

RECENZJA

Dorobku i osiągnięcia naukowego

pt. *Charakterystyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko wyznaczone dla rtęci i azbestu*

w wybranych grupach odpadów

Osiągnięcie naukowe stanowi cykl 11-stu publikacji powiązanych tematycznie
wydanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora przez
dr inż. Beatę Kłojzy-Karczmarczyk

Podstawa opracowania

Pismo Dyrektora Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie z dnia 02.06. 2025 r. w sprawie powołania Komisji Habilitacyjnej Pan dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dysc. Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Informacje ogólne

Dyplomy i stopnie naukowe Habilitantki

doktor Nauk o Ziemi (2000 r.) w dyscyplinie: Geologia, w specjalności: Hydrogeochemia;
Uchwała Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH Tytuł rozprawy dr
Ograniczenie transportu zanieczyszczeń ze składowisk odpadów górniczych poprzez ich doszczelnienie odpadami energetycznymi

Praca wyróżniona, Promotor prof. dr hab. inż. Jadwiga Szczepańska

mgr inż. (1995r.) AGH w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony środowiska kierunek
Górnictwo i Geologia, specjalności: Hydrogeologia, Geologia Inżynierska i Ochrona
Środowiska; tytuł pracy dyplomowej: *Możliwości składowania odpadów w zlikwidowanych
wytwarzalnicach górniczych na obszarze tarnobrzeskich złóż siarki w aspekcie istniejących
i prognozowanych warunków hydrodynamicznych* Promotor: dr inż. Ryszard Kulma.

Informacja o zatrudnieniu w jednostkach naukowych

01.05.1995 – 29.05.2000: **doktorantka** Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, **Akademia Górniczo-Hutnicza**, Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód

01.10.2001 – 15.06.2002: **adiunkt** w Zakładzie Agrobiologii i Ochrony Środowiska, **Uniwersytet Rzeszowski**, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Instytut Biologii i Ochrony Środowiska

02.05.2002 – nadal: **Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk**

Stanowiska: 02.05.2002 – 30.09.2011 **adiunkt**, 01.10.2011 – 31.12.2013 **główny specjalista**, 01.01.2014 – nadal: **główny specjalista badawczo-techniczny; a ponadto od 01.06.2004 – nadal: kierownik Laboratorium Badań Środowiskowych, następnie kierownik Pracowni Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami.**

Obszary badawcze Habilitantki

1. Badania zanieczyszczenia rtęcią środowiska gruntowo-wodnego. Zagadnienia badawcze tego obszaru skupiają się na analizie i ocenie zawartości rtęci w odpadach, glebach, gruntach, wodach podziemnych i wodach powierzchniowych. Zanieczyszczenie rtęcią jest często rozpatrywane w połączeniu z innymi metalami i metaloidami. Przedmiotem badań jest zawartość rtęci całkowitej w próbkach środowiskowych oraz badań wymywalności tego pierwiastka z zastosowaniem testów statycznych. Obszary objęte badaniami są zróżnicowane, a są to przede wszystkim gleby i grunty z otoczenia obiektów przemysłowych, składowisk odpadów komunalnych i hałd górniczych, środowisko glebowe i grunty w otoczeniu dróg szybkiego ruchu samochodowego, osady denne cieków powierzchniowych, paliwa kopalne, rudy darniowe i odpady wydobywcze. W obszarze prac naukowo-badawczych w zakresie badań zanieczyszczenia rtęcią środowiska gruntowo-wodnego Habilitantka jest autorem lub współautorem 30 prac publikowanych. Część z nich (5) jest także ujęta w osiągnięciu naukowym.

2. Poszukiwanie nowych sposobów zagospodarowania odpadów różnych grup. W tym obszarze badawczym Kandydatka zajmuje się rozpoznaniem wytwarzania różnych grup i rodzajów odpadów oraz wskazaniem możliwości ich zagospodarowania, zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami. W badaniach szczególną uwagę zwraca na zachowanie bezpieczeństwa dla środowiska w związku z zagospodarowaniem odpadów w analizowanych procesach przetwarzania (głównie procesy odzysku R5 oraz procesy unieszkodliwiania D5). W obszarze odpadów komunalnych szczególnej analizie poddano wytwarzanie całego strumienia odpadów z uwzględnieniem ich selektywnego zbierania, co przyczynia się do wydzielenia

