

prof. dr hab. inż. Łukasz Sajewski
Politechnika Białostocka
Wydział Elektryczny

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Tomasza Ujazdowskiego

pt. Optymalizacja procesów biologicznych i zarządzanie pracą kilku reaktorów w oczyszczalni ścieków typu wsadowego

opracowana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologie Kosmiczne Politechniki Gdańskiej,
pismo 212.511.4.2026.1 z dnia 12 marca 2026 r.

1. Problem naukowy rozprawy

Problem naukowy rozprawy koncentruje się na braku spójnych i kompleksowych metod łączących sterowanie i optymalizację procesów biologicznych w pojedynczym reaktorze (ang. SBR) z zarządzaniem i koordynacją pracy wielu reaktorów w skali całej oczyszczalni ścieków typu wsadowego (ang. WWTP). W szczególności autor identyfikuje lukę badawczą w obszarze integracji metod nieliniowego sterowania predykcyjnego (ang. NMPC) i optymalizacji wielokryterialnej (ang. MMO) z metodami harmonogramowania zadań (ang. TS), znanymi z systemów produkcyjnych (ang. MES), przy jednoczesnym uwzględnieniu zmienności dopływu ścieków, ograniczeń technologicznych oraz kosztów energetycznych.

Na tej podstawie sformułowana została główna teza rozprawy, zgodnie z którą: *Wprowadzenie warstwy harmonogramowania zadań do hierarchicznej struktury sterowania biologiczną oczyszczalnią ścieków typu wsadowego umożliwi obniżenie kosztów operacyjnych i poprawę efektywności energetycznej pracy obiektu, przy zachowaniu wymaganej jakości ścieków oczyszczonych oraz zgodności z obowiązującymi regulacjami prawnymi.*

Teza ta została trafnie, jasno i jednoznacznie sformułowana. Jest precyzyjna, logicznie osadzona w aktualnym stanie wiedzy oraz wynika z przeprowadzonej analizy literatury i zidentyfikowanych braków w dotychczasowych badaniach. Co istotne, teza ma charakter weryfikowalny – autor jednoznacznie definiuje kryteria jej potwierdzenia (koszty, efektywność energetyczna, wskaźniki jakości ścieków), a dalsze rozdziały rozprawy są konsekwentnie podporządkowane jej udowodnieniu. Do weryfikacji tezy autor zdefiniował dwa cele badawcze:

1. Zaprojektowanie systemu wspomagania decyzji operatora dla procesów biologicznych w pojedynczym reaktorze sekwencyjnym poprzez sformułowanie i rozwiązanie wielokryterialnych problemów optymalizacyjnych z ograniczeniami dla oczyszczalni ścieków typu wsadowego. System powinien określać między innymi liczbę i czas trwania faz tlenowej i beztlenowej oraz powiązane trajektorie referencyjne tlenu rozpuszczonego (ang. DO).
2. Zaprojektowanie systemu do efektywnego i ekonomicznego zarządzania kilkoma reaktorami sekwencyjnymi poprzez sformułowanie i rozwiązanie problemu harmonogramowania zadań w danym horyzoncie czasowym, uwzględniając taryfy energetyczne, pojemność magazynową i dostępność zadań związaną z dopływem ścieków.

Pierwszy, dotyczy warstwy optymalizacji procesu, w której opracowywane są algorytmy mające na celu optymalizację procesu oczyszczania i spełnienia kryteriów jakościowych. Ta warstwa zapewnia trajektorie referencyjne dla tych procesów. Drugi działa jako warstwa MES, gdzie przeprowadzana jest optymalizacja zarządzania kilkoma reaktorami, zapewniając czasy rozpoczęcia cyklu, alokację reaktorów i parametry cyklu, biorąc pod uwagę czynniki operacyjne całej oczyszczalni.

Aby osiągnąć te cele, doktorant zrealizował następujące zadania badawcze:

1. Przygotowanie środowiska symulacyjnego: modele SBR i systemu napowietrzania do projektowania sterowania.
2. Synteza NMPC w oparciu o kontrolę stężenia DO.
3. Analiza potencjalnego wykorzystania i rozwoju MOO w optymalizacji faz SBR.
4. Opracowanie systemu zarządzania kilkoma SBR poprzez rozwiązanie problemu TS.

W efekcie problem naukowy został nie tylko poprawnie określony, lecz także właściwie umiejscowiony na styku teorii sterowania, optymalizacji i praktyki inżynierskiej.

