



---

## R E C E N Z J A

rozprawy doktorskiej mgr inż. Michała Kowalskiego

pt.

*Przeżywalność mikroorganizmów bakteryjnych i grzybowych i jej wpływ na strukturę bioaerozolu,*

opracowana na podstawie uchwały

Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej  
z dnia 23. czerwca 2017 r. (pismo z dnia 06.07.2017 r., znak RIE-BD/4/339/2016/2017)

Praca doktorska mgr inż. Michała Kowalskiego dotyczy badań w zakresie składu, zmienności stężeń bioaerozolu oraz oceny wpływu warunków meteorologicznych i środowiskowych na przeżywalność cząstek bakteryjnych i grzybowych w powietrzu w atmosferze miasta Gliwice. Bezpośrednim jej celem było przetestowanie i walidacja metod badawczych połączonych z analizami matematycznymi i statystycznymi mającymi na celu ustalenie wrażliwości bakterii oraz mikroskopijnych grzybów w funkcji średnicy aerodynamicznej cząstek bioaerozolu wraz określeniem współczynnika ich przeżywalności.

Uwzględniając fakt iż nie do końca są znane mechanizmy synergicznego wpływu zanieczyszczeń wraz z warunkami meteorologicznymi na skład aerozoli, w tym biologicznych, a także i ich bezsprzecznego wpływu na zdrowie człowieka podjęcie tej tematyki badawczej zasługuje na uznanie, szczególnie w kontekście odnotowywanej okresowo złej jakości powietrza atmosferycznego w polskich miastach.

Sformułowany ogólny cel pracy doktorskiej, jakim jest określenie wpływu podstawowych parametrów meteorologicznych tj.: temperatury i wilgotności względnej powietrza, ciśnienia atmosferycznego, prędkości wiatru, opadów atmosferycznych, promieniowania słonecznego oraz synergicznego oddziaływania ozonu i promieniowania

UV na przeżywalność cząstek bakteryjnych i grzybowych Doktorant wyraził poprzez następujące cele szczegółowe:

- określenie poziomów stężeń żywych bakterii i grzybów mikroskopijnych w atmosferze miejskiej Gliwic w scenariuszach różnych sytuacji meteorologicznych,
- wyznaczenie zmian profilu aerozolu bakteryjnego i grzybowego w funkcji wybranych parametrów meteorologicznych,
- ustalenie wrażliwości bakterii i grzybów mikroskopijnych na niszczące działanie czynników sterylizujących, w funkcji średnicy aerodynamicznej cząstek bioaerozoli i ich cech morfologicznych,
- zastosowanie istniejących równań matematyczno-fizycznych procesu sterylizacji mikroorganizmów do opisu przeprowadzonych eksperymentów,
- wyznaczenie współczynnika przeżywalności bakterii i grzybów mikroskopijnych w powietrzu atmosferycznym w zależności od podstawowych parametrów meteorologicznych,

przyjmując dla każdego z nich właściwy zakres badań.

W części teoretyczno-przeglądowej mgr inż. Michał Kowalski w sposób bardzo syntetyczny zebrał, uporządkował oraz przedyskutował wiedzę z zakresu badań nad:

- definicją bioaerozolu i jego właściwościami,
- pochodzeniem aerozolu biologicznego z uwzględnieniem jego naturalnych i antropogenicznych źródeł,
- oceną wpływu bioaerozolu na zdrowie,
- wpływem czynników środowiskowych i meteorologicznych, zjawiska sterylizacji powietrza na zmienność czasową i ilościową oraz skład bioaerozolu.

Część teoretyczną dysertacji kończy bardzo ważny podrozdział (podrozdział nr 2.4.), w którym Doktorant przedstawił wpływ naturalnych i sztucznych procesów sterylizacyjnych na przeżywalność cząstek bioaerozolu w powietrzu atmosferycznym.

Zgromadzony w ten sposób – w części teoretycznej - materiał pozwolił Doktorantowi ocenić możliwości w zakresie analiz bioaerozolu i oceny jego zmienności oraz określić parametry determinujące przeżywalność cząstek bioaerozolu.