poszczególnych frakcji, a w dalszej kolejności ich odpowiedniego zagospodarowania. Kilka publikacji skupia się na szacowaniu wytwarzania frakcji energetycznej z odpadów komunalnych i prognozach tego procesu. Habilitantka jest współautorem publikacji wskazującej na możliwość zagospodarowania frakcji energetycznej w hybrydowych systemach wytwórczych z instalacją zgazowania odpadów komunalnych. Odrębnym zakresem badań było zagospodarowanie odpadów wydobywczych i poszukiwanie nowych rozwiązań, a analizie poddano zastosowanie odpadów typu muły węglowe i odpadów przeznaczonych do produkcji kruszywa (skała płonna) w celach rekultywacji technicznej. Dzięki badaniom wykazano możliwość zagospodarowania skały płonnej będącej odpadem albo stanowiącej bazę do produkcji kruszyw z uwzględnieniem odpowiedniej lokalizacji obszarów poddanych rekultywacji, ze względu na charakter podłoża.

3. Analiza oddziaływania składowisk odpadów na środowisko gruntowo-wodne, w tym obszarze badań znajdują się głównie składowiska przyjmujące odpady komunalne, hałdy górnicze, stawy osadowe odpadów poflotacyjnych oraz składowiska odpadów zawierających azbest. Badania obejmują jakość ww. odpadów wraz z analizą i oceną potencjalnego lub obserwowanego oddziaływania na środowisko gruntowo-wodne. Analizowano także rozwiązania w zakresie sposobu uszczelniania i zamykania składowisk odpadów komunalnych. Przeprowadzona ocena możliwych zagrożeń różnych elementów środowiska, pozwoliła na sformułowanie podstawowych wniosków dotyczących prowadzenia monitoringu emisji zanieczyszczeń a tym samym stanu środowiska. W obszarze prac naukowo-badawczych w zakresie oddziaływania składowisk odpadów na środowisko gruntowo-wodne Habilitantka jest współautorem 22 prac publikowanych, i wielu innych publikacji, które pokazują jakość odpadów, co daje podstawy do przewidywania potencjalnego oddziaływania na środowisko-gruntowo-wodne. Ważne, że w tym obszarze ukazały się dwie publikacje, które zapoczątkowały badania nad jakością i wymywaniem zanieczyszczeń z płyt azbestowo-cementowych, których obecnie jedyną formą przetwarzania jest unieszkodliwianie poprzez składowanie. Ponadto Habilitantka zainteresowała się tematem powszechnie rozwiązywanym, a związanym z wykorzystaniem wód podziemnych jako dolnego źródła dla pomp ciepła.

Habilitantka realizuje swoje badania także w ramach współpracy naukowo-badawczej z innymi ośrodkami naukowymi, czego efektem są wspólne publikacje z naukowcami z AGH: Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska (4 publ.), Wydziału Inżynierii Mechanicznej

i Robotyki (1 publ.); Politechniki Opolskiej, Wydział Mechaniczny (2 publ.); Politechniki Poznańskiej, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki (1 publ.).

Badania i osiągnięcia w ww. obszarach zaprezentowanych przez Habilitantkę oceniam pozytywnie.

Dorobek Habilitantki to sumarycznie 102 publikacje (z roku wyd. 1498 pkt./po 2024 r. 3260 pkt.), w tym 10 przed dr (z roku wyd. 18 pkt./195 pkt. po 2024 r.) i 92 po doktoracie (z roku wyd. 1480 pkt./3065 pkt. po 2024 r.);

Liczba publikacji: indeksowanych w bazie Web of Science Core Collection - **25**; w czasopismach z listy Journal Citation Report (JCR) posiadających IF to **20 publikacji**, a suma IF po uzyskaniu stopnia doktora **17,567**.

