

Recenzja rozprawy doktorskiej pt. „*Wpływ zagrożeń osuwiskowych na przydatność terenu do zabudowy*” autorstwa

mgr inż., mgr inż. arch. Piotra Ochaba

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo z dn. 4 stycznia 2022, do którego dołączone jest pismo prof. dr hab. inż. Tomasza Siwowskiego, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport na Wydziale Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej, powierzające mi ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Ochaba na temat: „*Wpływ zagrożeń osuwiskowych na przydatność terenu do zabudowy*”.

Recenzja została opracowana na podstawie obowiązujących przepisów Ustawy z dn. 14.03.2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach naukowych i tytule naukowym w zakresie sztuki i Ustawy z dn. 3.07.2018 *Przepisy wprowadzające ustaw- Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dn. 30.08.2018 a także rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 22.09.2011 *w sprawie szczegółowego trybu warunków i przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz o nadanie tytułu profesora* oraz jego nowelizacji z dn. 19.01.2018.

2. Przedmiot recenzji

Przedmiot recenzji stanowi opracowanie pt. *Wpływ zagrożeń osuwiskowych na przydatność terenu do zabudowy* autorstwa mgr inż. Piotra Ochaba. Promotorem pracy jest dr hab. inż. Izabela Skrzypczak, prof. Ucz., a promotorem pomocniczym dr inż. Grzegorz Oleniacz. Rozprawa liczy 261 stron maszynopisu, w tym 76 rysunków. Przytoczono 414 pozycji literatury, z czego 132 pozycje pochodzą z roku 2012 i lat późniejszych. Do rozprawy dołączono streszczenie w języku polskim i angielskim.

### 3. Tematyka rozprawy

W pracy podjęto zagadnienie przydatności inwestycyjnej gruntów budowlanych na terenach osuwiskowych. Doktorant postawił sobie jako cel rozprawy opracowanie modelu matematycznego do sporządzania map przydatności terenu osuwiskowego do zabudowy, wykorzystującego narzędzia informatyczne, geoinformację oraz metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji.

W związku z dynamicznym rozwojem zabudowy, a także nowoczesnych narzędzi pomiarowych i technik obliczeniowych, podjęty temat jest bardzo aktualny. W Polsce, ma on szczególne znaczenie w Karpatach, gdzie występowanie osuwisk jest dość powszechne. Szacuje się, że 95% wszystkich osuwisk w kraju występuje na tym terenie, który stanowi 6% powierzchni Polski. Szacunkowo, na obszarze Karpat liczba osuwisk wynosi ok. 60 000, a udział terenu podatnego na osuwiska do ogólnej powierzchni to ok. 30-40%.

Stąd też wynika znaczenie podjętego tematu a uzyskane wyniki mogą mieć praktyczne zastosowanie.

### 4. Układ redakcyjny rozprawy

Recenzowana rozprawa ujęta jest w ośmiu rozdziałach.

**Rozdział pierwszy (wstęp- 8 str.)** stanowi wprowadzenie w problematykę pracy. Autor krótko omawia istotę zagadnienia - w świecie ciągle rosnących potrzeb wykorzystania terenów inwestycyjnych, intensywnej eksploatacji zasobów naturalnych i niestabilnych warunków klimatycznych kwestie oceny wpływu zagrożeń na przydatność terenu do zabudowy stają się bardzo istotne.

Przykładem takich zagrożeń niech będą trzęsienia ziemi w pobliżu linii brzegowej mogące generować tsunami (awaria elektrowni atomowej w Fukushima 2011- zginęło 16 000 osób) czy osuwisko góry Monta Toc (1963) do zbiornika wodnego co spowodowało zniszczenie 5 miast we Włoszech (zginęło 1917 osób), a trzęsienie ziemi pod dnem Oceanu Indyjskiego w roku 2004 wywołało tsunami, które na wybrzeżu Indonezji oraz w archipelagach Andamanów i Nikobarów i w okolicach, sprawiło iż liczba zabitych i zaginionych wynosi co najmniej 294 tysiące ludzi i nie jest to ostateczny bilans tragedii. Kilka milionów osób straciło dach nad głową.

