesień 2019 rok)

Próbki gleby pobierane są w miejscach, gdzie mikrośrodkowisko nie jest zniekształcane lub zmieniane np. przez oranie lub nawożenie, co umożliwia ocenę nawet niewielkich zmian poziomu skażeń. Taka lokalizacja punktów poboru posiada szereg zalet, a mianowicie:

- stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co pozwoli na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń);
  - w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego kraju;
  - stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań;
  - pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń izotopów promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby;
  - w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.
- W drugim etapie pracy (zakończonym 15 października 2020 roku) wykonano następujące prace:
- Przygotowanie do pomiarów 264 próbek gleby pobranych jesienią 2019 roku z terenu całej Polski w 254 punktach zlokalizowanych zgodnie z załącznikiem do opisu przedmiotu zamówienia w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (264 próbki: 254 próbki z warstwy 0-10 cm oraz 10 próbek z warstwy 0-25 cm),
  - Pomiary spektrometryczne przygotowanych 264 próbek gleby,
  - Prowadzenie rejestru wyników pomiarów w postaci arkusza MS Excel,

- Napisanie sprawozdania zawierającego omówienie prac związanych z wykonaniem pomiarów spektrometrycznych 264 próbek gleby oraz wyniki pomiarów zawierające: Opis metodyki oznaczania spektrometrycznego (cezu  $^{137}\text{Cs}$ , radu  $^{226}\text{Ra}$ , aktynu  $^{228}\text{Ac}$  oraz potasu  $^{40}\text{K}$ ),

Opis zapewnienia jakości wyników.



Rys. 2. Histogram rozkładu depozycji (stężenia powierzchniowego) cezu  $^{137}\text{Cs}$  w Polsce

Na Rys. 2 przedstawiony został histogram rozkładu depozycji (stężenia powierzchniowego) cezu  $^{137}\text{Cs}$  dla próbek gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2019 roku.

Temat finansowany jest ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 34/2019/F z dnia 17 września 2019 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony

Radiologicznej a Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska.

#### Literatura

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations, New York, 2000.

---

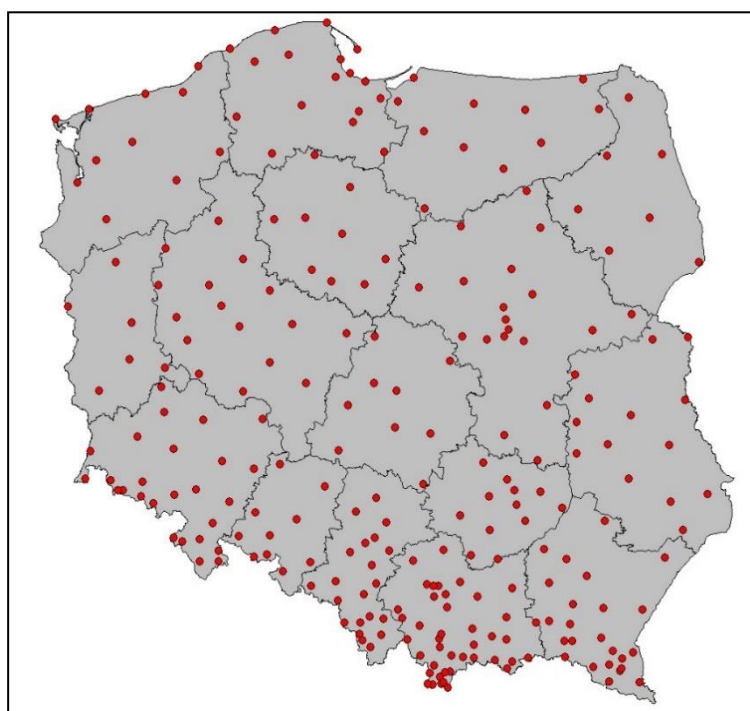
# Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020-2022. ZADANIE 3: Monitoring stężenia $^{137}\text{Cs}$ w glebie

---

*K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, O. Stawarz, A. Kiełbasińska, M. Kozdój  
Zakład Dozymetrii  
M. Kardaś, A. Fulara  
Zakład Higieny Radiacyjnej*

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce od roku 1988. Próbkę gleby do pomiarów pobiera się w cyklu

dwuletnim w sieci stacji i posterunków meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – miejsca poboru pokazane są na Rys. 1.



Rys. 1. Punkty poboru gleby w Polsce (jesień 2020 rok)

Liczba punktów poboru gleby w poszczególnych województwach, w których została pobrana gleba jesienią 2020 roku, przedstawiono w Tabeli 1.



Lp.	Województwo	Ilość pobranych próbek
1.	Dolnośląskie	27
2.	Kujawsko-pomorskie	9
3.	Lubelskie	15
4.	Lubuskie	6
5.	Łódzkie	9
6.	Małopolskie	43
7.	Mazowieckie	20
8.	Opolskie	10
9.	Podkarpackie	24
10.	Podlaskie	8
11.	Pomorskie	19
12.	Śląskie	22
13.	Świętokrzyskie	12
14.	Warmińsko-mazurskie	12
15.	Wielkopolskie	17
16.	Zachodniopomorskie	11
<b>RAZEM – POLSKA:</b>		<b>264</b>

Tabela 1. Liczba punktów poboru gleby w Polsce (jesień 2020 rok) w poszczególnych województwach

Punkty poboru próbek gleby (254 punkty) są rozmieszczone na terenie całej Polski i zlokalizowane w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Łącznie pobiera się 264 próbki: 254 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm.

Próbki gleby pobierane są w miejscach, gdzie mikrośrodowisko nie jest zniekształcane lub zmieniane np. przez oranie lub nawożenie, co umożliwia ocenę nawet niewielkich zmian poziomu skażeń. Taka lokalizacja punktów poboru posiada szereg zalet, a mianowicie:

- stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co pozwoli na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń);
- w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego kraju;
- stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań;

pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń izotopów promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby;

- w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.

W roku 2020 w ramach opisywanej pracy zrealizowano następujące zadania:

- wykonano pobór 264 próbek gleby w 254 punktach (254 próbki pobrane z warstwy o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm);
- prowadzono koordynacje poboru próbek;
- opracowano sprawozdanie zawierające opis przeprowadzenia poboru prób (metodykę poboru, terminy pobrania poszczególnych prób, opis sposobu transportu i przechowywania prób).

W roku 2021 wszystkie pobrane próbki zostaną przygotowane do pomiaru i zmierzone z wykorzystaniem wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania jonizującego.

Temat finansowany jest ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr ZP/DM/105/2020/F z dnia 9 lipca 2020 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska.

---

Literatura

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations , New York, 2000.

---

# Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce – wykonanie trzech nowych stacji ASS- 500 zasilanych napięciem jednofazowym. Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w trzech lokalizacjach w Polsce (Gdynia, Toruń, Kielce)

---

*K.Isajenko, K.Wojtkowski, B.Piotrowska, M.Kozdój*

Sieć stacji ASS-500 w Polsce działa od roku 1992 (wcześniej działała tylko stacja w CLOR). Obecnie sieć ta składa się z 12 stacji pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych powietrza w Polsce.

Stacje te są już dosyć stare (często kilkunasto-letnie) i coraz częściej się psują. W roku 2011 dzięki inwestycji otrzymanej z Państwowej Agencji Atomistyki udało nam się wykonać dwie stacje nowego typu, zgodne z najnowocześniejszymi trendami w tej dziedzinie na świecie. Zamieniły dwie spośród działających w Polsce stacji (w Warszawie oraz w Lublinie). Niestety na tych dwóch stacjach unowocześnienie sieci się zakończyło.

Inwestycja otrzymana z Ministerstwa Energii (a później Ministerstwa Klimatu) w latach 2018-2019 umożliwiła wykonanie i wymianę sześciu kolejnych stacji (w Sanoku, Białymstoku, Szczecinie, Zielonej Górze, Krakowie Wrocławiu). A inwestycja w roku 2020, to kolejne trzy stacje (Gdynia, Toruń i Kielce).

W ramach inwestycji planowane było wykonanie następujących prac:

- Wykonanie trzech egzemplarzy stacji – do 31 października 2020
- Testowanie nowo wykonanych stacji – do 31 października 2020
- Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w Gdyni, Toruniu i Kielcach

Inwestycja rozpoczęła się w czerwcu 2020, a miała zakończyć się w grudniu 2020. Stacje w Gdyni i Toruniu zostały zainstalowane i uruchomione.

Przed instalacją stacji w Kielcach (nowa lokalizacja – Uniwersytet Jana Kochanowskiego) istniała konieczność przygotowania miejsca pod instalację – wykonanie betonowego podestu, ogrodzenia, wykonanie przyłącza energetycznego. Sprawy związane z pandemią oraz silne mrozy opóźniły instalację stacji w Kielcach.

W ramach realizacji inwestycji zakupiono oraz wykonano następujące elementy stacji ASS-500:

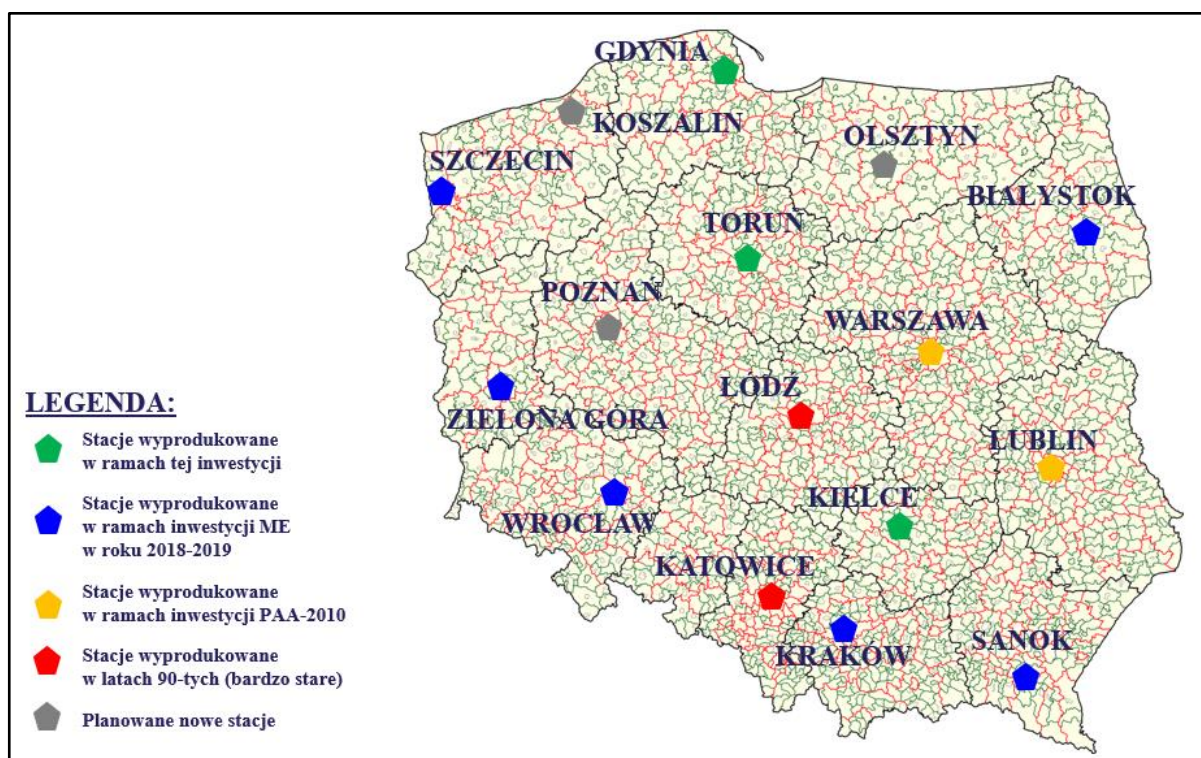
- Obudowa stacji typu ASS-500 (widoczna na Rys. 1)
- Wentylator typu HRD 16T FU-105/2,2 z łącznikiem i wibroizolatorami
- Falownik typu VFS15S.2022PL-W
- Regulator wilgotności i temperatury typu AR247/3/S1/P/P/WU/P
- Promienniki podczerwieni typu TEGI-0026 FSR 250W 230V 24108
- Zestaw do pomiaru przepływu zawierający:
  - Przetwornik różnicy ciśnień i przepływu gazów model PHM33-201-MD1.
  - Panel pomiarowy model GTA-DA6-A-BRTNVY (Rys. 2)
  - Zasilacz model DRC-24V30W1A
  - Rurka uśredniająca przepływu dla gazów model AFMT-042-100



Rys. 1. Obudowa nowej stacji ASS-500



Rys. 2. Panel pomiarowy (rejestrator i sumator) przepływomierza stosowanego w nowych stacjach ASS-500



Rys. 3. Sieć stacji ASS-500 w Polsce

Po wykonaniu tej inwestycji, dziesięć stacji ASS-500 (plus jedna dodatkowa) spośród dwunastu pracujących w sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce, jest stacjami nowego typu, w pełni nowoczesnymi, zapewniającymi najwyższe standardy w monitoringu powietrza w naszym kraju.

Rys. 3 przedstawia sieć stacji ASS-500 w Polsce. W następnych latach planowane jest unowocześnianie

następnych egzemplarzy stacji oraz rozbudowa sieci (zainstalowanie dwóch nowych stacji – w Łodzi i Katowicach).

Inwestycja była dofinansowana przez Ministerstwo Klimatu na podstawie umowy nr 2/DBF/2020 z dnia 9 czerwca 2020.

# Monitoring i ochrona radiologiczna terenu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie

*K.Isajenko, B.Piotrowska - Zakład Dozymetrii*

*A.Fulara - Zakład Higieny Radiacyjnej*

*M.Norenberg - Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania*

Praca była realizowana przez trzy Zakłady:

- Zakład higieny Radiacyjnej (Z-I),
- Zakład Dozymetrii (Z-II) – **koordynator tematu**,
- Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (Z-III)

Na Rys. 1 podany jest harmonogram prac wykonanych w ramach tego tematu.

Czynność	ROK 2020												2021
	I kwartał			II kwartał			III kwartał			IV kwartał			
	styczeń	lut	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień	
1.			2			2			2			2	
2.			8			8			8			8	
3.						10							
4.	1 filtr tygodniowo			1 filtr tygodniowo			1 filtr tygodniowo			1 filtr tygodniowo			
5.			15			15			15			15	
6.					15					15			
7.				5			5						
8.			3			3			3			3	
9.						8	8						
10.						2	2						
Raport				Kwartałny			Kwartałny			Kwartałny			Roczny

Rys. 1. Harmonogram prac wykonanych w roku 2020

W ramach realizacji umowy wykonano w roku 2020 następujące prace:

- pomiary zawartości substancji promieniotwórczych w wodzie wodociągowej na całkowitą aktywność beta i trytu – miejsce poboru: Punkt FR (Czynność 1 w powyższej tabeli).

Miejsca poboru próbek środowiskowych: wód wodociągowych (**czynność 1**), wód gruntowych (czynność 2), gleby i trawy (**czynność 3**) oraz aerozoli atmosferycznych (**czynność 4**) zostały przedstawione na Rys. 7.

- pomiary zawartości substancji promieniotwórczych w wodzie gruntowej na całkowitą aktywność beta i trytu – miejsca poboru: 8 piezometrów (**Czynność 2**),
- pomiary zawartości substancji promieniotwórczych (spektrometria gamma) w glebie i trawie dla próbek pobranych w punktach: R,G706, R,G707, R,G709, R,G711; R,G712 (**Czynność 3**),
- pomiary zawartości substancji promieniotwórczych aerozoli atmosferycznych (pomiar spektrometryczny filtrów) – miejsce poboru: stacja A104A (**Czynność 4**),
- pomiary dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego w punktach pomiarowych 1-15 (**Czynność 5**),
- kontrola szczelności pojemników z odpadami trytowymi (**Czynność 6**),
- pomiary zawartości pochodnych w powietrzu  $^{220}\text{Rn}$  oraz  $^{222}\text{Rn}$  w komorach K-4, K-5, K-6, K-6a, K-12 obiektu nr 1 (**Czynność 7**),
- pomiary radonu metodą z wykorzystaniem detektorów śladów cząstek w obiekcie nr 1 oraz w obiekcie nr 4 (**Czynność 8**),
- pomiary zawartości pochodnych radonu ( $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ , całkowita aktywność alfa i beta oraz spektrometria gamma) w powietrzu pochodzącym z obiektów nr 2 i 3 (**Czynność 9**),
- pomiar zawartości pochodnych ( $^{220}\text{Rn}$  oraz  $^{222}\text{Rn}$ ) w powietrzu w odległości 10 metrów od obiektu nr 1 oraz przy obiekcie nr 4 (**Czynność 10**).



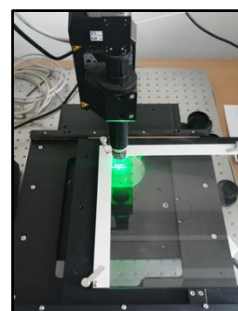
Rys. 2. Ekspozycja dozymetrów TLD



Rys. 3. Pobór wymazów z pojemników z odpadami trytowymi.



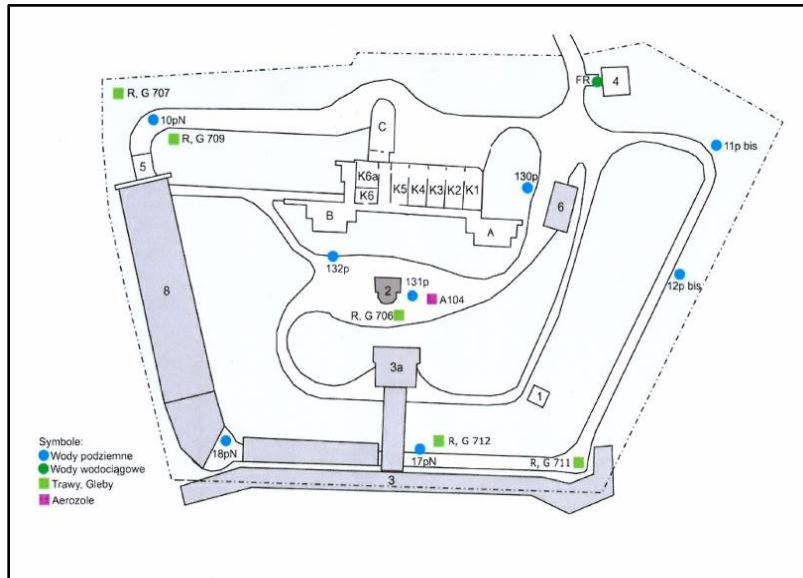
Rys. 4. Detektory śladowe CR-39.



Rys. 5. Zestaw do odczytu CR-39.



Rys. 6. Stacja do poboru aerozoli powietrza z kranów w obiektach 2 i 3 w KSOP w Różanie (prod. CLOR)



Rys. 7. Miejsca poboru próbek środowiskowych (wody, trawa, gleba, aerozole) na terenie KSOP w Różanie

Zamawiający nie wyraził zgody na jakiegokolwiek udostępnianie otrzymanych wyników przeprowadzonych pomiarów.

Praca była realizowana zgodnie z Umową nr 4/ZUOP/2020 z dnia 15 stycznia 2020 r. zawartą pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Zakładem

Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych pt. „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna obiektów ZUOP w Otwocku-Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie. Część 4: Monitoring i ochrona radiologiczna terenu KSOP”.

# Monitoring i ochrona radiologiczna Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (Otwock-Świerk)

*K.Isajenko, B.Piotrowska - Zakład Dozymetrii  
A.Fulara - Zakład Higieny Radiacyjnej  
M.Norenberg - Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania*

Praca była realizowana przez trzy Zakłady:

- Zakład higieny Radiacyjnej (Z-I),
- Zakład Dozymetrii (Z-II) – koordynator tematu,

- Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (Z-III)

Na Rys. 1 podany jest harmonogram prac wykonanych w ramach tego tematu.

Czynność	ROK 2020												2021
	I kwartał			II kwartał			III kwartał			IV kwartał			
	styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień	
1.								12					
2.				8									
3.				8			8						
4.				10						10			
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6.			2			2			2			2	
7.						2	2						
8.				2				2					
9.						2							
10.			2				2						
11.		4	4	4	4		4	2	2	4	4		
12.					2					2			
13.		2								2			
14.			2					2					
15.				2						2			
Raport				Kwartalny			Kwartalny			Kwartalny			Roczny

Rys. 1. Harmonogram prac wykonanych w roku 2020





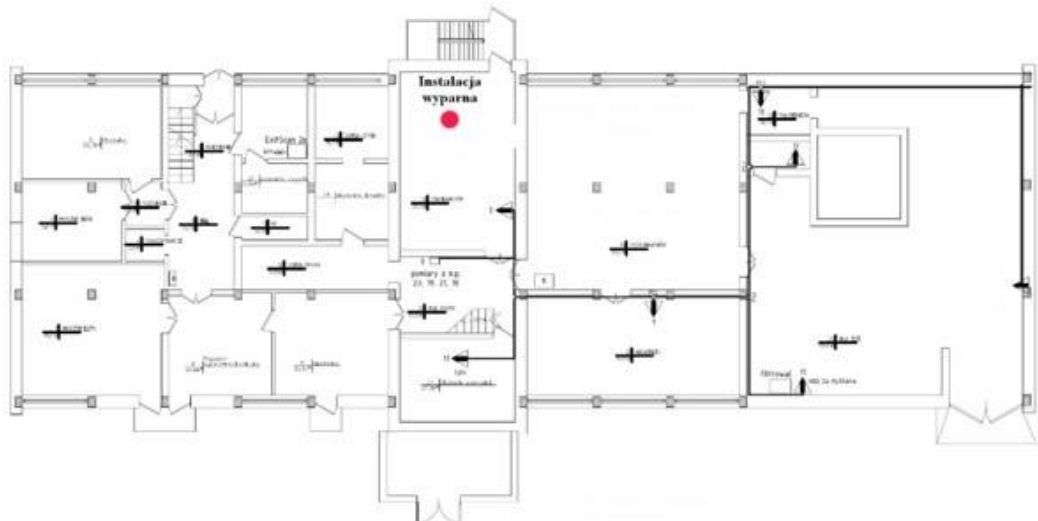
Rys. 1. Pobór wymazów z pojemników z odpadami trytowymi

W ramach realizacji umowy wykonano w roku 2020 następujące prace:

- kontrola szczelności bębnow z odpadami trytowymi (**Czynność 1**),
- pomiary zawartości trytu w wodach gruntowych (piezometrach) wokół przechowalnika 19A (**Czynność 2**),
- pomiary zawartości trytu w wodach gruntowych (piezometrach) wokół zbiorników ścieków R1 i R2 (**Czynność 3**),
- pomiary całkowitej aktywności alfa, beta, strontu ( $^{90}\text{Sr}$ ), trytu oraz spektrometria gamma dla próbek wody z 2 zbiorników w przechowalniku 19A (**Czynność 4**),
- pobór i pomiar zawartości izotopów beta promieniotwórczych na filtry z układu wentylacji wyciągowej wyrzucającej powietrze z obiektu R1 oraz 19 A (**Czynność 5**),
- pobór powietrza na:  $^{222}\text{Ra}$ ,  $^{220}\text{Rn}$  i  $^{222}\text{Rn}$  (pomiary całkowite z wykorzystaniem detektorów śladów cząstek) – miejsce pomiaru: obiekt nr 93 i nr 19 (**Czynność 6**),
- pomiar powietrza na  $^{220}\text{Rn}$  i  $^{222}\text{Rn}$  (poprzez pomiar pochodnych Rn) w obiektach nr 93 i 19 (**Czynność 7**),
- pomiar aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr w instalacji wyparnej na całkowitą zawartość aktywności beta oraz spektrometrię gamma (**Czynność 8**)
- pomiar aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr w obiekcie nr 51 na całkowitą zawartość aktywności beta oraz spektrometrię gamma (**Czynność 9**),
- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr w przepompowni obiektu nr 35 na całkowitą zawartość aktywności beta oraz spektrometrię gamma (**Czynność 10**),



Rys. 2 i 3. Przyrządy do pomiarów pochodnych radonu: AlphaGuard (z lewej) i AlphaPm (z prawej)



Rys. 4. Miejsce poboru aerozoli atmosferycznych w instalacji wyparnej



Rys. 5. Pobór aerozoli atmosferycznych w przepompowni obiektu nr 35

- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr na hali obiektu 35 na spektrometrię gamma oraz całkowitą aktywność beta (Czynność 11),
- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr w zbiornikach przy instalacji osmozy na spektrometrię gamma oraz całkowitą aktywność beta (Czynność 12),
- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr na spektrometrię gamma oraz całkowitą aktywność beta – miejsca pomiaru: Zbiornik R3 poziom -9.0 m (Czynność 13),



Rys. 6. Pobór aerozoli atmosferycznych przy zbiorniku R3 na poziomie -9,0 m

- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr na spektrometrię gamma oraz całkowitą aktywność beta – miejsca pomiaru: Zbiornik R3 poziom 0 (Czynność 14),
- pobór i pomiary aerozoli atmosferycznych zasysanych na filtr w przepompowni obiektu 35B na spektrometrię gamma oraz całkowitą aktywność beta (Czynność 15).

Zamawiający nie wyraził zgody na jakiegokolwiek udostępnianie otrzymanych wyników przeprowadzonych pomiarów.

Praca była realizowana zgodnie z Umową nr 4/ZUOP/2020 z dnia 15 stycznia 2020 r. zawartą pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Zakładem Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych pt. „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna obiektów ZUOP w Otwocku-Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie. Część 1: Monitoring i ochrona radiologiczna ZUOP (Otwock-Świerk)“.

# Rozwój systemu zapewnienia jakości w akredytowanym Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu $^{226}\text{Ra}$ , toru $^{228}\text{Th}$ i potasu $^{40}\text{K}$

*O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój*

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację PCA w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu  $^{226}\text{Ra}$ , toru  $^{228}\text{Th}$  i potasu  $^{40}\text{K}$  w surowcach i materiałach budowlanych oraz odpadach przemysłowych służących do produkcji materiałów budowlanych od 19.11.2009 (numer certyfikatu AB1108).

W 2020 roku Laboratorium wykonało pomiary następujących próbek: mieszanina popiołowo-żużlowa, żużel, odpady paleniskowe, popioły lotne, kruszywo naturalne, kruszywo z recyklingu i kompozyt.

W ramach rozwoju systemu zapewnienia jakości w LPPN w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu wykonano następujące zadania: nadzór techniczny nad wyposażeniem i prowadzenie okresowych kalibracji spektrometrów, doskonalenie systemu zarządzania, przeprowadzanie audytów wewnętrznych, sprawowanie nadzoru przez PCA nad LPPN oraz podnoszenie kwalifikacji pracowników poprzez szkolenia zewnętrzne.

Nadzór techniczny obejmował działania zaplanowane w harmonogramie kontroli wyposażenia na 2020 rok.

W ramach okresowych sprawdzeń wykonano następujące czynności: codzienna kontrola temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu pomiarowym, sprawdzanie analizatora MAZAR-95 za pomocą objętościowych wzorców kalibracyjnych (K-056, Ra-056, Th-056, N-056) i próbek interkalibracyjnych (CLOR W3P5, popiół wzorcowy Koszyce) oraz pomiar tła dla analizatora (walec aluminiowy o masie 1600 g). Wykonano kalibrację analizatora MAZAR-95. Porównano także wyniki pomiarów z analizatora MAZAR-95 i ze spektrometru z detektorem półprzewodnikowym. Przeprowadzono kolejne próby kalibracji analizatora PI-MAZAR-01. Wykonano również sprawdzenie prawidłowości działania analizatora MAZAR-95 poprzez powtarzalność i odtwarzalność – dla wybranych próbek i personelu

laboratorium. Zewnętrzne laboratorium akredytowane wykonało wzorcowanie wag oraz wzorców masy.

W ramach doskonalenia zaktualizowano dokumentację systemu zarządzania, przeanalizowano ryzyka i szanse w odniesieniu do spostrzeżeń z wcześniejszych audytów, przygotowano się do dwóch audytów wewnętrznych, oceny PCA oraz przeglądu zarządzania. Pracownicy Laboratorium wzięli udział w szkoleniach wewnętrznych: współpraca z klientem, wdrażanie do użytku analizatora PI-MAZAR-01, zmiany w dokumentach zewnętrznych, wytwarzanie materiałów odniesienia oraz zmiany w systemie zarządzania. We wrześniu 2020 r. przeprowadzono przegląd zarządzania. LPPN zorganizowało interkalibrację dla laboratoriów mierzących promieniotwórczość naturalną surowców i materiałów budowlanych. Audyty wewnętrzne (systemowy i techniczny) odbyły się w grudniu 2020 r. Audytorzy pozytywnie ocenili utrzymanie systemu zarządzania LPPN opartego na normie PN - EN ISO/IEC 17025:2018-02. W raportach zamieścili jedno spostrzeżenie i kilka zaleceń. Laboratorium przeprowadziło analizę ryzyk i szans oraz odpowiednie działania.

11 września 2020 r. Polskie Centrum Akredytacji przeprowadziło ocenę w nadzorze w LPPN. Podczas audytu odnotowano trzy spostrzeżenia, w stosunku do których przeprowadzono analizę ryzyk i szans oraz stosowne działania. Audytorzy pozytywnie ocenili system zarządzania i pracę laboratorium. Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej utrzymało akredytację.

W ramach podnoszenia kwalifikacji personel laboratorium brał także udział w następujących szkoleniach zewnętrznych (on-line): „Nowe wydanie polityki DA-06. Znowelizowane wymagania dotyczące spójności pomiarowej wyników pomiarów.”, „Audit wewnętrzny systemu zarządzania wg PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, wg wytycznych PN-EN ISO 19011:2018-08” oraz „Personel

---

w laboratorium – od zatrudnienia po monitorowanie kompetencji personelu”.

Pomimo trudnej sytuacji związanej z pandemią pracownicy Laboratorium wzięli udział w szkoleniach, przeprowadzili badania próbek, wydawali sprawozdania z badań oraz w miarę możliwości osiągnęli cele ustalone na przeglądzie zarządzania.

Obecnie najważniejsze zadania dla LPPN to: utrzymanie akredytacji, dostosowanie dokumentacji systemu zarządzania i zakresu akredytacji do zmian w przepisach prawnych (RRM z dnia 17.12.2020 r., Dz. U. 2021, poz. 33), wdrożenie analizatora PI- MAZAR-01 do badania próbek oraz przeszkolenie nowego pracownika.

Temat dotyczący rozwoju systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu został sfinansowany przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

---

# Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2020

---

*B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, I. Kwiatkowska, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Do oceny surowców i materiałów budowlanych pod względem obecności stężenia promieniotwórczości stosuje się kryteria zamieszczone w Rozporządzeniu RM z dnia 2 stycznia 2007 r. (Dziennik Ustaw Nr 4 poz. 29) „w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu  $^{40}\text{K}$ , radu  $^{226}\text{Ra}$  i toru  $^{228}\text{Th}$  w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów”. Rozporządzenie to klasyfikuje możliwość zastosowania różnych surowców i materiałów budowlanych w różnych typach budownictwa poprzez określenie dwóch parametrów:

wskaźnika aktywności  $f_1$  - określa zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia całego ciała na promieniowanie gamma.

wskaźnik aktywności  $f_2$ , - określa zawartość radu  $^{226}\text{Ra}$  w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia nabłonka płuc na promieniowanie alfa emitowane przez produkty rozpadu radonu pobrane wraz z powietrzem przez układ oddechowy człowieka.

W 2020 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 48 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żuźlowe (26 próbek), żuźel (8 próbek), odpady paleniskowe (7 próbek) i pozostałe 7 próbek - różne.

Od 1980 roku do końca 2020 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 51244 próbek. W samym 2020 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1046 próbek, w tym:

- wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 88

- wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 781
- wyniki materiałów budowlanych: 177

W 2020 roku zarejestrowano większą liczbę przekroczeń wartości granicznych wyznaczanych wskaźników aktywności  $f_1 = 1,2$  lub  $f_2 = 240$  Bq/kg określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w porównaniu do roku ubiegłego. Przekroczenia odnotowano dla 33,8 % partii popiołów z produktami odsiarczania oraz 27,6 % partii popiołu lotnego.

Na rysunkach 1 - 4 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności  $f_1$  i  $f_2$  dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych (Rys. 1 - popioły, Rys. 2 - żuźle, Rys. 3 - cementy, Rys. 4 - ceramika budowlana) w latach 1980 - 2020.

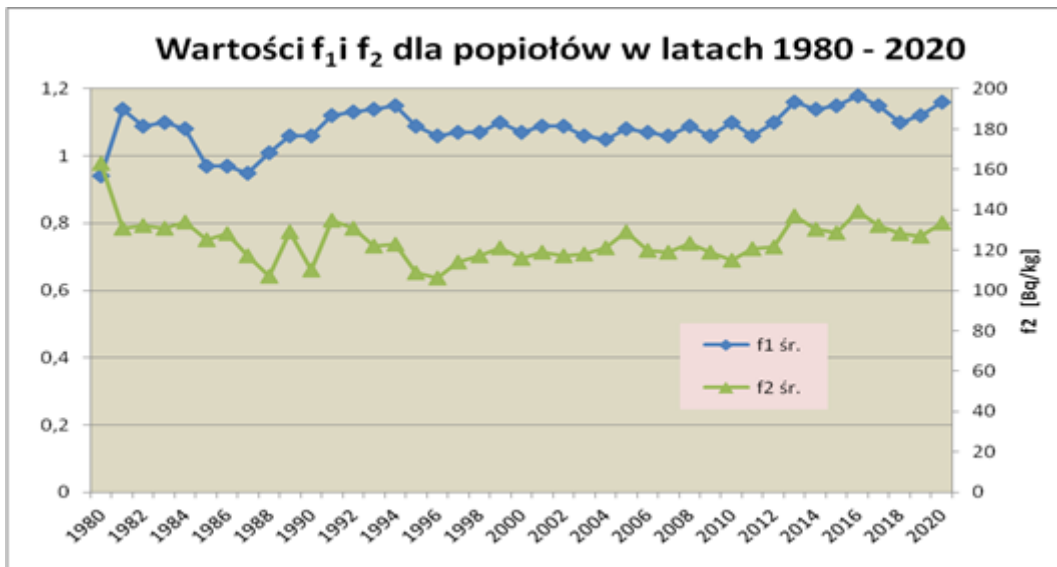
Analizując średnie wartości wskaźników aktywności  $f_1$  oraz  $f_2$  z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2020 należy stwierdzić, że:

- w 2020 r. odnotowano nieco wyższą wartość wskaźnika aktywności  $f_1$  i  $f_2$  dla popiołu lotnego, cementów i ceramiki budowlanej w porównaniu do 2019 r.

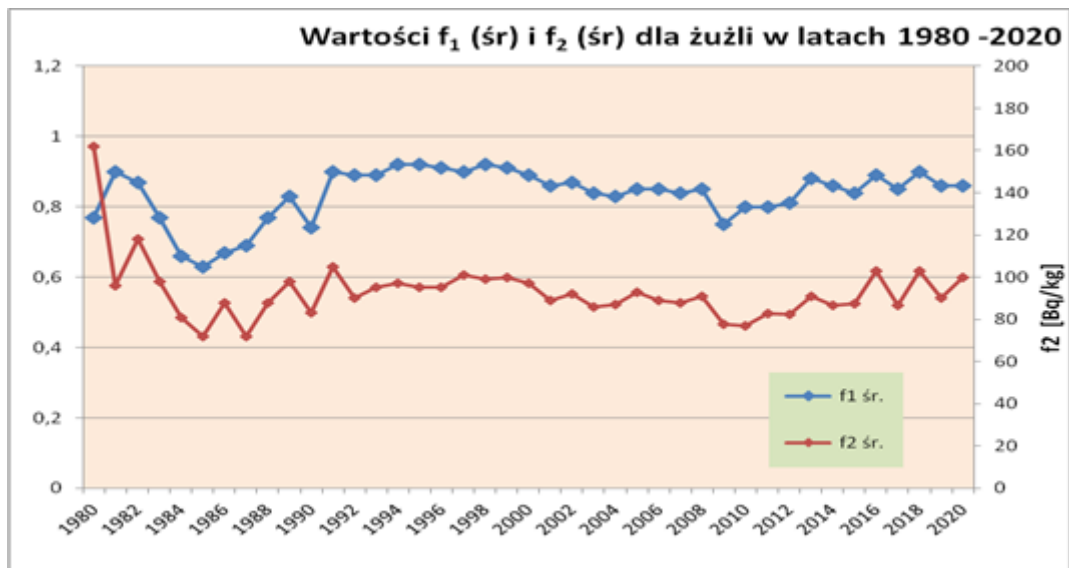
- w 2020 roku 100 % surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich).

- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego w 2020 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakteryzowały się popioły z produktami odsiarczania i popioły lotne.

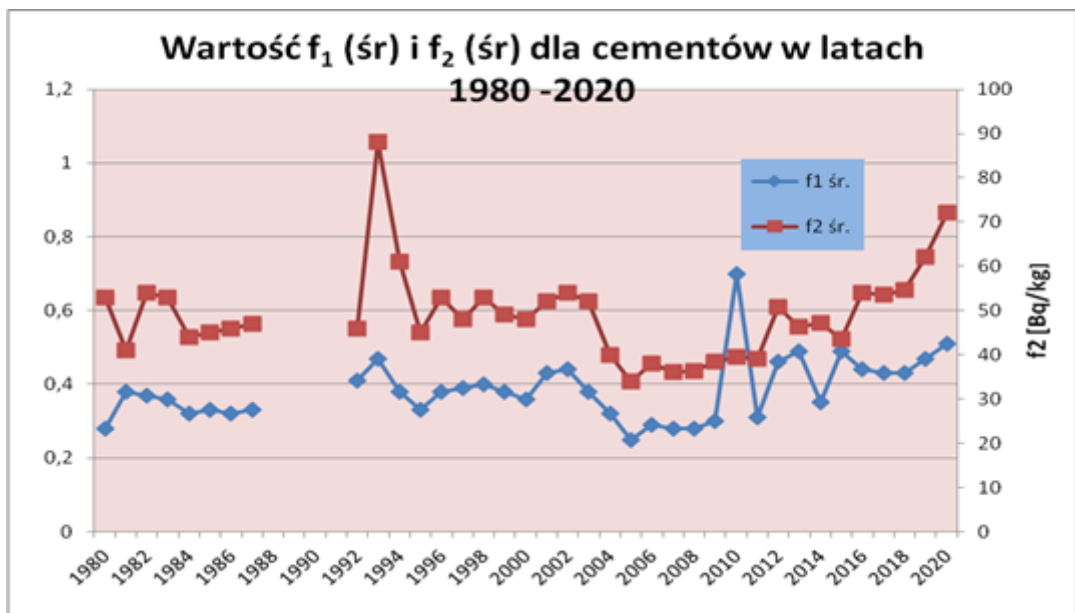
- z gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2020 roku 16,7 % płytek ceramicznych nie została dopuszczona do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.



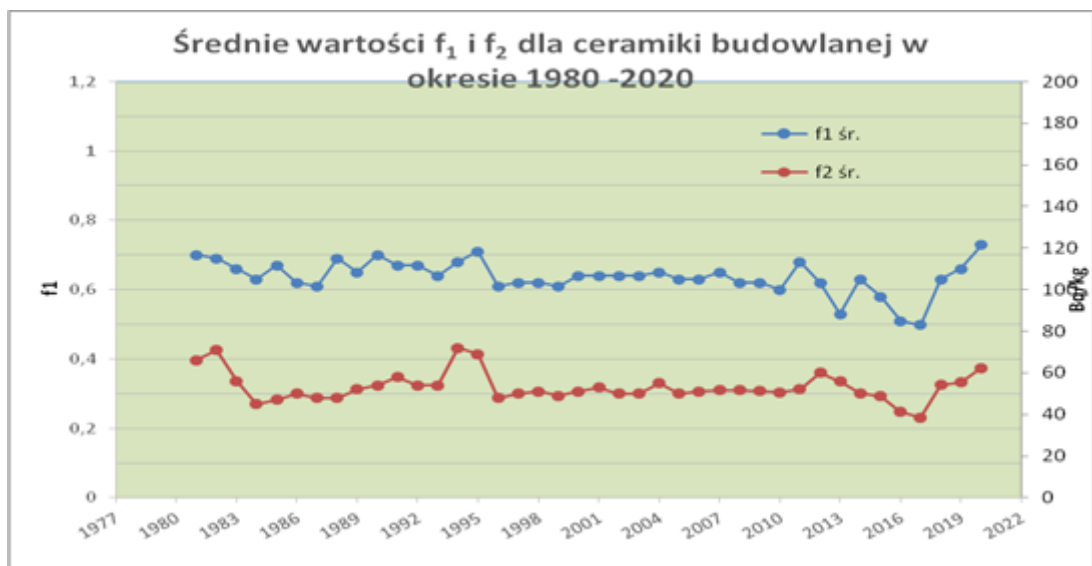
Rys. 1. Wartości średnie  $f_1$  i  $f_2$  dla popiołów w latach 1980 -2020



Rys. 2. Wartości średnie  $f_1$  i  $f_2$  dla żużli w latach 1980 -2020



Rys. 3. Wartości średnie  $f_1$  i  $f_2$  dla cementów w latach 1980 -2020



Rys. 4. Wartości średnie  $f_1$  i  $f_2$  dla ceramiki budowlanej w latach 1980 -2020



# Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek flory

*O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój*

Celem pracy finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego była ocena sytuacji radiacyjnej Świętokrzyskiego Parku Narodowego na podstawie badań radiologicznych próbek flory pobranej z terenu ŚPN. W próbkach flory oznaczono spektrometrycznie stężenia radionuklidów naturalnych (potas  $^{40}\text{K}$ , rad  $^{226}\text{Ra}$  i aktyn  $^{228}\text{Ac}$ ) oraz stężenie radionuklidu pochodzenia sztucznego – cezu  $^{137}\text{Cs}$ , będącego pozostałością po awarii Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu w 1986 r. Ocena sytuacji radiacyjnej Świętokrzyskiego Parku Narodowego polegała na oszacowaniu na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych rocznej dawki efektywnej, czyli narażenia na promieniowanie jonizujące pracowników ŚPN, okolicznych mieszkańców oraz turystów. Ponadto uzyskane rezultaty porównano z wartościami średnimi stężeń radionuklidów w próbkach gleby pobranych w tych samych punktach w 2019 r. oraz z wynikami dla próbek roślin pobranych w poprzednich latach w Kampinoskim Parku Narodowym i Poleskim Parku Narodowym.

W ramach realizowanego tematu pobrano 21 próbek flory z terenu Świętokrzyskiego Parku Narodowego, zgodnie z ustaleniami pomiędzy pracownikami ŚPN i CLOR. Próbki pochodziły z następujących miejsc: Chełmowa Góra, Chełmowa Góra – Leśniczówka, Dąbrowa - Serwis, Święty Krzyż - Jałowa Łąka, Święty Krzyż – szczyt, Huta Szklana, Dalianka, Kakonin, Święta Katarzyna (szlak na Łysicę), Święta Katarzyna (szlak do Bodzentyna), Św. Katarzyna (szlak do Bodzentyna - Łąki Miłości), Miejska Góra, Czarna Woda, Hucisko, Berdyszów, Wojciechów, Psary – Kąty, Bukowa Góra, Psary (d.Centrum Usług Satelitarnych), Wilków i Wola Szczygiełkowa.

Próbki roślin (głównie trawy) pobrano za pomocą nożyc do trawy, umieszczono w workach i opisano (miejsce i data poboru). Następnie próbki przewieziono do Zakładu Dozymetrii CLOR w celu przygotowania do pomiarów spektrometrycznych.

Przygotowanie próbek flory do pomiaru w laboratorium odbywało się w następujących etapach: suszenie w temperaturze pokojowej, rozdrobnienie w młynie, wyznaczenie masy całkowitej, przesypanie do pojemników pomiarowych ( $V=0,45\text{ dm}^3$ ), wyznaczenie masy suchej, dolewanie wody destylowanej w celu osiągnięcia gęstości próbki zbliżonej do gęstości wody, szczelne zamknięcie oraz opisanie pojemników.

Przygotowane w powyższy sposób próbki flory zostały zmierzone metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiar wykonano na torze spektrometrycznym z wykorzystaniem detektora koaksjalnego HPGe o wydajności 25% i rozdzielczości 1,8 keV dla  $^{60}\text{Co}$  ( $E=1,33\text{ MeV}$ ). Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000s.

Po zakończeniu pomiarów przeanalizowano otrzymane widma. Następnie opracowano wyniki pomiarów stężenia radionuklidów naturalnych -  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ac}$  i pochodzenia sztucznego –  $^{137}\text{Cs}$  w próbkach flory oraz oszacowano roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Wartości stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w próbkach flory pobranej na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego mieszczą się w zakresie od  $<0,18\text{ Bqkg}^{-1}$  (Św. Katarzyna - szlak do Bodzentyna - Łąki Miłości)

do  $1,35 \pm 0,14\text{ Bqkg}^{-1}$  (Wojciechów). Wartość średnia stężenia  $^{137}\text{Cs}$  w próbkach roślin pochodzących z obszaru ŚPN wynosi  $0,45 \pm 0,08\text{ Bqkg}^{-1}$ .

Wartość średnia stężenia  $^{226}\text{Ra}$  w próbkach flory to  $3,4 \pm 0,1\text{ Bqkg}^{-1}$  (zakres:  $<2,4 \div <4,4\text{ Bqkg}^{-1}$ ). Dla  $^{228}\text{Ac}$  wartość średnia stężenia to  $1,2 \pm 0,1\text{ Bqkg}^{-1}$  (zakres:  $<0,6 \div 2,5\text{ Bqkg}^{-1}$ ). Natomiast wartość średnia stężenia  $^{40}\text{K}$  w próbkach flory wynosi  $720 \pm 43\text{ Bqkg}^{-1}$  (zakres:  $449 \div 1118\text{ Bqkg}^{-1}$ ).

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w próbkach flory pobranych z terenu ŚPN

---

wynosi 0,44 mSv (Hucisko i Psary d. CUS), co stanowi ok.19% tła naturalnego.

Dodając maksymalną roczną dawkę efektywną, oszacowaną na podstawie wyników pomiarów dla próbek gleby pobranych w 2019 r. (0,49 mSv) otrzymujemy maksymalną roczną dawkę efektywną równą 0,93 mSv, czyli ok.39% tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski.

Opracowane wyniki pomiarów spektrometrycznych próbek flory posłużyły do oceny sytuacji radiacyjnej na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Ponadto otrzymane wyniki porównano z wartościami średnimi stężeń radionuklidów dla próbek gleby pobranych w tych samych punktach w 2019 r. oraz dla próbek roślin pobranych w Kampinoskim Parku Narodowym (2018) i Poleskim Parku Narodowym (2019).

Wartość średnia stężenia  $^{137}\text{Cs}$  dla próbek flory z terenu Świętokrzyskiego Parku Narodowego jest niższa niż dla próbek gleby ( $8,31 \pm 1,38 \text{ Bqkg}^{-1}$ ), a także dla próbek flory z Kampinoskiego Parku Narodowego ( $4,63 \pm 0,91 \text{ Bqkg}^{-1}$ ) i Poleskiego Parku Narodowego ( $2,81 \pm 3,57 \text{ Bqkg}^{-1}$ ). Oszacowano, że niewielka ilość  $^{137}\text{Cs}$  przenika z gleby do roślin. Wartość średnia stężenia  $^{40}\text{K}$  w próbkach flory jest

wyższa niż dla próbek pochodzących z pozostałych Parków Narodowych oraz dla próbek gleby pobranych na terenie ŚPN. Wartości średnie stężeń  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ac}$  w próbkach roślin są na niskim poziomie, zbliżonym do wartości średnich otrzymanych dla próbek flory pobranych na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego i Poleskiego Parku Narodowego oraz niższe niż dla próbek gleby pochodzących z terenu ŚPN. Podsumowując, na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że przebywanie ludzi na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego jest bezpieczne z punktu widzenia ochrony radiologicznej.

---

# Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2020

---

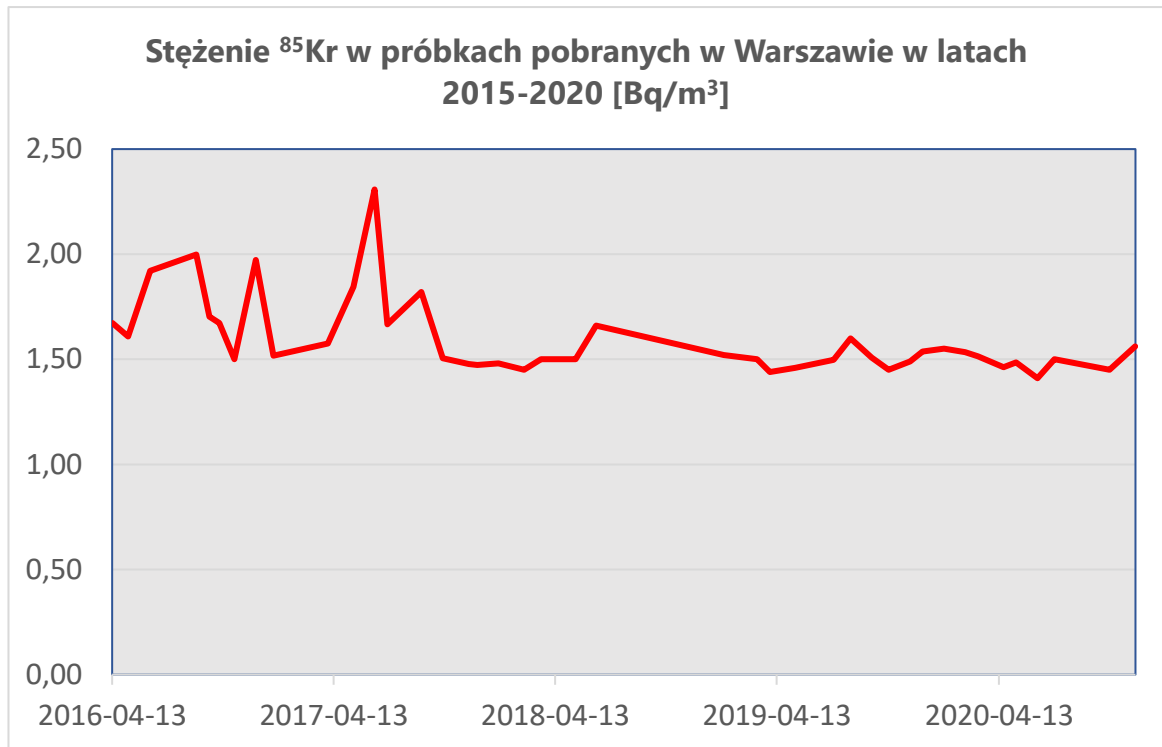
*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Jedyna w Polsce stacja do poboru gazów szlachetnych z powietrza atmosferycznego jest przewoźnym urządzeniem. W celu uchronienia przepływomierza i zaworu przed zanieczyszczeniem kurzem, powietrze jest pompowane przez filtr z waty bawełnianej. Jest on zespolony z kolumną, w której znajduje się silikat-żel. Jego zadaniem jest absorpcja wody zawartej w pobieranym powietrzu. Następnie powietrze wchodzi do adsorbentu zanurzonego w naczyniu Dewara, w którym znajduje się ciekły azot (temperatura 77K/-196°C). W kolumnie z adsorbentem panuje podciśnienie (poniżej 0,5 bar), które zapobiega skraplaniu się azotu i tlenu. Wartość przepływu powinna wynosić ok. 60 litrów/min. (maksymalnie do 70-75 l/min.). Po poborze gazów szlachetnych na adsorbent, należy je przetransferować do naczyń transportowo- pomiarowych. Aby dokonać transferu gazów szlachetnych należy umieścić kolumnę z adsorbentem w specjalnym piecu. Adsorbent jest wygrzewany przez około 1 godzinę w temperaturze ok. 300 °C. Poprzez wymywanie adsorbentu gazami obojętnymi (azot lub hel) następuje transfer gazów szlachetnych z adsorbentu do pojemników MINICAN, które należy napełnić do ciśnienia 4 bary. Następnie wypełniony MINICAN jest wysyłany do Instytutu BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) we Freiburgu (Niemcy). Tam jest mierzona jego zawartość z wykorzystaniem chromatografu gazowego. Następnie do CLOR zostają przesłane wyniki pomiarów. W 2020 roku została zawarta umowa pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym

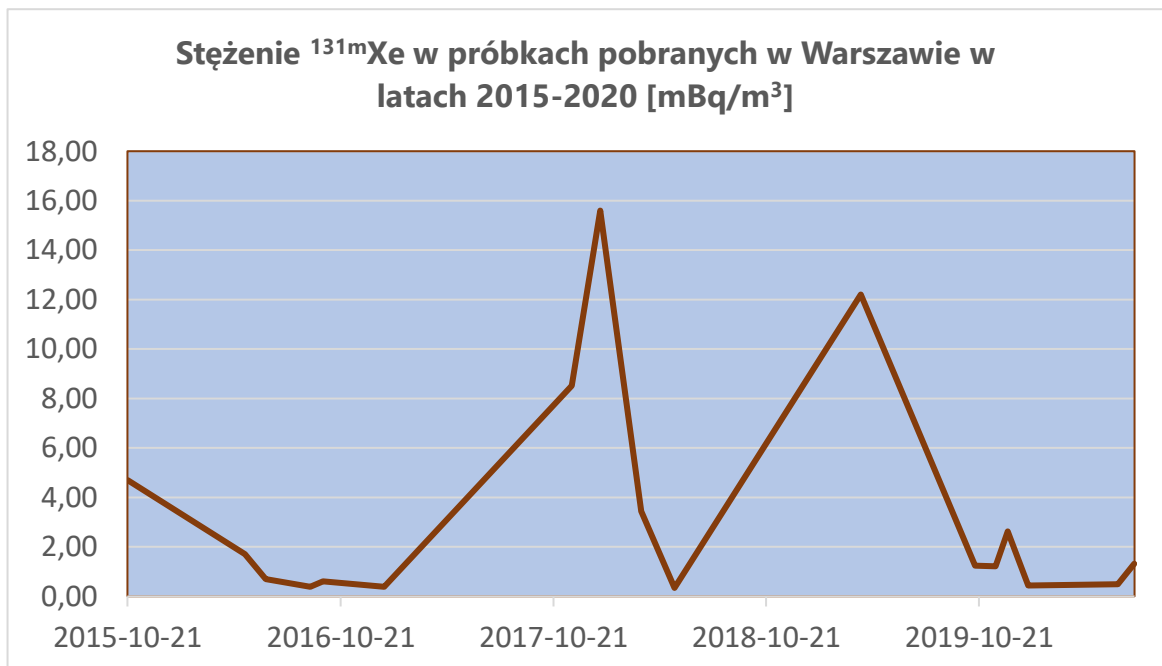
Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Przedmiotem Umowy było wykonanie usługi polegającej na pomiarach wielkości uwolnień substancji promieniotwórczych do powietrza w okolicy obiektu jądrowego w Świerku. Pobory jednodniowe odbyły się w czerwcu i sierpniu 2020 roku. Stacja do poboru gazów szlachetnych została ustawiona w miejscu, w kierunku którego w początkowej fazie poboru wiał wiatr od strony komina reaktora. Jednak dla w pełni miarodajnego określenia stężenia kryptonu <sup>85</sup>Kr wymagany jest tygodniowy pobór powietrza, albo pobór krótszy (ale nie mniej niż 5 dni) z większym przepływem (zwiększonym do wartości 0,060 – 0,075 m<sup>3</sup>/h). Datę poboru promieniotwórczych gazów szlachetnych wybrano na podstawie znajomości terminu pracy reaktora MARIA w tzw. „cyklu molibdenowym”, czyli pracy reaktora na jego podwyższonej mocy.

Pobory w Warszawie w Zakładzie Dozymetrii były finansowane ze środków własnych instytutu. Pobory prowadzono przez tydzień każdego miesiąca w roku.

