

dr hab. inż. Małgorzata Wolska, profesor uczelni  
Politechnika Wrocławska,  
Wydział Inżynierii Środowiska,  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
e-mail: [malgorzata.wolska@pwr.edu.pl](mailto:malgorzata.wolska@pwr.edu.pl)

Wrocław, 15 lipca 2020 r.

## **Recenzja**

rozprawy doktorskiej mgr Emilii Stańkowskiej

pt. OCENA MOŻLIWOŚCI OGRANICZANIA ZANIECZYSZCZEŃ  
WNOSZONYCH PRZEZ UŻYTKOWNIKÓW NA TEREN PŁYWAŁNI  
Promotor rozprawy: dr hab. inż. Agnieszka Włodyka-Bergier, prof. AGH

### **Podstawa opracowania**

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie z dnia 08.07. 2020 r.

### **Celowość podjęcia tematu**

Zainteresowanie korzystaniem z basenów krytych i odkrytych systematycznie rośnie na całym świecie. Jest to związane z jednej strony ze wzrostem świadomości odnośnie potrzeby utrzymania aktywności fizycznej, a z drugiej strony – z podnoszącą się stopą życiową wielu ludzi. Oznacza to, że badania z zakresu technologii oczyszczania wody basenowej w ostatnim dziesięcioleciu bardzo intensywnie się rozwijają. Wynika to z konieczności utrzymania bardzo wysokich standardów dotyczących jakości wody w nieckach basenowych oraz na terenie całej pływalni. Wzrost wymagań odnośnie parametrów jakości wody basenowej związany jest ze stwierdzanymi skażeniami takiej wody oraz zagrożeniami, jakie wiążą się z zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi i chemicznymi. Przede wszystkim zagrożenie stanowią mikroorganizmy, dla których na pływalniach istnieją dogodne warunki do intensywnego namnażania. I właśnie kwestie zdrowotne związane z korzystaniem z pływalni stanowią przedmiot wielu badań prowadzonych na całym świecie. Najczęściej dotyczą one jakości wody w nieckach basenowych oraz sposobu oczyszczania wody czy jej dezynfekcji. Dlatego uważam za istotne i bardzo celowe podjęcie przez Doktorantkę badań zmierzających do oceny możliwości ograniczenia zanieczyszczenia wody basenowej przez użytkowników obiektów dzięki zabiegom higienicznym.

## Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa liczy 160 stron, zawiera 32 rysunki, 26 tabel oraz 11 załączników, a literatura obejmuje 289 pozycji i 12 adresów stron www, z których korzystała Doktorantka. Warto podkreślić, że bardzo bogata bibliografia stworzyła solidną bazę do analizy stanu wiedzy w obszarze przeprowadzonych badań oraz możliwość ich konfrontacji z wynikami eksperymentów własnych. W części literaturowej Autorka scharakteryzowała elementy środowiska na pływalniach, tj. wodne i powietrzne, przedstawiła dotychczasowe efekty badań dotyczących zmian jakości wody basenowej oraz czynniki wpływające na wzrost zanieczyszczenia mikrobiologicznego oraz powstawanie ubocznych produktów dezynfekcji.

Praca została podzielona na dwie zasadnicze części:

- część literaturową, która wraz z poprzedzającym ją krótkim *Wstępem* liczy 53 strony;
- część badawczą (poprzedzoną opisem tezy i celu), którą Doktorantka zaprezentowała na 107 stronach. W części tej zostały opisane: sposób przeprowadzenia dwóch eksperymentów, których wyniki stanowią podstawę dysertacji, metodyka ich prowadzenia oraz uzyskane wyniki.

We *Wstępie* została uzasadniona celowość podjętej tematyki badawczej dotyczącej konieczności ograniczenia ilości zanieczyszczeń wnoszonych na teren pływalni przez jej użytkowników, a tym samym – zmniejszenia ładunku zanieczyszczeń koniecznych do usunięcia w układach oczyszczania wody.