Nie tak tragiczne skutki mają katastrofy naturalne w Polsce, gdzie ulewne deszcze mogą powodować nie tylko powodzie. W wyniku powodzi w roku 1997 we Wrocławiu zostało

zalanych i podtopionych 2583 budynków mieszkalnych, zalany został budynek filharmonii, Teatru Polskiego i sądu wojewódzkiego; ponadto w wyniku powodzi ucierpiały trzy hale sportowe, port miejski, zakład uzdatniania wody oraz Dworzec Świebodzki; ponadto odbudować należało 44 km dróg oraz 21 mostów, kładek i wiaduktów. Remonty kosztowały miasto 132 miliony złotych, ponadto uzyskano 115 mln zł. Ulewne deszcze przyczyniają się także do powstawania ruchów masowych. Np. w roku 2010 w polskich Karpatach spowodowały ruchy masowe (osuwiska) w wyniku których szkody szacowane są na 2,9 mld. Euro.

W rozdziale tym, mając na uwadze wagę problemu, sformułowano Cel Pracy:

**opracowanie modelu matematycznego do sporządzania map przydatności terenu osuwiskowego do zabudowy, wykorzystującego narzędzia informatyczne, geoinformację oraz metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji**

którego głównym elementem jest opracowanie i porównanie map przydatności wg trzech metod:

- Weight of Evidence (WofE) - metoda stosowana,
- Analytical Hierarchy Process {AHP} - metoda proponowana w literaturze
- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory {DeMatel} - dotychczas nie wykorzystywana do takich celów

## **Rozdział drugi (Przegląd literatury- 42 str.)**

Zawiera przegląd literatury związanej z podjętym tematem, który przedstawia aktualny stan wiedzy i kierunki rozwoju metod mapowania podatności o oceny ryzyka na terenach osuwiskowych. Zawiera on opis strefowania terenów osuwiskowych jak i podstawowe informacje dotyczące oceny dokładności mapowania i strefowania.

Zaczyna się on rysem historycznym dotyczącym osuwisk na terenie Polski (pierwsze wzmianki dotyczą obrywu Góry Bardzkiej w 1598 r.), by przejść do przeglądu literatury poprzedzonego wyjaśnieniem pojęcia podatności osuwiskowej. Autor wspomina tu najczęściej spotykane metody jej określania:

- mapowanie geomorfologiczne i inwentaryzacyjne - opierająca się na ocenie eksperta
- ocena probabilistyczna {LHZ}, określająca prawdopodobieństwo zjawiska, gdzie różne zmienne objaśniające koreluje się z rozkładem przestrzennym osuwisk,
- podejście heurystyczne - oparte na klasyfikacji i wagowaniu przyjętych do analizy czynników niestabilności (zależne od wiedzy i doświadczenia badaczy)
- metody oparte na procesach fizycznych - analiza uproszczonych schematów fizycznych osuwisk za pomocą prostych modeli równowagi granicznej

- analiza statystyczna - oparta na badaniu relacji pomiędzy znanymi lub prognozowanymi warunkami wpływającymi na niestabilność, a przeszłym i obecnym rozmieszczeniem osuwisk

z których żadna nie została powszechnie przyjęta. Mimo rozwoju różnych modeli tworzenia map podatności osuwiskowej, nie stały się one powszechnym narzędziem w planowaniu przestrzennym i podejmowaniu decyzji związanych z planowaniem krajobrazu, co wynika z faktu iż nie są one w pełni czytelne i zrozumiałe dla osób nie będących specjalistami.

Autor przedstawił także badania podatności na terenie Polski i ich specyfikę związaną z jej położeniem. Czynniki wpływające na stateczność zboczy mają tu charakter bierny - warunki geologiczne (litologia i tektonika), morfologiczne (np. nachylenie, ekspozycja, wysokość itp.), hydrologiczne i hydrogeologiczne oraz pokrycie terenu oraz aktywny - opady atmosferyczne, erozja rzeczna lub morska, wstrząsy sejsmiczne oraz działalność człowieka. Te ostatnie mogą stanowić impuls do powstawania osuwisk. Elementy te były podstawą opracowania szeregu map osuwisk w skali lokalnej, a także mapy osuwiskowej Polski z 5-cio stopniową skalą rozkładu podatności osuwiskowej (bardzo duża do nieistotna). Na mapie tej obszar Karpat to w większości tereny o podatności bardzo dużej.

