

Dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska
Zakład Modelowania Hydrodynamicznego
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24
50-363 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej

**pt. „Opracowanie i wdrożenie systemu do gromadzenia oraz wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego”
Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego**

*w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych,
w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka*

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzję opracowano na zlecenie Zastępcy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie Pani dr hab. Aliny Kowalczyk-Juško, prof. uczelni (pismo nr NE.5200.5.2.2024 z dnia 11 października 2024 r.) w związku z Uchwałą nr 6/2024 Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie z dnia 4 października 2024 r.

Ocenę wykonano zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z dnia 20 kwietnia 2023 r., poz. 742, z późn. zm.; rozdz. 2 „Stopień doktora”). Do zlecenia załączona została następująca dokumentacja, którą wykorzystano do wykonania ww. recenzji:

- rozprawa doktorska w formie spójnego tematycznie cyklu 3 publikacji, zawierająca kserokopie artykułów,
- oświadczenia Doktoranta i współautorów prac naukowych włączonych do jednotematycznego cyklu publikacji, określające (merytorycznie i procentowo) ich indywidualny udział.

Zgodnie z art. 187.1. pkt. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r., poz. 742, z późn. zm.): „Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej”.

Z powyższej specyfikacji wynika zatem, że Pan mgr Tadeusz Grabowski spełnia wymogi formalne dotyczące formy przedłożonej rozprawy doktorskiej.

2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedstawioną do oceny rozprawę doktorską mgr. Tadeusza Grabowskiego stanowi cykl 3 powiązanych tematycznie publikacji naukowych zatytułowany: „Opracowanie i wdrożenie systemu do gromadzenia oraz wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego”. Są to następujące publikacje (*zachowano numerację przyjętą w dysertacji na str. 11*):

- I. **Grabowski T.**, Józwiakowski K., Bochniak A., Micek A. (2022): "Changes in the Amount of Rainwater in the Roztocze National Park (Poland) in 2001–2020 and the Possibility of Using Rainwater in the Context of Ongoing Climate Variability". *Water*, 14/1334.
Punktacja MNiSW = 100 pkt.; IF = 3,4 (udział Doktoranta 70%).
- II. **Grabowski T.**, Józwiakowski K., Bochniak A., Stachyra P., Radliński B. (2023): "Assessment of Rainwater Quality Regarding Its Use in the Roztocze National Park (Poland) - Case Study". *Applied Sciences*, 13/6110.
Punktacja MNiSW = 100 pkt.; IF = 2,5 (udział Doktoranta 60%).
- III. **Grabowski T.**, Bochniak A., Siwiec T., Józwiakowski K. (2024): "Pollutant Removal Efficiency in a Rainwater Treatment System in Roztocze National Park (Poland)". *Sustainability*, 16/4709.
Punktacja MNiSW = 100 pkt.; IF = 3,3 (udział Doktoranta 60%).

Wymienione wyżej prace opublikowano w latach 2022-2024. Stanowią je artykuły naukowe w języku angielskim, opublikowane w renomowanych i rozpoznawalnych w środowisku naukowym czasopismach ze współczynnikiem wpływu IF (*Water, Applied Sciences, Sustainability*). Są to oryginalne prace twórcze, które zostały opracowane w kiluosobowych (4 do 5) zespołach autorskich, gdzie w każdym przypadku Doktorant jest pierwszym autorem, a Jego udział jest dominujący i wynosi od 60% do 70%. Wkład merytoryczny i procentowy udział Doktoranta potwierdzony został dołączonymi do wniosku oświadczeniami współautorów. Upoważnia ono do stwierdzenia, iż udział Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego w powstaniu ww. publikacji oraz przeprowadzeniu prac badawczych jest znaczący merytorycznie i obejmuje takie elementy pracy naukowej jak: zebranie, opracowanie i analizę danych literaturowych, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, metodyki i procedur badawczych, wykonanie badań (również pomiarów), a także umiejętność opracowania i analizy wyników badań, sformułowania wniosków oraz prezentacji wyników badań (w tym przygotowanie manuskryptu a następnie nadzór merytoryczny artykułu, również wieloautorskiego).

Na podstawie punktacji MNiSW (zgodnie z rokiem wydania publikacji) łączna suma punktów za przedstawiony cykl publikacji wynosi 300. Uwzględniając udział Doktoranta (60-70%) wartość publikacyjną dysertacji należy wycenić na 190 punktów. Natomiast sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi IF = 9,2. Dodam w tym miejscu, że Doktorant jest już widoczny i cytowany w bazach naukowych (4.12.2024: Scopus 21 a Web of Science 18 razy), zaś Jego indeks Hirscha wynosi IH = 3. Wszystkie prace są według mojej oceny spójne tematycznie i ściśle ze sobą związane, co nie rodzi żadnych wątpliwości, że stanowią one „zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych” spełniający wymogi ustawowe.

Przedstawiona do recenzji dysertacja Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego liczy łącznie (wraz z załącznikami) 152 strony formatu A4 i zawiera: streszczenia pracy w językach: polskim i angielskim, zestawienie tytułów publikacji naukowych składających się na rozprawę doktorską (rozdz. 1), a następnie nieco rozszerzony wstęp przybliżający genezę i problematykę dysertacji, opis problemu naukowego, cel rozprawy i przyjęte hipotezy badawcze, charakterystykę obszaru i obiektów badań oraz zakres i metodykę pracy. Całość dopełniają uzyskane wyniki badań wraz z dyskusją i wnioskami, wykaz piśmiennictwa oraz oświadczenia współautorów. Do pracy dołączono załącznik, który zawiera kopie trzech ww. angielskojęzycznych publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Obecna zmiana klimatu wymusza zwrot ku alternatywnym źródłom energii, ale także wody. Widoczna jest zmiana podejścia do zagadnienia wód opadowych m.in. w celu zastępowania nimi, w miarę możliwości, wody o wysokiej jakości i tym samym ochrony ilościowej cennych zasobów wód podziemnych. Ma to już miejsce szczególnie na terenach zurbanizowanych (rośnie popyt na urządzenia i technologie). Od środowiska naukowo-technicznego oczekuje się propozycji efektywnych rozwiązań dla gromadzenia (uzdatniania) i wykorzystania wód opadowych (nie tylko w miastach), również w warunkach lokalnych, niekiedy determinowanych względami ochrony przyrody np. w parkach narodowych. Działaniom takim towarzyszą różnego rodzaju uregulowania prawne i ekonomiczne (np. wzrost opłat za wodę), a także rosnąca świadomość i presja proekologiczna społeczeństw. Należy spodziewać się, że w naszym kraju, w najbliższej przyszłości zainteresowanie systemami umożliwiającymi

wykorzystanie wody z tanich źródeł, w tym z opadów atmosferycznych, będzie jeszcze większe, a ich wdrażanie coraz częściej realizowane.

