

Kraków, 16.09.2023

prof. dr hab. Krzysztof Kozak
Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego
Polskiej Akademii Nauk
31-342 Kraków, Radzikowskiego 152

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr Aleksandry Moniakowskiej
pt. „Nagromadzenie izotopów ^{210}Po i ^{210}Pb w roślinach leczniczych”

Podstawą opracowania recenzji jest pismo z dnia 6 lipca 2023 roku (L.dz. T000-WCH/KM-1344/23) informujące, że na posiedzeniu Rady Dyscypliny Nauki Chemiczne Uniwersytetu Gdańskiego w dniu 5 lipca 2023 roku zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Moniakowskiej pt. „Nagromadzenie izotopów ^{210}Po i ^{210}Pb w roślinach leczniczych”.

Promotorką pracy doktorskiej Pani mgr Aleksandry Moniakowskiej jest Pani dr hab. Dagmara Strumińska-Parulska, profesor Uniwersytetu Gdańskiego. Praca została wykonana w Pracowni Toksykologii i Ochrony Radiologicznej Katedry Chemii i Radiochemii Środowiska Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego.

Podjęty przez Autorkę temat przyczynia się do poszerzenia wiedzy na temat obserwowanych stężeń aktywności izotopów polonu ^{210}Po oraz ołowiu ^{210}Pb w powszechnie stosowanych i dziko rosnących gatunkach roślin leczniczych. Tematyka ta jest ważna w kontekście Dyrektywy Rady 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiającej podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z dnia 17.01.2014, L 13/1). Dyrektywa stanowi ważny krok w zakresie ochrony pracowników, członków społeczeństwa i pacjentów przed szkodliwymi skutkami promieniowania jonizującego. Po raz pierwszy w dokumencie tej rangi narażenie na promieniowanie naturalne jest traktowane, tak samo jak narażenie od sztucznych źródeł promieniowania, jako sytuacja narażenia planowanego. Tematyka podjęta przez Panią mgr Aleksandrę Moniakowską wpisuje się bardzo dobrze w to nowe spojrzenie na ochronę radiologiczną populacji poprzez monitorowanie bezpieczeństwa m.in. produktów leczniczych. Przeprowadzane badania stanowią cenne uzupełnienie wiedzy dotyczącej zawartości izotopów ^{210}Po i ^{210}Pb w roślinach leczniczych. To bardzo istotne, aby zapewnić właściwą jakość i uniknąć zagrożenia dla zdrowia, w przypadku coraz szerszego ich stosowania w lecznictwie.

Praca doktorska Pani mgr Aleksandry Moniakowskiej jest obszerna i liczy łącznie 198 stron w tym sam tekst pracy to 177 stron. Praca podzielona jest na dwie części: „Część przeglądową” zawierającą 7 rozdziałów (str. 11 ÷ 83) i część zatytułowaną „Badania własne” – rozdziały 8 ÷ 11 (str. 84 ÷ 174). Podsumowanie i wnioski zostały przedstawione w Rozdziale 12 (str. 175 ÷ 177). Rozdział 13 to spis literatury liczący 218 pozycji. Praca zawiera też informację o dorobku naukowym Autorki (str. 196 ÷ 198), gdzie podana jest liczba cytowań publikacji wg bazy Web of Sciences i Google Scholar, indeks Hirscha, lista publikacji Autorki a także udział w konferencjach naukowych, odbyte staże i szkolenia, realizowane projekty badawcze oraz nagrody i wyróżnienia.

Rozdział 1 to *Wstęp*, gdzie Autorka krótko uzasadnia podjęcie tematyki badań, a poza tym umieściła tutaj także akapity/podpunkty zatytułowane „Aktywność promieniotwórcza i jej jednostki” oraz „Dawki promieniowania i jej jednostki”.

Treść rozdziału 2 „Charakterystyka badanych pierwiastków” zawiera podstawowe informacje o polonie, ołowiu tj. odkrycie i występowanie, właściwości fizykochemiczne i ich główne zastosowania w różnych gałęziach przemysłu i medycyny nuklearnej. Opis oddziaływania promieniowania jonizującego na materię żywą, dawki promieniowania jonizującego i radiotoksyczność izotopów promieniotwórczych stanowi treść rozdziału 3.

Rozdział 4 zatytułowany: „Radionuklidy w środowisku naturalnym” przedstawia źródła występowania polonu ^{210}Po oraz ołowiu ^{210}Pb w przyrodzie i w środowisku zielonych ekosystemów użytkowych. Kolejny rozdział 5 „Rośliny” zawiera informacje o budowie komórek i organów roślinnych. W obszernym liczącym 30 stron rozdziale 6 „Ziołolecznictwo” można znaleźć charakterystykę badanych gatunków roślin leczniczych - dziko rosnących i użytych w celach porównawczych. W rozdziale 7 przedstawiono główne cele badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej oraz zastosowane metody, aby je osiągnąć.

