



Dr hab. inż. Tomasz Kotowski

Katedra Inżynierii Sanitarnej i Gospodarki Wodnej
tel.: +48 12 662 4102
e-mail: tomasz.kotowski@urk.edu.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Edyty Mardaus-Konickiej pod tytułem „*Opracowanie koncepcji wykorzystania unikatowych mineralnych wód leczniczych typu Zuber w celu poszerzenia oferty balneoterapeutycznej uzdrowiska Krynica-Zdrój*”

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Edyty Mardaus-Konickiej została zrealizowana pod kierunkiem dr hab. inż. Lucyny Rajchel, prof. AGH, (Katedra Geologii Żyłowej i Górniczej, AGH), a promotorem pomocniczym była dr inż. Anna Żurek (Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, AGH). Rozprawa doktorska została wykonana w formule tzw. doktoratu wdrożeniowego, realizowanego na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, w ramach *Projektu Operacyjnego Wiedza, Edukacja, Rozwój POWER 2018-2022*. Jednocześnie badania i wyniki uzyskane podczas realizacji rozprawy doktorskiej są jednym z elementów prowadzonego w Uzdrowisku Krynica-Żegiestów S.A wielozadaniowego projektu wdrożeniowego pt. „*Prototyp instalacji uzdatniania naturalnego dwutlenku węgla wspomagającego system produkcji wody zmineralizowanej w Uzdrowisku Krynica-Zdrój wraz z modernizacją systemu ujęcia wód leczniczych Zuber oraz instalacji uzdatniania naturalnego dwutlenku węgla wspomagającego system produkcji wody zmineralizowanej w Uzdrowisku Krynica-Żegiestów S.A. wraz z redukcją emisji CO₂ do atmosfery*”.

Rozprawa doktorska została napisana w układzie klasycznym. Na 220 stronach Autorka zawarła wstęp, cel i zakres pracy; bardzo obszerną charakterystykę przedmiotu badań, wyniki badań własnych i archiwalnych oraz ich kompleksową interpretację. Rozprawa doktorska podzielona jest na 15 numerowanych rozdziałów, z których zasadniczą część tworzą rozdziały od 4 do 10. Rozprawa zawiera również rozdziały techniczne takie jak spisy tabel i rycin, referencje literaturowe (173 pozycje) oraz dodatkowe informacje, głównie fizykochemiczne dane źródłowe. Autorka nie zamieściła w rozprawie klasycznego przeglądu literatury, natomiast omówienie opublikowanych lub archiwalnych (niepublikowanych) prac dotyczących przedmiotu badań jest zawarte w bardzo obszernych rozdziałach opisowych (4-10). Interesującym wątkiem jest zarys historii poszukiwań i eksploatacji mineralnych wód leczniczych prowadzonych w Krynicy (Roz. 3), czy też rys historyczny balneologicznego wykorzystania tych wód (Roz. 9). Już we wstępie, a także w dalszych rozdziałach rozprawy doktorskiej dostrzegalna jest duża pasja i zaangażowanie, z jaką Autorka prowadzi swoje badania, ściśle związane z Jej pracą zawodową. Rozprawa doktorska jest napisana w sposób ciekawy, lecz często dosyć trudny

w odbiorze z uwagi na liczne powtórzenia oraz zbyt szczegółowe opisy zagadnień często *de facto* pobocznych i w większości dalej nieinterpretowanych. Generalnie, rozprawa sformułowana jest w sposób zrozumiały, widać, że Autorka dobrze przeanalizowała literaturę przedmiotu i swobodnie porusza się w obszarze podjętej tematyki badawczej, szczególnie w zakresie zagadnień techniczno-projektowych. Niestety Autorka nie uniknęła licznych błędów edycyjnych, gramatycznych, czy stylistycznych. Błędy tego typu pojawiają się już od pierwszej strony rozprawy. Pod względem graficznym rozprawa doktorska jest dobrze opracowana, z dbałością o szczegóły, zawiera znaczną ilość unikalnych fotografii, co przekłada się na lepszy odbiór rozprawy.

