

*Prof. dr hab. inż. Waldemar Korzeniowski*

**Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica**  
Wydział Inżynierii Ładowej i Gospodarki Zasobami  
Katedra Inżynierii Górniczej i Bezpieczeństwa Pracy  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Kraków, 30 maja 2022r.

## RECENZJA

*rozprawy doktorskiej mgr inż. Sławomira Patli*

p.t.:

### ***PROGNOZA ZASIĘGU STREFY ZAGROŻENIA ROZRZUTEM ODŁAMKÓW SKALNYCH PRZY URABIANIU ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH ZA POMOCĄ MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH***

*Recenzja została wykonana na prośbę Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, dr hab. inż. Roberta Króla prof. uczelni, z dnia 12.05.2022r., sygn.: RDND 08/66/2022).*

#### **1. Przedmiot rozprawy doktorskiej**

Surowce mineralne były, są i zawsze będą niezbędne dla rozwoju gospodarczego świata, który oparty jest na produkowaniu rozmaitych dóbr wymagających materiałów o zróżnicowanych właściwościach. W różnych okresach zapotrzebowanie na poszczególne minerały, które występują w skorupie ziemskiej, zmienia się. Jedne zyskują na znaczeniu, podczas gdy inne tracą wskutek nowych wymagań technologicznych lub wręcz zostają eliminowane i zastąpione nowymi materiałami. Podstawowym źródłem pozyskiwania surowców mineralnych są i nadal pozostaną, technologie górnicze, chociaż obecnie w coraz większej skali i częściej wykorzystuje się materiały z recyklingu odpadów czy surowców wtórnych. Pomimo, że współczesna wiedza pozwala na bardzo bezpieczną i efektywną eksploatację złóż, dzięki stałemu postępowi technicznemu i stosowaniu wielu innowacyjnych rozwiązań w kopalniach, to coraz surowsze wymagania środowiskowe i oczekiwania społeczne zmuszają do nieustannego modyfikowania i ulepszania technologii górniczych.

Doktorant, podejmując zagadnienie dotyczące stosowania materiałów wybuchowych do rozdrabniania ośrodka skalnego, słusznie zauważył, że istotnym usprawnieniem stosowanej techniki może być poprawienie możliwości kontroli zasięgu rozrzutu odłamków skalnych. Ten aspekt jest ważny zarówno ze względów technologicznych, jak również zapewnienia bezpieczeństwa załogi oraz społeczności lokalnej zamieszkującej sąsiedztwo kopalni odkrywkowej. Jak najbardziej precyzyjne przewidywanie i kontrolowanie efektów wybuchu

w kopalni, w oczywisty sposób podnosi jakość tej technologii, co ma również znaczenia dla poprawy i utrwalenia dobrego wizerunku w społeczeństwie tej niezbędnej branży przemysłu.

*Niewątpliwie podjęcie wskazanego przez Doktoranta na wstępie problemu badawczego jest ważne, w pełni uzasadnione i zmierza we właściwym kierunku, w zakresie dyscypliny naukowej IŚGiE.*

## 2. Charakterystyka rozprawy i uwagi krytyczne

Rozprawa doktorska, wykonana na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej pod kierunkiem promotora *prof. hab. inż. Witolda Pytla z KGHM Cuprum Centrum Badawczo-Rozwojowe we Wrocławiu* oraz promotora pomocniczego *dr inż. Krzysztofa Hołodnika*, zawiera 157 stron tekstu z 8 załącznikami, zredagowanych w 6 rozdziałach merytorycznych wraz z podrozdziałami oraz spisem 41 pozycji bibliograficznych, w tym prac niepublikowanych, aktów prawnych i norm (7). W tekście zamieszczono 18 tabel, 42 rysunki oraz dołączono 7 odrębnych załączników zawierających obszerne tabele. Całość rozprawy jest utwalona na nośniku CD w plikach formatu pdf.

