

Falenty, 13.11.2024 r.

Prof. dr hab. inż. Stefan Pietrzak  
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy –  
Państwowy Instytut Badawczy  
Falenty, Al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn

## **Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Beaty Jurgi pt. „Ocena ryzyka strat fosforu z użytków rolnych Polski”**

### **1. Podstawa przygotowania recenzji**

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr. inż. Beaty Jurgi pt. „Ocena ryzyka strat fosforu z użytków rolnych Polski” przygotowano na podstawie pisma Pana prof. dr hab. Janusza Podleśnego - Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowego Instytutu Badawczego (IUNG-PIB) w Puławach o sygnaturze: RN.470.2.2022.DM z dnia 24.09.2024 r. powierzającego mi wykonanie tego zadania, zgodnie z Uchwałą nr 77/IUNG-PIB/2024 Rady Naukowej IUNG-PIB z dnia 13.09.2024 r.

### **2. Tematyka rozprawy doktorskiej i jej znaczenie**

Straty fosforu (P) z gruntów użytkowanych rolniczo - jak się powszechnie uznaje, są wiodącą przyczyną pogorszenia jakości wód w ciekach i zbiornikach wodnych, w związku z tym, iż stymulują proces ich eutrofizacji. Eutrofizacja wód powierzchniowych jest zjawiskiem globalnym, który jak się ocenia dotyka około 1,7 miliarda ludzi. Koszty usuwania skutków eutrofizacji oszacowano na 1 mld USD rocznie w Europie i 2,4 mld USD rocznie w Stanach Zjednoczonych. W warunkach Polski problem eutrofizacji dotyczy większości wód powierzchniowych. Według niedawno przeprowadzonych ocen zjawisko eutrofizacji zostało wykryte w 50% analizowanych punktach pomiarowo-kontrolnych (ppk) rzek i 77% ppk jezior (w odniesieniu do kolejnych 19 i 23 ppk odpowiednio rzek i jezior stwierdzono, że mogą stać się eutroficzne). Zeutrofizowana jest też cała polska strefa przybrzeżna Bałtyku. Straty fosforu z gleb użytków rolnych są też czynnikiem mającym negatywny wpływ na poziom produkcji roślinnej. Ocenia się, że na skutek zmian klimatycznych straty te będą się zwiększać, co ograniczy produkcję żywności i pasz w przyszłości oraz będzie miało szkodliwy wpływ na ekosystemy wodne.

W celu zapobiegania eutrofizacji wód powierzchniowych, a zarazem ze względów ekonomiczno-gospodarczych, istnieje potrzeba poszukiwania i wdrażania efektywnych rozwiązań służących ograniczeniu wynoszenia fosforu z użytków rolnych do wód. W Polsce prowadzenie działań w tym kierunku, poza tym, że jest bardzo ważne dla poprawy jakości jej wewnętrznych wód powierzchniowych oraz wód przybrzeżnych, jest też wymogiem wynikającym ze zobowiązań podjętych w ramach Konwencji Helsińskiej w zakresie

dotyczącym ochrony wód Morza Bałtyckiego (w ich myśli Polska powinna ograniczyć dopływ rzeczny fosforu do Bałtyku o 51%).

Do katalogu niezbędnych środków potrzebnych to tego, aby ograniczyć transfer fosforu z gleb terenów rolniczych do wód należą narzędzia i procedury umożliwiające kontrolę gleb użytków rolnych w aspekcie możliwości powstania z nich strat fosforu w wyniku wymycia, spływu powierzchniowego i erozji. Na podstawie wyników takiej kontroli możliwe jest, bowiem zarządzanie glebami użytków rolnych w sposób minimalizujący zagrożenie dla wód stwarzane przez omawiany składnik. Duża waga problematyki związanej z diagnozowaniem zagrożenia stwarzanego dla cieków i zbiorników wodnych przez fosfor przenikających do nich z gleb użytkowanych rolniczo sprawia, że od lat stanowi ona przedmiot zainteresowania wielu badaczy na całym świecie. Dotychczasowe wyniki badań nie doprowadziły jednak jeszcze do opracowania pełni satysfakcjonujących metod i narzędzi do oceny ryzyka strat fosforu z użytków rolnych. W związku z powyższym należy stwierdzić, że wybór tematyki recenzowanej rozprawy doktorskiej jest bardzo aktualny i uzasadniony ze względów naukowych i utylitarnych.