2. Rozwiązanie postawionego problemu

Autor rozwiązał postawiony problem naukowy w sposób pełny i przekonujący, wykazując się jednocześnie bardzo dobrymi umiejętnościami w zakresie metodyki i metodologii prowadzenia badań naukowych. Rozwiązanie problemu zostało przeprowadzone systematycznie i logicznie, począwszy od identyfikacji luki badawczej, poprzez sformułowanie tezy i celów badawczych, aż po ich weryfikację za pomocą odpowiednio dobranych metod analitycznych, numerycznych i optymalizacyjnych. Autor zaproponował hierarchiczny system sterowania, w którym zagadnienia sterowania procesowego, optymalizacji cyklu reaktora SBR oraz harmonogramowania pracy (TS) wielu reaktorów zostały jasno rozdzielone, a jednocześnie konsekwentnie zintegrowane w jeden spójny framework badawczy.

Zastosowane metody należy uznać za właściwe i adekwatne do złożoności problemu, a w szczególności:

- szczegółowe modelowanie procesów biologicznych z wykorzystaniem uznanych i rozszerzonych modeli ASM (ASM3e z BioP);
- użycie nieliniowego sterowania predykcyjnego (NMPC) do regulacji stężenia tlenu rozpuszczonego (DO);
- sformułowanie wielokryterialnych problemów optymalizacji (MOO) i ich rozwiązanie za pomocą algorytmów ewolucyjnych;
- adaptacja algorytmów harmonogramowania zadań (TS) znanych z systemów produkcyjnych (MES) do specyfiki oczyszczalni ścieków.

Autor nie ograniczył się do zastosowania gotowych narzędzi, lecz dokonał ich świadomego doboru, modyfikacji i integracji, wykazując zrozumienie zarówno ich podstaw teoretycznych, jak i ograniczeń aplikacyjnych. Jasno sformułował, że proponowana metoda zakłada reprezentację zmiennego doływu ścieków poprzez scenariusze statystyczne (3 przypadki), jego buforowanie w zbiornikach retencyjnych (2 zbiorniki) oraz traktowanie jako

deterministycznego zasobu wpływającego na optymalizację cykli SBR i harmonogramowanie pracy reaktorów. Badania zostały przeprowadzone w kontrolowanym środowisku symulacyjnym, z jasno określonymi założeniami oraz kryteriami oceny, co świadczy o poprawnym stosowaniu zasad metodologii badań inżynierskich. W rezultacie przedstawione rozwiązania jednoznacznie potwierdzają postawioną tezę rozprawy, a całość pracy dowodzi, że autor posiada dojrzałość naukową, umiejętność formułowania i rozwiązywania złożonych problemów badawczych oraz kompetencje niezbędne do samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

3. Tematyka rozprawy

Tematyka rozprawy jest zarówno wysoce aktualna, jak i naukowo oraz praktycznie istotna. Aktualność pracy wynika przede wszystkim z dynamicznych zmian zachodzących w sektorze gospodarki wodno-ściekowej, które w ostatnich latach stoją wobec rosnących wyzwań technologicznych, ekonomicznych i środowiskowych. Do najważniejszych z nich należą: systematyczny wzrost kosztów energii elektrycznej, zaostrzenie norm dotyczących jakości ścieków oczyszczonych, presja na ograniczenie śladu środowiskowego oraz konieczność zwiększania efektywności energetycznej obiektów infrastruktury krytycznej. Oczyszczalnie ścieków, w tym obiekty typu SBR, są bezpośrednio dotknięte tymi problemami, gdyż należą do najbardziej energochłonnych elementów miejskiej infrastruktury technicznej. Jednocześnie rozprawa wpisuje się w aktualny światowy trend przekształcania klasycznych oczyszczalni ścieków w obiekty typu WRRF (ang. Water Resource Recovery Facilities), w których ścieki traktowane są nie jako odpad, lecz jako źródło zasobów (wody, energii, składników biogennych). Realizacja tej koncepcji wymaga stosowania zaawansowanych metod sterowania, optymalizacji i zarządzania procesami, co bezpośrednio uzasadnia podjęcie przez autora problematyki hierarchicznych systemów sterowania oraz harmonogramowania pracy wielu reaktorów. Istotnym argumentem przemawiającym za ważnością tematu jest także identyfikowana w literaturze luka badawcza. Autor trafnie zauważa, że większość dostępnych prac skupia się albo na sterowaniu pojedynczym reaktorem, albo na analizach organizacyjno-ekonomicznych, natomiast brakuje opracowań integrujących optymalizację procesów biologicznych z zarządzaniem wieloobiektywowym w skali całej oczyszczalni, zwłaszcza dla instalacji typu wsadowego. Zastosowanie metod harmonogramowania zadań (TS), powszechnie wykorzystywanych w systemach produkcyjnych (MES), w kontekście oczyszczalni ścieków należy uznać za kierunek nowoczesny i perspektywiczny. Wreszcie, tematyka rozprawy ma również wysoką rangę społeczną i środowiskową. Efektywne i niezawodne funkcjonowanie oczyszczalni ścieków jest warunkiem ochrony wód powierzchniowych, zdrowia publicznego oraz realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Opracowane w rozprawie metody mogą przyczynić się do realnego obniżenia kosztów eksploatacji oczyszczalni, przy jednoczesnym utrzymaniu lub podniesieniu jakości oczyszczania, co czyni pracę ważną nie tylko z punktu widzenia nauki, ale również praktyki inżynierskiej.

