

Prof. dr hab. inż. Czesława Rosik-Dulewska *czł. rzeczywisty PAN*  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN Zabrze

## RECENZJA

### osiągnięcia naukowego

pt.: *Pomiary i ocena narażenia radiacyjnego związanego z przetwarzaniem materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości (TENORM) jako cykl 7. powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz o dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego*  
**dr inż. Michała Bonczyka**

### Podstawa opracowania

Recenzję wykonano na zlecenie Dyrektora Głównego Instytutu Górniczo-Hutniczego, Prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska (NOP/186/203/R) powołującego się na Uchwałę RN GIG-PIB, zgodnie z art.221 ust.5. ustawy z dnia 20 lipca 2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2022 r. poz.574 ze zm.) w sprawie powołania mnie na recenzenta w Komisji Habilitacyjnej **dr inż. Michała Bończyka**. Do wykonania recenzji wykorzystano materiały przesłane przez Sekretarza RN GIG-PIB w Katowicach.

### Informacje ogólne

#### Dyplomy i stopnie naukowe Habilitanta

- 2017 stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska Główny Instytut Górniczo-Hutniczy w Katowicach, Tytuł rozprawy: „*Badanie absorpcji promieniowania gamma izotopu ołowiu 210Pb w odpadach przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości*” Promotor: dr hab. Bogusław Michalik, prof. GIG, Promotor pomocniczy: dr hab. Krystian Skubacz, prof. GIG
- 2010 tytuł zawodowy magistra inżyniera Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Stacjonarne Studia Magisterskie, Kierunek – Fizyka Techniczna, Specjalność – Fizyka Środowiska; Temat pracy magisterskiej: „*Pomiary ekshalacji radonu 222Rn z gleby metodą bezpośrednią i pośrednią*” Opiekun pracy: dr hab. inż. Przemysław Wachniew, prof. dr hab. inż. Kazimierz Różański

### **Informacja o zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

- 2011 – obecnie Główny Instytut Górnictwa, Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej: Kierownik Śląskiego Centrum Radiometrii Środowiskowej (2021 – obecnie), Adiunkt (2017 – obecnie), Asystent (2014 – 2017), - 2011 – 2014 - Inżynier
- 2010 – 2011- inżynier Engineering Design Centre (Instytut Lotnictwa & GE Aviation)

### **Wybrane staże naukowe, kursy i szkolenia**

Habilitant w trakcie Swojej pracy naukowej odbył 4 jednotygodniowe staże w jednostkach naukowych w Moskwie, Wiedniu, Spiez i Katowicach; jeden 2 tyg. w Monachium, 3 tyg. w Lancaster & Stirling), 5 tygodni w Lipsk, Drezno & IBM (Nowy Jork).

(II 2019 "JINR Expertise for member states and partner countries", Zjednoczony Instytut Badań Jądrowych, Dubna, Moskwa, 1 tydzień; II 2017 IAEA ALMERA Workshop and profiency test on determination of low level activity of radio-caesium in freshwater (Wiedeń, Austria), 1 tydzień; XI 2015 IAEA ALMERA Training Course on in-situ Gamma-Ray Spectrometry (Spiez, Szwajcaria), 1 tydzień; II-III 2014 „SIMS - Science Infrastructure Management Support” NCBiR (Warszawa) & Fraunhofer Institute (Lipsk, Drezno) & IBM (Nowy Jork), 5 tygodni; VI 2013 „Interdisciplinary Radiation Research Focussing on Low Doses” BfS German Federal Office for Radiation Protection, (Monachium), 2 tygodnie; IX 2012 „Environmental risk assessment, the ERICA tool and mixture toxicity” SCK-CEN Academy for Nuclear Science and Technology, (Katowice), 1 tydzień; IX-X 2011 „Radioecology and environmental radiation protection training” IAEA & CEH Lancaster & University of Stirling (Lancaster & Stirling), 3 tygodnie;).

### **Obszary badawcze Habilitanta**

#### **Swoją aktywność naukową realizuje m.in. we współpracy z kilkoma uczelniami, instytucjami naukowymi, w tym szczególnie zagranicznymi**

I tak należy m.in. zwrócić uwagę na badania prowadzone już w 2 lata po ukończeniu studiów w ramach projektu „**NORM 4 Building**” (2013-2017) we współpracy INAIL (National Institute for Insurance Against Accidents at Work, Rzym, Włochy) oraz z Politechniką Śląską, Wydziałem Budownictwa, Katedrą Procesów Budowlanych i Fizyki Budowli. W ramach tej współpracy przeprowadza kompleksową ocenę zagrożenia radiacyjnego (narażenie na promieniowanie gamma jak i ekshalację radonu, przy różnych scenariuszach ekspozycji) w aspekcie możliwości wykorzystania niektórych odpadów NORM jako dodatku lub zamiennika kruszywa w produkcji betonu przy jednoczesnym ich unieszkodliwieniu.

