

Załącznik 1

Autoreferat w języku polskim

Summary of Professional

Accomplishments in Polish

Autoreferat

Załącznik 1

dr inż. Paulina Izabela Krakowska-Madejska

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

Katedra Geofizyki

Al. A. Mickiewicza 30

30-059 Kraków

Kraków, luty 2020

1. Imię i nazwisko

Paulina Izabela Krakowska-Madejska

Identyfikator autora:

ORCID: 0000-0002-8261-4350; **ResearcherID:** S-1290-2018; **Scopus:** 36652833500; **PBN:** 3960166

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- **2014 stopień doktora nauk o Ziemi (załącznik 3)**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska; Stacjonarne Studia Doktoranckie, specjalność – Geofizyka; data obrony pracy doktorskiej: 17.07.2014; nadanie stopnia uchwałą Rady Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH z dnia 29.09.2014;

Tytuł rozprawy doktorskiej: *Określenie potencjału zbiornikowego skał osadowych wieku prekambryjskiego i paleozoicznego na podstawie wyników badań laboratoryjnych i profilowań geofizyki otworowej;*

Promotor: prof. dr hab. inż. Jadwiga Jarzyna

- **2009 – tytuł zawodowy magistra inżyniera**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska; Stacjonarne studia magisterskie, Kierunek – Górnictwo i Geologia, specjalność – Geofizyka Poszukiwawcza; data obrony pracy magisterskiej: 07.07.2009;

Temat pracy magisterskiej: *Dobór parametrów petrofizycznych węglanowych skał zbiornikowych w celu podwyższenia dokładności wyznaczenia współczynnika nasycenia wodą*

Promotor: prof. dr hab. inż. Jadwiga Jarzyna

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

- **01.10.2015 – obecnie**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geofizyki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Stanowisko: adiunkt naukowo-dydaktyczny, umowa o pracę

- **01.10.2014 – 30.09.2015**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geofizyki, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Stanowisko: asystent naukowo-dydaktyczny, umowa o pracę

- **02.07.2012 – 31.09.2012**

Orlen Upstream Sp. z o.o. w Warszawie

Stanowisko: młodszy specjalista geofizyk, umowa o pracę, czas określony (załącznik 9)

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego (cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych)

Innowacyjne badania petrofizyczne i komputerowe modelowanie dla rozpoznania potencjału zbiornikowego i ruchu mediów w skałach

4.2. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b:

Teksty publikacji oraz oświadczenia współautorów o indywidualnym wkładzie w powstanie prac przedstawiono w załącznikach: 4 i 5. Kolejność przedstawienia publikacji wynika z toku realizacji badań, natomiast numery i roczniki ich wydania są efektem zróżnicowanej długości trwania procesów edytorskich i wydawniczych. Wykaz publikacji jest zgodny z formą wykazu Biblioteki Głównej, AGH w Krakowie (załącznik 8).

[O1] X-ray computed microtomography – a useful tool for petrophysical properties determination / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Konrad Tkocz, Jacek Tarasiuk, Sebastian Wroński, Marek Dohnalik // Computational Geosciences; ISSN 1420-0597. — 2016 vol. 20 iss. 5, s. 1155–1167.

Punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2016): 30.0

IF (2016) – 1.602; IF (5-year, 2016) – 2.252

Udział procentowy: 30%

Indeksowane w Journal Citation Reports

[O2] Computed X-ray microtomography as the useful tool in petrophysics: a case study of tight carbonates Modryn formation from Poland / **Paulina Krakowska**, Marek Dohnalik, Jadwiga Jarzyna, Kamila Wawrzyniak-Guz // Journal of Natural Gas Science and Engineering; ISSN 1875-5100. — 2016 vol. 31, s. 67–75.

Punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2016): 30.0

IF (2016) – 2.718; IF (5-year, 2016) – 2.810

Udział procentowy: 75%

Indeksowane w Journal Citation Reports

[O3] Innovative characterization of tight sandstones from Paleozoic basins in Poland using X-ray computed tomography supported by nuclear magnetic resonance and mercury porosimetry / **P. Krakowska**, E. Puskarczyk, M. Jędrychowski, M. Habrat, P. Madejski, M. Dohnalik // Journal of

Petroleum Science & Engineering: an International Journal Devoted to Integrated Reservoir Studies;
ISSN 0920-4105. — 2018 vol. 166, s. 389–405.

Punktacja (lista A czasopism MNiSW, 2017): 40.0

IF (2018) – 2.886; IF (5-year, 2018) – 3.157

Udział procentowy: 55%

Indeksowane w Journal Citation Reports

[O4] Detailed parametrization of the pore space in tight clastic rocks from Poland based on laboratory measurement results / **Paulina Krakowska** // Acta Geophysica; ISSN 1895-6572. — 2019 vol. 67 iss. 6 spec. iss., s. 1765–1776.

Punktacja (2019): 40.0

IF (2019) – 0.917; IF (5-year, 2019) – 1.009

Udział procentowy: 100%

Indeksowane w Journal Citation Reports

[O5] Diverse scale data for shale gas formation description – why is digital shale rock model construction difficult?: the Polish Silurian and Ordovician rocks case study / **Paulina I. Krakowska-Madejska**, Jadwiga A. Jarzyna // Minerals; ISSN 2075-163X. — 2020 vol. 10 art. no. 108, s. 1–20.

Punktacja (2020): 100.0

IF (2020) – 2.250; IF (5-year, 2020) – 2.453

Udział procentowy: 75%

Indeksowane w Journal Citation Reports

[O6] Research on fluid flow and permeability in low porous rock sample using laboratory and computational techniques / **Paulina Krakowska**, Paweł Madejski // Energies; ISSN 1996-1073. — 2019 vol. 12 iss. 24 art. no. 4684, s. 1–17.

Punktacja (2019): 140.0

IF (2019) – 2.707; IF (5-year, 2019) – 2.990

Udział procentowy: 50%

Indeksowane w Journal Citation Reports

4.3. Projekty, bezpośrednio związane z osiągnięciem naukowym

Prace statutowe, prowadzone na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie, w latach 2015 – 2020 przyczyniły się do mojego rozwoju naukowego i umożliwiły wykonywanie badań naukowych, które mogły zostać opublikowane w pracach **[O1, O5 i O6]**.

W okresie 01.02.2016 do 31.01.2019 byłam kierownikiem i równocześnie członkiem pięcioosobowego zespołu badawczego projektu **[P2]**, pt.: „Nowatorska metodyka interpretacji niekonwencjonalnych złóż ropy i gazu z wykorzystaniem wyników rentgenowskiej tomografii

komputerowej”. Projekt był finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie, program Lider VI, umowa numer: LIDER/319/L-6/14/NCBR/2015. Potwierdzenie udziału w projekcie przedstawiłam w załączniku 9.

Wyniki projektu są bezpośrednio związane z moim osiągnięciem naukowym. W ramach projektu powstały publikacje naukowe, na bazie wyników badań laboratoryjnych skał niskoporowatych i niskoprzepuszczalnych, oraz został zaprojektowany i utworzony nowoczesny, przyjazny dla użytkownika program poROSE (*poROUs materials examination SoftwarE*), do jakościowej i ilościowej interpretacji obrazów tomograficznych materiałów porowatych (np. skał, kości, ogniwa, materiały ceramiczne, itp.). Parametryzacja w programie polega na wyznaczaniu, np. średnic, objętości, kształtów, a także budowaniu szkieletu obiektów, klasyfikacji objętościowej.

Program poROSE jest licencjonowany przez Centrum Transferu Technologii AGH w Krakowie, w ramach umów i licencji komercyjnych i niekomercyjnych jednostkom przemysłowym i naukowym. Program poROSE był wykorzystywany do interpretacji obrazów rentgenowskiej tomografii komputerowej zaprezentowanych w publikacjach [O3 – O6].

Kolejnym projektem, przyczyniającym się bezpośrednio do mojego osiągnięcia naukowego, jest projekt MWSSSG [P6]: Metodologia wyznaczania sweet spot’ów na podstawie własności geochemicznych, petrofizycznych, geomechanicznych w oparciu o korelację wyników badań laboratoryjnych z pomiarami geofizycznymi i model generacyjny 3D. Zadanie 10: Adaptacja do warunków polskich metodologii wyznaczania sweet spot’ów na podstawie korelacji pomiarów geofizycznych z rdzeniami wiertniczymi, z programu krajowego Blue Gas, którego kierownikiem (zadania 10) była prof. dr hab. inż. Jadwiga Jarzyna (załącznik 9). Projekt był realizowany na AGH w Krakowie, a finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w okresie: 2013 – 2017. Wyniki badań z tego projektu są przedstawione w publikacji [O5].

4.4. Omówienie celu naukowego przedstawionych prac [O1 – O6] i osiągniętych wyników

Głównym osiągnięciem naukowym jest spójna, zintegrowana metodyka interpretacji innowacyjnych badań petrofizycznych i komputerowego modelowania do rozpoznania potencjału zbiornikowego i ruchu mediów w skałach. Badane skały, charakteryzujące się niskimi wartościami porowatości całkowitej i efektywnej oraz przepuszczalności absolutnej, były klasyfikowane, jako formacje zbiornikowe gazu zamkniętego, tzw. *tight gas, shale gas formations*. Opracowana metodyka, której zasadnicza część skupia się na określeniu zdolności do gromadzenia i oddawania mediów porowych przez skały, może być także z powodzeniem stosowana w pracach poszukiwawczych wód pitnych i geotermalnych. Praktyczne wykorzystanie wielu parametrów, dokładnie opisujących teksturę obiektu badań, wskazuje na możliwość zastosowania opisanej metodyki w ocenie własności różnorodnych materiałów nowych generacji, opracowanych dla celów budowlanych, konstrukcyjnych, medycznych.

4.4.1. Wprowadzenie

Moja działalność naukowa od początku pracy była związana z petrofizyką (wykonywanie badań laboratoryjnych na próbkach w Laboratorium Petrofizyki Katedry Geofizyki Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie, interpretacja wyników badań laboratoryjnych, pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Jadwigi Jarzyny) oraz geofizyką otworową (przetwarzanie

i interpretacja wyników profilowań geofizyki otworowej, pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Jadwigi Jarzyny).

Zainteresowania naukowe ukierunkowałam na określeniu potencjału zbiornikowego skał niskoporowatych i niskoprzepuszczalnych Polski, poprzez łączenie wyników różnorodnych badań laboratoryjnych oraz wyników pomiarów i interpretacji profilowań geofizyki otworowej.

Postawienie takiego celu jest koniecznym elementem rozwoju metod i metodyk badania skał w sytuacji, gdy konwencjonalne złoża węglowodorów na świecie i w Polsce nieuchronnie zmierzają do wyczerpania. Badanie własności zbiornikowych jest także niezbędnym elementem prac nad ekologicznymi źródłami energii, w związku z poszukiwaniem i wykorzystaniem wód geotermalnych. Rozpoznanie skał w skali mikro i nano pozwala również dostrzec różnorodne aspekty ich struktury i tekstury, dotąd nie wykorzystywane praktycznie (np. mikroinkluzyje istotnie zmieniające porowatość i przepuszczalność, a także własności cieplne), które mogą być użyteczne w badaniach pierwiastków śladowych na złożach pierwotnych i wtórnych (hałdach). Przedstawiony cykl prac badawczych i wyników był skupiony na zagadnieniach związanych z potencjałem zbiornikowym skał, ale omówione metody badań mogą być rozwijane również w innych kierunkach, dając szansę na nowe technologie poznawcze.

Jednym z celów, do którego uporczywie dążyłam, było wzajemne połączenie wyników różnorodnych badań na próbkach skalnych, aby rozszerzyć wachlarz dostępnych parametrów. Równocześnie dbałam o wykorzystanie istniejącego materiału archiwalnego, zdając sobie sprawę, że obecnie i w przyszłości pobór materiału skalnego z otworów jest i będzie ograniczony. Podkreślałam konieczność wykonania różnorodnych badań na tym samym fragmencie skały, dla zachowania warunków spójności wyników. Uzupełnienie archiwalnych danych przez nowoczesne wyniki uzyskane z badań rentgenowskiej tomografii komputerowej, przy minimalnej ilości koniecznego materiału skalnego, odpowiadało przyjętym założeniom.

