



**POLITECHNIKA
GDAŃSKA**

WYDZIAŁ CHEMICZNY

Gdańsk, 07.09.2023 r.

Politechnika Gdańska
Wydział Chemiczny
ul. G. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk
dr hab. inż. Jacek Gębicki, prof. PG
tel. 692422454
e-mail: jacek.gebicki@pg.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Agnieszki Malec

"Możliwość zastosowania wieloczujnikowych matryc gazowych do wczesnej detekcji i klasyfikacji porażenia mikrobiologicznego pomieszczeń"

1. Uwagi ogólne

Techniki czujnikowe oraz matryce wieloczujnikowe w ostatnich latach zyskują na popularności ze względu na zastosowania w wielu dziedzinach życia człowieka. Drugim aspektem, który niewątpliwie przyczynia się do popularności tego typu technik pomiarowych są coraz lepsze parametry metrologiczne i rozwój metod analizy danych. Na rynku pojawiło się w ostatnim czasie wiele rozwiązań technicznych i technologicznych czujników, który spowodował obniżenie granicy wykrywalności do poziomu stężeń ppb v/v. Jest to niewątpliwym sukces, dodatkowo względnie niska cena tych urządzeń pomiarowych spowodowała, że tzw. rozwiązania *low-cost* cieszą się popularnością i zyskują coraz więcej zwolenników w dobie modnych tematów od Smart City po ocenę jakości powietrza wewnętrznego i atmosferycznego. Jednym z aspektów tych działań jest ocena stanu jakości powietrza wewnętrznego w budynkach. Pojęcie syndromu chorego budynku jest ważnym zagadnieniem poruszonym przez takie organizacje jak Światowa Organizacja Zdrowia. Coraz więcej spędzonego czasu w mieszkaniach przez ludzi powoduje, że właściwa ocena jakości powietrza w tych mieszkaniach



zyskuje na ważności ze względu na zdrowie i życie ludzi i zwierząt. Szybkie metody oceny jakości powietrza są więc pożądane i wdrażane.

Podjęta przez Doktorantkę tematyka pracy w celu pozyskania nowych informacji oraz poszerzenia wiedzy w tym obszarze jest jak najbardziej uzasadniona. Dlatego uważam, że przedstawiona do recenzji praca doktorska mgr Agnieszki Malec zatytułowana " Możliwość zastosowania wieloczujnikowych matryc gazowych do wczesnej detekcji i klasyfikacji porażenia mikrobiologicznego pomieszczeń" dotyczy przedstawionej powyżej problematyki i wpisuje się w trendy światowe poszukiwania aplikacji dla czujników i matryc czujnikowych.

Doktorantka przedstawiła wyniki swoich badań, obejmujących ocenę możliwości zastosowania matryc wieloczujnikowych (choć na marginesie wolałbym, aby to było nazwane jako *matryca czujnikowa*, bo słowo *matryca* już oznacza mnogość czujników) do szybkiej oceny zagrożenia porażeniem biologicznym pomieszczeń wywołanym przez grzyby. Rozprawa doktorska została przygotowana w Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Lubelskiej pod opieką prof. uczelni dr hab. inż. Zbigniewa Suchoraba, ponadto promotorem pomocniczym był dr inż. Łukasz Guz.

Rozprawa doktorska napisana jest w sposób tradycyjny, składająca się z dwóch głównych części tj. części teoretycznej i części eksperymentalnej, razem rozprawa liczy 149 stron wraz z załącznikami, gdzie zawarte jest 34 rysunków, 39 tabel oraz 248 pozycji literaturowych.

Część teoretyczna składa się z 2 głównych rozdziałów, natomiast część eksperymentalna składa się również z 2 rozdziałów, w których zawarty jest cel i zakres badań, ponadto w pracy zawarte są rozdziały poświęcone dyskusji uzyskanych wyników oraz podsumowaniu i przedstawieniu końcowych wniosków. Dodatkowo w pracy znajduje się streszczenie w języku polskim i angielskim.

2. Cel rozprawy i zadania szczegółowe

Główny cel rozprawy został określony jako: ocena możliwości zastosowania matryc wieloczujnikowych zbudowanych z niskokosztowych tlenkowych półprzewodnikowych czujników gazu typu MOS oraz czujników elektrochemicznych EC do szybkiej detekcji zagrożenia porażeniem biologicznym pomieszczeń wywołanym przez grzyby poprzez estymację stężeń wybranych związków chemicznych oraz wskaźników liczby jednostek tworzących kolonie grzybowe CFU w powietrzu wewnętrznym badanych obiektów.

