



INSTYTUT NAUK GEOLOGICZNYCH

pl. M. Borna 9
50-204 Wrocław | Polandtel. +48 71 321 10 76
fax +48 375 93 71

sekretariat.ing@uwr.edu.pl | www.ing.uni.wroc.pl

Dr hab. prof. UW, Maciej Górka
Zakład Petrologii Eksperymentalnej
Instytut Nauk Geologicznych
Wydział Nauk o Ziemi i Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Wrocławski
Ul. Cybulskiego 32
50-205 Wrocław

Wrocław, 14. kwietnia 2022 r

e-mail: maciej.gorka@uwr.edu.pl
tel. służb. 71-3759567

R E C E N Z J A
rozprawy doktorskiej mgr. inż. Aleksandry Marii Puławskiej

pt.
***Aerozole solne w atmosferze podziemnej Kopalni Soli Bochnia; geneza, skład,
przyczyny dystrybucji i potencjalne zastosowanie w lecznictwie***

opracowana na podstawie decyzji

Rady Dyscypliny Naukowej „Nauki o Ziemi i Środowisku” Akademii Górniczo-Hutniczej im.
Stanisława Staszica w Krakowie z
dnia 24 stycznia 2022 r.

Praca doktorska mgr inż. Aleksandry Puławskiej dotyczy badań nad poznaniem i zrozumieniem wzajemnych zależności pomiędzy antropogenicznymi i geogenicznymi źródłami aerozoli w podziemnej Kopalni Soli Bochnia w powiązaniu z ich składem chemicznym i mineralogicznym oraz lokalizacją obszarów na terenie obiektu kopalni o najkorzystniejszym stosunku składników pożądaných do niepożądanych, w kontekście działalności turystycznej, leczniczej i uzdrowiskowej.

Badania na potrzeby niniejszej dysertacji prowadzono na terenie w Kopalni Soli „Bochnia” w latach 2019-2020. W ramach badań zostały przeprowadzone dwie kampanie pomiarowe: I kampania pomiarowa - w sezonie letnim (pozagrzewczym) w okresie 05.06-22.06.2019 r. oraz II kampania pomiarowa - w sezonie zimowym (grzewczym) w okresie 02.01.-27.01.2020 r. Pobór próbek w każdej z kampanii przeprowadzono w 4 seriach pomiarowych. Próbkę pyłu opadowego pobierano w 11 miejscach, a pyłu zawieszonego w 8. W celu kompleksowej interpretacji pochodzenia podziemnych aerozoli (oraz próbki powietrza atmosferycznego wlotowego do kopalni) zastosowano metody analityczne stosowane w klasycznej mineralogii (SEM-EDS, XRD, ICP) jak i ilościowe/jakościowe chemiczne metody wykorzystywane przez służby monitorujące jakość powietrza atmosferycznego (pyłomierze, analizatory optyczne OC/EC/TC, IC oraz ICP). Ponadto w trakcie każdej z serii pomiarowych dokonywano pomiarów temperatury powietrza (T) i wilgotności względnej (RH). Finalnie porównano dane pomiarowe

pyłu zawieszonego i opadowego w ciągu komunikacyjnym różnych lokalizacji kopalni poczynając od jego wlotu szybem wdechowym, przez kolejne stanowiska narażone na różne czynniki geogeniczne i antropogeniczne do jego finalnego wylotu szybem wydechowym. Uzyskane wyniki pozwoliły Doktorantce na identyfikację składników pożądaných (korzystnych) w podziemnej terapii oddechowej oraz składników niepożądanych. Mgr inż. Aleksandra Puławska w swojej pracy zaproponowała również możliwe działania mające na celu poprawę jakości powietrza oraz rozwiązania związane z modernizacją obiektu kopalni (lokalizacja komór) pod kątem działalności leczniczo-sanatoryjnej. Finalnie, po analizie wyników i stosowanych metod Doktorantka przedstawiła swoje pomysły na nowe, perspektywiczne kierunki badań dotyczące m.in. bio-aerozolu w podziemnych kopalniach soli. Przeprowadzone przez Doktorantkę pomiary, analizy i wnioski na temat jakości powietrza w podziemnych obiektach kopalni soli wykorzystywanych do speleoterapii są uniwersalne i wpisują się w najnowsze trendy badań prowadzonych przez naukowców na całym Świecie m.in. tych zajmujących się badaniami bio-aerozoli i mikroorganizmami halofilnych w powietrzu. W dobie poszukiwania nowych lub dotychczas nie do końca naukowo wyjaśnionych kuracji i metod pomocy osobom z problemami oddechowymi (m.in. rekonwalescentów po chorobie wywołanej wirusem SARS-CoV-2) wszelkie wysiłki zmierzające do wzbogacenia wiedzy w tym zakresie są skrajnie istotne dla całego społeczeństwa. Najnowsze prace dotyczące w/w tematu, a skupiające się na sąsiedniej kopalni soli w Wieliczce można znaleźć w wielokrotnie cytowanej w tej pracy publikacji Rogula-Kozłowska i in., (2016) oraz najnowszym ciekawym artykule tego zespołu badawczego Bralewska i in., (2022).

