

dr hab. inż. Józef Chowaniec prof. nadzw. PIG-PIB
Państwowy Instytut Geologiczny
-Państwowy Instytut Badawczy
Odział Karpacki
31-560 Kraków
ul. Skrzatów 1

Kraków, 30.11.2016 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr in. Macieja Miecznika

pt. „Model zrównoważonej eksploatacji zbiornika wód geotermalnych w centralnej części Podhala do produkcji energii cieplnej i elektrycznej”

1. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska mgr in. Macieja Miecznika pt. „Model zrównoważonej eksploatacji zbiornika wód geotermalnych w centralnej części Podhala do produkcji energii cieplnej i elektrycznej” opracowana została w Instytucie Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk (IGSMiE PAN) w Krakowie pod kierunkiem dr hab. inż. Beaty Kępińskiej, prof. nadzw. IGSMiE PAN. Jej treść wraz z rysunkami, mapami, przekrojami, tabelami, streszczeniami w języku polskim i angielskimi zamieszczona została na 233 stronach maszynopisu w 10 rozdziałach. Rozdział 1 poprzedzony został wykazem symboli, wstępem oraz informacjami dotyczącymi celu, zakresu i też rozprawy doktorskiej.

We wstępie Autor podkreśla, że obszar niecki podhalańskiej jest niezwykle ważnym miejscem na mapie geotermalnej Polski, gdzie naukowcy z obecnego IGSMiE PAN w Krakowie uruchomili w 1993 r. pierwszy w Polsce Doświadczalny Zakład Geotermalny Bańska Niżna – Biały Dunajec, a w lutym 1994 r. nastąpiła rejestracja firmy o nazwie PEC Spółka Geotermia Podhalańska S.A., powołanej z inicjatywy kilku gmin podhalańskich oraz ówczesnego CPPGSMiE PAN (obecnie IGSMiE PAN). W 1996 r. PEC Spółka Geotermia Podhalańska S.A. rozpoczęła budowę ciepłowni geotermalnej w Bańskiej Niżnej i w następnych latach rozbudowała sieć dystrybucyjną na obszarze gmin Szaflary, Biały Dunajec, Poronin oraz w Zakopanem. Obecnie spółka ta eksploatuje 3 otwory o łącznych zasobach eksploatacyjnych $960 \text{ m}^3/\text{h}$ wody geotermalnej ($82\text{-}86^\circ\text{C}$) o mineralizacji $2,6\text{-}2,7 \text{ g}/\text{dm}^3$ i posiada znaczne nadwyżki energii możliwe do zagospodarowania, zwłaszcza w okresie letnim, kiedy wydobyte wynosi w granicach $250\text{-}290 \text{ m}^3/\text{h}$. Taka sytuacja, zdaniem Doktoranta, stwarza perspektywy do bardziej kompleksowego wykorzystania potencjału energetycznego tych wód w centralnej części niecki podhalańskiej, w tym również do wytwarzania energii elektrycznej w układach binarnych typu ORC lub w cyklu Kalina. Jak

podkreśla Autor rozprawy, strumień wód geotermalnych dla elektrowni ORC byłby uzależniony od zapotrzebowania na energię ciepłą przez jej odbiorców. Ponieważ zapewnienie niezbędnej ilości energii odbiorcom jest warunkiem koniecznym do dalszych analiz energetycznych układu ORC, dlatego Autor recenzowanej rozprawy doktorskiej podjął się wykonania takiej analizy. W tym celu wykorzystał rzeczywiste, zmienne w czasie parametry eksploatacyjne otworów, charakterystyki energetyczne odbiorców energii ciepłej oraz szczegółowe dane dotyczące warunków meteorologicznych, niezbędnych w analizie układu chłodzenia elektrowni binarnej.

