

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Sołtysiaka pt.:

"OCENA RYZYKA ZAGROŻENIA PYŁAMI SZKODLIWYMI DLA ZDROWIA PODCZAS URABIANIA SKAŁ W WYROBISKACH GÓRNICZYCH DRAŻONYCH MECHANICZNIE"

1. Podstawa opracowania recenzji

Recenzję pracy doktorskiej mgr inż. Tomasza Sołtysiaka opracowano na podstawie zlecenia Rady Naukowej Głównego Instytutu Górnictwa pismem NSR/365/2019 z dnia 12.07.2019 roku.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest ww. praca doktorska napisana pod kierunkiem Pana prof. dr hab. Kazimierza Lebeckiego oraz promotora pomocniczego dr inż. Marcina Małachowskiego.

Rozprawa doktorska jest wynikiem szeregu pomiarów zapylenia powietrza w drażonych wyrobiskach korytarzowych oraz analiz studialnych zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia. Wyniki badań częściowo były już opublikowane.

Treść rozprawy podzielona została na 9 głównych rozdziałów. W spisie treści uwzględniono streszczenia pracy w języku polskim i angielskim, które zamieszczono przed pierwszym rozdziałem oraz spis rysunków i spis literatury, która liczy 113 pozycji. Praca obejmuje 93 strony tekstu, w tym: 45 rysunków, 11 tabel które są wkomponowane w treść pracy i 58 stron ponumerowanych załączników w formie dodatkowych tabel i rysunków.

3. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Tomasza Sołtysiaka dotyczy tematyki badawczej związanej z ważnym problemem bezpieczeństwa i higieny pracy w zakładach górniczych, jakim jest zagrożenie pyłami szkodliwymi dla zdrowia. Problematyka badawcza sformułowana w tytule pracy dotyczy oceny ryzyka tego zagrożenia w wyrobiskach górniczych drażonych mechanicznie. Po krótkim wstępie uzasadniającym podjęcie tematu rozprawy, autor definiuje cel, którym jest bieżąca identyfikacja zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w przodku górniczym drażonym za pomocą kombajnu chodnikowego z zastosowaniem wentylacji kombinowanej. Jako cele użyteczne wyznacza:

Po pierwsze, oszacowanie ryzyka wzrostu zagrożenia powstania choroby zawodowej w trakcie urabiania zwięzłych skał wpływających na zwiększoną ilość wolnej krystalicznej krzemionki oraz rozdrobnienie pyłu w przodkach drażonych za pomocą kombajnu chodnikowego.

Po drugie, utworzenie algorytmu oceny ryzyka zachorowania na pylicę płuc w przodkach drażonych mechanicznie w oparciu o ciągłe pomiary stężenia pyłu respirabilnego.

Dla osiągnięcia tych celów Doktorant przeprowadził pomiary stężenia pyłów szkodliwych dla zdrowia oraz pobrał próby pyłowe dla oznaczenia składu pyłu w przodkach dwóch drażonych wyrobisk. Na tej podstawie przeprowadził analizę wyników badań, a następnie opracował algorytm dla oceny narażenia pyłowego pracowników. W celu realizacji celów konieczne było

przedstawienie stanu wiedzy w zakresie zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w górnictwie podziemnym, co Doktorant przedstawił w rozdziale 3.

Rozdział 4 stanowi przegląd podstawowej wiedzy w zakresie opisu aerozoli w środowisku pracy z ukierunkowaniem głównie na rozmiary ziaren pyłu w fazie rozpraszającej, jaką jest strumień powietrza w wyrobiskach podziemnych. Doktorant przedstawia definicje i podziały pyłów oraz sposoby przedstawiania stężeń w fazie rozpraszającej.

W rozdziale 5 Doktorant skupił się na omówieniu oddziaływania pyłu na organizm ludzki, w którym definiuje chorobę zawodową oraz omawia stan chorób zawodowych w polskim górnictwie na tle na tle innych branż przemysłowych. Następnie przedstawia etiologię chorób zawodowych i pylicy płuc górników kopalń węgla kamiennego na podstawie studium literatury.