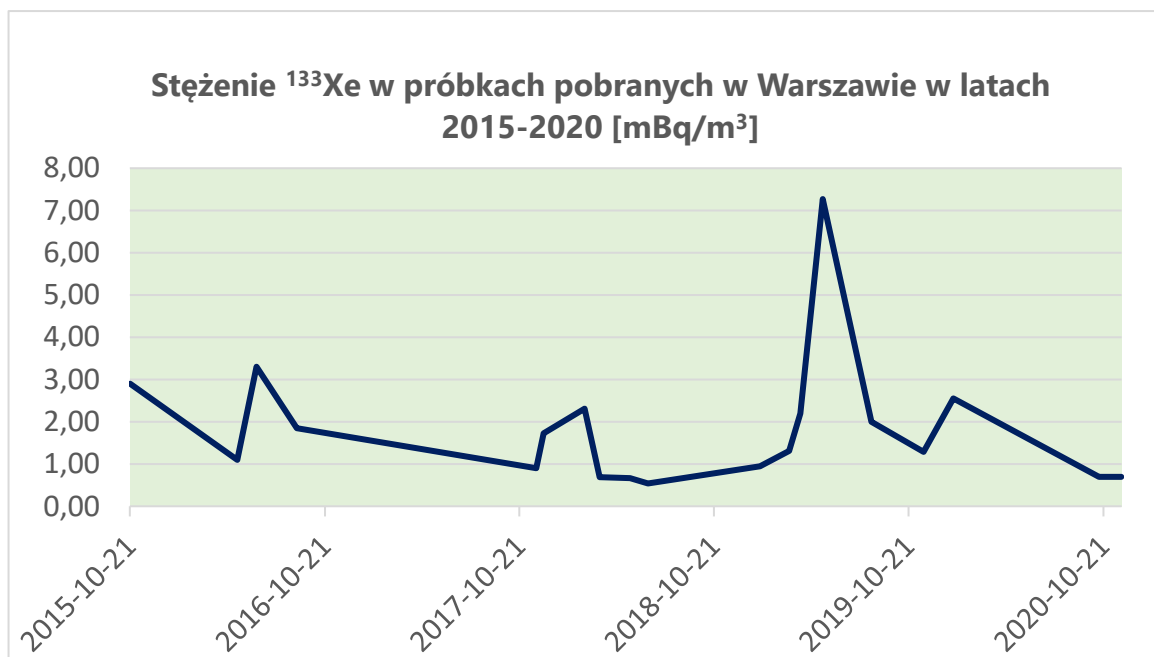
Na podstawie poborów dokonanych w 2020 roku podwykonawcy w BfS Freiburg (Niemcy) udało się określić stężenia kryptonu <sup>85</sup>Kr. W skali roku wartość średnia stężenia wynosiła 1,44 Bq/m<sup>3</sup>, przy średnim progu detekcji wynoszącym 0,01 Bq/m<sup>3</sup>. Wg informacji, jaką otrzymaliśmy od Niemców, wartość ta jest na poziomie tła panującego w Europie Środkowej wynoszącego ok. 1,5 Bq/m<sup>3</sup>. Poniżej w formie wykresów przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów w Warszawie w latach 2015-2020.



Rys 1. Stężenie  $^{85}\text{Kr}$  w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2020



Rys 2. Stężenie  $^{131\text{m}}\text{Xe}$  w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2020.



Rys. 3. Stężenie  $^{133}\text{Xe}$  w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2020.

---

# Zorganizowanie i przeprowadzenie pomiarów porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych dla jednostek organizacyjnych prowadzących takie pomiary

---

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Pomiary porównawcze zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych zostały przeprowadzone na zlecenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) na podstawie umowy nr 22/OR/2020/183 z dnia 28 października 2020 roku, zawartej pomiędzy CLOR i PAA. Podstawą zorganizowania pomiarów porównawczych jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 roku § 5 pkt 4.

Przeprowadzenie pomiarów porównawczych wykonano w dwóch etapach. Zakres pracy I etapu obejmował:

- Nawiązanie kontaktu z laboratoriami dopuszczonymi do pomiarów porównawczych przez Prezesa PAA, zgodnie z dostarczoną przez PAA listą laboratoriów
- Pozyskanie materiału na próbki do pomiarów porównawczych.
- Przygotowanie próbek do pomiarów porównawczych, w tym próbek do pomiarów kontrolnych jednorodności materiału, oraz ich dystrybucja do laboratoriów według listy, o której mowa w pkt 1. Wykonanie pomiarów kontrolnych przynajmniej dwóch próbek.
- Opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania z wykonania prac, o których mowa w pkt 1-3 wraz z ich opisem, metodykami pomiarowymi stosowanymi przez laboratoria i wynikami badań kontrolnych, o których mowa w pkt 3.

Zakres pracy II etapu:

- Zebranie wyników pomiarów od wszystkich uczestników pomiarów porównawczych i nadanie numeru kodowego uczestniczącym laboratoriom;

- Sporządzenie zestawienia, dokonanie analizy i oceny nadesłanych wyników pomiarów;

- Opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania końcowego obejmującego w szczególności:

- Opis technik przygotowania materiałów wyjściowych, próbek referencyjnych i kontrolnych oraz wyniki pomiarów tych materiałów i próbek;

- Zestawienie wyników pomiarowych uzyskanych z laboratoriów; analizę statystyczną wyników; ocenę dokładności i precyzji pomiarów; wykaz placówek uczestniczących w pomiarach.

Do badań interkalibracyjnych zgłosiły się 4 laboratoria. Jako materiał porównawczy wybrano popiół paleniskowy pochodzący z elektrofiltrów Elektrociepłowni Kawęczyn. Do badań zużyto około 50 kg popiołu paleniskowego. Uzyskano różnicę niejednorodności gotowych próbek na poziomie 2,5 %. Stwierdzono, że spośród uczestników, które nadesłały wyniki, laboratoria wykonują badania:

- przy użyciu analizatorów typu MAZAR z sondą NaJ(Tl) 2x2”;
- z wykorzystaniem spektrometru z detektorem HPGe;

Do realizacji II etapu pracy:

- wyniki z pomiarów rutynowych otrzymano z wszystkich laboratoriów (pomiar w czasie standardowym);
- wyniki z pomiarów o wydłużonym czasie otrzymano również z wszystkich laboratoriów;

- ocenie poddawane zostały wyniki z obydwu serii i dotyczyły stężeń izotopów potasu  $^{40}\text{K}$ , radu  $^{226}\text{Ra}$ , toru  $^{228}\text{Th}$ , oraz wskaźników aktywności  $f_1$  i  $f_2$ . Za wartości odniesienia przyjęto wartości średnie wyznaczone z wyników nadesłanych przez laboratoria. W celu eliminacji błędu grubego posłużono się testem Q-Dixona.

I tak:

- A. dla standardowego czasu pomiaru:
- stężenie potasu:  $782,45 \pm 60,32$  Bq/kg
  - stężenie radu:  $111,35 \pm 3,65$  Bq/kg;
  - stężenie toru:  $86,82 \pm 4,00$  Bq/kg;
  - wartość wskaźnika aktywności  $f_1$ :  $1,06 \pm 0,05$ ;
  - wartość wskaźnika aktywności  $f_2$ :  $111,35 \pm 3,65$  Bq/kg;
- B. dla wydłużonego czasu pomiaru:
- stężenie potasu:  $786,35 \pm 46,62$  Bq/kg;
  - stężenie radu:  $110,28 \pm 7,50$  Bq/kg;
  - stężenie toru:  $86,79 \pm 3,52$  Bq/kg;
  - wartość wskaźnika aktywności  $f_1$ :  $1,06 \pm 0,05$ ;
  - wartość wskaźnika aktywności  $f_2$ :  $110,28 \pm 7,50$  Bq/kg;

Kryteria oceny biegłości laboratoriów opierają się w zasadzie na analizie odchyień wyników z laboratorium w przeliczeniu na przyjęte odchylenie standardowe od wartości referencyjnej (tutaj wartości średniej). Wyniki poddano analizie statystycznej stosując test Z, jak również procedury zalecane przez MAEA. Parametr Z obliczono ze wzoru:

$$Z = \frac{(\text{wynik lab.} - \text{wartość ref.})}{\delta}$$

gdzie:  $\delta$  – wartość odchylenia standardowego (po odrzuceniu wyników wątpliwych).

Znajomość parametru Z pozwala ocenić dokładność wyników na tle całej ich populacji, przy czym dla oceny biegłości laboratorium przyjęto jak następuje:

- $|Z| < 2$  - wynik zadowolający,
- $2 < |Z| < 3$  - wynik wątpliwy, ale do przyjęcia,

$|Z| > 3$  - wynik niezadowolający, uzasadniający podjęcie działań naprawczych.

Ocena wyników laboratoriów wykonana za pomocą testów zalecanych przez MAEA pozwala na określenie oceny dokładności i precyzji wyników. Przyjęto poniższe kryteria:

Dokładność wyniku jest zadowolająca jeśli:

$$|\text{wynik lab.} - \text{wartość ref.}| \leq 2,58 \cdot \sqrt{U_{ref}^2 + U_{lab}^2}$$

Precyzja wyniku jest zadowolająca jeśli wartość:

$$\sqrt{\left(\frac{U_{ref}}{\text{wartość ref.}}\right)^2 + \left(\frac{U_{lab}}{\text{wynik lab.}}\right)^2} \cdot 100\%$$

jest mniejsza lub równa 16% w przypadku  $f_1$  oraz 25% w przypadku  $f_2$ . U oznacza niepewność pomiaru.

Dla czasu standardowego, w przypadku wskaźnika aktywności  $f_1$  wszystkie laboratoria podały wynik, który jest zadowolający (test Z). Dokładność wyników wszystkich laboratoriów jest zadowolająca. W przypadku wskaźnika aktywności  $f_2$  wszystkie laboratoria podały wynik zadowolający (parametr  $|Z| < 2$ ). Wszystkie laboratoria podały wartość wskaźnika aktywności  $f_2$  z zadowolającą dokładnością. Kryterium precyzji wyników zostało spełnione w przypadku wszystkich laboratoriów.

Dla czasu wydłużonego wszystkie laboratoria osiągnęły zadowolające wyniki w teście Z. Status dokładności dla wszystkich laboratoriów jest zadowolający. Precyzja wszystkich wyników wskaźnika aktywności  $f_1$  jest na zadowolającym poziomie. Przy określaniu wskaźnika aktywności  $f_2$  wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowolający. Jeśli chodzi o dokładność wyników wskaźnika aktywności  $f_2$ , to wszystkie laboratoria spełniły podane powyżej kryterium, czyli podały wynik, który może być traktowany jako zadowolający. Kryterium precyzji spełniły wszystkie laboratoria.

Dla laboratoriów posiadających akredytację istotną jest analiza rezultatów wymagana przez Polskie Centrum Akredytacji. Analiza została opisana w pracy Pana Ryszarda Malesy, pt. „Porównania międzylaboratoryjne w akredytowanych laboratoriach wzorcujących – wymagania Polskiego Centrum Akredytacji” (Materiały konferencji

---

naukowo-technicznej PPM'05). Wzór dla wyliczenia wartości  $E_n$  dla laboratorium:

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

gdzie:

$x_{lab}$  - wynik uzyskany w laboratorium,

$x_{ref}$  - wynik uzyskany w laboratorium odniesienia (w przypadku niniejszej interkalibracji jako wartość odniesienia przyjęto wartość średnią mierzonej wielkości

$U_{lab}$  - niepewność wyniku pomiaru w laboratorium

$U_{ref}$  - niepewność wyniku pomiaru w laboratorium odniesienia (niepewność wartości średniej).

Jeżeli  $|E_n| > 1$  dla jakiegokolwiek wyniku, ogólna ocena wyniku porównania jest negatywna.

Dla czasu standardowego na podstawie testu  $E_n$  dla współczynnika  $f_1$ , negatywnej oceny wyników przeprowadzonego porównania międzylaboratoryjnego nie otrzymało żadne laboratorium. Dla czasu wydłużonego na podstawie testu  $E_n$ , dla współczynnika  $f_1$ , negatywnej oceny wyników przeprowadzonych w ramach porównania międzylaboratoryjnego nie otrzymało żadne laboratorium.



---

# Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Narwiańskiego Parku Narodowego (NPN) na podstawie badania próbek gleby

---

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, A., M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Praca była finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jej celem była ocena sytuacji radiacyjnej Narwiańskiego Parku Narodowego na podstawie badań radiologicznych próbek gleby pobranej z terenu NPN. W próbkach gleby mierzono stężenia radionuklidów naturalnych i sztucznych. Z spośród radionuklidów pochodzenia naturalnego badano: stężenie potasu  $^{40}\text{K}$ , radu  $^{226}\text{Ra}$  i aktynu  $^{228}\text{Ac}$ . Radionuklidem pochodzenia sztucznego, którego stężenie podlegało ocenie był cez  $^{137}\text{Cs}$ . Jego obecność w środowisku jest pozostałością po awarii EJ w Czarnobylu w 1986 r. W przypadku cezu obliczono również depozycję  $^{137}\text{Cs}$  (stężenie powierzchniowe). Ocena sytuacji radiacyjnej Narwiańskiego Parku Narodowego polegała na oszacowaniu narażenia na promieniowanie jonizujące (oszacowanie rocznej dawki efektywnej) na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów obecnych w glebie dla osób przebywających na terenie NPN oraz okolicznej ludności.

W ramach realizowanego tematu pobrano 24 próbki gleby z terenu Narwiańskiego Parku Narodowego. Obszar Parku obejmuje powierzchnię 7350 ha i otulinę o powierzchni wraz z otuliną 22758 ha wg Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 1 lipca 1996 r. w sprawie utworzenia Narwiańskiego Parku Narodowego. Starano się dobrać równomierne rozmieszczenie punktów poboru próbek. Większość punktów znajdowała się w miejscach dostępnych, blisko charakterystycznych miejsc lub szlaków turystycznych.

Miejsca poboru próbek gleby to: Suraz Krzyż, Łapy Szolajdy, Łapy Wieża, Widokowa, Płonka Strumianka, Bokiny, Wólka Waniewska, Waniewo, Pszczółczyn, Pajewo, Radule, Rzędziany, Pańki, Kruszewo, Śliwno, Izbiszczce, Topielec Kolonia, Zawady, Baciuty, Turośnianka, Bojary, Uhowo-Narew, Uhowo-Kapliczka, Borowskie Żaki, Suraz-Kowale.

Pobór próbek odbywał się zgodnie z metodyką stosowaną przez CLOR na potrzeby monitoringu radiologicznego gleby w Polsce. Próbkę pobrano z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 [cm]). W tym celu wykorzystywano metalowe wykrojniki w kształcie cylindra o średnicy  $d \approx 7$  [cm]. W każdym punkcie pobrano 7 porcji gleby: 1 ze środka i 6 z obwodu koła o średnicy 2 [m] równo oddalonych od siebie (tworząc sześciokąt foremny). Następnie porcje były zsypywane do jednego worka dla każdego punktu poboru. Worki były opisywane przewiezione do Zakładu Dozymetrii CLOR.

Próbki gleby do pomiaru w laboratorium przygotowano etapowo. Pierwszym etapem było wysypanie gleby na blachy oraz usunięcie fragmentów roślin i korzeni. Następnie glebę rozdrabniano i opisywano. Kolejnym etapem było suszenie w suszarce w temperaturze około 105 [°C]. Wysuszoną próbkę studzono, określano masę całkowitą i rozdrobnioną glebę przesypano do pojemników Marinelli ( $V=0,5$  [dm<sup>3</sup>]). Ostatni etap polegał na określeniu masy próbki w pojemniku, szczelnym jego zamknięciu oraz opisaniu pojemnika z glebą.

Dla próbek gleby przygotowanych w powyższy sposób przeprowadzono pomiary metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiarów dokonano z wykorzystaniem toru spektrometrycznego współpracującego z germanowym detektorem półprzewodnikowym (HPGe) o wydajności 25%, rozdzielczości 1,8 [keV] dla II linii  $^{60}\text{Co}$  ( $E=1332$  [keV]) i  $U_p=4000$  V. Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 [s]. Po zakończeniu serii pomiarów dokonano analizy raportów z badań z wynikami. Następnie dokonano analizy statystycznej i opracowania wyników stężenia radionuklidów naturalnych  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ac}$  i pochodzenia sztucznego –  $^{137}\text{Cs}$  w glebie a także obliczono depozycję cezu i roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie PPN.

Wartości depozycji  $^{137}\text{Cs}$  w glebie (obliczonej na podstawie wyników pomiarów stężeń) mieszczą się w zakresie od 0,44 [kBq $\text{m}^{-2}$ ] (Izbiszczce) do 2,61 [kBq $\text{m}^{-2}$ ] (Waniewo). Wartość średnia depozycji  $^{137}\text{Cs}$  w glebie NPN wynosi  $1,20 \pm 0,03$  [kBq $\text{m}^{-2}$ ]. Dla porównania wartość średnia depozycji  $^{137}\text{Cs}$  w glebie wynosi dla Polski  $1,35 \pm 0,10$  [kBq $\text{m}^{-2}$ ] (zakres: 0,19 - 13,35 [kBq $\text{m}^{-2}$ ]) i dla woj. podlaskiego  $0,95 \pm 0,21$  [kBq $\text{m}^{-2}$ ] (zakres: 0,33 - 6,25 [kBq $\text{m}^{-2}$ ]). Wartość średnia stężenia  $^{226}\text{Ra}$  w glebie to  $7,67 \pm 0,60$  [Bqkg $^{-1}$ ] (zakres: 4,16 - 11,42 [Bqkg $^{-1}$ ]). Dla porównania wartość średnia stężenia  $^{226}\text{Ra}$  w glebie wynosi dla Polski  $28,80 \pm 1,20$  [Bqkg $^{-1}$ ], dla woj. podlaskiego  $21,40 \pm 2,30$  [Bqkg $^{-1}$ ], a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim  $9,2 \pm 2,0$  [Bqkg $^{-1}$ ]. Dla  $^{228}\text{Ac}$  wartość średnia stężenia w glebie NPN to  $6,12 \pm 0,30$  [Bqkg $^{-1}$ ] (zakres: 3,39 - 8,33 [Bqkg $^{-1}$ ]). Dla porównania wartość średnia stężenia  $^{228}\text{Ac}$  w glebie wynosi dla Polski  $23,90 \pm 0,90$  [Bqkg $^{-1}$ ], dla woj. podlaskiego  $19,20 \pm 2,90$  [Bqkg $^{-1}$ ], a dla miejscowości nadmorskich  $6,9 \pm 1,1$  [Bqkg $^{-1}$ ]. Natomiast wartość średnia stężenia  $^{40}\text{K}$  w glebie NPN wynosi  $199 \pm 8$  [Bqkg $^{-1}$ ] (zakres: 158 - 243 [Bqkg $^{-1}$ ]). Dla porównania wartość średnia stężenia  $^{40}\text{K}$  w glebie wynosi dla Polski  $430 \pm 10$  [Bqkg $^{-1}$ ], dla woj. podlaskiego  $472 \pm 73$  [Bqkg $^{-1}$ ], a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim  $224 \pm 23$  [Bqkg $^{-1}$ ]. Analiza wyników badań posłużyła do oceny sytuacji radiacyjnej Narwiańskiego Parku Narodowego, którym gleba uprzednio nie była badana pod tym kątem obecności radionuklidów. Otrzymane wyniki porównano z wynikami pomiarów stężeń radionuklidów w glebie uzyskanymi w ramach prac Zakładu Dozymetrii CLOR finansowanych przez GIOŚ.

Wartości średnie stężeń radu, aktynu i potasu oraz depozycji  $^{137}\text{Cs}$  dla Poleskiego Parku Narodowego są porównywalne do wartości średnich dla Polski. Na badanym obszarze NPN nie da się określić rejonów o większym lub mniejszym wpływie antropogenicznych czy naturalnych radionuklidów, ponieważ ich stężenia są na zbliżonym do siebie i dość niskim poziomie.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w glebie PPN wynosi 0,18 [mSv] (Suraż - Kowale), co stanowi 7,5% tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski.

Licząc na dalszą owocną współpracę z Dyrekcją Narwiańskiego Parku Narodowego autorzy artykułu chcieliby w okresie letnim 2021 roku pobrać próbki flory w NPN (w punktach terytorialnie zbliżonych do punktów poboru gleby). Następnie w tych próbkach zostaną wykonane pomiary stężeń radionuklidów naturalnych i antropogenicznych metodą spektrometrii gamma w celu dalszej oceny sytuacji radiacyjnej w Narwiańskim Parku Narodowym.

Monitoring Promieniowania Jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Zadanie 3: Monitoring stężeń  $^{137}\text{Cs}$  w glebie, Raport roczny z trzeciego etapu pracy, K. Isajenko, M. Kardaś, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, CLOR, Warszawa, luty-marzec 2018

Ochrona radiologiczna. Wielkości, jednostki i obliczenia. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 2018

Fizyczne podstawy ochrony radiologicznej. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 1992

Dozymetria i ochrona przed promieniowaniem. R.G. Jaeger. PWN, Warszawa 1962

# Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku

*B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, A. Fulara, A. Matysiak, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie w 2020 roku skupiła się na badaniach próbek wody źródlanej, wody gruntowej, trawy, gleby i aerozoli powietrza oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki. Natomiast ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku w 2020 roku skupiła się na badaniach próbek wody z rzeki Świder, wody studziennej, wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku, gleby, trawy, aerozoli powietrza, jodu w postaci gazowej, gazów szlachetnych oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki.

W otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie

W pomiarach wstępnych promieniowania gamma wody źródlanej zarejestrowano jedynie w dwóch próbkach Z-2 i Z-3 śladową ilość potasu  $^{40}\text{K}$  o zawartości powyżej  $0,1 \text{ Bq/dm}^3$  oraz cezu  $^{137}\text{Cs}$ , dla którego wartość maksymalna stężenia to  $7,9 \pm 0,8 \text{ mBq/dm}^3$  (w próbce Z-2).

We wszystkich trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano nieco powyżej dolnej granicy wykrywalności; najwięcej trytu zarejestrowano w próbce Z-1, dla której stężenie wynosiło  $4,0 \pm 0,6 \text{ Bq/dm}^3$ .

Największą zawartość sumy cezów  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{137}\text{Cs}$ , wynoszącą  $4,12 \pm 0,46 \text{ mBq/dm}^3$ , zarejestrowano w próbce wody źródlanej oznaczonej jako Z-2.

Stężenie aktywności strontu  $^{90}\text{Sr}$  w próbce zbiorczej (otrzymanej z połączenia próbek Z-1, Z-2 oraz Z-3 w jedną próbkę) było poniżej dolnego progu wykrywalności.

Analiza promieniowania beta w próbkach wody gruntowej z otoczenia KSOP w Różanie wykazała, że:

- największą zawartość trytu zmierzono w próbce oznaczonej jako P - 16: dla której wartość ta wynosiła:  $133,9 \pm 18,6 \text{ Bq/dm}^3$ ;
- największą całkowitą radioaktywność beta w próbkach oznaczonych jako P - 3 i P - 4: dla których wartość ta wynosiła odpowiednio:  $0,24 \pm 0,21 \text{ Bq/dm}^3$  i  $0,24 \pm 0,18 \text{ Bq/dm}^3$

Badania spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały ze sztucznych izotopów jedynie obecność cezu  $^{137}\text{Cs}$ . Wartość średnia stężenia promieniotwórczego  $^{137}\text{Cs}$  zawierała się w granicach od  $2,3 \pm 0,7 \text{ Bq/kg}$  w punkcie D - 3 do  $40,7 \pm 4,6 \text{ Bq/kg}$  w punkcie D - 1.

W analizie widm promieniowania gamma próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie zarejestrowano z izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego tylko cezu  $^{137}\text{Cs}$ . Jego stężenia zawierały się w granicach od wartości  $< 0,24 \text{ Bq/kg s.m.}$  (dla próbki pobranej w punkcie D-3) do  $19,7 \pm 27,6 \text{ Bq/kg s.m.}$  (dla próbki pobranej w czerwcu w punkcie D-1).

Podczas analizy widm promieniowania gamma aerozoli atmosferycznych zebranych na filtrach w przeliczeniu na dzień poboru próbki w zakresie energii od 40 do 2000 keV na poziomie wyższym od limitu detekcji zostały zmierzone jedynie izotopy pochodzenia naturalnego. Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w obydwu próbkach tj.: berylu  $^7\text{Be}$  i ołowiu  $^{210}\text{Pb}$  zawierają się w zakresach wartości stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

Wartość mocy dawki promieniowania gamma w otoczeniu KSOP w Różanie kształtowała się w granicach od  $45,8 \pm 0,8$

nGy/h w punkcie D-5 do wartości  $53,1 \pm 1,3$  nGy/h w punkcie D-1.

W otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody z otoczenia Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku, (2 próbki wody z rzeki Świder i 2 próbki wody studziennej) nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu aktywności powyżej  $0,1$  Bq/dm<sup>3</sup>.

W wodzie pobranej w pierwszym poborze z oczyszczalni ścieków w Otwocku stwierdzono obecność izotopu gamma promieniotwórczego pochodzenia sztucznego tj. <sup>131</sup>I o stężeniu aktywności powyżej  $0,1$  Bq/dm<sup>3</sup>. Wartość aktywności tego izotopu wynosiła  $0,77 \pm 0,04$  Bq/dm<sup>3</sup>.

Badania zawartości trytu w próbkach wody studziennej i wody z rzeki Świder metodą polegającą na wzbogaceniu trytu metodą elektrolityczną i pomiarze aktywności beta w spektrometrze ciekłoscyntylacyjnym wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Maksymalne stężenie trytu w wodzie pobranej z okolic NCBJ w Świerku zarejestrowano w próbce wody studziennej G - 108. Wartość ta wynosiła  $2,35 \pm 0,64$  Bq/dm<sup>3</sup>.

Badanie zawartości cezu <sup>134</sup>Cs + <sup>137</sup>Cs w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość cezu <sup>134</sup>Cs + <sup>137</sup>Cs zarejestrowano w próbce wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku WOS. Wartość średnia stężenia cezów w tej próbce wynosiła  $8,05 \pm 1,25$  mBq/dm<sup>3</sup>.

W próbkach gleby pobranych z otoczenia NCBJ w Świerku stwierdzono:

- z izotopów pochodzenia naturalnego – obecność izotopów naturalnych szeregu promieniotwórczych tj. radu <sup>226</sup>Ra, aktynu <sup>228</sup>Ac i ołowiu <sup>210</sup>Pb oraz naturalnie występujący izotop potasu <sup>40</sup>K, o zawartościach powyżej  $2,5$  Bq/kg.

Wartości stężeń promieniotwórczych izotopów pochodzenia naturalnego zawierały się w granicach:

Potas <sup>40</sup>K: od  $144 \pm 8$  Bq/kg (punkt MD-04) do  $250 \pm 14$  Bq/kg (punkt MD-01);

Rad <sup>226</sup>Ra: od  $5,59 \pm 0,53$  Bq/kg (punkt MD-05) do  $21,6 \pm 1,8$  Bq/kg (punkt MD-02);

Aktywność <sup>228</sup>Ac: od  $3,91 \pm 0,16$  Bq/kg (punkt MD-04) do  $17,8 \pm 0,5$  Bq/kg (punkt MD-02);

Ołów <sup>210</sup>Pb: od  $49,1 \pm 4,9$  Bq/kg (punkt MD-05) do  $117 \pm 11$  Bq/kg (punkt MD-01).

- z izotopów sztucznych - obecność cezu <sup>137</sup>Cs we wszystkich próbkach było powyżej  $0,7$  Bq/kg;

- maksymalną zawartość cezu <sup>137</sup>Cs o stężeniu  $9,44 \pm 0,23$  Bq/kg zawierała próbka MD-02;

- najmniejszą zawartość cezu <sup>137</sup>Cs o stężeniu  $5,10 \pm 0,13$  Bq/kg zawierała próbka MD-03.

W analizie spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach trawy z otoczenia NCBJ w Świerku stwierdzono:

- z izotopów sztucznych - obecność cezu <sup>137</sup>Cs w pięciu próbkach;

- maksymalną zawartość cezu <sup>137</sup>Cs:  $4,68 \pm 0,20$  Bq/kg w próbce MD-02;

- z izotopów pochodzenia naturalnego – zawartość <sup>40</sup>K i ołowiu <sup>210</sup>Pb powyżej  $20$  Bq/kg we wszystkich próbkach;

- stężenie promieniotwórcze <sup>40</sup>K w trawie (s. m.) zawierało się w granicach od  $382 \pm 23$  Bq/kg s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-02 do  $836 \pm 48$  Bq/kg s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-05, natomiast wartość stężenia promieniotwórczego <sup>210</sup>Pb zawierała się w granicach od  $83,7 \pm 13,2$  Bq/kg s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-03 do  $258 \pm 26$  Bq/kg s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-01.

Moc dawki zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale  $54,6 \pm 5,5$  nGy/h w punkcie MD - 05 do  $74,9 \pm 7,5$  nGy/h w punkcie MD - 03.

Na filtrze aerozoli powietrza pobranego z otoczenia NCBJ w Świerku zarejestrowano izotopy pochodzenia naturalnego o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności oraz w jednym przypadku izotop jodu <sup>131</sup>I.

Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w próbkach aerozoli tj.: berylu <sup>7</sup>Be i ołowiu <sup>210</sup>Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

---

W analizie widma promieniowania gamma absorbentu jodu postaci gazowej nie zarejestrowano żadnego izotopu jodu o wartości powyżej dolnej granicy wykrywalności.

W pomiarze gazów szlachetnych, pobranych z okolicy NCBJ w Świerku zidentyfikowane zostały dwa izotopy o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: krypton  $^{85}\text{Kr}$  o średnim stężeniu promieniotwórczym  $1,44 \pm 0,04 \text{ Bq/m}^3$  i  $^{131\text{m}}\text{Xe}$  o stężeniu  $18,0 \pm 19,0 \text{ Bq/m}^3$ .

Praca Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku oraz obecność Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie nie stwarzają zagrożenia pod względem radiologicznym dla mieszkańców otoczenia obydwu lokalizacji.

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki.

---

***Zakład Kontroli Dawek  
i Wzorcowania***



## Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania w 2020 roku

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania tworzą dwie pracownie: Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), w których zatrudnionych jest 12 osób. Podstawowymi zadaniami Zakładu jest prowadzenie prac badawczo rozwojowych oraz świadczenie usług z zakresu:

- dozymetrii indywidualnej,
- wzorcowania przyrządów dozymetrycznych,
- wzorcowania przyrządów radonowych,
- eksponowania detektorów pasywnych w referencyjnych polach promieniowania neutronowego, gamma, X oraz beta,
- eksponowania pasywnych detektorów radonowych w wzorcowych stężeniach radonu w powietrzu,
- pomiarami jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka,
- pomiaru radonu w wodzie metodą emanometrii i ciekłej scyntytacji,
- pomiarami stężenia aktywności radonu w powietrzu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych.

W ramach rozwoju naukowego pracownicy Zakładu z powodzeniem realizują badania w ramach prac doktorskich. Dzięki stałej współpracy Zakładu z ośrodkami akademickimi w jednostce prowadzone są zajęcia laboratoryjne dla studentów w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego. Rezultatem tej współpracy są prace inżynierskie i magisterskie.

Wszystkie prace badawcze prowadzone w Zakładzie publikowane są w czasopismach naukowych. Artykuły naukowe publikowane przez pracowników Zakładu odnaleźć można w takich czasopismach jak: Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics czy Physica Scripta. Wyniki prac badawczych prezentowane są również na konferencjach, głównie o zasięgu międzynarodowym.

Zakład nieustannie rozwija swój potencjał badawczy poprzez rozwój infrastruktury badawczej oraz nawiązywanie współpracy naukowej na poziomie

krajowym oraz międzynarodowym. Na gruncie krajowym, poza wspomnianą już współpracą z ośrodkami akademickimi, pracownicy Zakładu czynnie uczestniczą w działalności stowarzyszeń oraz platform naukowych. Do najważniejszej działalności w tym zakresie zaliczyć należy przede wszystkim współpracę w ramach Centrum Radonowego. Kolejnym stowarzyszeniem w którym czynny udział biorą pracownicy Zakładu jest Women in Nuclear Polska (WiN) oraz PTBR. Oprócz powyższych pracownicy Zakładu są również ekspertami technicznymi Polskiego Centrum Akredytacji, Polskiego komitetu Normalizacyjnego oraz członkami Zespołu do spraw krajowego planu działania w przypadku narażenia na radon Głównego Inspektoratu Sanitarnego.

W ramach współpracy międzynarodowej organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest przede wszystkim grupa EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) ukierunkowana na działania naukowe oraz wymianę doświadczeń w zakresie dozymetrii promieniowania jonizującego, spektrometrii gamma oraz problemów badawczych w zakresie narażenia różnych grup zawodowych na promieniowanie jonizujące. Kolejną organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development), a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – Nuclear Energy Agency. Pracownicy Zakładu udzielają się również w IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification).

W ramach badawczej współpracy międzynarodowej w Zakładzie realizowane są prace w ramach projektów EURAMET - Preparedness ([www.preparedness-empir.eu](http://www.preparedness-empir.eu)), MetroRadon ([www.metroradon.eu](http://www.metroradon.eu)) oraz traceRadon (<http://tracerradon-empir.eu/>).

Organizacyjnie w ramach Zakładu wyodrębnione zostały dwie pracownie. Pierwsza - Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), posiadająca status laboratorium wzorcującego w kontekście wymagań akredytacyjnych PCA oraz druga, funkcjonująca jako laboratorium badawcze - Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ).



Wszystkie metody wzorcowania stosowane w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych posiadają akredytację Polskiego Centrum Akredytacji i są zgodne z wymaganiami normy międzynarodowej ISO/IEC 17025. Infrastruktura badawcza Laboratorium podzielona została na sześć stanowisk pomiarowych: Stanowisko Gamma, Stanowisko RTG, Stanowisko Neutronowe, Stanowisko Radonowe, Stanowisko Beta oraz Stanowisko Skażeń Promieniotwórczych. Aparatura badawcza umożliwia wykonywanie ekspozycji z precyzją wartości wzorcowych na poziomie 4 %. W Laboratorium rocznie realizowanych jest około 1 300 kalibracji przyrządów dozymetrycznych, głównie przy wykorzystaniu promieniowania gamma, promieniowania X oraz źródeł skażeń powierzchniowych. W kontekście wdrażanych wymagań europejskich w zakresie limitów stężenia radonu w budynkach mieszkalnych oraz miejscach pracy, ważną działalnością Laboratorium są prace z wykorzystaniem radonowej komory klimatycznej. Dodatkowo na szczególną uwagę zasługuje wyposażenie komory radonowej, na które składa się między innymi układ RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometer) – jedyna tego typu aparatura w Europie oraz jedna z dwóch na świecie, umożliwiająca badanie rozkładu średnic pochodnych radonu. Poza komorą radonową, bez wątpienia unikatową infrastrukturę Laboratorium stanowi generator neutronów typu D-T. Urządzenie jest obecnie jedynym tego typu w Polsce wykorzystywanym do prac w zakresie metrologii promieniowania neutronowego.

W ramach Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych funkcjonują obecnie cztery stanowiska

badawcze: Stanowisko TLD, stanowisko pomiaru jodu w tarczycy, stanowisko pomiarów stężenia radonu w wodzie oraz stanowisko pomiarów stężenia radonu w powietrzu. Badania na wszystkich stanowiskach ukierunkowane są finalnie na ocenę dawek indywidualnych ludności oraz osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące, wynikające narażenia zewnętrznego jak i ocenę dawki skutecznej w wyniku wchłonięć izotopów promieniotwórczych (narażenie wewnętrzne). Wszystkie metody badawcze wdrożone w PDIiŚ posiadają akredytację PCA. Laboratorium poza pracami badawczymi oraz rutynową kontrolą ludności pełni również zadanie polegające na utrzymywaniu w pełnej gotowości stanowisk badawczych niezbędnych do oceny narażenia populacji w wyniku zdarzeń radiacyjnych lub awarii jądrowych mających wpływ na stan radiologiczny kraju.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR prowadzi szeroką działalność związaną z zadaniami statutowymi CLOR. Badania prowadzone w Zakładzie mają istotny wpływ na obecny oraz przyszły stan ochrony radiologicznej oraz bezpieczeństwa jądrowego Polski. Jest on jednocześnie doskonałym miejscem kształcenia nowej kadry specjalizującej się w zagadnieniach dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego.

Doświadczenie oraz wiedza zdobyta przez pracowników Zakładu, dzięki prowadzonym badaniom oraz współpracy krajowej i międzynarodowej stanowi nieocenioną wartość w kontekście planowanej budowy w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej, pomiarów radonu w środowisku, ale również w kontekście ciągłego rozwoju zastosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie, nauce oraz przemyśle.

# Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016-2020)

*P. Krajewski, G. Krajewska*

Projekt MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments o kryptonimie MODARIA II (2016-2020), jest siódmym kolejnym programem Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), poświęconym problematyce dokładności i wiarygodności wielkości dawek prognozowanych za pomocą komputerowych modeli środowiska. Program MODARIA II (2016-2019), jest kontynuacją programu MODARIA I (2012-2015) [1] i zachowując cele i zakres prac prekursora w większym stopniu odnosi się do nowych rekomendacji ochrony radiologicznej MAEA. Szczególny nacisk położono na wytyczne zawarte w zaleceniach BSS [2] oraz Dyrektywie EURATOM [3], a w szczególności na zalecenie aby objąć ochroną przed promieniowaniem nie tylko człowieka lecz również całe środowisko. Warto w tym miejscu wyjaśnić, że zakres pojęcia środowiska w odniesieniu do badań fizyki i chemii pierwiastków promieniotwórczych, obejmuje zarówno środowisko naturalne, jak też środowisko częściowo będące wytworem działalności człowieka. Elementami, tego pojęcia są: człowiek, fauna, flora, gleba, woda, powietrze, zasoby naturalne, a także zasoby wodne (w szczególności zwierzęta i rośliny hodowlane oraz odpady) w odniesieniu do oceny zmian w środowisku, w wyniku wprowadzenia przez człowieka substancji promieniotwórczych, termin „środowisko” dotyczył uprzednio przede wszystkim siedzib ludzkich, a dopiero od niedawna pojęcie to zostało rozszerzone na dziko żyjące gatunki fauny i flory [4], [5]. Dawne stanowisko (zwane paradygmatem) Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej ICRP (1997) mówiące, że „ochrona radiologiczna człowieka, zapewnia z dużym prawdopodobieństwem ochronę innych żywych gatunków”, ulegało znacznej rewizji na rzecz stanowiska, że ochrona radiologiczna środowiska wymaga „oceny różnych sytuacji (scenariuszy) narażenia fauny i flory niezależnie od obecności człowieka” oraz

„przeprowadzenia bezpośredniego dowodu, że środowisko w rozumieniu fauny i flory jest chronione” [7]. Tak pojmowany system ochrony wszystkich żywych gatunków przed promieniowaniem jonizującym, rozwijał się stopniowo w latach 90-tych pod patronatem uznanych organizacji międzynarodowych UNSCEAR, ICRP i IAEA. Również UE uruchomiła kilkanaście lat temu, wiele projektów badawczych np.: FASSET, ERICA, PROTECT, FUTURAE, STAR, COMET, nakierowanych na stworzenie takiego systemu. System ten już został wprowadzony w kilku krajach m.in. w USA i Kanadzie [7]. w ramach programu MODARIA II, CLOR uczestniczy w pracach Grupy WG3 o nazwie „Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty przy planowanych sytuacjach narażenia” (ang.: Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment), której celem jest przeprowadzenie kompleksowej oceny narażenia dla mieszkańców oraz fauny i flory na podstawie wybranych scenariuszy uwolnień radionuklidów z obiektów jądrowych lub instalacji wykorzystującej materiały promieniotwórcze, podczas ich normalnej pracy. w latach 2017-2018 przygotowano 5 scenariuszy referencyjnych (w nawiasach podano kraj oraz organizacje autorskie), jak następuje: uwolnienia do atmosfery i rzeki z EJ w Chinon (Francja, EDF&IRSN); uwolnienia do środowiska morskiego z EJ (USA, U.S.NRC&DOE); uwolnienia z Płytkiego Składowiska Odpadów Radioaktywnych w L'Aube (Francja, ANDRA); uwolnienia z Laboratorium Badawczego w Cadarache (Francja, CEA) oraz uwolnienia z Argentyńskiej EJ w ATUCHA (ARN).

Do przeprowadzenia oceny narażenia dla tzw. referencyjnej grupy ludności oraz referencyjnych przedstawicieli fauny i flory zgłosiło się 8 uczestników dysponujących własnymi kodami obliczeniowymi m.in.: model francuski IRSN SYMBIOSE, model słowacki ESTE słowackiej f- my ABMerit, model hiszpański CROM rozwijany w CIEMAT,

model polski CLRP rozwijany w CLOR, model angielski PC-CREAM rozwijany w PHE oraz uczestnik z Argentyny (ARN) używający modelu PC-CREAM do oceny dawek dla referencyjnej grupy ludności i modelu CROM do oceny dawek dla fauny i flory.

W 2018 roku opracowano wyniki prognoz dawek dla referencyjnej grupy ludności (mieszkańcy miejscowości Avoin w odległości 3000 m od komina EJ CHINON) oraz mocy dawek dla referencyjnych gatunków fauny i flory dla Scenariusza Chinon w wyniku uwolnień do atmosfery (Rysunek 2) oraz do rzeki (Rysunek 3). Dla porównania na Rysunku 1 przedstawiono wyniki całkowitych dawek (od uwolnień do atmosfery oraz do rzeki) dla referencyjnej grupy ludności w/w scenariusza. Po odrzuceniu skrajnych prognoz: najniższej- uczestnika P5 ( $1.5 \cdot 10^{-4}$  mSv-rok<sup>-1</sup>) i najwyższej uczestnika P8 ( $1.1 \cdot 10^{-1}$  mSv-rok<sup>-1</sup>), prognozy pozostałych uczestników mieszczą się w granicach  $3 \cdot 10^{-4} \div 3 \cdot 10^{-3}$  mSv-rok<sup>-1</sup>, czyli w jednym rzędzie wielkości.

Warto podkreślić, że 95% udziału w całkowitej dawce miała dawka od uwolnień do rzeki Loary, a w tym udziale 91.5% stanowiły ekspozycje wewnętrzne: 60% od węgla <sup>14</sup>C oraz 38% od trytu HTO. Oba te radionuklidy dostawały się do wnętrza ciała człowieka w skutek spożywania ryb 30% i picia wody 30%. Nasuwa się zatem wniosek, że główną przyczyną rozrzutu wartości dawek przewidywanych przez poszczególne kody były różnice w modelach przechodzenia węgla <sup>14</sup>C oraz trytu HTO do ryb oraz różne założenia, przy ocenie (reprezentatywnego dla ryb) średniego stężenia w/w radionuklidów w wodzie rzeki. Niektórzy uczestnicy zakładali (zgodnie ze scenariuszem), że skoro połów ryb miał miejsce 500 m od wylotu zrzutu radionuklidów z EJ CHINON, to wskazane jest (zachowawcze) przyjęcie jako punkt wyjścia do dalszych obliczeń wartość stężenia radionuklidów w wodzie w tym punkcie, inni próbowali uśredniać to stężenie zakładając migrację ryb wzdłuż nurtu całej rzeki. Ale nawet, jeżeli przyjąć najwyższą prognozowaną dawkę przez uczestnika P8 równą  $1.1 \cdot 10^{-1}$  mSv-rok<sup>-1</sup>, to i tak, stanowiła ona tylko jedną dziesiątą dawki granicznej dla ludności równą 1 mSv-rok<sup>-1</sup>.

Podobne problemy wystąpiły przy ocenie dawek dla referencyjnych przedstawicieli flory i fauny. Wyniki prognoz mocy dawek dla flory i fauny lądowej (dla uwolnień do atmosfery) mieściły się w zakresie dwóch

rzędów wielkości ( $10^{-8} \div 10^{-6}$ ) mGy-d<sup>-1</sup> (Rysunek 4), natomiast w przypadku środowiska wodnego różnice przewidywań kodów dla fauny i flory wodnej były nawet większe ( $1.5 \cdot 10^{-5} \div 3 \cdot 10^{-3}$ ) mGy-d<sup>-1</sup> (Rysunek 5). Powodem tych rozbieżności między przewidywaniami modeli, było przede wszystkim, zastosowanie różnych algorytmów uśredniania stężeń radionuklidów w powietrzu i w rzece, które to średnie powinny być optymalne dla warunków biocenoz środowiska lądowego i rzeczno. w raporcie MAEA [9] zaleca się, aby, przy uwolnieniach do atmosfery, uśredniać stężenie w powietrzu względem różny wiatrów, dla obszaru między 100 a 400 km<sup>2</sup>, biorąc przy tym pod uwagę tylko lokalnie występujące gatunki. Kierując się zaleceniami MAEA, część uczestników przyjmowała jako wartość graniczną długość rzeki równą 5000 m (promień koła o powierzchni 100 km<sup>2</sup>), inni uczestnicy przyjmowali dystans 11000 m (promień koła o powierzchni 400 km<sup>2</sup>), a pozostali przyjmowali jako reprezentatywną stałą graniczną wartość stężenia radionuklidów w rzece w warunkach równowagi dynamicznej. w wyniku różnych założeń, poszczególne kody otrzymywały znacząco różne stężenia radionuklidów w wodzie i osadach dennych rzeki, które następnie przyjmowano do dalszych obliczeń mocy dawek. Pojawiły również różnice metodyczne między uczestniczącymi kodami, wynikające z rozbieżnego podejścia do zagadnienia narażenia flory i fauny między ICRP a ERICA TOOL. Otóż, Publikacja 108 ICRP wyróżnia tylko 12 gatunków referencyjnych, w tym sześć gatunków żyjących na lądzie: duży ssak (jeleń), mały ssak (szczur), owad (pszczoła), pierścienica (dżdżownica), duża roślina (sosna), mała roślina (dzika trawa); trzy gatunki żyjące w wodach śródlądowych: ptak wodny (kaczka), płaz (żaba), ryba (pstrąg); oraz trzy gatunki morskie: rybę (flądra), skorupiak (krab) i wodorost (brunatnica). Natomiast ERICA TOOL wyróżnia aż 39 typów taksonomicznych, tzn.: po 13 typów dla każdej biocenozy: środowiska lądowego, wód śródlądowych oraz wód morskich i oceanicznych (Tabela 1). Powodowało to istotne trudności przy porównywaniu prognoz kodów. Przykładowo, Kody SYMBIOSE(IRS) i CLRP(CLOR) stosowały parametry i współczynniki przeliczeniowe z europejskiego programu ERICATOOL, natomiast trzy modele PC-CREAM(PHE), CROM(ARN) oraz ESTE(ABMERIT) stosowały metodykę ICRP. Ale

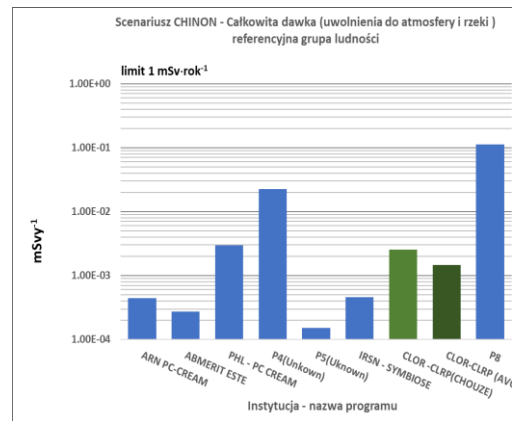
pomimo znaczących różnic liczbowych między prognozowanymi wartościami mocy dawek, wszystkie modele wskazywały na ekspozycje wewnętrzne jako czynnik dominujący w budżecie całkowitej mocy dawki tzn. (ekspozycje wewnętrzne ok. 90%, ekspozycje zewnętrzne ok. 10%) oraz  $^{14}\text{C}$  i tryt HTO jako radionuklidy mające główny wkład do dawek wewnętrznych ( $^{14}\text{C}$  ok. 50%, HTO ok. 40%).

Warto przy tym podkreślić, że przyjmując nawet najwyższe wartości prognozowanych mocy dawek dla fauny i flory dla Scenariusza EJ CHINON, to te wartości rzędu  $10^{-6}$  mGy·d $^{-1}$  dla uwolnień do atmosfery oraz rzędu  $10^{-3}$  mGy·d $^{-1}$  dla uwolnień do rzeki, są o parę rzędów znaczących mniejsze od wartości referencyjnych mocy dawek przyjmowanych dla przedstawicieli gatunków uważanych za bardziej wrażliwe na promieniowanie jak ssaki i ptak, równych 1 mGy·d $^{-1}$  (Tabela 1)

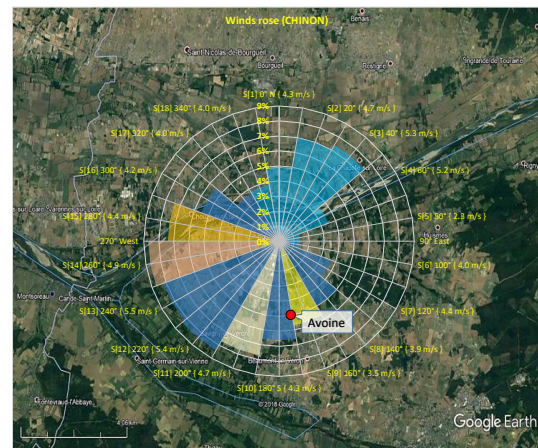
Program jest częściowo sponsorowany przez MAEA oraz finansowany ze środków własnych CLOR.

EKOSTSTEM	ERICA TOOL Typ rośliny lub zwierzęcia	Poziom odniesienia mocy dawki mGy·d $^{-1}$	ICRP Typ rośliny lub zwierzęcia (gatunek referencyjny)	Poziom odniesienia mocy dawki mGy·d $^{-1}$	
<b>Lądowy</b>	duży ssak	~ 1	duży ssak (jeleń)	0.1 - 1	
	mały ssak		mały ssak (szczur)		
	ptak				
	gad				
	plaz				
	owady latające				
	stawonóg				
ślizgacz					
piersścienica		piersścienica (dżdżownica)	10 - 100		
drzewo		duża roślina (sosna)	0.1 - 1		
mech i porost	~ 10	mała roślina (trawa)	1 - 10		
trawy i zioła					
krzak					
<b>Śródlądowy (rzeki, jeziora, delty rzek, bagna)</b>	ssak wodny	~ 1	ptak wodny (kaczka)	0.1 - 1	
	ptak				
	gad				
	plaz		plaz (żaba)		1 - 10
	ryba oceaniczna		ryba (pstrąg)		1 - 10
	ryba przydenne				
	ślizgacz wodny				
małż					
skorupiak	~ 10				
larwa owada					
zooplankton					
fitoplankton					
roślina wodna					
<b>Morski</b>	ssak morski	~ 1		1-10	
	ptak				
	gad				
	ryba oceaniczna				
	ryba przydenne		ślizgacz		1-10
	małż				
	skorupiak		krab		10-100
	wieloszczęt				
ukwiały morskie i korale					
zooplankton					
fitoplankton					
wielka alga					
roślina morska		wodorost (brunatnica)	1-10		

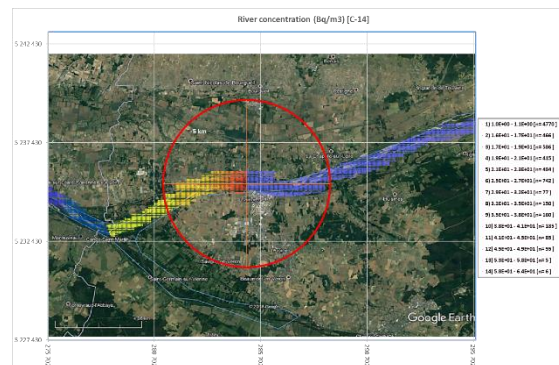
Tabela 1. Porównanie referencyjnych organizmów flory i fauny w podejściu ERICA TOOL i ICRP.



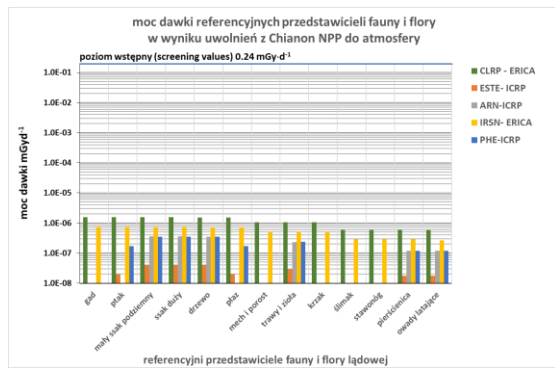
Rysunek 1. Wykres przedstawiający przewidywane dawki całkowite dla referencyjnej grupy ludności od uwolnień do atmosfery oraz rzeki z NPPP Chianon.



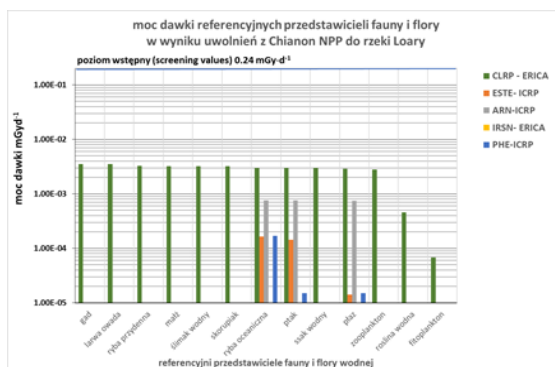
Rysunek 2. Wykres przedstawiający różę wiatrów dla NPP CHINON. Kolorem czerwonym i żółtym zaznaczono kierunki z których wiejące wiatry generują największe stężenia w powietrzu.



Rysunek 3. Wykres przedstawiający rozkład stężeń  $^{14}\text{C}$  wzdłuż nurtu rzeki Loara.



Rysunek 4. Wykres przedstawiający przewidywane moce dawek przez kody obliczeniowe dla referencyjnych przedstawicieli fauny i flory od uwolnień do atmosfery z NPPP Chianon.



Rysunek 5. Wykres przedstawiający przewidywane moce dawek przez kody obliczeniowe dla referencyjnych przedstawicieli fauny i flory od uwolnień do rzeki Loara z NPPP Chianon.

#### Literatura

[1] Krajewski, P., Krajewska, G., Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016-2019), CLOR, 2018, RAPORT CLOR Nr 159, ISBN 978-83-947765-3-4

[2] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR Part 3, Vienna, 2014, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.59077>.

[3] DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM, z dnia 5 grudnia 2013 r., ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego Dz. U. L. 13 z 17.1.2014, s. 73.

[4] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Ann. ICRP 37(2-4), Elsevier (2007).

[5] Environmental Protection, the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38(4-6), Elsevier (2008)

[6] Protection of the Environment under Different Exposure Situations, ICRP Publication 124, Ann. ICRP 43(1), Elsevier (2014).

[7] de S. Pereira, W. and Kelecom, A. International Recommendations on Calculation of Absorbed Dose in Biota: a Comprehensive Review, Journal of Environmental Protection, 2014, 5, 751-759,

[8] ERICA Assessment Tool Help Documentation, ERICA 1.2, <http://erica/tool.com/news/newsarticles/2016/erica-assessment-tool-1.2-updated/>

[8] Working Group 3 Assessments and Control of Exposures to Public and Biota for Planned Releases to the Environment, M I N U T E S of the fifth WG3 Meeting held at IAEA Headquarters, Vienna 22 – 25 October 2018 (during the Third MODARIA II Technical Meeting).