Dokonany przegląd literatury był podstawą wniosku, iż do badań i analiz związanych z wpływem zagrożeń osuwiskowych na przydatność terenu do zabudowy należy wykorzystać nowoczesne techniki GIS (System Informacji Geograficznej), takie jak: satelitarne skanowanie laserowe, laserowe skanowanie lotnicze czy laserowe skanowanie z pojazdów. Natomiast do określenia wag dla poszczególnych czynników sprawczych wykorzystano metodę AHP (Analytical Hierarchy Process) oraz (dotychczas nie stosowaną) metodę DeMatel (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) a do weryfikacji krzywe ROC (Receiver Operating Characteristic).

**Przyjęcie tych metod do oceny wpływu zagrożeń osuwiskowych jest oryginalnym wkładem autora.**

Otrzymane w wyniku analiz mapy podatności i zagrożenia osuwiskowego mogą być efektywnym narzędziem przy podejmowaniu decyzji oraz przy sporządzaniu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego.

### **Rozdział trzeci {Obszar badań i analiz - 25 str.}**

Na podstawie analizy występowania osuwisk w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem roku 2010 (w którym występowały długotrwałe opady, w którym zanotowano 960 osuwisk, autor wybrał obszar badań i analiz. Jest nim powiat Ropczycko-Sędziszowski, gdzie we wspomnianym roku uaktywniło się 80 osuwisk, a dokładnie część tego powiatu zlokalizowana w zachodniej

części województwa podkarpackiego - Pogórze Strzyżowski będące płaskowyżem o urozmaiconej rzeźbie terenu.

Autor szczegółowo podał dane geograficzne badanego terenu oraz (częściowo z wykorzystaniem opracowań własnych) rzeźbę terenu, budowę geologiczną, rozkład miesięcznych sum opadów (2010) oraz temperatury (z określeniem natężenia deszczów miarodajnych), a także warunki wodne.

Mając na uwadze szczególną obecność osuwisk w obszarze karpackim (jedno osuwisko na 5 km drogi - 2010), co związane jest zarówno budową geologiczną podłoża jak i zróżnicowaną rzeźbą terenu, a czynnikiem dominującym są ulewne i gwałtowne deszcze, wyznaczenie terenów osuwiskowych jest ważną informacją dotyczącą możliwości ich zagospodarowania.

#### **Rozdział czwarty (Metodyka zasadniczych badań analiz - modele predykcyjne weryfikacyjne - 23 str.)**

Opracowanie podatności na osuwiska (opracowanie mapy przydatności terenu do zabudowy) wykonano z wykorzystaniem modelu logarytmiczno-liniowego (*Weight od Evidence - WofE*), metod wartości informacji (*Analitycal Hierarchy Process -AHP*) oraz (*Decision Making Trial and Evaluation Laboratory- DeMate/*) z wykorzystaniem narzędzi GIS.

Autor krótko opisał w/w metody:

- WofE - metoda pozwala na określenie prawdopodobieństwa występowania zjawiska biorąc pod uwagę informacje o zjawisku (prawdopodobieństwo warunkowe),
- AHP - bazuje na właściwościach macierzy oraz wektorów budowane na podstawie wiedzy ekspertów, którzy poprzez porównanie elementów struktury dokonują oceny,
- DeMatel - metoda wspomagania decyzji wykorzystująca zależności przyczynowo-skutkowe między składnikami systemu określane przez ekspertów.

Do weryfikacji przydatności modelu przyjęto, często stosowaną, metodę krzywej koncentracji ROC (*Receiver Operating Characterictic*), która pozwala na graficzne porównanie wyników klasyfikacji obszaru do zabudowy dla różnych modeli.

