

AUTOREFERAT

1. Imię i nazwisko: Justyna Małgorzata Ciesielczuk

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe:

2000 – stopień doktora nauk o Ziemi w zakresie nauk o Ziemi, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu; tytuł rozprawy: „Hydrotermalne przeobrażenia granitów z Borowa (masyw Strzegom-Sobótka) i Strzelina”, data: 25 października 2000 r., promotor rozprawy: Prof. dr hab. Janusz Janeczek

1990 – dyplom magistra geologii, specjalność w zakresie geochemii mineralogii i petrografii, na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu; tytuł pracy: „Minerały wtórne strefy utlenienia związków polimetalicznych z okolic Miedzianki w Sudetach” promotor Prof. Kazimierz Kozłowski

3. Historia zatrudnienia i doświadczenie zawodowe:

1.10.1990 – podjęcie pracy na Uniwersytecie Śląskim, na Wydziale Nauk o Ziemi w Katedrze Geologii Podstawowej na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego

30.01.-3.06.1994 roku - Kurs geochemiczny w ramach programu TEMPUS na Wydziale Geologii Uniwersytetu Keele w Wielkiej Brytanii

1994 – rozpoczęcie studiów doktoranckich z Przyrodniczych Podstaw Ochrony Środowiska

1995 – urlop macierzyński i wychowawczy

1998 – urlop macierzyński

2000 – obrona pracy doktorskiej pt.: Hydrotermalne przeobrażenia granitów z Borowa (masyw Strzegom-Sobótka) i Strzelina, Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytet Śląski – doktor nauk o ziemi

2000 - kontynuacja pracy na Uniwersytecie Śląskim, na Wydziale Nauk o Ziemi w Katedrze Geologii Podstawowej na stanowisku adiunkta

2003 – stypendium UNESCO na pobyt i udział w warsztatach geochemicznych organizowanych w ramach International School on Geochemistry w Turcji, w Izmirze, w dniach 1-14 czerwca 2003

2007 – warsztaty: Accessory minerals in-situ: microanalytical methods and petrological applications, Kraków, Polska, 15-16 września

2008 – wyprawa naukowa do Nigerii

2008, 2010, 2012 – uczestnik Polskich Wypraw Naukowych do Peru

2010 – warsztaty spektrometrii ramanowskiej, Geocentrum, Wiedeń, Austria, 20-21 sierpnia

4. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

tytuł osiągnięcia naukowego:

„Przeobrażenia termiczne materiału odpadowego na zwałowiskach powęglowych na Śląsku w świetle klasycznych i eksperymentalnych badań mineralogicznych”

Publikacje składające się na osiągnięcie naukowe:

Publikacje wybrane dla udokumentowania osiągnięcia naukowego ukazały się w: czasopiśmie Journal of Coal Geology, ujęte w bazie Journal Citation Reports (3 artykuły), czterotomowej monografii o zasięgu światowym, poświęconej pożarom węgla i torfu (4 artykuły), czasopismach polskojęzycznych (3 artykuły). Publikacje te są efektem badań prowadzonych na palących się zwałowiskach powęglowych od 2007 roku, finansowanych z projektów: KBN N N307 427034 oraz NCN 2011/01/B/ST10/07588, których byłam kierownikiem, NCN 2011/03/B/ST10/06331, w którym jestem wykonawcą oraz badań statutowych i własnych Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego (załącznik 4). Wyniki badań były opracowywane (19 abstraktów konferencyjnych) i prezentowane na 9-ciu konferencjach międzynarodowych, 4-rech krajowych z udziałem gości zagranicznych i 2-ch polskich. Pozwalam sobie wybrane abstrakty (w zdecydowanej większości powszechnie dostępne czytelnikowi) oraz wystąpienia konferencyjne przedstawić jako dorobek naukowy, gdyż podczas ich opracowania formułowałam problemy badawcze, opisywałam zjawiska, wyciągałam wnioski i dyskutowałam uzyskane wyniki z wieloma badaczami zajmującymi się palącymi się zwałowiskami powęglowymi. Abstrakty i wystąpienia konferencyjne stanowiły podstawę i materiał do obecnie sukcesywnie przygotowywanych artykułów do publikowania.

Wiodące publikacje (w kolejności chronologicznej):

[1] J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, J. Majka, 2014 - Thermally-changed coal waste as an analogue of natural-environment rocks – a comparative study of dump and experimental materials. International Journal of Coal Geology; DOI information: 10.1016/j.coal.2014.08.013; dostępny on-line od 7.09.2014; w druku

IF (2014) = 3,313, 35 punktów MNSiW według kryteriów z dnia 17.12.2013

Udział własny: 45%

[2] J. Ciesielczuk, 2014 - Coal mining and combustion in the coal-waste dumps of Poland. Elsevier Publication: Coal And Peat Fires: A Global Perspective, Volume 3, Edited by Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, Ellina V. Sokol, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-59509-6.00016-8>; w druku

- [3] J. Ciesielczuk, G. Bzowska, M. Paszkowski, 2014 - Mineral transformations and actinide transport: combustion metamorphism in the Wojkowice coal waste dump, Upper Silesian Coal Basin, Poland. Elsevier Publication: Coal And Peat Fires: A Global Perspective, Volume 3, Edited by Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, Ellina V. Sokol, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-59509-6.00017-X>; w druku

Udział własny: 80%

- [4] M. Misz-Kennan, M. Fabiańska, J. Ciesielczuk, 2014 - Thermal transformations of waste rock at the Starzykowice coal waste dump, Poland. Elsevier Publication: Coal And Peat Fires: A Global Perspective, Volume 3, Edited by Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, Ellina V. Sokol, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-59509-6.00014-4>; w druku

Udział własny: 30%

- [5] J. Ciesielczuk, M. Misz-Kennan, J.C. Hower, M.J. Fabiańska, 2014 - Mineralogy and geochemistry of coal wastes from the Starzykowice coal-waste dump (Upper Silesia, Poland). International Journal of Coal Geology, 127, 42-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coal.2014.02.007>;

IF (2014) = 3,313, 35 punktów MNSiW według kryteriów z dnia 17.12.2013

Udział własny: 55%

- [6] M. Fabiańska, J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, M. Misz-Kennan, D. R. Blake, G. Stracher, I. Moszumańska, 2013 - Gaseous compounds and efflorescences generated in self-heating coal-waste dumps – A case study from the Upper- and Lower Silesian Coal Basins (Poland). International Journal of Coal Geology, 116–117: 247-261.

IF (2013) = 2,976, 35 punktów MNSiW według kryteriów z dnia 17.12.2013, ilość cytowań wg Web of Science: 2, wg Scopus: 4.

Udział własny: 22%

- [7] M. Misz-Kennan, J. Ciesielczuk, A. Tabor, 2013 - Coal-Waste Dump Fires of Poland. Elsevier Publication: Coal and Peat Fires: A Global Perspective, Volume 2, Edited by Glenn B. Stracher, Anupma Prakash, and Ellina V. Sokol <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-59412-9.00015-6>, p. 234-311.

Udział własny: 40%

Pozostałe publikacje recenzowane:

- [8] J. Ciesielczuk, J. Janeczek, S. Cebulak, 2013 - Przebieg i przyczyny endogenicznego pożaru węgla kamiennego na zrehabilitowanym składowisku odpadów komunalnych w Katowicach. Przegląd Geologiczny, 61, 12: 764-772.

7 punktów MNSiW według kryteriów z dnia 17.12.2013

Udział własny: 80%

- [9] J. Ciesielczuk, A. Czyłok, S. Cebulak, 2011 - Sukcesja roślinna oraz gigantyzm obserwowane na palącej się hałdzie w Katowicach-Welnowcu, Polska. *Documenta Geonica* 2011/1, 51-54.

Udział własny: 55%

- [10] J. Ciesielczuk, S. Cebulak, 2011 - Przydatność analizy termicznej do badań zmienionych termicznie odpadów powęglowych na przykładzie zwałowiska w Wojkowicach, Górnośląskie Zagłębie Węglowe, Polska. *Documenta Geonica* 2011/1, 43-50.

Udział własny: 70%

Wybrane abstrakty konferencyjne:

- [A3] Ł. Kruszewski, J. Ciesielczuk, 2013 - Anthropogenic analogues of geological processes – a case of burning post-mining dumps as shown by natural samples and thermal experiments. 30th Annual Meeting of The Society for Organic Petrology, 1-4th September 2013, Poland: 32.

Udział własny: 50%

- [A4] J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, J. Majka, 2013 - Experimental study of the thermal transformation of siderite from the coal waste dump in Katowice-Welnowiec, Poland. *Mineralogia - Special Papers*, 41: 36.

Udział własny: 45%

- [A5] J. Ciesielczuk, 2013 - Behaviour of mineral phases during combustion of coal waste dumps – experimental study. *Goldschmidt 25-30.08.2013 Florencja, Włochy*; DOI: 10.1180/minmag.2013.077.5.3: 889.

