



GDAŃSKI UNIWERSYTET MEDYCZNY
WYDZIAŁ FARMACEUTYCZNY
Z ODDZIAŁEM MEDYCYNY LABORATORYJNEJ



Krajowy Naukowy
Ośrodek Wiodący

KATEDRA I ZAKŁAD BROMATOLOGII

Prof. dr hab. Piotr Szefer

80-416 Gdańsk, al. Gen. J. Hallera 107

tel./ fax. 058 349-10-89

e-mail: pszef@gumed.edu.pl; strona internetowa: <http://szefer.gumed.edu.pl/>

Gdańsk, 18.07.2019 r.

RECENZJA

pracy doktorskiej autorstwa mgr Karoliny Szymańskiej pt. "Wybrane naturalne izotopy promieniotwórcze w grzybach wielkoowocnikowych Polski Północnej" wykonanej na Wydziale Chemii Uniwersytetu Gdańskiego pod kierunkiem dr hab. Dagmary Strumińskiej-Parulskiej, prof. UG

Zagadnienia dotyczące występowania radionuklidów naturalnych i sztucznych w ekosystemie z uwzględnieniem ich oddziaływania żywe zasoby ekosystemów lądowych i wodnych wzbudza duże zainteresowanie naukowców specjalizujących się w badaniach środowiskowych. Pierwiastki promieniotwórcze mają szerokie zastosowanie m.in. zarówno w energetyce, przemyśle chemicznym i zbrojeniowym, jak i w medycynie nuklearnej, przechowywaniu i utrwalaniu żywności oraz w celach gospodarczo-przemysłowych. Taki stan rzeczy stanowi potencjalne zagrożenie skażenia promieniotwórczego wskutek przedostawania się radioizotopów do środowiska naturalnego. Może to stanowić realne zagrożenie dla prawidłowego funkcjonowania ekosystemów kontynentalnych, morskich i słodkowodnych. Głównym źródłem sztucznych pierwiastków promieniotwórczych są próbne wybuchy jądrowe oraz nadal obecne w środowisku radioizotopy, które zostały uwolnione do środowiska, m.in. w wyniku katastrofy czarnobylskiej w kwietniu 1986 r. Z uwagi na znaczną radiotoksyczność izotopów naturalnych (np. ^{210}Po , ^{235}U , ^{234}U , ^{238}U), jak i sztucznych (np. ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) w stosunku do organizmów żywych, problematyka ich obecności w różnych ekosystemach naturalnych nabiera coraz większej wagi. Ponieważ wszelkie zasoby środowiskowe, a w szczególności jadalne mogą być istotnym źródłem pierwiastków promieniotwórczych w organizmie ludzkim, w konsekwencji wywołują w nim poważne zmiany chorobowe. Dlatego też poszczególne ogniwa łańcucha pokarmowego powinny być

obiektem systematycznych badań w celu oceny stopnia bezpieczeństwa zdrowotnego oraz przydatności do spożycia jadalnych zasobów środowiskowych w kontekście profilaktyki zdrowotnej oraz potencjalnych zagrożeń ekotoksykologicznych i radiologicznych.

Otóż głównym celem pracy mgr Karoliny Szymańskiej było oznaczenie poziomów aktywności radionuklidów ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{230}Th oraz ^{232}Th w 55 zbiorczych próbkach owocników 5 gatunków popularnych jadalnych grzybów z rodziny borowikowatych (koźlarz czerwony, koźlarz dębowy, koźlarz grabowy, koźlarz sosnowy, koźlarz topolowy) oraz w 8 próbkach zbiorczych 4 morfologicznie różnych gatunków grzybów (podgrzybek brunatny, maślak zwyczajny, tęgoskór pospolity, twardzioszek przydrożny). Doktorantka analizowała również podłoże glebowe (jako substrat) na którym rosły badane grzyby, zebrane w latach 2000-2010 na obszarze 12 miejscowości w obrębie których wyodrębniono po kilka oddalonych od siebie stacji pomiarowych. Innym zdefiniowanym zadaniem było oszacowanie stopnia nagromadzenia (BCF) i dystrybucji (DF) badanych izotopów w analizowanych owocnikach grzybów z zamiarem rozpoznania ich zdolności bioindykacyjnych. Zważywszy na jadalny charakter eksplorowanego obiektu badań celem Doktorantki było obliczenie dawek skutecznych pochodzących z rozpadu wszystkich pobieranych wraz ze spożywanymi grzybami 7 analizowanych radionuklidów łącznie z określeniem z tym związanego bezpieczeństwa zdrowotnego. Ostatnim wyzwaniem badawczym było oszacowanie wpływu opadu atmosferycznego na udział ^{210}Po i ^{210}Pb w 3 analizowanych częściach anatomicznych owocników grzybów (kapelusz, trzon, skórka) na podstawie rozmieszczenia obu izotopów we wspomnianych już 4 morfologicznie różnych gatunkach grzybów.