W *pierwszym rozdziale* – podkreślając rolę przemysłu kruszyw w Polsce, Doktorant zwraca uwagę na cechy techniki strzelniczej, które w przypadku jej stosowania do eksploatacji złóż kopalni mogą stanowić potencjalne zagrożenia dla środowiska i uniemożliwiać racjonalne wykorzystanie zasobów geologicznych. Według Autora najbardziej „widocznym i odczuwalnym” efektem tej techniki jest rozrzut odłamków skalnych podczas wykonywania robót górniczych za pomocą MW. Uzasadniając wybór tematu pracy stwierdza, że obecnie w praktyce stosuje się metody określania zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych ograniczające się do wyznaczenia dopuszczalnych siatek rozmieszczenia otworów strzałowych, przywołując obowiązujące w tym zakresie akty prawne. Autor uważa, że dla precyzyjnego określenia zasięgu rozrzutu niezbędne jest bardziej szczegółowe rozpoznanie górotworu, cech wykonanych otworów strzałowych oraz kontrola uzyskanych efektów oparta na odpowiednio zaprojektowanych pomiarach, obliczeniach i modelach teoretycznych.

W dalszej części, po zwięzłym przedstawieniu wybranych aspektów technologii eksploatacji złoża metodą odkrywkową za pomocą MW, stawia tezę, że rzeczywista wartość zasięgu strefy zagrożenia jest istotnie uzależniona od stopnia rozpoznania warunków geologiczno-górnich i technologicznych związanych z kontrolą parametrów wiertniczo-strzałowych. Za cel pracy stawia sobie poprawę skuteczności predykcji wspomnianej strefy, dzięki wykorzystaniu nowoczesnych metod pomiarowych w kopalniach granitu, bazaltu, gabra, wapienia i innych powszechnie wydobywanych kopalni. Doktorant definiuje pojęcie „rozrzutu” jako: ...każde przemieszczenie fragmentów skalnych poza zaplanowaną odległość.... Jak należy rozumieć zaplanowaną odległość? Względem jakiego punktu odniesienia? Jeśli względem danych z tabeli 1, to jak się ma stwierdzenia na str. 11 (4 wiersz od dołu), że [cyt.] Stosowanie powyższych zaleceń zapewnia co prawda duży stopień bezpieczeństwa, ale jednocześnie uniemożliwia eksploatację niektórych partii złoża. Intuicyjne rozumianą strefą rozrzutu wydaje się być raczej odległość na jaką przemieszczą się odłamki skalne w stosunku do ich pierwotnego położenia, tj. w masywie skalnym.

Definiując zakres pracy Autor podkreśla, że przedmiotem badań będzie tylko analiza efektów strzelań otworami urabiającymi, pionowymi długimi i krótkimi, dzięki czemu uzyskane wyniki będą bardziej uniwersalne, stwarzając możliwość ich wykorzystania w różnych kopalniach.

W dalszej części przytacza kilka pozycji bibliograficznych (pozostałe są rozproszone w dalszej części tekstu) dotyczących badań w przedmiotowym zakresie. Przegląd literatury odnoszący się do omawianego zagadnienia opiera się przede wszystkim na piśmiennictwie polskim i tylko niewielka liczba pozycji, to publikacje zagraniczne, których zwłaszcza w ostatnich latach nie jest mało. Krótka kwerenda internetowa pozwala znaleźć kilka interesujących artykułów, które powinny być przynajmniej przywołane w pracy dla zobrazowania stosowanych dzisiaj metod analizy zjawiska rozrzutu odłamków skalnych przy robotach strzałowych w kopalniach odkrywkowych, np.:

- Hongquan Guo, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui & Danial Jahed Armaghani (2021): A new technique to predict fly-rock in bench blasting based on an ensemble of support vector regression and GLMNET. Springer, 2021 Engineering with Computers 37(3):1-15. DOI:10.1007/s00366-019-00833-x.
- Kalaivaani PT, Akila T, Tahir MM, Ahmed M, Surendar A (2019) A novel intelligent approach to simulate the blast-induced flyrock based on RFNN combined with PSO. Eng Comput. <https://doi.org/10.1007/s00366-019-00707-2>.
- Manoj K, Monjezi M (2013) Prediction of flyrock in open pit blasting operation using machine learning method. Int J Min Sci Technol 23(3):313–316
- Nguyen, H.; Bui, X.-N.; Nguyen-Thoi, T.; Ragam, P.; Moayed, H. Toward a State-of-the-Art of Fly-Rock Prediction Technology in Open-Pit Mines Using EANNs Model. *Appl. Sci.* 2019, 9, 4554. <https://doi.org/10.3390/app9214554>.