Recenzenta zastanawia fakt i chciałby usłyszeć odpowiedź na to pytanie na publicznej obronie, dlaczego gro wyników z przedstawionej do recenzji pracy (często w niezmienionej formie jako wykresy, tabele etc.) została opublikowana w recenzowanych pracach:

1.) Puławska, A., Manecki, M., Flaszka, M. (2021). Mineralogical and Chemical Tracing of Dust Variation in an Underground Historic Salt Mine. *Minerals*, 11, 686. – praca skupiająca się na wynikach mineralno-geochemicznych pyłu opadowego;

2.) Puławska, A., Manecki, M., Flaszka, M., Styszko, K. (2021). Origin, distribution, and perspective health benefits of particulate matter in the air of underground salt mine: A case study from Bochnia, Poland. *Environmental Geochemistry and Health*, 43, 3533–3556. – praca skupiająca się na wynikach mineralno-geochemicznych pyłu zawieszonego oraz wpływie zmian proporcji/chemizmu pyłu na zdrowie ludzi (m.in. kuracjuszy);

powyższe 2 publikacje prawie całkowicie (poza interpretacją i dywagacjami dotyczącymi możliwych modernizacji komór kopalni i planów badawczych) wyczerpują tematykę badawczą i pokrywają się z recenzowaną pracą. Trzecia praca opublikowana w *Geoheritage*:

3.) Puławska, A., Manecki, M., Flaszka, M., Waluś, E., Wojtowicz, K. (2021). Rare Occurrence of Mirabilite in the Thirteenth-Century Historic Salt Mine in Bochnia (Poland): Characterisation, Preservation, and Geotourism. *Geoheritage*, 13, 36 – jest ciekawą mineralogicznie pracą dokumentującą obecność mirabilitu i blödritu;

a mimo to Doktorantka, nie broni swojej pracy doktorskiej ze zbioru publikacji z odpowiednim wstępem/komentarzem tylko załącza ponownie do oceny całą dużą monografię pracy doktorskiej? – nie jest to dla Recenzenta oczywiste.

W związku z powyższym jaka powinna być rola i stanowisko Recenzenta w tym konkretnym przypadku? Całkiem inaczej sporządza się przecież recenzję monografii

dysertacji doktorskiej, w której kontrola poprawności warsztatu badawczego, samego procesu metodycznego, analitycznego, a finalnie wnioskowania Doktoranta/teki jest kluczowa w ocenie rozprawy. Natomiast w recenzjach prac doktorskich opartych na już opublikowanych wynikach (tzw. „zszywce”) zadaniem Recenzenta nie jest ponowna konkretna ocena recenzowanych publikacji (ponieważ zostały one już zrecenzowane przez minimum 2-4 niezależnych międzynarodowych ekspertów i ostatecznie ocenione przez każdego redaktora czasopisma naukowego), ale przede wszystkim oszacowanie: (i) w jakim stopniu rozprawa doktorska spełnia założone cele i czy została zrealizowana odpowiednimi metodami, a wyciągnięte wnioski są właściwe; (ii) wkładu pracy doktorantki w każdy artykuł przedstawiony w rozprawie doktorskiej, w szczególności oparty na pomysłach, analizie terenowej/laboratoryjnej, integracji danych i ostatecznej interpretacji danych; (iii) spójności problemu badawczego, nie tylko jako cząstkowe spojrzenie na niezależne artykuły, ale jako szerszy i całościowy ogląd, zmierzający do rozwiązania jakiegoś problemu naukowego i posuwający naprzód naukę o środowisku.

