

Prof. dr hab. inż. Andrzej Maranda  
Sieć Badawcza Łukasiewicz -  
Instytut Przemysłu Organicznego  
ul. Annopol 6  
03-236 Warszawa  
tel.: 604-942-969  
e-mail: [maranda@ipo.waw.pl](mailto:maranda@ipo.waw.pl)

Warszawa 01.09.2019

### Recenzja

pracy doktorskiej

pt.: „**Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym**”

wykonanej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

Politechniki Wrocławskiej

przez **mgr. inż. Arkadiusza Grześkowiaka**

pod opieką naukową **prof. dr. hab. inż. Witolda Pytla**

Podstawą wykonania niniejszej recenzji jest decyzja Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej z dnia 10 lipca 2019 r, wyznaczająca mnie na recenzenta ww. pracy doktorskiej, potwierdzona pismem z dnia 10.07.2019, symbol W6/1286/2019.

#### A. Omówienie rozprawy

Materiały wybuchowe (MW) są podstawowym narzędziem wykorzystywanym zarówno w górnictwie odkrywkowym jak i podziemnym do urabiania złóż. Stosowanie materiałów wybuchowych w pracach strzałowych, stawia przed ich wykonawcami wiele wymagań, które wiążą się z oderwaniem czy pokruszeniem określonej części calizny oraz z bezpiecznym przeprowadzeniem tej operacji. Pod pojęciem braku bezpieczeństwa należy rozumieć nie tylko stworzenie zagrożenia dla górników strzałowych ale również potencjalnie negatywny wpływ na infrastrukturę sąsiadującą z zakładem wydobywczym. Aktualnie w celu uzyskania jak najlepszych efektów prac strzałowych stosowane jest szereg programów komputerowych, poradniki oraz nowoczesne urządzenia pomiarowe. Jednak w dalszym ciągu podstawą do prawidłowego przeprowadzenia robót strzałowych jest doświadczenie związaną z daną kopalnią, które umożliwia przyjęcie najlepszych rozwiązań. Opracowanie wytycznych do ogólnej procedury rozwiązań mogących znaleźć zastosowanie w różnych zakładach wydobywczych jest istotnym krokiem w kierunku optymalizacji prac strzałowych i dlatego **tematyka** recenzowanej rozprawy doktorskiej **jest bardzo aktualna**.

Praca jest opracowaniem obszernym, liczy 186 stron (dodatkowo załączniki 156 stron) i zawiera w części podstawowej 35 rysunków, 11 fotografii oraz 41 tabel. Składa się z dwóch części: szczegółowego opisu danych literaturowych oraz wyników badań własnych i przemyśleń Autora. W oddzielnych rozdziałach zostały przedstawione: wstęp, wnioski i podsumowanie oraz spis załączników obejmujący między innymi cytowaną bibliografię.

We wstępie, po krótkim wprowadzeniu, Autor w bardzo skondensowanej formie przedstawia ogólną analizę wiedzy dotyczącej zagadnień zawartych w dysertacji. Zwraca uwagę na stosowanie nowych metod opisu i modelowania parametrów calizny skalnej oraz wykorzystywanie programów komputerowych do projektowania i obliczania parametrów strzelań. Podkreśla, że każdorazowo programy obliczeniowe były weryfikowane w warunkach terenowych. Twierdzi, że na podstawie wieloletnich badań udało się zidentyfikować niektóre parametry strzelania wpływające na końcowy efekt. Uważam, że stwierdzenie „niektóre” jest niesprawiedliwe w stosunku do naukowców i praktyków zajmujących się tymi zagadnieniami, ponieważ zidentyfikowane zostały dokładnie wszystkie parametry decydujące o efekcie odstrzału z uwzględnieniem zasięgu oddziaływań parasejsmicznych. I rozrzutu odłamków. Doktorant w kolejnym podpunkcie „Uzasadnienie wyboru tematu” powołując się na innych autorów, wymienia cały szereg czynników wpływających na zasięg oddziaływań. Natomiast problemem jest nadanie im odpowiednich wag. Następnie Autor dysertacji na podstawie wcześniejszej analizy formułuje tezę, w której uwzględnione są dwa elementy: poprawa osiąganych efektów prac strzałowych i minimalizacja negatywnych efektów ich oddziaływania na otoczenie. W ramach celu pracy proponuje kryteria ilościowo-jakościowe optymalizacji. Następnie przedstawia cztery etapy pracy, które tworzą logiczny ciąg przedsięwzięć prowadzących do udowodnienia tezy pracy i osiągnięcia jej celu, jednak jest je bardzo trudno skorelować z zawartością kolejnych rozdziałów rozprawy.