Ustosunkowując się do tak sformułowanych przedsięwzięć badawczych stwierdzam, że Autorka przekonująco uzasadniła konieczność podjęcia się ich realizacji, skądinąd w pełni zrealizowanych.

Obszerny, bo liczący 223 strony wydruk komputerowy pracy doktorskiej składa się z 7 rozdziałów, licznych tabel i rycin, a także z zestawionego alfabetycznie, ponumerowanego spisu literatury obejmującego 176 pozycji piśmiennictwa specjalistycznego. Układ pracy jest typowy, obejmujący swoim zakresem wstęp, część teoretyczną dotyczącą charakterystyki izotopów polonu, ołowiu, uranu i toru oraz źródeł ich występowania w przyrodzie z uwzględnieniem oddziaływania promieniowania jonizującego na organizmy żywe. Kończąc swoją część wprowadzającą dysertacji doktorskiej, mgr Karolina Szymańska wiele uwagi poświęca problematyce związanej z występowaniem radionuklidów w środowisku leśnym oraz ogólną charakterystyką występowania grzybów, m.in. w aspekcie ich wykorzystania, jako bioindykatorów zanieczyszczeń środowiskowych. Następnie, po prezentacji celów

pracy, w części eksperymentalnej Doktorantka charakteryzuje materiały i metody badań, przygotowanie próbek do analizy radiochemicznej z wykorzystaniem właściwie skonstruowanego instrumentarium analitycznego, tj. przy użyciu spektrometru α z uwzględnieniem oceny statystycznej błędów zastosowanych metod analitycznych. Autorka w sposób obszerny, a zarazem wnikliwy przybliża czytelnikowi wyniki swoich badań na ok. 100 stronach zawierających rzetelnie udokumentowane tabelarycznie i graficznie liczne dane pomiarowe, finalnie przetworzone chemometrycznie. Praca jest zwieńczona podsumowaniem z końcowymi wnioskami oraz zestawem piśmiennictwa światowego.

Z powyższego wynika, że tematyka pracy doktorskiej jest aktualna i interesująca, stąd podjęte przez Autorkę zdefiniowane i zrealizowane przedsięwzięcia badawcze należy uznać za trafnie dobrane.

Szkoda, że zabrakło anglojęzycznej wersji podsumowania pracy, bowiem uzyskane przez Doktorantkę wyniki z pewnością zasługują na szersze ich rozpropagowanie, tj. na forum międzynarodowym.

Oceniając całościowo Część teoretyczną pracy można powiedzieć, że została właściwie zredagowana i bogato zilustrowana oraz umiejętnie wprowadza czytelnika w całokształt zagadnień rozważanych w dalszej części pracy, tj. w Części eksperymentalnej. Odnośnie części doświadczalnej pracy Doktorantka zdołała w pełni udokumentować poprawność przeprowadzenia swoich badań, charakteryzujących się wysokim poziomem merytorycznym, zarówno w aspekcie metodyczno-analitycznym jak i interpretacyjnym. Podsumowując część eksperymentalną należy zaznaczyć, że badania zostały od strony analitycznej właściwie zaplanowane, założone cele konsekwentnie zrealizowane, a warsztat analityczny nie budzi zastrzeżeń. W celu sprawdzenia wiarygodności przeprowadzonych pomiarów analitycznych, Autorka przeprowadziła kontrolne analizy 3 certyfikowanych materiałów odniesienia, tj. IAEA-384 (osad denny), IAEA-385 (osad denny) i IAEA-414 (ryby z Morza Irlandzkiego). Uzyskała wysoce satysfakcjonujące wyniki, m.in. odzysk (jako miarę dokładności) jak i względne odchylenia standardowe (jako miarę precyzji).