Najbardziej wartościową część pracy doktorskiej, wg mojej opinii, stanowią jej rozdziały nr 4 oraz 5 obejmujące m.in.: metodykę badań (rozdział 4) oraz wyniki

przeprowadzonych analiz morfologicznych i identyfikacji mikroorganizmów z wykorzystaniem testów biochemicznych (rozdział 4.3.) i dyskusję uzyskanych wyników badań (rozdział 5) w zakresie m.in.: charakterystyki parametrów meteorologicznych, zmienności stężeń mierzonych aerozoli bakteryjnych i grzybowych, oceny wpływu parametrów meteorologicznych oraz promieniowania UV wraz z wyznaczeniem współczynników sterylizacyjnych, oraz, ostatecznie, określenia synergicznego oddziaływania promieniowania UV i ozonu m.in. na zmienność dobową oraz rozkład ziarnowy aerozolu bakteryjnego i grzybowego. Część doświadczalną pracy zamykają: wyniki identyfikacji taksonomicznej, analiza stężenia całkowitego oraz, co uważam za bardzo cenne i suplementarne (choć o charakterze bardziej rozpoznawczym w kontekście tematyki zrealizowanej pracy i porównania z warunkami panującymi w powietrzu zewnętrznym – analiza jednorazowa), analiza bioaerozolu wewnątrz wyselekcjonowanego pomieszczenia biurowego.

W tak zwięźle w powyżej przez mnie opisany sposób mgr inż. Michał Kowalski zaprezentował w pracy i zbadał poziomy oraz zmienność bioaerozolu w atmosferze miejskiej Gliwic, a także ocenił wpływ warunków meteorologicznych i środowiskowych na przeżywalność cząstek bakterii i grzybów w powietrzu atmosferycznym, co może stanowić istotny krok w podjęciu dyskusji nt. mechanizmów synergicznego oddziaływania wysokich poziomów zanieczyszczeń i bioaerozolu na zdrowie człowieka oraz opracowania i weryfikacji metodyki kontroli, monitoringu i identyfikacji bioaerozolu w warunkach pojawiającej się na terenie miast okresowo złej jakości powietrza oraz wynikającej z tego typu zjawisk zagrożeń.

W finalnej części dysertacji doktorskiej mgr inż. Michał Kowalski podsumował osiągnięcia poznawcze swoich badań i analiz oraz sformułował następujące wnioski:

- *stężenia oraz skład ziarnowy, udział form bakterii oraz identyfikowanych gatunków bakteryjnych i grzybowych obecnych w środowisku powietrza atmosferycznego Gliwic wykazały zmienność sezonową (poziomy aerozolu bakteryjnego w okresie zimowym były 6-krotnie mniejsze niż w okresie wiosenno-letnim);*
- *istotnym czynnikiem meteorologicznym determinującym stężeniom bioaerozoli w środowisku zewnętrznym była temperatura powietrza atmosferycznego.* Nie potwierdzono istotnego wpływu wilgotności względnej, ciśnienia atmosferycznego, ani niskich wartości prędkości wiatru (poniżej 3m/s) na wartość mierzonego stężenia aerozoli bakteryjnych i grzybowych;
- *badanie wrażliwości bioaerozolu pozwoliło ustalić tzw. punkty krytyczne dla temperatury powietrza atmosferycznego, dla których potwierdzono spadek właściwości stymulujących dla wzrostu stężeń aerozolu bakteryjnego (7,5°C) oraz grzybowego (16,5°C);*