### **3. Analiza pracy w zakresie formalnym**

Przedłożona do oceny rozprawa doktorska liczy ogółem 102 strony (uwzględniając dwujęzyczne streszczenie - 106 stron). Po względem strukturalnym praca została podzielona na 8. numerowanych rozdziałów, zatytułowanych następująco: 1. Wstęp; 2. Przegląd literatury; 3. Cele i zakres pracy; 4. Metody; 5. Wyniki i dyskusja; 6. Podsumowania i wnioski; 7. Wykaz skrótów, tabel i rysunków; 8. Literatura, przy czym w ramach niektórych rozdziałów wyodrębniono jednostki niższych rzędów. Ponadto w części końcowej zamieszczone są w niej dwa nienumerowane człony (segmenty) stanowiące streszczenie pracy w języku polskim i w języku angielskim. Praca ma układ typowy dla klasycznych rozpraw doktorskich. Biorąc pod uwagę proporcje objętościowe poszczególnych rozdziałów, w przybliżeniu przedstawiają się one w sposób następujący: „Wyniki i dyskusja” – ponad 40%, „Przegląd literatury” i „Literatura” po ok. 20%, „Metody” – ok. 10%, pozostałe – ok 11%. Zwraca uwagę wysoki - w całym tekście rozprawy, udział rozdziału zawierającego spis wykorzystanej literatury. Rozdział ten zawiera łącznie 190 pozycji, w większości anglojęzycznych. Są one dobrane zgodnie z potrzebami pracy i wskazują, że Doktorantka dołożyła dużych starań, aby kompleksowo rozeznac stan wiedzy w zakresie dotyczącym tematu jej rozprawy i odpowiednio przygotować się jej realizacji oraz wszechstronnie skonfrontować uzyskane wyniki badań własnych, z wynikami prac innych autorów. W wykazie cytowanej literatury zauważono jednak pewne usterki. Ważniejsze z nich można opisać w formie następujących uwag:

- pozycja: Dziennik Ustaw RP (2002) dotyczy aktu prawnego uznanego za uchylony;
- pozycja: Dziennik Ustaw RP (2020) dotyczy uchylonego aktu prawnego: został on zastąpiony przez: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 stycznia 2023 r. w sprawie „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobieganie dalszemu zanieczyszczeniu” Dz.U. 2023 poz. 244;

- w pozycji: Hejduk, L., & Creek, H. (2011), nie powinien występować Creek H. jako współautor, poza tym powinno być podane wydawnictwo (Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska);
- pozycja: Kęsik, K., Lipiński, W., Jadczyzyn, T., Boreczek B., & Janda, B. (2014) powinna być uzupełniona o pozostałych współautorów, oraz o nazwę wydawcy i liczbę stron;
- w pozycji: Schoumans, O. F. (2000) powinno być doprecyzowane, że występuje ona w opracowaniu: G. M. Pierzynski (Ed.), Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters.

Praca napisana jest w większości komunikatywnym językiem, oddającym istotę poruszanych w niej zagadnień. Język ten znamionuje, że Autorka zgłębiając problematykę pracy potrafiła z szeregu pozyskanych na różnym poziomie i różnego pochodzenia (m.in. z bogato wykorzystanej literatury), w sposób specyficzny formowanych informacji, stworzyć własny, czytelny język jej opisu. Wyjątek w tym zakresie stanowi podrozdział 4.2 „Ocena erozyjnych start fosforu”, który zawiera wielu specjalistycznie hermetycznych terminów, mało przyswajalnych dla tych, którzy nie mieli okazji się z nimi wcześniej zaznajomić (być może w wielu przypadkach nie dało się tego uniknąć).

Biorąc pod uwagę techniczną stronę przygotowania pracy, można względem niej wyrazić wiele zastrzeżeń, np.:

- brak jest odwołania w tekście do rys. 1 na str. 11, a przy tym:
  - rys 1. nie posiada opisu żadnej osi, dla osi „Y” brak jest też jednostki;
  - tytuł rys. 1 odnosi się do zużycia fosforu z nawozów mineralnych i organicznych, natomiast na rysunku podano też całkowite wnoszenie fosforu, zapewne z uwzględnieniem P z nawozów naturalnych, poza tym zestawienie na wykresie w jednym słupku nawozów mineralnych i organicznych nie wydaje się być dobrym rozwiązaniem, gdyż stwarza pewną niedogodność w zakresie interpretacji danych;
- wzór na str. 28 wg oznaczeń przyjętych przez Autorkę, zamiast  $PsatM_3$ , P, Al i Fe powinien zawierać  $PsatM_3$ ,  $P_{M_3}$ ,  $Al_{M_3}$  i  $Fe_{M_3}$ ;
- formuły matematyczne podane na stronach 28; 29; 31 oraz 43-44 mają różne style (powinny być ujednolicone np. z wykorzystaniem edytora równań programu Microsoft Word);
- w tekście pracy zdarzają się zdania (fragmenty) zawierające dosłownie (lub prawie dosłownie) powtórzenie już raz podanych informacji, np. frazy na str. 5. zaczynająca się od słów „O naturalnej zasobności...” i „Badania przeprowadzono pod auspicjami...” występują też odpowiednio na str. 12 i str. 16, fraza zawierająca słowa „...pierwiastek biogeny jest niezbędny...” występuje na stronach 5 i 6, a dwuzdaniowy fragment z powołaniem na Igrasa i Fotymę [2012] podano na stronach 5 i 13;
- w wielu miejscach pracy (np. na str. 45) niektóre jednostki podawane są w nienależyty sposób, z indeksem górnym poprzedzonym spacją.

