

Warszawa, 30.11.2020 r.

Dr hab. inż. Zbigniew Popiek, prof. SGGW  
Słotwiny Czerwone Łąki 11  
24-310 Karczmiska

## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Maksymiliana Cieśli  
pt. **“Rola materii zawieszanej w toni wodnej w aspekcie akumulacji osadów  
i dystrybucji związków biogenych w zbiornikach zaporowych”**

Promotor: dr hab. inż. Renata Gruca-Rokosz, prof. PRz

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Liliana Bartoszek, prof. PRz

### **1. INFORMACJE OGÓLNE**

Recenzję rozprawy doktorskiej mgr inż. Maksymiliana Cieśli przygotowano zgodnie z uchwałą z dnia 30 września 2020 roku Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Zlecenie wykonania recenzji podpisał prof. dr. hab. inż. Daniel Słyś – Przewodniczący w/w Rady Dyscypliny (pismo z dnia 07.10.2020 r.).

### **2. OPIS PRACY**

Recenzowana rozprawa zawiera 201 stron tekstu, podzielonego na 12 rozdziałów. Zasadniczą część pracy stanowią rozdziały 1 – 6, które zajmują 153 strony. Ponadto, praca zawiera: streszczenie w języku polskim i angielskim (rozdział 7), bibliografię (rozdział 8) – oraz spisy (w rozdziałach 9 – 11): tabel, rysunków i załączników, które zamieszczono w rozdziale 12, w formie 21 zestawień tabelarycznych wyników oznaczeń fizykochemicznych wód, materii zawieszanej i osadów dennych w badanych zbiornikach zaporowych, a także danych hydrometeorologicznych.

W rozdziale 1 „Wstęp” (2 str.) Autor podkreśla znaczenie zbiorników retencyjnych jako ważnych gospodarczo obiektów gospodarki wodnej, które w wyniku procesu akumulacji osadów nie tylko tracą pojemność wodną, ale również często ulegają procesom degradacji ekologicznej, co negatywnie wpływa na ich wartość użytkową. Z tego względu doskonalenie metod monitorowania zbiorników wodnych, a zwłaszcza rozpoznanie roli materii zawieszanej w toni wodnej w procesie akumulacji osadów i dystrybucji związków biogenych, ma duże znaczenie praktyczne w aspekcie prognozowania tego procesu, a także przeciwdziałania jego negatywnym skutkom środowiskowym.



Rozdział 2 „Teoretyczne podstawy pracy” (23 str.) obejmuje przegląd literatury, na podstawie którego Autor przedstawił charakterystykę i podział zaporowych zbiorników wodnych, rolę substancji biogennych w procesie degradacji zbiorników wodnych, charakterystykę materii zawieszanej w wodzie oraz czynników abiotycznych i biotycznych wpływających na jej jakość oraz tempo zamulania zbiorników zaporowych. Ponadto, rozdział ten zawiera przegląd metod monitorowania procesu sedymentacji materii zawieszanej w toni wodnej.

W rozdziale 3 (1 str.) zawarte są tezy, cel i zakres pracy. Autor sformułował dwie tezy: 1) Stężenie materii zawieszanej w toni wodnej odgrywa istotną rolę w procesie akumulacji osadów oraz wpływa na tempo sedymentacji, co w efekcie pozwala na oszacowanie zdolności zbiorników do akumulacji osadów; 2) Obieg i dystrybucja związków biogennych w zbiornikach zaporowych uzależnione są między innymi od jakości materii zawieszanej w toni wodnej, której sedymentacja istotnie wpływa na procesy zachodzące w osadach dennych oraz ich charakterystykę fizykochemiczną. Z powyższych tez wynikają trzy główne cele pracy: 1) Określenie wpływu materii zawieszanej w toni wodnej na proces akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych; 2) Określenie jej roli na obieg i dystrybucję wybranych związków biogennych; 3) Ocenę wpływu produkcji wewnętrznej na depozycję materii organicznej w osadach dennych zbiorników zaporowych. Osiągnięcie tych celów wymagało realizacji szeregu zadań badawczych, takich jak: analiza podstawowych wskaźników fizykochemicznych wód w zbiornikach wodnych, ocena ich stanu troficznego, analiza pochodzenia materii organicznej akumulowanej w zbiornikach, ich składu chemicznego, w tym izotopowego, oraz granulometrycznego, a także analizę wpływu warunków hydrometeorologicznych na proces akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych.

