

Kraków, dn. 21.07.2020r

dr hab. inż. Jerzy Dec prof. AGH
Katedra Geofizyki
Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pana mgra inż. Krzysztofa Króla pt. „Ocena wpływu na powierzchnię indukowanych zjawisk sejsmicznych w wieloletniej perspektywie, na przykładzie wybranych rejonów GZW”.

I. Informacje wstępne

Przedstawiona do recenzji praca doktorska pana mgr inż. Krzysztofa Króla zrealizowana została w obszarze nauk technicznych, dziedzinie nauk technicznych, dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska. Tematyka poruszona w omawianej pracy jest związana ze specjalnością geofizyka, jednak uzyskane wyniki i praktyczne ich zastosowania są ściśle związana z wybraną dyscypliną. Dlatego wybór dyscypliny uważam za uzasadniony.

Cała praca pana mgra inż. Krzysztofa Króla posiada objętość 106 stron. Składa się z abstraktu, opisu stosowanych symboli, definicji i terminologii oraz części zasadniczej. Zasadnicza część to właściwa rozprawa doktorska obejmująca 91 stron bogato ilustrowanego tekstu i 6 stron spisu literatury. Spis literatury zawiera 84 pozycji w tym 1 pozycję literaturową współautorstwa Doktoranta.

Organizacja tekstu rozprawy tworzy czytelny układ opisu pracy badawczej. Tekst rozprawy został podzielony na 8 głównych rozdziałów. Dwa pierwsze z nich to wprowadzenie w tematykę pracy, omówienie jej celu i przedstawienie tez.

W rozdziale trzecim Autor szeroko omawia zasoby węgla kamiennego w GZW dokumentując i omawiając ich występowanie. Zasoby przedstawione są w formie tabeli oraz na mapie ich zagospodarowania. Zwraca uwagę, że głównym obszarem wydobywania węgla w Polsce jest i będzie GZW czyli obszar, którego dotyczy recenzowana praca i na którym będą najbardziej odczuwalne skutki eksploatacji i zagrożeń jej towarzyszących. Wskazuje przy tym, że wybrane już zostały złoża węgla kamiennego, których pozyskanie było najłatwiejsze tzn. zalegały w miarę płytko i w mało zurbanizowanym terenie, a ich eksploatacji towarzyszyły zagrożenia naturalne na stosunkowo niewielkim poziomie. Natomiast przyszła eksploatacja prowadzona będzie na znacznie większych głębokościach, na których występować będzie wzrost poziomu zagrożeń naturalnych, szczególnie poziomu zagrożenia sejsmicznego i tąpniętami.

Kolejny rozdział to omówienie rejonów projektowanego i perspektywicznego wydobywania węgla kamiennego w GZW do 2050 roku. Autor w rozprawie podjął się oceny zagrożenia sejsmicznego mającego wpływ na powierzchnię, w odniesieniu do potencjalnych wstrząsów górotworu prognozowanych dla bieżącej, projektowanej i perspektywicznej (do 2050r) eksploatacji węgla kamiennego w centralnej i północnej części GZW. Dlatego w rozdziale tym

zostały przedstawione i opisane wybrane złoża, a Doktorant przedstawił je też na tle mapy dużych stref tektonicznych, stanowiących miejsca potencjalnych ognisk najsilniejszych wstrząsów sejsmicznych.

Rozdział piąty to szerokie a zarazem skondensowane omówienie sejsmiczności występującej w Niecce Bytomskiej i Siodle Głównym. Po krótkiej, ogólnej charakterystyce sejsmiczności GZW Autor dość szczegółowo omawia te zjawiska dla obu przedmiotowych rejonów. Przedstawiona jest sejsmiczność w czasie i w korelacji z wydobyciem. Jest ona pokazana dla poszczególnych kopalń. Jest to ciekawe zestawienie posiadające duży walor poznawczy. Analizując przedstawione dane Autor wnioskuje, że na sejsmiczność mają wpływ głównie głębokość eksploatacji i występowanie stref tektonicznych a w mniejszym stopniu wielkość wydobywania. Wskazuje także na inne czynniki generujące zagrożenia takie jak: zaszczości po dawnej eksploatacji, eksploatacja wielopoziomowa oraz grube warstwy skał o wysokich parametrach wytrzymałościowych. Ciekawym elementem tego rozdziału jest pokazanie map intensywności sejsmicznej dla najsilniejszych wstrząsów, które miały miejsce w omawianych rejonach.