Rozprawa doktorska obejmuje m. in. zagadnienia prezentowane na przestrzeni trzech lat (2018-2020) w czasopismach takich jak: *Acta Balneologica* (Górka & Mardaus-Konicka, 2018); *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego* (Mardaus-Konicka, 2019) oraz w monografii pt. *Zdrowisko Krynica w 100 lecie Państwowości. Epoka Wybitnych Naukowców* (Mardaus-Konicka i in., 2020).

Temat i cel rozprawy doktorskiej, a zarazem cel „realizacji projektu wdrożeniowego”, został w mojej opinii określony nieco enigmatycznie, jako „*opracowanie koncepcji wykorzystania unikatowych wód leczniczych typu Zuber w celu poszerzenia oferty balneoterapeutycznej*”. W kontekście tego celu rzeczownik „poszerzenie” rozumiem przede wszystkim, jako odpowiednik znaczeniowy wprowadzenia nowych produktów/usług w ofercie uzdrowiska. Jednakże w świetle uzyskanych przez Autorkę efektów prac i badań określenie to należy rozumieć w węższym znaczeniu, raczej, jako „poszerzenie” ilościowe, a właściwie „*zwiększenie dostępności leczniczych wód mineralnych typu Zuber*” (s. 130). Na szczęście Autorka wyszczególniła w rozprawie doktorskiej także cele szczegółowe, którymi były:

- Rozpoznanie procesów hydrogeochemicznych i termodynamicznych warunków występowania mineralnych wód leczniczych typu Zuber;
- Analiza warunków krążenia wód typu Zuber na podstawie badań izotopowych wody i gazu z odwiertów Zuber I-IV;
- Badania składu cząsteczkowego eksploatowanego gazu oraz charakterystyka stężeń składników potencjalnie szkodliwych w wodzie i w gazie z odwiertów Zuber I-IV;
- Prace doświadczalne i badania parametrów eksploatacyjnych na odwiercie Zuber IV oraz optymalizacja parametrów eksploatacyjnych dla pozostałych odwiertów Zuber. Wynikiem tych działań było wdrożenie systemu eksploatacji samoczynnej dla odwiertu Zuber IV;
- Modernizacja systemu magazynowo–pomiarowego oraz układu separacji woda-gaz wraz ze szczegółowym badaniem skuteczności separacji na wszystkich odwiertach Zuber. W tym przypadku zaprojektowano i wdrożono zmianę sposobu magazynowania mineralnych wód leczniczych typu Zuber;
- Badania stanu technicznego zarzucenia odwiertów Zuber I-IV obejmujące profilowania geofizyczne (w realizacji);
- Wykonanie nowoczesnej instalacji do uzdatniania gazu z odwiertów Zuber I-IV (w realizacji).

W treści rozprawy doktorskiej nie znalazłem elementów, które budziłyby moje poważne merytoryczne wątpliwości, jednakże w dalszej części recenzji pozwolę sobie zadać Autorce kilka pytań, bardziej w charakterze nawiązania dyskusji naukowej i/lub uzyskania szerszego komentarza, niż zastrzeżeń. Kolejność poruszanych zagadnień wynika z chronologii ich występowania w rozprawie, zatem kwestie merytoryczne są przeplatane uwagami technicznymi dotyczącymi edycji pracy, uchybień stylistycznych, czy też błędów korektorskich. Oczywiście do uwag *stricte* technicznych Autorka nie powinna się ustosunkowywać podczas obrony rozprawy.

Poniżej przedstawiam uwagi ogólne dotyczące całej rozprawy:

- W wielu miejscach rozprawy występują niejasne sformułowania, gdzie nie jest jasne, kto jest autorem określonego wniosku i/lub spostrzeżenia. Dla czytelnika rozprawy powinno być w pełni zrozumiałe, kto jest autorem prezentowanych spostrzeżeń i wniosków;
- W rozprawie często występują niepoprawnie zaokrąglone liczby, przykładowo wartości rzędu 20 000 podawane są z dokładnością do miejsc dziesiętnych, gdzie jednocześnie wszystkie wartości dziesiętne wynoszą zero. Ta uwaga odnosi się zarówno do liczb prezentowanych w tekście, jak i w tabelach oraz na rycinach.

