

Politechnika Wrocławska  
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii  
Zakład Geologii i Wód Mineralnych

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Jasnos pt.  
**„Warunki geotermalne formacji mezozoicznych niecki miechowskiej”**

Recenzja niniejsza powstała na podstawie zlecenia Dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie prof. dr. hab. inż. Jacka Matyszkiewicza z dn. 28.02.2019 r. (pismo nr WGGiOŚ-dz.0154-81/2019).

We współczesnej hydrogeologii z kilku jej priorytetowych kierunków rozwoju wymienić można hydrogeotermię. Wody termalne – a ściślej geotermalne - są wdzięcznym obiektem badań. Południowa część Wyżyny Małopolskiej, jest w tym zakresie obszarem interesującym w Polsce – budująca je jednostka geologiczna, niecka miechowska, będąca południowo-wschodnią częścią synklinorium szczecińsko-miechowskiego, tworzy wyraźny system geotermalny, rozpoznany już wierceniami w wielu miejscach.

Innym z priorytetowych kierunków obecnie realizowanych prac hydrogeologicznych jest hydrogeochemia. Ta wyodrębniająca się nauka korzysta z coraz nowszych osiągnięć innych nauk, w tym nauk technicznych, chemicznych i matematycznych.

Oba wymienione wyżej kierunki połączone zostały przez Doktorantkę w recenzowanej rozprawie, i to połączone z pełnym powodzeniem.

### **I. Ogólna charakterystyka pracy**

Recenzowana praca liczy sobie 165 numerowanych stron, na które składa się główna część pracy zawierająca *Wprowadzenie*, sześć rozdziałów merytorycznych oraz *Podsumowanie i wnioski*, a także *Literaturę* (w sumie 157 stron); dodatkowo w końcowej części pracy zamieszczono spisy (w sumie 5 stron) 12. tabel i 21. rysunków, a także aż 77 załączników, które dołączono do pracy, a zawierających głównie różne mapy.

Po *Wprowadzeniu*, w którym przedstawione zostały m.in. cel i zakres pracy, cztery kolejne rozdziały mają charakter wprowadzający. W rozdziale 2. ogólnie scharakteryzowano obszar badań, w rozdziale 3. przedstawiono jego budowę geologiczną, szczegółowo prezentując utwory triasu, jury i kredy, a w rozdziale 4. zaprezentowano ich warunki hydrogeologiczne. W rozdziale 5. Doktorantka scharakteryzowała warunki termiczne obszaru badań, ale przeprowadziła już pewne obliczenia własne. Najważniejszym merytorycznie jest rozdział 6, w którym wieloaspektowo rozpatrzono zagadnienia hydrogeochemii formacji mezozoicznych.

W przedostatnim rozdziale 7 zaprezentowano możliwości wykorzystania wód geotermalnych do różnych celów. Ostatni rozdział 8 zawiera podsumowanie pracy i wpływające z niej wnioski. Spis literatury obejmuje 279 prac publikowanych i niepublikowanych, z których tylko dwie nie były powołane w rozprawie.

## II. Cel pracy i zastosowane metody badań

Celem pracy było „rozpoznanie warunków geotermalnych formacji mezozoicznych niecki miechowskiej” (s. 3<sup>2</sup>), które występują w trzech jej częściach – poza zasięgiem zapadliska przedkarpackiego, w podłożu tego zapadliska i w podłożu utworów fliszowych Karpat.

Do osiągnięcia tego celu Doktorantka dochodziła kilkoma krokami. Na początku

- a) oprócz licznych prac publikowanych zebrała obszerne materiały archiwalne z szeregu instytucji i firm,
- b) przystosowała do własnych potrzeb część prac innych autorów (głównie B. Papiernika i M. Hajto – za ich zgodą i pomocą) tworząc m.in. mapy w programie Petrel 2014, a także
- c) zweryfikowała archiwalne wyniki 646 analiz fizyczno-chemicznych wód pochodzących z 373. otworów ponaftowych, uzdrowiskowych i badawczych.

