



Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Dr hab. inż. Agnieszka Baran, prof. URK
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej
E-mail: Agnieszka.Baran@urk.edu.pl

Kraków, 20.04.2022 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Grzegorza Olosia pt.:

**"Aktywność radiocezu w mięśniach zwierząt łownych pozyskiwanych na obszarze Anomalii
Opolskiej na tle Polski i Europy"**

Przedłożona do oceny praca doktorska mgr Grzegorza Olosia została wykonana pod kierunkiem dr hab. Agnieszki Dothańczuk-Śródka, prof. UO oraz promotora pomocniczego dr Sławomira Wierzby.

1. Uwagi ogólne i znaczenie podjętej tematyki

Środowisko przyrodnicze ulega zanieczyszczeniom chemicznym, w tym także pierwiastkami promieniotwórczymi powstającymi wskutek działalności człowieka (np. ^{137}Cs , ^{134}Cs). Istotne ilości radiocezu ^{137}Cs przedostały się do środowiska w latach 50 -tych i 60-tych ubiegłego wieku w trakcie testowania broni atomowej, a także w późniejszych latach w wyniku awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu (1986 r.) oraz w Fukushima (2011 r.). Warto dodać, że awaria elektrowni jądrowej w Czarnobylu spowodowała powierzchniowe skażenie gleb i gruntów na bardzo dużym obszarze Europy. Na terenie Polski wydzielono wiele obszarów o podwyższonej koncentracji izotopów cezu, a największym powierzchniowo jest tzw. Anomalia Opolska, występująca w południowo-zachodniej Polsce.

Szacuje się, że w wyniku awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu do atmosfery uwolniony został ^{137}Cs o łącznej aktywności około 85 PBq (petabekereli) z czego ponad 60%

uległo depozycji poza obszarem byłego ZSRR, głównie w Europie Środkowej i Zachodniej. Osadzanie skażeń było zróżnicowane, ponieważ zwiększało się na obszarach, na których w czasie przesuwania się skażonych mas powietrza padał deszcz. Jego następstwami były długotrwałe skażenie gleby, wody i powietrza, przesiedlenia tysięcy osób oraz skutki zdrowotne dotyczące nie tylko osób żyjących na skażonych terenach, ale także wielu następnych pokoleń.

^{137}Cs uwalniany głównie w wyniku uszkodzeń reaktorów atomowych, stanowi zagrożenie dla zdrowia człowieka oraz ryzyko dla innych organizmów z powodu podobieństwa chemicznego do potasu. Z tego powodu jest łatwo asymilowany przez organizmy. Szczególnie narażone są organizmy bytujące w ekosystemach leśnych, z których radiocez jest wolniej tracony w porwaniu do pól i łąk i pozostaje w obiegu zamkniętym: gleba - organizmy runa leśnego - gleba. Z licznych badań wynika, że ^{137}Cs ulega największej akumulacji w owocnikach grzybów oraz borówce czarnej. Ważnym ogniwem w cyrkulacji ^{137}Cs są zwierzęta spożywające roślinność i owoce runa leśnego, a w kontekście zdrowia publicznego istotne znaczenie mają zwierzęta łowne. Gleba na użytkach leśnych jest siedliskiem życia różnych organizmów, a także miejscem produkcji żywności i nie powinna stwarzać zagrożeń stanu środowiska (bioróżnorodności) i dla zdrowia ludzi.

W ten nurt doskonale wpisuje się tematyka pracy doktorskiej Pana mgr Grzegorza Olosia. Problematyka omawianej rozprawy dotyczy tematyki związanej z losem radiocezu ^{137}Cs w środowisku na obszarze Anomalii Opolskiej. W pracy oznaczono aktywność ^{137}Cs w tkankach mięśniowych trzech gatunków zwierząt łownych, określono stopień migracji radiocezu z gleby do badanych gatunków zwierząt, oszacowano skuteczną dawkę promieniowania γ dla konsumentów lokalnej dziczyzny. Ciekawym zagadaniem w pracy jest również określenie kinetyki i predykcji zmian aktywności ^{137}Cs dla badanych gatunków przy wykorzystaniu różnych programów do modelowania stężeń pestycydów w środowisku. Należy również dodać, że pomimo licznych publikacji na powyższy temat, metody badań dotyczące aktywności ^{137}Cs i jego predykcji w środowisku wydają się być ciągle niedostateczne i słabo poznane.