Osiągnięcie celu głównego wymagało zrealizowania dodatkowo 6 zadań szczegółowych m. in. takich jak: wykonanie badań powietrza w obiektach rzeczywistych charakteryzujących się



różnym stopniem porażenia mikrobiologicznego za pomocą urządzeń wieloczujnikowych wyposażonych w matrycę typu MOS oraz typu EC czy ocenę skuteczności estymacji stężeń wybranych związków chemicznych i wskaźnika CFU w powietrzu wewnętrznym. Jako metody referencyjne Doktorantka w swoich badaniach użyła metodę chromatografii gazowej ze spektrometrem mas oraz badania mikrobiologiczne.

Cel rozprawy doktorskiej oraz zadania szczegółowe zostały sformułowane jasno i klarownie, a badania wykonane w ramach tych zadań nie budzą większych zastrzeżeń. Wątpliwości moje budzi, dlaczego badania jakości powietrza wewnętrznego matrycami czujnikowymi MOS i EC nie przeprowadzono w tym samym dniu, a w różnych odstępach czasowych? Ponadto, również wybór substancji chemicznych, które monitorowano nie jest jednoznaczny. Na pewno w publicznej obronie będzie trzeba wyjaśnić te wybory.

3. Krótkie omówienie rozprawy doktorskiej

Prace badawcze w ramach przewodu doktorskiego prowadzone były w dwóch etapach, których realizacja doprowadziła do osiągnięcia zamierzonego celu. Przeprowadzone prace eksperymentalne poprzedzone zostały w miarę krytycznym przeglądem literatury przedmiotu, gdzie Doktorantka opisała m. in.: pojęcie syndromu chorego budynku, typy porażen mykologicznych, źródła korozji mikrobiologicznej budynku, metody odgrzybiania budynków, czy metody oceny porażenia mykologicznego. Zawarto również opis dotyczący budowy i funkcjonowania matryc czujnikowych. Nieco słabiej napisana była część pracy dotycząca metod analizy danych. Prawie w ogóle nie opisano, na czym polega metoda SVM, która w części eksperymentalnej była wykorzystywana do estymacji stężeń wybranych markerów porażenia biologicznego budynku.

Należy w tym miejscu podkreślić, że część teoretyczna została zakończona podrozdziałem podsumowanie przeglądu literatury, gdzie zawarto najistotniejsze informacje zawarte w części teoretycznej tej pracy. Prace badawcze obejmowały natomiast: pomiary za pomocą matryc czujnikowych, pomiary mikrobiologiczne w celu oszacowania parametru CFU oraz pomiary chromatograficzne typu GC-MS. Dobór metod badawczych oraz możliwość pozyskania dodatkowych informacji nie budzą dla mnie większych wątpliwości. Wątpliwości budzą natomiast interpretacja uzyskanych wyników.

Nie ulega wątpliwości, że pozyskana wiedza i informacje z tych badań pozwoliły Doktorantce osiągnąć postawiony główny cel rozprawy doktorskiej.



4. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Tematyka pracy doktorskiej jest ciekawa i ważna z punktu widzenia pozyskania informacji na temat szybkiej detekcji jakości powietrza wewnątrz budynków czy mieszkań porażonych biologicznie. Najważniejszym elementem rozprawy, podlegającym szczegółowej ocenie są wyniki badań przedstawione w rozprawie doktorskiej. Wyniki powinny stanowić oryginalne rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Mogę stwierdzić, że znalazłem w tej pracy wiele uchybień i wątpliwości jednakże przedstawione wyniki prac eksperymentalnych wskazują na umiejętność poprawnego prowadzenia badań naukowych. Wniosek ten uzasadnia: opis prowadzonych badań, dyskusja wyników oraz sformułowane konkluzje, które potwierdziły poprawnie zaplanowanie, a także wykonanie prac eksperymentalnych doprowadzając Doktorantkę do realizacji głównego celu rozprawy doktorskiej.

Przedstawione w recenzowanej pracy doktorskiej rezultaty badań po doprecyzowaniu wielu aspektów wnoszą wg mnie elementy nowości w rozwoju nauki dotyczącej oceny powietrza wewnątrz porażonych biologicznie budynków za pomocą matryc czujnikowych. Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki zaliczyłbym:

1. zastosowanie matryc czujnikowych do szybkiej oceny jakości powietrza wewnątrz porażonych biologicznie budynków,

oraz

2. porównanie uzyskanych wyników za pomocą matryc czujnikowych z wynikami uzyskanymi za pomocą metod mikrobiologicznych i chromatograficznych. Zwłaszcza uwzględnienie metody mikrobiologicznej skorelowanej z wynikami uzyskanymi z matryc czujnikowych jest z pewnością dużym osiągnięciem.