Recenzent nie był dotychczas w takiej sytuacji i nie wie czy cytowane własne artykuły (1 i 2) nie traktować jako auto-plagiat, pozostawia to do rozstrzygnięcia właściwej Radzie Dyscypliny. Jednakże, pomimo opublikowania przez Doktorantkę większości wyników w recenzowanych czasopismach przeprowadzi ocenę pracy doktorskiej na podstawie przesłanej do oceny monografii, niejako posiadając carte blanche, nie wnikając i nie polemizując naukowo z w/w publikacjami.

W dysertacji na str. 17 zdefiniowano 3 główne cele pracy doktorskiej, które według Doktorantki realizowane są przez trzy postawione hipotezy. Z założenia proces naukowo-poznawczy oparty jest na hipotezach – gdyby były to tezy (jak podano w dysertacji), ich treść byłaby zawsze prawdziwa i nie wymagałaby wnikliwej naukowej obserwacji/wnioskowania do jej weryfikacji. Recenzent pozwala sobie odwrócić kolejność przedstawionego w pracy procesu – ponieważ to weryfikacja hipotez badawczych jest clou problemu naukowego, a dokonuje się ona w toku procesu poznawczego (wykorzystując np. metody analityczne, zbierając dane i finalnie konkludując uzyskane wyniki) – stąd wykonywanie zadań cząstkowych prowadzących do finalnego wyniku/weryfikacji nie jest celem samym w sobie.

Mgr inż. Aleksandra Puławska postawiła przed sobą do przetestowania trzy główne hipotezy badawcze tj.:

- 1) cząstki zawieszone w powietrzu podziemnej kopalni soli składają się głównie ze składników pochodzących ze skał macierzystych;
- 2) ilość zanieczyszczeń wprowadzanych do kopalni przez system wentylacyjny maleje wraz z odległością od szybu wdechowego;
- 3) intensywny ruch turystyczny oraz regularna obsługa kopalni ma niekorzystny wpływ na jakość powietrza w podziemnej kopalni soli.

Do zweryfikowania powyższych hipotez badawczych niezbędne było wykonanie interpretacji: (i) zróżnicowania mineralnego i chemicznego podziemnych aerozoli oraz ich rozkładu przestrzennego w Kopalni Soli „Bochnia”; (ii) wpływu zanieczyszczeń zewnętrznego powietrza atmosferycznego wtłaczanego systemem wentylacyjnym na naturalny skład mineralny i chemiczny aerozoli w atmosferze podziemnej kopalni; (iii) znaczenia i roli ruchu turystycznego i regularnej obsługi kopalni na jakość powietrza podziemnego.

Praca doktorska liczy 175 numerowanych stron i składa się z 14 rozdziałów z czego właściwą treść pracy stanowią rozdziały 1-10, a 11-14 stanowią spis literatury, tabel, figur i załączników. Załączniki stanowią: (i) schemat wentylacyjny kopalni oraz (ii-iii) tabele wyliczonych współczynników wzbogacenia EF odpowiednio względem osadów morskich i lokalnego tła geochemicznego.

W krótkim 2-stronicowym rozdziale pierwszym przedstawiono wprowadzenie z rysem historycznym i przesłankami do podjęcia tematu proponowanego badawczego. Rozdział drugi z wyodrębnionymi 4 podrozdziałami charakteryzuje aktualny stan wiedzy z tematu. Recenzent ma kilka uwag do powyższego rozdziału:

1) strony 3-7 - Rozdział 2.1 -- w pierwszej kolejności powinien być podany podział aerozoli pod względem wielkości cząstek (średnicy zastępczej), zanim Doktorantka przedstawi podział ze względu na skład - chociażby z cytowanej pracy https://www.gios.gov.pl/images/aktualnosci/Pyly_drobne_w_atmosferze.Kompendium_wiedzy.pdf - patrz Rozdział 2. Recenzent nie rozumie dlaczego w dalszej części pracy dla całkowitej frakcji pyłu zawieszonego przyjęto nazewnictwo TPM, zamiast TSP - jest to akceptowalne, ale w polskiej nomenklaturze częściej używano (nawet wcześniejsze normy to określały) pojęcia TSP. Druga sprawa podział głównych składników jaki został przedstawiony jest bardzo wymieszany (pierwotne, wtórne, organiczne, nieorganiczne, naturalne, antropogeniczne etc.). Główne podziały rozpoczynają się od rozdziału na składniki organiczne/nieorganiczne lub pierwotne/wtórne i dalej przechodzą do szczegółów natury chemicznej. Podobnie przedstawiony w dysertacji podział związków węglowych jest nie do końca poprawny (w ogóle brak ścieżki formowania SOC) - proszę w w/w kompendium zapoznać się chociażby z rozdziałami 3.5/3.6/11.4.4 lub jakimkolwiek artykułem przeglądowym (review) dotyczącym tematyki TC/EC/OC (w tym POC/SOC).

