

Kraków 10.12. 2018r.

Prof. nadzw. dr hab. inż. Irena Matyasik  
Instytut Nafty i Gazu - Państwowy Instytut Badawczy  
Zakład Geologii i Geochemii  
ul. Lubicz 25A  
31-503 Kraków  
[matyasik@inig.pl](mailto:matyasik@inig.pl)

## RECENZJA

**Rozprawy doktorskiej mgr Piotra Guzego pt.: "ANALIZA WYNIKÓW POWIERZCHNIOWYCH BADAŃ GEOCHEMICZNYCH NA TLE ROZPOZNANIA SEJSMICZNEGO WYBRANEGO OBSZARU KARPAT ZEWNĘTRZNYCH W ASPEKCIE LOKALIZACJI WGLĘBNYCH AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW"**

Recenzowana praca traktuje o wykorzystaniu szeroko zakrojonych powierzchniowych badań geochemicznych, jako metody wspomagającej, wraz z metodami geofizycznymi, prace poszukiwawcze w stektonizowanym rejonie Karpat Zewnętrznych. Metody badań powierzchniowych mają bardzo długą historię także w Polsce, a dzięki progresowi technik analitycznych są nadal stosowane wspólnie z innymi badaniami takimi jak radiometryczne, mikrobiologiczne czy badaniem zmian mineralogicznych środowiska, implikowanych obecnością węglowodorów przenikających z głębi do strefy przypowierzchniowej. Wśród metod geochemicznych najbardziej rozpowszechniona jest metoda gazu wolnego, która jest metodą bezpośrednią, monitorującą skład gazów wypełniających wolne przestrzenie porowe w przypowierzchniowym środowisku skalnym. Jest to metoda doskonale sprawdzająca się w monitorowaniu szczelności pułapek złożowych i śledzeniu dróg migracji węglowodorów na terenie działalności górnictwa naftowego. W recenzowanej pracy doktorant postawił sobie za cel przeanalizowanie przydatności wyników powierzchniowych badań geochemicznych w prospekcyjnej hierarchizacji wyinterpretowanych stref anomalnego zapisu sejsmicznego na obszarze Karpat Zewnętrznych, rozpoznanych w znacznej mierze pod względem obecności złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. W szczególności doktorant chciał wykazać wpływ tektoniki i zmienności litologicznej wychodni utworów fliszowych na typ powierzchniowego obrazu geochemicznego, a także wykonać ocenę zależności pomiędzy gazowymi alkanami i alkenami w aspekcie określania stopnia aktywności mikroprzenikania węglowodorów z wglębnych źródeł rozpraszania do strefy przypowierzchniowej. W odczuciu recenzującego nie jest to jednak przełomowe i nowatorskie pod względem metodyki badań prowadzonych dla prospekcji naftowej. Jako pierwszorzędne są stosowane badania geofizyczne i sejsmiczne wraz z interpretacją głębokich profili wierceń. Ważnym elementem przedłożonej do recenzji pracy jest wskazanie zależności aktywności migracyjnej węglowodorów od różnych czynników środowiskowych i budowy strukturalno-tektonicznej, bowiem wyniki swoich badań powierzchniowych doktorant ściśle powiązał z obrazem zinterpretowanych profili sejsmicznych i wglębną budową strukturalną wybranego rejonu badań.

Autor recenzowanej rozprawy podjął się wykonania badań geochemii powierzchniowej wieloaspektowo, od badań gazowych, gazu wolnego w strefie przypowierzchniowej, poprzez pomiar strumienia emisji migrującego gazu aż po badania fizykochemiczne gleby - pomiar pH oraz zawartości węglanów. Celem zaplanowanych badań była interpretacja, podbudowana szczegółową analizą statystyczną, otrzymanych wyników na tle mapy geologicznej i wzdłuż wybranych dziewięciu zinterpretowanych profili sejsmicznych w powiązaniu z rozpoznaniem tektoniki i zmianami litostratygraficznymi. Badania zaplanowano na wybranym obszarze Karpat Zewnętrznych, w południowo-wschodniej części koncesji poszukiwawczej „Sobniów-Kombornia-Rogi”. Rejon ten stanowi dobry poligon doświadczalny z uwagi na kilka czynników:

