



Poznań, 18.12.2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Kajetana Witeckiego

z tytułowanej

**„Wpływ zmienności parametrów jakościowych wód technologicznych
na wzbogacalność polskich rud miedzi”**

opracowana na zlecenie Przewodniczącej Rady Dyscypliny Naukowej Inżynierii Chemicznej
Politechniki Wrocławskiej

(Uchwała nr 350/41/RDND05/2021-2024 oraz pismo RDND05/45/2023 z dnia 17.10.2023 r.)

Rozprawa doktorska mgr. inż. Kajetana Witeckiego została zrealizowana w Grupie Inżynierii Procesowej Katedry Inżynierii Procesowej i Technologii Materiałów Polimerowych i Węglowych Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej, przy współpracy z Zakładem Inżynierii Procesowej KGHM Cuprum, którym Doktorant kieruje. Praca nosi znamiona doktoratu wdrożeniowego, na co wskazują treści w niej zawarte oraz zakres zrealizowanych prac badawczych. W przesłanej dokumentacji oraz samej pracy nie znalazła się jednak żadna informacja na ten temat. Opiekunami naukowymi/promotorami w tym postępowaniu, ze strony uczelni, byli dr hab. inż. Izabela Polowczyk oraz dr hab. inż. Przemysław Kowalczyk. Działalność naukowa promotorów skoncentrowana jest na szeroko rozumianej inżynierii procesowej i praktycznych aspektach technologii, ze szczególnym uwzględnieniem zjawiska flotacji.

Biorąc pod uwagę powyższe, podczas oceny rozprawy doktorskiej szczególną uwagę zwrócono na: trafność wyboru oryginalnego problemu badawczego/technologicznego i próbę jego rozwiązania w zakresie wykorzystania własnych wyników badań w sektorze gospodarczym, metodologię badań, dobór wykorzystanych technik, jak również poprawność interpretacji uzyskanych wyników oraz dyskusji skorelowanej z aktualnym stanem wiedzy.

Tematyka rozprawy, w ogólnym zarysie, dotyczy analizy wpływu jakości wód technologicznych na procesy wzbogacania surowców realizowane w układach flotacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Gospodarowania Wodami i Odpadami KGHM Polska Miedź S.A.

Flotacja jest jedną z podstawowych i uniwersalnych metod wzbogacania surowców naturalnych, a głównym jej założeniem jest wykorzystanie różnic w zwilżalności (charakter hydrofilowo/hydrofobowy) składników rudy. Wydajność metody determinowana jest przede wszystkim rodzajem rudy, dodatkiem czynników flotacyjnych czy jakością wód technologicznych krążących w obiegu zamkniętym. Jednym z większych wyzwań w procesie flotacji jest zapewnienie stałego źródła dobrej jakości wody technologicznej, która zapewni realizację procesu wzbogacania bez zakłóceń. Ze względu na fakt obiegu zamkniętego wody, który uwzględnia m.in. mieszanie wody z odwadniania kopalń, z wodą technologiczną, jak również wodą pochodzącą z sedimentacji odpadów flotacyjnych czy deszczową, problem jest złożony. Wynika to ze zróżnicowanego odczynu