W rozdziale 4 (20 str.) Doktorant przedstawił metodykę badań, które zostały zrealizowane w trzech wybranych zbiornikach zaporowych: Blizne, Maziarnia i Nielisz. Zbiorniki te różniły się pod względem parametrów morfometrycznych a także czasu retencji wody – parametru istotnego w procesie akumulacji materii zawieszanej w wodzie oraz dystrybucji związków biogennych w niej zawartych. Prace analityczno-badawcze przeprowadzono w dwóch etapach. W badaniach wstępnych, przeprowadzonych w dwóch okresach: czerwiec-wrzesień 2017 oraz maj-lipiec 2018, w zbiorniku Blizne testowano działanie czterech typów pułapek sedymentacyjnych, w tym trzech stanowiących nowatorskie rozwiązanie konstrukcyjne Doktoranta. Na podstawie pomiarów tempa sedymentacji osadów zawieszonych w toni wodnej wybrano najbardziej efektywny typ pułapki sedymentacyjnej,



którą Doktorant zastosował we wszystkich zbiornikach w ramach zasadniczej serii badań. Prace badawcze w zbiorniku Blizne i Maziarnia prowadzono w okresie wiosenno-letnim w roku 2018 i 2019, natomiast w zbiorniku Nielisz – w 2019 roku. Parametry hydrometeorologiczne w okresie prowadzenia badań Doktorant określał korzystając z trzech źródeł danych: 1) Baza danych IMGW – była to wysokość opadu dobowego dla najbliższych stacji opadowych, oraz dane z platformy Weather Underground – średnia dobową prędkość wiatru; 2) Baza danych pozyskanych od zarządców obiektów Maziarnia i Nielisz – wielkość odpływu ze zbiorników (natężenie przepływu dobowego) oraz ich napelnienie; 3) Dane z obserwacji i pomiarów prowadzonych przez Doktoranta, tj. wielkości odpływu ze zbiornika Blizne oraz jego napelnienie.

Pomiary wybranych parametrów fizykochemicznych wód (temperatura wody, pH, stężenie  $O_2$ , konduktancja) wykonywano w warunkach *in situ* za pomocą wieloparametrowego miernika Hach Lange. Natomiast w warunkach laboratoryjnych oznaczano stężenie azotu całkowitego oraz węgla organicznego za pomocą analizatora TOC-VCPN. Do oznaczenia stężenia fosforu całkowitego oraz chlorofilu *a* zastosowano spektrofotometr Aquamate.

Osady zgromadzone w pułapkach sedymentacyjnych analizowano pod kątem zawartości suchej masy, na podstawie której określano wskaźnik akumulacji osadów. Stężenie fosforu całkowitego w osadach określano za pomocą spektrofotometru Aquamate, natomiast zawartość azotu całkowitego oraz całkowitego węgla organicznego oznaczano przy pomocy analizatora elementarnego CN. Skład izotopowy całkowitego węgla organicznego w osadach określano za pomocą izotopowego spektrometru masowego IRMS, sprzężonego z analizatorem elementarnym CN. Na podstawie wyznaczonego wskaźnika izotopowego  $\delta^{13}C$  określano pochodzenie materii organicznej zawartej w osadach zgromadzonych w pułapkach sedymentacyjnych. Ponadto, określano skład granulometryczny osadów przy użyciu analizatora wielkości cząstek Malvern Mastersizer 2000E.

Ocenę stanu troficznego wód Doktorant wykonywał na podstawie indeksów troficznych według Carlsona, Walkera oraz Neverovej-Dziopak.

