

Dr Agnieszka Dolhańczuk-Śródka
Zakład Badań Fizykochemicznych
Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej
Uniwersytet Opolski
Ul. Kard. B. Kominka 6
45-035 Opole

załącznik nr 1

AUTOREFERAT

	Strona
A. Dane podstawowe	2
B. Wskazane osiągnięcie wynikające z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.)	3
C. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	24
D. Charakterystyka dorobku dydaktycznego i organizacyjnego	34

A. DANE PODSTAWOWE**Imię i nazwisko**

Agnieszka DOLHAŃCZUK-ŚRÓDKA

Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

Tytuł zawodowy magistra chemii uzyskałam na Wydziale Matematyki, Fizyki i Chemii Uniwersytetu Opolskiego w 1998 r. Promotorem mojej pracy magisterskiej pt.: *Pomiar aktywności właściwej ^{137}Cs w próbkach grzybów z lasów Opolszczyzny z zastosowaniem aparatury SAPOS90* był Prof. dr hab. inż. Witold Waclawek.

W 2002 r. ukończyłam studia podyplomowe w zakresie Informatyki, na Wydziale Przyrodniczo-Technicznym Uniwersytetu Opolskiego

Stopień naukowy doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska uzyskałam na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej w 2007 r. Promotorem mojej rozprawy doktorskiej pt.: *Badanie migracji cezu-137 w środowisku leśnym* była Prof. dr hab. inż. Maria Ząbkowska-Waclawek. Recenzentami pracy byli Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski i Prof. dr hab. inż. Roman Zarzycki.

Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

W 1999 r. rozpoczęłam pracę w Uniwersytecie Opolskim na stanowisku asystenta, w Katedrze Technologii, a od 2006 r., tj. od czasu jej utworzenia, w Katedrze Biotechnologii i Biologii Molekularnej Uniwersytetu Opolskiego. Od 2007 r., po uzyskaniu stopnia doktora, jestem zatrudniona na etacie adiunkta w Samodzielnej Katedrze Biotechnologii i Biologii Molekularnej Uniwersytetu Opolskiego.

Od 2002 r. posiadam uprawnienia Inspektora Ochrony Radiologicznej, nadane przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki. Od 2005 r. pełnię również obowiązki Pełnomocnika Rektora Uniwersytetu Opolskiego ds. ochrony radiologicznej.

B. WSKAZANE OSIĄGNIĘCIE WYNIKAJĄCE Z ART. 16 UST. 2 USTAWY Z DNIA 14 MARCA 2003 O STOPNIACH NAUKOWYCH I TYTULE NAUKOWYM ORAZ O STOPNIACH I TYTULE W ZAKRESIE SZTUKI (DZ. U. NR 65, POZ. 595 Z PÓŻN. ZM.)

Podstawą do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska jest **cykl jednotematycznych 10 publikacji** (artykuły oznaczone w wykazie dorobku naukowego - ON.1. – ON.10.) zatytułowany:

**OCENA WPŁYWU ANTROPOPRESJI NA ZMIANY AKTYWNOŚCI
RADIOIZOTOPÓW W ŚRODOWISKU PRZYRODNICZYM**

Poniżej zamieszczam wykaz publikacji do oceny w przewodzie habilitacyjnym, stanowiący jednotematyczny cykl publikacji:

L.p.	Wyszczególnienie	Punkty*	IF**	% udziału
ON.1.	Dolhańczuk-Śródka A. , Ziembik Z., Kusza G.: Wykorzystanie metod statystycznych do opisu migracji izotopów promieniotwórczych w środowisku przyrodniczym, WNT, Warszawa 2015, ISBN 978-83-7926-263-2.	20	-	55
ON.2.	Dolhańczuk-Śródka A. : <i>The use of Pb-210 isotope as an indicator of pollutants' migration in the environment</i> , Ecol. Chem. Eng. S. 2015, 22 (3), 379-388. DOI: 10.1515/eces-2015-0020.	15	<u>0,553</u>	100
ON.3.	Dolhańczuk-Śródka A. , Ziembik Z., Kříž J., Hyšplerova L., Waclawek M.: <i>Pb-210 isotope as a pollutant emission indicator</i> , Ecol. Chem. Eng. S. 2015, 22 (1), 73-81. DOI: 10.1515/eces-2015-0004.	15	<u>0,553</u>	80
ON.4.	Dolhańczuk-Śródka A. , Ziembik Z., Kusza G.: <i>Effect of soil management on its radioisotopic composition</i> , Geol Geoph Environ, 2015, 41 (1), 33-41, DOI: 10.7494/geol.2015.41.1.33	5	-	50
ON.5.	Wróbel Ł., Dolhańczuk-Śródka A. , Klos A., Ziembik Z.: <i>The activity concentration of post-Chernobyl ¹³⁷Cs in the area of the Opole Anomaly (southern Poland)</i> , Environ. Monit. Assess., 2015, 187:4084, http://link.springer.com/article/10.1007/s10661-014-4084-z .	25	<u>1,679</u>	60
ON.6.	Godyń P., Dolhańczuk-Śródka A. , Ziembik Z., Moliszewska E.: <i>Estimation of the committed radiation dose resulting from gamma radionuclides ingested with food</i> . J Radioanal Nucl Chem, 2014, 299, 1359-1364. DOI: 10.1007/s10967-014-2926-3.	25	1,034	50

ON.7.	Dolhańczuk-Śródka A., Ziembik Z., Waclawek M.: <i>Use of plants for radiobiomonitoring purposes</i> . [w:] Pawłowski A., Dudzińska M.R. i Pawłowski L. (red.): <i>Environmental Engineering IV</i> , CRC Press, Taylor and Francis Group, London 2013 pp. 541-547. DOI: 10.1201/b14894-83.	5	-	70
ON.8.	Dolhańczuk-Śródka A., Ziembik Z.: <i>Estimation of Radioactivity Dose Rate Absorbed with Ingested Foods</i> , <i>Ecol. Chem. Eng. A</i> , 2013, 20 (9), 999-1008. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(09)091.	6	-	80
ON.9.	Dolhańczuk-Śródka A., Wróbel L., Kłos A., Waclawek M.: <i>Assessment of gamma dose rate at mine waste dump</i> , <i>Ecol. Chem. Eng. S</i> , 2013, 20 (3), 555-565. DOI: 10.2478/eces-2013-0031.	15	0,558	60
ON.10.	Dolhańczuk-Śródka A.: <i>Estimation of external gamma radiation dose in the area of Bory Stobrawskie forests</i> , <i>Environ Monit Assess</i> , 2012, 184, 5773-5779. DOI: 10.1007/s10661-011-2380-4.	25	1,592	100

* Punkty przyznane za rok publikacji.

** *Impact Factor* przyznany za rok publikacji.

Pokreślone wartości *IF* dotyczą 2014 r. i są najnowszymi spośród dostępnych w chwili pisania załącznika.

Mój wkład w powstanie wyżej wymienionych publikacji jest dominujący. Oświadczenia współautorów odnośnie ich udziału w powstawaniu wspólnych publikacji zamieszczone zostały w *Załączniku 8*.

OMÓWIENIE WYNIKÓW ZAMIESZCZONYCH W PRACACH WCHODZĄCYCH W SKŁAD JEDNOTEMATYCZNEGO CYKLU PUBLIKACJI

W drugiej połowie XX. w. do środowiska zostały uwolnione duże ilości izotopów promieniotwórczych. Był to głównie skutek prowadzonych w tym czasie testów broni jądrowej oraz awarii urządzeń nuklearnych. Intensywny rozwój różnych gałęzi przemysłu oraz energetyki także powoduje wzbogacanie środowiska radionuklidami uwalnianymi w procesach przemysłowych. Z tych powodów konieczne jest prowadzenie badań ewentualnych zagrożeń wynikających z kumulacji naturalnych i sztucznych radionuklidów w środowisku, jak również badań dotyczących ich retencji, migracji, obiegu w łańcuchach troficznych oraz oddziaływania na biosferę.

Niektóre izotopy promieniotwórcze, z uwagi na długi okres połowicznego rozpadu czy też dużą biodostępność, stanowią szczególny problem dla środowiska przyrodniczego. Ale nie tylko potencjalne zagrożenie promieniotwórcze było motywacją do prowadzenia badań. Ponieważ drogi i mechanizmy przemieszczania się radioizotopów i wielu innych związków

chemicznych mogą być wspólne, izotopy promieniotwórcze mogą być wygodnymi znacznikami translokacji zanieczyszczeń pochodzących z różnych źródeł.

Transport radioizotopów w środowisku jest procesem niezwykle złożonym i nadal niewystarczająco przebadanym. Z tego względu uzasadnione jest prowadzenie kompleksowych badań radioekologicznych, których istotnym składnikiem jest analiza mechanizmów obserwowanych zjawisk.

Głównym celem przeprowadzonych przeze mnie badań była ocena wkładu radionuklidów uwalnianych w wyniku antropopresji na lokalne poziomy aktywności izotopów promieniotwórczych. Badane były głównie gleby ekosystemów leśnych i porastające je rośliny oraz gleby orne i nieużytki. Oceniono także dawki promieniowania pochłonięte przez człowieka wraz z pokarmem.

Jego realizacja wymagała:

- zbadania składu radioizotopowego wytypowanych środowisk,
- wyboru reprezentatywnych radionuklidów mogących zmieniać lokalny poziom radioaktywności,
- przeprowadzenia pomiarów aktywności naturalnych i sztucznych radionuklidów w glebie i w roślinach (badania biomonitoringowe) oraz analiza współzależności między nimi,
- dokonania oceny pochodzenia i translokacji radionuklidów w środowisku,
- identyfikacji i oszacowania potencjalnych zagrożeń radiologicznych.

Podczas badań założono, że:

- na wzbogacanie składu radioizotopowego powierzchniowych warstw gleby ma wpływ czas i intensywność depozycji pierwiastków promieniotwórczych uwalnianych do środowiska wskutek antropopresji,
- aktywności przemysłowej może towarzyszyć podwyższona emisja radioizotopów,
- zastosowanie odpowiednich metod obliczeniowych do analizy wyników badań składu radioizotopowego umożliwi rozróżnienie źródeł ich pochodzenia i określenie ewentualnych zagrożeń.

W zebranych próbkach zostały oznaczone aktywności izotopów pochodzących z naturalnych szeregów promieniotwórczych oraz naturalny K-40 i sztuczny Cs-137.

Szczególną uwagę zwróciłam na trzy izotopy promieniotwórcze różniące się źródłem pochodzenia: Cs-137 - będący izotopem sztucznym, uwolnionym do środowiska głównie wskutek próbných wybuchów jądrowych oraz wskutek awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, Pb-210 - będący izotopem naturalnym, wprowadzanym do atmosfery głównie w wyniku spalania paliw kopalnych oraz Rn-222 – izotop α -promieniotwórczy występujący w postaci gazowej, naturalnie uwalniany z gleby w wyniku rozpadu promieniotwórczego Ra-226.