Kolejna część rozprawy, zatytułowana „Badania własne”, stanowi zasadniczą część pracy doktorskiej i zawiera 4 rozdziały: „Materiały i metody badań” (rozdział 8), „Przygotowanie próbek środowiskowych do analizy radiochemicznej” (rozdział 9), „Analiza radiochemiczna” (rozdział 10) i „Wyniki dotyczące analizowanych izotopów i ich dyskusja” (rozdział 11). W rozdziale 12 pt. „Podsumowanie i wnioski” Autorka skrótowo omawia uzyskane wyniki i w siedmiu punktach formułuje wnioski z przeprowadzonych badań i otrzymanych wyników. Ta część pracy doktorskiej („Badania własne”) ujawnia naukowy charakter prowadzonych badań, oraz duży wkład pracy i kompetencje Autorki w zakresie planowania, prowadzenia pomiarów i opracowania wyników.

Autorka, jako główne cele badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej podaje (rozdział 7, str. 82):

- oznaczenie stężeń aktywności radionuklidów polonu ^{210}Po i ołowiu ^{210}Pb w dziko rosnących roślinach leczniczych z odległych od siebie rejonów Polski,
- oszacowanie bezpieczeństwa radiologicznego i współczynników ryzyka zachorowania na raka dla osób niezwiązanych zawodowo z promieniowaniem jonizującym w wyniku spożycia analizowanych ziół dziko rosnących,
- ocena stopnia nagromadzania i dystrybucji polonu ^{210}Po i ołowiu ^{210}Pb w ziołach hodowanych w różnych warunkach uprawy,
- określenie wpływu opadu atmosferycznego na zawartość ^{210}Po i ^{210}Pb w ziołach.

Po przeczytaniu przedstawionej do recenzji pracy doktorskiej, stwierdzam, że Autorka osiągnęła założone cele pracy.

Pod względem językowym praca napisana jest poprawnie, lecz zdarzają się błędy składni i błędy stylistyczne. W recenzji nie wymieniam zauważonych uchybień językowych. Przekażę moje uwagi bezpośrednio Autorce z sugestią ich ewentualnego uwzględnienia przed publikacją wyników pracy.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska posiada przemyślany i logiczny układ, co ułatwia czytanie pracy. Edycja graficzna także nie budzi zastrzeżeń. Zamieszczone rysunki i tabele są czytelne i dobrze opisane. Nasuwają się jednak dwie uwagi dotyczące opisów kolumn w kilku tabelach. Jedna z nich dotyczy obszernych tabel: Tabela 9.2 (str. 89 ÷ 91), Tabela 11.2.1 (str. 126 ÷ 128) i Tabela 11.4.1 (str. 153 ÷ 155). Powtórzenie nagłówków w tych tabelach na kolejnych stronach ułatwiłoby analizę tych tabel. Druga uwaga edycyjna dotyczy tabel zawierających „statystyki podstawowe”: Tabele nr: 11.1.2, 11.1.4; 11.1.6; 11.1.8; 11.1.10; 11.3.2; 11.3.4; 11.3.6; 11.3.8 i 11.3.10. Tabele te zawierają opisy kolumn jedynie w postaci symboli. Symbole użyte w ww. tabelach są wprawdzie wyjaśnione w rozdziale 10.5, lecz dużo wygodniej dla czytelnika byłoby powtórzenie tych opisów w poszczególnych tabelach.

Bardzo ciekawy i ważny z punktu widzenia celów edukacyjnych, które powinny być także brane pod uwagę przy ocenie prac doktorskich, jest rozdział 6 zatytułowany „Ziołolecznictwo”. Czytelnik ma okazję zapoznać się z historią ziołolecznictwa oraz z charakterystyką badanych gatunków dziko rosnących roślin leczniczych jak i roślin użytych w celach porównawczych. Autorka zamieszcza zdjęcia badanych roślin oraz szczegółowo, ale jasno i zrozumiale, nawet dla niespecjalisty przedstawia opis botaniczny, zastosowanie i właściwości lecznicze.

Zwraca uwagę zwięzły, lecz poprawny i jasny opis, co wskazuje na bardzo dobrą wiedzę Doktorantki w tej dziedzinie.