W powyższym kontekście problematyka ocenianej rozprawy ma znaczenie użytkowe i praktyczne. Uzyskane rezultaty dotyczące, szczególnie obliczenia współczynników transferu ^{137}Cs z gleby do zwierząt łownych, oszacowania skutecznej dawki wchłoniętej przez osoby konsumujące skażoną radiocezem dziczyznę, a także oszacowania czasów tj. $T_{1/2\text{ef}}$

(efektywny okres połowicznego zaniku radiocezu za sprawą rozpadu fizycznego) oraz $T_{1/2}$ środ (środowiskowy okres połowicznego zaniku ^{137}Cs za sprawą czynników środowiskowych) dla badanych gatunków zwierząt łownych mogą być bardzo cenne i przydatne w ocenie ryzyka środowiskowego i zdrowotnego, a także efektywności procesów remediacyjnych gleb zanieczyszczonych ^{137}Cs .

Rozprawa opiera się na metodach analitycznych i statystycznych, co tworzy podstawy do miarodajności przedstawionych w rozprawie badań. Warte podkreślenia jest również to, że w rozprawie jasno i profesjonalnie przedstawiono wyniki badań oraz przeprowadzono rzeczową dyskusję naukową, opartą na bogatej bazie literaturowej oraz poprzedzoną interesującą analizą statystyczną danych.

Biorąc pod uwagę, że problem uwalniania ^{137}Cs do środowiska w przyszłości będzie nieunikniony i narastający, a skutki zdrowotne, ekologiczne i społeczno-ekonomiczne katastrof jądrowych są trudne do przewidzenia, istotne jest zatem poznanie losów sztucznych pierwiastków promieniotwórczych, szczególnie na obszarach poddanych długotrwałej i silnej ekspozycji. Przedstawiona powyżej problematyka pracy dotyczy bardzo istotnych i aktualnych zagadnień związanych losem ^{137}Cs w środowisku, a w oparciu o uzyskane rezultaty bardzo wysoko oceniam istotność, trafność i aktualność podjętej problematyki badawczej.

2. Ocena formalna rozprawy

Opiniowana rozprawa doktorska ma postać monotematycznej dysertacji liczącej 138 stron. Składa się ona z klasycznych rozdziałów zgodnych ze schematem prac badawczych: Wstęp, Cel pracy, Materiał i metody, Wyniki, Dyskusja, Wnioski. Ponadto Rozprawa zawiera bardzo cenne dla czytelnika objaśnienie pojęć i skrótów oraz kilkunastostronicowy, bogaty Spis literatury zawierający łącznie 264 pozycji piśmiennictwa, w tym 249 prac anglojęzycznych. Do opracowania dołączono również Podziękowania, Spis rycin i tabel, oraz Streszczenie w języku polskim i angielskim. Treść pracy dodatkowo została podzielona na liczne podrozdziały wyodrębnione w Spisie treści, co nadaje rozprawie dużą przejrzystość i czytelność. Rozprawa doktorska Pana mgr Grzegorza Olosia ma również bogatą i starannie wykonaną dokumentację graficzną w postaci 14 tabel oraz 21 rycin, w większości zawierających szczegółowe wyniki lub schematy/modele migracji radiocezu czy opisu kroków w celu wyznaczenia czasów połowicznego zaniku radiocezu.

Układ omawianej pracy jest poprawny, czytelny i niebudzący większych zastrzeżeń. Ponadto poszczególne rozdziały i podrozdziały są ze sobą logicznie powiązane, stanowią całość, co ułatwia śledzenie i merytoryczną ocenę uzyskanych wyników. Generalnie rozprawa doktorska jest napisana językiem poprawnym stylistycznie, pozwalającym w łatwy sposób na dokładne śledzenie toku prowadzonych badań i rozważań naukowych.

Praca nie jest jednak wolna od drobnych błędów. Błędy zaobserwowałam w np. cytowanej literaturze (np. str. 33: Steinhäuser i wsp., 2017 – w Literaturze jest 2016 lub 2014; str. 35: Burzykowski, 2008 – w Literaturze jest Barzykowski; str. 35: JCGM, 2008 – brak w Literaturze; str. 38: Zalewski i Szymczyk-Kobrzyńska, 2005 – brak w Literaturze; str. 40 wg Dziennik Ustaw RP z dn. 20 września 2019 roku – brak w Literaturze, w sumie też nie wiadomo o jaką ustawę chodzi?; str. 41: Tagami i wsp., 2016 – w Literaturze jest Tagami i wsp., 2020 lub Tagami, Uchida, 2016). Mam również uwagę do rycin - według mnie są zbyt „upakowane” w tekst rozprawy, co skutkuje tym, że zlewają się z tekstem. Może dobrym rozwiązaniem dla przejrzystości tekstu jest ich powiększenie oraz wprowadzenie większych przerw między ryciną a tekstem.