W ramach współpracy z Kaunas University of Technology uczestniczył w prowadzeniu wspólnych prac badawczych nad możliwościami zagospodarowania odpadów przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości na cele budownictwa (fosfogipsu oraz popiołu ze

spalania biomasy), w ramach czego prowadził badania narażenia radiacyjnego związanego z użyciem ww. odpadów jako materiałów spajających, np. jako zamiennik cementu.

Oprócz zainteresowania nad wykorzystaniem odpadów jako dodatków do produkcji materiałów budowlanych, w ramach **projektu RAMSES** (wraz z partnerami z Institut de Radioprotection et de Suretes NuclÉaire - IRSN), prowadził badania dotyczące wyjaśnienia zjawiska mechanizmów transferu radu, tj. jego remobilizacji z osadów dennych, zawierających siarczan barowo-radowy, a odprowadzanego wraz z wodami dołowymi do osadników na powierzchni, na terenach będących pod silną presją działalności górniczej. Rezultatem ww. badań są publikacje.

Habilitant rozwijał się naukowo także współpracując z krajowymi jednostkami naukowymi (IFJ PAN w Krakowie, UWroc., U Śl., IMP w Łodzi, IChiTJ W-wie, Um w Białymstoku, CLOR W-wa, MITR Pol. Łódź, PL W-w) zrzeszonymi w Polskim Centrum Radonowym, gdzie m.in. brał udział w przygotowaniu i organizacji laboratoryjnych badań porównawczych pomiarów radonu (metodami pasywnymi) oraz produktów jego rozpadu w powietrzu. Inne badania polegające na wyznaczeniu współczynników absorpcji promieniowania gamma dla kompozytu grafenowego (silnie naładowanego elektrycznie) miały na celu zbadanie hipotezy właściwości osłonnych takiego materiału, który mógłby stanowić ważną alternatywę dla ołowiu. Te badania prowadził we współpracy Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Otwocku.

Przez okres zatrudnienia w Głównym Instytucie Górnictwa Habilitant swój warsztat badawczy rozwijał także w ramach jeszcze **12 innych projektów naukowych, a także 42 prac badawczo-usługowych** oraz badawczo-rozwojowych na rzecz podmiotów rynkowych oraz innych instytucji naukowych **głównie** w obszarze radiometrii i ochrony radiologicznej. I tak np. w ramach prac statutowych w Głównym Instytucie Górnictwa, kierował projektami w zakresie badania ekshalacji radonu i toronu w podziemnych wyrobiskach górniczych (2021), samoabsorpcji promieniowania gamma izotopu ołowiu  $^{210}\text{Pb}$  w odpadach przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości (2017), zastosowania metod izotopowych do badania i optymalizacji parametrów taśm przenośnikowych wykorzystywanych w przemyśle górniczym i energetycznym (2013-2015).

**Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę**



Rada Naukowa Głównego Instytutu Górnictwa powierzała Habilitantowi pełnienie funkcji promotora pomocniczego w 2. przewodach doktorskich:

- „Badanie możliwości wykorzystania materiałów zeolitowych do oczyszczania wód z radu” – doktorant: mgr inż. Krzysztof Samolej (przewód zakończony, nadano stopień),
- „Jednoczesny pomiar stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych produktów rozpadu radonu i toronu na podziemnych stanowiskach pracy” – doktorantka: mgr inż. Agata Grygier (przewód w toku).

Ponadto od początku zatrudnienia w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej GIG był zaangażowany w prowadzenie zajęć, wykładów i ćwiczeń laboratoryjnych w ramach kursów/szkoleń prowadzonych dla pracowników podziemnych zakładów górniczych, m.in. w zakresie: ochrony przed naturalnym promieniowaniem jonizującym, zajęcia z Podstaw fizyki i ochrony radiologicznej, pomiary promieniotwórczości metodą spektrometrii gamma oraz zapewnienia jakości. Ponadto prowadził kurs nt. wykonywania pomiarów zagrożenia radiacyjnego w zakładach górniczych przeznaczony dla osób zajmujących się wykonywaniem pomiarów czynników narażenia radiacyjnego w kopalniach.

