

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR INŻ. DOMINIKA MADUSIOKA  
pt.: „Monitoring geodezyjny ruchów mas ziemnych przy eksploatacji kruszywa spod  
lustra wody w aspekcie bezpieczeństwa obiektów inżynierskich”**

**1. Ocena doboru tematyki badawczej i przyjętej tezy pracy**

Pozyskiwanie pospolitych kruszyw naturalnych prowadzone jest powszechnie metodą eksploatacji odkrywkowej, niekiedy spod lustra wody. Często wydobywa się je w warunkach skrzepowanych, tj. w pobliżu obiektów budowlanych o istotnym znaczeniu dla społeczeństwa. Przykładem jest opisana w opiniowanej pracy doktorskiej odkrywkowa, podwodna eksploatacja kruszywa naturalnego (piasku i żwiru) w Kopalni „Dwory” zlokalizowanej w Oświęcimiu. W kopalni tej wybierane jest złożo w formie pokładu o średniej miąższości 12,3 m z zastosowaniem pogłębiarki ssącej. W ostatnich latach eksploatacja prowadzona była w rejonie słupów dwóch linii wysokiego napięcia 110 kV oraz linii kolejowej relacji Kraków – Oświęcim. W celu ochrony tych obiektów konieczne było wyznaczenie dla nich filarów ochronnych, a także określenie warunków prowadzenia robót górniczych, w tym profilaktyki górniczej w rejonie przedmiotowych filarów. Określała ona między innymi dopuszczalną wartość kątów nachylenia skarp w warstwie nadkładowej i złożowej wynoszącą 27°, a także zachowanie co najmniej dwumetrowej półki ochronnej pomiędzy dolną krawędzią skarpy nadkładowej a górną krawędzią skarpy eksploatacyjnej. Spełnienie tych warunków powinno wyeliminować zagrożenie wystąpienia miejscowej utraty stateczności skarp, co mogłoby prowadzić do uszkodzenia linii energetycznych bądź linii kolejowej. Wymagało to jednak szczegółowej kontroli procesu wydobywczego realizowanego poprzez szybki i kompleksowy monitoring skarp wyrobiska.

W recenzowanej pracy Autor przedstawił opracowaną przez siebie metodę pomiarową oceny postępu robót górniczych i kontroli założeń eksploatacyjnych, w tym nachyleń skarp w części podwodnej wyrobiska. Zastosowana przez Autora metoda jest usprawnieniem powszechnie stosowanej do tego celu metody klasycznego monitoringu batymetrycznego. Podstawowym celem jej opracowania i zastosowania była konieczność zapewnienia bezpieczeństwa prowadzenia eksploatacji w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów inżynierskich chronionych filarami ochronnymi. Klasyczny monitoring batymetryczny w opinii Autora jest do tego celu niewystarczający, gdyż przy jego małej efektywności trudno zapewnić odpowiednią dokładność wyznaczenia topografii dna i skarp wyrobiska podwodnego i jej zmian w warunkach prowadzonej eksploatacji górniczej.

Dążąc do usprawnienia pomiarów batymetrycznych Autor opracował, przetestował i zastosował w praktyce metodę zdalnej ich realizacji opartą na skonstruowanym przez siebie zestawie batymetrycznym „Smart-Sonar-Boat”. Przyjął przy tym, co zawarł w tezach przedmiotowej pracy doktorskiej, że:

- a. Obserwacja zmian zachodzących w podwodnej części wyrobiska jest niezbędna dla bezpieczeństwa pobliskich obiektów inżynierskich.

- b. Zdalna batymetria umożliwia dokładniejszy i efektywniejszy monitoring eksploatacji złożeń w stosunku do klasycznych metod pomiarowych.

Innowacyjne podejście do problemu monitoringu postępu robót górniczych w warunkach trudnych, poprzez zastosowanie m.in. nowego rozwiązania projektowego w postaci zdalnego monitoringu batymetrycznego, uważam za właściwe i godne poparcia.