Wyniki wszystkich przeprowadzonych badań Doktorant poddawał odpowiedniej obróbce statystycznej z wykorzystaniem programu MS Excel 2013 oraz Statistica 13,0 PL. Do opisu matematycznego badanych procesów wykorzystał model regresji liniowej oraz wielorakiej.

Wyniki badań i ich dyskusję Doktorat przedstawił w rozdziale 5. Jest to najobszerniejsza część pracy licząca 92 str., podzielona na osiem podrozdziałów, które łącznie



zawierają 17 podpunktów, w których Doktorant szczegółowo przedstawił i omówił wyniki poszczególnych elementów badań.

W podrozdziale 5.1 przedstawiono ocenę efektywności czterech typów pułapek sedymentacyjnych. Na podstawie porównawczych wyników badań wstępnych Doktorant stwierdził, że najskuteczniejszą w akumulowaniu osadów jest pułapka własnej konstrukcji, która została zgłoszona jako oryginalne urządzenie pomiarowe do Urzędu Patentowego RP. Pułapka ta została wykorzystana w trzech zbiornikach w zasadniczej serii badań.

Podrozdział 5.2 dotyczy właściwości wód w badanych zbiornikach retencyjnych i obejmuje charakterystyki warunków: termicznych, tlenowych, zakwaszenia, zasolenia, zanieczyszczeń organicznych, związków biogenicznych, tj. – stężenia fosforu i azotu całkowitego, a także zawiera wyniki badań fitoplanktonu – w postaci stężenia chlorofilu *a*. W odrębnym podpunkcie przedstawiono wyniki testów statystycznych ANOVA Kruskala-Wallisa oraz korelacji liniowej Pearsona, na podstawie których Autor badał zależności korelacyjne pomiędzy analizowanymi parametrami jakości wód, przyjmując poziom istotności  $\alpha = 0,05$ .

W podrozdziale 5.3 przedstawiono ocenę stanu troficznego wód na podstawie wartości indeksów Carlsona, Walkera oraz Neverowej-Dziopak. Doktorant stwierdził, że pomimo występowania pewnych różnic ogólny stan troficzny badanych zbiorników retencyjnych był podobny i oscylowała między stanem eutrofii i hipertrofii.

Kolejny podrozdział 5.4 dotyczy analizy ilościowej całkowitej materii zawieszanej w wodzie oraz udziału w niej materii organicznej. Na podstawie wyników badań Autor stwierdził, że na rozkład stężeń materii zawieszanej w wodzie istotny wpływ mają parametry zbiornika (m. in. pojemność) oraz położenie punktu pomiaru w zbiorniku. Obserwowano wzrost stężenia materii zawieszanej w wodach zbiorników w rejonie dopływu rzek, w stosunku do analogicznego stężenia w wodach rzecznych, w przekrojach zlokalizowanych powyżej zbiorników. Ponadto, stwierdzono, że wraz z kierunkiem przepływu wody w zbiorniku stężenie materii zawieszanej w wodzie stopniowo ulega redukcji.

Podrozdział 5.5 zawiera wyniki badań materii zgromadzonej w pułapkach sedymentacyjnych, które obejmowały: określenie wartości wskaźnika akumulacji w osadach dennych materii zawieszanej, stężenia całkowitego węgla organicznego w osadach zakumulowanych w pułapkach sedymentacyjnych, w tym izotopu  $^{13}\text{C}$ , zawartości całkowitego fosforu i azotu, charakterystykę składu granulometrycznego osadu, a także wyniki statystycznej analizy istotności korelacji między poszczególnymi badanymi wskaźnikami chemicznymi. Na podstawie wartości  $\delta^{13}\text{C}$  całkowitego węgla organicznego w osadach zakumulowanych w



pułapkach Doktorant stwierdził, że dominowała w nich materia organiczna pochodzenia autochtonicznego.

Podrozdział 5.6 obejmuje charakterystykę osadów dennych pod względem zawartości materii organicznej, węgla organicznego, całkowitego fosforu i azotu, a także wyniki analizy istotności korelacji pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami.