Do najczęściej stosowanych przeze mnie metod laboratoryjnych należą: rentgenowska tomografia komputerowa (CT, ang. *computed X-ray tomography*), spektrometria magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR, ang. *nuclear magnetic resonance spectroscopy*), porozymetria rtęciowa (MICP, ang. *mercury injection capillary pressure*) oraz piknometria helowa (He pycn, ang. *helium pycnometry*). Wyniki rentgenowskiej tomografii komputerowej stanowią podstawę do określenia parametrów geometrycznych przestrzeni porowej skał i są niezastąpionymi danymi wejściowymi do komputerowego modelowania przepływu płynu przez ośrodek porowaty (CFD, ang. *computational fluid dynamics*).

4.4.2. Zbiorcze omówienie wyników badań przedstawionych w publikacjach [O1 – O6]

Parametry petrofizyczne: porowatość (całkowita, efektywna) i przepuszczalność są ściśle powiązane ze sobą w oparciu o związek między zdolnością do przepływu mediów złożowych w przestrzeni porowej skały, a liczbą porów, ich układem geometrycznym, polem przekroju oraz obecnością kapilar i mikroszczelin (Plewa & Plewa, 1992; Tiab & Donaldson, 2012). Zdolność ruchu mediów złożowych w przestrzeni porowej skały głównie wynika z połączenia porów i szczelin (skala mikro i makro) w system, a także od jakości połączeń. Skład mineralny, struktura i tekstura skały wpływają na układ geometryczny porów i gardzieli porowych w skale. Krętość kanałów porowych, tj. kształt ścieżki przepływu płynu, w dużej mierze zależy od struktury i tekstury skały. Określenie poprawnych wartości parametrów petrofizycznych (np. porowatości całkowitej, efektywnej, przepuszczalności absolutnej i fazowej, średnic i kształtów porów) uważam za niezmiernie istotne z punktu widzenia

określenia potencjału zbiornikowego skał, a w szczególności złóż niekonwencjonalnych. Stąd, w trakcie prac badawczych, zaprezentowanych w artykułach [O1 – O6], stosowałam wiele różnorodnych typów badań laboratoryjnych, wykonywanych nierzadko w różnych jednostkach, i różny materiał geologiczny, aby uzyskać możliwie wszechstronne spojrzenie na badany problem. Przykładowo, pomiary przepuszczalności absolutnej były wykonywane przy użyciu dwóch technik pomiarowych: *pressure – decay*, czyli badania zaniku impulsu ciśnienia (przepuszczalność matrycy skalnej, ang. *matrix permeability*), uzasadnionej dla skał laminowanych iltowców / mułowców / łupków, nieuzasadnionej w zastosowaniu dla zwięzłych piaskowców i *pulse – decay*, czyli badania zaniku pulsu (przepuszczalność rdzenia, ang. *plug permeability*) w TerraTek – Schlumberger Reservoir Laboratory w Salt Lake City, USA (TT Slb). Realizując prace badawcze z zakresu rentgenowskiej tomografii komputerowej współpracowałam z trzema różnymi zespołami badawczymi: Instytutem Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie (IFJ PAN, prof. dr hab. Wojciech Kwiatek, dr hab. Jakub Bielecki, dr inż. Konrad Tkocz), Instytutem Nafty i Gazu – Państwowym Instytutem Badawczym w Krakowie (INiG-PIB, dr inż. Marek Dohnalik) oraz Laboratorium Mikro i Nano Tomografii Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH w Krakowie (LMiNT WFiIS AGH, dr hab. inż. Jacek Tarasiuk, dr inż. Sebastian Wroński). Obrazy CT różniły się wielkością wokselu (woksel jest odpowiednikiem pixela w 3D): $4 \times 4 \times 4 \mu\text{m}^3$ w IFJ PAN, $3 \times 3 \times 3 \mu\text{m}^3$ w INiG-PIB oraz $0.5 \times 0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^3$ w LMiN WFiIS AGH, co pozwoliło na porównanie trójwymiarowych obrazów i określenia szczegółów w wyróżnionych obiektach (pory, mikroszczeliny). Badania porozymetrii rtęciowej były zrealizowane dzięki współpracy z Katedrą Surowców Energetycznych WGGiOŚ AGH w Krakowie (KSE WGGiOŚ AGH, dr inż. Roman Semyrka), a spektrometria magnetycznego rezonansu jądrowego NMR we współpracy z INiG-PIB w Krakowie (dr inż. Marek Dohnalik, dr inż. Jolanta Klaja) oraz w ramach prac w Laboratorium Petrofizyki KG WGGiOŚ AGH (LP KG WGGiOŚ AGH, dr inż. Edyta Puskarczyk, dr Aleksander Wójcik). Wyniki z piknometrii helowej pochodzą z INiG-PIB w Krakowie.

W artykule [O1] przedstawiono szczegółowo porównanie obrazów CT, a także wartości porowatości i przepuszczalności, określonych za pomocą CT, z wynikami innych metod laboratoryjnych na podstawie czterech zestawów różnych próbek geologicznych. Głównym celem przeprowadzonych badań było wykorzystanie unikalnych danych dostarczonych w wyniku zastosowania różnych metod laboratoryjnych w celu poprawy określania właściwości zbiornikowych skał. Wyniki CT, jednej z najnowszych technik zapewniających trójwymiarowy obraz próbki w wysokiej rozdzielczości, okazały się komplementarne względem wyników innych metod laboratoryjnych, stosowanych do badania przestrzeni porowej. Wykonano standardowe pomiary laboratoryjne (He pycn, MICP, przepuszczalnościomierz gazowy) i zaawansowane eksperymenty (CT, NMR) w celu uzyskania i porównania wyników. Zbadano cztery rodzaje próbek: typowe próbki miocenkich skał piaskowcowo-mułowcowo-iltowcowych, próbki sztuczne z korundu, próbkę mułowca zawierającą gaz niekonwencjonalny (tzw. *shale gas*) i próbkę zbitego wapienia w celu uzyskania porowatości, przepuszczalności, gęstości i innych parametrów stosowanych w opisie skał. W artykule przedstawiono wzajemne relacje między wybranymi parametrami, zapewniające integralny obraz własności skały.

W artykule [O2] przedstawiłam wyniki wybranych badań laboratoryjnych: CT, piknometrii helowej, przepuszczalnościomierza azotowego (minimalna wykrywalna przepuszczalność absolutna 0.01 mD), pomiaru prędkości fali P, pomiarów elektrycznych (parametr porowatości), składu mineralnego z XRD dla węglanowych próbek formacji modryńskiej paleozoiku, z wybranych otworów wiertniczych zlokalizowanych w środkowo – wschodniej Polsce. Prace pomiarowe w większości zlecono do wykonania w INiG-PIB. Artykuł [O2] prezentuje szczegółowe wyniki ilościowej interpretacji trójwymiarowych obrazów CT z wykorzystaniem specjalistycznego programu MAVI (dr inż. Marek Dohnalik, za zgodą Dyrekcji INiG-PIB, umożliwił mi wykonanie obliczeń do celów badawczych). Na

podstawie trójwymiarowych obrazów CT obliczono następujące parametry: porowatość całkowitą, krętość kanałów porowych, parametr jednorodności skały (Dohnalik, 2013), średnią długość cięciwy (Ohser & Schladitz, 2009), liczbę Eulera (Vogel, 2002), co pozwoliło na przedstawienie liczbowych charakterystyk przestrzeni porów zwięzłych węglanów. Przyjęto definicje parametrów przedstawione w cytowanych powyżej pracach [O1 – O6]. W przypadku określania potencjału zbiornikowego, ze szczególnym naciskiem na właściwości filtracyjne, CT okazało się efektywną metodą wspomagającą charakterystykę przestrzeni porowej. Wyniki analiz wskazały, że formację modryńską budują skały o słabo rozwiniętej przestrzeni porowej i o ograniczonych zdolnościach filtracyjnych.

Kolejne przykłady połączenia wyników badań laboratoryjnych z CT (LMiNT WFIS AGH), spektroskopii NMR (INiG-PIB, LP KG WGGiOŚ AGH) oraz MICP (KSE WGGiOŚ AGH), dla dokładnego opisu przestrzeni porowej skał niskoporowatych i niskoprzepuszczalnych, zostały zilustrowane w artykule [O3]. Analizowane parametry z CT dla zwięzłych piaskowców paleozoiku były wynikiem obliczeń i interpretacji przy użyciu zaawansowanego programu poROSE, który został zaprojektowany i utworzony w ramach realizacji projektu z programu Lider VI. Artykuł przedstawia ogrom pracy włożonej przez zespół projektu Lider VI. Parametry używane do parametryzacji kości zostały przetestowane na porach i mikroszczelinach zwięzłych piaskowców, w celu uzyskania informacji ilościowych (Krakowska et al., 2018). Wprowadzono innowacyjne podejście do szacowania średnicy gardzieli porów w oparciu o najlepsze dopasowanie promieni elipsoidy, wpisanej w pory. Zastosowanie semiwariogramu (stosowanego w geostatystyce) do lokalizacji porów pozwoliło ocenić niejednorodność wykształcenia przestrzeni porowej. Sferyczność porów (ang. *sphericity*), określona na podstawie objętości (ang. *enclosed volume*) i pola powierzchni (ang. *surface area*), okazała się bardziej wiarygodnym parametrem w porównaniu do wielkości obliczonej na podstawie momentów bezwładności (ang. *moment of inertia I1, I2, I3*). Niezaprzeczalną zaletą CT jest możliwość wykonania wizualizacji przestrzeni porów 3D, stosowanej w walidacji parametrów ilościowych, np. sferyczności, czy definiowania gardzieli porowych. Zaprojektowany program poROSE został przedstawiony czytelnikom artykułu, jako efektywne komputerowe narzędzie do trójwymiarowego badania obrazów materiałów porowatych (nie tylko skał).

Cykl przeprowadzonych badań CT, NMR wraz z wynikami laboratoryjnych pomiarów przepuszczalności absolutnej pokazał, że uzyskane parametry są źródłem unikatowych informacji na temat wielkości geometrycznych charakteryzujących przestrzeń porową i zdolności przepływowej. Pozytywne wyniki dały asumpt do dalszych kompleksowych analiz skoncentrowanych na szczegółowej interpretacji wyników dla próbek skał niskoporowatych i niskoprzepuszczalnych. Efektem prac prowadzonych na 31 próbkach geologicznych klastycznych skał gazonośnych, z różnych otworów wiertniczych i formacji litostratygraficznych, jest artykuł [O4]. Celem prowadzonych badań było szczegółowe sparametryzowanie struktury porów, ujawnienie wzajemnych zależności między parametrami geometrycznymi i oszacowanie formuły do wyznaczania przepuszczalności absolutnej, czyli oceny zdolności przepływu medium w skałach charakteryzujących się niską porowatością całkowitą i efektywną oraz przepuszczalnością absolutną. W opisie przestrzeni porowej brałam pod uwagę następujące, zaawansowane parametry z CT (LMiNT WFIS AGH): średnia grubość, równoważna średnica, anizotropia, wydłużenie, sferyczność, średnica Fereta, współczynnik Fereta, kształt Fereta; wskaźniki kształtu: 2. współczynnik cyrkularności, współczynnik Malinowskiej i współczynnik Danielssona (Tadeusiewicz & Korohoda, 1997); a także parametry z trójwymiarowej analizy szkieletu przestrzeni porowej: liczbę skrzyżowań, gałęzi, liczbę koordynacyjną (Rabbani et al., 2016). Obliczenia zaawansowanych parametrów były prowadzone w modułach programu poROSE, które powstawały w trakcie realizacji projektu z programu Lider VI. Uchwyciłam zależność średniej logarytmicznej czasu T2 z NMR (INiG-PIB, LP KG WGGiOŚ AGH) od liczby połączeń z CT, jak również czasu odcięcia T2 z NMR od wydłużenia z CT dla wszystkich analizowanych próbek. Logarytm

przepuszczalności absolutnej (TT Slb) oszacowałam na podstawie liniowej regresji wielorakiej, przy użyciu jedynie parametrów geometrycznych przestrzeni porowej z CT.