Pierwszą część przeglądu literaturowego stanowi opis środowiska basenu. Autorka omówiła zarówno parametry powietrza, jak i wody oraz powierzchni płaskich na terenie basenów krytych. Charakteryzując środowisko pływalni, Autorka zwraca uwagę przede wszystkim na czynniki oraz parametry wpływające na rozwój mikroorganizmów, tj. wilgotność oraz temperaturę. Właśnie ten aspekt stanowi podstawę do szczegółowego omówienia wymagań stawianych wodzie w basenach. Autorka porównała wymagania w wybranych krajach.

Zasadniczą część przeglądu aktualnego stanu wiedzy stanowi charakterystyka źródeł zanieczyszczenia powierzchni wokół niecek. Autorka prezentuje nie tylko jego przyczyny, ale również poziom skażenia mikrobiologicznego i zanieczyszczeń chemicznych na powierzchniach wokół niecek basenowych. Autorka podkreśla również różnorodność potencjalnego skażenia mikrobiologicznego.

Wśród zanieczyszczeń chemicznych Doktorantka wskazuje organiczne i nieorganiczne związki azotu jako najczęściej stwierdzane zanieczyszczenia na terenie basenu.

Wiele miejsca Autorka poświęca zagrożeniom wynikającym ze stwierdzonej obecności zanieczyszczeń. Prezentuje potencjalne skutki obecności mikroorganizmów, tj. bakterii, wirusów i grzybów, oraz choroby/dolegliwości, jakie mogą wywoływać.

Analogicznie zaprezentowane zostały zagrożenia związane z zanieczyszczeniami chemicznymi, wśród których jako najgroźniejsze wskazane zostały uboczne produkty dezynfekcji.

W kolejnej części pracy (rozdział 4) Autorka omawia metody ograniczenia zanieczyszczenia wody w nieckach basenowych, uznając zabiegi higieniczne użytkowników za najbardziej skuteczną metodę ograniczenia tego problemu.

Jednocześnie omówione sposoby oczyszczania wody wskazane zostały jako kolejna z metod ograniczenia zanieczyszczenia wody. W szczególności dotyczy to doboru metody dezynfekcji i dawki dezynfektanta.

Następnie sformułowane zostały: teza, cel i zakres pracy doktorskiej. Basen AGH, jako przedmiot prowadzonych badań, posłużył do przeprowadzenia dwóch długoterminowych eksperymentów obejmujących odpowiednio ocenę wpływu:

- wzięcia/niewzięcia prysznic przed wejściem do basenu – na poziom zanieczyszczenia wody w niecce basenowej,
- przejścia/ominięcia brodzika do płukania stóp – na poziom zanieczyszczenia powierzchni wokół niecki basenowej.

Część badawczą Autorka rozpoczęła od określenia metodyki i przedmiotu badań. W szczególności omówiła sposób i warunki prowadzenia każdego z dwóch eksperymentów. Przedstawiła szczegółowo budowę Basenu AGH, miejsce i częstotliwość poboru próbek w prowadzonych badaniach. Zamieszczenie schematu prowadzenia każdego z eksperymentów zwiększyło czytelność metodyki. Doktorantka omówiła technologię oczyszczania wody basenowej oraz sposób napełniania brodzików do płukania stóp. Szczegółowo zaprezentowała zakres analityczny oraz normy, zgodnie z którymi były określane poszczególne parametry. Wszystkie wyniki badań zostały poddane analizie statystycznej, dzięki czemu możliwa stała się ocena istotności stwierdzonych korelacji oraz zmian wartości parametrów.

Zasadniczą część dysertacji stanowi omówienie i dyskusja uzyskanych wyników badań. Autorka przedstawia je szczegółowo w rozdziale 6, a wyniki analiz statystycznych zestawia w załącznikach do pracy.

Eksperyment I wykazał zmniejszenie poziomu zanieczyszczenia wody związane z wzięciem prysznic przez użytkowników, a co za tym idzie – ograniczenie zanieczyszczenia wody w

basenie, zwłaszcza w zakresie wskaźników mikrobiologicznych oraz zanieczyszczeń organicznych, stanowiących prekursory ubocznych produktów dezynfekcji.