W rozdziale 1 Autor rozprawy doktorskiej przedstawił uwarunkowania geologiczne oraz hydrogeologiczną i termiczną charakterystykę podhalańskiego systemu geotermalnego. Wyjaśnił, że termin „podhalański system geotermalny” jest stosowany do podfliszowych poziomów wodonośnych niecki podhalańskiej, w których wody geotermalne występują w porowo-szczelinowych utworach węglanowych eocenu środkowego oraz triasu środkowego. Moim zdaniem termin ten dotyczy lokalnych uwarunkowań obszaru badań Autora. Jeżeli natomiast termin „podhalański system geotermalny” miałby obejmować całą nieckę podhalańską, to wtedy należałoby się odnosić do utworów mezozoicznych w ogólności. Jako przykład podam otwory Zakopane IG 1 oraz Furmanowa PIG 1, w których nawiercono wody geotermalne również w utworach jurajskich. W otworze Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG 1 wody geotermalne eksploatowane są z utworów jurajsko-kredowych. Tym bardziej, że na str. 25 Autor pracy pisząc o seriach mezozoicznych w podłożu fliszu podhalańskiego wspomina o poziomach wód geotermalnych nie tylko w utworach triasu środkowego ale również w piaskowcach jury.

Opisując warunki termiczne podhalańskiego systemu geotermalnego, Autor słusznie zauważa, że „obniżenie gradientu występuje zarówno wskutek dopływu chłodnych wód meteorycznych w pobliżu wychodni jak i w rezultacie dopływu gorących wód do poziomów podfliszowych (zjawisko konwekcji)”.

Historia rozwoju wykorzystania energii geotermalnej w obszarze podhalańskiego systemu geotermalnego zawiera lapidarne ale konkretne dane. Podając określoną wartość maksymalnego poboru - 780 m³/h, przy zatwierdzonych zasobach eksploatacyjnych - 960 m³/h, warto byłoby podać, ile PEC "Geotermia Podhalańska" S.A. zatłacza do złoża przy sumarycznej chłonności obu otworów chłonnych wynoszącej 875 m³/h.

W rozdziale 2 został opisany model koncepcyjny, zwany również modelem konceptualnym, będącym etapem poprzedzającym wykonanie właściwej symulacji numerycznej systemu geotermalnego. Autor przyjął słuszne założenie, że całkowita miąższość

utworów jednostki Białego Dunajca w okolicy otworów w Bańskiej i Białym Dunajcu dochodzi do 700 m, natomiast miąższość efektywna jest znacznie mniejsza i wynosi 187 m w otworze Bańska PGP 1 oraz 236 m w otworze Bańska PGP 3. Wykazał, że zarówno otwory eksploatacyjne, jak i chłonne udostępniają głównie stropowy oraz centralny fragment warstwy wodonośnej. Natomiast spąg jednostki Białego Dunajca zapewne charakteryzuje się znacznie niższymi parametrami hydraulicznymi i dlatego w modelu numerycznym wydzielił podjednostki (strefy) w jednostce Białego Dunajca, zgodnie z ilością dopływu wód do otworów z poszczególnych interwałów.

Dużym osiągnięciem Autora rozprawy doktorskiej jest konstrukcja modelu numerycznego obszaru badań opisana w rozdziale 3, podzielonym na 8 podrozdziałów. Po raz pierwszy opisana została tutaj historia powstawania przestrzennych modeli numerycznych podhalańskiego systemu geotermalnego, począwszy od lat 90. XX wieku w nawiązaniu do stosowania coraz to nowych programów komputerowych, symulujących przepływ wód oraz transfer ciepła w ośrodkach porowatych i szczelinowych. Autor wspominał również o pracy, zawierającej uproszczony model fizyczny i matematyczny tego systemu opublikowanej w latach 80. XX wieku.