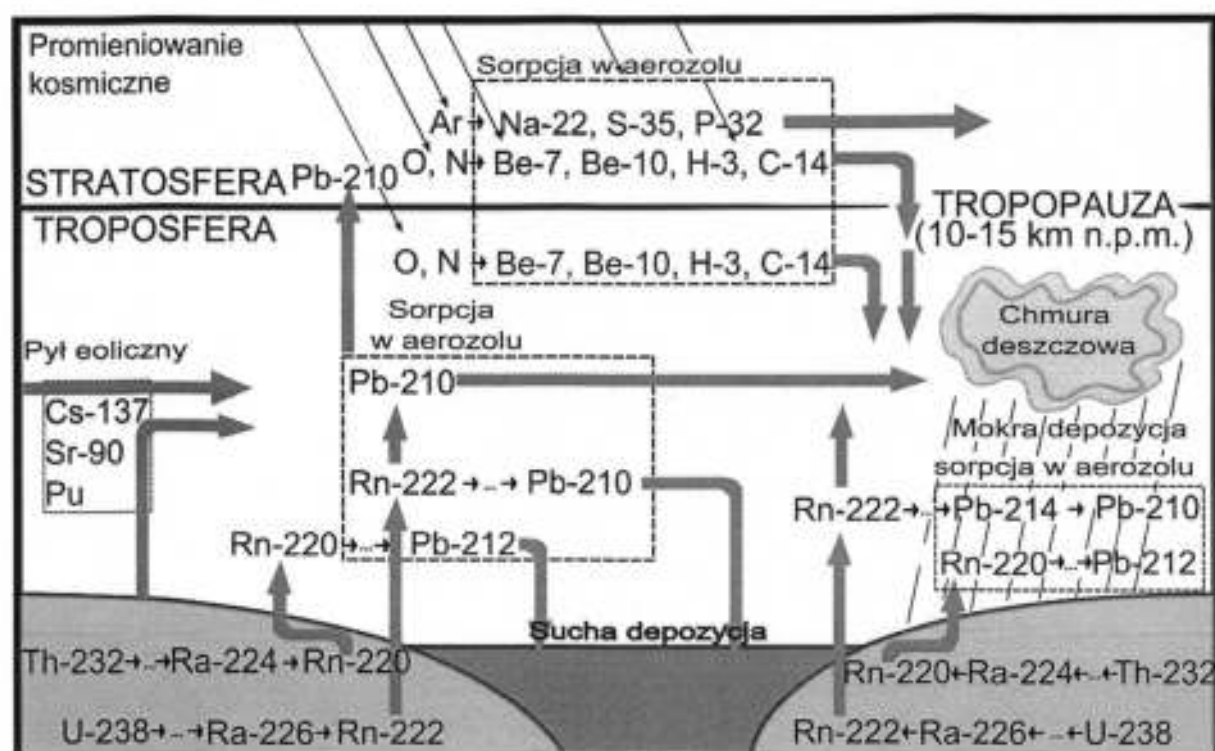
Charakterystyka badanych radionuklidów

Izotop Cs-137 jest jednym z syntetycznych izotopów promieniotwórczych, który w dużych ilościach pojawił się w środowisku w drugiej połowie XX w. Powstaje on w wyniku reakcji zachodzących podczas wybuchów jądrowych oraz pojawia się jako jeden z produktów powstających podczas pracy reaktora jądrowego. Radioizotop ten w dużych ilościach dostał się do środowiska w wyniku awarii reaktora jądrowego w Czarnobylu.

Izotop Pb-210 jest naturalnym izotopem promieniotwórczym i reprezentuje szereg promieniotwórczy uranu U-238. Powstaje w wyniku rozpadu krótkożyciowych pochodnych Rn-222, bezpośrednio z rozpadu Po-214 oraz Bi-214. Jak wspomniano, jest on wprowadzany do atmosfery w wyniku antropopresji, głównie w wyniku spalania paliw kopalnych.

Izotop Rn-222, jest jednym ze źródeł naturalnego promieniowania jonizującego w środowisku. Jest on uwalniany do środowiska zarówno na skutek procesów zachodzących w przyrodzie jak i działalności człowieka, np. przy wydobywaniu rud uranowych, w przemyśle energetycznym i wydobywczym [1-3].

Radionuklidy w specyficzny dla siebie sposób przemieszczają się w środowisku naturalnym. Uwolnione do atmosfery, w zależności od warunków klimatycznych, mogą przemieszczać się na znaczne odległości. Przykładowy schemat takich procesów przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Drogi przemieszczania się izotopów promieniotwórczych w środowisku [4]

Zdeponowane w glebie izotopy $Cs-137$ i $Pb-210$, w sprzyjających warunkach, są akumulowane w roślinach. Mogą również wtórnie wzbogacać aerosol atmosferyczny poprzez pyły unoszone z gleby, a zdeponowane w wodach powierzchniowych docierają nawet do rejonów arktycznych [5]. Inne mechanizmy translokacji dotyczą $Rn-222$. Ze względu na łatwość przemieszczania się, ten gazowy izotop może powodować zachwianie lokalnej równowagi promieniotwórczej. Część $Rn-222$ jest uwalniana ze środowisk geologicznych i podlega dalszym procesom rozpadu w atmosferze, powodując powstanie kilku innych izotopów, w tym $Pb-210$ [6].

Pochodzenie i translokacja w środowisku

Zdeponowany radioaktywny $Cs-137$ został zakumulowany głównie w powierzchniowej, organicznej warstwie gleby, a jego obieg ogranicza się do poziomów genetycznych O - A, z których poprzez system korzeniowy jest wbudowywany w strukturę roślin, tworzących z czasem nowy podpoziom Ol [7, 8, 9]. Ten rodzaj jego naturalnej translokacji występuje na terenach leśnych i nieużytkach. W glebach użytkowanych rolniczo wskutek spulchniania i ciągłego biousuwania, stężenia tego radionuklidu są znikome.

Badania własne prowadzono na terenie Anomalii Opolskiej - obszarze, na którym odnotowano zwiększone aktywności Cs-137. Obszar ten wykracza, poza granice województwa opolskiego, w pasie ciągnącym się od Krzepic i Kłobucka w kierunku południowo-zachodnim, poprzez Kotlinę Kłodzką do okolic Jesenika i Opawy. Obecnie na badanym obszarze Cs-137 nie ma charakteru napływowego. W pracy [ON.5] dokonano oceny historycznych zmian aktywności powierzchniowej Cs-137 w glebie na terenach leśnych i nieużytkach położonych na obszarze Anomalii Opolskiej. Wykazano, że zmniejszanie aktywności Cs-137 zdeponowanego po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu wynika głównie z rozpadu promieniotwórczego tego radionuklidu, a pionowa translokacja poprzez poziomy genetyczne gleby nie wpływa w sposób znaczący na usuwanie tego radionuklidu z warstw powierzchniowych.

Ważnym obszarem badań obecności Cs-137 w środowisku jest ocena jego bioakumulacji i translokacji z gleby do roślin. Ma to szczególne znaczenie przy interpretacji wyników badań biomonitoringowych. Wyniki badań wskazują na możliwość translokacji kationów metali z gleby do epigeicznych mchów i epifitycznych porostów poprzez pyły unoszone z gleby oraz, w przypadku mchów, poprzez zwilżającą je wodę [10]. Jednak porównanie aktywności powierzchniowej Cs-137 w glebie z aktywnością tego radionuklidu w mchach i w porostach nie wskazuje na statystycznie istotne korelacje między tymi parametrami. Zatem aktywność właściwa Cs-137 zakumulowanego w mchach lub w porostach nie pozostaje w prostym związku z jego aktywnością w powierzchniowej warstwie gleby. Mają na to wpływ m.in., właściwości fizykochemiczne gleby, od których zależy mobilność Cs-137. Dla przykładu, w pracy [11] wskazano na statystycznie istotne zależności pomiędzy aktywnością właściwą Cs-137 zakumulowanego w mchach i w porostach, a aktywnością właściwą tylko mobilnych i biodostępnych chemicznych form Cs-137, zakumulowanych w powierzchniowej warstwie gleby, uwalnianych w postaci kationów do roztworu o pH 3,9.

Ponadto należy zwrócić uwagę, że na poziom akumulacji Cs-137 ma wpływ biologiczny czas połowicznego biousuwania ($t_{B1/2}$). Wynika to m. in. z badań aktywności właściwej Cs-137 zakumulowanego w mchach, prowadzonych na Półwyspie Jamalskim [12], na rozległych obszarach Uralu i Syberii [13], a także na terenach w pobliżu Jekaterynburga, na których stwierdzono silną depozycję tego radionuklidu po wybuchu w Czarnobylu [13].

Ilość radiocezu, ale też innych zanieczyszczeń zakumulowanych w roślinach, zależy m. in. od warunków klimatycznych, które powodują, że możliwe jest wtórne wzbogacanie aerozolu atmosferycznego w zanieczyszczenia pochodzące z gleby, oraz od biologicznego

czasu połowicznego biousuwania. Badania dotyczące translokacji Cs-137 z gleby do roślin wyższych [14, 15] wskazują na możliwość lokalnego rozpraszania Cs-137 zakumulowanego w glebie. Wykazany brak korelacji pomiędzy aktywnością Cs-137 w glebie i w mchach lub w porostach nie pomniejsza znaczenia wykorzystania tych roślin w biomonitoringu zanieczyszczenia środowiska radionuklidami. Takie badania, rozpoczęte już w latach 60. ubiegłego wieku, są nadal prowadzone [16-18].

Przy interpretacji wyników badań własnych ważne było zastosowanie odpowiednich metod statystycznych do oceny bioakumulacji Cs-137 w różnych roślinach [ON.7]. Należało przypuszczać, że ze względu na podobieństwa chemiczne cezu i niezbędnego do życia roślin potasu, Cs-137 będzie bardzo dobrze akumulowany w roślinach. Do badań wykorzystano epigeiczne mchy *Pleurozium schreberi*, epifityczne porosty *Hypogymnia physodes* i jagodziny *Vaccinium myrtillus* L. Na podstawie oznaczonych aktywności Cs-137, obliczono jego stężenie masowe w roślinach. Otrzymane wyniki zostały przekształcone transformacją clr, stosowaną przy analizie zmiennych złożonych (ang. Compositiona Data Analysis, CoDA) [19, 20]. W następnym kroku, za pomocą jednokierunkowej analizy wariancji, oceniono poziom akumulacji Cs-137 w zależności od gatunku rośliny. Wyniki obliczeń wskazały, że nie można odrzucić hipotezy równych, niezależnych od gatunku rośliny, średnich wartości transformowanych zawartości Cs-137. Wniosek ten wskazuje na możliwość porównywania aktywności Cs-137 na różnych obszarach, przy wykorzystaniu różnych gatunków roślin, i może stanowić podstawę nowego podejścia w analizie wyników badań biomonitoringowych.

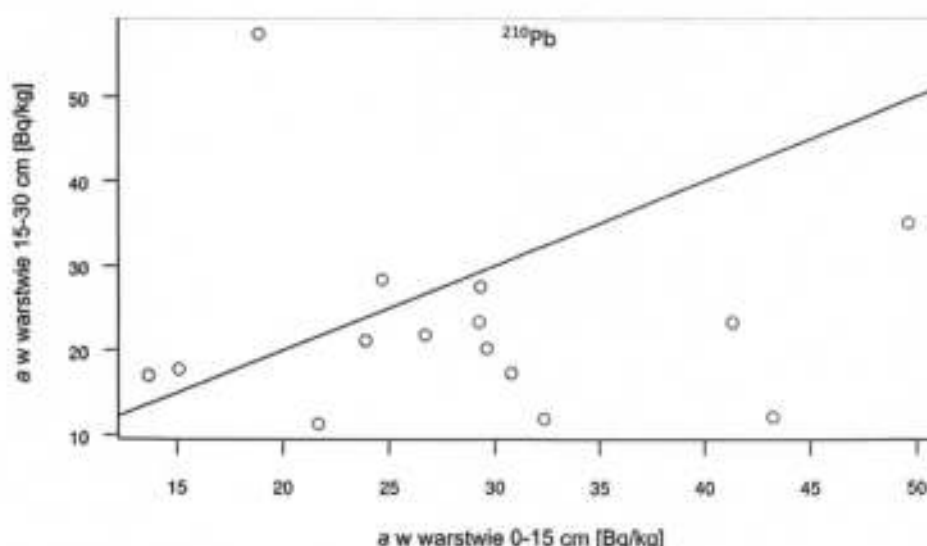
Izotop Cs-137 wykorzystano również jako znacznik do badania jego translokacji z gleby do produktów rolniczych, a następnie szacowania dawki w wyniku potencjalnego spożycia tych produktów [ON.6; ON.8]. Jak wcześniej wspomniano, obecnie na terenie Anomalii Opolskiej w glebach uprawnych poziom akumulacji Cs-137, w porównaniu z terenami leśnymi i nieużytkami, jest mały. Także w badanych produktach stwierdzono stosunkowo niewielkie aktywności Cs-137. Niemniej wskazuje to na możliwość jego przenoszenia z gleby do roślin jadalnych, a następnie do produktów spożywczych. W badanej żywności aktywności naturalnego izotopu K-40 były znacznie większe od aktywności Cs-137.

