

dr hab. inż. Jan Skowronek
ul. Jana Długosza 57
41-949 Piekary Śląskie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Agaty GRYGIER

Jednoczesna ocena narażenia radonowego i toronowego na podziemnych stanowiskach pracy z wykorzystaniem metody termoluminescencji

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do recenzji w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka rozprawa doktorska Pani mgr inż. Agaty Grygier dotyczy problemu oceny zagrożenia promieniowaniem jonizującym emitowanego przez naturalnie występujące w środowisku izotopy promieniotwórcze gazu szlachetnego – radonu, a w zasadzie przez ich produkty rozpadu. Mimo to, do dnia dzisiejszego zwykło się nazywać to zagrożenie radonowym.

Z punktu widzenia zagrożenia radiacyjnego powodowanego przez ten pierwiastek, najbardziej istotne są produkty rozpadu dwu izotopów radonu – ^{222}Rn oraz ^{220}Rn zwanego tradycyjnie toronem, ze względu na występowanie w szeregu torowym.

Ich detekcja, konieczna by prawidłowo ocenić to zagrożenie, następcza wciąż poważne trudności, zwłaszcza w przypadku występowania tego zagrożenia na stanowiskach pracy w podziemnych zakładach górniczych.

Pani mgr inż. Agata Grygier postawiła przed sobą w rozprawie dwa cele:

- naukowy – opracowanie metody jednoczesnego pomiaru ekspozycji na produkty rozpadu radonu i toronu
- użytkowy – umożliwienie oszacowania dawek skutecznych od produktów rozpadu obu tych radionuklidów.

1.1. Uwagi ogólne

Rozprawa liczy 126 stron. Tekst podstawowy to osiem rozdziałów i wykaz wykorzystanej literatury. W rozprawie Doktorantka zamieściła 29 rysunków i 23 tabele.

Spis literatury zawiera 109 pozycji, zarówno polskich jak i zagranicznych. W spisie literatury wymieniono 2 pozycje których głównym autorem jest Doktorantka oraz 2 pozycje gdzie występuje jako współautor.

W zamieszczonym na końcu rozprawy dodatku Doktorantka przedstawiła równania funkcji wykorzystywanych w pracy.

7

Dla czytelnika dużym ułatwieniem jest zestawienie wykorzystywanych w pracy symboli i terminów.

Rozprawa zredagowana jest bardzo starannie.

2. Analiza wypełnienia wymagań artykułu 187 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce

Ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U.2024.1571) w artykule 187 określa wymagania jakie musi spełnić rozprawa doktorska.

Art. 187.

1. Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

2. Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

3. Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

4. Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim.

Poniżej przedyskutowane będzie czy Doktorantka spełniła w prezentowanej do recenzji rozprawie wymienione wyżej wymagania ustawy.

2.1. Wykazanie ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

W rozdziałach 1-4 Pani mgr Agata Grygier w sposób wyczerpujący a przy tym bardzo logicznie przedstawia aktualny stan wiedzy jeśli chodzi o tzw. zagrożenie radonowe.

W rozdziale 1 przedstawia udział poszczególnych źródeł promieniowania jonizującego w dawce skutecznej jaką otrzymuje człowiek. Wprawdzie Doktorantka przytacza dane dla mieszkańca Polski, ale podobne wartości można przyjąć dla całego globu. Mogą one wprawdzie zmieniać się w zależności od lokalnych warunków, np. geologicznych, czy też innych czynników, co nie zmienia jednak faktu, że ze źródeł naturalnych największe zagrożenie powodują izotopy radonu. Podkreśla przy tym fakt, że zagrożenie to powodują właściwie produkty ich rozpadu, a ocena zagrożenia oparta wyłącznie na pomiarach stężenia izotopów radonu może prowadzić do dużych błędów.

Na tej podstawie formułuje dwa cele swoich badań:

badawczy – opracowanie metody jednoczesnego pomiaru zagrożenia powodowanego przez produkty rozpadu dwu najważniejszych z tego punktu widzenia izotopów radonu – ^{222}Rn i ^{220}Rn (Tn)

użytkarny – umożliwienie oszacowania dawek wnoszonych przez nie u osób pracujących w warunkach zagrożenia i wskazanie działań ograniczających to zagrożenie.

W kolejnym rozdziale, w poszczególnych punktach, Doktorantka bliżej charakteryzuje interesujące ją radionuklidy, ich występowanie w środowisku i drogi transportu do powietrza atmosferycznego oraz wielkości stosowane w ocenie tego zagrożenia.

