

Dr hab. inż. Ewa Burszta-Adamiak, prof. UPWr
Instytut Inżynierii Środowiska
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wrocław, 18.11.2025 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza

pt.: „*Metoda automatycznego i bezinwazyjnego pobierania próbek biologicznych do wykrywania patogenów w akwakulturze*”

**wykonanej pod kierunkiem Pani dr hab. inż. Anny Janickiej, prof. uczelni (promotor)
oraz Pani dr inż. Katarzyny Pali (opiekun pomocniczy)**

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza pt. „*Metoda automatycznego i bezinwazyjnego pobierania próbek biologicznych do wykrywania patogenów w akwakulturze*” została wykonana na podstawie decyzji Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej z dnia 8.10.2025 r., przekazanej pismem o nr W10/RDND07/184/2025 podpisanym przez przewodniczącego ww. Rady Dyscypliny prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego.

2. Celowość podjęcia tematu

Recykulacyjne Systemy Akwakultury (RAS), które są przedmiotem rozważań w niniejszej rozprawie doktorskiej, to przyjazne dla środowiska, oszczędne pod względem zużycia wody, wysoce wydajne technologie do komercyjnej produkcji owoców morza. Działając w kontrolowanym środowisku wewnętrznym wpływ na ich pracę czynników zewnętrznych, w tym związanych z uwarunkowaniami klimatycznymi tj. intensywne opady, długotrwałe okresy suszy czy pogarszająca się jakość wody w odbiornikach wodnych (morzach lub oceanach) jest wyeliminowany. Dodatkowo technologia RAS może być stosowana w miejscach, gdzie tradycyjna akwakultura jest niemożliwa, w tym w pobliżu rynków zbytu, co z kolei skraca łańcuch dostaw i redukuje emisje CO₂ związane z transportem żywności. Systemy te nie są jeszcze stosowane w Polsce na dużą skalę, ale zainteresowanie nimi stale rośnie. Jak wykazują analizy rynkowe oraz przeprowadzone dotychczas badania sektor akwakultury jest najszybciej rozwijającą się gałęzią produkcji żywności na świecie. Ten wzrost jest przypisywany rosnącej populacji, spadkowi połowów dzikich ryb i potrzebie

zrównoważonego zwiększenia produkcji żywności. Zatem systemy te mają znaczący potencjał w branży akwakultury i w przyszłościowym, bardziej zrównoważonym podejściu do produkcji żywności, odpornym na wyzwania związane ze zmianą klimatu.

Pomimo swoich zalet systemy RAS napotykają na przeszkody natury ekonomicznej, technicznej i operacyjnej. Zazwyczaj wymagają one dużych ilości energii elektrycznej, przez co są systemami energochłonnymi. Innym wyzwaniem jest potencjalny rozwój patogenów. Chociaż systemy RAS, odizolowane od środowiska zewnętrznego, zmniejszają ryzyko wprowadzenia patogenów z zewnątrz, jednak patogeny, które rozwiną się w systemie mogą się w nich utrzymywać (np. w biofilmie), co stwarza ryzyko nawracających infekcji i problemów ze zdrowiem hodowanych owoców morza. Z tych względów konieczne są dalsze badania zmierzające do opracowywania innowacyjnych technologii, które mają na celu wdrożyć nisko kosztowe rozwiązania oraz zapobiec niekorzystnym zjawiskom, które w tego typu systemach mogą wystąpić okresowo np. namnażanie się patogenów w wodzie. Lepsze zarządzanie patogenami mogącymi wystąpić w wodzie prowadzi do rzadszych ognisk chorób, co poprawia długoterminową rentowność systemów RAS. Praca doktorska przedłożona do recenzji bardzo dobrze wpisuje się w trend poszukiwania innowacyjnych rozwiązań w systemach akwakultury. Ponadto warto nadmienić, że obsługa i zarządzanie systemami RAS wymaga specjalistycznej wiedzy i umiejętności technicznych, a Doktorant realizując rozprawę o tej tematyce, dodatkowo o charakterze wdrożeniowym, prowadząc przy tym liczne eksperymenty, które uprzednio musiał zaplanować i wykonać, dołącza do grona ww. specjalistów. To tylko niektóre z istotnych argumentów, które przemawiają za celowością i ważnością podjętego tematu w recenzowanej dysertacji.