#### **4. Analiza pracy w zakresie merytorycznym**

##### Rozdział 1. Wstęp

We „Wstępie” Autorka nakreśliła tło naukowe podjętej w ramach rozprawy tematyki badawczej. Zwróciła w tym zakresie uwagę na znaczenie fosforu w produkcji rolnej i zarazem na zagrożenie stwarzane przez ten składnik dla stanu jakościowego wód. W związku z tym zagrożeniem wskazała na potrzebę wypracowania nowego podejścia do oceny ryzyka jego występowania, uzasadniając to tym, iż dotychczasowe metody nie są wystarczające. W ramach tego nowego podejścia zarysowała możliwość zastosowania wskaźnika agrochemicznej zasobności gleb w fosfor, który dotychczas nie był wykorzystywany w Polsce do diagnozowania ryzyka zanieczyszczenia wód wymienionym składnikiem. W ogólnym ujęciu „Wstęp” spełnia swoje funkcje informacyjne o istocie problemu, którego dotyczy rozprawa (stanowiącym uzasadnienie dla jej podjęcia), aczkolwiek jak się wydaje, doniosłość podjętej tematyki należałoby mocniej wyartykułować. Usterką tego rozdziału jest pominięcie w nim zagadnienia ryzyka erozyjnych strat fosforu z użytków rolnych do wód. Z uwag szczegółowych wskazać należy na potrzebę korekty zdania, w którym do głównych dróg strat fosforu z gleb zaliczono pobranie tego składnika przez rośliny.

##### Rozdział 2. Przegląd literatury

Rozdział „Przegląd literatury” ten obejmuje sześć podrozdziałów, odnoszących się w do takich zagadnień jak: dynamika przemian fosforu w glebie, gospodarowanie fosforem w rolnictwie na świecie oraz w Polsce, źródła i mechanizmy strat fosforu, uwarunkowania prawne i presja społeczna związana z gospodarką fosforem w rolnictwie. Spośród wszystkich podrozdziałów centralne znaczenie ma stanowiący ok. 45% objętościowego w nich udziału podrozdział 2.5. „Szacownie strat fosforu”, który w sposób bezpośredni dotyczy przedmiotu podjętych przez Autorkę badań. Pozostałe podrozdziały spełniają rolę drugoplanową w stosunku do niego, niemniej ważną. Dają one bowiem wieloaspektowy obraz otoczenia rozpatrywanego w pracy problemu badawczego, a przez pozwalają lepiej zrozumieć jego istotę i znaczenie. Być może niektóre informacje w tych „pomocniczych” podrozdziałach nazbyt mocno są rozbudowane, czy nawet zbędne (np. akapit dotyczący sposobu produkcji nawozów fosforowych na str. 8), ale jest to kwestia, którą można uznać za dyskusyjną. Jeśli chodzi o sam podrozdział „Szacownie strat fosforu”, to obejmuje on przegląd piśmiennictwa dotyczącego metod wykorzystywanych do określania strat fosforu zachodzących z użytków rolnych. Przegląd ten został dokonany w dość szerokim wymiarze uwzględniającym podejścia bazujące z jednej strony na wykorzystaniu testów glebowych, a z drugiej - na wykorzystaniu programów komputerowych. Z bliżej perspektywy analizując tekst „Przeglądu literatury” dostrzeżono w nim pewne zapisy o charakterze wątpliwym czy też dyskusyjnym, oraz elementy warte uzupełnienia i wymagające korekty, co w pewnym stopniu obrazują następujące uwagi:

- na str. 10 podane jest, że niska i bardzo niska zawartość fosforu występuje w ok. 15 procentach gleb użytkowanych rolniczo w Polsce, tymczasem dane z literatury wskazują,