## **2. Omówienie zakresu i głównych rezultatów opiniowanej pracy**

Opiniowana praca liczy 108 stron. Zawiera spis 109 pozycji literatury. Jest bogato ilustrowana, gdyż zawiera 63 rysunki oraz 9 załączników w formie mapowej. Ważne dane liczbowe zamieszczono w 13 tabelach.

Całość pracy opisano w 8 rozdziałach.

W **rozdziale 1** („Wprowadzenie”) przedstawiono wprowadzenie do problematyki pracy.

Autor określił w nim czym kierował się podejmując tematykę usprawnienia pomiarów batymetrycznych realizowanych przy kontroli podwodnej eksploatacji kopalń odkrywkowych, podał tezy pracy, a także cel i zakres opracowania. Wykonana przez Autora analiza literatury naukowo-badawczej związanej z zaprezentowaną w pracy tematyką wykazała, że brak jest literatury analizującej bezpieczeństwo przebiegu eksploatacji kruszyw naturalnych spod lustra wody, na podstawie obserwacji zmian przestrzennych i strukturalnych dna w podwodnej części wyrobiska.

W **rozdziale 2** („Charakterystyka obiektu badań”) scharakteryzowano obiekt badań, którym była odkrywkowa kopalnia kruszywa naturalnego „Dwory” w Oświęcimiu.

Autor opisał w nim warunki geologiczne i hydrogeologiczne w rejonie tej kopalni odkrywkowej, a także przedstawił stosowany system eksploatacji złożeń. Podał ogólne informacje o znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie odkrywki obiektach inżynierskich, tj. linii kolejowej oraz słupach energetycznych dwóch linii wysokiego napięcia 110 kV. Omówił również zagrożenia naturalne, mogące potencjalnie występować w trakcie realizacji prac górniczych oraz po ich zakończeniu, szczególnie w kontekście zagrożeń ruchami o charakterze osuwiskowym.

W **rozdziale 3** („Analiza profilaktyki górniczej”) omówiono profilaktykę górniczą zastosowaną w przedmiotowej Kopalni przed planowanymi pracami górniczymi oraz w trakcie działalności eksploatacyjnej.

Doktorant szczegółowo przedstawił w nim sposób projektowania filarów ochronnych dla terenów kolejowych i słupów linii energetycznych wysokiego napięcia, a także dokonał analizy planowania bezpiecznej eksploatacji, głównie w odniesieniu do ochrony tych obiektów inżynierskich. Zaprezentował także zastosowaną technologię przy profilowaniu bezpiecznych skarp w wyrobisku oraz zadania monitoringu geodezyjnego w procesie kontroli bezpieczeństwa eksploatacji.

Zdaniem Recenzenta w rozdziale tym zbyt szczegółowo podano sposób projektowania filarów ochronnych, gdyż nie zostało to wykonane przez Doktoranta i nie ma wpływu na realizację celów pracy.

Zasadnicza część pracy zawarta jest w rozdziałach 4 - 7, w których opisano podstawy autorskiej metody zdalnego pomiaru batymetrycznego oraz przedstawiono zastosowany monitoring powierzchniowy i podwodny dla kontroli prawidłowości prowadzenia prac wydobywczych głównie w rejonie obiektów inżynierskich położonych w sąsiedztwie odkrywki.

W **rozdziale 4** („Charakterystyka zastosowanej technologii pomiarów batymetrycznych”) Doktorant opisał autorską metodę zdalnego pomiaru batymetrycznego do monitoringu dna zbiornika wodnego. Omówił podstawy teoretyczne technologii akustycznej w batymetrii, a także jej rozwój na przestrzeni ostatnich kilkadziesiąt lat. Na tym tle stwierdza, że jednym z kierunków doskonalenia metod pomiarowych wykorzystujących batymetrię jest ich automatyzacja poprzez wykorzystanie zdalnie sterowanych pojazdów pływających (ang. USV – Unmanned Surface Vessel). Podążając w tym kierunku Autor opracował i zbudował zdalnie sterowany zestaw pływający służący do pomiarów batymetrycznych, który nazwał „Smart-Sonar-Boat”. Jest on napędzany dwoma silnikami elektrycznymi i wyposażony m.in. w akumulatory żelowe, regulatory napięcia, odbiornik cyfrowy i antenę Wi-Fi. Dla zilustrowania jego konstrukcji przedstawił schemat zastosowanych silników elektrycznych i schemat elektroniczny tego zestawu.