3. Struktura rozprawy doktorskiej

Przedłożona do recenzji rozprawa doktorska stanowi zwarte opracowanie składające się z dziewięciu rozdziałów oraz spisu bibliografii, tabel i rysunków. Właściwą część pracy doktorskiej Doktorant poprzedził streszczeniem w języku polskim i angielskim oraz spisem skrótów i oznaczeń stosowanych w dalszej części rozprawy. W pierwszym rozdziale Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz wyjaśnił pojęcie akwakultury oraz przedstawił rys historyczny hodowli organizmów wodnych w sposób kontrolowany. Z uwagi na dokonywaną na późniejszym etapie badań selekcję systemu akwakultury, Doktorant w rozdziale wprowadzającym przedstawił również klasyfikację systemów hodowli wraz ze zwięzłym opisem mocnych i słabych stron oraz szans i zagrożeń dla poszczególnych systemów. Przegląd ten był podstawą przeprowadzenia analizy SWOT zaprezentowanej w sposób graficzny również w tym samym rozdziale. Po części wprowadzającej do tematyki rozprawy Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz

nakreślił cel i zakres pracy doktorskiej. Głównym celem było opracowanie skutecznej oraz nisko kosztowej metody pobierania próbek wody do wykrywania patogenów w akwakulturze, a dokładniej w Recyrkulacyjnych Systemach Akwakultury (RAS), które zostały wytypowane do dalszych prac badawczych. Poza celem głównym Doktorant zdefiniował trzy cele szczegółowe tj. (1) opracowanie skutecznej metody dezynfekcji możliwej do wykorzystania w procesie pobierania próbek wody, (2) opracowanie skutecznej metody próbkowania w systemach RAS w celu identyfikacji patogenów chorobotwórczych w akwakulturze oraz (3) opracowanie metody transportu pobranych próbek wody do laboratorium, zapewniającej zarówno komfort termiczny próbek jak i uniknięcie kontaminacji. Z uwagi na charakter rozprawy (wdrożeńiowy) Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz sformułował cztery cele użytkowe, uwzględniające (1) zaprojektowanie i skonstruowanie stanowiska badawczego naśladującego funkcjonowanie Recyrkulacyjnego Systemu Akwakultury, (2) dobór, na podstawie badań, metody regulacji natężenia przepływu w systemie RAS, (3) wytypowanie, na podstawie badań oraz przeglądu literatury, materiałów, które mogą zostać użyte do zrealizowania celu użytkowego (1) i (2) oraz (4) opracowanie wytycznych do projektowania elementów systemu hodowlanego RAS ze zwróceniem szczególnej uwagi zarówno na zapewnienie wysokiej jakości i zrównoważonej hodowli organizmów wodnych jak i na niskie inwestycyjne i operacyjne nakłady finansowe. Realizacja wszystkich założonych celów wymagała od Doktoranta wykonania szeregu przedsięwzięć o charakterze naukowym, eksperymentalnym oraz konstrukcyjnym.

Poszczególne etapy badań zostały opisane w kolejnych rozdziałach rozprawy doktorskiej. I tak, w rozdziale 3 Doktorant skupił się na charakterystyce dotychczas stosowanych metod dezynfekcji (chemicznych, fizycznych oraz jednej fizykochemicznej), oceniając jednocześnie ich potencjalną przydatność do dalszych badań. Pod uwagę brana była toksyczność metody dla organizmów wodnych, skuteczność dezynfekcji, prostota w jej zastosowaniu, możliwość integracji metody w projektowanym układzie oraz wysokość nakładów finansowych, które wynikałyby z jej wdrożenia. Na tej podstawie Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz wytypował z dziewięciu szerzej opisanych metod dezynfekcji cztery, które były wykorzystane do dalszych testów tj. dezynfekcję z wykorzystaniem nadtlenu wodoru, kwasu nadchlorowego i ozonu (metody chemiczne) oraz promieniowania UV-C (metoda fizyczna). Eksperyment nt. skuteczności wytypowanych metod dezynfekcji został przeprowadzony z uwzględnieniem rzeczywistych warunków środowiskowych. Jako medium mikrobiologiczne użyto wodę słoną pobraną bezpośrednio z funkcjonującego Recyrkulacyjnego Systemu Akwakultury, w którym prowadzona była hodowla czerwonego kraba królewskiego (*Paralithodes camtschaticus*). W