Biorąc udział w projekcie MWSSSG programu Blue Gas, prowadziłam prace badawcze, aby wykazać, że parametry petrofizyczne, opisujące łupkowe formacje gazonośne, uzyskane z metod o różnej skali – metody laboratoryjne na próbkach z rdzeni wiertniczych i wyniki profilowań geofizyki otworowej, są ze sobą skorelowane (Jarzyna et al., 2017). Wyniki prowadzonych prac zostały przedstawione w artykule [O5]. Związki, określone dla wielkości w skali mezo (z profilowań geofizyki otworowej) i wyników w skali mikro (z eksperymentów laboratoryjnych na rdzeniach, okruchach) były również rozpoznawalne w skali nano, np. w wynikach z CT (LMiNT WFIS AGH). Wybrane profilowania (spektrometryczne profilowanie gamma, elektrometrii otworowej, gamma – gamma gęstościowe, neutronowe, akustyczne i geochemiczne) oraz metody laboratoryjne okazały się skuteczne w opisie parametrów petrofizycznych skał łupkowych. Przetwarzanie i interpretacja wyników w skali nano była wspierana przez program poROSE, w celu określenia parametrów geometrycznych przestrzeni porowej, które korelowały ze standardowymi wynikami laboratoryjnymi. Wyniki MICP (KSE WGGiOŚ AGH) wraz z adsorpcją / desorpcją par azotu w temperaturze 77K (Wydział Energetyki i Paliw AGH w Krakowie, prof. dr hab. inż. Leszek Czepirski) i przepuszczalnością absolutną (metody *pulse* –, *pressure – decay*, TT Slb) wykorzystano, jako podstawowe parametry do budowy cyfrowego modelu skały łupkowej oraz do szczegółowego opisu formacji mułowców i iłowców syluru i ordowiku, traktowanych jak potencjalne niekonwencjonalne złoża węglowodorów. Skład mineralny (XRD) i całkowita zawartość węgla organicznego TOC (Instytut Nauk Geologicznych PAN w Krakowie, prof. dr hab. Jan Środoń) pozwoliły wyjaśnić odstępstwo niektórych analiz od wychwyconego trendu zmian parametrów. Uwzględnienie liczbowych wartości parametrów z CT w analizach korelacyjnych zbudowało platformę do rozszerzenia standardowego podejścia 2D w budowaniu modelu skały na model 3D i bardziej szczegółową prezentację parametrów petrofizycznych skał łupkowych.

Od wielu lat zajmuję się także zagadnieniem związanym z estymacją przepuszczalności absolutnej na podstawie wyników CT i komputerowych symulacji przepływu płynu przez ośrodek porowaty (CFD), co stanowi alternatywę dla niszczących badań laboratoryjnych. Od roku 2013 (udokumentowane wspólnymi artykułami i wystąpieniami na konferencjach) współpracuję z dr inż. Pawłem Madejskim (Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH w Krakowie) w zakresie termodynamiki, mechaniki płynów i metod komputerowej mechaniki płynów (CFD). Praca [O6] przedstawia najnowsze wyniki symulacji przepływu płynu w zwięzłym piaskowcu, potencjalnie gazonośnym, skonfrontowane z wynikami badań laboratoryjnych przepuszczalności absolutnej. W pracy zawarta jest także pełna analiza wykształcenia przestrzeni porowej piaskowca na podstawie wyników CT, stanowiąc kontynuację opracowania metodyki opisu skały. Wyniki uzyskane dzięki symulacjom numerycznym, pozwalają określić przepuszczalność absolutną, na podstawie odwzorowania przestrzeni porowej skały z nieniszczących badań CT. Komputerowa mechanika płynów daje możliwość zastosowania modelu Maxwella z częściowym poślizgiem molekuł gazu na ścianach porów (Moghaddam & Jamiolahmady, 2016) do obliczeń przepuszczalności absolutnej. Szczegółowy model geometryczny 3D przestrzeni porowej posłużył jako dane wejściowe. Model geometryczny 3D został odwzorowany i przystosowany do symulacji komputerowych w programie poROSE (specjalnie utworzony moduł). Zmiany masowego strumienia przepływu płynu, zależnego od różnicy ciśnień, a także wykorzystanie współczynnika TMAC (ang. *tangential momentum accomodation coefficient*) zostały dostarczone i wykorzystane w dalszej analizie ilościowej. Wyniki symulacji przepływu płynu połączono z wynikami pomiarów laboratoryjnych z wykorzystaniem przepuszczalnościomierza gazowego (TT Slb). Okazało się, że dla ustalonych parametrów i właściwego modelu przepływu płynu (model częściowego poślizgu, wartość TMAC, wartości objętościowego natężenia przepływu), uzyskana na podstawie symulacji przepuszczalność absolutna była zbliżona do przepuszczalności pomierzonej na próbce

z rdzenia wiertniczego. Ten fakt jest niezmiernie istotny w przypadku doboru odpowiednich modeli do przeprowadzenia poprawnej symulacji w skałach o niskich wartościach porowatości i przepuszczalności absolutnej.

4.4.3. Podsumowanie

W pracach wybranych do cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych [O1 – O6] zostały opublikowane wyniki badań laboratoryjnych, wykonanych z użyciem dostępnego sprzętu na różnorodnym materiale skalnym. Wykonywałam pomiary i analizowałam wzajemne powiązania między parametrami zbiornikowymi – porowatością (we wszelkich odmianach) i przepuszczalnością, gęstością – mineralogiczną, szkieletową, objętościową, parametrami uzyskanymi z eksperymentu NMR – porowatością całkowitą, efektywną/dynamiczną oraz objętością wody związanej, a także prędkościami fal sprężystych P i S. Włączyłam również parametry uzyskane z pomiaru lub wyinterpretowane na podstawie badań MICP – porowatość efektywną, gęstość objętościową i mineralogiczną, powierzchnię właściwą, parametr Swansona. Starłam się pokazać i objaśnić, w jaki sposób fizyczne zjawiska, leżące u podstaw metod pomiaru laboratoryjnego, wpływają na wynik i dlaczego wyniki uzyskane różnymi metodami mogą się różnić. Przedstawione analizy danych i opisy metodyczne pokazują rozszerzanie możliwości oceny skały poprzez włączanie nowych technik pomiaru oraz przetwarzania danych dla maksymalnego wykorzystania aparatu laboratoryjnego. Uzupełnienie eksperymentów o badania CT pozwoliło na włączenie do analiz grupy nowych wielkości, zdecydowanie poszerzających wiedzę o własnościach skały. Wprowadzenie badań CT pozwoliło także na przejście od standardowej dwuwymiarowej prezentacji danych do wizualizacji trójwymiarowej.

W artykułach prezentowanych w cyklu zilustrowałam rozwój własny oraz pokazałam doskonalenie warsztatu badawczego. Starłam się podkreślić, jak wielowymiarowa może być interpretacja wyników badań laboratoryjnych i jak istotne znaczenie dla wszechstronnej charakterystyki skomplikowanego obiektu, jakim jest skała, mają wielkości wyznaczone z CT, nie zawsze zrozumiałe intuicyjnie.

Poniżej przedstawiam szczegółowe wyniki badań wchodzących w osiągnięcie naukowe.

4.4.4. Rentgenowska tomografia komputerowa, jako narzędzie do określenia własności petrofizycznych skał [O1]

W ramach prac badawczych prowadzonych w latach 2014 – 2016 na różnorodnym materiale (próbki skał, próbki sztuczne) uzyskaliśmy następujące wyniki badań laboratoryjnych: gęstość, gęstość objętościową, porowatość całkowitą z He pycn i CT, przepuszczalność absolutną z przepuszczalnościomierzy i z symulacji przepływu płynu metodą Lattice-Boltzmann (IFJ PAN, metoda LBM), porowatość całkowitą, efektywną i zawartość wody wolnej (FFI, ang. *free fluid index*) z NMR, porowatość efektywną, średnice porów, powierzchnię właściwą z MICP, zawartość kwarcu i minerałów ilastych z profilowań geofizyki otworowej lub skład mineralny z dyfraktometrii rentgenowskiej (XRD).

Dla próbek skał miocenkich zbadano związki porowatości całkowitej wyznaczonej z CT i He pycn, a także przepuszczalności absolutnej z pomiarów laboratoryjnych i symulacji LBM. Uzyskano wysokie współczynniki korelacji dla próbek skał miocenkich, pomimo znacznej heterogeniczności wykształcenia przestrzeni porowej. Uzyskano także związek pomiędzy przepuszczalnością absolutną z symulacji LBM, a zawartością wody wolnej z NMR ($R^2=0.85$). Analiza średniej porowatości

i odchylenia standardowego uzyskanych z interpretacji obrazów CT dostarczyła informacji o niejednorodności badanej formacji skalnej. Odchylenie standardowe, stanowiło miarę zmiany porowatości wzdłuż rdzenia. Zaobserwowano, że im wyższy był stosunek objętości piaskowca do iłowca, tym większa była porowatość. Niższe wartości odchylenia standardowego były charakterystyczne dla formacji o niższym zaileniu. Wyniki CT nie są na ogół obarczone wpływem litologii, ale zailenie, szczególnie typu dyspersyjnego, silnie wpływa na kształt porów i ich przekroje poprzeczne, a także na krętość kanałów porowych.

Sztuczne próbki korundowe zostały stworzone do badań referencyjnych (brak wpływu różnorodnego składu mineralnego na mierzone parametry). Zbadano różnice w wartościach parametrów, np. porowatości, z różnych metod laboratoryjnych (również wyników od producenta próbek). Zanotowano zgodność pomierzonych parametrów z różnymi metodami badawczymi. Wykonano dwie serie pomiarów CT dla jednej próbki. Przedstawione wyniki z dwóch serii pomiarowych porowatości ujawniły różnicę w wartościach, ponad 3%.

Próbka mułowca sylurskiego została przeanalizowana pod kątem składu mineralnego z XRD, wyników CT, NMR, He pycn i wykazała brak wyraźnego wykształcenia przestrzeni porowej (bardzo niska porowatość, prawie brak różnicy w gęstości i gęstości objętościowej). CT dostarczyło informacji o zawartości piryty, co nie zostało potwierdzone przez XRD. Względnie wysoka gęstość także potwierdziła udział piryty w składzie szkieletu mineralnego.

Próbka dewońskiego wapienia była analizowana przy użyciu CT po podziale na dwie podpróbki. Przestrzeń porowa była słabo wykształcona, najwięcej porów było zidentyfikowanych w I i II klasie objętości (I klasa: 1 – 9 wokseli, II klasa: 10 – 99 wokseli, gdzie 1 woksel $5.8 \times 5.8 \times 5.8 \mu\text{m}^3$). Zaobserwowano także wpływ mikroszczeliny w próbce. Badania NMR potwierdziły słabo wykształconą przestrzeń porową, gdyż największa część sygnału NMR pochodziła od wody związanej w minerałach ilastych.

Pomiary laboratoryjne oparte na różnych zjawiskach fizycznych poprawiają wiarygodność uzyskiwanych wyników. Różnice zaobserwowane w wartościach tych samych parametrów z różnych metod uznano za dodatkową informację petrofizyczną. Przykłady, zawarte w artykule [O1], ilustrują możliwe do uzyskania wyniki przy użyciu dostępnego sprzętu, a także technik przetwarzania i interpretacji wyników badań laboratoryjnych, w celu poprawy charakterystyki petrofizycznej złóż węglowodorowych, konwencjonalnych i niekonwencjonalnych.

4.4.5. Rentgenowska tomografia komputerowa, jako przydatne narzędzie w petrofizyce – studium przypadku formacji modryńskiej [O2]

Szczegółowe badania jakościowe i ilościowe z wykorzystaniem CT okazały się wiarygodnym źródłem informacji o właściwościach przestrzeni porowej formacji modryńskiej (synklinorium lubelskie). Materiał badawczy składał się z 10. węglanowych próbek o niskiej porowatości i niskiej przepuszczalności, pobranych z otworów wiertniczych z południowo-wschodniej Polski. Wszystkie próbki należały do formacji modryńskiej, która jest uważana za potencjalnie perspektywiczną (nasyconie gazem, gaz zamknięty). Średnia całkowita porowatość z He pycn w grupie badanych próbek wyniosła poniżej 1.5%, a przepuszczalność absolutna osiągała najczęściej dolną granicę wykrywalności przepuszczalności przez urządzenie pomiarowe – 0.01 mD. Analizowane węglany wykazały średnią całkowitą porowatość CT równą 0.63%, w zakresie 0.1 – 1.5% i odchylenie standardowe – 0.5%. 10% próbek wykazało porowatość całkowitą poniżej 0.14% i 90% w zakresie 0.14 – 1.5%. Tylko jedna próbka spełniała warunek połączenia porów (wartość krętości kanałów

porowych powyżej 1). Wyniki analizy klas objętości porów i mikroszczelin z CT odzwierciedlały głównie słabo rozwiniętą przestrzeń porową, w której dominują pory o małych średnicach, często niepołączone.