W zestawie „Smart-Sonar-Boat” została przewidziana możliwość zamontowania dwóch sond oraz dwóch przetworników sygnału, gdyż wiele z tych przyrządów pomiarowych nie pozwala na jednoczesną pracę na dwóch częstotliwościach. Jest to według Autora niezbędne, gdyż pomiar na dwóch częstotliwościach zwiększa dokładność pomiaru i umożliwia określanie twardości dennej warstwy sedimentacyjnej. Przewidziano również instalację na zestawie przyzmatu geodezyjnego 360° lub odbiornika GPS, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie dokładności określenia pozycji zestawu.

W przeprowadzonych badaniach Autor wykorzystał dwie echosondy firmy Lowrance: model Mark-4 HDI oraz Elite-4 DSI. W podstawowej konfiguracji wykorzystywany był jednak model Mark-4 HDI z przetwornikiem sygnału pozwalającym na pomiar wiązką akustyczną o częstotliwości 200 kHz i 83 kHz. Za pewne niedociągnięcie uważam nie podanie przez Autora bardziej szczegółowego opisu parametrów technicznych i możliwości zastosowanych echosond.

W dalszej części rozdziału 4 Autor przedstawił sposób rejestracji, transmisji i analizy danych pomiarowych. Niestety nie wymienia nazwy aplikacji użytej w opracowanej przez siebie automatycznej metodzie transmisji danych batymetrycznych, tylko stosuje niezbyt precyzyjne pojęcie „specjalna aplikacja nawigacyjna”.

**Rozdział 5** („Pomiary testowe i analizy dokładnościowe”) poświęcony został opracowaniu charakterystyki dokładnościowej pomiarów wykonywanych zdalną jednostką pływającą „Smart-Sonar-Boat”.

Na podstawie badań testowych Autor dokonał oceny dokładności pomiarów wykonywanych zestawem „Smart-Sonar-Boat” obejmujących wyznaczenie pozycji punktów pomiarowych i pomiar głębokości dna zbiornika wodnego.

Określenia dokładności pozycji urządzenia pomiarowego przeprowadził metodą wielu powtórzeń porównując jego położenia wyznaczone przy użyciu odbiornika GPS wbudowanego w echosondę z położeniami zaobserwowanymi tachimetrycznie, uznanych

w stosunku do tych pierwszych za bezbłędne. Na podstawie 671 różnic wyników takich pomiarów, traktowanych jako błędy prawdziwe obliczył błąd średni pojedynczego pomiaru, który wyniósł  $\pm 1,05$  m oraz przedział ufności średniego błędu odchyłki dla prawdopodobieństwa 95%, otrzymując jego wartość równą  $\pm 0,08$  m.

Ocena dokładności pozycjonowania jednostki pływającej została generalnie wykonana prawidłowo. W pracy brak jest jednak istotnych informacji, które pozwoliłyby w pełni ustosunkować się do otrzymanych dokładności. Do najważniejszych należy zaliczyć brak danych o zastosowanej metodzie pomiarowej GNSS i informacji o sposobie przeliczania otrzymany z pomiaru współrzędnych geograficznych do układu geodezyjnego „2000”.

Należy również podkreślić, że pomiary satelitarne charakteryzują się błędem sezonowym, a tym samym w zależności od pory roku ich dokładność się zmienia. Dla realizacji celów pracy doktorskiej zagadnienia te mają drugorzędne znaczenie, jednakże uważam, że pomiary GNSS mogłyby być opisane dokładniej.