- [A17] J. Ciesielczuk, 2008 - Ellestadite-(F) - a mineral formed in the overburned coal dump (Upper Silesian Coal Basin). *Mineralogia*, 32: 54.

Opis osiągnięcia naukowego

Przedstawiane osiągnięcie naukowe polega na udokumentowaniu i udowodnieniu różnorodnych przemian zachodzących w substancji mineralnej w odpadach powęglowych poddanej oddziaływaniu termicznemu na skutek pożarów węgla. Wykazano zróżnicowany wpływ substancji mineralnej w zależności od jej ilości i rodzaju na procesy samozapalania się, palenia, chłodzenia i wietrzenia zwałowisk powęglowych. Prezentowane osiągnięcie naukowe jest wynikiem prowadzonych przeze mnie od 2007 roku badań wybranych, palących się zwałowisk poeksploatacyjnych Górnego i Dolnego Śląska oraz z badań eksperymentalnych przeprowadzanych na próbkach skał pobranych ze zwałowisk. Zwałowiska usypywane były w pobliżu kopalń węgla kamiennego, podobnie jak budowane były osiedla dla pracowników, które z czasem przeradzały się w miasta. Palenie się zwałowisk powęglowych, a szczególnie tych, które budowane były w Polsce do lat 80-tych XX wieku, jest zjawiskiem powszechnym ze względu na dużą zawartość palnej substancji

węglistej i sposób usypywania sprzyjający jej samozagrzewaniu i samozapalaniu się, skutkującym pożarem. Procesy te przebiegają powoli i długo, mają tendencję do odnawiania, są uciążliwe i stanowią zagrożenie dla środowiska i ludzi z powodu emisji gazów pożarowych oraz odcieków mogących zanieczyścić wody powierzchniowe i podziemne.

Problem palących się zwałowisk powęglowych jest szeroko podejmowany w świecie (między innymi: Sokol et al., 2005; Stracher 2009; Stracher et al., 2011, 2013) głównie ze względu na: (1) aspekt naukowy – badane są przyczyny samozapalania się odpadów, zachodzące procesy, mechanizmy przeobrażeń, czynniki wpływające na zainicjowanie oraz przebieg pożaru, efekty działających procesów; (2) aspekt praktyczny – w którym główny nacisk położony jest na opracowywaniu sposobów zapobiegania pożarom składowisk odpadów powęglowych, sposobów gaszenia, a później rekultywowania zwałowiska, oraz (3) aspekt środowiskowo-zdrowotny – badane jest oddziaływanie palących się zwałowisk na okoliczne wody, gleby, roślinność i zbiorowiska ludzkie. Mimo obfitej literatury ciągle brakuje pełnego wytłumaczenia wszystkich czynników powodujących efekt samozagrzewania i samozapalania się hałd powęglowych oraz skutków działania tych procesów. Prawie każde zwałowisko powęgłowe ma swoją specyfikę, lokalne uwarunkowania zmieniają efekt końcowy przeobrażeń zdeponowanego materiału wpływając na jego właściwości. Podjęte badania mają również aspekt praktyczny, gdyż skała płonna zdeponowana na zwałowiskach, a szczególnie przepalona, jest wykorzystywana jako cenny materiał do budowy dróg. Dlatego wnikliwe badanie kolejnych obiektów ma sens, gdyż służy generalizacji obserwacji.

W badaniach zajęłam się w szczególności przemianami jakim podlega składowana materia mineralna, która powinna być składnikiem dominującym na zwałowiskach odpadów powęglowych. Wprawdzie jej skład fazowy jest dobrze znany, podobnie jak precyzyjnie określone są temperatury, w których następują zmiany w strukturze poszczególnych minerałów. W praktyce okazuje się, że udział materii organicznej w odpadach, a w szczególności węgla jest wielokrotnie większy niż zakładany i może znacząco wpływać na przeobrażenia zachodzące w materii mineralnej.

Podjęte przeze mnie zadania badawcze miały na celu: (1) udowodnić wpływ ilości węgla oraz piryty i syderyty na przemiany zachodzące w materii mineralnej; (2) określić mechanizm przeobrażeń termicznych skał i minerałów spowodowanych pożarami węgla; (3) na podstawie identyfikacji faz mineralnych, stanowiących efekt przeobrażeń termicznych na wybranych przykładach zwałowisk wyjaśnić, które z nich mogą być wskaźnikami procesów zachodzących w zapożarowanej części składowiska oraz (4) odpowiedzieć na pytanie, czy mimo mnogości różnych wariantów przeobrażeń można uprościć rozpoznawanie procesów zachodzących w odpadach powęglowych? Dodatkowo monitorując palące się obiekty zwróciłam uwagę na sposób rozprzestrzeniania się miejsc aktywnych termicznie, ich migrację oraz efektywność stosowanych sposobów gaszenia.

Ponadto podejmując badania nad palącymi się zwałowiskami odpadów powęglowych w Polsce zakładałam, że uda się dołożyć do literatury światowej charakterystykę efektów działania pirometamorfizmu na wybranych przykładach z Polski oraz zainicjować badania prowadzone przez specjalistów z innych dziedzin takich jak biologia, geofizyka, petrologia węgla, chemia organiczna i nieorganiczna, i dzięki temu uzyskać pełne spektrum danych.

Realizacja poszczególnych celów badawczych przejawia się publikacjami o różnej randze. Ich kolejność ukazywania się nie odzwierciedla kolejności, w jakiej były opracowywane. Poniższy przewodnik po publikacjach jest opracowany począwszy od przedstawienia najważniejszych osiągnięć do naświetlenia kierunków badań wartych kontynuacji.

Aby zrealizować założone cele badawcze przeprowadziłam szereg eksperymentów wygrzewania skał płonnych pobieranych na zwałowiskach powęglowych w zadanych warunkach temperaturowych, dostępności tlenu i katalizatorów oraz czasu trwania procesu, które mogą mieć wpływ na rodzaj produktu. Dały one pewność co do składu mineralnego skały wyjściowej oraz czynników ją przeobrażających. Wnikliwa analiza procesów i przemian obserwowanych podczas eksperymentów pozwoliła na określenie mechanizmu i temperatur przeobrażeń termicznych minerałów, co jest głównym osiągnięciem badawczym. Wyniki eksperymentów opublikowałam w pracy: [1] J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, J. Majka, 2014 – „Thermally-changed coal waste as an analogue of natural-environment rocks – a comparative study of dump and experimental materials” oraz w abstraktach konferencyjnych: [A3] Ł. Kruszewski, J. Ciesielczuk, 2013 – “Anthropogenic analogues of geological processes – a case of burning post-mining dumps as shown by natural samples and thermal experiments”; [A4] J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, J. Majka, 2013 – “Experimental study of the thermal transformation of siderite from the coal waste dump in Katowice-Welnowiec, Poland” i [A5] J. Ciesielczuk, 2013 – “Behaviour of mineral phases during combustion of coal waste dumps – experimental study”.

W celu przeprowadzenia eksperymentów pobrałam ze zwałowiska w Welnowcu dwie próbki skał płonnych: mułowiec o barwie czarnej (20W) (zawierający 53% węgla, 24% kaolinitu, 21% illitu/muskowitu i 3% kwarcu) i jasny mułowiec (20B) (zawierający 11% węgla, 29% kaolinitu, 22% illitu/muskowitu, 28% kwarcu, 2% skaleni i 1% syderytu) oraz kongrecję syderytową (Sd). Bryła pirytu (Py) została pobrana z pokładu węgla KWK Miechowice w Bytomiu. Próbki były grzane w piecu rurowym PRC 65M firmy Czyłok, o średnicy wewnętrznej 65 mm i długości 125 cm z możliwością przemywania pieca dowolnym gazem. Naważki 1,6 g próbek 20W, 20B były wygrzewane przez 5 godzin w warunkach utleniających i beztlenowych (w tym celu na początku programu grzania przepuszczano czysty argon przez 3 minuty) w temperaturach: 400, 700, 900 i 1000°C. Temperatury wygrzewania dobrałam na podstawie znajomości temperatur oddawania grup OH, wody oraz rozkładu termicznego pirytu i węglanów we wzorcach oksyreaktywnej analizy termicznej i podwyższałam o 30-50°C, aby mieć pewność przeprowadzenia danej reakcji chemicznej do końca. Tempo narastania temperatury w piecu wynosiło 10°C/min. W tych samych warunkach wygrzewane były próbki 20W i 20B zmieszane w proporcji 1:1 z syderytem (Sd) oraz pirytem (Py). W sumie wygrzanych zostało 46 próbek. Po przeprowadzeniu eksperymentu głównego przeprowadziłam eksperymenty dodatkowe wydłużając czas grzania oraz dodając wody. Próbki: 20W, 20B, 20W+Py, 20B+Py, 20W+Sd i 20B+Sd były wygrzewane w warunkach utleniających przez 74 godziny w temperaturze 960°C w celu wydłużenia czasu zachodzących w nich reakcji oraz uzyskania większych kryształów, nadających się do analiz mikrosondowych. Próbki: 20B, 20W+Py, 20B+Py

i 20B+Sd były wygrzewane w warunkach utleniających przez 5 godzin w temperaturze 960°C z dodatkiem wody deszczówki, zebranej w stacji meteorologicznej w Sosnowcu w celu uzyskania stopu.