Najobszerniejszy, szósty rozdział stanowi główne osiągnięcie Doktoranta. Znajdujemy tu omówienie badań dla potrzeb prognozy intensywności sejsmicznej w Siodle Głównym i w Niecce Bytomskiej do roku 2050. Autor zawarł w nim opis wykonanych przez siebie prac m.in. statystycznej oceny wystąpienia wstrząsów wysokoenergetycznych, oceny charakteru drgań przez nie generowanych, ich amplifikacji oraz liczne mapy obrazujące rozkład współczynnika amplifikacji, prognozowanych wartości prędkości PGV_{Hmax} i przyspieszenia. Dodatkowo Autor dokonał tu oceny możliwości przejścia przez obiekty zabudowy terenu górniczego prognozowanych wpływów wstrząsów górniczych dokumentując to mapą rozkładu intensywności sejsmicznej wg skali GSIS-2017 dla wstrząsów prognozowanych dla eksploatacji złóż do roku 2050 w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego.

Kontynuacją rozważań dotyczących oddziaływania drgań na obiekty jest rozdział siódmy poświęcony wyznaczaniu wartości projektowego przyspieszenia drgań generowanych perspektywiczną eksploatacją pokładów węgla w północnej części GZW.

Rozdział ostatni zawiera podsumowanie i wnioski. W konkluzjach autor wskazuje, że wyniki przeprowadzonych badań i opracowane mapy zagrożenia sejsmicznego dla eksploatacji złóż projektowanych i perspektywicznych będą miały swe zastosowanie praktyczne tak dla branży górniczej jak i samorządów przy podejmowaniu decyzji dotyczących rozwoju urbanistycznego.

Tekst rozprawy tworzy logiczną całość i nie stwarza problemów z zapoznaniem się z jego treścią. Ogólne wrażenie co do konstrukcji rozprawy doktorskiej i opracowania edycyjnego jest bardzo dobre.

II. Analiza pracy

Rozprawa doktorska pana mgr inż. Krzysztofa Króla ma charakter badawczo-praktyczny. Temat rozprawy jest ważny z poznawczego i praktycznego punktu widzenia.

Aspekt badawczy związany jest głównie z wyznaczeniem intensywności sejsmicznej i parametrów drgań powierzchni dla prognozowanych do roku 2050 wysokoenergetycznych wstrząsów sejsmicznych w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego. Ale ważnymi elementami są również określenie miąższości i właściwości utworów czwartorzędu w aspekcie wyznaczania rozkładu współczynnika amplifikacji drgań

jako jednego z głównych parametrów odpowiedzialnych za oddziaływanie drgań na powierzchnię i obiekty oraz określenie regionalnego rozkładu wartości tego parametru.

Natomiast aspekt praktyczny pracy dotyczy m.in. statystycznej oceny możliwości zaistnienia wstrząsów występujących w strefach tektonicznych i aktywowanych przez projektowaną eksploatację pokładów węgla w Siodle Głównym i w Niecce Bytomskiej do roku 2050, określenia szczytowych prędkości drgań PGV_{Hmax} , przyspieszeń drgań PGA_{H10} , rozkładów intensywności sejsmicznej, wg skali GSIS-2017 dla silnych wstrząsów prognozowanych w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego do roku 2050, prognozy intensywności oraz szkodliwości oddziaływania drgań od wstrząsów górniczych dla sejsmiczności prognozowanej do roku 2050 oraz prognozy wartości projektowych przyspieszeń drgań.

Sformułowany przez Doktoranta w rozdziale drugim cel rozprawy to prognoza zagrożenia sejsmicznego w ujęciu regionalnym. Dla realizacji celu badań Autor sformułował dwie podstawowe tezy:

1. skuteczne przeciwdziałanie zagrożeniu sejsmicznemu na powierzchni wymaga wcześniejszego określenia potencjalnego ryzyka sejsmicznego, szczególnie w rejonach, gdzie będziemy chcieli wykorzystać partie złóż ograniczone wcześniejszą eksploatacją, zwiększoną głębokością eksploatacji i zaburzeniami geologicznymi,
2. ochrona, jak i bezpieczne wykorzystanie perspektywicznych złóż węgla kamiennego w GZW rodzi konieczność stworzenia obrazu zagrożeń sejsmicznych na analizowanym obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego.

Powyższe tezy są sformułowane bardzo trafnie a osiągnięte przez Doktoranta wyniki weryfikują je w pełni. Wskazanie przez Autora ryzyka sejsmicznego i prawdopodobnych lokalizacji najsilniejszych prognozowanych wstrząsów ma kapitalne znaczenie dla przyszłej, bezpiecznej eksploatacji. Opracowanie zaś regionalnych map parametrów drgań, dla prognozowanych wstrząsów oraz mapy rozkładu intensywności sejsmicznej wg skali GSIS-2017 dla wstrząsów prognozowanych dla eksploatacji złóż do roku 2050 w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego, dość jednoznacznie lokalizuje miejsca ewentualnego zagrożenia powierzchni.