Od 2015 roku aktywnie uczestniczy w przygotowaniu, organizacji i prowadzeniu zajęć podczas kursów i szkół letnich przeznaczonych dla międzynarodowego grona słuchaczy (studentów, doktorantów, specjalistów) organizowanych w ramach projektów międzynarodowych: (2021, 2022, projekty RadoNORM, 2018,2019,2020 projekty CONCERT, 2017 projekt NORM4Building COST, 2015 projekt COMET).

**Ważna jest także aktywność zawodowa Habilitanta związana z powoływaniem Go do udziału w pracach ważnych gremiów dot. problematyki badawczej, którą się zajmuje, tj. do: Międzyresortowej Komisji ds. Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynników Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy (2022), jako przedstawiciel Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa. (Komisja, która jako organ doradczy Rady Ministrów, składa propozycje dotyczące najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych w środowisku pracy, które następnie są implementowane w odpowiednich aktach prawnych).**

W 2022, podczas spotkania **Polskiego Centrum Radonowego (PCRn)** – pozarządowej sieci naukowej skupiającej jednostki naukowo-badawcze działające w Polsce, został wybrany do władz Centrum w roli Przewodniczącego. Działalność Centrum skupia się na integracji



środowiska naukowego zajmującego się problematyką radonu, także w kontekście wymagań prawnych. W ramach PCRn, prowadzone są działania zmierzające do harmonizacji i ujednolicenia podejścia w sprawach postępowania w przypadku przekroczenia wartości referencyjnej radonu w mieszkaniach, pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi oraz w miejscach pracy. Polskie Centrum Radonowe oferuje również wsparcie eksperckie dla jednostek administracji centralnej, m.in. dla Głównego Inspektora Sanitarnego oraz Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

Od 2018 roku pełni funkcję audytora (obecnie – audytora technicznego) na rzecz **Polskiego Centrum Akredytacji w Warszawie**. Głównym zadaniem audytora technicznego jest udział w ocenach pracy laboratoriów akredytowanych w aspekcie spełnienia wymagań normy ISO PN/EN 17025:2018-2, a także pozostałych wymogów zawartych w dokumentach i politykach PCA.

#### **Efekty publikacyjne z przeprowadzonych badań**

Dorobek naukowo-badawczy Kandydata obejmuje 25 opublikowanych prac naukowych po doktoracie, 7 przed doktoratem, w tym 26 prac indeksowanych na Web of Science. Sumaryczny Impact Factor wynosi 64,337.

Liczba cytowań (wg stanu na 07.02.2024) wynosi 153 w bazie WoS oraz 186 w bazie Scopus. Indeks Hirsha wynosi 6 (WoS) oraz 7 (Scopus). Łączna liczba punktów MNiSW oraz MEiN wynosi: 2 050.

Ponadto jest Autorem 6 rozdziałów w monografiach. Szczególnie po uzyskaniu stopnia doktora uczestniczy w wielu konf/ seminariach naukowych (10).

#### **Recenzja osiągnięcia naukowego**

pt.: *Pomiary i ocena narażenia radiacyjnego związanego z przetwarzaniem materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości (TENORM) jako cykl 7. nw. powiązanych tematycznie artykułów naukowych*

[O1] **Bonczyk M.** *The behaviour of the 210Pb during the recycling of selected waste in the metallurgical industry* Applied Radiation and Isotopes, 2023 Vol. 191, 110563 70 pkt IF: 1,513

**Udział: 100%**

[O2] **Bonczyk M.** Rubin J. *The application of coal mining waste to the production of construction ceramics – radiological and mechanical aspects* 2022 Materiales de Construcción Vol. 72, Issue 348, October-December 2022, 100 pkt IF: 2,772 **Udział: 80%**

[O3] Leonardi F. **Bonczyk M.** Nuccetelli C. Wysocka M. Michalik B. Ampollini M. Tonnarini S. Rubin J.A. Niedbalska K. Trevisi R. *A study on natural radioactivity and radon exhalation rate in building materials containing NORM residues: preliminary results.* June 2018 *Construction and Building Materials* 173(2018) 140 pkt, IF: 6,141, **Udział: 35%**

[O4] **Bonczyk M.** Grygier A, Skubacz K. *"Quantum Pendants" - the measurement of exposure to enhanced natural radioactivity* 2022 *Measurement* Vol. 196, 200 pkt, IF: 5,131, **Udział: 70%**

[O5] **Bonczyk M.** Samolej K. *Testing of the radon tightness of beakers and different types of sealing used in gamma-ray spectrometry for 226Ra concentration determination in NORM.* 2019 *Journal of Environmental Radioactivity* 205-206(2019):55-60, 70 pkt, IF: 2,674 **Udział: 80%**