Godnym podkreślenia jest fakt, że analizy radiochemiczne należą do wyjątkowo uciążliwych procedur analitycznych, przede wszystkim ze względu na ich wieloetapowość, wynikającą z konieczności zagęszczenia, rozdzielania, a następnie detekcji radioizotopów obecnych w obiektach naturalnych. Z uwagi na moje wcześniejsze zainteresowania badawcze, dotyczące właśnie analizy śladowych i ultraśladowych zawartości uranu i toru w próbkach środowiskowych po ich wieloetapowej procedurze rozdzielczej (jonowymiennej

łącznie z procesem ekstrakcyjnym) osobiście tej niedogodności analitycznej częstokrotnie doświadczałem.

Odnosnie analizy statystycznej/chemometrycznej uzyskanych danych pomiarowych, stanowiących istotną część pracy, Autorka posłużyła się podstawowymi testami statystycznymi oraz wielowariancyjnymi chemometrycznymi technikami komputerowymi (PCA i CA). Po zweryfikowaniu i skompletowaniu bazy danych pomiarowych, tzw. danych wejściowych, poddała je przetworzeniu chemometrycznemu wg następującego schematu:

- w stosunku do wartości stężeń analizowanych radioizotopów zastosowano zestaw tzw. statystyk podstawowych w celu wyznaczenia m.in. wartości średniej, błędu standardowego średniej, mediany, wartości minimalnej i maksymalnej wraz z rozstępem w próbie, odchylenia standardowego, typowego przedziału zmienności, współczynnika zmienności, współczynnika skośności;
- przeprowadzono testy normalności rozkładów wartości poszczególnych zmiennych stosując test H (Kruskala-Wallis);
- w celu zbadania współzależności między badanymi zmiennymi w aspekcie rozmieszczenia radionuklidów w różnych częściach owocników grzybów (DF), jak i w relacji do podłoża glebowego (BCF), uzyskane wyniki poddano analizie korelacyjnej Spearmana;
- w celu identyfikacji podobieństwa i zróżnicowania stężeń przeprowadzono analizę skupień (CA) oraz analizę głównych składowych (PCA), chociaż z oznakowanych współrzędnych prostokątnych zaprezentowanych przez Doktorantkę wykresach domniemywać można, że zastosowano jednak analizę czynnikową FA, skądinąd bardzo zbliżoną do deklarowanej przez Autorkę techniki PCA).

Zdaniem recenzenta analiza chemometryczna została w zasadzie przeprowadzona właściwie, a interpretacja przetworzonej statystycznie bazy danych charakteryzuje się znaczną dozą ostrożności, tak niezbędnej na etapie uogólniania zaobserwowanych tendencji i związków funkcyjnych między porównywanymi zmiennymi.

Recenzja nie byłaby pełna gdyby nie zawierała uwag krytycznych, chociaż niektóre z nich mają charakter polemiczny. Spodziewam się, że w czasie obrony tej pracy Doktorantka ustosunkuje się przynajmniej do większości z nich. Otóż, Autorka zbyt enigmatycznie potraktowała opis techniki korelacyjnej i wielowariancyjnej; mogłaby jednak zawrzeć więcej informacji w rozdz. „Ocena błędów metod analitycznych i analiza statystyczna”. Wówczas, uniknięto by powtarzających się informacji dotyczących opisu technik

statystycznych/chemometrycznych na stronach 141, 168 i 195-196. Ponadto, nie wspomniano o istotnych miarach istotności przetworzonych chemometrycznie danych pomiarowych, tj. czy w przypadku analizy skupień (CA) zastosowano np. metodę aglomeracji Warda, a w kwestii analizy głównych składowych (PCA) nasuwa się z kolei takie pytanie, czy wyznaczono i uwzględniono wartości krytyczne „Eigenvalues” (Ev), a jeśli tak, czy były wyższe od 1 dla I oraz II głównej składowej. W tym miejscu powstaje kwestia, czy przeprowadzono analizę wykresu osypiska (Metoda Catella) w celu określenia punktu, za którym kończy się stromizna i zlicza się czynniki nad tym punktem. W przypadku prezentacji i omówienia współczynników korelacji brakuje przytoczonych wartości poziomów istotności $p < 0,05$, $p < 0,01$, czy $< 0,001$, a w konsekwencji jest ich brak w Tab. 10.7.1, Tab. 10.11.1 oraz Tab. 10.15.1. Są one przecież miarą siły korelacyjnej między porównywanymi zmiennymi. Przecież, nie zawsze wysoka wartość „r”, w przeciwieństwie do co najmniej poziomu istotności $p < 0,05$, świadczy o znaczącym związku korelacyjnym, zwłaszcza w przypadku zbyt małej liczebności próbek „n”, a tym samym zbyt małej liczby stopni swobody „n-1”. A tak na marginesie, dlaczego na diagramach 10.7.2, 10.11.4 oraz 10.15.3 zamiast oznaczenia obu współrzędnych prostokątnych za pomocą „PC1” i „PC2” użyto „F1” i „F2”? Przecież taki zapis oznacza, że wykresy ilustrują rozmieszczenie obiektów próbek oraz ładunków (analitów) w świetle analizy czynnikowej (FA), a nie jak podano na stronach 103, 143, 171 i 199 analizy głównych składowych (PCA). Odnośnie nomenklatury analitycznej, zamiast określenia „materiałów referencyjnych” powinno być „materiałów odniesienia” (str. 102).