Następujące parametry przestrzeni porowej zostały obliczone, na podstawie wyników CT: klasa objętości porów i mikroszczelin, parametr jednorodności skały, średnia długość cięciwy prowadzonej przez warstwę porów, liczba Eulera i całkowita porowatość CT. Zidentyfikowano zależność między prędkością fali P, a parametrem jednorodności skały J. Parametr J rósł wraz ze wzrostem prędkości fali P. Wyższe prędkości fali P spodziewane są w próbkach o niejednorodnej strukturze przestrzeni porowej. Liczba Eulera niesie informację o jakości połączeń porów. Wśród badanych skał węglanowych zaobserwowano niskie wartości liczby Eulera. Pomimo, że jedynie jedna próbka wykazywała możliwość połączenia przestrzeni porowej w system, to liczba Eulera wskazała na niską jakość połączeń porów.

Właściwości filtracyjne zależą również od jakości połączeń porów związanych z dobrze rozwiniętymi, szerokimi kanałami porowymi, porami o regularnych kształtach i dobrym wysortowaniu ziaren. Zbadano związek między parametrem porowatości (metody elektryczne), a liczbą Eulera. Wzrost liczby Eulera powodował wzrost parametru porowatości formacji. Parametr porowatości należy do grupy parametrów z elektrycznych pomiarów laboratoryjnych, a jego wysokie wartości odpowiadają złożonej strukturze przestrzeni porowej (kręte, wąskie kanały porowe). W analizowanych wynikach 90% zaobserwowanej średniej długości cięciwy wypadło poniżej 11.08 μm . Analiza średnic kul, które można wpisać w analizowany obiekt, potwierdziła obserwacje dotyczące słabo rozwiniętej struktury przestrzeni porowej formacji modryńskiej. Analiza CT pokazała, że rozważane, ewentualne zabiegi szczelinowania hydraulicznego formacji modryńskiej mogą doprowadzić do niekontrolowanej propagacji mikropęknięć.

4.4.6. Innowacyjna charakterystyka zwięzłych piaskowców z basenów paleozoicznych Polski przy zastosowaniu wyników rentgenowskiej tomografii komputerowej, spektrometrii magnetycznego rezonansu jądrowego oraz porozymetrii rtęciowej [O3]

Materiał badawczy składał się z piętnastu próbek z rdzeni wiertniczych, pobranych z głębokości ponad 3000 m, z otworów zlokalizowanych w różnych jednostkach geologicznych Polski. Wszystkie próbki reprezentowały zwięzłe piaskowce z gazem zamkniętym. Zastosowano następujące analizy laboratoryjne: CT, NMR, MICP, granulometrię, metodę *pulse* – i *pressure* – *decay*, a także standardowy (metoda API RP40) pomiar przepuszczalności absolutnej (TT Slb).

Semiwariogramy utworzone w płaszczyznach XY, XZ i YZ, dla współrzędnych środka ciężkości porów, pozwoliły oszacować niejednorodność w orientacji przestrzennej porów w całej próbce. Semiwariogram ocenia ilościowo nieciągłość przestrzenną danych. Zasadniczo pory były nieznacznie zregionalizowane, ale z brakiem zachowania ciągłości. Poddano analizie wykres porowatości z różnych metod laboratoryjnych dla każdej próbki i zaobserwowano, że w zależności od metody wyznaczania porowatości, można uzyskać odmienne wyniki. Nie odnotowano powtarzalności w wartościach porowatości. Jedynie zbliżone wartości porowatości zaobserwowano między porowatością z CT, a NMR, przy zastosowaniu indywidualnych wartości odciążenia czasu relaksacji poprzecznej T2.

System: porowy lub porowo-szczelinowy zidentyfikowano na wykresach odzwierciedlających ciśnienie w funkcji skumulowanej objętości rtęci z MICP. W niektórych próbkach trzy systemy porowo-szczelinowe zostały opisane parametrem Swansona (MICP). Próbki różniły się znacznie,

głównie w zakresie skumulowanej objętości rtęci, co tłumaczy się silną niejednorodnością przestrzeni porowej analizowanych piaskowców. Uzyskane średnice porów z MICP dla wszystkich próbek zawierały się w zakresie 0.007 – 100 μm .

Podejście do określenia gardzieli porowych przedstawiono w artykule [O3] za pomocą średnic elipsoid, wpisanych/opisanych na obiektach (pory). Jeżeli obiekt charakteryzuje się bardzo długim promieniem najlepiej dopasowanej elipsoidy, wówczas parametr ten określa się, jako połowę długości gardzieli porów, a krótki promień, jako promień gardzieli porów. Podejście zostało przetestowane na dostępnych próbkach, w których obiekt może mieć gardziele porowe, jeśli mniejszy promień elipsoidy jest mniejszy, niż 25% większego promienia. Ponadto, sferyczność, obliczona na podstawie zamkniętej objętości i pola powierzchni, okazała się parametrem bardziej wiarygodnym w porównaniu do parametru sferyczności, obliczonego na podstawie momentów bezwładności. Zbadano, że średnica gardzieli porowej koreluje z całkowitą porowatością z He pycn, średnią logarymiczną czasu relaksacji poprzecznej T2 (T2ML) z NMR i parametrem Swansona (MICP). Wykryto silną zależność dla średniej średnicy z MICP i maksymalnej średnicy Fereta z CT dla próbek piaskowców, pochodzących z kambru. Zaobserwowano relacje mniejszych średnic elipsoidy z CT i średniej amplitudy z NMR, mniejszych średnic elipsoidy z CT i mediany średniej średnicy elipsoidy z CT w funkcji objętości wody nieredukowalnej z NMR (po zastosowaniu indywidualnych wartości czasu odcięcia T2). Podsumowując, średnice obliczone na podstawie najlepiej dopasowanego promienia elipsoidy lepiej odzwierciedlały ilościowo strukturę przestrzeni porowej, niż średnice obliczone z średniej lokalnej grubości (ang. *thickness*). Prezentowane podejście znajduje zastosowanie w wykrywaniu warstw porowatych i przepuszczalnych, stref o znacząco innym typie skały (ang. *rock typing*), wykrywaniu głównych kanałów porowych, a zatem przepuszczalności kierunkowej.

4.4.7. Szczegółowa parametryzacja przestrzeni porowej zwięzłych skał klastycznych na podstawie wyników badań laboratoryjnych [O4]

Materiał badawczy do szczegółowej parametryzacji przestrzeni porowej składał się z 20. zwięzłych piaskowców i 11. próbek mułowców paleozoiku, z głębokich otworów wiertniczych zlokalizowanych w Polsce. Zastosowałam kilka metod laboratoryjnych na próbkach z rdzeni wiertniczych: CT, NMR, a także metodę *pulse – i pressure – decay* do określenia przepuszczalności absolutnej. Chociaż próbki pochodziły z różnych formacji geologicznych i otworów, miały wspólną cechę – niską porowatość (0.02 – 4.42%) i zbliżoną maksymalną średnicę Fereta.

Pory charakteryzowały się znacznym odchyleniem od kształtu kuli, były bardziej wydłużone i kanciaste. Większość analizowanych średnic porów znajdowała się poniżej 10 μm w grupie mułowców, podczas gdy w piaskowcach poniżej 50 μm . Nieznaczną zmienność wielkości i skrzyżności porów pokazał współczynnik Danielssona (niskie wartości dla wydłużonych obiektów), zaś współczynnik Malinowskiej (wrażliwy na obiekty w kształcie ostrosłupa) był stabilny. Współczynniki kształtu porów w grupie piaskowców i mułowców były liczone dla każdej próbki, w postaci wartości mediany, kwartyli, percentyli. Pory w analizowanych piaskowcach miały bardziej skomplikowane kształty i różniły się w obrębie grupy. Natomiast pory w grupie mułowców miały bardziej zbliżone kształty. Współczynnik Malinowskiej korelował z wartością odcięcia czasu relaksacji poprzecznej T2 dla wody nieredukowalnej i wody wolnej (R=0.63), natomiast współczynnik Danielssona (R=0.61) ujawnił relację z wartością odcięcia czasu relaksacji poprzecznej T2 dla wody nieredukowalnej i wody wolnej. Oznacza to, że więcej sferycznych porów było wykrywanych w mułowcach, niż w piaskowcach. Ponadto, współczynnik koncentracji porów (ang. *pore concentration factor*) był

bardzo zróżnicowany, co oznaczało, że próbki różniły się wartością dłuższej półosi elipsoidy. Średnia liczba koordynacyjna (ang. *average coordination number*) w wielu przypadkach wykazała słabo rozwiniętą przestrzeń porową. Maksymalna liczba koordynacyjna w próbce korelowała z wartością odcięcia czasu relaksacji poprzecznej T2 dla wody nieredukowalnej i wody wolnej (R=0.63) oraz średnią logarymiczną czasu relaksacji poprzecznej T2ML (R=0.63). Nie wykryto związku pomiędzy liczbą koordynacyjną i przepuszczalnością absolutną. Zaobserwowałam zależność logarytmu przepuszczalności absolutnej z anizotropią kształtu porów z CT (R=-0.66), a także czasu odcięcia T2 (dla wody nieredukowalnej i wody wolnej) z NMR z wydłużeniem porów z CT (R=-0.66).

Metodę liniowej regresji wielorakiej zastosowałam w celu określenia równania do estymacji przepuszczalności absolutnej, przy użyciu tylko wyników z CT. Równanie ma postać: $\log K = -7.551 + (-39.3116 * \text{anizotropia kształtu porów}) + (13.6020 * \text{kształt Fereta}) + (-5.0714 * \text{współczynnik Fereta})$. Okazało się, że anizotropia kształtu porów miała największy wpływ na przepuszczalność absolutną, a więc zdolność porów do przepływu płynu złożowego.

4.4.8. Połączenie danych o różnej skali do opisu formacji gazu łupkowego – studium przypadku polskich skał łupkowych syluru i ordowiku [O5]

Prace nad połączeniem danych o różnej skali do opisu formacji gazu łupkowego były prowadzone na wynikach badań laboratoryjnych, łącznie na 19 próbkach z rdzeni wiertniczych (MICP, adsorpcja / desorpcja par azotu w temperaturze 77K, NMR, metoda *pulse – pressure – decay*, CT, XRD, TOC) oraz wynikach profilowań geofizyki otworowej (zawartość uranu, potasu, toru, intensywność naturalnej promieniotwórczości gamma, oporność elektryczna, czas interwałowy, porowatość neutronowa, gęstość objętościowa, indeks absorpcji fotoelektrycznej, zawartość pierwiastków i minerałów, wyniki interpretacji litologiczno – złożowej). Dane pochodziły z trzech otworów wiertniczych (synekliza perybałtycka), z formacji z Pasłęka (sylur) i Sasina (ordowik). Obserwowane trendy w zależnościach między parametrami fizycznymi i chemicznymi, określone na podstawie wyników pomiarów laboratoryjnych i profilowań geofizyki otworowej, stanowiły bazę do budowy cyfrowego modelu skały.

Oporność elektryczna z nowoczesnych sond do obrazowania ścianki otworu wiertniczego (np. XRMI, FMI) wraz z wynikami zawartości pierwiastków i minerałów z sond geochemicznych (np. GEM, LithoScanner) były źródłem szczegółowych informacji litologicznych, odzwierciedlających zmiany grubości warstw iłowcowych i mułowcowych w profilu otworu. Spektrometryczne profilowanie gamma (dokładnie zawartość uranu) było kluczowym wskaźnikiem do szybkiej identyfikacji fragmentów profilu geologicznego bogatych w materię organiczną.

Zaobserwowano związek materii organicznej i całkowitej objętości porów (adsorpcja / desorpcja par azotu przy 77K) o współczynniku korelacji R²=0.8, co wykazało, że zarejestrowane parametry w formacji łupkowej są wzajemnie zależne i mogą być użyte do scharakteryzowania skały. Parametry z MICP ilustrowały wpływ nanoporów (do 3 μm) na porowatość formacji łupkowych i rozkład średnic porów. Adsorpcja / desorpcja par azotu w 77K dała informację, że znaczna ilość gazu, zaadsorbowanego pod niskim ciśnieniem względnym, jest wskaźnikiem mikroporowatości. Ponadto, tylko model teorii funkcjonau gęstości (DFT) dostarczył dodatkowych informacji o mikroporowatości w analizowanych formacjach łupkowych. Interpretacja wyników CT wykazała, że analizowane próbki różniły się liczbą porów i mikroszczelin (prawie sześciokrotnie), przy czym prawie 50% porów było zgromadzonych w zakresie objętości 100 – 999 wokseli. Współczynnik Fereta korelował z przepuszczalnością absolutną i był powiązany z zawartością kwarcu w próbce. Zróżnicowana

zawartość minerałów (XRD) była przyczyną występowania wartości odstających w różnych korelacjach wyników pomiarów laboratoryjnych.