2) w tym rozdziale i na innych stronach dysertacji (str. 4, 89, 94, 115) pojawia się określenie „...metale ciężkie...” - obecnie, w związku z nieprecyzyjnym używaniem tego określenia odchodzi się od jego używania w pracach naukowych (patrz IUPAC Technical Report, 2002) - J.H. Duffus, Heavy metals' a meaningless term?, *Pure Appl Chem*, 74 (2002), pp. 793-807

3) strona 13 - od 2018 roku monitoring stanu środowiska jest w kompetencji GIOŚ nie WIOŚ.

Rozdział trzeci to przedstawienie celu pracy - szczegółowy komentarz do tego rozdziału Recenzent przedstawił już we wcześniejszym fragmencie swojej recenzji. Dodatkowa uwaga dotyczy stwierdzenia ze str. 18 - iż realizacja celów przyczyni się do „określenia potencjału leczniczego podziemnych aerozoli w Kopalni Soli *Bochnia*” - jest to stwierdzenie zdecydowanie na wyrost (nie są planowane badania kohortowe dużych grup kuracjuszy w korelacji z różnymi stanami środowiska etc.) - Recenzent rozumie chęć podkreślenia wagi własnych badań, jednak sugeruje złagodzenie wydziwisku zapisu.

W rozdziale czwartym określonym przez Doktorantkę jako Metodyka w podrozdziale 4.1 znalazł się opis terenu badań - i właśnie do takiego brakującego rozdziału powinno to trafić - obecnie treść nie jest adekwatna ze zwyczajowym opisem metodyki prac terenowych/laboratoryjnych. Właściwy opis rozmieszczenia punktów poboru próbek rozpoczyna się od podrozdziału 4.2. Sposób rozmieszczenia/wytypowania punktów poboru wraz z wzrastającą odległością od szybu wdechowego, uwzględniając potencjalne miejsca wpływające na jego zmianę (jak okolice kolejki, Komora Ważyn etc.) są poprawne i nie budzą zastrzeżeń Recenzenta. Co do samej metodyki poboru Recenzent ma kilka uwag/komentarzy:

4) dlaczego zastosowano jedynie głowicę TPM(TSP) oraz PM4 jeżeli wszelki normy ilościowego określania wpływu pyłu zawieszonego w atmosferze odnoszą się do frakcji PM2.5 i PM10 ? Możliwe jest wyposażenie aspiratorów osobistych w cyklony z głowicami PM2.5/PM10 (np. cyklon GK 2.05) stosunkowo niewielkim kosztem, a możliwości interpretacyjne takich wyników zdecydowanie wzrastają;

5) dlaczego pył opadowy pobierano tak nisko spągu (30-50cm od podłoża) a nie na podobnej wysokości jak pył zawieszony ? - przecież w wyniku deflacji i re-suspensji pyłu przy podłożu nie oddaje on wiarygodnie frakcji/chemizmu materiału niesionego głównym strumieniem powietrza w chodniku;

6) dlaczego przy tak dużej i szybkiej depozycji pyłu opadowego nie stosowano szalek/pojemników do jego akumulacji (nawet wystawionych na okres jednego do kilku miesięcy) – tak jak wykonywały to WSSE dawną normą tzw. słoika Weka. Dałoby to oprócz możliwości fizycznego zebrania dużych ilości pyłu z danego okresu (czasu ekspozycji pojemnika), dokładne tempo depozycji np. g/m²/dzień – takich informacji nie uzyskamy z mieszaniny pyłu o nieznanym okresie depozycji „zmięconej” i pobranej z płaskich powierzchni.

W stosunku do metod analitycznych z rozdziału 4.3 Recenzent ma następujące pytania:

7) czy filtry Q były prażone przed rozpoczęciem poboru w celu pozbycia się ewentualnego C wpływającego na wynik OC i EC?

8) nie ma informacji na str. 35 czy analizowany był blank filtra Q na analizy metali śladowych oraz czy wyniki uwzględniają poprawkę na blank?