Jednocześnie wzięcie prysznicą powoduje zmniejszenie zużycia dezynfektanta. Autorka potwierdziła tezę, że pominięcie zabiegów higienicznych przed rozpoczęciem kąpieli w basenie powoduje wzrost zagrożeń związanych nie tylko z obecnością mikroorganizmów, ale i materii organicznej.

Analogicznie zostały przedstawione wyniki drugiego eksperymentu, w którym Autorka określiła wpływ czasu przetrzymania wody w brodziku do płukania stóp na poziom zanieczyszczenia powierzchni wokół niecki basenowej. Obszerna analiza mikrobiologiczna, obejmująca bakterie, grzyby i pleśnie, pozwoliła na ilościową ocenę zmian poziomu zanieczyszczenia, a przede wszystkim – na określenie czynników determinujących te zmiany.

Ostatnią część pracy stanowią wnioski, w których Autorka przedstawia ilościowe zmiany składu fizyczno-chemicznego oraz mikrobiologicznego wody w niecce basenowej w zależności od zachowania użytkowników.

Syntetycznie prezentuje również zmiany wartości parametrów jakości wody w brodziku i zmiany czystości powierzchni wokół niecki basenowej.

Wnioski zawierają także informacje dotyczące stwierdzonych korelacji pomiędzy wartościami analizowanych parametrów i poziomem ich istotności.

### **Merytoryczna ocena rozprawy**

Uważam temat podjęty przez Doktorantkę za aktualny, a przeprowadzone badania – za wartościowe zarówno pod względem naukowym, jak i utylitarnym. Bardzo obszerna analiza doniesień literaturowych i ich konfrontacja z badaniami własnymi pozwoliły na identyfikację rodzaju i ilości zanieczyszczeń uwalnianych do wody w wyniku higienicznych i niehigienicznych zachowań użytkowników basenu. Ponadto określono rodzaj i ilość mikroorganizmów wnoszonych na teren pływalni na stopach. Dzięki temu Autorka w pełni zrealizowała założone cele:

- identyfikacja zanieczyszczeń wnoszonych przez użytkowników oraz określenie ich wpływu na wybrane elementy środowiska pływalni;
- ocena możliwości ograniczania zanieczyszczeń wnoszonych na teren pływalni poprzez odpowiednie zachowania higieniczne użytkowników;
- ocena wpływu jakości wody w brodzikach do płukania stóp na utrzymanie czystości mikrobiologicznej wokół niecki basenowej.

Do najważniejszych osiągnięć Doktorantki mogę zaliczyć:

- Bardzo obszerną analizę literatury przedmiotu, obejmującą blisko 300 pozycji, z czego wszystkie aktualne, co pozwoliło na uzupełnienie uzyskanych badań wynikami innych Autorów.
- Przeprowadzenie badań w warunkach technicznych, tj. na otwartym obiekcie w czasie normalnej jego eksploatacji, dzięki czemu uwzględniono zróżnicowanie obciążenia tego obiektu i inne czynniki naturalne.
- Bardzo szeroki zakres analityczny, a w szczególności analizę liczebności mikroorganizmów wskaźnikowych, ogólnej liczby mikroorganizmów oraz grzybów i pleśni. Dzięki tak przyjętemu zakresowi analitycznemu możliwe było nie tylko określenie ilości mikroorganizmów (OLM), ale również zagrożeń zdrowotnych związanych z obecnością mikroorganizmów patogennych.
- Ilościowe określenie zanieczyszczeń wnoszonych na teren pływalni przez użytkowników oraz określenie wpływu zachowań higienicznych na poziom tego zanieczyszczenia.