W podrozdziale 5.7 przedstawiono wyniki analizy statystycznej parametrów potencjalnie wpływających na tempo akumulacji w osadach dennych materii zawieszanej w toni wodnej badanych zbiorników zaporowych. Na podstawie testu istotności analizowanych parametrów Doktorant określił postać dwóch równań do wyznaczenia wskaźnika akumulacji osadów. W pierwszym równaniu uwzględnił 4 parametry: stężenie materii zawieszanej w wodzie, poziom napełnienia zbiornika, temperaturę wody oraz procentową zawartość materii organicznej w osadach zawieszonych w wodzie. Formuła to zapewniła dopasowanie obliczonej wartości wskaźnika  $U_s$  do 74% wartości uzyskanych w pomiarach. Natomiast w drugim równaniu, po usunięciu temperatury wody spośród zmiennych objaśniających, uzyskano w 85% dopasowanie obliczonej wartości  $U_s$  do uzyskanej w pomiarach.

Ostatni podrozdział 5.8 dotyczy analizy roli materii zawieszanej w dystrybucji związków biogenych, tj. stężenia całkowitego fosforu i azotu w zakumulowanych osadach dennych. Doktorant stwierdził, że stężenie materii zawieszanej w wodzie w sposób istotny wpływa na zawartość fosforu całkowitego w osadach. Natomiast analogicznego powiązania nie stwierdził w przypadku stężenia azotu całkowitego.

W rozdziale 6 – Podsumowanie i wnioski (6 str.) Doktorant w sposób syntetyczny przedstawił najważniejsze wyniki i wnioski z przeprowadzonych badań, w tym potwierdzające założone tezy i cele pracy. Doktorant wykazał, że stężenie materii zawieszanej w toni wodnej odgrywa istotną rolę w procesie akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych. Opracowany przez Autora model empiryczny pozwala na prognozowanie wskaźnika akumulacji osadów na podstawie stężenia materii zawieszanej w wodzie oraz zawartości w niej materii organicznej, z uwzględnieniem aktualnej pojemności retencyjnej (napełnienia) zbiornika. Wyniki badań potwierdziły również istotny wpływ stężenia materii zawieszanej w wodzie na zawartość fosforu całkowitego w osadach dennych. W podsumowaniu Doktorant przedstawił również wnioski dotyczące dalszych badań procesu akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych oraz związanych z nim procesów geochemicznych. Stwierdził, że w aspekcie zmian klimatycznych oraz przeciwdziałania degradacji ekosystemów wodnych przyszłe badania w tym zakresie będą miały coraz większe znaczenie użytkowe.



### 3. OCENA POZIOMU NAUKOWEGO PRACY

Rozprawa podejmuje interesujący pod względem naukowym i praktycznym problem akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych, w tym pochodzących z sedymentacji materii zawieszanej w toni wodnej – zawierającej między innymi materię organiczną, a także wpływu tego procesu na dystrybucję związków biogenicznych w zbiornikach wodnych. Tematyka podjętych badań obejmuje szereg złożonych i zmiennych, a przez to również trudnych do opisu i interpretacji, naturalnych procesów fizycznych, chemicznych i hydrometeorologicznych, podlegających ponadto modyfikacjom w wyniku czynników antropogenicznych. Duże znaczenie badań w tym zakresie wynika zarówno z obecnych wymagań formalnych, dotyczących zapewnienia odpowiedniej jakości fizykochemicznej wód oraz stanu ekologicznego ekosystemów wodnych, jak również ze współczesnych wyzwań, jaki jest postępujący negatywny wpływ zmian klimatycznych na stan ilościowy i jakościowy zasobów wodnych na świecie i w Polsce.