że niska i bardzo niska zasobność gleb w przyswajalny fosfor ( $P_2O_5$ ) w Polsce w latach 2016–2019 wynosiła 27%;

- wśród informacji o głównych szlaków strat fosforu z użytków rolnych - zamieszczonych na str. 13, brak jest wzmianki, że transport fosforu do wód podpowierzchniowych (drenarskich i gruntowych) zachodzi również poprzez makropory; wg różnych autorów stanowią one prawdopodobnie główne ścieżki transportu fosforu w glebie;
- usytuowanie „bilansu fosforu brutto” - str. 16, wśród wskaźników glebowych nie wydaje się dobrym posunięciem; wskaźniki glebowe oparte są na jej testach;
- Ramowa Dyrektywa Wodna wymaga od państw członkowskich UE osiągnięcia dobrego stanu wszystkich części wód powierzchniowych i podziemnych do 2027 roku, a nie jak podano na str. 24 - do 2000 r.

### Rozdział 3. Cele i zakres pracy

W rozdziale tym Autorka określiła na jego początku problematykę badawczą wyznaczając wraz nią zakres i kierunki badań, tj.:

- sprawdzenie czy wysycenie gleb fosforem będzie wiarygodnym wskaźnikiem wysycenia gleb fosforem;
- opracowanie modelu strat (fosforu), uwzględniającego zjawisko erozji wodnej.

W dalszej kolejności określiła dwa cele i dwie hipotezy badawcze do zrealizowania i udowodnienia w ramach pracy. Uwzględniając powyższą sekwencję, należy stwierdzić, że tytuł rozdziału nie jest w pełni adekwatny do jego treści. Raczej należałoby nadać mu brzmienie „Zakres, cele i hipotezy pracy”. W stosunku do rozpatrywanego rozdziału, budzi ponadto zastrzeżenie zapis drugiego celu pracy w postaci: „Analiza ryzyka erozyjnych strat fosforu z użytków rolnych do wód”, a konkretnie zawarty nim wyraz „Analiza” (rzecz w tym, że analiza danego zagadnienia sama w sobie, nie może być celem rozprawy doktorskiej). Lepszym rozwiązaniem byłoby sformułowanie treści wymienionego celu np. w następujący sposób: „Określenie ryzyka erozyjnych strat fosforu z użytków rolnych do wód”.

### Rozdział 4. Metody

Rozdział „Metody” zawiera:

- dane nt. materiału badawczego wykorzystanego w ramach pracy, w tym dane dotyczące populacji próbek gleby i wody ich rodzaju, miejsc i okresu w którym zostały pobrane;
- charakterystykę procedur analitycznych zastosowanych w badaniach próbek gleby i wody;
- formuły matematyczne zastosowane do wyznaczenia stopnia wysycenia gleb fosforem;
- zestaw informacji dotyczących procesu szacowania strat fosforu z użytków rolnych za pomocą programu komputerowego RUSLE;
- omówienie rodzaju analiz statystycznych przyjętych do obróbki wyników.

Opis wymienionych składowych rozdziału „Metody” jest w ogólnym ujęciu wystarczający dla zrozumienia i oceny istoty oraz zakresu metodyki prac naukowo-badawczych opracowanej dla potrzeb przedmiotowej rozprawy. Co do zasady, zawarte w niej główne koncepcje

metodyczne nie budzą zastrzeżeń. Schodząc na bardziej szczegółowy poziom analizy omawianego rozdziału, można względem niego zgłosić następujące uwagi:

- w strukturze rozdziału należało wyodrębnić oddzielny podrozdział o nazwie „Analizy statystyczne”; obecnie sekcja o tej nazwie występuje w ramach podrozdziału 4.2 „Ocena erozyjnych straty azotu”, co sugeruje, że tylko jego dotyczy, podczas gdy dotyczy również podrozdziału 4.1. „Ocena wysycenia gleb fosforem”;
- na str. 28 błędnie podano, że na podstawie Polskiej Normy PN-R-04033:1988 oznaczono skład granulometryczny gleb metodą dyfrakcji laserowej; wymieniona norma dotyczy podziału gleb i utworów mineralnych na frakcje i grupy granulometryczne (dodać należy, że związana nią norma PN-R-04032:1988 dotyczy oznaczanie składu granulometrycznego metodą sitowo-areometryczną);
- na str. 35 w punkcie 15 przy „fosforanach” błędnie podano w nawiasie symbol „P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>”.