4.4.9. Badania przepływu płynu i przepuszczalności absolutnej w niskoporowatej próbce skalnej przy użyciu technik laboratoryjnych i obliczeniowych [O6]

W pracy [O6] zastosowane zostały metody numeryczne rozwiązania równań Naviera-Stokesa w celu przeprowadzenia symulacji laminarnego przepływu płynu w zwięzłym piaskowcu w stanie ustalonym. Model geometryczny analizowanej próbki został przygotowany na bazie trójwymiarowych obrazów CT (LMiNT WFILS AGH) i programu poROSE (przejście z obrazów 2D, na 3D). Aby utworzyć siatkę numeryczną, przestrzeń porową (obiekt) podzielono na 1574954 skończonych objętości, o kształcie wielościennym (ang. *finite volume method*). Uwzględniono modelowanie zjawiska częściowego poślizgu molekuł gazu na ściankach porów. Warunki brzegowe opisano przez model poślizgu cząstkowego (Maxwella) i założono współczynnik TMAC (w zakresie 0 – 0.9). Rozważania na temat doboru wartości TMAC były badane dla ciśnienia równego 14.5 psi, ze względu na wartość liczby Knudsen dla analizowanego przypadku.

Różne modele gazu zostały użyte i porównane w symulacji. Serie symulacji przeprowadzono przy tych samych warunkach brzegowych, przy ciśnieniu gazu równym około 3.45 MPa, z wykorzystaniem równań stanu: Van der Waalsa, Peng-Robinsona, Redlicha – Kwonga, Soave – Redlicha – Kwonga i zmodyfikowanego Soave – Redlicha – Kwonga. Porównanie wyników obliczeń pokazało, że nie ma różnicy w końcowej wartości przepuszczalności absolutnej uzyskanej przy użyciu gazu doskonałego i gazu rzeczywistego, dla analizowanych wartości ciśnienia i temperatury. Opracowany model wykorzystano do przeprowadzenia symulacji, w których warunki brzegowe określono w postaci różnicy ciśnień między wlotem i wylotem próbki. Określenia przepuszczalności absolutnej analizowanej próbki dokonano za pomocą zmodyfikowanego równania Darcy'ego oraz wyników symulacji CFD, w postaci masowego natężenia przepływu lub objętościowego natężenia przepływu i gęstości płynu. Największy obiekt w przestrzeni porowej piaskowca posiadał objętość $2.18 \cdot 10^6 \mu\text{m}^3$, średnią grubość – 18 μm , zaś średnicę Fereta – 449 μm . Analiza obrazów CT dostarczyła informacji o średniej długości cięciwy i krętości największego obiektu w próbce, które wynosiły odpowiednio 17.18 μm i 2.50.

Serię symulacji przeprowadzono przy użyciu wody i azotu. Przepuszczalność absolutna obliczona dla przypadku z cieczą (wodą) była zbliżona do wartości uzyskanych dla gazu (azotu) i warunków brzegowych, bez uwzględnienia poślizgu molekuł gazu na ściankach porów, a także dla modelu poślizgu częściowego z TMAC=0.9. Druga seria symulacji została przeprowadzona przy użyciu nieściśliwego gazu (azotu), o właściwościach określonych przy różnym średnim ciśnieniu, z zachowaniem tej samej różnicy ciśnień między wlotem i wylotem próbki ($p_1 - p_2 = 100 \text{ Pa}$). Obliczone wyniki, dla całego analizowanego zakresu ciśnienia (14.5 do 500 psi), miały ten sam poziom wartości, zbliżony do 1.5 mD. Wszystkie te wartości są mniejsze, niż wartość uzyskana dla symulacji z użyciem wody. Przedstawiono także wyniki przepuszczalności absolutnej obliczone dla gazu ściśliwego i średniego ciśnienia równego 500 psi. W analizowanym przypadku obliczona przepuszczalność absolutna próbki piaskowca była równa 0.04 mD i porównywalna z wartością zmierzoną – 0.023 mD, z przepuszczalnościomierza gazowego, w warunkach laboratoryjnych i przy ciśnieniu otaczającym 500 psi. Podsumowując, przepuszczalność absolutną można oszacować, stosując podejście łączone: model geometryczny 3D przestrzeni porowej na podstawie danych CT (model 3D, parametry ilościowe obliczone w poROSE), wyników symulacji CFD oraz prawidłowego doboru parametrów symulacji, który jest kluczowy dla odwzorowania warunków złożowych (ciśnienie i temperatura).

4.4.10. Literatura uzupełniająca do opisu osiągnięcia

Szczegółowe opisy badań laboratoryjnych (metodyka, urządzenie, wielkość badanego materiału, procedury przetwarzania) i powołania na odpowiednią literaturę zostały przedstawione w artykułach, stanowiących osiągnięcie naukowe. Poniżej przedstawiam literaturę uzupełniającą:

Dohnalik, M., 2013. Zwiększanie możliwości wyznaczania parametrów zbiornikowych skał z wykorzystaniem rentgenowskiej mikrotomografii komputerowej. Praca doktorska, AGH w Krakowie, Bibliotek Główna AGH, Kraków, str. 164.

Jarzyna J., Wawrzyniak-Guz K. (red.), 2017. Adaptacja do warunków polskich metodologii wyznaczania *sweet spotów* na podstawie korelacji pomiarów geofizycznych z rdzeniami wiertniczymi: zadanie 10. w projekcie MWSSG: metodologia wyznaczania *sweet spotów* na podstawie własności geochemicznych, petrofizycznych, geomechanicznych w oparciu o korelację wyników badań laboratoryjnych z pomiarami geofizycznymi i model generacyjny 3D. Drukarnia GOLDDRUK Wojciech Golachowski, Nowy Sącz, str. 500.

Krakowska P., Puskarczyk E., Jędrychowski M., Habrat M., Madejski P., Dohnalik M., 2018. Innovative characterization of tight sandstones from Paleozoic basins in Poland using X-ray computed tomography supported by nuclear magnetic resonance and mercury porosimetry. *Journal of Petroleum Science & Engineering*, 166, str. 389–405.

Moghaddam R.N., Jamiolahmady M., 2016. Slip flow in porous media. *Fuel*, 173, str. 298–310.

Ohser J., Schladitz K., 2009. *3D Images of Material Structures*. Wiley-Vch Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, Niemcy.

Plewa M., Plewa S., 1992. *Petrofizyka*. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, str. 327.

Rabbani A., Ayatollahi S., Kharrat R., Dashti N., 2016 Estimation of 3-D pore network coordination number of rocks from watershed segmentation of a single 2-D image. *Advances in Water Resources*, 94, str. 264–277.

Tadeusiewicz R., Kohoroda P. 1997. *Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów*. Wydawnictwo Fundacji Postępu Telekomunikacji, Kraków, str. 272.

Tiab D., Donaldson E., 2012. *Petrophysics*. Elsevier Inc., Oxford, Wielka Brytania, str. 950.

Vogel H. J., 2002. *Topological Characterization of Porous Media*. Published in: Mecke K., Stoyan D. (red.), *Morphology of Condensed Matter, Physics and Geometry of Spatially Complex Systems*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Niemcy, str. 75–92.

4.5. Nagrody

Trzykrotnie otrzymałam nagrodę III stopnia za osiągnięcia naukowe (załącznik 9) w AGH w Krakowie, kolejno:

- Nagroda Rektora indywidualna III stopnia za osiągnięcia naukowe 2016,
- Nagroda Rektora zespołowa III stopnia za osiągnięcia naukowe 2017,
- Nagroda Rektora zespołowa III stopnia za osiągnięcia naukowe 2019.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej

5.1. Instytucje krajowe

5.1.1. Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy w Krakowie

Moja aktywność naukowa jest związana z Instytutem Nafty i Gazu – Państwowym Instytutem Badawczym w Krakowie, Zakładem Geofizyki Wiertniczej, który jako pierwszy w Polsce stosował rentgenowską tomografię komputerową do analizy próbek skalnych. W INiG-PIB rozpoczęłam naukę, a potem współpracę z kierownikiem Zakładu – dr inż. Markiem Dohnalikiem, oraz z pracownikiem Zakładu – Katarzyną Drabik. Współpracę w zakresie interpretacji wyników badań rentgenowskiej tomografii komputerowej prowadziłam także z kierownikiem Zakładu Geologii i Geochemii – dr inż. Grzegorzem Leśniakiem, a także pracownikiem Zakładu – Renatą Cicha-Szot. Efekty wspólnych działań, dyskusji, analiz są udokumentowane artykułami, a także wystąpieniami konferencyjnymi:

- **[O1]** X-ray computed microtomography – a useful tool for petrophysical properties determination / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Konrad Tkocz, Jacek Tarasiuk, Sebastian Wroński, Marek Dohnalik // Computational Geosciences; ISSN 1420-0597. — 2016 vol. 20 iss. 5, s. 1155–1167,
- **[O2]** Computed X-ray microtomography as the useful tool in petrophysics: a case study of tight carbonates Modryn formation from Poland / **Paulina Krakowska**, Marek Dohnalik, Jadwiga Jarzyna, Kamila Wawrzyniak-Guz // Journal of Natural Gas Science and Engineering; ISSN 1875-5100. — 2016 vol. 31, s. 67–75,
- **[O3]** Innovative characterization of tight sandstones from Paleozoic basins in Poland using X-ray computed tomography supported by nuclear magnetic resonance and mercury porosimetry / **P. Krakowska**, E. Puskarczyk, M. Jędrychowski, M. Habrat, P. Madejski, M. Dohnalik // Journal of Petroleum Science & Engineering: an International Journal Devoted to Integrated Reservoir Studies; ISSN 0920-4105. — 2018 vol. 166, s. 389–405,
- **[RM3]** Parametry petrofizyczne sylurskich utworów rafowych / Grzegorz Leśniak, Renata Cicha-Szot, Marek Dohnalik, **Paulina Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Magdalena Habrat, Lina Jakaitė // W: Geopetrol 2018: rozwój technik poszukiwania i eksploatacji złóż węglowodorów: Zakopane–Kościelisko, 17–20.09.2018: materiały konferencyjne = Development of hydrocarbon exploration and production technologies. — Kraków: Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy, 2018. — ISBN: 978-83-65649-27-0. — S. 319–325,
- **[M2]** Dual energy computed tomography (DECT) application in rock core examination / Marek Dohnalik, **Paulina Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Katarzyna Drabik // W: CAGG-AGH-2019: “Challenges in Applied Geology and Geophysics: 100th anniversary of applied geology at AGH University of Science and Technology”: international scientific conference: 10-13 wrzesień 2019, Kraków: książka abstraktów / eds. Jadwiga Jarzyna, **Paulina Krakowska-Madejska**, Anna Sowizdżał ; AGH. — Kraków: AGH University of Science and Technology, cop. 2019. — e-ISBN: 978-83-66364-18-9. — S. [1-2],
- **[AN1]** Computed X-ray tomography data in multiple linear regression analysis on tight rocks for permeability estimation / **Krakowska P.**, Puskarczyk E., Habrat M., Jędrychowski M., Madejski P., Dohnalik M. // W: SCA Annual Symposium 2019: the 33rd international symposium of the Society of Core Analysts: 26 – 30 sierpień, 2019, Pau, Francja, poster,
- **[AN3]** Combination of computed X-ray tomography and triaxial geomechanical tests as a tool for fracture propagation prediction / Puskarczyk E., **Krakowska P.**, Dohnalik M. // W: SCA

Annual Symposium 2019: the 33rd international symposium of the Society of Core Analysts: 26 – 30 sierpień, 2019, Pau, Francja, poster,

- **[M9]** X-ray computed tomography supported by nuclear magnetic resonance and mercury porosimetry as novel approach in pore space characterization of tight sandstones / **Krakowska P.**, Puskarczyk E., Jędrychowski M., Habrat M., Madejski P., Dohnalik M. // W: SCA Annual Symposium 2018: the 32nd international symposium of the Society of Core Analysts: 26 –31 sierpień, 2018, Trondheim: 2018 technical proceedings. — S. [557–565],
- **[M17]** Innowacyjne narzędzie do jakościowej i ilościowej interpretacji obrazów – poROSE: przykład zwięzłych piaskowców z polskich basenów paleozoicznych — Innovative tool for the image qualitative and quantitative interpretation – poROSE: a case study of tight sandstones from Polish Paleozoic basins / **Paulina Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Mariusz Jędrychowski, Magdalena Habrat, Paweł Madejski, Marek Dohnalik // W: 12. Polski Kongres Naftowców i Gazowników: Przyszłość upstreamu i downstreamu w Polsce na tle zmian zachodzących na europejskim rynku ropy i gazu: Kraków, 16-18 maj 2018: streszczenia referatów = 12th Polish Congress of Oil and Gas Industry Professionals: the future of upstream and downstream in Poland in the context of the changes occurring on the European oil and gas market: Kraków: książka abstraktów / zesp. red. Piotr Dziadzio, Jolanta Likus, Dominika Bernaś. — Kraków: Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego, 2018. — S. 111–112,
- Permeability formula for tight gas-bearing rocks using multilinear regression analysis and laboratory measurements results / **Krakowska P.**, Puskarczyk E., Habrat M., Madejski P., Dohnalik M., Jędrychowski M. Artykuł w trakcie recenzji, czasopismo: Computational Geoscience.