Dodatkowo wykonywane były eksperymenty w komorze termicznej mri TC-Radiation, w której próbki (Sd, 20B i 20B+Sd) o masie od 0,035 do 0,07 g były bezpośrednio nanoszone na ogrzewacz PtRh sprzężony z dyfraktometrem rentgenowskim. Próbki były ogrzewane do 1200°C, a dyfraktogramy rejestrowane co 20°C. Ten rodzaj eksperymentu wyklucza rozbieżności w składzie mineralnym i chemicznym poszczególnych naważek próbek oraz umożliwia prawie ciągłą rejestrację temperatur pojawiania się, dominacji i zanikania poszczególnych faz mineralnych.

Dzięki przeprowadzonym eksperymentom udowodniłam, że obecność dużych ilości węgla w próbce skały płonnej poddanej pirometamorfizmowi wpływa znacznie na jej strukturę oraz przemiany zachodzące w składzie mineralnym. Mułowiec zawierający węgiel (20W) był bardziej spękany na skutek szybkiej utraty substancji węglistej, co w warunkach utleniających przyczynia się do lepszej cyrkulacji tlenu i ciepła, czyli następuje zintensyfikowanie przeobrażeń. Najprawdopodobniej dochodzi wówczas do lokalnego podniesienia temperatury na skutek zapłonu węgla, co prowadzi do większej wydajności przeobrażenia minerału ilastego w mullit. Przykładowo dwa razy więcej mullitu powstało w wyniku przepieczenia mułowca z węglem (20W) niż mułowca uboższego w węgiel (20B), mimo, iż ilość minerałów ilastych, z których mullit mógł się utworzyć była w nich podobna. Co więcej własnokształtne kryształy mullitu utworzyły się tylko w próbce 20W. Podobnie więcej piroksenu i spinelu utworzyło się w wyniku wygrzewania mułowca z węglem zmieszanego z pirytem (20W+Py) niż mułowca uboższego w węgiel, również zmieszanego z pirytem (20B+Py). Ponadto dzięki przeprowadzonym eksperymentom udowodniłam, że wpływ na lokalnie wygenerowaną temperaturę ma również ilość kwarcu. Jego większe ilości w wygrzewanym w tych samych warunkach mułowcu uboższym w węgiel, a zarazem wzbogaconym w kwarc (20B) lokalnie obniżyły temperaturę, na co wskazuje rodzaj i ilość powstałych minerałów. W wyniku wygrzewania próbek 20B i 20W okazało się, że w próbce 20B kwarcu ubyło połowę, a aż 2/3 w próbce 20W. Co więcej w próbce zawierającej wyjściowo węgiel utworzył się cristobalit, a w próbce 20B wyjściowy kwarc przeobraził się głównie w szkliwo krzemionkowe.

Czynniki przeobrażające skały płonne nie działają w nich równomiernie. Wykazałam, że nawet w tak niewielkich naważkach (1,6 g) sproszkowanych próbek notuje się silniejsze spieczenie zewnętrznych części próbek w porównaniu ze środkiem i wierzchnią częścią. Próbki z niewielką ilością węgla (20B) są raczej jednorodne po przepieczeniu. Jedynie próbka 20B+piryt wykazuje w połowie bardziej szare zabarwienie. Ponadto obecność piryty i syderyty powoduje lepszą spoistość skały płonnej po jej przepieczeniu.

Badaniami eksperymentalnymi przeprowadzonymi zarówno w piecu jak i w komorze termicznej udowodniłam możliwość szczegółowej identyfikacji faz mineralnych powstających na różnych etapach przeobrażenia termicznego, o składzie chemicznym, często odbiegającym od idealnego. Przykładowo anortyt utworzony w wyniku pieczenia przez 74 godziny w temperaturze 960°C w warunkach utleniających mułowca z węglem (20W+Sd) jest wzbogacony w Mg, Fe i P. Niektóre analizy anortytu tworzącego się na zwałowiskach

powęglowych również wykazują podwyższoną zawartość tych pierwiastków. Jako, że ich obecność w strukturze anortytu jest możliwa, warunki tworzenia się anortytu o anomalnym składzie zostały udowodnione. Innym minerałem często identyfikowanym na badanych zwałowiskach jest indialit. Może on krystalizować ze stopu, stąd jest często obecny w paralamach. Jednakże analizy rentgenowskie dokumentują również jego obecność w silnie przepalonych skałach płonnych, nie wykazujących oznak przetopienia. Wyrzewanie próbek w piecu przez 5 godzin w warunkach utleniających i beztlenowych w temperaturze 1000°C nie zainicjowało krystalizacji tego minerału. Również zastosowanie wody nie pomogło w uruchomieniu procesów topienia się i utworzenia indialitu, podobnie jak przedłużony czas wyrzewania do 74 godzin. Dopiero dzięki eksperymentowi przeprowadzonemu w komorze termicznej, w której próbki były grzane do 1200°C, a następnie chłodzone, udowodniłam warunki powstawania indialitu. Okazało się, że minerał ten rozpoczyna krystalizację w temperaturze 1070°C, stając się fazą główną przy osiągnięciu 1200°C. W wyniku chłodzenia do 30°C jego ilość pozostaje bez zmian.

Skutki pirometamorfizmu materii mineralnej na palących się obecnie lub w przeszłości zwałowiskach powęglowych w Polsce opisałam w publikacjach: [3] J. Ciesielczuk, G. Bzowska, M. Paszkowski, 2014 – „Mineral transformations and actinide transport in silicoclastic rocks due to combustion metamorphism in a coal waste dump in Wojkowice, Upper Silesia, Poland”, [4] M. Misz-Kennan, M. Fabiańska, J. Ciesielczuk, 2014 – „Thermal transformations of the waste rocks at the Starzykowice coal waste dump, Poland” i [5] J. Ciesielczuk, M. Misz-Kennan, J.C. Hower, M.J. Fabiańska, 2014 – „Mineralogy and geochemistry of coal wastes from the Starzykowice coal-waste dump (Upper Silesia, Poland)” oraz w abstraktach konferencyjnych, m.in. [A17] J. Ciesielczuk, 2008 – “Ellestadite-(F) - a mineral formed in the overburned coal dump (Upper Silesian Coal Basin)”.

W pracy [4] spośród 140 prób pobranych z palącego się zwałowiska Starzykowice czynnej kopalni węgla kamiennego Chwałowice wybrałam 73 próbki do badań mineralogicznych. Na podstawie ich składu mineralnego ustalonego metodą XRD oraz barwy próbek po sproszkowaniu podzieliłam je ostatecznie na 8 grup różniących się stopniem zaawansowania przeobrażeń termicznych, mimo ich dużego zróżnicowania. Aczkolwiek tak podzielone próbki nie zawsze odpowiadały podziałowi na grupy, który był ustalony na podstawie składu i ilości materii organicznej, co świadczy o nakładaniu się procesów przeobrażających odpady. Doświadczając wielkiego zróżnicowania składu mineralnego odpadów powęglowych poddanych pirometamorfizmowi na zwałowisku w Chwałowicach podjęłam się zbadania zróżnicowania składu mineralnego na zwałowisku byłej kopalni węgla kamiennego Jowisz w Wojkowicach, które jest dobrym poligonem do prowadzenia obserwacji. Zajmuje ono powierzchnię około 7 ha, jest wysokie na 21,5 m. 1,2 mln ton odpadów było tam deponowanych przez 20 lat do lat 80-tych XX wieku. Zwałowisko paliło się w przeszłości, szczególnie w części wschodniej, ale obecnie nie wykazuje żadnej aktywności termicznej. Od kilku lat jest eksploatowane, więc jego wnętrze jest dostępne. Aby znać przynajmniej część czynników, które mają wpływ na przeobrażenie odpadów wyróżniłam w obrębie tego zwałowiska trzy strefy zaawansowania przeobrażeń termicznych:

(1) strefę ognia, charakteryzującą się występowaniem silnie spieczonego materiału odpadowego spojonego parafawą, co wskazuje na wysoki stopień przeobrażeń, (2) strefę buforową o czerwonym, pomarańczowym zabarwieniu materiału i (3) strefę nieprzeobrażoną termicznie, gdzie składowany materiał jest szary do czarnego, w zależności od ilości zawartej substancji węglistej. Z każdej strefy pobrałam próbki skał płonnych o różnej frakcji: piaskowca, mułowca i iłowca, które makroskopowo zawierały jak najmniej substancji węglistej. Jej obecność utrudnia identyfikację faz mineralnych oraz lokalnie podwyższa temperaturę w czasie pożaru. Aby mieć pewność, że pochodzące z każdej strefy próbki skał płonnych przeobrażały się w takich samych warunkach pobierałam je z centralnych części poszczególnych stref, wybierałam próbki o podobnych rozmiarach, takie, które leżały blisko siebie. W pracy [3] opracowałam skład mineralny poszczególnych prób, udowodniłam zależność pomiędzy stopniem pirometamorfizmu, radioaktywności a frakcją skały płonnej, a co za tym idzie ilością kwarcu. Wykazałam, że próbki pobierane z tej samej strefy różnią się stopniem zawansowania przeobrażeń termicznych minerałów w różnych petrograficznie odpadach. Najbardziej przeobrażone są skały o najdrobniejszej frakcji, czyli iłowce. Podobnie jak nowoutworzone parafawy, nie zawierają minerałów pierwotnych tylko wysokotemperaturowe. W mułowcu ze strefy ognia, oprócz minerałów wysokotemperaturowych, których utworzyło się mniej, występują niewielkie ilości zmienionej termicznie miki oraz kaolinit, a w piaskowcu chloryt. Występowanie obok siebie faz mineralnych powstających w rozbieżnych warunkach jest możliwe, gdyż procesy zachodzące na palących się zwałowiskach zachodzą w warunkach dynamicznych, niestabilnych, przy ciągle zmieniających się czynnikach. Jednakże kluczowe znaczenie dla stopnia zaawansowania przeobrażeń w skałach o różnej frakcji ma ilość kwarcu, który ze względu na wysoką pojemność cieplną dużo łatwiej „przechwytuje” ciepło w porównaniu z minerałami ilastymi, a tym samym obniża lokalnie temperaturę powodując zmniejszenie intensywności przeobrażania się towarzyszących mu minerałów, o czym świadczą relikty minerałów pierwotnych w skałach o grubszej frakcji.

W pracy [5] przeanalizowałam zależność składu chemicznego w zakresie pierwiastków głównych i śladowych oraz składu fazowego i chemicznego poszczególnych minerałów dla wybranych 16-tu próbek pochodzących z przepalonej strefy zwałowiska Starzykowiec. Tutaj pod uwagę wzięłam nie tylko procesy pirometamorficzne, ale i inne, takie jak wietrzenie, których działanie może znacznie zmienić końcowy skład chemiczny i mineralny odpadów powęglowych, często wykorzystywanych jako cenny materiał do budowy dróg.

Próbki pochodziły z górnej, środkowej i dolnej części zwałowiska, a skład mineralny skał wyjściowych nie był znany. Zachowanie pierwiastków głównych jest ogólnie podobne dla wszystkich próbek mimo ich odmiennego składu mineralnego. Wykazałam, że większość działających na odpady procesów nie powoduje migracji pierwiastków. Wyjątek stanowi porównanie próbek zawierających materię organiczną z próbkami silnie przepalonymi. Te pierwsze zawierają znacznie więcej C, H, N, O i S. Udowodniłam, że podwyższona zawartość wapnia w niektórych próbkach jest związana z obecnością większej ilości gipsu (procesy wietrzeniowe) lub anortytu (pirometamorfizm), natomiast zawartość żelaza jest wprost proporcjonalna do ilości hematytu i/lub hercynitu w próbce. Najwyższa zawartość

Al_2O_3 jest związana z obecnością większej ilości spineli. Obecność siarki (pochodzącej najprawdopodobniej z rozkładu pirytu) w analizowanych próbkach jest związana z występowaniem wtórnych minerałów siarczanowych.

Pierwiastki śladowe występujące w poszczególnych próbkach na zwałowisku Starzykowiec pochodzą głównie z dwóch źródeł: mogą pochodzić z węgla, wówczas ich skład jest uzależniony od środowiska, w którym powstawał i zmian zachodzących w trakcie jego uwęglania oraz z minerałów wchodzących w skład skał płonnych. Ponadto wpływ na pierwiastki śladowe mogły mieć procesy geologiczne, którym poddane było złożo węgla. Analiza pierwiastków śladowych występujących w poszczególnych próbkach pomogła odtworzyć rodzaj skał płonnych, które uległy przepaleniu, co jest cenne szczególnie w przypadku próbek tak silnie zmienionych, że zatarciu uległa ich pierwotna struktura. Porównałam zawartość poszczególnych pierwiastków śladowych z próbek słabo zmienionych termicznie z przeobrażonymi i udokumentowałam, że w wyniku pirometamorfizmu podkoncentrowują się w odpadach powęglowych Rb, Sb, Ba, Mn, Zr, Co i Cr, natomiast zawartość Zn, Cu, Sr, Pb i Mo maleje. Ponadto wykazałam mobilność niektórych pierwiastków uznawanych za niemobilne podczas przeobrażeń termicznych odpadów na zwałowisku w Chwałowicach. Przykładowo rubid i potas wykazują zwykle silną korelację ze względu na obecność rubidu w minerałach zawierających potas, a w badanym przypadku tej zależności nie ma.

Wnikliwą analizę składu mineralnego i chemicznego (pierwiastki główne i śladowe) dla 16 prób pobranych ze zwałowiska w Chwałowicach (Starzykowiec) w odniesieniu do ich makroskopowego wyglądu [5] przeprowadziłam również w celu znalezienia zależności, które można byłoby wykorzystać przy opracowywaniu kolejnych, nieopisanych jeszcze zwałowisk. Wprawdzie procesy samozagrzewania się i samozapalania odpadów powęglowych zachodzą w sposób niekontrolowany i trudno jest opracować niezawodną metodę, to jednak udało się uchwycić kilka zależności. Skały płonne o takim samym wyglądzie makroskopowym występujące na przepalonych zwałowiskach powinny mieć wyjściowo zbieżny skład mineralny i chemiczny oraz powinny być poddane działaniu tych samych czynników. Odpady deponowane na zwałowiskach danego zagłębia węglowego będą charakteryzowały się podobną regionalną petrologią, rodzajem węgla i stopniem jego uwęglania. Nie stwierdziłam zależności w zawartości pierwiastków głównych w próbkach przeobrażających się w dolnej, środkowej czy górnej części zwałowiska, aczkolwiek większość pierwiastków śladowych, np. V, Co, Ni, As, Rb, Sb, Ba i Pb wykazują wzrost koncentracji w kierunku wierzchołku zwałowiska.

Próbie uproszczenia przewidywania przeobrażeń zachodzących w odpadach powęglowych ograniczając się do zastosowania jednej metody badawczej bądź obserwacji makroskopowych przy założeniu zbieżnego składu mineralnego i chemicznego odpadów w danym zagłębiu podjęłam również dla zwałowiska byłej kopalni Jowisz w Wojkowicach po przeprowadzeniu precyzyjnych badań opublikowanych w artykule [3]. W artykule [10]: J. Ciesielczuk, S. Cebulak, 2011 – „Przydatność analizy termicznej do badań zmienionych termicznie odpadów powęglowych na przykładzie zwałowiska w Wojkowicach, Górn Śląskie Zagłębie Węglowe, Polska” zastosowałam analizę termiczną dla próbek pobranych z różnych

stref przeobrażeń. Udowodniłam, że dla skał płonnych nieprzeobrażonych termicznie bądź przeobrażonych w niewielkim stopniu można uprościć procedurę identyfikacji składu odpadów stosując jedynie analizę termiczną. Precyzyjnie scharakteryzowałam ilość substancji węglistej w odpadzie, charakter węgla, jego skłonność do chemisorpcji, stopień zwietrzenia, temperatury zachodzących procesów egzo- i endotermicznych, czego nie można zrobić innymi metodami. Ponadto oszacowałam ilość minerałów ilastych na podstawie reakcji związanych z oddawaniem wody i grup OH oraz zawartość pirytu i węglanów. Szacunki te były zbieżne z przeprowadzonymi wcześniej badaniami metodą dyfrakcji rentgenowskiej [3]. Dodatkowo określiłam zawartość wilgoci oraz stwierdziłam obecność i możliwość migracji pirolizatu nawet do nowoutworzonej w wyniku pożaru paralawy [10].