Doktorant podjął badania w celu potwierdzenia dwóch tez: 1) że stężenie materii zawieszanej w toni wodnej odgrywa istotną rolę w procesie akumulacji osadów oraz wpływa na tempo ich sedymentacji, co w efekcie pozwala na prognozowanie procesu utraty zdolności retencyjnych zbiorników wodnych; 2) że proces ten wpływa na obieg i dystrybucje związków biogenicznych w zbiornikach zaporowych oraz na procesy zachodzące w osadach dennych. Zdaniem recenzenta, przyjęte tezy zostały w pełni potwierdzone wynikami badań, przeprowadzonych w trzech wybranych zbiornikach zaporowych – zróżnicowanych pod względem parametrów fizykochemicznych wód i osadów dennych, charakterystyk hydrometeorologicznych oraz morfometrycznych.

Osiągnięcie zamierzonych celów pracy, posiadających zarówno charakter poznawczy jak i użytkowy, nie byłoby możliwe bez opracowania odpowiedniej metodyki badań, obejmujących szeroki zakres zagadnień dotyczących przede wszystkim właściwości fizykochemicznych wód, osadów zawieszonych w toni wodnych oraz osadów dennych, ale także procesów biologicznych i hydrometeorologicznych wpływających na proces akumulacji osadów. Metodyka badań została opracowana na podstawie bardzo wnikliwego i szerokiego przeglądu literatury – głównie najnowszej i o zasięgu międzynarodowym. Warto podkreślić, że spis literatury obejmuje 225 pozycji, w tym w 69% są to opracowania anglojęzyczne. Spośród cytowanych prac 54% stanowią publikacje z ostatnich 10 lat, 34% z lat 2000-2009, a tylko 12% stanowią starsze pozycje.



Jako istotne osiągnięcie Doktoranta należy uznać opracowanie i zastosowanie w badaniach terenowych oryginalnych konstrukcji pułapek sedymentacyjnych. Jedną z tych konstrukcji, która we wstępnych badaniach porównawczych osiągnęła największą sprawność, Doktorant zgłosił jako rozwiązanie patentowe. Urządzenie to które posiada cechy uniwersalnego przyrządu pomiarowego, dlatego zdaniem recenzenta może być powszechnie stosowane w badaniach sedymentacji osadów zawieszonych w tani wodnej.

Kolejną cechą wyróżniającą recenzowaną pracę jest szeroki zakres tematyki badawczej, różnorodność oraz pracochłonność wykonanych przez Doktoranta pomiarów terenowych i laboratoryjnych oraz prac analitycznych – w większości przypadków wykonywane za pomocą nowoczesnej aparatury badawczej. Opracowanie, analizowanie oraz właściwa interpretacja wyników badan o zróżnicowanym charakterze wymagało od Doktoranta nabycia zarówno szerokiej wiedzy teoretycznej jak i zróżnicowanych umiejętności praktycznych. Zdaniem recenzenta, uzyskane wyniki badań stanowią bogaty materiał empiryczny o wysokiej jakości, wzbogacający wiedzę dotyczącą badanych procesów związanych z akumulacją osadów w zbiornikach zaporowych oraz skutków środowiskowych tych procesów. Praca ma również aspekt praktyczny – opracowany przez Autora model empiryczny pozwala na prognozowanie wskaźnika akumulacji osadów na podstawie stężenia materii zawieszanej w wodzie oraz udziału zawartej w niej materii organicznej, z uwzględnieniem aktualnego napełnienia zbiornika.

W podsumowaniu oceny merytorycznej można więc stwierdzić, że recenzowana rozprawa doktorska posiada dużą wartość naukową i użyteczną. Opracowana została na podstawie wnikliwych i obszernych badań o bardzo zróżnicowanym charakterze, przeprowadzonych w sposób kompleksowy, według dobrze opracowanej metodyki, oraz przy wykorzystaniu nowoczesnej aparatury pomiarowej i analitycznej. O dobrym przygotowaniu merytorycznym Doktoranta świadczy umiejętność wnikliwego i wieloaspektowego analizowania złożonych procesów oraz duża sprawność w przeprowadzeniu licznych i zróżnicowanych pomiarów i analiz. Tezy, cele i zakres pracy zdefiniowane zostały w sposób przejrzysty. Układ pracy jest poprawny i logiczny, a prezentowane interpretacje i wnioski znajdują pełne uzasadnienie w wynikach przeprowadzonych badań i analiz. Tekst został napisany poprawnym i zrozumiałym językiem, co ułatwia zapoznanie się z treścią recenzowanej rozprawy doktorskiej.