Liczba cytowań publikacji, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań: wszystkich cytowań (Raport Oddział Inf. Nauk. Bibl.Gł. AGH stan na 23.09.2024.): **Web of Science Core Collection: 178 cyt. + 88 autocyt. (wg opcji Cited Ref. Search); Scopus : 197 cyt. + 112 autocyt. (wg opcji Secondary Documents).**

Indeks Hirscha Web of Science Core Collection **6**; Scopus **7**

W ramach współpracy naukowo-badawczej z innymi ośrodkami naukowymi Habilitantka odbyła **staż naukowy** w **Akademii Górniczo-Hutniczej** im. Stanisława Staszica w Krakowie na **Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej**. W czasie stażu (17.07–28.07.2023 oraz 11.09–22.09.2023) realizowała prace studialne oraz laboratoryjne. Przebieg stażu pozwolił Habilitantce na doskonalenie wiedzy w zakresie stosowania nowoczesnych metod instrumentalnych w analizie składu chemicznego wód oraz badań jakości odpadów (spektrometria mas z jonizacją w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP-MS, optyczna spektrometria emisyjna ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP-OES oraz chromatografia jonowa do oznaczania anionów w wodzie).

Wykaz pozostałej aktywności naukowej

- Członek w zbiorowej redakcji naukowej monografii pt. Plan gospodarki odpadami dla województwa świętokrzyskiego, Zarząd Województwa Świętokrzyskiego (2003)
- Udział w krajowych konferencjach naukowych - 49 (47 po uzyskaniu stopnia doktora), międzynarodowych (6).

Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane przez samorządy itp. - Kierownik i współautor opracowań wykonanych na podstawie prac umownych IGSMiE PAN z jednostkami samorządu terytorialnego (JST) realizowanych, jako zadania **Programu Oczyszczania Kraju z Azbestu na lata 2009-2032.**

127 opracowań wykonanych zadań w ramach Konkursu Azbest w latach 2010-2024 (łącznie gminy wiejskie, gminy miejsko-wiejskie, gminy miejskie), jako **kierownik oraz współautor** opracowań (**166 + 39.** wykonanych w zakresie inwentaryzacji).

Prowadzona działalność dydaktyczna, to m.in: zajęcia w ramach studiów doktoranckich na AGH (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, 1995-2000), w Uniwersytecie Rzeszowskim, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy (2001-2002), a jako pracownik IGSMiE PAN od roku 2003 kontynuuje zajęcia na ww. uczelniach. W kolejnych latach prowadzi zajęcia dydaktyczne w ramach programu POK na AGH i w Uniwersytecie Pedagogicznym w Krakowie, w tym opieka naukowa, promotorska (7 prac), recenzent prac mgr (5) oraz opieka nad praktykami studenckimi i stażami zawodowymi (w tym staże studenckie w ramach programu POKL 2006-2016 43 stud.). Habilitantka prowadziła także edukację w wybranych szkołach podstawowych, średnich i gimnazjach w Krakowie (2017 i 2018).

Osiągnięcia organizacyjne Habilitantki to m.in. pełnienie funkcji: kierownika Laboratorium Badań Środowiskowych w Pracowni Badań Środowiskowych i Gospodarki Odpadami (kierownik); z-cy sekretarza redakcji czasopisma „Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management” (sekcja: inżynieria środowiska); od 2013 roku – nadal audytora: Wewnętrznego Zintegrowanego Systemu Zarządzania wg ISO 9001:2008 i ISO 14001:2005, wewnętrznego Systemu Zarządzania Jakością wg ISO 9001:2015 i systemu Zarządzania Środowiskowego wg ISO 14001:2015; użytkownika podrzędnego w systemie BDO (od 2019 – nadal) i użytkownika dodatkowego w systemie KOBiZE (od 2019 – nadal). Pracuje także aktywnie w Kole Zakładowym SITG przy IGSMiE PAN (V-ce Prezes Zarządu -2011-2019, kolejno Koła Zakł. SITG do 2022, od 2022 –członek). Członek Komitetu Org. oraz Komitetu Naukowego Konferencji VII Szkoła Gospodarki Odpadami (maja 2019 r.) w AGH.

Członkostwo w Stowarzyszeniach: Inżynierów i Techników Górnictwa od 2005 roku, Hydrogeologów Polskich od 2017r. **Stopnie i odznaczenia:** Brązowy Krzyż Zasługi, wyróżnienie Dyrektora IGSMiE PAN działalność naukową i publikacyjną w latach 2015-2016, Inżynier Górniczy I Stopnia (2011), II Stopnia (2011), III st. (2021), Odznaka zasłużonego działacza SITG (2013).