Poza tym, wadliwym elementem rozdziału „Metody” jest przyjęty w nim poziom stężenia fosforu ogólnego (P<sub>og</sub>) wynoszący 0,25 mg·dm<sup>-3</sup>, jako wartość graniczna bezpieczna dla płytkich wód glebowo-gruntowych (str. 36), w związku z tym, że w ramach pracy badane były stężenia fosforu fosforanowego (P-PO<sub>4</sub>) i dla tej formy fosforu powinien być podany poziom graniczny. Należy ponadto zauważyć, że w pracy faktycznie rozpatrywanymi rodzajami wód są wody drenarskie oraz płytkie wody gruntowe (zwane też wodami zaskórnymi). Wody gruntowe należą do wód podziemnych. Dla nich istnieją formalnie ustanowione wartości stężeń fosforu określające ich stan jakościowy (wartość progowa ze względu na fosfor dla dobrego stanu chemicznego wynosi 0,33 mg P-PO<sub>4</sub>·dm<sup>-3</sup>). Jakość wód drenarskich nie jest oficjalnie normowana, niemniej propozycja ich klasyfikacji z uwzględnieniem wartości granicznych dla fosforu jest w literaturze podana, i można z niej skorzystać, jako punkt odniesienia. Biorąc pod uwagę powyższe, jak też występującą w literaturze użyteczną względem rozważanego zagadnienia wiedzę, wydaje się, że należało przyjąć inne podejście, niż zastosowane w pracy w odniesieniu do wartości progowych fosforu dla płytkich dla wód glebowo-gruntowych.

## Rozdział 5. Wyniki i dyskusja

Rozdział składa się z dwóch podrozdziałów, z których pierwszy zatytułowany jest „Ocena wysycenia gleb fosforem”, a drugi „Analiza ryzyka strat fosforu z użytków rolnych do wód na drodze erozji wodnej”. Każdy z podrozdziałów zbudowany jest z jednostek niższego rzędu, które nazwać można umownie sekcjami.

W pierwszej sekcji pierwszego z wymienionych podrozdziałów Autorka:

- zaprezentowała i statystyki opisowe badanych wskaźników fosforu oraz wskaźników z nimi związanych, w odniesieniu do zbioru danych pochodzących z całej populacji potrzebnych do ich wyznaczenia wyników analiz gleby i wody;
- przeprowadziła analizę badanych wskaźników fosforu w zależności od kategorii agronomicznej gleby;
- dokonała omówienia i interpretacji wyników badań własnych w aspekcie statystycznym oraz w oparciu o literaturę.

Kluczowymi elementami tej części pracy - ze względu na jeden z jej głównych celów, są wskaźniki określające stopień wysycenia gleby fosforem oznaczone metodą Mehlicha 3 ( $Psat_{M3}$ ) oraz w wyciągu ze szczawianem amonu ( $Psat_{PSM}$ ). Do uzyskanych w tym zakresie wyników badań Doktorantka odniosła się, uwzględniając w szerokim kontekście różne czynniki z nimi związane. Możliwość pełniejszej oceny tych wyników utrudnia fakt, że nie zostały one skonfrontowane przez Autorkę z podobnego rodzaju wynikami uzyskanymi przez innych badaczy (w pewnym stopniu uczyniła to dopiero w dalszym tekście pracy na str. 47, w zakresie dotyczącym  $Psat_{M3}$ ). Nie wiadomo więc, czy mają one charakter typowy, czy też odbiegają od wartości charakterystycznych dla omawianych wskaźników. W stosunku do wskaźnika wysycenia gleb fosforem wyznaczonego metodą ze szczawianem amonu zauważono, że jego przeciętna wartość dla całej zbiorowości gleb wynosząca 0,021 (tabela 4) jest ogólnie rzecz biorąc, o rząd wielkości mniejsza od przeciętnych wartości  $Psat_{PSM}$  przypisanym różnym kategoriom agronomicznym tych gleb (tabela 6). Sprawa ta wymaga wyjaśnienia. Ponadto w związku występującym z omawianym fragmencie pracy skrót „P\_wody”, budzi zastrzeżenie zamieszczone w Rozdziale 7. „Wykaz skrótów, tabel i rysunków” na str. 80. jego objaśnienie przedstawione w sposób następujący, cyt.: „*zawartość fosforu mineralnego w płytkich wodach gruntowych*”. Powinno być raczej podane, że skrót ten oznacza „stężenie fosforu fosforanowego (P-PO<sub>4</sub>) w wodach drenarskich i płytkich wodach gruntowych”.