Należy jednak wspomnieć, że istnieją produkty spożywcze, które zawierają znacznie większe niż przeciętne aktywności Cs-137. Dotyczy to np. grzybów – podgrzybka brunatnego (*Xerocomus badius*), którego aktywności wyznaczone podczas prowadzonych badań niejednokrotnie przekraczały 1000 Bq/kg s.m. [21].

Wnioski:

1. Obecnie, na badanych obszarach, radioaktywny Cs-137 nie ma charakteru napływowego i nie stanowi zagrożenia radiologicznego dla ludzi i środowiska. Zmniejszanie jego aktywności na terenach leśnych i nieużytkach wynika głównie z rozpadu promieniotwórczego tego radionuklidu. Lokalnie jego obecność w powietrzu jest spowodowana przede wszystkim unoszeniem pyłów pochodzących z gleby.
2. W glebach leśnych Cs-137 akumuluje się głównie w powierzchniowych, organicznych warstwach gleby, skąd pobierany jest przez rośliny tworzące z czasem, w wyniku procesów rozkładu, powierzchniową warstwę humusu.
3. Zastosowane transformacji clr w statystycznej interpretacji wyników badań aktywności Cs-137 w roślinach umożliwia porównanie zawartości tego radioizotopu w różnych ich gatunkach. Metoda transformacji wyników pomiarów może stanowić podstawę nowego podejścia w interpretacji wyników badań biomonitoringowych.

W próbkach gleb wykorzystywanych rolniczo oznaczono aktywności Pb-210 i innych radioizotopów [ON.1]. Biorąc pod uwagę kolejność radioizotopów w szeregu uranowo-radowym można było oczekiwać, że stężenie izotopu Pb-210 będzie dobrze powiązane ze stężeniami Bi-214 i Pb-214. Jednak charakter zmiany stężeń tego radioizotopu znacznie odbiega od tego, którego można by oczekiwać. Brak takiego związku sugeruje istnienie innych źródeł Pb-210 w powierzchniowych warstwach gleby niż rozpad promieniotwórczy odpowiednich izotopów macierzystych. Przypuszczenie to potwierdza zależność pomiędzy aktywnościami Pb-210 w próbkach gleby w warstwach w1 (0-15 cm) i w2 (15-30 cm), co przedstawiono na rys. 2.

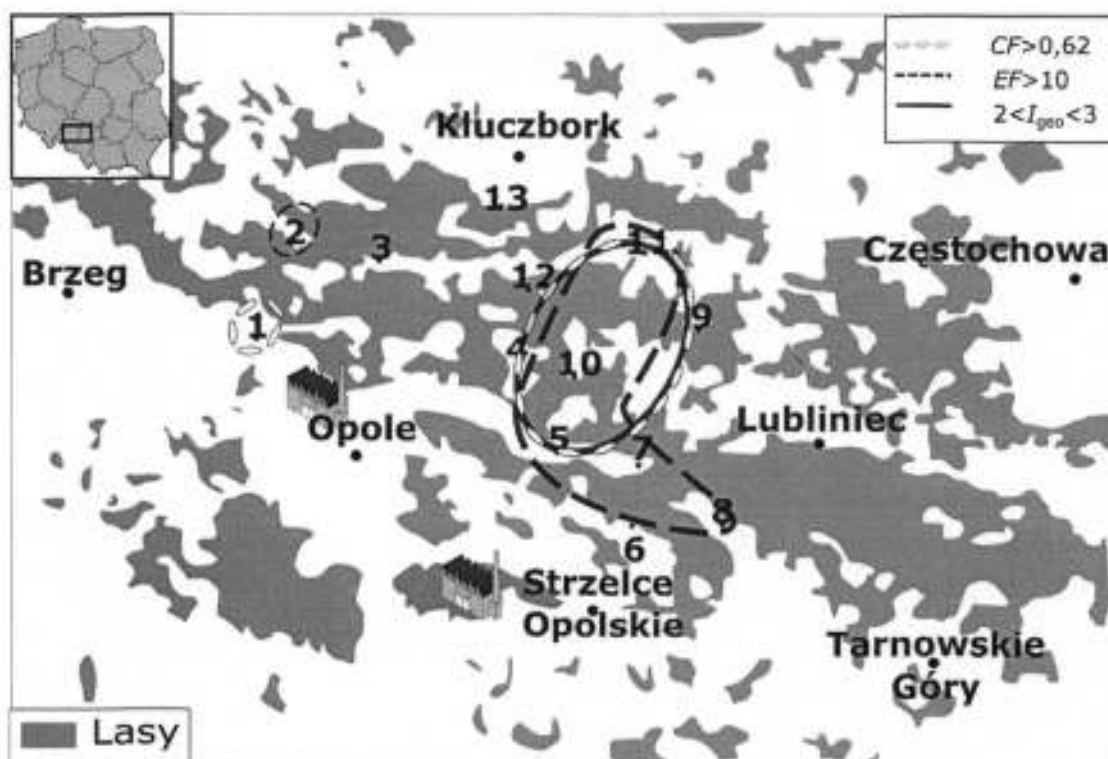


Rys. 2. Zależność pomiędzy aktywnościami Pb-210 w próbkach gleby w warstwach w1 (0-15 cm) i w2 (15-30 cm).

Linia prosta przedstawiona na rysunku wskazuje na równe aktywności radioizotopu w obu warstwach. Położenie punktów pod tą linią wskazuje na wyższą aktywność Pb-210 w warstwie położonej przy samej powierzchni gleby, niż w tej położonej nieco głębiej, co potwierdza obecność nadmiarowego Pb-210. Ponieważ powierzchniowe warstwy gleby ornej są sezonowo mieszane ze sobą, obserwowany charakter zależności wskazuje na bieżącą depozycję tego radionuklidu na badanym obszarze.

Depozycję Pb-210 potwierdziły badania biomonitoringowe przeprowadzone na terenie Borów Stobrawskich, położonych w obrębie Anomalii Opolskiej. Do oceny rozkładu Pb-210 na badanym obszarze zastosowano metodę biomonitoringu pasywnego z wykorzystaniem mchów *Pleurozium schreberi* i porostów *Hypogymnia physodes*. Wyniki zinterpretowano poprzez wyznaczenie współczynników wzbogacenia EF [22-23], współczynników porównawczych CF [24- 25] oraz wskaźników geoakumulacji I_{geo} [26] [ON.3].

Na rys. 3 zaznaczono obszary charakteryzujące się podwyższonymi wartościami obliczonych współczynników, które wskazują na zwiększoną depozycję Pb-210.



Rys. 3. Mapa przedstawiająca miejsca depozycji Pb-210 na obszarze Borów Stobrawskich

Obszar wyróżniony na mapie, charakteryzujący się zwiększoną depozycją Pb-210, pokrywa się z obszarem wyróżnionym pod względem zwiększonej depozycji metali ciężkich Ni, Cd, Cu i Pb [27]. Na przedstawionej mapie zaznaczono lokalizację dwóch cementowni, które mogą być źródłem emisji zarówno Pb-210, jak i metali ciężkich. Minerale i surowce stosowane w przemyśle cementowym zawierają naturalne radionuklidy. Ze względu na wysokie temperatury procesów, w których wytwarza się cement i skalę jego produkcji, należy się liczyć z emisją radionuklidów, m.in. Rn-222, Po-210, czy Pb-210 [3]. Biorąc pod uwagę przewagę wiatrów z kierunku południowo zachodniego taki rozkład Pb-210 na badanym terenie jest uzasadniony.

Analiza zawartości izotopów promieniotwórczych, prezentowana w pracy [ON.4] potwierdziła wpływ rodzaju użytkowania gleb na relacje między stężeniami izotopów gamma promieniotwórczych, a we wszystkich badanych próbkach gleb potwierdziła zwiększone stężenia Pb-210 na ich powierzchni.

Prezentowane wyniki w pracy [ON.2] wskazują, że Pb-210 może być wykorzystany jako znacznik zanieczyszczenia środowiska, a w miejscach z podwyższoną jego aktywnością można spodziewać się innych zanieczyszczeń.

Pb-210, będący pośrednim produktem rozpadu U-238, może przedostać się również do organizmu. Przenikanie tego izotopu może zachodzić dwiema głównymi drogami, wraz ze

spożywaną żywnością oraz wraz z wdychaniem gazowego Rn-222. W związku z powyższym jedzenie i picie zanieczyszczonej żywności oraz oddychanie powietrzem wzbogaconym o Rn-222, może powodować przedostanie się do organizmu dodatkowych izotopów promieniotwórczych, zwiększając tym samym roczną dawkę skuteczną pochodzącą od naturalnych izotopów promieniotwórczych [28, 29]. Wśród produktów żywnościowych największe aktywności Pb-210 znaleziono w organizmach morskich, tj. rybach, małżach, glonach. Roczne wchłonięcia Pb-210 w Polsce na ogół nie odbiega od wchłonięć obserwowanych w innych krajach. Ale np. w Japonii i Portugalii Pb-210 wchłaniany jest w znacznie większych ilościach, co wiąże się z dużym spożyciem artykułów pochodzenia morskiego w tych krajach.

Wnioski:

- 1. Obecny w środowisku Pb-210 stanowi mało znaczący wkład w ogólny poziom radioaktywności i pod tym względem nie stanowi zagrożenia dla środowiska.**
- 2. Naturalnie obecny w glebie Pb-210 jest wzbogacany w wyniku antropopresji o tzw. nadmiarowy Pb-210, emitowany do atmosfery w procesach spalania.**
- 3. Przedstawione wyniki badań wskazują, że Pb-210 może być wykorzystywany jako znacznik depozycji zanieczyszczeń emitowanych ze źródeł spalających paliwa kopalne.**
- 4. Celowym jest wykorzystanie Pb-210 w badaniach biomonitoringowych.**

Rn-222 jest składnikiem szeregu uranowo-radowego. Uwalniany jest naturalnie do powietrza z minerałów zawierających U-238. Rn-222 rozpada się, w wyniku czego powstaje kilka innych izotopów, w tym Pb-210. Naturalna ekshalacja Rn-222 jest zakłócana przez działalność człowieka. Przyczyną tych zakłóceń jest m.in. wydobywanie i spalanie paliw kopalnych. Chociaż stężenia izotopów promieniotwórczych, z których powstaje Rn-222, jest w paliwach niewielkie, to ze względu na duże globalne zużycie tych kopalin wprowadzanie Rn-222 do środowiska jest znaczące.

Rn-222 stosunkowo łatwo przenika (ekshaluje) do powietrza przy powierzchni gruntu. Szacowanie zagrożenia radonowego związanego z tym zjawiskiem jest istotnym składnikiem oceny bezpieczeństwa środowiska człowieka. Ekshalacja Rn-222 jest procesem złożonym, uzależnionym od działania wielu czynników. Czynniki są przede wszystkim określone przez skład gleby oraz bieżące parametry fizykochemiczne środowisk glebowego i atmosferycznego. Ich wpływ na ekshalację Rn-222 jest słabo poznany.

Przeprowadzone badania własne polegały na zmierzeniu aktywności właściwej Rn-222 w powietrzu nad glebą. Dodatkowo oznaczono zawartości radioizotopów w glebie, a także określono wartości parametrów fizykochemicznych powietrza: temperaturę, ciśnienie i wilgotność względną. Na podstawie zgromadzonych wyników pomiarów sformułowano wiele różnych modeli, opisujących zależność aktywności Rn-222 nad powierzchnią gleby. Spośród wszystkich przeanalizowanych, najlepszym okazał się model opisany zależnością [ON.1]:

$$\ln(a_{\text{Rn-222}}) = \beta_0 + \beta_1 \ln a_{\text{Bi-214}} + \beta_2 \ln \left(\frac{w_{\text{am}}}{100 - w_{\text{am}}} \right) + \beta_3 \ln(T) + \beta_4 \ln \left(\frac{w}{100 - w} \right) + \beta_5 \ln(p) \quad (1)$$

Powyższy model uwzględnia aktywność Bi-214 ($a_{\text{Bi-214}}$) w glebie, jej wilgotność (w_{am}) oraz temperaturę (T), a także wilgotność względną (w) i ciśnienie (p) powietrza.

