

dr hab. inż. Maria Mrówczyńska, prof. UZ
Uniwersytet Zielonogórski
Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska
Zakład Technologii Budownictwa, Geotechniki i Geodezji
ul. Z. Szafrana 1
65-516 Zielona Góra

Zielona Góra, 02.02.2018 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marii Makuch

pt. „Zastosowanie naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji hiperboloidalnych chłodni kominowych”

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi uchwała Rady Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie nr 153/2017 oraz pismo Dziekana Wydziału, Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Gawrońskiego nr DI-520-6/2015 z dnia 18.12.2017 r.

2. Przedmiot i zawartość rozprawy

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr inż. Marii Makuch pt. „Zastosowanie naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji hiperboloidalnych chłodni kominowych”. Praca ma charakter teoretyczno-badawczy i składa się z 10 rozdziałów głównych oraz rozdziału ze spisem bibliografii, obejmującym 375 pozycji literatury (2 pozycje współautorskie Doktorantki), w tym 33 dodatkowe pozycje w postaci ustaw, normy, instrukcji resortowych, wytycznych i instrukcji, ekspertyz oraz stron internetowych. Tekst rozprawy liczy 165 stron w tym: 62 rysunki, 35 tabel oraz 32 wzory.

W rozdziale 1 Doktorantka przedstawiła ogólną problematykę związaną z eksploatacją hiperboloidalnych chłodni kominowych, zaleceń technicznych związanych z diagnostyką budowli monolitycznych oraz wykonywania ich modernizacji, a także wskazała możliwość wykorzystania nowoczesnych metod pomiarowych, w tym naziemnego skaningu laserowego we współczesnej diagnostyce konstrukcji inżynierskich.

W rozdziale 2 szeroko przedstawiono problematykę modernizacji hiperboloidalnych chłodni kominowych. Bazując na literaturze przedmiotu przedstawiono zadania realizowane przy modernizacji chłodni kominowych, a także cele przeprowadzania oraz metody działań diagnostycznych przy ocenie stanu technicznego budowli. Warto podkreślić, że przedstawiony w pracy przegląd literatury dotyczący diagnostyki i napraw chłodni kominowych jest szeroki i wykonany bardzo rzetelnie. Doktorantka bazowała zarówno na publikacjach i artykułach naukowych jak i ekspertyzach oraz obowiązujących normach i przepisach prawa.

Rozdział 3 został poświęcony tematyce związanej z teoretycznymi i praktycznymi aspektami naziemnego skaningu laserowego oraz możliwych do uzyskania dokładności w trakcie wykonywanych prac pomiarowych. W szczególności Doktorantka zwróciła uwagę na możliwości wykorzystania skaningu laserowego do pomiarów inżynierskich skupiając swoją uwagę na monitoringu deformacji konstrukcji (tunele, budowle wysokie, łukowe obiekty murowe) oraz ocenie stanu powierzchni (dźwigar mostowy, chłodnie kominowe, obiekty zabytkowe, nawierzchnie drogowe). Tak jak w poprzednim rozdziale przeprowadzone badania literaturowe są bardzo rzetelnie wykonane i bazujące na szerokim zakresie literatury (może trochę za szerokim?).

W rozdziale 4 zdefiniowano cel rozprawy doktorskiej oraz tezę badawczą, poprzedzając to uzasadnieniem wykorzystania technologii naziemnego skaningu laserowego do kompleksowej oceny stanu technicznego tego rodzaju konstrukcji.

W rozdziale 5 przedstawiono charakterystykę hiperboloidalnej chłodni kominowej podlegającej badaniom, która została zlokalizowana na terenie historycznej Huty im. Tadeusz Sendzimir i obsługuje jedyny obecnie czynny piec. Doktorantka przedstawiła charakterystykę założeń projektowych, wykonała przegląd dostępnej dokumentacji związanej z obiektem oraz przedstawiła główne wnioski zawarte w ekspertyzie dotyczącej stanu technicznego obiektu wykonanej w 2015 roku.

