

Wrocław, 04.04.2024 r.

Dr hab. inż. Tomasz Kowalczyk, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska
Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław
tomasz.kowalczyk@upwr.edu.pl

**Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Barbary Kęsickiej**

**pt. „Wpływ sterowania odpływem drenarskim na wybrane
elementy gospodarki wodnej gleb i straty azotu na obszarze
zdrenowanym”**

wykonanej w Katedrze Hydrologii, Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
promotor: prof. UPP dr hab. Rafał Stasik
promotor pomocniczy: dr inż. Michał Kozłowski

1. Podstawa formalna

Niniejszą ocenę dorobku naukowego opracowano zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki UPP z dnia 18.01.2024 r., na posiedzeniu której zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Barbary Kęsickiej.

Podstawę formalno-prawną opracowania recenzji stanowi pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki, Pana prof. Mariusza Sojki z dnia 22.01.2024 r.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawę doktorską stanowi zbiór trzech artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych i powiązanych tematycznie. Łączna liczba IF wynosi 9.8, a suma punktów wg listy MEiN wynosi 300. Udział Autorki jest dominujący i wynosi 60-70%. Publikacje te ukazały się w wydawnictwach PLOS ONE oraz MDPI. Tematyką podjętą w rozprawie była ocena możliwości poprawy stosunków wodnych na użytkach rolnych poprzez regulację odpływu z systemu drenarskiego, a także ocena ilościowa i jakościowa odpływów drenarskich. Jest to obecnie niewątpliwie bardzo ważna tematyka, gdyż w efekcie postępującej zmiany klimatu sektor rolniczy boryka się coraz częściej z niedostatkiem wody, generując jednocześnie istotne migracje biogenów i innych zanieczyszczeń, niebezpieczne dla ekosystemów wodnych.

Badania terenowe były realizowane na fragmencie obiektu drenarskiego Ostrowo Szlacheckie o powierzchni 5,3 ha. Wykonano je w ramach projektu BIOSTRATEG o akronimie INMEL („Innowacje technologiczne oraz system monitoringu, prognozowania i operacyjnego planowania działań melioracyjnych, dla precyzyjnego gospodarowania wodą w skali obiektu melioracyjnego”). Prace terenowe były realizowane w latach 2019-2020 i polegały na porównaniu funkcjonowania konwencjonalnego systemu drenarskiego (FD – free drainage) i drenowania kontrolowanego (CD – controlled drainage), które zwykle realizuje się podpiętrzający główny zbieracz danego działu drenarskiego na studziencie za pomocą ruchomego elementu rurociągu. Tu – wykonano testy prototypowych urządzeń, których opracowanie i przetestowanie było jednym z celów projektu. Zmierzone poziomy zwierciadła wody gruntowej stanowiły podstawę do kalibracji i walidacji modelu DRAINMOD. Następnie przeprowadzone zostały badania modelowe kilka wariantów działania CD dla zmiennych: warunków meteorologicznych, początkowej głębokości wód gruntowych i terminów rozpoczęcia CD.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Celem pracy była analiza wpływu zastosowania kontrolowanego odpływu drenarskiego (CD) na wybrane elementy gospodarki wodnej gleb oraz ograniczenie strat związków biogenych z obiektu drenarskiego. Badaniami objęto: pomiary warunków meteorologicznych, poziomu zalegania wód gruntowych oraz odpływów drenarskich w ujęciu ilościowym i jakościowym. Dokonano również sparametryzowania środowiska

glebowego na obiekcie drenarskim. W kolejnym kroku przeprowadzona została kalibracja modelu DRAINMOD. Pozwoliło to na przeprowadzenie szeregu badań symulacyjnych, uwzględniających przeszłe i aktualne warunki hydrometeorologiczne, a także scenariusze warunków przyszłych. Badano przede wszystkim wpływ terminu rozpoczęcia CD na poziomy zwierciadła wody gruntowej na analizowanym obszarze oraz wielkość odpływu i wynoszonych ładunków substancji biogennej.

Artykuł 1: Kęsicka, B., Stasik, R., Kozłowski, M. (2022). Effects of modeling studies on controlled drainage in agricultural land on reduction of outflow and nitrate losses—a meta-analysis. PLOS ONE, 17(4), e0267736: 1-21. DOI: 10.1371/journal.pone.0267736.

Pierwsza z publikacji stanowi systematyczny przegląd literatury wsparty metaanalizą, którego celem było określenie aktualnego stanu wiedzy w zakresie badań nad efektywnością CD w zakresie ilościowym i jakościowym. Na tej podstawie ustalono, że w porównaniu do FD ogólny efekt stosowania CD pozwala na redukcję średnio o 71 mm odpływów drenarskich i 33,6% redukcji, czyli $8,36 \text{ kg NO}_3 \text{ ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, przy znacznej rozbieżności prezentowanych wyników. Efektywność CD w redukcji odpływu wzrasta proporcjonalnie do spadku sum opadów atmosferycznych. Ważnym wnioskiem wynikającym z analizowanych badań jest to, że CD ma największy potencjał w zakresie ograniczania odpływów w okresie pozawegetacyjnym. W mojej opinii aspekt ten powinien być uwzględniony w założeniach metodycznych przeprowadzonych badań własnych.