W związku z powyższym, podjętą tematykę badawczą dysertacji uznać należy za jak najbardziej trafną, aktualną i potrzebną, gdyż dotyczy ona interesującego naukowo i bardzo ważnego pod względem praktycznym problemu. Uważam również, że tytuł rozprawy jest właściwy i odpowiada treści.

We „Wstępie” do dysertacji (rozdz. 2), przybliżającym problem badawczy, Autor przeprowadził krótkie, kilkustronicowe studium literaturowe dotyczące aktualnego stanu wiedzy, z którego jednoznacznie wynika potrzeba i geneza podjętych przez Niego badań (zmiana klimatu, niedobory wody, ochrona cennych jakościowo wód podziemnych). Ponadto, naukowa literatura tematyczna nie obfituje w raporty oceny funkcjonowania technologii do gromadzenia i oczyszczania wód opadowych (na cele hodowlane, sanitarne, przeciwpożarowe, techniczne i przyrodnicze) testowanych *w pełnej skali technicznej*. To ostatnie zagadnienie było zasadniczym elementem prac badawczych Doktoranta, które przeprowadził na oryginalnej, pilotażowej instalacji technicznej przy Dyrekcji Roztoczańskiego Parku Narodowego (RPN).

Przy okazji realizacji głównego celu naukowego rozprawy doktorskiej (rozdz. 3) jakim była: „Ocena możliwości wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt (konika polskiego) na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego (RPN)”, Doktorant wyróżnił trzy cele szczegółowe rozprawy (każdemu z nich poświęcił osobną publikację w cyklu). Są to:

1. określenie ilości wód opadowych możliwych do wykorzystania na terenie zlewni strumienia Świerszcz (publikacja nr 1);
2. określenie właściwości fizykochemicznych i mikrobiologicznych wód opadowych oraz wód płynących i podziemnych w zlewni strumienia Świerszcz, w odniesieniu do obowiązujących norm prawnych (publikacja nr 2);
3. określenie skuteczności oczyszczania wód opadowych w pilotażowej instalacji i możliwości jej praktycznego zastosowania w planowanym do wdrożenia systemie zagospodarowania wód opadowych we Floriance (publikacja nr 3).

Mając na względzie wdrożeniowy charakter rozprawy, Doktorant przyjął też cel dodatkowy, jakim było opracowanie założeń do wdrożenia systemu do transportu, magazynowania, redystrybucji i oczyszczania wód opadowych (na cele hodowlane, sanitarne, techniczne, przeciwpożarowe i przyrodnicze) - przewidzianego dla Ośrodka Hodowli Zachowawczej we Floriance w RPN.

Realizacja ww. celów badawczych i wdrożeniowych rozprawy, dała odpowiedź na postawione, jako problem naukowy (rozdz. 3.1), pytanie: „Czy ilość i jakość wód opadowych na terenie RPN oraz ich gromadzenie i uzdatnianie pozwala na ich wykorzystanie na cele hodowlane?”, a w szczególności – umożliwiła Doktorantowi weryfikację przyjętych na początku (rozdz. 3.3) czterech hipotez badawczych, gdzie założył, iż:

- 1) Ilość i jakość wód opadowych zbieranych na terenie RPN pozwala na ich wykorzystanie do celów hodowlanych. [H1]
- 2) Gromadzenie wód opadowych w podziemnych zbiornikach betonowych sprzyja utrzymaniu stabilnych warunków termicznych, ograniczających negatywne zmiany jakości wody. [H2]
- 3) Wody deszczowe po uzdatnieniu w procesach filtracji i dezynfekcji, można wykorzystać do pojenia koników polskich w Roztoczańskim Parku Narodowym. [H3]
- 4) Praktyczne zastosowanie systemu do gromadzenia oraz wykorzystania wód opadowych możliwe będzie w Ośrodku Hodowli Zachowawczej we Floriance na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego. [H4]

Podsumowując tę część recenzji stwierdzam, że cele rozprawy są poprawne i trafnie określone, w perspektywie postawionych hipotez badawczych, które też są właściwe i wynikają wprost z oceny dotychczasowego stanu wiedzy (studiów literaturowych i analizy dostępnych danych) oraz bardzo dobrej znajomości przez Doktoranta warunków lokalnych i specyfiki RPN, co jest szczególnie istotne w aspekcie wdrożeniowego charakteru dysertacji.

Rozprawa doktorska Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego jest dedykowana Roztoczańskiemu Parkowi Narodowemu, nie dziwi więc, że już na wstępie pracy (rozdz. 4 oraz treść artykułów) nieco więcej miejsca poświęcił

Autor na szczegółową charakterystykę obszaru i obiektów badań. Zwraca On uwagę na klimat i stosunki wodne (obszar RPN należy do najchłodniejszych w regionie; średnia roczna temperatura powietrza to 7.5°C, roczna suma opadów atmosferycznych: 600-650 mm; bardzo rzadka sieć wód powierzchniowych). Doktorant podkreśla, iż w badanej zlewni strumienia Świerszcz (40% na terenie RPN) stosunki wodne wyraźnie kształtują się pod wpływem warunków klimatycznych i terenowych (rozdz. 4.2). Świerszcz nie obfituje w wodę ($Q_{\max,d,2013} = 0.575 \text{ m}^3/\text{s}$; $Q_{\text{sr},2019} = 0.007 \text{ m}^3/\text{s}$), a zachodzące zmiany klimatu oraz większe zapotrzebowanie na wodę skutkuje obniżaniem poziomu wód gruntowych oraz spadkiem wydajności studni (m.in. we Floriance).

W badaniach Doktoranta niewątpliwie kluczową rolę (SUW) spełnia instalacja testowa (rozdz. 4.3, to opis obiektu badawczego) przy już istniejącym przy Dyrekcji Parku, systemie gromadzenia i zagospodarowania wód opadowych, który składa się z: układu rynien i rur (do zbierania deszczówki z dachów 2 budynków), przepompowni i 2 betonowych zbiorników. Testowaną stację uzdatniania wody (SUW) tworzą: hydrofor, 2 filtry z wkładem polipropylenowym (20 i 5 μm) i 3-ci wypełniony węglem aktywnym oraz lampa UV (na końcu, gdyż efekt dezynfekcji zależy od klarowności wody). Uwzględniono też dystrybucję wody na założone cele (pojenie, podlewanie itp.), a pomiar ilości zużytej wody zapewniają 2 wodomierze.