W podrozdziale 2.6. można mieć uwagi do dwu stwierdzeń.

Pierwsze – że wzrost stężenia radonu może dotyczyć starszych budynków a to z powodu zastosowania materiałów budowlanych o zwiększonej zawartości radu. Można z tą tezą dyskutować, bowiem wymóg kontroli izotopów radu i toru w materiałach budowlanych wprowadzono głównie ze względu na coraz szersze wykorzystywanie w budownictwie różnego typu surowców wtórnych (traktowanych wcześniej jako odpady przemysłowe).

Druga uwaga dotyczy stwierdzenia, że w kopalniach węgla kamiennego podwyższone stężenia radonu występują w pobliżu miejsc eksploatacji. Jest to nieściśle sformułowanie. Faktem jest, że eksploatacja surowca mineralnego jest przyczyną zwiększonej ekshalacji radonu do powietrza, ale jego stężenie może być znacznie wyższe poza miejscem eksploatacji niż na stanowisku pracy w tym miejscu. Należałoby raczej użyć sformułowania, że zwiększone stężenie radonu występuje w wyniku eksploatacji, a nie w pobliżu miejsc eksploatacji.

W rozdziale 3 Doktorantka przedstawia wymagania prawne krajowe i międzynarodowe (nie tylko europejskie). Warto byłoby w tym miejscu nieco szerzej omówić przyczyny różnic między współczynnikami konwersji stężenia energii potencjalnej na dawkę przyjętymi w Polsce a rekomendowanymi przez ICRP.

Rozdział 4 to bardzo dobre omówienie metod pomiaru stężeń izotopów radonu, ich produktów rozpadu oraz stężenia energii potencjalnej alfa.

W rozdziałach tych Doktorantka wykazała bardzo dobrą wiedzę teoretyczną dotyczącą tego zagadnienia, co wykazuje jej dobre przygotowanie do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Doktorantka wykazała to w kolejnych rozdziałach rozprawy. W rozdziale 5. uściśliła, że jej celem jest opracowanie metody pomiaru przydatnej do oceny zagrożenia w podziemnych zakładach górniczych. Opisuje w nim wybraną metodę, w tym konstrukcję miernika, zastosowane detektory promieniowania jonizującego. Jako aspirator wybiera przemysłowo wytwarzane urządzenie (aspirator AP-2000EX firmy Two-Met) dopuszczone do pracy w warunkach zagrożenia wybuchem gazów i pyłów. Jako detektory wybiera, bazując na dotychczasowych doświadczeniach macierzystej jednostki, detektory termoluminescencyjne.

Zamieszczone w tabeli 10 wyniki obliczeń poziomu krytycznego, limitu detekcji i niepewności pomiaru jasno pokazują, że proponowana metoda nadaje się do oceny zagrożenia pochodnymi radonu i toronu na stanowiskach pracy.

W rozdziale 6. Doktorantka szczegółowo opisuje sposób kalibracji mierników. Wykorzystuje w tym celu komorę radonową i metody opracowane w Śląskim Centrum Radiometrii Środowiskowej GIG PIB. Interesującym i ważnym z praktycznego punktu widzenia wynikiem pomiarów i przeprowadzonej przez Doktorantkę analizy jest to, że rutynowo kalibrację mierników uprościć można przeprowadzając ją w atmosferze radonowej, bez konieczności użycia źródeł toronu.

Rozdział 7 przedstawia wyniki pomiarów i oceny zagrożenia produktami rozpadu radonu i toronu w podziemnych wyrobiskach Zabytkowej Kopalni Srebra w Tarnowskich Górach i Kopalni Doświadczalnej Barbara GIG-PIB w Mikołowie a także w rzymskich budynkach zbudowanych z cegły tufowej. Uzyskane tam wyniki pomiarów w pełni potwierdzają przydatność opracowanej metody do oceny zagrożenia pochodnymi radonu i toronu na stanowiskach pracy ale też i w budynkach mieszkalnych.

Przy analizie zamieszczonych w rozprawie wyników oceny zagrożenia w wyrobiskach podziemnych w wymienionych zakładach górniczych brak informacji, jaki wymiar godzinowy czasu pracy Doktorantka przyjęła do tej oceny. Z własnego doświadczenia recenzenta tej pracy wynika, że nie jest czas pracy identyczny jaki przyjmuje się dla pracowników podziemnych zakładów górniczych. Jeśli zaś chodzi o pomiary w budynkach z cegły tufowej dla czytelnika interesujące byłoby podanie choćby zakresu stężeń toru w tych materiałach.