Analizując cytowane przez Autorkę w pracy doktorskiej pozycje literaturowe można zauważyć, iż Pani mgr Aleksandra Moniakowska tematyką podjętą w pracy doktorskiej zajmuje się już kilka lat. Wśród 218 cytowanych pozycji literaturowych można znaleźć 5 pozycji zawierających nazwisko Autorki, w tym 3 pozycje z lat 2019 ÷ 2023, gdzie Pani mgr Aleksandra Moniakowska jest pierwszą autorką. W zamieszczonym w pracy „*Dorobku naukowym*” można znaleźć dodatkowo 7 prac Autorki dotyczących podobnej tematyki, co recenzowana praca. Dowodzi to, że Doktorantka już „stawiła czoła” recenzentom i znalazła uznanie dla wyników swych badań. Potwierdza to także, iż Autorka uczestniczyła w realizacji wielu prac badawczych, jako pracownik jednostki o ugruntowanej tradycji, dbającej o rzetelność i profesjonalizm pracy naukowej.

Pani mgr Aleksandra Moniakowska brała aktywny udział w 16 krajowych i 12 międzynarodowych konferencjach naukowych a także w projektach naukowych służących rozwojowi młodych naukowców oraz doktorantów na Wydziale Chemii Uniwersytetu Gdańskiego. Jej aktywność naukowa została wyróżniona w 2022 roku poprzez przyznanie Jej Zespołowej Nagrody Rektora Uniwersytetu Gdańskiego trzeciego stopnia za udział w powstaniu cyklu publikacji dotyczących analityki i występowania wybranych naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych w próbkach środowiskowych.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska zawiera szereg ważnych i ciekawych rezultatów naukowych. Wykonana analiza stężeń aktywności izotopów polonu ^{210}Po i ołowiu ^{210}Pb w wybranych, powszechnie stosowanych, dziko rosnących gatunkach ziół leczniczych zebranych z trzech rejonów Polski pozwoliła na uzyskanie unikalnych w skali Polski, ważnych z punktu widzenia ochrony radiologicznej populacji wyników.

Wykonane pomiary stężeń aktywności polonu ^{210}Po oraz ołowiu ^{210}Pb w surowcach zielarskich pochodzących od 54 gatunków roślin leczniczych (ziół) zebranych w trzech lokalizacjach umożliwiły m.in. określenie akumulacji badanych radionuklidów w poszczególnych częściach rośliny, a także określenie bezpieczeństwa radiologicznego badanych ziół poprzez obliczenie dawki skutecznej otrzymywanej w efekcie spożycia badanych roślin leczniczych. Pozwoliło to także na obliczenie współczynników ryzyka zachorowania na nowotwory wynikające ze spożycia analizowanych ziół.

Przeprowadzone badania pozwoliły także na określenie stopnia nagromadzenia i dystrybucji radioizotopów polonu ^{210}Po i ołowiu ^{210}Pb w wybranych czterech gatunkach ziół pochodzących z hodowli ogrodowych i komercyjnych oraz uprawy hydroponicznej.

Bardzo ważnym wynikiem pracy doktorskiej jest także zbadanie wpływu opadu atmosferycznego na zawartość ^{210}Po i ^{210}Pb . W tym celu Autorka przebadła części anatomiczne 4 gatunków powszechnie stosowanych ziół, tj. bazylię pospolitą, melisę lekarską, mięta pieprzowa i szalwia lekarska wraz z próbkami podłoża w których rosły, pochodzące z różnych warunków hodowli tzn. będących pod wpływem czynników zewnętrznych oraz poza ich wpływem.

Wartym podkreślenia jest bardzo staranna analiza statystyczna uzyskanych wyników i poprawne wnioski formułowane przez Autorkę zawarte w rozdziale 11 pt. „Wyniki dotyczące analizowanych izotopów i ich dyskusja”. Bardzo cenne było też zastosowanie przez Autorkę techniki wielowymiarowej analizy statystycznej tj. analizy skupień hierarchicznych. Umożliwiło to uzyskanie ciekawych wyników m.in. dotyczących korelacji stężeń aktywności badanych izotopów w wodzie i w częściach roślin.