- dobre rozpoznanie geologiczne i aktualizację mapy geologicznej
- analizę głębokich profili wierzeń
- wykonanie reinterpretacji profili sejsmicznych
- nowy model geologiczno-sejsmiczny
- występowanie szeregu złóż węglowodorowych w jednostkach tektonicznych niższego rzędu,

które sprawiają, że dowiązanie wyników powierzchniowych badań geochemicznych może dać pełną interpretację odnośnie przyczyn i warunków przenikania węglowodorów do strefy przypowierzchniowej.

Ze względu na wagę problemu poszukiwawczego w Karpatach Zewnętrznych, z naukowego i praktycznego punktu widzenia, taki wybór przedmiotu niniejszej rozprawy doktorskiej należy ocenić pozytywnie. Opis wykonywanych prac badawczych, metodyki wraz z dyskusją wyników i końcowymi wnioskami Doktorant zawarł na 155 numerowanych stronach, z czego część opisowa (bez wstępu) wraz z dyskusją stanowią 124 strony, poparte 206 pozycjami bibliograficznymi. Kolejną częścią rozprawy są spisy:

- treści (zawierający 8 ponumerowanych rozdziałów).
- figur (65 figur)
- tabel (12 tabel)

Praca zawiera także II tom, na który składają się załączniki - 19 sztuk: tabele dokumentujące wyniki pomiarów z 985 analiz (na 21 stronach) oraz rozkłady znormalizowanych wartości wskaźników geochemicznych na tle 9-ciu przekrojów geologiczno - sejsmicznych (9 załączników).

Pierwsze cztery rozdziały dysertacji (wśród 8) numerowane od 2-5 (stron 47), skądinąd konieczne, stanowią wprowadzenie - część teoretyczną pracy, tj. „Zarys aktualnego stanu wiedzy i przegląd dotychczasowych wyników badań geochemicznych na obszarze wschodniej części polskich Karpat zewnętrznych”, „Zarys budowy geologicznej centralnego synklinorium karpackiego”, „Zakres i metodyka badań terenowych i laboratoryjnych ” oraz „Metodyka analiz statystycznych sposób prezentacji wyników”. Zostały one poświęcone wprowadzeniu w zagadnienia znaczenia badań geochemii powierzchniowej i stosowanych rozwiązań metodycznych w terenie i laboratorium, przypadków takich badań w różnych basenach naftowych na świecie oraz scharakteryzowaniu wybranego rejonu geologiczno-złożowego. Tutaj doktorant wykazał się znajomością przedmiotowej bibliografii zarówno w

zakresie metodycznym jak i w charakterystyce wybranego rejonu geologicznego, przywołując wiele pozycji literaturowych z lat 1949-2017.

Rozdział 5 został poświęcony omówieniu metod analiz statystycznych i przedstawieniu sposobu prezentacji wyników analitycznych. W opinii recenzującego rozdział ten powinien być częściowo zawarty jako podpunkt w metodyce, a część traktująca o sposobie prezentacji wyników włączona bezpośrednio do rozdziału 6, co uczyniłoby przyswojenie rezultatów badawczych łatwiejszym.