- zjawiska sterylizacyjne, istotnie warunkujące przeżywalność aerozoli biologicznych w środowisku powietrza atmosferycznego, są silnie związane z promieniowaniem słonecznym w zakresie fal UV;
- działanie sterylizacyjne jest wspomagane przez ozon troposferyczny;
- przeprowadzone badania i analizy umożliwiły eksperymentalnie określenie wartości współczynników sterylizacyjnych określających wrażliwość analizowanych form aerozoli biologicznych na promieniowanie UV zawarte w widmie światła słonecznego. Wartości tych współczynników wyniosły odpowiednio: 9,2 cm<sup>2</sup>/Ws w przypadku aerozolu bakteryjnego oraz 7,31 cm<sup>2</sup>/Ws dla aerozolu grzybowego. Sugeruje to większą wrażliwość aerozolu bakteryjnego na sterylizacyjne właściwości promieniowania słonecznego;
- zmienność dobową stężeń bioaerozolu, w tym, spadek wartości stężeń obydwu form aerozolu oraz przesunięcia pików dominujących frakcji bioaerozoli w kierunku cząstek o mniejszym ziarnie, może wynikać z synergicznego oddziaływania promieniowania słonecznego i ozonu troposferycznego;
- promieniowanie słoneczne przyczynia się jedynie do obniżania stężeń form żywych, co ostatecznie może potwierdzać występowanie zjawisk sterylizacyjnych w środowisku powietrza atmosferycznego.

Praca doktorska mgr inż. Michała Kowalskiego jest wykonana w rzetelny sposób – poniżej zwrócę tylko uwagę na kilka zagadnień natury polemicznej:

1. W części przeglądowo-teoretycznej pracy (rozdz. 1.) wspomniano o zagrożeniach zdrowotnych, jakie stwarza zanieczyszczenie powietrza, w tym bioaerozolami, cytując tylko jedną pracę z tego zakresu, co przy obecnej ilości prac i raportów odnoszących do omawianego zagadnienia uważam za istotne przeoczenie.
2. W rozdziale 1 pojawia się stwierdzenie (cyt.) : *'(...) Tymczasem procesy decydujące o przeżywalności cząstek biologicznych w powietrzu są jedynie wstępnie rozpoznane'*. Uważam (przy braku cytowań) to stwierdzenie za lakoniczne. Proszę o rozwinięcie tej wypowiedzi oraz wskazanie ww. procesów wraz z ew. przykładami badań i uzyskanych do tej pory efektów.
3. W rozdziale 2 zapisana została w dysertacji definicja aerozolu (rozdz. 2.1. str. 11) jako układu dwufazowego. Uważam to za duże uproszczenie najprawdopodobniej wynikające z różnorodności definicyjnej dostępnej w tym zakresie.
4. W rozdziale 2.2. podpunkt a) (str. 16) wg mojej opinii wprowadzenie oczyszczalni ścieków jako źródeł naturalnych bioaerozoli jest błędne i niespójne z dalszą częścią pracy (rozdz. 2.2. podpunkt b) str. 22-24), w której znalazła się charakterystyka oczyszczalni ścieków jako antropogenicznych źródeł emisji aerozolu biologicznego.

5. Dodatkowo, proszę o wyjaśnienie zastosowanej metodologii cytowania prac tj. w części teoretyczno-przeglądowej (ale również w części obejmującej dyskusję wyników badań innych autorów) obserwowalnym jest iż w pierwszej kolejności pojawiają się zdania opisujące wyniki czyis prac, a później np. na końcu analizy dopiero cytowanie(a). Może to przy planowanych publikacjach ich czytelnika nieco dezorientować.

Przykład (cyt.): *'(...) Okazuje się, że bioaerozole są obecne nawet w środowiskach pozornie czystych. Wykonano analizę jakości powietrza wewnętrznego w przedszkolach w Gliwicach, województwo śląskie. Stężenie aerozolu bakteryjnego wewnątrz pomieszczeń było kilkukrotnie wyższe niż poziom tła zmierzonego na zewnątrz. W przypadku aerozolu grzybowego poziomy stężenie wewnątrz były nieznacznie wyższe niż stężenie na zewnątrz. Powodem wyższych poziomów stężeń wewnątrz pomieszczeń mogła być słaba wentylacja pomieszczeń, duża ilość dzieci i ich aktywność, które przyczyniały się do resuspensji zanieczyszczeń. Ponadto pomiary prowadzono w sezonie zimowym, co sprzyja większej ilości zachorowań i obecności patogenów pochodzenia antropogenicznego w powietrzu (Mainka i in., 2015). (...)'*