tym samym rozdziale (trzecim) rozprawy Autor opisał przebieg eksperymentu mającego na celu określenie skuteczności wytypowanej metody dezynfekcji. Został on przeprowadzony z użyciem płytek wykonanych z polipropylenu oraz obrobionych różnymi metodami, aby ocenić wpływ chropowatości powierzchni na skuteczność danej metody dezynfekcji. W końcowej części rozdziału przedstawiono w formie dokumentacji fotograficznej i zwięzłej charakterystyki wyniki prowadzonego eksperymentu oraz główne wnioski wynikające z badań. W rozdziale czwartym Doktorant zaprezentował zakres i wyniki eksperymentu mającego na celu wytypowanie materiału, który będzie odpowiedni do pobierania próbek wody do identyfikowania patogenów w akwakulturze. Badania właściwe zostały poprzedzone przeglądem literatury w zakresie rodzajów materiałów, które mogą być potencjalnie zastosowane w systemach RAS wraz z wytypowaniem najważniejszych kryteriów, które były podstawą dokonanej selekcji. Po analizie założonych uwarunkowań do dalszych analiz w ramach pracy doktorskiej zostało wybranych pięć materiałów tj. PE, ABS, PVC, PETG oraz EPDM. Dla każdego rodzaju materiału Doktorant wykonał próby do badań wytrzymałościowych, obejmujących analizę wytrzymałości na rozciąganie oraz wielkości natężeń i odkształceń przy zerwaniu. Celem tych badań było sprawdzenie degradacji struktury materiałów po długotrwałym kontakcie z wytypowanymi na wcześniejszym etapie badań środkami dezynfekcyjnymi. Wyniki tych analiz, przedstawione w formie graficznej i tabelarycznej są zaprezentowane w rozdziale czwartym. Kończącym efektem tej części eksperymentu było wytypowanie do dalszych badań czterech materiałów tj. PETG, ABS, PVC i PE oraz metody dezynfekcji (z wykorzystaniem roztworu nadtlenku wodoru). W rozdziale piątym Autor rozprawy doktorskiej scharakteryzował kolejny etap prowadzonego eksperymentu, polegającego na wytypowaniu metody regulacji przepływu, która by mogła się sprawdzić w układzie pompowym Recyrkulacyjnego Systemu Akwakultury przy jednoczesnym założeniu niskiej energochłonności układu i łatwości obsługi przez użytkownika. W dalszej części rozdziału został opisany układ konstrukcyjny stanowiska symulacyjnego RAS, przebieg eksperymentu oraz wyniki obrazujące energochłonność systemu z zastosowaniem dwóch rodzajów zaworów (kulowego oraz gilotynowego). W efekcie po przeprowadzonej procedurze badawczej Doktorant jako efektywną metodę regulacji natężenia przepływu wskazał zastosowanie zaworu gilotynowego, dokumentując w rozprawie doktorskiej jego potencjał do przyszłej aplikacji inżynierskiej. W rozdziale szóstym Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz opisał założenia, niezbędne do spełnienia przy opracowywaniu systemu pobierania próbek wody do wykrywania patogenów w akwakulturze, zaprezentował wykonany prototyp rozwiązania oraz dobór i badania funkcjonalności membrany w kierunku określenia

jej przydatności do zatrzymania i zateżenia materiału biologicznego w układzie. W rozdziale siódmym Autor scharakteryzował założenia oraz projekt prototypu metody do transportu próbek wody na potrzeby wykrywania patogenów w systemach RAS, a także wyniki badań mikrobiologicznych, przeprowadzone na zaprojektowanym układzie w celu sprawdzenia skuteczności układu w zachowaniu czystości mikrobiologicznej i stabilności temperaturowej pobranych prób. W rozdziale ósmym Doktorant opisał założenia oraz wyniki przeprowadzonego eksperymentu wykonanego na zaprojektowanym i wykonanym uproszczonym prototypie i jego modyfikacji (finalnej wersji), służącego do zateżania materiału biologicznego na membranie. Rozprawę kończy rozdział dziewiąty „Podsumowanie i wnioski”, spis bibliografii, zawierający 117 pozycji, w tym publikacje naukowe i źródła internetowe, wykorzystane w rozprawie doktorskiej oraz spis rysunków i tabel.