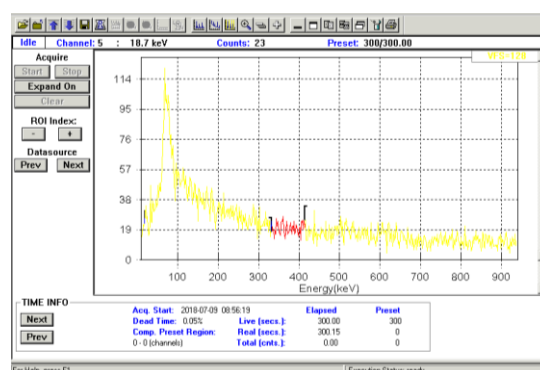
[9] Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, General Safety Guide No. GSG-10, IAEA, VIENNA, 2018

# Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka

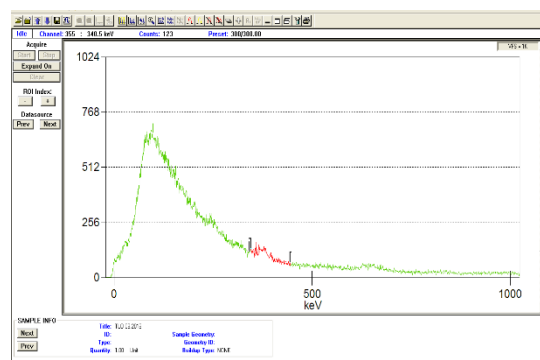
G. Krajewska

Pomiary aktywności jodu zdeponowanego w tarczycy są wykonywane w Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR z użyciem dwóch zestawów spektrometru promieniowania gamma - stacjonarnego i przenośnego. Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem, na stanowiskach pracy z tymi izotopami, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądowej. Została wyprodukowana przez firmę Canberra - Packard detektor stanowi kryształ NaI(Tl) 3 x 3 cale, o rozdzielczości 7.5% dla energii 661,6 keV. Działania Laboratorium w roku 2020, polegające na utrzymaniu w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy, opierały się na wykonywaniu systematycznych pomiarów tła promieniowania w fotopiku izotopów  $^{99m}\text{Tc}$  oraz  $^{131}\text{I}$  oraz testowaniu prawidłowości działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych i wykonywaniu pomiarów zawartości radioizotopów jodu- 131 i technetu-99m w tarczycy u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce.

Tło w pomieszczeniu Laboratorium Monitoringu Jodu, mierzone dwukrotnie w ciągu miesiąca, wynosiło 4,3 cps w fotopiku izotopów  $^{99m}\text{Tc}$  oraz  $^{131}\text{I}$ , odpowiednio, i wahało się w granicach 20% średniego zmierzonego tła rocznego w latach poprzednich, utrzymując się na stałym poziomie oraz determinując niski limit detekcji pomiarów w Laboratorium.. Na Rysunku 1. i Rysunku 2. przedstawiono widmo promieniowania tła zmierzone zestawem stacjonarnym i przenośnym, odpowiednio.



Rysunek 1. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium



Rysunek 2. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem stacjonarnym zmierzone zestawem przenośnym

W roku 2020 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego  $^{131}\text{I}$  oraz technetu  $^{99m}\text{Tc}$  w tarczycach osób stanowiących personel Zakładu Medycyny Nuklearnej Centralnego Szpitala Klinicznego w Warszawie oraz Zakładu Medycyny Nuklearnej i Klinice Endokrynologii, Diabetologii i Chorób Wewnętrznych Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku. W powyższych placówkach, z użyciem jodu promieniotwórczego, prowadzone są badania diagnostyczne - scyntygraficzne tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów w systemie oddziaływym. Ponadto

prorowadzone są badania diagnostyczne innych narządów m.in. z użyciem technetu.

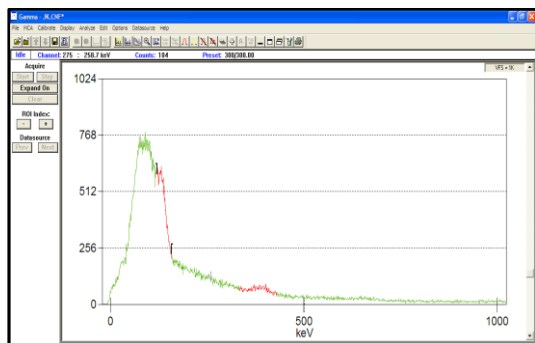
pracowników powyższych placówek przedstawiono w Tabeli 1. i na Rysunku 3 - 4.

Wyniki pomiarów aktywności jodu-131 (i technetu 99m) w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłonięć <sup>131</sup>I u

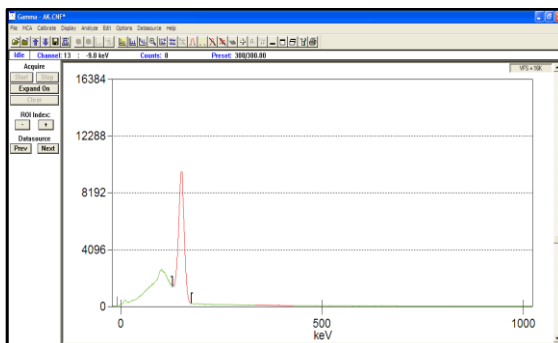
L.p. (Pracownik)	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
<i>Zakład Medycyny Nuklearnej Centralnego Szpitala Klinicznego w Warszawie</i>				
1. (J. K.)	500	250	3.75	170
2. (K.M.)	<68*)	<0.38	<1.90	200
3. (A.K.)	500	250	3.75	11800
4. (A.M.)	<68	<0.38	<1.90	250
5. ÷ 20.	<68	<0.38	<1.90	-
<i>Zakład Medycyny Nuklearnej i Klinika Endokrynologii, Diabetologii i Chorób Wewnętrznych Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku</i>				
1. (J..J.)	<68	<0.38	<1.90	85
2. (M.M.)	250	0,75	3,5	-
3. (D.S.)	260	0,78	3,6	-
4. (J.Z.)	310	0,93	4,7	170
5. (K.B.)	400	1,2	6,0	240
6. (H.K.)	300	0,90	4,5	500
7. ÷ 20.	<68	<0.38	<1.90	-

\*) Najmniejsza mierzalna aktywność

**Tabela 1.** Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Zakładów Medycyny Nuklearnej (zaprezentowano tylko pomiary o wartości większej niż najmniejsza mierzalna aktywność , 68 [Bq] )



Rysunek 3. Widmo promieniowania zmierzone pracownika A.K.



Rysunek 4. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika J.K.

---

Poziomy aktywności jodu I-131 w tarczycy u pracowników obu Zakładów Medycyny Nuklearnej, w których przeprowadzono pomiary, były niskie (Tabela 1.). Maksymalna dawka wyniosła ok. 0,75 mSv nie przekraczając 4 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo (pracownik Centralnego Szpitala Klinicznego

w Warszawie). U kilku pracowników zarejestrowano wystąpienie w tarczycy izotopu technetu (wysoka wartość u pracownika A.K.).

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki w ramach Umowy Nr 19/OR/2.



# Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych – część techniczna

Ł. Modzelewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych będące częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej uzyskało Akredytację Laboratorium Wzorcującego w 2003 roku wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wzorcowania w Laboratorium wykonywane są zgodnie z zakresem akredytacji nr AP 057 oraz wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2019.

LWPDiR to jedyne w Polsce laboratorium z tak szeroką ofertą pomiarową- akredytowanych jest sześć metod wzorcowania:

- QPP 1G Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania gamma.
- QPP 1R Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania rentgenowskiego.
- QPP 2S Wzorcowanie mierników i monitorów powierzchniowej emisji promieniowania emiterami alfa i beta.

- QPP 1WRn Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu, stężenia energii potencjalnej  $\alpha$  krótkożyłowych pochodnych radonu oraz ekspozycje detektorów wzorcowymi stężeniami radonu.

- QPP B Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta.

- QPP N Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania neutronowego.

Według wytycznych normy ISO 17025 ważnym aspektem jest zachowanie spójności pomiarowej. Spójność pomiarowa zachowana jest dzięki wzorcowaniu wzorców odniesienia (przedstawionych na Rysunku 1) w europejskich akredytowanych laboratoriach wzorcujących, takich jak PTB, PTW, STUK, SUJCHBO, GUM. Zachowanie spójności pomiarowej jest warunkiem jednoznaczności wyników pomiarów, umożliwiającym ich wzajemne porównanie.



Rysunek 1. Wzorce odniesienia w LWPDiR

---

Spójność pomiarowa uzyskiwana jest również poprzez udział w porównaniach międzylaboratoryjnych.

Kolejnym ważnym wymaganiem normy 17025 jest monitorowanie zapewnienia jakości wykonywanych wzorcowań, które w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych polega na:

- kontroli powtarzalności i odtwarzalności na stanowiskach kalibracyjnych,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania gamma zgodnie z instrukcją QIS 1G,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania rentgenowskiego zgodnie z instrukcją QIS 1R,
- sprawdzeniu przyrządów stanowiska radonowego zgodnie z instrukcją QIS 1WRn,
- sprawdzeniu źródeł powierzchniowych, zgodnie z instrukcjami zawartymi w procedurze QPP 2S,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania beta zgodnie z procedurą QPP B,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania neutronowego zgodnie z procedurą QPP N,

- walidacji obliczeń w arkuszach Excel.

Kontrola jakości pomiarów w roku 2020 obejmowała 32 działania, wszystkie zostały wykonane z powodzeniem. Kontrola jest prowadzona kompleksowo i obejmuje zarówno sprawdzanie sprzętu pomiarowego, charakterystyki wiązki promieniowania, „czynnika ludzkiego”, jak również programu ułatwiającego wyznaczanie współczynnika kalibracji. Każde z wykonywanych sprawdzeń ma określone kryterium, które musi zostać spełnione. Tak szczegółowe sprawdzanie i kontrola gwarantuje wysoką jakość wykonywanych wzorcowań.

W ramach procesu nadzoru Polskiego Centrum Akredytacji nad laboratorium, 17 września 2020 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej przez audytora wiodącego i eksperta technicznego.

---

# Funkcjonowanie Systemu Zarządzania Jakością w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych w 2020 r.

---

A. Milewska

Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych wchodzi w skład Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania. Posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego nr AB 450 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Laboratorium wykonuje badania stosując normę PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

W lutym 2020 r. miała miejsce ocena przeprowadzona przez PCA, która związana była z rozszerzeniem zakresu akredytacji o dozymetrię oka.

W lipcu 2020 r. przeprowadzone zostały 2 audyty wewnętrzne. W raportach z audytów potwierdzono zgodność działalności PDIiŚ z wymaganiami systemu oraz normą odniesienia.

W sierpniu 2020 r. odbył się przegląd zarządzania, na którym omówione zostały wszystkie wymagania ujęte w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz sprawy bieżące. Podczas przeglądu omówione zostały cele i zadania ustanowione na poprzednim przeglądzie zarządzania. W pełni zostały zrealizowane zadania dotyczące opracowania procedury w zakresie dozymetrii oka, modernizacji pracowni oraz aktualizacji strony internetowej. Na kolejny okres został przeniesiony udział pracowników CLOR w szkoleniach, seminariach i konferencjach oraz wdrożenie nowej bazy TLD. Przedłużenie terminu realizacji ww. zadań związane jest z sytuacją epidemiczną, decyzją o wstrzymaniu szkoleń zewnętrznych oraz ograniczeniu ilości szkoleń wewnętrznych, a także wprowadzeniem pracy zdalnej. Natomiast, zadanie dotyczące rozszerzenia zakresu akredytacji w zakresie pomiaru stężenia  $^{222}\text{Rn}$  nie zostanie zrealizowane. Rezygnacja z realizacji ww. zadania wynikała z awarii urządzenia. Na kolejny okres zaplanowana została dalsza rozbudowa bazy TLD, aktualizacja systemu zarządzania jakością, opracowanie elektronicznej wersji ankiety zadowolenia Klienta, uruchomienie sklepu

internetowego, umożliwiającego zakup badania pomiaru stężenia izotopu  $^{222}\text{Rn}$  oraz zakup i montaż systemu do przechowywania detektorów CR-39.

W trakcie przeglądu zarządzania przedstawione zostały wyniki Ankiety stopnia zadowolenia Klienta. Łączna ilość Klientów oceniających PDIiŚ na poziomie BARDZO WYSOKIM oraz WYSOKIM utrzymuje się na poziomie analogicznym w porównaniu z wcześniejszym badaniem. Najwyższą notę, tj. 100%, PDIiŚ otrzymało za dotrzymanie terminów realizacji umów. 92,59% Klientów to wieloletni Klienci PDIiŚ. Wynik ten jest drugą najwyższą oceną otrzymaną w przeprowadzonym badaniu. Świadczy to o bardzo dużym przywiązaniu Klientów do PDIiŚ.

Na początku września 2020 przeprowadzony został audyt w nadzorze PCA. Audit dotyczył części systemowej. Zgodnie z otrzymanym raportem z oceny Laboratorium spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. W raporcie wyszczególnione zostały 4 spostrzeżenia.

W odniesieniu do personelu w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych nastąpiła zmiana osoby pełniącej funkcję Kierownika ds. Jakości. Funkcję tę powierzono Pani Anecie Milewskiej. W roku 2020 z CLOR pożegnała się Pani Hanna Feder, a na Jej miejscu zatrudniono Panią Małgorzatę Trąbińską.

W ramach doskonalenia personel PDIiŚ wziął udział w szkoleniach przeprowadzonych przez podmioty zewnętrzne oraz w szkoleniach wewnętrznych. W związku z sytuacją epidemiczną w kraju część szkoleń została odwołana, a inne zostały przeprowadzone w formie zdalnej (online). Dodatkowo rozpoczęto prace mające na celu aktualizację Systemu Zarządzania Jakością oraz jego przejście na wersję elektroniczną

---

# Sprawozdanie z seminarium "Zapewnienie i utrzymania systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej"

---

A. Kudynowska

Seminarium sprawozdawcze z działalności LWPDiR w zakresie "Zapewnienia i utrzymania systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej" odbyło się w dniu 29.03.2021 r.

Część systemową tego zakresu zreferowała Pani Alicja Kudynowska.

W pierwszej kolejności została zaprezentowana struktura Laboratorium, w której wyodrębnia się następujące funkcje: Kierownik laboratorium, Kierownik do spraw jakości, Kierownik do spraw technicznych. Kierownik do spraw technicznych sprawuje opiekę nad wszystkimi stanowiskami pomiarowymi w laboratorium.

W odniesieniu do roku poprzedniego, w 2020 r. w Laboratorium, nie było zmian w śród personelu kierowniczego. Funkcję Kierownika laboratorium jak również funkcję Kierownika ds. technicznych pełnił Pan Łukasz Modzelewski. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska. Spośród personelu wzorcującego odszedł z pracy na emeryturę Pan Andrzej Wiśniewski w jego miejsce zatrudniono Panią Alicję Jakubowską początkowo na 1/2 etatu z późniejszą zmianą na cały etat.

Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i upoważnienia.

W odniesieniu do zakresu akredytacji poinformowano, że dotychczasowy zakres akredytacji Laboratorium (AP 057) pozostał w wersji niezmienionej. Do dnia 27.10.2020 r. obowiązywała wydanie nr 16 z dnia 10.10.2019 r. Obecnie obowiązuje wydanie nr 17 z dnia 27.10.2020 r. - cykl akredytacji od 10.10.2019 do 06.11.2023 r. Dziedziny akredytacji: promieniowanie jonizujące i radioaktywność (18.01, 18.02, 18.03).

Cała dokumentacja LWPDiR (Przewodnik po systemie zarządzania, 17 procedur ogólnych, 1 instrukcja ogólna, 6 procedur wzorcowania, 11 instrukcji technicznych, formularze) dostosowana jest do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 - na bieżąco jest nadzorowana i doskonała.

Przegląd zarządzania odbył się 19.08.2020 r. zgodnie z planem przeglądu zarządzania i procedurą QPO10 „Przegląd zarządzania”. Spotkaniu przewodniczył Dyrektor CLOR, dr Paweł Krajewski a uczestniczyli wszyscy pracownicy LWPDiR.

Tematyka przeglądu obejmowała wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach nowej normy.

W wyniku przeprowadzonego przeglądu m.in. dokonano analizy realizacji celów określonych podczas poprzedniego przeglądu (13.06.2019 r.) na rok 2019/2020, w wyniku czego stwierdzono, iż spośród 5 celów zaplanowanych na ten okres, w pełni zrealizowano 1 cel, który dotyczył udziału personelu w konferencjach, seminariach, szkoleniach zewnętrznych i wewnętrznych. Przesunięto w czasie cel nr 2 - zakupienie/opracowanie nowej bazy do rejestracji przyjmowanych przyrządów do wzorcowania w Laboratorium oraz cel 3 - zakupienie nowych wózków transportowych na przyrządów dozymetrycznych, które przyjęto do wzorcowania. Cel nr 4 „Przystosowanie stanowiska radonowego do wymagań „NOWGO” Prawa Atomowego (rozszerzenie akredytacji o pomiary w terenie)” został wykonany w ramach innej pracowni tego samego Zakładu. Zrezygnowano z wykonania celu nr 5 - stworzenia w pomieszczeniu „Archiwum CLOR” sali kalibracyjnej dla iradiatora neutronowego ze źródłem Am-Be oraz Generators Neutronów, z powodu braku

możliwości technicznych (niemożliwość wygospodarowania pomieszczenia).

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2020/2021) co zaprezentowano na slajdach. Zaplanowano w sumie realizację 4 cele krótkoterminowe - określono zadania do ich realizacji, wskazano osoby odpowiedzialne za ich realizację i termin zakończenia.

Omówiono również wyniki porównań międzylaboratoryjnych z PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), wyniki auditów wewnętrznych, proces realizacji szkoleń oraz proces współpracy z dostawcami towarów i usług.

W następnej kolejności referująca omówiła wyniki auditów wewnętrznych i zewnętrznych z roku 2020.

1. Audit wewnętrzny Nr 1/2020 z dnia 07.07.2020 r. - auditor: Kamil Szewczak - nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

2. Audit wewnętrzny Nr 2/2020 z dnia 07.08.2020 r. - auditor: Kamil Szewczak - nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

3. Ocena w procesie nadzoru (A-1241-2020) została przeprowadzona online przez Polskie Centrum Akredytacji w składzie AW i SAT, w dniu 17 września 2020 r.

Referująca przekazała, iż SAT sformułował 1 niezgodność z zakresu technicznego, z której treścią zapozna słuchaczy Pan Łukasz Modzelewski na seminarium sprawozdawczym z części technicznej.

Niezgodności spisane przez PCA były następującej treści: Laboratorium wdrożyło odpowiednie korekcyjne i działania korygujące w stosunku do stwierdzonej niezgodności, których dowody wysłano do PCA.

Zgodnie z kolejnym punktem omówiono informacje zwrotne od klientów za okres lipiec 2019 – sierpień 2020.

Laboratorium uzyskało 19 ankiet od klientów i przeprowadziło ich analizę.

W zakresie poziomu obsługi Klienta, najwyższą notę LWPDiR otrzymało za:

- wiedzę merytoryczną pracowników - 100%,
- profesjonalizm i kompetencje - 100%,

- doradztwo i wsparcie merytoryczne - 100%,
- łatwość kontaktu i dostępność - 100 %.

W procesie realizacji usług najlepiej wypadły:

- jakość wykonywanych usług - 100%,
- wywiązywanie się z warunków umowy - 100%,
- elastyczność w zakresie ustalania warunków współpracy - 100%

Najmniej korzystną opinię wystawiono polityce cenowej laboratorium:

- warunki i sposób płatności - 63%,
- atrakcyjność cen - 79%,
- stosunek ceny do jakości - 95%.

Nie było skarg i reklamacji.

Analiza ankiet z okresu trzech lat została zaprezentowana na wykresach i stwierdzono, że zadowolenie klienta jest wyższe niż w poprzednich 2 latach. Wniosek z analizy wyników ankiet jest taki, że Laboratorium spełnia potrzeby i oczekiwania swoich Klientów, czego dowodem jest fakt, że 100 % ankietowanych wyraża swoją gotowość polecenia go innym Klientom.

Potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania.

Laboratorium sporządziło plan szkoleń na 2020 r. jak również opracowano formularz dla szkoleń pozaplanowych.

Zaplanowano 8 szkoleń a zrealizowano 6 – nie odbyły się szkolenia 2 zewnętrzne.

Na koniec spotkania zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez Polskie Centrum Akredytacji.

Odnotowano iż LWPDiR spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz, że pozyskano dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji laboratorium AP 057 w obszarze posiadanej akredytacji.

Elementy, które wymagają poprawy, zostały odnotowane w protokole niezgodności.

Seminarium odbyło się poprzez platformę. Do referowanego tematu nie pojawiły się żadne pytania.

---

# Projekt EU-RADION „European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification”

---

*P. Lipiński, P. Krajewski, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk  
B. Kliś, A. Jakubowska*



## **eu - radion**

Projekt EU-RADION rozpoczął się we wrześniu 2020 roku i będzie trwał przez 36 miesięcy. W ramach projektu stworzony zostanie prototyp mobilnego autonomicznego systemu opartego na pojazdach wzajemnie współdziałających w tzw. roju do wykrywania i analizy zagrożeń CBRNE, w szczególności radiacyjnych i jądrowych.

Całkowity budżet projektu wynosi 3 490 626,25 EUR. W skład konsorcjum wchodzi 8 partnerów z 4 krajów.

Partnerzy projektu:

Przedstawiciele przemysłu:

- ITTI Sp. z o.o.– lider projektu (Polska),
- technisch-matematische studingessellschaft mbh (Niemcy),
- AirSense Analytics (Niemcy).

Przedstawiciele instytucji badawczych:

- FOI – Swedish Defense Research Agency (Szwecja),
- FFI – Norwegian Defence Research Establishment (Norwegia).

Przedstawiciele instytucji akademickich:

- Uniwersytet Warszawski

Użytkownicy końcowi:

- SSBF – Storstockholms brandforsvar (Szwecja – Straż Pożarna),
- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (Polska).

Zapotrzebowanie na tego rodzaju projekt wynika z EU Action Plan (patrz Agenda CBRN), który ma na celu zwiększenie gotowości w przypadku wystąpienia zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiacyjnych i jądrowych, jak

również konieczności zwiększenia realnych możliwości osób biorących udział w akcji ratunkowej.

Realizacja projektu obejmuje trzy podstawowe założenia:

- Zaprojektowanie i implementacja tzw. Sensor Integration Unit (SIU);
- Stworzenie wspólnego obrazu operacyjnego (joint operational picture);
- Usprawnienie mobilności ekip awaryjnych.

Tworzenie modułu integracji czujników (SIU) zakłada:

- Wykorzystanie heterogenicznych technologii detekcji (liczniki G-M, detektory Cadmium Zinc Telluride, NaI) oraz sensora obecności wodoru w postaci gazowej;
- Zaprojektowanie modułu nawigacji;
- Konstrukcja zminiaturyzowana w celu zapewnienia mobilności;
- Wykorzystanie łączności bezprzewodowej
- Wykorzystanie niezastzeżonego, wymiennego zasilania
- Konstrukcja modułowa

Wspólny obraz operacyjny obejmie:

- Wizualizację obszaru zainteresowania;
- Oszacowanie położenia źródła zagrożenia;
- Modelowanie zagrożeń w formie map;
- Odczyty z czujników oraz ich położenie dostępne w czasie rzeczywistym.

Mobilność systemu zostanie zapewniona przez:

- Wykorzystanie czujników ręcznych;
- Wykorzystanie tzw. roju UGV (Unmanned Ground Vehicles) - 1 zdalnie sterowany oraz 2 autonomiczne;
- Rozwój i integrację współdziałania jednostek pomiarowych - pojazdy autonomiczne mają dostosowywać swoje położenie względem pojazdu sterowanego zdalnie.

---

Wykonany kompletny prototyp systemu zostanie zaprezentowany w tunelu ćwiczebnym Runehamar Norweskiej Straży Pożarnej w Norwegii.

Zadania CLOR w ramach projektu:

- ✓ WorkPackage 2 (User Requirements & Scenarios – Wymagania użytkowników i scenariusze)

CLOR jest liderem tego pakietu.

- Zadanie 2.1 – Adaptacja scenariuszy dla potrzeb projektu EU-RADION (wykonane –grudzień 2020);
- Zadanie 2.2 – Zebranie wymagań użytkowników URS (wykonane –luty 2021);
- Zadanie 2.3 – Określenie tzw. kluczowych wskaźników wydajności (KPP –Key Performance Parameters) (do końca kwietnia 2021).
- ✓ WorkPackage 6 (Situational Awareness Tools – Narzędzia wizualizacji sytuacji)
- Zadanie 6.1 –Określenie depozycji na podstawie pomiarów;
- Zadanie 6.2 –Modelowanie depozycji w warunkach miejskich (urban modelling).
- ✓ WorkPackage 7 (Field Tests and Data Collection - Testy polowe i zbieranie danych)
- Zadanie 7.2 –Pomiary i testy laboratoryjne (lider zadania);
- Zadanie 7.3 –Pomiary i testy polowe.
- ✓ WorkPackage 8 EU-RADION System Integration, Verification and Validation - Integracja, weryfikacja i walidacja systemu EU-RADION)
- Zadanie 8.4 –Walidacja systemu (porównanie z URS oraz KPP).

# Pomiar stężenia radonu w miejscach pracy, w których istnieje znaczące ryzyko przekroczenia poziomu referencyjnego 300 Bq/m<sup>3</sup>

*K. Wołoszczuk, M. Norenberg, D. Tchórz-Trzeciakiewicz*

W wyniku wprowadzenia Dyrektywy Rady Unii Europejskiej 2013/59/EURATOM ustanawiającej podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego zalecane jest ustanowienie w krajach członkowskich Unii Europejskiej poziomu referencyjnego stężenia radonu w powietrzu w miejscach pracy 300 Bq/m<sup>3</sup>, jako poziomu uznawanego za względnie bezpieczny dla człowieka.

Jak wynika z dotychczas prowadzonych badań, z uwagi na warunki panujące w kopalniach i jaskiniach, istnieje znaczące ryzyko, że w tych miejscach poziom referencyjny stężenia radonu może zostać przekroczony, a tym samym może występować zwiększone narażenie osób tam przebywających wynikające z ekspozycji na radon i krótkożyciowe produkty jego rozpadu.

Wykonano pomiary stężenia aktywności radonu w powietrzu z wykorzystaniem metody detektorów pasywnych CR-39 (Rys. 1).



Rys. 1 Detektory pasywne CR-39

Ekspozycja detektorów trwała minimum 30 dni, pomiary wykonano w miejscach pracy. W każdym miejscu wypełniono kwestionariusz, z informacjami niezbędnymi do późniejszej analizy danych. W kwestionariuszu pytania dotyczyły m.in. rodzaju wykonywanej pracy (fizyczna/biurowa), liczby pracowników, ich płeć, wiek, itp.

Detektory rozmieszczane były zgodnie z zaleceniami International Radon Measurement Association (IRMA):

- pomiary prowadzono w pomieszczeniach regularnie zajmowanych przez pracowników przez minimum 4 godziny dziennie, lub
- wszystkie pomieszczenia, w których istniało znaczne ryzyko dużego przenikania radonu, które mogą być miejscem pracy osób przez ponad 50 godzin rocznie (około jednej godziny tygodniowo)
- w piwnicy i na parterze pomiary przeprowadzono we wszystkich pokojach, W przypadku większych pomieszczeń i przestrzeni umieszczano co najmniej jeden detektor na 150 m<sup>2</sup>.
- na wyższych kondygnacjach: co najmniej dwa detektory na piętrze i co najmniej jeden detektor na 250 m<sup>2</sup>.

Dodatkowo, przy współpracy z Uniwersytetem Wrocławskim, wykonano analizę geologiczną terenów, na których wykonywano pomiary.

Podsumowanie:

- wykonano ekspozycję ponad 400 detektorów śladowych CR-39,
- pomiary wykonano w 284 pomieszczeniach,
- ekspozycje przeprowadzono na parterze lub w piwnicy,
- w 267 lokalizacjach zmierzono stężenie wyższe niż 100 Bq/m<sup>3</sup>
- w 164 lokalizacjach zmierzono stężenie wyższe niż rekomendowany poziom referencyjny 300 Bq/m<sup>3</sup>
- w 3 lokalizacjach zmierzono stężenie wyższe niż 1 000 Bq/m<sup>3</sup>
- zmierzona maksymalna wartość 5523±572 Bq/m<sup>3</sup>
- maksymalna dawka efektywna- 2 mSv/rok.



# Projekt MetroRADON Metrology for Radon Monitoring

K. Wołoszczuk

Projekt MetroRADON rozpoczął się 1 czerwca 2017 roku. W skład konsorcjum wchodzi 17 instytucji z Europy. Jest to projekt finansowany przez H2020 oraz projekt EMPIR Participating States organizowany w ramach EURATOM.



Ogólnym celem tego projektu jest zapewnienie spójności pomiarowej pomiarów radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) przy jego niskich stężeniach, w szczególności wzorcowanie przyrządów radonowych i mapowanie radonu przy niskich stężeniach nie przekraczających  $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Cele te obejmują również badanie wpływu toronu ( $^{220}\text{Rn}$ ), harmonizację pomiarów radonu w budynkach mieszkalnych, ekshalację z gleby oraz opracowanie nowych metod identyfikacji i charakteryzowania obszarów, na których możliwe jest występowanie wyższych stężeń radonu w Europie. Celem projektu jest również stworzenie znormalizowanej infrastruktury metrologicznej do monitorowania radonu w Europie.

Prace w projekcie podzielono na pięć głównych zadań (tzw. WP):

- WP1 opracowanie nowych procedur wzorcowania przyrządów pomiarowych radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) w niskich stężeniach ( $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ) przy względnych niepewnościach  $\leq 5\%$  ( $k = 1$ ). W tym zadaniu planuje się opracować nowe radowe źródła referencyjne o stabilnych i znanych szybkościach emisji radonu;
- WP2 zbadanie i ograniczenie wpływu toronu ( $^{220}\text{Rn}$ ) i jego pochodnych na wzorcowanie i pomiary radonu przez użytkownika końcowego;

- WP3 porównanie i ujednoczenie istniejących w krajach europejskich procedur pomiaru radonu, poprzez zebranie ankiet dotyczących sposobu przeprowadzenia badań wewnątrz budynków, pomiary uwzględniające czynniki geogeniczne i antropogeniczne;
- WP4 analiza i rozwój metodologii identyfikacji obszarów o wysokim stężeniu radonu w glebie, zgodnie z definicją w EU-BSS) i zbadanie zależności między ekshalacją radonu z gruntu a stężeniem radonu w budynkach;
- WP5 zbadanie spójności pomiarowej laboratoriów wzorcujących w Europie oraz opracowanie i publikacja wytycznych i zaleceń dotyczących wzorcowania i pomiarów.

Zadania badawcze CLOR w ramach projektu MetroRADON realizowane są w całości w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania, zarówno w zakresie personelu jak i wykorzystywanej infrastruktury badawczej. Uczestnictwo w pakiecie roboczym – WP5 „Validation of traceability of European radon calibration facilities”. W ramach prac badawczych CLOR występuje jako wykonawca w ośmiu aktywnościach. Główne zadania badawcze CLOR polegały na uczestnictwie w porównaniach międzylaboratoryjnych pomiaru stężenia radonu w powietrzu, pierwsze w zakresie pomiarowym  $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $10.000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , drugie  $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  do  $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Dodatkowymi zadaniami CLOR w projekcie była współpraca przy organizacji seminarium dot. metod wzorcowania oraz opracowanie przewodnika dotyczącego wzorcowania instrumentów radonowych. Więcej szczegółów na stronie projektu [www.metroradon.eu](http://www.metroradon.eu)

---

# Sprawozdanie z seminarium „Doskonalenie systemów zarządzania w świetle norm ISO”.

---

A. Kudynowska

W dniu 29.03.2020 r. odbyło się seminarium pt. "Doskonalenie systemów zarządzania w świetle norm ISO". Temat został zreferowany przez Panią Alicję Kudynowską, wg następujących zagadnień:

1. Model systemu zarządzania jakością wg normy PN-EN ISO 9001:2009
  2. Ciągłe doskonalenie według norm serii 9000
  3. Elementy doskonalenia systemu
  4. Korzyści z ciągłego doskonalenia
  5. Podejmowanie decyzji na podstawie faktów
  6. Wybrane metody i instrumenty doskonalenia
  7. CYKL DEMINGA
  8. Doskonalenie- metoda KAIZEN (schemat)
  9. KAIZEN – definicja
  10. Schemat powiązań narzędzi i metod wykorzystywanych w doskonaleniu
  11. Analiza FMEA
  12. Etapy tworzenia analizy „5why”
  13. Przykład prostej analizy „5why”
  14. Nie zostawiaj na jutro tego co możesz zrobić dzisiaj
- Referująca przekazała, że fundamentem powstania każdej normy ISO jest norma ISO 9000 „System zarządzania jakością” a co za tym idzie każda zmiana merytoryczna w tej normie skutkuje zmianą w każdej normie ISO w zakresie zagadnień ogólnych zarządzania jakością – dotyczy to również normy ISO/IEC 17025:2018-02, obowiązującej laboratoria wzorcujące.
- Według norm serii 9000 ciągłe doskonalenie są to "powtarzające się działania mające na celu zwiększenie zdolności do spełniania wymagań".
- Nieustannym celem każdej firmy czy organizacji powinno być ciągłe doskonalenie wszystkich działań i procesów.
- Idąc dalej za normą, można wyznaczyć elementy, dzięki którym organizacje mogą doskonalić skuteczność wdrożonego systemu zarządzania.

Należą do nich: polityka jakości, cele organizacji, analiza danych, wyniki audytów, działania korygujące, działania odnoszące się do ryzyk i szans, przeglądy zarządzania.

Prowadzenie zasady ciągłego doskonalenia umożliwia zwiększenie konkurencyjności firmy poprzez: udoskonalenie jej możliwości organizacyjnych, powiązanie działalności usprawniających na różnych poziomach organizacji ze strategicznymi potrzebami organizacji, szybkie i elastyczne reagowanie na pojawiające się szanse i możliwości.

Ciągłe doskonalenie to nie tylko polepszać, ale także utrzymywać na jednym, wysokim poziomie, czyli nie pogarszać.

Ciągłe doskonalenie umożliwia nie tylko poprawę i udoskonalenie istniejących już procesów, ale także wprowadzenie nowych, które usprawnią pracę firmy, oraz pozwolą na osiągnięcie wyższej jakości.

Ciągłe doskonalenie zapewnia przyszłość firmie czy organizacji, pozwala na usprawnienie istniejących już procesów, lub wprowadzenie nowych, umożliwia prężny rozwój firmy, a także osiągnięcie wcześniej założonych celów.

Zaleca się aby decyzje w organizacji były podejmowane na podstawie faktów. Wytyczna ta wskazuje na konieczność koncentracji na faktach, danych, wynikach pomiaru i innych metodach umożliwiających podjęcie trafnych decyzji z punktu widzenia dobra organizacji.

Rzeczowe podejście do podejmowania decyzji wymaga: systematycznego zbierania informacji, przetwarzania uzyskanych danych za pomocą uznanych i wiarygodnych metod, przekazywania uzyskiwanych wyników właściwym adresatom, podejmowania przez zainteresowanych stosownych decyzji.

Duże koncerny, korporacje i przedsiębiorstwa korzystają z wielu metod i narzędzi służących do doskonalenia procesów. Odbywa się to przy pomocy między innymi

metod FMEA, z zastosowaniem Koła Deminga zwanym również Kołem Doskonalenia, czy metod Keizen.

Bardzo popularną koncepcją doskonalenia jest KOŁO DEMINGA. Zgodnie z tą koncepcją ciągłe doskonalenie przebiega w kilku logicznie następujących po sobie etapach, są to: planowanie, wykonanie, sprawdzenie działanie/usprawnianie (ang. Plan – Do – Check – Act).

Z kolei wielkie zakłady przemysłu samochodowego skoncentrowały się na metodzie KAIZEN. Kaizen to podejście do ciągłej, stopniowej poprawy, pochodzi z Japonii, a słowo to oznacza zmianę na dobre (kai - zmiana, zen- na dobre).

Zawsze jest miejsce na drobne ulepszenia, podważenie status quo oraz dostrojenie procesów i praktyki na co dzień. W rzeczywistości każdego dnia coś robimy, nie nazywając tego „zmianą”, a nawet „ciągłą poprawą”.

Z kolei analiza FMEA jest niezastąpiona w kontekście spełnienia wymagań zawartych w Normie ISO 9001:2015 – działania odnoszące się do ryzyka i szans. Norma ta narzuca obowiązek oceny ryzyka w poszczególnych procesach realizowanych w przedsiębiorstwie. Wspomniany punkt normy może zostać spełniony stosując inne narzędzia niż FMEA, lecz należy mieć na uwadze fakt, iż FMEA jest najskuteczniejszą i stosunkowo nieskomplikowaną metodą analizy ryzyka.

Następnie omówiona została metoda „5WHY” – metoda definiowania problemu i szukania przyczyny źródłowej. Jest prostym narzędziem służącym do analizy przyczyn występowania problemów i stwierdzonych uchybień oraz ich źródeł. Prezentuje w sposób graficzny przyczyny występowania niezgodności, pozwala dogłębnie zbadać analizowany problem oraz odnaleźć źródło jego występowania poprzez zadanie zwykle pięciu pytań „dlaczego?”

Żeby bliżej pokazać jak to działa w praktyce, referująca przedstawiła etapy tworzenia analizy „5WHY”. Odnosi się to do zdefiniowania problemu, zadania pytania DLACZEGO? występuje problem, sporządzenia listy przyczyn problemu głównego do zadanego pytania DLACZEGO?, zadanie kolejnych pytań DLACZEGO? dla każdego stwierdzenia, ponowna analiza diagramu celem określenia najważniejszych przyczyn problemu głównego. Wszystkie wymienione metody i narzędzia zostały zaprezentowane na schematach.

Została również przytoczona treść koncepcji/filozofii życiowej, która wielokrotnie przekłada się na sukces jednostek a co tym idzie i firm.

NIE ZOSTAWIAJ NA JUTRO TEGO CO MOŻESZ ZROBIĆ DZISIAJ.

Kilkaset lat temu, Benjamin Franklin (człowiek, który wynalazł elektryczność) podzielił się ze światem sekretem swojego sukcesu. Nigdy nie zostawiaj na jutro tego, co masz zrobić dzisiaj, powiedział.

Ale jak się okazuje filozofia ta była znana już przed naszą erą. Abraham (żył ok. II tysiąclecia p.n.e.) powiedział „Nie pozwól, by choć jedna okazja wymknęła Ci się z rąk. Skoro wiesz, że możesz to zrobić dzisiaj, dlaczego miałbyś czekać na jutro? Nikt nie widział „jutra”.

Z kolei, z wielu opracowań można się dowiedzieć, że system zarządzania jakością też ma bardzo stare korzenie – zapisy potwierdzają, że był stosowany przez Egipcjan już przy budowie piramid

(z pewnością miał inną nazwę ale wszystkie procesy tejże działalności pozwalają tak go sklasyfikować).

# Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2020 r.

Ł. Modzelewski, Ł. Mazur, A. Jakubowska, A. Kudynowska

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 roku. W 2003 roku Laboratorium uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wzorcowania wykonywane są zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2019.

Kluczowym zadaniem LWPDiR jest wzorcowanie dawkomierzy z komorami jonizacyjnymi, mierników mocy dawki i dawki promieniowania jonizującego, mierników powierzchniowych skażeń promieniotwórczych alfa oraz beta oraz działalności w zakresie ekspozycji wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu oraz wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia radonu i stężenia energii potencjalnej, a produktów rozpadu radonu. Laboratorium prowadzi również prace w zakresie napromieniania wzorcowymi dawkami dawkomierzy pasywnych.

Jest to jedyne w Polsce laboratorium z tak szeroką ofertą pomiarową- akredytowanych jest sześć metod wzorcowania:

- stanowisko kalibracyjne gamma wyposażone w trzy źródła promieniotwórcze ameryk-<sup>241</sup>Am, cez-<sup>137</sup>Cs oraz kobalt-<sup>60</sup>Co, odpowiednio o energii 59,5 keV, 662 keV oraz 1250 keV,
- stanowisk kalibracyjne RTG, umożliwiające wzorcowanie w zakresie widm wąskich N-40 do N-300 (energii od 33 do 250 keV),
- stanowisko kalibracyjne skażeń powierzchniowych wyposażone w trzy źródła betapromieniotwórcze węgiel-<sup>14</sup>C, stront-<sup>90</sup>Sr,

chlor-<sup>36</sup>Cl i jedno alfa-promieniotwórcze- ameryk-<sup>241</sup>Am,

- stanowisko kalibracyjne beta- jedyne w Polsce, umożliwia wzorcowanie przyrządów w wiązce promieniowania beta od źródeł stront-<sup>90</sup>Sr lub krypton-<sup>85</sup>Kr,
- stanowisko kalibracyjne neutronowe wyposażone w źródło ameryk-241/beryl,
- stanowisko kalibracyjne radonowe- wyposażone w komorę radonową o objętości 12 m<sup>3</sup>, dwa źródła radu-<sup>226</sup>Ra.

Dzięki tak szerokiej ofercie pomiarowej istnieje możliwość doboru zakresu wzorcowania bardzo dobrze dopasowanego do indywidualnych potrzeb i wymagań klientów.

W 2020 roku do laboratorium wpłynęło 1315 zleceń wzorcowania, wykonano:

- 1014 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 568 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 223 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 18 wzorcowań na stanowisku radonowym,
- 20 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- 1 wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta.
- 29 protokołów niezdatności

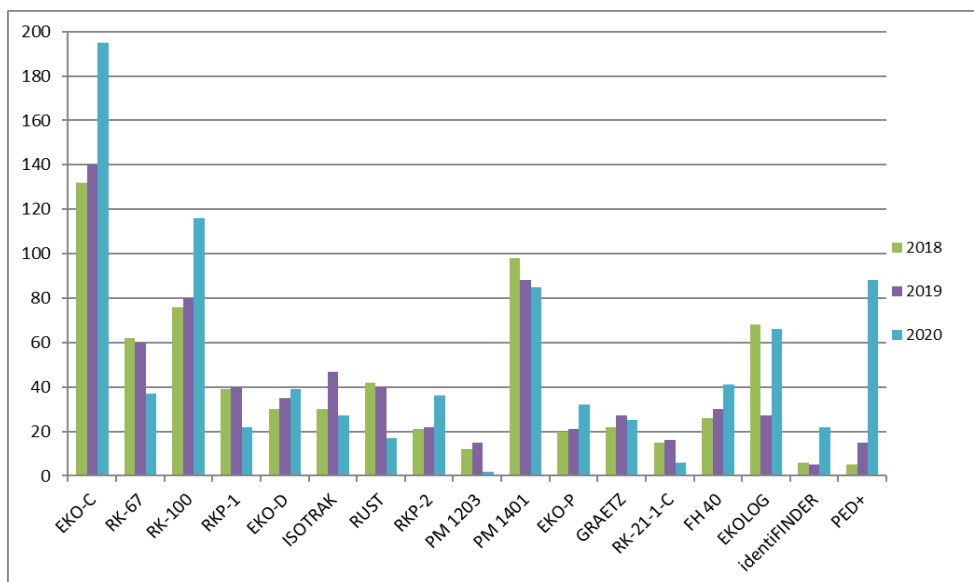
Liczbę przeprowadzonych wzorcowań na danych stanowiskach kalibracyjnych przedstawia wykres kołowy na Rysunku 1.



Rysunek 1. Wzorcowania wykonane w 2020 r. w LWPDiR

W 2020 roku najczęściej wzorcowanymi przyrządami były kolejno EKO-C, PED+ oraz RK-100. Należy zaznaczyć, że są to przyrządy polskiej produkcji służące do pomiaru mocy dawki promieniowania gamma i X, dodatkowo w przypadku EKO-C i RK-100 istnieje możliwość pomiarów

skażeń promieniotwórczych emiterami alfa i beta. Zestawienie najczęściej wzorcowanych typów przyrządów na przestrzeni ostatnich trzech lat przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 2. Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2018 ÷ 2020 r.)

---

# Działalność służby dozymetrycznej CLOR w ramach umowy zawartej z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki

---

*Ł. Modzelewski*

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej zawarło umowę na okres od 01.06.2020 do 31.05.2021 roku z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki zobowiązującą ekipę dozymetryczną do wyjazdu na polecenie dyżurnego Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych w celu prowadzenia działań i pomiarów na miejscu zdarzenia radiacyjnego oraz dokonywania oznaczeń laboratoryjnych, służących ocenie zagrożenia spowodowanego tym zdarzeniem. Ekipy dozymetryczne CLOR składają się z 5 zespołów po 2 osoby w każdym i pełnią 12 godzinne dyżury.

Zobowiązania wynikające z podpisanej umowy:

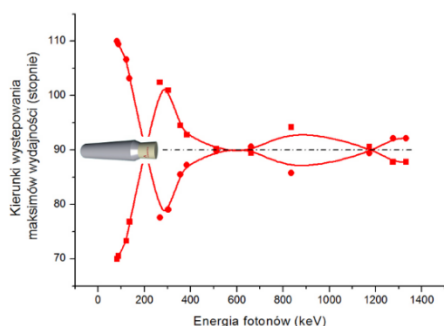
- Zapewnienie gotowości wyjazdu ekipy dozymetrycznej na miejsce zdarzenia radiacyjnego w czasie nie dłuższym niż 3 godziny od chwili otrzymania polecenia wyjazdu od dyżurnego CEZAR,
- Zapewnienie utrzymania (z wykorzystaniem własnych środków technicznych) całodobowej łączności telefonicznej pomiędzy dyżurnym CEZAR a Wykonawcą,
- Przeprowadzenie na miejscu zdarzenia z wykorzystaniem przenośnej aparatury pomiarów umożliwiających:
  - określenie wartości przestrzennego równoważnika dawki prom. gamma
  - określenie powierzchniowych skażeń prom. od izotopów alfa, beta, gamma
  - wykrycie izotopowych źródeł neutronowych
  - wykrycie i wstępną identyfikację izotopów promieniotwórczych oraz materiałów jądrowych,
- Współdziałanie z dyżurnym CEZAR oraz z innymi służbami działającymi na miejscu zdarzenia w tym z organami ścigania,
- Wykonywanie dokumentacji fotograficznej miejsca zdarzenia oraz zabezpieczonych materiałów jądrowych, źródeł i odpadów promieniotwórczych,
- Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych oznaczeń ilościowych i jakościowych izotopów promieniotwórczych w pobranych próbkach przy wykorzystaniu metod spektrometrycznych lub przy zastosowaniu metod radiochemicznych,
- Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych określeń procentowego składu izotopowego materiałów jądrowych pochodzących z miejsca zdarzenia radiacyjnego,
- Sporządzanie raportów z wyjazdów ekip dozymetrycznych w terminie do 2 dni od zakończeniu działań na miejscu zdarzenia radiacyjnego,
- Przygotowywanie comiesięcznych sprawozdań dotyczących wywiązywania się z zawartej umowy w formie pisemnej w terminie do 10-ego dnia następnego miesiąca,
- Przeprowadzenie instruktażu teoretycznego i praktycznego związanego z działalnością ekipy dozymetrycznej dla 20 osób wyznaczonych przez Dyrektora Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych ,
- Uczestnictwo na polecenie Prezesa PAA w ćwiczeniach związanych z reagowaniem na zdarzenia radiacyjne.

Ekipa dozymetryczna Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej do obecnej chwili otrzymała 6 poleceń wyjazdów i prowadzenia działań na miejscach zdarzeń radiacyjnych zlokalizowanych na terenie kraju.

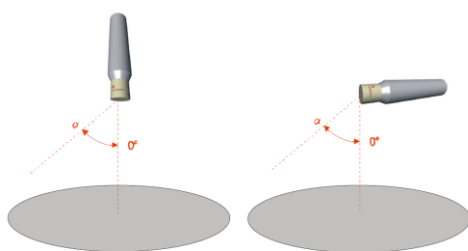
# Ocena przydatności do monitoringu radiacyjnego środowiska sondy scyntylacyjnej z detektorem LaBr<sub>3</sub>(Ce)

Ł. Modzelewski, Ł. Mazur, B. Kliś, S. Jednoróg

Prace wykonane w CLOR [1],[2],[3] dowiodły, że w badaniach środowiskowych występują pewne uprzywilejowane kierunki oraz energie fotonów powodujące lokalne ekstrema funkcji wydajności rejestracji fotonów (Rysunek 1). To natchnęło do zbadania czy powszechne stosowanie do monitoringu orientacji pionowej detektora jest uzasadnione (Rysunek 2).



**Rysunek 1** Rozkład kątowy maksymalnych wydajności rejestracji fotonów docierających do detektora LaBr<sub>3</sub>(Ce) zorientowanego wertykalnie do powierzchni ziemi.



**Rysunek 2** Skrajne orientacje detektora: wertykalna (po lewej) i horyzontalna (po prawej). Szare koła - powierzchnia ziemi. Kąt alfa - kierunek promieniowania docierającego do detektora.

Wydajność rejestracji fotonów docierających do detektora opisuje Wzór 1

, gdzie: R-częstość zliczeń pod pikiem całkowitego pochłaniania energii [1/s], S-aktywność źródła [Bq], P<sub>v</sub> abundancja rozpatrywanego przejścia o energii

fotonów E [keV]. Jedną z możliwych reprezentacji algebraicznych funkcji wydajności jest wielomian logarytmiczny, który przedstawia Wzór 2, gdzie A<sub>i</sub> oznacza współczynnik dopasowania.

$$eff(E) = \frac{R}{S \cdot P_v}$$

**Wzór 1**

$$eff(E) = \sum_i^n A_i \cdot \ln(E)^i$$

**Wzór 2**

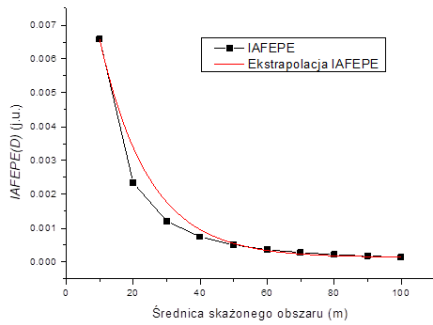
Wydajność rejestracji zawsze oznacza ang.: Absolute Full Energy Peak Efficiency (AFEPE). Miarą sprawności rejestracji fotonów czyli wydajnością geometryczną jest wydajność scałkowana ang.: Integrated AFEPE- IAFEPE, którą wyznacza Wzór 3:

$$IAFEPE = \int_{E_{min}}^{E_{max}} eff(E) dE$$

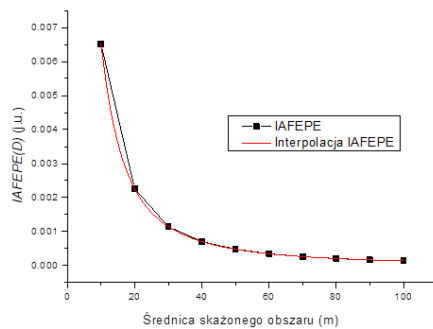
**Wzór 3**

Porównanie sprawności rejestracji fotonów przy orientacji wertykalnej i horyzontalnej detektora względem ziemi może odbyć się poprzez badanie przebiegu zmienności IAFEPE w zależności od średnicy powierzchni, z której dociera promieniowanie.

Oznacza to badanie ciągu, którego elementami są całki oznaczone z funkcji wydajności dla kolejnych skażonych powierzchni d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub>,...,d<sub>n</sub>, przy obydwu orientacjach detektora. Badanie to przedstawiają kolejno Rysunek 3 i Rysunek 4. Przebiegi zmienności IAFEPE w funkcji średnicy skażonej powierzchni jest porównywalny dla obu orientacji. Obie z dyskutowanych funkcji posiadają granicę. Oznacza to, że żadna z orientacji nie jest skutkującej wydajniejszą rejestracją fotonów.

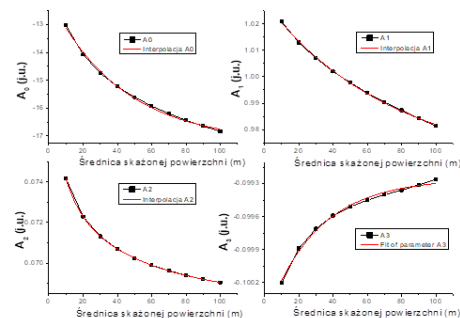


**Rysunek 3** Wartości IAFEPE (czarne kwadraty) dla poziomo zorientowanego *in-situ* detektora i ich analityczna reprezentacja (czerwona krzywa), gdzie j.u. jednostki umowne.

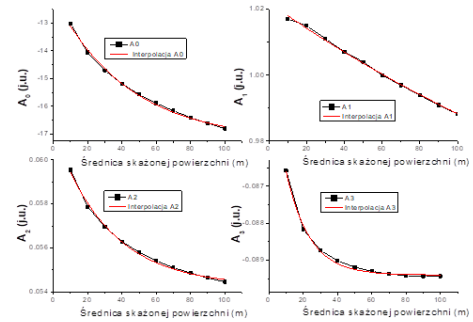


**Rysunek 4** Wartości IAFEPE (czarne kwadraty) dla pionowo zorientowanego *in-situ* detektora i ich analityczna reprezentacja (czerwona krzywa).

Następnie przebadano przebieg zmienności funkcji analitycznej będącej reprezentacją wydajności rejestracji fotonów dla obu orientacji detektora. W szczególności zbadano przebieg zmienności współczynników wielomianu logarymicznego w funkcji zmieniającej się średnicy skażonej powierzchni.



**Rysunek 5** Przebieg zmienności współczynników funkcji wydajności  $A_0 \div A_3$  dla orientacji poziomej detektora *in-situ*. Wyznaczając wartość graniczną każdego ze współczynników funkcji wyznaczoną uniwersalną krzywą wydajności rejestracji fotonów i poddaną ją testowi IAFEPE.



**Rysunek 6** Przebieg zmienności współczynników funkcji wydajności  $A_0 \div A_3$  dla orientacji pionowej detektora *in-situ*. Wyznaczając wartość graniczną każdego ze współczynników funkcji wyznaczoną uniwersalną krzywą wydajności rejestracji fotonów i poddaną ją testowi IAFEPE.

Dla detektora zorientowanego wertykalnie wartości współczynników funkcji opisanej kalibrację wydajnościową (Wzór 2) wyniosły odpowiednio:  $A_0 = -17,23 \pm 0,13$ ;  $A_1 = 0,92 \pm 0,01$ ;  $A_2 = 0,054 \pm 0,0002$ ; i  $A_3 = -0,089 \pm 0,00002$ . Dla detektora umieszczonego poziomo wartości te wyniosły odpowiednio:  $A_0 = -17,25 \pm 0,13$ ;  $A_1 = 0,97 \pm 0,002$ ;  $A_2 = 0,068 \pm 0,00007$ ; i  $A_3 = -0,099 \pm 0,00002$ .

W celu oszacowania, która z opisanych geometrii pomiarowych: z detektorem umieszczonym wertykalnie czy poziomo, jest lepsza wartości wymienionych powyżej współczynników wstawiono do funkcji opisujących wydajność i scałkowano je. Obliczone w ten sposób wartości IAFEPE wynoszą odpowiednio: dla detektora zorientowanego poziomo  $(9,13 \pm 1,14) \cdot 10^{-5}$ , oraz dla detektora zorientowanego wertykalnie  $(8,97 \pm 1,23) \cdot 10^{-5}$ . Nie ma więc statystycznie znaczących różnic między jedną a drugą orientacją detektora.

#### Referencje:

- [1] Jednorog S, et al. Calibration of the angular energy efficiency of an in situ spectrometer based on a LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector, J Radioanal Nucl Chem DOI 10.1007/s10967-014-3444-z
- [2] Ciupek K, et al. Evaluation of efficiency for in situ gamma spectrometer based upon LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector dedicated for environmental radiation monitoring, J Radioanal Nucl Chem DOI 10.1007/s10967-013-2906-z
- [3] Jednorog S. et al. Dependence of photon registration efficiency on LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector orientation for in-situ radionuclide monitoring (w przygotowaniu do druku)



---

# Opracowanie studium wykonalności projektu neutronowej dozymetrii indywidualnej.

---

*Ł. Modzelewski*

Metrologia neutronów to dziedzina nauki, która zajmuje się wykonywaniem pomiarów natężenia pól neutronowych w zakresach energii obejmujących kilkanaście rzędów wielkości i intensywnościach obejmujących do dwudziestu rzędów wielkości. Istotą metrologii neutronów jest oszacowanie ilości neutronów wyemitowanych ze źródła i przechodzących przez pewną określoną powierzchnię (fluencja). W celu zapewnienia zgodności ze standardami (normami) stosowanymi przez różnych użytkowników wielkości te podlegają pomiarowi, a następnie walidacji. To wszystko służy poznaniu charakterystyki pola neutronów co za tym idzie wymaga również znajomości widma energetycznego neutronów. Szeroki zakres energii, dla którego konieczne jest zdefiniowanie standardów fluencji neutronów i równoważników dawek, można podzielić na następujące obszary: termiczny,  $1/E$ , neutronów prędkich i wysokich energii. Problematyka związana z metrologią neutronów łączy w sobie: wielkości podlegające mierzeniu i ich związki, jednostki do ich pomiaru, techniki wytwarzania i pomiaru standardowych pól neutronowych oraz niepewność pomiarów.