Opis sformułowany tą zależnością spełnia podstawowe założenia modelu liniowego, tj. normalność rozkładu reszt i jednorodność ich wariancji (homoskedastyczność).

W tabeli 1 zebrano wartości parametrów strukturalnych otrzymanego modelu i ich błędy standardowe SE . Różne od zera wartości parametrów strukturalnych wskazują poziomy istotności p nie większe od $1,4 \cdot 10^{-9}$.

Tabela 1. Wartości parametrów strukturalnych b , ich błędy standardowe SE i poziomy istotności p

parametr	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5
wartość	524	-1,157	-1,364	-6,18	-1,59	-72,3
SE	24	0,077	0,049	0,20	0,12	3,5
p	$1,0 \cdot 10^{-12}$	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	$2,2 \cdot 10^{-14}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$1,9 \cdot 10^{-12}$

Współczynnik determinacji tego modelu wyniósł 0,995.

Przy konstrukcji modelu opisującego aktywność Rn-222 w powietrzu nad powierzchnią gleby nie zakładano istnienia żadnych szczególnych mechanizmów wpływających na ekshalację tego gazu. Parametry występujące w modelu dobrano tak, aby formalnie otrzymany opis był jak najlepszy. Zgodność modelu z wynikami doświadczalnymi umożliwia przypisanie przypuszczalnej interpretacji fizykochemicznej otrzymanym parametrom strukturalnym. Wszystkie one są ujemne, co sugeruje spadek zawartości Rn-222 w powietrzu wraz ze wzrostem wartości każdego z parametrów. Spadek zawartości w glebie

Bi-214, będącego produktem rozpadu promieniotwórczego Rn-222, wraz ze wzrostem stężenia radonu w powietrzu daje się łatwo wytłumaczyć. Ułatwione uwalnianie radonu do powietrza powoduje spadek jego zawartości w glebie i tym samym spadek zawartości produktów jego rozpadu. Także wpływ aktualnej wilgotności gleby daje się wyjaśnić. Woda obecna w glebie gromadzi się w wolnych, wypełnionych powietrzem przestrzeniach, ograniczając tym samym liczbę dróg przenikania radonu do powierzchni gleby. Pozostałe parametry opisują stan i skład powietrza w komorze pomiarowej przyrządu pomiarowego. Ponieważ objętość komory jest stała, zmiany parametrów termodynamicznych (T i p) i składu (różne wilgotności) trafiającego do niej powietrza mają wpływ na liczbę atomów radonu ulegających w niej rozpadowi. Opracowany model może być wykorzystany do prognozowania wartości dawki wewnętrznej, wynikającej z pochłoniętego promieniowania alfa.

Biorąc pod uwagę udział różnych źródeł w rocznej całkowitej dawce skutecznej promieniowania jonizującego otrzymywanej przez ludność Polski w 2014 roku to Rn-222 stanowi najważniejsze źródło w tej dawce [1]. Jakkolwiek Rn-222 stanowi znaczące źródło promieniowania, to ze względu na procesy naturalnego uwalniania do atmosfery, nie ma możliwości ich ograniczania. Zagrożeniem dla ludzi jest zagęszczanie Rn-222 w szczelinach i grotach skalnych oraz w niewentylowanych pomieszczeniach piwnicznych, do których wnika wskutek dyfuzji przez ściany budynków.

Wnioski:

1. Aktywność Rn-222 w powietrzu nad powierzchnią gruntu zależy od aktywności Bi-214 w glebie, jej wilgotności oraz temperatury a także wilgotności względnej i ciśnienia powietrza.
2. Otrzymałą zależność można wykorzystać do oceny zagrożenia radonowego oraz do przewidywania zmian zawartości Rn-222 w powietrzu.
3. Badanie aktywności Rn-222 w powietrzu nad powierzchnią gleby może być pomocne w ocenie procesów wymiany gazów pomiędzy glebą i atmosferą.

Relacje pomiędzy stężeniami radioizotopów γ -promieniotwórczych występujących w glebie

Do oceny zależności pomiędzy stężeniami radioizotopów w glebie wykorzystano metody analizy zmiennych złożonych (compositional data).

Wykorzystując macierz współzmienności par zmiennych określono zależności pomiędzy stężeniami radioizotopów γ -promieniotwórczych występujących w glebie [ON.1].

Największe wartości współczynników współzmienności par zmiennych zaobserwowano dla Cs-137. Brak proporcjonalności zawartości tego radioizotopu do zawartości pozostałych sugeruje niezależne źródła ich pochodzenia i niezwiązane ze sobą mechanizmy przemieszczania się w środowisku. Można przypuszczać, że na zmienność stężeń badanych radioizotopów wpływają odmienne czynniki.

Wykonano oznaczenia aktywności radioizotopów w powierzchniowych warstwach gleby. Warstwa w1 obejmowała obszar od powierzchni gleby do głębokości 15 cm, a warstwa w2 rozciągała się od głębokości 15 cm do 30 cm. W tabeli 2 przedstawiono wartości elementów macierzy współzmienności par zmiennych, obliczonych na podstawie stężeń izotopów w tych warstwach. Wyniki obliczeń otrzymanych dla warstwy w1 znajdują się poniżej przekątnej tabeli (złożonej z 0,00), a wyniki otrzymane dla w2 znajdują się powyżej przekątnej.

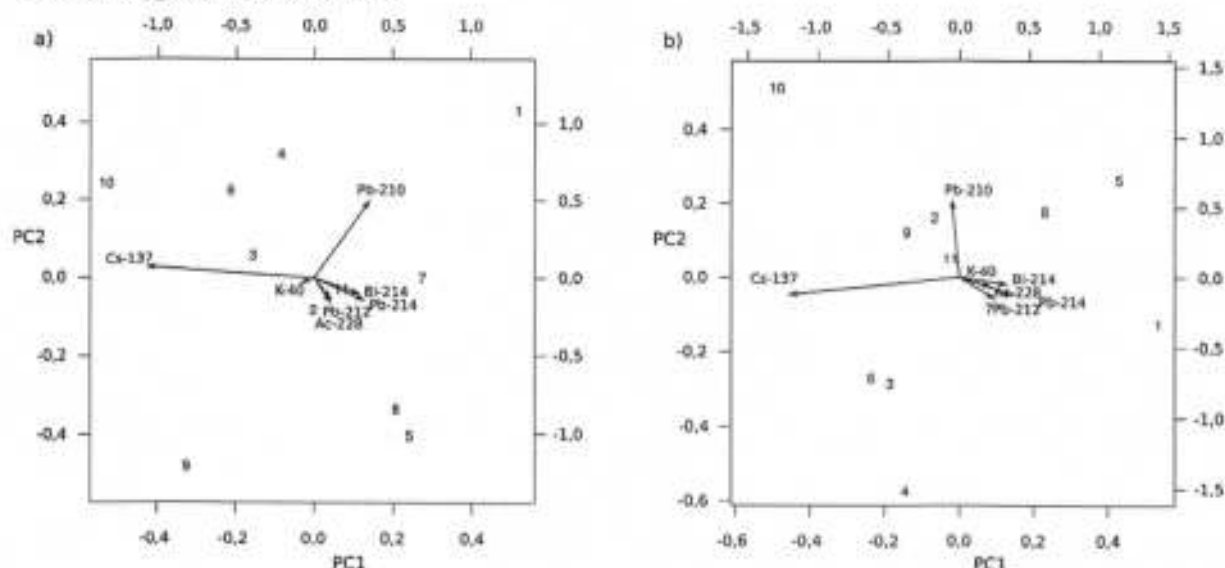
Tabela 2. Wartości współczynnika współzmienności par zmiennych w warstwach w1 (poniżej przekątnej tabeli) i w2 (powyżej przekątnej tabeli)

h	w2						
	K-40	Cs-137	Bi-214	Pb-214	Pb-210	Pb-212	Ac-228
K-40	0,00	0,25	0,03	0,03	0,06	0,03	0,02
Cs-137	0,15	0,00	0,34	0,35	0,25	0,30	0,29
Bi-214	0,03	0,27	0,00	0,00	0,07	0,01	0,01
Pb-214	0,03	0,28	0,00	0,00	0,09	0,01	0,00
Pb-210	0,08	0,31	0,05	0,06	0,00	0,08	0,06
Pb-212	0,02	0,20	0,01	0,01	0,07	0,00	0,00
Ac-228	0,03	0,20	0,01	0,01	0,07	0,00	0,00
	w1						

Małe wartości współczynnika współzmienności par zmiennych sugerują proporcjonalność stężeń radioizotopów. Analiza wyników wykazała proporcjonalność zawartości radioizotopów należących do tych samych szeregów promieniotwórczych. Zauważono bardzo silnie określoną proporcjonalność stężeń Bi-214 i Pb-214. Są to krótko żyjące izotopy, sąsiadujące ze sobą w szeregu radowym. Jak wspomniano, powiązanie ich stężeń z zawartością dłużej żyjącego Pb-210 jest już słabiej określone.

Do zbadania zależności pomiędzy stężeniami radioizotopów wykorzystano także analizę głównych składowych (PCA), zastosowaną do zmiennych przekształconych transformacją clr [30]. Na rys. 4 pokazano strukturę 2 pierwszych głównych składowych oraz

położenia punktów o transformowanych współrzędnych, rzutowanych na płaszczyznę utworzoną przez te składowe.



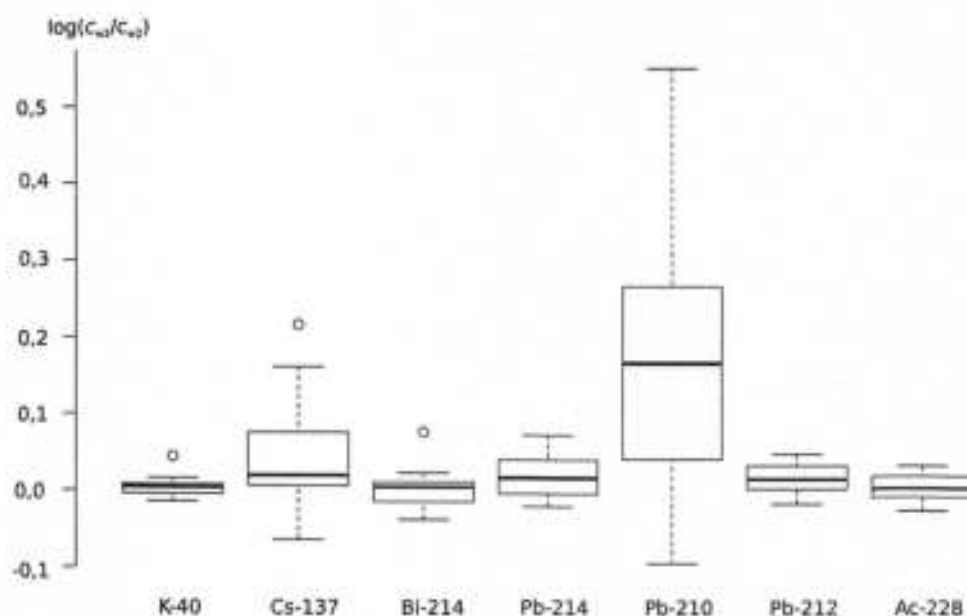
Rys. 4. Struktura 2 pierwszych głównych składowych oraz wyniki rzutowane na płaszczyznę utworzoną przez te składowe. Wykres z lewej strony a) obrazuje wyniki otrzymane w warstwie w1, a wykres z prawej strony b) ilustruje zależności w warstwie w2.

W obu warstwach (w1 i w2) można zauważyć istotne powiązanie stężeń większości radioizotopów. Jest ono widoczne zwłaszcza dla izotopów z tych samych szeregów promieniotwórczych. Wyjątkami są Cs-137 i Pb-210.

Jak wspomniano, źródłem Cs-137 jest przede wszystkim depozycja z atmosfery po awarii w Czarnobylu w 1986 r., a źródłem Pb-210 jest zarówno rozpad krótkożyciowych izotopów macierzystych w szeregu uranowo-radowym, jak i działalność człowieka, m.in. spalanie paliw kopalnych. W związku z powyższym stężenie Pb-210 ma dwie składowe: autogeniczną oraz allogeniczną. Składowa autogeniczna jest ściśle związana z izotopem Ra-226, natomiast składowa allogeniczna związana jest z tzw. Pb nadmiarowym.