[O6] **Bonczyk M.** *Determination of 210Pb concentration in NORM waste – An application of transmission method for self-attenuation corrections for gamma-ray spectrometry.* July 2018 *Radiation Physics and Chemistry* 148(2018):1-4,70 pkt, IF: 2,858, **Udział: 100%**

[O7] **Bonczyk M.** Michalik B. Chmielewska I. *The self-absorption correction factors for 210Pb concentration in mining waste and influence on environmental radiation risk assessment.* March 2017 *Isotopes in Environmental and Health Studies* 53(1),40 pkt IF: 1,667 **Udział: 80%**

Problematyka badawcza głównie dotyczy nuklidów promieniotwórczych pochodzenia naturalnego (akronim NORM), które znajdują się nie tylko w surowcach mineralnych, ale i w przetwarzanych z nich produktach lub/i w odpadach powstających w tych procesach. Niektóre materiały NORM, ze względu na poziom emitowanego promieniowania jonizującego, podlegają restrykcjom wynikającym z wymogów ochrony radiologicznej, gdyż podczas eksploatacji minerałów i surowców oraz ich fizycznej lub chemicznej obróbki, zawarte w nich nuklidy promieniotwórcze mogą nie tylko ulec nierównomiernemu rozmieszczeniu w materiałach (w trakcie prowadzonych procesów), ale mogą także znacząco zwiększyć ich stężenie. Materiały NORM (związane działaniami przemysłowymi) mogą występować jako rudy, substraty procesu, półprodukty/produkty końcowe, pozostałości procesu lub odpady, w postaci stałej, ciekłej lub gazowej. Promieniotwórczość naturalna wzmoczona/skoncentrowana na skutek działania człowieka (akronim TENORM) staje się źródłem narażenia radiacyjnego, pomimo całkowicie naturalnego pochodzenia, a emitowane przez nie promieniowanie jonizujące, może prowadzić do niepożądanych i szkodliwych efektów w przypadku oddziaływania na ludzi i środowisko przyrodnicze.

W tym kontekście Habilitant zwraca uwagę na przepisy prawne związane z narażeniem na naturalne promieniowanie jonizujące, które są oparte na rekomendacjach Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA - „Radiation Protection and Safety of

Radiation Sources: International Basic Safety Standards) obowiązujących także w Polsce dzięki znowelizowanej ustawie Prawo atomowe. Dzięki temu w kraju została podjęta próba uregulowania problemu wzmożonej promieniotwórczości naturalnej, jako jednego ze źródeł narażenia radiacyjnego. Przepisy te określają między innymi limit dawki promieniowania pochodzącego od tych źródeł, a w sytuacji występowania wzmożonego narażenia radiacyjnego, został wprowadzony obowiązek złożenia powiadomienia do organów nadzoru, np. Inspekcji Sanitarnej lub Okręgowego Urzędu Górniczego, co ważne dokument ten powinien zawierać informacje dotyczące przewidywanego narażenia na promieniowanie pracowników, ogół ludności oraz środowiska. Przepisy prawne pozostawiają jednak swobodę w decyzji, co jest czynnikiem narażenia radiacyjnego oraz w doborze metod pomiarowych.

### **Omówienie osiągnięcia naukowego**

W świetle powyższego wprowadzenia Habilitant w Swojej dotychczasowej pracy nad zagadnieniami, w których się specjalizuje dostrzegł lukę w wiedzy w zakresie pomiarów czynników zagrożenia radiacyjnego i oceny dawki promieniowania pochodzącego od nuklidów innych niż tylko gamma-promieniotwórczych, a powodowanego wzmożoną promieniotwórczością naturalną.

Habilitant Swoje badania skierował na ocenę podwyższonej promieniotwórczości występującej podczas przetwarzania materiałów i odpadów, a także podczas użytkowania produktów powstałych w wyniku przetwarzania

Już z przedstawionego zestawienia dorobku do osiągnięcia widać, że oprócz 2. publikacji samodzielnych [01,06], w pozostałych udział Habilitanta stanowi 80%, po jednej publikacji z udziałem 70 % 35%. Niemal we wszystkich pracach udział dr. inż. Michała Bonczyka polegał na: przygotowaniu koncepcji badań, wykonaniu badań stężenia nuklidów promieniotwórczych i badań ekshalacji radonu, interpretacji wyników wszystkich badań i pomiarów, przygotowaniu koncepcji artykułu, przygotowaniu manuskryptu, tabel i rysunków oraz po recenzjach jego końcowej wersji.

