

Dr hab. inż. Sławomir Szymczyk, prof. UWM  
pl. Łódzki 2  
10-719 Olsztyn

### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Edyty Kruk: „**Zastosowanie technik GIS w ocenie zagrożenia erozją wodną na przykładzie zlewni potoku Mątny w Beskidzie Wyspowym**”

#### 1. Wstęp

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Edyty Kruk została opracowana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im Hugona Kołłątaja w Krakowie Pana prof. dr. hab. inż. Krzysztofa Ostrowskiego (pismo DI-520-9/2013-2016 z dnia 14.04.2016 r.).

Rozprawa doktorska opracowana została w Katedrze Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji pod kierunkiem dr hab. inż. Marka Ryczka. Praca zawiera 255 stron, w tym: 92 tabele, 104 ryciny i 10 fotografii. Spis wykorzystywanej w opracowaniu literatury obejmuje 277 pozycji, które ukazały się głównie renomowanych czasopismach naukowych (polskich i zagranicznych). Niewielką część stanowią pozycje książkowe oraz dokumenty i rozporządzenia polskie i Unii Europejskiej. Materiały te obejmują dosyć szeroki przedział czasowy, ale ponad 40 % stanowią pozycje z ostatnich 10 lat. Ponad 60% pozycji literatury stanowią publikacje anglojęzyczne. Wykorzystana literatura jest zróżnicowana, ale dobrze dobrana tematycznie i związana z treścią pracy.

#### 2. Opis pracy

Cel pracy stanowiło wykorzystanie technik GIS, metod telemetrycznych oraz metod geostatystycznych w badaniach aspektów związanych z erozją wodną i jej skutkami w terenie górskim. Badania wykonano na przykładzie zlewni potoku Mątny położonej w Karpatkach Zachodnich.

Rozprawa składa się z 6 rozdziałów w klasycznym układzie: 1 – wstęp i cel pracy, 2 – przegląd literatury, 3 – metodyka, 4 – opis obiektu badań, 5 – wyniki badań, 6 – wnioski. W ostatniej części przedstawiono spis literatury, rycin, fotografii i tabel.

Rozdział pierwszy stanowi dosyć obszerny (4 strony) wstęp zakończony celem pracy wraz krótkim opisem wybranych zagadnień dotyczących zastosowanych technik GIS (modele

z grupy USLE oraz SWAT). We wstępie autorka przedstawia problematykę związaną z erozją gleby, zwracając szczególną uwagę na to, że jest to proces dynamiczny, a jej intensywność zależy od cech fizjograficznych i hydrologicznych występujących na danym obszarze. Wprowadza także w zagadnienia związane z metodami pozwalającymi zarówno na badanie intensywności erozji wskazując na możliwość jej badania zarówno bezpośrednio w terenie jak i przy pomocy technik GIS oraz metod telemetrycznych z wykorzystaniem modelowania. Zdaniem recenzenta zagadnienie erozji we wstępie było potraktowane zbyt obszernie i w znacznej części powinno znaleźć się w rozdziale – przegląd literatury, w którym ta problematyka jest także poruszana. Pod koniec tego rozdziału podano cel pracy oraz przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące m in.:

- zastosowania modeli z grupy USLE (standardowe USLE, MUSLE, RUSLE, modyfikacji według Barrios'a, USPED i G2) do oceny aktualnej wielkości strat glebowych,
- zastosowania wybranych modeli do oceny wielkości potencjalnej erozji powierzchniowej oraz żłobinowej,
- zastosowania modelu SWAT do oceny wielkości erozji i stężenia biogenów w potoku głównym przy różnych złożonych wariantach zagospodarowania zlewni, modelowania rozkładu wilgotności gleby w powiązaniu z parametrami fizjograficznymi zlewni oraz modelowania związku pomiędzy stężeniem azotu azotanowego i fosforu fosforanowego, w powiązaniu z parametrami topograficznymi i fizjograficznymi zlewni.

Cel pracy został sformułowany prawidłowo i przejrzysto. Natomiast zdaniem recenzenta ww. zagadnienia można było przedstawić w punkcie 3 – metodyka, zaś pod celem głównym podać cele szczegółowe lub hipotezy badawcze.