Co do zestawionych w Tab. 9.7.1 danych pomiarowych zwanych „Miara dokładności”, powinny być one wyrażone, jako wartości względne, bowiem są one błędami względnymi (%). Przykładowo, wartości „0,1, 0,7, 8,1, 4,1” powinny być przytoczone jako wartości ujemne „-0,1, -0,7, -8,1, -4,1”, ponieważ odpowiadające im odzyski są mniejsze od 100%. Podana wartość błędu względnego dla ^{210}Po jest błędna, zamiast „10,9” powinna ona wynosić „+8,6”.

Wydaje się, że Autorka mogłaby wyodrębnić w postaci podrozdziałów te fragmenty tekstu, które mają charakter uogólnionej oceny i syntetycznego ujęcia zaobserwowanych tendencji czy związków funkcyjnych (dotyczy to podsumowania wyników na stronach 114-115, 132-135, 161-164, 191-193 i 205-206).

Co do innych uwag krytycznych, głównie natury redakcyjnej, jest ich stosunkowo wiele zważywszy na obszerność manuskryptu pracy, bo liczącego aż 223 strony. Otóż, na str. 13 jest „ $\text{Po}(\text{NO}_3)_6^{2-}$ ”, powinno być „ $\text{Po}(\text{NO}_3)_6^{2-}$ ”; na str. 15 jest „rozpuszczalny z”, powinno być „rozpuszczalny w”; na str. 15 jest „ Po_6^{2-} ”, powinno być „ Po_6^{2-} ”; na str. 19 jest „(Rysunek 2.2.1.1)”, powinno być „(Rysunek 2.2.2.1)”; na str. 20 i w Tab. 2.2.2.1 jest „11,34 g/cm³” i taki