Aby badania oceny narażenia radiacyjnego przeprowadzić istotnym zagadnieniem był wybór odpowiednich parametrów i wielkości fizycznych, jakie należy zmierzyć, a także dobór właściwych technik pomiarowych. Habilitant zajął się zatem pomiarami czynników narażenia radiacyjnego, w tym m.in. aktywnością promieniotwórczą, stężeniem nuklidów promieniotwórczych oraz mocą przestrzennego równoważnika dawki promieniowania. W załączonych artykułach [01-07] składających się na osiągnięcie naukowe, przedstawił





specyfikę pomiarów wybranych czynników narażenia radiacyjnego obejmujących przetwarzanie materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości, a także produktów powstałych w wyniku takiego przetwarzania.

Ze względu na zainteresowania naukowe Recenzenta jestem w stanie potwierdzić zasadność badań, których podjął się Habilitant, poczynając od badań przedstawionych w pracy [O1], które dotyczyły zachowanie się izotopu ołowiu  $^{210}\text{Pb}$  oraz produktu jego rozpadu promieniotwórczego – izotopu polonu  $^{210}\text{Po}$  w procesie wytwarzania cyny i ołowiu z odpadów/pyłów bogatych w ołów i cynę, a zbieranych na filtrach z oczyszczania powietrza, w trakcie wytopu niobu i tantalum. Nuklidy te są jednymi z najbardziej radiotoksycznych naturalnych nuklidów promieniotwórczych. W tym przypadku,  $^{210}\text{Pb}$  kumulującym się w produkcie końcowym – oczyszczonym ołowiu w stężeniu sięgającym poziomu kilku tysięcy  $\text{Bq/kg}$ . Takie zachowanie się ołowiu w wyżej wymienionych procesach wskazuje na konieczność monitoringu jego stężenia w środowisku pracy w zakładach, w których takie procesy są prowadzone ze względu na możliwość wniknięcia  $^{210}\text{Pb}$ , wraz z jego produktem rozpadu -  $^{210}\text{Po}$ , do organizmu drogą oddechową co oznacza przyjęcie stosunkowo dużej dawki promieniowania jonizującego. **Trudno się nie zgodzić z sugestią Habilitanta, że zagrożenie wynikające z ekspozycji człowieka na wymienione izotopy ołowiu i polonu, może być znacznie większe od analogicznego zagrożenia wiążącego się z awariami obiektów jądrowych. Z wykonanego bilansu stężenia  $^{210}\text{Pb}$ , w całym procesie przetwarzania pyłów z produkcji niobu i tantalum i wytwarzania ołowiu metalicznego wynika b.ważny praktyczny aspekt tj. potrzeba prowadzenia monitoringu promieniowania podczas ponownego przetwarzania pyłów i konieczność zastosowanie środków ochrony indywidualnej.**

Kolejnym odpadem, który zainteresował Habilitanta [praca O2] są odpady wydobywcze węgla kamiennego, tj. przepalony łupek z hałdy w Rybnickim Okręgu Węglowym. Hałda charakteryzowała się dużą niejednorodnością (mieszanina odpadów wydobywczych o różnych klasach ziarnowych), największy był udział miał kilkunastoletni łupek, który oczywiście w zależności od pochodzenia i czasu zalegania oraz procesów termicznych charakteryzować się może zróżnicowaną promieniotwórczością naturalną. Ten rodzaj odpadu wydobywczego, ze względu na ok. 70% zawartość frakcji ilastej, w produkcji ceramiki budowlanej najczęściej stanowi zamiennik gliny. **Wykonane przez Habilitanta pomiary stężenia nuklidów promieniotwórczych oraz ekshalacji radonu pozwoliły na stwierdzenie, że poziom stężenia naturalnych nuklidów promieniotwórczych, mimo iż wyższy niż w przypadku**

konwencjonalnej ceramiki, nie przekracza wartości określonych w krajowych i międzynarodowych aktach prawnych. W przepisach prawnych nie funkcjonują ograniczenia dotyczące ekshalacji radonu z materiałów budowlanych, natomiast obowiązują ograniczenia dotyczące stężenia radonu w pomieszczeniach tzw. wartość referencyjna. Przy oznaczonym poziomie wielkości współczynnika ekshalacji, ryzyko uzyskania stężenia radonu, w pomieszczeniu, przekraczającego wartość referencyjną jest niewielkie. W badaniach wskazano również na przypuszczalny powód niskiej ekshalacji radonu. **Wyników tego badania nie można jednak przenosić jednoznacznie na wszystkie odpady wydobywcze pochodzące z innych pokładów innych kopalń.**