takiej wody, ilości i rodzaju substancji rozpuszczonych (stopień zasolenia), pozostałości czynników flotacyjnych, przemian biologicznych czy pozostałości części stałych. Te wszystkie parametry mają bezpośrednie przełożenie na skuteczność procesu flotacji i aktywność czynników flotacyjnych, w tym w szczególności na właściwości pianotwórcze roztworu, selektywność, oddziaływania międzycząsteczkowe czy wytrącanie osadów w układach flotacyjnych. Zagadnienia, o których mowa, dotyczą bezpośrednio Systemu Gospodarowania Wodami i Odpadami KGHM Polska Miedź S.A., który warunkuje działalność Zakładu Wzbogacania Rud i Oddziałów Zakładów Górniczych oraz gdzie największy udział ilościowy mają wody pochodzące z odpadów flotacyjnych (Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych – Żelazny Most). Pomimo, że do dnia dzisiejszego zaproponowano i opublikowano wiele rozwiązań w zakresie gospodarki wodami i odpadami flotacyjnymi w procesach technologicznych, wciąż dąży się do ich udoskonalania i propozycji nowych, jako że odgrywają one kluczową rolę w transformacji w kierunku gospodarki obiegu zamkniętego, która jest niezbędnym elementem tworzenia niskoemisyjnej, zasobooszczędnej, innowacyjnej i konkurencyjnej gospodarki Polski. Gospodarka o obiegu zamkniętym, o której mowa, wpisana jest jako Krajowa Inteligentna Specjalizacja (KIS 7 z dnia 13.02.2023 r.) wskazująca na preferencyjne obszary wsparcia innowacyjnych prac badawczych, rozwojowych i wdrożeniowych, związanych ze zrównoważonym zagospodarowaniem zasobów odnawialnych i nieodnawialnych. W tym miejscu należy wspomnieć o zrównoważonej gospodarce wodami technologicznymi, czyli ich ponownym wykorzystaniu w możliwie największej skali, co może nieść ze sobą pozytywne, jak i wymienione wcześniej, negatywne skutki. Do pozytywnych aspektów ponownego wykorzystania wód procesowych zaliczyć należy z pewnością pozostałość czynników flotacyjnych (kolektory, czynniki aktywujące, czynniki pianotwórcze czy regulatory pH), które nie uległy rozkładowi, przez co mogą być ponownie wykorzystane wpływając na redukcję ich zużycia w procesie technologicznym. Należy jednak pamiętać, że ze względu na postępujące reakcje chemiczne z ich udziałem (rozkład, utlenianie), selektywność flotacji może zostać zakłócona. Wyzwaniem w tym obszarze jest więc opracowanie skutecznych metod analizy wpływu jakości wód technologicznych na przebieg wzbogacania rud, uwzględniających wszelkie zmiany w szeroko rozumianej gospodarce wodami i odpadami.

W ramach realizowanej pracy doktorskiej, Doktorant podjął się rozwiązania oryginalnego problemu badawczego/technologicznego jakim jest znalezienie korelacji pomiędzy zmiennymi parametrami jakościowymi wód technologicznych w obiegach KGHM Polska Miedź S.A., a uzyskiwanymi wskaźnikami procesu wzbogacania. Uważam ten nurt badań za aktualny i istotny z praktycznego punktu widzenia. Tym samym zaprezentowane w rozprawie zagadnienia skoncentrowane są przede wszystkim na próbie rozwiązania identyfikowanych problemów procesowych w KGHM Polska Miedź S.A. i wskazania możliwych kierunków ich przezwyciężenia. Ten aspekt zaprezentowanych prac należy uznać za utylitarny.

Podjęcie się analizy wspomnianego problemu technologicznego, wpisuje się w aktualne trendy badawcze renomowanych ośrodków naukowych na świecie, skoncentrowane m.in. na poszukiwaniu rozwiązań dla redukcji negatywnych skutków wpływu zmiennych parametrów wód pracujących w obiegu zamkniętym, na realizowane procesy technologiczne. Zdefiniowanie potencjalnych kierunków działania uwzględniających podejście do systemu oczyszczania wody czy modyfikacji układów technologicznych, w zdecydowany sposób może przełożyć się na zwiększone spektrum możliwości udoskonalania obecnie pracujących linii technologicznych. Z kolei uzyskane i przeanalizowane zależności eksperymentalne mogą być platformą do tworzenia alternatywnych oraz innowacyjnych rozwiązań dedykowanych podnoszeniu jakości wód procesowych.

Oceniana rozprawa doktorska została przygotowana w języku polskim i przedstawiona na 123 stronach maszynopisu. Układ dysertacji jest nieszablony – nie wyodrębniono osobno sekcji dotyczącej celu rozprawy, części eksperymentalnej czy omówienia wyników przeprowadzonych prac eksperymentalnych. Takie uporządkowanie rozprawy z pewnością ułatwiłoby poruszanie się po tak obszernie zaprezentowanym materiale teoretycznym i eksperymentalnym. Ponadto, nie zamieszczono w pracy streszczenia w języku polskim i angielskim, a także dorobku naukowego mgr. inż. Kajetana Witeckiego.