Do przedstawionych wyników w pracy mam jednak kilka uwag, komentarzy czy wątpliwości, które mam nadzieję, że zostaną wyjaśnione podczas publicznej obrony:

1. Na czym polega różnica między granicą oznaczalności, a czułością? str. 34.
2. Czym się różni czujnik od sensora i detektora, bo Doktorantka stosuje nazewnictwo zamiennie, czy jest to uzasadnione? str. 35 i str. 36.
3. Co Doktorantka rozumie przez stwierdzenie: wysoka czułość dla czujnika PID str. 38.
4. Brak jest opisu metody analizy danych SVM w części teoretycznej, tym bardziej że w części eksperymentalnej Doktorantka stosuje tę metodę str. 47.
5. Adsorpcja czy absorpcja na włóknie SPME str. 53.
6. Jak określano stężenia wybranych związków chemicznych za pomocą GC-MS, nie jest to opisane str. 53.



7. Doktorantka używa pojęć: matryca MOS i matryca EC, ale w matrycy EC są również czujniki typu MOS, proszę o wyjaśnienia, dlaczego konsekwentnie nazywano matrycę EC w ten sposób str. 56, Tabela 3.4.
8. Co z pomiarem wilgotności względnej w pomieszczeniach? Ten parametr jest kluczowy jeżeli chodzi o sygnały z czujników typu MOS, które są wrażliwe na działanie pary wodnej. Brak takich informacji powoduje, że pod znakiem zapytania są interpretacje z uzyskanych pomiarów za pomocą czujników typu MOS str. 58.
9. Co oznaczają zamieszczone w Tabeli 4.1 wartości liczbowe? str. 64.
10. Tabele 4.3, 4.4, 4.7 brak podanej niepewności pomiarowej. Nie wiadomo, które cyfry są znaczące statystycznie str. 67/68 i 71.
11. Nie jest jasno określone czego dotyczą wyniki umieszczone w Tabeli 4.5 i 4.6. Czy były to wyniki uzyskane za pomocą matryc czujnikowych? I w jaki sposób określono stężenia? po wtóre w tych tabelach umieszczone są wartości stężeń w $\mu\text{g}/\text{cm}^3$, natomiast w tekście powyżej tych tabel występują stężenia wyrażone w mg/cm^3 str. 70.
12. Zamieszczone informacje w Tabeli 4.7 nie zgadzają się z zawartymi informacjami w tekście powyżej Tabeli 4.7 str. 71
13. Jakie informacje Doktorantka chciała przedstawić w Tabeli 4.8 i 4.9, jest to dla mnie niezrozumiałe str. 74 i 76.
14. Co to oznacza, że główne składowe wpływają na stężenie lub CFU? str. 85.
15. Zapis.. " S1-S17 odczyty z sensorów (lub ilości kolonii wyznaczona z impakcji kaskadowej). Co to oznacza, proszę wyjaśnić. Str. 87.
16. Jaką użyto funkcję aktywacji w sieci neuronowej MLP? str. 90.
17. Błąd w wartości współczynnika determinacji 0,0894 str. 91.
18. Co oznacza stwierdzenie.... które sensory za sobą reagują? str. 92.
19. Jaka jest funkcja jądra i parametr C w SVM użytym do analizy danych? str. 96.
20. proszę o wyjaśnienie stwierdzenia.....czułość wynosi 1 ppb str. 107.

Inne drobne uwagi oraz komentarze zostały zawarte w punkcie "Ocena formy redakcyjnej rozprawy".

5. Ocena formy redakcyjnej rozprawy

Mimo należytej staranności Doktorantka nie ustrzegła się błędów edytorskich, stylistycznych czy drobnych związanych z pisownią. Poniżej przedstawione są strony na



których znalazłem te błędy edytorskie: 4, 11, 15, 26, 27, 30, 31, 33, 34, 38, 40, 43, 45, 46, 49, 58, 84, 91, 93, 107.

Ponadto, co oznacza:

1. skrót NGS str. 27.
2. spektrometr ruchliwości elektronów str. 29.
3. co to jest faza gazowo-hydronowa? str. 30.

Mam wrażenie, że praca była pisana w pośpiechu i Doktorantka nie miała czasu na wnikliwą analizę poprawności formy redakcyjnej rozprawy doktorskiej.

6. Podsumowanie recenzji

Na zakończenie recenzji chciałbym podkreślić, że rozprawa doktorska mgr Agnieszki Malec zatytułowana "Możliwość zastosowania wieloczupekowych matryc gazowych do wczesnej detekcji i klasyfikacji porażenia mikrobiologicznego pomieszczeń" przedstawia ciekawe rozwiązane problemu oceny jakości powietrza wewnątrz budynków i mieszkań porażonych biologicznie. Znaczącą wartość tej pracy stanowi aspekt aplikacyjny, co jest szczególnie ważne przy awansie naukowym na stopień doktora nauk inżynierijno-technicznych. Treść pracy zawiera jednak wiele błędów, które nie powinny mieć miejsca w pracach naukowych. Związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Agnieszki Malec w dostatecznym stopniu spełnia wymagania pracy doktorskiej, o których mowa w stosownej ustawie.

W związku z powyższym zwracam się do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Lubelskiej dopuszczenie mgr Agnieszki Malec do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

07-04-2023 v.