Przyjmując losowość odchyłeń współrzędnych pomierzonych odbiornikiem GPS od rzeczywistego toru jednostki pływającej Autor przeprowadził próbę jego wygładzenia na drodze aproksymacji metodą najmniejszych kwadratów z użyciem kubicznych funkcji sklepanych. Obliczenia wraz z oceną statystyczną wykonał w programie MATLAB R2016a wyznaczając parametr wygładzenia  $\lambda$  funkcji aproksymacyjnej na podstawie minimalizacji błędów prawdziwych określenia współrzędnych X i Y. Wykazał, że wygładzenie toru zestawu pływającego na drodze aproksymacji doprowadziło do zmniejszenia obliczonego z błędów prawdziwych średniego błędu określenia pozycji tego zestawu do wartości  $\pm 0,93$  m, a także do zmniejszenia się ilości punktów z odchyłką przewyższającą 1 m.

Analizę dokładności pomiarów głębokości Autor przeprowadził z wykorzystaniem teorii par spostrzeżeń porównując wyniki takich obserwacji w tych samych miejscach dwoma echosondami pracującymi na różnych częstotliwościach akustycznych (200 kHz i 455 kHz oraz 200 kHz i 800 kHz), a także porównując wyniki pomiarów echosondą na częstotliwości 200 kHz z pomiarami manualnymi sondą drążkową (do głębokości 4 m) oraz sondą ciężarkową (powyżej głębokości 4 m). Na podstawie tak utworzonych par spostrzeżeń obliczył dla poszczególnych zestawów pomiarowych średnie błędy pomiaru głębokości, które wyniosły odpowiednio  $\pm 0,26$  m,  $\pm 0,28$  m i  $\pm 0,15$  m, który to błąd uznał za błąd prawdziwy. Szkoda jednak, że Doktorant nie dokonał analizy przyczyn wyznaczonych błędów i nie ocenił wpływu takich czynników jak np. wpływ rodzaju materiału zalegającego na dnie zbiornika, rodzaj zastosowanej częstotliwości akustycznej, szerokość odbitej wiązki akustycznej, głębokość zbiornika w miejscu pomiaru, temperatura wody, itp. Nie rozpatrzył także jaki wpływ na ocenę nachyleń podwodnych skarp odkrywki mają uzyskane wartości błędów.

**Rozdział 6** („Powierzchniowy geodezyjny monitoring eksploatacji”) dotyczy monitoringu zmian strukturalno-przestrzennych w części nadwodnej oraz wpływu eksploatacji odkrywkowej na słupy linii wysokiego napięcia w okresie prowadzenia eksploatacji górniczej.

W pierwszej części tego rozdziału Autor opisał zachodzące w latach 2013 – 2017 zmiany jakie następowały w ukształtowaniu powierzchni terenu w wyniku zdejmowania nadkładu złoża i tworzenia zwałowisk zewnętrznych, a także jego eksploatacji. Dokonał również analizy nachyleń zboczy wyrobiska i zwałowisk pod kątem ich stabilności

i zgodności z wymaganiami bezpieczeństwa prowadzenia ruchu zakładu górniczego. Wynikiem tej analizy była wdrożona zmiana kształtowania skarpy suchej do formy „schodkowej” w rejonie filarów ochronnych na etapie eksploatacji złoża, a także określenie zakresu koniecznych do wykonania prac rekultywacyjnych, naprawiających i umacniających docelową skarpe złożową i ustalenie sposobu kontroli tych prac.

W drugiej części rozdziału 6 Autor przedstawił pomiary mające na celu ocenę wpływu prowadzonej eksploatacji górniczej na cztery słupy linii wysokiego napięcia znajdujące się w bezpośrednim sąsiedztwie prowadzonych robót górniczych wraz z analizą wyników tych pomiarów.

W okresie prowadzenia eksploatacji złoża wykonywano cykliczne pomiary liniowych wychyleń wierzchołków słupów względem podstawy oraz obserwacje przestrzennych przemieszczeń ich fundamentów.

Pomiary wychyleń słupów, przeprowadzane metodą odrzutowania z dwóch prostopadłych kierunków, pozwoliły stwierdzić przybliżoną stałość kierunków wypadkowych wychyleń oraz występowanie jedynie nieistotnych zmian wartości tych wychyleń wynikających z oddziaływania czynników atmosferycznych oraz ograniczonej dokładności zastosowanej technologii pomiarowej.