Pewnym wytłumaczeniem wskazanego braku może być to, że Doktorant skoncentrował się bardziej na stronie eksperymentalnej badań i możliwości bezpośredniego otrzymania wyników aplikacyjnych dla konkretnych warunków geologiczno-górnicych i uwarunkowań prawnych. Sugeruję jednak, aby przy publikacji swoich dokonań i kontynuacji badań sięgnąć również do najaktualniejszych źródeł bibliograficznych.

Podsumowaniem rozdziału jest zarysowany, czteroetapowy plan pracy obejmujący: prace studialne, terenowe, audyt robót strzałowych i badania symulacyjne.

*Rozdział drugi* dotyczy technologicznych uwarunkowań eksploatacji odkrywkowej z wykorzystaniem materiałów wybuchowych do urabiania skał zwięzłych. Doktorant przywołuje podstawowe definicje dotyczące wybuchu, jego charakterystyczne parametry i sposoby określania niektórych z nich oraz pokrótce opisuje cztery typy MW stosowane do urabiania surowców skalnych w kopalniach odkrywkowych. Dalej, wskazuje najważniejsze cechy MW, które Jego zdaniem mają największy wpływ na zasięg strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych, a mianowicie prędkość detonacji i właściwości termodynamiczne (obliczane na podstawie składu chemicznego MW). Podany wzór 2.1 umożliwiający obliczenie ciśnienia detonacji powinien być objaśniony i uzupełniony jednostkami fizycznymi, ponieważ wg zamieszczonych opisów z wzoru nie wynika wymiar ciśnienia.

W dalszej części analizy omawiane są poszczególne operacje technologiczne wpływające na efektywność technologii. Doktorant zwraca uwagę na funkcjonujące w praktyce programy komputerowe istotnie wspomagające projektowanie robót strzałowych, umożliwiające optymalizowanie metryk strzałowych dla danych warunków i prognozowanie zasięgu oddziaływania parasejsmicznego, rozdrobnienia urobku i innych parametrów, ale jednak według niego, nie są wystarczająco skuteczne w kontekście zagrożenia związanego z rozrzutem

odłamków skalnych. Ta konstatacja skłania go do wskazania kluczowych elementów projektu robót strzałowych, które wpływają na zasięg rozrzutu odłamków, zaliczając do nich: jakość górotworu, (zwłaszcza w miejscu lokalizacji otworu strzałowego), osiowość i cylindryczność otworów związana z techniką wiercenia, morfologia powierzchni ociosu i zmienność jego profilu, system ładowania otworów strzałowych i inicjacji MW. Prowadząc bieżącą kontrolę efektów strzelania można uwzględnić znaczenie wskazanych czynników na badany efekt.

W tej części pracy Doktorant omawia aparaturę badawczą, która posłużyła mu do wykonywania pomiarów in situ, pozwalających na znaczne zwiększenie dokładności otrzymanych wyników. Do profilowania ociosu zastosował impulsowy skaner laserowy 3D z odpowiednim oprogramowaniem, umożliwiającym wygenerowanie przestrzennego profilu zaboru. Do wyznaczenia rzeczywistego kierunku osi otworów użył sondę profilującą, dzięki czemu możliwe było również określenie położenia osi względem ociosu. Jakość górotworu dla potrzeb realizowanych badań ocenił metodą przybliżoną, na podstawie zmian prędkości postępu wiercenia otworów strzałowych. O ile ta metoda jest rzeczywiście obiecująca i wyraźnie rozwija się w ostatnich latach, to należy mieć jednak świadomość, że analiza zmienności samej prędkości bez uwzględnienia siły nacisku żerdzi, prędkości obrotowej i innych parametrów kinematyczno-dynamicznych, może dawać rezultaty dalekie od rzeczywistości, w odniesieniu do jakości górotworu. W tym miejscu Doktorant zwrócił uwagę na inne, interesujące potencjalne możliwości pomiarów właściwości górotworu związane, z ewentualnym dodatkowym, oczujnikowaniem, którego jednak nie mógł zastosować w wiertnicach ze względu na trwający okres ich gwarancji producenta uniemożliwiający jakakolwiek ingerencję w maszynę.