Uwagi szczegółowe (wraz z odniesieniami do poszczególnych stron rozprawy) są następujące:

- s. 10 - Z treści rozprawy wynika, że stężenia jonów Mg^{2+} w wodzie z odwiertu Zuber II były oznaczane dwoma metodami – może warto porównać te oznaczenia, szczególnie w świetle zastrzeżeń do wyników analiz fizykochemicznych prezentowanych w dalszej części rozprawy?
- s. 56 - „... w większości przypadków wahania posiadają rozkłady normalne” – w jaki sposób jest tu rozumiany termin „wahania”? Jak stwierdzono normalność rozkładu danych?
- s. 58 – Uwaga Autorki o błędach analitycznych jest moim zdaniem istotna w kontekście całej rozprawy. Czy Autorka uważa wyniki analiz fizykochemicznych wód typu Zuber pochodzące sprzed lat 90. za nadmiernie obciążone błędami laboratoryjnymi? Jeżeli tak, to czy takie spostrzeżenie nie powinno znaleźć swojego odzwierciedlenia w metodyce analizy statystycznej i interpretacji uzyskanych wyników? Przykładowo poprzez przypisanie odmiennych wag do poszczególnych zmiennych?
- s. 56-57 – Na dwóch następujących po sobie stronach podano różne zakresy mineralizacji wód typu Zuber – dlaczego?
- s. 62 i dalej - W jaki sposób określono liczbę klas (przedziałów) dla poszczególnych parametrów fizykochemicznych zaprezentowanych na histogramach (ryc. 14-17)? Czy oprócz oceny wizualnej wykonano testy statystyczne pomagające określić typ rozkładu populacji danych?
- s. 75 – „Co istotne, przekroczenia stężeń glinu ... pojawiają się dopiero w analizach fizykochemicznych z 2018 roku. Przekroczenia te mogą być z dużym prawdopodobieństwem efektem źle pobranej próby wody do analizy” – na jakiej podstawie został wyciągnięty ten wniosek?
- s. 77 – W jaki sposób zaznaczono przekroczenia dopuszczalnych wartości promieniowania w Tabeli 7? Tutaj ponownie pojawia się pytanie, na jakiej podstawie Autorka sformułowała spostrzeżenie o wystąpieniu błędnego pomiaru laboratoryjnego? Kolejna kwestia dotyczy stężeń uranu

w wodach podziemnych. Generalnie, zgadzam się tu z Autorką, ale warto dodać, iż procesy kształtujące stężenia jonów uranu w wodzie są bardziej złożone i stężenia tego pierwiastka są zależne także od zawartości anionów tworzących z uranem związki kompleksowe (m. in. HCO_3^- , CO_3^{2-} i SO_4^{2-}). Przykładowo, uran w zwykłych wodach podziemnych w warunkach redukcyjnych występuje w bardzo małych stężeniach, ale głównie z uwagi na fakt, iż dominującą formą występowania uranu są łatwo ulegające sorpcji formy U^{4+} .