Analizując rozprawę krok po kroku dochodzi się do przekonania, że praca jest napisana bardzo logicznie i przejrzysto. Wprowadzenie i potrzebne w odpowiednich rozdziałach wstępy teoretyczne w dostępny sposób zaznajamiają czytelnika z poruszaną przez Doktoranta problematyką. Tak cytowana literatura jak i zawarta w tekście treść wskazuje na bardzo dobre przygotowanie teoretyczne Autora, znajomość tematyki i warsztatu badawczego.

Opracowana przez pana mgra Krzysztofa Króla, a opisana w rozdziałach 6 i 7, metodyka badań, obliczeń i interpretacji pozyskanych danych jest poprawna i rzetelna.

Przedstawione w rozdziale 6 wyniki badań dotyczą prognozy ryzyka sejsmicznego i wskazania powierzchniowego rozkładu oddziaływań przyszłych, wysokoenergetycznych wstrząsów. W prognozie Doktorant posługuje się rozkładem Gambela typu III, który bardzo dobrze sprawdza się w bieżących ocenach ryzyka sejsmicznego w poszczególnych zakładach górniczych. Otrzymane estymaty prawdopodobieństwa zajścia danego zdarzenia w czasie są dość wiarygodne. Ważnym stwierdzeniem jest tu, że w GZW podczas przyszłej eksploatacji złóż perspektywicznych w najbliższych 30 latach, wystąpienie wstrząsu o energii $9 \cdot 10^8$ J lub

wyższej jest zdarzeniem pewnym, a generalnie, z prawdopodobieństwem około $P=0.85$, wstrząsy nie przekroczą energii sejsmicznej rzędu $2 \cdot 10^{10}$ J lub wyższej.

Jak wspominałem już wcześniej, znajdujemy tu rozwiania dla obliczeń szczytowych wartości prędkości, przyspieszenia, czasu trwania drgań w funkcji głębokości wstrząsu, współczynników amplifikacji z uwzględnieniem miąższości czwartorzędu.

Zwieńczeniem przeprowadzonych obliczeń są mapy prognostyczne prędkości drgań PGV_{Hmax} i przyspieszenia drgań PGA_{H10} . Zaznaczyć należy, że mapy te uwzględniają wpływ wszystkich istotnych czynników na wartość efektu sejsmicznego na powierzchni, czyli zależność maksymalnych prędkości drgań gruntu od energii sejsmicznej wstrząsu, odległości epicentralnej oraz wpływu zmiennej budowy geologicznej warstw nadkładu wyrażonej przez współczynnik amplifikacji drgań.

Dodatkowo Autor dokonuje oceny możliwości przejścia przez zabudowę powierzchni terenu górniczego prognozowanych wpływów wstrząsów górniczych. Doktorant obliczenia swe dokumentuje mapą rozkładu intensywności sejsmicznej wg skali GSIS-2017 dla wstrząsów prognozowanych dla eksploatacji złóż do roku 2050 w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego. Wykazuje, że generalnie spodziewany stopień intensywności będzie niski, ale lokalnie pojawiają się strefy anomalne w których osiąga on wartość IV-V. Występowanie tych anomalii Autor koreluje z tektoniką bądź z formami strukturalnymi. Zwraca uwagę, że szczególnie groźne są drgania w zakresie górnych wartości stopnia V i niskiej częstotliwości głównej fazy drgań poziomych ($f < 5\text{Hz}$), a drgania te mogą być szkodliwe dla liniowych obiektów podziemnej infrastruktury technicznej, szczególnie w starych instalacjach i w miejscach ich łączenia.

W rozdziale siódmym najistotniejszym elementem jest prognoza wartości projektowego przyspieszenia drgań co jest niezbędnym elementem do poprawnego projektowania budowli na terenach objętych zagrożeniem sejsmicznym. Przedstawiona mapa prognozowanego przyspieszenia projektowego a_g drgań dla eksploatacji do 2050 w Niecce Bytomskiej i Siodle Głównym dla klasy gruntów „A” pokazuje, że występuje kilka miejsc gdzie wartości te będą musiały być uwzględnione w projektowaniu infrastruktury. Wskazane wyniki są generalnie zbieżne z rozkładami wcześniej omawianych parametrów drgań, co jest dość logiczne ale i potwierdza poprawność przeprowadzonych analiz.