W punkcie drugim przedstawiono obejmujący 23 strony przegląd literatury, w którym w 6 podpunktach Autorka analizuje kolejno: istotę i znaczenie metod GIS w badaniach środowiskowych, grupę modeli USLE, ocenę ryzyka zagrożenia erozją wodną, zastosowanie modelu SWAT, wilgotność gleby jako czynnik wpływający na erozję wodną oraz problematykę biogenów w wodach płynących jako skutek erozji wodnej. Dobór źródeł jest prawidłowy, a opis dość przejrzysto ilustruje zagadnienia, które zostały podjęte w później omawianych wynikach badań. Na uwagę zasługuje fakt, że w tej części pracy najbardziej obszernie zostały omówione zagadnienia związane z grupą modeli USLE (podpunkt 2.2). Autorka przedstawia w nim szerokie możliwości stosowania modeli z grupy USLE do oceny erozji wodnej występującej w różnych miejscach i warunkach klimatycznych oraz dla zlewni

o różnych powierzchniach, co dobrze koresponduje z zagadnieniami podejmowanymi podczas omawiania wyników badań własnych.

W punkcie trzecim przedstawiono metodykę badań obejmującą 41 stron. Zakres podjętych badań obejmował: badania terenowe i laboratoryjne (w tym oznaczenia właściwości gleby, badania jakości wody, pomiary hydrometryczne, dane meteorologiczne, parametry topograficzne i fizjograficzne zlewni), a także identyfikację parametrów do modeli z grupy USLE, ocenę ryzyka erozji, model SWAT, rozkład przestrzenny wilgotności jako czynnika erozyjnego, modele związane z biogenami oraz stosowane metody statystyczne. Założenia metodyczne zostały przedstawione dosyć obszernie i właściwie obejmujące cały zakres prowadzonych badań. Niemniej zdaniem recenzenta na początku tej części pracy należało podać okres realizacji badań własnych (lata 2012-2014), który pojawia się dopiero w podpunkcie 3.1.2. – badanie jakości wody. Można było również w tym miejscu, wraz z uzasadnieniem wspomnieć o okresie 1995-2014, który był brany pod uwagę podczas omawiania warunków meteorologicznych i modelu SWAT. Podczas omawiania właściwości fizycznych i chemicznych gleby nie podano, czym kierowano się przy lokalizacji punktów poboru próbek gruntu (ryc. 3.1.), tej informacji brakuje również w przypadku badania wilgotności gleby, gdzie oprócz tego, nie podano dlaczego za każdym razem pomiar wilgotności (ryc. 3.3. – 3.5.) wykonywano w różnej ilości punktów (od 100 do 153). Jest to znaczne zróżnicowanie, co mogło mieć wpływ na późniejszą precyzję porównania uzyskanych wyników. Wiąże się z tym kolejna uwaga, dlaczego każdorazowo nie wykonywano pomiarów wilgotności gleby w tych samych miejscach?, skoro współrzędne punktów były znane, co zostało zaprezentowane podczas omawiania wyników badań w tabelach 5.4 -5.6. Można było to wykonać przy użyciu GPS. Chociaż, jak wspomniano wcześniej, przy tak dużej ilości punktów mogło mieć to stosunkowo mały wpływ a rezultat końcowy. W podrozdziale 3.1.2. dotyczącym badania jakości wody nie podano kiedy i ile razy w latach 2012-2014 pobierano próby wód do analiz, można było również podać dokładniejszą metodykę oznaczania stężenia rumowiska unoszonego. Również w kolejnym podpunkcie (3.1.3.) można było podać, co Autor ma na myśli podając termin „po większych opadach deszczu” W podrozdziale – model SWAT podano niewłaściwą numerację 4.4. zamiast właściwego 3.4. W podrozdziale tym na str. 68 podano głębokości warstw gleby określonych na podstawie mapy glebowo-rolniczej z warstwy PODŁOŻE, w tym przypadku pojawia się pytanie, czy faktycznie przy PODŁOŻU 5 powinna być wartość 0,25m? W podrozdziale 3.6. (str. 72) na początku podano „Model stężenia azotu ogólnego i fosforanów ...”, a poniżej jest mowa o azocie azotanowym, natomiast w komentarzu do

wzorów (3.45) i (3.46) jest mowa o wartości N i stężeniu fosforu ogólnego. Skąd te rozbieżności i co faktycznie brano pod uwagę?