Ocena osiągnięcia naukowego osiągnięcia naukowego pt. *Charakterystyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko wyznaczone dla rtęci i azbestu w wybranych grupach odpadów*, cykl 11-stu publikacji powiązanych tematycznie, wydanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora

Publikacje wchodzące w skład osiągnięcia naukowego:

- [BKK-1]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2013 – Studies of mercury content in selected coal seams of the Upper Silesian Coal Basin. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, Wyd. IGSMiE PAN, Vol. 29, Is.4, pp. 95–106, DOI 10.2478/gospo-2013-0047.
- [BKK-2]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2014 - Badania zawartości rtęci i siarki w odpadach z obszaru nieczynnej hałdy odpadów górnictwa węgla kamiennego. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, T. 17, z. 4, s. 289–302.
- [BKK-3]** Kłojzy-Karczmarczyk B. 2017 – Mercury in grain size fractions of aggregates and extractive waste from hard coal mining. *Gospodarka Sur. Mineralnymi – Mineral Resources Management*, Vol. 33, Is.4, pp. 107–124, DOI 10.1515/gospo-2017-0048.
- [BKK-4]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2019 – Wielkość wymywania rtęci z próbek gruntów i odpadów różnego pochodzenia. *Biuletyn Państwowego Inst. Geolog.* 475, s. 85–92, DOI: 10.7306/bpig.10.
- [BKK-5]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Mazurek J. 2021 – The leaching of mercury from hard coal and extractive waste in the acidic medium. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, Vol. 37, Is. 2, pp. 163–178, DOI: 10.24425/gsm.2021.137567.
- [BKK-6]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Makoudi S. 2011 – Szacowanie wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich wybranych gmin. *Rocznik Ochrona Środowiska*, T. 13, s.1823–1834.
- [BKK-7]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Makoudi, S., Staszczak, J. 2015 – Aktualizacja wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich oraz miejskich. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, nr 89, s. 157–166.
- [BKK-8]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Makoudi S., Mazurek J., Staszczak J., Żółtek J. 2016 – Analiza wyników inwentaryzacji wyrobów zawierających azbest na obszarze 63 gmin w latach 2005–2015. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*, nr 92, s. 211–224.
- [BKK-9]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J. 2018 – The demand for landfills for asbestoscontaining waste in Poland. *Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, No. 2(42), pp. 221–230, DOI: 10.29227/IM-2018-02-28.
- [BKK-10]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J. 2020 – The adopted weight of asbestoscontaining products versus results of stocktaking in the area of Poland. *Inżynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, No. 2(46), Vol. 2, pp. 41– 46; DOI: 10.29227/IM-2020-02-67.
- [BKK-11]** Kłojzy-Karczmarczyk B., Staszczak J. 2022 – The pace of removing asbestos-containing products in Poland and the forecast time for the completion of this process. *Gospodarka Sur. Min. Mineral Resources Management*, Vol. 38, Is. 3 pp. 191–207, DOI:10.24425/gsm.2022.143018.

Przedstawiony **cykl obejmuje 11 publikacji pozwalających na wyznaczenie i określenie wartości wskaźników w gospodarce odpadami wydobywczymi** górnictwa węgla kamiennego, należących do **grupy 01 oraz odpadami zawierających azbest**, stosowanymi pierwotnie jako materiały budowlane, a należących do **grupy 17**. Obie wybrane do badań grupy odpadów mogą być wykorzystane w procesie prognozowania stanu środowiska w odniesieniu do ich presji na środowisko, jak też monitorowania zmian jego stanu. Badania prowadzące do wyznaczenia wskaźników charakterystycznych dla rtęci przedstawiono w 5. publikacjach [BKK-1] do [BKK-5], natomiast w zakresie wyznaczenia wskaźników dotyczących azbestu przedstawiono 6. publikacjach [BKK-6] do [BKK-11]. Habilitantka w Swoim Autoreferacie zaznacza, że ... *z uwagi na lokalny charakter badań (dotyczący odpadów wytwarzanych oraz odpadów zagospodarowywanych i składowanych na terenie Polski) osiągnięcie habilitacyjne stanowią publikacje w czasopismach krajowych...*

Zazwyczaj w zakresie działań ochrony/monitorowania/oceny zagrożeń środowiska, wynikających głównie z potencjalnej emisji zanieczyszczeń, wykorzystujemy charakterystyczne wskaźniki, a ich zastosowanie ma znaczenie także w obszarze gospodarki odpadami (działania zapobiegawcze i naprawcze w ochronie stanu wszystkich elementów środowiska).