Następnie w rozdziale 6, doktorant zawarł bardzo obszerne omówienie uzyskanych wyników badań statystycznych i ich interpretację (str. 55-100). Rozdział ten zawiera zestawienia tabelaryczne podstawowych parametrów statystycznych (średnią arytmetyczną, medianę, odchylenie standardowe, skośność, trzeci kwartyl) zbiorów stężeń pomierzonych w próbkach gazu glebowego oraz diagramy ilustrujące rozkład statystyczny stężeń metanu, sumy alkanów, sumy alkenów oraz CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub> wraz ze skumulowaną wartością prawdopodobieństwa. W podrozdziale 6.3 autor próbuje dokonać oceny charakteru wglębnych źródeł rozpraszania węglowodorów, powołując się na pomiary składu trwałych izotopów węgla w metanie i ditlenku węgla (6 pomiarów), podczas gdy w rozważaniach uwzględniane są w tym miejscu tylko wskaźniki składu molekularnego (tab.2, str. 62). Na podstawie tych wskaźników doktorant wysuwa wniosek o dominacji ropnego i ropno-kondensatowego charakteru wglębnych akumulacji węglowodorów. Wnioski dotyczące charakteru akumulacji nie są dostatecznie przekonujące, tym bardziej, że do celów porównawczych z gazami glebowymi autor posiłkuje się wynikami gazów pochodzących z otworów gazowych w tymże rejonie (np. Bzianka, Haczów, Trześniów). I w dalszych rozważaniach str. 66, gdzie już przytacza wyniki badań składu trwałych izotopów węgla w metanie i dwutlenku węgla w próbkach gazu glebowego wskazuje na możliwą obecność gazów złożowych zarówno termogenicznych jak i mikrobialnych a także mieszanych zawierających składową termogeniczną i mikrobialną. Wnioski te pozostają niespójne z wcześniejszym dowodzeniem o dominacji ropnej i ropno-kondensatowej, chyba, że mamy dodatkowy element złożowy-gazy towarzyszące ropie naftowej

Jako zdanie podsumowujące podrozdział 6.3 na str. 68 znów pojawia się wniosek o „**związku silnych anomalnych wartości rejestrowanych w strefie przypowierzchniowej z wglębnymi gazami dopływającymi do odwierconych otworów**”.

Kolejne prezentowane zbiory pomierzonych stężeń dotyczą już odniesienia do wydzieleń strukturalno-tektonicznych oraz litostratygraficznych. Prawidłowo dokonano podziału wyników pomierzonych stężeń na grupy uwzględniając zróżnicowanie litologiczne odsłaniających się na powierzchni warstw: (1) menilitowych i przejściowych, (2) piaskowców gruboławicowych i łupków krośnieńskich oraz (3) piaskowców cienko- i średnioławicowych. W obrębie takich wydzieleń zostały wyliczone parametry statystyczne, które doktorant wykorzystał do interpretacji zarejestrowanych anomalii odnośnie szybkości przenikania i kierunku migracji węglowodorów do strefy przypowierzchniowej. Na rys.40-42 zilustrował wartości średnie, 3 kwartyl i medianę dla 3-ech podstawowych oznaczeń w trzech grupach litologicznych, co pozwoliło na wyciągnięcie wniosku o najwyższej aktywności migracyjnej w obrębie warstw menilitowych i przejściowych oraz piaskowców cienko i średnioławicowych. Dla tych wydzieleń odnotowano najwyższe wartości 3 kwartyla przy bardzo podobnej wartości mediany.

Takie samo podejście analizy statystycznej zastosował autor dysertacji do porównania zbiorów pomierzonych stężeń w obrębie czterech wydzielen strukturalno-tektonicznych: (1) Antykliny Bóbrki-Rogów, (2) Antykliny Iwonicza wsi-Rymanowa, (3) łuski Targowisk-Beska oraz (4) Antykliny Krościenka Trześniowa. Na podstawie rozkładu parametrów statystycznych doktorant wyciągnął bardzo istotny wniosek o najbardziej perspektywicznym rejonie dla poszukiwań węglowodorów w obrębie antykliny Bóbrki-Rogów i łuski Targowisk-Beska, na co wskazują stwierdzone anomalie sumy alkanów i alkenów. Z uwagi na rozkład statystyczny parametrów sumy alkanów i alkenów autor wskazuje rejon antykliny Krościenka- Trześniowa jako najmniej korzystny dla poszukiwań złóż węglowodorów. Tak duże dysproporcje pomiędzy wskaźnikowymi stężeniami sumy alkanów i alkenów doktorant tłumaczy względnie głębszymi poziomami zalegania warstw menilitowych i przejściowych. Dłuższa droga migracji wg autora nie sprzyja powstawaniu alkenów drogą uwodornienia alkanów. W sferze domysłu pozostaje kwestia czy jest to jedynie słuszne wytłumaczenie dla niższych stężeń alkenów.

