

Rzeszów, 28.12.2021r

Prof. dr hab. inż. Piotr Koszelnik,  
Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza  
Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Katedra Inżynierii i Chemii Środowiska

## **Recenzja**

**rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła Tomczyka pt.: „Badania zmian jakości wód  
wywołanych energetycznym wykorzystaniem rzek”,  
napisanej pod promotorstwem prof. dr. hab. inż. Mirosława Wiatkowskiego**

Recenzję niniejszą wykonano zgodnie z uchwałą Rady Dyscypliny Inżynierii Środowiska, Górnictwa i Energetyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu o wyznaczeniu recenzentów w rozprawie doktorskiej mgr. inż. Pawła Tomczyka, podjętą w dniu 17 listopada 2021 roku.

### **Ocena celowości podjętej tematyki**

Realizacja celów Ramowej Dyrektywy Wodnej wiąże się z potrzebą monitorowania stanu ekologicznego różnych rodzajów wód powierzchniowych w tym takich części wód, które w wyniku działalności człowieka utraciły swój naturalny charakter. Ponadto kryzys energetyczny powoduje potrzebę poszukiwania i rozwijania innych niż paliwa kopalne źródeł energii. Elektrownie wodne mogą być takim elementem bilansu energetycznego. Oczywiście nie są, jak często się wydaje całkowicie obojętne dla środowiska, co wynika m. in. z możliwej eutrofizacji i emisji gazów szklarniowych w tym CO<sub>2</sub>. Wielu badaczy uważa, że powodują one także pogorszenie stanu biologicznego wód poniżej elektrowni. Oceniana dysertacja przynosi cząstkową, jakościową i ilościową odpowiedź na pytanie czy rzeczywiście tak jest. Dlatego jest cenna i niezwykle potrzebna.

### **Ocena formalna i merytoryczna**

Przedstawiona do recenzji rozprawa to cykl sześciu współautorskich publikacji:

- A1. Tomczyk P., Willems P., Wiatkowski M. 2021. Comparative analysis of changes in hydromorphological conditions upstream and downstream hydropower plants on selected rivers in Poland and Belgium. *Journal of Cleaner Production* 328. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129524>. IF 2020 = 9,297, 140 pkt.
- A2. Tomczyk P., Wiatkowski M., 2021b. Impact of a small hydropower plant (Poland) on water quality dynamics in a diversion and natural river channel. *Journal of*

Environmental Quality 50(5): 1156-1570. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20274>. IF 2020 = 2,751, 100 pkt.

A3. Tomczyk P., Wiatkowski M., 2021a. The Effects of Hydropower Plants on the Physicochemical Parameters of the Bystrzyca River in Poland. *Energies* 14(8): 2075. <https://doi.org/10.3390/en14082075>. IF 2020 = 3,004, 140 pkt.

A4. Tomczyk P., Wiatkowski M., 2020b. Shaping changes in the ecological status of the watercourses within barrages with hydropower schemes – a literature review, *Archives of Environmental Protection* 46(4): 78-94. <https://doi.org/10.24425/aep.2020.135767>. IF 2020 = 1,489, 100 pkt.

A5. Tomczyk P., Wiatkowski M., 2020a. Challenges in the Development of Hydropower in Selected European Countries. *Water* 12(12): 3542. <https://doi.org/10.3390/w12123542>. IF 2020 = 3,103, 70 pkt.

A6. Tomczyk P., Wiatkowski M., Gruss Ł., 2019. Application of Macrophytes to the Assessment and Classification of Ecological Status above and below the Barrage with Hydroelectric Buildings. *Water* 11: 1028. <https://doi.org/10.3390/w11051028>. IF 2020 = 3,103, 70 pkt.

Patrząc z punktu widzenia logicznego rozprawy doktorskiej właściwa kolejność publikacji to najpierw te przedstawiające aktualny stan wiedzy (A4 i A5), a następnie publikacje badawcze (pozostałe).