Należy wspomnieć, że dobrana technologia uzdatniania wody jest jak najbardziej właściwa merytorycznie i zaprojektowana zgodnie ze sztuką inżynierską.

Osiągnięcie poznawczych i jednocześnie użytkowych celów pracy nie byłoby możliwe bez przyjęcia odpowiednich metod i zakresu badań. Doktorant scharakteryzował je szczegółowo w tworzących cykl publikacji oraz przedstawił w 5-tym rozdziale dysertacji („Zakres i metodyka badań”), w 3-ch głównych częściach tematycznych poświęconych kolejnym etapom pracy: 1/ określeniu możliwości wykorzystania wód opadowych: ich ilość vs. zapotrzebowanie na wodę (rozdz. 5.1); 2/ badaniom jakości wód w RPN (rozdz. 5.2); 3/ ocenie efektywności instalacji testowej do uzdatniania wód opadowych (rozdz. 5.3).

Zarówno materiał jak i dane badawcze pochodzą z wiarygodnych źródeł, i spełniają obowiązujące normy i standardy np. dla analiz laboratoryjnych lub pomiarów terenowych. Zmiany klimatu na obszarze badań (RPN) Doktorant analizował na podstawie danych z literatury tematycznej, przy czym do oceny zmian ilości opadów atmosferycznych wykorzystał On raporty Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego „Roztocze” (Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska), uzupełniając danymi z Roztoczańskiej Stacji Naukowej UMCS w Lublinie. Wg wytycznych ZMŚP, w badaniach dotyczących opadów atmosferycznych i temperatury powietrza na terenie RPN (dane ze stacji meteorologicznych ZMŚP) Doktorant posłużył się również metodami analizy statystycznej (przydatne były m.in. jednoczynnikowa analiza wariancji, miary statystyczne, regresja liniowa i in.).

Do obliczenia potencjalnej ilości wód opadowych z dachów budynków gospodarczych na terenie Parku oraz dla planowanej instalacji w OHZ, Doktorant wykorzystał wzór zalecany w literaturze specjalistycznej (Królikowska, Królikowski; 2012), a zapotrzebowanie na wodę określił na podstawie obowiązującego Rozporządzenia Ministra Infrastruktury (2002) oraz wskazań wodomierzy (pomocnych w analizie rzeczywistego zużycia wody na poszczególne cele).

W przypadku badań jakości wód opadowych z dachów budynków gospodarczych (2 przy Dyrekcji RPN i 2 w OHZ), powierzchniowych ze strumienia Świerszcz i podziemnych z 4 studni głębinowych - pobór próbek (7 punktów pomiarowych: P1÷P7) i analizy statystyczne wyników wykonał Doktorant również wg metodyki stosowanej w ZMŚP. Wszelkie badania jakościowe próbek wody (organoleptyczne, fizykochemiczne i mikrobiologiczne) przeprowadzone zostały w akredytowanym Laboratorium Usług Badawczych (Spółdzielni Usług Mleczarskich) w Lublinie, zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami (Tab. 1/ str. 7, publikacja nr 2/2023).

Zbiorczy wykaz 70 badanych parametrów (wg Rozp. Min. Zdrow.; 2017) dla wód opadowych, powierzchniowych i podziemnych na terenie Parku (RPN), przedstawił Doktorant w tabeli 1 (str. 31, autoreferatu), przy czym analizie statystycznej poddał 21 parametrów (odrzucając te poza progami oznaczalności aparatury pomiarowej).

W przypadku badań mikrobiologicznych Autor skoncentrował się na analizie ogólnej liczby mikroorganizmów (w temp. 22 i 36°C) oraz liczby bakterii: grupy coli, *Escherichia coli*, enterokoków kałowych i *Pseudomonas aeruginosa*. Z kolei w analizach parametrów fizycznych i chemicznych próbek wody, Doktorant brał pod uwagę: mętność, barwę, pH, przewodność elektryczną właściwą (PEW, $t = 25^\circ\text{C}$), zawartość jonu amonowego, azotanów,

azotynów, twardość ogólną (CaCO₃), jak również stężenia manganu, żelaza oraz chlorków. Można stwierdzić, że Autor przyjął standardowe procedury dla badań jakości wody. Ich wyniki odniósł do obowiązujących aktów prawnych, dotyczących wody do picia (Rozp. Min. Zdr.; 2017) oraz czystości wód powierzchniowych (Rozp. Min. Infr.; 2021) i podziemnych (Rozp. Min. Gosp. Morsk. i Żegl. Śródl.; 2019). Warto podkreślić, iż problem braku w prawie polskim norm jakości wód opadowych przeznaczonych do pojenia zwierząt (konika polskiego), Doktorant rozwiązał odnosząc wyniki swoich badań do wymogów stawianych wodzie spożywczej dla ludzi (*całkiem słusznie*).

Bardzo ważnym elementem dysertacji były badania skuteczności uzdatniania wód opadowych w instalacji testowej. Doktorant analizował wartości wybranych wskaźników mikrobiologicznych i fizykochemicznych w pobieranych raz w miesiącu próbach wody przed (betonowy magazyn deszczówki) i po oczyszczeniu (odpływ ze SUW). W tym przypadku, w porównaniu z oceną jakości wód opadowych z terenu RPN (punkty pomiarowe P1÷P7), Doktorant rozszerzył zakres badań dodatkowo analizując: stężenia chlorków, manganu, żelaza, srebra, miedzi, sodu, magnezu, boru, baru, kobaltu, molibdenu, cynku, arsenu, selenu, antymonu, glinu, kadmu, manganu, niklu, ołowiu, rtęci. Mając na uwadze hipotezę badawczą nr 2 (termika magazynowania deszczówki) za pomocą aparatury specjalistycznej mierzono również temperaturę wody w betonowym zbiorniku wód opadowych (0.5, 1.0, 1.5 m nad dnem). W dalszych analizach pomocne było wyznaczenie współczynników korelacji Pearsona, między temperaturą wody w zbiorniku (na różnych głębokościach), a temperaturą powietrza zewnętrznego.