Mojej bardzo pozytywnej oceny recenzowanej rozprawy doktorskiej nie umniejszają poniższe uwagi, z których większość ma charakter dyskusyjno-wyjaśniający, zaś pozostałe stanowią uwagi redakcyjne:

- W obydwu eksperymentach higieniczne zachowania w różny sposób wpływały na poszczególne parametry. Czasami w odniesieniu do jednego z parametrów stwierdzono różny kierunek zmian wartości parametrów, np. liczby bakterii. Dlatego zasadne byłoby określenie istotności poprawy jakości wody w kontekście parametrów technologicznych systemu oczyszczania wody.  
Czy zawsze zmiana wartości danego parametru (w wyniku zachowania higienicznego), np. stężenie OWO, była na tyle duża, że wpłynęła na ilość powstających UPD? Moim zdaniem w podsumowaniu pracy brakuje zestawienia parametrów, które ulegają na tyle dużej poprawie, że można mówić o istotnym – w kontekście ekonomicznym – ograniczeniu zanieczyszczenia.
- W podsumowaniu, moim zdaniem, powinny znaleźć się zalecenia dla eksploatatorów basenów w zakresie, np.: częstotliwości wymiany wody w brodzikach, zalecanego stężenia dezynfektanta w wodzie w brodziku, uzależnienie tego stężenia od liczby użytkowników itp.
- W moim odczuciu wskazane byłoby dokonanie jednoczesnej oceny ograniczenia zanieczyszczenia wody ze względu na skorzystanie i z prysznica, i z brodzika do płukania stóp. W pracy te eksperymenty zostały omówione zupełnie oddzielnie, a w praktyce są ze sobą związane.

- Nie jest jasne, jak często powtarzany był test w eksperymencie nr I i czy w danym dniu wykonywany był zarówno test w wariancie higienicznym, jak i niehigienicznym.

Może należałoby przedstawić częściowo wyniki badań wstępnych, na podstawie których wybrano czas przebywania ochotników w basenie.

- Moje wątpliwości budzi niezakwalifikowanie ditlenku chloru (str. 39) do chlorowych dezynfektantów. Prawdą jest, że chlor i ditlenek chloru posiadają różne właściwości, siły dezynfekcyjne oraz reaktywność z zanieczyszczeniami chemicznymi, jednak ciągle jest to związek chloru. Jednocześnie należy podkreślić, że nie można porównywać skuteczności chloru i podchlorynu w dezynfekcji, ponieważ ten drugi jest ok. 80 razy słabszym dezynfektantem. Dlatego, moim zdaniem, należało unikać w pracy stwierdzenia „wariant z Cl<sub>2</sub>” tylko zgodnie z prawdą „wariant z podchlorynem”.

Logiczne jest przeliczenie dawki podchlorynu na chlor – powszechnie wykorzystywany dezynfektant. Jednak w tej sytuacji ditlenek chloru również należało przeliczyć na dawkę chloru, byłby to zabieg pozwalający na porównanie stężeń.

- W odniesieniu do mikroorganizmów nie powinniśmy mówić o stężeniu, tylko o liczebności  
- Używane sformułowanie „redukowane” powinno być zastąpione „usuwane” lub „zmniejszane”, ponieważ przy opisywanym mechanizmie nie zachodzi proces utleniania-redukcji, tylko zmniejszenie liczebności mikroorganizmów.

### **Podsumowanie oceny rozprawy i wniosek o jej przyjęcie**

Chciałabym podkreślić, że większość z powyższych uwag ma charakter edytorsko-dyskusyjny i nie umniejsza wysokiej wartości merytorycznej pracy.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr Emilii Stańkowskiej pt. „Ocena możliwości ograniczania zanieczyszczeń wnoszonych przez użytkowników na teren pływalni” spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązujące ustawowe przepisy. Wnoszę zatem o przyjęcie pracy przez Radę Dyscypliny Inżynierii Środowiska Górniczo i Energetyka Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie i dopuszczenie jej Autorki do publicznej obrony.

Jednocześnie ze względu na wysoką wartość merytoryczną przedstawionej mi do recenzji pracy wnoszę o jej wyróżnienie. W mojej opinii godne wyróżnienie są:

- szeroki zakres analityczny,
- uzupełnienie wiedzy w zakresie literatury przedmiotu o elementy zazwyczaj nieuwzględniane przez innych naukowców,

- analiza statystyczna przeprowadzonych badań, która zwiększa wiarygodność wyników i pozwala na określenie wagi poszczególnych czynników w uzyskanych korelacjach.

Margareta Wolke