Analiza rozprawy doktorskiej nasuwa następujące komentarze:

- zwraca uwagę niedopuszczalna w pracach naukowych dowolność używania określenia jednostki „Bq/kg”. W różnych miejscach pracy jednostka ta określana jest jako: aktywność, radioaktywność, aktywność promieniotwórcza, aktywność właściwa, aktywność właściwa promieniowania lub koncentracja. To poważny mankament przedstawionej pracy i absolutną koniecznością w przypadku publikacji całości lub części pracy jest ujednoczenie tych określeń zarówno w tekście jak i w opisach tabel i rysunków. Poprawnym określeniem tej jednostki jest stężenie aktywności lub aktywność właściwa. Jednostką jest bekerel na kilogram, „Bq/kg” lub bekerel na metr sześcienny [Bq/m^3].
- we „Wstępie” zamieszczono zupełnie niepotrzebnie akapity/podpunkty zatytułowane „Aktywność promieniotwórcza i jej jednostki” oraz „Dawki promieniowania i jej jednostki”. Te informacje powinny znaleźć się w rozdziale 3. Dodatkowo te akapity/podpunkty zawierają niepoprawne określenia np. „Wyższa wartość aktywności oznacza większą liczbę rozpadów i większe promieniowanie emitowane przez dany materiał”, lub „Sievert jest jednostką dużej skali, często stosowaną w przypadkach, gdy dawki mogą być znaczne, np. w przypadku ekspozycji zawodowej lub medycznej.”
- W rozdziale 2.1 *Polon* zawierającym informacje o polonie, Autorka 17 razy cytuje jedną pracę: *Niesmiejanow, A. N. (1975). Radiochemia. Państwowe Wydawnictwo Naukowe*. Podobnie w rozdziale 2.2 *Olów* - po jego lekturze, pozostaje wrażenie, że większość informacji pochodzi także z jednej pracy: *Bielanski, A. (1987). Podstawy Chemii Nieorganicznej. Państwowe Wydawnictwo Naukowe: Warszawa* cytowanej w tym

rozdziale 7 razy . Proszę o wyjaśnienie takiego doboru literatury i takiego sposobu cytowania.

- brak w spisie literatury cytowanej na str. 24 i str. 25 i pozycji (*Winter, 2020*).
- Autorka często cytuje prace nieoryginalne – w przypadku przygotowywania publikacji wyników pracy doktorskiej proszę o zmianę źródeł na poprawne! Poniżej podaję tylko kilka wybranych przykładów:
 - str. 34 – „*Dawka skumulowana, obciążająca - (Skwarzec, 2002)*”
 - str. 36 – „*Tabela 3.1.3 Dawki śmiertelne LD50/30 dla różnych organizmów (Skwarzec, 2002)*”
 - str.38 – „*Calkowita średnia roczna dawka skuteczna w Polsce w 2010 roku wynosiła około 3,3 mSv, ... (Szołucha & Fornalski, 2018; Skwarzec, 2021)*”.
- str. 30 – proszę o podanie źródła dla zamieszczonego stwierdzenia: „... *Naukowcy zgodnie uważają jednak, że małe dawki promieniowania były i będą niezbędne do rozwoju życia na Ziemi. Z przeprowadzonych badań wynika, że w warunkach, gdzie promieniowanie jest mniejsze od tła naturalnego (poniżej 1 mSv) to płodność, szybkość wzrostu, zdrowotność oraz średni czas życia organizmów ulega zmniejszeniu. Natomiast, gdy natężenie promieniowania jest wyższe niż tło naturalne, to organizmy żywe żyły dłużej, rozmnażały się liczniej oraz były w mniejszym stopniu podatne na choroby niż napromienione mniejszymi dawkami organizmy kontrolne....*”. Proszę też o wyjaśnienie, co Autorka rozumie przez „małe dawki”?
- Tabela 3.1.1 (str. 33) – brak oznaczenia czynnika wagowego i błędne podanie wartości czynnika wagowego dla neutronów.
- Tabela 3.1.2 (str. 34) – lista **pozostale tkanki* jest niepełna.
- str. 36 - czy *radiotoksyczność* i *toksyczność izotopów promieniotwórczych* to to samo?
- str. 38 – „*Pierwiastki promieniotwórcze dostają się do organizmu człowieka na wiele sposobów, a do najważniejszych z nich zaliczyć można: pobieranie z żywnością, wdychanie z powietrzem, promieniowanie kosmiczne, pobieranie z gleby oraz diagnostykę i leczenie różnych chorób za pomocą radionuklidów (czym zajmuje się medycyna nuklearna.*” – w jaki sposób promieniowanie kosmiczne stanowi drogę dostawiania się pierwiastków promieniotwórczych do organizmu?