Uzyskane wyniki badań zmian parametrów mikrobiologicznych i fizykochemicznych Doktorant poddał analizie statystycznej. Jej wyniki opracował i przedstawił w postaci tabelarycznej i graficznej (wykresy czasowe, wykresy pudełkowe itp.). Należy zauważyć, że niekiedy problem stanowiła mała liczebność prób (7 obserwacji) i niespełnione założenie o rozkładzie normalnym (znikomo małe wartości niektórych parametrów, zakres pomiarowy aparatury itp.). Doktorant poradził sobie z tym problemem, dobierając odpowiednią metodę np. do porównania parametrów wody - nieparametryczny test Wilcoxon dla par obserwacji.

Natomiast, przy ocenie skuteczności oczyszczenia wody w instalacji testowej (SUW), dla uzyskanych wartości badanego wskaźnika zanieczyszczeń analizowano prostą, lecz miarodajną relację typu:

$$\text{„efekt”} = [(\text{„wskaźnik}_{\text{wejście}}” - \text{„wskaźnik}_{\text{wyjście}}”) / \text{„wskaźnik}_{\text{wejście}}”] \cdot 100\%.$$

Podsumowując stwierdzam, że wszelkie pomiary (terenowe i laboratoryjne), a także obliczenia i analizy (również statystyczne) wykonane zostały przy wykorzystaniu właściwych metod, narzędzi i urządzeń, zgodnie z obowiązującymi zasadami i normami, w zakresie odpowiednim dla założonych celów pracy. Zastosowana w dysertacji metodyka, w tym przyjęta sekwencja etapów i zadań badawczych, nie budzi zastrzeżeń – jest jak najbardziej poprawna, wybór metod uzasadniony, a metody i zakres szczegółowo opisane (autoreferat str. 27-36, kserokopie publikacji str. 77-152). Uważam też, że należy docenić duży zakres wykonanych badań i związane z tym czasochłonność i nakład pracy Doktoranta.

Rezultaty podjętych badań – realizacji celów rozprawy i odpowiedzi na postawione hipotezy badawcze – zostały przez Autora syntetycznie przedstawione (wraz z ich dyskusją) w rozdziale 6 dysertacji („Wyniki badań i dyskusja”), zaś ich szczegółowy opis znaleźć można w stanowiącym integralną część dysertacji załączniku – zbiorze 3 monotematycznych publikacji (kserokopie str. 77-152). Stanowią one logiczny i spójny ciąg opracowań naukowych, ukierunkowanych na rozwiązanie ważnego i wieloaspektowego problemu naukowego o istotnym znaczeniu praktycznym (wdrożenie).

Pierwsza publikacja cyklu pt. „Changes in the Amount of Rainwater in the Roztocze National Park...” [1], dotyczy głównie badań zmian ilości opadów atmosferycznych w RPN powodowanych zmianą klimatu, dla okresu obserwacji 2001-2020. Nie mniej interesujące są wyniki badań zmian stosunków wodnych w zlewni strumienia Świerszcz oraz zmian temperatury powietrza w analizowanym wieloleciu na terenie całego Parku. Autor zwraca uwagę m.in. na rok 2020 i najniższy stan podziemnych wód kredowych w całej historii pomiarów, a porównując go do maksymalnego (2013) – na obniżenie poziomu wód podziemnych o ponad 3,5 m. Istotne jest również zestawienie w tabeli 4 (str. 39) wyników badań zmian średniej rocznej, półrocznej i miesięcznej temperatury powietrza w RPN, a wśród nich widoczny szczególnie duży wzrost temperatury w grudniu, gdy w okresie 20 lat odnotowano zmianę aż o 5.29°C(!). Wśród wyników zwraca uwagę ilustracja graficzna zmian sum opadów atmosferycznych.

rycznych i temperatury powietrza w latach 2001-2020 na terenie RPN, którą Doktorant przedstawił na rycinie 8 (str. 38). Analizując trend zmian z wykorzystaniem regresji liniowej, potwierdził On dla badanego 20-lecia, spadek ilości opadów atmosferycznych o 30.6 mm i wzrost temperatury powietrza o 2.1°C (większy od średniej krajowej!). W dyskusji wyników Doktorant słusznie stwierdza, iż spadek ilości opadów i ich niekorzystny rozkład w czasie (braki opadu i pokrywy śnieżnej w okresach zimowych) oraz wzrost średniej rocznej temperatury powietrza, skutkuje okresowo ujemnym bilansem hydrologicznym na terenie Parku (RPN), a szczególnie w zlewni strumienia Świerszcz, co skłania do podejmowania działań mających na celu retencję i zagospodarowanie wód deszczowych nie tylko w obiektach użyteczności publicznej.

Efektom przeprowadzonych badań jest również opracowanie przez Doktoranta założeń do wdrożenia systemu zagospodarowania wód opadowych dla OHZ we Floriance. Koncepcję tego systemu znakomicie(!) zilustrował Doktorant na rycinie 9/str. 42 (Ryc. 7/str. 12, publikacja nr 1), gdzie za pomocą ideogramu przedstawił główne elementy systemu (wody opadowe, OHZ, SUW, pojenie zwierząt, woda do miejsc rozrodu płazów, mycie pojazdów, splukiwanie toalet, zbiornik przeciwpożarowy, oczyszczalnia hydrofitowa, środowisko, ogniwa fotowoltaiczne) i wzajemne relacje między tymi elementami. Na drodze analiz i obliczeń Doktorant określił ilościowo możliwości pozyskania wód opadowych oraz zapotrzebowania na wodę (Tab. 5/ str. 43), a na rycinie 10 (str. 43) zaprezentował schemat instalacji do gromadzenia i wykorzystania wód na terenie OHZ we Floriance (w tym SUW, zbiornik betonowy o poj. 75 m³ i in.). Na szczególną uwagę, w kontekście wyników badań, zasługuje rycina 11 (str. 45). Doktorant przedstawił na niej ilość wód opadowych spływających z dachów na terenie OHZ w różnych miesiącach roku, zapotrzebowanie na wodę opadową i potencjał zaspokojenia potrzeb na podstawie średnich sum opadów z wielolecia 2001-2020 oraz wykazał, że deszczówka w 100% pokrywa zapotrzebowania na wodę dla OHZ w miesiącach wiosenno-letnich a w pozostałym okresie od 54 do 90%.