Rozdziały (2-5) dysertacji są wnikliwym przeglądem danych literaturowych dotyczących prac strzałowych w górnictwie skalnym. Mają one charakter rozdziałów monografii. Na początku Doktorant analizuje warunki prowadzenia prac strzałowych w odkrywkowych zakładach górniczych, wychodząc od przepisów ich wykonywania. Cytuje szereg aktów prawnych, zwracając między innymi uwagę na ochronę obiektów przyległych do miejsca prowadzenia prac strzałowych; kubaturowych i liniowych, maszyn, instalacji oraz obiektów zabytkowych i elementów przyrody.

Następnie przechodzi do spraw stricte technicznych. Podkreśla konieczność identyfikacji budowy geologicznej i parametrów mechaniczno-fizycznych złoża. Dlatego w kolejnym podpunkcie szczegółowo opisuje zagadnienia dotyczące szczelinowatości i spękania górotworu, które to parametry należy uwzględnić przy projektowaniu strzelań, ponieważ między innymi wpływają na prawdopodobieństwo powstawania brył ponadwymiarowych. Narzędziem stosowanym w pracach strzałowych jest materiał wybuchowy, dlatego bardzo istotne są zjawiska zachodzące po jego detonacji oddziałujące na masę skalną i otoczenie, opisywane w ostatnim podpunkcie, kończącym rozdział 2.

W kolejnym rozdziale Autor na podstawie wielu publikacji szczegółowo charakteryzuje roboty strzałowe w górnictwie odkrywkowym. Jest to najbardziej obszerny rozdział części dotyczącej przeglądu literatury. Przedstawia specyfikację robót strzałowych, eksponując zagadnienia związane z urabianiem skał na bloki, na kruszywa i strzelaniem rozluzowującym. Uważam, że kolejność podpunktów powinna korelować z kolejnością metod strzelania znajdujących się w tabeli 2, a „*Strzelanie pomocnicze*” umiejscowione pod ww. tabelą powinno się znaleźć na końcu pkt. 3.1 jako podpunkt 3.1.4. Optymalizacja robót strzałowych, a właściwie ich efektów można osiągnąć przez odpowiednie projektowanie geometrycznych parametrów strzelania, co jest tematem kolejnego punktu. Autor wymienia programy, które są stosowane w tym celu. Stwierdza również, że bardzo istotny wpływ na efekt i negatywne oddziaływania odstrzału ma sekwencja milisekundowych opóźnień odpalania ładunków materiału wybuchowego. Kolejnym zagadnieniem jakie opisuje jest wyznaczanie zasięgów niekorzystnym oddziaływań na środowisko (pkt. 3.2). Uwzględnia oddziaływanie drgań parasejsmicznych, rozrzut odłamków skalnych i powietrzną falę podmuchową. A więc analizuje wyłącznie negatywne oddziaływanie fizyczne pomijając chemiczne – migracja składników materiałów wybuchowych do górotworu czy toksyczne produkty wybuchu (tlenki azotu, monotlenek węgla). We wszystkich trzech wymienionych przypadkach przedstawia czynniki, które decydują o ich wielkości i zasięgu. Uzupełnieniem punktu 3.2 jest kolejny punkt zawierający opis sposób ograniczania niektórych oddziaływań.

Następnym poruszonym przez zagadnieniem jest wiercenie otworów strzałowych. Precyzja tego zabiegu ma na pewno wpływ na efekty strzelania i nawet przy najlepiej przygotowanej siatce strzałowej, niedokładnie jego wykonanie będzie negatywnie wpływać na końcowy efekt odstrzału.