Rozdział 6 zatytułowany: „*Procesy powstawania i emisji do strumienia wentylacyjnego pyłów w trakcie urabiania skał*” jest najobszerniejszym rozdziałem (od str. 49 do strony 71). W rozdziale tym Doktorant omawia przede wszystkim sposoby zwalczania zagrożenia pyłowego w drażnionych wyrobiskach w zależności od metody drażenia, a następnie przechodzi do własnych badań, omawiając opracowaną metodykę badawczą i prezentując wyniki swoich badań. Uważam, że rozdział ten powinien być podzielony na część dotyczącą sposobowi ograniczania i zwalczania zapylenia powietrza w drażnionych wyrobiskach oraz na część poświęconą przeprowadzonym badaniom in-situ, które stanowią o wartości merytorycznej pracy. W części badawczej zaprezentowano wyniki pomiarów stężenia pyłu rejestrowanych pyłomierzami optycznymi, jak i uzyskanymi z pyłomierzy grawimetrycznych oraz przedstawiono wyniki badań rozkładu frakcyjnego i zawartości wolnej krzemionki krystalicznej w pobranych próbach pyłowych. Ostatnim etapem badań były pomiary indywidualne zapylenia, podczas których pracownicy wyposażeni zostali w pyłomierze grawimetryczne. Badania prowadzono w dwóch drażnionych chodnikach. Pyłomierze optyczne PŁ-2 uzyskano z Instytutu Technik Innowacyjnych EMAG (Sieć Badawcza Łukasiewicz) a pyłomierze grawimetryczne z Centralnego Laboratorium ds. Badań Środowiska Pracy w Jastrzębiu Zdroju. W laboratorium tym wykonano oznaczenia stężenia pyłu oraz zawartości SiO₂ z tych pyłomierzy.

„*Analiza ryzyka działania pyłów szkodliwych dla zdrowia*” to tytuł rozdziału 7, w którym Doktorant na podstawie opracowanego algorytmu nazwanego: „*Analiza danych i ocena ryzyka zagrożenia powstania jednostki chorobowej*” oraz zarejestrowanych wyników stężeń pyłu w czasie 8-mio godzinnego dnia pracy, wyznacza wskaźniki narażenia na działanie pyłów oraz podaje wartości minimalne i maksymalne narażenia w czasie prowadzonych badań. Na podstawie zarejestrowanych metodą optyczną chwilowych zmian wartości stężenia pyłu autor udowadnia stałą potrzebę stosowania środków ochrony indywidualnej w badanych wyrobiskach.

Rozdział 8 podsumowuje pracę i stanowi analizę wyników, w których Doktorant argumentuje wykorzystanie pyłomierzy optycznych do bieżących weryfikacji doboru środków ochrony zbiorowej i indywidualnej w trakcie drażenia wyrobiska.

Ostatni rozdział to wnioski, gdzie w 8 punktach Doktorant przedstawia przede wszystkim konkretne wskaźniki narażenia na szkodliwe oddziaływanie pyłów w dwóch badanych wyrobiskach. Pierwszy, trzeci i ostatni wniosek są natury ogólnej i dotyczą poglądu autora na celowość stosowania pyłomierzy optycznych przy ocenie ryzyka zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w kopalniach podziemnych. Ostatni wniosek, a szczególnie ostatnie zdanie w tym wniosku, w mojej opinii, są natury dyskusyjnej.