W punkcie czwartym na 31 bogato ilustrowanych stronach w 8 głównych podpunktach (położenie administracyjne, położenie geograficzne i geologia, gleby, topografia, ustalenia w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego, użytkowanie terenu, warunki klimatyczne i meteorologiczne oraz warunki hydrograficzne) dokładnie i wyczerpująco opisano obiekt badań. Na uwagę zasługuje dokładne opisanie warunków glebowych i topografii terenu, które mają istotny wpływ (łącznie z szatą roślinną powiązaną ze sposobem użytkowania terenu) na obieg wody w środowisku oraz podatność na erozję wodną, czyli najważniejsze zagadnienie podejmowane w niniejszej pracy. Dobrze opracowane tej części pracy, szczególnie dokładne rozpoznanie warunków glebowych i topografii terenu jest bardzo ważne ponieważ obszar badanej zlewni ma charakter gór niskich i średnich o charakterystycznej rzeźbie terenu. W tym przypadku nasuwa się kilka uwag. Pierwsza dotyczy tabeli 4.4., a szczególnie celowości obliczania „% udziału w sumie powierzchni zlewni” oraz precyzyjności opisu tytułów fotografii 4.2. – 4.4., a także opisu termicznych pór roku (przedzimy i początek zimy na str. 96). W opisie warunków meteorologicznych dosyć obszernie omówiono (ryc. 4.17.) ilość dni z opadem w 20-leciu (1995-2014), co jest bardzo zasadne i potrzebne w późniejszych rozważaniach.

W piątej części pracy na 118 stronach dosyć obszernie i szczegółowo w siedmiu głównych podpunktach (wyniki oznaczeń właściwości gleby, wyniki oznaczeń hydrometrycznych i jakości wody, ocena natężenia erozji z wykorzystaniem modeli z grupy USLE, ocena ryzyka wystąpienia erozji wodnej, analiza wpływu zmian użytkowania terenu z wykorzystaniem modelu SWAT, modelowanie kształtowania się wilgotności gleby, problematyka biogenów jako skutek erozji) przedstawione zostały wyniki badań terenowych i laboratoryjnych. W pierwszym podpunkcie (5.1.) przedstawiono wyniki oznaczenia składu granulometrycznego, zawartości materii organicznej, gęstości objętościowej, gęstości fazy stałej, porowatości ogólnej, wielkości agregatów glebowych i przewodnictwa hydraulicznego w strefie nasyconej. Autorka stwierdziła, że pod względem składu granulometrycznego gleby badanej zlewni należy uznać za odporne na procesy erozyjne oraz, że charakteryzują się one stosunkowo niskim zróżnicowaniem pod względem zawartości materii organicznej. W tym przypadku nasuwa się uwaga (wspomniana już podczas omawiania metodyki pracy), a dotyczy ona zróżnicowanej liczby punktów, w których badano wilgotność gleby w trzech wyróżnionych okresach – czy Autorka brała pod uwagę ewentualny wpływ zróżnicowanej ilości punktów pomiarowych na ostateczny wyniki wykonanych pomiarów? W kolejnym

podpunkcie (5.2.) znowu pojawiła się niekonsekwencja, ponieważ Autorka omawiając wyniki oznaczeń hydrometrycznych i jakości wody (podobnie jak w metodyce), najpierw pisze o oznaczaniu azotu i fosforu ogólnego – str. 120 (analogicznie w tytule drugiej części tabeli 5.8. – str. 121), a następnie omawia (oraz podaje w pierwszej części tab. 5.8.) stężenie azotu azotanowego i fosforu fosforanowego.

W następnym podrozdziale (5.3.) dotyczącym oceny natężenia erozji z wykorzystaniem modeli z grupy USLE Autorka bardzo czytelnie (na rycinach i w tabelach) przedstawiła wyniki uzyskane po zastosowaniu poszczególnych modeli, które dość szczegółowo omówiła, wykazała się dużą dokładnością oraz wyniki z wszystkich modele w jednej tabeli (tab. 5.20), co należy uznać za bardzo dobre podsumowanie obliczeń i łatwe określenie (niewielkiego w tym przypadku) zróżnicowania uzyskanych wyników. Porównała również swoje wyliczenia z wynikami innych autorów, czyli dobrze wykorzystwała prawidłowo dobraną literaturę. W tej części pracy stwierdzono dwa nieznaczące uchybienia. Pierwsze dotyczy powołania się na pozycję literatury (str. 136), w tym przypadku Autorka omyłkowo podaje źródło (Chen i in. 2011) omawianych danych liczbowych. Zdaniem recenzenta cytowane dane pochodzą z innej pozycji literatury (Chen T., Niu R., Zhang P. Li-L. Du B. 2010. Regional soil erosion risk mapping using RUSLE, GIS, and remote sensing: a case study in Miyun Watershed, North China. *Environ Earth Sci.* DOI 10.1007/s12665-010-0715-z), która (podobnie jak: Gerlach 1976, Mularz i Drzewiski 2005; Magliaccio i in. 2007; Byczkowski 1979; Restrepo i in. 2005; Mitasova i Mitas 1998) nie znajduje się w spisie literatury. Wątpliwość budzi również przetłumaczenie z jęz. angielskiego słowa „severe” w tym przypadku na „surowe”. Kolejna uwaga dotyczy powtórzenia danych z 3 miesięcy (styczeń – marzec) w tab. 5.24, która została przedstawiona na dwóch stronach (str. 152 i 153).