Istotne znaczenie dla poznania procesów samozagrzewania i samozapalania się odpadów powęglowych ma wnikliwe rozpoznanie czynników, które je powodują i wpływają na ich przebieg oraz intensywność. Dzięki obserwacjom terenowym oraz badaniom potwierdzam wpływ wielu czynników na samozapalanie się odpadów powęglowych zaznaczając, że mimo podobnego mechanizmu każdy przypadek jest indywidualny [10]. Bezpośrednią przyczyną endogenicznych pożarów odpadów po eksploatacji węgla kamiennego są przemiany zachodzące w strukturze węgla na skutek jego utleniania, prowadzące do reakcji egzotermicznych. Skłonność oraz intensywność reakcji zależy od (1) rodzajów/macerałów węgla, które będą wykazywały różną zdolność do chemisorpcji tlenu, (2) stopnia zwietrzenia/utlenienia węgla, (3) stopnia uwęglenia, (4) składu chemicznego węgla, (5) formy występowania węgla w odpadach: w postaci lamin, rozproszonej, całych bryłek węgla, (6) położenia węgla w obrębie bryły skały płonnej: laminy na powierzchni bryły lub w środku, (7) grubości lamin węgla oraz ich masy, (8) dostępu tlenu, (9) zawartości substancji węglistej w odpadach, (10) stopnia rozdrobnienia materiału odpadowego oraz jego wysortowania, (11) stopnia zwietrzenia skały płonnej, (12) obecności minerałów siarczkowych, głównie pirytu i markasytu, (13) obecności węglanów żelaza, zwłaszcza syderytu, (14) składu mineralnego skały płonnej, ilości zawartego kwarcu, skaleni, rodzaju minerałów ilastych oraz mik, (15) kształtu zwałowiska, jego wysokości, (16) stopnia zagęszczenia odpadów, (17) ekspozycji na czynniki klimatyczne, oraz (18) czynników geograficznych: klimatu, kierunku wiatru, intensywności opadów atmosferycznych. Moim osiągnięciem naukowym w tym aspekcie jest udokumentowanie ważności czynnika (14): ilość i rodzaj faz mineralnych budujących skały płonne wpływają znacznie na lokalnie wygenerowaną temperaturę powodując różny przebieg przemian zachodzących w odpadach powęglowych.

Od 2008 roku prowadzę monitoring palącego się składowiska odpadów komunalnych rekultywowanego odpadami powęglowymi w Katowicach – Wełnowcu przy poparciu Wydziału Ochrony Środowiska Urzędu Miasta Katowice. Szczególną uwagę zwracam na sposób tworzenia się, czas trwania, migracji oraz zamierania aktywności termicznej oraz efektywność zastosowanych sposobów gaszenia (publikacja [8]: J. Ciesielczuk, J. Janeczek, S. Cebulak, 2013 – "Przebieg i przyczyny endogenicznego pożaru węgla kamiennego na zrekultywowanym składowisku odpadów komunalnych w Katowicach"). Znajduje się ono

w linii prostej 1 km od centrum Katowic. Funkcjonowało od 1991 r. i zostało zamknięte w 1996 r. Zdeponowano w nim około 1,6 mln t odpadów, w tym 22,5% odpadów górniczych. Składowisko zajmuje powierzchnię 16 ha, a w 1998 roku zostało zrehabilitowane. Od 2001 r. przez kilka lat prowadzono na jego terenie eksploatację metanu, którego ilość wielokrotnie przeszacowano. Wkrótce po zakończeniu wydobycia biogazu na składowisku pojawiły się endogeniczne zjawiska termiczne, którym towarzyszy emisja gazów pożarowych stanowiących uciążliwość dla mieszkańców pobliskich osiedli. Przejawy aktywności termicznej występują na przede wszystkim na stokach składowiska i tylko w jednym miejscu pożar wkracza na brzeg wierzchowiny. Zjawiska termiczne obserwowane na składowisku mają wyraźne centra i duży gradient temperatury (nawet kilkaset stopni Celsjusza na odległości 1 m).

Zaobserwowałam, że rozpalanie skarpy rozpoczyna się w 2/3 wysokości od szczytu mimo równomiernego rozmieszczenia odpadów powęglowych. Najwyższe temperatury sięgające 690°C na 30 cm pod powierzchnią terenu utrzymują się tam przez kilkanaście miesięcy, aż do wypalenia większości węgla zawartego w materiale odpadowym. Następnie pożar migruje w górę skarpy, gdzie utrzymuje się przez kolejnych kilkanaście miesięcy. Ponadto potwierdzam fakt intensyfikacji pożaru na skutek padających deszczów, topienia się pokrywy śnieżnej, czy innych działań, jak stabilizacja zboczy poprzez palikowanie czy montowanie instalacji do odzyskiwania metanu. Woda oraz powietrze migrując w głąb zwałowiska dostarcza tlen w miejsca niedotlenione, zmieniając warunki redox i zamiast, jak się powszechnie uważa, obniżać temperaturę, pożar się intensyfikuje.

Monitorując składowisko w Welnowcu wykonałam ocenę skuteczności metod gaśniczych stosowanych przez doświadczonych w tym zakresie firmy. Jednakże żadne z prowadzonych do tej pory działań gaśniczych nie doprowadziły do ugaszenia pożaru na tym składowisku. Najbardziej skuteczną metodą było wykopywanie palącego się materiału, odsypywanie na boki, a następnie chłodzenie w warunkach naturalnych przez kilka dni. Dno wykopów było przysypywane warstwą popiołów z elektrociepłowni. Przystudzony materiał był umieszczany z powrotem. Wprawdzie osiągnięto cel – w miejscu przebudowanym aktywności termicznej nie ma do dziś – aczkolwiek pojawiła się w miejscu sąsiadującym. Należało wykonać rów odcinający miejsce zapożarowane od nieaktywnego termicznie wypełniając go materiałem izolacyjnym (też mogły to być popioły z elektrociepłowni). Wybór miejsca do wykopania rowu prewencyjnego powinien być poprzedzony sondowaniem temperatury w celu stwierdzenia, czy badany rejon nie wykazuje oznak samozagrzewania węgla. Najgorszą metodą gaszenia pożaru było wykopywanie palącego się materiału odpadowego, polewanie go wodą i wodą wymieszaną z wapnem, a po przestudzeniu wsypywaniu go z powrotem. Tą metodą wprawdzie obniżono temperaturę palących się odpadów na kilka miesięcy, jednak po roku problem zapożarowania tak przebudowanego stoku wrócił. Obecnie notowane są tam temperatury sięgające 470°C na głębokości 1 m.

Analizując sytuację, która miała miejsce na zwałowisku w Welnowcu czynnikami sprzyjającymi powstaniu pożaru były: zbyt duża ilość odpadów górniczych użytych do rekultywacji, zbyt duża zawartość w nich węgla (znacznie powyżej 5%), obecność całych brył węgla oraz licznych przerostów węgla w łupku ilastym, słabe przewodnictwo cieplne

otoczenia sprzyjające akumulacji ciepła aż do temperatury zapłonu węgla, obecność utlenianego pirytu oraz ułatwiony dostęp tlenu i wody do węgla. Ponadto stosując oksyreaktywną analizę termiczną węgla z łupków węglistych ze składowiska okazało się, że niektóre z nich mają dużą skłonność do samozapalania. Wiele z nich ma charakter pierwotny, bez oznak procesów wtórnych, wykazujący silne skłonności do chemisorpcji i rozkładu termicznego. Ponadto różnorodność rozmiarów okruchów skał w odpadach górniczych oraz ich niezagęszczenie w warstwie rekultywacyjnej stworzyły korzystne warunki dla dyfuzji powietrza w przestrzeń porową i ułatwiły utlenianie węgla, a jednocześnie sprzyjały kumulacji ciepła [8].

Na składowisku w Wełnowcu mierzyłam stężenie CO i CO₂ [8]. Istnieje wyraźna zależność między temperaturą na głębokości 1 m a stężeniem CO (stężenie CO₂ w większości punktów przekroczyło skalę rurki pomiarowej, tj. 18% obj.). W miejscach, gdzie na głębokości 1 m temperatura nie przekracza 50°C, stężenie tlenu węgla wynosiło kilka setnych procenta, natomiast w miejscach o temperaturze powyżej 100°C stężenie CO przekraczało 1%, osiągając w jednym punkcie pomiarowym 2,5% przy stosunkowo niskiej temperaturze. Duże stężenie CO sugeruje spalanie w warunkach niedoboru tlenowego, co jest charakterystyczne dla procesu tlenia węgla. Mogło też dojść do przeobrażenia węgla powodując zwiększenie jego skłonności do chemisorpcji tlenu z równoczesnym obniżeniem temperatury termicznego rozkładu z emisją CO. Duże stężenie CO₂ stwierdzone w wielu punktach pomiarowych jest zapewne w znacznej części spowodowane utlenianiem CO.