4. Ocena merytoryczna

Należy stwierdzić, że treść rozprawy i jej problematyka jednoznacznie mieszczą się w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska. Problematyka

bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie podziemnym jest niezmiernie istotna z uwagi na środowisko pracy, które wpływa na liczbę chorób zawodowych, w tym pylic płuc i innych przewlekłych chorób płucnych. Choroby te występują i będą występować nadal wśród emerytowanych pracowników, pomimo znaczącej poprawy środków i sposobów zwalczania zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w ostatnich dekadach. Prowadzenie badań naukowych nad wykrywaniem i przeciwdziałaniem szkodliwemu oddziaływaniu pyłów na organizm ludzki jest ciągle aktualne. Dlatego wybór tematu rozprawy doktorskiej oraz postawionego celu oceniam pozytywnie. Cel pracy jako identyfikacja zagrożenia pyłami szkodliwymi w wyrobiskach drażonych kombajnami chodnikowymi z zastosowaniem wentylacji kombinowanej dla warunków aktualnej technologii drażenia i aktualnych środków zwalczania zagrożenia pyłowego w polskim górnictwie został osiągnięty dzięki analizie wyników pomiarów i wyznaczeniu wskaźników narażenia pracowników.

Dla rozwiązania problemu posłużono się metodą pomiarów ilościowych i jakościowych, porównując wyniki z pyłomierzy grawimetrycznych z wynikami pyłomierzy optycznych.

Do głównych walorów pracy należy zaliczyć szeroki zestaw zebranych wyników pomiarowych wraz z opisem zmiennych warunków środowiska pracy w badanych wyrobiskach.

Szczególnym osiągnięciem Doktoranta jest zaplanowanie metodyki pomiarowej i przeprowadzenie badań w dwóch wyrobiskach drażonych w różnych warunkach górnico-geologicznych. Porównanie wyników pomiaru zapylenia pomiędzy stacjonarnymi pyłomierzami optycznymi i grawimetrycznymi przeprowadzone w 25 cyklach pomiarowych stanowi istotną wartość poznawczą. Pomiary rejestrujące chwilowe wartości punktowego stężenia pyłów przeprowadzono na 316 zmianach roboczych. Wyniki w postaci tabel z liczbą i czasem przekroczeń stężeń oraz wyznaczonymi wskaźnikami przedstawione w tabelach 14 i 15 załączników oraz wykresy rejestracji stężeń na rysunkach od 30 do 125 w załącznikach przedstawiają wiele informacji do analiz, m. in. wpływu czasu trwania poszczególnych okresów cyklu technologicznego drażenia wyrobiska na kształtowanie się zapylenia na 200-stu metrowym odcinku wyrobiska od czoła przodka.

Analiza uzyskanych wyników badań rozkładu frakcyjnego z pobranych prób pyłowych oraz oznaczenia zawartości wolnej krzemionki krystalicznej w porównaniu do wyników pomiarów zapylenia pyłomierzami grawimetrycznymi i optycznymi przy zmiennym udziale skał w przodku wyrobisk stanowią oryginalne osiągnięcie własne Doktoranta i świadczą o umiejętnościach wykorzystywania nowoczesnych technik pomiarowych przy planowaniu i przeprowadzaniu badań w wyrobiskach górniczych.

5. Uwagi krytyczne o charakterze dyskusyjnym

- 1) Znakomita część pracy poświęcona jest analizie literaturowej w zakresie zwalczania zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia oraz powstawania pylic płuc wśród górników kopalń węgla kamiennego. Należałoby się zastanowić, czy w pracy nie należało poświęcić większej uwagi analizie wyników oraz wyznaczaniu wskaźników narażenia, kosztem ograniczenia rozważań teoretycznych. Część dotycząca analizy wyników pomiarowych nie jest przejrzysta, gdyż brakuje wyraźnego podziału tekstu na pomiary stacjonarne dwoma rodzajami pyłomierzy w 25 cyklach pomiarowych, pomiary indywidualne pyłomierzami grawimetrycznym, analizy prób pyłowych, czy pomiary, a raczej wyniki rejestracji z pyłomierzy optycznych w trakcie 316 zmian roboczych. Moim zdaniem brakuje dokładniejszej analizy zależności pomiędzy urabianiem zmiennego udziału zwięzłych skał w drażonych przodkach chodnikowych a wzrostem rozkładu frakcyjnego pyłu, zawartości

wolnej krzemionki krystalicznej oraz stężenia pyłów na odcinku badanych wyrobisk. Dysponując pomiarami wykonanymi na 316 zmianach roboczych można było odnieść się do bieżącego udziału poszczególnych warstw skalnych w przodku wyrobiska.