W związku z powyższym celem naukowym badań jaki postawiła Sobie Habilitantka było opracowanie wskaźników oddziaływania na środowisko w gospodarce odpadami wydobywczymi oraz odpadami zawierającymi azbest i określenie dla nich wartości charakterystycznych.

W Swoich badaniach Habilitantka określała zmiennność: a/ zawartości rtęci w odpadach wydobywczymi górnictwa węgla kamiennego (dla wybranych rodzajów odpadów) oraz b/ potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest, w usuwanych zbędnych materiałach budowlanych itp. zawierających ten metal. Na tej podstawie wyznacza wskaźniki charakterystyczne dla ww. grup określając ich wartości przy pomocy analizy porównawczej z danymi literaturowymi lub wartościami granicznymi stawianymi przez odpowiednie akty prawne. Wielkości wskaźników, które zostały zaproponowane odzwierciedlają rzeczywiste wartości, bo wyznaczono je w oparciu o wieloletnie wyniki badań prowadzonych w warunkach terenowych i laboratoryjnych. W przypadku azbestu nie opierają się na publikowanych prognozach tylko na badaniach własnych.

Badania opisane w publikacjach przedstawiających zawartości rtęci w węglach kamiennych z pokładów Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) rozpoczęto w 2013r., a pomysłodawcą tematu i całego procesu od początku jest Habilitantka, o czym także świadczy Jej liderowa pozycja w publikacjach przedstawionych jako osiągnięcie. Badania te mają szeroki i wieloletni zakres badawczy obejmujący zagadnienie kompleksowo, począwszy od oznaczania zawartości całkowitej rtęci poprzez oznaczanie jej formy wymywalnej, w warunkach odczynu obojętnego i kwaśnego. Prowadzone badania mają przede wszystkim wymiar lokalny, bo odnoszą się do obszaru GZW, i jako takie są dopełnieniem w tym zakresie w literaturze krajowej.

W ocenie oddziaływania odpadów na środowisko bardzo istotne są badania wymywalności, tj. udziału formy rozpuszczalnej danego pierwiastka w całkowitej jego zawartości, ponieważ jest to pozyskanie informacji o możliwości uwalniania danego pierwiastka do środowiska gruntowo-wodnego, co również jest istotne przy składowaniu odpadów na składowiskach. Rtęć jest jednym z parametrów, których badanie jest wymagane w ww. przypadkach, przez co staje się ona jednym z istotnych **wskaźników jakości odpadów**.

W publikacji **[BKK-1]** przedstawiono wyniki badań potwierdzające obecność rtęci w badanych węglach oraz w odpadach wydobywczych gromadzonych na hałdzie przez co najmniej 15 lat **[BKK-2]**. W kolejnej publikacji **[BKK-3]** przedstawiono wyniki szczegółowych badań laboratoryjnych zawartości rtęci w poszczególnych frakcjach ziarnowych materiału badawczego. Badaniami laboratoryjnymi został objęty także materiał odpadowy pochodzący bezpośrednio z produkcji (wydobycia i przeróbki materiału skalnego) z jednej z kopalń węgla kamiennego GZW.

Skromne dane literaturowe dot. formy wymywalnej rtęci sprowokowały Habilitantkę do podjęcia dalszych badań nad rozpoznaniem problematyki obecności tej formy rtęci w odpadach wydobywczych górnictwa węgla kamiennego. Stąd też materiał badawczy przedstawiony w publikacji **[BKK-4]** **dotyczył** określenia wielkości formy wymywalnej i jej udziału w całkowitej zawartości rtęci. Badania wymywalności rtęci z odpadów wydobywczych GZW są jednymi z pierwszych tak szczegółowo udokumentowanych w badaniach Habilitantki, dlatego że są niedostatecznie udokumentowane w pracach innych autorów, stąd badania te należy uznać za zasadne. Przeprowadzone badania pozwoliły także na wskazanie zróżnicowania wielkości wymywania rtęci w zależności od czasu sezonowania materiału odpadowego, który ma wpływ na efekty procesów ich przemian zachodzących w odpadach.