Dysponując już obszerną wiedzą i licznymi wynikami Doktorantka:

- d) wykonała mapy głębokości położenia izoterm 20°C, 60°C i 100°C,
- e) wykonała mapy temperatur górotworu na głębokości położenia stropu poszczególnych poziomów wodonośnych różnego wieku,
- f) sporządziła z zastosowaniem metod statystyki opisowej charakterystykę mineralizacji wód, stężeń składników swoistych, wskaźników hydrochemicznych i wydzielonych typów chemicznych wód,
- g) obliczyła według własnej metodyki gradient hydrogeochemiczny, który pozwolił na konstrukcję map prognozowanej mineralizacji wód w stropach poszczególnych zbiorników wód,
- h) zebrała w pewne grupy - według własnej metodyki – wydzielone typy chemiczne wód,
- i) wyjaśniła związek nietypowego pojawiania się niektórych z tych typów z geologicznymi warunkami ich występowania,
- j) przedstawiła zjawisko wymiany wód oraz występowania warunków redukcyjnych,
- k) scharakteryzowała możliwości wykorzystania wód geotermalnych w rekreacji i lecznictwie, w przemyśle oraz w ciepłownictwie.

Wszystkie zagadnienia zostały atrakcyjnie przedstawione na licznych mapach i ilustracjach.

Na tle tak uzyskanych rezultatów i po ich niezwykle szczegółowej dyskusji Doktorantka przeprowadziła wnioskowanie.

## III. Zalety pracy

Recenzowana praca po raz pierwszy tak szczegółowo przedstawia studium hydrogeotermii i hydrogeochemii jednostki obejmującej tak samą nieckę miechowską, jak i jej utwory zagłębiające się w podłożu zapadliska przedkarpackiego oraz w podłożu Karpat zewnętrznych. Podstawową zaletą pracy jest to, że Autorka wykorzystując istniejące informacje i wykonując ich szczegółową interpretację poszerzoną o rezultaty własnych obliczeń szeregu danych interesująco zrealizowała tytułowe zagadnienie.

Doktorantka:

- a) szczegółowo scharakteryzowała utwory mezozoiczne:
  - kredy górnej (powyżej cenomanu oraz odrębnie cenomanu) i kredy dolnej,
  - jury górnej, jury środkowej i jury dolnej,
  - triasu górnego, triasu środkowego (wapienia muszlowego wraz z górnym pstrym piaskowcem) oraz triasu dolnego (dolnego i środkowego pstręgo piaskowca)tak pod względem litostratygraficznym, jak i petrofizycznym (porowatość, przepuszczalność, zailenie) oraz hydrogeologicznym (wydajność otworów), co pozwoliło Jej na wskazanie perspektywicznych obszarów ze względu na właściwości zbiornikowe utworów. Za obszary zasilania infiltracyjnego całej jednostki uznano powierzchniowe i podczwartorzędowe wychodnie warstw w obrębie monokliny śląsko-krakowskiej i mezozoicznego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich, a także kontakty tektoniczne i inne;
- b) korzystając z wartości gradientu geotermicznego wykonała według zmodyfikowanych zasad mapy rozkładu temperatur górotworu na powierzchni stropu rozpatrywanych utworów oraz mapy głębokości położenia różnych izoterm, na podstawie których stwierdziła, że najkorzystniejsze warunki występowania wód o najwyższych temperaturach występują w osiowej części niecki na największych głębokościach zalegania formacji mezozoicznych (40-60°C), a pod przykryciem miocenu zapadliska przedkarpackiego 60-70°C i pod utworami fliszu Karpat ponad 70°C;
- c) szczególnie akcentowała położenia uwarunkowania hydrogeochemiczne. Analizując przestrzenną zmienność składu chemicznego wód o mineralizacjach od poniżej 1 aż do 223 g/dm<sup>3</sup> stwierdziła:
  - zróżnicowanie mineralizacji w różnych utworach kredy, jury i triasu;
  - normalny wzrost mineralizacji wód z głębokością, jak i występowanie inwersji hydrogeochemicznych;
  - istnienie zależności wysokości mineralizacji wód od położenia względem sąsiedztwa złóż ropy naftowej, złóż soli oraz od typu zbiornika;
- d) określiła gradienty mineralizacji dla każdego zbiornika wód i na tej podstawie stworzyła mapy prognozowanej mineralizacji wód w stropach każdego z nich oraz wskazała strefy występowania wód o różnej mineralizacji;
- e) wydzieliła 10 grup typów chemicznych wód (siedem prostych i trzy złożone), których rozmieszczenie w poszczególnych zbiornikach zamieściła na odpowiednich mapach wskazując, że najszerszej rozprzestrzenione są wody chlorkowe i to we wszystkich poziomach wodonośnych kredy, jury i triasu. Równocześnie przedstawiła hipotezę pochodzenia podstawowych jonów wód wiążąc je także z różnymi surowcami mineralnymi występującymi w formie złóż lub w postaci rozproszonej w utworach mezozoicznych i innych - złoża węglowodorów, a zwłaszcza utwory ewaporatowe miocenu;
- f) wykorzystując wyniki obliczeń różnych wskaźników hydrochemicznych określiła warunki wymiany wód, które są wyraźnie różne w utworach niecki miechowskiej poza obszarem zapadliska przedkarpackiego i Karpat (dobre warunki) oraz w podłożu tych jednostek (trudna i bardzo trudna wymiana);
- g) zaproponowała warunki i lokalizację obszarów spełniających optymalne warunki dla różnego zagospodarowania wód geotermalnych w obrębie niecki miechowskiej:
  - do celów rekreacji i lecznictwa (wybrane obszary) – uwzględniając mineralizację wód (odpowiednio do 35 i do 50 g/dm<sup>3</sup>), obecność składników swoistych, temperaturę wód (odpowiednio co najmniej 24 i 28°C) oraz głębokość jej występowania (do 3000 m p.p.t.),