Pierwszy element pracy stanowią *Spis treści, Wykaz stosowanych symboli, oznaczeń i skrótów* oraz *Wstęp*. Kolejno Doktorant zamieścił *Część literaturową*, która bardzo dobrze wprowadza czytającego w tematykę prezentowanych zagadnień technologicznych. Autor prezentuje informacje podstawowe o charakterystyce obiegu wód procesowych w zakładach przeróbki rud, zwracając uwagę na tzw. obiegi długie i krótkie. W kolejnym rozdziale poruszone zostają zagadnienia związane z wpływem poszczególnych parametrów wód technologicznych (pH, zasolenie, obecność pozostałych czynników) na przebieg procesu flotacji. Szczególnie istotne z punktu widzenia tematyki rozprawy są rozdziały, w których Autor opisuje System Gospodarki Wodami i Odpadami Flotacyjnymi w KGHM Polska Miedź S.A., w tym stosowane rozwiązania, rodzaje i jakość wód krążących w obiegu zamkniętym, a także całkowity bilans wodny. Kluczowym jest także rozdział prezentujący uwarunkowania techniczno-technologiczne Oddziału Zakłady Wzbogacania Rud z uwzględnieniem technologii przeróbki rud, charakterystyki nadawy, zużycia czynników flotacyjnych czy wskaźników technologicznych. Skonfrontowanie informacji zawartych w literaturze naukowej z praktycznym aspektem realizacji procesu wzbogacania rud w KGHM Polska Miedź S.A., zaprezentowane w pierwszej części rozprawy dowodzi dokładnej analizy zagadnienia oraz potwierdza świetne przygotowanie Doktoranta do realizacji zagadnień będących przedmiotem ocenianej dysertacji. Wynika to nie tylko z dogłębnego przeglądu literatury, ale także z doświadczenia zawodowego mgr. inż. Kajetana Witeckiego zdobytego podczas pracy w Zakładzie Inżynierii Procesowej KGHM Cuprum. Ponadto, zaprezentowany przegląd literatury wskazał potencjalne możliwości rozwiązania problemów procesowych w KGHM Polska Miedź S.A., które były inspiracją i pozwoliły Doktorantowi zdefiniować cele prowadzonych badań.

Na początku swoich rozważań, Doktorant postawił tezę, że zmienność jakościowa wód procesowych ma wpływ na wskaźniki technologiczne wzbogacania rud miedzi. Odpowiedzią na tak zdefiniowaną tezę miała być realizacja poszczególnych etapów prac obejmująca w szczególności:

- analizę całego ciągu technologicznego w KGHM Polska Miedź S.A. związanego z gospodarką wodami i odpadami flotacyjnymi;
- znalezienie korelacji pomiędzy poszczególnymi strumieniami wód technologicznych;
- przeprowadzenie serii badań flotacyjnych w celu określenia wpływu zmiany parametrów jakościowych wody, w tym stężenia chlorków, oraz reżimu dozowania czynników flotacyjnych na przebieg procesu wzbogacania;
- przeprowadzenie analizy danych przemysłowych w celu wyznaczenia odpowiednich trendów;
- opracowanie empirycznych modeli predykcyjnych do oceny wpływu parametrów jakościowych wód na wskaźniki technologiczne.

Do zrealizowania zaplanowanych etapów prac Doktorant wykorzystał niezbędne metody i techniki badawcze, uwzględniając m.in. metodę planowania eksperymentu (z ang. *Design of Experiments*) czy metodę uczenia maszynowego zaimplementowanego w języku Python.

Badania laboratoryjne nad wpływem zasolenia wód na flotację rud miedzi zaprezentowano w Rozdziale 7 pracy, prezentującym stosowane materiały, odczynniki, metodykę prac i przebieg

flotacji – od przygotowania nadawy do realizacji procesu wzbogacania, gdzie zmiennymi parametrami były ilość dozowanych czynników flotacyjnych oraz stężenie soli (NaCl). Zebrane dane eksperymentalne Autor podsumował w rozdziale „*Wyniki badań laboratoryjnych*”. W kolejnym rozdziale zaprezentowana została analiza czynnikowa danych przemysłowych z poszczególnych rejonów Oddziału Zakładu Wzbogacania Rud (Polkowice, Lubin i Rudna) stosując analizę składników głównych (z ang. *Principal Component Analysis*) oraz uwzględniając wpływ zasolenia wód i temperatury na zużycie czynników flotacyjnych i wskaźniki technologiczne. Ostatnim elementem tej części pracy jest rozdział opisujący wykorzystanie wspomnianego już uczenia maszynowego do analizy parametrów jakościowych wód i oceny ich wpływu na parametry technologiczne procesu wzbogacania.