Oprócz czasu sezonowania istotne znaczenia ma charakter środowiska ługującego, m.in. odzwierciedlający charakter potencjalnych roztworów porowych w masie składowanych odpadów wydobywczych. I tak np. odpady czy materiały uboczne z produkcji węgla kamiennego, typu kruszywa oraz muły węglowe, wykazują udział formy wymywalnej rtęci do całkowitej wynosi średnio 1,5%, podczas gdy w odpadach wydobywczych zwietrzałych udział formy wymywalnej wzrasta średnio do 7,3%. Charakterystyka wymywania jest zatem zróżnicowana także dla różnych grup badanego materiału. Badania te ostatecznie potwierdziły, *...że podstawowe znaczenie dla efektu tego procesu, mają czynniki takie jak rodzaj i pochodzenie próbek, ich skład granulometryczny oraz czas sezonowania materiału (procesy wietrzenia fizycznego i chemicznego)...*

W kolejnej publikacji [BKK-5] prezentowane są wyniki z kontynuacji badań zawartości rtęci całkowitej oraz wielkości udziału jej formy wymywalnej w warunkach symulujących środowisko kwaśne oraz w celach porównawczych w warunkach symulujących środowisko obojętne tak w węglach kamiennych, w odpadach wydobywczych stosowanych do produkcji kruszyw jak i w mułach węglowych. W badaniach zmiennego odczynu wymywania/ługowania potwierdzono także, że podstawowe znaczenie dla efektu tego procesu, mają czynniki takie jak rodzaj i pochodzenie próbek, ich skład granulometryczny oraz czas sezonowania materiału (procesy wietrzenia fizycznego i chemicznego). Badania wykazały, że wymagalność rtęci z węgla kamiennych oraz odpadów wydobywczych nieprzeobrażonych jest niska. Potwierdzono, że wymywalność w środowisku zakwaszonym jest około dwukrotnie wyższa.

Podsumowując ww. osiągnięcie stwierdzić można, że właściwie określono zawartość całkowitą rtęci oraz wielkość jej wymywania z próbek stałych: węgla kamiennego oraz wybranych rodzajów odpadów wydobywczych, z uwzględnieniem ich granulacji. Obliczono udział formy wymywalnej rtęci w całkowitej jej zawartości. A zatem można przyjąć, że są to jedno z ważniejszych udokumentowanych badań w zakresie wielkości wymywania rtęci z odpadów wydobywczych GZW w różnych warunkach środowiska.

Wskaźniki określające potencjalne wytwarzanie odpadów zawierających azbest (odpady zaliczane do odpadów niebezpiecznych w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach) i ich znaczenie to drugie z osiągnięć Habilitantki. Proponowane wskaźniki potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca będzie pomocnym narzędziem dla prognozowania wielkości ich wytwarzania na

konkretnym obszarze. Obliczone przez Habilitantkę średnie wartości wskaźników na obszarach poszczególnych województw mogą znaleźć zastosowanie w szacowaniu wielkości wytwarzania odpadów w gminach, wszędzie tam gdzie nie była prowadzona inwentaryzacja. W tej sytuacji przekłada się to na tworzenie założeń do prawidłowej gospodarki odpadami, w tym głównie unieszkodliwiania odpadów zawierających azbest na specjalnie przygotowanych składowiskach, pamiętając że uśrednione wartości wskaźników wytwarzania odpadów są ograniczone do konkretnego obszaru.

W literaturze można spotkać szereg prac, które pokazują dane dot. materiałów zawierających azbest pod kątem ich właściwości, zastosowania i charakterystyki zagrożenia. Brak jest jednak prac w zakresie szacowania ilości potencjalnie powstających odpadów zawierających azbest i pokazania skali tego problemu, a tym samym wskaźników potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest.

Usuwanie azbestu w Polsce zaplanowane zostało do 2032, a proponowane i konieczne działania zostały zapisane w programach krajowych/dokumentach planistycznych. W ramach prezentowanego osiągnięcia wykorzystano dane pozyskane przez własny zespół badawczy (na przestrzeni lat) do opracowania wskaźnika występowania wyrobów zawierających azbest, nagromadzonych na obszarach gmin, a tym samym wskaźnika potencjalnego wytwarzania w przyszłości odpadów zawierających azbest. **Prace te mają charakter kompleksowy i zdecydowanie wieloletni, ale tylko tak długie obserwacje mogą pokazać skalę rzeczywistego problemu. W swoich rozważaniach Habilitantka wykazała, że ilość wyrobów/materiałów zawierających azbest w przeliczeniu na mieszkańca jest równoznacznie wielkością wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest w Polsce.** Wskaźnik wytwarzania odpadów został określony w przedstawianych publikacjach, jako miara tego charakterystycznego parametru.

