

Poznań, dnia 05.09.2025 r.

OCENA

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Anny Banasiewicz pt.:

*Metoda identyfikacji i parametryzacji źródeł emisji tlenków azotu
w wyrobiskach kopalń rud miedzi w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa
załogi dołowej*

1. Podstawa opinii: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 24.07.2025 roku, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej.

2. Przedmiot opinii: rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Banasiewicz liczy 176 stron tekstu w tym 16 stron spisu bibliografii, pracę napisano w języku polskim. W pracy umieszczono 51 rysunków oraz 146 tabel. W spisie bibliografii umieszczono 157 pozycji. Praca zawiera streszczenia w językach polskim i angielskim oraz spis skrótów i oznaczeń.

3. Ogólna charakterystyka problematyki poruszanej w rozprawie

Tematyka pracy jest bardzo aktualna i pożądana w aspekcie zagrożeń jakie występują podczas eksploatacji złóż miedzi dla górników dołowych przez stężenie tlenków azotu w atmosferze oddziału górniczego. Zagrożenia dotyczą trzech głównych źródeł tj. atmosfery kopalnianej, urabianiem calizny z wykorzystaniem materiałów wybuchowych na bazie azotanów oraz emisji gazów wylotowych, w tym tlenków azotu z silników o zapłonie samoczynnym montowanych w samojezdnych maszynach górniczych. Do tego dochodzą również emisje uwalniane przez górotwór. Niezależnie od rodzaju kopalni warunki pracy pod ziemią są bardzo trudne. Dotyczy to zarówno bezpieczeństwa zdrowotnego jak również warunków eksploatacji wszelkiego rodzaju maszyn i urządzeń. Bardzo dużym wyzwaniem są również badania zanieczyszczeń w warunkach rzeczywistych, gdyż urządzenia pomiarowe dużej dokładności głównie projektowane są w taki sposób, aby warunki otoczenia badawczego były zbliżone do tych, które panują na powierzchni. W instrukcjach obsługi są zdefiniowane

parametry takie jak wilgotność, temperatura, ciśnienie i inne. W przypadku atmosfery kopalnianej często trudno jest zachować dozwolone zakresy tych parametrów. Do tego jest duże zapylenie i obecność innych substancji, które taki pomiar mogą zakłócać. Badania nad opracowaniem nowych metodologii badań są konieczne co również wskazuje solidne rozpoznanie literaturowe, którego dokonała Doktorantka.

Warunki środowiskowe w kopalniach z roku na rok pogarszają się ponieważ wyrobiska podziemne są coraz głębsze co wiąże się ze wzrostem temperatury, trudnością wymiany powietrza/atmosfery oraz konieczność stosowania coraz bardziej wydajnych i skomplikowanych systemów wentylacyjnych. Dlatego konieczne jest kontrolowanie składu atmosfery kopalnianej, w tym stężenia tlenków azotu, których dotyczy rozprawa doktorska.

4. Ogólna charakterystyka elementów rozprawy doktorskiej

Właściwa treść rozprawy zaczyna się od rozdziału 7., w którym autorka zdefiniowała cel i zakres rozprawy doktorskiej. Głównym celem badawczym rozprawy jest identyfikacja i parametryzacja stężenia tlenków azotu w podziemnej kopalni rud miedzi z wykorzystaniem autorskiej metody nazwanej MONOKS. Sformułowano również hipotezę badawczą w brzmieniu *„Istnieje jedna metoda pozwalająca na oznaczenie stężeń NO_x oraz identyfikację jakościową i ilościową źródeł emisji w warunkach kopalni podziemnej oraz ocenę ich wpływu na bezpieczeństwo pracy w kopalni,,*

Przeprowadzone prace obejmowały badania laboratoryjne, stanowiskowe na hamowni silnikowej oraz pomiary w warunkach rzeczywistych. Dokonano analizy bezpieczeństwa w kopalniach podziemnych związanych z ekspozycją na tlenki azotu

W rozprawie poruszono również problem przeciwdziałania i obniżania stężenia tlenków azotu z atmosfery kopalnianej. Wskazano możliwości jak również wady i zalety poszczególnych metod.

