

Dr hab. inż. Leszek Hejduk
Katedra Hydrauliki Inżynierii
Wodnej i Sanitarnej
Instytut Inżynierii Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Warszawa, 6.02.2025

Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Anity Marleny Białek pt. „Zintegrowany model obliczeniowy do oceny i poprawy działania sieci kanalizacji deszczowej w zlewniach miejskich w kontekście panowania przestrzennego”

Promotor: prof. dr hab. inż. Bartosz Szeląg

Podstawą prawną niniejszej recenzji jest uchwała Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka w Politechnice Świętokrzyskiej z dnia 26 listopada 2025 roku wyznaczająca mnie na Recenzenta.

Pani mgr inż. Anita Marlena Białek uzyskała tytuł magistra inżyniera w zakresie Inżynierii Środowiska w roku 2006 po odbyciu studiów na Kierunku inżynieria Środowiska na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach. Przy czym, dyplom został wystawiony na nazwisko (panieńskie) tj. Anita Marlena Wiktor. Zgodnie z informacją przekazaną pismem IAA_511-3/2025 z dnia 28.11.2025 roku przez Radę naukową dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka, Pani Anita Marlena Białek nie ubiegała się uprzednio o nadanie stopnia doktora. Pani Anita Białek jest magistrem inżynierem z dużym doświadczeniem praktycznym. Po ukończeniu studiów magisterskich na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach uzyskała uprawnienia budowlane (w roku 2010) do projektowania w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych wodociągowych i kanalizacyjnych (numer SWK/0142/POOS/10) a w roku 2012 uzyskała uprawnienia do kierowania robotami budowlanymi w tej samej specjalności (SWK/0170/OWOS/12). Pani Anita Białek ukończyła ponadto dwa kierunki studiów dyplomowych tj. Klimatyzacji i ogrzewnictwo (Politechnika Krakowska) oraz Administracja Publiczna (Uniwersytet Jagielloński). W latach 2021-2025 Pani Anita Białek była doktorantką w Szkole doktorskiej Politechniki Świętokrzyskiej.

Przekazana do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Anity Marleny Białek składa się pięciu angielskojęzycznych wieloautorskich publikacji pokrywających swoim zakresem tematykę rozprawy doktorskiej. Tytuł rozprawy brzmi: „Zintegrowany model obliczeniowy do oceny i poprawy działania sieci kanalizacji deszczowej w zlewniach miejskich w kontekście panowania przestrzennego”. Publikacje stanowiące podstawę rozprawy zostały poprzedzone streszczeniem w języku polskim oraz angielskim, wykazem publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, wykazem skrótów i symboli stosowanych w autoreferacie, autoreferatem, bibliografią, wykazem rysunków, wykazem tabel. Autoreferat jest podzielony na siedem następujących głównych rozdziałów: wprowadzenie, celi i zakres pracy, problem badawczy i hipoteza, metodyka badań, obiekt badań, wyniki badań oraz podsumowanie. Każdy z rozdziałów ma również podrozdziały. Teksty publikacji stanowią załączniki numerowane od A1 do A5. Recenzowana rozprawa liczy ogółem 66 strony plus załączniki, które są kopiami opublikowanych artykułu naukowych. Artykuły stanowiące

podstawę dysertacji, stanowią zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Spis literatury dotyczący części pracy zatytułowanej autoreferat, liczy 56 pozycji, przy czym, większość pozycji literaturowych są to pozycje opublikowane w ostatnich 10 latach oraz z zakresu ocenianej rozprawy doktorskiej.