Kolejne dwa podpunkty są poświęcone środkom strzałowym. W przypadku materiałów wybuchowych Autor właściwie wymienia wyłącznie zalety materiałów wybuchowych emulsyjnych (MWE) nie wspominając o MW typu ANFO (saletrolach) czy też heavy ANFO, których zużycie w górnictwie odkrywkowym jest bardzo duże. W ramach systemów inicjacji ładunków MW i doborów czasów opóźnień wymienia pięć systemów nielektrycznych, krótko opisując system NONEL. Wspomina również o zapalnikach elektronicznych twierdząc, że dają możliwość doboru optymalnych interwałów czasowych pomiędzy odpalanymi ładunkami MW. Powinien również dodać, że ich podstawową zaletą jest precyzja opóźnień, która jest nie do osiągnięcia w zapalnikach elektrycznych i nielektrycznych, ponieważ jako element opóźniający stosuje się w nich mieszaninę pirotechniczną. A jak pisze „...optymalizacja czasu opóźnienia milisekundowego powinna prowadzić do najkorzystniejszej zamiany energii detonacji MW na pracę użyteczną, a przez to uzyskanie oczekiwanej fragmentacji skały bądź ograniczenia niekorzystnych oddziaływań”. Rozdział 3 kończy punkt dotyczący efektów stosowania techniki strzałowej, w którym eksponuje trzy elementy decydujące, abstrahując od negatywnych oddziaływań, o poprawności odstrzału – fragmentacja urobku, kształt usypu oraz stan ociosu i spągu po przeprowadzonym zabiegu. Najwięcej miejsca poświęca fragmentacji urobku, wymieniając między innymi cztery modele stosowane do prognozy wielkości ziaren.

Rozdział 4 dotyczy ekonomicznych aspektów prowadzenia prac strzałowych. Autor rozprawy uwzględnia koszty wiercenia, robót, materiałów i środków strzałowych oraz prac dodatkowych. Koszty wiercenia ilustruje tabelą 8, w której podane są koszty wiercenia 1 mb otworu strzałowego przy różnych jego długościach w zakresie 10,0-19,5 m. Zaskakująco najwyższą wartość kosztów wiercenia jest przy długości otworu 11,5. Czym to można wytłumaczyć? W tytule podpunktu 4.2. stosuje sformułowanie „... materiały i środki strzałowe”. Z dalszego opisu wynika, że pod pojęciem „środki strzałowe” rozumie środki inicjowania – zapalniki, pobudzacze. Natomiast środkami strzałowymi są zarówno materiały wybuchowe jak i przedmioty je zawierające. W trzech tabelach (10-12) porównuje koszty urobienia 1 m<sup>3</sup> skały z zastosowaniem zapalników nielektrycznych i elektronicznych, pokazując że są niższe w przypadku systemów nielektrycznych. Również stwierdza, że w przypadku ścian wysokich i dużej ilości otworów precyzja opóźnień zapalników elektronicznych powoduje uzasadnienie ekonomiczne ich użycia.