Podsumowując analizę formalnej strony rozprawy doktorskiej stwierdzam, że opiniowana dysertacja posiada poprawną strukturę, a układ poszczególnych rozdziałów jest logiczny i przemyślany. Zakres wiedzy zaprezentowanej w poszczególnych rozdziałach jest wprowadzie bardzo syntetyczny, ale pozwala śledzić przebieg badań literaturowych i aplikacyjnych oraz dostrzec sposób osiągnięcia postawionych celów badawczych. Na pochwałę zasługuje fakt kończenia każdego z rozdziałów podsumowaniem i wnioskami, które były podstawą do kontynuowania kolejnych prac badawczych.

4. Ocena merytoryczna

Celem rozprawy i prowadzonych badań było opracowaniu metody pobierania i transportu próbek biologicznych dla skutecznej identyfikacji patogenów chorobotwórczych w Recyrkulacyjnych Systemach Akwakultury (RAS). Cele te realizowano poprzez prowadzone badania w laboratorium na zaprojektowanych i skonstruowanych protopopach rozwiązań. Założone cele Doktorant konsekwentnie realizował, a otrzymane wyniki badań z jednego etapu eksperymentów wykorzystywał w kolejnych.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych, podjętych w rozprawie Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza, zaliczam:

1. Wybranie i przetestowanie czterech metod dezynfekcji oraz wyselekcjonowanie jednej, właściwej do wykorzystania w procesie pobierania próbek wody.
2. Wyselekcjonowanie materiałów oraz przeprowadzenie z ich użyciem eksperymentu weryfikującego wpływ wielokrotnego procesu dezynfekcji na wytrzymałość mechaniczną i degradację struktury materiału.
3. Dobranie najbardziej korzystnej energetycznie metody regulacji natężenia przepływu.

4. Skonstruowanie stanowiska symulującego pracę Recyrkulacyjnego Systemu Akwakultury (RAS).
5. Zaprojektowanie i wykonanie prototypów systemów tj. do pobierania, zateżania materiału biologicznego i bezpiecznego transportu próbek wody do laboratorium analitycznego celem skutecznego wykrywania patogenów w środowiskach akwakulturowych.
6. Wykazanie, na bazie przeprowadzonych badań, skuteczności ekstrakcji filmu bakteryjnego z membrany jako formy pobierania materiału biologicznego do dalszych analiz mikrobiologicznych.
7. Przeprowadzenie walidacji uproszczonego układu do zateżania próbek biologicznych, pozwalającego na uzyskanie finalnie zateżenia próbki o co najmniej 4 rzędy wielkości względem próbek referencyjnych, umożliwiając w ten sposób wykrycie obecności mikroorganizmów z wykorzystaniem dostępnych komercyjnie testów.

Wyżej wymienione osiągnięcia dowodzą, że w ramach pracy doktorskiej zrealizowano wszystkie zakładane cele badawcze i utylitarne.

4.1. Oryginalność rozwiązania problemu badawczego

Oryginalność rozwiązania problemu badawczego upatruję szczególnie w konstrukcjach układów oraz w wyborze testowanych materiałów jak i w przyjętym programie badawczym. Dobór elementów składowych w danym eksperymencie był przemyślany, biorąc pod uwagę potrzebę zapewnienia prostoty układu, łatwości w obsłudze, automatyzacji rozwiązania i zapewniania niskich inwestycyjnych i operacyjnych nakładów finansowych. Wyniki tych badań mają potencjał aplikacyjny. Zatem ten aspekt rozprawy doktorskiej o charakterze wdrożeniowym oceniam pozytywnie.

4.2. Umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej

Niniejsza rozprawa doktorska świadczy o zaangażowaniu Doktoranta w realizację celów i zakresu pracy. Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz wykazał się kreatywnością w procesie projektowania i konstruowania prototypów stanowisk, na których w następnej kolejności prowadził badania. Świadczy to również o dużej wiedzy, ale i doświadczeniu w obszarze akwakultury. Takie podejście wskazuje na umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz dojrzałość naukową w podejmowaniu nowatorskich, czasochłonnych badań. Wyniki uzyskane z badań stanowią istotne uzupełnienie dotychczasowej wiedzy w zakresie funkcjonowania Recyrkulacyjnych Systemów Akwakultury i możliwości kontroli skażeń mikrobiologicznych, które mogą okresowo wystąpić w tego typu technologii. Z tych względów i ten aspekt recenzowanej rozprawy oceniam pozytywnie.