Powyższe uwagi nie mają jednak znaczącego wpływu na prawidłowy i pozytywny odbiór rozprawy i nie są przeszkodą w merytorycznym zrozumieniu jej treści.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Pierwsza część rozprawy zatytułowana Wstęp, liczy 20 stron. Rozdział ten składa się z sześciu podrozdziałów. Doktorant w syntetyczny sposób omawia źródła ^{137}Cs , jego szkodliwość dla organizmów, rolę czasu ekspozycji na efekty działania ^{137}Cs , a także przedstawia aktualne dane na temat skażeń radiacyjnych w Polsce. Szczególną uwagę zwraca na czynniki wpływające na obieg i migracje radiocezu w środowisku z uwzględnieniem jego aktywności w tkankach mięśniowych zwierząt łownych pozyskanych w Polsce, na tle Europy.

Autor widzi potrzebę szczegółowych badań dotyczących akumulowania ^{137}Cs w mięsie zwierząt łownych na terenie Anomalii Opolskiej, gdyż obecna literatura w tym temacie jest nieliczna, mało dokładna w zakresie szczegółów dotyczących miejsca pobrania próbek, wieku, płci zwierząt oraz terminu pozyskania danych. Brak kompleksowego opracowania na temat aktywności ^{137}Cs u zwierzyny łownej z obszaru Anomalii Opolskiej uniemożliwia oszacowanie narażenia konsumentów lokalnej dzicyzny. Doktorant zwraca również uwagę na nieścisłości terminologiczne oraz metodologiczne, na które napotkał dokonując przeglądu

aktualnego stanu wiedzy, w zakresie dotyczącym definiowania, obliczania i interpretacji czasów: efektywnego, środowiskowego oraz biologicznego zaniku radionuklidów. Treść powyższego rozdziału jest trafnie dobrana i świadczy przede wszystkim o bardzo dobrym odczycie Autora i jego znajomości tematu.

W kolejnym rozdziale Cel pracy, Doktorant w krótkim dwustronicowym rozdziale uzasadnia wybór problematyki badawczej, prezentuje dwa cele główne, oraz pięć celów szczegółowych. Cele główne skupiają się na określeniu aktualnych poziomów aktywności ^{137}Cs w tkankach mięśniowych 3 gatunków zwierząt łownych (jeleń europejski, dzik euroazjatycki, sarna europejska) pozyskanych na obszarze Anomalii Opolskiej w odniesieniu do obszaru całej Polski i Europy oraz predykcji dalszych poziomów aktywności ^{137}Cs i jego przemian w tkankach mięśniowych zwierząt łownych w oparciu o obliczone wartości czasów połowicznego zaniku ^{137}Cs (efektywnego i środowiskowego). Cele szczegółowe są jasno sprecyzowane i mają za zadanie przede wszystkim:

- określić skuteczną dawkę ^{137}Cs dla konsumentów,
- obliczyć współczynnik transferu ^{137}Cs gleba-gatunki łowne,
- wykazać różnice lub ich brak w aktywności ^{137}Cs pomiędzy badanymi gatunkami zwierząt,
- przeprowadzić rewizję literatury dotyczącej definiowania, obliczania i interpretacji efektywnego, środowiskowego i biologicznego czasu połowicznego zaniku ^{137}Cs ,
- obliczyć czasy połowicznego zaniku ^{137}Cs w badanych elementach środowiska przy zastosowaniu narzędzi do modelowania degradacji pestycydów w środowisku.

Cele pracy są dobrze określone od strony merytorycznej i wystarczająco dokładnie precyzują zamiary badawcze Doktoranta. Pewnym mankamentem tej części pracy jest brak hipotezy badawczej. Hipoteza badawcza jest przedstawiona w rozdziale 3.8. Opracowanie statystyczne i obliczenia, jednak dotyczy ona tylko różnic w aktywności ^{137}Cs między i wewnątrzgatunkowych u zwierząt na badanym obszarze Anomalii Opolskiej. Dlatego też proszę o podanie ogólnej hipotezy badawczej dla całej pracy. Czy to jest w ogóle możliwe?