Zawarte w rozprawie publikacje mają charakter prac oryginalnych i zostały opublikowane w latach 2023, 2024 oraz 2025 w tym: 3 publikacje w roku 2025 tj.: Development of computational tool for stormwater management in small urban catchments (Journal of Ecological Engineering, 26(6), 410-423); The impact of physical-geographical conditions on the sizing of rain gardens: A spatial case of Poland (Journal of Ecological Engineering, 26(10), 460-476); An innovative method of predicting the maximum flow in stormwater sewage system using soft-sensors (Archives of Environmental Protection, 51(3), 54-73; jedna publikacja w roku 2024 : Extended evaluation of the impact of rainfall, sewer network and land use retention on drainage system performance in a multi criteria approach – modelling, sensitivity analysis (Advances in Science and technology research Journal 18(6)291-303 oraz jedna publikacja z roku 2023: Integrated model for the fast assessment of the flood volume: modelling -management, uncertainty and sensitivity analyses (Journal of Hydrology 625,129967). Czasopisma te figurują na liście JCR oraz posiadają współczynnik IF. Sumaryczny IF wszystkich czasopism wynosił 11,6 i jednocześnie sumaryczna liczba punktów wg. listy MNiSW wynosiła 480. W pracy, dodano dopisek że wartość IF podano z bazy JCR w roku wydania, co może być mylące, bo obecnie (styczeń/luty 2026) nie podano jeszcze IF za rok 2025 a IF czasopism z roku 2025 może być wartością za rok 2024. W bazie danych WoS (styczeń/luty 2026) znajduje się 9 artykułów których autorem/współautorem jest Pani Anita Białek a wskaźnik H-index publikowany dla Pani Anity Białek wynosi 3. Natomiast w bazie Scopus indeksowane jest 14 artykułów współautorstwa Pani Anity Białek a wskaźnik H wynosi 4. Spośród publikacji zgłoszonych jako wchodzących w skład rozprawy doktorskiej, w dwóch publikacjach doktorantka występuje jako pierwszy i korespondencyjny autor (z dwóch autorów tych publikacji). W jednej publikacji doktorantka występuje jako 3 autor oraz korespondencyjny autor na 5 autorów, w jednej jako 4 autor na 9 autorów oraz w jednej jako 5 autor na 8 autorów. Jedynie w jednej publikacji (Journal of Hydrology) jest wskazana rola Pani Anity Białek w powstaniu publikacji tj. authorship contribution : writing - original draft oraz writing-review and editing (co może być przetłumaczone jako: rola autora- pisanie- przygotowanie oryginału oraz recenzja i edycja). W powstałych publikacjach nie ma takich adnotacji co jest oczywiście związane z wymaganiami publikacyjnymi poszczególnych czasopism. W przekazanej dokumentacji dotyczącej rozprawy nie ma dodatkowych informacji dotyczących roli doktorantki w przygotowaniu poszczególnych publikacji, jednocześnie struktura i treść autoreferatu wskazuje na poszczególne zagadnienia poruszane w publikacjach które są osobistym wkładem doktorantki.

We wprowadzeniu (pierwszym rozdziale autoreferatu) doktorantka opisała ogólne tło problemów związanych z projektowaniem systemów kanalizacji deszczowej na obszarach zurbanizowanych. Odniosła się również w tym zakresie, do obowiązujących w Polsce norm projektowania tych systemów oraz jakie sposoby są używane do weryfikacji działania systemów kanalizacji deszczowej. Wskazała również, w jakim kierunku na świecie rozwija się nauka w zakresie problematyki projektowania i optymalizacji sieci z uwzględnieniem problemów wynikających ze zmianami klimatu. Rozdział ten stanowi dobre wprowadzenie do zdefiniowania celu i zakresu pracy który doktorantka przedstawiła w kolejnym drugim rozdziale. W drugim rozdziale autoreferatu doktorantka przedstawiła cel pracy oraz zakres badań, który prowadził do zrealizowania celu. Celem pracy było opracowanie uniwersalnego skalowalnego narzędzia obliczeniowego umożliwiającego kompleksową ocenę oraz funkcjonowania systemów kanalizacji deszczowej w małoskalowych zlewniach miejskich z uwzględnieniem zmiennych warunków klimatycznych urbanistycznych i przestrzennych. Cel pracy przedstawiony przez doktorantkę jest istotny zarówno z badawczego jaki i