Oceny przestrzennych przemieszczeń fundamentów słupów wysokiego napięcia dokonano na podstawie wyników pomiarów tachimetrycznych, którymi określano przemieszczenia poziome fundamentów słupów oraz wyników pomiarów niwelacji geometrycznej o podwyższonej dokładności, którymi wyznaczano przemieszczenia pionowe tych fundamentów.

Pomiary tachimetryczne wykonywane były z dwóch stanowisk swobodnych nawiązanych do stałych punktów osnowy poziomej. Na podstawie nadliczbowych pomiarów nawiązania przeprowadzono każdorazowo wyrównanie współrzędnych swobodnych stanowisk pomiarowych oraz ocenę ich dokładności. Przeprowadzone pomiary wykazały niewielkie (od 12 mm do 24 mm) przemieszczenia fundamentów słupów w kierunku wyrobiska, generalnie mieszczące się w granicach dokładności wykonywanych pomiarów.

Obserwacje niwelacyjne zmian posadowienia konstrukcji słupów w płaszczyźnie pionowej wykonane były w nawiązaniu do reperów, znajdujących się poza terenem wpływów górniczych. Pomiary te wykazały obniżenia fundamentów o wartości pojedynczych milimetrów (maksymalnie 3,3 mm), które generalnie nie przekraczają dokładności wykonywanych pomiarów. Istotne jest przy tym, że obniżenia pomierzone na narożach poszczególnych fundamentów były w zasadzie jednakowe, co świadczy, że nie uległy one przechyleniom.

Na podstawie analizy wyników wykonanych pomiarów Autor stwierdza, że prowadzona eksploatacja górnicza nie miała negatywnego wpływu na stabilność posadowienia słupów linii wysokiego napięcia. Mając na uwadze prawidłowość i kompletność wykonanych pomiarów stabilności posadowienia tych słupów wniosek ten należy uznać za zasadny. Świadczy on o poprawności zastosowanej profilaktyki górniczej i prowadzeniu eksploatacji zgodnie z jej założeniami. Było to możliwe tylko przy stosowaniu właściwego monitoringu geodezyjnego do kontroli postępu prac górniczych i wpływu tej eksploatacji na obiekty inżynierskie. Należy jednak wyrazić zdziwienie, że Autor nie przeprowadził obserwacji

przemieszczeń linii kolejowej, gdyż jako ważny obiekt liniowy przebiegający na nasypie wzdłuż wyrobiska był również zagrożony wpływami prowadzonej eksploatacji górniczej.

**W rozdziale 7** („Podwodny geodezyjny monitoring eksploatacji”) opisane zostały badania zmian dna podwodnego wyrobiska górniczego w trakcie wieloletniej eksploatacji kruszywa naturalnego.

Pomiary dna podwodnej odkrywki w ramach tych badań prowadzone były z zastosowaniem autorskiej metody zdalnego monitoringu wykorzystującej opisany w rozdziałach 4 i 5 zestaw „Smart-Sonar-Boat”. Na ich podstawie sporządzane były modele strukturalno-przestrzenne tego dna, takie jak mapy batymetryczne, mapy nachyleń oraz mapy twardości struktury dna. Służyły one do analizy procesu kształtowania się dna wyrobiska podwodnego w czasie robót górniczych i do sprawdzania zgodności tych robót z założoną profilaktyką górniczą.

Przetwarzanie danych pomiarowych, tworzenie modeli wyrobiska, generowanie charakterystycznych profilów oraz analizy dokładnościowe i statystyczne wykonane zostały z zastosowaniem specjalistycznych algorytmów obliczeniowych oraz programów graficznych i matematycznych. Autor nie precyzuje jednak jakie programy wykorzystał przy ich opracowywaniu.