Poza artykułami i publikacjami zajmującymi się problematyką metrologii neutronów, ważną rolę odgrywają normy międzynarodowe, które opisują wytwarzanie pól neutronów służących kalibracji oraz testowaniu przyrządów pomiarowych. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) wdrożyła standardy opisujące jak należy wytwarzać pola neutronowe, jak należy te pola standaryzować i używać do celów kalibracji. Normy te były kilkakrotnie aktualizowane i rozszerzane. Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (IEC) określiła normatywy opisujące metody testowania urządzeń związanych z ochroną radiologiczną dotyczące urządzeń pomiarowych i dozymetrów osobistych. Normatywy te obejmują metody standaryzacji i kalibracji.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono przyrządy i opisano metody służące do pomiarów neutronów z

podziałem na metody spektrometryczne oraz metody służące do pomiaru fluencji neutronów i metody pasywne. Do celów kalibracji przyrządów potrzebne są standardowe pola neutronów umożliwiające dokonywanie pomiarów przy wszystkich energiach. Sposób, w jaki neutrony oddziałują z materią, zależy od ich energii. Wychwył neutronów ( $n, \gamma$ ) zachodzi głównie przy niskich energiach, podczas gdy cały szereg reakcji jądrowych obejmujący ( $n, p$ ), ( $n, \alpha$ ) i reakcje spalacyjne ( $p, n, n, n, \dots$ ) występuje przy wyższych energiach. Rozpraszanie neutronów ( $n, n'$ ) występuje przy wszystkich energiach. Ta różnorodność reakcji powoduje, że wraz ze zmianą energii neutronów i materiałów, z którymi one oddziałują stosować należy inny element czuły detektora. Metrologia neutronów obejmuje zatem szeroki zakres stosowanych przyrządów pomiarowych. Niekiedy posługujemy się metodami pasywnymi, w których nie wytwarzany jest sygnał elektryczny. Pomiar rozkładu neutronów zarówno względem ich energii jak i kierunku są zadaniem niezwykle trudnym i do chwili obecnej nie znaleziono jeszcze satysfakcjonujących metod ich realizacji.

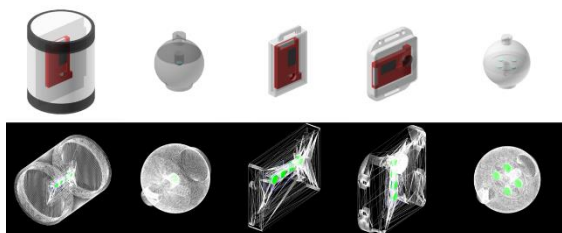
Metrologia neutronów wykorzystywana jest w różnych dziedzinach choćby ochronie radiologicznej, dozymetrii stanów krytycznych, sterowaniu reaktorami jądrowymi oraz dostarczaniu danych wejściowych do projektowania. Jedną z najważniejszych innowacji w metrologii neutronów w ostatnich latach było wykorzystanie kodów transportu neutronów. Obliczenia transportu promieniowania posiadają długą historię i istotne znaczenie w zrozumieniu stanów obejmujących stosowanie wszystkich rodzajów promieniowania. Ostatnie najistotniejsze zmiany są związane z powszechną dostępnością kodów, łatwością w użyciu i swobodnym dostępem. Zazwyczaj są to kody oparte o metodę Monte Carlo, takie jak MCNP (ang.: Monte Carlo N-particles). Pojawiły się także trójwymiarowe, dyskretne kody deterministyczne takie jak Attila.

# Wykorzystanie symulacji GEANT4 w infrastrukturze chmurowej do badania obudów TLD

B. Kliś

Na potrzeby projektu Preparedness zostały wykonane symulacje metodą Monte Carlo stosując narzędzia GEANT4 oraz chmurę Microsoft Azure. Miały one na celu ustalenie charakterystyk kątowych obudów dla detektorów termoluminescencyjnych (TLD) stosowanych do pomiarów środowiskowych.

Prace skupiły się na opracowaniu kodu symulacji oraz jego przystosowania do uruchomienia w centrach obliczeniowych udostępnionych przez firmę Microsoft. Kod symulacji został sparametryzowany, a danymi wejściowymi były: 4 różne typy źródeł promieniowania, 5 typów obudów oraz 5 kątów napromieniania. Poniżej przedstawiono geometrie obudów użytych w symulacjach:



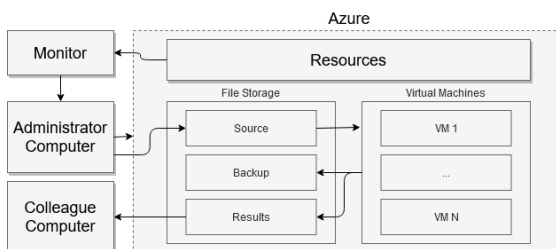
Rysunek 1 Geometrie obudów TLD

Obliczenia zostały w pełni zautomatyzowane aby możliwe było wykonanie 100 różnych obliczeń, realizujących wszystkie wartości zadanych parametrów przy liczbie 10 mld historii fotonów dla każdej z symulacji. Do wykonania obliczeń wykorzystano maszyny zoptymalizowane obliczeniowo korzystające z wielu procesorów Intel Xeon Platinum 8168 (Skylake). Dzięki dynamicznej dystrybucji zadań, poszczególne problemy były uruchamiane w 19 różnych lokalizacjach geograficznych na całym świecie. Poniżej przedstawiono lokalizacje niektórych z nich:

Nazwa	Typ zasobu	Lokalizacja
Maszynka5	Virtual machine	East US 2
Maszynka38	Virtual machine	Germany West Central
Maszynka35	Virtual machine	Switzerland North
Maszynka27	Virtual machine	France Central
Maszynka25	Virtual machine	Korea Central
Maszynka24	Virtual machine	West US 2
Maszynka21	Virtual machine	UK South

Rysunek 1 Lokalizacje niektórych z maszyn wirtualnych

Wyniki poszczególnych symulacji były automatycznie formatowane i zbierane w jednej lokalizacji przechowywania plików. Dzięki czemu możliwe było uzyskanie wyników w wyjątkowo szybkim czasie zachowując przy tym dużą dokładność przeprowadzonych symulacji. Poniżej przedstawiono architekturę rozwiązania chmurowego, które zostało wykorzystane w omawianych pracach:



Rysunek 2 Zasoby chmurowe

W celu zautomatyzowania procesu zarządzania zasobami stworzono skrypty i programy korzystające między innymi z Azure CLI. Pozwoliły one na zdalne alokowanie i dealokowanie zasobów, przeprowadzanie symulacji (modyfikacja kodu symulacji, automatyczna kompilacja, uruchomienie), informowanie o statusie maszyn (np. zużycie CPU). Zadaniem stworzonych skryptów było zoptymalizowanie procesu przeprowadzania obliczeń tak aby czas maszyn był jak najlepiej wykorzystany (pełne obciążenie dostępnych CPU). Poniżej przedstawiono średnie zużycie CPU niektórych z wykorzystywanych maszyn:

RESOURCE	Avg ↑↓
Maszynka38	99.24 %
Maszynka12	99.85 %
Maszynka4	99.86 %
Maszynka14	99.87 %
Maszynka13	99.87 %
Maszynka10	99.87 %
Maszynka8	99.87 %
Maszynka3	99.87 %

Rysunek 3 Średnie zużycie CPU maszyn wirtualnych

Dzięki zastosowaniu szerokiej automatyzacji obliczeń, średnie wykorzystanie CPU zaalokowanych maszyn nie było niższe niż 99% przez większość czasu pracy. Jest to istotna kwestia przy korzystaniu z zasobów chmurowych ponieważ koszty wynikają głównie z czasu gdy zasoby są zaalokowane.

Przeprowadzone prace wskazują na spore możliwości wykorzystania w pracach naukowych technologii chmurowej. Wykorzystanie chmury zdejmuje z naukowca konieczność posiadania własnej infrastruktury obliczeniowej przy czym praktycznie nie ogranicza go pod kątem zapotrzebowania na moc obliczeniową. Obliczenia mogą być wykonane szybko i praktycznie w dowolnie dużej skali, stosownie do potrzeb i budżetu. Dostępna obecnie infrastruktura chmurowa oraz ta powstająca na świecie, a także w Polsce (np. Azure Region Poland Central) przedstawia coraz większy potencjał do wykorzystania dla potrzeb nauki.

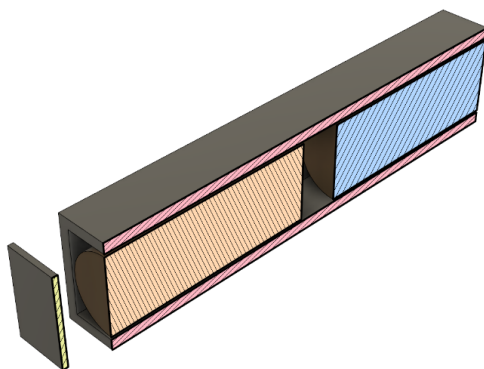
Przedstawione prace naukowe były wykonane dzięki udzieleniu przez firmę Microsoft Polska dostępu sponsorowanego do zasobów chmury Microsoft Azure.

# Zaprojektowanie i opracowanie urządzenia do obrazowej rejestracji promieniowania gamma

B. Kliś

Celem pracy było wykonanie prototypu urządzenia zdolnego do rejestracji promieniowania gamma i jego wizualizacji. Urządzenie miało mieć na celu określenie lokalizacji źródeł promieniotwórczych w pomieszczeniach lub w terenie oraz jakościowej oceny aktywności wykrytych źródeł. Prace były kontynuacją badań z roku 2019 i miały na celu dokończenie systemów elektronicznych i oprogramowania.

Prace badawcze skupione były na wykonaniu elektroniki detekcyjnej, drobnych elementów mechanicznych oraz oprogramowania. W ramach prac wykonano koincydencyjny układ liczników Geigera-Müllera wraz z kolimatorem promieniowania. Poniższa grafika przedstawia układ detekcyjny:



Rysunek 1 Układ detekcyjny

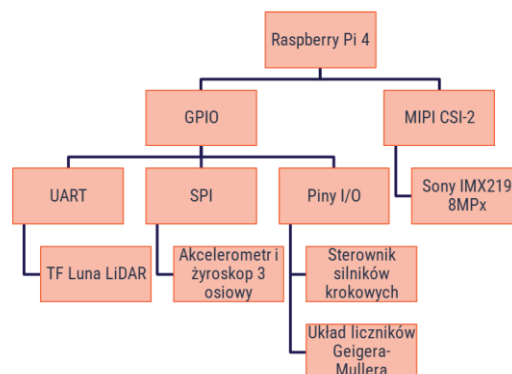
Wewnątrz przedstawionego układu znajdują się dwa detektory LND 712, osłonięte są kolimatorem z 2mm stali. Układ detekcyjny umieszczony jest w obudowie urządzenia wraz z kamerą optyczną, systemem LiDAR oraz pozostałą elektroniką.

Konstrukcję kamery przedstawia poniższa grafika:



Rysunek 2 Wizualizacje projektu kamery

Kluczowym elementem systemu jest komputer Raspberry Pi 4 który odpowiada za pracę całego urządzenia, steruje silnikami, rejestruje obraz z kamery optycznej, zliczenia z układu detekcyjnego, wykonuje pomiary odległości za pomocą LiDAR oraz przetwarza informacje. Poniżej przedstawiona jest architektura rozwiązania:



Rysunek 3 Architektura rozwiązania

Kolejnym elementem stworzonego rozwiązania jest oprogramowanie, które przetwarza wszystkie informacje pochodzące od układów urządzenia. Pozwala ono na zbieranie zliczeń fotonów gamma przychodzących do urządzenia w zależności od ustawienia w przestrzeni układu detekcyjnego. Ponadto możliwa jest wizualizacja danych w przestrzeni wokół urządzenia. Poniżej przedstawione jest opracowane urządzenie:



Rysunek 4 Opracowany prototyp

W ramach prac przeprowadzono testy urządzenia potwierdzające prawidłowe działanie wszystkich układów a także opracowano metody komunikacji zdalnej i sterowania nimi z poziomu systemu operacyjnego.

Przewidywane są dalsze prace nad oprogramowaniem oraz jego optymalizacją i wykorzystaniem uczenia maszynowego.

---

# Badanie czynników wpływających na zmianę właściwości detektorów śladowych CR39

---

*M. Norenberg, K. Wołoszczuk*

Celem niniejszych badań jest wyznaczenie czynników wpływających na pomiar stężenia aktywności radonu ( $^{222}\text{Rn}$ ) przy użyciu detektorów śladowych CR39. Podstawą do realizacji założonego celu jest wyznaczenie liniowości, a więc wykonanie szeregu ekspozycji detektorów w różnych wzorcowych stężeniach aktywności radonu, przy jednakowym czasie ekspozycji. Wyznaczone wartości współczynników kalibracji dla eksponowanych detektorów stanowią odniesienie dla dalszych eksperymentów uwzględniających różne czynniki potencjalnie wpływające na pomiar.

Będące obiektem badań radonowe detektory śladowe składają się z komory dyfuzyjnej, do której dyfunduje powietrze z otoczenia. Na dnie pojemnika umieszczona jest folia CR39 (poliwęglan allilo diglikolowy PADC). Cząstki  $\alpha$  przenikając przez folię uszkadzają wiązania chemiczne, tworząc niewidoczny tor utajony. W wyniku wytrawienia chemicznego tor utajony staje się widoczny pod mikroskopem. Gęstość takich śladów, zliczana pod mikroskopem, odpowiada liczbie cząstek  $\alpha$ , które je wytworzyły i jest proporcjonalna do stężenia aktywności radonu w badanym powietrzu oraz czasu ekspozycji. Do odczytu detektorów wykorzystano automatyczny system Politrack. W celu określenia wartości ekspozycji układ odczytu musi być uprzednio wykalibrowany przy użyciu detektorów eksponowanych w referencyjnym stężeniu aktywności radonu. W wyniku kalibracji otrzymuje się współczynnik kalibracji  $w_k$ , który przyporządkowuje zmierzoną gęstość śladów  $N$  scałkowanemu po czasie stężeniu aktywności radonu  $\text{Exp}_{\text{Rn}}$  (1):

$$w_k = \frac{\text{Exp}_{\text{Rn}}}{N} \left[ \frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}} \right] \quad (1)$$

Dotychczasowe pomiary zostały przeprowadzone w radonowej komorze kalibracyjnej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Pomiary stężenia aktywności radonu oraz warunków środowiskowych zrealizowano przy użyciu przyrządu AlphaGuard DF 2000. Urządzenie posiada komorę jonizacyjną do której wnika powietrze przechodząc po drodze przez filtr odcinający aerozole oraz częściowo toron. Promieniowanie  $\alpha$  emitowane przez radon i pochodne jonizują powietrze generując w polu elektrycznym komory prąd, którego natężenie jest proporcjonalne do liczby cząstek  $\alpha$ , a przez to do stężenia radonu.

Wytrawianie eksponowanych detektorów przeprowadzono w stalowej wannie wyposażonej w termostat, w stężonej zasadzie sodowej.

W trakcie dotychczasowych badań wyznaczono zależność współczynnika kalibracji od wartości ekspozycji dla 5 referencyjnych stężeń aktywności radonu. Powyższe pomiary są kluczowe dla realizacji założonego celu, ponieważ stanowią odniesienie dla współczynników kalibracji wyznaczonych w późniejszych etapach badań. Czas wszystkich ekspozycji wykonanych w ramach wyznaczania liniowości detektorów był jednakowy i wyniósł 100 godzin. Za każdym razem eksponowano po 10 detektorów pochodzących z tej samej serii. Wszystkie ekspozycje wykonano w podobnych warunkach środowiskowych. Po zakończeniu ekspozycji wszystkie detektory zostały wytrawione w tych samych warunkach. Tło wyznaczono trawiąc i odczytując 5 nieeksponowanych wcześniej detektorów, pochodzących z tej samej serii. W celu poprawienia dokładności pomiarów każdy detektor biorący udział w eksperymencie został odczytany pięciokrotnie. Wartości wzorcowe ekspozycji, średnie gęstości śladów oraz obliczone współczynniki kalibracji wraz z niepewnościami przedstawiono w Tabeli 1. Wykres 1 obrazuje zależność gęstości śladów od wartości ekspozycji. Na Wykresie 2 przedstawiono zależność współczynnika kalibracji od wartości ekspozycji dla wszystkich wykonanych pomiarów.

Zrealizowano najważniejszy punkt badań – wyznaczono zależność współczynników kalibracji od wartości ekspozycji dla detektorów śladowych CR39. Wartości gęstości śladów dla detektorów eksponowanych w tym samym czasie zgadzają się w granicach niepewności, co świadczy o prawidłowym wykonaniu ekspozycji w komorze radonowej. Wyznaczona zależność gęstości śladów od ekspozycji jest zgodna z wynikami prezentowanymi w publikacjach, co świadczy o prawidłowym przebiegu badań. Wykazano, że współczynnik kalibracyjny, ustalony metodą regresji liniowej, może być wykorzystany dla

dowolnej wartości ekspozycji z zakresu badanego eksperymentalnie. Wyznaczenie zależności współczynnika od ekspozycji (gęstości śladów) wymaga dodatkowych badań. Planowane jest powtórzenie eksperymentu dla takich samych wartości ekspozycji – mniejsze stężenia w dłuższym czasie oraz większe stężenia w krótszym czasie w porównaniu do prezentowanych powyżej wyników. W ramach dalszych badań zaplanowano również wykonanie ekspozycji detektorów o wartościach odpowiadających tym uzyskanym w niniejszych badaniach przy wpływie wilgotności, temperatury oraz obecności aerozoli.

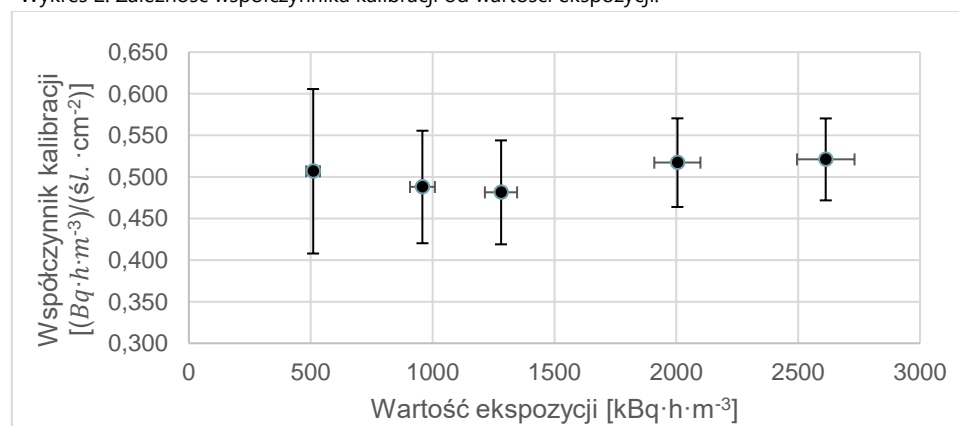
Tabela 1. Wyniki otrzymane w trakcie badań.

Numer ekspozycji	Ekspozycja [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]	Niepewność ekspozycji [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]	Średnia gęstość śladów [cm <sup>-2</sup> ]	Niepewność rozszerzona gęstości śladów [cm <sup>-2</sup> ]	Współczynnik kalibracji $\left[\frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}}\right]$	Niepewność współczynnika $\left[\frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}}\right]$
1	2614	118	5016	417	0,521	0,049
2	2005	95	3877	355	0,517	0,053
3	1281	66	2661	317	0,481	0,062
4	959	51	1965	251	0,488	0,068
5	510	28	1006	188	0,51	0,10

Wykres 1. Zależność gęstości śladów od wartości ekspozycji.



Wykres 2. Zależność współczynnika kalibracji od wartości ekspozycji.







---

# Projekt „Preparedness” – Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident

---

Z. Baranowska, K. Wołoszczuk, B. Kliś

„Preparedness” to międzynarodowy projekt badawczy, rozpoczęty 1 sierpnia 2017 r., którego czas trwania przewidziany był na 36 miesięcy. Projekt był finansowany ze środków European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) i Unii Europejskiej w ramach HORYZONT 2020. Ostatecznie zakończył się w styczniu 2021, po 6 miesięcznym przedłużeniu wynikającym z pandemii.

Cele projektu:

Stworzenie stabilnych i powtarzalnych procedur pomiaru przestrzennego równoważnika dawki za pomocą pasywnej dozymetrii w celu zharmonizowania monitorowania promieniowania w całej Europie.

Udział CLOR:

CLOR uczestniczył w pakiecie roboczym - WP4 „Passive dosimetry”. W ramach prac badawczych Aktywności 4.2 CLOR był instytucją odpowiedzialną za realizację trzech zadań, w kolejnych pięciu występował jako uczestnik.

Zadania:

**A.4.2.1** Opracowanie metody obniżenia granicy detekcji pomiarów za pomocą dozymetrów pasywnych. Analiza niepewności.

Publikacja „Study on the uncertainty of passive area dosimetry systems for environmental radiation monitoring in the framework of the EMPIR “Preparedness” project” (G. Iurlaro, et. all) w czasopiśmie Radiation Measurements (<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2021.106543>)

**A.4.2.2** Zbadanie 5 różnych typów obudów stosowanych w dozymetrii pasywnej przy użyciu min 3 różnych kątów napromieniania i 4 różnych źródeł ( $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ).

Wykonane zostały symulacje Monte Carlo dla każdego z 5 typów obudów zawierająca min 15 kombinacji kątów i źródeł promieniowania.

Plakat „Study of angular and Energy response of various TLD holders for environmental dose measurements.” IRPA15

**A.4.2.3** Zbadanie metody ekspozycji dozymetrów pasywnych. Sprawdzenie wpływu warunków otoczenia na wyniki. Opis rekomendowanych metod ekspozycji dozymetrów pasywnych w środowisku.

Aktywności od A.4.2.4 do A.4.2.7 dotyczą przeprowadzania badań na 12 systemach dozymetrycznych pochodzących od uczestników projektu „Preparedness”.

Plakat „Passive area dosimetry systems for environmental radiation monitoring in the framework of the EMPIR “Preparedness” project” ICRP 2020.

Publikacja “Investigations into the basic properties of different passive dosimetry systems used in environmental radiation monitoring in the aftermath of a nuclear or radiological event” (Z. Knežević, et. all) w czasopiśmie Radiation Measurements.

(<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2021.106615>)

**A.4.2.4** Wysłanie dozymetrów do laboratorium ENEA - przeprowadzenie badania odpowiedzi energetycznej.

**A.4.2.5** Przeprowadzenie badania odpowiedzi na promieniowanie od źródeł  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ . Napromienienia zrealizowano w CLOR.

**A.4.2.6** Wysłanie dozymetrów do laboratorium VINS - przeprowadzenie badania odpowiedzi kątowej.

**A.4.2.7** Wysłanie dozymetrów do laboratorium IRB - przeprowadzenie badania liniowości.

**A.4.2.8** Opracowywanie wyników pod kordynacją IRB.

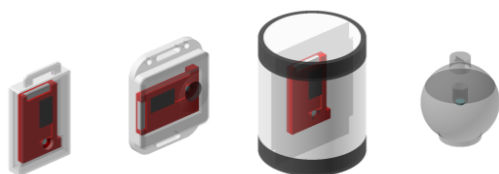
# Termoluminescencyjne dozymetry środowiskowe: projekt nowego typu obudowy oraz badania nad dostępnymi obudowami.

Z. Baranowska, B. Kliś

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów na detektorach termoluminescencyjnych w dostępnych komercyjnie obudowach, przeznaczonych do pomiaru przestrzennego równoważnika dawki  $H^*(10)$ , oraz przygotowanie projektu nowej obudowy.

Obudowy wybrane do badań:

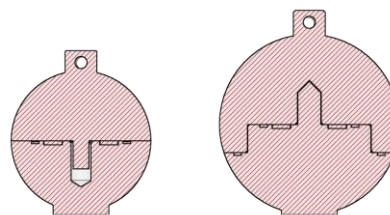
Wybrano obudowy kompatybilne ze stosowanymi w CLOR pastylkami MCN-P (Rysunek 1). Obudowy „Rados TLD badge” i „DORIS” mieszczą do 4 pastylek termoluminescencyjnych i kompatybilne są z używanym w Laboratorium czytnikiem RADOS. Obudowa Gammasphere mieści jedną pastylkę termoluminescencyjną i wymaga przełożenia jej w celu odczytu.



Rysunek 1. Komercyjnie dostępne obudowy, od lewej: Rados TLD badge, Rados TLD badge 2, Doris, Gammasphere

Projekt nowej obudowy:

Zaprojektowana została druga wersja obudowy do pomiarów środowiskowych. Obudowa mieści do 4 pastylek TL, które wymagają przełożenia do obudowy kompatybilnej z czytnikiem w celu wykonania odczytu.



Rysunek 2. Obudowy zaprojektowane w CLOR, od lewej: prototyp 1, prototyp 2

Druga wersja jest większa niż pierwszy prototyp oraz gammasphera. Posiada też dodatkowe zabezpieczenie przed wnikaniem wody. Zaprojektowana została z myślą wykonania w tej samej technologii co prototyp 1 - wykonanie na tokarce cyfrowej z użyciem materiału PMMA.

Rysunek 3. Prototyp 2, wizualizacja uszczeliek



Wykonane badania:

Wykonane w ramach zeszłorocznej realizacji tematu napromienienia komercyjnie dostępnych obudów zostały rozszerzone o symulacje Monte Carlo dla źródeł  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{241}\text{Am}$ . Symulacje przeprowadzono dla ekspozycji pod kątami  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  i  $180^\circ$ . Dodatkowo takie same symulacje przeprowadzone zostały dla zaprojektowanego prototypu.

---

## *Dział Szkolenia i Informacji*



---

# Podsumowanie prac Działu Szkolenia i Informacji w roku 2020

---

*P. Lipiński, D. Wieczorek, Z. Samborska-Zajkowska*

Dział Szkolenia i Informacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej prowadzi następujące prace:

Przygotowanie i organizacja szkoleń dla osób ubiegających się o uzyskanie uprawnień IOR-1 (IOR-1R, IOR-1Z) lub IOR-3 prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR, w tym m.in. przygotowanie programów szkolenia, przygotowanie i dystrybucja materiałów szkoleniowych, przygotowanie i przechowywanie odnośnych dokumentów, prowadzenie korespondencji z uczestnikami kursów, wykładowcami oraz jednostkami egzaminującymi.

Przygotowanie i organizacja szkoleń aktualizujących wiedzę dla IOR-1 i IOR-3.

Przygotowanie i organizacja kursów dla kandydatów na operatorów prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR.

Prowadzenie prac związanych z przygotowaniem, organizacją i przebiegiem szkoleń innych niż wymienione powyżej prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR.

Utrzymywanie stałych kontaktów z PAA, GIS oraz z RIS w sprawach związanych ze szkoleniami.

Nadzór nad działalnością biblioteki.

Nadzór nad działalnością archiwum.

Przygotowanie i edytowanie raportów CLOR.

Przygotowanie, organizacja i obsługa wizyt edukacyjno-szkoleniowych w CLOR (w tym seminariów CLOR).

Ze względu na stan pandemii oraz obowiązujące znaczne ograniczenia sanitarne w roku 2020 zostały przeprowadzone jedynie dwa szkolenia:

Szkolenie dla osób ubiegających się o nadanie uprawnień IOR (24.02 – 12.03.2020): łącznie 27 osób,

w tym:

IOR-1: 15 osób;

IOR-1R: 2 osoby;

IOR-3: 10 osób.

Szkolenie operatorów A-A, S-A i S-Z (07-08.10.2020) łącznie:

17 osób,

w tym:

A-A: 10 osób;

S-Z: 3 osoby;

S-A, S-Z: 4 osoby.



---

***English version***





---

## Introduction

---

This report presents a comprehensive description of main works of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) that were realized in the year 2020 and of which the full particulars are available in expertise and issues on the websites of institutions cooperating with us or are possible to upload on the CLOR's website<sup>10</sup>.

It is worth in this place to remind the beginning of coming into being the CLOR which was established in 1957, as an independent specialistic research institute with mission to provide operational and development work related to the radiation safety of the country, particularly around this nuclear object, just a year before the start-up of the first research nuclear reactor EWA in Świerk. It was the one of the first of this type units in Europe. The mission of the Institute was to perform a specialistic evaluation of environmental hazard, population hazard or occupational exposure of workers caused by exposures from radioactive sources of ionizing radiation.

Presently the Institute leads, as formerly, a wide range monitoring of environmental radio-contaminants: in air, soil, surface waters and sediments of rivers and lakes and biota. On the basis of obtained results the CLOR carries out the comprehensive analysis of radiological situation of the country. It performs also an evaluation of men exposure from acute radioactive releases, terror attacks as well as prolonged routine releases from nuclear objects.

In 2020, the CLOR's Department of Dosimetry has finished implementation of the new type station to investigate airborne radioactive contaminations i.e. the ASS-500 (the Patent PL 184966). Performed studies (2018-2020), have confirmed modernity and high sensitivity of the station, what enabled to assess effective dose for inhabitants of Poland from inhaled atmospheric aerosols borne by radioactive clouds with required by regulations accuracy. The stations network covers entire country, stations are situated in 13 locations i.e.: Warsaw, Białystok, Gdynia, Katowice, Cracow, Lublin, Łódź, Sanok, Szczecin, Toruń, Wrocław, Zielona Góra, Kielce. Results of radioactive pollution in air used to be published in the quarterly reports about radiative situation of the country in *Low Gazette R.P. „The monitor of Poland”* by the President of the National Atomic Energy Agency (PAA) as well as could be found in the annual reports of PAA. Based on this network output the radiation protection experts could with full responsibility formulate statements about the lack of the radiative threat in Poland. As an example one can remain the event from 2 and 3 October 2017, when the radioactive air pollution with ruthenium Ru-106 of unknown origin appeared over the south Poland. Only ASS-500 network was capable to detect this pollution and further analysis of the results allowed to conclude the neglectable population exposure over entire country - that was widely presented by press.

---

<sup>10</sup> Raporty Roczne - Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (clor.waw.pl)

---

In 2020 the Department of Dosimetry also conducted air pollution tests in the surrounding of the MARIA reactor in Świerk and the Waste Repository in Rózan with the portable station (the Patent PL 216990 B1 (2014)). No emission of radioactive aerosols of anthropogenic radioactive isotopes above limit of detection was found from these objects. Simultaneously possibility of the emissions of the radioiodine  $^{131}\text{I}$  around the reactor Maria was examined with the station PS3PJ (the portable station for monitoring three forms of radioiodine). None essential emissions of this radioactive isotope in any physicochemical forms were detected.

On the basis of two-year contracts of the Environment Protection Found, the Department of Radiation Hygiene and the Dosimetry Department, conducted a radiological monitoring of rivers and lakes as well as soils for the Main Inspectorate of Environment Protection (MIEP) in Poland. The results of these research were published on the website MIEP<sup>11,12</sup>.

With the contracts commissioned every year by the President of the National Atomic Energy Agency (NAEA), mentioned above departments performed a regular monitoring and assessment of the radiological state in surrounding of the National Waste Disposal (NWD) in Rózan and around the National Center of Nuclear Research.

Regarding the contracts of the President of NAEA, it is worth to mention an operational task carried out by the Department of Individual Doses Control and Standardization related to *The Maintenances of Readiness the Laboratory of the*

*Monitoring of Iodine to perform the measurements of the content of radioiodine in thyroid*, that task concerned on evaluation of occupational exposure of workers in nuclear medicine sector as a result of doses in thyroid, due to radioactive iodine  $^{131}\text{I}$  and technetium  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  intakes via inhalation. The second one task performed commonly by teams of the Department of Dosimetry and the Department of Personal Doses Control and Standardization, consists in *the Round-the-clock Emergency Service for the Centre on Radiation Incidents of the National Atomic Energy Agency*. Within this task (since 2018 year) the CLOR's experts, at the place of the radiation incident, conduct radiological risk assessment and undertake preventing action to support the services of border guards and customs when dangerous CBRN materials are intercepted on the border. Also funded by the President of the NAEA contracts, the Department of Radiation Hygiene performed task on *Managing and organization of proficiency tests with isotopes  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  for country basic monitoring stations* to confirm their performance and accuracy as well as another task related to *Measurement of radio-contaminations in samples of water, sediments and fish*, within the HELCOM MORS framework for monitoring of radio-pollution of the Baltic Sea - which fulfils Poland duty as a member of Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection<sup>13</sup>.

Other form of the CLOR activity, being expert's support for the National Atomic Agency, is trainings of radiation protection inspectors on the levels of (IOR-1, IOR-1R, IOR-3) and operators of equipment producing the ionizing radiation on the levels (AA, SA, SZ). This task was fulfilled by

<sup>11</sup>[https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/raport\\_rok\\_2020.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/raport_rok_2020.pdf)

<sup>12</sup>[https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring\\_promieniowania\\_jonizujacego/raport\\_stezenia\\_2019.pdf](https://www.gios.gov.pl/images/dokumenty/pms/monitoring_promieniowania_jonizujacego/raport_stezenia_2019.pdf)

<sup>13</sup> <https://helcom.fi/baltic-sea-trends/data-maps/databases/>

---

the CLOR Department of Training and Information. In 2020, because of the sanitary restrictions related to the pandemic COVID-19, only 27 licensees of the IOR inspector and together 17 new licenses of the AA, SA and SZ were awarded.

Besides of professional trainings, realizing the point 2.1 of the Program of Polish Nuclear Energy<sup>14</sup> related to the education of new cadres of specialists for needs of polish nuclear energy program, the CLOR continued a cooperation with higher colleges i.e.: the Warsaw University of Technology (the faculty of Physics and Mechatronics) and with the Warsaw University (the faculty of Chemistry and Physics).

Within the statutory subsidy of the Ministry of Science and Education, in 2020, CLOR performed a dozen or so scientific studies devoted both to specialistic environmental research targeting an assessment of exposure for critical groups of population i.e.: (*Determination of radioactive concentrations of isotopes of thorium  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}$  in bottled mineral and spring waters, An Assessment of radiological state in the Narew National Park (NPNP) on the basis of samples of soils tests*), or targeting an implementation of new measuring-methodology to increase its efficiency and shortening the time of measurement i.e.: (*Adaptation of method for determined of radioactive radium  $^{226}\text{Ra}$  in water with the technique LSC*”, „*Adaptation of method for*

*determined of radioactive strontium  $^{90}\text{Sr}$  in food-samples and to water with the technique LSC*”).

The special attention would call the works of the Department of Personal Dose Control and Standardization (DPDCS) that focused on the issue of modernization and implementation own system-procedures to meet requirements of new recommendations and directives EU which became finally transposed to the national law<sup>15,16,17</sup>. The Department carried out works to adopt metrology which increases accuracy and efficiency of radon  $^{222}\text{Rn}$  measurement i.e.: *Investigation of factors influencing properties of trace detectors Cr -39* and to elaborate precursor methodology of estimation of the dose rate from natural background radiations with passive methods TLD i.e.: *Use of GEANT4 simulation in the cloud infrastructure to investigation of TLD holders* as well as with active methods using the new generation spectrometer based on the scintillator of lanthanum bromide  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  i.e.: *Applicability study of scintillation probe with  $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$  detector for monitoring environmental radiation*. It is planned to come-back to long-term measurements of environmental background dose rate over all country (abandoned since 2004 for lack of resources), what has essential importance in the perspective of foreseen intensive environmental research in the locations of future nuclear reactor blocks.

The research of DPDCS have got the nationwide range after 2019 year, when Poland has

---

<sup>14</sup>[https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user\\_upload/bip/prawo/inn\\_e\\_projekty/PPEJ/Program\\_polskiej\\_energetyki\\_jadrowej.pdf](https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/prawo/inn_e_projekty/PPEJ/Program_polskiej_energetyki_jadrowej.pdf)

<sup>15</sup> Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego.

<sup>16</sup> Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2019 r. poz. 1792 oraz z 2020 r. poz. 284 i 322)

<sup>17</sup> Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zobowiązuje przedsiębiorstwa zarządzające ujęciami wody pitnej (kilkanaście tysięcy ujęć w Polsce) do zamówienia specjalistycznej analizy zawartości pierwiastków promieniotwórczych w wodzie (radonu  $^{222}\text{Rn}$ , trytu HTO, radu  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ).

---

implemented THE COUNCIL DIRECTIVE EU 2013/59/EURATOM, that obliged EU members to monitoring radon concentration in workplaces and in dwellings and established a reference level for  $^{222}\text{Rn}$  that will not exceed an annual average activity concentration of  $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . Moreover each EU member is required to develop a national action plan to mitigate a radon concentration in places with high occupancy factors for members of the public. As the Department possesses a special exploratory workplace named the Radon Standard Post (RSP) which is equipped with unique calibration facility (the radon chamber), enabling a comprehensive investigation of devices for measurements of radon and its decay concentration in air, in this context, the research works of the RSP make the essential scientific base for updating "The National Action Plan against radon exposures" and these results were an unique source of information for the government central organs i.e.: the Ministry of Health, the Main Sanitary Inspectorate, the President of the National Atomic Energy and the General Director of Environment Protection. These results also support the advisory activity of CLOR for property developers and building contractors, organized in the Association Modern Buildings.

The activity of CLOR toward the strengthening of the country system of radiation protection were performed at wide cooperation with foreign scientific centers and were granted by the EU Horizon H2020 i.e.:

- CLOR participated in the EURAMET METRORADON project (Reference No. 16ENV10) "*Metrology for radon monitoring*" (realization period from 01.06.2017 to 1.12.2020). The project

concerns the validation of radon metrology for existing commercial radon monitors in EU countries, using the Radon Standard Post (RSP) to fulfill requirements of the Council directive EU 2013/59/EURATOM.

- CLOR took part in the EURAMET PREPAREDNESS project (Reference No. 16ENV04) "*Metrology for mobile detection of ionizing radiation following a nuclear or radiological incident*" (realization period from 01.08.2017 to 1.01.2021).

In 2020 CLOR gained the found in the following H2020 projects:

- The traceRADON project, (Reference No. 19ENV01) "*Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level*", ( realization periodoproject from 06.2020 to 05-2023)
- The project EU-RADION Horizon 2020, Call: H2020-SOU-SEC-2018-2019-2020, (Security) "European the System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification, (realization period from 8.2020 to 7.2023)
- Within the calls of EMPIR EURAMET (announced in 2020 ), CLOR submitted proposals on metroRadon II. The proposals positively passed the first stage of the call.

In the 2020 the CLOR continued also the cooperation related to the undersigned earlier contracts with the important scientific institutions abroad i.e.:

- 
- In 2020, the four-year term for the CLOR representative the Ph.D. Paweł Krajewski, the member of the Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty has been extended to 2025,
  - The CLOR contract on 8 July 2015 with the German Federal Office of Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz BfS) concerning measurement of noble gases Kr-85 and Xe-133 around National Centre for Nuclear Research in Świerk consisting of the reactor „Maria” and the Nuclear Research Radioisotope Centre POLATOM, has been extended to 2022.
  - Experts of the Central Laboratory of the Radiation Protection participate in activities of the Committee on Radiation Protection and Public Health” (CRPPH).

With a well-educated staff of rich and long-standing research and operational experience in the field of radiological protection and having at one’s disposal the unique and sensitive country-wide methods for determining of radio-isotopes in the environment and in man, the CLOR has played an excellent role as the Technical Support Organization (TSO) with high competence and credibility. The multidisciplinary character of the CLOR activity and synergy of scientific research and operational activities as well as an independence from users of radioactive sources constitute an unique feature of our institution and it has been confirmed many times in situations of significant radiological threats.

In the summary, it should be stressed that the achieving of a high degree of competence and good substantial and financial results in 2020 was due to the contribution of entire CLOR crew, who here should be thanked for its effort by the Director. High level of competence, independent and objective opinion and commitment and openness in contacts with non-professionals will be resulted in a positive impact on the social acceptance of the development of nuclear energy in Poland.

Dyrektor

Central Laboratory of

Radiological Protection



Dr Paweł Krajewski



---

***Department of radiation  
hygiene***





---

## Department of Radiological Hygiene

---

Department of Radiological Hygiene has been established in 1971 r. In 2020 there were eleven employees working for the Department:

Head of the Dept. – Małgorzata Kardaś PhD.

Employees: Agnieszka Fulara MSc, Agnieszka Matysiak MSc, Krzysztof Pachocki PhD, Barbara Rubel MSc-Eng., Ewa Starościak PhD, Maria Suplińska PhD, Katarzyna Trzpil, Karol Wiatr MSc, Kamil Wieprzowski MSc, Adam Adamczyk. Below is a list of main tasks which are obligatory for the Department:

- research and commercial service on the field of radiological hygiene and radiological protection
- monitoring of foodstuff, environment along with fresh waters and sea for natural and anthropogenic radioisotopes with estimation of radiological risk for the public
- development of techniques and methods of determination for radioisotopes
- supervision and organisation of inter-laboratory comparative tests for other units conducting environmental monitoring for the radionuclides
- taking part in proficiency tests and inter-laboratory comparative tests on national and international level in regard of natural and anthropogenic radionuclides

In 2020 the Department has been conducting following monitoring projects:

1. Measurements of radiological contamination in samples of water, sediments and fish from the Baltic Sea
2. Determination of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  concentrations in foodstuff samples
3. Organisation of inter-laboratory comparative tests for units running national monitoring program for determination of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$
4. Monitoring of ionizing radiation as a part of the national environment monitoring program. Stage 2: Monitoring of radiological contamination of surface waters and bottom sediments 2016-2019.

5. Nuclear and radiological protection service for the ZUOP facilities in Otwock - Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Landfill (KSOP) in Różan.

Stage IV - Monitoring and radiological protection of KSOP facility.

6. Determination of drinking water activity in cities and estimation of dose from consumption

Moreover the Department has been conducting works which were financed by the Ministry of Science and Higher Education:

1. Adaptation of the  $^{90}\text{Sr}$  determination method in foodstuff and water with LSC detection technique
2. Adaptation of the determination method for  $^{226}\text{Ra}$  in water samples via liquid scintillation technique
3. Determination of radioactivity concentrations of  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}$  in bottled mineral and spring waters
4. Determination of the activity concentration of  $^{241}\text{Pu}$  in the bottom sediments of the southern Baltic Sea

The Department is a host for accredited Laboratory of Spectral and Radiochemical Analysis which is specialised in determination of gamma-emitters,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{234,235,238}\text{U}$  in environmental and foodstuff samples and total alfa/beta activity and tritium in water. The accreditation certificate N° AB 1215 currently confirms departments competence in analysis for:

- radioactivity concentration of radioisotopes in foodstuff, fodder, water, soil, wood and bottom sediments samples by gamma spectrometry
- radioactivity concentration of tritium,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{234,235,238}\text{U}$ -and total alfa/beta radioactivity in water samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of tritium,  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  in urine samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of  $^{239+240}\text{Pu}$  and  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  in foodstuff samples via radiochemical method

- radioactivity concentration  $^{90}\text{Sr}$  in foodstuff and fodder samples via radiochemical method,
- radioactivity concentration of  $^{239+240}\text{Pu}$ -and  $^{238}\text{Pu}$  in soil and sediment samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of  $^{226}\text{Ra}$  – new procedure
- total alfa radioactivity,
- total beta radioactivity.

Over 2800 gamma spectrometry and about 1100 radiochemical analysis have been done this year for national and foreign clients.

Proficiency of the Department has been confirmed by positive results in one national and one international inter-laboratory comparison tests.

1.PAA/ICHJ Comparative measurements in the field of determination of plutonium isotopes,  $^{90}\text{Sr}$  by specialist units conducting measurements of radioactive contamination as part of national radiation monitoring, Warsaw, 2020;

2.PROCORAD Intercomparison 2020: Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis LBM CEA Fontenay-aux-roses Cedex, France.

The Department conducts scientific research and in 2020 following publications and conference posters have been published:

Articles:  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  in gray seals *Halichoerus grypus* in the southern Baltic Sea

M. Saniewski, T. Zalewska, M. Suplińska, L. Falkowska, A. Grajewska, I. , Environmental Science and Pollution Research, April 2019, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05145-7>

Conference posters:

Assessment of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  intake with food by the inhabitants of Warsaw in 2004-2019

B.Rubel, M.Kardaś, K.Pachocki, M.Suplińska, A.Matysiak K.Wiatr

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research, 20-24. July.2020 Herceg Novi, Montenegro.

Monitoring of radiological parameters of drinking water in large cities and evaluation of doses received by its consumption

A.Fulara, A.Matysiak, B.Rubel, K.Trzpił

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research, 20-24. July.2020 Herceg Novi, Montenegro.

Adaptation of the  $^{226}\text{Ra}$  determination method in water using liquid scintillation spectrometry,

A.Matysiak, K.Wieprzowski

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research, 20-24. July.2020 Herceg Novi, Montenegro.

Monitoring of radioactive contamination of southern Baltic Sea in 2016-2018

M. Suplińska, A.Fulara, B. Rubel, M. Kardaś

RAD 2020 Eight international Conference on Radiation in Various Fields of Research, 20- 24. July

The Department's equipment:

-two Low Level Beta GM Multicounter System, from Risø, Denmark

-low background detectors with Lucas chambers (coated with ZnS) connected to TD-electronics unit and a computer with ALFA-1 software for Windows. The device measures radon activity in order to calculate radium activity

- six gamma radiation detectors HPGe (Canberra), relative efficiency 33%-50%, for identification and quantification of radioisotopes emitting gamma radiation. All detectors are connected to computers with software GENIE-2000.

-two PIPS detectors with efficiency 32% for identification and quantification of radioisotopes emitting alfa radiation. All detectors are connected to computers with software GENIE-2000

-alfa-beta spectrometer iSolo (Canberra) with silicon PIPS detector

-low background liquid scintillation counter WALLAC 1410

-liquid scintillation counter Quantulus GCT-6220.

---

# Monitoring of radiological parameters of drinking water in large polish cities and evaluation of doses received by its consumption

---

*A. Fulara, A. Matysiak, K. Trzpił*

Monitoring of radioactive contamination of tap water in 2020 included samples of water coming from the main water intakes in Warsaw and Bydgoszcz.

Tap water was collected into polyethylene containers. Twenty liters of water were collected from each point. The water delivered to the laboratory was distributed for testing as follows:

-15 dm<sup>3</sup> of water was allocated to the <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr content tests.

-4 dm<sup>3</sup> of water was dedicated to the study of total alpha and beta radioactivity. the remaining 1 dm<sup>3</sup> of water was allocated to the tritium content tests. Collected and analyzes were performed in the waters coming from 6 water treatment plants.

The results of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr determinations in drinking water collected in two cities indicate, that both <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr concentrations were at low level, for <sup>137</sup>Cs ranging from values 1,93±0,26 mBq·l<sup>-1</sup> (water treatment plant Falenica in Warsaw) to 4,45±0,52 mBq·l<sup>-1</sup> (water treatment plant Praga in Warsaw). The average concentration of <sup>137</sup>Cs calculated for the examined water samples was 3,23±1,03 mBq·l<sup>-1</sup>.

In case of <sup>90</sup>Sr that range was from values 1,26±0,14 mBq·l<sup>-1</sup> (water treatment SW04 Czyżkówko in Bydgoszcz) to 4,36±0,49 mBq·l<sup>-1</sup> (water treatment plant Falenica in Warsaw). The average concentration of radioactive <sup>90</sup>Sr in drinking water tested was 2,82±1,25 mBq·l<sup>-1</sup>.

The tritium concentration in drinking water was at low level, range was from values 0,9±0,1 Bq·l<sup>-1</sup> (water treatment SW04 Czyżkówko in Bydgoszcz) to 2,0±0,49 Bq·l<sup>-1</sup> (water treatment plant Filtry in Warsaw). The average concentration of radioactive <sup>3</sup>H in drinking water tested was 1,6±0,4 Bq·l<sup>-1</sup>.

The total beta radioactivity in investigated water samples was very low and ranged from 0,10±0,01 Bq·l<sup>-1</sup> to 0,22±0,03 Bq·l<sup>-1</sup>. The average total beta radioactivity in investigated water samples was 0,17±0,05 Bq·l<sup>-1</sup>.

The total radioactivity exceeded the detection limit of  $\alpha$  (0.015 Bq / l) only for two of the sixth water samples tested (Filtry and Falenica in Warsaw).

Pursuant to the Agreement, in case of exceeding 0.1 Bq l<sup>-1</sup> of total  $\alpha$  radioactivity, <sup>226</sup>Ra, uranium isotopes (<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U) had to be determined, while in the case of  $\beta$  1.0 Bq l<sup>-1</sup> exceeded the total radioactivity  $\beta$ , determine the concentration of <sup>40</sup>K and <sup>228</sup>Ra. In none of the waters tested, total  $\alpha$  and  $\beta$  radioactivity exceeded the above values. Therefore, <sup>226</sup>Ra, uranium isotopes (<sup>238</sup>U, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U), <sup>40</sup>K and <sup>228</sup>Ra were not carried out.

Based on the concentrations of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr, the annual absorption of these isotopes with water in age groups was calculated: up to 1 year of age (water intake of 250 l year<sup>-1</sup>), 1 -10 years (intake of 350 l year<sup>-1</sup>), 11 up to 17 years (intake 1 year<sup>-1</sup>) and adults (consumption 730 l year<sup>-1</sup>).

On the basis of these data, the average annual absorption was calculated. These absorptions were 0.81±0.26 Bq year<sup>-1</sup>; 1,13±0.26 Bq year<sup>-1</sup>; 1,74±0.56 Bq year<sup>-1</sup> and 2,35±0,35 Bq year<sup>-1</sup> for <sup>137</sup>Cs. The <sup>90</sup>Sr absorption in appropriate age groups was: 0,71±0,31 Bq year<sup>-1</sup>; 0,99±0,44 Bq year<sup>-1</sup>; 1,52±0,67 Bq year<sup>-1</sup> and 2,06±0,91 Bq year<sup>-1</sup>. Based on the annual absorption and appropriate conversion factors expressed in Sv · Bq<sup>-1</sup>, given in Table 4 (Regulation of the Council of Ministers of January 18, 2005 on the ionizing radiation limit doses, Journal of Laws No. 20, item 168), calculated weighing effective doses.

Doses from absorption of <sup>137</sup>Cs range from 0.012 to 0.031  $\mu$ Sv year<sup>-1</sup>, which is a small percentage (0.0012-0.0031%) of the annual border dose for people from the general population specified in the Regulation of the Council of Ministers dated January 18, 2005 on the radiation dose limits of ionizing radiation Dz. U. No. 20, item 168 (1mSv year<sup>-1</sup>). From <sup>90</sup>Sr absorption, the doses range from 0.058 to 0.162  $\mu$ Sv year<sup>-1</sup>, which is 0.0058% - 0.0162% of the limit dose. The results obtained indicate that these doses are

---

negligibly small and the tap water in all examined cities meet the requirements set out in the Regulation of the Minister of Health of 7 December 2017.

The work was carried out in accordance with Agreement No. 32 / OR / 2019/260 concluded on November 5, 2019

between the State Treasury - the President of the National Atomic Energy Agency and the Central Laboratory for Radiological Protection.

# Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in 2018-2020

M. Kardaś, M. Suplińska, A. Fulara, B. Rubel, K. Pachocki, E. Starościak, A. Matysiak, K. Wiatr, K. Wojtkowski

In the frame of monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in year 2020, samples of water and bottom sediment were collected twice a year (in spring and autumn) in 18 sampling points. These sampling points were located along the Vistula river (7 sampling points), and along the Odra river (5 sampling points). Six sampling points were located in the selected Polish lakes.



Fig. 1. Location of sampling points.

The samples of river water were taken from the main stream, and the lake water samples from platforms. Volume of each water sample was 20 liters. Samples of bottom sediments (total mass about 1 kg) consisted of sub-samples collected from three points distant from each other by 30-50m.

$^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in water and plutonium in bottom sediments were determined by radiochemical methods.  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments was determined using gamma spectrometry.

The average activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in water from basins of the Vistula River, Odra River and from Polish lakes was respectively: 3,69 mBq/l, 4,21 mBq/l, 3,00 mBq/l. The average activity concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  were similar

and ranged from 2,34 mBq l<sup>-1</sup> for Vistula river basin – 2,76 mBq l<sup>-1</sup> for lakes.

Table 1. Average concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in the water of the basin of the Vistula, Odra and lakes.

Location of sampling	$^{137}\text{Cs}$ [mBq l <sup>-1</sup> ] average	$^{90}\text{Sr}$ [mBq l <sup>-1</sup> ] average
Basin of the Vistula (7) <sup>a)</sup>	3,69 ± 1,05 <sup>b)</sup> (14)	2,34 ± 0,40 <sup>b)</sup> (14)
Basin of the Odra (5)	4,21 ± 1,10 (10)	2,52 ± 0,057 (10)
Lakes (6)	3,00 ± 1,22 (12)	2,76 ± 2,16 (12)
Average overall (18)	3,61 ± 1,19 (36)	2,53 ± 1,28 (36)

a) Number of samples

b) Average value ± Standard deviation

In bottom sediments of rivers and lakes, large variations in the activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  were observed. The largest difference was observed for lakes. The smallest differences in concentrations of these isotopes were observed in the bottom sediments for basin of the Vistula River.

Table 2. Average concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  in bottom sediments of the basin of the Vistula, Odra and lakes.

Location of sampling	$^{137}\text{Cs}$ [Bq kg <sup>-1</sup> ] average	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq kg <sup>-1</sup> ] average
Basin of the Vistula (7) <sup>a)</sup>	1,76 ± 1,79 (14) <sup>b)</sup>	16,32 ± 15,80 (14)
Basin of the Odra (5)	3,59 ± 6,13 (10)	22,07 ± 31,12 (10)
Lakes (6)	11,47 ± 21,69 (12)	112,30 ± 250,52 (12)
Average overall (18)	5,51 ± 13,39 (36)	49,71 ± 148,49 (36)

a) Number of samples

b) Average value ± Standard deviation

The average activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments were varied also: the lowest was observed in the basin of the Vistula (1,76 Bq kg<sup>-1</sup>), and the highest for lakes (11,47 Bq kg<sup>-1</sup>).

---

The average activity concentrations of  $^{239,240}\text{Pu}$  in bottom sediments from basins of the Vistula River, Odra River and from Polish lakes was respectively: 16,32 mBq/l, 22,07 mBq/l 112,30 mBq/l.

Both, the average concentrations of analysed radionuclides and the data obtained for single determinations for water and sediment samples do not differ from data obtained in previous years.

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and sediments leads to the conclusion that  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$

contamination of surface waters is low. Also, the concentration of radioactive  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  in bottom sediments of rivers and lakes remains on low level.

Our determinations confirm that there were no new releases of radioactive isotopes into the environment.

The work done on request of the National Fund for Environmental Protection

---

# Adaptation of a method for the determination of $^{226}\text{Ra}$ in water by using liquid scintillation spectrometry

---

*K. Wieprzowski, A. Matysiak*

The aim of this work was to adapt a method for the determination of radium-226 in water by liquid scintillation spectrometry.

The following methodologies were used to determine the concentration of this isotope in the Department of Radiation Hygiene:

- A Procedure for the Rapid Determination of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting, IAEA, 2014

- ISO 22908:2020 Water quality — Radium 226 and Radium 228 — Test method using liquid scintillation counting.

These methodologies concern simultaneous determination of both radium isotopes  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ . However, the only commercially available standard of radium  $^{228}\text{Ra}$  in the National Institute of Standards and Technology has very low activity (it contains about 290 Bq at the moment of purchase). Therefore, in order to save the radium standard  $^{228}\text{Ra}$ , the present work in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis concentrated on the radium isotope  $^{226}\text{Ra}$ . In further stages of the work, it is planned to use also the radium standard  $^{228}\text{Ra}$ .