Kolejnymi odpadami [praca O3] poddanymi badaniom był zużyty materiał filtracyjny z filtrów węglowych wykorzystywanych do uzdatniania wody czerpanej z ujęć podziemnych, który charakteryzował się dość wysokim stężeniem naturalnych nuklidów promieniotwórczych, przede wszystkim izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$  oraz popiół denny z kotła fluidalnego opalanego węglem (o podwyższonej promieniotwórczości), które stosowane są jako dodatki do produkcji betonu. Pomiary zawartości naturalnych nuklidów promieniotwórczych, w gotowych wyrobach betonowych, wykonano metodą spektrometrii promieniowania gamma. **Uzyskane wyniki pomiarów współczynnika ekshalacji radonu są typowe dla konwencjonalnego betonu, co potwierdza, że zastosowanie ww. dodatków będących odpadami o podwyższonej promieniotwórczości do betonu nie musi skutkować ograniczeniem możliwości ich wykorzystania w budownictwie.**

Zupełnie odmiennym, acz ciekawym materiałem wybranym do badań [praca O4] narażenia radiacyjnego dla ludzi były *medaliony energii skalarnej* (artykuł ezoteryczny) wykonany z nieznanymi materiałami: pochodzenia mineralnego lub/i z odpadów przemysłowych o podwyższonej promieniotwórczości. Habilitant przeprowadził zmodyfikowaną metodyką badania (rekonstrukcja dawki skutecznej promieniowania beta i gamma) dawki otrzymywanej przez osoby noszące medalion oraz ocenę narażenia radiacyjnego (pomiar stężenia naturalnych nuklidów promieniotwórczych metodą spektrometrii promieniowania gamma). Dla tego nietypowego materiału zastosowano także bezźródłową metodę kalibracji spektrometru, a za pomocą metod dyfraktometrii oraz fluorescencji rentgenowskiej oznaczono skład mineralogiczny i chemiczny. W oparciu o model matematyczny (LabSocs Canberra) Habilitant opisał wydajność detektora dla pomiarów każdego z dwóch badanych medalionów. Mimo, że badanie mineralogiczne (XRD), wykazało



istotnie inny skład mineralny, podobnie jak badania promieniotwórczości **to wspólną cechą był brak trwałej (wiekowej) równowagi promieniotwórczej pomiędzy poszczególnymi elementami szeregów promieniotwórczych.** Wyniki są ciekawe i zaskakujące, bo stwierdzono brak wiekowej równowagi promieniotwórczej między  $^{226}\text{Ra}$  a  $^{210}\text{Pb}$  co sugeruje, że materiał użyty do wytworzenia badanych obiektów ma pochodzenie przemysłowe. Habilitant zauważył brak wiekowej równowagi promieniotwórczej interpretując słusznie, że może to być efektem tego, że w większości procesów przemysłowych, w których surowce mineralne poddawane są działaniu wysokiej temperatury, powstające w nich odpady, jak np. szlam czy żużel są pozbawione izotopów ołowiu i polonu.

Ze względu na obecność nuklidów emitujących promieniowanie beta, X oraz gamma, do rekonstrukcji dawki skutecznej promieniowania wykorzystano fantom ekwiwalentny tkance ludzkiego ciała oraz dawkomierze termoluminescencyjne. **Wyznaczona dawka skuteczna promieniowania, związana z noszeniem takich przedmiotów na klatce piersiowej wyniosła 0,8 mSv. Dla porównania, dawka skuteczna związana z prześwietleniem rentgenowskim klatki piersiowej wynosi mniej niż 0,2 mSv, czyli jest czterokrotnie mniejsza.**

Kolejnym analizowanym materiałem/odpadem TENORM [praca O7] były osady z wód kopalnianych (odpad TENORM), w których na potrzeby oceny zagrożenia radiacyjnego dla środowiska oznaczano stężenia  $^{210}\text{Pb}$  oraz obliczano współczynniki samoabsorpcji. Wody dołowe często zawierają podwyższone stężenia izotopów radu  $^{226}\text{Ra}$  oraz  $^{228}\text{Ra}$ , a tym samym wytworzone osady również będą zawierać nie tylko te nuklidy, a także produkty ich rozpadu promieniotwórczego w tym  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{210}\text{Po}$ . Osady te należą do odpadów, które od wielu dekad spędzają sen z powiek osobom zajmującym się ochroną środowiska, bo wiadomo, że im starszy osad tym większe będzie stężenie  $^{210}\text{Pb}$  i  $^{210}\text{Po}$ , który w zasięgu jego występowania prowadzi do niebezpiecznego skażenia. **Na potrzeby oceny zagrożenia radiacyjnego dla środowiska, przeprowadza się analizę za pomocą narzędzia ERICA i faktycznie jest to oprogramowanie, pozwalające wyznaczyć poziom narażenia na promieniowanie wybranych gatunków roślin i zwierząt wskaźnikowych, ale jak słusznie Habilitant stwierdza jest on niedoszacowany, z powodu nieuwzględnienia samoabsorpcji, a tym samym wartości stężenia  $^{210}\text{Pb}$  wprowadzone do modelu w narzędziu ERICA powodują niedoszacowanie wielkości ryzyka dla środowiska przyrodniczego.**