Rozdział 6 prezentuje koncepcję oraz metodykę pomiarów okresowych chłodni kominowej z uwzględnieniem zarówno specyfiki obiektu jaki i ograniczeń terenowych oraz harmonogramu prac remontowych, który wpłyną na cykliczność przeprowadzanych pomiarów. W rozdziale przedstawiono również sposób projektowania, pomiaru oraz stabilizacji punktów sieci kontrolno-pomiarowej założonej dla potrzeb oceny stanu konstrukcji chłodni oraz przybliżono zastosowane techniki pomiarowe (skaningu naziemnego oraz tachimetrię bezlustrową).

W rozdziale 7 omówiono zagadnienia związane ze wstępnym opracowaniem danych oraz weryfikacją uzyskanych wyników. Doktorantka przedstawiła od strony teoretycznej zagadnienia związane z wyrównaniem wyników pomiarów sieci obserwacyjnej (wysokościowej oraz poziomej), definicją układu odniesienia oraz wyznaczeniem przemieszczeń pionowych i poziomych punktów sieci. w dalszej kolejności zaprezentowano teoretyczne podstawy związane z rejestracją danych pozyskanych z zastosowaniem skaningu laserowego i nadaniu im georeferencji. W rozdziale Doktorantka przeprowadziła weryfikację zgodności danych pozyskanych technologią skaningu laserowego bazując na wynikach niezależnego pomiaru referencyjnego wykonanego z wykorzystaniem precyzyjnej tachimetrii bezlustrowej.

Rozdziały 8 i 9 przedstawiają zagadnienia związane z praktycznym wykorzystaniem metody naziemnego skaningu laserowego do badania geometrii i oceny stanu powierzchni hiperboloidalnej chłodni kominowej. Doktorantka zaprezentowała wyniki pomiarów kontrolnych mających na celu: wyznaczenie odchylenia osi obiektu od linii pionu, kontrolę kołowości przekroju chłodni kominowej, określenie grubości powłoki bez przeprowadzania badań niszczących, wyznaczenia imperfekcji geometrycznych żelbetowej budowli oraz do oceny stanu powierzchni modernizowanej chłodni w tym weryfikacji ciągłości powierzchni i wskazania zmodernizowanych fragmentów powłoki. Uważam, że zawarte w tych rozdziałach informacje są najbardziej interesujące z punktu widzenia uzyskanych wyników badań i możliwości zastosowania naziemnego skaningu laserowego w badaniu i ocenie stanu technicznego chłodni kominowych, świadczą o umiejętności prowadzenia przez Doktorantkę badań i przeprowadzenia weryfikacji statystycznej stawianych hipotez badawczych.

W rozdziale 10 zawarto podsumowanie wyników badań oraz wnioski w zakresie: wstępnej weryfikacji i opracowania danych naziemnego skaningu laserowego, badań geometrii konstrukcji oraz oceny stanu technicznego obiektu i jego powierzchni w procesie przeprowadzonych modernizacji. Doktorantka zaprezentowała również w sposób bardzo przejrzysty koncepcje zastosowania naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji chłodni kominowych na różnych etapach pozyskiwania i opracowania danych oraz wskazała kierunki dalszych badań.

W ramach realizacji głównych założeń oraz celu rozprawy Doktorantka zaplanowała oraz wykonała cztery serie pomiarowe (pomiar wyjściowy oraz trzy pomiary okresowe), z wykorzystaniem metod geodezyjnych oraz naziemnego skaningu laserowego, mające na celu ocenę stanu żelbetowej powłoki chłodni kominowej, kontrolę trwałości wykonanych prac remontowych i modernizacyjnych, a także pomiary wnętrza obiektu, których podstawowym celem było wyznaczanie grubości powłoki bez konieczności wykonywania badań niszczących.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Zaprezentowana problematyka

Rozwój oraz coraz większa dostępność nowoczesnych geodezyjnych technologii pomiarowych, do których zaliczany jest naziemny skaning laserowy, spowodowały, iż są one coraz częściej wykorzystywane do diagnostyki obiektów inżynierskich. Takie nowoczesne podejście diagnostyczne pozwala na wykrywanie zmian geometrycznych lub materiałowych zachodzących na obiekcie, które mogłyby spowodować zakłócenia eksploatacji obiektu lub jego awarię. Warto podkreślić, że w przypadku diagnostyki stanu obiektów inżynierskich duże znaczenie mają zarówno metody i narzędzia pomiarowe służące pozyskiwaniu danych jak również techniki i algorytmy pozwalające na ich poprawną weryfikację oraz opracowanie, w celu pozyskania wiarygodnych informacji o stanie budowli.