In 2020 the calibration curves of  $^{226}\text{Ra}$  radium standards was made on 2 scintillators: OptiPhase HiSafe III and Insta Gel Plus. These curves presented the dependence of standard counting frequency (cpm) on its initial activity (Bq). The properties of both scintillators were compared in relation to used methodology. The OptiPhase HiSafe III scintillator is recommended for use in the literature (IAEA methodology and ISO 22908:2020 standard), mainly due to better separation of the alpha/beta spectrum - it can be applied for determination of radium isotopes Ra-226 and Ra-228. Unfortunately, its disadvantages are: stability problems, which causes poor repeatability, and lower counting efficiency in comparison to the Insta Gel Plus scintillator.

Insta Gel Plus scintillator is more stable than OptiPhase HiSafe III, and has a higher counting efficiency. Unfortunately, it is characterised by a weaker separation of alpha/beta spectra in comparison with OptiPhase HiSafe III. Quantulus GCT-6220 liquid scintillation counter was used for measurements.

Based on the work, further perspectives on the methodology were formulated:

- it is necessary to optimise between the stability of the sample mixed with the scintillator and the counting efficiency,

- the requirements of the Regulation of the Minister of Health of 7 December 2017 on the quality of water intended for human consumption (item 2294) should also be taken into account: detection limit of 20 mBq/dm<sup>3</sup> for the radium isotope  $^{228}\text{Ra}$ ,

- it may be optimal to mix scintillators to ensure the expected stability and detection limit, while guaranteeing at the same time good separation of the alpha/beta spectra,

- the optimum measurement time from the moment of preparation is also to be considered,

- preparation and further work towards determination of both radium isotopes:  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ .

Thanks to obtaining promising results, it was possible to proceed to the next stages of the methodology. This work will aim at simultaneous determination of both radium isotopes:  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ .

Financial resources used for the realisation of this subject came from the subvention of the Ministry of Science and the Higher Education.

---

# Determination of radioactivity concentration of $^{137}\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}$ in sample of daily diet in 2020

---

*B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, A. Matysiak, K. Wiatr, K. Trzpił*

Radioactivity in foodstuffs is an important indicator of the transfer of radionuclides from the environment to man. We can express the radioactivity content of foodstuffs per unit weight or to estimate the ingestion activity per day per person.

This paper presents results of dose assessment based on ingestion of prepared complete meals from Warsaw and Wrocław. Dose assessment had been done due to intake of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ . Such studies for various Polish cities have been conducted in CLRP for years. Samples of complete meals were collected from canteen (Warsaw) through 5 days in June and in Wrocław in July in milk-bar in 2020 according to prepare earlier instruction. The meals were analyzed separately for each day and town. Meals were dried and mineralized in laboratory oven to obtained grey ash, which was a sample to determination  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ .

The concentration of  $^{137}\text{Cs}$  was determined radiochemically (sorption on AMP bed, and beta activity measurement) and spectrometrically using a Canberra spectrometer with HPGe detectors and Genie 2000 software. For energy and efficiency calibration of spectrometer, a reference source was used: a multi-isotope mixture radiating in the energy range from 60 keV to 1836 keV.

Activity of  $^{90}\text{Sr}$  was determined from beta radiation of  $^{90}\text{Y}$ , after equilibrium  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  was reached [1]. The activity of  $^{90}\text{Y}$  was measured using Low Level GM Multicounter system (production Risoe, Denmark).

Range of content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in daily diets collected in canteen in Warsaw was in range  $0.07 \div 0.19 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  for  $^{137}\text{Cs}$  and  $0.04 \div 0.05 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  for  $^{90}\text{Sr}$  and respectively in Wrocław  $0.13 \div 0.97 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  and  $0.03 \div 0.06 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ .

The wide range of the  $^{137}\text{Cs}$  contents in individual samples depends on the selection of products for meal preparation and on the weight of the meals. The highest determined value of  $0.97 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  (Wrocław) results from serving a dish with forest mushrooms. Average content of  $^{90}\text{Sr}$  in meals

was at the similar level in Warsaw and Wrocław. Small differences was mainly due to mass of daily diet. The content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  determined within these studies does not differ significantly from content of both radionuclides in daily diet in other European countries. In 2019, the content of  $^{137}\text{Cs}$  in Finnish diet ranged from  $0.13 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  to  $2.35 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  depending on region. Content of  $^{90}\text{Sr}$  was in range  $0.04 \div 0.043 \text{ Bq}\cdot\text{day}^{-1}$  [2]. In 2018, the content of  $^{137}\text{Cs}$  in the diet of Portuguese residents was at the level  $0.06 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ , and  $^{90}\text{Sr}$  was in range  $0.024 \div 0.132 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$  [3].

Based on concentration of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in daily diet annual intake and effective dose were assessed. Dose received due to  $^{137}\text{Cs}$  by inhabitants of Warsaw was  $0.7 \mu\text{Sv}$  in 2020 and was on lower level than these received in years 2006-2012 and on similar level due to receive in 2018-2019. Dose received by Wrocław inhabitants due to  $^{137}\text{Cs}$  was  $1.5 \mu\text{Sv}$  ( $2.8 \mu\text{Sv}$  including dish with mushroom) and was lower compare to 2008 year and on the same level as in 2017. Doses received by Warsaw and Wrocław inhabitants due to  $^{90}\text{Sr}$  are on the same low level in both towns -  $0.4 \mu\text{Sv}$ .

Based on the data obtained it can be concluded that the annual effective dose related to  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  received via food ingestion by polish population is on a very low level. This is less than 1% of the permissible dose of  $1 \text{ mSv}$ .

Contract National Atomic Agency no. no.33/OR/2019/225 issue on 5th of November, 2019.

## Literature

[1].Metodyki stosowane w pracach związanych z monitoringiem środowiska i żywności CLOR, Warszawa, listopad 2015.

[2]Aleksi Mattila, Samu Inkinen, Environmental Radiation Monitoring in Finland Annual Report 2019. STUK-B-240/KESAKUU 2020



---

[3].Madruga M.J. et al., Programas de Monitorização Radiológica Ambiental (Ano 2018), Relatório LPSR-A, Nº 47/2020

---

# Comparative measurements regarding $^{137}\text{Cs}$ and $^{90}\text{Sr}$ isotope determination by basic units performing radioactive contamination measurements within the framework of radiation monitoring of the country

---

*B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, K. Wiatr, A. Matysiak, K. Trzpił*

The project aimed at comparative measurements of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  isotope content in samples of control material with pre-determined amount of these isotopes. The study was carried out by basic units responsible for monitoring and measurements of local radioactive contamination in Poland. Potatoes puree and dried mushrooms to determination of  $^{137}\text{Cs}$  and potatoes flakes to  $^{90}\text{Sr}$  spiked with  $^{90}\text{Sr}$  were used as a control material (required activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$ :  $-0,1 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  for puree and natural for mushrooms and of  $^{90}\text{Sr}$  for potatoes flakes:  $0.06 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Spectrometric method was applied to determination of  $^{137}\text{Cs}$ . Calibration of gamma spectrometer (Canberra spectrometer with HPGe detectors and Genie 2000 software) was checked using multi-isotopic calibration sources. Radiochemical method to  $^{90}\text{Sr}$  determination was adapted. Calibration of Low Level GM Multicounter System used to  $^{90}\text{Sr}$  determination was checked using certificated solution of  $^{90}\text{Sr}$ . The accuracy of calibration was confirmed in domestic intercomparison organized by IChTJ and PAA. The results obtained by CLRP met all the requirements of the organizer.

To prepare the samples of control materials, the amount of 20 kg of potatoes puree and 20 kg of dried mushrooms were bought to caesium determination and 25 kg of potatoes flakes to strontium determination. The activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in puree and mushrooms, and also  $^{90}\text{Sr}$  in spiked potatoes flakes were determined. Also homogeneity of samples was checked. The results showed, that the reference material is homogenous and the activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in potatoes puree was  $0.30 \pm 0,07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , in dried mushrooms  $843.27 \pm 31.99 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  and  $^{90}\text{Sr}$ :  $1.70 \pm 0.18 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  in potatoes flakes samples and were consistent with requirements.

In the final stage 24 samples of dried mushrooms and 19 of potatoes puree to determination  $^{137}\text{Cs}$  and 4 samples of potatoes flakes to determination  $^{90}\text{Sr}$  were prepared. Each parcel of reference materials was accompanied with blank forms to be filled out with data regarding the laboratory location, staff doing the analysis, method(s) of measurement and apparatus type.

The submitted measurement results were recorded, compared to reference values and analysis was performed. Results of measurements of activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the control samples of puree potatoes were received from 17 units. The activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  was in range  $<0.4 \div 3.76 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . The results given in the form of "less than" were considered correct.

Results of measurements of activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the control samples of dried mushrooms were received from 24 units. The activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  was in range  $691.42 \div 975.49 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . The only spectrometric method was used by 14 units, only radiochemical determination was performed by 3 units, and 7 units used both methods to determine activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in mushrooms samples.

The results from the methods used in the determination of  $^{137}\text{Cs}$  in mushrooms were analyzed separately. The differences in the reported values with respect to the reference value varied from -7.2% to +15.7% in spectrometric method, and from -18.0% to +14.0% with the radiochemical approach. All submitted results were within  $\pm 25\%$  of the reference value. Also parameter "z" was determined. Its value  $|z| \leq 2$  was observed for 26 results (19 results from spectrometric and 7 from radiochemical analyses), which means that the result does not significantly differ from the reference value. Moreover, one result in radiochemical method and three in spectrometric method

---

were in range  $2 \leq |z| \leq 3$  and one result in radiochemical method was for  $|z| > 3$ , that means questionable results.

The zeta index was determined. In one case (spectrometric method), the parameter was  $2 < \text{zeta} < 3$ . For the remaining results, it was below 2, thus proving that the laboratories took into account all significant sources of uncertainty. The parameter  $E_n$  was also evaluated. Two results, one in each method, exceeded the value of 1. The remaining results were below 1, which means satisfactory results. Correctness and precision were assessed. The result was accepted if it met both criteria. The evaluation shows that 30 results have both criteria.

Results of measurements of activity concentration of  $^{90}\text{Sr}$  in the control samples were received from 3 units. The submitted results ranged from 1.40 to 2.29  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . With the small number of results, the z parameter was not determined. The differences in the values of the determinations in relation to the reference value ranged

from -17.6% to +34.7%. Three results have met with criteria of accuracy and precision.

Contract National Atomic Agency no. 21/OR/2018/104, issue on May, 18th, 2018

#### Literature

PN-EN ISO/IEC 17043 Ocena zgodności – Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości.

EA-04/16 (European co-operation for accreditation). Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych, 2004.

Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. IAEA-TECDOC-1401, July 2004.

W.Hyk, Z.Stojek: Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym. Komitet Chemii Analitycznej PAN, Warszawa, 2020

---

# Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure

---

*E. Starościk, A. Fulara, B. Rubel, M. Kardaś, M. Suplińska, A. Matysiak, K. Trzpił, K. Wieprzowski, K. Pachocki, K. Wiatr, A. Adamczyk.*

Work "Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure" was carried out in the Radiation Hygiene Department of the Central Laboratory for Radiological Protection in 2020, the following subjects were realized:

1. Supervision of the accredited Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis by Polish Centre for Accreditation (PCA) - surveillance audit carried out by the experts of the PCA.

In the Laboratory took place an external audit carried out by experts from Polish Centre for Accreditation on February 25, 2020. The auditors not found an incompatibility during the audit. During the assessment, the auditors found that the Laboratory is competent to perform tests with all methods covered by the scope of accreditation. The evaluation team gained confidence in the Laboratory's competences, including the fulfillment of the accreditation requirements, and stated that the Laboratory has established, implemented and maintains a management system that allows it to meet the requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025: 2018-02 standard. On March 30, 2020, the Laboratory received a new scope of accreditation - edition 12.

2. Improving management system in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis:

In January 2020 quality manager of the Laboratory developed new editions of management system documents, incl. Quality Books, general procedures: QPO1 - QPO15 and general instructions adapted to the requirements of the new edition of the standard: PN-EN ISO/IEC 17025: 2018-02. Following the PCA recommendation on participation in proficiency testing and interlaboratory comparisons (DA-05) the Laboratory participated in 2020 in one international and one national proficiency testing organized by:

- PROCORAD 2020 Radiotoxicological Intercomparisons, France, whose subject was the determination of the activity concentration of  $^{238}\text{Pu}$  in a sample of the reference solution.

- PAA/ICHJT: determination of the activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in samples of surface water, drinking water and sand by procedures QPB 1, QPB 2, QPB 8.

According to the Results validity monitoring plan for 2020 carried out confirmation of repeatability, reproducibility and linearity of methods, checking the correctness of calculations in the Excel, checking the research equipment, addition of an internal standard.

3. Two internal audits: management system and technical area:

According to a Program of audits for the year 2020 two internal audits were conducted in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis. Internal audit No. 1/2020 checking the technical area of management system and internal audit No. 2/2020 concerning general requirements of management system. Internal audits were carried out very carefully. The auditors not found an incompatibility during the audits. Audits have shown that the Laboratory management system is implemented and continuously improved.

4. Technical supervision and repair of Laboratory research equipment:

In accredited Calibration Laboratories were done calibrations of OHAUS electronic balance and RADWAG XA analytical balance. Periodically checking of Laboratory research equipment and auxiliary equipment were done.

5. Raising the qualifications of the Laboratory employees by participating in external trainings on improving the management system in the research laboratory and trainings in the technical field.

According to the Training Plan 2020 in the Laboratory took place 6 internal trainings. The Laboratory staff also

---

participated in 6 external trainings, including 1 international scientific conference.

The work was financed by the Ministry of Climate and Environment under contract No. 8/DBF/2020 of 03/07/2020.

# Determination of activity concentration of $^{232}\text{Th}$ , $^{230}\text{Th}$ and $^{228}\text{Th}$ in bottled mineral and spring waters

*E. Starościk, K. Trzpił*

The consumption of water is one of the ways passage of radioactive substances to the human body. Council directive 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 "Laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption" and Minister of Health regulation of December 7, 2017 "On the quality of water intended for human consumption" (J. of L. 2017. pos. 2294) determine the levels of natural and artificial radionuclides permitted in drinking waters. Detailed requirements to be met by mineral and spring waters also regulates Minister of Health regulation of 31.03.2011 On natural mineral waters, spring waters and table waters".

The work is a continuation of the subject implemented in 2018-2019. The aim of the study was to determine the activity concentrations of natural isotopes: uranium-234, uranium-235, uranium-238, polonium-210 and lead-210 in samples of mineral and spring bottled samples from stores in Warsaw, from shots from various regions of Poland.

In 2020 the following activity concentration were determined:  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}$  in the 16 samples of water: Buskowińska, Beva IV, Arctik +, Krynka, Muszyńskie Zdroje, Piwniczanka, Kinga Pienińska, Magnesia, Dobrowianka, Nestle, Żywiec Zdrój, Ustronianka, Wielka Pieniawa, Polonica, Kropla Beskidu and Staropolanka 2000.

The activity concentration of  $^{232}\text{Th}$  for the two tested samples were above the limit of detection:  $0,42 \pm 0,09 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for water Krynka and  $0,85 \pm 0,14 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for water Piwniczanka.

In the case of  $^{230}\text{Th}$  concentration range is from  $0,69 \pm 0,11 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for water Buskowińska to  $2,50 \pm 0,33 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for

Nestle water. For the 5 tested waters, the activity concentration were below the limit of detection.

Activity concentration of  $^{228}\text{Th}$  in 5 samples were below  $0,4 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  and in others ranged from  $0,40 \pm 0,10 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for water Magnesia to  $4,60 \pm 0,43 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$  for water Piwniczanka. The resulting activity concentrations of thorium isotopes are shown in Figure 1.

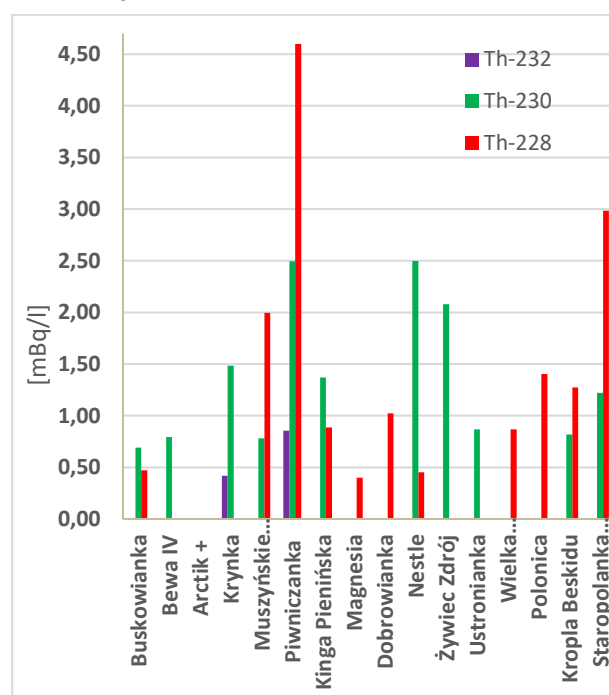


Figure 1. Activity concentration of  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{230}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}$

The research extended the knowledge on the levels of exposure of the Polish population to the absorption of the tested radionuclides.

The subject was financed by the Ministry of Science and Higher Education.

# Measurements of radioactive contaminations in samples of water, bottom sediments and fish in the framework of the monitoring of radioactive contamination of the Baltic Sea

M. Suplińska, A. Fulara, K. Pachocki, K. Wiatr

Research includes determination of radioactive contaminations in the marine environment: water, bottom sediments and biota (fish) from southern Baltic Sea. The work carried out at CLOR is part of the monitoring performed by all the Baltic countries, coordinated by the Helsinki Commission. The data on radioactive contaminations are submitted to the Data Bank of Helsinki Commission.

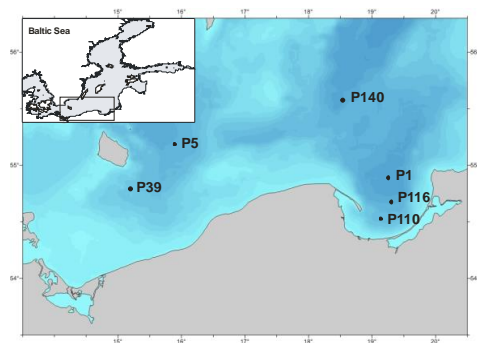


Figure 1. Bottom sediment and water sampling stations

Samples of fish (cod, sprat, herring, and plaice) came from the Gdansk Bay, the Gdansk Basin and the Bornholm Basin and determinations of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{226}\text{Ra}$  were performed. Water samples and sediment core samples were taken in permanently selected six sampling stations (Figure 1). Determinations of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^3\text{H}$  in water were performed in surface and near bottom layers. In the bottom sediment samples determinations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  were performed in stratified core samples from all six locations. Determination of  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  were done like each year in two of them (six in three-year period). Strontium-90 were performed in the pooled samples for each sampling station. Determinations of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  were performed by gamma spectrometry, Plutonium isotopes were determined by radiochemical method and alpha spectrometry measurement,  $^{226}\text{Ra}$  – by emanation method and  $^{90}\text{Sr}$  was performed using radiochemical method and measurement

of  $^{90}\text{Y}$  activity concentration after establishing the radioactive equilibration of  $^{90}\text{Sr}$ - $^{90}\text{Y}$ . Tritium was determined by the method based on electrolytic quantitative enrichment of  $^3\text{H}$  in samples, distillation of concentrates and measurement of their radioactivity using a liquid scintillation spectrometer.

In fish, determinations were carried out in the fillets, with exception of sprat which analyzed whole fish without a head.

In four fish species analyzed each year, the highest average activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  was found in cod –  $3.45 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ , and the lowest in sprat –  $2.33 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ . Activity concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in each kind of the Baltic Sea fish has decreased in years, although significant changes are visible over longer periods [1]. Concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in Baltic Sea fish in years 2014-2020 are presented in figure 2.

The average  $^{137}\text{Cs}$  concentration calculated for the four species in 2020 was  $2.78 \pm 0.49 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ . The average concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in Baltic fish in 2014- 2020 is shown in Figure 2.

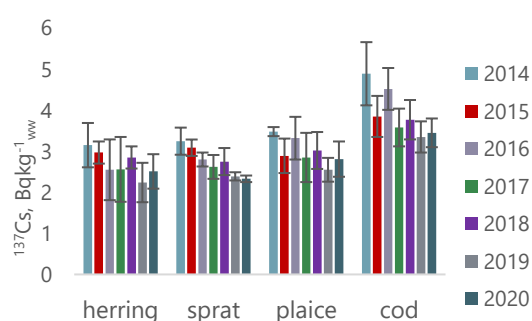


Figure 2. The average concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in Baltic fish, 2014-2020

Activity concentrations of  $^{226}\text{Ra}$  were more varied than  $^{137}\text{Cs}$ , the highest value was specified in cod –  $0.081 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ , the lowest in herring –  $0.022 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ .  $^{40}\text{K}$  activity concentrations ranged from  $0.093 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$  to  $0.135 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$

$^{137}\text{Cs}$  and as in the case of  $^{226}\text{Ra}$  were stable during long-term research.

In the Baltic Sea surface waters, concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  were in the range of  $17.9 \div 25.9 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  and in nearbottom waters in range  $15.8 \div 25.3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . The largest difference in  $^{137}\text{Cs}$  concentrations between surface water and near bottom water was recorded in P 1 (Gdansk Deep). The average concentrations in surface and nearbottom waters were  $22.5 \pm 3.3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  and  $19.2 \pm 3.4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectively. The  $^{40}\text{K}$  radioactive concentration in surface waters varied in the range of  $2685 \div 2946 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . In the nearbottom waters, concentrations of  $^{40}\text{K}$  were higher and increased with salinity, covering the range of  $3733 \div 6084 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

The average  $^{226}\text{Ra}$  concentrations in surface and nearbottom waters were  $2.68 \pm 0.18 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  and  $3,95 \pm 0.31 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectively. Tritium determinations were carried out in pooled samples of surface water and nearbottom water. Activity concentrations of  $^3\text{H}$  were  $2.6 \pm 0.4 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  and  $2.2 \pm 0.3 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectively. The concentrations of  $^3\text{H}$  in the southern Baltic Sea water are consistent with the concentrations characteristic for the entire Baltic area [2].

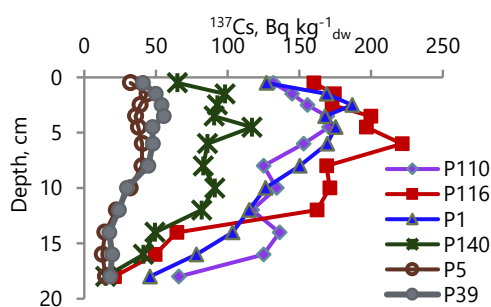


Figure 3. Concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in bottom sediments

In bottom sediments higher activity concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  were observed in the upper sediment layers. Differences in the concentrations related to the location were observed, the same as in previous years [3]. The highest concentrations of  $^{137}\text{Cs}$ , observed in Gdansk Basin (P 110, P 116, P 1) were in range  $177 \div 211 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ , while in Bornholm Basin (P 5, P 39) they were  $43.9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$  and  $55.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ . In all locations, concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  decrease along the sediment profiles (Figure 3).

Determination of plutonium in bottom sediments are carried out every three years. In 2020, plutonium determinations were performed in Gdansk Deep (P 1) and

Gulf of Gdansk (P 110). In P 1 sediment profile maximum activity concentration of  $^{239,240}\text{Pu}$  –  $3.07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$  was observed in the 9-11 cm layer and then was followed by its successive decrease to  $0.91 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$  in the lowest layer. At P 110 highest concentrations of  $^{239,240}\text{Pu}$ :  $1.72 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$  and  $1.70 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$  were determined in layers from 15 cm to 19 cm. The distribution of  $^{239,240}\text{Pu}$  concentrations in this sedimentary profile was a typical compared to previous years [3].

Activity concentrations of  $^{238}\text{Pu}$  in P 1 and P 110 were in range  $0.003 \div 0.063 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ . The rate of  $^{238}\text{Pu}$  to  $^{239,240}\text{Pu}$  in both locations was in range  $0.02 \div 0.04$ , being similar to that determined for the fallout from nuclear weapons tests.

Activity concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  in bottom sediments (performed in samples for 0-19 cm layer) were aligned in southern Baltic Sea being in range  $3.44 \div 4.05 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ , comparable to average concentration determined in the years 2017-2019 (Figure 4).

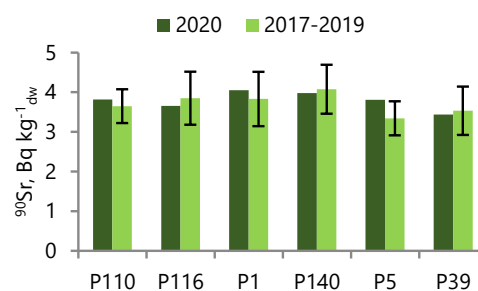


Figure 4. Concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  in bottom sediments in 2020 and its average concentration in 2017-2019.

#### References

- Aust M-O., Suplińska M., Zalewska T. (2018) Radionuclides in biota. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
- Schmied S., Zalewska T., Jakobson E. (2018) Radionuclides in seawater. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
- Zalewska T., Suplińska M. (2013), Antropogenic radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in southern Baltic Sea ecosystem., *Oceanologia*, 55 (3) 1-33
- Contract National Atomic Agency No. 26 / OR / 2019/142.



# Adaptation of the $^{90}\text{Sr}$ determination method in foodstuff and water with LSC detection technique

*K. Wiatr, B. Rubel, M. Kardaś*

Among many fission products  $^{90}\text{Sr}$  is one of high radiotoxicity. It was introduced into the environment by nuclear weapon tests and catastrophes of nuclear power plants: Czarnobyl (1986) and Fukushima (2011). From the environment  $^{90}\text{Sr}$  is transferred into foodstuff and poses a threat for people. As a chemical element strontium belongs to the same group of the periodic table as calcium and thus has similar chemical properties. That results in their mutual competition in transfer into foodstuff and biochemical processes in living organisms including people. Ingested strontium accumulates in bones. The  $\beta$ -radiation from  $^{90}\text{Sr}$  and its daughter  $^{90}\text{Y}$  causes leukemia, cancer of bones and adjacent soft tissues.

Due to its radiotoxicity the foodstuff is often analysed for  $^{90}\text{Sr}$  presence. Analytical procedures used for its determination are mostly indirect and measure  $^{90}\text{Y}$  activity from which  $^{90}\text{Sr}$  activity is calculated. Regardless of their precision those procedures are time consuming. It takes two to three weeks from the beginning of the analysis to the final results. Direct methods are problematic and therefore are unsuitable for commercial foodstuff analysis. Scientific research also has to take into account time for analysis in their experiment planning so its shortening is beneficial.

The aim of this task is to adaptation of fast and direct  $^{90}\text{Sr}$  analytical procedure for foodstuff and water.

## Principle of operation

Half-life of  $^{90}\text{Sr}$  is 28,8 years and for its daughter  $^{90}\text{Y}$  is 64 hours. After 18 days from their chemical separation state of equilibrium will be reached. That means half of total sample activity will come from  $^{90}\text{Sr}$  decay and the second half from  $^{90}\text{Y}$ . In order to  $^{90}\text{Sr}$  activity calculation before state of equilibrium it is required to determine fraction of its activity in the total activity in the sample. One has to remember that  $^{90}\text{Sr}$  was chemically separated from the matrix and is the only one radioisotope in the sample at the beginning ( $t=0$ ). Fraction of  $^{90}\text{Sr}$  in total activity in time function was determined with use of Bateman equation.

## The procedure validation

After initial experiments and tests the new analytical procedure was shaped. The validation was conducted on samples of milk powder as the matrix representing real sample. This material was analysed prior to its use in validation for  $^{90}\text{Sr}$  presence and it was determined that its activity is below minimal detection level.

The validation was conducted on two concentration levels of the analyte (5 and 50 Bq kg<sup>-1</sup>). There were 24 samples total with 12 for each level. Results of the validation are presented in the table 1.

Characteristics	Criteria	Results
Repeatability	CV < 15%	8,49%
Reproducibility	CV < 15%	8,66%
Reproducibility CRM	CV < 15%	Jeszcze nieznana
Linearity	R <sup>2</sup> > 0,98	0,9999
MDA	≤ 0,09 Bq kg <sup>-1</sup>	0,02 Bq kg <sup>-1</sup>
Uncertainty ±U k=2	≤ 20%	ok. 17%

Tab. 1. The validation results

Conducted work resulted in adaptation of fast analytical procedure which is shorter than currently used by two weeks. The new procedure is suitable for planned use.

# Determination of the activity concentration of $^{241}\text{Pu}$ in the bottom sediments of the southern Baltic Sea

M. Suplińska, K. Wiatr

Plutonium is not only a radioactive element, but also a highly toxic metal. The plutonium isotopes reached the environment primarily because of human activity, while the amounts of plutonium isotopes from natural sources ( $^{244}\text{Pu}$  and  $^{239}\text{Pu}$ ) are negligible. The main sources of plutonium isotopes in the Baltic Sea environment are global fallout from atmospheric nuclear weapons test, accidents in nuclear facilities especially at Chernobyl NPP, releases from European reprocessing plants and releases from nuclear power plants. Alpha emitting plutonium radioisotopes are characterized by a long half-life,  $^{238}\text{Pu}$  ( $T_{1/2}=87,7\text{a}$ ),  $^{239}\text{Pu}$  ( $T_{1/2}=24110\text{a}$ ),  $^{240}\text{Pu}$  ( $T_{1/2}=6561\text{a}$ ). Beta emitting  $^{241}\text{Pu}$  is characterized by a half-life  $T_{1/2}=14,35$  years, but due beta particle emission produced long-lived, highly radiotoxic alpha-emitter  $^{241}\text{Am}$  ( $T_{1/2}=432,6$  a).

The aim of the task was to determine the activity concentration of the  $^{241}\text{Pu}$  isotope in bottom sediments samples, therefore, to adapt the method of its determination to the CLOR conditions. Till now we have carried out determinations of  $\alpha$ -emitting plutonium isotopes only. The knowledge of  $^{241}\text{Pu}$  concentration allow to calculate the activity ratio of  $^{241}\text{Pu} / ^{239,240}\text{Pu}$  in addition to the activity ratio of  $^{238}\text{Pu} / ^{239,240}\text{Pu}$ . These values characterize the sources of environmental contamination [1]. These values are characteristic of the different sources of environmental pollution

One of the methods of  $^{241}\text{Pu}$  determination is an indirect method, based on ingrowth of the daughter nuclide  $^{241}\text{Am}$  and measurement of  $\alpha$  activity from the formerly prepared sample however, it is time-consuming and not very sensitive method [2]. The other method, based on liquid scintillation spektrometry, is more rapid and sensitive one.

Bottom sediments samples from the P1 station (Gdansk Deep) collected in 2017 were taken as research material in the first year of our research. Also, two reference samples IAEA-385 and IAEA-447 were prepared for measuring the  $^{241}\text{Pu}$  and testing the method in future. In the beginning

plutonium was separated from all the other elements by radiochemical method and  $^{242}\text{Pu}$  was used as a tracer.

Plutonium isotopes, in the final stage of the analysis, have been deposited electrolytically on a steel discs, and  $^{238}\text{Pu}$  and  $^{239,240}\text{Pu}$  activity was measured by using  $\alpha$ -spectrometry [3].

The concentrations of  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{238}\text{Pu}$  in the bottom sediment of P1 as a function of the sediment depths are shown in Figure 1, whereas Table 1. shows the results of determinations of plutonium alpha isotopes in reference samples.

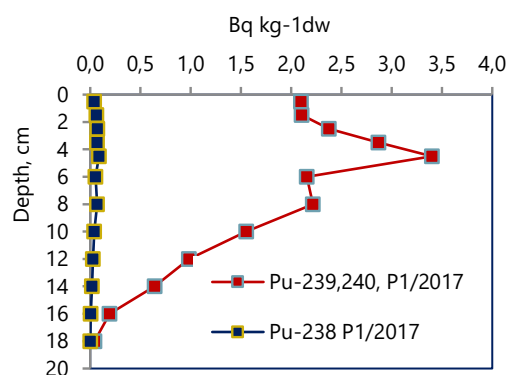


Figure 1.  $^{239,240}\text{Pu}$  and  $^{238}\text{Pu}$  concentrations in the bottom sediment of P1 station as a function of depth.

$^{241}\text{Pu}$  is a  $\beta$ -radioactive isotope with a low maximum radiation energy (20.8 keV), therefore a beta detector with low background and high sensitivity is necessary to analyze its content.

Isotope	IAEA-385		IAEA-447	
	CLOR	Ref	CLOR	Ref
$^{239,240}\text{Pu}$ Bqkg <sup>-1</sup> <sub>dw</sub>	2.97 ± 0.10	2.96 (2.89÷3.00)	4.92 ±0.14	5.3 ±0.2
$^{238}\text{Pu}$ Bqkg <sup>-1</sup> <sub>dw</sub>	0.46 ±0.03	0.44 (0.42÷0.48)	0.14 ±0.03	0.15 ±0.02

Table 1. Determinations of plutonium isotopes in references samples

Method of  $^{241}\text{Pu}$  determination

The  $\beta$ -radiation from  $^{241}\text{Pu}$  decay has maximum energy 20,8 keV. Therefore low background detector with very high sensivity is needed.

The determination procedure starts with heating the steel plate in nitric acid for desorbtion of plutonium from its surface. Efficiency of this step is determined by measurement of  $\alpha$ -radiation comming from the steel plate after plutonium desolving. In the next step plutonium is reduced to  $\text{Pu}^{4+}$  with sodium nitrite. Then by liquid-liquid extraction with trioctylphosphinoxide dissolved in cyclohexane plutonium is transfered into organic phase. In the next step this organic phase is mixed with scintilation coctail Ultima Gold AB in scintilation vials which were then stored inside Quantulus 6220 GCT for one day in order to stabilize the solution before the measurement. The results were calculated with the following equation:

$$A = \frac{A_{242} N_{t\alpha} N_{LSC\beta}}{m N_{LSC\alpha} N_{242\alpha}}$$

A –  $^{241}\text{Pu}$  activity in the sample [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]

$A_{242}$  – activity of the added  $^{242}\text{Pu}$  tracer [ $\text{Bq}$ ]

$N_{t\alpha}$  – total cout rate in the  $\alpha$ -spectrometer [cpm]

$N_{LSC\beta}$  –  $^{241}\text{Pu}$  activity in the scintilation vial [dpm]

m – sample mass [kg]

$N_{LSC\alpha}$  – total count rate of the  $\alpha$ -isotopes in the scintilation vial [cpm]

$N_{242\alpha}$  – count rate of the added  $^{242}\text{Pu}$  tracer in the  $\alpha$ -spectrometer [cpm]

The results are shown on the figure 2.

The adaptation of the determination procedure has started in 2020 and will be continued in the following year. Also certified reference materials (IAEA-447, IAEA\_384, IAEA-385) and further samples from the Gulf of Gdańsk will be analysed for  $^{241}\text{Pu}$ .

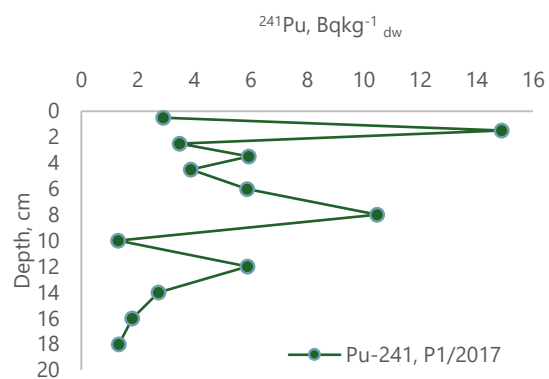


Figure 2. Radioactivity concentration of  $^{241}\text{Pu}$  versus sediment depth

#### References

- T.K. Ikaheimonen (2000) Measurement of  $^{241}\text{Pu}$  in environmental samples, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 243, 2, 535-541.
- D.I. Strumińska-Parulska, B. Skwarzec (2015) Characterization of  $^{241}\text{Pu}$  occurrence, distribution and bioaccumulation in seabirds from northern Eueasia. *Environ Sci Pollit Res* 22:7821-7832.
- M.Suplińska. Vertical distribution of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{238,240}\text{Pu}$  in bottom sediments from Southern Baltic Sea in the years 1998-2000. *Nukleonika* 2002; 47 (2): 45-52.

Research sponsored by the Ministry of Education.

---

# Adaptation of a method for the determination of $^{226}\text{Ra}$ in water by using liquid scintillation spectrometry

---

*K. Wieprzowski, A. Matysiak*

The aim of this work was to adapt a method for the determination of radium-226 in water by liquid scintillation spectrometry.

The following methodologies were used to determine the concentration of this isotope in the Department of Radiation Hygiene:

- A Procedure for the Rapid Determination of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$  in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting, IAEA, 2014

- ISO 22908:2020 Water quality — Radium 226 and Radium 228 — Test method using liquid scintillation counting.

These methodologies concern simultaneous determination of both radium isotopes  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ . However, the only commercially available standard of radium  $^{228}\text{Ra}$  in the National Institute of Standards and Technology has very low activity (it contains about 290 Bq at the moment of purchase). Therefore, in order to save the radium standard  $^{228}\text{Ra}$ , the present work in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis concentrated on the radium isotope  $^{226}\text{Ra}$ . In further stages of the work, it is planned to use also the radium standard  $^{228}\text{Ra}$ .

In 2020 the calibration curves of  $^{226}\text{Ra}$  radium standards was made on 2 scintillators: OptiPhase HiSafe III and Insta Gel Plus. These curves presented the dependence of standard counting frequency (cpm) on its initial activity (Bq). The properties of both scintillators were compared in relation to used methodology. The OptiPhase HiSafe III scintillator is recommended for use in the literature (IAEA methodology and ISO 22908:2020 standard), mainly due to better separation of the alpha/beta spectrum - it can be applied for determination of radium isotopes  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ . Unfortunately, its disadvantages are: stability problems, which causes poor repeatability, and lower counting efficiency in comparison to the Insta Gel Plus scintillator.

Insta Gel Plus scintillator is more stable than OptiPhase HiSafe III, and has a higher counting efficiency.

Unfortunately, it is characterised by a weaker separation of alpha/beta spectra in comparison with OptiPhase HiSafe III. Quantulus GCT-6220 liquid scintillation counter was used for measurements.

Based on the work, further perspectives on the methodology were formulated:

- it is necessary to optimise between the stability of the sample mixed with the scintillator and the counting efficiency,

- the requirements of the Regulation of the Minister of Health of 7 December 2017 on the quality of water intended for human consumption (item 2294) should also be taken into account: detection limit of 20 mBq/dm<sup>3</sup> for the radium isotope Ra-228,

- it may be optimal to mix scintillators to ensure the expected stability and detection limit, while guaranteeing at the same time good separation of the alpha/beta spectra,

- the optimum measurement time from the moment of preparation is also to be considered,

- preparation and further work towards determination of both radium isotopes:  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ .

Thanks to obtaining promising results, it was possible to proceed to the next stages of the methodology. This work will aim at simultaneous determination of both radium isotopes:  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ra}$ .

Financial resources used for the realisation of this subject came from the subvention of the Ministry of Science and the Higher Education.

---

## ***Dosimetry departament***



---

# Information of the activities of the Dosimetry Department in 2020

---

*K. Isajenko  
Dosimetry Department*

In 2020 at the Dosimetry Department worked 6 people: M.Sc. Eng. Krzysztof Isajenko (Head of the Department), M.Sc. Barbara Piotrowska (informal function of the Deputy Head of the Department) and M.Sc. Eng. Karol Wojtkowski, M.Sc. Olga Stawarz, Anita Kiełbasińska and Marcin Kozdój. Until the end of August 2020, the staff of the Department was supplemented by M.Sc. Izabela Kwiatkowska (she terminated the contract with CLOR).

Four employees of the Dosimetry Department have higher education in physics (or related). Three employees have been employed for more than 25 years of work experience in the field of gamma radiation spectrometry.

The Natural Radioactivity Measurement Laboratory (LPPN) operates within the structure of the Dosimetry Department, which is accredited (No. AB 1108) for the measurement of natural radioactivity in raw and building materials. Accreditation was granted on November 19, 2009. The head of LPPN is M.Sc. Eng. Krzysztof Isajenko, the role of the Quality Manager is performed by M.Sc. Olga Stawarz, and the technical manager is M.Sc. Barbara Piotrowska. The laboratory has one accredited procedure

## Works performed in the Dosimetry Department

As part of the statutory activity (financed by the Ministry of Science and Higher Education), the following topics were conducted in the Department of Dosimetry in 2020:

Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2020 – topic manager: Barbara Piotrowska

Analysis of the radiation situation in the Narwianski National Park (NPN) based on the study of soil samples – topic manager: Karol Wojtkowski

Assessment of the radiation situation in the Świętokrzyski National Park area based on the measurements of the flora samples – topic manager: Olga Stawarz

In addition, the works were carried out at the Dosimetry Department at the request of the President of the National Atomic Energy Agency:

Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations – topic manager: Krzysztof Isajenko

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around National Centre for Nuclear Research in Świerk – topic manager: Barbara Piotrowska

Organizing and conducting comparative measurements of the content of natural radioactive isotopes in raw and building materials for institutions providing such measurements – topic manager: Karol Wojtkowski

The Dosimetry Department also conducted works commissioned by the Chief Inspectorate for Environmental Protection (financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management): Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2018-2020.

TASK 3: Monitoring of cesium-137 concentration in soil – topic manager: Krzysztof Isajenko (end of the second part of work)

Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2020-2022.

TASK 3: Monitoring of cesium-137 concentration in soil – topic manager: Krzysztof Isajenko (end of the first part of work)

In 2020, the Dosimetry Department also conducted works financed by the Ministry of Climate (currently the Ministry of Climate and Environment):

Development of the quality assurance system in accredited Natural Radioactivity Measurements Laboratory in the scope of radium Ra-226, thorium Th-228 and potassium K-

40 reference standard maintenance – topic manager: Olga Stawarz

The investment entitled: "Modernization of the early warning network on air contamination in Poland – performing of three new ASS-500 stations powered with single-phase voltage. Installation and commissioning of new stations in three locations in Poland (Gdynia, Toruń, Kielce)" – topic manager: Krzysztof Isajenko

Also after winning the auction in 2020, the Dosimetry Department carried out work on behalf of the Radioactive Waste Management Plant:

Monitoring and radiological protection of the Radioactive Waste Management Plant (Otwock – Świerk) – topic manager: Krzysztof Isajenko

Monitoring and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan – topic manager: Krzysztof Isajenko

Both of the above topics were conducted under one agreement concluded between CLOR and ZUOP entitled "Nuclear safety and radiological protection of the RWMP facilities in Otwock-Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository in Różan" - Dosimetry Department (Krzysztof Isajenko) was the coordinator of these topics carried out in three Departments at CLOR.

As for the other (more important) work carried out at the Dosimetry Department, it can be mentioned here:

Assessment of radioactivity of natural ash-slag mixture from hard coal combustion in heating boilers of Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek – topic manager: Barbara Piotrowska

The topic was commissioned by Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej in Włocławek

Monitoring of noble gases in Warsaw – topic manager: Karol Wojtkowski

Own topic of the Dosimetry Department conducted with the use of equipment (noble gas collection station) borrowed by BFS Freiburg (Germany)

Construction (thanks to the great help of Mr. Roman Czekala) of the station for air intake from taps at the premises of the NRWR in Różan.

Receipt of an order from the IAEA for the ASS-500 station for Bosnia and Herzegovina.

As part of the work carried out in the Dosimetry Department and on the basis of the results obtained, the Department has produced several publications and important studies, namely:

The article entitled: "Assessment of the natural radioactivity of Polish and foreign granites used for road and lapidary constructions in Poland"- Drzymała Tomasz, Łukaszek-Chmielewska Aneta, Lewicka Sylwia, Stec Joanna, Piotrowska Barbara, Isajenko Krzysztof, Lipiński Paweł; Materials 2020, 13(12), 2824; <https://doi.org/10.3390/ma13122824> date of publication: 23.06.2020 r. – the journal has 140 points on the list of the Ministry of Science and Higher Education.

The study entitled: Assessment of radioactivity of natural ash-slag mixture from hard coal combustion in heating boilers of Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek - B. Piotrowska, K. Isajenko, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, Karol Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój – Final report for Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek, Warsaw, CLOR, January 2020

Radiological expertise of the railway border crossing in Kuźnica Białostocka – Barbara Piotrowska, Karol Wojtkowski, Marcin Kozdój, Krzysztof Isajenko; March 2020  
Radiological expertise of the work environment from the X-ray tube at Alstom Konstal S.A. Metalowców St. 9; 41-500 Chorzów - Barbara Piotrowska, Karol Wojtkowski, Krzysztof Isajenko, July 2020

Employee of the Department of Dosimetry, M.Sc. Eng. Karol Wojtkowski began postgraduate management studies in 2020 at the Faculty of Management of the University of Warsaw. He is also continuing doctoral studies at the Warsaw University of Technology at the Faculty of Building Installations, Hydrotechnics and Environmental Engineering - started in 2016. Planned graduation - 2021.

Plans of the Dosimetry Department for 2021

The plans of the Dosimetry Department for 2021 include the following activities and works :

Modernization of the ASS-500 station network - replacement of the last two stations with new ones (Katowice, Łódź);

Purchase of spare parts for the ASS-500 station;



---

Purchase of a new spectrometric track, which would enable the expansion of the ASS-500 station network by three stations (Koszalin, Olsztyn, Poznań / Piła);

Maintaining the LPPN accreditation (including changes in legal regulations);

Conducting intercalibration (every 1-2 years) for laboratories conducting measurements of raw and building materials - so far such comparative measurements were carried out by the PAA President;

Employment of a new employee to work in the Dosimetry Department - for matters related to the measurement of air radioactivity;

Purchase of Petrianov filters in Russia. - filters are necessary for the proper operation of the ASS-500 station network for radiation air monitoring in Poland;

Participation in international intercalibrations.

The pandemic related to the spread of the SARS-CoV-2 virus that has been taking place since March 2020 in our country had a very large impact on the operations of the Department, namely:

Lack of training on natural radioactivity testing, despite the fact that they were willing - significant reduction of the Department's income;

Inability to travel for commercial field expertise (eg closed hotels), despite the fact that there was a demand - it reduces the Department's income;

Difficult contacts with employees of other Departments, the Accounting Department and the Directors - not everything can be arranged remotely;

No possibility of meetings at the Department, where the current plans and work of the Department were discussed.

But you can also find some positive aspects of this pandemic and the associated work in a hybrid system (working remotely at home plus duty hours at the Dosimetry Department):

Checking the skills of each employee to replace others (for any job, at all positions);

To define areas where some employees should be even better trained in order to be more effective in substituting for others in the performance of their work;

Optimization in the use of time needed to perform various works at the Department;

The pandemic has shown that many matters in various companies can be handled remotely (like for example: electronic submission of reports, work acceptance, PCA audits, etc.).

# Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations (in the year 2020)

K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska  
Dosimetry Department

For the assessment of the effective dose from the absorption of radionuclides by inhalation, we used the following formula:

$$D = \sum_i D_i$$

Where:

D - is the calculated effective dose resulting from isotopes absorbed through the respiratory system,

$D_i$  - is the effective dose from a single (i-th) isotope. In this paper, we consider only the dose received from the following isotopes: natural - beryllium  $^7\text{Be}$ , potassium  $^{40}\text{K}$ , lead  $^{210}\text{Pb}$ , radium  $^{226}\text{Ra}$  and actinium  $^{228}\text{Ac}$  and from all artificial isotopes, whose concentrations were set at levels above the LLD (cesium  $^{137}\text{Cs}$  and iodine  $^{131}\text{I}$  we always take into account).

**NOTE** - if the concentration of a radionuclide not exceed the limit of detection (LLD), then to calculate the effective dose we accept the value of LLD. In this way, of course, the calculated effective doses are inflated in comparison to the actual doses received by the Polish population.

Effective dose resulting from the absorption of single radionuclides by inhalation ( $D_i$ ) for people in the age group  $g$  is calculated using the following formula:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{\text{odd}} \cdot T$$

Where:

$D_i$  – is an effective dose from a single isotope,

$A_{w,i}$  – a specific activity (radioactivity concentration) of i-th isotope in ambient air (measured by the station ASS-500 in her localisation),

$e(g)_i$  – the value of the aggravating effective dose for the i-th isotope for a person of the age group  $g$ ,

$V(g)_{\text{odd}}$  – the efficiency (speed) of the breathing for person of the age group  $g$ ,

T – is the time for which the calculated effective dose (ie, week, month, quarter or year).

Calculations for the units:

$$D_i : \left[ \frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left[ \frac{\text{Sv}}{\text{Bq}} \right] \cdot \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{doba}} \right] \cdot [\text{doba}] = [\text{Sv}]$$

Aggravating effective dose  $e(g)$  for members of the public from penetrating radionuclide activity 1 Bq by inhalation (Council of Ministers of 18 January 2005 on ionizing radiation dose limits (Dz. U. No. 20/2005, pos. 168 )) is presented in Table 1.

Age group	≤ 1 year	1÷2 year	2÷7 years	7÷12 years	12÷17 years	>17 years
Speed of breathing [ $\text{m}^3/\text{doba}$ ]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

**Table 1.** Speed breathing for children of different ages and adults. [2]

Izotope	Half life	The value of (g) in [Sv·Bq <sup>-1</sup> ] for age group g:					
		≤ 1 year	1÷2 years	2÷7 years	7÷12 years	12÷17 years	> 17 years
<sup>137</sup> Cs	30,0 years	8,8·10 <sup>-8</sup>	5,4·10 <sup>-9</sup>	3,6·10 <sup>-9</sup>	3,7·10 <sup>-9</sup>	4,4·10 <sup>-9</sup>	4,6·10 <sup>-9</sup>
<sup>131</sup> I	8,04 days	7,2·10 <sup>-8</sup>	7,2·10 <sup>-8</sup>	3,7·10 <sup>-8</sup>	1,9·10 <sup>-8</sup>	1,1·10 <sup>-8</sup>	7,4·10 <sup>-9</sup>
<sup>7</sup> Be	53,3 dnia	2,5·10 <sup>-8</sup>	2,1·10 <sup>-10</sup>	1,2·10 <sup>-10</sup>	8,3·10 <sup>-11</sup>	6,2·10 <sup>-11</sup>	5,0·10 <sup>-11</sup>
<sup>40</sup> K	1,28·10 <sup>9</sup> years	2,4·10 <sup>-8</sup>	1,7·10 <sup>-8</sup>	7,5·10 <sup>-9</sup>	4,5·10 <sup>-9</sup>	2,5·10 <sup>-9</sup>	2,1·10 <sup>-9</sup>
<sup>210</sup> Pb	22,3 years	4,7·10 <sup>-6</sup>	2,9·10 <sup>-6</sup>	1,5·10 <sup>-6</sup>	1,4·10 <sup>-6</sup>	1,3·10 <sup>-6</sup>	9,0·10 <sup>-7</sup>
<sup>226</sup> Ra	1,60·10 <sup>3</sup> years	1,5·10 <sup>-6</sup>	1,1·10 <sup>-5</sup>	7,0·10 <sup>-6</sup>	4,9·10 <sup>-6</sup>	4,5·10 <sup>-6</sup>	3,5·10 <sup>-6</sup>
<sup>228</sup> Ac	6,13 hours.	1,8·10 <sup>-8</sup>	1,6·10 <sup>-7</sup>	9,7·10 <sup>-8</sup>	5,7·10 <sup>-8</sup>	2,9·10 <sup>-8</sup>	2,5·10 <sup>-8</sup>

**Table 2.** The values of the aggravating effective dose for absorption of radionuclides by respiratory system for selected radionuclides (for different age groups). [1]

The results of the measurements are based on measurements of the concentrations of radionuclides in the air filters exposed on the network ASS-500 station. Below (on the picture 1 and on the list) are presented localisation of the ASS-500 station in Poland:



Pic. 1. Localisation of the ASS-500 station in Poland.

Warszawa – Central Laboratory for Radiological Protection, Dosimetry Department

Białystok – Medical University of Białystok, Department of Biophysics

Gdynia – Institute of Meteorology and Water Management - National Research Institute, the Maritime Branch in Gdynia

Katowice – Central Mining Institute, Silesian Centre for Environmental

Kraków – The Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Department of Nuclear Physical Chemistry, Laboratory of Radioactivity Analyses

Lublin – Maria Curie-Skłodowska University, Department of Chemistry, Department of Radiochemistry and Colloid Chemistry

Łódź – Technical University of Lodz, Department of Chemistry, Institute of Applied of Radiation Chemistry

Sanok – Provincial Sanitary-Epidemiological Station in Rzeszów, Laboratory of Radiation in Sanok

Szczecin – West Pomeranian University of Technology, Institute of Chemical Engineering and Environmental Protection Processes

Toruń – Nicolaus Copernicus University, Institute of Physics

Wrocław – Wrocław University of Technology, the Radiological Protection Supervisor

Zielona Góra – University of Zielona Góra, Institute of Environmental Engineering, Department of Conservation and Land Reclamation.

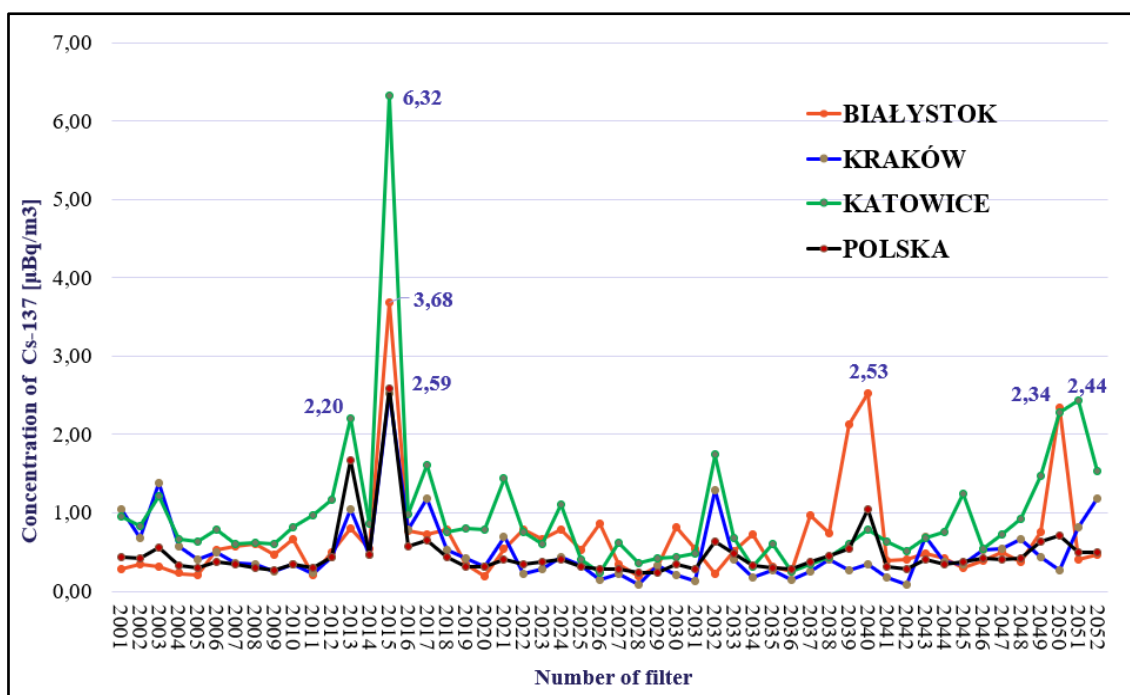
The results of measurement of the concentration of various radionuclides in atmospheric aerosols taken from ground level air are shown in Table 3. In the table is also given place and time of maximum concentration for each radionuclide.