Autorka dokonała wyboru metody pomiarowej z wykorzystaniem analizy SWOT, w której jako główne kryteria wskazała: zakres pomiarowy, selektywność pomiaru, łatwość użycia w terenie oraz precyzję pomiaru. Analizie poddano metody elektrochemiczne oraz instrumentalne i do dalszej realizacji celu pracy wybrano te ostatnie argumentując jako bardziej selektywne co w przypadku pomiarów w kopalni jest bardzo istotne. W końcowym wniosku analizy SWOT Autorka do dalszej realizacji rozprawy oraz opracowania autorskiej metody wybrała spektrofotometrię UV-VIS. Szczegóły opracowanej metody badawczej zawarto w rozdziale 9 a dokładnie metodykę badań opracowanej metody oznaczenia NO i NO₂ opisano w podpunkcie 9.4. Dalsza część rozważań to badania związane z określeniem czułości autorskiej metody w

kierunku określenia stężenia tlenków azotu. Do tego wykorzystano silnik o zapłonie samoczynnym na hamowni silnikowej. Kolejny rozdział to już badania we właściwym środowisku to jest w atmosferze oddziału górniczego, czyli w warunkach rzeczywistych. Na tej podstawie stwierdzono brak możliwości oznaczania NO_2 za pomocą opracowanej metody z uwagi na występujące stężenia w przekroju wyrobiska poniżej dolnej granicy zakresu pomiarowego a właściwe miejsca pomiaru należy wyznaczać w dolnych przestrzeniach wyrobiska. Pozostałe rozdziały pełnią funkcję uzupełniającą do podjętej tematyki określonej tematem rozprawy. Należy je traktować jako wartość dodana i mogłyby stanowić kierunki dalszych prac. Trzeba jednak podkreślić, że w tym miejscu Doktorantka wykazała się wyjątkową starannością i zaangażowaniem w próbie pełnego opisanie problematyki jakiej się podjęła.

5. Oryginalność rozprawy

Nieznane są recenzentowi prace naukowo-badawcze z tak zdefiniowanym zakresem do poruszanej problematyki rozprawy doktorskiej zaproponowanej przez Autorkę.

6. Wartość naukowa i aplikacyjna

Sformułowany w pracy problem związany z opracowaniem metody identyfikacji i parametryzacji źródeł emisji tlenków azotu w wyrobiskach kopalń rud miedzi jak również opracowana metoda ma charakter aplikacyjny, tym bardziej że rozprawa doktorska ma wymiar współpracy z otoczeniem gospodarczym występującym w Polsce.

7. Zastosowane metody badawcze

Do osiągnięcia postawionych celów rozprawy zastosowano właściwe narzędzia, w tym przy doborze metody oznaczania tlenków azotu, opracowaniu metody pomiarowej w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych jak również prognozowaniu stężeń tlenków azotu. Autorka we właściwy sposób podeszła do opisu podjętej problematyki. Wyczerpująco opisała zagadnienie teoretycznie poruszając wszystkie istotne elementy, następnie opracowała metodykę i stanowiska laboratoryjne. Poprawnie przeprowadziła proces badawczy a następnie wyczerpująco go opisała. Bardzo ważnym i istotnym elementem rozprawy są podrozdziały opisane jako dyskusja otrzymanych wyników.

8. Wykaz literatury

Bibliografia zawiera 157 pozycji, które w znaczącej części obejmują lata 2017–2023 co świadczy o rzetelności przeprowadzonych studiów nad zagadnieniami związanymi z tematem rozprawy, nie tylko ze względu na liczbę pozycji w wykazie, lecz także na sposób i zakres jej wykorzystywania w tekście. Ponadto należy zaznaczyć, że w rozprawie zacytowano dwie publikacje współautorskie i jedną jednonazwiskową ściśle związane z tematyką rozprawy doktorskiej.