Należy tutaj zauważyć, że w rejonach wskazanych jako mniej perspektywne lub wręcz nieperspektywne dla występowania akumulacji wglębnych, dysponowano prawie 10-krotnie mniejszym zbiorem danych wynikowych, co mogło mieć wpływ na obliczenia wartości statystycznych. Również recenzujący zauważa, że wartości średnie stężeń metanu, sumy alkanów i alkenów nie wykazują bardzo dużego zróżnicowania w poszczególnych jednostkach tektoniczno-strukturalnych.

Najistotniejszą częścią pracy jest rozdział 7 prezentujący interpretację powierzchniowego obrazu geochemicznego w powiązaniu z modelem geologiczno-złożowym obszaru Krosno-Besko. Doktorant bardzo szczegółowo analizuje obserwowane anomalie stężeń metanu, etanu, propanu, sumy butanów i pentanów oraz wodoru i ditlenku węgla na tle mapy geologicznej, gdzie wskazuje 6 znaczących stref anomalnych wartości sumy alkanów C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>. Doktorant kolejno omawia anomalne zarejestrowane stężenia wskaźnikowych składników gazowych (str. 101 -115) i w oparciu o rozkład anomalnych stężeń sumy alkanów i alkenów sugeruje występowanie pasywnej lub aktywnej migracji/przenikania węglowodorów z głębiej położonych poziomów, nawet z 3000m p.p.t, jak ma to miejsce na profilu nr 5 wzdłuż uskoku przecinającego wyinterpretowaną strefę anomalnego zapisu sejsmicznego w obrębie warstw menilitowych i przejściowych. Zazwyczaj strefy anomalii alkanowych pokrywają się ze strefami anomalii wodorowych.

Mało zrozumiałym jest stwierdzenie, iż strefa anomalna rozciągająca się na długości 1,5 km oraz jej położenie wskazuje na wysoki potencjał węglowodorowy tego obszaru. Dotyczy to antykliny Wróblika zlokalizowanej w obrębie bloku tektonicznego zbudowanego ze znacznej miąższości skał w tym menilitowych i przejściowych. W tym miejscu należałoby doprecyzować co dokładnie autor dysertacji rozumie pod pojęciem wysoki potencjał węglowodorowy.

Dla rejonu badań Krosno-Besko Doktorant wskazał 6 znaczących stref anomalnych wynikających z rozkładu wartości sumy alkanów- C<sub>2</sub>-C<sub>5</sub>>5σ na profilach sejsmicznych 5 i 6 i jednocześnie na profilu poprzecznym 9, które to profile przebiegają przez wschodnie warstw litofacji gruboławicowych piaskowców krośnieńskich, z których była eksploatacja złoża Iwonicz Wieś. Autor wskazuje na strefy oznaczone na zał. 6 B i A oraz D i F i są to strefy,

które wg podsumowania wykonanych powierzchniowych badań geochemicznych mają pierwszorzędne znaczenie dla prospekcji węglowodorów.

W ostatniej części rozdziału 7 zostały zaprezentowane wyniki dodatkowych badań geochemicznych i analiza zmian wartości pośrednich wskaźników geochemicznych na tle przekroju geologiczno-sejsmicznego, takich jak zawartość kalcytu, podatność magnetyczna, pH gleby oraz pomiar strumienia emisji. Wyniki pomiarów i ich interpretacja w nawiązaniu do anomalnych wartości gazu glebowego wydaje się mieć małe zastosowanie w prospekcji naftowej, aby nie powiedzieć, iż nie wykazuje jasnych zależności pomiędzy wskazaniami geochemicznymi gazowymi i pośrednimi.