Doktorantka zamieszcza też wyniki porównań pomiarów wykonanych opracowaną przez siebie metodą z pomiarami wykonanymi innymi urządzeniami stosowanymi przez inne renomowane europejskie ośrodki badawcze. Nie dają one istotnych różnic, wręcz przeciwnie, można pokusić się stwierdzenie że wyniki tych pomiarów są najbliższe wartości średnie z wszystkich pomiarów.

Podsumowując, w przedstawionej do recenzji rozprawie Doktorantka wykazała bardzo dobrą wiedzę ogólną z zakresu dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka jak i umiejętnością prowadzenia pracy naukowej. Jest to więc wypełnienie warunku ustępu 1. artykułu 187. Ustawy.

2.2. Oryginalność rozwiązania problemu naukowego i zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej.

Zazwyczaj w pomiarach stężeń produktów rozpadu radonu i toronu wykorzystuje się metody oparte bądź to na spektrometrii gamma, bądź też spektrometrii alfa. Metody te można wykorzystywać do pomiarów środowiskowych, nie nadają się do wykorzystania do pomiarów na stanowiskach pracy w podziemnych zakładach górniczych. Stąd też zespół GIG-PIB przed laty zaproponował rozbudowanie stosowanych w górnictwie podziemnym mierników zapylenia o przystawkę do pomiaru promieniowania alfa wyposażoną w detektory termoluminescencyjne, nie wymagające odrębnego zasilania w trakcie pomiaru i wdrożył ten pomysł w praktyce.

Pani mgr inż. Agata Grygier twórczo rozwinęła ten pomysł, opracowując metodę pomiaru pozwalającą na wykonanie jedną głowicą pomiarową pomiaru stężenia pochodnych radonu i toronu. Metoda ta, jej założenia teoretyczne i sprawdzenie zarówno w warunkach laboratoryjnych (w komorze radonowej) jak i polowych, została opisana w rozdziałach 5-7 rozprawy. Jest z całą pewnością oryginalne



rozwiązanie problemu naukowego – pomiaru stężeń produktów rozpadu radonu i toronu oraz oceny zagrożenia jakie mogą powodować, zwłaszcza w środowisku pracy.

Wynikiem pracy Doktorantki jest więc urządzenie i metoda pomiaru, która może być wykorzystana również na stanowiskach zlokalizowanych w miejscach gdzie występuje zagrożenie wybuchem. Jest to osiągnięcie istotne również ze względów gospodarczych i społecznych, gdyż pozwala na bardziej dokładną ocenę zagrożenia radiacyjnego na różnorodnych stanowiskach pracy, a także w budynkach mieszkalnych. Co więcej, zaproponowanie przez Doktorantkę wykorzystanie przemysłowo produkowanego aspiratora, umożliwiającego też pomiar indywidualny zagrożenia pyłowego, pozwala tym samym na wykorzystanie go jako dawkomierza indywidualnego. Umożliwia to spełnienie jednego z warunków kontroli zagrożenia radiacyjnego na stanowiskach pracy – kontroli dawek indywidualnych. Należy też podkreślić fakt, że zastosowanie tej metody z pewnością jest bardziej ekonomiczne niż wykorzystywanie na przykład metod spektrometrycznych.

Stwierdzam, że Pani mgr inż. Agata Grygier wypełniła w ten sposób wymagania ustępu 2. artykułu 187. ustawy.

2.2. Pozostałe wymagania ustawy.

Stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki opisane w ustępach 3 i 4 wymienionego wyżej artykułu ustawy – rozprawa ma formę pisemną i zawiera streszczenia w językach polskim i angielskim.

3. Uwagi końcowe

W rozdziale 8, Doktorantka dokonuje w sposób konkretny podsumowania swej pracy. Należy podkreślić przy tym, że Doktorantka widzi również możliwości doskonalenia opracowanej przez siebie metody, proponując na przyszłość konkretne działania.

4. Podsumowanie

Stwierdzam, że Pani mgr inż. Agata Grygier w przedstawionej do recenzji rozprawie osiągnęła zadeklarowane przez siebie cele – naukowy i użyteczny.

Stwierdzam też, że rozprawa spełnia wymagania artykułu 187. ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o jej dopuszczenie do publicznej obrony w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Piekary Śląskie, 29 maja 2025r.