Efekt działania MW (inicjacja, detonacja, rozdrobnienie, rozrzut) rejestrowane były podczas badań za pomocą kamery cyfrowej i automatycznych zestawów czuwających *Vibratoc*.

Szkoda, że problematyka zastosowanej aparatury badawczej znalazła się w pracy jedynie, jako wplecione akapity w podrozdziałach drugiego rzędu dotyczących technologii robót strzałowych. Z punktu widzenia pracy badawczej i jej przejrzystości, metodyka badawcza, w tym oczywiście zastosowana aparatura, powinna znaleźć odzwierciedlenie w odrębnym rozdziale/podrozdziale.

*Rozdział 3* – W tej części autor krytycznie omawia 9 różnych wzorów - równań teoretyczno-empirycznych zaczerpniętych z literatury, służących do wyznaczania zasięgu rozrzutu odłamków skalnych, w funkcji takich parametrów jak: prędkość początkowa odłamka skalnego, współczynnik oporu powietrza, odległość między otworami, zabiór, średnica otworu oraz jednostkowe zużycie MW. Dla przyjętych a priori danych wejściowych przeprowadza obliczenia wg przytoczonych formuł, ilustrując ich wyniki na wykresach. Doprecyzowania wymaga związek pomiędzy prędkością początkową  $v_0$  występującą w podstawowym, kinematycznym równaniu 3.20 opisującym zasięg rzutu w ruchu krzywoliniowym i w równaniu 3.21. Następnie wykazane są zalety i wady poszczególnych metod obliczeniowych. Z analizy rezultatów przedstawionych w formie diagramu wynika, że rozrzut otrzymanych wyników jest bardzo duży – maksymalna otrzymana wartość jest ponad 7-krotnie większa od wartości minimalnej (od 28m do 205m), co niejako wymusza wypracowanie nowej, bardziej precyzyjnej metodyki w tym zakresie.

W dalszej części Doktorant przeprowadza dyskusję na temat możliwości wpływu użytkownika na różne wielkości parametrów uwzględniane w metodach obliczeniowych rozrzutu wskazując liczne ograniczenia wynikające z technologii, uniemożliwiające ingerencję w wybranych przypadkach. W konkluzji stwierdza, że na stopień zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych największy wpływ ma wielkość zabioru (wzór 3.22 określający zabiór obliczeniowy jest nieprawidłowy i wymaga korekty) i na podstawie przyjętych danych wejściowych (tabela 7) przeprowadza szereg obliczeń tej wielkości według istniejących 15 wzorów, uwzględniających odmienne zestawy parametrów (tabela 9). Na rys. 32 wykazuje spory rozrzut wartości obliczonych zabiorów w zakresie od 2,69m do 6,40m. Z toku obliczeń wynika, że rys. 32 nie jest „...widokiem rzeczywistego przebiegu linii zabioru...”, co błędnie sugeruje podpis, a zestawem wartości obliczonych zabiorów dla podobnych warunków geologiczno-górnicznych, za pomocą różnych metod.

Ostatnia część rozdziału dotyczy wybranych właściwości fizyko-mechanicznych górotworu, sposobów określania podstawowych jego parametrów oraz klasyfikacji zwięzłości skał.