Wyniki badań jakości wód opadowych w Roztoczańskim Parku Narodowym, wykonanych wg procedur opisanych powyżej i ocenionych pozytywnie, znaleźć można w drugiej publikacji cyklu ("Assessment of Rainwater Quality Regarding Its Use in the Roztocze National Park..."). Opracowane, przy wykorzystaniu metod analizy statystycznej, wyniki badań Doktorant przedstawił w formie tabelarycznej (Tabs. 3-5, str. 12-16; artykuł nr 2/2023) i graficznej, jako tzw. wykresy pudełkowe (Figs. 8-10, str. 13-17; artykuł nr 2 /2023) pomocne przy analizach wahań stężeń badanych parametrów oraz dyskusji wyników.

W tabeli 3 (str. 12; artykuł 2) zamieścił On statystyki opisowe badanych parametrów mikro-biologicznych wód opadowych, w odniesieniu do płynących wód powierzchniowych i wód podziemnych w zlewni strumienia Świerszcz oraz określoną w procentach zgodność z normami wody pitnej. Doktorant wykazał, że wody opadowe mają dużą zmienność cech jakościowych w czasie i przestrzeni, i stwierdził istotne statystycznie różnice w rozkładach ogólnej liczby mikroorganizmów (przy t = 36°C) pomiędzy różnymi rodzajami wód, np. średnie wartości ogólnej liczby mikroorganizmów w wodach opadowych były ponad 8 razy (odchody ptaków), a w wodzie strumienia Świerszcz ponad 3 razy większe, niż wartość dopuszczalna dla wody do picia, i tylko w wodach głębinowych Doktorant nie stwierdził przekroczenia normy. W dyskusji wyników można znaleźć również ciekawe i ważne dla ich interpretacji spostrzeżenie Doktoranta, że na dachach budynków przewidzianych do zbierania deszczówki przesiadują ptaki (sierpówki, jaskółki), zaś w rynnach pojawiają się gryzonie.

Tabela 4 (str. 14; artykuł 2/2023) to opracowane przez Doktoranta zestawienie statystyk opisowych wybranych parametrów fizycznych, wód opadowych w odniesieniu do płynących wód powierzchniowych i wód podziemnych. Znamienne jest, iż jedynie w przypadku wód ze studni głębinowych Autor nie stwierdził przekroczenia dopuszczalnej dla wody pitnej normy mętności. W przypadku pozostałych badanych wód (opadowych i strumienia Świerszcz) wartości mętności nieznacznie przekraczały dopuszczalną wartość. Z kolei barwa wód opadowych oraz wód ze studni głębinowych spełniała wymagania zalecane dla wody do picia. Natomiast w wodzie strumienia Świerszcz barwa była istotnie wyższa i znacznie przekraczała wartość dopuszczalną, co Doktorant bardzo słusznie interpretuje jako wynik rozpuszczania w strumieniu rud darniowych i kwasów humusowych.

W tabeli 5 (str. 16; artykuł 2/2023) Doktorant przedstawił statystyki opisowe wybranych parametrów chemicznych wód opadowych, w odniesieniu do powierzchniowych wód płynących i wód podziemnych. Wyniki pokazują, że w większości przypadków wody opadowe, podobnie jak wody ze strumienia Świerszcz i ze studni głębinowych, pod względem wartości pH spełniały wymagania stawiane wodzie do picia. Jednak w przypadku

zawartości jonu amonowego, w badanych wodach Doktorant stwierdził istotne różnice, zwłaszcza dla wód opadowych z dachów zanieczyszczonych odchodami ptaków, gdzie przekroczone dopuszczalne normy dla wody pitnej. Znaczące są także wyniki badania twardości wody. W wodach opadowych Doktorant stwierdził stężenia CaCO_3 (twardość ogólna) niższe od minimalnej normy dla wody do picia (120 mg/l) i z tego powodu wskazuje, iż nie powinny one być zalecane do picia w dużych ilościach. Dla wód ze studni głębinowych i ze strumienia Świerszcz wartości twardości ogólnej były istotnie wyższe. W przypadku żelaza oraz manganu, najwyższe wartości stwierdził Doktorant w wodach strumienia Świerszcz (przekroczenie normy 0.2 mg/l dla żelaza). Natomiast w wodach opadowych, zgodność z normami wody do picia wyniosła odpowiednio 100 i 90%. Doktorant wynikami swoich badań, potwierdził doniesienia literaturowe, że wody opadowe zazwyczaj charakteryzuje dość dobra jakość, jednak pod względem wskaźników mikrobiologicznych i niektórych wskaźników chemicznych, nie nadają się one do picia lub celów higienicznych, ale mogą być z powodzeniem wykorzystywane do mycia pojazdów, podlewania terenów zielonych, czy splukiwania toalet. Doktorant wykazał, iż wyniki badań jakości wody na terenie RPN cechuje duża zmienność parametrów wód opadowych w czasie i przestrzeni. Ich jakość niekiedy odpowiadała wodzie pitnej, była zbliżona do jakości wód podziemnych i lepsza niż wód powierzchniowych ze strumienia Świerszcz.

W ostatniej, trzeciej publikacji pt. "Pollutant Removal Efficiency in a Rainwater Treatment System in Roztocze National Park...", zwracają uwagę wyniki badań dotyczące skuteczności usuwania zanieczyszczeń w testowanej instalacji do oczyszczania wód deszczowych w RPN, a także zmian temperatury wody (opadowej) magazynowanej w podziemnym, betonowym zbiorniku. W tym przypadku, szczególnie interesujące jest zbiorcze przedstawienie wyników badań na rycinie 16 (Fig. 7/str. 10; artykuł nr 3/2024), która ilustruje zmiany temperatury wód opadowych w zbiorniku (VI-XII 2023 r.), w odniesieniu do temperatury powietrza zewnętrznego, wielkości opadów i zużycia wody. W miesiącach ciepłych (VI-IX), ze względu dłuższy okres mniejszych opadów i najniższy poziom wody w zbiorniku, Doktorant wykazał największe różnice temperatury wody na poszczególnych głębokościach (10VII2023: $\Delta t_{\text{max}} = 4.2^\circ\text{C}$). Natomiast w chłodniejszych miesiącach zanotował On dla różnych poziomów (0.5; 1.0; 1.5 m), podobne temperatury wody ($\Delta t \approx 0.5^\circ\text{C}$). Ciekawym naukowo spostrzeżeniem Doktoranta jest, iż temperatura wody w zbiorniku zmienia się z opóźnieniem czasowym (ok. 1 miesiąca) w stosunku do temperatury powietrza zewnętrznego, lecz zjawisko to wymaga jeszcze dalszych badań. Ponadto, Doktorant wykazał, iż w miesiącach chłodnych, napływ dodatkowej wody opadowej powodował obniżenie temperatury Δt wody w zbiorniku (8X2023: $\Delta t_{\text{max}} = 1.62^\circ\text{C}; 0.5^\circ\text{m}$ nad dnem). Natomiast, w miesiącach ciepłych (VI-VIII) występował stopniowy wzrost temperatury wody w zbiorniku na skutek napływu cieplej wody opadowej z dachów (20VII2023: $\Delta t_{\text{max}} = 1.52^\circ\text{C}; 0.5^\circ\text{m}$ nad dnem), lecz po większych opadach temperatura wody w zbiorniku na wszystkich poziomach wyrównywała się. W aspekcie jakości wody, w skrajnie niekorzystnych warunkach (spływ podgrzanej wody z gorących dachów lub lodowatej pośniegowej) - podziemny i ciemny zbiornik pozytywnie wpływał na uśrednianie temperatury magazynowanej wody zapobiegając niekontrolowanym przemianom chemicznym i biologicznym.