Podsumowując, tematyka rozprawy jest w pełni aktualna, uzasadniona i dostatecznie ważna, a jej wybór należy ocenić bardzo wysoko, jako odpowiadający zarówno współczesnym wyzwaniom naukowym, jak i potrzebom gospodarki oraz ochrony środowiska.

4. Oryginalny dorobek autora

Oryginalny dorobek autora rozprawy polega na kompleksowym i nowatorskim połączeniu trzech dotychczas rozpatrywanych w dużej mierze niezależnie obszarów: sterowania procesowego (NMPC) w reaktorach SBR, optymalizacji cyklu biologicznego (MOO) oraz zarządzania pracą (TS) wielu reaktorów w skali całej oczyszczalni ścieków. Autor nie tylko zestawia te zagadnienia, ale integruje je w spójny, hierarchiczny **framework** decyzyjny, który ma zarówno walory poznawcze, jak i wyraźną przydatność praktyczną.

Do najważniejszych elementów oryginalnego wkładu naukowego autora należy zaliczyć:

1. Wprowadzenie metod harmonogramowania zadań (TS) do zarządzania biologicznymi oczyszczalniami ścieków typu wsadowego (WWTP). Jest to podejście nowatorskie, gdyż autor adaptuje narzędzia typowe dla systemów produkcyjnych i warstwy MES do obiektu, który nie jest klasycznym systemem wytwórczym. Takie przeniesienie metod między dziedzinami zostało poprawnie ugruntowane teoretycznie i dostosowane do specyfiki procesów biologicznych.
2. Formalne ujęcie cyklu pracy reaktora SBR jako „zadania” w problemie harmonogramowania, wraz z uwzględnieniem ograniczeń technologicznych, energetycznych i jakościowych. Autor wykazał, że możliwe jest opisanie złożonych procesów oczyszczania w sposób umożliwiający ich planowanie i optymalizację w horyzoncie czasowym.
3. Integracja optymalizacji procesowej pojedynczego reaktora z zarządzaniem wieloreaktorowym, co stanowi istotne rozszerzenie stanu wiedzy. Autor pokazał, że decyzje podejmowane na poziomie cyklu SBR (np. liczba i długość faz, trajektorie DO) mają bezpośredni wpływ na jakość rozwiązań harmonogramowania, a tym samym na koszty i efektywność pracy całej oczyszczalni.
4. Opracowanie bazy wiedzy cykli technologicznych, która łączy wyniki optymalizacji wielokryterialnej z algorytmami harmonogramowania. Takie podejście stanowi oryginalny most pomiędzy modelami dynamicznymi procesów biologicznych a narzędziami decyzyjnymi wyższego poziomu.

Znaczenie poznawcze rozprawy polega przede wszystkim na rozszerzeniu teorii hierarchicznych systemów sterowania o nowy obszar zastosowań, jakim są obiekty infrastruktury środowiskowej typu WRRF. Autor wnosi istotny wkład w zrozumienie relacji pomiędzy sterowaniem procesowym, optymalizacją, a zarządzaniem w złożonych systemach technicznych o charakterze biologicznym i silnie nieliniowym. Z punktu widzenia przydatności praktycznej, przedstawione w rozprawie rozwiązania mają duży potencjał wdrożeniowy. Zaproponowany framework może zostać wykorzystany przez projektantów i operatorów oczyszczalni ścieków do:

- ograniczenia kosztów energii (szczególnie aeracji);
- poprawy elastyczności pracy obiektu w warunkach zmiennego dopływu;
- lepszego wykorzystania dostępnej infrastruktury reaktorowej;
- wspomaganie decyzji eksploatacyjnych na poziomie całej oczyszczalni.