Za pomocą metody klastrowych rozmytych oceniono podobieństwa składu próbek gleby zebranych w różnych miejscach [ON.1]. W opisie składu próbek wyróżniono 3 typy klastrow. Do interpretacji wyników wykorzystano macierz FC, co pozwoliło na ocenę wpływu poszczególnych składników na formowanie klastra. Ta metoda interpretacji nie była wcześniej opisana w literaturze.

Na rys. 5 przedstawiono wykresy pudełkowe stosunków stężeń oznaczonych radioizotopów w rozpatrywanych warstwach gleby w1 i w2.



Rys. 5. Logarytmy ilorazów stężeń radioizotopów w warstwach w1 i w2 [ON.1]

Wyniki przedstawione na wykresie wskazują na zwiększoną zmienność stężeń Cs-137 i Pb-210 w porównaniu do innych radioizotopów, co z kolei wskazuje na znaczne różnice zawartości tych izotopów w warstwach gleby.

Korzystając ze składu radioizotopowego próbek gleby, obliczono dawkę pochłoniętą promieniowania gamma na badanych obszarach [ON.1, ON.10]. Wykazano znaczne jej zróżnicowanie, pomimo stosunkowo niewielkich rozmiarów tych obszarów. Stwierdzono, że na zmierzoną wartość mocy dawki promieniowania gamma składa się przede wszystkim promieniowanie naturalnych radionuklidów obecnych w środowisku. Decydujący udział w rocznej dawce pochłoniętej ma promieniowanie radionuklidów znajdujących się w powierzchniowych warstwach gleby. Radionuklidy naturalne szeregów uranowo-radowego i torowego oraz K-40 rozmieszczone są w glebie w sposób w przybliżeniu jednorodny, niezależnie od głębokości. Ich stężenie zależy przede wszystkim od lokalnych warunków geologicznych. Różnice w rocznej dawce efektywnej mogą być również spowodowane różnicami w ekshalacji radonu z gleby, na co wpływają jej właściwości fizykochemiczne, a także warunki atmosferyczne.

Pomiary zagrożenia radiologicznego zostały wykonane również na terenie Górnego Śląska, gdzie eksploatacja złóż węgla kamiennego związana jest z produkcją dużych ilości odpadów składowanych na zwałowiskach [ON.9]. Stwierdzono, że na obszarze zwałowisk występuje podwyższony poziom promieniowania w porównaniu do średniej rejestrowanej na obszarze kraju, jednak nie występują przekroczenia norm ustanowionych przez

Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego.

Ważnym wnioskiem wyciągniętym z niniejszej pracy, biorąc pod uwagę aspekty praktyczne, jest możliwość określenia dawki promieniowania na podstawie badań aktywności nuklidów promieniotwórczych w warunkach laboratoryjnych z wykorzystaniem teoretycznych współczynników konwersji. Badania takie są korzystniejsze, ze względu na możliwość porównania wielu różnych wyników badań przeprowadzonych na różnych terenach, na podstawie zmierzonych aktywności oraz ich konwersji do różnego rodzaju określonych ekwiwalentów czy też współczynników. Obliczenia takie znalazły potwierdzenie w wielu pracach badawczych prowadzonych na całym świecie i charakteryzowały się niskimi współczynnikami błędów w odniesieniu do badań przeprowadzonych w terenie.

Wnioski:

- 1. Brak równowagi pomiędzy radioizotopami będącymi ogniwami szeregu rozpadu promieniotwórczego wskazuje na zachodzenie procesów zwiększających lub zmniejszających ich zawartość w środowisku.**
- 2. Skład radioizotopowy próbek gleby zmienia się istotnie, nawet jeżeli próbki zostały zebrane z nieodległych od siebie miejsc, na co wpływ mają lokalne warunki geologiczne a także antropopresja powodująca wzbogacanie środowiska przyrodniczego radioizotopami.**

PODSUMOWANIE WYNIKÓW ZAMIESZCZONYCH W PRACACH WCHODZĄCYCH W SKŁAD JEDNOTEMATYCZNEGO CYKLU PUBLIKACJI

Najważniejsze osiągnięcia oraz wkład mojej pracy badawczej, przedstawionej w omawianym cyklu publikacji są następujące:

- wykazałam, że Pb-210 może być dobrym wskaźnikiem depozycji atmosferycznej, dzięki czemu można go stosować do oceny rozkładu zanieczyszczeń na danym obszarze;
- wykazałam, że celowe jest wykorzystanie Pb-210 w badaniach biomonitoringowych;
- zastosowana transformacja clr w statystycznej interpretacji wyników badań aktywności Cs-137 w roślinach umożliwia porównanie zawartości tego radioizotopu w różnych ich gatunkach. Metoda transformacji wyników pomiarów może stanowić podstawę nowego podejścia w interpretacji wyników badań biomonitoringowych;
- stwierdziłam, że zmniejszanie aktywności Cs-137 na terenach leśnych i nieużytkach wynika głównie z rozpadu promieniotwórczego tego radionuklidu;
- wykazałam, że aktywność Rn-222 w powietrzu nad powierzchnią gruntu zależy od aktywności Bi-214 w glebie, jej wilgotności oraz temperatury a także wilgotności względnej i ciśnienia powietrza. Opracowany model opisujący zależność aktywności Rn-222 nad powierzchnią gleby może być wykorzystany do prognozowania wartości dawki wewnętrznej, wynikającej z pochłoniętego promieniowania alfa;
- w analizie wyników pomiarów, relacje pomiędzy zawartościami radioizotopów były analizowane po przeliczeniu aktywności promieniotwórczych na stężenia masowe. Pozwoliło to na zastosowanie metod analizy zmiennych złożonych do eksploracji otrzymanych wyników;
- do interpretacji wyników za pomocą analizy klastrów rozmytych wykorzystałam macierz FC, co pozwoliło na ocenę wpływu poszczególnych składników na formowanie klastra. Metoda ta nie była wcześniej stosowana do interpretacji wyników badań.

Opisane wyniki badań mają znaczenie dla poznania mechanizmów migracji izotopów promieniotwórczych w środowisku. Także wykorzystanie nowych, zaawansowanych metod obliczeniowych, potwierdziło możliwość wykorzystania izotopów promieniotwórczych jako znaczników rozprzestrzeniania zanieczyszczeń w różnych matrycach środowiskowych.

Zaproponowane metody statystyczne mogą być dostosowane do badania różnego rodzaju problemów środowiskowych, związanych m.in. z transportem zanieczyszczeń, oceną stanu ekologicznego obszarów użytkowanych w różny sposób, czy monitorowaniem stanu środowiska.

Wyniki badań umożliwią dokładniejszą ocenę kierunków i mechanizmów migracji materiałów zawierających izotopy promieniotwórcze w środowisku. Dotyczy to m.in. zanieczyszczeń przemysłowych, ale także może pomóc w ocenie szybkości przemieszczania się różnych pyłów w atmosferze i skali zachodzących procesów eolicznych. Wyniki tych badań mogą mieć także znaczenie w radiobiomonitoringu środowiska naturalnego, w ocenie biodostępności izotopów promieniotwórczych, w ocenie źródeł i kierunków migracji szkodliwych substancji w środowisku, w szacowaniu zagrożeń ze strony substancji promieniotwórczych, a także w opracowaniu metod remediacji skażonych terenów.

Literatura

- [1] Państwowa Agencja Atomistyki. Raport roczny: działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2014 roku. Państwowa Agencja Atomistyki. Warszawa 2015.
- [2] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Raport o stanie środowiska w Polsce 2008. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa 2010.
- [3] Bem H.: Radioaktywność w środowisku naturalnym. PAN, Łódź 2005.
- [4] Abe T., Kosako T., Komura K.: *Relationship between variations of ^7Be , ^{210}Pb and ^{212}Pb concentrations and sub-regional atmospheric transport: Simultaneous observation at distant locations*. J. Environ. Radioact. 2010, **101**(2), 113–121.
- [5] AMAP Assessment 2002: Radioactivity in the Arctic, Oslo 2004.
- [6] Michalik B., Brown J., Krajewski P.: *The fate and behaviour of enhanced natural radioactivity with respect to environmental protection*. Environ. Impact Assess. Rev. 2013, **38**, 163–171.
- [7] Ziembik Z., Dołhańczuk-Śródka A., Waclawek M.: *Multiple regression model application for assessment of soil properties influence on ^{137}Cs accumulation in forest soils*. Water Air Soil Pollut. 2009, **198**(1-4), 219–232.
- [8] Dołhańczuk-Śródka A., Waclawek M.: *Translokacja cezu-137 w środowisku*. Ecol. Chem. Eng. 2007, **14**(S2), 147–168.
- [9] Dołhańczuk-Śródka A., Majcherczyk T., Ziembik Z., Smuda M., Waclawek M.: *Spatial ^{137}Cs distribution in forest soil*, Nukleonika 2006, **51**(Suppl. 2), 69–79.
- [10] Kłos A., Rajfur M., Czora M., Waclawek M.: *Mechanisms for translocation of heavy metals from soil to epigeal mosses*. Water Air Soil Pollut. 2012, **223**, 1829–1836.
- [11] Kłos A., Rajfur M., Waclawek M., Waclawek W.: *^{137}Cs transfer from local particulate matter to lichens and mosses*. Nukleonika. 2009, **54**, 297–300.
- [12] Nifontova M.: *Radionuclides in the moss-lichen cover of tundra communities in the Yamal Peninsula*. Sci. Total Environ. 1995, **160**(161), 749–752.
- [13] Nifontova M. G.: *Long-term dynamics of technogenic radionuclide concentrations in moss-lichen cover*. Russ J Ecol. 2006, **37**, 247–250.
- [14] Tagami K., Uchida S., Ishii N., Kagiya S.: *Translocation of radiocesium from stems and leaves of plants and the effect on radiocesium concentrations in newly emerged plant tissues*. J. Environ. Radioact. 2012, **111**, 65–69.
- [15] Lukšienė B., Marčiulionienė D., Gudeliene I., Schönhofner F.: *Accumulation and transfer of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the plants of the forest ecosystem near the Ignalina Nuclear Power Plant*. J. Environ. Radioact. 2013, **116**, 1–9.
- [16] Čučulović A., Čučulović R., Cvetić Antić T., Veselinović D.: *Mosses as biomonitors for radioactivity following the chernobyl accident*. Arch. Biol. Sci., Belgrade. 2011, **63**(4), 1117–1125.
- [17] Sawidis T., Tsigaridas K., Tsikritzis L.: *Cesium-137 monitoring using lichens from W. Macedonia, N. Greece*. Ecotoxicol Environ Saf. 2010, **73**(7), 1789–1796. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2010.07.011.
- [18] Ramzaev V., Barkovsky A., Gromov A., Ivanov S., Kaduka M.: *Epiphytic fruticose lichens as biomonitors for retrospective evaluation of the $(^{134}\text{Cs})/(^{137}\text{Cs})$ ratio in Fukushima fallout*. J Environ Radioact. 2014, **138**, 177–1785. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2014.09.001.
- [19] Aitchison J. The Statistical Analysis of Compositional Data. Caldwell, New Jersey. The Blackburn Press. 2003.