Wydzielające się z palących się zwałowisk powęglowych gazy, które wraz z parą wodną przedostają się do atmosfery zostały pilotażowo zbadane na czterech zwałowiskach na Górnym Śląsku oraz dwóch na Dolnym Śląsku i opublikowane w artykule [6] M. Fabiańska, J. Ciesielczuk, Ł. Kruszewski, M. Misz-Kennan, D. R. Blake, G. Stracher, I. Moszumańska, 2013 – „Gaseous compounds and efflorescences generated in self-heating coal-waste dumps – A case study from the Upper- and Lower Silesian Coal Basins (Poland)”. Wraz z Łukaszem Kruszewskim opracowałam skład fazowy wykwitów krystalizujących u ujścia szczelin, z których gazy były pobierane oraz uchwyciłam zbieżności składu chemicznego gazów i wykwitów. Skład fazowy wykwitów pochodzących z różnych zwałowisk różni się znacznie ilościowo, jakościowo oraz chemicznie. Zidentyfikowaliśmy 24 fazy mineralne, głównie siarczany i chlorki amonu, wapnia, potasu, sodu, glinu i żelaza oraz siarkę elementarną i wykwit organiczne, które są rzadkością. Najmniej wykwitów stwierdziliśmy na zwałowiskach, gdzie temperatury mierzone w szczelinach były najniższe, a najwięcej tam, gdzie były wysokie. Tworzą się one w wyniku kondensacji lub ewaporacji albo jako efekt oddziaływania gorących agresywnych gazów na odpady powęglowe zdeponowane tuż pod powierzchnią.

Prowadząc badania na palących się zwałowiskach powęglowych zwróciłam uwagę na zachowanie się szaty roślinnej w warunkach dla niej ekstremalnych. Moim wkładem do pracy [9] J. Ciesielczuk, A. Czyłok, S. Cebulak, 2011 – „Sukcesja roślinna oraz gigantyzm obserwowane na palącej się hałdzie w Katowicach-Wełnowcu, Polska” było zaobserwowanie zjawisk oraz zainicjowanie prac prowadzonych przez biologa, prof. Andrzeja Czyłoka.

Zauważyłam całkowite rozregulowanie cyklu wegetacyjnego. Zagrzane miejsca na hałdzie pozwalają na obsiewanie nawet w środku zimy i często z danego gatunku w tym samym czasie obserwujemy siewki, rośliny kwitnące oraz owocujące. Zwróciłam uwagę na pasowość występowania poszczególnych gatunków roślin wokół miejsc zapożarowanych, czyli zasadę pierwszego kolonizatora oraz gigantyzm wkraczających na miejsca popożarowe roślin, które osiągają lub nawet przewyższają rekordowe rozmiary podawane w kluczu dla oznaczania roślin.

Rozpoczynając badania palących się zwałowisk powęglowych analizowałam mapy sozologiczne, geologiczno-gospodarcze i geośrodowiskowe Polski, zdjęcia satelitarne, dostępną literaturę oraz prowadziłam wstępne badania terenowe. Efekt tych prac opisałam w publikacji [2]: J. Ciesielczuk, 2014 – „Coal mining and combustion in the coal-waste dumps of Poland”, gdzie na bazie literatury przedstawiłam górnictwo węglowe w Polsce, problem składowania odpadów powęglowych w przeszłości i obecnie, listę 50-ciu największych zwałowisk powęglowych Górnego Śląska, mieszczących więcej niż 1 mln ton odpadów oraz możliwości prowadzenia działań gaśniczych oraz zapobiegających samozagrzewaniu się zwałowisk. W artykule tym opisuję przykładowe zwałowiska powęglowe, które uległy samozapaleniu. Ogólna charakterystyka wybranych zwałowisk powęglowych w Polsce wraz z dokumentacją fotograficzną makro- i mikroskopową została przedstawiona w publikacji [7]: M. Misz-Kennan, J. Ciesielczuk, A. Tabor, 2013 – „Coal-Waste Dump Fires of Poland”. Jest to rozdział w 2-gim tomie monografii poświęconej problemowi palących się zwałowisk w Polsce na przykładach: składowiska odpadów komunalnych rekultywowanego odpadami powęglowymi w dzielnicy Katowic - Wełnowcu, zwałowiska Starzykowiec na terenie KWK Chwałowice, „Szarłota” - stożki rymerowskie KWK Rymer, zwałowisko KWK Marcel w Radlinie, zwałowisko KWK Rydułtowy oraz zwałowisko KWK Anna-Wrzosy w Pszowie. Opisane również zostały zwałowiska, które paliły się w przeszłości, obecnie termicznie nieaktywne: zwałowisko KWK Jowisz w Wojkowicach, zwałowisko KWK Saturn w Czeladzi, zrekultywowane zwałowisko KWK Siemianowice oraz KWK Czczcott. Spośród wymienionych powyżej zwałowisk podałam charakterystykę oraz dokumentację fotograficzną (makrofoto oraz SEM) dla zwałowiska KWK Jowisz w Wojkowicach, zwałowiska KWK Saturn w Czeladzi, zwałowiska w Siemianowicach Śląskich i zwałowiska w Wełnowcu oraz zwałowiska Starzykowiec.

Wszystkie przedstawione powyżej kierunki badań zwałowisk powęglowych są przez mnie kontynuowane i poszerzane o kolejne dziedziny badawcze. Poszerza się również zespół naukowców, z którymi owocnie współpracuję. Doskonałym poligonem do prowadzenia prac w szerokim zakresie tematycznym okazało się być składowisko w Katowicach – Wełnowcu. Częste wizyty na składowisku, prowadzone obserwacje oraz dyskusje pozwalają na ukierunkowanie prowadzonych badań oraz synchronizowanie prac/obserwacji mineralogicznych i geochemicznych z biologicznymi, poboru i analizy gazów, a ostatnio z geofizycznymi. Wiele z tych prac jest w trakcie realizacji, pierwsze wyniki są opublikowane, a kolejne wyniki badań i obserwacje są w fazie przygotowywania do druku.

Ponadto uzyskane wyniki badań mogą stanowić wzorzec dla badaczy hałd powęglowych oraz ich odpowiedników w różnych obiektach środowiska naturalnego.

Zmiany zachodzące na palących się obecnie lub w przeszłości zwałowiskach powęglowych mogą być porównywane z naturalnymi analogami, gdzie gradienty temperatury są duże, a ciśnienie niewielkie. W naturalnych warunkach tego typu przeobrażenia zachodzą w wyniku metamorfizmu kontaktowego oraz w ksenolitach. Aktualnie rozpoczęłam badania nad termicznie przeobrażonymi skałami występującymi wokół intruzji dacytu w południowym Peru. Zidentyfikowałam w nich występowanie rzadkiego minerału z grupy apatyty-ellestadytu, który wcześniej opisałam ze zwałowiska powęglowego w Czeladzi [A17].

Podsumowując stwierdzam, że przeprowadzone przeze mnie badania eksperymentalne oraz klasyczne wykazały: (1) duże znaczenie ilości węgla oraz obecności piryty i syderyty na przemiany termiczne materii mineralnej w skale płonnej; (2) zależność między wzrostem ilości kwarcu w odpadzie a zmniejszaniem się stopnia i lokalnego zasięgu przeobrażeń termicznych w skałach płonnych; (3) znaczenie rodzaju i ilości każdej fazy mineralnej budującej skałę płonną na przebieg przeobrażeń termicznych; (4) jaki jest mechanizm przeobrażeń termicznych skał i minerałów spowodowanych pożarami węgla; (5) fazy mineralne stanowiące efekt przeobrażeń termicznych, takie jak indialit czy mullit, mogą być wskaźnikami procesów zachodzących w zapożarowanej części składowiska oraz (6) że mimo mnogości różnych wariantów przeobrażeń można uprościć rozpoznawanie procesów zachodzących w odpadach powęglowych. Ponadto (7) wniosłam do literatury światowej charakterystykę efektów działania pirometamorfizmu na wybranych przykładach z Polski; (8) zwróciłam uwagę na sposób rozprzestrzeniania się miejsc aktywnych termicznie, ich migrację oraz efektywność stosowanych sposobów gaszenia oraz (9) zainicjowałam badania prowadzone przez specjalistów z innych dziedzin takich jak biologia, geofizyka, petrologia węgla, chemia organiczna i nieorganiczna na palących się zwałowiskach powęglowych w celu uzyskania pełnego spektrum danych.

Literatura:

- Sokol, E.V., Maksimova, N.V., Nigmatulina, E.N., Sharygin, V.V., Kalugin, V.M., 2005. Combustion metamorphism. Publishing House of the SB RAS, Novosibirsk, 1-284.
- Stracher G.B., 2009. Geology of Coal Fires: Case Studies from Around the World. The Geological Society of America, 1-375.
- Stracher G.B., Prakash A., Sokol E.V. (Eds.), 2011. Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Coal – geology and combustion. Volume 1, Elsevier, 1-357.
- Stracher G.B., Prakash A., Sokol E.V. (Eds.), 2013. Coal and Peat Fires: A Global Perspective. Photographs and multimedia tours. Volume 2, Elsevier, 1-554.