Podsumowując, oryginalny dorobek autora ma wyraźny charakter interdyscyplinarny, a jego znaczenie wykracza poza wąski problem sterowania pojedynczym reaktorem. Praca wnosi cenny wkład zarówno do nauki (rozszerzenie metod optymalizacji i harmonogramowania na nowy obszar), jak i do techniki, oferując praktyczne narzędzia wspierające nowoczesne, energooszczędne zarządzanie oczyszczalnią ścieków.

5. Ocena poziomu wiedzy autora rozprawy

Rozprawa jednoznacznie świadczy o tym, że autor posiada wiedzę na zaawansowanym poziomie, zarówno o charakterze podstawowym dla dziedziny nauk technicznych, jak i szczegółowym, bezpośrednio związanym z obszarem prowadzonych badań naukowych. Rozprawa potwierdza bardzo dobre opanowanie przez autora fundamentów właściwych dla dyscypliny automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne (ze szczególnym uwzględnieniem automatyki i teorii sterowania). Autor swobodnie i poprawnie posługuje się:

- aparatem matematycznym używanym do opisu układów dynamicznych;
- teorią sterowania (w tym sterowania predykcyjnego);
- metodami optymalizacji jedno- i wielokryterialnej;
- podstawami modelowania systemów dynamicznych i procesów nieliniowych.

Sposób formalizacji problemów badawczych, precyzja zapisu równań oraz trafny dobór narzędzi obliczeniowych świadczą o solidnym przygotowaniu teoretycznym i dobrej orientacji w kanonie wiedzy technicznej na poziomie studiów doktoranckich. Na szczególne podkreślenie zasługuje zaawansowana, szczegółowa wiedza autora w wąskim obszarze prowadzonych badań, obejmującym:

- procesy biologicznego oczyszczania ścieków;
- specyfikę technologii reaktorów wsadowych SBR;
- hierarchiczne systemy sterowania i zarządzania;
- adaptację algorytmów harmonogramowania do obiektów procesowych.

Autor wykazuje nie tylko znajomość tych zagadnień, ale również umiejętność ich krytycznej analizy i twórczego rozwijania, co przejawia się w modyfikacjach istniejących modeli, integracji metod z różnych obszarów oraz świadomym doborze założeń badawczych. Wiedza ta ma charakter w pełni odpowiadający aktualnemu stanowi badań światowych. Istotnym atutem rozprawy jest umiejętność integracji wiedzy interdyscyplinarnej – autor łączy zagadnienia automatyki, optymalizacji, inżynierii środowiska oraz zarządzania systemami technicznymi w jeden spójny model badawczy. Świadczy to o dojrzałości naukowej, rozumieniu złożoności badanego obiektu oraz zdolności do samodzielnego prowadzenia badań o charakterze aplikacyjnym i teoretycznym.

Podsumowując, rozprawa w sposób jednoznaczny potwierdza, że autor:

- posiada zaawansowaną wiedzę podstawową właściwą dla dziedziny nauk technicznych;
- dysponuje wysokospecjalistyczną wiedzą odpowiadającą obszarowi prowadzonych badań;
- rozumie aktualny stan wiedzy i potrafi go twórczo rozwijać.

6. Znajomość współczesnej literatury

Rozprawa obejmuje najnowsze osiągnięcia nauki i świadczy o bardzo dobrej znajomości współczesnej literatury przedmiotu w dyscyplinie, której dotyczy. Przede wszystkim należy podkreślić, że przegląd literatury (bibliografia liczy ponad 150 pozycji) został przygotowany w sposób systematyczny, krytyczny i aktualny. Autor nie ogranicza się do klasycznych i powszechnie cytowanych pozycji, lecz konsekwentnie odnosi się do najnowszych publikacji naukowych, w tym artykułów z renomowanych czasopism międzynarodowych oraz materiałów konferencyjnych opublikowanych w ostatnich latach poprzedzających złożenie rozprawy. Bibliografia obejmuje zarówno:

- klasyczne, fundamentalne prace (lata 1980–2005), które stanowią podstawy modeli ASM, teorii sterowania i harmonogramowania;
- najnowsze publikacje z lat 2020–2025, dotyczące zaawansowanej optymalizacji, sterowania predykcyjnego, cyfrowych bliźniaków oraz nowoczesnego zarządzania oczyszczalniami ścieków.