- do celów przemysłowych, tj. ewentualnej produkcji soli, jodu, bromu i magnezu (w większości wystąpienia punktowe) – stosując kryterium mineralizacji wód i głębokości jej występowania,
- do celów ciepłowniczych (cały rozpatrywany obszar) – uwzględniając temperaturę wód (co najmniej 20 i 80°C), mineralizację wód (do 150 g/dm<sup>3</sup>) oraz głębokość jej występowania (do 3000 m p.p.t.).

Praca ma znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne – pozwala na określenie przeznaczenia odpowiednich obszarów niecki miechowskiej dla odpowiednich kierunków wykorzystania wód geotermalnych, a co za tym idzie określenia zasad ich ochrony i zagospodarowania. Jest to interesujący materiał do wykorzystania tak w planach zagospodarowania przestrzennego gmin, jak i aż czterech województw. Wszystko to możliwe było dzięki umiejętnej interpretacji danych geotermicznych, hydrochemicznych, umiejętnemu wykorzystaniu metod statystyki.

Podział pracy na rozdziały jest przejrzysty, praca napisana jest bardzo ładnym stylem i łatwo się ją czyta. Uwagę zwraca wykonana adiustacja językowa oraz niezwykle staranna szata graficzna.

W efekcie powyższych prac i interdyscyplinarnego podejścia do postawionego celu powstała dysertacja przedstawiająca spójny i precyzyjny obraz geotermii i geochemii wód termalnych niecki miechowskiej. Jest to niekwestionowane osiągnięcie pracy.

Nie oznacza to jednak, że nie mam do pracy uwag.

#### IV. Uwagi krytyczne

- a) Ponieważ praca jest poprawnie wykonana, nasuwa się z niej tylko jeden problem **natury merytorycznej**, który wzbudził moje wątpliwości, a który generuje jednak szereg pytań.

Obszar niecki miechowskiej i jej warunki geotermalne, które są przedmiotem pracy, objęty jest zasięgiem aż pięciu wcześniej wydanych atlasów wód i zasobów geotermalnych Nizy Polskiego (Górecki i in., 1995, 2006), Karpat Zachodnich (Górecki i in., 2011), zapadliska przedkarpackiego (Górecki i in., 2012), a także odrębnie województwa małopolskiego (Barbacki i in., 2006). We wszystkich z nich:

- poruszane są te same lub zbliżone problemy, które zawarte są w pracy (temperatury wgłębne, mineralizacja wód, wykorzystanie wód geotermalnych)
- Doktorantka wykorzystuje zawarte tam mapy i tworzy kolejne nawet o tych samych tytułach [np. Mapa rozkładu temperatur w stropie utworów jury górnej (zał. 5.9) – zał. 15.5 w pracy Góreckiego i in. (2006), zał. 12.3.26 w pracy Góreckiego i in. (2011), zał. 10.5.4 w pracy Góreckiego i in. (2012)].