9) czy do płuczek i do płukania filtrów Q na analizy IC używana była woda ultraczysta Milli-Q czy tylko destylowana/redestylowana?

10) co to według Doktorantki znaczy reprezentatywna część próbki pyłu (str 37 – *Charakterystyka morfologiczna*) ? – w jaki sposób podzielono próbkę na pod-próbki laboratoryjne nie wpływając na zafałszowanie ich uziarnienia/chemizmu?

- str. 38 – co było lokalnym tłem geochemicznym? I dlaczego dla tak silnie poddanemu antropopresji terenowi jak Bochnia (znaczna ilość sferul i cząstek glinokrzemianowych w pkt E1) wybrano Al zakładając, że jest pochodzenia jedynie geogenicznego?

W rozdziale piątym (Wyniki) Doktorantka przedstawiła wyniki swoich badań – zanim Recenzent szczegółowo odniesie się do konkretnych fragmentów, przedstawi swoje 2 główne uwagi ogólne:

- brak jest tabel/el zbiorczych z kompletnymi wynikami (RAW data) czy to w samej pracy czy w załącznikach do pracy – dotyczy to szczególnie wyników stężeń pyłu opadowego, temperatury, wilgotności etc.

- brak jakiegokolwiek obróbki statystycznej uzyskanych danych poczynając od

a) prostej statystyki opisowej (minimum, maksimum, średnia, mediana i moda)

b) sprawdzenia normalności rozkładu każdej serii danych oraz wyznaczenia macierzy korelacji czynników (w zależności od rozkładu np.: współczynniki Pearsona lub rang Spearmana)

c) bardziej zaawansowanej statystyki – aż się prosi by dla tych danych wykonać: (i) analizę skupień (dendrogramy) wskazujące łączące się np. genetycznie/procesowo czynniki; (ii) analizę wariacji ANOVA z testami post-hoc pod względem odległości od szybu wdechowego; (iii) analizę głównych składowych PCA, która dla tak wielu uzyskanych danych (metale, jony, formy węgla, stężenia pyłu, parametry meteo jak T i RH) pozwoliłaby na szersze spojrzenie na temat.

W dysertacji Doktorantka bardzo często używa zwrotów koreluje się/korelujące (np. str. 57, 61, 78, 87) – na jakiej podstawie, nie robiąc testów statystycznych? Czy Doktorantka szacowała „korelacje” na podstawie podobieństwa liniowych wykresów? - które nie są nawet zależnościami funkcyjnymi typu X/Y tylko przebiegami czasowymi lub zmiennej lokalizacji. Brak jest jakichkolwiek wykresów typu X do Y – np. wykresów TPM/TSP do PM4 czy OC do EC i innych zmiennych – to kontynuacja uwagi Recenzenta na temat braku metodycznego statystycznego spojrzenia na wyniki.

Z uwag szczegółowych do rozdziału 5:

- str. 39 obserwujemy ok. 3-krotny nie 5-krotny wzrost stężenia TPS/TSP w punkcie E1 pomiędzy sezonem zimowym, a letnim;
- str. 52 figura 5.10 oraz str. 64 figura 5.15- nie można w taki sposób ucinąć wykresu – albo przecinamy oś Y, albo dodajemy drugą oś Y z innym zakresem danych;
- str. 53 – dla Recenzenta zaskakująca jest kolejność anionów w pkt. E1 – jest to wręcz niemożliwe bez specyficznego dominującego źródła fosforu w zewnętrznym powietrzu atmosferycznym w okresie letnim, aby ten jon był dominujący nad siarczanami, azotanami czy chlorkami – taki rozkład jonów powiela się dalej w pracy w innych punktach, co raczej wyklucza tłumaczenie Doktorantki o pochodzeniu jonów fosforanowych z wtórnych reakcji związków z środków czystości w atmosferze kopalni.
- str.58-59 – czym jest tajemnicza „reszta” na wykresach 5.11 i 5.12?
- str.76 podpis figury 5.23 – powinien być podpunkt „d” nie „h”