Prowadząc badania centralnego fragmentu podhalańskiego systemu geotermalnego, Autor rozprawy doktorskiej, wykorzystując symulator złożowy TOUGH2, w wersji 2.0, zbudował model numeryczny, który jest całkowicie nowym podejściem do rozważanych problemów. Bazując na 20-letnim monitoringu otworów, szczególny nacisk położył na kalibrację modelu w warunkach rzeczywistej eksploatacji. W swojej pracy szczegółowo opisał budowę modelu oraz przyjętych warunków brzegowych. Poinformował, że symulator numeryczny TOUGH2 (*ang. Transport of Unsaturated Groundwater and Heat*) został opracowany w Lawrence Berkeley National Laboratory jako program przeznaczony do numerycznego modelowania transportu masy i ciepła w ośrodkach porowatych dla cieczy wielofazowych i wieloskładnikowych w 1, 2, lub 3 wymiarach. Symulator ten może być zastosowany w zagadnieniach inżynierii złożowej dla potrzeb m.in. geotermii, składowania odpadów radioaktywnych, modelowania przepływu wód podziemnych oraz składowania dwutlenku węgla w warstwach geologicznych. Wykonując obliczenia poszczególnych parametrów pokazał, że ma perfekcyjnie opanowany warsztat matematyczno-fizyczny. Poszczególne dane zostały zamieszczone w tabelach oraz wykorzystane do sporządzenia wykresów, przekrojów oraz map (np. Prognozowany rozkład temperatury w stropie głównego poziomu wód geotermalnych w systemie podhalańskim, Prognozowany rozkład ciśnienia zredukowanego do głębokości -2100 m n.p.m. w głównym poziomie wód geotermalnych).

W rozdz. 4 znajduje się informacja o pochodzeniu i zagospodarowaniu energii geotermalnej na świecie. Dzięki zróżnicowaniu geologicznemu oraz termicznemu skorupy ziemskiej, istnieją strefy szczególnie korzystne do produkcji energii elektrycznej z zasobów geotermalnych. W strefach tych, związanych głównie z rejonami aktywności tektonicznej i wulkanicznej powstały elektrownie geotermalne, (elektrownia klasyczna na parę suchą, elektrownia z rozprężaniem 1-stopniowym, elektrownia z rozprężaniem 2-stopniowym, elektrownia binarna) o całkowitej mocy wszystkich rodzajów na koniec 2015 roku w wysokości 12729 MW. Jednakże, jak podaje Doktorant, najwięcej jednostek wytwórczych stanowią elektrownie binarne, w większości wykorzystujące organiczny cykl Rankine'a, które kreują blisko połowę wszystkich zainstalowanych jednostek wytwórczych. Jego zdaniem, w obszarach leżących poza strefami wzmożonej aktywności wulkanicznej czy też tektonicznej, charakteryzujących się typową dla obszarów kontynentalnych gęstością strumienia ciepła (ok. 70 mW/m²), w których produkcja energii elektrycznej jest zazwyczaj nieopłacalna ekonomicznie, możliwe jest pozyskiwanie energii geotermalnej dla celów grzewczych lub ciepło geotermalne może być także produkowane w skojarzeniu z energią elektryczną.

W rozdziale 5 zawarte są informacje o wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej w systemach geotermalnych wykorzystujących organiczny cykl Rankin'a. Jak podaje Autor, organiczny cykl Rankine'a (ang. *Organic Rankine Cycle*, ORC) jest najpowszechniej stosowaną technologią wytwarzania energii elektrycznej dla źródeł ciepła o niskiej i średniej entalpii, dla której źródłem tym może być m.in. woda geotermalna.