Z INiG-PIB w Krakowie współpracowałam także w zakresie realizacji projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, jako członek zespołów (załącznik 9):

- **[P1]** Fundusze europejskie, Program Operacyjny Inteligentny Rozwój, Program INGA, projekt INNKARP: Opracowanie innowacyjnej koncepcji poszukiwania złóż węglowodorów w głębokich strukturach Karpat Zewnętrznych. Etap 2 (2.1 i 2.2): Nowatorskie podejście do zintegrowanej analizy wyników pomiarów laboratoryjnych i profilowań geofizyki otworowej w kontekście wspomaganie interpretacji sejsmicznej, geologicznego obrazowania i potencjału naftowego struktur wgłębnych; Kierownik etapu: prof. dr hab. inż. Jadwiga Jarzyna, AGH w Krakowie (w trakcie realizacji),
- **[P2]** Program Krajowy, Program Lider VI, projekt: Nowatorska metodyka interpretacji niekonwencjonalnych złóż ropy i gazu z wykorzystaniem wyników rentgenowskiej tomografii komputerowej” (umowa LIDER/319/L-6/14/NCBR/2015); Kierownik: dr inż. Paulina Krakowska, AGH w Krakowie; Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; okres realizacji 2016 – 2019,
- **[P6]** Program Krajowy, Program Blue Gas, projekt MWSSSG: Metodologia wyznaczania *sweet spot’ów* na podstawie własności geochemicznych, petrofizycznych, geomechanicznych w oparciu o korelację wyników badań laboratoryjnych z pomiarami geofizycznymi i model generacyjny 3D. Zadanie 10: Adaptacja do warunków polskich metodologii wyznaczania *sweet spot’ów* na podstawie korelacji pomiarów geofizycznych z rdzeniami wiertniczymi; Kierownik zadania 10: prof. dr hab. inż. J. Jarzyna, AGH w Krakowie; Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; okres realizacji: 2013 – 2017,
- **[P7]** Program Krajowy, Program Blue Gas, projekt GAZGEOLMOD: Opracowanie map zasięgu, biostratygrafia utworów dolnego paleozoiku oraz analiza ewolucji tektonicznej przykrawędziowej strefy platformy wschodnioeuropejskiej dla oceny rozmieszczenia

niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Zadanie 1: Opracowanie map zasięgu utworów dolnego paleozoiku, zgodnie z wydzieleniami stratygraficznymi, określenie miąższości i głębokości zalegania horyzontów; Kierownik zadania 1: dr inż. Bartosz Papiernik, AGH w Krakowie; Narodowe Centrum Badań i Rozwoju; okres realizacji: 2013 – 2016.

5.1.2. Instytut Nauk Geologicznych Państwowej Akademii Nauk, Ośrodek Badawczy w Warszawie

Współpraca (2014 – 2018) z zespołem interpretacji sejsmicznej, pod kierownictwem dr hab. inż. Piotra Krzywca, prof. ING PAN opierała się na interpretacji profilowań geofizyki otworowej dla analiz sejsmicznych, m.in. wydzieleniu warstw w utworach kredy do analizy zmienności litologicznej parametrów petrofizycznych, obliczeniu parametrów petrofizycznych w wydzieleniach litologicznych. Współpraca jest udokumentowana pracami zaprezentowanymi na konferencjach:

- **[M13]** Seismic interpretation of the Upper Jurassic carbonate buildups from the Nida Trough (S Poland) / Ł. Słonka, P. Krzywiec, J. Jarzyna, E. Puskarczyk, **P. Krakowska**, K. Wawrzyniak-Guz // W: SEISMIX: seismology between the Poles: 18th international SEISMIX symposium: 17–22 czerwiec 2018, Kraków. — S. 126,
- **[M14]** Sejsmiczna identyfikacja górnourajskich budowli węglanowych z południowo-wschodniej części Niecki Nidziańskiej — Seismic identification of the Upper Jurassic carbonate buildups from the SE part of the Nida Trough / Łukasz Słonka, Piotr Krzywiec, Edyta Puskarczyk, **Paulina Krakowska**, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jadwiga Jarzyna // W: POKOS 7: Polska Konferencja Sedymenologiczna: Góra Św. Anny, 4-7 czerwiec 2018 r.: materiały konferencyjne / red. Mariusz Kędziński, Michał Gradziński. — Kraków: Polskie Towarzystwo Geologiczne, 2018. — ISBN: 978-83-942304-6-3. — S. 96,
- **[M26]** Seismic characteristics of the Oxfordian carbonate buildups in the Nida Trough / Łukasz Słonka, Piotr Krzywiec, **Paulina Krakowska**, Kamila Wawrzyniak-Guz, Edyta Puskarczyk, Jadwiga Jarzyna // W: Jurassica XIII: Jurassic geology of Tatra Mts: Polska, Kościelisko, Zakopane, 19 –23 czerwiec 2017: książka abstraktów / ed. Jacek Grabowski. — Warszawa: Polish Geological Institute - National Research Institute, 2017. — ISBN: 978-83-7863-650-2. — S. 55–56,
- **[M42]** Late Cretaceous tectonics vs. sedimentation within the Miechów Trough (SE Poland), or how inversion of the Alpine foreland shaped local depositional systems / Aleksandra Stachowska, Łukasz Słonka, Piotr Krzywiec, Anna Wysocka, Jadwiga Jarzyna, **Paulina Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Mateusz Kufraś // W: 31th IAS meeting of sedimentology: Kraków 22 –25 czerwiec 2015: abstrakty / Polish Geological Society. Kraków: Polish Geological Society, 2015. — S. 501.

Wykonywałam także analizy profilowań geofizyki otworowej niekonwencjonalnych formacji jury w celu estymacji wzorów do obliczenia czasu interwałowego, na podstawie dostępnych w otworach profilowań geofizyki otworowej, jak i wyników interpretacji litologiczno – złożowych (np. zawartość minerałów ilastych w skale), w tym całkowitej zawartości węgla organicznego (TOC). Współpraca została udokumentowana wystąpieniem konferencyjnym:

- **[M39]** Defining "sweet spots" of the upper Jurassic unconventional hydrocarbon system in central part of the mid-polish through using seismic inversion, seismic attribute analysis and seismic stratigraphic modelling: abstract / Łukasz Słonka, Piotr Krzywiec, Marta Mulińska, Tomasz Rosowski, Michał Malinowski, Marta Cyz, **Paulina Krakowska** // W: International Conference & Exhibition 2016: Barcelona, Spain, 3–6 kwiecień 2016. Society of Exploration Geophysicists and American Association of Petroleum Geologists, 2016.

5.1.3. Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

W ramach realizacji prac z pomiarów rentgenowskiej tomografii komputerowej na próbkach geologicznych współpracowałam z prof. dr hab. Wojciechem Kwiatkiem, dr hab. Jakubem Bieleckim, dr inż. Konradem Tkoczem. Współpraca udokumentowana jest publikacjami:

- **[RM11]** Spatial distribution of petrophysical properties on the basis of laboratory results, well logging and seismic data / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Wojciech M. Kwiatek, Michał Gruszczuk // Geosciences and Engineering: A Publication of the University of Miskolc; ISSN 2063-6997. — 2012 vol. 1 no. 2, s. 87–92,
- **[M51]** Spatial distribution of petrophysical properties on the basis of laboratory results, well logging and seismic data / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Wojciech M. Kwiatek, Michał Gruszczuk // W: Földtudományi és környezetvédelmi vándorgyűlés és kiállítás: „Földtudományok: a gazdasági fejlődés gyökerei”: Miskolc, 2012, wrzesień 27–29 = Conference and exhibition on Earth sciences and environmental protection. — Budapest: Magyar Geofizikusok Egyesülete, [2012]. — S. 54,
- **[M52]** Skąły zbiornikowe – cyfrowe modele i petrofizyczna analiza skał klastycznych — Reservoir rocks – digital models and petrophysical analysis of clastic rocks / Jadwiga Jarzyna, **Paulina Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Roman Semyrka, Wojciech M. Kwiatek, Jakub Bielecki // W: Geopetrol 2012: nowoczesne technologie pozyskiwania węglowodorów w warunkach lądowych i morskich = modern technologies for hydrocarbon prospecting onshore and offshore: międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna: Zakopane 17–20.09.2012: wydanie konferencyjne / Instytut Nafty i Gazu. — Kraków: INiG. — Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu; ISSN 0209-0724; nr 182. — Na okł. dod. tyt.: Nauka, technika i technologia w rozwoju poszukiwań i wydobycia węglowodorów w warunkach lądowych i morskich. — S. 591–595,
- **[M54]** Digital rocks – petrophysical analysis of clastic reservoirs / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Wojciech M. Kwiatek, Roman Semyrka // W: Proceedings of the 34th International Geological Congress 2012: 5–10 sierpień 2012, Brisbane, Australia / BMA (BHP Billiton Mitsubishi Alliance). — Australia: Australian Geosciences Council, cop. 2012. — ISBN: 978-0-646-57800-2. — S. 1612,
- **[O1]** X-ray computed microtomography – a useful tool for petrophysical properties determination / Jadwiga A. Jarzyna, **Paulina I. Krakowska**, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Jakub Bielecki, Konrad Tkocz, Jacek Tarasiuk, Sebastian Wroński, Marek Dohnalik // Computational Geosciences; ISSN 1420-0597. — 2016 vol. 20 iss. 5, s. 1155–1167.

5.1.4. Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut nauk o Ziemi

Od 2017 roku współpracuję z dr hab. Iwoną Jelonek w zakresie badań geomechanicznych, petrofizycznych i petrograficznych węgla, wykonując badania geomechaniczne w stanie trójosiowego ściskania (LP WGGiOŚ AGH w Krakowie) oraz interpretując wyniki pomiarów rentgenowskiej tomografii komputerowej w programie poROSE. Wyniki wspólnych badań są udokumentowane pracami:

- **[AN5]** Geomechanical tests in the light of computed X ray tomography and petrographic data analysis for coal samples from Carboniferous basin in Poland / Puskarczyk E, **Krakowska P.**,

Jelonek I., Donalik M. // W: 35th Annual Meeting of The Society for Organic Petrology 2018: 17 – 22 sierpień 2018, Beijing, Chiny,

- Dohnalik M., **Krakowska-Madejska P.**, Puskarczyk E., Jelonek I., 2020. Wyniki badań testu wytrzymałościowego próbek węgla. Artykuł przyjęty do druku, w czasopiśmie Nafta – Gaz,
- Puskarczyk E., Krakowska P., Dohnalik M., Jelonek I. Application of a new methodology for joint analysis using geomechanics, computed X-ray tomography and Petrography based on coal samples from Carboniferous basin in Poland. Artykuł złożony do Bulletin of Engineering Geology and the Environment (status: w recenzji).