Publikacje [05 i 06] dotyczą badań związanych z doskonaleniem technik pomiarowych wykorzystywanych w ochronie radiologicznej, ponieważ oznaczanie stężenia  $^{226}\text{Ra}$  w



surowcach w materiałach i odpadach jest jednym z najważniejszych elementów przeprowadzanej oceny narażenia radiacyjnego, a wiąże się to z tym, że  $^{226}\text{Ra}$ , obok izotopów toru i potasu, jest oznaczany w celu stwierdzenia możliwości wykorzystania ww. na cele budowlane, w szczególności dla budownictwa przeznaczonego na stały pobyt ludzi. I tak w pracy [O5] Habilitant opisuje wyniki testowania naczyń pomiarowych stosowanych w spektrometrii promieniowania gamma, w pomiarach stężenia izotopu radu  $^{226}\text{Ra}$ , w odpadach przemysłowych, poprzez pomiar stężenia krótko życiowych produktów rozpadu radonu. Badania te wiążą się z koniecznością zapewnienia warunków ustalenia się trwałej równowagi promieniotwórczej pomiędzy  $^{226}\text{Ra}$ , a produktami rozpadu radonu, tj.  $^{214}\text{Bi}$  oraz  $^{214}\text{Pb}$ .  $^{226}\text{Ra}$  (wraz z izotopem radu  $^{228}\text{Ra}$ ). W celu przeprowadzenia oceny narażenia radiacyjnego dla górników badania prowadzone są głównie w wodach kopalnianych i ich osadach stąd ważne jest zapewnienie nie tylko optymalnych warunków techniczno-ekonomicznych, ale przede wszystkim wiarygodnych metod pomiaru. **Za taką Habilitant uważa spektrometrię promieniowania gamma, o ile jest możliwe zapewnienie warunków do ustalenia się trwałej równowagi promieniotwórczej pomiędzy  $^{226}\text{Ra}$ , a produktami rozpadu radonu, tj.  $^{214}\text{Bi}$  oraz  $^{214}\text{Pb}$ .**

Na podstawie wyników pomiarów Habilitant wytypował najlepsze rodzaje pojemników i metody uszczelnienia, dla których obserwowana ucieczka radonu była pomijalna przy uwzględnieniu niepewności pomiaru. Ponadto wykazał jak wielki wpływ na niedoszacowanie stężenia  $^{226}\text{Ra}$  będzie miało zastosowanie niewłaściwego pojemnika oraz uszczelnienia.

Kolejne badania dotyczyły metodyki oznaczania stężenia, emitującego niskoenergetyczne promieniowanie gamma, izotopu ołowiu  $^{210}\text{Pb}$  w odpadach przemysłowych, która wg Habilitanta powinna dawać nie tylko precyzyjne wyniki, ale i uwzględniać koszty jej wykonania. W pracy [praca O6] przedstawiono zasady tej udoskonalonej metody wyznaczania poprawki na samoabsorpcję (metoda transmisyjna z wykorzystaniem źródła  $^{210}\text{Pb}$ , wyznaczone stężenie  $^{210}\text{Pb}$  wraz z współczynnikami poprawkowymi). Proponowana metodyka jest efektem badań 167 próbek z 9 kategorii odpadów przemysłowych.

Aby to szybkie oznaczenie stężenia  $^{210}\text{Pb}$  było możliwe przy zastosowaniu metody spektrometrii promieniowania gamma to konieczne jest uwzględnienie poprawki na samoabsorpcję promieniowania o stosunkowo niskiej energii, które nie może być

pominięte, a to głównie ze względu na energię emitowanego promieniowania (46,5 keV) oraz zawartość cięższych pierwiastków występujących w odpadach przemysłowych.