Całość pracy wieńczą: *Wnioski i rekomendacje*, *Literatura* obejmująca 101 aktualnych pozycji publikacyjnych i monograficznych, oraz *Spis rysunków i tabel*.

Wymiernym efektem prac Doktoranta jest kompleksowa analiza wpływu charakterystyki wód technologicznych na proces flotacji rud miedzi realizowany w KGHM Polska Miedź S.A., która była możliwa prowadząc wielokierunkową interpretację wyników przeprowadzonych badań laboratoryjnych, analiz statystycznych i czynnikowych, czy symulacji i modelowania z zaimplementowaniem danych przemysłowych. Dane eksperymentalne zebrane w trakcie prac laboratoryjnych, realizowanych z wykorzystaniem surowców pobranych bezpośrednio z KGHM Polska Miedź S.A., pozwoliły na wskazanie istotnych zależności pomiędzy stężeniem jonów Cl⁻, a ilością czynnika pianotwórczego i kolektora, wpływających na jakość półproduktów i zawartość miedzi w koncentracie. Doktorant udowodnił, że zbyt duże stężenie jonów chlorkowych powoduje zubożenie koncentratu w związku z udziałem dodatkowej substancji aktywnej powierzchniowo – elektrolitu (NaCl), powodującej intensyfikację tworzenia piany flotacyjnej. Z kolei wykorzystując opracowany model predykcyjny dowiedziono możliwości redukcji negatywnych zjawisk w procesie technologicznym poprzez kontrolowane dawkowanie odpowiednich ilości czynników flotacyjnych. Szeroko zakrojona analiza danych przemysłowych umożliwiła zdefiniowanie kluczowych problemów związanych ze zróżnicowanym stopniem zasolenia (stężeniem jonów chlorkowych) wód technologicznych w układach wzbogacania w różnych rejonach Oddziału Zakładu Wzbogacania Rud, co jest następstwem pojawiania się tam dopływów wód kopalnianych o zróżnicowanych parametrach, determinowanych źródłem ich pochodzenia. Odpowiedzią na to, według Doktoranta, powinno być prowadzenie racjonalnej gospodarki wodnej w firmie opartej na definiowaniu właściwych miejsc wprowadzania wód technologicznych do instalacji, tak aby umożliwić m.in. ich rozcieńczenie przed pojawieniem się w Oddziale Zakładu Wzbogacania Rud. Taki zabieg technologiczny umożliwiłby lepszą kontrolę parametrów jakościowych wód procesowych i z pewnością pozwoliłyby uniknąć zakłóceń w procesie technologicznym. Warto podkreślić, że analiza głównych składowych wskazała na możliwość redukcji ilości zmiennych opisujących dany rejon ZWR do 4. Wykazano tym samym istotny wpływ parametrów jakościowych wód i rudy na konieczność stosowania odpowiednich dawek czynników flotacyjnych, które z kolei przekładają się na przebieg i skuteczność procesu wzbogacania rudy. Podsumowanie zrealizowanych prac była analiza danych przemysłowych procesu wzbogacania z użyciem modeli predykcyjnych opracowanych stosując uczenie maszynowe. Spośród zastosowanych algorytmów, jedynie model lasu losowego okazał się wystarczająco dokładny, ale tylko przy założeniu średniego użycia czynnika pianotwórczego. Wszystkie wykonane testy wykazały znaczącą dokładność, której wartość determinowana była rejonem ZWR. Dowiedziono ponownie kluczowego znaczenia parametrów jakościowych wód, temperatury otoczenia, stężenia

jonów chlorkowych oraz pozostałych substancji rozpuszczonych, w tym siarczanów, na przebieg procesu wzbogacania.

Należy podkreślić, że przedstawione w rozprawie badania są bardzo istotne nie tylko z naukowego, ale przede wszystkim z praktycznego punktu widzenia zwłaszcza, że dotyczą realnych problemów z jakimi Doktorant ma do czynienia w pracy zawodowej w KGHM Cuprum. W związku z tym, rozważania nad wpływem jakości wód technologicznych na procesy wzbogacania rud miedzi, realizowane w układach flotacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem Systemu Gospodarowania Wodami i Odpadami KGHM Polska Miedź S.A., wsparte analizą statystyczną i czynnikową, symulacjami i modelowaniem z użyciem danych przemysłowych, sprzyjać powinny projektowaniu innowacyjnych rozwiązań dla szeroko rozumianej gospodarki wodnej i odpadowej w zakładach wzbogacania rud. Podsumowując ostatecznie tę część dysertacji stwierdzam, że cele postawione przez Doktoranta zostały osiągnięte, a postawiona teza została udowodniona.