W kolejnym rozdziale przechodzi do zagadnień związanych z organizacją i zarządzaniem w zakładach górniczych. Przedstawia siedem etapów realizacji technologii robót strzałowych, do których słusznie zalicza roboty wiertnicze. Zwraca uwagę na planowanie jakości na etapie projektu robót wiertniczo-strzałowych. Uważa, że „*Etap projektowania jakiegokolwiek działania stanowi podstawowy i najistotniejszy element powodzenia każdego przedsięwzięcia*”. Stwierdza, że faza projektowania zgodnie z koncepcją G. Taguchiego powinna zawierać trzy etapy – projektowanie: systemu, parametrów i tolerancji. Podczas projektowania systemu należy opracować koncepcję metody urabiania i dobrać do niej urządzenia oraz środki strzałowe. Następny etap powinien się opierać na wykorzystaniu metod eksperymentalnych. Jednak Autor nie precyzuje jakie metody doświadczalne w przypadku prac wiertniczo-strzałowych należy zastosować, aby na podstawie wyników badań uzyskanych z ich wykorzystaniem parametry zostały zoptymalizowane. Właściwie proces optymalizacji następuje w etapie trzecim, bo jak zaznacza Doktorant „*„Etap ten wskazuje nie tyle działania zmierzające do wyboru racjonalnych tolerancji technologicznych, ale w rzeczywistości pozwala na ustalenie najbardziej odpowiednich materiałów i środków strzałowych, metod wiercenia czy parametrów strzelania w danych warunkach złożowych*”. Następnie analizuje narzędzia wspomagające zarządzanie i doskonalenie jakości oraz koszty zapewnienia jakości. Przedstawia w postaci wykresu udział procentowy kosztów kolejnych etapów prac wiertniczo-strzałowych (rys. 5.4) oraz szacunkowo porównanie kosztów strzelania, usuwania i strat (rys. 5.5). Szczególne ważne są dane zestawiono na rys. 5.5, ponieważ ilustrują w jak wysokie mogą być koszty nieprawidłowego rozpoznania warunków geologicznych i przygotowania odstrzału.

Rozdział 6 dotyczy warunków optymalizacji robót strzałowych. Autor dysertacji na podstawie własnych obserwacji, przemyśleń i wyników badań opisuje warunki procesu optymalizacji. Uważa, że rozpoczęcie tego procesu należy zacząć od zadaniu szeregu pytań, które formułuje, i uzyskać na nie odpowiedzi. W konkluzji przeprowadzonych w niniejszym rozdziale rozważań wybiera trzy kryteria, które zastosował następnie w pracy, ilościowe, jakościowe i kosztowe, mające określone mierniki.

Następnie przechodzi w kolejnym rozdziale, który jest częścią stricte doświadczalną, do opisu metod badań i oceny efektów strzelania. Wydziela pięć kategorii czynników wpływających na proces technologiczny robót strzałowych. Dla

każdej z kategorii wskazuje „podprzyczyny” (określenie Autora, ja bym raczej nazwał „praprzyczyny”) wpływające na negatywne efekty całego procesu technologicznego urabiania skał. Przedstawia je również w postaci diagramów dotyczących oddziaływania drgań parasejsmicznych, rozrzutu odłamków skalnych i powstawania nadgabarytów. Ich analiza pozwoliła Doktorantowi na wyodrębnienie przyczyn, będących źródłem niepowodzeń lub nieprawidłowości. Doktorant przyjął słuszne założenia, że badania będą prowadzone w maksymalnie zbliżonych warunkach budowy geologicznej złoża przy możliwie precyzyjnej kontroli parametrów strzelania. Przedstawił plan prowadzenia badań, aparaturę pomiarową i miejsce realizacji prac – Kopalnię Gabra „Braszowice” należącej do KSS w Bartnicy Sp. z o.o. Dla wybranego zakładu wydobywczego opisał budowę geologiczną złoża i stosowaną w nim technologię wydobywania. Wykonał identyfikację budowy geologicznej części złoża stosując kartowanie litologiczne odsłoniętych ociosów pięter przewidzianych do obserwacji. Uzyskane wyniki szczelinowości złoża stanowiły dane wyjściowe do założeń projektowych. Do projektowania robót strzałowych stosował program *ShotPlus* bazując na warunkach budowy geologicznej, parametrach środków strzałowych oraz przestrzennym modelu zabierki. W specyficznym warunkach weryfikował dane uzyskane programem *ShotPlus*. Materiały wybuchowe były ładowane do otworów strzałowych mechanicznie z użyciem systemów mieszalniczo-załadowniczych *MMU* lub *PU5001RP*.