zapis jednostki występuje także na innych stronach pracy, powinno być „11,34 g/mL”; na str. 21 jest „właściwości kwasowe”, powinno być „właściwości amfoteryczne”; na str. 23 jest „są zasadowe octany ołowiu $Pb(CH_3COO)_2$ i $Pb(CH_3COO)OH \cdot 2Pb(OH)_2$ ”, powinno być „jest octan ołowiu $Pb(CH_3COO)_2$ i zasadowy octan ołowiu $Pb(CH_3COO)OH \cdot 2Pb(OH)_2$ ”; na str. 27 jest „19,05 g/cm³”, powinno być „19,05 g/mL”; na str. 30 jest „6H₂O 350 °C —UO₃”, powinno być „6H₂O ^{350 °C} UO₃” (wartość temp. nad strzałką również w innych częściach tekstu); na str. 31 jest „UF₆ + H₂O”, powinno być „UF₆ + 2H₂O”; na str. 32 jest „czterohalogenków”, powinno być „czterohalogenków”; na str. 32 ostatnie równanie reakcji nie jest zbilansowane współczynnikami reakcji, ponieważ po lewej stronie reakcji jest 5 atomów tlenu, a po prawej stronie są 2 atomy tlenu; na str. 36 jest „U₃O₈²⁺ + H⁺”, powinno być „U₃O₈²⁺ + 2H⁺”; na str. 39 jest „erdoks uranu”, powinno być „redoks uranu”; na str. 37 jest „woda itp.”, powinno być „cząsteczka wody itp.”; na str. 38 jest „jon uranylowy jest duży”, powinno być „promień jonu uranylowego jest duży”; na str. 45 jest „kupfernem”, powinno być „kupferonem”; na str. 56 jest „hiobowego”, powinno być „niobowego”; na str. 57 jest „(T_{1/2} = 1,4·10¹⁰)”, powinno być „(T_{1/2} = 1,4·10¹⁰ lat)”; na str. 61 jest „dominują”, powinno być „Dominują”; na str. 61 jest „niewielki obszarze”, powinno być „niewielkim obszarze”; na str. 68 jest „Wysokość: Występowanie: grunt”, nie podano wysokości; na str. 71, 72, 73 i 74 jest dublowanie średnicy kapelusza, np. 3-15, etc.”; na str. 76 jest „(Tabela 5.6.2)”, powinno być „(Rys. 5.6.2)”; na str. 77 jest „ma charakter anionowy, wynikający z obecności reszt fosforanowych i może pełnić funkcję kationitu”?; na str. 79 jest „z analizowanymi grzybami”, powinno być „z analizowanymi grzybami wraz z 4 innymi gatunkami”; na str. 81 jest 6-krotnie „g ml⁻¹”, powinno być „g/mL”; na str. 81 jest „[-CH₂N⁺(CH₃)³]”, powinno być „[-CH₂N⁺(CH₃)₃]”; na str. 85, 87, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96 jest 5-krotnie „ml”, powinno być „mL”; na str. 86 (diagram 9.1) jest 26-krotnie „ml”, powinno być „mL”; na str. 90-95 (ryciny 9.3.2, 9.3.4, 9.3.6 i 9.4.1) jest 14-krotnie „cm³”, powinno być „mL”; na str. 99 jest „Obliczoną”, powinno być „Obliczono”; na str. 100 brakuje wyjaśnienia odnośnie niektórych symboli występujących we wzorze (pierwszym od góry); przykładowo, co oznacza „m_p”; na str. 101 jest „Tabela 9.5.1.”, powinno być „Tabela 9.6.1.”; na str. 101 jest (DF)., powinno być (DF).; na str. 108 jest „(Tabela 10.1.5)”, powinno być „(Tabela 10.1.6)”; na str. 109 jest dwukrotnie „koźlarza dębowego”, powinno być „koźlarza sosnowego”; na str. 110 jest „0,59±0,38”, podczas gdy w Tab. 10.1.7 nie ma takiej wartości. Przepuszczalnie, zdublowano przez pomyłkę 2 identyczne wartości „2,34±0,83” dla całych owocników w Sulęczynie i Złotowie. Być może zamiast ww. wartości, przypisanej błędnie lokalizacji Złotów w Tabeli 10.1.7 powinna być wartość „0,59±0,38” przytoczona przez Doktorantkę na str. 110 (pierwsza linia od góry); na str. 121 jest „0,45±0,02”, powinno być „0,40±0,04”, jest 0,87±0,25”, powinno być „0,43±0,21”, jest „0,43 ±0,21”, powinno być „2,07±0,73”; na str. 122 jest „2,07±0,29”, powinno być „2,07±0,14”; na

str. 123 jest „ ^{210}Pb wszystkich analizowanych próbek”, powinno być „ ^{210}Pb we wszystkich analizowanych próbkach”; na str. 124 jest „ $2,47 \pm 10,4$ ”, powinno być „ $2,62 \pm 10,4$ ”; na str. 127 (wiersz 13 od dołu) należałoby zmienić kolejność przytaczanych wartości dla ^{210}Po ; na str. 128 jest „Z3”, powinno być „Z2”; na str. 131 jest (w podpisie rubryki Tab. 10.4.13 jest „Stężenie aktywności ^{210}Po ”, powinno być „Stężenie aktywności ^{210}Pb ”; na str. 133 jest „ $0,43 \pm 0,03$ ”, powinno być „ $0,43 \pm 0,21$ ”; na str. 134 jest „ $0,15 \pm 0,02$ ”, powinno być „ $0,15 \pm 0,01$ ”; na str. 135 jest „ $0,01 \pm 0,0001$ ”, powinno być „ $0,01 \pm 0,001$ ”; na str. 150 jest „dodania”, powinno być „dodatnia”; na str. 153 jest „ $8,19 \text{ Bq kg}^{-1}$ ”, powinno być „ $8,19 \pm 0,68 \text{ Bq kg}^{-1}$ ”; na str. 159 jest „ $0,08 \pm 0,03$ ”, powinno być „ $0,08 \pm 0,01$ ”; na str. 167 jest „ $2,83 \pm 0,69$ ”, powinno być „ $3,67 \pm 0,89$ ”; jest „ $3,00 \pm 2,50$ ”, powinno być „ $7,77 \pm 9,51$ ”; jest „ $0,55 \pm 0,55$ ”, powinno być „ $0,26 \pm 0,29$ ”; na str. 179 jest „ ^{230}Th ”, powinno być „ ^{232}Th ”; na str. 182 jest „ $0,06 \pm 0,05$ ”, powinno być „ $0,05 \pm 0,04$ ”; na str. 189 jest „ $0,12 \pm 0,0$ ”, powinno być „ $0,14 \pm 0,02$ ”; na str. 193 jest „ $0,37 \pm 0,112$ ”, powinno być „ $0,037 \pm 0,112$ ”; na str. 200 jest „ $59,9 \pm 35,3$ ”, powinno być „ 446 ± 800 ”, jest „ $92,5 \pm 46,9$ ”, powinno być „ 144 ± 440 ”; na str. 208 jest „ ^{228}Th ”, powinno być „ ^{228}Th ”; na str. 213 jest „Geochimica Cosmochimica Acta”, powinno być „Geochimica et Cosmochimica Acta”, na str. 214 jest „Analytica Chemica Acta”, powinno być „Analytica Chimica Acta”, na str. 215 jest „Journal Chemical Education”, powinno być „Journal of Chemical Education”, na str. 216 jest „May-Jun”, powinno być „May-June”; na str. 220 jest „Journal of Environmental Radioactivity”, powinno być „Journal of Environmental Radioactivity”.