Podjęta przez Autora tematyka jest dość złożona i posiada wielki walor użyteczny. Analizując pracę i złożoność tematyki nabiera się przeświadczenia, że pierwszorzędnym wyzwaniem jest wzięcie pod uwagę wielu czynników mogących decydować o ryzyku sejsmicznym i zagrożeniu powierzchni w rejonach eksploatacji. Zaproponowane przez Autora rozwiązania wychodzą na przeciw tym wyzwaniom.

III. Ocena rozprawy doktorskiej

Doktorant podjął się rozwiązania zagadnienia o wysokim stopniu trudności, które w znaczący sposób przyczynia się do postępu w zakresie minimalizacji zagrożeń związanych z sejsmicznością indukowaną w na obszarze GZW.

W moim przekonaniu, głównym osiągnięciem rozprawy Pana mgra inż. Krzysztofa jest opracowanie dość wiarygodnej prognozy tych zagrożeń oraz przedstawienie ilościowej analizy poszczególnych parametrów drgań wpływających na oddziaływanie wstrząsów na powierzchnię.

Jako użyteczne osiągnięcie związane z oceną zagrożenia sejsmicznego dla wstrząsów prognozowanych dla eksploatacji złóż projektowanych i perspektywicznych do roku 2050 w obszarze Niecki Bytomskiej i Siodła Głównego wskazać należy:

- mapę rozkładu intensywności sejsmicznej wg skali GSIS-2017, według której na niewielkich obszarach, drgania mogą osiągać nawet V - VI stopień intensywności w skali GSIS-2017, a tym samym mogą być szkodliwe nawet dla elementów konstrukcyjnych istniejącej zabudowy,
- mapę przyspieszenia projektowego drgań a_g dla eksploatacji prowadzonej do 2050r; prognozowane maksymalne wartości przyspieszenia projektowego osiągają wartości a_g od 0,4 do 1,4 m/s^2 , co według normy PN-EN 1998-1:2004 Eurokod 8 wskazuje na konieczność uwzględniania sił dynamicznych przy projektowaniu nowych obiektów budowlanych w strefach ekstremalnie podwyższonych wartości tego parametru.

Ponadto do niewątpliwych osiągnięć pracy należy zaliczyć uwzględnienie w prognozie wpływu strefy przypowierzchniowej i jej właściwości. Zostało to osiągnięte poprzez obliczenie rozkładu powierzchniowego wartości współczynnika amplifikacji i wykorzystania go do prognozy wartości prędkości i przyspieszeń drgań generowanych przez prognozowane, wysokoenergetyczne wstrząsy.

Rozprawa pod względem sposobu opracowania edycyjnego, w tym graficznego, jest bardzo dobra. Zauważa się staranność Autora i umiejętność logicznego przedstawienia kolejnych etapów postępowania związanego z obliczeniami poszczególnych parametrów drgań danych i analizą uzyskanych wyników.

Recenzent nie zgłasza ważniejszych uwag krytycznych do zawartości treści merytorycznej rozprawy. Jednak mimo zauważalnej u Doktoranta umiejętności w publikowaniu tekstów w pracy można zauważyć kilka drobnych potknięć.

Mało istotne zastrzeżenia dotyczą rozdziału 6, w którym Autor często używa słów amplitudy zamiast wartości np. wartości przyspieszenia; mapy zamiast mapa; mapy izolinii – zwykle wartości prezentowane są na mapie w formie izolinii; itp. W tekście można też spotkać kilka lapsusów językowych ale nauczony własnym doświadczeniem wiem, że każdy recenzent ujął by to samo inaczej i dlatego pomnę to jako mało istotne. Powyższe uwagi mają charakter marginalny i w żaden sposób nie umniejszają wartości merytorycznej pracy.

IV. Wnioski końcowe

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska pana mgr inż. Krzysztofa Króla pt. „Ocena wpływu na powierzchnię indukowanych zjawisk sejsmicznych w wieloletniej perspektywie, na przykładzie wybranych rejonów GZW” jest w moim przekonaniu oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego.

Autor rozprawy doktorskiej, wykazał dużą wiedzę teoretyczną i praktyczną w zakresie swojej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Rozprawa ta w pełni odpowiada wymogom określonym w art.13 Ustawy z dnia 14.03.2003r o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003.65.595 z późn. zm.).

W związku z powyższym wnioskuję do Rady Naukowej Głównego Instytutu Górniczego w Katowicach o dopuszczenie pana mgr inż. Krzysztofa Króla do dalszego postępowania w ramach przewodu doktorskiego.