W pracy prezentującej ogólnie wysoki poziom naukowy znalazły się również pewne elementy do których można mieć uwagi krytyczne. Zdaniem recenzenta nie wpływają one



znacząco na obniżenie oceny naukowej dysertacji, tym niemniej powinny być uwzględnione przez Doktoranta w ramach opracowywania publikacji prezentujących uzyskane wyniki badań, a także powinny być brane pod uwagę w przyszłych badaniach o podobnej tematyce.

1. Tabela 2, str. 21 – Podział na frakcje i ich nazwy jest niezgodny z obowiązującą w Polsce normą PN-EN ISO 14688-1:2006 - Badania geotechniczne. Oznaczenia i klasyfikowanie gruntu – Część 1: Oznaczenia i opis. Przykładowo, do frakcji drobnoziarnistych, wymienionych w kolejności wzrostu średnicy cząstek (ziaren) mineralnych zaliczamy frakcję: ilastą, pylastą i piaszczystą. Natomiast nie ma frakcji „gliniastej”, gliny są mieszaniną cząstek mineralnych, zaliczanych do frakcji ilastej, pylastej i piaszczystej, przy czym udział procentowy cząstek danej frakcji może być zróżnicowany.
2. Drugi akapit, str. 24 – termin „wysokość wody w zbiorniku ( $h$ )” jest nieprawidłowy – sugeruje, że chodzi o „rzędną wody”, czyli wysokość w [m n.p.m.]. Z rys. 4 wynika, że  $h$  jest głębokością wody w zbiorniku.
3. Wzór 2, str. 30 – Gęstość objętościowa osadów dennych w zbiornikach zaporowych charakteryzuje się wyraźnym zróżnicowaniem przestrzennym w czaszy, zwłaszcza w przypadku dużych zbiorników wodnych. Na wlocie rzeki do zbiornika dominują osady pochodzące z akumulacji rumowiska wleczonego, których gęstość jest większa niż osadów powstających w dalszych częściach zbiornika. Im bliżej zapory tym osady zawierają więcej rumowiska unoszonego (materii zawieszony), w tym pochodzenia organicznego. Dlatego wzór (2) powinien mieć bardziej ogólną postać i uwzględnić zmienność gęstości osadów:  
$$R_i = \frac{\rho_{ou} \cdot E_{ou}}{\rho_{ow} \cdot E_{ow}} + \frac{E_{in}}{\rho_{ow} \cdot E_{ow}}$$
, gdzie  $\rho_{ou}$  i  $\rho_{ow}$  jest odpowiednio gęstością objętościową osadów utworzonych w wyniku akumulacji rumowiska unoszonego i wleczonego, pozostałe oznaczenia jak we wzorze (2).
4. Tabela 3, tekst na str. 36-37 – Występuje brak zgodności niektórych parametrów morfometrycznych zbiornika Blizne podanych w Tabeli 3 / oraz w tekście: powierzchnia zbiornika 8,66 ha / 2,8 ha; średnia głębokość 1,6 m / 1,3 m.
5. 2 wiersz od dołu, str. 45 – Autor podaje, że analizował „średnie dobowe wahania natężenia opadów atmosferycznych”. Natomiast z danych zawartych w Załącznikach 16-18 wynika, że analizowana była suma wysokości opadów obserwowanych w ciągu danej doby  $O$  [mm]. Podobnie niepoprawna terminologia występuje w tekście na str. 132 oraz w tytule Tabeli 46. Natężenie opadu wyrażane jest w [ $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ] lub w [ $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ].
6. Str. 46 – Metodykę pomiarów hydrometrycznych w kanale odpływowym zbiornika Blizne Doktorant przyjął według nieaktualnej normy BN-72/6210-04. Obecnie obowiązuje norma





PN-EN ISO:2007 - Hydrometria – Pomiar przepływu cieczy w korytach otwartych z wykorzystaniem młynków hydrometrycznych lub pływaków. Według tej normy pomiar prędkości przepływu należy wykonywać w co najmniej 2-3 krotnie większej liczbie pionów niż w pomiarach Doktoranta (tylko 3 piony). Przeprowadzone pomiary natężenia przepływu mogły więc być obarczone znacznym błędem.

