

dr hab. Piotr Such, prof. INiG - PIB

Kraków, 15.11.2020

Instytut Nafty i Gazu – PIB

Kraków, ul. Lubicz 25A

RECENZJA

osiągnięcia naukowego dr inż. Pauliny Krakowskiej - Madejskiej będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych (dyscyplina - nauki o Ziemi i środowisku):

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

Wymagania formalne: dr inż. Paulina Krakowska - Madejska złożyła wszystkie wymagane w procesie habilitacyjnym dokumenty, pisma i załączniki.

Dr inż. Paulina Krakowska – Madejska obroniła pracę magisterską na Akademii Górniczo – Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie pt. „Dobór parametrów petrofizycznych węglanowych skał zbiornikowych w celu podwyższenia dokładności wyznaczenia współczynnika nasycenia wodą” wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jadwigi Jarzyny (kierunek: Górnictwo i Geologia, specjalność Geofizyka Poszukiwawcza) w roku 2009 i uzyskała tytuł magistra inżyniera. W roku 2014 na Akademii Górniczo - Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie uzyskała stopień doktora nauk o Ziemi broniąc pracy „Określenie potencjału zbiornikowego skał osadowych wieku prekambryjskiego i paleozoicznego na podstawie wyników badań laboratoryjnych i profilowań geofizyki otworowej”. Promotorem pracy była prof. dr hab. inż. Jadwiga Jarzyna.

Praca i kariera naukowa dr inż. Pauliny Krakowskiej – Madejskiej związana jest z Wydziałem Geofizyki, Geologii i Ochrony Środowiska AGH, gdzie aktualnie zajmuje stanowisko adiunkta naukowo – dydaktycznego. Habilitantka jest autorem lub współautorem 118 publikacji i publikowanych referatów lub posterów w materiałach konferencyjnych. Była promotorem 16 prac inżynierskich i magisterskich. Uczestniczyła w 10 projektach badawczych przy czym była kierownikiem w dwóch z nich. Brała udział w 34 konferencjach i seminariach krajowych i zagranicznych. W latach 2014 – 18 była opiekunem Koła Naukowego Geofizyków GEOFON. Jednym z osiągnięć było zaprojektowanie i stworzenie programu poROSE do interpretacji obrazów tomograficznych materiałów porowatych. Program jest licencjonowany

przez Centrum Transferu Technologii AGH. Prowadzi zajęcia dydaktyczne (część z nich również w języku angielskim). Odbyla trzy staże zagraniczne. Jest laureatką 14 nagród i wyróżnień (w tym stypendium dla najlepszego doktoranta AGH).

Dorobek naukometryczny to:

1. Liczba cytowań:

- według bazy Web of Science: **92** (51 bez autocytowań)
- według bazy Scopus: **112** (58 bez autocytowań)

2. Indeks Hirscha:

- według bazy Web of Science: 6
- według Bazy Scopus: 7

Dr inż. Paulina Krakowska – Madejska przedstawiła swoje osiągnięcie naukowe w postaci sześciu publikacji, przy czym tylko w pierwszej z nich jej wkład był niższy od 50% i wynosił 30%. W pozostałych wkład ten wahał się w granicach od 50 do 75 %, zaś czwarta z kolei była jej pracą samodzielną.

Były to kolejno:

1. "X-ray computed microtomography – a useful tool for petrophysical properties determination" - 2016
2. "Computed X-ray microtomography as the useful tool in petrophysics: a case study of tight carbonates Modryn formation from Poland" - 2016
3. "Innovative characterization of tight sandstones from Paleozoic basins in Poland using X-ray computed tomography supported by nuclear magnetic resonance and mercury porosimetry" - 2018
4. "Detailed parametrization of the pore space in tight clastic rocks from Poland based on laboratory measurement results" - 2019
5. "Diverse scale data for shale gas formation description – why is digital shale rock model construction difficult?: the Polish Silurian and Ordovician rocks case study" - 2020
6. "Research on fluid flow and permeability in low porous rock sample using laboratory and computational techniques" – 2019

Istotnym elementem wiążącym poszczególne publikacje jest program poROSE (poROUs Materials Examination Software) powstały w latach 2016 – 2019 w ramach programu NCBiR „Nowatorska metodyka interpretacji niekonwencjonalnych złóż ropy i gazu z

wykorzystaniem wyników rentgenowskiej tomografii komputerowej”. Habilitantka była kierownikiem tego projektu, a jej wkład do powstania programu oszacowano na 27%.

Osiągnięcie naukowe zaprezentowane przez Habilitantkę związane jest z wprowadzeniem do praktyki badawczej rentgenowskiej tomografii komputerowej. Do tej pory istniejące modele przestrzeni porowej były schematyczne i opierały się na uśrednionych parametrach związanych z wykształceniem porów (w zasadzie z ich wielkością). Analiza fraktalna opierała się na możliwości rozdzielenia przestrzeni porowej na część zbudowaną z porów i część będącą kanałami łączącymi poszczególne pory. Próby urealniania kształtów poszczególnych porów dotyczyły jedynie badań płytek cienkich i zglądów (2D)

Tomografia komputerowa dając wizualizację 3D przestrzeni porowej dostarczyła narzędzie służące urealnieniu modeli numerycznych tejże przestrzeni, szczególnie części dotyczącej porów. Osiągnięcie Habilitantki jest tym ambitniejsze, że dotyczy parametryzowania przestrzeni porowej skał niekonwencjonalnych. Numeryczna parametryzacja kształtów porów, ich rozłożenia przestrzennego, anizotropii wykształcenia przestrzeni porowej, czy połączeń między porami wspomagana była analizą innych metod badawczych. Od analiz porowatości (piknometria helowa), przez badania NMR i MICP aż do wyników profilowań geofizyki wiertniczej. Te ostatnie wykorzystano przy analizie przestrzeni porowej skał łupkowych. Weryfikacją poprawności uzyskanych modeli było porównanie wyliczonej przy ich pomocy przepuszczalności z przepuszczalnością zmierzoną doświadczalnie.