- s. 88 – „*Wody infiltrujące współcześnie charakteryzują się składami izotopowymi zbliżonymi do średniej ważonej dla ilości opadów w danym rejonie.*” – ilości opadów? Jaką właściwie informację Autorka chciała przekazać tu czytelnikom?
- s. 91 – „*... rozkład wartości składów izotopowych nieznacznie się waha, nie wykazując jednak żadnych tendencji wzrostowych czy malejących (Tabela 12).*” – Autorka odwołuje się do tabeli prezentującej zasoby eksploatacyjne poszczególnych odwiertów, a nie składy izotopowe wody.
- s. 145 – Błędnie dobrana szerokość kolumn i/lub nagłówków w Tabeli 18.
- s. 146 – W Tabeli 21 znajdują się wykrzykniki i inne znaki bez objaśnień.
- s. 152 – „*... linię trendu uwzględniono tylko na tych wykresach, które charakteryzowały się spadkowym lub rosnącym trendem. W przypadku, gdy linia trendu oscyluje w granicach średniej, z uwagi na czytelność wykresu, autorka nie uwzględniła na wykresach linii trendu.*” – Nie do końca rozumiem, co Autorka ma na myśli pisząc o czytelności wykresu, ale w mojej ocenie na żadnej z rycin od 55 do 74 nie przedstawiono linii trendu, pomimo niekiedy występującej zależności wskazującej na potencjalne występowanie trendu (np. ryc. 65, 69 i 74). Nie jest też dla mnie jasne, w jaki sposób określano występowanie (lub brak) trendu dla analizowanych zmiennych. Wizualna analiza danych często wskazuje na znaczący rozrzut danych względem średniej oraz występowanie przypadków anomalnych/odstających, zatem proste dopasowanie funkcji linowej może być kłopotliwe. Dane na wykresach są prezentowane w różnych jednostkach [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-1}$ i % mval]. Pewnego rodzaju zamieszanie jest też widoczne w opisach prawych osi rzędnych wykresów zaprezentowanych na ryc. 55-74.
- s. 156 – „*Dla obu tych parametrów (tj. CO_2 i J) odnotowuje się istotny statystycznie powolny trend rosnący (Ryc. 56 i 57).*” – Na jakiej podstawie Autorka wyciągnęła ten wniosek? Na rycinach 56 i 57 nie przedstawiono żadnej linii trendu. W tym i pozostałych przypadkach występowanie trendu może być analizowane np. poprzez badanie korelacji analizowanych zmiennych fizykochemicznych ze zmiennymi określającymi czas przy wykorzystaniu nieparametrycznego współczynnika (τ) Kendalla lub współczynnika (ρ) Pearsona w przypadkach rozkładów normalnych. Zazwyczaj to pozwala na stwierdzenie występowanie istotnych statystycznie trendów z prawdopodobieństwem 95%.
- s. 159 – Ponownie pojawia się kwestia wiarygodności danych laboratoryjnych. Poprzednio (s. 58) Autorka wyrażała zastrzeżenia dotyczące wyników analiz fizykochemicznych wód typu Zuber pochodzących sprzed lat 90. Tutaj zbliżone zastrzeżenia pojawiają się w odniesieniu do wyników z okresu 2018-2021 r. Jak zatem oceniana jest wiarygodność wyników laboratoryjnych uzyskanych w okresie późniejszym niż lata 90.? Czy nie jest to zbyt arbitralne podejście do danych laboratoryjnych? Z uwagi na tematykę rozprawy doktorskiej wymaga to według mnie znacznie szerszego uzasadnienia/komentarza. Na pewno interesujące są w tym kontekście wyniki analiz kontrolnych, o których Autorka wspomina na stronie 160 rozprawy. Przy okazji jestem też

ciekawy, co oznacza w praktyce dosyć poetyckie określenie „niezwykła stabilność rozkładu”. Na tej stronie pojawia się również sformułowanie „wygnanych”, zapewne przypadkowo zastosowane zamiast „wykonanych” (autokorekta?).