Rozdział szósty to przedstawienie dyskusji i wnioskowania na podstawie własnych wyników/obserwacji w nawiązaniu do danych literaturowych. Rozdział ten został przez mgr inż. Aleksandrę Puławską podzielony na 3 podrozdziały o niezbyt fortunnie według Recenzenta dobranych nagłówkach. O ile sam schemat dyskusji wnioskowania jest akceptowalny poczynając od dywagacji na temat materiału źródłowego aerozoli przez czynniki wewnętrzne (w kopalni) wpływającego na jego morfologię i skład mineralogiczny/chemiczny do czynników zewnętrznych mających wpływ za pośrednictwem pompowanego powietrza szybem wdechowym to już jej forma mogła być lepsza. Wielokrotnie, dyskusja wygląda jak opis pewnych założeń i częściowo oczywistych tez (znanych z innych doniesień literaturowych) postawionych przez Doktorantkę, niż wnioskowanie wynikające jednoznacznie z osiągniętych własnych wyników. Recenzent chce tu jednoznacznie podkreślić, że nie neguje i docenia nowatorski element pracy jakim niewątpliwie było wielowątkowe i interdyscyplinarne podejście do tematyki aerozoli tym obiekcie. Jednakże, pewne wnioski dotyczące transformacji faz aerozoli (głównie halitu) pomiędzy formą stałą a rozpuszczoną, bez dogłębnej analizy zależności (patrz uwagi dotyczące statystyki) z wilgotnością, temperaturą, prędkościami przepływu powietrza etc. są nie do końca poparte wynikami w obecnej formie. Podobna uwaga dotyczy informacji na temat transformacji i uwodnienia anhydryt do gipsu czy wyników analiz jonów z dwóch metod analitycznych. Można by odnieść wrażenie, że Doktorantka wykonała jednak jakieś testy statystyczne, na podstawie których przedstawia takie wnioski o wpływie RH (chyba że to jedynie graficzne porównanie przebiegu liniowych wykresów...). Recenzent, chciałby na publicznej obronie pracy doktorskiej zobaczyć wykonane/obliczone różne testy statystyczne jednoznacznie popierające wiele wniosków merytorycznych przedstawionych dość kategorycznie przez Doktorantkę. Szczególnie iż, wnioski oparte na „korelacji” in plus z RH ze str. 85, są de facto odwoływane na str. 86 w związku z jednorazowym pomiarem RH/T.

Dla Recenzenta nie jest jasne (str. 87), jak bez wykonywania zdjęć z pomiarami średnic zastępczych cząstek i mapowania SEM/EDS, a finalnie sporządzania histogramów rozkładów pierwiastków w cząstkach danej wielkości oraz bez wykonania statystycznej analizy skupień klasyfikowano/grupowano pierwiastki i minerały w pewne genetyczne grupy. Ponownie, jak Recenzent już podkreślił wygląda to na dopasowaniu wyników do założenia, a nie wnioskowania na podstawie uzyskanych wyników. Kolejne pytanie i uwaga Recenzenta dotyczy interpretacji jonu siarczanowego. Recenzent zgadza się z Doktorantką, iż bez dodatkowych analiz (np. stosunków izotopowych siarki $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$) ciężko o interpretację genetyczną, jednakże dziwi fakt, iż posiadając komplet chemizmu jonów z punktu E1 (powietrze atmosferyczne), nie zostały policzone udziały siarczanów morskich (SS) i siarczanów nie-morskich (NSS). Znając wartość siarczanów nie-morskich (antropogenicznych) w próbce powietrza wlotowego, można by z

różnicy tej wartości obliczyć w każdym innym punkcie pomiarowym w kopalni udziały siarczanów geogenicznych.

Recenzent już wspominał, iż Doktorantka pomija w swoich dywagacjach ścieżkę powstawania wtórnego OC (SOC) z transformacji lotnych związków organicznych (VOCs), jednakże chciałby się dowiedzieć czy były wykonywane próby obliczenia udziału pierwotnego (POC) i wtórnego (SOC) w ogólnym OC z pyłu zawieszonego? Jest to możliwe, mając wyniki z różnych okresów i znając minimalne i maksymalne wartości stężeń OC i EC. Recenzent wspominał już o zastanawiających wysokich wynikach fosforanów, szczególnie w próbce E1 i ciągu chodnika E2-E4. Nie można tego tłumaczyć w tych punktach (początek ścieżki wdechowego powietrza) wpływem detergentów i ich pochodnych w atmosferze kopalni, – czy Doktorantka może podać środowiskowe wyjaśnienie wysokich stężeń fosforanów dla zewnętrznej próbki E1?