aplikacyjnego celu widzenia. Zakres pracy obejmował analizę mechanizmów prowadzących do przeciążeń hydraulicznych w systemach kanalizacyjnych a także ocenę skuteczności rozwiązań opartych na przyrodzie. Realizacja głównego celu została osiągnięta poprzez dwa cele (pośrednie) ponumerowane jako cel pośredni 1 tj. opracowanie aplikacji obliczeniowej wspomagające projektowanie systemów retencyjnych z wykorzystaniem elementów zielonej infrastruktury, oraz cel pośredni 2 tj. opracowanie zintegrowanego modelu obejmującego zastosowanie modeli uczenia maszynowego do identyfikacji działania sieci kanalizacyjnej w warunkach przeciążenia hydraulicznego oraz prognozy przepływu maksymalnego w kontekście analizy przepustowości kanałów deszczowych. Do realizacji każdego z celów pośrednich, doktorantka, przedstawiła sposób realizacji celu poprzez zadania które należało zrealizować. W przypadku pierwszego jak i drugiego celu pośredniego wyróżniono po 4 zadania. Bardzo istotnym elementem pracy badawczej jest postawienie hipotezy która ma być sprawdzona w ramach prowadzonych badań i analiz i która to została zaprezentowana w rozdziale trzecim. W pracy postawiono hipotezę badawczą: integracja modeli mechanistycznych dostarcza niezawodnych narzędzi do oceny działania i projektowania sieci kanalizacyjnych w warunkach niepewności wynikających z warunków opadowych i innych parametrów. Weryfikacja tej hipotezy obejmowała trzy główne etapy na które składało się w pierwszej kolejności opracowanie aplikacji obliczeniowej do projektowania i optymalizacji obiektów zielonej infrastruktury, następnie studium przypadku, w którym oceniono możliwości odwzorowania (wiarygodnego) przepływów w rzeczywistej sieci kanalizacyjnej przy ograniczonym dostępie danych wejściowych. Podczas tego etapu zastosowano uproszczone modele hydrauliczne wraz z dodatkowymi danymi które ostatnie złożyły się na dwa uzupełniające się narzędzia (obliczeniowe) tj. model logitowy oparty na regresji logistycznej oraz skalibrowany model SWMM. Ostatnim trzecim etapem weryfikacji hipotezy było opracowanie narzędzia do identyfikacji przeciążeń hydraulicznych gdzie min. opracowano symulator w celu redukcji niepewności prognozy odpływu i wylań ze zlewni, optymalizacji doboru parametrów kalibracyjnych oraz identyfikacji najistotniejszych zmiennych. Rozdział trzeci autoreferatu, ma ponadto dwa podrozdziały zatytułowane : aktualny stan wiedzy i luka badawcza oraz struktura rozprawy pracy. Wydaje się, że te dwa podpunkty powinny jednak być przedstawione przed postawieniem hipotezy a nie stanowić podrozdziały rozdziału w którym przedstawiono hipotezę. Rozdział czwarty autoreferatu zatytułowany „Metodyka badań” składa się z trzech podrozdziałów w których przedstawiono kolejno założenia hydrologiczno-hydrauliczne aplikacji do wymiarowania zielonej infrastruktury, opisano wykorzystywany w pracy model hydrodynamiczny SWMM oraz w ostatnim podrozdziale skupiono się na opisie techniki uczenia maszynowego w modelowaniu zlewni. Podrozdział 4.1 jest dodatkowo podzielony jeszcze na cztery podrozdziały dokładnie opisujące aplikacje opracowaną przez doktorantkę, co jest zrozumiałe bo jest to jej niewiątpliwym własnym wkład w przeprowadzone analizy. W ramach tych podrozdziałów szczegółowo opisano funkcje i zależności na których oparta jest aplikacja tj. model fali kinematycznej (podrozdział 4.1.1), równanie bilansu dla obiektów zielonej infrastruktury (podrozdział 4.1.2), obliczenia przelewu burzowego (podrozdział 4.1.3) oraz algorytm działania aplikacji i funkcje zadaniowe (podrozdział 4.1.4.) Cały ten rozdział bardzo dokładnie opisuje stworzoną aplikację oraz prezentuje odnośne fragmenty kodu aplikacji. Podrozdział 4.2. dotyczy hydrodynamicznego modelu SWMM i opisuje podstawowe założenia oraz równania na których jest oparty ten znany rozwijany od lat 70-tych 20 wieku model opracowany przez U.S.EPA. Z racji powszechności tego modelu jest zupełnie wystarczającym podanie jedynie podstawowych informacji na temat budowy modelu gdyż szczegóły są ogólnodostępne w literaturze, chociaż w tym rozdziale doktorantka nie powołała się na żadną literaturę dotyczącą modelu SWMM. Rozdział piąty autoreferatu zatytułowany „Obiekt badań” zawiera opis zlewni miejskiej która była obszarem wykorzystanym do walidacji modeli uczenia maszynowego oraz informację dotyczące danych opadowych wraz z opisem sposobu analizy wpływu lokalnych warunków klimatycznych na intensywność i strukturę opadów. Zastosowano dwa podejścia do tej analizy z wykorzystaniem min.