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze opublikowane przed doktoratem

Początek moich zainteresowań naukowych był ukierunkowany na badanie minerałów wtórnych strefy utlenienia związków polimetalicznych na przykładzie złoża w Miedziance, w Sudetach. Przed uzyskaniem tytułu doktora opublikowana została praca [35] J. Ciesielczuk, J. Janeczek, 1991 – „Pseudomalachite from Radzimowice and some comments on its occurrence in Miedzianka (Sudetes Mts.)”, w której przedstawiłam charakterystykę tego minerału, błędnie wcześniej identyfikowanego jako malachit. Pseudomalachit z Radzimowic zawiera podstawienia arsenu za fosfor, co świadczy o możliwości istnienia roztworu stałego pseudomalachit - cornwallit. Pseudomalachit z Miedzianki krystalizował jako czwarty w sekwencji minerałów hipergenicznych, po chryzokoli, pierwszej generacji malachitu, a przed drugą jego generacją. Skład minerałów hipergenicznych wskazuje na dużą alkaliczność roztworów oraz wysokie Eh, z których krystalizowały. Poszukując tematu pracy doktorskiej opracowałam skład mineralny wypełnień lejów krasowych, które mogą reprezentować produkty subtropikalnego oligoceńsko-miocenkiego krasu, co zostało opublikowane w pracy [33] J. Lewandowski, J. Ciesielczuk, 1997 – „Przyczynek do poznania regolitów krasowych Wyżyny Śląskiej”. Następnie udział w kursie geochemicznym w ramach programu Tempus w Wielkiej Brytanii pozwolił mi na opracowanie wraz z zespołem środowisk geotektonicznych tworzenia się amfibolitów Kopuły Orlicko-Śnieżnickiej, co zostało opublikowane w pracach [31] P.A. Floyd, J.A. Winchester, J. Ciesielczuk, A. Lewandowska, J. Szczepański, K. Turniak, 1996 – „Geochemistry of early Palaeozoic amphibolites from the Orlica - Śnieżnik dome, Bohemian massif: petrogenesis and palaeotectonic aspects“ oraz [34] A. Lewandowska, J. Ciesielczuk, J.A. Winchester, P.A. Floyd, 1995 – „Amphibolites from the Zimne Wody area, west Stronie series (SW Poland)”. Rozpoczęłam również badania nad poznaniem hydrotermalnych przeobrażeń granitoidów, co opublikowałam w pilotażowej pracy [32] J. Ciesielczuk, J. Janeczek, 1999 – „Hydrothermal alteration of the Strzelin granite”.

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze opublikowane po doktoracie

Zainicjowane przed uzyskaniem stopnia doktora nauk o Ziemi tematy badawcze oraz zdobyte przy tym umiejętności kontynuowałam w dalszej mojej pracy. Opracowałam etap hydrotermalny przeobrażania się granitu ze Strzelina, wskazując na przemiany, jakim podlegają poszczególne fazy mineralne oraz skład chemiczny całego granitu. Zwróciłam uwagę na zasięg przeobrażeń, który często jest źle szacowany, zaniżany lub pomijany, oparty jedynie na widocznych różnicach makroskopowych, kiedy moje szacunki mówią o przeobrażeniu przynajmniej 20% całej masy granitu strzelińskiego, co opublikowałam w pracach [16] J. Ciesielczuk, 2007 – „Hydrothermal activity in the Strzelin granite (Poland)” i [17] J. Ciesielczuk, J. Janeczek, 2004 – „Hydrothermal alteration of the Strzelin granite, SW Poland”. Zidentyfikowane asocjacje minerałów powstałych w wyniku przeobrażenia w obrębie granitu oraz w żyłach w granicie strzelińskim są takie same i powstawały w warunkach ciśnienia i temperatury odpowiadających facji zeolitowej, a nawet

niekompletnej facji prehnitowo-pumpellyitowej metamorfizmu niskiego stopnia. Z obliczonego bilansu masy wynika, że głównie wapń i woda musiały być doprowadzone, a krzemionka odprowadzona do roztworu hydrotermalnego, co spowodowało zmniejszenie objętości granitu przeobrażonego.

Ponadto opisałam zmiany, jakim podlegał granit z Borowa, który znalazł się w 40 metrowej strefie ścinania wykorzystywanej przez roztwory hydrotermalne: [30] J. Ciesielczuk, 2000 – „Geochemistry of the hydrothermally altered granite from the shear zone in Borów (Strzegom - Sobótka massif)”. Sformułowałam reakcje chemiczne, którym podlegały minerały pierwotne podczas przeobrażenia: [29] J. Ciesielczuk, 2001 – “Chemical reactions proceeded in minerals affected by hydrothermal fluid (based on the Strzelin and Borów granites)” oraz opisałam zachowanie się pierwiastków głównych i śladowych w trakcie przeobrażeń udowadniając istnienie zależności liniowych tylko dla następujących par: K/Rb, Fe/V, Al/Ga, K/Ba i Ba/Rb [23] J. Ciesielczuk, 2005 – „The interdependence of elements in the hydrothermally altered Strzelin and Borów granites”. Przeprowadziłam trawienie w stężonych kwasach HNO₃, HCl i mieszaninie 1:1 HNO₃:HCl automorficznych kryształów pirytu pochodzącego z przeobrażonego granitu z Borowa. Zbadałam jego skład chemiczny oraz minerałów zainkludowanych w nim udowadniając jego powstanie na drodze metasomatozy w wyniku rozpuszczania głównie kwarcu przez wysoko alkaliczne roztwory sprzyjające krystalizacji siarczków: [24] J. Ciesielczuk, J. Janeczek, 2004 – „Metasomatic pyrite from hydrothermally altered Borów granite (Strzegom-Sobótka Massif). Preliminary report”. Metasomatoza pirytu miała miejsce po przeobrażeniu granitu, przy czym procesy albityzacji skaleni potasowych oraz chlorytyzacji biotyty spowodowały wzrost alkaliczności roztworów hydrotermalnych.

Kolejnym osiągnięciem z zakresu przeobrażeń hydrotermalnych granitów było szczegółowe opracowanie jednego z najpowszechniejszych produktów przeobrażeń hydrotermalnych jakim jest chloryt oraz użycie go jako geotermometru w celu oszacowania temperatur panujących w granitach podczas przeobrażeń [14] J. Ciesielczuk, 2012 – „Chlorite of hydrothermal origin formed in the Strzelin and Borów granites (Fore-Sudetic Block, Poland)”. Analizowałam ten minerał pod względem składu chemicznego, formy, pokroju, miejsc i częstości występowania w granicie. W granicie ze Strzelina i z Borowa chloryt występuje w dwóch postaciach: (1) powstały w wyniku zastępowania biotyty jako wtórny minerał hydrotermalny o wielkości od 0,1 do 1,5 mm oraz (2) krystalizujący wprost z roztworu hydrotermalnego w szczelinach, mikroszczelinach i przestrzeniach międzyziarnowych jako pierwotny minerał hydrotermalny o sferolitycznej formie i rozmiarze do 0,05 mm. Chloryt pochodzący z granitu strzelińskiego zawiera mniej żelaza niż chloryt z granitu z Borowa, co jest odzwierciedleniem składu chemicznego skały wyjściowej. Okazało się, że w składzie chemicznym granitu ze Strzelina stosunek MgO/FeO jest wyższy niż w granicie z Borowa. Chcąc zastosować chloryt do obliczania temperatury jego powstania trzeba mieć pewność, że nie zawiera on w swojej strukturze pakietów innych minerałów, np. smektytu czy berthierynu. W tym celu chloryt z żył hydrotermalnych z granitu w Strzelinie był traktowany glikolem, grzany do 180°C i 550°C i sprawdzany dyfrakcyjnie (RTG), a chloryt pobiotytowy był analizowany przy użyciu mikroskopu transmisyjnego

o wysokiej rozdzielczości (HRTEM). Wszystkie te zabiegi potwierdziły brak jakichkolwiek struktur mieszanopakietowych w badanych ziarnach chlorytu. Dla 180 ziaren badanych chlorytów, w których wykonałam 258 analiz mikrosondowych udowodniłam następujące temperatury ich tworzenia się: najniższa temperatura tworzenia się chlorytu została stwierdzona dla ziaren tworzących się pojedynczo w nieprzeobrażonym granicie strzelińskim (334°C), wzrasta w kierunku żył hydrotermalnych (349, 355°C) z maksimum dla chlorytów tworzących się w żyłach hydrotermalnych (376°C). Chloryt pobiotytowy tworzy się w niższych temperaturach (354°C) niż chloryt sferolityczny (388°C). W granicie z Borowa, gdzie nie obserwuje się strefowości nasilania się przeobrażeń hydrotermalnych w kierunku żył chloryt pobiotytowy tworzył się również w niższej temperaturze (346°C) niż chloryt sferolityczny (350°C). Pracą tą udowodniłam skuteczność geotermometru chlorytowego, który był wcześniej wielokrotnie dyskredytowany.