Świadczy to o bieżącym śledzeniu rozwoju badań i świadomości aktualnych trendów badawczych. Co istotne, autor nie przywołuje literatury w sposób opisowy lub encyklopedyczny, lecz aktywnie wykorzystuje ją do budowy własnych koncepcji badawczych, jasno wskazując, które elementy są rozwinięciem, a które stanowią istotne rozszerzenie dotychczasowych osiągnięć nauki. Rozprawa dowodzi nie tylko znajomości literatury, ale również umiejętności jej krytycznej analizy.

Autor:

- identyfikuje ograniczenia prezentowanych w literaturze metod;
- porównuje różne podejścia stosowane w sterowaniu i optymalizacji procesów SBR;
- jasno wskazuje lukę badawczą, którą następnie konsekwentnie wypełnia w części oryginalnej pracy.

Taki sposób pracy z literaturą jest charakterystyczny dla dojrzałych badań naukowych i dowodzi zrozumienia nie tylko co jest aktualnie badane, ale również, dlaczego określone problemy pozostają nierozwiązane. Dodatkowym argumentem potwierdzającym znajomość osiągnięć współczesnej nauki jest fakt, że część wyników badań przedstawionych w rozprawie została opublikowana w formie artykułów naukowych i wystąpień konferencyjnych. Sumarycznie, Pan mgr inż. Tomasz Ujazdowski jest współautorem 15 prac, z czego 12 bezpośrednio dotyczy tematyki poruszanej w rozprawie doktorskiej. Prace opublikowano w czasopismach:

- IEEE Access – 100 pkt., IF 3,9 (2022);
- Journal of Water Process Engineering – 100 pkt., IF 8,4 (2023);
- Journal of Process Control – 140 pkt., IF 3,9 (2024, 2025);
- Chemical Engineering Research & Design – 140 pkt., IF 3,9 (2026);
- Energies – 140 pkt., IF 3 (2020);
- Acta Mechanica et Automatica – 100 pkt., IF 1,1 (2023)

oraz w ramach konferencji: MMAR, ECC, IFAC. Aktualne (na czas sporządzania recenzji) wskaźniki bibliometryczne to:

- H-index 4 (WoS i Scopus);
- liczba cytowań 55 (WoS) 69 (Scopus).

Oznacza to, że autor nie tylko korzysta z aktualnej literatury, ale również bardzo aktywnie uczestniczy w jej współtworzeniu.

Podsumowując, rozprawa:

- obejmuje najnowsze osiągnięcia naukowe w dziedzinach istotnych dla tematu;
- świadczy o bardzo dobrej orientacji autora w aktualnej literaturze światowej;
- potwierdza umiejętność krytycznego i twórczego wykorzystania dorobku nauki.

7. Wady i słabe strony rozprawy

Pomimo wysokiego poziomu merytorycznego, oryginalności oraz spójności metodologicznej, recenzowana rozprawa nie jest wolna od pewnych ograniczeń i słabszych stron, które jednak należy traktować raczej jako obszary do dalszego rozwoju badań, a nie istotne mankamenty podważające jej wartość naukową. Do najważniejszych z nich można zaliczyć następujące kwestie:

1. Dominacja badań symulacyjnych nad walidacją eksperymentalną. Zasadnicza część wyników została oparta na rozbudowanych eksperymentach symulacyjnych (środowisko MATLAB/Simulink). Choć modele biologiczne i struktury sterowania są zaawansowane i poprawnie uzasadnione, brak pełnej walidacji w warunkach rzeczywistego obiektu (on-line, w trybie operacyjnym) ogranicza możliwość bezpośredniej oceny odporności zaproponowanych algorytmów na zakłócenia, niepewności pomiarowe oraz błędy wykonawcze typowe dla pracy oczyszczalni ścieków. Ograniczenie to jest jednak zrozumiałe z uwagi na skalę i złożoność systemu oraz etap badań.
2. Uproszczenia i założenia deterministyczne. W rozprawie przyjęto szereg założeń upraszczających, takich jak deterministyczny charakter doływu ścieków (doływ ścieków po wygenerowaniu scenariuszy jest traktowany jako znany i deterministyczny), brak losowych awarii urządzeń czy pełna wykonalność zaplanowanych harmonogramów. Choć podejście to jest metodycznie poprawne na etapie budowy i weryfikacji koncepcji, w przyszłych pracach wskazane byłoby uwzględnienie niepewności, stochastyczności procesu oraz zdarzeń losowych, które istotnie wpływają na realną eksploatację oczyszczalni.
3. Metody są właściwe, ale nie wszystkie są równie mocne poznawczo. W części harmonogramowania autor używa metaheurystyki memetycznej, co jest rozsądne przy problemie NP-trudnym, lecz nie daje gwarancji optimum globalnego. W części MOO wybór rozwiązania kompromisowego przez GRA/DGRA jest praktyczny, ale częściowo zależy od wag i preferencji decyzyjnych, więc ma element subiektywności.
4. Skupienie się głównie na kosztach aeracji. W analizach optymalizacyjnych główny nacisk położono na minimalizację kosztów związanych z aeracją, co jest w pełni uzasadnione ze względu na jej dominujący udział w bilansie energetycznym (nawet 60%). Niemniej jednak