danych z różnej ilości meteorologicznych stacji IMGW. Uzyskane wyniki były następnie wykorzystywane w dalszej części pracy (publikacjach). Rozdział szósty zatytułowany „Wyniki badań”, został podzielony na pięć podrozdziałów z których każdy, jest polskim streszczeniem publikacji wchodzących w skład rozprawy doktorskiej a tytuły podrozdziałów są oryginalnymi angielskimi tytułami publikacji. Streszczenia te, skupione są na wybranych wynikach prezentowanych w poszczególnych publikacjach. W pierwszym podrozdziale omówiono wyniki prezentowane w publikacji „Development of computational tool for stormwater management in small urban catchments”. W omówieniu tym przedstawiono nowe narzędzie obliczeniowe tj. zależności wykorzystane w modelu a równia te są tożsame z równaniami przedstawionymi w podrozdziale 4.1.1 autoreferatu. Opis wyników skupia się na aspekcie odwzorowania zależności między czasem trwania opadu a pojemnością infiltracyjną. Kluczowym elementem tej części opisu wydaje się rysunek 15 obrazujący zależność czasu trwania opadu od zdolności infiltracyjnej. Proszę o wyjaśnienie różnicy pomiędzy pojemnością infiltracyjną – sformułowania jakie użyto w tekście opisującym rysunek a objętością infiltracyjną co jest opisane na osi rzędnych na rysunku 15 (wpływ czasu trwania opadu na zdolność infiltracyjną). Proszę również o ustosunkowanie się do sformułowania „silna korelacja” w opisie tego rysunku. W dalszej części doktorantka wskazuje na wartość wskaźnika wrażliwości jak parametru charakteryzującego relacje pomiędzy największą intensywnością opadów i podatność na odpływ. Proszę o przybliżenie w jaki sposób ten wskaźnik był wyznaczany oraz podanie skali tego wskaźnika. W drugim podrozdziale omówiono główne wyniki prezentowane w publikacji „The impact of physical-geographical conditions on the sizing of rain gardens: A spatial case of Poland”. W omówieniu tym przedstawiono wyniki podejścia integrującego modele hydrauliczne z analizą statystyczną i przestrzenną pozwalające na identyfikację wpływu lokalnych uwarunkowań na projektowanie rowów filtracyjnych. W wyniku stwierdzono, że istotne związki pomiędzy położeniem geograficznym a parametrami retencji w szczególności między długością geograficzną a objętością retencji oraz odpływem. Ponadto analiza objętości złoża infiltracyjnego wykazała wzrost pojemności rowów infiltracyjnych w miarę zwiększenia się stopnia uszczelnienia powierzchni. Ostatecznym wynikiem było uzyskanie informacji na temat wpływu stopnia uszczelnienia powierzchni na wielkość odpływu w Polsce z podziałem na mezoregiony co zostało zaprezentowane w formie mapy polski. W wnioskach wskazano, że na jednej stacji tj. Mikołajkach odnotowano wysokie wartości odpływów niezależnie od poziomu uszczelnienia co jest inną zależnością niż na innych stacjach. Proszę o komentarz z czego z czego może wynikać inna zależność dla tej konkretnej stacji. W trzecim podrozdziale omówiono główne wyniki prezentowane w publikacji „Extended evaluation of the impact of rainfall, sewer network and land use retention on drainage system performance in a multi criteria approach – modelling, sensitivity analysis”. W omówieniu, tym przedstawiono możliwości zastosowania regresji logistycznej jako alternatywnego narzędzia predykcyjnego względem klasycznego modelu deterministycznego w analizie przeciążeń hydraulicznych systemów kanalizacji deszczowej. W zakresie kalibracji modelu uzyskano wynik wskazujący, że parametr odpowiadający za kształt krzywej odpływu jest kluczowy w procesie kalibracji modelu do prognozowania wystąpienia wylania. Stwierdza również min. że wzrost intensywności opadu powoduje obniżenie współczynników wrażliwości co skutkuje potrzebą uwzględnienia charakterystyki opadów przy kalibracji modeli. Ostatecznym podsumowaniem jest wniosek, że metoda integrująca analizę wrażliwości z podejściem operacyjnym pozwala na szybką identyfikację parametrów krytycznych i lokalizacji o podwyższonym ryzyku bez konieczności wykonywania pełnych symulacji hydraulicznych. W podrozdziale czwartym, omówiono główne wyniki prezentowane w publikacji „Integrated model for the fast assessment of the flood volume: modelling -management, uncertainty and sensitivity analysis”. W omówieniu tym, przedstawiono wyniki analizy wrażliwości opracowanego modelu, które wskazały min. na to że na czułość modelu wpływa zarówno czas trwania opadu jak i wybrane parametry strukturalne zlewni; bardziej rozgałęzione i topologicznie złożone sieci kanalizacyjne są