Czasopisma w których opublikowano powyższe prace są indeksowane w bazie Scopus i znajdują się na liście czasopism punktowanych, ogłoszonej w 2019 roku na potrzeby ewaluacji dyscyplin naukowych w Polsce, mając nie mniej niż 70 i nie więcej niż 140 punktów. Są to czasopisma o uznanej renomie. Udziały doktoranta wynoszą 70-80%. Z oświadczeń współautorów załączonych do dokumentacji wynika, że udział merytoryczny doktoranta w całości prac był istotny.

W dokumentacji załączono także łączący i częściowo podsumowujący badania opublikowane we wzmiarkowanych artykułach, tzw. przewodnik po tychże publikacjach. W przewodniku zamieszczono dwustronicowy rozdział „Wprowadzenie”, gdzie doktorant podaje, bardzo celnie uzasadnienie podjęcia tematu. Następnie wskazane są hipotezy badawcze. Brzmia one następująco:

1. Stopnie wodne z zabudową hydroenergetyczną wpływają na parametry fizykochemiczne oraz elementy hydromorfologiczne i biologiczne (makrofity), które warunkują ocenę jakości wód płynących w ich obrębie.

2. Badania zmian jakości wód powyżej i poniżej budowli hydroenergetycznych, realizowane w oparciu o powszechnie stosowane metody naukowe, umożliwiają ocenę istotności statystycznej różnic analizowanych elementów i powinny uwzględniać szerokie spektrum uwarunkowań przyrodniczych.
3. Wskaźniki jakości wody mogą stanowić narzędzie służące do oceny jakości wód oraz ich zmian wywołanych energetycznym wykorzystaniem rzek.
4. Jakość wody wyrażona wskaźnikami jakości wody w punktach zlokalizowanych w kanale derywacyjnym i w korycie naturalnym w obrębie przepływowej elektrowni wodnej wykazuje istotne zmiany stanu fizykochemicznego.

W kolejnym rozdziale „Cele pracy” wykazanych jest szereg celów pracy doktorskiej ze wskazaniem, które z publikacji cyklu stanowią ich realizację.

Jednym z obowiązków doktoranta jest rozpoznanie aktualnego stanu wiedzy w analizowanym zagadnieniu badawczym. Jak wspomniano publikacje A4 i A5 są spełnieniem tego obowiązku. W publikacji „Shaping changes in the ecological status of watercourses within barrages with hydropower schemes – literature review”, na podstawie przeglądu literatury i badań własnych autorzy przedstawiają aktualne dane dotyczące zmian stanu ekologicznego wód sprzężonych z elektrowniami przepływowymi i zbiornikowymi, tj. zmian elementów biologicznych oraz wspierających je elementów hydromorfologicznych i fizykochemicznych. Wskazano, że wpływ wykorzystania hydroenergetycznego rzek na ich stan ekologiczny jest wielowymiarowy. Składają się na niego m.in. zmiany w strukturze gatunkowej i populacjach organizmów (przyrost jak i degradacja). Zakwity glonów w wyniku zwiększonego zmętnienia skutkują utrudnioną migracją organizmów wodnych. Zmiany (wzrost) temperatury w elektrowniach wodnych powodują przyspieszenie eutrofizacji. Zmiany warunków hydrologicznych (np. wzrost amplitud dobowych stanów wody i ich coroczny spadek) powodują zwiększoną erozję i odkładanie się osadów dennych na przegrodach spiętrzających. Oprócz takich zmian stanu ekologicznego, wykorzystanie energii wodnej ma również widoczny wpływ na warunki społeczno-gospodarcze (np. poziom życia ludności) i środowisko (np. jakość osadów dennych i bioróżnorodność). W artykule dokonano oceny powyższych wpływów oraz zaproponowano schemat badawczy do oceny wpływu konstrukcji hydroenergetycznych na jakość wód. Jest to istotne osiągnięcie aplikacyjne doktoranta.