6. W rozdz. 4 dot. organizacji badań oraz zastosowanych materiałów i metod, wg mojej opinii, odczuwa się brak (rozdz.4.1.):
  - a) czytelnego zestawienia tabelarycznego (w postaci podsumowania) w zakresie ilości pobranych próbek (n) wraz z konkretnymi przedziałami czasowymi (okresami pomiarowymi) oraz przypisanymi do nich zastosowanymi metodami analitycznymi (ich zakresem, metodyką badań itd.);
  - b) mapy uwzględniającej rozmieszczenie stacji pomiarowych Śląskiego Wojewódzkiego Inspektoratu Środowiska oraz zdefiniowania (str. 41) jakie dane pomiarowe wykorzystywano podczas realizacji pracy;
  - c) Ryc.2. – warto byłoby zaznaczyć elementy układu pomiarowego zastosowanego podczas badań.
7. W rozdziale 5.7. dokonano oceny wpływu opadów atmosferycznych na poziom stężeń aerozoli biologicznych, co udokumentowano wyselekcjonowanymi epizodami w dniach 29.07.2016 oraz 19.05.2016. Dla epizodu z dnia 19.05.2016, prawdopodobnie na skutek błędu redakcyjnego, zabrakło udokumentowania zmienności i wykazywanych zależności w postaci wykresu tak, jak to uczyniono dla 29.07.2016 ( Ryc. 5.13).
8. Czy na podstawie przeprowadzonych wyników analiz i obliczeń własnych dla konkretnego przedstawionego w dysertacji obszaru miejskiego, można bezsprzecznie stwierdzić, że mechanizm synergicznego oddziaływania promieniowania słonecznego i ozonu jest dominującym oraz można go stosować jako wskaźnik determinujący

przeżywalność bioaerozolu w powietrzu atmosferycznym w odniesieniu np. do innych obszarów miejskich?

*Pragnę podkreślić, iż pomimo drobnych uchybień, rozprawa jest dobrze zredagowana, została napisana poprawnym stylem i językiem. Część poświęcona wynikom badań oraz ich dyskusji jest jej bardzo mocną stroną. Materiał graficzny i tabelaryczny jest przejrzysty i dobrze czytelny. Całość dysertacji doktorskiej nie nasuwa istotnych zastrzeżeń.*

## **W n i o s k i**

Mgr inż. Michał Kowalski w rozprawie doktorskiej, przygotowanej pod opieką promotora dr hab. inż. Józefa Pastuszki, prof. Politechniki Śląskiej oryginalnie rozwiązał problem naukowy, mający potencjał do zastosowania na szerszą skalę. Doktorant zebrał, przestudiował i przeanalizował w sposób syntetyczny dotychczasowy stan wiedzy w tematyce swojej dysertacji. Wykazał wysoki poziom ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie nauk technicznych *inżynieria środowiska*. Mgr inż. Michał Kowalski określił jasno cel pracy i jej zakres. Wykazał się również umiejętnością analizy wyników badań i ich interpretacji. Na uwagę zasługuje również zdolność posługiwania się m.in. aparatem matematycznym oraz statystycznym, zwłaszcza w części badawczej dysertacji.

Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Michała Kowalskiego spełnia wymagania stawiane dysertacjom doktorskim przez ustawę z roku 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.).

Wnoszę do Wysokiej Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie mgr inż. Michała Kowalskiego do publicznej obrony przedstawionej pracy doktorskiej.

*Jednocześnie ze względu na kompleksowy i obszerny zakres części doświadczalnej pracy oraz bezsprzeczną aktualność tematu rozprawy proszę Wysoką Radę Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o rozważenie przyznania wyróżnienia.*

Wrocław, 7. sierpnia 2017 r.