bardziej podatne na zmiany warunków powierzchniowych. Te zależności były spójne z wynikami uzyskiwanymi z modelu SWMM. Kolejnym ważnym podsuwaniem przeprowadzonych analizy był wniosek mówiący, że w warunkach ograniczonej dostępności danych konieczne jest uwzględnienie wzajemnych zależności pomiędzy parametrami retencyjnymi i hydraulicznymi oraz, że dokładność odwzorowania zjawisk hydrologicznych zależy od wzajemnych relacji pomiędzy parametrami a nie tylko od wartości pojedynczych parametrów. Ostatecznym podsumowującym tą część analiz zdaniem jest stwierdzenie, że topologia układu kanalizacyjnego stanowi kluczowy czynnik warunkujący czułość modelu względem parametrów retencyjnych i hydraulicznych a uwzględnienie tych relacji w modelach (jak regresja logistyczna) zwiększa wiarygodność prognoz oraz umożliwia optymalizację procesów poprzez ograniczenie kosztów kalibracji i rozbudowanego monitoringu.

Ostatnim podrozdziałem jest podrozdział piąty w którym omówiono istotne z punktu widzenia dysertacji wyniki prezentowane w publikacji „An method of predicting the maximum flow in stormwater sewage system using soft-sensors.” W omówieniu tym, przedawniono wyniki analizy w zakresie wykorzystania modelu predykcyjnego (opartego na metodzie Multivariate Adaptive Regression Splines) oraz korelacji estymowanych współczynników modelu empirycznego (tu SWMM) z danymi opadowymi. Podsumowującym wynikiem było wykazanie, że rozkład czasowy intensywności opadów istotnie wpływają na wartości estymowanych parametru w opisywanym modelu a tym samym na kształtowanie się przepływu maksymalnego oraz, że zastosowanie podejścia probabilistycznego integrującego rozkłady opadów oraz niepewność parametrów pozwala na ocenę bezpieczeństwa hydraulicznego w zlewniach miejskich. W ramach tej analizy min. przeprowadzono obliczenia dla 3 różnych rozkładów opadów w czasie ich trwania oznaczonych jako R1 do R4. Proszę o wyjaśnienie dlaczego nie przeprowadzono analizy dla rozkładu R1. Proszę o odniesienie się do opisu tych rozkładów przedstawionych w tekście w nawiązaniu do rysunku 26 (czasowe rozkłady opadów) bo zaszła tutaj chyba pomyłka przy opisie tj. rozkład R2 jest rozkładem z kulminacją środkowej fazy opadu a rozkład R1 wskazuje na równomierny rozkład intensywności opadu w czasie jego trwania (określany również jako opad blokowy). Te drobne pomyłki w opisach nie wpływają na motoryczność obliczeń. W autoreferacie zamieszczono również rozdział siódmy zatytułowany „Podsumowanie”. Rozdział ten podsumowuje szczegółowo zaprezentowane elementy autoreferatu jednocześnie łącząc uzyskane wyniki badań i analiz zaprezentowanych w pozostałych rozdziałach autoreferatu w jedną całość. Podsumowanie to jest na tyle wystarczające, aby można było stwierdzić, że postawiona w pracy hipoteza została zweryfikowana.