5. Uwagi szczegółowe

Do najważniejszych uwag zaliczam:

1. Rozprawa doktorska dotyczy Recyrkulacyjnych Systemów Akwakultury, których zadaniem jest hodowla organizmów wodnych w sposób kontrowany. To dla tego typu systemu zostały wykonane badania na poszczególnych etapach realizacji pracy. Zdaniem recenzenta warto by było w pierwszych rozdziałach rozprawy doktorskiej przedstawić i omówić układy technologiczne takich systemów stosowanych w praktyce, aby czytelnik mógł bardziej precyzyjnie umiejscowić eksperymenty przeprowadzane przez Doktoranta i jednocześnie ocenić bardziej miarodajnie możliwości ich wdrożenia do praktyki inżynierskiej.
2. W części wprowadzającej rozprawy warto by było również scharakteryzować wyzwania, które napotyka obecnie eksploatacja systemów RAS oraz problemy, które wymagają rozwiązania na tle uwarunkowań klimatycznych, infrastrukturalnych czy geopolitycznych. Taki opis dodatkowo by podkreślił ważność podjętego tematu i jednocześnie pozwolił by na orientację, na które z tych wyzwań czy problemów eksploatacyjnych Pan mgr inż. Łukasz Józefowicz odpowiada w rozprawie doktorskiej prowadząc zaplanowane eksperymenty.
3. Rozpoczęcie streszczenia rozprawy od zdania „W ramach pracy doktorskiej zrealizowano wszystkie zakładane cele badawcze i aplikacyjne, a także rozszerzono zakres działań o dodatkowe eksperymenty”, kiedy czytelnik nie zapoznał się jeszcze z treścią pracy budzi co najmniej zdziwienie i jednocześnie nie pozostawia czytelnikowi (w tym przypadku recenzentowi) „przestrzeni” na stwierdzenie tego faktu po zapoznaniu się z całym zakresem przedstawionych prac badawczych.
4. Przy opisie rodzajów systemów (rozdział 1) nie zachowano jednorodności tzn. tylko przy systemach przepływowych i Recyrkulacyjnych Systemach Akwakultury jest odniesienie do odpowiednika nazwy w języku angielskim. Warto by było, skoro Autor zdecydował się na taką prezentację, przedstawić nazwę angielską dla wszystkich analizowanych systemów.
5. Sformułowany cel główny rozprawy pokrywa się ze zdefiniowanym celem szczegółowym 1.2.
6. Autor w niektórych fragmentach rozprawy używa bardzo rozbudowanych zdań, nie zawsze poprawnych pod względem gramatycznym i stylistycznym, np. cały podrozdział 3.2.1. składa się tylko z 5 zdań przy jednoczesnej chęci przekazania w nich wielu istotnych