Radionuclide	The concentration in air, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Range	Location and timing of maximum concentration
$^{137}\text{Cs}$	$0,47 \pm 0,02$	(<0,09 ÷ 6,92)	Gdynia, 6.04 - 14.04
$^{131}\text{I}$	$0,69 \pm 0,06$	(<0,10 ÷ 33,60)	Szczecin, 20.04 – 27.04
$^7\text{Be}$	$3279 \pm 63$	(437 ÷ 9535)	Katowice, 10.08 – 17.08
$^{40}\text{K}$	$12,0 \pm 0,3$	(2,2 ÷ 72,0)	Lublin, 14.04 – 20.04
$^{210}\text{Pb}$	$384 \pm 12$	(43 ÷ 3531)	Katowice, 7.12 – 14.12
$^{226}\text{Ra}$	$6,1 \pm 0,2$	(<2,0 ÷ <29,6)	Wrocław, 30.12.2019 – 7.01.2020
$^{228}\text{Ra}$	$1,1 \pm 0,0$	(<0,3 ÷ <6,1)	Katowice, 21.12 – 28.12

Table 3. Average annual (for the whole Poland) concentrations of radioactive radionuclides in ground-level air in 2019

Figure 2 shows the courses of cesium  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in several selected cities and the average value of the

radioactive concentration of this radionuclide in Poland in individual weeks of 2020



Pic. 2. Average weekly concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  in selected cities and Poland in 2020 [ $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ]

Based on the concentrations of radionuclides measured in the ASS-500 station network in Poland, have been determined effective doses they have received the inhabitants of our country, breathing air containing radionuclides with measured concentrations. Table 4 lists the calculated values of the doses received by residents (of

all ages) in the different cities where the ASS-500 stations are located. Effective doses received by inhalation varied in the range of 2,022 mSv per year for children aged 2-7 residing in Szczecin to the value of 5,225 mSv for young people aged 12-17 years. The maximum effective dose was calculated for the residents of Katowice.

LOCALIZATION OF ASS-500 STATION	AGE GROUPS					
	≤ 1 year	1+2 years	2+7 years	7+12 years	12+17 years	> 17 years
WARSZAWA	3,528	2,745	2,698	3,491	4,030	2,912
BIAŁYSTOK	2,859	2,219	2,174	2,826	3,263	2,354
GDYNIA	3,298	2,559	2,506	3,259	3,763	2,714
KATOWICE	4,569	3,563	3,512	4,527	<b>5,225</b>	3,781
KRAKÓW	3,512	2,724	2,665	3,470	4,007	2,889
LUBLIN	4,547	3,531	3,460	4,495	5,190	3,745
ŁÓDŹ	3,358	2,614	2,570	3,324	3,837	2,774
SANOK	3,093	2,402	2,356	3,058	3,531	2,549
SZCZECIN	2,635	2,053	<b>2,022</b>	2,609	3,012	2,178
TORUŃ	3,976	3,090	3,033	3,932	4,540	3,278
WROCLAW	4,014	3,163	3,165	3,998	4,612	3,362
ZIELONA GÓRA	4,093	3,177	3,113	4,046	4,672	3,370

Table 4. The values of the annual effective dose in 2020 for different age groups from absorbing radioactive radionuclides inhalation at the location of the station.

---

Calculated doses from radionuclides in the air, received by the people of our country are very low. The results obtained in the above work have shown that these doses are at the fractional part of the dose limits.

The work was financed by the National Atomic Energy Agency under contract No. 41/OR/2019/345 of 31 December 2019.

Literature:

[1]Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168).

[2]Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994

# Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2018-2020. TASK 3: Monitoring of $^{137}\text{Cs}$ concentration in soil.

*K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, O. Stawarz, A. Kiełbasińska, M. Kozdój  
Dosimetry Department  
M. Kardaś, A. Fulara  
Radiation Hygiene Department*

The investigations of radioactive contaminations of soil are performed in the frame of Polish National Environmental Monitoring System since 1988. The soil samples for measurements are taken every two years in the network of meteorological stations of the Institute of Meteorology and Water Management – the sampling points are shown in Fig.

1. Soil sampling points (254 points) are located throughout Poland and are located in meteorological gardens of stations of the Institute of Meteorology and Water Management. A total of 264 samples are taken: 254 from a 10 cm layer of soil and 10 from 25 cm layer.

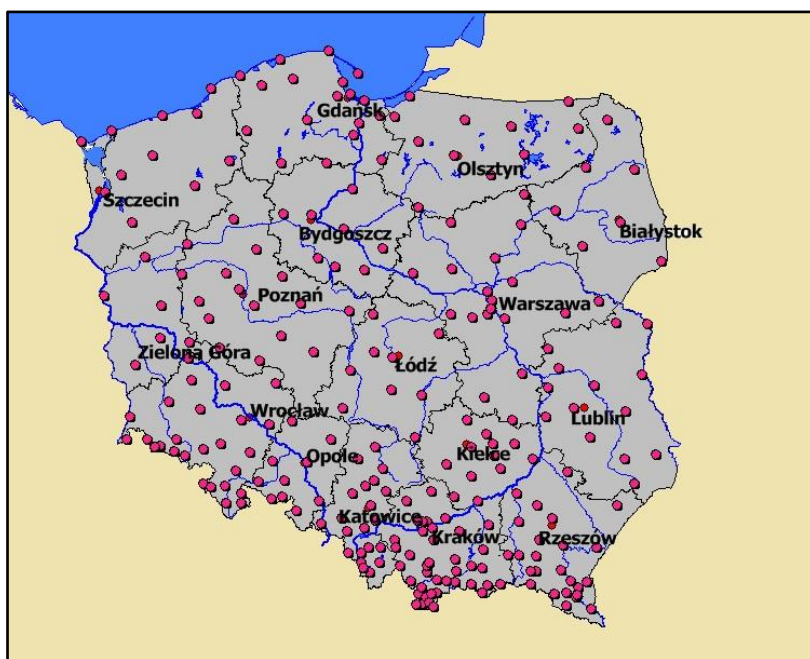


Fig. 1. Soil sampling points in Poland (Autumn 2019)

Soil samples are collected in areas where the micro-environment is not distorted or altered, for example, by plowing or fertilization, which makes it possible to assess even minor levels of contamination. This location of collection points has several advantages, namely: the stability of sampling points (the possibility of repeating surveys for the same places, which will allow catch changes in the level of the contamination);

a uniform distribution of collection points in Poland; continuous service in case of a radiological accident, enables quick and efficient sampling; samples from areas where the soil has not been and will not be mixed in the future (e.g. plowed or dredged) and fertilized so as to provide a representative material for determining the concentrations of radioactive isotopes in the surface layer of the soil;

the possibility of obtaining meteorological data allowing analysis of spatial distribution of contamination in a given area.

In the second part of work (which ended on October 15, 2020), the following works were performed:

Preparation for measurements of 264 soil samples collected in autumn 2019 from the territory of Poland at 254 points located, in accordance with the appendix to the description of the subject of the agreement, in the meteorological gardens of stations of the Institute of Meteorology and Water Management (264 samples: 254 samples from the 0-10 cm layer and 10 samples from a layer of 0-25 cm),

Description of the quality assurance of the results.

Spectrometric measurements of the prepared 264 soil samples,

Making records of measurement results in the form of MS Excel,

Writing a report containing a discussion of the work related to the performance of spectrometric measurements of 264 soil samples and the measurement results containing:

Description of the methodology of spectrometric determination (cesium  $^{137}\text{Cs}$ , radium  $^{226}\text{Ra}$ , actinium  $^{228}\text{Ac}$  and potassium  $^{40}\text{K}$ ),

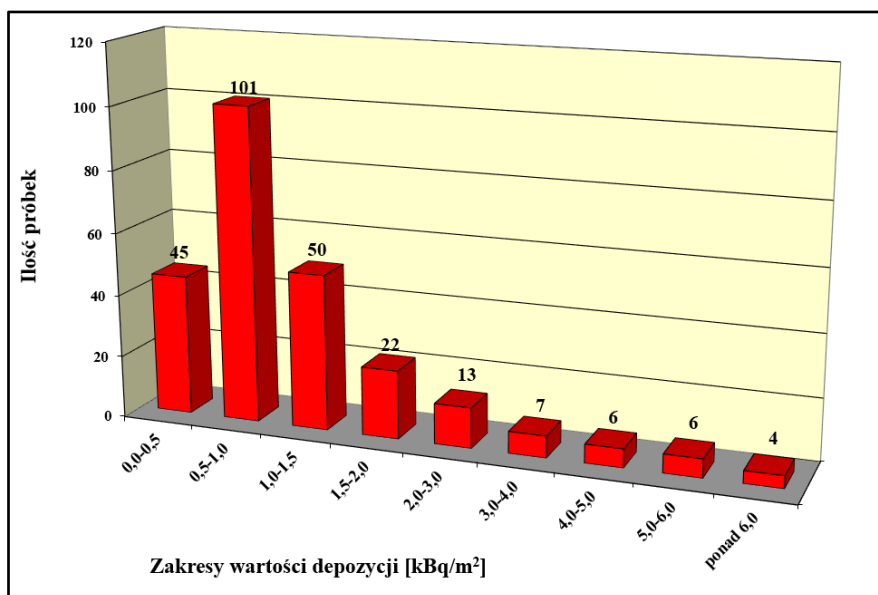


Fig. 2. Histogram of deposition distribution (surface concentration) of cesium  $^{137}\text{Cs}$  in Poland (soil samples collected in autumn 2019)

Fig. 2 shows a histogram of the deposition distribution (surface concentration) of cesium  $^{137}\text{Cs}$  for soil samples taken from the 0-10 cm layer in autumn 2019.

Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations, New York, 2000.

The work was financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management on the basis of the agreement No 34/2019/F of September 17, 2019 signed between the Central Laboratory for Radiological Protection and the Chief Inspectorate for Environmental Protection.

Literature:

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:



---

# Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2020-2022. TASK 3: Monitoring of $^{137}\text{Cs}$ concentration in soil.

---

*K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, O. Stawarz, A. Kiełbasińska, M. Kozdój,  
Dosimetry Department  
M. Kardaś, A. Fulara,  
Radiation Hygiene Department*

The investigations of radioactive contaminations of soil are performed in the frame of Polish National Environmental Monitoring System since 1988. The soil samples for measurements are taken every two years in the network of meteorological stations of the Institute of Meteorology and

Water Management – the sampling points are shown in Fig. 1.



Fig. 1. Soil sampling points in Poland (Autumn 2020)

The number of soil sampling points in individual voivodships in which the soil was collected in autumn 2020 is shown in Table 1.

No	Voivodship	Number of samples taken
1.	Dolnośląskie	27
2.	Kujawsko-pomorskie	9
3.	Lubelskie	15
4.	Lubuskie	6
5.	Łódzkie	9
6.	Małopolskie	43
7.	Mazowieckie	20
8.	Opolskie	10
9.	Podkarpackie	24
10.	Podlaskie	8
11.	Pomorskie	19
12.	Śląskie	22
13.	Świętokrzyskie	12
14.	Warmińsko-mazurskie	12
15.	Wielkopolskie	17
16.	Zachodniopomorskie	11
<b>TOTAL – POLAND:</b>		<b>264</b>

Table 1. Number of soil sampling points in Poland (autumn 2020) in voivodships

Soil sampling points (254 points) are located throughout Poland and are located in meteorological gardens of stations of the Institute of Meteorology and Water Management. A total of 264 samples are taken: 254 from a 10 cm layer of soil and 10 from 25 cm layer.

Soil samples are collected in areas where the micro-environment is not distorted or altered, for example, by plowing or fertilization, which makes it possible to assess even minor levels of contamination. This location of collection points has several advantages, namely:

- the stability of sampling points (the possibility of repeating surveys for the same places, which will allow catch changes in the level of the contamination);
- a uniform distribution of collection points in Poland;
- a report describing the sampling (sampling method, sampling dates, description of the way of transport and storage) was compiled.

In 2021 all samples will be prepared for measurement and measured by using high resolution ionizing radiation spectrometry.

- continuous service in case of a radiological accident, enables quick and efficient sampling;
- samples from areas where the soil has not been and will not be mixed in the future (e.g. plowed or dredged) and fertilized so as to provide a representative material for determining the concentrations of radioactive isotopes in the surface layer of the soil;
- the possibility of obtaining meteorological data allowing analysis of spatial distribution of contamination in a given area.

In 2020 the following tasks were accomplished:

- 264 soil samples were collected at 254 points (254 samples taken from a 10 cm layer and 10 samples from a 25 cm layer of the soil);
- coordination of collecting of the samples;

The work was financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management the agreement No ZP/DM/105/2020/F of July 09, 2020 signed between the Central Laboratory for Radiological Protection and the Chief Inspectorate for Environmental Protection.

---

Literature

[1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:

Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations  
, New York, 2000.

---

# Modernization of the early warning network on air contamination in Poland – performing of three new ASS-500 stations powered with single-phase voltage. Installation and commissioning of new stations in three locations in Poland (Gdynia, Toruń, Kielce).

---

*K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, M. Kozdój  
Dosimetry Department*

The network of ASS-500 stations in Poland has been operating since 1992 (previously only the station at CLOR was operated). Currently, this network consists of 12 stations working in the early warning system on radioactive air contamination in Poland.

These stations are already quite old and they break down more and more often. In 2011, thanks to the investment received from the National Atomic Energy Agency, we made two stations of a new type, in line with the latest trends in this field in the world. They exchanged two of the stations operating in Poland (in Warsaw and in Lublin). Unfortunately, at these two stations, the upgrade of the network has ended.

The investment received from the Ministry of Energy (and then the Ministry of Climate) in 2018-2019 made it possible to perform and exchange six more stations (in Sanok, Białystok, Szczecin, Zielona Góra, Kraków and Wrocław). And the investment in 2020 is another three stations (Gdynia, Toruń, Kielce).

Description of work carried out as part of the investment

As part of the investment, the following works were planned:

- Making of three the stations - until October 31, 2020
- Testing newly created stations - until October 31, 2020

– Installation and commissioning of new stations in Gdynia, Toruń and Kielce.

The investment started in June 2020 and was to be completed in December 2020. Stations in Gdynia and Toruń have been installed and commissioned.

Before the installation of the station in Kielce (new location - Jan Kochanowski University), it was necessary to prepare the site for the installation - construction of a concrete platform, fencing, and power connection.

As part of the investment, the following elements of the ASS-500 station were purchased and made:

- o ASS-500 station housing (shown in Fig. 1)
- o Fan HRD 16T FU-105 / 2,2 with connector and vibration isolators
- o VFS15S.2022PL-W Inverter
- o Regulator of humidity and temperature type AR247/3/S1/P/P/WU/P
- o Infrared heaters type TEGI-0026 FSR 250W 230V 24108
- o Flow measurement set containing:

- Differential pressure and gas flow transmitter model PHM33-201-MD1
- Measuring panel model GTA-DA6-A-BRTNVY (Fig. 2)
- Model DRC-24V30W1A power supply
- Averaging gas flow tube model AFMT-042-100



Fig. 1. Housing of the new ASS-500 station



Fig. 2. Measurement panel (recorder and adder) of the flow meter used in new ASS-500 stations

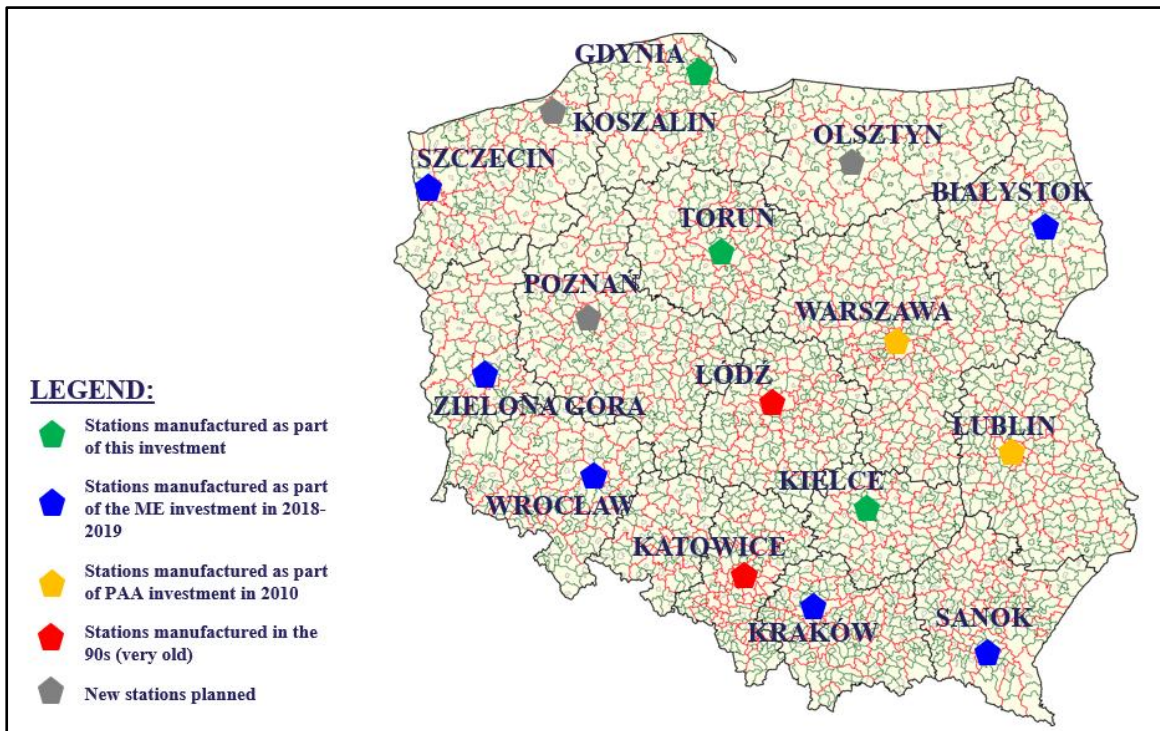


Fig. 3. A network of ASS-500 stations in Poland

After this investment, ten ASS-500 stations (plus one extra) out of twelve working in the early warning network on air pollution in Poland are new type stations, fully modern, ensuring the highest standards in air monitoring in our country.

Fig. 3 shows the network of ASS-500 stations in Poland. In the following years, it is planned to modernize the next

units of the station and expand the network (installing two new stations - in Łódź and Katowice).

The investment was financed by the Ministry of Energy under contract No. **2/DBF/2020** signed of 9 June 2020.

# Monitoring and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository in Rózan

*K. Isajenko, B. Piotrowska - Dosimetry Department*

*A. Fulara - Department of Radiation Hygiene*

*M. Norenberg - Department of Individual Monitoring and Calibration*

The work was carried out by three departments:

- Department of Radiation Hygiene (Z-I),
- Dosimetry Department (Z-II) – contract coordinator,
- Department of Individual Monitoring and Calibration (Z-III)

In Fig. 1 is given a schedule of work performed under this theme.

Activity	YEAR 2020												2021
	1st quarter			2nd quarter			3rd quarter			4th quarter			
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	
1.			2			2			2			2	
2.			8			8			8			8	
3.						10							
4.	1 filter per week			1 filter per week			1 filter per week			1 filter per week			
5.			15			15			15			15	
6.					15					15			
7.				5			5						
8.			3			3			3			3	
9.						8	8						
10.						2	2						
Report				quarterly			quarterly			quarterly			annual

Fig. 1. Schedule of works performed in 2020

As part of the contract, the following works were performed in 2020:

- measurements of the content of radioactive substances in tap water for total beta and tritium activity - collection site: Point FR (**Activity 1** in the table above). The sites for collecting environmental samples: tap water (activity 1), groundwater (activity 2), soil and grass (activity 3) and atmospheric aerosols (activity 4) are presented in Fig. 7.
- measurements of the content of radioactive substances in groundwater for the total activity of beta and tritium - collection sites: 8 piezometers (**Activity 2**),
- measurements of the content of radioactive substances (gamma spectrometry) in soil and

- grass for samples taken at points: R, G706, R, G707, R, G709, R, G711; R, G712 (**Activity 3**),
- measurements of the content of radioactive substances in atmospheric aerosols (spectrometric measurement of filters) - place of collection: station A104A (**Activity 4**),
  - measurement of the absorbed dose of ionizing radiation from the background at the measuring points 1-15 (**Activity 5**),
  - control the tightness of tritium waste containers (**Activity 6**),
  - measurements of the content in the air of Rn-220 and Rn-222 daughters in the chambers K-4, K-5, K-6, K-6a, K-12 of facility No. 1 (**Activity 7**),
  - measurements of radon by the method with the use of particle track detectors in facility no. 1 and facility no. 4 (**Activity 8**),
  - measurements of the content of radon daughters (Rn-220, Rn-222, total alpha and beta activity and gamma spectrometry) in the air coming from objects No. 2 and 3 (**Activity 9**),
  - measurements of the content of radon daughters (Rn-220 and Rn-222) in the air at a distance of 10 meters from object no. 1 and at object no. 4 (**Activity 10**).



Fig. 2. Exposure of TLD dosimeters



Fig. 3. Taking swabs from tritium waste containers



Fig. 4. Track detectors CR-39

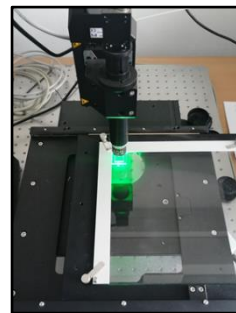
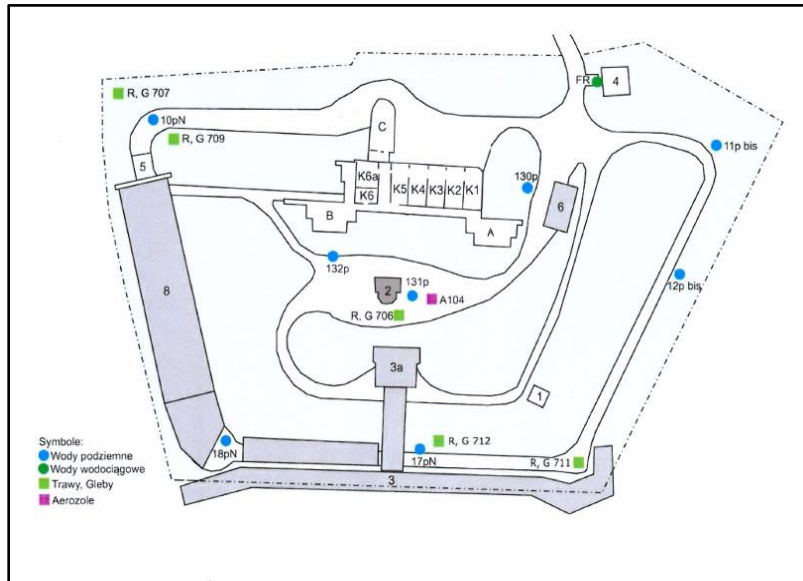


Fig. 5. CR-39 reading set



Fig. 6. Station for collecting air aerosols from taps in facilities 2 and 3 of the KSOP in Rózan (CLOR product)



Rys. 7. Sites for collecting environmental samples (water, grass, soil, aerosols) in KSOP in Rózan

The Purchaser did not consent to any sharing of the obtained results of the performed measurements.

The work was carried out in accordance with Agreement No. 4/ZUOP/2020 of January 15, 2020 concluded between the Central Laboratory for Radiological Protection and the

Radioactive Waste Management Plant entitled "Nuclear safety and radiological protection of the ZUOP facilities in Otwock-Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository in Rózan. Part 4: Monitoring and radiological protection of the KSOP area".



# Monitoring and radiological protection of the Radioactive Waste Management Plant (Otwock – Świerk)

*K. Isajenko, B. Piotrowska - Dosimetry Department*

*A. Fulara - Department of Radiation Hygiene*

*M. Norenberg - Department of Individual Monitoring and Calibration*

The work was carried out by three departments:

Department of Radiation Hygiene (Z-I),

Dosimetry Department (Z-II) – contract coordinator,

Department of Individual Monitoring and Calibration (Z-III)

In Fig. 1 is given a schedule of work performed under this theme.

Activity	YEAR 2020												2021
	1st quarter			2nd quarter			3rd quarter			4th quarter			
	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January
1.								12					
2.				8									
3.				8			8						
4.				10						10			
5.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
6.			2			2			2			2	
7.						2	2						
8.				2				2					
9.						2							
10.			2				2						
11.		4	4	4	4		4	2	2	4	4		
12.					2					2			
13.		2								2			
14.			2					2					
15.				2						2			
Report				quarterly			quarterly			quarterly			annual

Fig. 1. Schedule of works performed in 2020



Fig. 1. Taking swabs from tritium waste containers

As part of the contract, the following works were performed in 2020:

- checking the tightness of drums with tritium waste (Activity 1),
- measurements of tritium content in groundwater (piezometers) around the 19A storage (Activity 2),
- measurements of tritium content in groundwater (piezometers) around R1 and R2 wastewater tanks (Activity 3),
- measurements of the total activity of alpha, beta, strontium (Sr-90), tritium and gamma spectrometry for water samples from 2 tanks in the 19A storage (Activity 4),
- collection and measurement of the content of radioactive beta isotopes on the filter from the exhaust ventilation system which ejects air from the R1 and 19 A facility (Activity 5),
- air intake at: Ra-222, Rn-220 and Rn-222 (integrating measurements with the use of particle track detectors) - place of measurement: object No. 93 and No. 19 (Activity 6)
- air measurement on Rn-220 and Rn-222 (by measurement of Rn daughters) in facilities no. 93 and 19 (Activity 7),
- measurement of atmospheric aerosols sucked into the filter in an evaporative plant for total beta activity and gamma spectrometry (Activity 8)
- measurement of atmospheric aerosols sucked into the filter in facility No. 51 for the total content of beta activity and gamma spectrometry (Activity 9),
- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked into the filter in the pumping station of facility No. 35 for the total content of beta activity and gamma spectrometry (Activity 10),



Fig. 2 and 3. Instruments for measuring radon daughters: AlphaGuard (left) and AlphaPm (right)

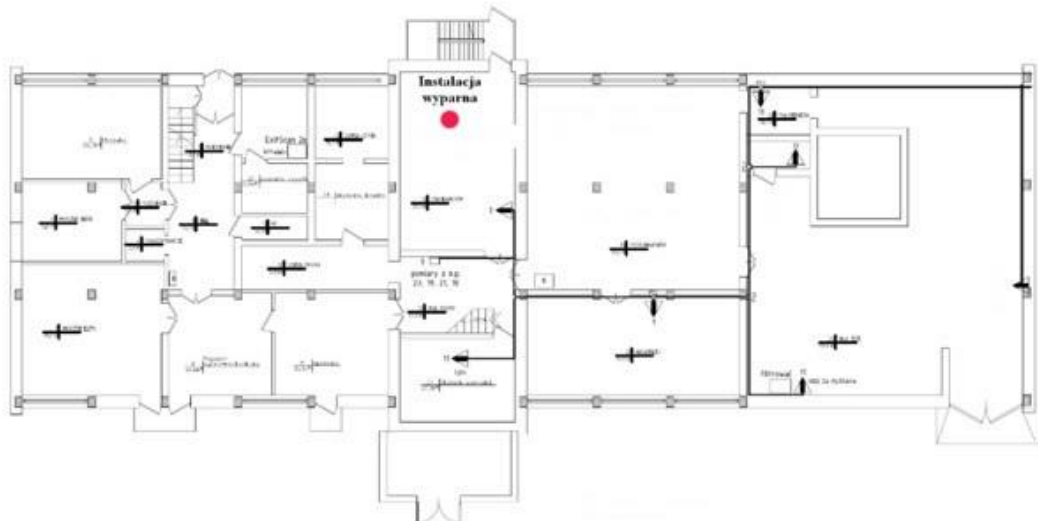


Fig. 4. Atmospheric aerosol sampling point in the evaporative installation



Fig. 5. Collection of atmospheric aerosols in the pumping station of facility no. 35

- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked onto the filter in the hall of facility 35 for gamma spectrometry and total beta activity (Activity 11),
- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked into the filter in tanks at the osmosis installation for gamma spectrometry and total beta activity (Activity 12),
- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked onto the filter for gamma spectrometry and total beta activity - measurement sites: Tank R3 level -9.0 m (Activity 13),



Fig. 6. Atmospheric aerosol intake at the R3 reservoir at -9.0 m

- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked onto the filter for gamma spectrometry and total beta activity - measurement sites: Tank R3 level 0 m (Activity 14),
- collection and measurements of atmospheric aerosols sucked onto the filter in the pumping station of object 35B for gamma spectrometry and total beta activity (Activity 15).

The Purchaser did not consent to any sharing of the obtained results of the performed measurements.

The work was carried out in accordance with Agreement No. 4/ZUOP/2020 of January 15, 2020 concluded between the Central Laboratory for Radiological Protection and the Radioactive Waste Management Plant entitled "Nuclear safety and radiological protection of the ZUOP facilities in Otwock-Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository in Różan. Part 1: Monitoring and radiological protection of the ZUOP site".

---

# Development of the quality assurance system in accredited Laboratory of Natural Radioactivity Measurements in the scope of radium $^{226}\text{Ra}$ , thorium $^{228}\text{Th}$ and potassium $^{40}\text{K}$ reference standard maintenance

---

*O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój*

Laboratory of Natural Radioactivity Measurements is accredited by Polish Center for Accreditation (PCA) in the scope of measurements of radium  $^{226}\text{Ra}$ , thorium  $^{228}\text{Th}$  and potassium  $^{40}\text{K}$  concentration in raw and building materials and combustion waste using for building materials production since 19.11.2009 (Certificate No. AB 1108).

In 2020 Laboratory measured natural radioactivity concentration in samples of ash-slag mixture, slag, combustion waste, fly ash, natural aggregate, recycled aggregate and composite.

As part of the development of the quality assurance system in Laboratory in the scope of maintenance of the radium, thorium and potassium reference standard, the following tasks were performed: technical supervision over equipment and calibrations, improvement of the management system, internal audits, supervision by Polish Center for Accreditation and improving employees' qualifications through external training.

Technical supervision covered activities planned in the equipment control schedule for 2020. As part of periodic checks, the following steps were performed: daily control of temperature and relative humidity in the measurement room, checking the MAZAR-95 analyzer using volumetric calibration standards (K-056, Ra-056, Th-056, N-056) and the intercalibration samples (CLOR W3P5 and Koszyce reference ash) and analyzer's background measurements (aluminum cylinder, weighing 1600 g). The MAZAR-95 analyzer was calibrated once. Also the measurement results for MAZAR-95 analyzer and spectrometer with semiconductor detector were compared. Further attempts to calibrate PI-MAZAR-01 analyzer were carried out. The MAZAR-95 analyzer was also checked through repeatability and reproducibility, for selected samples and Laboratory staff. The external accredited laboratory has also calibrated weights and weight standards. As part of the improvement, documents and forms of the management system were updated, risks and opportunities were analyzed and Laboratory prepared for two

internal audits, PCA audit in supervision and the management review. Laboratory employees took part in internal trainings: cooperation with the client, implementation of the PI-MAZAR-01 analyzer, changes in external documents, production of reference materials and changes in the management system. The management review took place in September 2020. The Laboratory also organized the intercalibration for laboratories measuring the natural radioactivity of raw and building materials. Two internal audits (system and technical) took place in December 2020. The auditors positively evaluated the management system based on the norm PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. They included one observation and several recommendations in the reports. The laboratory conducted risk and opportunity analysis and appropriate actions.

In September 2020 Polish Center for Accreditation carried out an audit in supervision. During the audit three observations were noted. Risk and opportunity analysis and appropriate actions were carried out. The auditors positively evaluated the management system and work in the Laboratory. The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements maintained the accreditation.

As part of improving qualifications the Laboratory staff also participated in the following on-line external trainings: "New edition of the DA-06 Policy. Updated requirements for traceability of measurement results.", "Internal audit of management system based on the norm PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, according to the guidelines of the norm PN-EN ISO 19011:2018-08" and "Laboratory staff – from employment to monitoring of staff competences".

Despite the pandemic situation Laboratory staff participated in trainings, measured the samples, issued research reports and, where possible, achieved the purposes set in the management review.

---

Currently the most important tasks are: maintenance and improvement of the management system, implementation of the PI-MAZAR-01 analyzer for samples research, training of the new employee and adaptation of the documentation and the scope of accreditation to the new regulations (Council of Ministers' Decree from 17.12.2020).

The subject "Development of the quality assurance system in Laboratory of Natural Radioactivity Measurements in the scope of radium, thorium and potassium reference standard maintenance" was financed by the Ministry of Climate and Environment.

---

# Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2020

---

*B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, I. Kwiatkowska, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

To the evaluation of raw and building materials in terms of the presence of radioactivity concentration shall apply the criteria published in the Ordinance of the Council of Ministers of 2 January 2007, (Journal of laws No 4 poz. 29) "on the requirements regarding the content of natural isotopes of potassium,  $^{40}\text{K}$ , radium  $^{226}\text{Ra}$  and thorium  $^{228}\text{Th}$  in the raw materials and the materials used in buildings intended for the dwelling of people and livestock, and also in the industrial waste used in buildings and control the content of these isotopes". The regulation classifies the possibility to apply different raw materials and building materials in different types of housing by specifying two parameters:

- the qualification coefficients  $f_1$  - Specifies the content of natural isotopes in the test material and is an coefficient of exposure to whole body gamma radiation.
- the qualification coefficients ( $f_2$ ),  $^{226}\text{Ra}$  Radium- specifies the content of the test material is an coefficient of the exposure of the epithelium of the lungs to radiation emitted by the decay products of radon Alpha collected together with air by the human respiratory system.

In 2020 the Laboratory for Measurements Natural Radioactivity completed studies and developed opinions on application of building and raw materials for the 48 samples were from different regions of the country. They were e.g mixture ash-slag (26 samples), slag (8 samples) and furnace waste (7 samples) and another 7 samples.

From 1980 to the end of 2020 to a polish national database of raw and building materials has been entered for 51244 samples. In the same year entered to the database results for 1046 samples, including:

1. the results of raw materials of natural origin: 88
2. the results of the building materials industrial origin: 781
3. the results of building materials: 177.

In 2020 the year was registered more excess of the limit values are defined the qualification coefficients of  $f_1 = 1.2$  or  $f_2 = 240$  Bq/kg for housing and utilities, compared to the previous year. Overshoot recorded for 33.8 %, ashes with desulphurization products, and 27.6 % ashes.

In figures 1-4 shows the changes in the average value of the activity coefficients  $f_1$  and  $f_2$  for several selected raw and building materials ( fig 1 – ashes, fig 2- slag, fig 3 - cement, fig 4- building ceramics) in the years 1980-2020. By analyzing the average values of the qualification coefficients of  $f_1$  and  $f_2$  of the entire database is specified for housing construction and public service in the years 1980-2020 it should be stated that:

-in 2020 recorded a little higher value index  $f_1$  for ashes in compared to 2019 y. and slightly higher values qualification coefficients  $f_1$  and  $f_2$  for building ceramics in compare to 2019 y.

-in 2020 year 100% raw materials of natural origin would apply in building residential (as in previous years).

-in the case of raw materials of industrial origin in 2020 weak the qualification coefficients in terms of the admissibility of their application in building housing were characterized by ash.

-from the ended building materials produced in 2020 year 16.7 % ceramics materials haven't been authorized for use in building housing.

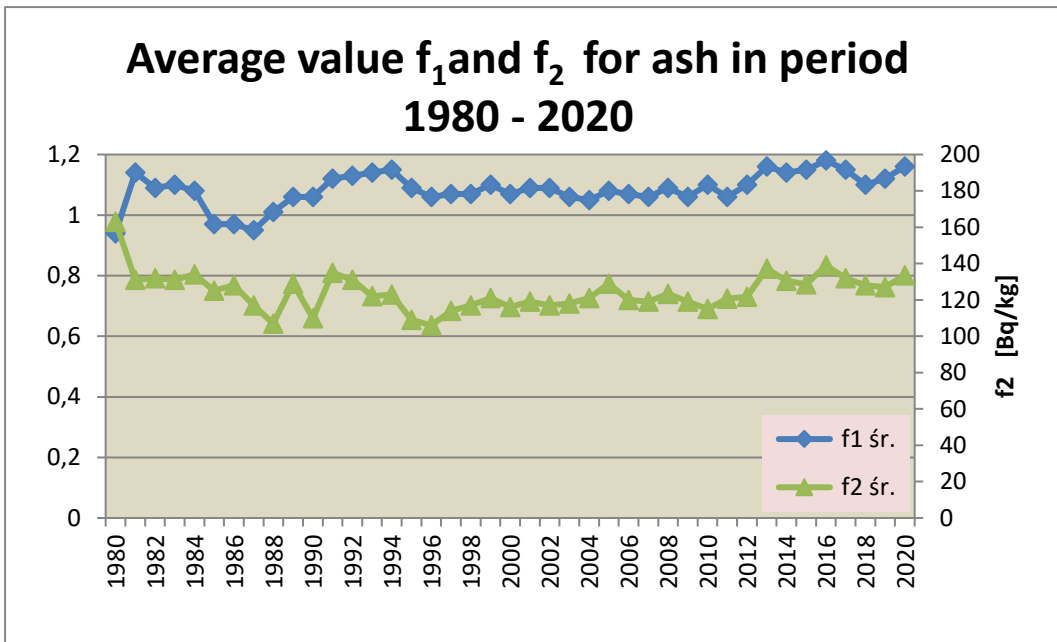


Fig.1. Average value  $f_1$  and  $f_2$  for ash in period 1980 - 2020

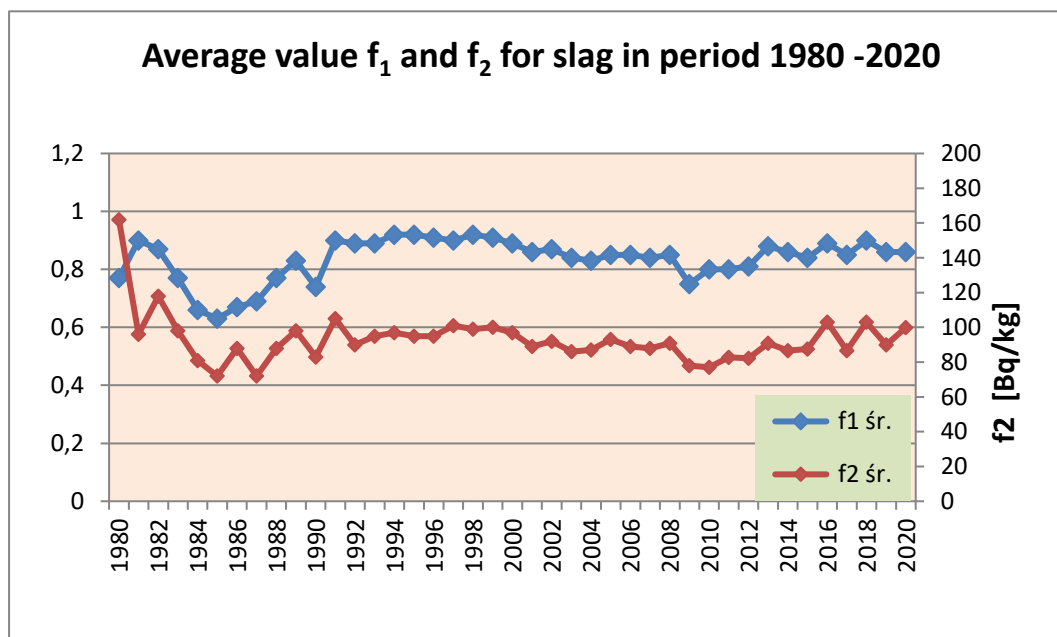


Fig.2. Average value  $f_1$  and  $f_2$  for slag in period 1980 - 2020



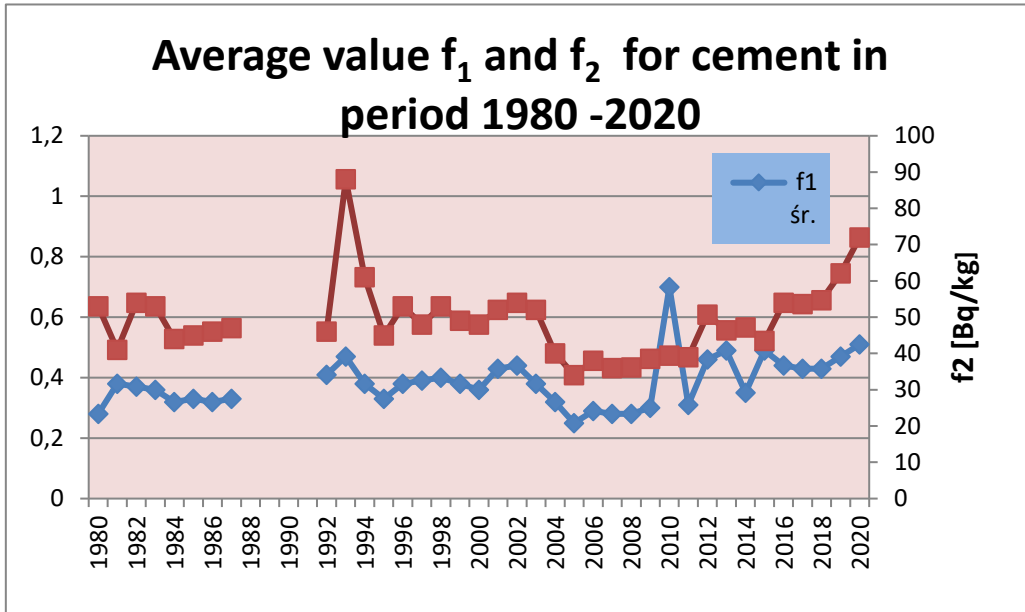


Fig. 3. Average value  $f_1$  and  $f_2$  for cement in period 1980 - 2020

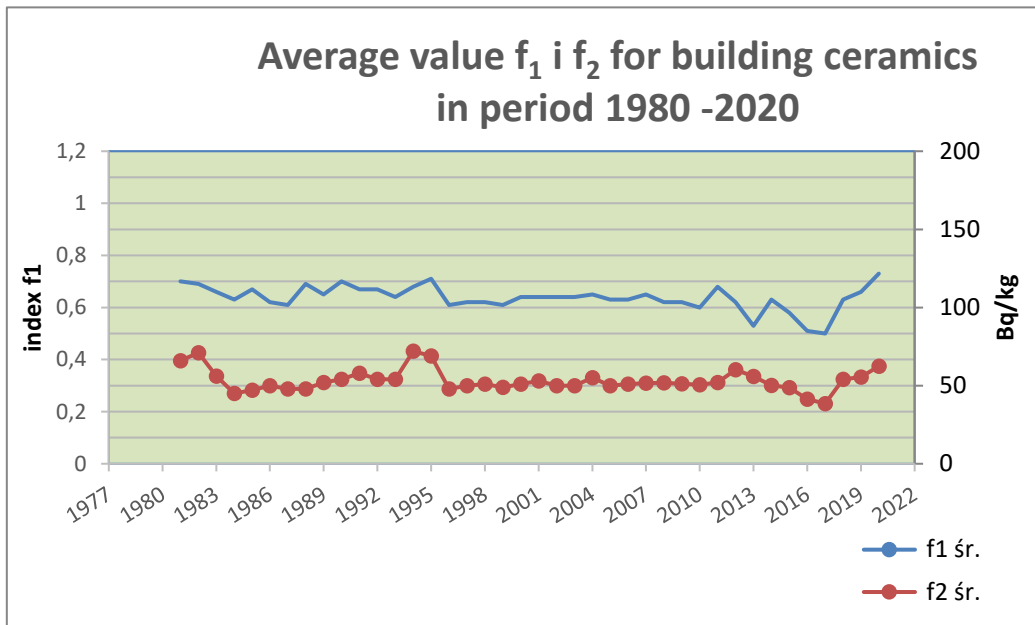


Fig.4. Average value  $f_1$  and  $f_2$  for building ceramics in period 1980 - 2020

---

# Assessment of the radiation situation in the Świętokrzyski National Park area based on the measurements of the flora samples

---

*O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój*

The aim of the work funded by the Ministry of Science and Higher Education was to assess the radiation situation of the Świętokrzyski National Park based on radiological measurements of flora samples collected from the ŚPN area. Concentrations of natural radionuclides (potassium  $^{40}\text{K}$ , radium  $^{226}\text{Ra}$  and actinium  $^{228}\text{Ac}$ ) and radionuclide of artificial origin - cesium  $^{137}\text{Cs}$ , which remained after the failure of the Chernobyl NPP in 1986, were determined in the flora samples by spectrometric measurements. The assessment of the radiation situation of the ŚPN was based on estimation of the annual effective dose, i.e. exposure to ionizing radiation of the ŚPN employees, local residents and tourists, calculated using the results of measurements of natural radionuclides concentration. In addition, the results were compared with the mean values of radionuclides concentrations calculated for soil samples taken at the same points in 2019 and for flora samples taken in previous years in the Kampinoski National Park and in the Poleski National Park.

In this work 21 samples of plants were collected from the Świętokrzyski National Park area, as agreed between the ŚPN and CLOR employees. Samples were taken around the following places: Chełmowa Góra, Chełmowa Góra – forester, Dąbrowa - Serwis, Święty Krzyż – Jałowa Łąka, Święty Krzyż (the top of the mountain), Huta Szklana, Dalianka, Kakonin, Święta Katarzyna (route to Łysica), Święta Katarzyna (route to Bodzentyn), Św. Katarzyna (route to Bodzentyn - Łąki Miłości), Miejska Góra, Czarna Woda, Hucisko, Berdyszów, Wojciechów, Psary – Kąty, Bukowa Góra, Psary (former Satellite Service Center), Wilków and Wola Szczygiełkowa. Plant samples (mainly grass) were taken with the grass shears, placed were in bags and described (place and date of collection). Then samples were transported to CLOR Dosimetry

Department for preparation and spectrometric measurements.

Preparation of the flora samples for measurements in the laboratory took place in the following steps: drying, fragmentation at the mill, determination of total weight, putting into measuring beakers ( $V=0.45\text{ dm}^3$ ), determination of dry weight, adding distilled water to achieve the sample density close to water density, tight closing and description of the beaker with the samples. The flora samples prepared as above were measured by gamma spectrometry. The measurements were done on a spectrometric track, using the HPGe coaxial detector, with a capacity of 25% and a resolution of 1.8 keV for  $^{60}\text{Co}$  ( $E = 1.33\text{ MeV}$ ). The measurement time of a single sample was 80,000 s.

After completion of the measurements, the obtained spectra were analyzed. Then the results of the natural radionuclides ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ac}$ ) and artificial radionuclide  $^{137}\text{Cs}$  concentrations' measurements in flora samples were developed and the annual effective dose for people visiting the ŚPN area was estimated.

Values of  $^{137}\text{C}$  concentration in flora samples taken from the Świętokrzyski National Park area are in the range from  $<0.18\text{ Bqkg}^{-1}$  (Św. Katarzyna - route to Bodzentyn - Łąki Miłości) to  $1.35 \pm 0.14\text{ Bqkg}^{-1}$  (Wojciechów). The mean value of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in plant samples taken from the ŚPN area is equal to  $0.45 \pm 0.08\text{ Bqkg}^{-1}$ .

The mean value of  $^{226}\text{Ra}$  concentration in flora samples is equal to  $3.4 \pm 0.1\text{ Bqkg}^{-1}$  (range:  $<2.4 \div <4.4\text{ Bqkg}^{-1}$ ). For  $^{228}\text{Ac}$  the mean value of concentration is equal to  $1.2 \pm 0.1\text{ Bqkg}^{-1}$  (range:  $<0.6 \div 2.5\text{ Bqkg}^{-1}$ ). The mean value of  $^{40}\text{K}$  concentration in flora samples is equal to  $720 \pm 43\text{ Bqkg}^{-1}$  (range:  $449 \div 1118\text{ Bqkg}^{-1}$ ).

The maximum annual effective dose estimated on the basis of natural radionuclides concentration measurements in flora samples taken from the

---

Świętokrzyski National Park is equal to 0.44 mSv (Hucisko and Psary-former Satellite Service Center), which is ca 19% of the natural background. By adding the maximum annual effective dose estimated on the basis of the measurement results of soil samples taken in 2019 (0.49 mSv), we get the maximum annual effective dose of 0.93 mSv/y, which is ca 39% of natural background for a statistical inhabitant of Poland.

The research results of flora samples were used to assess the radiation situation in the Świętokrzyski National Park. In addition, the obtained results have been compared with the mean values of radionuclides concentrations for soil samples taken in the same points in 2019 and for flora samples taken from the Kampinoski National Park (2018) and from the Poleski National Park (2019).

The mean value of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in flora samples taken from the Świętokrzyski National Park is lower than the mean value for soil samples ( $8.31 \pm 1.38 \text{ Bqkg}^{-1}$ ) and also for flora samples taken from the Kampinoski

National Park ( $4.63 \pm 0.91 \text{ Bqkg}^{-1}$ ) and from the Poleski National Park ( $2.81 \pm 3.57 \text{ Bqkg}^{-1}$ ). It has been estimated that a small amount of cesium  $^{137}\text{Cs}$  passes from the soil into the plants.

The mean value of  $^{40}\text{K}$  concentration in flora samples is higher than for samples from other National Parks and for soil samples collected in the Świętokrzyski National Park. The mean values of  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ac}$  concentrations in the plant samples are at the low level, close to the mean values obtained for the samples collected in the Kampinoski National Park and in the Poleski National Park, and lower than for the soil samples from the Świętokrzyski National Park.

In summary, based on the conducted research, it can be concluded that in the Świętokrzyski National Park people are safe from the radiation protection point of view.

---

# Noble gas monitoring in Warsaw and Świerk in 2015-2020

---

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz,  
M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

The station for collecting noble gases from atmospheric air is a transportable device. In order to protect the flow meter and valve against dust, air is pumped through a cotton wool filter. It is fused with a column in which there is a silicate gel. Its task is to absorb water contained in the intake air. Then the air enters the submerged adsorbent in a Dewar vessel with liquid nitrogen (77 K / -196 °C). The adsorbent column has a vacuum (below 0.5 bar) which prevents the condensation of nitrogen and oxygen. The flow rate should be around 60 liters/min. (up to 70-75 l/min.). After collecting the noble gases on the adsorbent, they should be transferred to the transport and measuring vessels. To transfer inert gases, place the adsorbent column in a special furnace. The adsorbent is heated for about 1 hour at a temperature of about 300 °C. By washing the adsorbent with inert gases (nitrogen or helium), the inert gases are transferred from the adsorbent to MINICAN containers that must be filled to a pressure of 4 bar. The completed MINICAN is then sent to the BfS Institute (Bundesamt für Strahlenschutz) in Freiburg (Germany). Its content is measured using a gas chromatograph. Then the measurement results are sent to CLOR. In 2019, an agreement was concluded between the Treasury - the President of the National Atomic Energy Agency and the Central Laboratory for Radiological Protection. The subject of the Agreement was the performance of a service

consisting in measuring the amount of radioactive substances released into the air in the vicinity of the nuclear facility in Świerk. The noble gas extraction station was set up in a place where the wind was blowing from the chimney side at the initial reactor. Based on the abstracts made in one day in June and August 2020. However, for fully reliable determination of krypton <sup>85</sup>Kr concentration, weekly air intake is required, or shorter intake (but not less than 5 days) with higher flow (increased to 0.060 - 0.075 m<sup>3</sup>/h). The date of uptake of radioactive noble gases was chosen on the basis of knowledge of the MARIA reactor operation date in the "Molybdenum cycle", i.e. the work of the reactor at its increased power.

The measurements in Warsaw at the Department of Dosimetry were financed from the funds of the institute. Measurements were leading by week in each month of the year. The subcontractors at BfS Freiburg (Germany) were able to determine krypton concentrations of <sup>85</sup>Kr. The mean concentration was 1,44 Bq/m<sup>3</sup>, with an average detection threshold of 0.01 Bq/m<sup>3</sup>. According to the information we received from the Germans, this value is at the level of the background prevailing in Central Europe of about 1.5 Bq/m<sup>3</sup>. The results of measurements in Warsaw obtained in 2015-2020 are presented below in the form of charts.

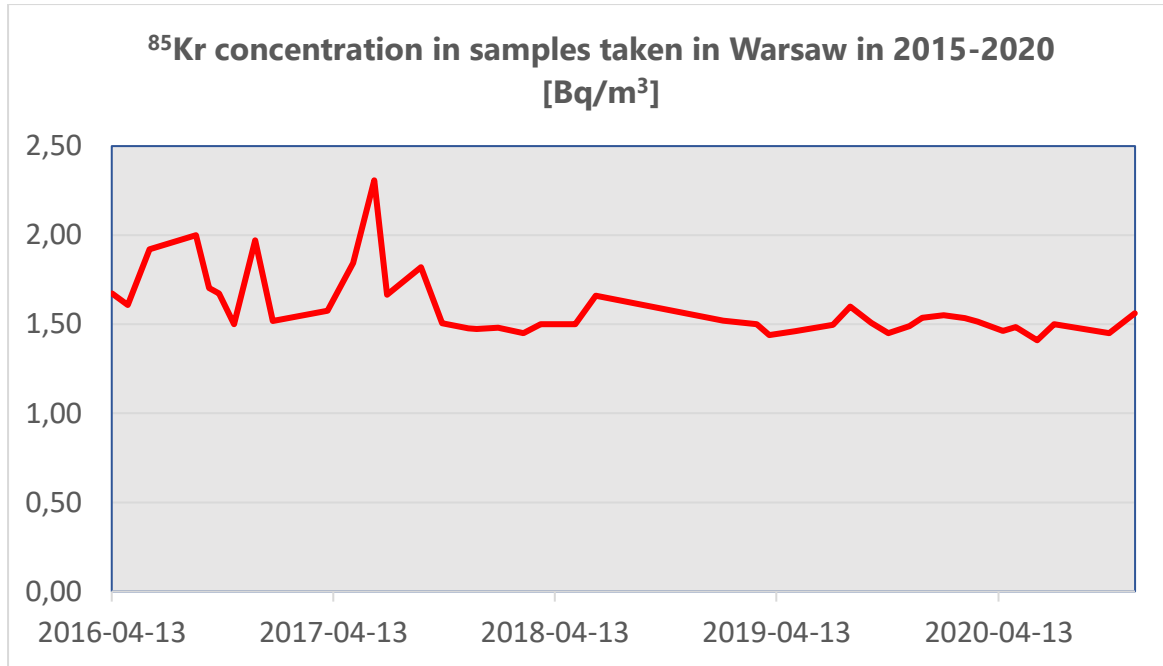


Fig 1. <sup>85</sup>Kr concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2020.

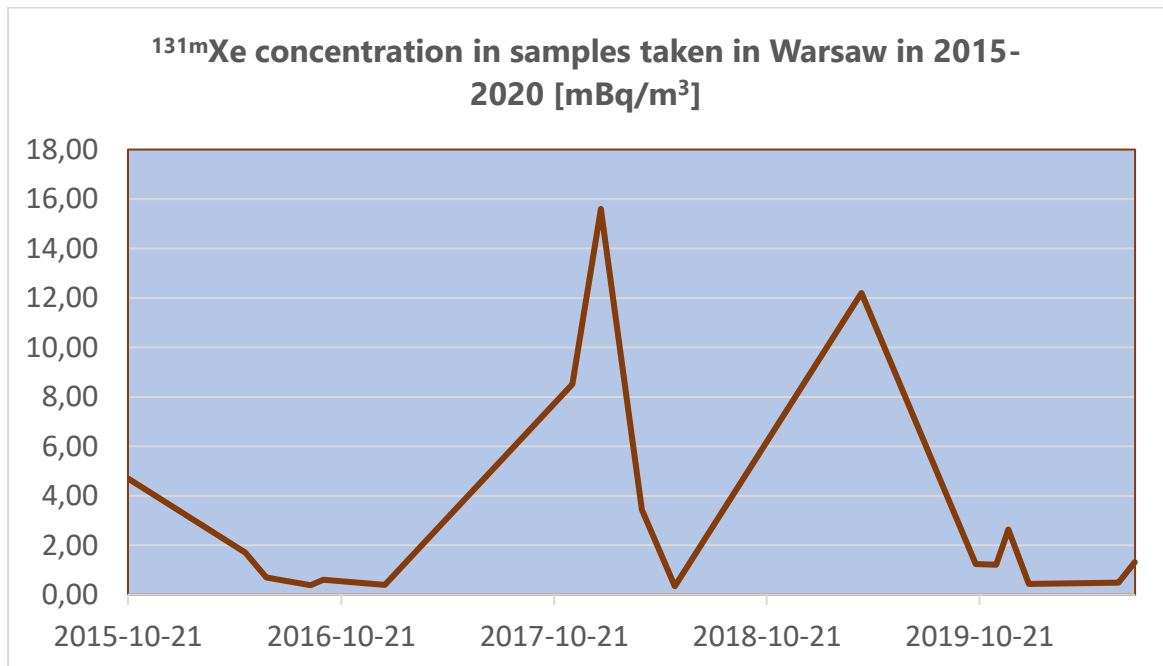


Fig 2. <sup>131m</sup>Xe concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2020.