Dodatkowe uwagi do autoreferatu. Wydaje się niefortunne używanie sformułowanie „zmiana wysokości wody” zamiast „stanu wody” lub głębokości nawet jeśli jest to opis elementu wzoru (równanie fali kinematycznej wzór 1 na str 20 pracy). Podobnie ze sformułowaniem „grubość warstwy wody” - wydaje się że w tym przypadku wysokość warstwy byłoby bardziej właściwe. Na stronie 20 we wzorze 5 występuje współczynnik α i m które są zależne min. od przyjętego wzoru na opór przepływu. W tabeli wzorów współczynnik α jest oznaczony jako współczynnik regresji zaś współczynnika m ogóle nie ma w wykazie skrótów i symboli stosowanych w autoreferacie. Dodatkowo na stronie 30, α jest opisane jako współczynnik odpływu (który w nomenklaturze hydrologicznej oznacza co innego). Proszę o wyjaśnienie tych dwóch kwestii.

Dlaczego są dwa oznaczania na spadek hydrauliczny tj. S_f i S_o , jeśli te wartości są sobie równe (wzór 5). Proszę wyjaśnić różnice pomiędzy S_f i S_o bo na stronie 31 (wzór 30) S_o oznacza spadek kanału.

Proszę wyjaśnić różnice pomiędzy czasem równowagi (jednostka sekundy)(str 21) i czasem trwania opadu deszczu(str 22). W tabeli wyrazów skrótów i symboli na str. 7 oznaczenie t jest opisane jako czas ogólny, a czas trwania deszczu jest oznaczony jako t_r . Proszę o wyjaśnienie.

Z jakiego powodu jednostki w zastosowanych wzorach się zmieniają. Raz stosowana jest jednostka m^3/s jak na stronie 23 wzór 15 ale na stronie 28 ta sama wartość jest zwracana w dm^3/s . Co jest tego przyczyną.

Czy w podejściu 1 (str 37) gdzie wyznaczano opady krótkotrwałe wykorzystano dane z tych samych stacji jak w podejściu 2 i czy był to ten samo okres pomiarów deszczy.

Reasumując, oceniana rozprawa doktorska charakteryzuje się istotną z punktu widzenia badawczego oraz aplikacyjnego, tematyką badawczą a badania zawarte w pracy wpisują się w zakres dyscypliny inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Należy tu podkreślić, że aspekt aplikacyjny tej rozprawy jest ponadprzeciętny. Przedstawiony, w dysertacji, cykl publikacji jest ściśle powiązany tematycznie a doktorantka, w autoreferacie, wykazała logiczny sposób prowadzonych badań oraz wynikający z nich wniosków, co pozwoliło jej w klarowny sposób, powiązać wyniki w jedną uzupełniającą się całość. Na tej podstawie można stwierdzić, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie zdefiniowanego w pracy problemu a Pani Anita Białek wykazała dużą wiedzę teoretyczną oraz praktyczną w swojej dyscyplinie.

Stwierdzam, iż recenzowana praca doktorska Pani Anity Białek spełnia wszystkie ustawowe wymogi i kryteria nadania stopnia doktora zgodnie ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce. Wobec powyższego zwracam się do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Świętokrzyskiej o dopuszczenie pracy doktorskiej Pani mgr inż. Anity Białek do dalszych etapów postępowania doktorskiego.