W rozprawie jako obiekt badawczy przyjęto czynną chłodnię kominową, której głównym elementem konstrukcyjnym jest żelbetowa powłoka, posiadająca formę hiperboloidy obrotowej o dwukierunkowej ciągłości krzywizny. Tego typu obiekty były projektowane i wznoszone na potrzeby przemysłu głównie drugiej połowie XX wieku. Obiekty były projektowane w sposób oszczędny, a materiały z których je wykonano były z reguły niskiej jakości. Dodatkowo błędy w wykonawstwie, nieuchronny upływ czasu, eksploatacja oraz wpływy atmosfery przemysłowej spowodowały, że są to obiekty, które charakteryzują się postępującą degradacją i wymagają działań remontowo-modernizacyjnych. Podjęcie tych działań wymaga jednak zastosowania rozwiązań pozwalających na identyfikację uszkodzeń obiektu oraz kompleksową ocenę jego stanu technicznego i geometrii.

W tym kontekście, oceniam iż zaprezentowana przez Doktorantkę koncepcja wykorzystania naziemnego skaningu laserowego do kompleksowej oceny stanu budowli hiperboloidalnych jest zagadnieniem aktualnym i oryginalnym. Celowym było również założenie na obiekcie sieci pomiarowo-kontrolnej, przeprowadzenie pomiarów okresowych z zastosowaniem klasycznych metod geodezyjnych, technologii skaningu laserowego oraz analiza pozyskanych informacji.

3.2. Teza oraz postawione cele badawczych

Głównym celem rozprawy była ocena możliwości zastosowania naziemnego skaningu laserowego w wyznaczenia imperfekcji geometrycznych i uszkodzeń powierzchniowych powłok hiperboloidalnych chłodni kominowych w celu przeprowadzenia ich modernizacji. Stawiając sobie do zrealizowania taki cel, Doktorantka sformułowała tezę rozprawy mówiącą, że odpowiednio pozyskane i opracowane dane z naziemnego skaningu laserowego dostarczają kompleksowej informacji o stanie powłoki hiperboloidalnej chłodni kominowej przed jej modernizacją oraz umożliwiają weryfikację poprawności i trwałości przeprowadzonych prac remontowych.

Odpowiednio przyjęta i zrealizowana przez Doktorantkę metodyka pomiarów w postaci zamkniętego cyklu pomiarowego pozwoliła na pozyskanie danych w postaci quasi-ciągłych zbiorów punktów, opisujących trzy różne stany zewnętrznej części płaszcza chłodni oraz kondycję wnętrza obiektu. Taki tok postępowania pozwolił na ocenę przydatności naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji chłodni kominowych. Przedstawiona przez Doktorantkę teza została więc udowodniona, a szczegółowe zalecenia związane z zastosowaniem naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji chłodni kominowych w zakresie wstępnego opracowania danych oraz oceny geometrii i stanu powierzchni przed i po modernizacji zostały zestawione w podsumowaniu wyników badań i wniosków. Postawiona przez Doktorantkę teza dotyczy aktualnych zagadnień praktycznych i może stanowić interesujący przyczynek do dalszych badań związanych z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego do monitoringu obiektów inżynierskich.

3.3. Ocena wartości naukowej rozprawy

Po przeanalizowaniu recenzowanej rozprawy doktorskiej uważam, że zaprezentowane zagadnienia są oryginalne, a za najważniejsze osiągnięcia naukowe Doktorantki uznaję:

1. Bardzo szczegółowe i wnikliwe przeanalizowanie literatury światowej oraz krajowej (375 pozycji literatury w tym 238 pozycji obcojęzycznych) dotyczącej problematyki związanej z eksploatacją oraz modernizacją hiperboloidalnych chłodni kominowych o konstrukcji żelbetowej, praktycznymi i teoretycznymi aspektami związanymi z wykorzystaniem naziemnego skaningu laserowego oraz bezreflektorowego pomiaru tachimetrycznego, procedurami wstępnego opracowania danych, a także badaniami geometrii obiektów inżynierskich i oceny ich stanu technicznego. Przeprowadzone badania literaturowe pozwoliły Doktorantce na sformułowanie problemu badawczego, celu i tezy rozprawy, a także określiły zakres dysertacji.
2. Zaplanowanie i przeprowadzenie pomiarów terenowych z wykorzystaniem tachimetrii bezreflektorowej, niwelacji precyzyjnej oraz skaningu laserowego. Doktorantka zaplanowała pomiary w sposób zapewniający ocenę stanu technicznego oraz ocenę geometrii obiektu biorąc pod uwagę konieczność przeprowadzenia prace remontowych na obiekcie oraz konieczność kontroli poprawności ich wykonania. Doktorantka wykazała się w tym zakresie bardzo dobrą znajomością problemu związanego z eksploatacją obiektu, a wykonane pomiary pozwoliły na uzyskanie pełnej informacji na temat obiektu przed remontem, bezpośrednio po nim oraz po ustaniu warunków mających niszczący wpływ na przeprowadzone modernizacje (okres zimowy).
3. Osiągnięcie aplikacyjnego celu rozprawy, jakim jest zaproponowanie koncepcji zastosowania naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji chłodni kominowych. Koncepcja ta została zaproponowana przez Doktorantkę na podstawie analizy procedur podyktowanych wymaganiami branżowymi oraz z założeniem, iż zaproponowane rozwiązania pomiarowe będą kompleksowe, powiązane z efektywnymi algorytmami opracowania danych i pozwolą jednocześnie na efektywną diagnostykę remontowanych obiektów. Należy podkreślić, że w czasie prowadzenia prac pomiarowych wykorzystano autorskie rozwiązania dotyczące zastosowania stalowych kul referencyjnych wraz adapterami, które gwarantują ich stabilne położenie w trakcie realizacji obserwacji. Rozwiązania te zostały zgłoszone do Urzędu Patentowego w celu uzyskania prawa ochronnego na wzór użytkowy (zgłoszenia numer W.126075 oraz W. 126076).
4. Opracowanie koncepcji analiz przeprowadzanych na pozyskanych chmurach punktów pozwalających na: wskazanie miejsc uszkodzeń żelbetowego płaszcza (na podstawie wartości lokalnej krzywizny przekształconej funkcji pierwiastkowej), detekcję i klasyfikację uszkodzeń rozmieszczonych na dużej powierzchni monolitycznej (algorytm najbliższego sąsiedztwa), ocenę jakości zrealizowanych prac remontowych (metoda oparta na analizie lokalnej krzywizny), detekcję i klasyfikację miejsc na powłoce z przesączeniami wilgoci oraz identyfikację zmian materiałowych charakterystycznych dla wyremontowanej powłoki (metoda oparta na analizie lokalnej krzywizny uzupełniona informacjami radiometrycznymi).
5. Zaproponowanie rozwiązania (nieniszczącego) pozwalającego na określenie grubości żelbetowego płaszcza chłodni na podstawie wyznaczenia odległości punktów uzyskanych w wyniku pomiarów wykonanych metodą skaningu laserowego wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni obiektu. Określenie grubości płaszcza (niejednorodnej na całej wysokości konstrukcji) jest niezbędne w weryfikacji stanów granicznej nośności i użyteczności konstrukcji. Zaproponowane przez Doktorantkę rozwiązanie pozwala nie tylko na weryfikację zaprojektowanej grubości konstrukcji, ale również identyfikację zmian grubości powstałych

na skutek błędów wykonawczych, uszkodzeń w czasie eksploatacji oraz prowadzonych remontów i wzmocnień.