W pracy [20] J. Ciesielczuk, M. Sikorska, 2007 – “Suitability of the cathodoluminescence method in the investigations of hydrothermal alterations of granitoids” podjęłam próbę zastosowania katodoluminescencji do badań przeobrażeń hydrotermalnych na przykładzie granitu karkonoskiego oraz ze Strzelina i Borowa. Metoda jest stosunkowo tania, a produkty przeobrażeń często są niewielkich rozmiarów, łatwych do przeoczenia podczas obserwacji mikroskopowych. Metodą katodoluminescencji wykazałam dwie generacje prehnitu oraz kalcytu, co nie znajduje odzwierciedlenia w ich składzie chemicznym, luminescencję tytanitu zawierającego więcej glinu w swojej strukturze oraz klinozoizytu w centralnej części ziaren zawierających więcej Fe_2O_3 niż jego nieluminescencyjne brzegi. Niebieska barwa katodoluminescencyjna fluorytu pozwoliła zidentyfikować ten minerał w nieprzeobrażonym granicie, co dowodzi obecności produktów przeobrażeń w skale makroskopowo niezmięnionej oraz zawyża zawartość CaO w składzie chemicznym skały. Barwy katodoluminescencyjne świetnie oddają makro- i mikroskopowo niewidoczne przeobrażenia, które zaszły w skaleniach.

Ponadto porównałam charakter przeobrażeń hydrotermalnych obserwowany w granitach ze Strzelina i Borowa z masywami granitoidowymi: Maine (USA), Aspö i Stripa (Szwecja), Beauvoir i Auriat (Francja) oraz Ashio (Japonia). W pracy [27] J. Ciesielczuk, 2002 – „Hydrothermal alteration of the Borów and Strzelin granites (the Sudetes Mts) in comparison with other granitic massifs” udowodniłam potrzebę indywidualnego opracowywania sposobu przeobrażeń hydrotermalnych poszczególnych granitoidów, gdyż ilość czynników mających wpływ na efekt końcowy jest znaczna i różna. Do najważniejszych należą: skład petrograficzny, mineralny i chemiczny skały macierzystej, tektonika masywu, zmiany składu chemicznego krążących roztworów hydrotermalnych, ich temperatura, panujące ciśnienie, lotność tlenu, CO_2 , pH, Eh oraz możliwość, czas i wielokrotność penetracji masywu przez fluidy.

Kontynuując prace nad hipergenicznymi minerałami strefy utlenienia złóż polimetalicznych, stwierdziłam obecność podstawień wielu pierwiastków w strukturach tych minerałów: [26] J. Ciesielczuk, Z. Bzowski, 2003 – „Secondary (Cu, Zn)-oxyminerals from the Miedzianka copper deposit in Rudawy Janowickie, Sudetes Mts. Preliminary report”

oraz [25] J. Ciesielczuk, E. Szełęg, M. Kuźniarski, P. Bylina, 2004 – „Preliminary data of erythrite from Ciechanowice (Miedzianka deposit, Sudetes Mts.)”. W pracach tych zaproponowałam możliwość istnienia roztworów stałych o ograniczonej mieszalności nie tylko dla cornwallitu i pseudomalachitu, ale także dla cornwallitu i legrandytu, pseudomalachitu i legrandytu oraz erytrynu i kottigitu, które jeszcze mogą mieć podstawienia jonami Cu.

Kurs geochemiczny w ramach programu Tempus nauczył mnie opracowywania środowisk geotektonicznych metabazytów, co zastosowałam dla amfibolitów występujących w polskiej części Gór Opawskich, w Sudetach Wschodnich w obrębie proterozoicznej serii Desny i dewońskiej serii Vrbna. Moje badania potwierdziły istnienie długotrwałego epizodu wulkanicznego, który trwał w reżimie ekstensyjnym od środkowego dewonu do wczesnego karbonu iniekując wulkanity o składzie bazaltów toleitowych w skały różnego wieku i o różnym stopniu przeobrażenia, co zostało opublikowane w pracy [22] J. Ciesielczuk, J. Żaba, 2006 – „The palaeotectonic environment of amphibolites from the Polish part of the Desna and Vrbno series, Opava Mts., East Sudetes”.

W pracach [13] P. Premović, J. Ciesielczuk, G. Bzowska, M.G. Djordjević, 2012 – “Geochemistry and electron spin resonance of hydrothermal dickite (Nowa Ruda, Lower Silesia, Poland): vanadium and chromium” i [15] P.I. Premović, J. Ciesielczuk, B.Ž. Todorović, D.M. Đorđević, N.S. Krstić, 2010 – „Geochemistry of Fe³⁺ in the hydrothermal dickite from Jedlina Zdroj (Lower Silesia, Poland)” moim zadaniem było pozyskanie materiału do badań, przygotowanie literaturowe, opisanie budowy geologicznej regionu, a przede wszystkim identyfikacja metodami mineralogicznymi badanych minerałów z grupy kaolinitu powstałych na drodze hydrotermalnej.

Mój dodatkowy dorobek naukowy stanowią również publikacje będące efektem Polskich Wypraw Naukowych do Peru, w których trzykrotnie brałam udział. W oparciu o wysokogórskie prace terenowe opracowałam mineralizację siarczanową wokół gejzeru usytuowanego u stóp wulkanu Hualca Hualca (6025 m n.p.m.), który stanowi jeden z przejawów aktywności termalnej związanej z aktywną strefą subdukcji będącej efektem podsuwania się płyty litosferycznej Nazca pod płytę południowoamerykańską [11] J. Ciesielczuk, J. Żaba, G. Bzowska, K. Gaidzik, M. Głogowska 2013 – „Surface mineralization at the geyser near Pinchollo, southern Peru”. Opisany geyzer tryska na wysokości 4353 m n.p.m. wykorzystując szczeliny uskokowe lokalnej sieci uskoków, na które nakłada się młody uskok o przebiegu równoleżnikowym. Wykwity mineralne o różnych pokrojach i barwach od białej przez żółtą do pomarańczowej, krystalizujące na glebie i roślinach, były badane w rejonie samego gejzeru (lokalizacja 1), niszy wypełnionej wodą (lokalizacja 1a) w fazie wrzenia oraz w dolince znajdującej się w odległości około 100 m na zachód (lokalizacja 2). Ich skład chemiczny jest prosty, dominują: Al, Fe, K, Mg, Ca, S, NH₄ and O. Bardziej złożony jest ich skład fazowy. We wszystkich lokalizacjach zidentyfikowałam występowanie alunogenu, kopiaipitu, coquimbitu, tschermigitu i gipsu, natomiast minerały zawierające Mg jak boussingaultyt czy pickeringit krystalizują przy gejzerze, a w niszy dodatkowo siarczany żelaza jak mohryt czy rozenit. Siarczany zawierające

potas (jarosyt, alunit czy voltait) dominują w lokalizacji 2 razem z hematytem. Źródłem siarki dla tworzenia wykwitów może być H_2S pochodzenia wulkanicznego, który reaguje z wodą gruntową, piryt występujący w podległej formacji silikoklastycznej grupy Yura oraz gipsonośne formacje kredowe. W artykule tym stwierdziłam geochemiczną strefowość występującą wokół gejzeru, co będzie przedmiotem kolejnej publikacji, do której zebraliśmy kolejne próbki wykwitów podczas wyprawy w 2012 roku. Podobnie przygotowujemy do publikacji jest materiał dotyczący składu wód termalnych występujących w rejonie Rio Colca. Ogólna informacja na temat składu wód z badanego regionu zaczerpnięta ze strony www.ingemmet.gob.pl mówi o ich sodowo-chlorkowym typie, co nie odpowiada rodzajowi zbadanych wykwitów. Pobrane próbki wody w 2012 roku z omawianego gejzeru wskazują na jej wapniowo-siarczanowy charakter [A28]. Ponadto w przygotowaniu do publikacji jest materiał poświęcony przeobrażeniom termalnym formacji Ashua występującej na kontakcie z intruzją dacytu [A23].

Podczas wypraw do południowego Peru uczestniczyłam w badaniach tektonicznych, których pierwsze rezultaty zostały opublikowane w pracy [12] J. Żaba, Z. Małolepszy, K. Gaidzik, J. Ciesielczuk, A. Paulo, 2012 – „Fault network in Rio Colca valley between Maca and Pinchollo, Central Andes, southern Peru” oraz opracowywane i prezentowane na konferencjach [A21], [A22], [A24], [A25], [A29], [A31] i [A32].