*Rozdział 4* jest związany z nową metodyką badawczą opracowywaną przez Doktoranta, mającą na celu określenie zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamkami skalnymi, opartą na Audycie Robót Strzałowych (ARS) mającym na celu rozpoznanie tzw. nieparametrycznych czynników decydujących o efekcie robót strzałowych i ich bezpieczeństwie i w konsekwencji skorygowanie wcześniej obliczonych wartości. Doktorant proponuje autorską klasyfikację punktową opartą na 7 cechach technologii, w tym jednej dotyczącej jakości górotworu, mających kluczowe znaczenie dla poprawnego oszacowania zasięgu strefy rozrzutu odłamków skalnych. Przypisując wartości kolejnych liczb całkowitych w zakresie od +3 (zasadniczy wpływ na zmniejszenie rozrzutu) do -3 (zasadniczy wpływ na zwiększenie rozrzutu) dla poszczególnych czynników ocenia każdy z nich, co pokazuje tabela 12. Niestety, w tym miejscu Doktorant wykazał się niekonsekwencją przy opisie tych ważnych parametrów wynikających z cennej tzw. praktyki „ruchowej”. W tekście poprzedzającym tabelę wymienił i opisał bardziej szczegółowo wiele cech, które jednak nie są tożsame z nazwami, które zamieścił w pierwszym wierszu tabeli audytu będącej zbiorczym zestawieniem prowadzonych rozważań, co niewątpliwie wprowadza nieco zmieszania. Wprawdzie, w tabeli i tekście znajdują się te same zasadnicze wątki, ale przecież w tym celu została skonstruowana tabela, aby klarownie wskazać określone zależności. W tabeli 13 wyodrębniono 5 kategorii zagrożenia (opisanych werbalnie, co można by dla przejrzystości uzupełnić liczbowo) w skali od znikomego do dużego, w granicach przedziałów liczbowych ustalonych arbitralnie i wynikających z sumowania not tabeli audytu. Najważniejszym i cennym efektem klasyfikacji jest podanie wartości poprawek dla poszczególnych kategorii, wyrażonych w procentach, o jakie należy zwiększyć wartości wcześniej obliczonych wielkości rozrzutu odłamków skalnych według przyjętego wzoru.

Na str. 75 napisano: cyt., *Ponieważ poszczególne składniki robót strzałowych mają różną punktację przyjęto, że przy minimalnym zagrożeniu rozrzutem odłamków skalnych ZG może zdobyć 15 punktów.* Według recenzenta ustalenie minimalnego zagrożenia dla 15pkt. nie wynika z przyjęcia różnych wartości punktacji, tylko raczej z innego powodu.

Rozdział 5 rozprawy zawiera opis, analizę i dyskusję wyników badań prowadzonych przez Doktoranta w warunkach kopalni odkrywkowej stosującej technikę strzelniczą. Na podstawie pomiarów kluczowych parametrów elementów technologii, omówionych szeroko we wcześniejszych rozdziałach, Autor bada rzeczywiste zakresy ich zmienności, które stanowią podstawę do wykonania symulacji zmienności wielkości zabioru, w zależności od układu siatki i profili otworów strzałowych. Metodyka badawcza polega na porównywaniu wielkości uzyskanego zabioru na podstawie zrealizowanej metryki strzałowej bez uwzględniania profilu ociosu z efektem uzyskanym po dokładnym jego zeskanowaniu, porównaniu uprzednio zdefiniowanych dodatkowych cech zabioru, odpowiednim skorygowaniu położenia otworów strzałowych i przeprowadzeniu kolejnych serii symulacji. Wyniki zmienności uzyskanych zabiorów do wartości około 6m zestawiono na wykresie, rys. 34, gdzie wykazano istotną poprawę zgodności wielkości zabiorów projektowanych i uzyskanych, dzięki zastosowaniu i wykorzystaniu danych z profilowania ociosu, zwłaszcza profilowania 3D. W kolejnym kroku, dla określonych zabiorów wykonano obliczenia wielkości rozrzutów odłamków skalnych. Wykorzystując podstawowe statystyki, w tym *regulę trzech sigm*, Doktorant wyselekcjonował średnią wartość zabioru, którą w następnych krokach symulacji wykorzystuje do określenia zasięgu strefy rozrzutu. Odnosząc się do określenia wpływu odchylenia osi otworów stwierdził, że w praktyce warunki geologiczne często uniemożliwiają wykonanie precyzyjnego pomiaru, ale wówczas można zastosować metodę pośrednią za pomocą przybliżonego wzoru. Badania przeprowadzono dla skał węglanowych (dolomitów i wapieni) oraz piaskowców.