Według danych przedstawionych w tabeli 19 i Załączniku do analizy wytypowano 20 odstrzałów (wybranych z 37). Do strzelań badawczych wybrano piętra i zabierki charakteryzujące się regularną budową geologiczną. Kryterium przypuszczalnie (Autor wyraźnie to nie eksponuje) były zbliżone wartości wskaźnika szczelinowości powierzchniowej i rozwarcie szczelin, podawane dla danej zabierki (z wyjątkiem nr 7) w Załączniku. W odstrzałach stosowano materiały wybuchowe emulsyjne (*hydromite* 100 – 15 razy, *centra gold* – 4 razy) i w jednym przypadku mieszaninę *hydromite* 100 z saletrolem (*austinit* 4) w stosunku około 4:1. Ładunki materiałów wybuchowych inicjowano systemami nieelektrycznymi *Exel* oraz *Shock\*Star* i dodatkowo pobudzaczami o masie jednostkowej 500 g. Parametry siatki strzałowej były zmienne, mieszcząc się w następujących zakresach: długości otworów 7,2-20,8 m, długość przybitki 3-5,5 m, zabiór rzeczywisty 2,4-4 m, odległość między otworami 3,4-4 m, odległość między szeregami 2-5 m, liczba otworów w serii 18-68, liczba szeregów 1-5, ładunek całkowity serii 2516-8269 kg i maksymalny na opóźnienie 91-

179 kg. Z części przedstawionych powyżej danych wynikało zużycie jednostkowe materiału wybuchowego, które było w granicach 0,164-0,233 kg/m<sup>3</sup>.

Autor dla każdego odstrzału przeprowadził badania przemieszczenia i rozrzutu odłamków skalnych, wpływu drgań parasejsmicznych i rozdrobnienia urobku po odstrzale. Wyznaczenie stref rozrzutu odłamków skalnych wykonał na podstawie zapisu filmowego, mierząc odległości najdalej wyrzuconych brył i porównując z wartościami oszacowanymi ze zastosowaniem równania Pokrowskiego, które zazwyczaj były wyższe niż dane eksperymentalne. Dane doświadczalne zostały również porównane z wynikami obliczeń według wzorów balistycznego i górniczego, które również pokazały, że szacowania teoretyczne dają wyższe rezultaty. Autor nie stwierdził także korelacji pomiędzy całkowitą masą ładunku a rozrzutem odłamków.

Kolejnym negatywnym oddziaływaniem jakie badał były prędkości drgań parasejsmicznych. Dla określonych dla danego odstrzału odległościach wyznaczył prędkość drgań na wektorach składowych, prędkość skuteczną i ładunek zredukowany. Wykonał również dla ośmiu odstrzałów pomiary drgań w budynku socjalno-bytowym.

Dane fotogrametryczne uzyskane na podstawie zdjęć wykonanych po odstrzale posłużyły do określenia za pomocą programu *PowerSieve* składu ziarnowego na powierzchni usypu. Autor dla każdego odstrzału wyznaczył histogram oraz dystrybuantę składu ziarnowego usypu i określił procentową zawartość pożądanej frakcji urobku poniżej 1,0 m. Uzyskane wyniki eksperymentalne pozwoliły Doktorantowi na ustalenie predyktorów najbardziej istotnych i wpływających na urabianie oraz zaproponowanie kierunków ich zmian, prowadzących do uzyskania oczekiwanych efektów robót strzałowych.

W kolejnych – krótkich rozdziałach – przedstawia procedurę optymalizacji prac wiertniczo-strzałowych, wytyczne strzelania optymalnego i podsumowanie. Uważam, że szczególnie istotne są wytyczne obejmujące siedemnaście zaleceń, których przestrzeganie jest konieczne, jeżeli chce się uzyskać optymalne urabianie skał gabroidowych. Podaje konkretne dane dotyczące między innymi: odchylenia od pionu otworu strzałowego, ładunku jednostkowego, parametrów materiału wybuchowego, ładunku całkowitego i na jeden stopień opóźnienia, długości przybitki oraz wielkości zabioru i przybitki. Uważa, że proponowane zalecenia mogą mieć zastosowanie do urabiania szeregu skał, typu: gabra, serpentynity, amfibolity, magnezyty, szarogłazy, kwarcyty, porfiry czy gnejsy.