5.1.5. Geofizyka Toruń S.A. w Toruniu

Współpraca z firmą Geofizyka Toruń S.A., kierownikiem Działu Geofizyki Otworowej mgr inż. Stanisławem Baudzisem, opiera się na tworzeniu i modyfikacji programu GeoWin, którego właścicielami są obecnie Geofizyka Toruń S.A. oraz AGH w Krakowie. W ramach pracy badawczej nad parametrem całkowitej zawartości węgla organicznego powstała aplikacja TOC, do obliczenia parametru TOC z profilowań geofizyki otworowej i wyników badań laboratoryjnych na próbkach z rdzeni wiertniczych. Współpraca jest udokumentowana rozszerzonym abstraktem konferencyjnym:

- **[M6]** New application for the total organic carbon estimation based on well logs / **Paulina Krakowska**, Sebastian Waszkiewicz, Jerzy Karczewski, Jadwiga Jarzyna, Edyta Puskarczyk, Kamila Wawrzyniak-Guz, Stanisław Baudzis // W: CAGG-AGH-2019: “Challenges in Applied Geology and Geophysics: 100th anniversary of applied geology at AGH University of Science and Technology”: international scientific conference: 10-13 wrzesień 2019, Kraków: książka abstraktów / eds. Jadwiga Jarzyna, **Paulina Krakowska-Madejska**, Anna Sowizdżał; AGH. — Kraków: AGH University of Science and Technology, cop. 2019. — e-ISBN: 978-83-66364-18-9.

Aplikacja TOC, programu GeoWin, którego jestem współautorem i koordynatorem prac, jest w fazie TRL7 (ang. *Technology Readiness Level*). TRL7 oznacza fazę demonstracji aplikacji w otoczeniu operacyjnym (np. warunki rzeczywiste, dane, różni użytkownicy).

W ramach współpracy odbyłam także szkolenie z zakresu geofizyki otworowej w Geofizyce Toruń S.A. w dniach 13 – 15.12.2017.

5.1.6. Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A.

Współpracuję ze specjalistami z Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. w ramach realizacji projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju: projekty programu Blue Gas (dwa projekty: MWSSSG **[P6]** i GAZGEOLMOD **[P7]**), projekt programu Lider VI **[P2]**, projekt programu INGA **[P1]** (załącznik 6, 9).

5.1.7. Orlen Upstream Sp. z o.o.

Ze specjalistami z firmy Orlen Upstream Sp. z o.o. współpracowałam w ramach realizacji następujących projektów: projekt programu Blue Gas (projekt GAZGEOLMOD **[P7]**), projekt programu Lider VI **[P2]**, a także opracowań przemysłowych **[OP1]** (załącznik 6, 9).

5.1.8. Lotos Petrobaltic S.A.

W ramach realizacji projektu MWSSSG [P6] programu Blue Gas w latach 2013 – 2017 prowadziłam prace badawcze w zakresie interpretacji wyników profilowań geofizyki otworowej i danych laboratoryjnych na próbkach z rdzeni wiertniczych z otworów zlokalizowanych na szelfie Bałtyku, na obszarze morskim RP (załącznik 6, 9).

5.2. Instytucje zagraniczne

W ramach realizacji projektu LIDER VI, tworzenie oprogramowania poROSE do jakościowej i ilościowej interpretacji obrazów materiałów porowatych, zawarłam współpracę z firmą Volume Graphics GmbH w Heidelbergu (Niemcy). Firma jest producentem jednego z najlepszych programów do analizy danych rentgenowskiej tomografii komputerowej – VG Studio. Ówczesny pracownik firmy – Frederick Arand (programista) wspomógł nasz zespół w utworzeniu modułu w programie poROSE do wyznaczania, tzw. osi centralnej obiektu, która parametryzuje główny kanał przepływu płynu w przestrzeni porowej skały. Moduł w programie poROSE nazywa się *Skeletonization* -> *Central axis*. Udział Frederika Arand w utworzeniu modułu jest wpisany w dokumentację programu poROSE, przekazywaną wraz z plikami instalacyjnymi.

Doprowadziłam także do zawarcia oficjalnej współpracy naukowej w roku 2018 z firmą Volume Graphics GmbH, opierającą się na przekazaniu danych laboratoryjnych próbek z rdzeni wiertniczych oraz na wspólnych analizach i interpretacjach wyników badań. Na potwierdzenie współpracy z firmą załączam dokument o współpracy (załącznik 9).

Realizacja projektu Lider VI doprowadziła do zawarcia współpracy w zakresie interpretacji pomiarów rentgenowskiej tomografii komputerowej, użytkowania i tworzenia nowych modułów programu poROSE z następującymi ośrodkami zagranicznymi:

- University of Miskolc (Miskolc, Węgry), prof. dr Michaly Dobroka, prof. dr Norbert Szabo;
- Eni: energy company Co. (Mediolan, Włochy), Francesco Radaelli (Technical Leader Experimental Petrophysics);
- International Geothermal Centre, Hochschule Bochum (Bochum, Niemcy), prof. Erik Saenger (wcześniej ETH Zurich, grupa ROCKETH-science).

W ramach współpracy międzynarodowej byłam formalnym członkiem grupy ROCKETH-science od roku 2012 (Rock Physics Network, siedziba główna w ETH Zurich, Szwajcaria), od której miałam dostęp do wiedzy z zakresu synchrotronowej rentgenowskiej tomografii komputerowej: <http://www.rockphysics.org/index.php/people>.

Od roku 2019 jestem dożywotnim członkiem The Society of Core Analysts (SCA, sekcja Society of Petrophysicists and Well Log Analysts) o numerze 4193, co umożliwia mi dostęp do najnowszych technologii laboratoryjnych, a także wiedzy z zakresu badań laboratoryjnych na próbkach z rdzeni wiertniczych. Członkostwo w SCA daje mi możliwość wymiany doświadczeń, a także pomysłów z petrofizykami z całego świata.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę

Prowadzę zajęcia dydaktyczne dla studentów kierunku Geofizyka na WGGiOŚ AGH w Krakowie, I (inżynierskie) i II (magisterskie) stopnia z: Technik wizualizacji danych, Geofizyki Otworowej II (metody radiometryczne), Modelowania w geofizyce, Przetwarzania i interpretacji profilowań geofizyki otworowej, przedmiotu Geofizyka dla studentów kierunku Górnictwo i Geologia, Geoinformatyka oraz przedmiotu Metody badań geofizycznych i Podstawy metod badań geofizycznych dla studentów kierunku Inżynieria Środowiska na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie. Jestem koordynatorem przedmiotów: Geofizyka Otworowa II, Modelowanie w geofizyce oraz Przetwarzanie i interpretacja profilowań geofizyki otworowej. Prowadzę także zajęcia w języku angielskim na studiach II stopnia na specjalności Applied Geophysics z przedmiotów: Modelling in geophysics, Processing and interpretation of well logs. Jestem koordynatorem wymienionych przedmiotów. Do prowadzonych przedmiotów opracowałam oryginalne sylabusy. W pracy dydaktycznej wykorzystuję wyniki prac badawczych oraz staram się zainteresować młodych adeptów geofizyki stosowanymi zagadnieniami z zakresu nowoczesnych metod w petrofizyce.

Dzięki współpracy z firmą Lloyd's Register doprowadziłam do zawarcia umowy między AGH w Krakowie, a firmą Lloyd's Register na udostępnienie 15 licencji programu komputerowego IP (wcześniej Interactive Petrophysics) do interpretacji profilowań geofizyki otworowej i wyników badań laboratoryjnych na próbkach z rdzeni wiertniczych oraz 15 licencji programu IC do analiz geologicznych. Nauka interpretacji profilowań geofizyki otworowej i wyników badań laboratoryjnych w programie IP została włączona do przedmiotu Przetwarzanie i interpretacja profilowań geofizyki otworowej, którego jestem koordynatorem i współprowadzącą.

W roku 2018 i 2019 prowadziłam zajęcia w Laboratorium Petrofizyki WGGiOŚ AGH w Krakowie dla studentów z King Fahd University of Petroleum & Minerals, z Arabii Saudyjskiej z przedmiotu Petrofizyka (ang. *Petrophysics*) (załącznik 9). Ponadto, od wielu lat uczę studentów z Państwowego Technicznego Uniwersytetu Nafty i Gazu z Iwano-Frankiwka (Ukraina), a także prowadziłam dwie prace magisterskie.

W okresie 16.04 – 20.04.2018 prowadziłam zajęcia dydaktyczne z petrofizyki i geofizyki otworowej dla studentów Hanoi University of Mining and Geology w Hanoi (Wietnam), w ramach programu Erasmus+ Kraje Partnerskie (załącznik 9). Pobyt związany był także z podtrzymaniem współpracy pomiędzy pracownikami i studentami HUMG w Hanoi i AGH w Krakowie.

Prowadziłam 7 prac magisterskich, a także 9 inżynierskich. Jedną z prac inżynierskich, poświęconą interpretacji wyników badań rentgenowskiej tomografii komputerowej, została opublikowana w czasopiśmie *Nafta – Gaz: Interpretacja jakościowa i ilościowa przestrzeni porowej piaskowca karbońskiego na podstawie wyników rentgenowskiej tomografii komputerowej* / Piotr Gołda, **Paulina Krakowska** // *Nafta Gaz*; ISSN 0867-8871. — 2018 R. 74 nr 7, s. 487–494. Prowadziłam także prace (inżynierską i magisterską) obecnego studenta studiów doktoranckich na WGGiOŚ AGH w Krakowie – mgr inż. Sebastiana Waszkiewicza.

W latach 2014 – 2018 byłam opiekunem Koła Naukowego Geofizyków GEOFON (załącznik 9) i opiekunem merytorycznym grantów rektorskich, przyznawanych na AGH w Krakowie na realizację prac badawczych lub organizacyjnych studentów. Koło Naukowe Geofizyków GEOFON jest inicjatorem i organizatorem Ogólnopolskich Warsztatów Geofizycznych GEOSFERA, które odbywają się co dwa lata i zreszają studentów geologii i geofizyki, a także pracowników jednostek przemysłu i nauki. Jako opiekun naukowy Koła współorganizowałam warsztaty, od planowania, po ich realizację.

Współorganizowałam także z Kołem oraz Planetarium i Obserwatorium Astronomicznym im. Mikołaja Kopernika w Chorzowie trzykrotnie konferencję Geofizyka w Kosmosie. Wielokrotnie byłam opiekunem naukowym referatów na Konferencji Studenckich Kół Naukowych Pionu Górniczego AGH w Krakowie, sekcja: Geofizyka. Wielokrotnie koordynowałam także sekcją geofizyki na Festiwalu Nauki w Krakowie, Dniach Otwartych AGH w Krakowie, a także wyjazdom terenowym do Centrum Zrównoważonego Rozwoju i Poszanowania Energii WGGiOŚ AGH w Miękinii.

W roku 2018 otrzymałam indywidualną Nagrodę Rektora III stopnia za osiągnięcia dydaktyczne (załącznik 9).

Jestem autorem publikacji popularnonaukowej: W głąb skały — Into the rock / Paulina Krakowska // *Academia*: magazyn Polskiej Akademii Nauk; ISSN 1733-8662. — 2019 nr 1–2, s. 14–16.

W roku 2017 byłam koordynatorem wystawy sekcji geofizyka (pokazy, prezentacje, itp.) w 21. Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, który odbył się 3 czerwca 2017 na PGE Narodowym w Warszawie (załącznik 9). Piknik jest największym w Europie wydarzeniem upowszechniania nauki.

Utworzyłam na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie studencki oddział American Association of Petroleum Geologists (AAPG).

W roku 2019 współorganizowałam międzynarodową konferencję Challenges in Applied Geology and Geophysics: 100th anniversary of applied geology at AGH University of Science and Technology CAGG2019, która odbyła się w dniach 10 – 13 września 2019, w AGH w Krakowie. Byłam odpowiedzialna za usługi cateringowe, prowadzenie strony CAGG2019 na Facebooku, przygotowanie ofert sponsorskich, przygotowanie i edycję rozszerzonych abstraktów konferencyjnych (załącznik 9, strona [www: http://cagg2019.agh.edu.pl/organizers.html](http://cagg2019.agh.edu.pl/organizers.html)). Z okazji Jubileuszu 70-lecia Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie w roku 2016 byłam odpowiedzialna za prezentację możliwości badawczych Katedry Geofizyki WGGiOŚ AGH w Krakowie w postaci posterów na obchodach jubileuszu.

Zorganizowałam także seminarium dotyczące zaawansowanych możliwości badawczych z wykorzystaniem dwuwiązkowych mikroskopów SEM/PFIB, TEM oraz AFM oferowanych przez Laboratorium Nanores z Wrocławia, w dniu 24.10.2019 na WGGiOŚ AGH w Krakowie.