- „Na półkuli północnej szybkość opadania cząstek aerozoli jest trzykrotnie wyższa niż na półkuli południowej (Skwarzec, 1995)”. Czy to na pewno źródłowa publikacja dla tej informacji? Cytowana praca to: Skwarzec, B. (1995). *Polon, uran i pluton w ekosystemie Południowego Bałtyku. Instytut Oceanologii PAN.*
- str. 44 – co znaczy określenie „skażenie promieniotwórczością”?
- Rozdział 8 *Materiały i metody badań* – Jaki program wykorzystywano w celu analizy widm promieniowania alfa?
- str. 95 – dla jakiej energii cząstek alfa podano zdolność rozdzielczą toru spektrometrycznego
- str. 95 – „... *Pomiary aktywności preparatów polonowych trwały od 2 do 10 dni, a tło pomiarowe w istotnych obszarach energetycznych wynosiło od 2 do 3 na 5 dni pomiaru...*” – bardzo niedbały i niedopuszczalny w pracach naukowych język! Co znaczą stwierdzenia, że „tło pomiarowe w istotnych obszarach energetycznych wynosiło od 2 do 3 na 5 dni pomiaru...” oraz „... *Wynikiem pomiaru aktywności izotopów ^{209}Po i ^{210}Po w spektrometrze alfa są liniowe widma promieniowania. ...*”. Proszę o wyjaśnienie i podanie poprawnych sformułowań.
- str. 97 – błąd w zapisie wzoru obliczenia SD
- str. 100 – Tytuł rozdziału 10.5 to „*Ocena błędów metody analitycznej i analiza statystyczna*” – powinno być „*Ocena niepewności metody analitycznej i analiza statystyczna*”.
- str. 120/121 – Proszę o wyjaśnienie dlaczego zmienność stężeń aktywności ^{210}Po w różnych częściach anatomicznych roślin zależy od „*naturalnego tła radiacyjnego*” i co znaczy to określenie? Podobne stwierdzenie znalazło się też we wnioskach (str. 176: „*nagromadzanie ^{210}Po i ^{210}Pb w analizowanych gatunkach ziół zależy od naturalnego tła promieniowania ...*”)
- str. 120 – proszę o wyjaśnienie pojęcia „*duża ilość unoszącego się w powietrzu ^{210}Po* ”
- str. 123 – wyniki stężeń aktywności w całej pracy doktorskiej są podawane w „*mBq/g*”, lecz przy porównaniu wyników Autorki, z wynikami z innych cytowanych prac stężenia aktywności w tych pracach, podawane są w innych jednostkach tzn. w „*Bq/kg*”.
- str. 124 - niepoprawny tytuł rozdziału 11.2 – Dawka skuteczna nie „*pochodzi z rozpadu ^{210}Po* ”! Jak powinien brzmieć poprawny tytuł tego rozdziału?

- str. 125 – proszę o wyjaśnienie stwierdzenia: „Ryzyko zachorowania na raka oceniono na średni wiek życia wynoszący 50 lat dla osoby dorosłej ...”
- str. 128 – Dawki dla statystycznego mieszkańca Polski, podawane są w corocznie publikowanym raporcie pt. „Raport Roczny Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2022 roku” i to źródło powinno być tutaj powołane.
- str. 163 – proszę o wyjaśnienie powodów, że „do obliczenia błędów BCF i TF zastosowano prawo propagacji niepewności” i powołano się na publikację: Zięba, A. (2017). *Prawo propagacji niepewności bez pochodnych. FOTON 139*. Zwraca uwagę kolejny raz użycie określenia „błędy”, mimo że kilka słów dalej Autorka używa poprawnego określenia „niepewności”!

Uwzględniając znaczenie tematyki podjętych badań, opanowanie szerokiego warsztatu pomiarowego oraz oryginalność uzyskanych wyników stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr Aleksandry Moniakowskiej zatytułowana „Nagromadzenie izotopów ^{210}Po i ^{210}Pb w roślinach leczniczych” stanowi oryginalne i nowatorskie rozwiązanie problemu naukowego, ukazuje wiedzę teoretyczną a także umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia pracy naukowej oraz poprawnej analizy uzyskanych wyników. Przedstawiona do recenzji praca wskazuje na dojrzałość naukową Autorki w zakresie wymaganym do uzyskania stopnia naukowego doktora.

Praca nie zawiera istotnych błędów merytorycznych, które podważałyby postawione tezy lub uzyskane wyniki. Cele postawione przez Autorkę w pracy zostały osiągnięte.

Zawarte w recenzji uwagi nie umniejszają wysokich zalet pracy i należy traktować je jako zaproszenie do dyskusji w trakcie obrony doktorskiej.

W moim przekonaniu recenzowana praca spełnia wymagania ustawowe i w związku z tym wnoszę do Wysokiej Rady Wydziału Chemii Uniwersytetu Gdańskiego o dopuszczenie Pani mgr Aleksandry Moniakowskiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Kraków, 16.09.2023


Krzysztof Kozak