- [20] Pawlowsky-Glahn V., Buccianti A., red. *Compositional Data Analysis. Theory and Applications*. United Kingdom. John Wiley & Sons, Ltd. 2011.
- [21] Dołhańczuk-Śródka A., Ziembik Z., Kříž J., Hyšplerová L., Waclawek M.: *Estimation of committed gamma radiation dose rate and investigation of relationships between alkaline metals content in mushroom Xerocomus badius*. Ecol. Chem. Eng. S. 2012, **19**(4), 649-664.
- [22] Prudêncio ML.: *Biogeochemistry of trace and major elements in a surface environment (volcanic rock, soil, mosses, lichens) in the S. Miguel Island, Azores, Portugal*. J Radioanalytic Nuclear Chem. 2007, **271**, 431-437. DOI: 10.1007/s10967-007-0227-9.
- [23] Popovic D, Todorovic D, Frontasyeva M, Ajtic J, Tasic M, Rajsic S. *Radionuclides and heavy metals in Borovac, Southern Serbia*. Environ Sci Pollut Res. 2008, **15**, 509-520. DOI: 10.1007/s11356-008-0003-6.
- [24] Klos A., Rajfur M., Waclawek M., Waclawek W., Wünschmann S., Markert B.: *Quantitative relations between different concentrations of micro- and macroelements in mosses and lichens: the region of Opole (Poland) as an environmental interface in between Eastern and Western Europe*. Int. J. Environ. Health. 2010, **4**(2/3), 98-119.
- [25] Klos A., Rajfur M., Šrámek I., Waclawek M.: *Use of Lichen and Moss in Assessment of Forest Contamination with Heavy Metals in Praded and Glacensis Euroregions (Poland and Czech Republic)*. Water Air Soil Pollut. 2011, **222**, 367-376.
- [26] Al-Haidarey MJS, Hassan FM, Al-Kubaisey ARA, Douabul AAZ. *The geoaccumulation Index of Some Heavy Metals in Al-Hawizeh Marsh. Iraq*. E-J Chem. 2010, **7**, 157-162.
- [27] Klos A. *Porosty w biomonitoringu środowiska*. Opole: Opole University, Studia i Monografie; 2009.
- [28] Momoshima N., Song Li-X., Osaki S., Maeda Y.: *Biologically induced polonium emission from fresh water*. J. Environ. Radioact. 2002, **63**, 187-197.
- [29] Martin P., Ryan B.: *Natural-series radionuclides in traditional aboriginal foods in tropical northern Australia*. Science World J. 2004, **4**, 77-95.
- [30] Aitchison J., Greenacre M.: *Biplots of Compositional Data*. J R Stat Soc: Series C (Appl Stat). 2002, **51**(4), 375-92.

C. OMÓWIENIE POZOSTAŁYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWO-BADAWCZYCH

W 1999 roku, rok po uzyskaniu tytułu magistra chemii, podjęłam pracę w Uniwersytecie Opolskim, gdzie prowadziłam badania czynników wpływających na pionową i poziomą translokację Cs-137 w glebach leśnych.

Moją rozprawę doktorską, w zakresie inżynierii środowiska, uzyskałam na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej w 2007 r. Promotorem mojej rozprawy doktorskiej pt.: *Badanie migracji cezu-137 w środowisku leśnym* była Pani Prof. dr hab. inż. Maria Ząbkowska-Wacławek. Recenzentami pracy byli Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski i Prof. dr hab. inż. Roman Zarzycki.

Wyniki badań prowadzonych w tym okresie opublikowałam w 3 rozdziałach w monografii, 3 artykułach z listy filadelfijskiej i w 19 czasopismach o zasięgu krajowym i międzynarodowym.

W publikacjach z tego okresu zaprezentowałam wyniki badań dotyczących głównie analizy czynników wpływających na pionową i poziomą translokację Cs-137 w glebach leśnych na obszarach Anomalii Opolskiej, w ujęciu profilowym. Do interpretacji wyników badań pionowej migracji Cs-137 w glebie wykorzystałam modele matematyczne: konwekcyjno-dyspersyjny oraz przedziałowy.

Sumaryczny *impact factor* publikacji będących na liście filadelfijskiej, a opublikowanych do roku 2007 wynosi 1,255 według wartości *IF* z daty publikacji, natomiast zgodnie z kryteriami MNiSW, dorobek ten wynosi łącznie 104 punkty.

Od 2007 r., po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, jestem zatrudniona na etacie adiunkta w Katedrze Biotechnologii i Biologii Molekularnej Uniwersytetu Opolskiego.

Artykuły, które zostały opublikowane po roku 2007, a nie weszły w skład jednotematycznego cyklu publikacji to dorobek, w którym zamieszczone wyniki badań są efektem, m.in. współpracy polsko-czeskiej, współpracy ze szkołami, a także wspólnych badań prowadzonych ze studentami i doktorantami. Dorobek ten potwierdza wnioski wyciągnięte w jednotematycznym cyklu publikacji.

Prowadzono badania w ramach współpracy polsko-czeskiej, które dotyczyły głównie akumulacji radioaktywnego Cs-137 w środowisku leśnym. Obszar badań w większości pokrywał się z obszarem tzw. Anomalii Opolskiej.

Rozkład geograficzny aktywności powierzchniowej Cs-137 w glebie pokazuje, że skażenia tym radionuklidem były i są nierównomierne na badanym terenie. Wynika to zarówno ze skomplikowanych dróg przenoszenia się mas skażonego powietrza oraz występowania w końcu kwietnia i na początku maja 1986 r. lokalnych opadów deszczu, przy czym zależy także od miejsca pomiaru m.in. od rodzaju (formy geologicznej) gleby. Przyczyną różnej aktywności Cs-137 w glebie, mierzonej na obszarze kilku metrów kwadratowych, przy tych samych warunkach glebowych, może być także translokacja tego radionuklidu wywołana przez roślinność porastającą lasy, czego przykładem jest silna kumulacja radiocezu przez owocniki grzybów.

Wnioski z tych badań zostały przedstawione w publikacjach:

1. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M., Hyšplerová L.: *Badanie aktywności radiocezu na obszarze transgranicznym polsko-czeskim*, monografia wydana w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Inicjatywy Wspólnotowej INTERREG IIIA Czechy-Polska, TChIE, Opole 2007.
2. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M., Hyšplerová L.: *Badanie aktywności radiocezu na obszarze transgranicznym polsko-czeskim*, Proc. XVI Central European Conference ECoPol'07 (18-20.10.2007, Jamrozowa Polana), Opole 2007:113-118.
3. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Majcherczyk T., Waclawek M., Hyšplerová L.: Akumulacja radionuklidów w próbkach porostów, mchów i gleby pobranych na obszarze Euroregionów Praded i Glacenzis, rozdział w: *Biomonitoring na obszarze transgranicznym polsko-czeskim*, Kłos A. i Waclawek M. (red.), Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole 2010, 45-54.
4. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M., Hyšplerová L.: *Transfer of cesium-137 from forest soil to moss Pleurozium schreberi*, Ecol. Chem. Eng. S, 2011, 18(4), 509-516.
5. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Kříž J., Hyšplerová L., Waclawek M.: *Estimation of radioactivity dose rate absorbed with ingested mushrooms and related health risk*, Proc. ECoPol, 2012, 6(2), 499-503.
6. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Kříž J., Hyšplerová L., Waclawek M.: *Estimation of committed gamma radiation dose rate and investigation of relationships between alkaline metals content in mushroom Xerocomus badius*, Ecol. Chem. Eng. S, 2012, 19(4), 649-664.

Analizowano dane pomiarowe opisujące aktywności Cs-137, Pu-239,240 w próbkach profili glebowych.

W poziomie butwinowym Of stwierdzono brak związku pomiędzy parametrami fizykochemicznymi i względną aktywnością Cs-137, dlatego też w celu uzyskania większej ilości informacji o relacjach między zmiennymi, za pomocą analizy wiązkowej zbadano tendencje formowania grup punktów reprezentujących wartości mierzonych parametrów.

Chociaż zaobserwowano istnienie pewnych zależności pomiędzy niektórymi parametrami fizykochemicznymi, to jednak żaden z nich nie był istotnie powiązany ze względną aktywnością Cs-137.

W poziomach genetycznych gleb leśnych dokonano również oznaczeń naturalnych izotopów promieniotwórczych, w których zauważono dość dobre powiązanie izotopów występujących w tych samych szeregach promieniotwórczych. Największe odchylenia od równowagi promieniotwórczej zaobserwowano w szeregu aktywnym.

W badanych próbkach gleby oznaczono również aktywność właściwą Pu-239,240. Stwierdzono, że aktywność Cs-137 jest ok. 1000 razy większa niż aktywność Pu-239,240. Największe aktywności tych izotopów odnotowano w wierzchnich warstwach gleby. Wykazano dobrą korelację pomiędzy aktywnościami Pu-239,240 i Cs-137. Nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością materii organicznej a zawartością ww. izotopów.

Wyniki badań zostały opublikowane w artykułach:

1. **Dołhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M.: *Wpływ parametrów fizykochemicznych gleby leśnej na akumulację ceszu-137*, [w:] Sporek K. (red.): *Zagrożenia biotopów przekształconych przez człowieka*, 201-211, Wyd. i Druk. Św. Krzyża, Uniwersytet Opolski, Opole 2009.
2. Ziembik Z., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M.: *Multiple regression model application for assessment of soil properties influence on ¹³⁷Cs accumulation in forest soils*, Water, Air, Soil Pollut., 2009, **198**(1-4), 219-232.
3. Ziembik Z., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M.: *Assessment of the influence of soil properties on ¹³⁷Cs accumulation in Of horizon in forest soils*, Nukleonika, 2010, **55**(2), 205-212.
4. Ziembik Z., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M.: *Investigation of natural radioisotopes activities in forest soil horizons*, Nukleonika, 2010, **55**(4), 559-564.
5. Ziembik Z., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Komosa A., Orzeł J., Waclawek M.: *Assessment of ¹³⁷Cs and ^{239,240}Pu Distribution in Forest Soils of the Opole Anomaly*, Water, Air, Soil Pollut., 2010, **206**, 307-320.

Pilotażowe wyniki pomiarów aktywności właściwej naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych w glebie, uzyskane w ramach grantu, którego byłam kierownikiem, wykorzystano do szacowania skali przemieszczania się materii na obszarze byłej cementowni. Podczas badań stwierdzono, że izotopy szeregu uranowo-radowego i torowego znajdowały się w stanie zbliżonym do równowagowego. Uzyskane wyniki sugerują ograniczone przemieszczanie się materii na obszarze byłej cementowni. Zarówno depozycja, jak i wymywanie/lugowanie materii na badanym obszarze jest ograniczone.

Wyniki i wnioski z tych badań zostały opublikowane w pracach:

1. Ziembik Z., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Kusza G.: *Preliminary results of studies on radioisotopes activity concentrations in vicinity of cement works*, Proc. EOPole, 2012, 6(2), 559-563.
2. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Kusza G.: *Estimation of mass relocation intensity in vicinity of the former cement works*. Proc. EOPole 2014, 8(2), 377- 383.

Podczas prowadzonych badań skupiono się również na przenikaniu izotopów promieniotwórczych do roślin. Wykonano szereg pomiarów aktywności izotopów promieniotwórczych m.in. w mchach (*Pleurozium schreberi*), które z uwagi na swoje właściwości chętnie wykorzystywane są w biomonitoringu środowiska. W mchach badane były m.in. zależności pomiędzy zawartościami naturalnych i sztucznych radioizotopów. Analiza otrzymanych wyników wykazała brak równowagi promieniotwórczej pomiędzy izotopami pochodzącymi z tego samego szeregu promieniotwórczego, a także brak wzajemnych zależności pomiędzy stężeniami badanych radionuklidów.

Prowadzono również badania dotyczące wpływu potasu na przechodzenie Cs-137 z gleby do roślin.

Badania te zostały szczegółowo omówione w publikacjach:

1. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M.: *Translokacja cezu-137 w środowisku*, Ecol. Chem. Eng., 2007, 14(S2):147-168.
2. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M.: *Transfer of Cs-137 from forest soil to moss Pleurozium Schreberi*, Proceedings of 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, Gdańsk, 2010, 712-715.
3. Ziembik Z., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Majcherczyk T., Waclawek M.: *Illustration of constrained composition statistical methods in the interpretation of radionuclide concentrations in the moss Pleurozium schreberi*, JER 2013, 117, 13-18.
4. Godyń P., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Moliszewska E.: *Influence of K on the transport of Cs-137 in soil-plant root and root-leaf systems in sugar beet*, J Radioanal Nucl Chem, 2015, Online: 01.07.2015. DOI 10.1007/s10967-015-4270-7
5. Moliszewska E., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Maculewicz D., Nagrodzka K.: *Bioaccumulative and bioindicative role of fungi in the environment*, Proc. EOPole, 2015, 9(1), 115-123.