9. Uwagi ogólne

Zalety rozprawy

Tematyka pracy jest aktualna i pożądana w aspekcie zagrożeń jakie występują podczas eksploatacji złóż miedzi dla górników dołowych przez stężenie tlenków azotu w atmosferze oddziały górniczego. Zalety rozprawy:

1. Przedstawienie problemu określenia stężenia tlenków azotu w atmosferze oddziałów górniczych miedzi.
2. Zdefiniowanie jakości atmosfery w oddziałach górniczych.
3. Ilościowa i jakościowa identyfikacja źródeł emisji tlenków azotu w dolnych wyrobiskach.
4. Kompleksowa analiza literatury:
 - aktualny przegląd literatury zawierający 157 pozycji,
 - przegląd obejmuje zarówno prace naukowe jak również przepisy legislacyjne.
5. Podsumowanie po każdym rozdziale oraz w wybranych rozdziałach dyskusja wyników.
6. Autora zaprojektowała i wykonała stanowiska pomiarowe w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistych.
7. Metody badawcze opierają się na narzędziach referencyjnych co podkreśla wiarygodność otrzymanych wyników.
8. Duże znaczenie aplikacyjne wyników. Praca wykonana we współudziale partnera przemysłowego w znaczący sposób uprawdopodobnia komercjalizację.
9. Opracowanie autorskiej metody identyfikacji i parametryzacji źródeł emisji tlenków azotu w wyrobiskach kopalń.

Wady rozprawy

Syntetyczne ujęcie uwag krytycznych

1. Błędy edycyjne, stylistyczne, językowe i edytorskie.
2. Niewłaściwie użyte pojęcia i stwierdzenia.
3. Tekst wiszący praktycznie w każdym rozdziale.
4. Błędy metodologiczne w strukturze pracy.

5. Retrospektywny charakter opisu niektórych aspektów rozprawy.
6. Powtarzające się teksty w rozdziałach.
7. Niejasna chronologia opisu poszczególnych etapów rozprawy.
8. Rozdziały nie ujęte w temacie rozprawy doktorskiej.

Opis

Praca jest napisana dość starannie, rysunki i tabele są czytelne. Praca jest sformatowana dobrze. Doktorantka nie ustrzegła się błędów stylistycznych, interpunkcyjnych i językowych (np. słowo metoda użyte 18 razy w 22 wierszach – str 36). Dużo stwierdzeń kolokwialnych i gazetowych np.: ogromne znaczenie, stosunkowo poręczne, dokładnie wymieszane, maszyny spalinowe, optymalne warunki, optymalizacja wentylacji itp. Również nieprawidłowo jest stosowane słowo katalizator. Jest to związek chemiczny czy pierwiastek, a nie pozasilnikowy układ oczyszczania gazów wylotowych.

Autorka nie ustrzegła się również poważniejszych uchybień, gdzie na str. 8 pisze, że tlenki azotu powstają w wyniku spalania paliw w wysokiej temperaturze. Jest to zbyt duże uogólnienie jak na rozprawę doktorską. Również na str. 27 autorka wymienia filtr cząstek stałych jako jedną z metod obniżania emisji NO_x pisząc „Jednym z przykładów obniżenia stężeń NO_x w kopalniach podziemnych jest stosowanie sinika o niskiej emisji NO_x. Przykładem mogą być silniki wykorzystujące wtrysk paliwa z precyzyjną kontrolą dawki, katalizatory selektywnej katalitycznej redukcji (SCR) czy filtr cząstek stałych”.

W rozdziale 7 oprócz zdefiniowanego celu głównego pracy, celi szczegółowych autorka zamieszcza hipotezę badawczą. Niezależnie od jej treści w rozprawie stwierdzam, że hipoteza może być potwierdzona lub nie. Wynik badania może ją potwierdzić lub obalić, a oba te rezultaty są wartościowe w procesie naukowym. Potwierdzenie hipotezy oznacza, że obserwowane dane wspierają nasze przypuszczenie, podczas gdy jej obalenie wskazuje, że dane są z nią sprzeczne, ale nadal dostarcza cennych informacji o tym, co nie jest poprawne. Problem w tym, że autorka na końcu pracy w ogóle się do hipotezy nie odniosła.

Należy stwierdzić brak wyraźnego rozgraniczenia pomiędzy metodyką a opisem badań. To wprowadza niedogodność podczas analizy treści rozprawy.

Autorka opisuje metodę MONOKS w podrozdziale 9.3.2 po czym w podrozdziale 9.4 ponownie ją opisuje pisząc, że to jest już ta właściwa. Czy to oznacza, że są dwie opracowane metody ? Jedna niewłaściwa i druga właściwa ?