Od pracy doktorskiej wymaga się, aby zawierała oryginalne rozwiązanie jakiegoś problemu naukowego. Bez wątpienia recenzowana praca taki wymóg spełnia, ale niestety nie znalazłem komentarza, jak osiągnięte w niej rezultaty mają się do obrazów przedstawionych na mapach i w treści wymienionych wyżej wcześniejszych Atlasów, jak przeprowadzona analiza danych ma się do treści podobnej monograficznej pracy Barbackiego (2004), pracy Kotlickiego (1971) i wielu, wielu innych. Brak mi generalnie „zawieszenia” uzyskanych rezultatów w dotychczasowej przestrzeni wiedzy. Brak mi polemiki z istniejącymi dotąd poglądami na tytułowe zagadnienie i doprowadzaniem do ich ewentualnej weryfikacji.

A przecież Doktorantka pisząc pracę i wykonując nowe mapy uwzględniła większą liczbę odwiertów, znacznie uszczegółowiła znane dotąd obrazy, wykonywała je na

podstawie innych zasad, niezwykle skrupulatnie je opisywała, bez porównania najszerzej i niezwykle drobiazgowo rozpatrzyła zagadnienia hydrogeochemiczne i hydrogeotermiczne uzyskując wiele ciekawych wniosków tak o charakterze naukowym, jak i praktycznym, krótko mówiąc „tchnęła ducha” w formalny przekaz map, atlasów i różnych zestawień...

Stop - miała to być przecież uwaga krytyczna!

#### b) Uwagi natury ogólnej

- 1) S. 64 - w trzecim akapicie przedstawiono zastosowane zasady odrzucenia analiz chemicznych „niewiarygodnych lub niepoprawnych” nie oparte jednak na możliwych obliczeniach (tzw. karty kontrolne, dopuszczalne wahania). Jednym z kryteriów było przekroczenie „akceptowalnego progu” 10% w błędzie bilansu jonowego; w przypadku wód wysoko zmineralizowanych dopuszczalny błąd jest znacznie mniejszy, do 2%. Skąd wzięła się ta różnica?
- 2) s. 64<sub>16</sub> i nast. – stwierdza się, że w pracy dopuszczono „zastąpienie wartości mineralizacji wartością suchej pozostałości”. Zabieg ten jest w przedstawionym kontekście chyba możliwy, ale w sytuacji, gdy stężenie jonów wodorowęglanowych jest znaczące – a to na pewno dotyczy wydzielonych typów chemicznych 1 (HCO<sub>3</sub>-Ca) i 2 (HCO<sub>3</sub>-Na) – założenie to powinno być stosowane szczególnie ostrożnie;
- 3) w kilku miejscach pracy (rozd. 6.3.1., 6.4.2., 6.5.1., 6.7.2) pojawia się sformułowanie „statystyczny opis”, pod którym w rzeczywistości pojawia się prezentacja danych w formie histogramów (np. rys. 6.2), wykresów współzależności różnych parametrów (np. rys. 6.3, 6.9-11, 6.12-14), wykresów liczebności poszczególnych grup danych (np. rys. 6.7), a także ich szczegółowe opisy tekstowe. Wszystko to mieści się co prawda w zakresie tzw. statystyki opisowej, ale przygotowując pracę do druku warto byłoby uzupełnić ją chociaż o wyznaczenie miar rozkładów (średnie, odchylenie standardowe, wariancje, miary skośności, itp.);
- 4) Choć praca wykonana jest wręcz perfekcyjnie to w formie i objętości bardziej zbliżona jest ona do dokumentacji lub monografii. Za zbędne uważam zamieszczanie na początku rozdziałów bądź podrozdziałów omówień ich zawartości, a na końcu ich odrębnych podsumowań. Zupełnie niepotrzebne jest zbyt częste powoływanie się na różne prace – np. w pierwszym akapicie tekstu pt. *Jura górna* w rozdz. 3.4.2 praca Morycowej i Moryca (1976) powołana jest aż czterokrotnie, a inne prace też wielokrotnie.