koszty pozostałych operacji (mieszanie, recyrkulacja, odwadnianie osadu, obsługa infrastruktury) zostały potraktowane marginalnie lub pominięte, co zawęża zakres oceny ekonomicznej całego systemu.

5. Złożoność obliczeniowa zaproponowanych rozwiązań. Zastosowanie nieliniowego sterowania predykcyjnego, optymalizacji wielokryterialnej oraz metaheurystycznych algorytmów harmonogramowania wiąże się z istotnym obciążeniem obliczeniowym. W rozprawie zagadnienie to nie zostało szerzej przeanalizowane pod kątem implementacji w rzeczywistych systemach sterowania, gdzie dostępne zasoby obliczeniowe i wymagania czasowe mogą stanowić ograniczenie.
6. Czytelność i objętość niektórych fragmentów. W niektórych miejscach rozprawy nadmiar szczegółowych opisów modeli matematycznych i procedur obliczeniowych oraz przytłaczająca liczba oznaczeń i symboli (różne oznaczenia tych samych wielkości w różnych rozdziałach) może utrudniać odbiór całości pracy czytelnikowi mniej zaawansowanemu w danej tematyce.

Wskazane wady i słabe strony nie mają charakteru fundamentalnego i nie wpływają negatywnie na ocenę osiągnięcia celów rozprawy ani na potwierdzenie postawionej tezy. Mają one raczej charakter typowych ograniczeń badań inżynierskich o wysokim stopniu złożoności i stanowią naturalne kierunki dalszych prac badawczych. Całościowo rozprawa zachowuje wysoki poziom naukowy i aplikacyjny.

Zagadnienia do wyjaśnienia w ramach dyskusji:

- Wyniki są oparte głównie na symulacjach MATLAB/Simulink i modelach procesowych, więc pokazują skuteczność rozwiązania w ramach przyjętych założeń. Jakich problemów należy się spodziewać przy próbie wdrożenia proponowanej metody na fizycznym obiekcie?
- W pracy przyjęto założenie, że harmonogramowanie jest sformułowane deterministycznie i statycznie (wpływ krótkoterminowych zakłóceń oraz niepewności doływu nie jest w nim explicite modelowany) oraz błędy prognoz doływu i szybkie zakłócenia „obsługują” niższe warstwy sterowania. Takie podejście jest sensowne, ale zmniejsza realizm najwyższej warstwy decyzyjnej. Jaka jest odporność proponowanej metody na wspomniane niepewności, czy mogą one prowadzić do błędnych decyzji?
- Rozwiązanie jest bardzo dopasowane do konkretnej klasy instalacji SBR i do określonej struktury procesu. Jak zapewnić przenoszalność na inne typy oczyszczalni?

8. Ocena końcowa

Biorąc pod uwagę wszystkie aspekty rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Tomasza Ujazdowskiego, w szczególności odnotowane osiągnięcia naukowe oraz wykaz publikacji współautorskich, jak również marginalne uwagi dyskusyjne, które nie wpływają znacząco na końcową ocenę rozprawy:

- Stwierdzam, że rozprawa doktorska spełnia wszelkie wymagania Prawa o szkolnictwie wyższym i nauki z dnia 20 lipca 2018 roku (art. 168) w dziedzinie inżynierjno-technicznej w dyscyplinie automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologia kosmiczne;
- Zaliczam rozprawę jako wyraźnie wykraczającą poza poziom przeciętny - spełniającą wymagania z nadmiarem;
- Wnioskuje o przyjęcie rozprawy przez Radę Dyscypliny Automatyka, Elektronika, Elektrotechnika i Technologia Kosmiczne Politechniki Gdańskiej.