Moje wątpliwości budzi również sama metodyka. Do badań laboratoryjnych Doktorantka użyła silnika o zapłonie samoczynnym bez pozasilnikowych układów oczyszczania gazów wylotowych co oznacza znaczące stężenia NO_x, w kopalni do badań użyty jest już silnik bardzo nowoczesny z pozasilnikowymi układami, w tym z SCR. Jest to bardzo sprawny układ

eliminujący końcową emisję NO_x i niewątpliwie emisja ta jest niższa w tym przypadku w porównaniu do silnika laboratoryjnego pomimo różnic w objętości skokowej. I do tego jest to bliższa emisja do tła w wyrobisku kopalnianym. W zawiązku z tym te badania w laboratorium są raczej zbędne tym bardziej, że zakres stężeń tła w środowisku kopalnianym jest znacznie mniejszy niż w przypadku emisji NO w silniku o zapłonie samoczynnym mierzone tuż za kolektorem wylotowym. Myślę, że w tym przypadku wystarczyłyby tylko badania z użyciem różnych stężeń tlenu azotu z butli.

Bardzo dużą wartością dodaną dla rozprawy doktorskiej jest rozdział 13 tj. *Fotokatalityczne oczyszczanie powietrza w kopalni jako wtórna metoda poprawy bezpieczeństwa pracowników dołowych w kopalni*, jednak to jest już temat na kolejny doktorat i wykracza poza zakres określony tytułem rozprawy.

10. Wniosek o wyróżnienie

Uważam, że tematyka rozprawy jak również jej efekty tj. opracowanie autorskiej Metody Oznaczania Tlenków Azotu w Kopalni Podziemnej – Spektroskopia (MONOKS), dostosowanej do warunków rzeczywistych kopalni podziemnej zasługuje na wyróżnienie. Należy stwierdzić, że nie ma obecnie metody, która w sposób tak selektywny umożliwiałaby w warunkach atmosfery oddziały górniczego dokonanie dokładnego wiarygodnego pomiaru stężenia tlenu azotu biorąc pod uwagę złożoność tego problemu przy występowaniu innych zmiennych, które przy zastosowaniu znanych metod „na powierzchni” nie zakłócają wyniku pomiaru. Autorka przy tworzeniu dysertacji uwzględniła wszystkie aspekty. Dokonała tego metodą analityczną systematycznie rozkładając złożony problem na składowe elementy w celu ich analizy i zrozumienia. Zidentyfikowała podstawowe zmienne, określiła relacje między nimi oraz dokonała logicznego rozumowania dla formułowania wniosków. Czy podczas realizacji rozprawy uniknęła drobnych uchybień, oczywiście nie, ale której pracy tego zarzucić w większym czy mniejszym stopniu nie można. Za dużą wartość pracy uznaję przede wszystkim współpracę z ważnym dla Polski sektorem gospodarki a co się z tym wiąże bardzo dużą możliwość aplikacyjną opracowanej przez Doktorantkę Metody MONOKS.

11. Podsumowanie i konkluzja

Rozprawa doktorska mgr inż. Aleksandry Banasiewicz jest wartościowym i aktualnym opracowaniem o charakterze studyjnym, które wnosi treści poznawcze i wskazuje nowe kierunki rozwoju i doskonalenia metod związanych z oznaczeniem emisji tlenu azotu w atmosferze wyrobisk kopalnianych.

Mgr inż. Aleksandra Banasiewicz wykazała się umiejętnością samodzielnego formułowania i rozwiązywania zadań naukowych na poziomie prac doktorskich i reprezentuje wystarczający poziom wiedzy w dziedzinie tematyki rozprawy.

Stwierdzam, że przedstawiona przez Panią mgr inż. Aleksandrę Banasiewicz rozprawa doktorska spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku (prawo o szkolnictwie wyższym i nauce: Dz.U. z 2022r. poz.574 z późniejszymi zmianami), w zakresie rozpraw doktorskich i stawiam wniosek o dopuszczenie Autorki do publicznej obrony.



Podpis recenzenta