Kolejne dwie sekcje pierwszego podrozdziału Autorka w głównej mierze poświęciła analizie i ocenie relacji zachodzących w obrębie badanych wskaźników fosforu wyznaczonych dla gleby i wody. Punkt ciężkości jest w nich położony na kwestie związane z określeniem możliwości stosowania wskaźników wysycenia gleb fosforem, jako predyktorów ryzyka strat fosforu z użytków rolnych do wód. Doktorantka na podstawie wyników analizy korelacji między  $Psat_{M3}$ ,  $Psat_{PSM}$  i P\_wody dowiodła - wykazując istnienie istotnych statystycznie zależności między badanymi zmiennymi, że taka możliwość istnieje. Co prawda siła tych zależności była słaba - r-Spearmana kształtował się na poziomie 0,1608 i 0,1606 dla skorelowanych par wskaźników: P\_wody odpowiednio z  $Psat_{M3}$  i  $Psat_{PSM}$ , to jednak uznać należy jej wymiar za charakterystyczny dla wielkoskalowych badań terenowych (związane jest to z dużą zmiennością lokalnych uwarunkowań agro-środowiskowych). Warto w związku z tym nadmienić, że w ramach podobnych do tych które przeprowadziła Doktorantka, badań niemieckich opartych na analizie 1213 par wyników w układzie: zawartość w glebie fosforu oznaczonego metodą Egnera-Riehma) - stężenie fosforu całkowitego w odciekach z lizymetrów, stwierdzono występowanie między nimi istotnego związku dla wartości współczynnika korelacji Spearmana wynoszącej 0,057. Pozostaje niedosyt, że Doktorantka nie zbadała relacji zachodzących między  $Psat_{M3}$ ,  $Psat_{PSM}$  i P\_wody (przy czym P\_wody mogłyby być rozdzielone na P - wody gruntowej i P- wody drenarskiej) w odniesieniu do różnych kategorii gleb, albo nawet do wyselekcjonowanych w oparciu o odpowiednio dobrane kryteria jednorodności, ich grup. Takie podejście pozwoliłoby, w szerszym kontekście ocenić stan powiązań między rozpatrywanymi w pracy wskaźnikami wysycenia gleb fosforem, a stężeniem fosforu fosforanowego w wodach glebowo-gruntowych. Jeśli chodzi o wartość użytkową dwóch badanych wskaźników wysycenia gleb fosforem, to należy się zgodzić z opinią Autorki,

że spośród nich, większą posiada wskaźnik oparty na ekstrakcji fosforu metodą Mehlich 3 ze względu na jej uniwersalność i efektywność.

W ostatniej części pierwszego podrozdziału Doktorantka podjęła próbę wyznaczenia bezpiecznych dla płytkich wód glebowo-gruntowych poziomów wskaźników fosforowych opartych na metodzie Mehlicha 3, takich jak zawartość fosforu w glebie ( $P_{M3}$ ) i stopień wysycenia gleb fosforem ( $P_{satM3}$ ). Przy założeniu, że stężenie fosforu ogólnego w płytkich wodach glebowo-gruntowych nie powinno przekraczać  $0,25 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , wyznaczyła dla  $P_{M3}$  i  $P_{satM3}$  limity wynoszące odpowiednio  $150,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  i  $21,18\%$ , jako bezpieczne wartości dla środowiska wodnego. Te limity wymagają ponownego przeanalizowania i wyjaśnienia w świetle uwag, które podano wcześniej do rozdziału „Metody” względem wartości  $0,25 \text{ mg } P_{og}\cdot\text{dm}^{-3}$  - przyjętej, jako progową w stosunku do płytkich dla wód glebowo-gruntowych.

W przypadku drugiego ze wskazanych wyżej podrozdziałów, Autorka na jego czele umiejscowiła zagadnienie zasobności gleb użytków rolnych w Polsce fosfor na poziomie ogólnokrajowym oraz województw. W jego ramach, podała wieloaspektowej analizie wykorzystane w pracy wyniki monitoringu gleb realizowanego przez stacje chemiczno-rolnicze w zakresie zawartości fosforu przyswajalnego, podając m.in., że istnieje duże regionalne zróżnicowanie pod względem zawartości tego składnika w glebach użytków rolnych. W omawianym fragmencie pracy pewnym niedostatkiem jest brak tabeli ze statystyką opisową powiązanej ze zdaniem „Średnia zawartość  $P_2O_5$  w glebach wynosiła  $16,25 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$  gleby, przy medianie  $11,20 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ”. Ponadto niejasne jest, w jaki sposób Doktorantka określiła procentowy udział powierzchni użytków rolnych w klasach zasobności w fosfor (tabela 11).