Kolejnym badanym czynnikiem wpływu jest wielkość jednostkowego ładunku MW, która jest badana dla ograniczonej przestrzeni w sąsiedztwie wybranych otworów, w celu określenia relacji pomiędzy wymaganą ilością materiału wybuchowego (tzw. *lokalnym jednostkowym ładunkiem MW*) a jakością ośrodka skalnego (górotworu). Na str. 87 znajduje się tekst: *Na potrzeby symulacji wydzielono przestrzeń ograniczoną ociosem i linią otworów o wysokości równej zabiorowi.* Rozumiejąc, że jest to pewien skrót myślowy, to jednak formalnie nie ma możliwości ograniczenia przestrzeni linią (otworów) i ociosem. W pracy naukowej te ograniczenia poprawnie należałoby zdefiniować za pomocą określonych, odpowiednio zdefiniowanych powierzchni (zwierających osie otworów, itp.). W tabeli 18 (i innych miejscach), poz. 7 - powinno być: *Odległość między otworami w szeregu.* Pisząc o odległościach pomiędzy otworami, należy wyraźnie opisać, o które odległości chodzi, zwłaszcza wówczas, kiedy nie jest to pokazane na żadnym schemacie. Podsumowaniem tej części pracy jest autorski algorytm postępowania do wyznaczenia zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych (ZSZROS), przedstawiony graficznie na rys. 42, poparty przykładowymi obliczeniami wykonanymi dla konkretnych warunków geologiczno-górnicznych.

*Rozróżnienie pojęcia „rozrzutu...” i „zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem...” (str. 19) jest niejednoznaczne. O ile pierwsze pojęcie jest opisem zjawiska, jako takiego, to w drugim przypadku jest wyraźna sugestia, że chodzi o pewną miarę liczbową tego wcześniej zdefiniowanego. W jaki sposób wartości te zależą od wielkości zabierki, MW czy innych cech technologicznych lub możliwości, to sprawa metodyki obliczeniowej i pomiarowej, bez wpływu na definicję pojęć. Wielkość „rozrzutu” opisuje miara odległości (uzależnionej oczywiście od*

stosowanej technologii i właściwości ośrodka skalnego). Dla wartości maksymalnej będzie to „zasięg strefy rozrzutu”. Kwestia „zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych” nie jest w pracy jednoznacznie zdefiniowana formułą.

W rozdziale 3.1 podane jest wiele równań opisujących ZSZROS, ale w przytaczanych wzorach występuje oznaczenie  $R_r$ , (co jest oczywiście wygodniejsze), ale w dalszej części tekstu dodatkowego wyjaśnienia wymaga relacja pomiędzy rozrzutem, a trzema innymi pojawiającymi się terminami:

... akceptowalny zasięg rozrzutu odłamków skalnych... -str. 14,

...akceptowalny zasięgiem strefy zagrożenia, str. 72,

...rzeczywisty zasięg strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych ... str. 91 i 93.

Z rys. 2 wynika, że rozrzut odłamków skalnych to pewna wartość pomiędzy  $R_{min}$  i  $R_{max}$ , co jest logiczne, natomiast w rozdziale 5.3.1 (klasyczna met. projektowania) i kolejnym 5.3.2 (rozszerzona met. projektowania) w obydwu przypadkach występuje to samo oznaczenie:  $R_r$ , bez względu na to, z której metody wynika. Oprócz tych oznaczeń występują jeszcze notacje  $R_{z2,8}$  i  $R_{z3,5}$  oraz tylko na rys. 42 -  $R_{rA}$  i  $R_{rS}$ . Wszystkie wersje wartości  $R$  wymagają precyzyjnego zdefiniowania, dla wyraźnego odróżnienia wyniku obliczeń wg zmodyfikowanej metodyki. Proszę o rozwinięcie tego problemu i uporządkowanie podczas obrony pracy, zwłaszcza, że w rozdz. 5.3.1 wprowadzona jest jeszcze trzecia kategoria: „rzeczywisty zasięg strefy zagrożenia”. Ponadto, w tym samym rozdziale napisane jest: ...dla klasycznej metody projektowania..... Zachodzi pytanie, która metoda i z jakiego powodu jest klasyczna, wobec przywołanych we wcześniejszych rozdziałach kilkunastu różnych wzorów obliczeniowych dotyczących zasięgu rozrzutu i wielkości zabioru?