Podsumowując wyniki badań przedstawionych w rozdziale 7 Autor stwierdza, że metoda zdalnego monitoringu przewyższa klasyczny pomiar batymetryczny pod kątem efektywności i dokładności. Dzięki możliwości wykonywania zestawem „Smart-Sonar-Boat” pomiarów w dowolnym miejscu wyrobiska oraz szybkości i precyzyjności takich pomiarów można otrzymać model dna zbiornika o zdecydowanie większej rozdzielczości niż w przypadku stosowania metody klasycznej. Pozwoliło to Autorowi tak dostosowywać metodę eksploatacji złoża, aby minimalizować prawdopodobieństwo zaistnienia niekontrolowanego obrywu skarpy złożowej. W mojej opinii Autor wykazał pełną przydatność zastosowanej, autorskiej metody pomiarowej.

**Rozdział 8** („Podsumowanie i wnioski końcowe”) zawiera podsumowanie będące streszczeniem prac badawczych opisanych w dysertacji oraz wnioski z tych badań w należyтым stopniu udawadniające tezy sformułowane w rozdziale 1 pracy.

### **3. Ocena omawianej pracy doktorskiej**

W opiniowanej pracy doktorskiej podjęto problematykę odkrywkowej eksploatacji kruszyw naturalnych spod lustra wody prowadzonej w sąsiedztwie ważnych obiektów budowlanych. Warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa takiej eksploatacji jest jej realizacja zgodnie z projektem robót górniczych, w tym z opracowaną profilaktyką górniczą. Kontrola zawartych w tym projekcie założeń jest prowadzona na drodze systematycznych pomiarów geodezyjnych powiązanych z pomiarami batymetrycznymi. Pomiary te powinny umożliwiać odpowiednią dokładność opisu geo-przestrzennych zmian zachodzących w wyrobisku. Aby to uzyskać pomiary te powinny cechować się dużą efektywnością, co pozwala na ich prowadzenie w zakresie i z częstotliwością odpowiednią do intensywności zachodzących zmian.

Prowadząc monitoring zmian geo-przestrzennych powodowanych eksploatacją górnictw spod lustra wody metodą klasycznej batymetrii Autor stwierdził, że jest ona zbyt mało dokładna i efektywna w stosunku do stawianych jej celów. Szczególnie było to widoczne przy obserwacjach dokonywanych w rejonach filarów chroniących ważne obiekty budowlane. Dlatego też Autor podjął tematykę ich usprawnienia poprzez zautomatyzowanie procesu pomiarowego i opracowania wyników takich obserwacji. Swoje badania wykonywał na kopalni „Dwory” eksploatującej odkrywkowo kruszywa naturalne spod lustra wody.

W recenzowanej dysertacji poza dość dokładnym scharakteryzowaniem obiektu badań, założeń górnictwo-eksploatacyjnych odkrywkowych robót górnictw, w tym dotyczących profilaktyki górnictw mającej na celu bezpieczeństwo położonych w rejonie odkrywki obiektów budowlanych, przyczyn zagrożeń w postaci lokalnych zjawisk osuwiskowych występujących przy realizacji eksploatacji górnictw (zagadnienia te zostały omówione w rozdziałach 1, 2 i 3) można wyróżnić dwa główne nurty tematyczne:

**Pierwszy z nich, opisany w rozdziałach 4 i 5,** dotyczy opracowania koncepcji automatyzacji monitoringu postępu robót górnictw opartego na zdalnie sterowanym zestawie pomiarowym do batymetrii akustycznej. Opracowana charakterystyka dokładnościowa zaproponowanego zestawu pomiarowego pozwoliła na dalszym etapie badań dokonać oceny wiarygodności otrzymanych wyników pomiarów i w konsekwencji numerycznych modeli powierzchni dna zbiornika eksploatacyjnego.

**Drugi nurt tematyczny przedstawiony w rozdziałach 6 i 7,** pokazuje zastosowaną metodykę prowadzenia monitoringu eksploatacji górnictw w części powierzchniowej i podwodnej z wykorzystaniem między innymi zbudowanego zestawu do zdalnej batymetrii. Zastosowanie tego zestawu pozwoliło zautomatyzować prowadzone pomiary ukształtowania dna wyrobiska, a także proces opracowania ich wyników. Dzięki zwiększonej efektywności i dokładności pomiarów batymetrycznych uzyskano możliwość bieżącej modyfikacji prac górnictw mającej na celu zachowanie bezpieczeństwa prowadzonej eksploatacji i ochrony obiektów inżynierskich.