W rozdziale 6 przedstawiony został model matematyczny geotermalnej elektrowni binarnej typu ORC w obszarze górniczym Podhale 1. Autor pracy podkreślił, że jest to proces wieloetapowy, co zostało przedstawione w algorytmie na początku pracy. Za punkt wyjścia do jego budowy było określenie zdolności eksploatacyjnych istniejących otworów geotermalnych, rozpoznanie istniejącej infrastruktury energetycznej a także, w kolejnym etapie, ustalenie czasowej zmienności strumienia wód wykorzystywanych w elektrowni binarnej typu ORC. W ostatnim etapie konstrukcji modelu matematycznego elektrowni ORC, Autor uwzględnił pobór mocy w procesach pasożytniczych oraz przeprowadził optymalizację warunków pracy według kryterium maksymalnej produkcji energii elektrycznej brutto. Model matematyczny geotermalnej elektrowni binarnej typu ORC w obszarze górniczym Podhale 1, Autor rozprawy doktorskiej zbudował w sposób wysoce profesjonalny. Ponadto, w rozdziale 7 dokonał oceny ekonomicznej i ekologicznej proponowanych rozwiązań, a w rozdziale 8 symulacji prognozowanych warunków eksploatacyjnych. Podkreślił, iż stosunkowo niska temperatura wód geotermalnych eksploatowanych w OG „Podhale 1” umożliwia kogenerację

ciepła i energii elektrycznej wyłącznie w układzie równoległym, co oznacza, że jedynie nadwyżki mocy cieplnej źródła mogą zostać wykorzystane do wytwarzania energii elektrycznej. Jednakże, z uwagi na zapotrzebowanie na energię cieplną, która jest silnie skorelowana z zewnętrzną temperaturą powietrza, maksymalny strumień wód geotermalnych dla elektrowni ORC jest dostępny wyłącznie w krótkim okresie roku, kiedy zapotrzebowanie na ciepło jest niskie. W zakończeniu symulacji prognozowanych warunków eksploatacyjnych Autor rozprawy doktorskiej przypomniał jedną z 3-ch tez sformułowanych na początku swojej pracy, że „Podhalański system geotermalny posiada znaczną pojemność cieplną oraz odpowiednie wgłębne warunki termiczne i złożowe, które pozwalają na jego zrównoważoną eksploatację. Biorąc pod uwagę definicje zrównoważonej eksploatacji, obniżenie temperatury złożowej wód geotermalnych w formacji eocenu środkowego i triasu środkowego w okresie 100 lat eksploatacji powinno pozwolić na pozyskiwanie energii cieplnej z mocą nie mniejszą niż 90% nominalnej mocy cieplnej ujęcia”.

W rozdziale 9 stanowiącym podsumowanie rozprawy doktorskiej, Autor stwierdził m.in., że ze względu na temperaturę wydobywanych wód (82-86°C), generacja energii elektrycznej jest możliwa w elektrowni binarnej pracującej w cyklu organicznym Rankine’a (ORC), a woda geotermalna, po oddaniu ciepła czynnikowi robocznemu, powinna zostać zmieszana z wodą geotermalną wykorzystaną do celów ciepłowniczych i następnie zatłoczona do formacji wodonośnej. Uważa On, że właściwym narzędziem do oceny zjawisk zachodzących w górotworze podczas eksploatacji wód geotermalnych jest modelowanie numeryczne niestacjonarnych procesów wymiany masy i energii z wykorzystaniem w badaniach 3-wymiarowego symulatora złożowego TOUGH2, stanowiącego światowy standard w dziedzinie modelowania procesów geotermalnych.

Innowacyjnym rozwiązaniem w rozprawie doktorskiej jest oszacowanie przez Autora depresji związanej z wydobywaniem wód w oparciu o wartość ciśnienia głowicowego zredukowanego, ponieważ nie uwzględnienie tego czynnika w obliczeniach prowadzi praktycznie zawsze do zawyżenia przewodności hydraulicznej formacji wodonośnej.

Jak podaje, Autor rozbudowany model elektrowni geotermalnej ORC dla OG „Podhale 1” został wykonany w programie MS Excel z wykorzystaniem zewnętrznych narzędzi - pakietu optymalizacyjnego Solver oraz bazy CoolProp, która umożliwia na bieżąco (w każdej iteracji) wyznaczyć parametry fizyko-chemiczne analizowanych czynników chłodniczych, a nowością wprowadzoną przez niego jest przeprowadzenie obliczeń optymalizacyjnych w warunkach niestacjonarnych.