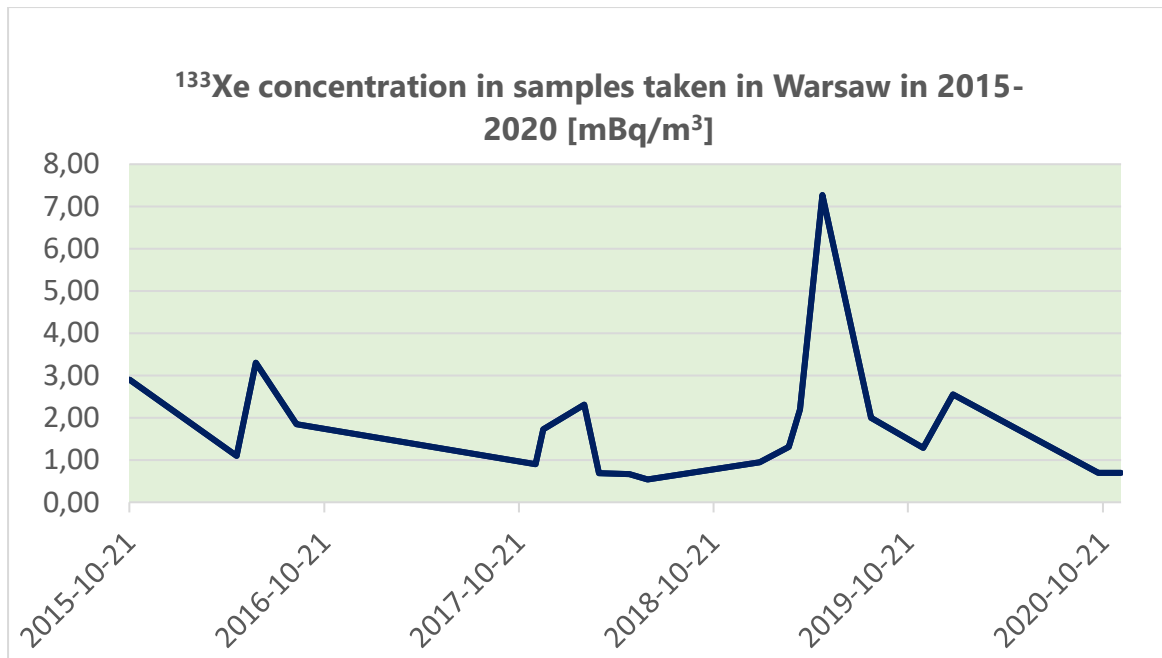


Fig 3.  $^{133}\text{Xe}$  concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2020

---

# Organizing and conducting comparative measurements of the content of natural radioactive isotopes in raw materials for institutions providing such measurements

---

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska,  
O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska*

Comparative measurements of the content of natural radionuclides in raw materials and construction materials were carried out at the request of the President of the National Atomic Energy Agency (PAA) under contract no. 22/OR/2020/183 dated 18.10.2020, concluded between CLOR and PAA. The basis for organizing comparative measurements is the Council of Ministers dated 2 January 2007, § 5 item 4. Conducting comparative measurements were performed in two stages.

The scope of work of the first stage included:- establishing contact with laboratories approved for comparative measurements by the PAA President, in accordance with the list of laboratories provided by PAA,- obtaining a sample material for comparative measurements,- preparation of samples for comparative measurements, including control measurements homogeneity of the material samples, as well as their distribution to the laboratories by a fixed list (the implementation of control measures at least two samples),- develop and present to the President of the Polish Atomic Agency, report on the performance of the work, referred the methodologies used by laboratories measuring and control measurement results.

The scope of the second stage work:- meeting of the measurement results of all participants comparative measurements and give the code number of participating laboratories;

- the preparation of the statement to analyze and evaluate the submitted measurements;

- develop and present a final report to the President of the Polish Atomic Agency including in particular:

- o description of the techniques for the preparation of starting materials, reference samples and controls and

measurements of these materials and samples; – summary of the measurement results obtained from laboratories; – statistical analysis of the results;- assessment of the accuracy and precision of measurements;- a list of establishments participating in the measurements.

To interlaboratory measurements reported 4 laboratories. As reference material was used ash. The ash coming from heating plant Kawęczyn. It was used 50 kg. Obtained difference heterogeneity of finished samples at 2.5%. On the basis of the attached survey, it found that of the laboratories that sent in the results:- laboratories perform tests using analyzers type MAZAR with probe NaI (TI) 2x2;- laboratories performed testing using a spectrometer with HPGe detector; To implement the second stage of labor: – results of routine measurements obtained from 4 laboratories (standard time measurement); – results of measurements of extended obtained from 4 laboratories; – evaluates the results of the two series and related concentrations of potassium isotopes  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$  thorium and activity indicators  $f_1$  and  $f_2$ .

- For reference values, assumed average values determined from the results submitted by laboratories. In order to eliminate the thick error was used Q-Dixon test. A. for standard measurement time:
- potassium levels:  $782,45 \pm 60,32$  Bq/kg,
- concentration of radium:  $111,35 \pm 3,65$  Bq/kg;
- concentration of the thorium:  $86,82 \pm 4,00$  Bq/kg;
- Activity index value  $f_1$ :  $1,06 \pm 0,05$ ;

- Activity index value  $f_2$ :  $111,35 \pm 3,65$  Bq/kg;
- B. for an extended measurement time:
- potassium levels:  $786,35 \pm 46,62$  Bq/kg;
- concentration of radium:  $110,28 \pm 7,50$  Bq/kg;
- concentration thorium:  $86,79 \pm 3,52$  Bq/kg;;
- ctivity index value  $f_1$ :  $1,06 \pm 0,05$ ;
- Activity index value  $f_2$ :  $110,28 \pm 7,50$  Bq/kg;

Criteria for assessing the proficiency of laboratories are based in principle on the analysis of deviations results lab based on the accepted standard deviation of the reference value (here, the mean). Statistical analysis was performed using the assay Z, as well as the procedures recommended by the IAEA. With knowledge of the parameter allows to evaluate the accuracy of the results to the whole population thereof, and for laboratory proficiency assessment it was adopted as follows:

$|Z| \leq 2$  - a satisfactory result,

$2 < |Z| < 3$  - result tenuous but acceptable,

$|Z| \geq 3$  - an unsatisfactory result, warranting corrective action.

Evaluation of results of laboratory tests performed by recommended by the IAEA allows to determine assessing the accuracy and precision of results. The precision of the result is satisfactory if the value is less than or equal to 16% in  $f_1$  and 25% in case of  $f_2$ .

For the standard time, in the case of the activity index  $f_1$ , all laboratories reported a satisfactory result (Z test). The accuracy of the results of all laboratories is satisfactory. For the activity index  $f_2$ , all laboratories reported a satisfactory result (parameter  $|Z| < 2$ ). All laboratories reported the value of the activity index  $f_2$  with satisfactory accuracy. The precision criterion of the results was met for all laboratories. For the extended time, all laboratories achieved satisfactory results in the Z-test. The accuracy status for all laboratories is satisfactory. The precision of all the results of the activity index  $f_1$  is at a satisfactory level. In determining the activity index  $f_2$ , all laboratories achieved a satisfactory result. As far as the accuracy of the

results of the  $f_2$  activity index is concerned, all laboratories met the criterion specified above, i.e. they provided a result that can be regarded as satisfactory. All laboratories met the precision criterion.

For laboratories accredited it is important to analyze the results required by the Polish Centre for Accreditation. The analysis was described in the work of the Richard Malesa, "Interlaboratory comparisons calibration in accredited laboratories - requirements of the Polish Centre for Accreditation" (Materials Science and Technology Conference PPM'05).

Formula for calculating the  $E_n$  value for the laboratory:

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

where:

$x_{lab}$  - the result obtained in the laboratory,

$x_{ref}$  - result obtained in the reference laboratory (in the case of this intercalibration the mean value of the measured quantity was taken as the reference value

$U_{lab}$  - uncertainty of the measurement result in the laboratory

$U_{ref}$  - uncertainty of the measurement result in the reference laboratory (uncertainty of the mean value).

If  $|E_n| > 1$  for any result, the overall assessment is negative result of the comparison.

For the standard time based on the  $E_n$  test for the coefficient  $f_1$ , no laboratory received a negative assessment of the results of the interlaboratory comparison. For the extended time on the basis of the  $E_n$  test, for the coefficient  $f_1$ , any laboratory received a negative evaluation of the results carried out in the framework of the interlaboratory comparison.



---

# Analysis of the radiation situation in the Narwianski National Park (NPN) based on the study of soil samples

---

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska,*

This project was financed by the Ministry of Science and Higher Education. Its aim was to assess the radiation situation of Narwianski National Park based on radiological studies of soil samples collected from the NPN site. The concentrations of natural and artificial radionuclides were measured in soil samples. Among natural radionuclides were studied the concentration of: potassium  $^{40}\text{K}$ , radium  $^{226}\text{Ra}$  and actinium  $^{228}\text{Ac}$ . Radionuclide of artificial origin, whose concentration was assessed was  $^{137}\text{Cs}$ . Its presence in the environment is a remnant of the failure of the EJ in Chernobyl in 1986. In the case of cesium, the  $^{137}\text{Cs}$  deposit was also calculated (surface concentration). The assessment of the radiation situation of the Narwianski National Park consisted in estimation of exposure to ionizing radiation (estimation of the annual effective dose) based on the results of measurements of radionuclides present in the soil for people staying in the NPN and the surrounding population

As part of the topic, 24 soil samples were collected from the Narwianski National Park. The area of the Park covers of 7350ha and the buffer zone of 22758ha according to the Regulation of the Council of Ministers on the Narwianski National Park of July 1, 1996. An even distribution of sampling points was sought. The most of the points was in places accessible, close to characteristic places or tourist routes.

The soil sampling sites are: Suraż Krzyż, Łapy Szołajdy, Łapy Wieża, Widokowa, Płonka Strumianka, Bokiny, Wólka Waniewska, Waniewo, Pszczółczyn, Pajewo, Radule, Rzędziany, Pańki, Kruszewo, Śliwno, Izbiszczce, Topielec Kolonia, Zawady, Baciuty, Turośnianka, Bojary, Uhowo-Narew, Uhowo-Kapliczka, Borowskie Żaki, Suraż-Kowale.

Sampling took place in accordance with the methodology used by CLOR for soil radiological monitoring in Poland. Samples were taken from the surface soil layer (0-10 [cm]). For this purpose was used cylindrical metal punch with diameter  $d \approx 7$  [cm]. From each point 7 soil portions were

collected: 1 from the center and 6 from the circle circumference with a diameter of 2 [m] equidistant from each other (forming a regular hexagon). Then the portions were poured into one bag for each collection point. The bags were described and transported to the CLOR Dosimetry Department.

Soil samples to be measured in the laboratory, were prepared in stages. The first stage was to pour the soil on the sheets and remove fragments of plants and roots. Then the soil was crushed and described. The next step was drying in the oven at a temperature of about 105 [°C]. The dried sample was cooled, the total weight was recorded and the ground was poured into Marinelli container ( $V = 0.5$  [dm<sup>3</sup>]). The last step consisted in recording the mass of the sample in the container, sealing it and describing the container with the soil.

For soil samples prepared in the above manner, measurements were made by radiation spectrometry gamma. To measurements were used a cooperating spectrometric path with a germanic semiconductor detector (HPGe) with a capacity of 25%, resolution 1.8 [keV] for the second line  $^{60}\text{Co}$  ( $E = 1332$  [keV]) and  $U_p = 4000$  V. The measurement time of a single sample was 80000 [s]. After completing the series of measurements, the test reports with results were analyzed. Then a statistical analysis and analysis of the results of the concentration of natural radionuclides  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{228}\text{Ac}$  and of artificial origin -  $^{137}\text{Cs}$  in the soil were made as well as the cesium deposition and the annual effective dose for people staying in the NPN were calculated.

The values of  $^{137}\text{Cs}$  deposition in soil (calculated from the results of concentration measurements) are in the range 0,44 [kBqm<sup>-2</sup>] (Izbiszczce) to 2,61 [kBqm<sup>-2</sup>] (Waniewo). The average value of  $^{137}\text{Cs}$  deposits in the NPN soil is  $1,20 \pm 0,03$  [kBqm<sup>-2</sup>]. For comparison, the average value of  $^{137}\text{Cs}$  deposits in soil is for Poland  $1,35 \pm 0,10$  [kBqm<sup>-2</sup>] (range: 0,19 - 13,35 [kBqm<sup>-2</sup>] and for the Podlaskie

---

Voivodeship  $0,95 \pm 0,21$  [ $\text{kBq m}^{-2}$ ] (range: 0.33 - 6.25 [ $\text{kBq m}^{-2}$ ].) The average value of the  $^{226}\text{Ra}$  concentration in the soil is  $7,67 \pm 0,60$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ] (range: 4,16 - 11,42 [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]). For comparison, the mean value of  $^{226}\text{Ra}$  concentration in soil is for Poland  $28,80 \pm 1,20$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ], for the Podlaskie Voivodeship  $21,40 \pm 2,30$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ], and for towns situated on the Baltic Sea  $9,2 \pm 2,0$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]. For  $^{228}\text{Ac}$ , the average concentration value in soil NPN is  $6,12 \pm 0,30$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ] (range: 3,39 - 8,33 [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]). For comparison, the mean value of the  $^{228}\text{Ac}$  concentration in the soil is  $23,90 \pm 0,90$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ] for Poland, for the Podlaskie Voivodeship  $19,20 \pm 2,90$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ], and for seaside towns  $6,9 \pm 1,1$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]. However, the average value of  $^{40}\text{K}$  in the soil NPN is  $199 \pm 8$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ] (range: 158 - 243 [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ]). For comparison, the mean value of the  $^{40}\text{K}$  concentration in soil is for Poland  $430 \pm 10$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ], for the Podlaskie Voivodeship  $472 \pm 73$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ], and for towns located on the Baltic Sea  $224 \pm 23$  [ $\text{Bq kg}^{-1}$ ].

The analysis of the results of the research was used to assess the radiation situation of the Narwianski National Park. The soil in NPN has not been examined in this respect for the presence of radionuclides.

The obtained results were compared with the results of measurements of radionuclides in soil obtained as part of the work of the CLOR Dosimetry Department funded by the Environmental Protection Inspectorate.

The average values of radium, actinium and potassium concentrations and  $^{137}\text{Cs}$  deposition for the Narwianski National Park are comparable to the average values for Poland and the Podlaskie Voivodeship.

In the studied area of NPN, regions with a greater or lesser influence of artificial or natural radionuclides could not be determined because their concentrations are close to each other and quite low level.

The maximum annual effective dose estimated on the basis of measurements of concentrations of natural radionuclides in the soil of NPN is 0,18 [mSv] (Suraż - Kowale), which is 7.5 % of the natural background for a statistical inhabitant of Poland. Counting on further cooperation with the Directorate this article would like to collect, in the summer of 2021, samples of flora in NPN (in points territorially similar to the soil intake points). Then, in these samples, will be made measurements of natural and artificial radionuclides by gamma spectrometry to further assess the radiation situation in the Narwianski National Park.

#### Literature

Monitoring of Ionizing radiation carried out as part of the State Environmental Monitoring, Task 3: Monitoring of  $^{137}\text{Cs}$  concentration in soil, Annual report from the third stage of work, K. Isajenko, M. Kardaś, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, A. Kielbasińska, CLOR, Warsaw, February-March 2018

Radiological protection. Size, unit and calculation. B. Gostkowska, CLOR, Warsaw 2018

Physical basis of radiological protection. B. Gostkowska, CLOR, Warsaw 1992

Dosimetry and radiation protection. R.G. Jaeger. PWN, Warsaw 1962

---

# The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around National Centre for Nuclear Research in Świerk.

---

*B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stwarz, A. Fulera, A. Matysiak, K. Wojtkowski, M. Kozdrój, A. Kiełbasińska*

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) Różan in 2020 y. focused on:

-realization of research activity of gamma spring waters taken once a year in the three measuring points which allow the detection of artificial isotopes gamma radioactive content,  $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$ , measuring the total content of caesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) and tritium ( $^3\text{H}$ )  $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$ ;

-realization of research: the total activity beta ground water collected by piezometers in eight points twice a year-when exceeding  $1 \text{ Bq/dm}^3$  is a measurement of content of potassium ( $^{40}\text{K}$ ) and determining the content of tritium ( $^3\text{H}$ )  $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$ ,

-realization of measurements by the dose rate in the five points and the collection of the soil twice a year and the realization of the study of gamma radiation samples of the soil with the define isotopes gamma radioactive: artificial  $> 0.7 \text{ Bq/kg}$  (dry mass) and natural  $> 2.5 \text{ Bq/kg}$  (dry mass),

The estimate of the situation of radiation in around National Centre for Nuclear Research in Świerk in 2020 y. focused on:

-research activity of gamma to enable detection of artificial isotopes gamma radioactive water from the River Świder content  $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$  (collection of two points two times per year) and measuring the total content of caesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) and tritium ( $^3\text{H}$ )  $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$ ,

-research activity of gamma water from sewage treatment plant in Otwock from one point twice a year and the measurement of the total content of caesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ )  $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$ ;

-studies of gamma radiation to detect artificial isotopes in well water taken from two points twice a year for content  $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$  and measurements of the total content of caesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) and content of tritium ( $^3\text{H}$ ) in each sample  $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$  as well as the measurement of a strontium content ( $^{90}\text{Sr}$ )  $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$  in two samples of collection (for two points),

-realization of measurements by the dose rate in the five points, and a collection of grass and soil test of gamma radiation with gamma radioactive isotopes:

-artificial:  $> 1 \text{ Bq/kg}$  is for grass (dry mass);  $> 0.7 \text{ Bq/kg}$  for a soil (dry mass);

-natural:  $> 20 \text{ Bq/kg}$  is for grass (dry mass);  $> 2.5 \text{ Bq/kg}$  (dry mass).

- sampling of two atmospheric aerosol samples on the filter with a portable device and gamma radioactivity testing of atmospheric air aerosol filter samples to detect artificial and natural radioactive gamma isotopes;

- taking twice a year iodine gas in the vicinity of the Świerk Center and testing the gamma radioactivity of the samples obtained;

- taking two samples of rare gases in the vicinity of the Świerk Center and qualitative and quantitative analysis of the samples obtained.

Surroundings National Landfill of radioactive waste (KSOP) in Różan

Study environment the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan, in the analysis of spectrometry of ionizing radiation in samples of spring water with three points

(Z-1, Z-2, Z-3):

- registered gamma radioactive isotope artificial concentration  $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$  only in two points;

- content of tritium was recorded in all samples of water a little above low level detectable. Maximum of tritium was content sample Z-1 ( $4.0 \pm 0.6 \text{ Bq/dm}^3$ ).

-maximum content of caesium ( $^{134}\text{Cs}$  and  $^{137}\text{Cs}$ ) was registered in spring water from point Z-2:  $4.12 \pm 0.46 \text{ mBq/dm}^3$ ;

- activity concentration of strontium  $^{90}\text{Sr}$  in bulk sample (Z-1 + Z-2 + Z-3) was registered in spring water below low level detectable.

Analysis of the beta ray in samples of ground water from around KSOP in Różan showed:

-maximum content of tritium in the sample marked P-16:  $133.9 \pm 4.4 \text{ Bq/dm}^3$

-the largest total radioactivity beta ray  $0.24 \pm 0.21 \text{ Bq/dm}^3$  (sample P - 3 and P - 4).

Spectrometric study of gamma radiation samples of soil from the surroundings KSOP in Różan have shown with artificial isotopes-the presence of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ); with more content in sample marked D-1 ( $40.7 \pm 4.6 \text{ Bq/kg}$ ).

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass in the KSOP Różan have shown with artificial isotopes - the presence of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ). Concentrations of activity of the isotope have been between  $< 0.24 \text{ Bq/kg}$  dry mass (sample marked D-3) to  $19.7 \pm 27.6 \text{ Bq/kg}$  dry mass (in June sample marked D-1). In the analysis of the spectra of gamma radiation aerosols collected on filters of air per day collecting samples in the field of energy between (40-2000) keV has been recorded artificial isotope concentration  $>$  a few  $\mu\text{Bq/m}^3$ .

Concentrations of activity of the isotopes identified in both samples: beryllium ( $^7\text{Be}$ ) and lead ( $^{210}\text{Pb}$ ) correspond to average the values of concentrations of these isotopes recorded in samples of aerosols from the ASS-500 placed throughout the country and working continuously.

Exposition dose rate of radiation in the environment in the KSOP Różan is between  $45.8 \pm 0.8 \text{ nGy/h}$  in point D-5 to  $53.1 \pm 1.3 \text{ nGy/h}$  in point D-1.

Surroundings National Centre for Nuclear Research in Świerk

Study environment by Institute in Świerk, after analysis of the spectrometry of gamma radiation in samples of water from the River Świder (WS-1 and WS-2 samples) and the water from well (G-106 and G-108) was not found the

presence of radioactive isotopes gamma artificial content  $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$ .

In samples of water from the Canal outlet of sewage treatment plant in Otwock (RSD) radioactive gamma isotopes of artificial origin were found with an activity concentration above  $0.1 \text{ Bq / dm}^3$ ; Value radioactivity of isotope  $^{131}\text{I}$  equal  $0.77 \pm 0.04 \text{ Bq/dm}^3$ .

Measurement of content for tritium ( $^3\text{H}$ ) in samples of well water and water from the River Świder method of enrichment of tritium electrolytic method and measurement of the activity of beta ray be means of spectrometry LSC showed the presence of tritium at low level. Maximum activity concentration of tritium in water collected in surrounding Institute of Świerk registered in sample of water from well G-108. This value equal  $2. \pm 0.64 \text{ Bq/dm}^3$ ;

Measurement of content for caesium ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ) in samples of water by method of selective sorption of caesium on a fluid quinoline ammonium (AMP) measuring the activity of  $\beta$  ray preparation has shown that in all samples the caesium activity level is low. The largest average content of caesium ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ) was registered in water from the Canal outlet of sewage treatment plant in Otwock (RSD). The average value of the activity concentration of caesium ( $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ ) in this sample of water were  $8.05 \pm 1.25 \text{ mBq/dm}^3$ .

After the analysis of the spectrometry of gamma radiation in soil samples from the around Institute in Świerk found: Isotopes natural origin – presence natural isotopes i.a. radium  $^{226}\text{Ra}$ , actinium  $^{228}\text{Ac}$ , lead  $^{210}\text{Pb}$  potassium  $^{40}\text{K}$  below  $2.5 \text{ Bq/kg}$ . Concentration of activity isotopes natural origin were in ranges:

$^{40}\text{K}$ :  $139 \pm 8 \text{ Bq/kg}$  (point MD-01) to  $262 \pm 15 \text{ Bq/kg}$  (point MD-02);

$^{226}\text{Ra}$ :  $8.97 \pm 0.79 \text{ Bq/kg}$  (point MD-01) to  $24.0 \pm 1.9 \text{ Bq/kg}$  (point MD-02);

$^{228}\text{Ac}$ :  $4.74 \pm 0.42 \text{ Bq/kg}$  (point MD-05) to  $19.3 \pm 0.5 \text{ Bq/kg}$  (point MD-02)

$^{210}\text{Pb}$ :  $49.1 \pm 4.9 \text{ Bq/kg}$  (point MD-05) do  $117 \pm 11 \text{ Bq/kg}$  (point MD-01).

- isotopes artificial - the presence of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ) in all samples (only in four below  $0.7 \text{ Bq/kg}$ );

- maximum activity of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ):  $9.44 \pm 0.23 \text{ Bq/kg}$  (point MD-02);

---

- minimum activity of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ):  $5.10 \pm 0.134$  Bq/kg (point MD-03).

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass from surrounding Institute in Świerk found: Artificial isotopes - in five samples the presence of caesium ( $^{137}\text{Cs}$ ). The maximum concentration of activity  $4.68 \pm 0.20$  Bq/kg (sample MD-02). Isotopes natural origin – in all samples concentration of activity  $^{40}\text{K}$  and lead  $^{210}\text{Pb}$  was below 20 Bq/kg;

Concentration of activity  $^{40}\text{K}$  in sample of grass was in ranges:  $382 \pm 23$  Bq/kg in sample MD-02 to  $836 \pm 48$  Bq/kg in sample MD-05. The value activity of lead  $^{210}\text{Pb}$  was contest:  $83.7 \pm 13,2$  Bq/kg in sample MD-03 to  $258 \pm 26$  Bq/kg in sample MD-01.

Exposition dose rate in around Institute in Świerk is in range from  $54.6 \pm 5.5$  nGy/h in point MD-05 to the value  $74.9 \pm 7.5$  nGy/h point MD-03.

Only natural origin isotopes recorded on filters of aerosols of air collected with surrounding Institute in Świerk. Concentration of activity this isotope was below the lower limit of detection. Concentrations of activity of the isotopes identified in both samples: beryllium ( $^7\text{Be}$ )

and lead ( $^{210}\text{Pb}$ ) correspond to average the values of concentrations of these isotopes recorded in samples of aerosols from the ASS-500 placed throughout the country and working continuously.

Iodine in gaseous form. In the analysis of the gamma spectrum of the iodine absorbent of the gas form, iodine isotope with a value below the lower limit of detection was registered.

In the measurement of noble gases taken from the area of the Center Świerk were identified two isotopes  $^{85}\text{Kr}$  krypton and  $^{131\text{m}}\text{Xe}$  xenon value radiation level well above the lower limit of detection.

Work Centre in Świerk and the presence of Radioactive Waste in Różan not pose a risk in terms of radiological environment for the residents of both locations.

#### Financing

The work done at the request of the State Agency for Atomic Energy.



---

*Department of monitoring and  
calibration*





---

## Department of Individual Monitoring and Calibration

---

The Department Individual Monitoring and Calibration consists of two laboratories: The Individual and Environmental Monitoring Laboratory (PDIŚ) and Laboratory for Calibration Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), in which 12 people are employed. The basic tasks of the Department are to conduct research and development works and provide services in the field of:

- individual dosimetry,
- calibration of dosimetric instruments,
- calibration of radon instruments,
- exposure of passive detectors in reference fields of neutron, gamma, X and beta radiation,
- exposure of passive radon detectors in standard radon concentrations in the air,
- measurements of radioactive iodine in the human thyroid,
- measurement of radon in water by emanometry and liquid scintillation methods,
- measurements of the radon concentration in the air in workplaces and buildings.

As part of the scientific development, the employees of the Department successfully conduct research as part of their doctoral dissertations. Thanks to the constant cooperation of the Department with academic centers, the unit conducts laboratory classes for students in the field of dosimetry and ionizing radiation metrology. The result of this cooperation are engineering and master's theses. All research works carried out in the Department are published in scientific journals. Scientific articles published by the Department's employees can be found in such journals as: Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics or Physica Scripta. The results of research work are also presented at conferences, mainly of international scope.

The department constantly develops its research potential through the development of research infrastructure and establishing scientific cooperation at the national and international level. On the national level, apart from the cooperation with academic centers mentioned above, the employees of the Department actively participate in the

activities of associations and scientific platforms. The most important activity in this area is, first of all, cooperation within the Radon Center. Another association in which the employees of the plant actively participate is Women in Nuclear Polska (WiN) and PTBR. In addition to the above, the employees of the Department are also technical experts of the Polish Centre for Accreditation, the Polish Committee for Standardization and members of the Team for The National Action Plan In The Event Of Exposure To Radon Of The Chief Sanitary Inspectorate.

As part of international cooperation, the organization in which the employees of the Department work is primarily the EURADOS group (European Radiation Dosimetry Group) focused on scientific activities and exchange of experience in the field of ionizing radiation dosimetry, gamma spectrometry and research problems in the field of exposure of various professional groups to ionizing radiation. Another organization in which the employees of the Department work is OECD (The Organization for Economic Co-operation and Development), and more precisely, activities within one of the agencies of this organization - the Nuclear Energy Agency. The employees of the Department are also active in IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification). As part of international research cooperation, the Department carries out work under the EURAMET-Preparedness ([www.preparedness-empir.eu](http://www.preparedness-empir.eu)), MetroRadon ([www.metroradon.eu](http://www.metroradon.eu)) and traceRadon (<http://tracerradon-empir.eu/>) projects.

Organizationally, two laboratories have been separated within the Department. The first - Laboratory for Calibration Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), with the status of a calibration laboratory in the context of PCA accreditation requirements, and the second, functioning as a research laboratory - Individual and Environmental Monitoring Laboratory (PDIŚ). All calibration methods used in the LWPDiR are accredited by the Polish Centre for Accreditation and comply with the requirements of the international standard ISO / IEC 17025. The laboratory's research infrastructure has been divided into six measuring stands: Gamma Stand, X-ray Stand, Neutron Stand, Radon Stand, Beta Stand and Radioactive

---

Contamination Stand. The research equipment enables the exposure to be made with the uncertainty of 4%. The Laboratory carries out about 1,300 calibrations of dosimetric instruments annually, mainly with the use of gamma radiation, X radiation and sources of surface contamination. In the context of the implemented European requirements regarding the limits of radon concentration in residential buildings and workplaces, an important activity of the Laboratory is work with the use of a radon climatic chamber. In addition, the equipment of the radon chamber deserves special attention, including the RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometr) system - the only apparatus of this type in Europe and one of the two in the world, enabling the study of the diameter distribution of radon daughters. Apart from the radon chamber, the D-T neutron generator is undoubtedly the unique infrastructure of the Laboratory. The device is currently the only one of its kind in Poland used for works in the field of neutron radiation metrology.

All calibration procedures used in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments are accredited by the Polish Center for Accreditation and comply with the requirements of the international standard PN: EN ISO / IEC 17025. The research infrastructure of the Laboratory was divided into six measurement stands: Gamma Stand, X-ray Stand, Neutron Stand, Radon Stand, Beta Stand (Beta Secondary Standard 2) and Radioactive Contamination Stand. The testing apparatus enables exposures to be carried out with a reference value with an uncertainty of 4 %. About 1 000 calibrations of dosimetric instruments are carried out annually in the Laboratory, mainly on gamma radiation stand, X-ray stand and Radioactive Contamination Stand.

Apart from the radon chamber, the laboratory's undoubtedly unique infrastructure is the D-T neutron generator. The device is currently the only one of its kind in Poland used for work in the field of neutron radiation metrology.

Within Individual and Environmental Monitoring Laboratory main research topics are: thermoluminescent dosimetry, measurement of  $^{131}\text{I}$  activity in human thyroid, measurement of radon activity concentration in water, and measurement of radon activity concentration in air. Research is focused on the assessment of individual doses of the population and occupational to ionizing radiation, resulting from external exposure as well as the assessment of the effective dose as a result of the absorption of radioactive isotopes. As before, all research procedures developed and implemented in PDIŚ are accredited by PCA.

The Department of Individual Monitoring and Calibration conducts extensive activities related to the statutory tasks of CLOR. Research conducted at the Department has a significant impact on the current and future state of radiation protection and nuclear safety of Poland. It is also a great place to educate new staff specializing in dosimetry and ionizing radiation metrology.

The experience and knowledge gained by the employees of the Department, thanks to the conducted research and national and international cooperation, is an invaluable value in the context of the planned construction of the first nuclear power plant in Poland, radon measurements in the environment, also in the context of the continuous development of the use of ionizing radiation sources in medicine, science and industry.

# Validation of code CLRP elaborated in CLOR in a frame of international program IAEA MODARIA II

G. Krajewska, P. Krajewski

Program MOdelling and DAta for Radiological Impact Assessments named MODARIA II (2016-2019), was seventh succeeding program of IAEA, in which for 30 years has been participating CLOR, concerning problems of accuracy and validation of prognosed exposure levels of the public and in the environment with computer models of the fate of radionuclides in the environment.

MODARIA II was continuation of the program MODARIA I (2012-2015) and keeping the aim and scope of precursor more extensively has been related to the new recommendations of IAEA on radiological protection.

The MODARIA II program comprised seven Working Groups covering a wide range of topics, but CLOR participated in Working Group 3 - Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment. This group was attended by around 40 participants from over a dozen Member States and international organizations.

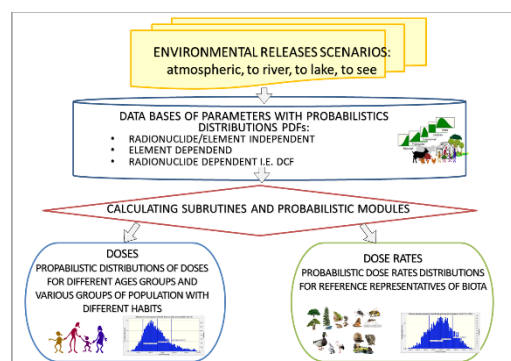
The overarching objective of the WG3 activities in environmental modelling was an integrated risk assessment of reference group of population and biota

associated with radionuclides releases from various kind of nuclear facilities as from different type and power nuclear reactors, radioactive waste disposal and more complex nuclear research facility.

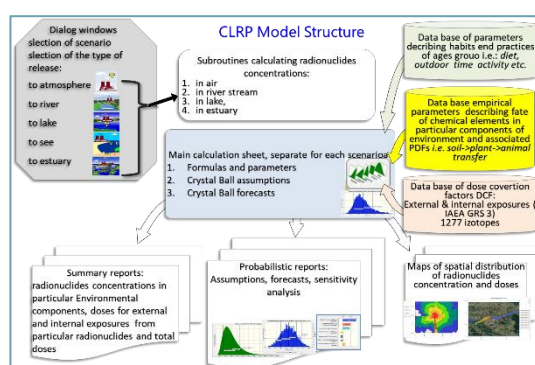
The program offered opportunity to collect and compare exposures predicted by particular models and to perform validation study of contributing models.

Program MODARIA II formally ended in 2019, but followed year 2020 was assigned for preview results and edition of reports [1], however it is foreseen to launch of the IAEA's new program on Methods for Radiological and Environmental Impact Assessment (MEREIA) I on 4-8 October 2021 []. More detailed description of MODARIA program one can find in the CLOR report [3].

Integrated risk assessment means, that in the one calculation run, one can get quantities of doses for reference groups of population and dose rates for reference representatives of biota. It requires of specific structure of calculation code, what is presented on Figures 1 and 2.



**Figure 1.** The code structure that enables on integrated risk assessment of reference groups of population and reference representatives of biota.



**Figure 2.** Schema of interface modules and calculation modules of CLRP

The validation of environmental models hazard predictions in a case of routine releases can only be performed by models comparisons i.e. by collecting results of predicted exposures and discussion and clarification of discrepancies,

instead of using observed monitoring data which are usually below detection limit.

The validation procedure consists of several stages, in the first, the special type scenario is prepared, which is

regarded as a unique standard for each participant, therefore the scenario contains the same input parameters as isotopic composition and activity released to environment, meteorological conditions, description of nuclear facility surrounding, including agricultural practices and habitat of neighboring population. Commonly, the scenario authors indicate "a priori" the reference group of population (at highest risk). The scenario draft is previewed by participants and possibly improved (its preparation lasts about two years).

In progress of MODARIA II program, the WG3 have been elaborated four full standard scenarios, as follow:

- CADARACHE CENTRE SCENARIO- radioactive releases to atmosphere and river Durance from the French research center on nuclear matter, belonging to C.E.A<sup>18</sup>. The Center consists of 21 constant nuclear installations including nuclear reactors (Pegase, Rapsodie), nuclear waste repositories as well as the nuclear materials reprocessing plants. In 2005 the Center was selected for location of ITER<sup>19</sup> – the biggest thermonuclear experimental reactor. CADARACHE scenario was compiled by French scientists of C.E.A.
- AUBE SCENARIO - radioactive releases to atmosphere and river Noues d'Amance from low and medium waste disposal in the location of village L' Aube). AUBE scenario was compiled by French scientists of CSA-ANDRA<sup>20</sup>
- ATUCHA SCENARIO - radioactive releases to atmosphere and river Paraná de las Palmas from Argentina nuclear power plant HWR (D2O heavy water as moderator) build by SIEMENS'a with power of 362 MWe. Scenario ATUCHA was compiled by Staff of ARN<sup>21</sup>.
- CHINON SCENARIO - radioactive releases to atmosphere and river Loara from NP in CHINON which consists of 4 blocks PWR of power 900

MWe. CHINON scenario was compiled by French scientists of IRSN<sup>22</sup>

Six various models from different organizations participated in the validation study, as follow:

- SYMBIOSE – the French model, developed by IRSN – modular code with build-in probabilistic package MC and also enables special analysis of results of predictions,
- ESTE AI – the Slovak model, developed by ABMerit, based on GIS platform with own probabilistic package MC,
- CROM – the Spanish model, developed by CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas) in a frame of EU STAR project with build-in own probabilistic package MC, but without possibility of calculation doses from tritium HTO, OBT and carbon <sup>14</sup>C,
- CLRP (routine releases) – the Polish model developed in CLOR, based on EXCEL Microsoft Office 365 supported by probabilistic package Crystal Ball Oracle,
- PC-CREAM – English model, developed by PHE plus MS EXCEL worksheet to calculate doses for biota
- PC CREAM 08 – Argentinian model developed by ARN (Autoridad Regulation Nuclear)

The Table 1 presents an example data of radionuclides releases from NP CHINON, whereas results of doses prediction for reference group of population on Figure 3.

<sup>18</sup> C.E.A Commissariat Energie Atomique  
<sup>19</sup> International Thermonuclear Experimental Reactor

<sup>20</sup> L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

<sup>21</sup> Nuclear Regulatory Authority of Argentina

<sup>22</sup> Institute de Radioprotection et Sûreté Nucléaire

**Table 1.** Isotopic composition and magnitude of radionuclides releases from EJ Chinon

releases	dominating radionuclides					remaining radionuclides
<i>atmospheric releases</i>						
4,2 TBq·rok <sup>-1</sup>	<sup>3</sup> H (50%)	<sup>14</sup> C (14.5%)	<sup>133</sup> Xe (27%)	<sup>85m</sup> Kr (7%)	<sup>135</sup> Xe (4%)	<sup>41</sup> Ar (3%) <sup>58</sup> Co, <sup>60</sup> Co, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>131</sup> I, <sup>133</sup> I <0.005%
<i>river discharges</i>						
54 TBq·rok <sup>-1</sup>	<sup>3</sup> H (99.9%)	<sup>14</sup> C (0.085%)				<sup>110m</sup> Ag, <sup>58</sup> Co, <sup>60</sup> Co, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>131</sup> I, <sup>124</sup> Sb, <sup>125</sup> Sb <0.005%

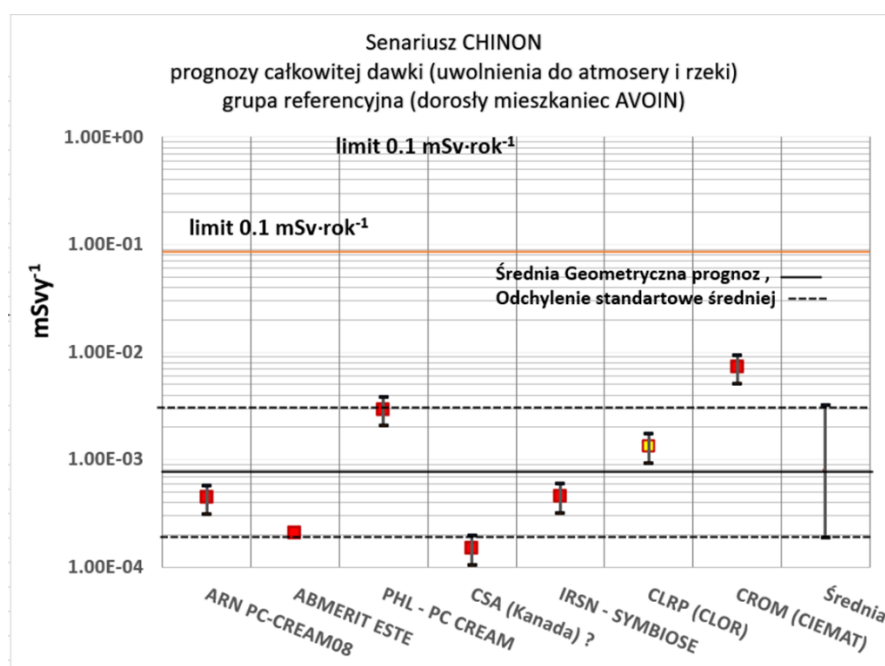


Figure 3. Porównanie prognoz całkowitej dawki dla Scenariusza CHINON

Predictions of the total yearly dose (from atmospheric releases and from discharges to river) for reference group of population (adults inhabited in Avoin town, 5 km on South of NP. CHINON stacks, calculated by six participating models fit in a range of  $2 \times 10^{-4} \div 2 \times 10^{-3} \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ , therefore about 1000 fold less than reference level for population hazard, equal to  $1 \times 10^{-1} \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ .

All models showed similar predictions regarding the contribution of the particular hazard pathways to the total dose as well as the contribution of dominant radionuclides to the item.

The total dose prediction by CLRП code was close to the geometric mean of overall predictions of participating models.

Predictions of total dose rate for reference representatives of biota was less than  $3 \times 10^{-3} \text{ mGy} \cdot \text{d}^{-1}$ ; that is 300 fold lower than ICRP reference level equal to  $1 \text{ mGy} \cdot \text{d}^{-1}$ .

The main sources of discrepancies of predictions among the participating codes were another approaches in physical models of the behavior of tritium HTO, OBT and carbon <sup>14</sup>C in the environment as well as somewhat different interpretation of scenario information.

This work was financed by the Ministry of Science and Education, found under subvention in 2020.

#### References

[1] Uncertainty and variability analysis for assessments of radiological impacts arising from routine discharges of

---

radionuclides, Report of Working Group, Version 6.1, July 2020.

[2] <https://www.iaea.org/events/evt2003621>

[3] Krajewski, P., Krajewska, G., Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach

międzynarodowego programu MAEA MODARIA (2016-2019), RAPORT CLOR NR 160/161, ISBN 978-83-947765-4-

1

# Maintenance of the CLOR Iodine Monitoring Laboratory to perform measurements of radioactive iodine in the human thyroid

G. Krajewska

Activity measurements of iodine deposited in the thyroid are performed in the Laboratory for Monitoring of Iodine in CLOR with two sets of gamma-ray spectrometer - stationary and portable. The apparatus allows the measurement of iodine in the thyroid gland at workplaces or site of an accident or local contamination of the iodine, as well as in the population in areas of radioactive contamination in the event of failure of large-scale, eg. nuclear power plant accident. It was produced by Canberra-Packard - detector is a crystal NaI (TI) 3 x 3 inches, with a resolution of 7.5% for energy 661.6 keV.

Main activities of Laboratory, included in 2020, among other things, the task of maintaining readiness of equipment to take immediate measurements of radioactive iodine in the thyroid gland, which consists in carrying out systematic measurements of background in

photopeaks of isotopes  $^{99m}\text{Tc}$  and  $^{131}\text{I}$  and testing the electronic modules measuring sets, as well as the task of performance measurements of radioisotopes of iodine-131 and technetium-99m in the thyroid gland, which were made at the employees of nuclear medicine departments in Poland.

Background in the Laboratory room, measured systematically twice during the month, was 4, 3 cps in photopeaks of isotopes  $^{99m}\text{Tc}$  and  $^{131}\text{I}$ , respectively, and ranged from 20% of the average of the measured background annual previous years, remaining at a constant level and thus determining the low limit of detection measurements. In Figure 1 and Figure 2 shows the spectrum of the background radiation measured set of stationary and portable, respectively.

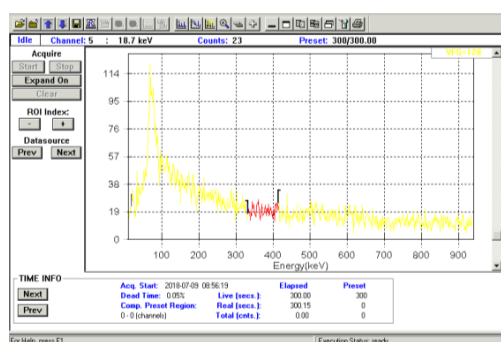


Figure 1. The background spectrum in laboratory measured with stationary unit

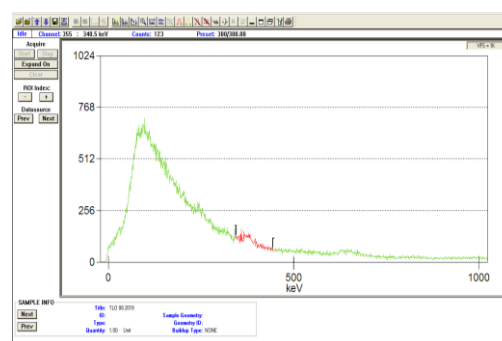


Figure 2. The background spectrum in laboratory measured with mobile unit

In 2020 we made measurements of radioactive iodine  $^{131}\text{I}$  and technetium  $^{99m}\text{Tc}$  in the thyroid gland of people representing the medical staff of the Department of Nuclear Medicine, Central Clinical Hospital in Warsaw and the Department of Nuclear Medicine and Clinic of Endocrinology, Diabetology and Internal Diseases of the University Clinical Hospital in Bialystok.

The results of activity measurements of iodine-131 (and technetium-99m) in the thyroid and the estimated

In these facilities, the use of radioactive iodine are carried out in diagnostic tests, ie. scintigraphic the thyroid gland, thyroid uptake, determination of the level of thyroid hormones, therapeutic and research as well as in the treatment of thyroid disorders, including cancer in the branch system. Moreover, they are carried out the diagnostic tests to other organs using technetium.

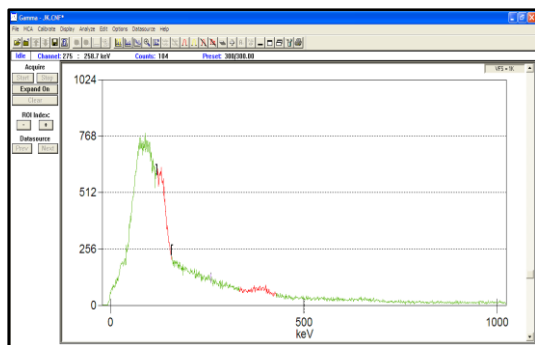
doses of absorptions of  $^{131}\text{I}$  with employees of the of the above establishments.ia Brodno Hospital are shown in Table 1. and in Figures 3-4.

Tab 1. The results of measurements of the activity levels of radioactive iodine and technetium in employees of the Departments of Nuclear Medicine (only measurements with a value greater than the minimum measurable activity were presented, 68 [Bq])

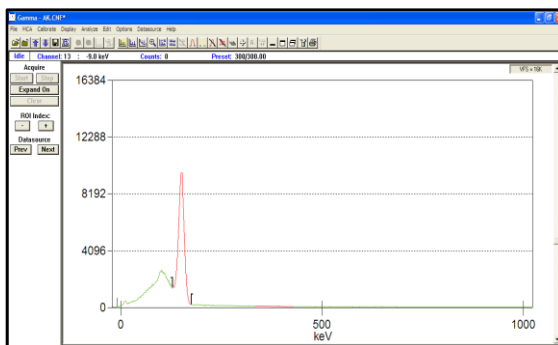
No. (Employee)	Measured in thyroid activity of iodine -131 [Bq]	The estimated annual effective dose from the absorptions of iodine-131 [mSv]	Percentage of maximum effective dose for occupationally exposed (20 mSv)	Measured in thyroid activity of technetium-99m [Bq]
<i>Department of Nuclear Medicine, Central Clinical Hospital in Warsaw</i>				
1. (J. K.)	500	250	3.75	170
2. (K.M.)	<68*)	<0.38	<1.90	200
3. (A.K.)	500	250	3.75	11800
4. (A.M.)	<68	<0.38	<1.90	250
5. ÷ 20.	<68	<0.38	<1.90	-
<i>Department of Nuclear Medicine and Clinic of Endocrinology, Diabetology and Internal Diseases of the University Clinical Hospital in Bialystok</i>				
1. (J..J.)	<68	<0.38	<1.90	85
2. (M.M.)	250	0,75	3,5	-
3. (D.S.)	260	0,78	3,6	-
4. (J.Z.)	310	0,93	4,7	170
5. (K.B.)	400	1,2	6,0	240
6. (H.K.)	300	0,90	4,5	500
7. ÷ 20.	<68	<0.38	<1.90	-

\*) Minimum measurable activity





**Figure 3.** The spectrum of radiation measured in the A.K.



**Figure 4.** The spectrum of radiation measured in the employee J.K.

Levels of activity of iodine-131 in the thyroid of the employees in the case of both Nuclear Medicine Departments where the measurements were carried out, they were low (Table 1).

The maximum dose was approximately 0.75 mSv, not exceeding 4% of the annual limit for occupational exposure (employee of the Central Teaching Hospital in

Warsaw). The presence of technetium isotope in the thyroid gland was recorded in several employees (high value in A.K. employee).

Financing

The work was funded by the National Atomic Energy Agency under the Contract No. 19/OR/2018

# Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments – technical part

Ł. Modzelewski

Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR)

In 2003 LWPDiR was accredited by Polish Centre for Accreditation (PCA). It is the only calibration laboratory in Poland with such a broad range of measurement services. Calibrations for the following measuring quantities are available:

- air kerma,  $K_a$  [Gy]
- ambient equivalent dose,  $H^*(10)$  [Sv]
- photon equivalent dose,  $H_x$  [Sv]
- personal dose equivalent,  $H_p(d)$  [Sv]
- exposure,  $X$  [R]
- absorbed dose,  $D$  [Gy]
- radon concentration, [Bq/m<sup>3</sup>]
- equivalent equilibrium radon concentration EEC, potential alpha energy concentration [uJ/m<sup>3</sup>]

Main scope of activity

The laboratory is equipped with modern calibration stands: X-ray, gamma, beta, surface contamination and the largest radon chamber in Poland, enabling calibration of radon instruments.

LWPDiR is accredited in:

- 18.01 Dosimetric quantities.
  - gamma radiation (cez-137, kobalt-60 and ameryk-241),
  - beta radiation (stront-90, krypton-85)
  - X-ray (narrow series- N-40 ÷ N-250)
- 18.02 Surface emission.
  - alfa- radiation source- ameryk-241,
  - beta- radiation sources - stornt-90, węgiel-14, chlor-36
- 18.03 Radon measurements.
  - radon concentration in air,
  - equivalent equilibrium radon concentration EEC.



Figure 1. Reference instrument in LWPDiR

---

# Quality Management System in the Laboratory of Personal and Environmental Doses in 2020

---

*A. Milewska*

The Laboratory of Personal and Environmental Doses is part of the Dose Control and Calibration Department. It has the Accreditation Certificate of the Research Laboratory No.AB 450, confirmed by the Polish Center for Accreditation. The laboratory performs measurements according to the PN-EN ISO / IEC 17025: 2018-02 standard. In February 2020, an assessment was carried out by the PCA, which was related to the extension of the scope of accreditation to include eye dosimetry.

In July 2020, two internal audits were carried out. Audits reports confirmed the compliance of PDIiŚ activities with the system requirements and the reference standard.

In August 2020, a management review took place, during which all the requirements included in the PN-EN ISO / IEC 17025: 2018-02 standard and current matters were discussed. During the review, the goals and tasks established in the previous management review were discussed. The tasks related to the development of the eye dosimetry procedure, the modernization of the laboratory, and the updating of the website have been fully completed. The participation of CLOR employees in training, seminars, and conferences as well as the implementation of the new TLD database was transferred to the next period. The extension of the deadline for the implementation of the above-mentioned tasks was related to the epidemic situation, the decision to suspend external training and limit the number of internal training, as well as the introduction of remote work. On the other hand, the task of extending the scope of accreditation in the scope of measuring the concentration of  $^{222}\text{Rn}$  will not be implemented. Resignation from the implementation of the above-mentioned task was due to a failure of the device. Further expansion of the TLD database, update of the quality management system, development of an electronic version of the customer satisfaction survey, the launch of

an online store enabling the purchase of the  $^{222}\text{Rn}$  isotope concentration measurement test, and the purchase and installation of a system for storing CR-39 detectors are planned for the next period.

During the management review, the results of the Customer Satisfaction Survey were presented. The total number of Clients assessing PDIiŚ at the VERY HIGH and HIGH levels remains at the same level as in the previous survey. The highest score, ie 100%, was obtained for meeting deadlines for the implementation of contracts. 92.59% of clients are long-term clients of PDIiŚ. This result is the second-highest score obtained in the conducted study. This proves that clients are very much attached to PDIiŚ.

At the beginning of September 2020, an audit was carried out by the PCA. The audit concerned the system part. According to the received evaluation report, the Laboratory meets the accreditation requirements specified in the PN-EN ISO / IEC 17025: 2018-02 standard. The report lists 4 observations.

Concerning the staff in the Laboratory of Personal and Environmental Doses, the person performing the function of the Quality Manager was changed. This function was entrusted to Mrs. Aneta Milewska. In 2020, Mrs. Hanna Feder stopped working in CLOR, and Mrs. Małgorzata Trąbińska was employed in her place.

As part of the improvement, the PDIiŚ staff participated in training courses conducted by external entities and in internal training. Due to the epidemic in the country, some of the training sessions were canceled, and others were conducted remotely (online).

In addition, work has commenced toward update the Quality Management System and its transition to an electronic version.

---

## Report from the seminar "Ensuring and maintaining a quality system in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR) for the purposes of radiological protection".

---

*A. Kudynowska*

The reporting seminar on the activities of LWPDiR in the field of "Ensuring and maintaining the quality system in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR) for the purposes of radiological protection" took place on March 29, 2021.

The systemic part of this scope was presented by Ms Alicja Kudynowska.

First, the structure of the Laboratory was presented, in which the following functions are distinguished: Laboratory manager, Quality manager, Technical manager. The technical manager takes care of all measuring stations in the laboratory.

Compared to the previous year, in 2020 in the Laboratory, there were no changes in the management staff. Mr. Łukasz Modzelewski performed the function of the Laboratory Manager as well as the Technical Manager. The function of the Quality Manager was performed by Ms Alicja Kudynowska. From among the calibrating staff, Mr. Andrzej Wiśniewski retired from work, in his place, Ms. Alicja Jakubowska was hired initially for ½ full-time with a subsequent shift for full-time.

Personnel records confirm competence, assigned responsibilities and authority.

With regard to the scope of accreditation, it was informed that the current scope of the Laboratory's accreditation (AP 057) remained unchanged. Issue No. 16 of October 10, 2019 was in force until October 27, 2019. Currently, issue No. 17 of October 27, 2020 is in force - accreditation cycle from October 10, 2019 to November 6, 2023. Areas of accreditation: ionizing radiation and radioactivity (18/01, 18/02, 18/03).

The entire documentation of the LWPDiR (Management System Guide, 17 general procedures, 1 general instruction, 6 calibration procedures, 11 technical instructions, forms) is

adapted to the requirements of the PN-EN ISO / IEC 17025: 2018-02 standard - it is monitored and improved on an ongoing basis .

The management review took place on August 19, 2020 in accordance with the management review plan and QPO10 procedure "Management review". The meeting was chaired by the CLOR Director, Dr. Paweł Krajewski, and all employees of LWPDiR participated.

The subject of the review covered all elements of the management system specified in the requirements of the new standard.

As a result of the review, i.a. an analysis of the achievement of the objectives set during the previous review (13/06/2019) for 2019/2020 was carried out, as a result of which it was concluded that out of 5 objectives planned for this period, 1 objective, which related to the participation of staff in conferences and seminars, was fully achieved, external and internal training.

Objective no. 2 was postponed - purchase / development of a new database for registration of accepted instruments for calibration in the Laboratory and objective 3 - purchase of new transport carts for dosimetric instruments, which were accepted for calibration. Objective No. 4 "Adaptation of the radon stand to the requirements of the New Atomic Law (extension of accreditation to field measurements)" was carried out in another laboratory of the same Department. Objective no. 5 was abandoned - the creation of a calibration room in the "CLOR Archive" room for a neutron irradiator with an Am-Be source and a Neutron Generator due to the lack of technical possibilities (impossibility to arrange a room).