W publikacji pt.: „Challenges in the Development of Hydropower in Selected European Countries” dokonano analizy roli energetyki wodnej w Europie jako odnawialnego źródła energii. Jej udział w końcowym zużyciu energii różni się w zależności od kraju, stwarzając w każdym z nich różne wyzwania. W artykule przedstawiono doświadczenia związane z

rozwojem hydroenergetyki w czterech krajach o różnym udziale krajowej produkcji energii elektrycznej z elektrowni wodnych: Albanii (100% udział w 2019 r.), Słowenii (25,7%), Polsce (1,1%) i Estonii (0,3 %). Szczególną uwagę zwrócono na kwestie racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi w związku z europejską polityką energetyczną. W wyniku analizy studium przypadku zidentyfikowano wyzwania w rozwoju energetyki wodnej, a także sposoby ich rozwiązania. Ponadto przeprowadzono kompleksową analizę wpływu czynników społecznych, gospodarczych, środowiskowych i klimatycznych na rozwój energetyki wodnej.

Recenzent ma wątpliwości czy publikacja ta w pełni odpowiada charakterowi monotematyczności cyklu publikacji w postępowaniu doktorskim, w którym omawiane są głównie jakościowe i ilościowe parametry wód. Na pewno wartościowe jest wyeksponowanie procedury prowadzenia badań naukowych i pisanie publikacji, co od wielu lat w części dyscyplin naukowych jest elementem świadczącym o dojrzałości doktoranta. Ponadto omawiane są elementy polityki energetycznej, podsumowane wnioskiem, że największe role w rozwoju energetyki wodnej w analizowanych krajach odgrywają parametry hydrologiczne, stopień rozwoju gospodarczego czy poziom życia ludności. Należy tę część uznać jako istotne podsumowanie stanu wiedzy w odniesieniu do dalszych wyników badań doktoranta.

Zazwyczaj kolejną częścią pracy doktorskiej jest opis obiektów i metodyki badań. Obydwa elementy zostały przedstawione w publikacjach stanowiących oceniany cykl, ale dodatkowo w sposób szczegółowy i poprawny opisano je w przewodniku. Kolejne rozdziały przewodnika to wyjątki z publikacji stanowiących oceniany cykl.

W pracy opublikowanej w 2019 roku pt.: „Application of Macrophytes to the Assessment and Classification of Ecological Status above and below the Barrage with Hydroelectric Buildings” skupiono się na analizie różnych metod oceny stanu ekologicznego jednolitych części wód na podstawie makrofitów. Analizowano wskaźniki stosowane w wybranych krajach Unii Europejskiej (Polska, Irlandia, Niemcy (Bawaria), Bułgaria). Do badań na rzece Ślęza wytypowano trzy odcinki badawcze: odcinek referencyjny, odcinek powyżej i poniżej stopnia wodnego. Przeprowadzona analiza wykazała znaczne podobieństwo wyników uzyskanych wszystkimi tymi metodami – różnice dotyczyły co najwyżej jednej klasy stanu ekologicznego. Co ważniejsze badania na podstawie wszystkich zastosowanych wskaźników makrofitowych wskazało na pozytywne efekty obiektów hydroelektrycznych dla stanu wód. W pracy wskazano, że wymagane są dalsze działania, które określiłyby szczegółowy zakres oddziaływania obiektów hydrotechnicznych na środowisko wodne.

Następna praca z 2020 r. pt.: „The Effects of Hydropower Plants on the Physicochemical Parameters of the Bystrzyca River in Poland” stanowi praktyczną weryfikację aktualnego stanu

wiedzy na temat wpływu elektrowni wodnej zlokalizowanej na rzece, na wybrane parametry fizykochemiczne badanych wód. W wyniku szerokich analiz statystycznych przeprowadzonych dla trzech elektrowni (Sadowice, Skalka i Marszowice) położonych na rzece Bystrzyca stwierdzono, że elektrownie wodne pozytywnie wpływają na wybrane parametry fizykochemiczne wody, co potwierdza istniejącą wiedzę ogólną. Co jednak istotne, wpływ na to ma wysokość piętrzenia oraz typ elektrowni. Stwierdzono lepsze natlenienie wód i zmniejszenie się przewodnictwa oraz zawartości fosforu całkowitego w wodach poniżej piętrzenia.