Na str. 101 Doktorantka miała zapewne na myśli tlenek węgla, nie ditlenek węgla powołując się na Raport WIOŚ. Na str. 110 jest wzmiankowanie o wysokotemperaturowych formach kulistych pochodzenia przemysłowego – czy notowano np. fazy mullitowe w analizowanych próbkach?

Reasumując cały proces dyskusji i wnioskowania, pomimo uwag i zastrzeżeń jaki Recenzent sprecyzował powyżej można merytorycznie ocenić wysoko. Dobry warsztat analityczny (szczególnie analizy SEM-EDS), poprawne wnioskowanie od ogółu (składniki geogeniczne) do szczegółu jak możliwe wtórne zanieczyszczenia i transformacje aerozoli w związku ze zmianami sezonowymi (klimatycznymi oraz antropogenicznymi) oraz wpływem obsługi kopalni/ ruchu turystycznego i powietrza zewnętrznego są poprawne. Recenzent nie doszukał się nieprawidłowości w genetyczno-chemicznie-mineralogicznym wnioskowaniu. Po raz kolejny jak mantra zostanie powtórzona informacja, iż odbiór tych danych i samej dyskusji byłby dużo bardziej pozytywny i na wyższym naukowym poziomie, gdyby najważniejsze wnioski i stwierdzenia były poparte liczbowym współczynnikiem jakiegoś testu statystycznego (potwierdzającym lub negującym wnioskowaną tezę/stwierdzenie).

Ciekawym i dość wysoko ocenionym przez Recenzenta są rozdziały siedem i osiem. W opinii Recenzenta powinny być one integralną częścią rozdziału sześć (Dyskusja), a nie być niezależnymi rozdziałami. Można by stwierdzić, iż są to rozdziały naukowo najdojrzalsze, ponieważ Doktorantka robi w rozdziale siódmym swoistą rekapitulację i recenzję swoich naukowych poczynań, wskazując mocne i słabe strony swojej pracy m.in. dotyczące: (i) konieczności stosowania głowic aspiratora o frakcji pozwalającej porównanie z obowiązującymi normami; (ii) wydłużenie czasu pomiaru etc. Ponadto Doktorantka, podsumowuje składniki pożądane i niepożądane w aerozolu kopalnianym z punktu widzenia działalności uzdrowiskowej oraz odważnie proponuje nowe lokalizacje komór do prowadzenia działalności leczniczej. W tym rozdziale wątpliwość Recenzenta budzą dwa wnioski, w których jednoznacznie stwierdza się iż: (i) składniki geogeniczne tworzą pozytywne i unikatowe środowisko – będzie to prawdziwe jedynie, gdy samo stężenie pyłów (w tym nierozpuszczalnych cząstek geogenicznych) nie przekracza dopuszczalnych norm oraz (ii) że składniki aerozoli fosforonośne mogą przeciwnie przedostawać się w stronę szybu wdechowego. Rozdział ósmy jest o tyle ciekawy co niepokojący – dobrze że Doktorantka dokonała takiej rekapitulacji metod terenowych i analitycznych w kategorii in plus i in minus. Jednakże, część z informacji tam zawartych to tzw. analityczne fakty oczywiste dostępne w ogromie literatury światowej. Recenzent zastanawia się, czy w takim razie nie został zrobiony dogłębny przegląd literatury (m.in. dotyczących sąsiedniej kopalni w Wieliczce), możliwości i ograniczeń danych analitycznych metod badawczych na początku doktoratu i czy Doktorantka ucząc się na

własnych błędach nie odkrywała czasami na nowo koła? Recenzent chciałby usłyszeć kilka zdań na ten temat na publicznej obronie pracy doktorskiej – czy było to celowe czy niezamierzone działanie.

Rozdział dziewiąty był bardzo zaskakujący in plus dla Recenzenta – pokazuje on potencjał naukowy Doktorantki oraz to, iż prawdopodobnie znalazła ona dla siebie naukową niszę badawczą dotyczącą bio-aerozolu i mikroorganizmów halofilnych bytujących w aerozolu w atmosferze kopalni. Potwierdzeniem potencjału i aspiracji naukowych mgr inż. Aleksandry Puławskiej w tej tematyce jest przyznany jej przez NCN grant PRELUDIUM w 20 konkursie oraz już nawiązana współpraca naukowa z wieloma ośrodkami naukowymi w kraju.