Zaprezentowane w pracy osiągnięcia Doktorant szczegółowo podsumował, wskazując wady i zalety realizowanych zabiegów technologicznych, a co ważniejsze perspektywy dalszych prac i gotowe rekomendacje/rozwiązania do rozważenia w dalszej implementacji.

W ocenie pracy doktorskiej mgr inż. Kajetan Witecki nie zaprezentował natomiast swojego dorobku naukowego (m.in. publikacje, zgłoszenia patentowe, patenty, udział w konferencjach, czy osiągnięcia wdrożeniowe). Trudno więc odnieść się w recenzji do oceny aktywności naukowej Doktoranta, czy tej w zakresie wyników prac badawczo-rozwojowych przeznaczonych do implementacji w różnych sektorach gospodarki. Wymóg formalny do złożenia i przyjęcia pracy doktorskiej został jednak spełniony, co wynika z decyzji Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej oraz danych zawartych w bazie Google Scholar, które „ponadprogramowo” zweryfikowałem na potrzeby recenzji.

Z obowiązku recenzenta pozwolę sobie wskazać kilka kwestii dyskusyjnych. Ogólnie dysertacja doktorska została zredagowana poprawnie, niemniej jednak Autor nie uniknął błędów edytorskich, stylistycznych czy niefortunnnych sformułowań, których znaczenie można jednak pominąć – kilka z nich prezentuję poniżej:

- str. 6 jest „...gdzie wykorzystuje się odwróconą osmozę (technika membranowa), gdzie wykorzystuje się techniki membranowe, np. odwróconą osmozę..”;
- str. 9 i 11 zdania „Kwasowość wody wpływa również na szybkość rozkładu odczynników, co opisano bardziej szczegółowo w rozdziale 3.3” są powtórzone;
- cytując literaturę w całej pracy powinno stosować się zapis Le i in., a nie Le at. al;
- sformułowanie: „badania wykazały” powinno raczej brzmieć „analiza wyników badań wykazała”;
- str. 23 jest „Składają się one z wód dostarczanych przez deszczowo-przemysłowych.....”;
- str. 29 jest „...w znaczniejszej ilości...” powinno raczej brzmieć „w znacznej lub znaczącej ilości”;
- str. 30 jest „...zanieczyszczeń chemicznym...”;
- str. 37 jest „...określenia wartość strumienia...”;
- str. 37 jest „...polega na wykorzystania...”;
- str. 57 jest „...proces stawał się na natomiast niestabilny...”;
- str. 59 jest „...w teście planie takim...”;
- str. 61 jest „...wartość maksymalną odniesiono do potencjalnie maksymalnego stężenia jonów Cl⁻ jakie potencjalnie mogłoby...”
- str. 62 jest „...zawartość miedzi klasowała się na...”;
- str. 71 jest „...czym wyższe ich wartości tym mniejsza ich wartości...”;

- str. 74 jest „...dla każdego z analizowanych wskaźników technologicznego pozyskanego...”;
- str. 110 jest „...wpływu zmienności jakościowej wód technologicznych na wzbogacalności...”;
- str. 111 jest „... w trakcie analiz przeprowadzono analizę...”.

Pewnym niedociągnięciem jest także „rozsypana” numeracja rozdziałów w pracy, co niekiedy utrudniało jej lekturę (2 razy pojawiają się rozdziały 2.1. i 8.1. w spisie treści i w tekście pracy oraz rozdział 8.2.3.1.).