4. Uwagi krytyczne

4.1. Uwagi merytoryczne

W wyniku przeanalizowania treści przedstawionej rozprawy można wskazać następujące krytyczne uwagi o charakterze ogólnym:

1. Doktorantka przeprowadziła szczegółowe badania literaturowe związane z hiperboloidalnymi chłodniami kominowymi o płaszczu w konstrukcji żelbetowej, jednak nie wspomniała, że jest to jeden z rodzajów chłodni. Występują również chłodnie stożkowe, walcowe, chłodnie o innej konstrukcji niż żelbetowa na przykład chłodnie o stalowej konstrukcji kratowej z obudową aluminiową lub drewnianą, czy też chłodnie wykonane w innej technologii, takim przykładem mogą być chłodnie celkowe. Przy tak bogatym przeglądzie literatury warto byłoby przytoczyć takie informacje.
2. Na stronie 16 Doktorantka napisała że „Częstotliwość pomiarowa ustalana jest w odniesieniu do aktualnego stanu obiektu”, przy ustalaniu częstotliwości pomiaru należy wziąć pod uwagę również inne czynniki, jak na przykład prędkość zmian zachodzących na obiekcie czy też aktualne warunki związane z eksploatacją obiektu.
3. W zestawieniu tabelarycznym na stronie 62 dotyczącym specyfikacji technicznej tachimetrów precyzyjnych widać, że pomiary okresowe prowadzone były z zastosowaniem trzech różnych instrumentów. Z czego wynikało takie podejście? Uważam, że w przypadku pomiarów mających na celu ocenę stabilności punktów układu odniesienia należy zastosować sprzęt pomiarowy o tej samej nominalnej dokładności wykonywanych pomiarów.
4. W rozdziale 7 (strona 67) Doktorantka przeprowadziła analizę istotności przemieszczeń pionowych i poziomych punktów sieci obserwacyjnej i punktów nawiązania bazując na przyjętym kryterium stałości (którego jednak Doktorantka wprost w pracy nie zdefiniowała) oraz wynikach wyrównania z poszczególnych serii pomiarowych. Analiza została przeprowadzona pomiędzy następującymi po sobie seriami pomiarowymi. Dlaczego nie przeprowadzono analizy istotności przemieszczeń względem pomiaru wyjściowego? W tym kontekście nieuprawniony jest też wniosek postawiony przez Doktorantkę na stronie 70, iż zachodzi niezmienność sytuacyjna i wysokościowa położenia punktów sieci obserwacyjnej względem (począwszy od) pomiaru wyjściowego.
5. Na stronie 69 Doktorantka pisze „Analizowano wyrównane przewyższenia, wyznaczone w stałym układzie odniesienia, zdefiniowanym na Rp. 520.” W jaki sposób zdefiniowano układ odniesienia na Rp. 520? Z wcześniejszego tekstu wynika, że przemieszczenia pionowe uzyskano wyrównując sieć przy minimalnych ograniczeniach stopni swobody co nie jest jednoznaczne z wyrównaniem w stałym układzie odniesienia.
6. Na stronach 89 i 90, rysunki 8.2 i 8.3 przedstawiono wykresy odchylenia osi budowli od linii pionu w poszczególnych seriach pomiarowych. Uważam, że numeracja poszczególnych poziomów pomiarowych powinna być prowadzona od 0 do 10, a nie w sposób zaproponowany przez Doktorantkę, również zaproponowana skala odchylenia powinna być większa co umożliwiłoby lepszą ocenę wizualną uzyskanych wyników. Dodatkowo podana w podpisach rysunków skala odchylenia 1:20 nie odpowiada graficznej interpretacji. Ta sama uwaga dotyczy rysunku 8.11 na stronie 100, tutaj również zaproponowana skala 1:500 nie odpowiada interpretacji graficznej.
7. Uważam, że w rozprawie powinno pojawiać się określenie punktów, dla których wyznaczamy wartości przemieszczeń jako punktów (reperów) kontrolowanych. Taka

nomenklatura jest zgodna z zapisami Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie standardów technicznych wykonywania geodezyjnych pomiarów sytuacyjnych i wysokościowych oraz opracowania i przekazywania wyników tych pomiarów do państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego oraz normy PN-N-02211:2000. Natomiast Doktorantka stosuje określenie punkty kontrole zarówno dla punktów kontrolowanych (np. strony 16, 17, 51) jak i dla punktów które w rzeczywistości pełnią rolę kontrolną (np. strony 69, 78).