W kolejnym podrozdziale (5.4.) Autorka prawidłowo i czytelnie przedstawiła (w tabelach i na rycinach) oraz szeroko omówiła zagadnienie dotyczące oceny ryzyka wystąpienia erozji wodnej. Niemniej omawiając zagrożenie erozją wodną (str. 5.39.) przy poszczególnych klasach podawała powierzchnie w km<sup>2</sup>, co nieco utrudnia ich porównanie. Zdaniem recenzenta bardziej czytelne byłoby wyrażenie ww. powierzchni przypisanych do poszczególnych klas w %, tak jak zostało to wykonane w przypadku omówienia prawdopodobieństwa ryzyka wystąpienia erozji.

W 6 części pracy, którą stanowią wnioski. Autorka w 18 wnioskach przedstawia najważniejsze, wcześniej dobrze udokumentowane obliczeniami podsumowanie wyników badań. Analiza wniosków wskazuje, że korespondują one z tematem i zakresem pracy oraz,

że Autorka osiągnęła efekty założone w celu pracy. Niemniej należy stwierdzić, że można było przedstawić je w bardziej syntetycznej postaci. Przykładowo, należałoby połączyć w jeden wniosek 4 i 5, to samo dotyczy wniosków 15 i 16, ponieważ informacje nich zawarte częściowo się powtarzają, natomiast informacje zawarte we wnioskach 6 i 7 bardziej nadają się do dyskusji wyników. Do najważniejszych sentencji zawartych we wnioskach można zaliczyć stwierdzenia:

- Standardowa wersja modelu USLE oraz jego modyfikacje (RUSLE, USPED, modyfikacja USLE wg Barrios'a) dają możliwość oceny wpływu zmiany użytkowania i kierunku prowadzonych zabiegów agrotechnicznych na wielkość wyerodowanego materiału.
- Model G2, po uwzględnieniu odpowiednich upraw oraz zabiegów daje możliwość oceny wielkości zmytego materiału z uwzględnieniem stadium rozwojowego roślin oraz zastosowania innych zabiegów przeciwerozynnych.
- Obliczenia przeprowadzone przy użyciu modelu MUSLE wykazały, że dopiero opady o wysokości 35 mm i powyżej, skutkują pojawieniem się w badanej zlewni obszarów o bardzo małym natężeniu erozji.
- Model SWAT został dopasowany do danych eksperymentalnych dla badanej zlewni w stopniu satysfakcjonującym, wskazując na jego przydatność dla zlewni o charakterze górskim, z bardzo dużymi wahaniami reżimu hydrologicznego i natężeniami rumowiska unoszonego.
- Wykorzystanie programu SWAT daje bardzo duże możliwości, jednakże wymaga on wielu parametrów i charakterystyk wejściowych, których określenie wiąże się z dużą pracochłonnością i kosztami.
- Analiza wrażliwości sieci skonstruowana na podstawie sztucznych sieci neuronowych wykazała, że na rozkład wilgotności w zlewni najistotniejszy wpływ miały: temperatura, grupa granulometryczna, ekspozycja, kształt stoku i użytkowanie.
- Analiza wrażliwości sieci neuronowych wykazała, że na związek pomiędzy koncentracją rumowiska unoszonego a azotem azotanowym w zlewni największy wpływ miały: wskaźnik formy, długość cieków głównych, maksymalna retencja zlewni, średnia wysokość n.p.m., wskaźnik liczby cieków i wzniesienie względne a w przypadku fosforu fosforanowego: stoczystość, spadek cieków głównych, średnia wysokość n.p.m. i maksymalna retencja zlewni.
- Z badań na obszarze zlewni potoku Mątyn wynika, że z punktu widzenia

czasochłonności analiz i wbudowanego spektrum gotowych modułów realizujących zagadnienia o charakterze środowiskowym w analizie zagrożeń erozyjnych najlepszym programem na rynku jest ArcGIS.