We wnioskach i podsumowaniu, będących przedostatnim rozdziałem rozprawy, Autor przedstawia między innymi najważniejsze czynniki wpływające na wartość drgań parasejsmicznych, zasięgu rozrzutu odłamków skalnych oraz kształt usypu. Stwierdza, że poznanie predyktorów determinujących uzyskiwane efekty prac strzałowych pozwala na sterowanie nimi.

Bibliografia, którą Doktorant nietypowo zalicza do załączników, jest ostatnim rozdziałem podstawowej części opiniowanej pracy doktorskiej. Zawiera 312 pozycji literaturowych, 7 rozporządzeń i 2 normy. Ogromna ilość cytowanych artykułów i monografii świadczy o wnikliwym podejściu Autora rozprawy do analizy danych literaturowych, których znajomość była wyjściową bazą teoretyczną do realizacji kolejnych punktów dysertacji. Poszczególne pozycje bibliografii zostały przygotowane starannie. Budzi moją wątpliwość jedynie zapis „s.” zamiast „pp.” przy publikacjach angielskojęzycznych.

Integralną częścią opisu pracy doktorskiej jest suplement o objętości 156 stron zawierający 22 załączniki. Autor w bardzo przejrzysty i estetyczny sposób opisał wszystkie 20 prób. Każdy z załączników zawiera: widok zabierki, raport z sondowania otworów strzałowych, ewidencję odstrzału, schemat rozmieszczenia i połączenia siatki otworów strzałowych, widok usypu po odstrzale, sejsmogram z pomiaru prędkości drgań parasejsmicznych i wyniki badań składu ziarnowego na powierzchni usypu. Dodatkowo zamieścił plan Kopalni Gabra „Braszowiec” pokazujący usytuowanie kolejnych odstrzałów oraz tabelę zbiorczą zawierającą ich parametry oraz uzyskane efekty. Dane zawarte w suplemencie świadczą o rzetelności naukowej mgr. Inż. Arkadiusza Grześkowiaka.

## **B. Ogólna ocena rozprawy**

Doktorant zrealizował założone cele pracy. W trakcie realizacji pracy korzystał z metodologii badawczej, która była adekwatna do zrealizowania poszczególnych zadań eksperymentalnych. Należy podkreślić, że przeprowadził bardzo dużą liczbę badań przemysłowych, co świadczy o rzetelnym podejściu do pracy naukowej. Uzyskał szeroki wachlarz oryginalnych wyników, które pozwoliły Mu udowodnić nie tylko tezę pracy ale otrzymać wiele informacji, które w przyszłości powinny być podstawą dla inżynierów strzałowych do przygotowywania optymalnej dla danych warunków siatki strzałowej. Siatki strzałowej, dzięki której uzyskuje się nie tylko maksymalne efekty techniczne – dużą objętość urobionego górotworu, odpowiednie



rozdrobienie urobku i właściwy stożek usypu – ale równolegle zminimalizowanie negatywnego oddziaływanie na otoczenie fali parasejsmicznej i odłamków skalnych. Wykazał się umiejętnością prawidłowej analizy wyników eksperymentów. Ważnym osiągnięciem Autora dysertacji jest zaproponowanie konkretnych parametrów strzelania dla szeregu złóż oraz zaproponowania procedury optymalizacji robót wiertniczo-strzałowych, która nie jest gotowym rozwiązaniem, ale podaje poszczególne etapy działań koniecznych do osiągnięcia jak najlepszych efektów. Praca jest napisana w sposób jasny i przejrzysty. Autor stosuje zazwyczaj prawidłowe nazewnictwo, chociaż np. na str. 131, tabela 17 znajdują się sformułowania „ciężar właściwy” i „ciężar objętościowy”, których wartości się właściwie nie różnią. Powinna być w pierwszym w pierwszym przypadku „gęstość”. Poza tym jednostką „ciężaru właściwego” jest  $N/m^3$ . Natomiast mam pytanie, co to jest „ciężar objętościowy”?, ponieważ takie pojęcie nie figuruje w leksykonie naukowo-technicznym.