Na zakończenie podsumowania rozprawy doktorskiej Autor podaje istotną informację, wynikającą z jego obliczeń, że zwiększony poziom eksploatacji wód geotermalnych do celów energetycznych w stosunku do obecnego poboru wiązałby się z bardzo niewielkim spadkiem mocy nominalnej ujęć i w symulowanym okresie 100 lat wyniósłby zaledwie 2,2%. Do jego niewątpliwych osiągnięć należy również stwierdzenie, że wody geotermalne o temperaturach poniżej 90°C mogą służyć do wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej nie wpływając na stabilną i zrównoważoną eksploatację złoża. W świetle badań Autora, zaproponowany model współwytwarzania energii ciepłej i elektrycznej z wód geotermalnych w OG „Podhale 1” wskazuje na możliwość zwiększenia stopnia pozyskania energii z podhalańskiego systemu geotermalnego przy zachowaniu zrównoważonej gospodarki jego zasobami, co było celem aplikacyjnym badań. Cel ten, w opinii zarówno Autora jak i recenzenta, został zrealizowany.

W rozdziale 10 Autor sformułował 16 wniosków i zakończył konkluzją, że zrealizowane badania pozwalają stwierdzić, iż w Polsce możliwa jest ekonomicznie opłacalna produkcja energii elektrycznej w elektrowniach ORC, funkcjonujących przy istniejących geotermalnych zakładach ciepłowniczych, gdzie priorytetem jest dostarczanie odbiorcom energii ciepłej. Stwierdzenie to recenzent rozprawy doktorskiej w pełni podziela.

Spis literatury obejmuje 120 pozycji krajowych i zagranicznych, zdaniem recenzenta jest to ilość optymalna, ściśle związana z poruszaną problematyką. Ponadto, Autor powołuje się na dane zawarte w 16 opracowaniach niepublikowanych, są to głównie dokumentacje hydrogeologiczne zasobów eksploatacyjnych oraz dwie pozycje dotyczące udokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód geotermalnych niecki podhalańskiej.

Dodatkowo, praca zawiera 5 załączników (A-E) zawierających różnego rodzaju wartości parametrów, zestawione w tabelach, wykresy oraz streszczenie rozprawy doktorskiej w języku polskim i angielskim.

2. Ocena rozprawy doktorskiej

Uwagi ogólne

Rozprawa doktorska mgr in. Macieja Miecznika pt. „Model zrównoważonej eksploatacji zbiornika wód geotermalnych w centralnej części Podhala do produkcji energii ciepłej i elektrycznej jest wyczerpującym, monograficznym opracowaniem naukowym, zawierającym wnikliwą analizę rezultatów badań przy zastosowaniu szerokiego zakresu metod badawczych.

Celem badawczym pracy było pogłębione rozpoznanie warunków termicznych i zbiornikowych wybranego fragmentu podhalańskiego systemu geotermalnego należącego do

Obszaru Górniczego „Podhale 1”. Celem aplikacyjnym pracy doktorskiej było natomiast wskazanie optymalnego sposobu pozyskiwania i zagospodarowania wód geotermalnych w centralnej części obszaru Podhala dla celów energetycznych (produkcji energii cieplnej i elektrycznej) w warunkach zrównoważonej i długoterminowej eksploatacji. Cel aplikacyjny był następstwem realizacji celu badawczego pracy. Dla realizacji postawionego celu badawczego należało wykonać dwa odrębne modele matematyczne, a ich powiązanie ze sobą umożliwiło osiągnięcie postawionego celu o charakterze aplikacyjnym.