#### **Podsumowanie osiągnięcia badawczego**

Analiza dorobku przedstawionego w publikacjach [01-04 i 07] pozwala stwierdzić, że tym głównym osiągnięciem naukowym Habilitanta jest ocena narażenia radiacyjnego, materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości. Na takie jednoznaczne podsumowanie składają się kolejne osiągnięcia **podkreślone w recenzji boldem** przy omawianiu kolejnych badań/publikacji dotyczących: odpadów z procesu wytwarzania cyny i ołowiu, przepalonych łupka z hałdy (o dużej niejednorodności jako mieszanina odpadów wydobywczych o różnych klasach ziarnowych), zużytego materiału filtracyjnego z filtrów węglowych wykorzystywanych do uzdatniania wody czerpanej z ujęć podziemnych kopalń węgla kamiennego, osadów z wód kopalnianych (odpad TENORM). Ciekawym dodatkiem w badaniach jest ocena narażenia dla ludzi powodowana przez *medaliony energii skalarnej* (artykuł ezoteryczny) wykonane z nieznanego materiału pochodzenia mineralnego lub/i z odpadów przemysłowych. To ważne ostrzeżenie już bardziej skierowane jest do ludzi, a nie jak w badaniach odpadów, które stanowią głównie informacje dla środowiska, ale oczywiście i dla ludzi.

Podsumowując należy jednak zwrócić uwagę, że wyniki badań uzyskane przez Habilitanta dotyczą odpadów pobranych w konkretnym miejscu i czasie. Zatem każda partia odpadów przed ich wykorzystaniem musi być dokładnie badana oddzielnie. Przedstawione badania stanowią więc drogowskaz i ostrzeżenie istotnie ważne dla nauki i praktyki, w tym szczególnie dla bezpieczeństwa przy ich stosowaniu środowiska.

Najważniejsze z aplikacyjnego i poznawczego punktu widzenia w przedstawionych wynikach badań jest nie tylko wysoka świadomość Habilitanta w aspekcie braków i niedociągnięć w zakresie metodyk badań [05 i 06] nad promieniotwórczością odpadów wykorzystywanych gospodarczo, ale także generalnie nad zagrożeniem dla wszystkich elementów środowiska przyrodniczego jakie ze sobą niosą.

#### **Podsumowanie działalności naukowej Habilitanta**

Obszary badawcze Habilitanta dotyczą głównie oceny narażenia radiacyjnego, materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości i mieszczą się w zakresie nowej rozległej dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (subdyscyplinie inżynieria

środowiska). Zagadnienia narażenia promieniotwórczego jakie mogą w środowisku przyrodniczym i środowisku pracy stanowić odpady, którym poświęcił Swe prace Habilitant, to odpady z zagrożenia których nie zawsze zdajemy sobie sprawę, mimo iż nie jest to już dla nauki zaskoczeniem.


Analiza dostarczonej dokumentacji pozwala mi stwierdzić, że obrane przez Habilitanta kierunki badawcze są nie tylko interesujące, ale i szczególnie ważne dla ochrony/inżynierii środowiska, i są także w większości nowatorskie. Dorobek Habilitanta oceniam jako b. dobry, czego potwierdzeniem są także publikacje ulokowane w dobrych czasopismach z bazy JCR, a wraz z tym i dobre parametry naukometryczne.

Ponadto **stwierdzam, że Habilitant m.in:**

- realizuje się jako dociekliwy naukowiec
- publikuje w dobrych czasopismach (jako Autor i współautor)
- jest b. aktywny w kierowaniu i realizacji projektów badawczych
- wykazuje dużą aktywność w nawiązywaniu kontaktów z ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą
- jest aktywny w wielu zakresach, w tym także dydaktycznym
- aktywnie uczestniczy w konferencjach krajowych (międzynarodowych) i zagranicznych
- współorganizuje szkolenia w zakresie własnych zainteresowań, ale i szkoli się podnosząc własne kwalifikacje
- włącza się w działalność na rzecz środowiska oraz w prace eksperckie
- współpracuje z sektorem gospodarczym
- a ze względu na Swoją wiedzę powoływany jest do ważnych Gremiów dot. obszaru badań

### **Wniosek końcowy**

Oceniając otrzymane materiały procedury habilitacyjnej **dr inż. Michała Bończyka**, w tym pozytywnie wcześniej oceniony przeze mnie dorobek naukowy Habilitanta, umiejętność prowadzenia badań i interpretacji wyników, dobrą aktywność: dydaktyczną, ekspercką, organizacyjną, w realizacji projektów, ale przede wszystkim walory naukowe i aplikacyjne badań przedstawionych w osiągnięciu pt. : *Pomiary i ocena narażenia radiacyjnego związanego z przetwarzaniem materiałów i odpadów o podwyższonej promieniotwórczości*





(TENORM), jako cykl 7. nw. powiązanych tematycznie artykułów naukowych, stwierdzam, że całokształt dorobku i osiągnięcie badawcze spełniają wymagania jakie są stawiane przy ubieganiu się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, w ramach obowiązujących przepisów, tj. art. 219 ust.1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023.742 t.j. z późn. zm.).

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'L. Hof' or similar, written in a cursive style.