- informacji na temat dezynfekcji z użyciem alkoholu. To powoduje, że przekazane treści się chaotyczne i trudne w odbiorze przez czytelnika.
7. Wykazanie możliwości wykorzystania ozonu do dezynfekcji w układzie nie jest poparte żadnym przeglądem literatury, nawet na podobnym stopniu szczegółowości, który był zastosowany przy opisie pozostałych metod.
 8. Warto by było stosować ujednolicone nazewnictwo do rodzajów próbek, np. na rys. 10 jest „płytką gładką”, a w Tab. 1- 5 „płytką fabryczną”.
 9. Pełne nazwy wyselekcjonowanych materiałów do badań zostały zaprezentowane dopiero w rozdziale 4.3, natomiast w rozdziale poprzedzającym, czyli 4.2 użyto tylko ich skrótów tj. PVC, ABS, PE, EPDM. W celu polepszenia odbioru zapisanych treści obowiązuje zasada, aby skrót użyty po raz pierwszy był zaprezentowany z jego pełną nazwą, po czym w dalszej części pracy można używać już tylko skrótów.
 10. Warto by było w rozdziale 4.2 przy opisie wybranych materiałów rozdzielić jednoznacznie charakterystyki tych materiałów na korzystne i niekorzystne. W obecnej formie te cechy się „przeplatają”, stwarzając chaos informacyjny.
 11. Niektóre ze sformułowań, użytych w pracy są na dużym stopniu ogólności, np. str. 33 „ABS - toksyczność wykazuje jedynie w wysokich temperaturach” (warto by było podać wartości dla tych temperatur) lub są napisane stylem zbyt potocznym np. str. 66 „Opracowanie skutecznej metody pobierania próbek wody do wykrywania patogenów w akwakulturze wymagało przeprowadzenia eksperymentów oraz symulacji potwierdzających lub obalających założenia pracy” zamiast np. „odrzucających założenia pracy”.
 12. W tab. 6 wskaźnik cen powinien być podany w $\$/m^3$, a nie w $\$/dm^3$.
 13. Autor przedstawił szereg wartości wynikających z przeprowadzonych badań, które zaprezentował w formie tabelarycznej i/lub graficznej, jednakże ich interpretacja mogłaby być na wyższym poziomie szczegółowości (w tym odniesienie do uzyskanych wartości).
 14. Brak informacji przy użyciu jakiej aparatury specjalistycznej zostały wykonane zdjęcia materiałów przy powiększeniu 10 i 100x, zaprezentowane w Tab. 12-16.
 15. Opis problemu badawczego jest rozdziałem bardzo pożądanym, ale zbyt późno opisanym (dopiero w rozdziale 5.1).
 16. Str. 72 brak podania celu wykonania symulacji w środowisku Ansys Fluent.
 17. Brak informacji, gdzie były wykonywane badania mikroskopowe (w której Katedrze, laboratorium, itp.).

18. Doktorant używa w rozdziale 7.3.2. sformułowania „piec”, a w rzeczywistości używa „cieplarki”. Cieplarka i piec to jednak nie to samo. Służą one do innych celów i pracują zazwyczaj w innych zakresach temperatur.

19. Na rys. 67-69 warto by było zastosować oś Y o tej samej skali wartości dla lepszego porównania pomiędzy wykresami i jednocześnie osiągniętymi wynikami.

Pytania, które nasuwają się w celu zachęcenia Doktoranta do dyskusji naukowej są następujące:

1. Czy w eksperymencie dotyczącym oceny skuteczności dezynfekcji zastosowano różne wody dejonizowane? Autor napisał na stronie 22: „Płytki po przygotowaniu oraz oczyszczeniu zostały zdezynfekowane, a następnie zostały przepłukane wodą dejonizowaną (przewodność $< 1 \mu\text{S/cm}$)”, po czym na stronie kolejnej można przeczytać, że „Po przeprowadzeniu procesów dezynfekcyjnych wszystkie próbki zostały przeniesione do komory laminarnej, by uniknąć kontaminacji (poprzez kontakt z powietrzem) oraz zostały przepłukane wodą dejonizowaną o przewodności $< 0.2 \mu\text{S/cm}$...”.
2. Na jakiej podstawie ustalano stężenie środka dezynfekującego, przedstawione na str. 23?
3. Co Doktorant miał na myśli pisząc na str. 44 „próbki zostały poddane 8 dniowej ekspozycji na badane metody dezynfekcji, a następnie przeprowadzono badania makro oraz mikroskopowym...”?
4. Badania prowadzone przez Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza miały na celu m.in. sprawdzenie degradacji struktury materiałów po długotrwałym kontakcie ze środkami dezynfekcyjnymi. W jaki sposób i w jakim stopniu, zdaniem Doktoranta, te degradacje struktury mogłyby wpłynąć na rozwój patogenów w wodzie? Czy są jakieś wyniki badań prezentowane w literaturze, które wykazują wpływ defektów struktury użytych materiałów na rozwój mikroorganizmów w akwakulturze?
5. Autor używa sformułowania „metoda pobierania próbek wody”. Czy w zakresie prezentowanych prac nie lepszym sformułowaniem byłby „system lub układ do poboru próbek wody”?
6. Dlaczego w Tab. 21 są dwa razy wspomniane testy GLU (bez rozróżnienia ich rodzajów), a wyniki dla nich prezentowane są odmienne? Taka sama sytuacja występuje w Tab. 26.
7. Wielokrotnie w pracy wspomniano, że projektowany układ powinien być nisko kosztowy, czyli atrakcyjny pod względem ekonomicznym. Jednakże poza Tab. 6 nigdzie w pracy nie ma odniesienia do poniesionych kosztów. Czy zdaniem Autora taka analiza ekonomiczna dla materiałów wykorzystywanych w układzie, z uwzględnieniem kosztów energii zużytej na przepompowanie odpowiedniej objętości wody do poboru prób, nie była by konieczna,