W drugiej sekcji drugiego podrozdziału Autorka zaprezentowała w ilościowym ujęciu, straty gleby z użytków rolnych powodowane erozją wodną, które określiła za pomocą modelu RUSLE - szeroko wykorzystywanego narzędzia do oceny zagrożenia erozyjnego. Wartości tych strat w przeliczeniu na jednostkę powierzchni prawdopodobnie pomyłkowo wyraziła w  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$  zamiast w  $\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Jeśli przyjąć tę poprawkę, to można stwierdzić, że podane przez Doktorantkę wyliczenia dotyczące średniej masy erodowanej gleby z obszarów użytkowanych rolniczo w całej Polsce są zbieżne z danymi na ten temat dostępnymi w literaturze, stąd można wnioskować, że również w układzie regionalnym taka zbieżność występuje. W związku z tym należy zaznaczyć, że dla oceny własnych wyników jest ważne, aby je porównać z wyniki prac innych autorów, jednak tego elementu Autorka nie podjęła w ramach ich omawiania.

W następnych dwóch sekcjach omawianego podrozdziału, Autorka przedstawiła i przedyskutowała wyniki swoich badań dotyczące wynoszenia fosforu z użytków rolnych w następstwie zjawiska erozji wodnej na poziomie krajowym i wojewódzkim oraz w odniesieniu do zlewni Wisły i Odry. Niewątpliwie są to wyniki o dużym znaczeniu dla całej pracy. Autorka uzyskała je w oparciu o nowe rozwiązanie metodyczne, w którym powiązała wyniki erozyjnych strat gleby wyznaczone modelem RUSLE z wynikami monitoringu gleb użytków rolnych w zakresie dotyczącym zawartości w nich fosforu przyswajalnego. Rezultaty badań Doktorantki w analizowanym zakresie - przedstawione również w sposób graficzny, zawierają wiele cennych naukowo i użytecznych praktycznie informacji, związanych z występowaniem ryzyka strat fosforu z użytków rolnych w różnych częściach Polski w drodze erozji wodnej. Wskazują



one m.in., że tym szlakiem, przeciętnie w Polsce z jednego hektara gruntów rolnych wytransferowane jest rocznie 0,2 kg fosforu w formie dostępnej dla roślin (wyekstrahowanego roztworem Egnera-Riehma), przy czym w poszczególnych regionach ilości kształtują się na poziomie 0,10-0,51 kg P·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>. Szczególną uwagę w obrębie wskazanych wyżej sekcji Autorka skupiła na stratach dostępnego fosforu występujące w dorzeczach Wisły (0,23 kg P·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>) i Odry (0,16 kg P·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>), jako czynnika sprawczym eutrofizacji wód Morza Bałtyckiego. Ważną konkluzją, którą wyprowadził z przeprowadzonych na tym polu rozważań jest to, że straty fosforu z użytków rolnych w Polsce powodowane są przede wszystkim przez erozję wodną, i że stanowi ona główną drogę transportu fosforu do wód. Jako pewną obiektywne względem zaprezentowanego przez Autorkę materiału badawczego dotyczącego erozyjnych strat fosforu, można zgłosić to, że nie stosowała w odniesieniu do tych strat zapisów czy symboli (np. takich jak „P<sub>DL</sub>” czy „P<sub>E-R</sub>”), które by jednoznacznie wskazywały, że dotyczą fosforu wyekstrahowanego roztworem Egnera-Riehma, co ułatwiłoby ich analizę (również w kontekście przytoczonych przez Autorkę przedmiotowych danych z literatury).

Ostania sekcja drugiego podrozdziału zatytułowana jest „Zmiany klimatu a natężenie erozji” ma wadliwą konstrukcję, gdyż w ramach podanego tytułu zawiera dwa niezwiązane z nim bloki tematyczne nazwane „Wykorzystanie opracowanego podejścia do szacowania ryzyka strat fosforu” i „Potrzeba dalszych badań”, a jako całość, ze względu na jej treść, niezbyt dobrze koresponduje z pozostałymi sekcjami drugiego podrozdziału. Wydaje się, że zamiast zastosowanego rozwiązania, należało stworzyć w rozdziale „Wyniki i dyskusja” trzeci podrozdział obrazujący rolę i znaczenie wyników badań Doktorantki oraz wynikające z nich potrzeby, w nawiązaniu do elementów omawianej sekcji.