### C. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Podczas przygotowywania wielostronicowej dysertacji Doktorant nie ustrzegł się szeregu uchybień, z których najistotniejsza według mnie, oprócz przytoczonych wcześniej dotyczy, będących w zakresie moich wieloletnich zainteresowań naukowych – materiałów wybuchowych. Jak wspomniałem wcześniej materiały wybuchowe są koniecznym narzędziem do wykonania prac strzałowych. Natomiast Autor dysertacji traktuje je w sposób bardzo mało istotny. Podczas realizowanych odstrzałów kopalnianych stosował trzy materiały wybuchowe – dwa emulsyjne i jeden saletrol. Uważam, że powinny zostać dokładniej scharakteryzowane w rozprawie np. w punkcie 3.6. W rozdziale „Wytyczne technologii strzelania optymalnego” w punkcie 4, zostały podane parametry jakie powinny mieć materiały wybuchowe – prędkość detonacji 4300-4500 m/s i energia właściwa 715-760 kJ/kg. Na jakiej podstawie Autor wysnuł taki wniosek? W trakcie badań nie była mierzona prędkość detonacji, której wartość uzależniona jest wielu czynników. W warunkach kopalni odkrywkowych prędkość detonacji była mierzona w zakładach Targowica (bazalt) i Wieśnica (granit). W zakładzie w Wieśnicy otwór strzałowy zaelaborowany materiałem wybuchowym emulsyjnym (*emulinit 9L*) oraz saletrolem (*S78*) i uzyskano wyniki pomiarów odpowiednio 5390 m/s i 3425 m/s. Natomiast w zakładzie w Targowicy pomiary przeprowadzono dla materiału wybuchowego typu heavy ANFO (*hydromite*

70) i uzyskano wartość prędkości detonacji 4216 m/s. Wyniki te pokazują, że w przypadku próby 19 prędkość detonacji ładunku MW znacznie odbiegała od pozostałych gdzie wyłącznie stosowano MWE i ten fakt Autor powinien wziąć pod uwagę podczas analizy wyników badań.

Wcześniejsze uwagi, jak również zawarte w niniejszym punkcie, w żadnym stopniu nie obniżają wartość merytoryczną pracy. Uważam, że recenzowana dysertacja jest dowodem na eksperymentalne umiejętności Doktoranta i przygotowanie do prowadzenia prac badawczych.

#### **D. Wniosek końcowy**

Opiniowana rozprawa doktorska jest oryginalnym opracowaniem wnoszącym znaczący wkład w rozwój nauki obejmującej problematykę robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym, dotyczącą zarówno optymalizacji ich efektów jak i minimalizacji zagrożeń powstających podczas ich wykonywania. Autor pracy wykazał się obszerną znajomością zagadnień obejmujących tematykę badań. Uzyskane wyniki i wnioski z nich wyływające mają bardzo ważne znaczenie użytkowe. Ich rozpropagowanie w środowisku inżynierów strzałowych, prowadzących odstrzały w górnictwie skalnym powinno przynieść efekty ekonomiczne związane z odpowiednią granulacją urobku oraz niskim zużyciem MW jak i podniesieniem bezpieczeństwa ich wykonywania w aspekcie destrukcji infrastruktury i środowiska naturalnego. Zmniejszenie negatywnego oddziaływania na otoczenie funkcjonującego zakładu wydobywczego również ma aspekt finansowy ponieważ obniża potencjalnie wysokość wypłat za szkody wynikłe z prowadzenia prac strzałowych.

Recenzowana praca pt.: **„Optymalizacja robót strzałowych w górnictwie skalnym”** spełnia warunki określone Ustawą „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”. Dotyczy niewątpliwie dyscypliny naukowej *górnictwo i geologia inżynierska*. Autor w ramach obszernego opracowania wykazał bardzo dużą wiedzę teoretyczną, wynikającą z umiejętności korzystania z literatury naukowo-technicznej, co jest podstawą do prowadzenia samodzielnych badań ww. dyscyplinie naukowej.

Na podstawie analizy rozprawy doktorskiej mgr. inż. Arkadiusza Grześkowiaka zwracam się do Rady Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie jej Autora do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.