Autor tworzył więc mapę podatności osuwiskowej w schemacie:

- zebranie danych kartowanie terenowe, analiza map
- modelowanie
- weryfikacja modelu - krzywa ROC
- mapa przydatności osuwiskowej

## **Rozdział piąty (Badania i analizy własne - 43 str.)**

Na podstawie wstępnego rozpoznania geotechnicznego, w oparciu o przesłanki merytoryczne oraz zaleceń innych badaczy Autor określił wykaz zmiennych (kryteriów determinujących poziom przydatności inwestycyjnej terenów:

- rzeźba terenu - spadki/pochylenia
- rzeźba terenu - ekspozycja
- sieci wodne - odległość od cieków i rzek
- pokrycie terenu
- geologia
- sieci komunikacyjne - odległość od dróg
- przewodność piętra wodonośnego
- miąższość warstwy wodonośnej
- głębokość warstwy wodonośnej i
- wystąpienie opadów

przypisując im wagi (punkty rankingowe).

Dla poszczególnych kategorii Autor wykonał mapy tematyczne z podziałem na klasy.

Do opracowania mapy przydatności do zabudowy/przydatności inwestycyjnej i znalezienia względnej wagi oraz priorytetu poszczególnych warstw i klas zastosowano metody: WofE, AHP i DeMatel. Dla każdej z metod Autor opracował mapę przydatności na której zaznaczono obszary wyróżniając 6 klas przydatności terenu: nieprzydatny, przydatność bardzo niska, przydatność niska, przydatność wysoka i przydatność bardzo wysoka.

Mapy z zastosowaniem poszczególnych modeli porównano z mapą inwentaryzacyjną osuwisk SOPO wykorzystując metodę ROC i stwierdzono dla wszystkich metod dobrą skuteczność klasyfikacji. Poprawność metod zweryfikowano również metodą bezpośrednią, wykonując wizję lokalną i inwentaryzację osuwisk w terenie oraz dokumentację fotograficzną.

Na podstawie przeprowadzonych badań i otrzymanych różnymi metodami map stwierdzono, iż klasyfikacje obszarów pod względem przydatności inwestycyjnej nie są zbieżne. Tzn. wyniki dla klas przydatności (porównywano wg. 6-ciu klas) w metodach AHP i DeMatel (gdzie wykorzystywane są dane uzupełnione przez Autora) są zbieżne, natomiast wyniki dla metody WofE (gdzie wykorzystywane są ograniczone, ogólnodostępne dane) znacznie od nich odbiegają.

Stąd też, mając też na uwadze braku publicznie dostępnych informacji o osuwiskach, Autor proponuje metodę AHP oraz DeMatel do opracowywania map przydatności inwestycyjnej, zwłaszcza dla obszarów bez dostępnej inwentaryzacji osuwisk.

## **Rozdział szósty (Analiza niezawodności - weryfikacja poprawności zdefiniowanych stref/kategorii przydatności terenu osuwiskowego do zabudowy- 47 str.)**

W celu weryfikacji map przydatności do zabudowy jako kryterium otrzymanych map Autor przyjął prawdopodobieństwo oraz wskaźnik niezawodności podłoża gruntowego. Przykłady obliczeń potwierdziły poprawność opracowanych map. Otrzymane wartości analizy metodami probabilistycznymi (dla wybranych właściwości gruntu wskaźnik niezawodności wahał się w granicach 2,9 - 4,5; pozostając w granicach minimum średniego prawdopodobieństwa awarii) potwierdziły, że właściwie zaproponowano klasyfikację rozważanego osuwiskowa obszaru. Porównując wyniki niezawodności nośności podłoża pod fundamentem bezpośrednim dla wybranych dwóch lokalizacji ze zdefiniowanymi klasami przydatności inwestycyjnej Autor stwierdził, iż opracowane mapy i zdefiniowane klasy przydatności zostały poprawnie skonstruowane.

Analizę i obliczenia Autor poprzedził omówieniem zagadnienia niezawodności dyskutując metody półprobalistyczne, probalistyczne uproszczone i probabilistyczne wykazując swoją wiedzę w tym zakresie. Analizę niezawodności nośności podłoża gruntowego przeprowadzono zgodnie z normami stosując metodę probabilistyczną uproszczoną oraz pełni probabilistyczną a także wykonując analizy autorskie. Parametry i cech gruntu do wykonania analiz przyjęto na podstawie badań własnych (wykonując dwa otwory badawcze) oraz dostępnej dokumentacji i literatury.