W końcowym rozdziale dziesiątym mgr inż. Aleksandra Puławska podsumowała osiągnięcia naukowo-badawcze swej dysertacji oraz sformułowała istotne wnioski i stwierdzenia łączące problematykę genezy składników aerozoli w podziemnej Kopalni Soli „Bochnia” z sezonową zmianą składu powietrza zewnętrznego, natężeniem ruchu turystycznego i lokalnymi źródłami zanieczyszczeń atmosferycznych już w obrębie samej kopalni. Do najważniejszych wniosków można zaliczyć:

- podstawowym składnikiem aerozolu we wszystkich próbkach we wnętrzu kopalni jest sól kamienna (NaCl) głównie w formie rozpuszczonego aerozolu, a nie cząstek stałych, które dodatkowo reprezentowane są minerały z otaczających skał macierzystych;

- mechaniczna wentylacja oprócz niezbędnego do funkcjonowania obiektu powietrza wnosi niepożądane składniki pyłowe, w większości pochodzenia antropogenicznego;

- ruch turystyczny oraz związana z tym obsługa jest lokalnym źródłem składników pyłu atmosferycznego, które różnią się składem mineralnym i chemicznym od aerozoli występujących w innych częściach kopalni i wpływają na ogólny wzrost stężenia zapylenia w strefie turystycznej kopalni;

- zidentyfikowano proces samooczyszczania się powietrza z zanieczyszczeń pyłowych wraz z oddalaniem się od wlotu powietrza szybem wdechowym oraz od lokalnych wewnętrznych źródeł zanieczyszczeń na terenie kopalni;

- zastosowana strategia analityczna służąca do wszechstronnej charakterystyki aerozoli w Kopalni Soli „Bochnia” może zostać, przynajmniej częściowo i w zależności od potrzeb, zastosowana w innych tego typu podziemnych obiektach.

Finalnie, pragnę podkreślić, że rozprawa jest dość dobrze zredagowana, napisana w miarę poprawnym stylem i językiem z bogatą szatą graficzną. Recenzent wynotował szereg błędów stylistycznych, złych odmian końcówek wyrazów czy literówek (nie rzutują one jednak merytorycznie na odbiór pracy, lecz powinny zostać poprawione przed ewentualną publikacją doktoratu w formie monografii w języku polskim).

Mgr inż. Aleksandra Puławska w rozprawie doktorskiej, przygotowanej pod opieką promotora prof. dr. hab. inż. Macieja Maneckiego, oryginalnie rozwiązała postawiony problem naukowy, mający potencjał do implementacji środowiskowej na szerszą skalę zarówno w Kopalni Soli „Bochnia” jak i innych tego typu obiektach prowadzących działalność turystyczno-uzdrowiskową. Doktorantka zebrała, przestudiowała i przeanalizowała dotychczasowy stan wiedzy w tematyce swojej dysertacji. Cel i problemy badawcze zostały przedstawione i zweryfikowane. Finalnie, zastosowane w pracy kompleksowe rozwiązania polegające na połączeniu kilku narzędzi analitycznych pozwoliły na szczegółową ocenę charakteru aerozoli i przyczyn dystrybucji składników podziemnych aerozoli w obiekcie wykorzystywanym do celów turystyczno-uzdrowiskowych.

Mgr inż. Aleksandra Puławska wykazała się również dobrym poziomem ogólnej wiedzy teoretycznej, w tym w dziedzinie nauk o Ziemi i środowisku oraz umiejętnością analizy wyników swoich badań, ich interpretacji i popularyzacji czego dowodem są opublikowane prace, których jest współautorką. Na dzień sporządzania recenzji jej dane bibliometryczne z bazy SCOPUS wynoszą – 3 prace w bazie / 6 cytowań/ indeks h=1.

Na podstawie szczegółowej analizy i oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Puławskiej pt. „*Aerozole solne w atmosferze podziemnej Kopalni Soli Bochnia; geneza, skład, przyczyny dystrybucji i potencjalne zastosowanie w lecznictwie*” **stwierdzam, że stanowi ona oryginalne rozwiązanie aktualnego problemu naukowego i spełnia wymogi** wynikające z art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, w związku z art. 179 ust. 1 ustawy z dnia 3lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Biorąc powyższe pod uwagę, **stawiam wniosek o dopuszczenie mgr inż. Aleksandry Puławskiej do kolejnych etapów przewodu doktorskiego, w tym do publicznej obrony.**

Dr hab. prof. UW, Maciej Górka