W warunkach laboratoryjnych badano procesy desorpcji radiocezu z gleby (w układzie gleba-roztwór) w obecności selektywnego jonitu Purolite NRW-160-Li7. Jednocześnie prowadzono badania w układzie odniesienia, który był analogiczny, lecz bez jonitu. Wykazano, że obecność selektywnego jonitu miała znaczący wpływ na proces ustalania się równowagi jonowymiennej radiocezu w układzie gleba-roztwór. Eksperyment

dowiodł, że w układzie pomiarowym (w obecności jonitu) z gleby desorbowało znacznie więcej jonów radiocezu niż w analogicznym układzie odniesienia (bez jonitu). Stwierdzono korelujące ze sobą zmiany aktywności radionuklidu w poszczególnych etapach procesu desorpcji radiocezu z gleby i procesu jego sorpcji w jonicie.

Wyniki przeprowadzonych badań zostały opublikowane w artykule:

1. Majcherczyk T., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M., Waclawek W.: *Badanie mobilności radiocezu w glebowym kompleksie sorpcyjnym*, Proc. of ECOpole, Opole 2008, 221-225.

Badania izotopów promieniotwórczych prowadziłam również przy współudziale magistrantów i doktorantów, nad którymi sprawowałam opiekę naukową.

Prace badawcze zostały uzupełnione publikacjami dotyczącymi metod biologicznej remediacji, testowanych w terenie oraz w warunkach laboratoryjnych, w celu oczyszczenia wód i gleby skażonej radioaktywnym Cs-137. Przedstawiono również problematykę promieniotwórczości w środowisku, a także zaprezentowano przykłady wykorzystania izotopów promieniotwórczych używanych w badaniach środowiskowych.

Opisano również ocenę sytuacji radiologicznej w Polsce po awarii elektrowni jądrowej w Fukushima.

Wyżej wymienione zagadnienia opublikowano w pracach:

1. Miedziński D., Godyń P., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik A.: *Radionuklidy jako indykatory environmentálních procesu*, w Propagowanie badań jakości środowiska na transgranicznym obszarze polsko-czeskim, red. Maria Waclawek, Andrzej Kłos, Agencja Handlowo-Reklamowa BASNET, Opole 2014, ISBN 978-83-916958-5-2.
2. Modzelewska D., Wosińska M., **Dolhańczuk-Śródka A.**: *Metody biologické remediacie životního prostředí znečištěného cesiem ¹³⁷Cs po havárii v jaderné elektrárně v Černobylu*, w Propagowanie badań jakości środowiska na transgranicznym obszarze polsko-czeskim, red. Maria Waclawek, Andrzej Kłos, Agencja Handlowo-Reklamowa BASNET, Opole 2014, ISBN 978-83-916958-5-2.
3. Godyń P., Zielińska M., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z. and Majcherczyk T.: *Study of the Excessive Pb-210 Content in Soil*, Ecol. Chem. Eng. A, 2013, **20**(11), 1317-1325.
4. Wróbel Ł., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Kłos A., Waclawek M.: *Promieniowanie gamma na wybranych zwałowiskach kopalnianych Górnego Śląska*, Proc. ECOpole, 2012, **6**(2), 799-803.
5. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M.: *Ocena sytuacji radiologicznej w Polsce po awarii elektrowni jądrowej w Fukushima*, Proc. ECOpole, 2011, **5**(2), 519-524.

Naukowo-dydaktyczny charakter miały również publikacje dotyczące aktywności izotopu Rn-222. Badania prowadzono zarówno we współpracy z nauczycielem i uczniami z Gimnazjum w Strzeleckach, a także ze studentami i doktorantami, nad którymi sprawuję opiekę naukową. W ramach wykonywanych pomiarów oceniano aktywność Rn-222, w pomieszczeniach mieszkalnych oraz budynkach użyteczności publicznej.

Badania te zostały szczegółowo opisane w publikacjach:

1. **Dolhańczuk-Śródka A.**: *Edukacyjne projekty radonowe*, rozdział w: *Materiałach II Ekologicznej Konferencji: Forum Uczniowskie'09*, Kłos A. i Waclawek M. (red.), Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole 2010, str. 11-15.
2. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Waclawek M.: *Indoor activity of ^{222}Rn in different of rooms in domestic dwellings*, rozdział w: *Management of Indoor Air Quality*, Dudzińska M.R. (red), Taylor&Francis Group, London 2011, 39-44.
3. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Chalecka E. Waclawek M.: *Seasonal changes in ^{222}Rn activity in apartment rooms*, *Ecol. Chem. Eng. S* 2008, **15**(1), 61-68.
4. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Majcherczyk T. i Waclawek M.: *Influence of year season and room type on indoor ^{222}Rn activity*, *Proc. ECOpole*, 2010, **4**(2), 249-252.
5. Godyń P., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z., Kłos A.: *Measurements of ^{222}Rn activity in the buildings of the Opole University*, *Proc. ECOpole* 2013, **7**(2), 479-484, DOI: 10.2429/proc.2013.7(2)062.
6. Modzelewska D., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Ziembik Z.: *Issues of radon (Rn-222) exhalation measurements*. *Proc. ECOpole* 2014, **8**(2):409-415.
7. Narolska J., Piątek M., **Dolhańczuk-Śródka A.** *Activity concentration of radon-222 in the buildings of the Opole University*. *Proc. ECOpole* 2014, **8**(2), 423- 427.

Charakter dydaktyczny mają publikacje opisujące podnoszenie poziomu świadomości ekologicznej u dzieci i młodzieży, poprzez wyrabianie u nich odpowiednich nawyków, powstałe w ramach przedsięwzięcia: *Szkoła ucząca racjonalnego gospodarowania energią*, a także opisujące innowacje w badaniach fizycznych i technicznych w ramach współpracy polsko-czeskiej.

1. Gawdzik A., **Dolhańczuk-Śródka A.**: *Jak skuteczniej wykorzystać edukację szkolną do „wyrabiania” u dzieci odpowiednich nawyków*, Rozdział w *Poradniku dla nauczycieli pt. „Racjonalne gospodarowanie energią”*, Krajowe Stowarzyszenie Pomozy Szkole, Warszawa 2013, str. 12-18.
2. Gawdzik A., **Dolhańczuk-Śródka A.**: *Обратная связь основных процессов обучения*, *MATERIALS II International Scientific Conference "Social policy: concepts, technologies and prospects"*, Kyiv, April 18-19, 2013, str. 8-11.
3. Kříž J., Hyšplerová L., Trnková L., Lyčka A., Vybíral B., Hlúbik J., Ziembik Z., **Dolhańczuk-Śródka A.**, Waclawek M.: *Innovation in study of physical and technical measurements. Czech-Polish cooperation of universities*. *Chem. Didact. Ecol. Metrol.* 2014, **19**(1-2), 37-45.

W ramach grantu, którego jestem wykonawcą, opublikowano wstępne wyniki pomiarów, dotyczące badań biomonitoringowych wybranych ekosystemów w Polsce oraz na Spitsbergenie.

Zebrane wyniki badań wskazują na poprawę jakości środowiska na badanych obszarach. Przyjmując badany obszar Spitsbergenu, jako obszar odniesienia, można stwierdzić, że zanieczyszczenie metalami ciężkimi wybranych terenów na obszarze Polski w obecnym czasie zwiększa się w szeregu: lasy północno-wschodniej Polski < Karkonosze < Beskid Żywiecki.

Wyniki tych badań przedstawiono w pracy:

1. Kłos A., Bochenek Z., Bjerke J.W., Zagajewski B., Ziółkowski D., Ziembik Z., Rajfur M., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Tømmervik H., Krems P., Jerz D., Zielińska M., Godyń P.: *The use of mosses in biomonitoring of the selected areas in Poland and Spitsbergen in the years from 1975 to 2014*. Ecol. Chem. Eng. S. 2015, **22**(2), 201-218.

Brałam czynny udział w badaniach dotyczących wpływu CaCl_2 na sorpcję metali ciężkich w biomasie. Podczas prowadzonych badań, określono, w warunkach laboratoryjnych, wpływ chlorku wapnia na sorpcję wybranych kationów metali ciężkich: Cu^{2+} , Zn^{2+} i Cd^{2+} w biomasie porostów *Hypogymnia physodes*, mchów *Pleurozium schreberi* i glonów słodkowodnych *Spirogyra* sp., oraz glonów morskich *Palmaria palmata* oraz makrofitów *Elodea canadensis* L. Wykazano różne właściwości sorpcyjne biomasy, powodujące m.in. zmiany pH roztworów podczas procesu sorpcji. Wykazano zmiany wydajności oraz preferencji sorpcyjnych pod wpływem wprowadzanych do roztworu kationów Ca^{2+} , ale także anionów Cl^- , które przesuwały stan równowagi w kierunku tworzenia form jonowych, niebiorących udziału w procesie wymiany jonowej.

Badania te zostały szczegółowo opisane w publikacji:

1. Kłos A., Rajfur M., **Dołhańczuk-Śródka A.**, Krems P. Jerz Dominik: *Wpływ CaCl_2 na sorpcję metali ciężkich w biomasie*, Inż. Ochrona Środ., 2015, **18**(2), 169-178.

Rozpoczęto badania reologiczne produktów spożywczych. Dokonano pomiarów właściwości reologicznych jogurtów naturalnych. Pomiędzy lepkością jogurtów η i prędkością ścinania γ istnieje zależność, którą w zlinearyzowanej formie przedstawia równanie $\log(\eta) = a \log(\gamma) + b$. Zauważono wzrost lepkości jogurtów w kolejnych dniach od momentu otwarcia opakowań. Największe wartości współczynnika kierunkowego i wyrazu

wolnego odnotowano dwa dni po otwarciu jogurtu. Można przypuszczać, że jest to związane ze wzrostem liczebności bakterii *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* oraz *S. thermophilus* i wzrostem zawartości wytwarzanych przez nie egzopolisacharydów (EPS).

1. **Dolhańczuk-Śródka A.**, Nabrdalik M., Maślak N., Wąsiewicz N., Ziembik Z.: *Właściwości reologiczne jogurtów naturalnych*, Proc. ECOpole, 2015, 9(1), 193-200.

PODSUMOWANIE DOROBKU NAUKOWEGO

Moją działalność naukową po uzyskaniu stopnia naukowego doktora można podsumować **101** publikacjami; w tym **16** artykułami w czasopismach z listy filadelfijskiej, **2** monografiami, **29** publikacjami w recenzowanych czasopismach oraz **54** streszczeniami w materiałach konferencyjnych.

Sumaryczny *impact factor* 16 publikacji wynosi **16,015** według wartości *IF* z daty publikacji. Liczba cytowań według bazy Web of Science wyniosła **46**, a z pominięciem autocytowań - **27**.

Index Hirscha według bazy Web of Science wyniósł **5**.

Zgodnie z kryteriami MNiSW, dorobek ten ocenia się łącznie na **500** punktów.

Łączna punktacja za publikacje przed i po uzyskaniu stopnia doktora wynosi: sumaryczny *IF* = **17,270**, suma punktów MNiSW = **604**.

Od 2007 r., tj. po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, brałam czynny udział w 10 projektach badawczych, w jednym byłam kierownikiem, w dwóch z nich byłam wykonawcą, a w siedmiu – głównym wykonawcą.

Badania realizowane w ramach grantów były finansowane, m.in.

- ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007-2013;
- z programu badawczego zespołu polskiego w ZIBJ i ośrodków badawczych w Polsce;
- w ramach Programu Badawczego Funduszy Norweskich.

W ramach realizowanych grantów współpracowałam, m.in. z naukowcami z Uniwersytetu w Hradec Králové, Zjednoczonego Instytutu Badań Jądrowych w Dubnej, Uniwersytetu Wrocławskiego, Instytutu Geodezji i Kartografii w Warszawie, Norwegian Meteorological Institute, Norwegian Institute for Nature Research, Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego.

W latach 2012-2015 byłam kierownikiem grantu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki, przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/03/D/ST10/05392, pt. „Opracowanie i weryfikacja procedur pomiarowych i obliczeniowych do opisu transportu izotopów promieniotwórczych w środowisku”.

Aktywnie uczestniczyłam w konferencjach krajowych i międzynarodowych, gdzie prezentowałam wyniki moich badań, zarówno w formie posterów - 50 razy i referatów 48 razy.