Pierwszy z nich stanowi 3-wymiarowy, parametryczny model numeryczny zbiornika wód geotermalnych, wykonany z wykorzystaniem metody różnic skończonych w środowisku symulacyjnym TOUGH2. Jego wykonanie i kalibrację oparto o wyniki historycznych testów hydrodynamicznych, danych z 20-letnich obserwacji parametrów eksploatacyjnych otworów oraz wykonanych symulacji prognostycznych, umożliwiających określenie depresji ciśnienia w złożu w obrębie otworów produkcyjnych, wzrostu ciśnienia w złożu w obrębie otworów chłonnych, pola hydrodynamicznego w warstwie wodonośnej powstałego w wyniku eksploatacji zbiornika oraz tempa propagacji frontu chłodnego a także związanego z tym zjawiska obniżenia temperatury wody eksploatowanej otworem produkcyjnym.

Wytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej z energii zawartej w zbiorniku wód geotermalnych wymagało przeprowadzenia obliczeń matematycznych prowadzących do osiągnięcia analizowanej funkcji celu. Doktorant w sposób perfekcyjny wykonał niezbędne obliczenia.

Analizowanymi w pracy doktorskiej funkcjami celu w odniesieniu do elektrowni geotermalnej są: maksymalizacja mocy elektrycznej brutto, maksymalizacja produkcji energii elektrycznej brutto i netto w ciągu roku oraz maksymalizacja wartości bieżącej netto projektu elektrowni geotermalnej. Według Doktoranta, modelem elektrowni geotermalnej jest układ ORC (ang. *Organic Rankine Cycle*), powszechnie stosowany dla temperatur źródła ciepła w zakresie od 80 do 180°C, chociaż istnieją również układy binarne wykorzystujące płyny geotermalne o temperaturze dochodzącej do 250°C. Symulowany model układu ORC dla OG „Podhale 1” będzie odpowiadał warunkom dynamicznym, tj. zmiennemu w ciągu roku zapotrzebowaniu na energię cieplną istniejących odbiorców oraz zmiennym dobowym warunkom hydrometeorologicznym, których wpływ jest istotny w ocenie szacunkowej strumienia cieczy chłodzącej przepływającej przez skraplacz układu.

W świetle rozpatrywanych problemów oraz postawionego celu badawczego i aplikacyjnego, według Autora, 3 podstawowe tezy rozprawy doktorskiej powinny być wyartykułowane w sposób następujący:

1. Podhalański system geotermalny posiada znaczną pojemność cieplną oraz odpowiednie głębokie warunki termiczne i złożowe, które pozwalają na jego zrównoważoną

eksploatację. Biorąc pod uwagę definicje zrównoważonej eksploatacji, obniżenie temperatury złożowej wód geotermalnych w formacji eocenu środkowego i triasu środkowego w okresie 100 lat eksploatacji powinno pozwolić na pozyskiwanie energii cieplnej z mocą nie mniejszą niż 90% nominalnej mocy cieplnej ujęcia,

2. Wody geotermalne o temperaturach poniżej 90°C mogą służyć do wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej, nie wpływając negatywnie na stabilną i zrównoważoną eksploatację złoża,

3. Produkcja energii elektrycznej w geotermalnej elektrowni ORC w okresie nadpodaży energii cieplnej wytwarzanej przez PEC „Geotermia Podhalańska” S.A. może być opłacalna ekonomicznie.

Podkreślić należy, że tezy rozprawy doktorskiej zostały bardzo dobrze udokumentowane, dzięki zastosowaniu modelu numerycznego obszaru górniczego „Podhale 1” w integracji z modelem matematycznym elektrowni ORC. Praca charakteryzuje się wysokim poziomem edytorskim, jest bogato ilustrowana różnego rodzaju rycinami, mapami, przekrojami oraz wykresami.

Uwagi szczegółowe

Podając ogólną charakterystykę geologiczną i litostratygraficzną niecki podhalańskiej i jej mezozoicznego podłoża, Autor na str. 25 napisał, że „bezpośrednio pod utworami fliszu podhalańskiego występują dwie formacje skalne tworzące główne poziomy wodonośne podhalańskiego systemu geotermalnego:

- Utwory eocenu numulitowego (eocen środkowy),
- Utwory mezozoiczne (trias-jura-kreda), spośród wymienionych obecna eksploatacja prowadzona jest z poziomów wodonośnych triasu środkowego”.