W tym miejscu należy zaznaczyć, że niedostrzeżone oraz nieskorygowane przez Doktorantkę stosunkowo nieliczne, jak na tak obszerną pracę, błędy głównie natury redakcyjnej nie wpływają znacząco na ogólną wysoką ocenę pracy.

Zaprezentowane w rozprawie wyniki badań uświadamiają czytelnikowi jak dużą pracę wykonała Doktorantka. Autorka wnikliwie omawia i przejrzysto interpretuje w świetle wyników analizy statystycznej/chemometrycznej liczne dane pomiarowe, analizując w pogłębiony sposób zarejestrowane zmiany analizowanych parametrów. Tę poprawnie zredagowaną część pracy kończą starannie zredagowane wnioski i podsumowanie wyników badań. Na uwagę zasługuje bogaty zestaw właściwie dobranych licznych pozycji literaturowych. Szata graficzna pracy prezentuje się atrakcyjnie, ze względu na estetycznie i pomysłowo skonstruowane barwne diagramy, umożliwiające skonfrontowanie własnych obserwacji z wysnutymi przez Doktoranta wnioskami.

Doktorantka stwierdziła, że:

- aktywności oraz stopień nagromadzenia analizowanych radionuklidów w grzybach w odniesieniu do próbek podłoża glebowego, na którym one wegetowały charakteryzują się zróżnicowaniem, zarówno w zależności od cech gatunkowych, części anatomicznej (kapelusz, trzon, skórka) jak i pochodzenia geograficznego.
- Największe aktywności ^{210}Po zarejestrowano w osobnikach koźlarza grabowego pochodzących z miejscowości Borkowo, podczas gdy najmniejsze stwierdzono w egzemplarzach ww. gatunku ze Złotowa oraz w koźlarzu czerwonym z Orzechowa. Ponadto wykazano, że stopień nagromadzania ^{210}Po zależy nie tylko od cech gatunkowych owocnika, ale również od charakteru podłoża glebowego, jako substratu oraz opadu atmosferycznego. Porównywalną zależność jak w przypadku ^{210}Po zanotowano dla ^{210}Pb w aspekcie nie tylko zmienności gatunkowej grzybów, ale również specyficznych dla ich wzrostu warunków geologicznych podłoża oraz charakteru opadów atmosferycznych.
- Stężenia izotopów uranu, tj. ^{234}U , ^{235}U i ^{238}U w analizowanych gatunkach grzybów charakteryzowały się znacznie mniejszymi wartościami w porównaniu do aktywności ^{210}Po i ^{210}Pb , przy czym ich najwyższe poziomy zarejestrowano w trzonach owocników, co pozwala sądzić, że ww. izotopy uranu w niewielkim stopniu ulegają w nich nagromadzeniu. Odnośnie substratu glebowego, obserwuje się znaczące zróżnicowanie zawartości uranu w zależności od struktury geologicznej i granulometrii jego uziarnienia, a także takich parametrów jak pH i Eh.
- Spośród analizowanych izotopów stwierdzono najmniejszą zawartość dla izotopów toru, tzn. ^{230}Th i ^{232}Th , przy czym podobnie jak w przypadku izotopów uranu zaobserwowano wyższe ich poziomy w trzonach owocników. Podobnie znaczące zróżnicowanie stężeń izotopów toru jak i uranu można zauważyć na przykładzie ich rozmieszczenia w podłożu glebowym.
- Mniejsze od jedności współczynniki BCF dla wszystkich analizowanych izotop-promieniotwórczych oznaczają, że owocniki grzybów nie kumulują ich efektywnie z substratu glebowego, co jednoznacznie wyklucza ich zastosowanie, jako potencjalnych bioindykatorów zanieczyszczeń ekosystemów leśnych.
- Podwyższone poziomy radionuklidów można wiązać z naturalnymi procesami wietrzenia i erozji skorupy ziemskiej oraz czynnikami antropogenicznymi, tj. gospodarczą działalnością człowieka w sektorze przemysłu ciężkiego, górnictwa oraz rolnictwa. Stwierdzono, że ze wzrostem współczynnika BCF maleje współczynnik DF.
- Oszacowane potencjalne dawki skuteczne pochodzące z narażenia wewnętrznego w wyniku rozpadu analizowanych radionuklidów pozwalają sądzić, że po spożyciu analizowanych grzybów z rodziny borowikowatych największą dawkę otrzymują konsumenci w wyniku rozpadu ^{210}Po , a nieco mniejszą z rozpadu ^{210}Pb . W przypadku oszacowanych dla