4.2. Uwagi redakcyjne, edytorskie i językowe

Rozprawa charakteryzuje się prawidłowym układem tekstu, jest na bardzo dobrym poziomie językowym i edytorskim, w tekście rozprawy znalazło się jednak kilka drobnych błędów i nieścisłości, które nie wpływają ujemnie na ocenę pracy:

1. Jak wspomniano wcześniej Doktorantka dokonała bardzo szczegółowych badań literaturowych, jednak cytowanie poszczególnych pozycji w pracy zdecydowanie utrudnia jej czytania. W rozprawie znajdują się takie akapity (np. podrozdział 2.1, pierwszy akapit) gdzie w każdym zdaniu mamy odniesienia do literatury. Dodatkowo Doktorantka przy odwoływaniu się do norm podaje datę ich publikacji (np. strony 22,23), czego raczej nie robimy.
2. Tytuły rozdział i podrozdział 2.3 oraz 2.3.2 w spisie treści nie zgadzają się z tytułami, które znajdują się w tekście pracy.
3. Czytając tekst rozprawy (szczególnie rozdział 2) można zauważyć, że Doktorantka nadużywa słowa „determinując”.
4. Błędny opis rysunków: 3.6, 5.2.
5. W rozdziale 7 błąd w numeracji rysunku (rys. 7.7 strona 86), w rozdziale 8 błąd w numeracji tabel (od tabeli 8.3, strona 93), w rozdziale 9 błąd numeracji tabel (od tabeli 9.7, strona 120), w rozdziale 9 błąd w numeracji rysunków (od rysunku 9.20, strona 132). Przedstawione powyżej nieścisłości powodują jednocześnie błędne odniesienia do rysunków i tabel zastosowane w tekście poszczególnych wymienionych rozdziałów lub ich części.
6. W pracy zastosowano niejednolity zapis: zmiennych (kursywa lub jej brak), oznaczenie wartość dziesiętnych (kropka lub przecinek) oraz jednostek kątowych (stopnie lub grady). To ostatnie jest szczególnie istotne jeżeli piszemy o nominalnych dokładnościach instrumentów czy też wykonywanych pomiarów tak jak ma to miejsce na stronie 58.

Proszę, aby Doktorantka nie ustosunkowywała się do powyższych uwag redakcyjnych, edytorskich i językowych w trakcie publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

5. Wnioski

W przedstawionej rozprawie doktorskiej mgr inż. Maria Makuch zaproponowała i rozwiązała oryginalne zagadnienie dotyczące opracowania koncepcji zastosowania naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji chłodni kominowych w zakresie prowadzenia prac terenowych, wstępnego opracowania danych oraz badania geometrii i oceny stanu płaszcza żelbetowego. Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy związanego z cienkościennymi obiektami budowlanymi jakim są chłodnie kominowe oraz wyznaczeniem i analizą deformacji obiektów inżynierskich z zastosowaniem naziemnego skaningu laserowego. Ponad to mgr inż. Maria Makuch wykazała, że potrafi zaplanować i prowadzić badania na obiektach rzeczywistych, weryfikować uzyskane wyniki oraz stawiane hipotezy pod względem zgodności statystycznych oraz formułować poprawne wnioski. W końcowej części pracy Doktorantka wskazała również kierunki dalszych badań, co potwierdza, że jest Ona odpowiednio przygotowana do

samodzielnego prowadzenia prac naukowych oraz badawczych. Uwagi krytyczne przedstawione w rozdziale 4 niniejszej recenzji mają charakter dyskusyjny i nie wpływają na obniżenie mojej dobrej oceny poziomu merytorycznego rozprawy.

Oceniam, że recenzowana rozprawa stanowi rozwiązanie oryginalnego zagadnienia naukowego oraz potwierdza, że Doktorantka posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Rozprawa jest opracowana na dobrym poziomie naukowym i redakcyjnym oraz wnosi wkład w rozwój wiedzy w dyscyplinie geodezja i kartografia, a także ma znaczenie praktyczne. Stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska autorstwa mgr inż. Marii Makuch pt. „Zastosowanie naziemnego skaningu laserowego w procesie modernizacji hiperboloidalnych chłodni kominowych” spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim określone w ustawie z dnia 14.03.2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2017, poz. 1789). W związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie przedłożonej rozprawy doktorskiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Maria Mrówczyńska