Rozdział 6 (oraz rozdział 5.3, który jest niepotrzebnie wyodrębniony i powinien być raczej częścią R.6), to podsumowanie i wnioski, gdzie Doktorant wskazuje najważniejsze według niego osiągnięcie, polegające na opracowaniu nowej metodyki prognozowania zasięgu strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych, opartej na, jak to nazywa *podjęciu systemowym*, już na etapie projektowania. Podkreśla, że w kopalniach odkrywkowych dotychczas koncentrowano się przede wszystkim na takich zmianach stosowanych technik, których celem było optymalizowanie składu granulometrycznego urobku, najkorzystniejszego z punktu widzenia obniżenia kosztów rozdrabniania na etapie przeróbki kopaliny. Nowe podejście Doktoranta pozwala na bardziej efektywne wykorzystanie zasobów geologicznych złóż z zachowaniem wysokich standardów bezpieczeństwa pracy.

W podsumowaniu i wnioskach zabrakło ustosunkowania się Doktoranta do dość istotnych wartości podanych w tabeli 1, w której zamieszczone jest wiele różnych wartości granic zasięgów, w zależności od specyfiki zastosowanej techniki strzelniczej, wynikających z prawa geologiczno-górniczego. Wyniki obliczeń wykonane według nowej metodyki opracowanej przez Doktoranta ( $R_x$ ), wraz z komentarzem, powinny być dokładnie wskazane, odróżnione od innych i skonfrontowane z wartościami z tabeli 1.

### 3. Ocena pracy

Recenzowana praca podejmuje ważne zagadnienie badawcze dla technologii pozyskiwania surowców, zwłaszcza metodą odkrywkową. Wyniki badań oparte są na rzetelnych, trafnie zaprojektowanych pomiarach w eksperymentach przeprowadzonych za pomocą nowoczesnej aparatury, w działających zakładach górniczych, co zwykle stwarza dodatkowe komplikacje dla badacza i często zmusza do weryfikacji wstępnych założeń.

Z lektury rozprawy wynika, że Doktorant dość swobodnie i z dogłębną wiedzą specjalistyczną porusza się w ramach prowadzonych badań naukowych, co należy niewątpliwie zaliczyć do mocnych stron rozprawy. Prawdopodobnie, wspomniana swoboda „uśpiła” Jego czujność w zakresie należytej klarowności i jednoznaczności wypowiedzi, co nieco utrudnia studiowanie pracy i wymaga szczególnej cierpliwości czytelnika.

Mam nadzieję, że podczas obrony pracy Doktorant w sposób skondensowany uporządkuje wskazane powyżej definicje i niejednoznaczności terminologiczne.

Na uwagę zasługują bardzo interesujące komentarze autorskie i pokazywane ograniczenia techniczne na różnych etapach programu badawczego, wynikające z trudnych warunków wybranych pól badawczych. Świadczy to o dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej Doktoranta, pozwalającej mu w sposób świadomy pokonywać przeszkody i w konsekwencji wykonać oryginalne, ciekawe i ważne badania naukowe.

#### **Do oryginalnych i cennych osiągnięć Doktoranta zaliczam:**

- Efektywne zastosowanie nowoczesnych metod pomiarowych do badań *in situ*
- Istotną poprawę i skorygowanie dotychczas stosowanych metod obliczeniowych w przedmiotowym zakresie, poprzez wprowadzenie klasyfikacji i ocenie czynników technologicznych, szacowanych punktową metodą ekspercką
- Opracowanie nowego algorytmu określania zasięgu strefy zagrożenia odłamkami skalnymi w wyniku stosowania techniki strzelniczej do urabiania złóż i jego aplikacyjnych charakter
- Zwiększenie możliwości kontroli procesu technologii eksploatacji złoża już od etapu projektowania, poprzez badanie efektu i modyfikację wybranych operacji.