- 2) Lektura rozprawy doktorskiej nasuwa przekonanie, że autor zamiennie traktuje pojęcia „ocena narażenia” i „ocena ryzyka”. Ocena narażenia na czynniki szkodliwe w środowisku pracy jest dopiero punktem wyjścia do przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego. W moim przekonaniu Doktorant przeprowadził ocenę narażenia pracowników dwóch wyrobisk drażnionych mechanicznie na szkodliwe działanie pyłów, ale nie dokonał oceny ryzyka zawodowego. Porównanie wskaźników ekspozycji pyłowej z wartościami NDS jest oceną narażenia pracowników. Wydaje się, że algorytm oceny ryzyka jednostki chorobowej, który kończy się agregacją wyników analizy (prawdopodobnie chodzi o wskaźnik narażenia), powinien być uzupełniony o dobór metody i przeprowadzenie oceny ryzyka wraz z wyznaczeniem dopuszczalności ryzyka i resztkowego ryzyka.
- 3) Autor dokonał oceny narażenia poprzez wyznaczenie wskaźnika ekspozycji jako 8-mio godzinnej średniej ważonej stężenia pyłu rejestrowanego przez stacjonarny pyłomierz optyczny PŁ-2 (frakcja respirabilna) zabudowany w strefie 200 m od czoła przodka wyrobiska (str. 72-74). Nasuwa się pytanie, jak oceniono ryzyko narażenia pracownika jeżeli jego czas przebywania był znacznie krótszy niż 8 godzin i mógł nie osiągać 75% czasu pracy. Górnicy zwykle pracują w wyrobisku tylko kilka godzin w ciągu zmiany roboczej (czas dojścia do wyrobiska, ewentualnie skrócony czas pracy z uwagi na warunki klimatyczne). Czy stwierdzenie „... Daje to szczególny obraz narażenia pracowników i możliwości oceny ryzyka powstania choroby zawodowej – pylicy płuc, na wszystkich stanowiskach zatrudnionych w strefie 200 m od czoła przodka” nie jest stwierdzeniem zbyt jednoznacznym? Pomiar stacjonarny był realizowany jako pomiar w jednym punkcie przekroju poprzecznego wyrobiska i nie odzwierciedlał średniego stężenia pyłu w przekroju wyrobiska, co prezentuje rysunek 19. Na jakiej podstawie został wybrany punkt lokalizacji pyłomierzy PŁ-2 i CIP-10 w przekroju wyrobiska? Czy zastosowanie średniej ważonej wyników chwilowych wartości stężenia pyłów respirabilnych za pomocą stacjonarnego pyłomierza PŁ-2 jest zgodne ze wzorem (6) przy wyznaczaniu wskaźnika ekspozycji? Komentarza wymagałby również 7,5 godzinny czas pracy górników pod ziemią.
- 4) Metoda optyczna identyfikacji stężeń cząstek stałych w fazie rozpraszającej przepływającej przez urządzenie pomiarowe ma szereg zalet. Jego zastosowanie w procesach przemysłowych pozwala identyfikować zmiany poziomu stężenia cząstek w powietrzu. Pyłomierze optyczne są nieodzowne przy ocenie pyłotwórczości, wprowadzanej lub modyfikowanej technologii przemysłowej lub przy wprowadzaniu środków technicznych eliminujących lub ograniczających zagrożenie pyłowe. Z kolei, ocena narażenia na szkodliwe działanie pyłów oparta jest od zawsze o krzywe depozycji, które z kolei wpływają na krzywą przepuszczalności selektorów i wyznaczają kierunek budowy pyłomierzy. Pojawia się zatem pytanie, jakie czynniki metrologiczne warunkują budowę pyłomierzy optycznych, aby mogły być one przeznaczone do oceny narażenia pyłem przemysłowym? Zdaniem recenzenta ostatni wniosek dysertacji doktorskiej, cyt. „ *Ocena ryzyka zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia oparta na pomiarach uśredniających stężenie pyłu w czasie (pomiar metodą grawimetryczną) nie odzwierciedla rzeczywistego narażenia pracowników na szkodliwe działanie pyłów zawieszonych w powietrzu wentylacyjnym kopalń*” nie wynika z analizy wyników badań. Niestety, nie znalazłem w tekście pracy takiej analizy, z której wynikałby tak postawiony wniosek. Kolejne zdanie w tym wniosku, cyt. „...*Jedynie wprowadzenie do powszechnego użytku nowoczesnych metod*