aby rozpoznać lepiej atrakcyjność skonstruowanego rozwiązania dla przyszłego wykorzystania go w praktyce?

8. Jeżeli próby do badań były dostarczane do butelek 100 ml przy zamkniętej obudowie układu do transportu prób to na jakiej podstawie określano, że butelki zostały w pełni napełnione i są gotowe do transportu do laboratorium analitycznego?
9. Czy wyższa temperatura w butelkach bez obudowy termicznej nie wynika z wyższej temperatury (zarówno minimalnej jak i maksymalnej), która była w cieplarni już na początku eksperymentu (porównanie wykresu 67 i 68)? I tym samym czy próby z i bez obudowy nie powinny być dopiero wprowadzone do cieplarki (monitorowane), kiedy temperatura w cieplarni się ustabilizowała na poziomie ok. 30°C, aby zapewnić im porównywalne warunki przechowywania?
10. Czy wyniki prezentowane na rys. 69 dotyczą tych samych próbek (w butelkach bez i z obudową termiczną), które zostały przedstawione wcześniej oddzielnie na Rys. 67 i 68? Jeśli tak, skąd wynikają różnice w temperaturach prób wody prezentowanych na Rys. 69 w porównaniu z tymi pokazanymi na Rys. 67 i 68?
11. Jaką wartość ciśnienia uznaje Doktorant za niską i bezpieczną dla mikroorganizmów w finalnie skonstruowanym prototypie? Czy wartość ta została przyjęta tylko na podstawie przeprowadzonych eksperymentów czy ma ona jeszcze jakieś potwierdzenie wynikające z literatury lub praktyki w stosowaniu tego typu systemów akwakultury?
12. Jak opracowany system do pobierania próbek biologicznych wpisuje się (lokalizacyjnie oraz funkcjonalnie) do pozostałych kluczowych komponentów, które można spotkać w technologii RAS, takich jak filtry mechaniczne i biologiczne, dezynfekcja ozonem lub UV, itd.?

6. Wniosek końcowy

Reasumując pragnę stwierdzić, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza pt.: „*Metoda automatycznego i bezinwazyjnego pobierania próbek biologicznych do wykrywania patogenów w akwakulturze*” stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. To kompilacja projektowania i budowy prototypów systemów do pobierania, zateżniania materiału biologicznego i bezpiecznego transportu próbek wody oraz interpretacji wyników badań celem skutecznego wykrywania patogenów w środowiskach akwakulturowych. Wskazane w recenzji uwagi, choć warte rozważenia w przyszłym podejmowaniu się prac wdrożeniowych, nie wpływają na całościową wartość merytoryczną badań, którą oceniam bardzo wysoko. Autor wykazał się umiejętnością samodzielnego konstruowania stanowisk do badań, testowania i walidacji opracowanych metod oraz

wyciągania z nich konstruktywnych wniosków, które doprowadziły Doktoranta do osiągnięcia założonych celów naukowych i aplikacyjnych. Przeprowadzone badania wpisują się tematycznie w zakres dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

Biorąc pod uwagę aktualność podjętego tematu, oryginalność zakresu badań oraz końcowe osiągnięte cele użyteczne, ww. **rozprawę doktorską oceniam pozytywnie**. Stwierdzam, że dysertacja Pana mgr inż. Łukasza Józefowicza spełnia wymagania stawiane tego typu opracowaniom naukowym zawartym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (tj. Dz.U. 2024, poz. 1571), stanowiącej podstawę do nadania stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria mechaniczna. W związku z powyższym składam wniosek do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Łukasza Józefowicza do publicznej obrony.



.....
Podpis recenzenta

/dr hab. inż. Ewa Burszta-Adamiak, prof. UPWr/