Stwierdzam, że Doktorant potwierdził swoją wiedzę z zakresu zrealizowanej przez siebie pracy oraz umiejętność stosowania właściwych i realnych do wykonania metod badawczych, z pełną świadomością identyfikowania, a następnie rozwiązywania ograniczeń i problemów specyficznych dla technologii górniczych.

Zamieszczone w recenzji uwagi krytyczne nie pomniejszają wartości merytorycznej rozprawy. Mają one na celu przede wszystkim pomóc Doktorantowi przy publikowaniu uzyskanych wyników i poprawie ich komunikatywności, zwłaszcza, że jedną z najważniejszych cech tej pracy jest jej aspekt praktyczny, co oznacza, że będzie ona przedmiotem zainteresowania inżynierów praktyków, a nie tylko badaczy.



#### 4. Uwagi edytorskie

Praca jest wykonana na dobrym poziomie edytorskim i zawiera odpowiedni materiał ilustracyjny w formie rysunków, wykresów i tabel, tym niemniej tekst wymaga pewnej korekty edytorskiej wskazanej poniżej:

- Str. 8 - W „Spisie ważniejszych skrótów i oznaczeń” brak jest jednego z najważniejszych parametrów -  $R_r$  (z odpowiednimi indeksami według przyjętej koncepcji:  $R_{rA}$ ,  $R_{rS}$ ), do obliczania którego służy opracowana przez Doktoranta oryginalna metodyka.
- Str. 11- Tabela 1- brak jednostek stref rozrzutu [m], (pomimo, że w przywołanym materiale źródłowym nie podano jednostek, to wykorzystując tę tabelę w pracy naukowej należy je uzupełnić).
- Str. 19- trzeci akapit od góry: ....powinno być: Przemieszczanie urobku poza tę wartość.....
- Str. 27- wzór 2.1 wymaga objaśnienia, zwłaszcza podania jednostek fizycznych. Z podanych powyżej wzoru wymiarów nie wynika prawidłowy wymiar ciśnienia.
- Str. 28 - (7 w. od góry): ... wyrażoną... powinno być: **wyrażonym**
- Str. 28 - (10 w. od góry): ....energetycznie... powinno być: **energetyczne**
- Str. 42 - nie wszystkie oznaczenia zmiennych wzoru 3.1 posiadają wymiar
- Str. 59 - Tabela 7 (i inne tabele w pracy). Opisy w kolumnach powinny rozpoczynać się wielkimi literą (w niektórych tabelach jest prawidłowo).
- Str. 67 - (6 w. od góry)- powinno być: ...MW sama w sobie...
- Str. 74 - Tabela 12- układ graficzny tabeli powinien być nieco zmodyfikowany dla lepszej czytelności samej metodyki klasyfikacji (drugi wiersz powinien obejmować wszystkie kolumny, numeracje wierszy i kolumn, dodatkowy wiersz/wiersze pokazujący sposób sumowania, itp.).
- Str. 76 - 3 w. o dołu: ...opera... powinno być: **opiera**
- Str. 82 - jest: Tezą; powinno być : **tezą**
- Str. 88 - w. 11 od góry - jest: **kopalny**; powinno być: **kopaliny**
- Str. 89 - wzór 5.1 i 5.2 brak jednostek
- Str. 90 - ZSZROS, SZROS czy ZROS? - vide: str. 42, 43, 44, 55, 62, 92, Rys.42 – czy to są inne kategorie?
- Str. 91 w.13 od góry(3.20) z uwzględniając... ..; powinno być: **uwzględniając**.

#### 5. Wniosek końcowy

Po dogłębnej analizie *Rozprawy doktorskiej mgr inż. Sławomira Patli* stwierdzam, że zawiera ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w zakresie dyscypliny *inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*. Kandydat wykazał się odpowiednią wiedzą teoretyczną i doświadczeniem praktycznym, potwierdzającymi Jego umiejętności samodzielnego projektowania i realizowania badań naukowych, zwłaszcza w zakresie techniki strzelniczej i technologii odkrywkowej eksploatacji złóż.

Stwierdzam, że recenzowana praca doktorska spełnia warunki określone w *art.13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. nr 65 z 2003r., poz.595 z późn. zm.)* i wnioskuję o dopuszczenie Kandydata do publicznej obrony dysertacji.