W ramach współpracy oraz promocji wyników projektu LIDER VI brałam udział: w spotkaniach z pracownikami, wystąpieniach (prezentacje), seminariach następujących jednostek nauki i przemysłu: 1) 14 listopad 2018, Łódź (Polska), XXI Kongres Naukowo – Techniczny WOD-KAN-EKO 2018, stoisko AGH w Krakowie w Strefie Nauki; 2) 12 grudnia 2018, Wrocław, Laboratorium Nanores; 3) 7 styczeń 2019, Gdańsk, Instytut Maszyn Przepływowych im. Roberta Szewalskiego Polskiej Akademii Nauk, prezentacja na seminarium Instytutu; 4) 10-11 styczeń 2019, Miskolc (Węgry), University of Miskolc; 5) 21 styczeń 2019, Mediolan (Włochy), Eni: energy company Co.; 6) 23 styczeń 2019, Heidelberg (Niemcy), Volume Graphics GmbH; 7) 24 styczeń 2019, Bochum (Niemcy), International Geothermal Centre, Hochschule Bochum; 8) 29 styczeń 2019, Warszawa, Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk; 9) 31 styczeń 2019, Zielona Góra, Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo SA, Oddział w Zielonej Górze; 10) 1 luty 2019, Warszawa, Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, prezentacja na seminarium Instytutu; 28) 1 luty 2019, Warszawa, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Materiałowej.

Obecnie jestem członkiem Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Ziemi i Środowisku AGH w Krakowie oraz Okręgowej Komisji Wyborczej w roku 2020 (Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie).

Popularyzuje naukę administrując stroną Katedry Geofizyki WGGiOŚ AGH w Krakowie na Facebook (*funpage*).

7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora wzięłam aktywnie udział w 16 konferencjach, w tym 13 – międzynarodowych (m.in. EAGE Conference & Exhibition w latach 2010, 2011, 2012, 2013, 2014; Minisymposium on Poroelasticity w latach 2012, 2013, 2014; Międzynarodowej konferencji Geopetrol w latach 2010, 2012; East Meets West: international scientific technical conference w roku 2010; Herlandia 2011: 12th International Conference of Young Geologists; VIII Krakow Conference of Young Scientists w roku 2013) i 3 – krajowe (m.in. Krajowe Spotkanie Użytkowników Oprogramowania Landmark w latach 2010, 2011; seminarium Komisji Nauk Geologicznych PAN w roku 2013). Po uzyskaniu stopnia doktora byłam aktywnym uczestnikiem 18 konferencji i seminariów, w tym 15 – międzynarodowych (m.in. EAGE Conference & Exhibition w 2017; The Society of Core Analysts Annual Symposium w latach 2017, 2018, 2019; Międzynarodowej konferencji Geopetrol w latach 2014, 2016, 2018; Applied Geophysics w roku 2018; GeoShale w roku 2014; IX Krakow Conference of Young Scientists w roku 2014; AAPG European Regional Conference & Exhibition w roku 2015; SGEM 2016: 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference w roku 2016; 35th International Geological Congress w roku 2016; CAGG2019 “Challenges in Applied Geology and Geophysics: 100th anniversary of applied geology at AGH University of Science and Technology w roku 2019; seminarium w International Geothermal Centre, Hochschule Bochum w roku 2019), a 3 – krajowych (m.in. Polski Kongres Naftowców i Gazowników w roku 2018; seminarium w Instytucie Maszyn Przepływowych PAN oraz Instytucie Podstawowych Problemów Techniki PAN w roku 2019) (załącznik 6, 8).

Brałam udział w 13. projektach [**P1 – P13**], w tym 9 projektów finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (program INGA; program Lider VI; program Blue Gas I: projekty MWSSSG, GAZGEOLMOD; program Blue Gas II: ShaleFore i ShaleCarp; Program Badań Stosowanych II; Program Badań Stosowanych III; program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka), 1 projekt finansowany przez Narodowe Centrum Nauki (program Preludium 3) oraz 3 projekty finansowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Byłam kierownikiem projektu z programu Lider VI (NCBiR) oraz Preludium 3 (NCN). Projekty zostały szczegółowo opisane w wykazie osiągnięć (załącznik 6, 9).

Ponadto, jestem współautorem 6. opracowań przemysłowych [**OP1 – OP6**], m.in. dla Orlen Upstream Sp. z o.o., Tauron Wydobycie S.A. (załącznik 6).

Jestem autorem i współautorem 118 publikacji (włączając monografie i rozdziały w monografiach), w tym 90 prac z okresu po uzyskaniu stopnia doktora i 28 przed uzyskaniem stopnia doktora. Prace opisane są szczegółowo w załącznikach (załącznik 6, 8).

Ponadto, jestem współtwórcą programu poROSE i kierownikiem prac (prace [**O3 – O6, A1, A5 – 6, B1, B3, B4, B7, MK1, M1, M7 – 9, M12, M15 – 18, M21 – 24, M27, M29, AN1 – 2, AN4**], załącznik 6), doprowadzając do jego wdrożenia (załącznik 9), a także koordynatorem prac i współautorem dwóch

programów komputerowych: Aplikacja TOC (prace [RM2, RM7, B2, M6, M10, M30]; załącznik 6) i Geo Lab Log Platform (GLLP) (prace [M4, MK5], załącznik 6).

W okresie po uzyskaniu stopnia doktora trzykrotnie otrzymałam Nagrodę Rektora AGH w Krakowie za osiągnięcia naukowe i raz za osiągnięcia dydaktyczne (załącznik 9). Na międzynarodowej konferencji Geopetrol 2012 w Zakopanym zostałam wyróżniona i otrzymałam nagrodę za wystąpienie.

Wielokrotnie byłam uczestnikiem programu Travel Grant (doktorant) i PACE (pracownik) European Association of Geoscientists and Engineers na wsparcie udziału w konferencji EAGE Conference & Exhibition, a także międzynarodowego programu STAR Fellowship w latach 2010 – 2014 za osiągnięcia naukowe, przyznawanego przez międzynarodową organizację The Society of Petroleum Engineers.

Brałam udział także w szkoleniach z zakresu zarządzania projektami i zespołem projektowym, a także wdrożenia wyników projektu: „Zarządzanie projektami badawczymi” (NCBiR, Warszawa, 16 – 17.02.2016), Bring your Tech to the Market – RMTechFlow Project (Raw Materials Academy, AGH w Krakowie, 20 – 21.11.2019) (załącznik 9). W czasie trwania projektu z programu Lider VI byłam odpowiedzialna nie tylko za prace badawcze, ale także za rozliczenia finansowe, analizy rynkowe, przygotowywanie i finalizowanie dokumentów ofertowych i przetargowych.

Przez cały okres działalności naukowej podnosiłam swoje kwalifikacje biorąc kilkakrotnie udział w szkoleniach z zakresu przetwarzania i interpretacji profilowań geofizyki otworowej w programie Techlog (firma Schlumberger) w Warszawie (9 – 10.11.2011) i Krakowie (19 – 21.10.2010) oraz IP (firma Lloyd's Register) w Krakowie (15 – 17.04.2019, byłam także organizatorem szkolenia). W okresie 10 – 14 czerwiec 2019 w AGH w Krakowie wzięłam udział w szkoleniu: *5-day horizontal well geosteering course*, prowadzonego przez firmę GeoModes Consulting Ltd (załącznik 9). Ponadto, brałam udział w kursach (ang. *short courses*): Numerical history matching of SCAL data (26.08.2019, Pau, Francja), Wettability, Measurements and Impacts (27.08.2018, Trondheim, Norwegia), Imaging Techniques for Core Analysis (28.08.2017, Wiedeń, Austria), organizowanych przez Society of Core Analysts, w ramach SCA Annual Symposium. Odbyłam także wyjazd studyjny do Total Exploration & Production Alternative Subsurface Data (TEP ASD) Logging Calibration Center w Pau (Francja), w dniu 27.08.2019, organizowany przez Society of Core Analysts.

Jestem członkiem zespołu Laboratorium Petrofizyki Katedry Geofizyki Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, pod kierownictwem dr inż. Edyty Puskarczyk, wykonując pomiary i interpretacje wyników badań laboratoryjnych: testu wytrzymałościowego w stanie jedno- lub trójosiowego ściskania i jednoczesnego pomiaru prędkości fali P i S w symulowanych warunkach złożowych (ciśnienie i temperatura), badań prędkości fali P i S, parametrów elektrycznych w symulowanych warunkach złożowych (ciśnienie i temperatura), przewodnictwa cieplnego, spektroskopii magnetycznego rezonansu jądrowego.

Brałam udział w badaniach porównawczych zawartości radonu w wodzie (Intercomparison exercise – radon concentration in water), jako członek dwuosobowego zespołu badawczego, organizowanych przez Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie (marzec 2018), a także organizowanych przez European Commission Directorate – General Joint Research Centre (wrzesień 2018), pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Nguyen Dinh Chau (KG WGGiOŚ AGH w Krakowie).

Ponadto, odbyłam 3 staże zagraniczne w PDF Limited International Exploration Geology Consultants (Ewelme, UK), BG Group (Reading, UK) oraz Geophysik GGD GmbH (Lipsk, Niemcy) (szczegółowy opis w załączniku 6, 9).

Poniżej przedstawiam wykaz dorobku (Tabela 1), stan na dzień 11.02.2020.

Tabela 1. Wykaz osiągnięć naukowych przed i po uzyskaniu stopnia doktora. WoS – Web of Science, E3S WoC – E3S Web of Conferences, JCR – Journal Citation Report. Data sporządzenia wykazu 11.02.2020.

Dorobek naukowo-badawczy	Przed doktoratem	Po doktoracie	SUMA
Sumaryczna liczba punktów MNiSW:			
przed 2019	86	357.5	443.5
2019 – 2020	-	480	480
Sumaryczny IF	0.727	23.224	23.951
Sumaryczny IF-5	0.754	24.854	25.608
Indeks Hirscha wg bazy WoS	b.d.	6	6
Indeks Hirscha wg bazy Scopus	b.d.	7	7
Sumaryczna liczba cytowań wg WoS; w tym bez autocytowań	b.d.	92; 51	92; 51
Sumaryczna liczba cytowań wg Scopus; w tym bez autocytowań	b.d.	112; 58	112; 58
Sumaryczna liczba publikacji; w tym z monografiemi i rozdziałami w monografiach	25; <u>28</u>	78; <u>90</u>	103; <u>118</u>
Publikacje w czasopismach z listy JCR	1	16	17
Publikacje w czasopismach z bazy WoS (poza wymienionymi z listy JCR); tylko Scopus	0; 0	4; 1	4; 1
Materiały konferencyjne zamieszczone na WoS, E3S WoC	<u>0</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
Materiały konferencyjne zamieszczone w bazie Scopus (poza wymienionymi z WoS, E3S WoC)	<u>7</u>	<u>3</u>	<u>10</u>
Publikacje z listy A MNiSW	<u>1</u>	<u>9</u>	<u>10</u>
Publikacje z listy B MNiSW	<u>7</u>	<u>7</u>	<u>13</u>
Publikacje z lat 2019 – 2020 z wykazu MNiSW	b.d.	<u>7</u>	<u>7</u>
Monografie	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
Sumarycznie liczba rozdziałów w monografiach	<u>1</u>	<u>10</u>	<u>11</u>
Rozdziały w monografiach w języku polskim	0	8	8
Rozdziały w monografiach w języku angielskim	1	2	3
Publikacje w materiałach konferencyjnych	<u>11</u>	<u>48</u>	<u>59</u>
Materiały konferencyjne w języku angielskim	6	33	39
Materiały konferencyjne w języku polskim	5	15	20
Artykuły popularnonaukowe	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>1</u>
Udział w konferencjach i seminariach	16	18	34
krajowe	3	3	6
międzynarodowe	13	15	28

Projekty badawcze ogółem; w tym, jako kierownik projektu	4; 1	6; 1	10; 2
Udział w komitetach konferencji międzynarodowych	0	1	1
Udział w pracach zleconych dla przemysłu	4	5	9
Wdrożone licencje oprogramowania; programy w fazie wdrożenia	0	1; 2	1; 2
Promotor prac inżynierskich i magisterskich	b.d.	16	16
Nagrody i wyróżnienia*	10	4	14

* – stypendium dla najlepszego doktoranta AGH w Krakowie (5 lat), STAR Fellowship za osiągnięcia naukowe, przyznawanego przez międzynarodową organizację The Society of Petroleum Engineers (4 lata), nagroda za wystąpienie na międzynarodowej konferencji Geopetrol 2012 w Zakopanym, Nagrody Rektora AGH (4 nagrody)

Paulina Krakowska-Madejska

(podpis wnioskodawcy)