## **Rozdział siódmy (metody matrycowe - weryfikacja poprawności zdefiniowanych stref/kategorii przydatności terenu do zabudowy- 24 str.)**

Oceny przydatności terenu osuwiskowego do zabudowy Autor dokonał na podstawie analizy ilościowej oraz autorskiej matrycy punktowej opracowanej na podstawie wag przyjmując ośmiostopniową skalę jakościową (opisową) oraz wykorzystując teorię zbiorów rozmytych.

Analizę przydatności przeprowadzono analogicznie do wcześniejszych obliczeń dotyczących niezawodności.

Otrzymane wartości dotyczące przydatności inwestycyjnej wybranych dwóch lokalizacji z wykorzystaniem metody punktowej matrycowej i zbiorów rozmytych są zbieżne z opracowanymi mapami oraz ocenami niezawodności podłoża gruntowego.

## Podsumowanie

Przyjętą do recenzji pracę uważam za bardzo aktualną, a Autor podjął w niej ważną społecznie i gospodarczo tematykę - przydatności terenu do zabudowy z uwzględnieniem wpływu zagrożeń osuwiskowych.

Badaniami objęto fragment terenu o dużej intensywności osuwiskowej - Karpaty, część powiatu ropczycko - sędziszowskiego.

W pracy przedstawiono koncepcję określenia multimetrycznego wskaźnika pozwalającego na identyfikację przydatności terenu do zabudowy w sześciostopniowej skali - bardzo wysoka, wysoka, umiarkowana, niska, bardzo niska, nieprzydatny). Biorąc pod uwagę 10 kategorii (parametrów) i określając ich wagi, obliczenia przydatności terenu przeprowadzono trzema metodami: WofE (metoda powszechnie stosowana), AHP (metoda statystyczna proponowana w literaturze) i DeMatel (nie była dotychczas stosowana) budując mapy przydatności dla wybranego obszaru. Ich weryfikację przeprowadzono stosując krzywe **ROC**.

Uzyskane wyniki (mapy) potwierdzają, że zaproponowane modele stanowią użyteczne narzędzie do podejmowania decyzji planistycznych.

Mapy otrzymane w/w metodami porównano analizując wyniki określające klasy przydatności (porównywano wg. 6-ciu klas). Dla metod AHP i DeMatel uzyskane wyniki określające przydatność terenu są zbieżne, natomiast wyniki dla metody WofE znacznie od nich odbiegają. Np. przydatność - % terenów

	metoda WofE	AHP	DeMatel
Bardzo wysoka	25,11	0,36	0,57
Wysoka	39,50	3,98	4,17
Umiarkowana	9,11	24,36	19,33
Niska	2,10	35,79	38,53
Bardzo niska	9,07	32,33	31,15
Nieprzydatny	15,11	3,19	6,24

Mając na uwadze brak publicznie dostępnych informacji o osuwiskach, Autor proponuje metodę AHP oraz DeMatel do opracowywania map przydatności inwestycyjnej, zwłaszcza dla obszarów bez dostępnej inwentaryzacji osuwisk.

Autor postawił sobie ambitny i nowatorski cel pracy, który zrealizował nowymi (nowoczesnymi) metodami, tym samym zrealizował postawiony na początku pracy cel wykazując wiedzę i sprawność w stosowaniu metod matematycznych.



Pracę wykonano bardzo starannie przy dużym nakładzie pracy (analiza dostępnych danych i ich uzupełnienie, na podstawie danych literaturowych prac własnych wybór kategorii (kryteriów), budowa map pośrednich dla poszczególnych kryteriów, budowa map dla analizowanych modeli i ich porównanie.

Reasumując, rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Ochaba jest pracą bardzo wartościową, a realizacja tak obszernego programu badań przez Doktoranta potwierdza, że jest On doświadczonym badaczem i ma dużą wiedzę dotyczącą analizowanego problemu, metod badawczych i analiz statystycznych. Uważam, że recenzowana rozprawa doktorska stanowi, w myśl zapisu Ustawy oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

**Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż., Piotra Ochaba pt. „Wpływ zagrożeń osuwiskowych na przydatność terenu do zabudowy” spełnia ustawowe wymagania stawiane rozprawom doktorskim i w związku z tym wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

Mając na uwadze zawartość merytoryczną pracy, jej zakres oraz opracowanie graficzne, wnioskuję o jej wyróżnienie.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. Ochaba', is located in the lower right quadrant of the page.