Ostatnia z prezentowanych prac dotyczy już przepływów gazu (wody) przez przestrzeń porową. Po numerycznym sparametryzowaniu przestrzeni porowej przeprowadzono symulacje przepływu płynów złożowych dla różnych założeń (gaz rzeczywisty, doskonały, przepływ z poślizgiem, bez poślizgu, różne ciśnienia). Określono warunki w jakich możliwa jest rzetelna symulacja przepływu. Przeprowadzone symulacje pokazały również ogromną wrażliwość końcowych wyników na zmiany poszczególnych parametrów.

Z prezentowanych publikacji wynika jednoznacznie, że tomografia rentgenowska jest potężnym narzędziem do tworzenia modeli przestrzeni porowej, jest zarazem narzędziem wrażliwym na nawet niewielkie zmiany parametrów. Stąd niemożność stworzenia ogólnej metody modelowania przestrzeni porowej. W sumie należy tworzyć modele dla danych typów skał, danego wydzielenia, a przy symulacji przepływów dla odpowiednich parametrów złożowych. Również ostrożnie należy traktować adaptacje wyników badań innych typów analiz. Np. najbardziej podstawowa analiza porowatości: tomografia daje wartości dla wszystkich porów, tymczasem dla skał łupkowych do 30% porowatości to tzw. no accesible porosity (nie penetrowalna nawet przez hel) podobnie może być w niektórych skałach typu

tight. Z kolei średnica kanałów porowych dla tych skał może być mniejsza od rozdzielczości tomografu. Z kolei NMR uwzględnia w swoich wynikach wodę związaną czy wodę zawartą w pakietach minerałów ilastych. Habilitantka zadaje sobie z tego sprawy. Dobiera ostrożnie parametry do modeli i weryfikuje poprawność osiągniętych rezultatów porównując wyliczoną przy pomocy modelu wartość przepuszczalności z wynikiem doświadczalnym i analizując które parametry są najważniejsze dla poprawnego odtworzenia przestrzeni porowej i badając wrażliwość parametrów modelu dla różnych typów wyników uwzględnionych w nim analiz.

W ostatnich latach, dokonał się jakościowy postęp w tworzeniu cyfrowych modeli przestrzeni porowej, związanej z wynikami otrzymywanymi z komputerowej tomografii rentgenowskiej, która to metoda umożliwiła realne sparametryzowanie kształtów i rozłożenia przestrzennego porów. Podstawową regułą przy tworzeniu modeli wykorzystujących tomografię jest zindywidualizowane podejście do badań, począwszy od rodzaju skały, poprzez odpowiedni dobór analiz uzupełniających (od analiz porowatości skończywszy na wynikach profilowań geofizyki otworowej, umożliwiających rzetelne odtworzenie parametrów przestrzeni porowej), odpowiedni dobór ilości i wielkości próbek do poszczególnych analiz, skończywszy na końcowej analizie i weryfikacji otrzymanego modelu. Wszystkie te elementy znajdują się w publikacjach ilustrujących osiągnięcie naukowe dr inż. Pauliny Krakowskiej – Madejskiej. Jej wkład w rozwój cyfrowych modeli przestrzeni porowej można określić jako znaczący.

Reasumując, dr inż. Paulina Krakowska – Madejska:

- jest autorem i współautorem licznych publikacji i referatów naukowych, w których prezentowała swoje wyniki badań,
- ma udokumentowany dorobek naukowy, ulokowany w znacznej mierze w prestiżowych czasopismach naukowych polskich i zagranicznych,
- odbyła trzy staże zagraniczne (Wielka Brytania, Niemcy),
- posiada znaczący dorobek dydaktyczny,
- jest uznanym specjalistą od interpretacji wyników geofizyki otworowej oraz analiz petrofizycznych,
- jest członkiem SCA, EAGE i Towarzystwa Geosynoptyków GEOS
- kierowała lub była wykonawcą licznych projektów badawczych, prowadziła prace dla przemysłu
- była trzykrotną laureatką Nagród Rektora (za osiągnięcia naukowe i dydaktyczne),
- była opiekunką Studenckiego Koła Geofizyków GEOFON

Recenzent stwierdza, że przedstawione przez dr inż. Paulinę Krakowską - Madejską osiągnięcie naukowe w pełni odpowiada wymaganiom stawianym osobom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego określonym w art.219 pkt 1 i2 ust. z dnia 20 lipca 2018r i wnioskuje o dopuszczenie dr inż. Pauliny Krakowskiej - Madejskiej do dalszego etapu przewodu habilitacyjnego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych (dyscyplina - nauki o Ziemi i środowisku).

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'P. Sewe'.