A zatem wartość wskaźnika wytwarzania odpadów określono w przeliczeniu na mieszkańca (M lub *percapita*) ze względu na to, że takie pojęcie wskaźnika rozpatrywane jest w literaturze w ujęciu zrównoważonego rozwoju oraz monitorowania gospodarki odpadami i gospodarki o obiegu zamkniętym. Należy podkreślić, że analizowana w przedstawianych publikacjach wielkość wytwarzania odpadów zawierających azbest jest wartością potencjalną i określa wartość docelową, możliwą do osiągnięcia na etapie zakończenia całego procesu usuwania wyrobów zawierających azbest z terytorium Polski.

Analizę przedstawioną w publikacji [BKK-6] przeprowadzono na podstawie danych pozyskanych w warunkach terenowych w latach 2005-2010 (17 gmin o charakterze wiejskim i miejsko-wiejskim). W publikacji tej po raz pierwszy **zdefiniowano wskaźnik potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest** i jest to pierwsza definicja podawana w literaturze krajowej. Kolejne prace z tego zakresu opierają się na tym schemacie i są weryfikacją działań i uzyskanych wartości. W publikacji [BKK-6] pokazano uśrednioną wartość wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest przez mieszkańca wybranego województwa (świętokrzyskiego). Opisano **zaobserwowane rozbieżności pomiędzy informacjami podawanymi w dokumentach planistycznych a obserwacjami wielkości rzeczywistych pochodzących z własnych badań terenowych i ten rozdźwięk uzyskanych danych ukierunkował zainteresowanie Habilitantki na weryfikację zagadnienia i skłonił ją do kontynuacji tematu w kolejnych latach (2011–2014)**. Uzyskane wyniki zasilły krajową Bazę Azbestową stanowiąc tym samym element realizacji wytycznych *Programu oczyszczania kraju z azbestu na lata 2009–2032* i pozwoliły na weryfikację wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest na obszarach wiejskich wybranych województw. Na podstawie wyników inwentaryzacji oraz liczby mieszkańców poszczególnych obszarów miejskich określono ilość odpadów potencjalnie wytwarzanych przez jednego mieszkańca. **Istotnie ważne jest oszacowanie po raz pierwszy wskaźnika wytwarzania odpadów zawierających azbest także dla wybranych obszarów miejskich.**

W kolejnej publikacji [BKK-8] przedstawiono wyniki dla 63. zinwentaryzowanych gmin, w tym 53. gmin z badań lat wcześniejszych (te same, które uwzględniono w publikacji [BKK-7]). **Badania ukierunkowano na weryfikację i modyfikację metody obliczania wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów, a następnie jego zdefiniowanie, które opisano w publikacji [BKK-8].** Ważnym podkreślenia jest sposób obliczania wskaźnika z zastosowaniem średniej arytmetycznej, który został zweryfikowany i zmodyfikowany. Zaproponowano także dodatkowy sposób jego obliczania poprzez wprowadzenie pojęcia **wskaźnika wagowego** z zastosowaniem średniej ważonej oraz **wskaźnika arytmetycznego**, będącego średnią arytmetyczną (przy czym każda gmina traktowana jest z taką samą wagą).

Wpływ wskaźnika wytwarzania odpadów na działania planistyczne. Kolejne dane, dostarczane do krajowej Bazy Azbestowej zmieniały wartość wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest na przestrzeni lat, zwłaszcza w początkowych