Rozdział trzeci pracy Materiał i metody obejmuje zwarty opis zastosowanych metod oraz warunków prowadzenia badań, liczy 11 stron. Rozprawa od strony metodycznej obejmuje dwa etapy, które są ściśle powiązane z celami głównymi rozprawy. Pierwszy etap stanowią badania terenowe i laboratoryjne, które są związane z charakterystyką obszaru badań tj. Anomalii Opolskiej, pozyskaniem próbek tkanek mięśniowych zwierząt łownych oraz próbek glebowych, a także analizą aktywności ^{137}Cs w tych próbkach. Drugi etap jest

ściśle związany z drugim celem głównym i obejmuje badania studyjne dotyczące zastosowania różnych obliczeń i modeli (skutecznej dawki wchłoniętego promieniowania jonizującego, współczynnika transferu ^{137}Cs gleba-zwierzęta łowne, środowiskowego i efektywnego czasu połowicznego zaniku) do predykcji dalszych poziomów aktywności ^{137}Cs i ich zmian w tkankach mięśniowych zwierząt łownych. Tak przedstawiona dwuetapowa koncepcja badań z punktu widzenia postawionych celów badawczych jest właściwa i pozwala z dużą dokładnością i poprawnością metodyczną określić aktywność ^{137}Cs w mięśniach zwierząt łownych i jego dalszych losów na obszarze Anomalii Opolskiej na tle danych dla Polski i Europy.

Odnosząc się do oceny tego rozdziału, uważam, że Doktorant zaplanował i przeprowadził poprawnie, część terenową i analityczną związaną z określeniem aktywności ^{137}Cs w tkankach zwierząt łownych i glebie. Opisy dotyczące obszaru badań oraz metod analitycznych są czytelne oraz zgodne z obowiązującymi w tym zakresie normami, co wskazuje również na poprawność metodyczną badań. Oceniając tę część pracy duże znaczenie z punktu widzenia celów pracy mają metody statystyczne i obliczenia zastosowane w rozprawie. Należy podkreślić właściwy zakres zastosowanych metod statystycznych (podstawowe parametry statystyczne, ANOVA, analiza korelacji Pearsona). Zastosowane obliczenia również nie budzą zastrzeżeń i co warto podkreślić, są udokumentowane licznymi wzorami oraz pozycjami literaturowymi. Zastosowane i dobrze dobrane metody statystyczne do oceny i interpretacji uzyskanych wyników znacząco podnoszą walory ocenianej rozprawy, czyniąc uzyskane uogólnienia i wnioski miarodajnymi.

Podsumowując, rozdział ten jest kompletnie opracowany i nie budzi większych zastrzeżeń. Jedyne uwagi lub pytania jakie mi się nasunęły przy czytaniu tej części pracy przedstawiam poniżej:

- opis ilości próbek zarówno zwierzyny łownej jak gleby w badaniach – brak tych informacji w podrozdziale 3.3. Pozyskanie próbek tkanek mięśniowych zwierząt łownych oraz 3.5. Pozyskanie próbek glebowych. O ilości próbek dowiadujemy się dopiero w podrozdziale 3.8. Opracowanie statystyczne i obliczenia oraz w rozdziale Wyniki, podrozdział 4.1. Aktywność ^{137}Cs na obszarze Anomalii Opolskiej, Tabela 5 oraz Tabela 6. Również podanie w podrozdziale 3.8 Opracowanie statystyczne i obliczenia, łącznej liczby „n” osobników wykorzystanych do obliczeń (sarna n = 1410, dzik – 1152, jeleń – 845), choć imponująca, jest dla mnie nie zrozumiała.

Uważam, że w tym miejscu powinno być jasno wskazane n danych pochodzących z badań własnych Doktoranta. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii. Dlaczego zastosowano taką kolej opis danych?

- Proszę o wyjaśnienie kwestii związanej z głębokością poboru próbek glebowych - to poziom O (0-2 cm) albo A (2-12 cm) - czym kierowano się podczas wyboru tych głębokości. Na tle tego mam pytanie do dyskusji: czy głębokość poboru próbek ma wpływ na aktywność ^{137}Cs , oraz dlaczego nie analizowano właściwości gleb?

Rozdział czwarty pracy Wyniki oraz piąty Dyskusja stanowią najobszerniejszą część rozprawy i obejmują odpowiednio 32 oraz 18 stron. W rozdziale Wyniki wydzielić można dwie części. W pierwszej części tego rozdziału Doktorant przedstawił opis uzyskanych wyników dotyczących migracji ^{137}Cs w układzie gleba - zwierzęta łowne – konsument. Doktorant omówił aktywności ^{137}Cs w glebach (podrozdział 4.1), w zwierzętach łownych (podrozdział 4.2) na obszarze Anomalii Opolskiej, współczynników transferu ^{137}Cs z gleby do zwierząt łownych (podrozdział 4.3) oraz oszacowanej skutecznej dawki wchłoniętej przez osoby konsumujące dziczyznę (podrozdział 4.4). W drugiej części rozdziału Wyniki, Doktorant szczegółowo przedstawia i omawia wyniki dotyczące obliczeń efektywnego i środowiskowego okresu połowicznego zaniku ^{137}Cs .