pomiarowych polegających na pomiarach chwilowych umożliwi pełną i skuteczną kontrolę tego zagrożenia” implikuje wprowadzanie pyłomierzy optycznych do oceny narażenia pracowników na szkodliwe działanie pyłów w kopalniach podziemnych. Autor sam wskazał, że w trakcie niektórych pomiarów wyniki z pyłomierzy optycznych były „znacznie większe niż z pyłomierzy grawimetrycznych” (str. 61). Uważam, że takie stwierdzenia wniosku końcowego wymagają przeprowadzenia dyskusji i wyjaśnień ze strony Doktoranta. Zdaniem recenzenta, za pomocą pyłomierzy optycznych można oceniać poziom stężenia pyłów w powietrzu kopalnianym i na podstawie zmian tego stężenia podejmować decyzje zmierzające do jego ograniczenia. Można się zgodzić ze stwierdzeniem na str. 79, że można je wykorzystywać do identyfikacji zagrożenia.

5) Rozprawa zawiera pewne uchybienia redakcyjne i terminologiczne:

- W streszczeniu podane jest stwierdzenie, że celem pracy jest identyfikacja zagrożenia pyłami w przodkach wyrobisk z zastosowaniem wentylacji odrębnej tłocząco – ssącej. W polskim górnictwie podziemnym stosuje się wentylację ssącą, tłoczącą i kombinowaną. Nie stosuje się natomiast wentylacji ssąco-tłoczącej lub tłocząco-ssącej, pomimo że jest ona znana w innych branżach przemysłowych. Podobnie stwierdzenie występuje w kilku miejscach tekstu rozprawy, gdzie użyto sformułowania „kombinowana (tłocząco-ssąca)” (np. w zdefiniowanym celu pracy – str. 10). Wentylacja kombinowana przybierać może rozwiązania wentylacji z zasadniczym lutniociągim tłoczącym i pomocniczym lutniociągim ssącym lub odwrotnie.
- Indeksy zmiennych we wzorach (1-6) powinny być wyjaśnione.
- Wzór (6) nie jest średnią arytmetyczną dla każdego procesu technologicznego, tylko średnią arytmetyczną logarytmów, odpowiadającą logarytmowi średniej geometrycznej; stąd też nie jest jasne, czy wskaźnik narażenia został wyznaczony jako średnia ważona stężenia pyłu w przeciągu ośmiu godzin jak zapisano na str. 75 pracy, czy jako logarytm średniej geometrycznej a następnie logarytm górnej granicy przedziału ufności średniej geometrycznej GG.
- Wzór (19) nie posiada opisu.
- Na str. 42 przy opisie oddziaływania pyłów na organizm ludzki pojawia się zdanie, cyt. „*W pomiarach wskazano wysokie wartości SiO₂ w trakcie urabiania skał o dużej i średniej zwięzłości ...*”. Nie podano o jakie pomiary chodzi.
- W rozdziale 5 dotyczącym etiologii powstawania pylic, autor powołuje się na wyniki swoich badań, które są omawiane dopiero w rozdziale 6.
- W tablicach 7, 10, 11, 14, 15 brak jest jednostek wyszczególnianych parametrów.
- Co oznacza stwierdzenie „*niebezpieczny pył zgromadzony w workach*” przy omawianiu odpylania powietrza za pomocą urządzeń odpylających z tkaninami filtracyjnymi (str. 51)? Czy stosowanie odpylaczy suchych w górnictwie węgla jest niebezpieczne?
- Zamiast „*...w polach o wysokiej metanonośności*” (str. 53) powinno być „*w pokładach o wysokiej metanonośności*”.
- W opisie metodyki badawczej podano, między innymi, że wyrobiska podlegające badaniom różniły się rodzajem prądu opływowego powietrza, tj. powietrzem doprowadzanym lub odprowadzanym z rejonu eksploatacji. Powinno to być dokładniej sprecyzowane, w kontekście wnioskowania o stężeniach pyłu przed zasadniczym wentylatorem lutniowym. Z koloru strzałek symbolizujących kierunek przepływu powietrza można się domyślić jedynie, że było to drugie z badanych wyrobisk (rys. 25),