latach pracy. Niezmienna pozostaje jednak obserwacja **pokazująca różnice w uzyskanych wartościach rzeczywistych do tych podawanych w dokumentach planistycznych szczebla krajowego, stąd** dalsze badania i analizy prowadzone przez Habilitantkę, w obszarze odpadów zawierających azbest, zostały ukierunkowane na wskazanie możliwości zastosowania uzyskanych wartości wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów w dokumentach planistycznych, jakimi są plany gospodarki odpadami szczebla krajowego oraz planów wojewódzkich. W publikacji **[BKK-9]** skierowano rozważania i analizy na procesy unieszkodliwiania odpadów powstających w kolejnych latach. Odrębnym zagadnieniem jest szacowanie możliwego wytwarzania odpadów zawierających azbest na podstawie wskaźników potencjalnego wytwarzania z uwzględnieniem liczby mieszkańców. Badania terenowe pokazują, że ze względu na uwarunkowania obszarów miejskich oraz wiejskich, konieczne jest oddzielne szacowanie wskaźników wytwarzania odpadów dla tych obszarów. W publikacji **[BKK-9]** wykazano także, że w skali całego kraju ilość materiałów, które zostały zinwentaryzowane jest zdecydowanie wyższa niż prognozowanych na podstawie wskaźników oddzielonych dla obszarów wiejskich i miejskich. Odmienne dane uzyskano w efekcie przeprowadzonych badań w 8 województwach (dolnośląskie, lubuskie, małopolskie, opolskie, podkarpackie, pomorskie, śląskie, zachodniopomorskie) gdzie wielkość prognozowana na podstawie wskaźników wykazała inny trend i była jednak wyższa od wielkości zinwentaryzowanej. W pozostałych województwach wielkości prognozowane są niższe. Należy zauważyć, że wśród tych 8 województw, dla których wielkości prognozowane są wyższe, znajdują się województwa południowo – wschodniej Polski, dla których w dużej mierze pozyskano wielkości rzeczywiste.

Zaobserwowano, że województwa o wysokim nagromadzeniu wyrobów zawierających azbest to głównie obszar centralnej Polski. Nie można zatem uogólniać wskaźnika wytwarzania do obszaru całego kraju. W publikacji **[BKK-9]** wykazano ponadto, że istotne jest zastosowanie (wskazanego we wcześniejszych publikacjach) wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest do szacowania zapotrzebowania na pojemność składowisk. Efekty z przeprowadzonych analiz nt. najbardziej odpowiedniej jednostki miary do podawania wartości wskaźnika potencjalnego wytwarzania odpadów zawierających azbest przedstawiono w publikacji **[BKK-10]**. Z danych pozyskanych z krajowej Bazy Azbestowej oraz własnych obserwacji terenowych wynika, że tempo usuwania azbestu w Polsce jest zbyt

wolne. Tempo usuwania wyrobów azbestowo-cementowych w badanych gminach jest zdecydowanie zróżnicowane i jednocześnie niezadowalające.

Taka obserwacja stała się celem oceny stanu obecnego tego procesu i sporządzenia prognozy na kolejne lata [BKK-11], dlatego też podjęto próbę szacowania wartości wskaźników obrazujących tempo usuwania wyrobów zawierających azbest z obszaru Polski. Analiza danych, zgromadzonych w Bazie Azbestowej [www.bazaazbestowa.gov.pl] oraz szczegółowa analiza inwentaryzacji oraz jej aktualizacji dla 20 wybranych gmin o różnym charakterze, pozwoliła na pokazanie obecnego tempa usuwania wyrobów zawierających azbest z obszaru Polski a jednocześnie wytwarzania odpadów. **Publikacja [BKK-11] to pierwsza taka analiza i pierwsza praca wyraźnie pokazująca tempo tego procesu w skali kraju. Uzyskane wartości pozwalają na symulację czasu potrzebnego do zakończenia procesu usuwania przy zachowaniu obecnego jego tempa.**

Wniosek końcowy

Oceniając otrzymane materiały procedury habilitacyjnej **dr inż. Beaty Kłojzy-Karczmarczyk, tj.** wcześniej pozytywnie ocenione przeze mnie obszary badawcze i dorobek naukowy Habilitantki, umiejętność prowadzenia badań i interpretacji wyników, aktywność: dydaktyczną, ekspercką, organizacyjną, w tym aktywność w realizacji wielu projektów na rzecz środowiska oraz walory naukowe i aplikacyjne badań przedstawionych jako osiągnięcie naukowe stanowiące cykl 11-stu publikacji powiązanych tematycznie pt. ***Charakterystyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko wyznaczone dla rtęci i azbestu w wybranych grupach odpadów*** (wydanych po uzyskaniu stopnia naukowego doktora) stwierdzam, że całokształt dorobku i osiągnięcie badawcze **spełniają wymagania jakie są stawiane przy ubieganiu się o stopień naukowy doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**, w ramach obowiązujących przepisów Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. U. 2024 r., 1571 t.j.).