## Rozdział 6. Posumowania i wnioski

Rozdział 6 zawiera 11 wypunktowanych w sposób syntetyczny stwierdzeń i wniosków, i właśnie taki tytuł „Stwierdzenia i wnioski” byłby dla niego bardziej adekwatny niż przyjęty. Wniosek nr 11 nie wynika wprost z badań Doktorantki, i nie jest uzasadnione, aby go przywoływać w pracy. Wniosek nr 7 wskazujący, że wysycenie gleb fosforem nie jest wiarygodnym wskaźnikiem ryzyka strat fosforu z użytków rolnych w Polsce do wód, wydaje się być za daleko idącym w swej negacji. Wywiedziony on został na podstawie analiz statystycznych które wykazały, że istnieje niski poziom współzależności między wartościami wskaźników wysycenia gleb fosforem a stężeniem fosforanów w wodach. Jednak ten słaby stan skorelowania wymienionych czynników dotyczy ogółu badanych gleb i wód glebowo-gruntowych. Stosując bardziej wyrafinowane podejście, bazujące na wykorzystaniu do analiz par wskaźników P<sub>wody</sub> - P<sub>satM3</sub> i P<sub>wody</sub> - P<sub>satPSM</sub> odnoszących się do różnych badanych rodzajów gleb i wód, istnieje możliwość, że dla niektórych z tych układów, uzyskano by wyższe niż te, które podała (dla ogółu gleb i wód) Autorka, współczynniki korelacji.

*Proszę Doktorantkę o ustosunkowanie się do wyżej przedstawionych uwag o charakterze formalnym i merytorycznym.*

## 5. Ocena pracy i wniosek końcowy

Na podstawie przeprowadzonej analizy rozprawy doktorskiej mgr. inż. Beaty Jurgi pt. „Ocena ryzyka strat fosforu z użytków rolnych Polski”, stwierdzam, co następuje:

Po pierwsze: Autorka posiada zaawansowaną wiedzę teoretyczną w zakresie w dyscypliny rolnictwo ogrodnictwo. Wiedza ta obejmuje w szczególności zagadnienia dotyczące: zachowania i przemian fosforu w glebie oraz jego wpływu na środowisko wodne; metod badań i oceniana zawartości fosforu w glebie w aspekcie agronomicznym i środowiskowym; powstawania erozji wodnej gleb oraz określania jej strat z użyciem modelu RUSLE, a także szeroko rozumianej problematyki gospodarowania fosforem w rolnictwie. Autorka posiada również dobre rozeznanie nt. różnych uwarunkowań funkcjonowania rolnictwa.

Po drugie: Doktorantka wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Udowodniła to poprzez odpowiedni dobór literatury przedmiotu - przede wszystkim światowej, zaplanowanie złożonych badań dotyczących strat fosforu z gleb użytkowanych rolniczo do wód drenarskich i gruntowych, oraz do wód powierzchniowych na drodze erozji wodnej, opracowanie metod badawczych adekwatnych do osiągnięcia postawionych celów oraz zrealizowaniu założonego programu badawczego.

Po trzecie: Doktorantka rozwiązała w sposób kreatywny problem naukowy dotyczący oceny ryzyka strat fosforu z gleb użytków rolnych do wód, w wyznaczonym przez siebie zakresie, poprzez:

- udowodnienie, że stopień wysycenia gleb fosforem, w szczególności wyznaczony z wykorzystaniem metody Mehlich 3 może być wykorzystywany, jako wskaźnik zagrożenia zanieczyszczenia tym składnikiem wód glebowych i gruntowych, aczkolwiek potrzebne są dalsze badania, aby dookreślić jego potencjał aplikacyjny;
- opracowanie oryginalnej metodyki szacowania strat fosforu z użytków rolnych powodowanych przez erozję wodną opartej na modelu RUSLE oraz wynikach badań zawartości fosforu przyswajalnego dla roślin w glebach uprawnych, i określenie na jej podstawie wielkości strat tego składnika na poziomie krajowym, regionalnym w układzie głównych zlewni w Polsce.

Po czwarte: Zamieszczone w ramach recenzji uwagi krytyczne, choć ujemnie rzutują na jakość warstwy merytorycznej, a także i formalnej pracy, nie mają charakteru dyskwalifikującego w stosunku do jej całości.

W świetle przeprowadzonej analizy i oceny rozprawy doktorskiej mgr. inż. Beaty Jurgi pt. „Ocena ryzyka strat fosforu z użytków rolnych Polski” uznaję, że spełnia ona wymogi formalne określone w art. 13 ust. 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.) właściwe dla ww. wymienionego przewodu 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 2018 r. poz. 1669 z późn. zm.), dotyczące ubiegania się o stopień naukowy doktora w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. W związku z powyższym stawiam wniosek do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego o dopuszczenie mgr. inż. Beaty Jurgi do dalszych etapów przewodu doktorskiego.