- s. 163 – „...linie trendu wszystkich analizowanych parametrów oscylują w okolicy średniej (Ryc. 70-75) . – Ponownie pojawia się kwestia wyznaczenia i wizualizacji trendów, o których wspomina Autorka.
- s. 166 – „...sporadyczne wahnięcia zawartości poszczególnych składników ... spowodowane były błędami analitycznymi lub tak jak w przydatku wód leczniczych ujmowanych otworem Zuber II pracami rekonstrukcyjnymi...” – to dosyć jednoznaczna i stanowcza interpretacja. W mojej ocenie przypisywanie wartościom przekraczającym $\pm 2\sigma$ wyłącznie charakteru błędów analitycznych jest dosyć ryzykowne i w istocie niewystarczająco uzasadnione. Jednocześnie kilka wierszy dalej Autorka wskazuje na możliwość występowania naturalnych przyczyn tych wahań. Uważam, iż warto tutaj doprecyzować stanowisko. Nie dotyczy to oczywiście przypadku rekonstrukcji odwiertu Zuber II, gdzie wystąpiła specyficzna sytuacja, która została przez Autorkę szczegółowo i jednoznacznie opisana.
- s. 167 – W tym miejscu rozprawy Autorka wskazuje, iż praktycznie nie obserwuje się istotnych zmian jonów HCO_3^- i Na^+ (w oryginalnym zdaniu błędnie podano wartościowość jonów sodowych). Zmiany stężeń tych jonów jednakże występują, powstaje, zatem pytanie, które zmiany stężeń Autorka uważa za istotne, a które nie są istotne. W tym akapicie ponownie pojawia się kwestia trendu, którą sygnalizowałem już w poprzednich komentarzach.
- s. 168 – „Dwutlenek węgla, obok wód leczniczych, należy do odnawialnych surowców mineralnych.” – kwestia odnawialności krynickiego CO_2 jest jednak dyskusyjna, zważywszy na niejednoznaczną genezę tego gazu, co zostaje przez Autorkę omówione w dalszej części rozprawy. Ponadto w tym akapicie oraz w pozostałej części pracy występuje odmienna terminologia dotycząca CO_2 występującego w wodzie (np. s. 168 i 173).
- s. 178 – W odniesieniu do gazu eksploatowanego przez odwierty Zuber Autorka użyła określenia „...Wśród składników niebędących wodorowęglanowymi dominuje dwutlenek węgla” – zapewne jest to błąd edycyjny, ponieważ w dalszej części tekstu Autorka używa już określenia „węglowodory”.
- s. 170 – „ ... daje się zauważyć nieznaczny (podobnie jak w 1999 r.), chociaż statystycznie istotny, trend...” – Ponownie. W jaki sposób wyznaczono ten trend? Dalej na tej stronie Autorka pisze „Siarkowódór doskonale rozpuszcza się w wodzie, co powoduje znaczne frakcjonowanie izotopowe”. Czy Autorka może nieco szerzej opisać ten proces frakcjonowania w kontekście rozpuszczalności H_2S w wodzie?
- s. 180 – „Taką tezę pootwierają badania przeprowadzone w 2019 roku.” – Nie jest jasne, o jakich badaniach Autorka tutaj wspomina. Jest to również przykład błędów występujących w rozprawie.
- s. 181 – Omyłkowe zastosowanie symboli: „ ϕ ” zamiast „ δ ”.
- s. 185 – Do opisu stężeń H_2S zastosowano tu jednostki $[\text{mg}/\text{m}_n^3]$. Z kolei na stronie 189 użyto już innych jednostek $[\text{ppm}]$, a jeszcze wcześniej podawano stężenia tego gazu w $[\% \text{ mol}]$.
- s. 192-195 – W tej części rozprawy występuje dosyć dużo błędów językowych/stylistycznych.

s. 198 i dalej – W spisie literatury niekiedy brakuje informacji o fakcie, iż cytowana praca nie została nigdzie opublikowana, incydentalnie brakuje informacji o wydawcy, charakterze cytowanych materiałów itp.

s. 199 - podwójne cytowanie (poz. 41 i 42).

Chciałbym podkreślić, że wspomniane przeze mnie uchybienia i nieścisłości nie wpływają znacząco na wartość przedłożonej rozprawy doktorskiej. Przedmiotowa rozprawa posiada liczne, wartościowe aspekty użytkowe, co zgodne jest z ideą doktoratu wdrożeniowego, a osiągnięte wyniki są istotne dla efektywnej i zrównoważonej eksploatacji wód typu Zuber oraz mogą być dalej implementowane przez Uzdrowisko Krynica-Żegiestów S.A.

Lektura całości rozprawy doktorskiej pozwala na stwierdzenie, że na dzień dzisiejszy tj. drugą połowę 2023 r. w zdecydowanej większości cele szczegółowe, a zatem i cel główny zostały osiągnięte. Realizacja pozostałych celów jest opóźniona, jednakże biorąc pod uwagę całą skalę projektu oraz zaangażowanie sił i środków do osiągnięcia tych celów, zapewne można spodziewać się ich finalizacji w najbliższej przyszłości.

Biorąc pod uwagę szeroko rozumiany fenomen wód typu Zuber, obszerną wiedzę Autorki i ogrom zgromadzonych materiałów na ten temat zachęcam Autorkę do rozważenia kwestii publikacji monografii naukowej lub popularno-naukowej dotyczącej tej interesującej tematyki. Niniejsza rozprawa doktorska po przeprowadzeniu niezbędnej edycji i selekcji treści oraz ewentualnych uzupełnieniach mogłaby tworzyć podwaliny takiej monografii.

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani mgr inż. Edyty Mardaus-Konickiej spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim, określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1668, z późn. zm.) z dnia 20 lipca 2018 r. i wnioskuję do Wysokiej Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku AGH o dopuszczenie Pani mgr inż. Edyty Mardaus-Konickiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Tomasz Kłoczko