Wielu hydrobiologów oraz ichtiologów wskazuje, wszakże na negatywny wpływ spiętrzenia rzek na część wskaźników biologicznych poniżej zapór/tam/jazów. Czy doktorant na podstawie obydwu wyżej omówionych publikacji oraz ogólnej wiedzy mógłby się do tej tezy ustosunkować w trakcie obrony? Ponadto, proszę aby doktorant spróbował wyjaśnić dlaczego przepływ przez elektrownie zbiornikowe bardziej sprzyja poprawie jakości wód w stosunku do elektrowni przepływowych?

W publikacji „Impact of a small hydropower plant on water quality dynamics in a diversion and natural river channel” dokonano oceny wpływu elektrowni wodnych zlokalizowanych w kanale zwrotnym na dynamikę jakości wody. Oceniono przestrzenną charakterystykę wody w kanale odprowadzającym nad i pod elektrownią wodną w szczególności badania prowadzono w cieku wodnym niezagospodarowanym przez elektrownię wodną oraz w punktach odniesienia. Potwierdzone zostały tezy z wyżej omówionej publikacji, gdzie parametry tlenu rozpuszczonego, przewodności oraz fosforu całkowitego poprawiły się poniżej elektrowni. Zaproponowane w niniejszym opracowaniu wskaźniki jakości wody mogą wspomóc ocenę wpływu elektrowni wodnych na zmiany jakości wody, ponieważ umożliwiają porównanie wody w różnych lokalizacjach.

Publikacja „Comparative analysis of changes in hydromorphological conditions upstream and downstream hydropower plants on selected rivers in Poland and Belgium” zawiera wyniki badań porównawczych odcinków rzek zlokalizowanych powyżej i poniżej elektrowni wodnych oraz na odcinkach referencyjnych dla wybranych rzek w Polsce (Odra, Bystrzyca, Ślęza) i Belgii (Moza). Oddziaływania elektrowni wodnych zbadano na podstawie 42 wskaźników, w tym warunków fizycznych, siedlisk przybrzeżnych, morfologii i reżimu hydrologicznego. Określono również, jakie wskaźniki wpływają na warunki hydromorfologiczne. Wyniki wskazują, że na odcinkach powyżej elektrowni wodnych średni stan hydromorfologiczny jest umiarkowany, natomiast poniżej elektrowni jest słaby, zaś bardzo dobry jest w stacjach referencyjnych.

Przewodnik zawiera wnioski zebrane z prowadzonych badań. Jest ich sześć (w skrócie):