#### c) Uwagi natury technicznej

- 1) W Polsce tzw. separatorem dziesiętnym jest przecinek, nie kropka;
- 2) w tekście daje się zauważyć nieraz zbyt dużo powołań na tę samą pozycję literatury, np. na s. 12 cztery razy powołano się na Dz. U. z 2011 r., w tym aż dwa razy w tab. 2.1;
- 3) w przypadku złożzeń wyrazów, jeżeli wyrazy są równoznaczne stawiamy pomiędzy nimi kreskę (dywiz) bez spacji – np. s. 14<sup>4</sup> – powinno być *na północnym-wschodzie*, także s. 16<sub>20</sub>, 21<sup>10</sup>, i wiele innych, a na s. 21<sup>12</sup> jest poprawnie;
- 4) w przypadku rzeczowników policzalnych powinno być *liczba*, a nie *ilość* – np. tab. 6.4, 6.5 i wiele innych miejsc w tekście;
- 5) siarczki w skrócie oznaczane są nieraz przez S (np. s. 17<sup>1</sup>), a nieraz przez H<sub>2</sub>S (np. s. 16<sub>12</sub>) – ujednolicić;



- 6) s. 13<sup>8</sup> i 13<sub>7</sub> – koncesję udziela się na *wydobywanie*, a nie *eksploatację*;
- 7) s. 25<sub>19</sub> i inne – „głębokość około -700 m n.p.m.” – czy to jest poprawny zapis?
- 8) rozdz. 2.2.2 – dlaczego w nazwach ujęć po dywizie pozostawia się spację (np. s. 14<sub>7</sub> – M-4, M-3 ...)?
- 9) s. 104<sup>1</sup>, 127<sub>12</sub> – niezbyt adekwatne określenie: *wykorzystanie [wód] do celów praktycznych*;
- 10) s. 152<sup>6</sup> – Kleczkowski (1990) – skala chyba 1:500 000?
- 11) s. 154<sup>1-2</sup> – Michalski (1985) – alfabetycznie nie na swoim miejscu;
- 12) s. 157<sub>4</sub> – baśni?
- 13) Zał. 2.1 – brak na mapie dyslokacji Kodrąbia;
- 14) Zał. 2.1 – w podpisie powinno być: PIG-PIB ...;
- 15) Zał. 2.2 – w podpisie: Papiernik 2012 *a* czy *b*?
- 16) Zał. 2.4 – nie wszystkie złoża oznaczone zostały „młotkami”;
- 17) Zał. 2.4 – Jurkiewicz, red. [brak w spisie], (1973-1999) [niejasny zapis];
- 18) Zał. 3.2-3.20 – niejasny zapis: Papiernik (2009-2012);
- 19) brak w *Literaturze* prac powołanych w tekście: Chowaniec i in. (2007) – s. 15<sub>10</sub>; PIG-PIB (2015c, 2015d) – s. 18<sub>23</sub> oraz Zał. 2.4; Oszczypko (1996) – s. 22<sup>5</sup>; Barbacki (2001) – s. 53<sub>4</sub>; Bilans... (2011) – s. 135<sup>6</sup>; Królikowski i Stajniak (1992) - zał. 5.2;
- 20) brak powołania w tekście prac zamieszczonych w *Literaturze*: Jurkiewicz i Maszońska (1995) oraz Kleczkowski i Myszka (1989).

## V. Zakończenie

Pomimo szeregu uwag, głównie nie merytorycznych, uważam, że praca mgr inż. Joanny Jasnos jest dysertacją, w której Doktorantka osiągnęła z powodzeniem założony cel. Wykazała się ona przygotowaniem do prowadzenia badań naukowych oraz opanowaniem zastosowań w hydrogeologii wiedzy z zakresu geotermii, hydrochemii, a także zastosowań metod statystyki opisowej. Praca stanowi kolejny chlubny element w działalności krakowskiej szkoły hydrogeotermicznej i hydrogeochemicznej, a równocześnie system geotermalny niecki miechowskiej uzyskał znaczące monograficzne opracowanie.

Po uwzględnieniu przedstawionych uwag praca powinna zostać opublikowana.

Uważam, że recenzowana praca spełnia ustawowe wymogi stawiane pracom doktorskim i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Joanny Jasnos do dalszych etapów przewodu doktorskiego.