Należałoby to uszczegółwić o informację, że eksploatacja prowadzona jest nie tylko z utworów triasu środkowego ale również z utworów eocenu numulitowego (eocen środkowy) na obszarze badań a nie w obrębie całej niecki.

Sugeruję, że przed oddaniem pracy do druku fragment tekstu na str. 35 „W latach 1963 – 1975 wykonano 2 otwory: Zakopane IG 1 oraz Zakopane 2. Woda z otworów o temperaturze odpowiednio 36°C i 26°C przez blisko 30 lat (do połowy 2001 r.) była wykorzystywana w niewielkim kompleksie basenów w Zakopanem, a od 2006 r. wypełnia niecki basenów zewnętrznych w „Aqua Park Zakopane” powinno się zmodyfikować. Tak sformułowany tekst sugeruje, że otwór Zakopane IG-1 został wykonany po 1963 r. a tak nie jest. Woda z tych otworów była wykorzystywana w otwartym basenie na Antałówce, a obecnie, nie tylko w basenach zewnętrznych w kompleksie „Aqua Park Zakopane” ale również w basenach wewnętrznych.

W pracy zauważono nieliczne błędy literowe i interpunkcyjne, które należy usunąć w trakcie jej przygotowywania do druku. Jednakże te drobne uchybienia nie wpływają w żadnym stopniu na ogólnie bardzo dobrą ocenę rozprawy doktorskiej.

3. Podsumowanie

Uważam, że mgr inż. Maciej Miecznik należy do grona wybitnych pracowników naukowo-badawczych zajmujących się modelowaniem geotermalnych systemów wodonośnych, w tym głównie podhalańskiego. Posiada znaczący dorobek w tej dziedzinie, charakteryzujący się różnorodnością tematyczną i metodyczną oraz wskazujący na dużą wiedzę i kompetencje, które zdobywał również poza granicami Polski.

Rozprawa doktorska jest obszernym, monograficznym opracowaniem naukowym, w którym przedstawiono konkretne rezultaty badań, stosując szeroki zakres metod badawczych.

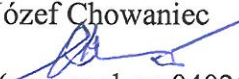
Uważam, że recenzowana praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim i stanowi ważny wkład w rozwój nauk geologicznych, a zwłaszcza poszerza znajomość warunków hydrogeotermalnych niecki podhalańskiej. Zawarte w niej rezultaty badań dają impuls do rozpoczęcia starań w celu budowy elektrowni binarnej w środkowej części niecki podhalańskiej w rejonie Bańskiej Niżnej – Białego Dunajca. Ponadto, z uwagi na zawartość pracy, sposób jej przedstawienia, wartości merytoryczne i aplikacyjne, znakomity aparat fizyczno-matematyczny, wnioskuję o jej wyróżnienie.

4. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska mgr in. Macieja Miecznika pt. „Model zrównoważonej eksploatacji zbiornika wód geotermalnych w centralnej części Podhala do produkcji energii cieplnej i elektrycznej” dotyczy ważnych problemów współczesnej hydrogeologii i znacząco poszerza oraz porządkuje stan istniejącej dotychczas wiedzy w zakresie rozpoznania warunków występowania, a także zasobów wód geotermalnych w centralnej części Podhala.

W związku z powyższym, biorąc pod uwagę całokształt działalności naukowej Doktoranta stwierdzam, że zarówno rozprawa doktorska, stanowiąca istotny wkład dla hydrogeologii regionalnej jak i dorobek naukowy, spełniają warunki do uzyskania przez niego stopnia doktora, określone w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz.U.Nr.65, poz.595, 14.03.2003 z późniejszymi zmianami). W związku z tym, wnioskuję o dopuszczenie mgr in. Macieja Miecznika do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Józef Chowaniec


(upr. geol. nr 040254)