Wyjaśnienia wymaga rys.64, str.121, na którym zaznaczono strefę wzmożonych zmian fizykochemicznych. Jakich konkretnie zmian to dotyczy i na jakiej głębokości były one diagnozowane?

Pomierzone wartości strumienia emisji w 14 stanowiskach także nie wskazują na związki z anomaliami geochemicznymi co jak słusznie Doktorant zauważa nie powinny stanowić przesłanek do wyznaczania potencjalnych stref perspektywicznych dla występowania węglowodorów.

Rozdział 8 to podsumowanie i wnioski str.125 – 128, zebrane w 11 punktach, które pokazują, że nadrzędny cel pracy został osiągnięty, chociaż czasami budzący wiele niejasności odnośnie jednoznacznej interpretacji anomalii poszczególnych składników gazowych i ich wzajemnych relacji oraz relacji z typem źródła wglębnego rozpraszania. Stąd wyłania się konieczność doprecyzowania korelacji składu molekularnego i izotopowego gazu glebowego z gazami i węglowodorami ciekłymi akumulowanymi w strefach wglębnych udokumentowanych odkrytymi złożami.

W zakończeniu pracy Doktorant słusznie stwierdza, że powierzchniowe badania, chociaż coraz to doskonalsze w wykonaniu i interpretacji, którą wykazał się Doktorant w swojej dysertacji, będą nadal postrzegane jako uzupełniające a w najlepszej mierze wspomagające w pracach prospekcyjnych.

### **Uwagi ogólne**

Pracę oceniam wysoko i pozytywnie mimo tych wskazanych nieścisłości. Nieścisłości dotyczą przede wszystkim braku wykazania jednoznacznych relacji pomiędzy poszczególnymi anomaliami i ich związków z charakterem wglębnych akumulacji. Niektóre wnioski oparte są na informacjach raczej bibliograficznych niż na otrzymanych wynikach z własnych badań, szczególnie w odniesieniu do wskaźników pośrednich.

### **Uwagi szczegółowe:**

W dalszych publikacjach proponuję, do rozważenia, wykorzystanie następujących spostrzeżeń związanych z tekstem rozprawy:

str. 4-powinno być... „odkrycie kilkunastu złóż”...

str. 5 — potencjał węglowodorowy polskich Karpat zewnętrznych

str.6- Wynika to z faktu, że wyniki tego typu badań..

str.9. – powinno być Tissot and Welte

str. 15 Na pomierzone wartości strumienia emisji migrującego z gleby do atmosfery wpływ ma szereg czynników..- brak podmiotu

str. 16 – powinno być...” kwas węglowy”....  
str. 18- powinno być spośród  
str. 18 – dwa ostatnie akapity zawierają tą samą informację  
str. 21- na fig 7 przedstawiono rozkład wartości pomierzonych i znormalizowanych metanu ( zawartości?, emisji?.....  
str.25. , str.26 – powinno być Nowotarski and Przybyło  
str..51 – pozwalają na ocenę genetyczną pomierzonych stężeń???  
str. 58- Whiticar, 1999 (powinno być 1994)  
str.64 – Belt and Rice – brak w bibliografii  
str.66 – Tab.4- puste miejsca w kolumnach 3 i 4 – brak wyników, czy nie badano ? ponadto brak opisu wskaźników CDMI oraz  $C_{HC}$   
str.70 – podpis pod Rys.37 – brak legendy do części C owego rysunku

Te spostrzeżenia recenzenta nie wpływają na ogólną ocenę przedstawionej przez Doktoranta rozprawy. Recenzent stwierdza, że rozprawa ta spełnia wszystkie kryteria i wymogi stawiane rozprawom doktorskim zgodnie z przepisami Ustawy z dnia 14 marca 2013r. (Dz. U. Nr 665, poz. 595) o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki i Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004r. i wnioskuje o dopuszczenie mgr inż. Piotra Guzega do dalszego etapu przewodu doktorskiego

Irena Matyasik

15.12.18  
Z-ca Kierownika  
Zakładu Geologii i Geochemii  
prof. dr hab. inż. Irena Matyasik