Brałam czynny udział w zespole eksperckim podczas konferencji podsumowującej, realizację przedsięwzięcia „Szkoła ucząca racjonalnego gospodarowania energią”.

Byłam recenzentem 21 artykułów naukowych dla czasopism: *Ecological Chemistry and Engineering A, Environmental Monitoring and Assessment, Journal of Hazardous Materials, Nukleonika, Science of the Total Environment, Proceedings of ECOpole*.

Odbyłam staże naukowe:

- czteromiesięczny staż w Zakładzie Wykonywania Pomiarów EMITOR S.C. w Opolu, zorganizowany w ramach projektu pn. „Innowacyjność kluczem rozwoju”, realizowanym w ramach POKL VIII Regionalne kadry gospodarki, Poddziałanie 8.2.1. Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstwa (listopad 2014 – luty 2015);
- czteromiesięczny staż w Zakładzie Wykonywania Pomiarów EMITOR S.C. w Opolu, zorganizowany w ramach projektu pn. „Współpraca między sektorami szansą na innowacyjność przedsiębiorstw”, realizowanym w ramach POKL VIII Regionalne kadry gospodarki, Poddziałanie 8.2.1. Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstwa (marzec – czerwiec 2014 r.)
- dwutygodniowy staż w firmie EMPLA AG, w Hradec Králové (CZ), w ramach projektu współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007-2013, pt. „Propagowanie badań jakości środowiska na transgranicznym obszarze polsko-czeskim” (12-23.09.2013 r.);
- trzymiesięczny staż w firmie ProEko Serwis w Opolu, zorganizowany w ramach projektu pt. „Dobry staż”, realizowanym w ramach POKL VIII Regionalne kadry gospodarki, Poddziałanie 8.2.1. Wsparcie dla współpracy sfery nauki i przedsiębiorstwa (październik-grudzień 2009 r.).

W 2012 r. uczestniczyłam w wyjeździe studyjnym do Mannheim, dotyczącym odnawialnych źródeł energii i gospodarki niskoemisyjnej (19-26.11.2012 r.).

Uczestniczyłam w wyprawie naukowej na Spitsbergen (Norwegia) w dniach 02. – 08. 08. 2014 roku, w ramach grantu finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badawczego Funduszy Norweskich - „Ecosystem stress from the combined effects of Winter climate change and air pollution how – do the impacts differ between biomes? – jako członek zespołu badawczego.

W latach 2008, 2009 i 2014 otrzymałam Nagrodę Rektora Uniwersytetu Opolskiego za aktywność naukowo-badawczą oraz za działalność na rzecz Wydziału Przyrodniczo-Technicznego Uniwersytetu Opolskiego.

D. CHARAKTERYSTYKA DOROBKU DYDAKTYCZNEGO I ORGANIZACYJNEGO

Po uzyskaniu stopnia doktora w 2007 r. w ramach działalności dydaktycznej prowadziłam zajęcia z przedmiotów: Chemia ogólna i fizyczna (laboratorium), Kosmetyki od kuchni (warsztat), Elektrotechnika (laboratorium), Fizyka (laboratorium, konwersatorium), Fizyka i biofizyka (laboratorium), Metody badań kosmetyków i surowców kosmetycznych (laboratorium), Ochrona przed promieniowaniem jonizującym (konwersatorium), Opracowanie i analiza danych doświadczalnych (laboratorium), Planowanie eksperymentu i statystyczna analiza danych doświadczalnych (laboratorium), Podstawy biotechnologii kosmetyków (wykład, konwersatorium), Technologia produkcji kosmetyków (wykład, laboratorium, kurs terenowy), Radioekologia (wykład), Techniki pomiarów (laboratorium), Techniki radiacyjne w przemyśle spożywczym (wykład).

Do wyżej wymienionych przedmiotów opracowałam sylabusy. Do przedmiotów: Fizyka i biofizyka, Technologia produkcji kosmetyków, Metody badań kosmetyków i surowców kosmetycznych samodzielnie przygotowałam stanowiska laboratoryjne.

Prowadziłam również zajęcia wyrównawcze dla studentów I roku na Wydziale Przyrodniczo-Technicznym Uniwersytetu Opolskiego. W 2009 r. opracowałam materiały do zajęć wyrównawczych z fizyki, w ramach projektu współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Funduszu Społecznego pt. *Wzmocnienie potencjału dydaktycznego kierunków przyrodniczych i technicznych na Uniwersytecie Opolskim w zakresie ochrony o gospodarowania środowiskiem*.

Pełnię obowiązki tutora na kierunku Biotechnologia. Jestem opiekunem technicznym oraz promotorem prac magisterskich i inżynierskich. Od 2007 roku (po obronie pracy doktorskiej) byłam promotorem 3 prac inżynierskich, i 3 prac magisterskich, sprawowałam opiekę techniczną nad 61 pracami magisterskimi oraz recenzowałam 21 prac magisterskich.

Czynnie uczestniczę w badaniach prowadzonych przez doktorantów z zakresu pomiarów izotopów promieniotwórczych w środowisku. Aktywuję studentów do pracy naukowej, którzy pod moją opieką prezentują wyniki swoich prac badawczych (magisterskich, inżynierskich) na konferencjach, zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Angażuję również studentów/doktorantów do pisania projektów badawczych.

Jestem Inspektorem Ochrony Radiologicznej typu: IOR-0, IOR-1. Ze względu na swoją wiedzę dotyczącą ochrony radiologicznej, w ramach kursów ogólnouczelnianych, zgłosiłam przedmioty: *Ochrona przed promieniowaniem jonizującym*, oraz *Radioekologia*, które cieszą się dużym zainteresowaniem wśród studentów.

Byłam współorganizatorką wyjazdów studyjnych studentów kierunku Biotechnologia do Uniwersytetu w Hradec Králové (CZ), a także organizowanych staży w firmie EMPLA AG w Hradec Králové, oraz w Zakładzie Wykonywania Pomiarów EMITOR w Opolu, zorganizowanych w ramach Programu Operacyjnego Współpracy Transgranicznej Republika Czeska – Rzeczpospolita Polska 2007-2013, pt. „*Propagowanie badań jakości środowiska na transgranicznym obszarze polsko-czeskim*”.

Byłam współorganizatorką trzech konferencji studenckich, dotyczących propagowania badań jakości środowiska, w której uczestniczyli pracownicy naukowci, doktoranci i studenci Uniwersytetu Opolskiego, oraz Uniwersytetu w Hradec Králové.

Aktywnie uczestniczyłam w organizacji trzymiesięcznych staży krajowych oraz dwumiesięcznych zagranicznych dla studentów kierunku Biotechnologia i Inżynieria Środowiska Wydziału Przyrodniczo-Technicznego.

Od 2000 r. jestem członkiem komitetu organizacyjnego cyklicznych konferencji: Metrologia-Ekologia-Dydaktyka MED, a także Środkowoeuropejskiej Konferencji ECOpole. W 2009 r. byłam członkiem komitetu organizacyjnego Uczniowskiej Konferencji Ekologicznej.

Angażuję się w pozyskiwanie dla Uniwersytetu Opolskiego środków pieniężnych z UE. W finansowanych przez UE projektach brałam również czynny udział:

- w latach 2010-2015 byłam pracownikiem ds. finansów projektu współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego KAPITAŁ LUDZKI na lata 2007-2013. Projekt realizowany przez Uniwersytet Opolski pt. *Innowacje w kształceniu zawodowym nauczycieli*, Nr umowy: UDA-POKL.03.04.03-00-044/10-00 (byłam również odpowiedzialna za przygotowanie wniosku aplikacyjnego);
- w latach 2012-2013 byłam asystentem kierownika projektu a od 2014 do 2015 roku jestem pracownikiem ds. finansów projektu współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego, pt. *"Zwiększenie liczby absolwentów kierunku Biotechnologia i Inżynieria Środowiska Uniwersytetu Opolskiego"*, nr POKL.04.01.02-00-034/12 (byłam również odpowiedzialna

za przygotowanie wniosku aplikacyjnego).

W latach 2012-2013 byłam zaangażowana w działalność Krajowego Stowarzyszenia Pomocy Szkole, pomagając w realizacji Przedsięwzięcia pt. „*Szkoła ucząca racjonalnego gospodarowania energią*” na terenie województwa opolskiego. Byłam koordynatorem Regionalnym ww. przedsięwzięcia.

Od wielu lat współpracuję z Gimnazjum w Strzeleczkach, pomagając we wdrażaniu dwóch innowacji pedagogicznych („*Badania aktywności radonu na terenie gminy Strzeleczki*” oraz „*Nie trwoni energii – wykorzystuj ją!*”) zatwierdzonych przez Kuratorium Oświaty w Opolu. Byłam również recenzentem tych innowacji.

W roku akademickim 2013/2014 byłam członkiem Rady Programowej kierunku Biotechnologia. Czynnie uczestniczyłam w pracach związanych z weryfikacją i korektą programu kształcenia na kierunku *Biotechnologia kosmetyczna* - studia 4. semestralne (stacjonarne i niestacjonarne). Brałam również udział w pracach związanych z przygotowaniem nowej specjalności: *Biotechnologia stosowana*.

Corocznie, aktywnie uczestniczę w programie realizowanym przez Uniwersytet Opolski "Dni Nauki", przeprowadzając warsztat – *Kosmetyki od kuchni*, który cieszy się dużym powodzeniem, zarówno wśród uczniów, jak i nauczycieli szkół średnich.

Brałam również czynny udział w realizacji projektu pt. „*Szlifujemy Opolskie Diamenty*”, prowadząc warsztaty dla uzdolnionych licealistów.

W 2014 roku prowadziłam wykłady eksperckie dla studentów i pracowników Uniwersytetu w Hradec Králové, CZ w ramach projektu OP VK „*Inovace studijních oborů zajišťovaných katedrami PFF UHK*” Registrační číslo: CZ.1.07/2.2.00/28.0118.

Jestem członkiem Komitetu Redakcyjnego półrocznika *Chemia-Dydaktyka-Ekologia-Metrologia*; a także sekretarzem kwartalnika *Ecological Chemistry and Engineering S*.

Jestem członkiem zarządu Towarzystwa Chemii i Inżynierii Ekologicznej, a także członkiem trzech towarzystw naukowych: Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych; Polskiego Towarzystwa Chemicznego; Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej.

W ramach podnoszenia swoich kwalifikacji brałam udział w następujących szkoleniach:

- szkolenie pt. *Odpowiedzialność za naruszenie dyscypliny finansów publicznych i zamówienia publiczne w szkole wyższej*, Warszawa 15.01.2009 r.;
- szkolenie pt. *Podniesienie świadomości wśród kadr jednostek naukowo-badawczych na potrzeby komercjalizacji wyników badań i osiągnięć naukowych*, Opole 15.05.2009 r.;

- szkolenie pt. *Źródła i rodzaje dotacji unijnych dla Szkół Wyższych na przykładzie Uniwersytetu Opolskiego w latach 2010-2013*, Opole, 27-28.10.2010 r.;
- szkolenie pt. *Rozliczanie wniosków o płatność*, Warszawa 27-28.07.2011 r.;
- szkolenie pt. *Szkoła z energią – jak skuteczniej uczyć racjonalnego użytkowania energii*, Jarnołtówek 11-13.04.2012 r.;
- szkolenie pt. *Kontrola i nieprawidłowości w projektach Priorytetu III Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki*, Warszawa 13.09.2012 r.;
- szkoleniu pt. *Prawo zamówień publicznych dla beneficjentów projektów unijnych*, Warszawa 03.10.2012 r.

W 2010 oraz w 2011 roku otrzymałam Nagrodę Quality za działalność na rzecz podnoszenia jakości kształcenia, a zwłaszcza w dostosowywaniu modelu kształcenia do procesu bolońskiego oraz procedur akredytacyjnych na Uniwersytecie Opolskim.

Na podstawie Postanowienia Prezydenta RP, z dnia 15.10.2013 r., zostałam odznaczona Brązowym Krzyżem Zasługi.

Opole, dnia 21.10.2015 r.

Agnieszka Dołhańczuk-Śródka