Główne osiągnięcia opiniowanej pracy to:

- Zbudowanie zestawu do zdalnego monitoringu batymetrycznego i ocena ogólnej charakterystyki dokładnościowej wykonywanych nim pomiarów.
- Opracowanie sposobu rejestracji, transmisji i analizy danych uzyskanych pomiarami z wykorzystaniem zestawu do zdalnej batymetrii.
- Wdrożenie do praktyki górnictw zdalnego monitoringu batymetrycznego pozwalającego na bieżąco kontrolować postępy prac eksploatacyjnych i modyfikować te prace przy stwierdzeniu odstępstw od projektu, a także przy wystąpieniu zagrożenia ruchami osuwiskowymi na skarpach odkrywki.
- Pokazanie, że zastosowanie zdalnej batymetrii pozwoliło istotnie zwiększyć efektywność i dokładność wykonywanych prac pomiarowych w stosunku do klasycznej batymetrii, a także zmniejszyć obsługę tych prac do jednej osoby.
- Wykazanie, że modele batymetryczne, w połączeniu z uzyskaną pomiarami akustycznymi informacją o twardości struktury dna wyrobiska eksploatacyjnego, umożliwiają przeprowadzenie wiarygodnej kontroli stopnia wyeksploatowania złoża.

Wymienione osiągnięcia opiniowanej pracy świadczą o tym, że Autor w pełni zrealizował założone tezy pracy.

Należy podkreślić, że realizacja pracy wymagała od Autora znacznej wiedzy w zakresie matematyki i zasad modelowania numerycznego, budowy zdalnie sterowanych pojazdów pływających, a także z zakresu pomiarów batymetrycznych. Szczególnym osiągnięciem badawczym jest opracowana autorska koncepcja budowy zestawu pływającego do pomiarów batymetrycznych oraz algorytmu automatycznej transmisji danych z takich pomiarów. Stworzenie stosunkowo prostej metody pomiarowej pozwoliło rozwiązać typowe problemy monitoringu batymetrycznego wykonywanego dotychczas w sposób klasyczny – tj. z łódki o ograniczonej sterowności, która nie pozwala często na pomiar we wszystkich miejscach.

Podstawowe braki merytoryczne rozprawy zostały podane przy opisie jej treści. W pracy występują także błędy stylistyczne i interpunkcyjne a także związane z formatowaniem treści. Autor stosuje zamiennie przecinek i kropkę jako separator liczb dziesiętnych.

Na pierwszej stronie brakuje pełnej nazwy Uczelni – tj. Akademii Górniczo Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie przesądzają o wartości merytorycznej pracy. Mają one jedynie charakter sugestii dla Autora przy realizacji dalszych prac badawczych nad zagadnieniami poruszonymi w dysertacji, które cechują się znacznym potencjałem dalszego rozwoju.

#### **4. Wniosek końcowy**

Autor wykazał w swojej pracy doktorskiej głęboką znajomość problemu i wykorzystał aktualny stan wiedzy dotyczącej opracowywanego tematu. Wykazał się umiejętnością samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych i technicznych. Przedstawił samodzielne i oryginalne rozwiązanie zagadnienia automatyzacji monitoringu zmian geoprzestrzennych powodowanych eksploatacją górnictw pod lustrą wody.

Opiniowana praca doktorska zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Cechuje ją wysoki poziom naukowy, innowacyjność oraz użyteczność.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Dominika Madusioka pt.: „Monitoring geodezyjny ruchów mas ziemnych przy eksploatacji kruszywa pod lustrą wody w aspekcie bezpieczeństwa obiektów inżynierskich” czyni zadość wymogom ustawowym, szczególnie warunkom określonym w Ustawie z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z tym stawiam wniosek Radzie Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