ale nie zostało to jednoznacznie stwierdzone ani brane pod uwagę przy analizie zapylenia.

- Zamiast „efekt „Coande”” powinno być „efekt Coandy” (str. 59).
- Co oznacza „Skład skał, [%]” na rysunku 20? Czy chodzi o udział skał w przekroju przodka podczas pomiaru?
- Akapit dotyczący wykonania dodatkowych pomiarów drgań mechanicznych oraz hałasu na stanowisku górnika – operatora kombajnu chodnikowego (str. 61) nie odnosi się do zakresu pracy doktorskiej. Tym bardziej, że nie przedstawiono żadnych wyników.
- Co Doktorant ma na myśli stwierdzając na str. 64 że „... na wlocie do wentylatora stężenie pyłów było podwyższone”? Podwyższenie było w stosunku do stężenia w którym miejscu?
- Na str. 69 zapisano: „...Dla porównania różnic pomiędzy wskazaniami poszczególnych pyłomierzy dokonano obliczenia odchylenia standardowego”. Od jakich wartości obliczono odchylenie standardowe? Na rysunkach 27 i 28 obrazujących porównanie wyników z pyłomierzy w poszczególnych seriach pomiarowych zaznaczono krzywą odchylenia standardowego. Co obrazuje ta krzywa?
- W rozdziale 8 zatytułowanym: „Podsumowanie pracy i analiza wyników pomiarów” niepotrzebnie znajdują się elementy streszczenia pracy.
- Zauważone zostały również błędy korekcyjne, które nie mają jednak istotnego znaczenia dla zrozumienia pracy i nie wpływają na ostateczny efekt końcowy rozprawy doktorskiej.

Przedstawione uwagi ogólne i szczegółowe mają charakter dyskusyjny i nie pomniejszają wartości naukowej rozprawy doktorskiej.

6. Podsumowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska jest wartościowym dziełem i ma istotne znaczenie praktyczne dla górnictwa. Wnosi elementy nowości w ocenie zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia w kopalniach podziemnych i jednocześnie stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Świadczy o umiejętności Doktoranta w rozwiązywaniu problemu naukowego i potwierdza możliwości samodzielnego prowadzenia prac naukowych.

Na podstawie przeprowadzonej recenzji stwierdzam, że Doktorant osiągnął postawiony cel badawczy. Wymienione uwagi oraz kwestie dyskusyjne nie negują oryginalności przeprowadzonych badań, która jest wystarczającą podstawą do sformułowania wniosku końcowego.

7. Wniosek końcowy

Na podstawie przedstawionej przez mgr inż. Tomasza Sołtysiaka dysertacji doktorskiej pt.: „Ocena ryzyka zagrożenia pyłami szkodliwymi dla zdrowia podczas urabiania skał w wyrobiskach górniczych drążonych mechanicznie” stwierdzam, że spełnia ona warunki Ustawy z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 16 kwietnia 2003r. wraz z późniejszymi zmianami) i wnioskuję o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dariusz Obracaj