Poniżej pozwolę sobie zaprezentować natomiast kwestie do dyskusji podczas publicznej obrony:

- nie podlega wątpliwości, że tematyka rozprawy jest interesująca z naukowego ale przede wszystkim z praktycznego punktu widzenia – czy mogę jednak prosić o wskazanie najważniejszego, według Autora, osiągnięcia? Co nowego w stosunku do już stosowanych rozwiązań zaproponował Pan w trakcie realizacji pracy doktorskiej? Co zaprezentowane osiągnięcie wnosi do praktycznej realizacji procesu flotacji w ZWR?
- proces flotacji jest złożony – jest determinowany szeregiem parametrów, w tym m.in. rodzajem rudy, który zależy od rodzaju i lokalizacji złoża – czy w takim razie rekomendowane przez Doktoranta rozwiązania będą na tyle uniwersalne aby mogłyby być stosowane w innych zakładach zajmujących się procesem flotacyjnego wzbogacania rud?
- jaki jest aspekt ekonomiczny i jakie wymierne korzyści mogą ze sobą nieść proponowane rozwiązania w stosunku do realizowanej obecnie gospodarki wodą i odpadami w KGHM Polska Miedź S.A.?
- w pracy nie zaprezentowano aktywności naukowej (dorobku naukowego) Doktoranta – czy mogę prosić o przedstawienie szczegółowego zestawienia takiego dorobku, z uwzględnieniem prac związanych bezpośrednio z tematyką rozprawy? Czy zaprezentowane w pracy osiągnięcia są przedmiotem zgłoszenia patentowego/patentu? Jakie jest ich faktyczne, praktyczne znaczenie dla KGHM Polska Miedź S.A. i jakie są szanse na implementację/wdrożenie rekomendowanych przez Doktoranta rozwiązań?

Oceniając przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską autorstwa mgr. inż. Kajetana Witeckiego, z jednej strony należy podkreślić, że prezentuje ona ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w zakresie inżynierii chemicznej i procesowej, z drugiej, wskazuje praktyczne rozwiązania problemów, z którymi zmagają się KGHM Polska Miedź S.A. Przedstawiono w niej wyniki własnych prac laboratoryjnych oraz analizę statystyczną i czynnikową danych przemysłowych, które w sposób komplementarny pozwoliły na wskazanie możliwych praktycznych rozwiązań dla przezwyciężenia zakłóceń procesu technologicznego. Wynika to bezpośrednio z faktu, że badania realizowane w ramach doktoratu wdrożeniowego powinny mieć praktyczne znaczenie dla przedsiębiorstwa i obejmować zarówno prace naukowe, jak i wdrożeniowe. Nie podlega wątpliwości, że zaprezentowana w pracy szczegółowa analiza ciągu technologicznego w KGHM Polska Miedź S.A. oraz uzyskane zależności eksperymentalne są perspektywiczne i w niedalekiej przyszłości mogą przynieść wymierne korzyści jako potencjalne rozwiązania udoskonalające gospodarkę wodą i odpadami w O/ZWR. Dodatkowo, należy podkreślić, że przygotowana rozprawa doktorska jest efektem rzetelnej współpracy na linii przemysł – jednostka akademicka, co było/jest głównym założeniem doktoratów wdrożeniowych, skoncentrowanych na możliwości wdrażania wyników działalności naukowej prowadzonej przez doktorantów. Biorąc pod uwagę komplementarność doświadczenia i zainteresowań naukowych (inżynieria procesowa, technologia chemiczna) Promotorów i przedstawicieli KGHM Polska Miedź S.A. oraz KGHM Cuprum, a także infrastruktury badawczo-rozwojowej możliwym było jej przygotowanie wskazując m.in. oryginalne rozwiązanie o istotnym potencjale wdrożeniowym w sektorze gospodarki zajmującym się szeroko rozumianym

wzbogacaniem surowców naturalnych. Sposób zaplanowania prac, zrealizowanie oryginalnych badań, interpretacja uzyskanych wyników połączona z wnikliwą i rzeczową analizą danych przemysłowych, świadczą o wysokich kompetencjach naukowo-badawczych oraz tych z zakresu znajomości procesu technologicznego Autora rozprawy i są dowodem Jego przygotowania merytorycznego do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Na podstawie oceny rozprawy doktorskiej nt. „*Wpływ zmienności parametrów jakościowych wód technologicznych na wzbogacalność polskich rud miedzi*”, autorstwa Pana mgr. inż. Kajetana Witeckiego, jednoznacznie stwierdzam, że recenzowana rozprawa zawiera elementy nowości naukowej o możliwym potencjale aplikacyjnym i spełnia wymagania ustawowe i zwyczajowe stawiane rozprawom doktorskim. **Wnioskuje więc do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Wrocławskiej o przyjęcie rozprawy i przeprowadzenie dalszych etapów postępowania doktorskiego.**

Filip Ciesielny