W badaniach jakości wód opadowych (przed i po SUW) Doktorant wykazał, że mediana skuteczności usuwania zanieczyszczeń fizykochemicznych w testowanym systemie (SUW) nie była zbyt wysoka i wynosiła: 38.8% dla amoniaku, 29.6% dla mętności, 27.9% dla NO_2 , 19.8% dla NO_3 i 6.9% dla miedzi (Tab. 3/str. 12, Fig. 10/str. 16; artykuł nr 3/2024). W tym miejscu podzielam opinię Doktoranta, iż niskie wartości redukcji zanieczyszczeń w instalacji (SUW) mają związek z niskim stężeniem zanieczyszczeń w wodzie deszczowej, pobieranej ze zbiorników. Natomiast, skuteczność usuwania zanieczyszczeń mikrobiologicznych była bardzo wysoka i wahała się od około 98% do 100%. Uzyskane wyniki pokazują, że lampa UV zapewnia bardzo dobrą dezynfekcję wód opadowych (Tab. 4/str. 16, Fig. 12/ str.19; artykuł nr 3/2024), a opisany powyżej system do oczyszczania wody deszczowej dla RPN (3-stopniowa filtracja + lampa dezynfekująca UV) może być wykorzystany do przygotowania wody do pojenia koników polskich. Jednak, Doktorant słusznie podkreśla fakt, iż jak na wodę do celów spożywczych uzdatniona deszczówka jest stosunkowo miękka (niska zawartość CaCO_3). Analizując wyniki badań stwierdził On również, że doprowadzenie wody opadowej do lepszych parametrów jakościowych jest jak najbardziej możliwe i wymaga tylko niewielkich modyfikacji (*uwagam podobnie jak Doktorant*). Oczywiście, woda deszczowa może być bez żadnego oczyszczania wykorzystywana np. do podlewania terenów zielonych, jednak jej dodatkowe uzdatnianie pozwoli wykorzystać ją także do celów spożywczych - takich jak pojenie zwierząt.

Podsumowując stwierdzam, że uzyskane przez Doktoranta wyniki badań stanowią niewątpliwie Jego indywidualny wkład w dyscyplinę naukową. Wyniki te są wiarygodne i nie budzą wątpliwości, ani zastrzeżeń merytorycznych. Zostały one również poprawnie opracowane, przedstawione i skomentowane, zwłaszcza w publikacjach tworzących dysertację (to pełny i szczegółowy raport z badań, w porównaniu z autoreferatem). Należy podkreślić, iż wykonane przez Doktoranta analizy wyników badań mają solidną podbudowę w postaci statystycznego opracowania wyników pomiarów (np. różnego rodzaju testy: Shapiro-Wilka, Kruskala-Wallisa, Wilcoxon; analizy wariancji, statystyki opisowej/minimum, mediana, średnia, maksimum/). Dotyczy to zarówno danych meteorologicznych, jak i badań właściwości fizykochemicznych oraz parametrów mikrobiologicznych próbek wody opadowej z terenu Parku, a także w instalacji testowej pobranych przed oraz po oczyszczeniu.

Rozprawę kończy rozdział 7 pt. „Wnioski” (2 strony). Autor sformułował w nim 4 wnioski naukowe i 3 wnioski o charakterze wdrożeniowym. Wszystkie one mają pełne uzasadnienie w uzyskanych wynikach badań i odnoszą się do określonych na wstępie celów pracy. Doktorant w szczególności wykazał, że: 1) zmiany klimatu zmuszają do gromadzenia wód opadowych na potrzeby OHZ we Floriance (RPN), a z dachów budynków osad leśnych należących do Parku można zebrać łącznie 9109 m³ wody rocznie; 2) ilość i jakość wód opadowych charakteryzuje się dużą zmiennością w czasie i przestrzeni, przy czym: surowe wody mają korzystny skład organoleptyczny, fizykochemiczny i mikrobiologiczny, ale np. ich niska twardość (brak związków wapnia), mętność, zawartość amoniaku i wskaźniki mikrobiologiczne odbiegają od norm dla wody pitnej. W przypadku dwóch ostatnich Doktorant wskazuje, jako bardzo prawdopodobną przyczynę, na zanieczyszczenie powierzchni dachów ptasimi odchodami, zaś obniżone okresowo (zimą) pH < 6.5 wiąże z niewielkim opadem „kwaśnych deszczy”. *W tym miejscu podkreślić należy, zdaniem recenzenta, trafne i poprawne merytorycznie, identyfikowanie i interpretowanie przez Doktoranta przyczyn zaistniałych rozbieżności.* Autor wykazał ponadto, iż wody opadowe na terenie RPN nie zawierają metali ciężkich, a zawartość żelaza, manganu, związków azotu i fosforu jest niewielka. Oba wnioski „1 i 2” potwierdzają hipotezę badawczą nr 1.

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant udowodnił również (wniosek 3), iż gromadzenie wód opadowych w podziemnych betonowych zbiornikach korzystnie stabilizuje temperaturę wody i nie dopuszcza do niekontrolowanych przemian chemicznych, a także biologicznych - potwierdzając tym hipotezę nr 2.