### **3. Ocena poziomu naukowego pracy**

Rozprawa doktorska podejmuje bardzo ważny problem z zakresu ochrony i kształtowania środowiska: wykorzystanie technik GIS, metod telemetrycznych oraz metod geostatystycznych z wykorzystaniem modelowania w badaniach aspektów związanych z erozją wodną i jej skutkami na terenach górskich. Recenzowana dysertacja jest ściśle związana z tą problematyką, a zrealizowane rzetelnie badania istotnie wzbogacają dorobek naukowy i wiedzę w tym zakresie. Cel poznawczy pracy jest interesujący naukowo i ważny praktycznie. Został on przedstawiony dostatecznie jasno i zreferowany w końcowych wnioskach wynikających z podjętych badań. W rozprawie wykorzystano właściwie i tematycznie dobraną literaturę zagraniczną oraz krajową, co wskazuje na rzetelne naukowe podejście Doktorantki do przygotowania rozprawy, a jednocześnie umożliwiło pełne opracowanie analizowanych problemów oraz sformułowanie trafnych wniosków.

Wyniki badań opracowano poprawnie zarówno w obliczeniach o charakterze bilansowym z wykorzystaniem modelowania i dobranych instrumentów statystycznych. Analiza wyników przeprowadzona została na wysokim poziomie naukowym. Jest wyczerpująca i zakończona trafnymi konkluzjami. Wnioski końcowe zostały sformułowane poprawnie, wynikają z rezultatów badań oraz korespondują z tematem i celem pracy. Należy również podkreślić, że w opracowaniu wyników badań Doktorantka jednocześnie porównywała je do poprawnie dobranej literatury. Wykazała również duże możliwości zastosowania modeli prognostycznych do przewidywania wielkości strat erozyjnych w różnych warunkach zagospodarowania terenu, rodzaju roślinności i zabiegów agrotechnicznych.

Recenzowaną dysertację oceniam pozytywnie. Nie stwierdzam w niej istotnych uchybień. Przedstawione wyżej uwagi mają w większości charakter dyskusyjny oraz nie obniżają wartości naukowej i poznawczej pracy. Wynikają one głównie ze złożoności podjętej tematyki badawczej, obszernego materiału źródłowego lub innego spojrzenia recenzenta na niektóre aspekty. Interesujący będzie pogląd Doktorantki na przedstawione w niniejszej recenzji uwagi, które zapewne przedstawi podczas obrony. Mam także nadzieję, że uwagi porządkowe zostaną wykorzystane przez Autorkę w publikowaniu wyników i dalszych badaniach.

#### 4. Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Edyty Kruk obejmuje ważną z punktu widzenia ochrony i kształtowania środowiska problematykę - wykorzystanie technik GIS i modelowania w badaniach związanych z erozją wodną i jej skutkami na terenach górskich. Analiza uzyskanych wyników została przeprowadzona z wykorzystaniem bardzo obszernego materiału empirycznego, co pozwoliło na osiągnięcie założonego celu naukowego. Doktorantka wykazała się umiejętnością kompleksowego rozwiązywania problemów badawczych dotyczących wykorzystania technik GIS i metod telemetrycznych oraz zastosowania modeli z grupy USLE (standardowe USLE, MUSLE, RUSLE, modyfikacji według Barrios'a, USPED i G2) do oceny aktualnej wielkości strat glebowych, a także modelu SWAT do oceny wielkości erozji i stężenia biogenów w potoku Mątny przy różnych złożonych wariantach zagospodarowania zlewni, modelowania rozkładu wilgotności gleby w powiązaniu z parametrami fizjograficznymi zlewni.

Recenzowana rozprawa spełnia wymagania ustawy z dnia 14 marca 2003 r. po zmianach od 25 maja 2015 i zgodnie z Dz.U. z 2014 póź. 1852 o *stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*, co świadczy, że mgr inż. Edyta Kruk sprostała wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora. Wniosuję zatem o dopuszczenie rozprawy doktorskiej pt.: „**Zastosowanie technik GIS w ocenie zagrożenia erozją wodną na przykładzie zlewni potoku Mątny w Beskidzie Wyspowym**” przygotowanej przez mgr inż. Edytę Kruk do publicznej obrony.

  
Sławomir Szymezyk

Olsztyn, dn. 24.05.2016r.