It was reminded that in this review, goals and tasks for the next period (2020/2021) were prepared, as presented in the slides. A total of 4 short-term goals have been planned -

---

tasks for their implementation have been defined, persons responsible for their implementation and the deadline for completion have been indicated.

The results of interlaboratory comparisons with PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt), the results of internal audits, the process of training implementation and the process of cooperation with suppliers of goods and services were also discussed.

Next, the lecturer discussed the results of internal and external audits of 2020.

1. Internal audit No. 1/2020 of 07/07/2020 - auditor: Kamil Szewczak - no inconsistencies were found and no observations were noted.

2. Internal audit No. 2/2020 of 07/08/2020 - auditor: Kamil Szewczak - no inconsistencies were found and no observations were noted.

3. The assessment in the supervision process (A-1241-2020) was carried out online by the Polish Center for Accreditation composed of AW and SAT, on September 17, 2020.

The lecturer stated that the SAT formulated 1 non-compliance with the technical scope, the content of which will be presented to the audience by Mr. Łukasz Modzelewski, during the technical part reporting seminar.

The incompatibilities listed by the PCA were as follows:

The laboratory implemented appropriate corrections and corrective actions in relation to the identified non-compliance, the evidence of which was sent to the PCA.

According to the next point, customer feedback was assessed for the period July 2019 - August 2020.

The laboratory received 19 customer surveys and analyzed them.

In terms of the level of customer service, the LWPDiR received the highest score for: substantive knowledge of employees - 100%, professionalism and competence - 100%, consulting and substantive support - 100%, ease of contact and availability - 100%.

In the process of providing services, the following were the best:

quality of services performed - 100%, compliance with the terms of the contract - 100%, flexibility in terms of cooperation - 100%.

The least favorable opinion was given to the laboratory's pricing policy: terms and method of payment - 63%, attractiveness of prices - 79%, price-quality ratio - 95%.

There were no complaints or complaints.

The analysis of the surveys from the three-year period is presented in charts and it was found that customer satisfaction is higher than in the previous 2 years. The conclusion from the analysis of the survey results is that the Laboratory meets the needs and expectations of its customers, as evidenced by the fact that 100% of respondents express their readiness to recommend it to other customers.

Training needs were identified based on the forecasts and findings of the management review.

The laboratory prepared a training plan for 2020, as well as a form for non-scheduled training.

8 trainings were planned and 6 were implemented - no 2 external trainings were held.

At the end of the meeting, the participants were acquainted with the assessment of the Laboratory by the Polish Center for Accreditation.

It was noted that LWPDiR meets the accreditation requirements set out in the PN-EN ISO / IEC 17025: 2018-02 standard and that evidence from the evaluation was obtained justifying sufficient confidence in the competence of the AP 057 laboratory in the area of accreditation. Elements that require improvement are noted in the non-compliance protocol.

The seminar was held via the platform.

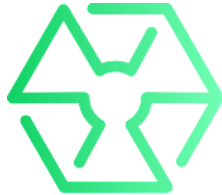
No questions arose regarding the topic referred.

---

# Project EU-RADION „European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification”

---

*P. Lipiński, P. Krajewski, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk  
B. Kliś, A. Jakubowska*



**eu - radion**

The EU-RADION project started in September 2020 and will run for 36 months. The project shall create a prototype of a mobile autonomous system based on vehicles interacting in a so-called swarm for detection and analysis of CBRNE threats, in particular radiation and nuclear threats.

The total budget of the project is 3 490 626,25 EUR. The consortium consists of 8 partners from 4 countries.

Project partners:

Industry SME:

- ITTI Sp. z o.o.– project leader (Poland),
- technisch-matematische studingessellschaft mbh (Germany),
- AirSense Analytics (Germany).

Applied research:

- FOI – Swedish Defense Research Agency (Sweden),
- FFI – Norwegian Defense Research Establishment (Norway).

Academic research:

- Warsaw University.

End users:

- SSBF – Storstockholms brandforsvar (Sweden – Fire brigade),
- Central Laboratory for Radiological Protection (Poland).

The need for this type of project stems from the EU Action Plan (see CBRN Agenda), which aims to increase preparedness in the event of chemical, biological, radiation and nuclear emergencies, as well as the need to increase the real capabilities of the first responders.

The implementation of the project includes three basic assumptions:

- Design and implementation of the Sensor Integration Unit (SIU);
- Creating of the joint operational picture;
- Improving the mobility of emergency teams.

The design and implementation of the Sensor Integration Unit (SIU) assumes:

- Using heterogeneous detection technologies (G-M counters, Cadmium Zinc Telluride detectors, NaI and a hydrogen gas sensor);
- Design of the navigation module;
- Miniaturized design for mobility;
- Wireless communications;
- Non-proprietary, exchangeable power supply;
- Modular design.

Joint operational picture::

- Visualization of the region of interest;
- Estimation of the source location;
- Modelling the threats (maps);
- Sensor readings and their positions available in real time.

System mobility:

- Use of hand-held sensors;
- Use of UGV (Unmanned Ground Vehicles) swarm- 1 remotely controlled and 2 autonomous;
- collective behavior of the swarm – autonomous vehicles adjust their position according to the remotely controlled vehicle.

The completed prototype system will be demonstrated at the Runehamar practice tunnel of the Norwegian Fire Service in Norway.

Tasks of CLOR within the project:

- ✓ Work Package 2 (User Requirements & Scenarios)

CLOR is a leader of this Work Package.

- 
- Task 2.1 – Adaptation of scenarios for the EU-RADION needs (completed –December 2020)
  - Task 2.2 – Collection of the user requirements – URS (completed –February 2021)
  - Task 2.3 – Determination of the Key Performance Parameters (end of April 2021)
  - ✓ Work Package 6 (Situational Awareness Tools)
  - Task 6.1 – Determination of the deposition basing upon the sensor readings;
  - Task 6.2 – Urban Deposition Modelling.
  - ✓ Work Package 7 (Field Tests and Data Collection)
  - Task 7.2 – Laboratory Measurements and Tests (task leader);
  - Task 7.3 – Field Measurements and Tests.
  - ✓ Work Package 8 EU-RADION System Integration, Verification and Validation
  - Task 8.4 – Validation of the system (comparison with the URS and the KPP).

---

# Measurement of radon activity concentration in workplaces where is a significant risk of exceeding the reference level 300 Bq/m<sup>3</sup>

---

*K. Wołoszczuk, M. Norenberg, D. Tchórz-Trzeciakiewicz*

As a result of the implementation of the European Union Council Directive 2013/59 / EURATOM establishing basic safety standards to protect against the dangers of exposure to ionizing radiation, it is recommended to establish in the European Union Member States a reference level of radon concentration in the air at workplaces of 300 Bq/m<sup>3</sup>, as a reference level.

The research performed so far, due to the conditions in mines and caves, confirmed that there is a significant risk that in these places the reference level of radon activity concentration may be exceeded. All mention above can provide increase exposure of people leaving or working there due to exposure to radon and short-lived its decay products.

Radon activity concentration in the air were measured using the passive detector method Fig. 1.



Fig. 1 Passive detectors

The exposure of the detectors lasted at least 30 days, the measurements were taken at workplaces. A questionnaire was filled in at each point, with the information needed for subsequent data analysis. In the questionnaire, the questions concerned, e.g, type of work, number of employees, their gender, age, etc.

The detectors were placed in accordance with the recommendations of the International Radon Measurement Association (IRMA):

- measurements were carried out in rooms regularly occupied by employees for a minimum of 4 hours a day, or
- all premises where there was a significant risk of high radon infiltration, which may be occupied by people for more than 50 hours per year (approximately one hour per week).
- in the basement and on the ground floor, measurements were taken in all rooms. For larger rooms and spaces, at least one detector per 150 m<sup>2</sup> was placed.
- upper floors: at least two detectors per floor and at least one detector per 250 m<sup>2</sup>.

Additionally, in cooperation with the University of Wrocław, a geological analysis of the areas where the measurements were made was performed.

Summary:

- an exhibition of over 400 CR-39 trace detectors was carried out,
- measurements were made in 284 rooms,
- exhibitions were held on the ground floor or in the basement,
- a concentration higher than 100 Bq/m<sup>3</sup> was measured in 267 locations
- in 164 locations, a concentration higher than the recommended reference level of 300 Bq/m<sup>3</sup> was measured
- a concentration higher than 1000 Bq/m<sup>3</sup> was measured in 3 locations
- the measured maximum value is 5,523±572Bq/m<sup>3</sup>
- maximum effective dose - 2 mSv/year.



---

# Projekt MetroRADON - Metrology for Radon Monitoring

---

*K. Wołoszczuk*

The overall objective of this project is to enable the SI traceable monitoring of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) at low radon activity concentrations including calibration and radon mapping. These objectives include the investigation of the influence of thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ), the harmonisation of indoor and soil exhalation radon measurements and the development of new methodologies for the identification and characterisation of radon priority areas in Europe. The JRP contributes to the creation of a coordinated metrological infrastructure for radon monitoring in Europe.



The specific objectives of the project are:

1. To develop novel procedures for the traceable calibration of radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) measurement instruments at low activity concentrations ( $100 \text{ Bq/m}^3$  to  $300 \text{ Bq/m}^3$ ) with relative uncertainties  $\leq 5\%$

- (k = 1). As part of this, to develop new radioactive reference sources with stable and known radon emanation rates (WP1).

2. To investigate and to reduce the influence of thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) and its progeny on radon end-user measurements and radon calibrations (WP2).

3. To compare existing radon measurement procedures in different European countries and from the results optimise the consistency of indoor radon measurements and soil radon exhalation rate measurements across Europe (WP3).

4. To analyse and develop methodologies for the identification of radon priority areas (i.e. areas with high radon concentrations in soil, as defined in the EU-BSS) and investigate the relationship between soil radon exhalation rates and indoor radon concentrations (WP4).

5. To validate traceability of European radon calibration facilities, and publish guidelines and recommendations on metrologically sound calibration and measurement procedures (WP5).

More details on the project's website [www.metroradon.eu](http://www.metroradon.eu).

---

# Report from the seminar "Improvement of management systems in the light of ISO standards".

---

A. Kudynowska

On March 29, 2020, a seminar entitled "Improvement of management systems in the light of ISO standards".

The topic was presented by Ms Alicja Kudynowska, according to the following issues:

1. Model of the quality management system according to the PN-EN ISO 9001: 2009 standard
2. Continuous improvement according to the 9000 series standards
3. Elements of system improvement
4. Benefits of continuous improvement
5. Make decisions based on facts
6. Selected methods and instruments of improvement
7. DEMING CYCLE
8. Improvement - the KAIZEN method (scheme)
9. KAIZEN - definition
10. Diagram of relationships between tools and methods used in improvement
11. FMEA analysis
12. Stages of creating a "5why" analysis
13. An example of a simple "5why" analysis
14. Don't save what you can do today for tomorrow.

The lecturer stated that the foundation of each ISO standard is the ISO 9000 "Quality Management System" standard, and thus any substantive change in this standard results in a change in each ISO standard in terms of general issues of quality management - this also applies to ISO / IEC 17025 : 2018-02, valid calibration laboratories.

According to the 9000 series standards, continuous improvement is "repeated actions to increase the ability to meet requirements".

The constant goal of every company or organization should be the continuous improvement of all activities and processes.

Following the standard, it is possible to determine the elements thanks to which organizations can improve the effectiveness of the implemented management system.

These include: quality policy, organization goals, data analysis, audit results, corrective actions, actions related to risks and opportunities, management reviews.

Following the principle of continuous improvement enables the company to increase its competitiveness by: improving its organizational capabilities, linking improvement activities at various levels of the organization with the strategic needs of the organization, quick and flexible response to emerging opportunities and opportunities.

To constantly improve is not only to improve, but also to keep it at one high level, i.e. not to deteriorate.

Continuous improvement enables not only the improvement and improvement of the existing processes, but also the introduction of new ones that will improve the company's work and allow for achieving higher quality.

Continuous improvement ensures the future of the company or organization, enables the improvement of existing processes or the introduction of new ones, enables the dynamic development of the company, as well as the achievement of previously set goals.

It is recommended that decisions in the organization be made on the basis of facts. This guideline indicates the need to focus on facts, data, measurement results and other methods that enable making the right decisions from the point of view of the good of the organization.

A matter-of-fact approach to decision-making requires: systematic collection of information, processing of the obtained data using recognized and reliable methods, passing the obtained results to the right addressees, and making appropriate decisions by the interested parties.

Large concerns, corporations and enterprises use many methods and tools to improve processes. This is done with the use of, inter alia, FMEA methods, with the use of the Deming Wheel, also known as the Wheel of Improvement, or the Keizen methods.

---

A very popular concept of improvement is the DEMING CIRCLE. According to this concept, continuous improvement takes place in several logical consecutive stages, they are: planning, execution, performance check / improvement (Plan - Do - Check - Act).

In turn, large car industry plants focused on the KAIZEN method. Kaizen is an approach to continuous, gradual improvement, it comes from Japan, and the word means change for good (kai-change, zen- for good). There is always room for small tweaks, challenging the status quo, and fine-tuning your daily processes and practice. In fact, we do something every day without calling it "change" or even "continual improvement".

In turn, the FMEA analysis is irreplaceable in the context of meeting the requirements contained in the ISO 9001: 2015 standard - activities related to risk and opportunities. This standard imposes the obligation to assess the risk in individual processes carried out in the enterprise. This point of the standard can be met using tools other than FMEA, but it should be borne in mind that FMEA is the most effective and relatively uncomplicated method of risk analysis.

Then the "5WHY" method was discussed - a method of defining the problem and looking for the root cause. It is a simple tool for analyzing the causes of problems and identified shortcomings as well as their sources. It presents the reasons for the occurrence of non-compliance in a graphical manner, allows for an in-depth examination of the analyzed problem and finding the source of its occurrence by usually asking five questions "why?"

To show how it works in practice, the speaker presented the stages of creating the "5WHY" analysis. This relates to defining the problem by asking the question WHY? There is a problem, make a list of the causes of the main problem to the question WHY?, ask more questions WHY? for each statement, re-analyze the diagram to identify the most important causes of the main problem.

All the above-mentioned methods and tools are presented in the diagrams.

The content of the concept / philosophy of life was also quoted, which many times translates into the success of individuals and thus companies.

DON'T LEAVE WHAT YOU CAN DO TODAY FOR TOMORROW.

Several hundred years ago, Benjamin Franklin (the man who invented electricity) shared the secret of his success with the world. Never save until tomorrow what you have to do today, he said.

But as it turns out, this philosophy was known already before our era. Abraham (he lived around the 2nd millennium BC) said, "Don't let a single opportunity slip out of your hands. If you know you can do it today, why would you wait for tomorrow? Nobody saw 'tomorrow'.

On the other hand, many studies show that the quality management system also has very old roots - the records confirm that it was used by the Egyptians when building the pyramids (it certainly had a different name, but all the processes of this activity allow to classify it as such).

---

# Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2020.

---

*Ł. Modzelewski, Ł. Mazur, A. Jakubowska, A. Kudynowska*

Calibration Laboratory was established in 1967. In 2003 LWPDiR was accredited by Polish Centre for Accreditation (PCA). It is the only calibration laboratory in Poland with such a broad range of measurement services. The laboratory is equipped with modern calibration stands: X-ray, gamma, beta, surface contamination and the largest radon chamber in Poland, enabling calibration of radon instruments.

LWPDiR is accredited in:

18.01 Dosimetric quantities.

- gamma radiation ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{241}\text{Am}$ ),
- beta radiation ( $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ )
- X-ray (narrow series- N-40 ÷ N-250)

18.02 Surface emission.

- alfa- radiation source-  $^{241}\text{Am}$ ,
- beta- radiation sources -  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{36}\text{Cl}$

18.03 Radon measurements.

- radon concentration in air,
- equivalent equilibrium radon concentration EEC.

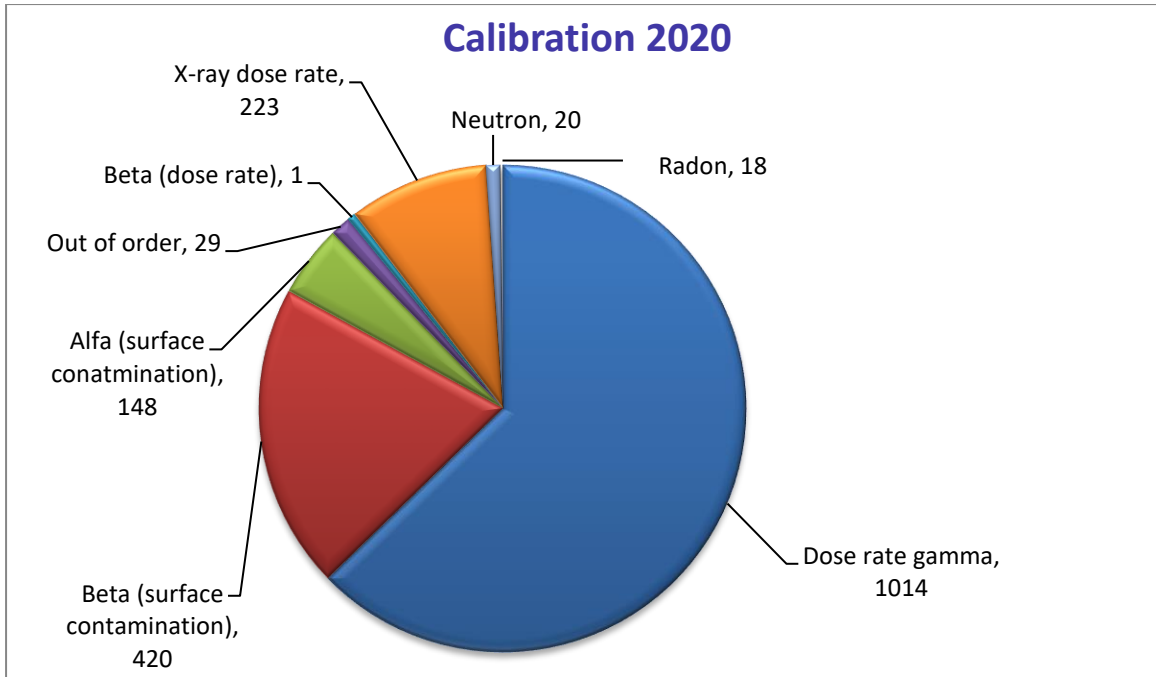
Typically in a year Laboratory of Dosemeters and Radon Devices Calibration performed about 1315 calibrations,

most of them are devices calibrated in gamma radiation field.

In 2020 Laboratory received 1315 contracts for calibration of more than 50 types of instruments:

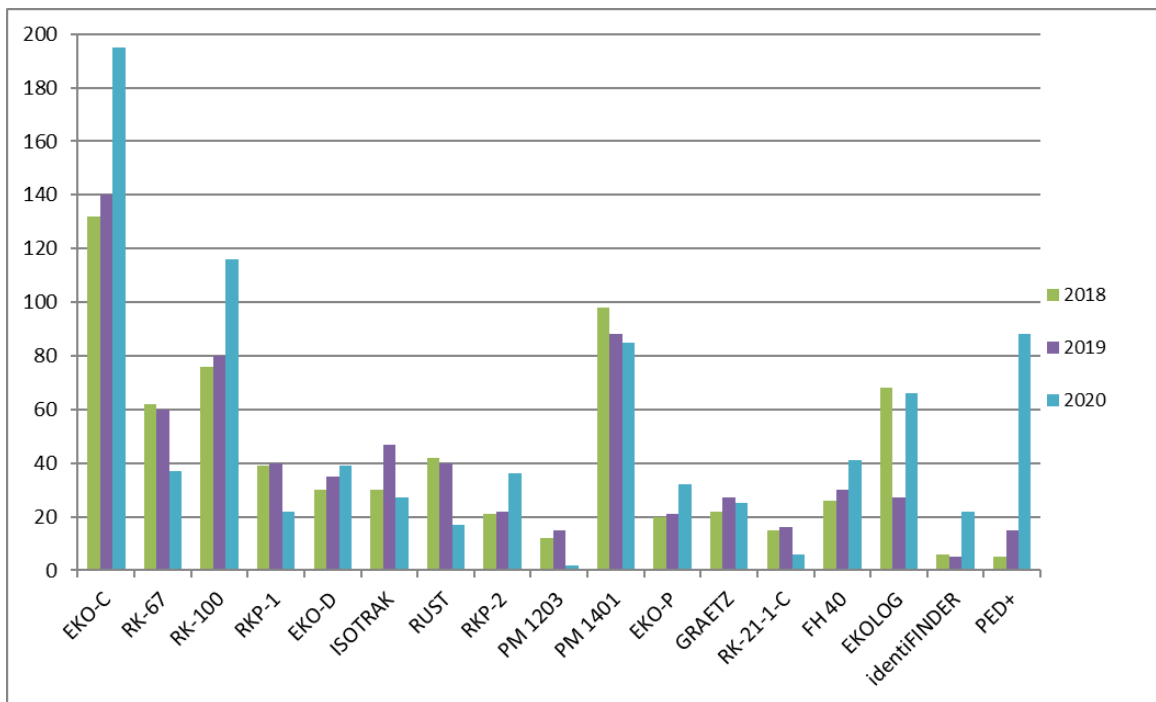
- 1014 calibration certificates for gamma dose rate,
- 568 calibration certificates for surface contamination monitors,
- 223 calibration certificates for X-ray dose rate,
- 18 calibration certificates in radon calibration stand,
- 20 calibration certificates in neutron calibration stand,
- 1 calibration certificate in for beta calibration stand,
- 29 unserviceable protocols.

The number of calibrations carried out on the calibration stands is shown in the diagram in Figure 1.



**Figure 1.** Calibrations made in 2020

In 2020, the most frequently calibrated instruments were successively EKO-C, PED+ and RK-100. The list of the most frequently calibrated instrument types over the last three years is shown in Figure 2.



**Figure 2.** Most often calibrated of dosimeters in LWPDiR (2018 ÷ 2020 yr)

---

# The operation of the Central Laboratory of Radiological Protection (CLOR) dosimetry services within the framework of an agreement concluded with the Radiation Emergency Center (CEZAR) from the National Atomic Energy Agency

---

*Ł. Modzelewsk*

The Central Laboratory for Radiological Protection concluded an agreement for the period from 01/06/2019 to 31/05/2020 with the Radiation Emergency Center (CEZAR) from the National Atomic Energy Agency. Due to this agreement, at the request of the duty officer from Radiation Emergency Center, dosimetry teams are obliged to visit and carry out measurements at the radiation site and make laboratory markings to assess the threat caused by the incident. CLOR dosimetry services consist of 5 teams, 2 people in each. They perform 12 hours long shifts.

Obligations resulting from the signed agreement:

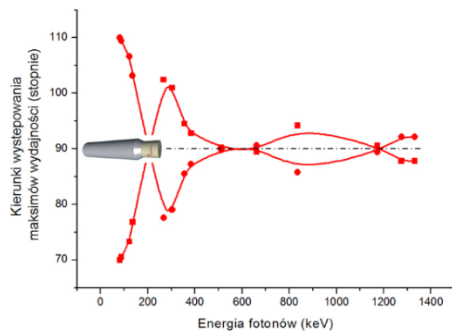
- Ensuring readiness of the dosimetry team to go to the radiation occurrence site within no more than 3 hours from the moment of receiving the departure order from the duty officer of CEZAR,
- Ensuring the maintenance (using own technical means) of 24-hour telephone communication between the CEZAR's duty officer and the Contractor,
- Carrying out measurements with use of portable measuring equipment (at the radiation site), that allow:
  - determination of the value of the ambient equivalent dose of gamma radiation
  - determination of surface radiation contamination from alpha, beta, gamma isotopes
  - detection of isotopic neutronic sources
  - detection and initial identification of radioactive isotopes and nuclear materials,
- Collaborating with CEZAR's duty officer and other on-site services including law enforcement agency,
- Making photographic documentation of the radiation site and secured nuclear materials, sources and radioactive waste,
- Ensuring the laboratory quantitative and qualitative marking of radioisotopes in collected samples using spectrometric methods or radiochemical methods,
- Ensuring the laboratory determination of the percentage composition of nuclear materials originating from the radiation site,
- Preparing reports on dosimetry teams services within 2 days from the completion of all activities at the radiation incident site,
- Delivering monthly reports on performance under the agreement for a given month in writing by the 10th day of the following month,
- Conducting theoretical and practical training related to the dosimetry team performance for 20 people appointed by the Director of the Radiation Emergency Center,
- Participating in training related to reacting to radiation incidents on the instructions of the National Atomic Energy Agency President

So far the dosimetry team from the Central Laboratory for Radiological Protection has received 6 departure commands to perform the duties on radiation sites located in the country.

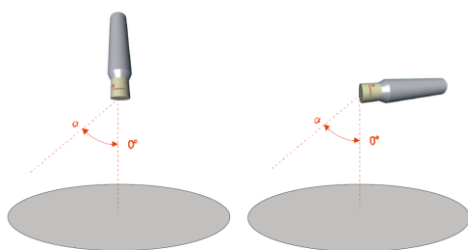
# Assessment of suitability for environmental radiation monitoring of the scintillation probe with the detector LaBr3(Ce).

Ł. Modzelewski, Ł. Mazur, B. Kliś, S. Jednoróg

The work conducted in CLOR [1], [2], [3] proved that in environmental studies there are certain privileged directions and photon energies causing local extremes of the photon registration efficiency function (Figure 1). This inspired the examination of whether the widespread use of the detector's vertical orientation for monitoring is justified (Figure 2).



**Figure 1** The angular distribution of the maximum photon reregistration efficiency reaching the LaBr3 (Ce) detector oriented vertically to the earth's surface.



**Figure 2** Extreme detector orientations: vertical (left) and horizontal (right). Gray circles - the surface of the earth. Alpha angle - the direction of the radiation reaching the detector.

The efficiency of photons registration reaching the detector is described by Formula 1, where: R-counts rate

under the total energy absorption peak [1/s], S-activity of the source [Bq],  $P_\gamma$  abundance of the considered transition with photon energy E [keV]. One of the possible representations of the algebraic performance functions is the logarithmic polynomial of Formula 2, where  $A_i$  denotes the fit factor.

$$eff(E) = \frac{R}{S \cdot P_\gamma}$$

Formula 1

$$\ln eff(E) = \sum_i^n A_i \cdot \ln(E)^i$$

Formula 2

Registration efficiency always means Absolute Full Energy Peak Efficiency (AFEPE). The measure of the photon registration perfection, i.e. the geometric efficiency, is the: Integrated AFEPE-IAFEPE, which is determined by Formula 3:

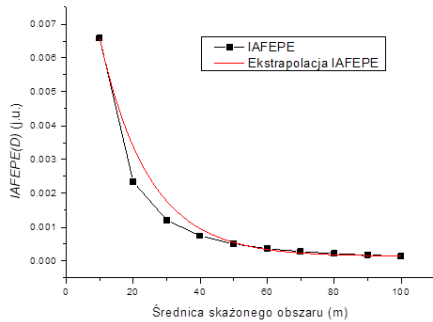
$$IAFEPE = \int_{E_{min}}^{E_{max}} eff(E) dE$$

Formula 3

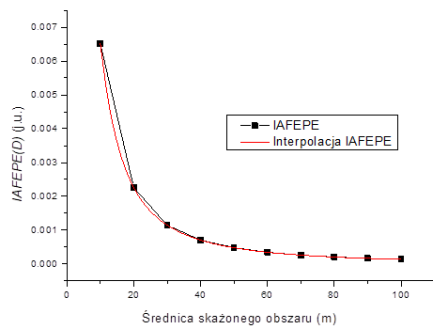
The comparison of photon registration efficiency for the vertical and horizontally oriented detector towards the ground can be done by examining the course of the variability of IAFEPE depending on the diameter of the surface from which the radiation arrives.

It means examining the sequence, the elements of which are integrals determined from the efficiency function for successive contaminated surfaces  $d_1, d_2, \dots, d_n$ , with both detector orientations. This test is presented in Figure 3 and Figure 4. The IAFEPE variability courses as a function of the

diameter of the contaminated surface are comparable for both orientations. Both of the discussed functions have a limit. This means that neither orientation results in more efficient photon registration.

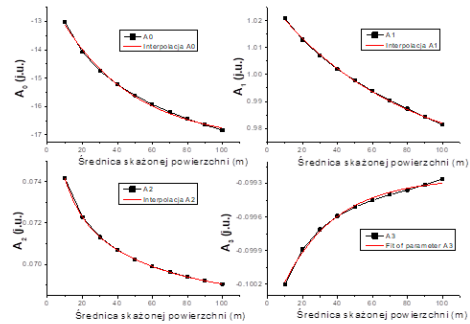


**Figure 3** IAFEPE values (black squares) for the horizontally oriented in-situ detector and their analytical representation (red curve), where a.u. arbitrary units.

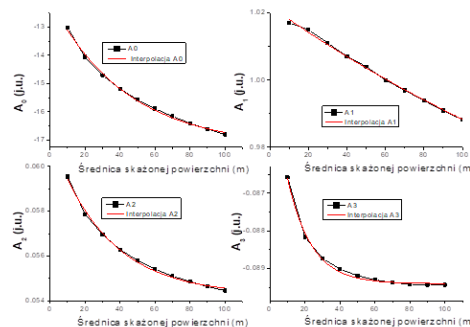


**Figure 4** IAFEPE values (black squares) for the vertically oriented in-situ detector and their analytical representation (red curve).

Next, the variability of the analytical function representing the photon recording efficiency for both detector orientations was examined. In particular, the course of the variability of the coefficients of the logarithmic polynomial as a function of the changing diameter of the contaminated surface was investigated.



**Figure 5** The course of the variability of the coefficients of the efficiency function  $A_0 \div A_3$  for the horizontal orientation of the in-situ detector. By determining the limit value of each of the function coefficients, the universal curve of photon registration efficiency is determined and subjected to the IAFEPE test.



**Figure 6** The course of the variability of the coefficients of the efficiency function  $A_0 \div A_3$  for the vertical orientation of the in-situ detector. By determining the limit value of each of the function coefficients, the universal curve of photon registration efficiency is determined and subjected to the IAFEPE test.

For the vertically oriented detector, the values of the coefficients of the function described in the efficiency calibration (Formula 2) were, respectively:  $A_0 = -17.23 \pm 0.13$ ;  $A_1 = 0.92 \pm 0.01$ ;  $A_2 = 0.054 \pm 0.0002$ ; and  $A_3 = -0.089 \pm 0.00002$ . For the detector placed horizontally, these values were respectively:  $A_0 = -17.25 \pm 0.13$ ;  $A_1 = 0.97 \pm 0.002$ ;  $A_2 = 0.068 \pm 0.00007$ ; and  $A_3 = -0.099 \pm 0.00002$ . In order to estimate which of the described measurement geometries: with the detector placed vertically or horizontally, is better, the values of the above-mentioned coefficients were inserted into the functions describing the registration efficiency and integrated. The



---

IAFEPE values calculated in this way are respectively: for a horizontally oriented detector  $(9.13 \pm 1.14) \cdot 10^{-5}$ , and for a vertically oriented detector  $(8.97 \pm 1.23) \cdot 10^{-5}$ . So there are no statistically significant differences between one detector orientation and the other.

Reference:

[1] Jednorog S, et al. Calibration of the angular energy efficiency of an in situ spectrometer based on a LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector, J Radioanal Nucl Chem DOI 10.1007/s10967-014-3444-z

[2] Ciupek K, et al. Evaluation of efficiency for in situ gamma spectrometer based upon LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector dedicated for environmental radiation monitoring, J Radioanal Nucl Chem DOI 10.1007/s10967-013-2906-z

[3] Jednorog S. et al. Dependence of photon registration efficiency on LaBr<sub>3</sub>(Ce) detector orientation for in-situ radionuclide monitoring (prepared for print)

---

# Development of a feasibility study for the project of individual neutron dosimetry.

---

*Ł. Modzelewski*

Neutron metrology is a field of science that deals with the measurements of neutron fields intensity in energy ranges covering several ranks of quantities and intensities up to twenty ranks of quantities. The essence of neutron metrology is to estimate the number of neutrons emitted from the source and passing through a certain surface (fluence). In order to ensure compliance with the regulations (standards) used by different users, these quantities are measured, and then validated. This all is done to understand the characteristics of the neutron field, and hence it requires knowledge of the neutron energy spectrum. A wide range of energy, for which it is necessary to define neutron fluency standards and dose equivalents, can be divided into the following areas: thermal, 1/E, fast neutrons and high energies. The issues related to the neutrons metrology combine: measured quantities and their relationships, units for their measurement, techniques of forming and measuring standard neutron fields, and measurement uncertainty.

In addition to articles and publications dealing with the issues of neutron metrology, an important role is played by international standards that describe the formation of neutron fields that are used to calibrate and test the measuring instruments. The International Organization for Standardization (ISO) has implemented standards describing how to generate neutron fields, how these fields should be standardized and used for calibration purposes. These standards have been updated and expanded several times. The International Electrotechnical Commission (IEC) has defined the norms describing testing methods of devices related to radiological protection for measuring devices and personal dosimeters. These regulations include standardization and calibration methods.

This study is presented instruments and a description of the methods for neutron measuring with the division into

spectrometric methods, methods for measuring neutron fluency and passive methods. Standard neutron fields that enable measurements at all energies are needed in order to calibrate instruments. The way in which neutrons interact with matter depends on their energy. The neutron uptake ( $n, \gamma$ ) occurs mainly at low energies, while a whole range of nuclear reactions including ( $n, p$ ), ( $n, \alpha$ ) and combustion reactions ( $p, n, n, n, \dots$ ) occur at higher energies. Neutron scattering ( $n, n'$ ) occurs at all energies. This diversity of reactions causes that along with the change in the energy of neutrons and the materials with which they interact, a different element of the sensitive detector should be used. Thus, neutron metrology covers a wide range of applied measuring instruments. Sometimes we use passive methods in which no electrical signal is produced. Measurements of neutron degradation (disintegration) both in relation to their energy and direction are an extremely difficult task and to this date satisfactory methods of their implementation have not yet been found.

Neutron metrology is used in various way, including radiological protection, dosimetry of critical states, control of nuclear reactors and provision of input data for design. One of the most important innovations in neutron metrology in recent years has been the usage of neutron transport codes. Radiation transport calculations have a long history and are important in understanding states involving the use of all types of radiation. The last most important changes are related to the universal accessibility of codes, ease of their use and free access. Typically, these are codes based on the Monte Carlo method, such as the MCNP (Monte Carlo N-particles). There are also three-dimensional, discrete, deterministic codes such as Attila.

# Usage of GEANT4 in cloud infrastructure for research of thermoluminescence dosimeters holders (TLD)

B. Kliś

For the Preparedness project, Monte Carlo simulations were performed using GEANT4 tools and the Microsoft Azure cloud. Their aim was to establish the angular characteristics of TLD holders used for environmental measurements. The work focused on the development of the simulation code and its adaptation to run in computing centers provided by Microsoft. The simulation code was parameterized, and the input data were: 4 different types of radiation sources, 5 types of housings, and 5 irradiation angles. The geometries of the housings used in the simulations are shown below:

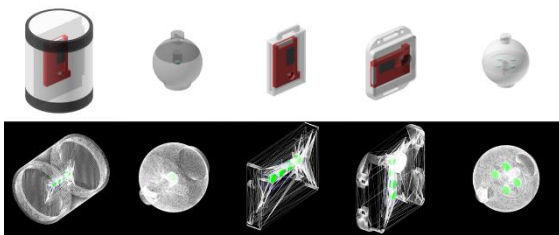


Figure 1 Geometries of TLD holders

The calculations were fully automated so that it was possible to perform 100 different calculations, realizing all values of the set parameters with the number of 10 billion photon histories for each simulation. Computationally optimized machines using multiple Intel Xeon Platinum 8168 (Skylake) processors were used to perform the calculations. Thanks to the dynamic distribution of tasks, individual problems were launched in 19 different geographic locations around the world. The locations of some of them are shown below:

All resources		
All subscriptions		
Refresh		
Maszynka5	Virtual machine	East US 2
Maszynka38	Virtual machine	Germany West Central
Maszynka35	Virtual machine	Switzerland North
Maszynka27	Virtual machine	France Central
Maszynka25	Virtual machine	Korea Central
Maszynka24	Virtual machine	West US 2
Maszynka21	Virtual machine	UK South

See more...

Figure 2 Resource monitor with a few VM's and their localization details

The results of each simulation were automatically formatted and collected in a single file storage location. Thanks to that, it was possible to obtain results in an exceptionally fast time while maintaining the high accuracy of the simulations carried out. The architecture of the cloud solution that was used in the discussed works is presented below:

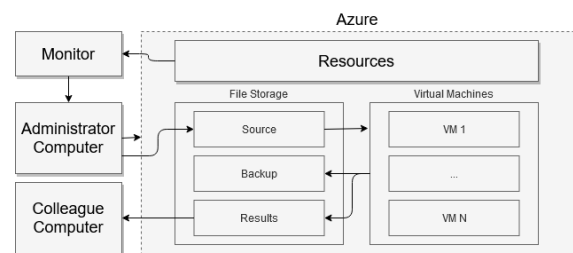


Figure 3 Resource structure overview

In order to automate the resource management process, scripts and programs were created using, among others, Azure CLI. They made it possible to remotely allocate and deallocate resources, perform simulations (modification of the simulation codes, automatic compilation, execution), and informing about the status of machines (e.g. average CPU usage). The task of the created scripts was to optimize the calculation process so that the machines' time was used as best as possible (full load on the available running VMs). The average CPU usage of some of the machines used is presented below:

RESOURCE	Avg ↑↓
Maszynka38	99.24 %
Maszynka12	99.85 %
Maszynka4	99.86 %
Maszynka14	99.87 %
Maszynka13	99.87 %
Maszynka10	99.87 %
Maszynka8	99.87 %
Maszynka3	99.87 %

Figure 4 Average CPU usage of VMs

Due to the use of extensive automation of calculations, the average CPU utilization of the allocated machines was not lower than 99% for most of the working time. This is an

important issue when using cloud resources because costs are mainly due to the time resources are allocated.

The conducted works indicate considerable possibilities of using cloud technology in scientific works. The use of the cloud removes the need for a scientist to have his own computing infrastructure, but practically does not limit him in terms of the demand for computing power. Calculations can be performed quickly and practically on any scale according to your needs and budget. The currently available cloud infrastructure as well as the one being developed in the world and also in Poland (eg Azure Region Poland Central) presents an increasing potential to be used for the purposes of science.

The presented scientific works were carried out thanks to the granting of sponsored access to Microsoft Azure cloud resources by Microsoft Polska.

# Design and development of visual gamma imaging device

B. Kliś

The aim of the work was to make a prototype of a device capable of recording gamma radiation and its visualization. The purpose of the device was to determine the location of radioactive sources indoors or in the field and to qualitatively assess the activity of detected sources. The work was a continuation of the research from 2019 and was aimed at completing electronic systems and software. Research work was focused on the implementation of detection electronics, small mechanical elements, and software. As part of the work, a coincidence system of Geiger-Müller counters with a radiation collimator was made. The graphic below shows the detection system:

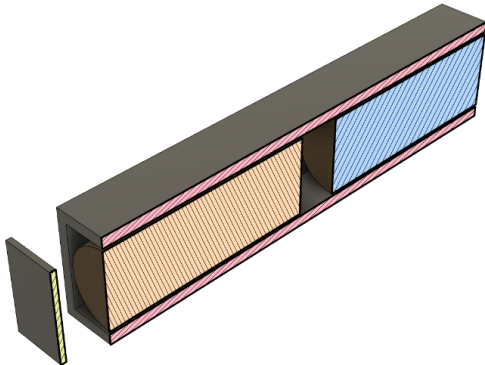


Figure 1 The detection system of two Geiger-Müller counters

Inside the presented system are two LND 712 detectors, they are covered with a 2mm steel collimator. The detection system is located in the device housing along with an optical camera, LiDAR system, and other electronics. The structure of the camera is shown in the graphic below:

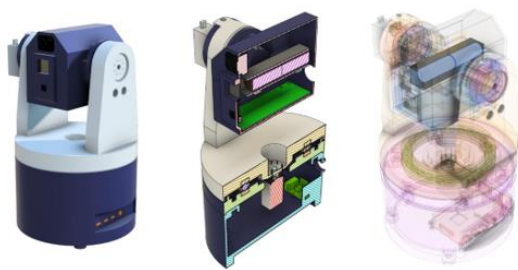


Figure 2 Device designs

The key element of the system is the Raspberry Pi 4 computer which is responsible for the operation of the entire device, controls the motors, records the image from the optic camera, counts from the detection system, performs distance measurements using LiDAR, and processes information. The architecture of the solution is presented below:

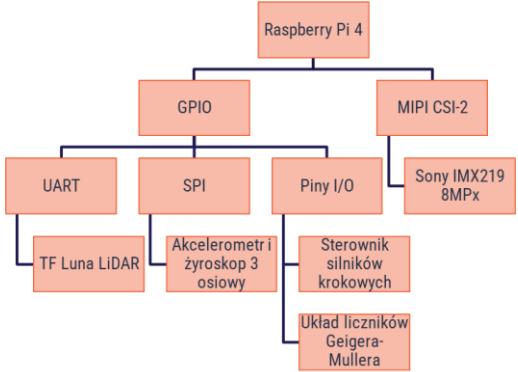


Figure 3 System architecture

Another element of the created solution is the software that processes all information coming from the device's systems. It allows collecting the counts of gamma photons coming to the device depending on the setting in space of the detection system. In addition, it is possible to visualize the data in the space around the device. The developed device is presented below:

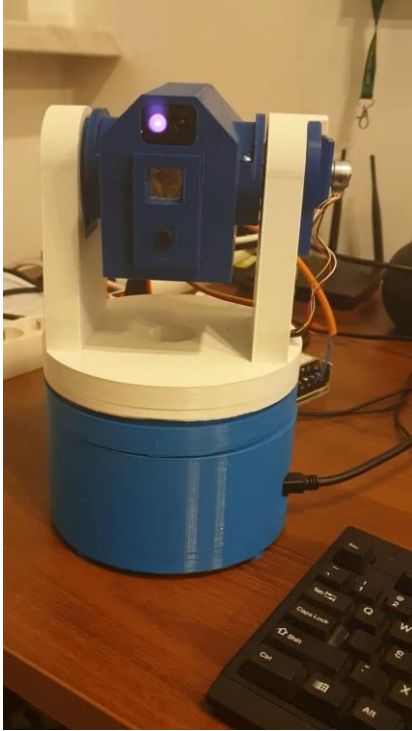


Figure 4. Developed prototype

As part of the work, tests of the device were carried out, confirming the correct operation of all systems, and methods for remote communication and control from the operating system level were developed.

Further work on the software as well as its optimization and use of machine learning is planned.

---

# Study of factors influencing the change of properties of CR39 nuclear track detectors

---

*M. Norenberg, K. Wołoszczuk*

The aim of this research is to determine the factors influencing the measurement of radon activity concentration ( $^{222}\text{Rn}$ ) with the use of CR39 nuclear track detectors. The basis for the implementation of the assumed goal is the determination of linearity by performing a series of exposures of CR39 detectors in different reference radon activity concentrations, at the same exposure time. The determined values of the calibration factors for exposed detectors are the reference values for further experiments taking into account various factors potentially influencing the measurement.

Solid state nuclear track detectors being the subject of this research consist of a diffusion chamber into which air diffuses. At the bottom of the container, there is a CR39 foil (ADC allyl diglycol polycarbonate). Penetrating through the foil,  $\alpha$  particles damage chemical bonds, creating an invisible, latent track. As a result of chemical etching, the latent track becomes visible under the microscope. The density of such tracks, counted under the microscope, corresponds to the number of  $\alpha$  particles that produced them and is proportional to the radon activity concentration in the tested air and the exposure time. An automatic Politrack system was used to read the detectors. To determine the exposure value, the reading system must first be calibrated using detectors exposed in the reference radon activity concentration. As a result of the calibration, the calibration factor  $w_k$  is obtained, which assigns the measured trace density  $N$  to the time-integrated radon activity concentration  $\text{Exp}_{\text{Rn}}$  (1):

$$w_k = \frac{\text{Exp}_{\text{Rn}}}{N} \left[ \frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}} \right] \quad (1)$$

The measurements were carried out in the walk-in radon calibration chamber at the Central Laboratory for Radiological Protection.

Measurements of radon activity concentration and environmental conditions were made using the AlphaGuard DF 2000 device. The device has an ionization chamber into which the air enters, passing through a filter that cuts off aerosols and partially thoron. The  $\alpha$  radiation emitted by radon and derivatives ionize the air, generating a current in the electric field of the chamber, the intensity of which is proportional to the number of  $\alpha$  particles, and thus to the radon concentration.

The etching of the exposed detectors was carried out in a steel bathtub equipped with a thermostat, in a concentrated sodium base.

During the research so far, the dependence of the calibration factor on the exposure value for 5 reference radon activity concentrations was determined. These measurements are crucial for the achievement of the assumed goal, as they will be the reference for the calibration factors determined in the later stages of the research. The time of all exposures made as part of determining the linearity of the detectors was the same and amounted to 100 hours. Each time, 10 detectors from the same series were exposed. All exposures were made under similar environmental conditions. After the exposure was completed, all detectors were etched under the same conditions. The background was determined by etching and reading 5 previously unexposed detectors from the same series. To improve the accuracy of the measurements, each detector participating in the experiment was read five times. The exposure reference values, mean track densities, and calculated calibration factors with uncertainties are presented in Table 1. Figure 1 shows the dependence of the track density on the exposure value. Figure 2 shows the dependence of the calibration factor on the exposure value for all the measurements.

The most important point of the research was accomplished - the dependence of the calibration factor on the exposure

value for the CR39 nuclear track detectors was determined. The track density values for detectors exposed at the same time agree within the uncertainty, which proves that the exposure in the radon chamber was correctly performed. The determined dependence of the track density on the exposure value is consistent with the results presented in the publications, which proves the correctness of performed tests. It has been shown that the calibration factor, determined by the linear regression method, can be used for any exposure value within the experimental range.

Determining the dependence of the calibration factor on the exposure (track density) requires additional research. It is planned to repeat the experiment for the same exposure values - lower concentrations in a longer time and higher concentrations in a shorter time compared to the results presented above. As part of further research, it was also planned to expose the detectors with values corresponding to those obtained in these tests under the influence of humidity, temperature, and the presence of aerosols.

Exposure number	Exposure value [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]	Exposure uncertainty [kBq·h·m <sup>-3</sup> ]	Mean track density [cm <sup>-2</sup> ]	Track density uncertainty [cm <sup>-2</sup> ]	Calibration factor $\left[\frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}}\right]$	Calib. factor uncertainty $\left[\frac{\text{kBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3}}{\text{śl.} \cdot \text{cm}^{-2}}\right]$
1	2614	118	5016	417	0,521	0,049
2	2005	95	3877	355	0,517	0,053
3	1281	66	2661	317	0,481	0,062
4	959	51	1965	251	0,488	0,068
5	510	28	1006	188	0,51	0,10

Table 1. Results obtained during the tests

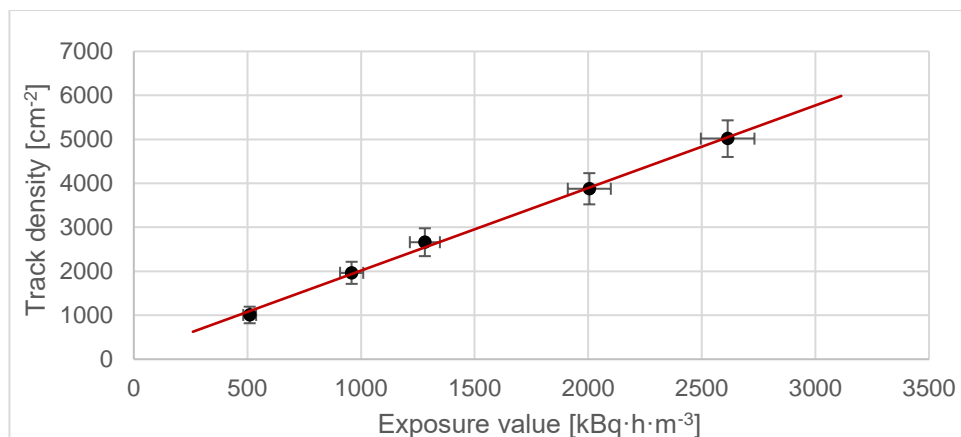


Figure 1. Dependence of the track density on the exposure value.



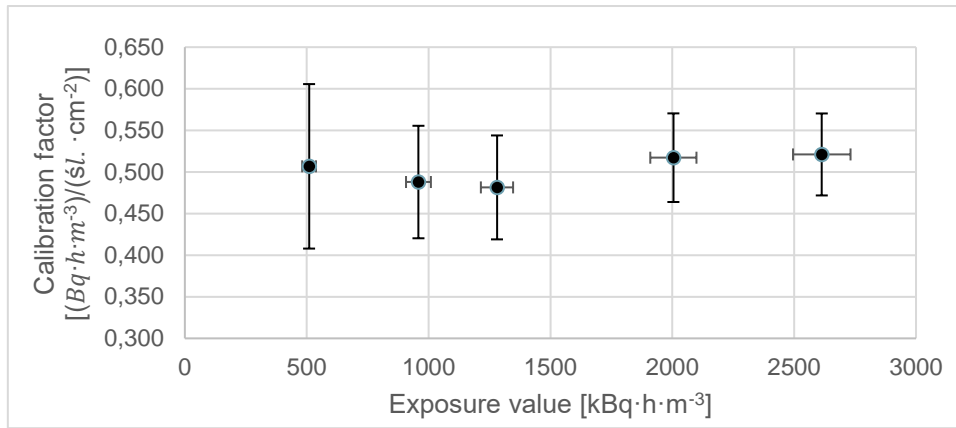


Figure 2. Dependence of the calibration factor on the exposure value.

---

# Project „Preparedness” – Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident

---

*Z. Baranowska, K. Wołoszczuk, B. Kliś*

“Preparedness” was an international research project launched on August 1, 2017, with a duration of 36 months. The project was financed by the European Metrology Program for Innovation and Research (EMPIR) and the European Union under HORIZON 2020. It finally ended in January 2021, after a 6-month extension resulting from the pandemic.

#### Aims:

The aim of our work package was to establish stable and reproducible procedures to measure ambient dose equivalent rates using passive dosimetry in order to harmonise passive dosimetry for environmental radiation monitoring across Europe.

#### CLOR’s participation:

CLOR participates in work package WP4 “Passive dosimetry”. As a part of the research in activities 4.2, CLOR was responsible for the implementation of three activities and acted as a participant in another five..

#### Activities:

A.4.2.1 Development of a method of lowering the detection limit of measurements using passive dosimeters. Uncertainty analysis.

The publication „Study on the uncertainty of passive area dosimetry systems for environmental radiation monitoring in the framework of the EMPIR “Preparedness” project” (G. Iurlaro, et. all) in Radiation Measurements Journal (<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2021.106543>)

A.4.2.2 Examination of 5 different types of holders used in passive dosimetry with at least three different irradiation angles and four different sources (Am-241, Cs-137, Co-60, Ra-226). Monte Carlo simulations were performed for each

of the five types of holders, containing at least 15 combinations of angles and radiation sources.

Poster „Study of angular and Energy response of various TLD holders for environmental dose measurements.” IRPA15 conference.

A.4.2.3 Investigation of the method of exposure of passive dosimeters. Verification of the effect of the surroundings on the results. Description of the recommended methods of exposure of passive dosimeters in the environment.

Activities from A.4.2.4 to A.4.2.7 concern conducting research on 12 dosimetry systems provided by participants in the “Preparedness” project

Poster „Passive area dosimetry systems for environmental radiation monitoring in the framework of the EMPIR “Preparedness” project” ICRP 2020

The publication “Investigations into the basic properties of different passive dosimetry systems used in environmental radiation monitoring in the aftermath of a nuclear or radiological event” (Z. Knežević, et. all) in Radiation Measurements Journal.

(<https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2021.106615>)

A.4.2.4 Sending dosimeters to the ENEA laboratory - an energy response test.

A.4.2.5 Conduct a radiation response test from Cs-137, Co-60, and Ra-226 sources. The irradiation was carried out at CLOR

A.4.2.6 Sending dosimeters to VINS laboratory - Angular Response Test.

A.4.2.7 Sending dosimeters to the IRB laboratory - linearity test.

A.4.2.8 Compiling Results under the IRB Cord-nation.

---

# Thermoluminescent environmental dosimeters: design of a new holder type and research into available holders

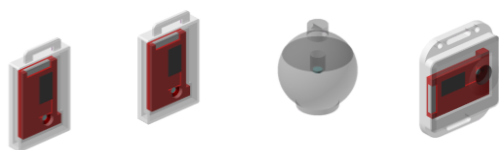
---

Z. Baranowska, B. Kliś

The purpose of the work was to perform measurements on thermoluminescent detectors in commercially available holders, designed to measure the spatial dose equivalent of  $H^*(10)$  and to elaborate a design for the new holder.

Holders selected for testing:

Holders compatible with the MCN-P pellets used in CLOR were selected (**Figure 1**). The "Rados TLD badge" and "DORIS" holders hold up to 4 thermoluminescent tablets and are compatible with the RADOS reader used in the Laboratory. The Gammasphere holder contains one thermo-luminescent pellet and requires to transfer it for reading.

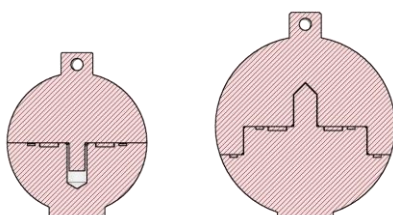


**Figure 1.** Commercially available holders, from the left: Rados TLD badge, Rados TLD badge 2, Doris, Gammasphere

Design of the new holder:

The second version of the CLOR's holder for environmental measurements has been designed.

The holder holds up to 4 TL pellets and requires to transfer



it for reading.

**Figure 2.** Holders designed in CLOR, from the left: prototype 1, prototype 2

The second version is larger than the first one and the Gammasphere. It also has additional protection against water ingress. It was designed to be made in the same technology as the prototype 1 - made on a digital lathe with the use of PMMA material.



**Figure 3.** Prototyp 2, visualization of seals

Measurements:

Irradiation of commercially available enclosures, made as part of last year's implementation of the topic, has been extended with Monte Carlo simulations for  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{241}\text{Am}$  sources. The simulations were performed for exposures at  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ , and  $180^\circ$  angles. Additionally, the same simulations were carried out for the designed prototype.



---

*Department of training and information*



---

# Summary of the Activities of Training and Information Department in 2020

---

*Paweł Lipiński, Dorota Wieczorek, Zuzanna Samborska-Zajkowska*

The Training and Information Department of the Central Laboratory for Radiological Protection conducts the following activities:

Preparation and organization of training courses for participants applying for IOR-1 (IOR-1R, IOR-1Z) or IOR-3 type radiation protection officers,

conducted both on-site and off-site,

including but not limited to preparation of training curricula,

preparation and distribution of training materials,

preparation and storage of relevant documents,

maintaining correspondence with course participants, lecturers, and examination bodies.

Preparation and organization of knowledge update training for IOR-1 and IOR-3 radiation protection officers.

Preparation and organization of training courses for future operators of accelerators and radiological equipment conducted both on-site and off-site by the CLOR.

Preparation, organization and conduct of training courses other than those listed above conducted both on-site and off-site by the CLOR.

Maintaining permanent contact with the National Atomic Energy Agency (PAA), Main Sanitary Inspectorate (GIS) and Training Services Registry (RIS) in matters related to training.

Supervision of library.

Supervision of archive.

Preparation and edition of CLOR's reports.

Preparation, organization and handling of educational and training visits in CLOR (including CLOR's seminars).

Due to the pandemic status and the significant sanitary restrictions, only two trainings were conducted in 2020:

Training for applicants for radiation protection officer credentials IOR (24.02 – 12.03.2020): total: 27 persons,

of which:

IOR-1: 15 persons;

IOR-1R: 2 persons;

IOR-3: 10 persons.

Training for operators of accelerators and radiological equipment A-A, S-A i S-Z (07-08.10.2020) total: 17 persons,

of which:

A-A: 10 persons;

S-Z: 3 persons;

S-A, S-Z: 4 persons.