Artykuł 2: Kęsicka, B., Kozłowski, M., Stasik, R. (2023). Effectiveness of Controlled Tile Drainage in Reducing Outflow and Nitrogen at the Scale of the Drainage System. Water, 15, 1814: 1-20. DOI: 10.3390/w15101814.

W drugiej publikacji przedstawiona została ocena skuteczności zastosowania CD w zróżnicowanych warunkach hydrometeorologicznych. Przedmiotem badań było określenie, jaki termin rozpoczęcia CD będzie miał największy wpływ na poziom zwierciadła wody gruntowej i wielkości odpływów drenarskich w warunkach opadowych lat: suchych, mokrych i normalnych. Analizie poddano także stężenie N-NO₃ z pobranych próbek odpływów drenarskich. Uzyskane wyniki poddano opracowaniu statystycznemu. Stwierdzono, że

najwcześniej przyjęty termin rozpoczęcia CD – 1 marca – przekłada się na największy stan retencji, a opóźniony o 4-6 tygodni start CD daje efekt odwodnienia zbliżony do tradycyjnego drenażu. Stwierdzono ponadto, że rozpoczęcie praktyki CD dla wszystkich wariantów opadów w dniu 1 marca powoduje całkowite wstrzymanie odpływów drenarskich z obiektu, czyli ich redukcję o 100% i oczywiście taką samą redukcję strat N-NO₃. Jednocześnie nie skutkuje to wzrostem spływów powierzchniowych, gdyż te zwiększają się jedynie o 2-3%.

W kontekście otrzymanych wyników zastanawia nieco fakt, że zakładana jest możliwość całkowitego zahamowania odpływu drenarskiego nawet w okresach mokrych, co w określonych warunkach może prowadzić do pogorszenia warunków wegetacji uprawianych roślin.

Artykuł 3: Kęsicka, B., Kozłowski, M., Stasik, R., Pińskwar, I. (2023). Controlled Drainage Effectiveness in Reducing Nutrient Outflow in Light of Climate Changes. *Applied Sciences*, 13, 9077. DOI: 10.3390/app13169077.

W trzeciej publikacji przedstawione zostały wyniki oceny efektywności zastosowania CD na bazie modelu DRAINMOD. Analizowano analogiczne elementy gospodarki wodnej i ograniczenie strat związków biogennych, jak w publikacji P2. Nowym elementem było zastosowanie scenariusza zmiany klimatu SSP370 dla najbliższej przyszłości (lata 2021-2050) z uwzględnieniem trzech modeli klimatycznych (GFDL, MPI i UKESM). Uzyskane wyniki potwierdziły, że najbardziej efektywnym terminem rozpoczęcia CD jest 1 marca. Średni poziom GWT wzrośnie o 24–35, 23–28 i 19–25 cm dla lat wilgotnych, normalnych i suchych w porównaniu z FD. Towarzyszy temu zmniejszenie średniorocznego odpływu odpowiednio o: 52 44 i 35 mm. W rozpatrywanej prognozie roczna strata N-NO₃ może być zmniejszona odpowiednio o 22, 19 i 15 kg na hektar.

Choć badania modelowe oparte na scenariuszach skutków zmiany klimatu są obecnie standardem, wobec częstych zmian i wprowadzania nowych modeli dalsze analizy warto poprzeć dłuższym okresem obserwacji terenowych w zróżnicowanych warunkach hydrometeorologicznych. Pozwoliłoby to na wyciągnięcie bardziej wiarygodnych wniosków, co do rzeczywistej skuteczności CD, a także opracowanie cennych wytycznych i wskazówek eksploatacyjnych.

4. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

Zmiana klimatu niesie za sobą szereg skutków hydrologicznych, m. in.: zanik pokrywy śnieżnej i typowych niegdyś, długotrwałych roztopów, powodujących występowanie nadmiernego uwilgotnienia gleb. Te aspekty właśnie warunkowały niegdyś celowość powszechnego stosowania systemów drenarskich na użytkach rolnych. Ponadto już teraz obserwowany jest wzrost częstości opadów nawałnych w okresie wegetacji, które są określane, jako nieefektywne w kontekście infiltracji i zwiększenia uwilgotnienia profilu glebowego, gdyż znaczna ich część spływa po powierzchni terenu bezpośrednio do odbiorników. Zjawisko to, a także występujące coraz częściej susze, mają się w przyszłości nasilać. Są to kwestie, których wpływ na obecne i przyszłe funkcjonowanie istniejących systemów drenarskich nie został w pełni uwzględniony w rozprawie. Stanowi to jednak przyczynek do dalszego rozwoju prac badawczych w zakresie eksploatacji CD, w szczególności ze względu na ich wymiar praktyczny, związany z zapewnieniem poprawy zasobów wodnych na użytkach rolnych oraz ograniczaniem ryzyka skażenia środowiska biogenami i innymi substancjami niebezpiecznymi, które są powszechnie stosowane w rolnictwie przemysłowym.