7. Str. 125 – Przy rozpatrywaniu postaci funkcyjnej wskaźnika tempa akumulacji osadów  $U_s$  należy rozważyć włączenie do zbioru potencjalnych zmiennych objaśniających lokalne głębokości wody  $h$ , tj. w miejscach zainstalowanych pułapek sedymentacyjnych, albo wartość średniej głębokości wody  $h_{sr}$  w całym zbiorniku. Głębokość wody ma istotny wpływ na przebieg procesu sedymentacji osadów, a zwłaszcza na ich resuspensję w wyniku miksji i działania wiatru. Ponadto, średnia głębokość wody  $h_{sr}$  jest bardziej uniwersalnym parametrem, mogącym ewentualnie zastąpić parametr  $N$ , który Doktorant określa jako „poziom napełnienia zbiornika”. Ponieważ wartość  $N$  wyrażona jest w jednostkach objętości (w mln m<sup>3</sup>) uważam, że termin „chwilowa pojemność retencyjna zbiornika” za bardziej właściwy.
8. Tabela 45 oraz Załączniki 16 – 18 – Mam wątpliwość, czy podane średnie dobowe prędkości wiatru są faktycznie wartościami wyrażonymi w km·h<sup>-1</sup>? W standardzie danych meteorologicznych podawanych przez IMGW prędkość wiatru jest wyrażona w m s<sup>-1</sup>.
9. Formuły na str. 139 i 140 – Brak objaśnienia wartości podanych w nawiasach pod obu formułami.

Ponadto, w pracy występują drobne błędy o charakterze technicznym:

- Wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń – zamieniony miejscami opis wsp.  $\beta$  i  $\beta_{Ch}$
- Wiersz 15-16 na str. 53 – związek jest odwrotnie proporcjonalny, jeżeli wsp. korelacji ma wartość ujemną.

#### 4. PODSUMOWANIE

Rozprawa doktorska mgr inż. Maksymiliana Cieśli dotyczy interesującego pod względem naukowym, a także ważnego z praktycznego punktu widzenia, problemu akumulacji osadów w zbiornikach zaporowych oraz wpływu tego procesu na stan fizykochemiczny i troficzny wód oraz geochemiczne właściwości osadów dennych. Doktorant wykazał szeroką wiedzę w zakresie rozpatrywanych zagadnień, w tym zwłaszcza dotyczących procesów fizykochemicznych zachodzących w wodach zbiorników wodnych, w materii zawieszanej w toni wodnej oraz w osadach dennych, a także posiadał gruntowną wiedzę o złożonych procesach



biologicznych i hydrometeorologicznych, związanych z tematyką prowadzonych badań. Na bazie tej wiedzy Doktorant opracował właściwą i kompleksową metodykę badań, w których stosował między innymi pułapki sedymentacyjne własnej konstrukcji, a także korzystał z szeregu innych nowoczesnych urządzeń i metod pomiarowo-analitycznych. Wykazał się także umiejętnością dobrego planowania badań i sprawną ich realizacją, staranną analizą zróżnicowanych danych z wykorzystaniem odpowiednich metod statystycznych oraz właściwą interpretacją i wizualizacją uzyskanych wyników. Tym samym można jednoznacznie stwierdzić, że mgr inż. Maksymilian Cieśla właściwie opanował warsztat naukowo-badawczy.

W konkluzji stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Maksymiliana Cieśli pt. *“Rola materii zawieszanej w toni wodnej w aspekcie akumulacji osadów i dystrybucji związków biogennych w zbiornikach zaporowych”* spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789), a także w Rozporządzeniu MNiSW z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261). W związku z powyższym wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr inż. Maksymiliana Cieśli do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