Ważny, w perspektywie wdrożenia badanego rozwiązania (i hipotezy nr 3), jest wniosek 4, w którym wskazano, że instalacja testowa do oczyszczania wód opadowych oparta na procesach filtracji i dezynfekcji (lampa UV), skutecznie usuwała zanieczyszczenia fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne. Potwierdzeniem hipotezy nr 3 jest również wniosek wdrożeniowy nr 1, z którego wynika, że wody opadowe w RPN, po uzdatnieniu (poprzez ww. procesy) mogą być użyte do pojenia koników polskich w OHZ we Floriance. Ponadto, Doktorant widzi możliwość ich wykorzystania również do innych celów (np. przeciwpożarowych, mycia pojazdów, splukiwania toalet, podlewania roślin, bądź zasilania miejsc rozrodu płazów /stawów/), przyczyniając się do zmniejszenia poboru wód podziemnych.

W tym aspekcie podobny jest wniosek wdrożeniowy nr 2, w którym Doktorant wykazał, iż również ilość wód opadowych na obszarze badawczym (OHZ) pozwala na ich wykorzystanie do powyższych celów (kolejne potwierdzenie hipotezy nr 1). Na podstawie m.in. analizy średnich sum opadów z wielolecia 2001-2020 Autor stwierdził, że największe ilości wód opadowych występują w miesiącach wiosenno-letnich (V-VIII), tj. w okresie największego zapotrzebowania na wodę (do ww. celów) i wtedy pokrywają je nawet w 100% (w pozostałych miesiącach to 54÷90% - *przypuszczalnie to również optymalne*).

We wniosku wdrożeniowym nr 3 Doktorant stwierdził, że otrzymane wyniki badań i pomiary terenowe umożliwiły zaprojektowanie nowego systemu zagospodarowania wód opadowych, który zostanie wdrożony w Ośrodku Hodowli Zwierząt RPN, czym z kolei potwierdził hipotezę badawczą nr 4. Ze strony recenzenta należy podkreślić iż, perspektywa implikacji wyników badań Doktoranta do praktyki ma pełne uzasadnienie w rezultatach ocenianej rozprawy doktorskiej.

Reasumując całość: układ i struktura pracy, a także podział treści w poszczególnych jej częściach (publikacjach cyklu) są poprawne, a *zawartość naukowo-badawcza i wdrożeniowa dysertacji Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego nie budzi zastrzeżeń merytorycznych.* Kwestia doboru i aktualności literatury tematycznej, jak również studiów literaturowych przeprowadzonych przez Doktoranta w kierunku przedstawienia aktualnego

stanu wiedzy, dyskusji i określenia celów badawczych, została już pozytywnie oceniona przez recenzentów redakcyjnych dla poszczególnych publikacji tworzących dysertację. Ja w tym przypadku skoncentrowałem się na ocenie kompleksowej (całości rozprawy) w aspekcie realizacji przez Doktoranta założonych celów i weryfikacji hipotez badawczych, dla dysertacji jako całości. Stwierdzam też, że część bibliograficzna dysertacji jest poprawna (aktualna, właściwie dobrana i skomentowana), nie mam zastrzeżeń i ją również oceniam pozytywnie.

3.1. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Podczas studiowania rozprawy recenzentowi nasunęły się następujące uwagi, w przypadku, których Autor dysertacji proszony jest o ustosunkowanie się do nich w trakcie publicznej obrony:

- 1) W pierwszej publikacji cyklu (pt. *“Changes in the Amount of Rainwater in the Roztocze National Park /Poland/ in 2001–2020 and the Possibility of Using Rainwater in the Context of Ongoing Climate Variability”*; *Water* 2022/14), dotyczącej badań zmian ilości opadów w efekcie zmian klimatu, znaleźć można m.in. szczegółowe studium zmian temperatury powietrza. Uwagę zwraca Tabela 2/ str. 9 (Tab. 4/ str. 39 autoreferatu). Wynika z niej, iż w miesiącach zimowych, w analizowanych latach 2001–2020, zanotowano ujemne temperatury powietrza (np. -7.2°C w grudniu; -9.0°C w styczniu; -8.6°C w lutym; -2.5°C w marcu). W trzeciej publikacji cyklu (pt. *“Pollutant Removal Efficiency in a Rainwater Treatment System in Roztocze National Park /Poland/”*; *Sustainability* 2024/16), Doktorant analizował warunki termiczne wody w betonowym zbiorniku (magazynie) skorelowane z temperaturą powietrza na zewnątrz (Fig. 7/str. 10 oraz Rys.16/str. 57 autoreferatu). Wyniki wskazują, że w miesiącach chłodnych (IX-XII) temperatura wody w zbiorniku również spada (z ok. jednomiesięcznym opóźnieniem czasowym), a dodatkowo obniża ją napływ zimnej wody deszczowej. Niestety, Doktorant ograniczył analizę tego zjawiska do okresu od czerwca do grudnia, gdy temperatury wody w zbiorniku były jeszcze dodatnie. Pojawia się więc pytanie o eksploatację systemu w okresie od stycznia do maja, a zwłaszcza „w okresie mrozów” (styczeń-marzec). Czy Doktorant w trakcie realizacji dysertacji zaobserwował w magazynach deszczówki zjawiska lodowe np. śryż, igły lodowe lub pokrywę lodową? Jeśli tak, to czy miało to wpływ na pracę instalacji testowej (aspekt hydrauliczny, lecz również skuteczność filtracji)? Czy wystąpiły jakiegokolwiek problemy eksploatacyjne i czy zdaniem Doktoranta należy brać je pod uwagę przy wdrożeniu?
- 2) Realizując cel badań Doktorant wykazał, że woda opadowa nie zawiera metali ciężkich, a stężenia żelaza, manganu, związków azotu oraz fosforu są na niskim poziomie. Niewielkie efekty usuwania zanieczyszczeń fizykochemicznych (np. Rys. 17/ str. 61) Autor słusznie uzasadnia niskimi stężeniami powyższych parametrów w wodzie opadowej. Mimo tego ciekawość badawczą może wzbudzić wzrost zawartości magnezu, azotu ogólnego i cynku w wodzie już oczyszczonej (po przejściu przez filtry), przy czym istotną statystycznie jest tylko różnica między zawartością cynku (mg/l) dla wody przed i po oczyszczaniu (Tab. 3/ str. 12 w artykule nr 3/2024/ oraz Tab. 9/ str. 60 w autoreferacie). Jak zatem Doktorant tłumaczy niewielki wzrost zawartości cynku w oczyszczonej wodzie?
- 3) Niewątpliwie, uzyskane przez Doktoranta wyniki badań, w tym ich pozytywny aspekt aplikacyjny, upoważniają do stwierdzenia, że osiągnięto sukces. W związku z tym pojawia się pokusa, by ewentualnie rozbudować, powiększyć ilościowo system gromadzenia, oczyszczania i wykorzystania wód opadowych – nie tylko z dachów budynków Dyrekcji RPN, a następnie Ośrodka Hodowli Zwierząt we Floriancie – w ramach planowanego wdrożenia – ale rozszerzyć go np. na Ośrodek Edukacyjno-Muzealny i Punkt Informacji Turystycznej (RPN) lub nawet adaptować, pozytywnie przetestowane dla RPN rozwiązanie, na potrzeby innych parków narodowych w regionie np. Poleskiego lub nawet Białowieskiego Parku Narodowego (oczywiście dla innego niż pojenie koników celu). Jaka jest opinia Doktoranta w powyższej kwestii? Czy na podstawie przeprowadzonych badań, indywidualnego charakteru instalacji testowej (dedykowanej RPN) oraz znajomości specyfiki RPN (mikroklimat, hydrologia, gospodarowanie wodą i in.) widzi On takie możliwości lub ograniczenia?