W przedłożonej do oceny rozprawie można wskazać kilka aspektów budzących pewne wątpliwości, rodzących pytania i zachęcających do podjęcia dyskusji. Proszę zatem Doktorantkę o ustosunkowanie się do poniższych kwestii:

- Czy, z uwagi na coraz większą niestabilność warunków pogodowych i fenologicznych, będących konsekwencją postępującej zmiany klimatu, przyjęcie założenia o wyznaczeniu optymalnego terminu rozpoczęcia CD na 1 marca, na bazie archiwalnych danych, jest właściwe? Poza tym jest to wartość skrajna, z przyjętych, więc nie można wykluczyć, że w określonych warunkach hydrometeorologicznych wcześniejsze lub ciągłe prowadzenie CD byłoby lepszym rozwiązaniem. Czy można zatem postawić tezę, że nie sztywny termin rozpoczęcia, a określony poziom GWT mógłby być lepszą przesłanką do rozpoczęcia CD?
- Skuteczność prowadzenia CD określana, określona jako największa, wiąże się z całkowitą eliminacją odpływu drenarskiego – nawet w okresach mokrych. Zwykle na takie właśnie warunki projektowane były systemy drenarskie, których główną rolą było odprowadzanie okresowych nadmiarów wody w pól. Rodzi to pytanie, czy

drenaż na tym obszarze ma szansę w przyszłości pełnić jakąkolwiek pozytywną rolę w kształtowaniu stosunków wodnych?

- Jakie są warunki efektywnego stosowania CD, jeśli chodzi o: spadki zdrenowanego terenu, długości zbieraczy i rozmieszczenie na nich studzienek umożliwiających prowadzenie piętrzeń? Z praktycznego punktu widzenia, warto rozważyć opracowanie wytycznych eksploatacyjnych dla takich systemów.
- Czy podane poziomy GWT powyżej sączków są średnie dla całych pododdziałów i czy została uwzględniona różnica w rzędnych wynikającą ze spadku sączków i ukształtowania terenu? Czy ta potencjalna nierównomierność zalegania GWT nie wpływa na ryzyko występowania nadmiernego uwilgotnienia w najniższej położonych fragmentach pól?
- W publikacji drugiej zawarto stwierdzenie: "Średnie roczne opady odnotowane dla stacji meteorologicznej Poznań z analizowanego wieloletniego okresu wynosi 507 mm, a w wybranych modelach GFDL, MPI i UKESM wynosi odpowiednio 582, 599 i 583 mm". Proszę wyjaśnić przyczynę tak dużych rozbieżności pomiędzy danymi pomiarowymi a modelowymi w kontekście wiarygodności przyjętych prognoz dla lat 2021-2050, dla których modelowano funkcjonowanie CD.

Powyżej poruszone kwestie nie umniejszają dobrego merytorycznego poziomu przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej. Stanowią przyczynek do dyskusji i podjęcia próby lepszego wyjaśnienia funkcjonowania CD, w ramach kontynuacji prac badawczo-wdrożeniowych nad systemami drenarskimi, wzbogaconymi o urządzenia do regulacji odpływu.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani Barbary Kęsickiej stanowi oryginalny dorobek naukowy, wnoszący nową wiedzę w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Odpowiada ona na aktualne potrzeby w zakresie ochrony i kształtowania zasobów wodnych na terenach rolniczych przy uwzględnieniu prognozowanych skutków zmiany klimatu. Doktorantka posiada odpowiednią wiedzę teoretyczną i jest przygotowana do samodzielnej pracy naukowej, zarówno w zakresie oceny i modelowania zjawisk

środowiskowych, pozyskiwania i analizy danych, jak również współpracy w ramach realizacji projektów badawczych.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Barbary Kęśickiej pt. „Wpływ sterowania odpływem drenarskim na wybrane elementy gospodarki wodnej gleb i straty azotu na obszarze zdrenowanym” spełnia warunki ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2014 r. poz. 1852 z późniejszymi zmianami), w związku z art. 179 ust. 1 Ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. – przepisy wprowadzające Ustawę Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U z 30 sierpnia 2018 r. poz. 1669), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. W związku z tym wnioskuję o przyjęcie niniejszej rozprawy doktorskiej mgr inż. Barbary Kęśickiej i dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Tomasz Kwaśnik