Rozdział Dyskusja podzielony jest na 5 podrozdziałów, konsekwentnie dla układu i porządku całej rozprawy. W rozdziale Dyskusja autor, porównuje otrzymane wyniki z badaniami innych autorów, a także niejednokrotnie krytycznie odnosi się do otrzymanych wyników. Bardzo cenne w Dyskusji jest omówienie czterech modeli kinetyki zmian aktywności ^{137}Cs u zwierząt łownych przedstawiające ich mocne i słabe strony. Warto dodać, że dotychczas nie zastosowano, na szeroką skalę, narzędzi kinetycznych służących modelowaniu degradacji pestycydów w glebie, do określenia kinetyki zaniku ^{137}Cs w biotycznych elementach środowiska – co jest innowacyjne w tej pracy.

Podsumowując, oba rozdziały od strony merytorycznej są napisane bardzo kompetentnie i profesjonalnie. Ponadto mają duże walory edukacyjne dla czytelnika, ponieważ Doktorant przedstawia szczegółowe wyjaśnienia otrzymanych wyników, a także bardzo krytycznie odnosi się do nich na tle badań innych autorów i swojego doświadczenia. Cenne jest również umieszczenie pod podrozdziałami zwartych podsumowań i konkluzji, co czyni pracę łatwą w odbiorze i powoduje, że jej przeczytanie ze zrozumieniem nie jest trudne

i czasochłonne. Bardzo wysoko oceniam interpretację uzyskanych danych z analizy statystycznej w oparciu o posiadaną wiedzę oraz dostępne dane literaturowe oraz część graficzną - szczególnie ryciny. Umiejętność łączenia wyników własnych badań z danymi literaturowymi w rozdziale Dyskusja wskazuje, że Doktorant ma dużą wiedzę w zakresie problematyki badawczej i bardzo dobre odczytanie w literaturze fachowej. Cenne jest również to, że pod koniec tego rozdziału Doktorant wskazuje dalszy rozwój tematyki związanej z badaniami zmian aktywności ^{137}Cs w środowisku. Rozdział ten jednoznacznie wskazuje na duże kompetencje naukowo-badawcze i bardzo dobre predyspozycje do pracy naukowej pana mgr Grzegorza Olosia.

Po przestudiowaniu obu rozdziałów nasuwają mi się pewne uwagi lub pytania, często natury dyskusyjnej:

- Proszę o mówienie, jakie czynniki (właściwości) glebowe wpływają na biodostępność oraz mobilność (transfer) ^{137}Cs . Jakie są metody remediacji gleby zanieczyszczonej radioizotopami?
- Jakie inne zwierzęta, ew. rośliny są uznawane za „hiperakumulatora radiocezu”? Jakie warunki/cechy musi spełnić organizm, aby można go było zdefiniować jako hiperakumulator?
- Jaki jest praktyczny aspekt Pana wyników? Jakie środki zaradcze i działania zapobiegawcze można wdrożyć w odniesieniu do migracji ^{137}Cs w środowisku?
- Bardzo często wybuch w Czarnobylu nazywany jest „największą katastrofą spowodowaną przez człowieka” lub „najpoważniejszą katastrofą ekologiczną w historii ludzkości”. Czy zgodzi się Pan z tą opinią?

Na końcu pracy doktorskiej w rozdziale Wnioski, autor formułuje 10 wniosków. Analiza ich treści wskazuje, że są one poprawne pod względem merytorycznym i znajdują potwierdzenie w otrzymanych wynikach.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując, prezentowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną mgr Grzegorza Olosia.

W świetle powyższej oceny, rozprawa spełnia aktualne wymagania merytoryczne i formalne, które zostały określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (j.t. Dz.U. Dz. z 2020, poz. 85, z późn.zm.). Wnoszę więc do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr Grzegorza Olosia do kolejnych etapów postępowania doktorskiego.

Ponadto, pracę Doktoranta oceniam bardzo wysoko. Dlatego też mając na uwadze jakość prowadzonych badań, dobrze udokumentowane i opisane wyniki oraz przede wszystkim ich wysoką wartość naukową wnoszę do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pana mgr Grzegorza Olosia.

Dr hab. inż. Agnieszka Baran, prof. URK