pozostałych analizowanych radionuklidów dawek skutecznych uzyskano 3 rzędy wielkości mniejsze wartości, zwłaszcza dla izotopów toru. Oznacza to, że spożywanie grzybów leśnych nie stanowi zagrożenia zdrowotnego z radiologicznego punktu widzenia.

Podsumowując, przeprowadzone z dużym rozmachem badania łącznie z wnikliwą i pogłębioną analizą komputerową danych pomiarowych umożliwiły otrzymanie istotnych oraz wysoce interesujących wyników.

Doktorantka odznaczyła się determinacją, a nawet imperatywem w czasie realizacji trudnych i zarazem ambitnych zadań badawczych, a także konsekwencją i dociekliwością na etapie interpretacji prawidłowo przetworzonych statystycznie danych pomiarowych.

Podsumowując, praca doktorska jest oryginalnym i interesującym kompendium wiedzy dotyczącym oceny rozmieszczenia oraz stopnia bioakumulacji analizowanych radionuklidów w jadalnym popularnych trafnie dobranych gatunkach grzybów z uwzględnieniem wpływu składu substratu glebowego na wartość odżywczą badanych obiektów. Wnioski o dużym ciężarze gatunkowym zostały zdefiniowane z właściwą dozą ostrożności i znajdują pełne potwierdzenie w bogatym materiale faktograficznym.

Przedstawiona do oceny rozprawa mgr Karoliny Szymańskiej pt. "Wybrane naturalne izotopy promieniotwórcze w grzybach wielkoowocnikowych Polski Północnej" w pełni odpowiada kryterium stawianym pracom doktorskim. W związku z tym Kandydatka całkowicie spełnia warunki określone w ustawie o stopniach i tytułach naukowych i z tym przekonaniem wnoszę o Jej dopuszczenie do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Pomimo pewnej liczby usterek dotyczących redakcyjnej strony pracy recenzent zastrzega sobie prawo zgłoszenia wniosku o wyróżnienie pracy po publicznej obronie prezentowanych przez Doktorantkę tez pracy, z uwagi na interesującą i aktualną tematykę badawczą, istotne elementy nowości naukowej, a także duży ciężar gatunkowy wysnutych wniosków. Dodatkowym argumentem przemawiającym za wyróżnieniem doktoratu przemawia znacząca aktywność i efektywność mgr Karoliny Szymańskiej wyrażająca się Jej współautorstwem zarówno 6 prac opublikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej (w 2 z nich jest pierwszym autorem) jak i 36 komunikatów konferencyjnych (w tym 10 międzynarodowych), w których 22-krotnie figuruje jako pierwszy autor. Ponadto, uczestniczyła w charakterze kierownika w 2 projektach badawczych „Badania Młodych Naukowców”.