1. Energetyczne wykorzystanie rzek powoduje polepszenie warunków do rozwoju makrofitów.
2. Na skalę oddziaływania elektrowni wodnych na jakość wód ma wpływ ich typ oraz wysokość piętrzenia. Im wyższa wysokość piętrzenia, tym większe oddziaływanie na wartości parametrów fizykochemicznych. Oprócz tego elektrownie wodne przepływowe oddziałują słabiej na parametry fizykochemiczne niż zbiornikowe i ma to większe znaczenie niż wysokość piętrzenia.
3. Wykazano, że zabudowa hydroenergetyczna zlokalizowana na badanych ciekach charakteryzuje się zazwyczaj negatywnym wpływem na stan hydromorfologiczny rzek, przy czym największy wpływ miały tu presje antropogeniczne, obecność przeszkód poprzecznych i podłużnych w korycie rzeki, regulacje rzek oraz zmiany reżimu hydrologicznego i warunków przepływu.
4. Stwierdzono, że elektrownia wodna w kanale derywacyjnym oddziałuje silniej na jakość wody niż jaz piętrzący wodę w korycie naturalnym. Najwyższe, istotne statystycznie zmiany parametrów fizykochemicznych w analizowanych punktach dotyczyły: przewodności elektrolitycznej, pH i tlenu rozpuszczonego.
5. Dowiedziono, że najwłaściwszy wskaźnik do oceny wpływu zabudowy hydroenergetycznej na jakość wód powinien charakteryzować się: elastycznością w doborze parametrów, łatwością porównywania obliczonych wyników, prostą skalą punktową pozwalającą na standaryzację zmiennych, uniwersalnością wykorzystania do różnych celów, klasyfikacją dostosowaną do potrzeb użytkowników, odpornością na wartości odstające, dużą potencjalną liczbą parametrów, które są brane pod uwagę, łatwością obliczeń, możliwością uwzględniania szerokiego zakresu zmienności analizowanych parametrów. Potwierdzono przydatność wskaźników jakości wód do oceny wpływu zabudowy hydroenergetycznej na jakość wód.
6. Opracowana procedura badawcza może zostać zaimplementowana na potrzeby oceny wpływu obiektów hydroenergetycznych na stan ekologiczny wód, społeczeństwo, gospodarkę i środowisko. Zaproponowane nowe podejście do tej oceny może pomóc specjalistom w bardziej efektywnym zarządzaniu zasobami wodnymi na ciekach, zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Wnioski mają charakter zarówno poznawczy (wnioski 1-4) jak i praktyczny (5-6). Są sformułowane w sposób bardzo rzeczowy.

## **Uwagi ogólne**

Doktorant wykazał się umiejętnością zaprojektowania i przeprowadzenia badań naukowych. W bardzo dobrym stopniu opanował współczesne narzędzia i techniki badawcze, wykorzystując je do przeprowadzenia kompleksowych analiz w założonym zakresie. Rozprawa ta stanowi kompleksowe omówienie zagadnienia wpływu zabudowy hydrotechnicznej rzek na wiele wskaźników jakości wód w tym biologicznych, fizykochemicznych i hydromorfologicznych. Zauważyć należy umiejętność pracy zespołowej. Jedyne mankament jaki można zauważyć, to pominięcie wskaźników ichtiologicznych. Nie wnoszę innych uwag krytycznych.

## **Podsumowanie**

Uważam, że przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Tomczyka pt.: „Badania zmian jakości wód wywołanych energetycznym wykorzystaniem rzek” prezentuje interesujące i nowatorskie wyniki badań. Jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego, zaś doktorant wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej ochrona i kształtowanie środowiska, która stanowi dzisiaj część dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Uzyskane rezultaty mają charakter zarówno naukowy jak i praktyczny, wobec tego stanowią dobrą bazę do dalszych działań. Systematyka opisu eksperymentów, analiza i dyskusja wyników oraz wnioski są prawidłowe. Powyżej wyszczególnione uwagi nie obniżają merytorycznej wartości pracy. Stwierdzam zatem, że rozprawa doktorska mgr. inż. Pawła Tomczyka pt.: „Badania zmian jakości wód wywołanych energetycznym wykorzystaniem rzek”, spełnia wymogi stawiane zwyczajowo i normatywnie pracom doktorskim dlatego też wnioskuję o dopuszczenie mgr. inż. Pawła Tomczyka do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Jednocześnie z uwagi na wysoki poziom naukowy publikacji wchodzących w skład cyklu publikacji, zwłaszcza w zakresie szczegółowej interpretacji wpływu zabudowy hydrotechnicznej rzek na jakość wód, dobre opanowanie i wykorzystanie aparatu naukowego w tym statystycznego oraz zakres współpracy międzynarodowej wnioskuję o wyróżnienie tej rozprawy.

*Prof. Uładisław*