Uwagi redakcyjne

Zamieszczona w dysertacji dokumentacja fotograficzna i rysunkowa (zwłaszcza w publikacjach stanowiących cykl) jest trafnie dobrana (i „nie przesadzona!”), gdyż jest ona bardzo pomocna w lepszym poznaniu obszaru badawczego, panujących lokalnych warunków terenowych oraz właściwym zrozumieniu opisów zawartych w tekście, zaś cała rozprawa nie budzi istotnych zastrzeżeń od strony formalnej, redakcyjnej i edytorskiej. Należy jednak zwrócić uwagę na kilka drobnych usterek:

- Na str. 11 dysertacji Autor zamieścił zestawienie prac tworzących monotematyczny cykl publikacji. Ich kolejność jest chronologiczna (praca nr 1 – 2022, praca nr 2 – 2023, praca nr 3 – 2024), a treść dotyczy realizacji poszczególnych etapów badań. Taka kolejność prac ma uzasadnienie merytoryczne (metodyka badań) i według niej są one omawiane przez Doktoranta w autoreferacie. Niestety, zamieszczając w załączniku pracy (od str. 77) kserokopie publikacji nie zachowano przyjętego na wstępie porządku (jest: artykuł nr 1, nr 3 i nr 2). Dla odbiorcy sięgającego po oryginalne publikacje (źródło szczegółowych i pełnych raportów z badań) – stanowi to pewien dyskomfort.
- Mając na uwadze, iż teza - to „ogólne stwierdzenie zawierające pogląd na jakiś temat sformułowane w postaci pewnika”, zaś hipoteza - to „założenie oparte na prawdopodobieństwie a wymagające sprawdzenia”, sformułowane przez Doktoranta w Rozdz. 3.3. (str. 16-17) 4 założenia badawcze traktować należałoby nie jako tezy, lecz raczej hipotezy badawcze dysertacji i w konsekwencji zmodyfikować też tytuł rozdziału (np. Rozdz. 3.3. „Hipotezy badawcze”).
- Pozostałe to tzw. literówki (str. 26, 28, 30 38, 39, 66) np. na str. 38 autoreferatu jest błędne powołanie na tabelę 1 zamiast na tabelę 4 (*de facto* Tab. 2 w publikacji nr 1).

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

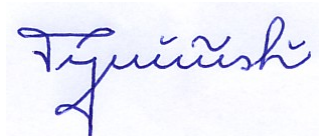
Podjętym się nie łatwego tematu pracy, jakim było „Opracowanie i wdrożenie systemu do gromadzenia oraz wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt na terenie RPN”, Doktorant musiał wykazać się wiedzą specjalistyczną w bardzo szerokim zakresie – poczynając od analiz przyrodniczych, poprzez meteorologię i klimatologię, statystykę, hydrologię, hydraulikę przepływów, chemię i mikrobiologię wody, inżynierię środowiska – by ostatecznie wykorzystać to w nadrzędnym celu dysertacji zawartym w „/pozytywnej/ ocenie możliwości wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt i w perspektywie redukcji zużycia cennych jakościowo wód podziemnych”. Należy przyznać, iż to się Doktorantowi udało.

Stwierdzam, iż założone przez Doktoranta na wstępie pracy cele badawcze i wdrożeniowe zostały osiągnięte, a przyjęte hipotezy badawcze (patrz str. 3 niniejszej recenzji) przekonująco udowodnione - poprzez wielozakresowe i szczegółowe analizy zgromadzonych danych empirycznych (wyników pomiarów) oraz własne badania terenowe, w tym te z wykorzystaniem instalacji pilotażowej - jak również odpowiednio skomentowane w konkluzjach dysertacji. Autor udowodnił tym, że ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej i specjalistycznej w ramach uprawianej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych.

Rozprawa doktorska Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego stanowi oryginalne i nowatorskie rozwiązanie problemu naukowego o istotnym znaczeniu praktycznym. Doktorant przekonująco wykazał, że badany przez Niego system do gromadzenia i zagospodarowania wód opadowych z instalacją do ich oczyszczania, opartą na procesach filtracji i lampie UV, może być wdrożony w Ośrodku Hodowli Zwierząt we Floriance w Roztoczańskim Parku Narodowym.

Biorąc pod uwagę walory naukowe, poznawcze i aplikacyjne przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Opracowanie i wdrożenie systemu do gromadzenia oraz wykorzystania wód opadowych do pojenia zwierząt na terenie Roztoczańskiego Parku Narodowego”, którą oceniam pozytywnie, wnoszę do Wysokiej Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie o dopuszczenie Pana mgr. Tadeusza Grabowskiego do publicznej obrony i wnioskuje o dalsze przeprowadzenie czynności

przewodu doktorskiego, bowiem spełnia ona wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r., poz. 742, z późn. zm.; rozdz. 2 „Stopień doktora / Nadawanie stopnia doktora”, art. 186, pkt. 3a oraz art. 187). Podkreślając innowacyjność i zakres podjętych badań wnioskuję jednocześnie o wyróżnienie tej rozprawy doktorskiej.

A handwritten signature in blue ink, reading "Tymiński", is centered on the page. The signature is written in a cursive style with a prominent initial 'T'.

dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr