

Prof. dr hab. inż. Michał Szydłowski
Katedra Geotechniki i Inżynierii Wodnej
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Politechnika Gdańska
ul. Narutowicza 11/12
80-233 Gdańsk



Gdynia, 23 kwietnia 2025

RECENZJA

W postępowaniu habilitacyjnym dra inż. Michała Kubraka
dziedzina Nauk inżynieryjno-technicznych
dyscyplina Inżynieria lądowa, Geodezja i Transport

1. Formalne i merytoryczne podstawy recenzji

Niniejsze opracowanie wykonano na prośbę Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej, dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, prof. uczelni, z dnia 13.03.2025 (RPW/13025/2025N), w związku z uchwałą Rady z dnia 04.03.2025 powołującą komisję habilitacyjną, w skład której zostałem włączony jako recenzent. Powołanie komisji zostało poprzedzone wnioskiem z dnia 28.11.2024 o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego, złożonym przez dra inż. Michała Kubraka. Przedmiotem opracowania jest ocena dorobku naukowego dra inż. Michała Kubraka w ramach niniejszego postępowania habilitacyjnego. Kryteria oceny dorobku Kandydata opracowano zgodnie z obowiązującymi aktualnie przepisami prawa, to jest z ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

2. Podstawowe informacje o Habilitancie

Autor wniosku, Pan Michał Kubrak, ukończył studia inżynierskie na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, na kierunku Inżynieria Środowiska, w specjalizacji Inżynieria Sanitarna i Wodna w roku 2013. Tytuł magistra inżyniera uzyskał w roku 2014 w tej samej uczelni w specjalności Inżynieria Wodna. Stopień doktora *nauk technicznych* w dyscyplinie *Inżynieria środowiska* (Politechnika Warszawska) uzyskał w roku 2018, na podstawie rozprawy zatytułowanej *Ciśnieniowy przepływ wody w rurociągu z umieszczonym wewnątrz przewodem*. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Marek Mitosek, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Apoloniusz Kodura, prof. uczelni. Kandydat nie ubiegał się uprzednio o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Zgodnie z oświadczeniem Kandydata przebieg jego kariery zawodowej był następujący:

2014 r. – 2018 r.	asystent badawczo-dydaktyczny w Zakładzie Budownictwa Wodnego i Hydrauliki na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej;
2017 r. – 2019 r.	specjalista ds. inżynieryjno-technicznych w Zakładzie Inżynierii i Gospodarki Wodnej Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach;
2018 r. – obecnie	adiunkt w Zakładzie Budownictwa Wodnego i Hydrauliki na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

3. Opis osiągnięcia naukowego Habilitanta

Podstawą wniosku Pana Michała Kubraka o wszczęcie postępowania habilitacyjnego jest osiągnięcie naukowe w postaci monotematycznego cyklu siedmiu publikacji pod wspólnym tytułem *Modelowanie uderzenia hydraulicznego w rurociągach*. Habilitant jest jedynym autorem w dwóch publikacjach, w jednej jest drugim współautorem, a w pozostałych pierwszym. Wszystkie publikacje są artykułami opublikowanymi w czasopismach naukowych z IF i są indeksowane przez główne bazy naukowe.

Osiągnięcie to uzupełnione jest pozostałym, udokumentowanym naukowym, organizacyjnym i dydaktycznym dorobkiem Kandydata. Z formalnego punktu widzenia, dorobek ten spełnia wszystkie wymagania stawiane w procedurze habilitacyjnej.

Na przedstawione we wniosku osiągnięcie naukowe składają się następujące publikacje:

1. Malesińska, A.; Kubrak, M.; Rogulski, M.; Puntorieri, P.; Fiamma, V.; Barbaro, G. Water Hammer Simulation in a Steel Pipeline System with a Sudden Cross-Section Change. *Journal of Fluids Engineering* 2021, doi:10.1115/1.4050728. (Impact Factor: 1,9; Punktacja MNiSW w 2021 r.: 100 p., udział 40%)
2. Kubrak, M.; Malesińska, A.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Stosiak, M. Hydraulic Transients in Viscoelastic Pipeline System with Sudden Cross-Section Changes. *Energies* 2021, 14, 4071, doi:10.3390/en14144071. (Impact Factor: 3,0; Punktacja MNiSW w 2021 r.: 140 p., udział 60%)
3. Kubrak, M.; Malesińska, A.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Bury, P.; Stosiak, M. Water Hammer Control Using Additional Branched HDPE Pipe. *Energies* 2021, 14, 8008, doi:10.3390/en14238008. (Impact Factor: 3,0; Punktacja MNiSW w 2021 r.: 140 p., udział 70%)
4. Kubrak, M.; Kodura, A.; Malesińska, A.; Urbanowicz, K. Water Hammer in Steel–Plastic Pipes Connected in Series. *Water* 2022, 14, 3107, doi:10.3390/w14193107. (Impact Factor: 3,0; Punktacja MNiSW w 2022 r.: 100 p., udział 80%)
5. Kubrak, M. Water hammer mitigation by internal rubber hose. *Archives of Civil Engineering* 2024, 275–288, doi:10.24425/ace.2024.148911. (Impact Factor: 1,1; Punktacja MNiSW w 2024 r.: 100 p., udział 100%)
6. Kubrak, M. Modeling of Closing Functions for Gate Valves Fitted with V-Ports. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*. 2024, 15, 04024023, doi:10.1061/JPSEA2.PSENG-1588. (Impact Factor: 1,8; Punktacja MNiSW w 2024 r.: 70 p., udział 100%)
7. Kubrak, M.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Andrade, D.M. A Study of Valve-Induced Water Hammer in a Woven-Jacket Fire Hose. *Journal of Hydraulic Research* 2024, 62, 340–350, doi:10.1080/00221686.2024.2390433. (Impact Factor: 1,7; Punktacja MNiSW w 2024 r.: 100 p., udział 80%)

W przedmiotowym, monotematycznym cyklu artykułów Kandydat przedstawił wyniki swojej pracy badawczej nad modelowaniem hydrodynamiki przepływu ciśnieniowego w rurociągach wraz z występującym zjawiskiem uderzenia hydraulicznego. Jak podkreśla autor problem ten jest istotny

dla wielu filarów współczesnej gospodarki, ponieważ rurociągi stanowią nieodłączny element wielu procesów przemysłowych i komunalnych, a ich niezawodne działanie jest kluczowe dla funkcjonowania przemysłu chemicznego, petrochemicznego, energetyki, rolnictwa, czy systemów zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków. Jednocześnie awarie rurociągów ciśnieniowego transportu cieczy mogą powodować przerwy w dostawach wody i innych cieczy, a także prowadzić do zanieczyszczenia środowiska. To sprawia, że tematyka nieustalonych szybkozmiennych przepływów w przewodach jest niezmiennie aktualna, a wiarygodne prognozowanie powstałych w trakcie uderzenia zmian ciśnienia jest kluczowe dla przeciwdziałania ich negatywnym skutkom i zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji systemów rurociągów i optymalizacji ich pracy.

Jako **podstawowy cel** swojej pracy badawczej, stanowiącej osiągnięcie naukowe podlegające ocenie, Kandydat wyznaczył sobie zweryfikowanie oraz rozszerzenie wiedzy, dotyczącej teoretycznych opisów jednowymiarowych szybkozmiennych przepływów cieczy w układach przewodów o niejednorodnej strukturze fizycznej lub wykonanych z materiałów, których własności mechaniczne zależą od hydraulicznych parametrów przepływu cieczy.

W ramach prac stanowiących osiągnięcie można wyróżnić następujące zadania badawcze:

- (1) Opracowanie algorytmu rozwiązania równań przyjętego modelu schematem MacCormacka i jego weryfikacja dla rurociągów o zmiennych średnicach i z różnych materiałów;
- (2) Adaptacja algorytmu rozwiązania równań modelu (zastosowanie metody charakterystyk) i jego weryfikacja dla wybranych metod tłumienia fal ciśnienia w rurociągach wywołanych uderzeniem hydraulicznym;
- (3) Zastosowanie opracowanej metody symulacji uderzenia hydraulicznego do projektowania i oceny działania rzeczywistych elementów infrastruktury hydraulicznej.

Realizacja zadania pierwszego została opisana w dwóch pierwszych artykułach (1,2). Zadanie drugie Kandydat opisał w trzech kolejnych artykułach (3-5). Zadanie ostatnie, pokazujące możliwości aplikacyjne opracowanej metodyki obliczeń, Kandydat przedstawił w dwóch najnowszych artykułach z roku 2024 (6,7).

Przeprowadzone przez Kandydata badania mają charakter numeryczno-doświadczalny. W sześciu pracach (1-5 i 7) przedstawił on wyniki własnych obliczeń numerycznych i ich weryfikację w oparciu o wyniki własnych pomiarów hydraulicznych. Praca (6) zawiera jedynie analizy teoretyczne oparte na wynikach własnych obliczeń numerycznych. Wszystkie badania hydrauliczne, których wyniki wykorzystywano do weryfikacji obliczeń, Kandydat wykonywał w Laboratorium Mechaniki Płynów na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Recenzent stwierdza, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jest spójne, a temat badawczy podjęty przez Kandydata nie znalazł do tej pory pełnego rozwiązania i stanowi otwarte wyzwanie badawcze i przez to jest aktualny. Ponadto recenzent stwierdza, iż sformułowany cel i zakres pracy są prawidłowe i jasno zdefiniowane.

4. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitanta

Ocenie podlega osiągnięcie naukowe w postaci monotematycznego cyklu siedmiu publikacji zatytułowanego *Modelowanie uderzenia hydraulicznego w rurociągach*.

1. Malesińska, A.; Kubrak, M.; Rogulski, M.; Puntorieri, P.; Fiamma, V.; Barbaro, G. Water Hammer Simulation in a Steel Pipeline System with a Sudden Cross-Section Change. *Journal of Fluids Engineering* 2021

Artykuł dotyczy symulacji zjawiska uderzenia hydraulicznego w systemie stalowych rurociągów, w którym występują nagłe zmiany średnicy przekroju poprzecznego. Celem pracy było zbadanie wpływu takich zmian na przebieg fal ciśnienia. W badaniach zastosowano eksperymenty laboratoryjne (pięć wariantów konfiguracji rur stalowych) oraz model numeryczny oparty na schemacie MacCormacka z uwzględnieniem poprawionych warunków brzegowych w węzłach połączeń rur o różnych średnicach. Najważniejszym wnioskiem z badań jest to, że opracowany model z dużą dokładnością odtwarza złożoną naturę zjawiska uderzenia hydraulicznego, w tym superpozycję fal odbitych i głównego impulsu ciśnienia, szczególnie przy większej liczbie połączeń różnośrednicowych. Nowością artykułu jest sposób definiowania warunków brzegowych w punktach połączeń rur, który umożliwia precyzyjne odwzorowanie oddziaływań fal ciśnienia. Model wykazuje duży potencjał aplikacyjny w inżynierii wodnej i sanitarnej, szczególnie w projektowaniu bezpiecznych systemów rurociągowych narażonych na dynamiczne zmiany przepływu.

Według opinii recenzenta przyjęte założenia i model matematyczny są właściwe, a uzyskane wyniki obliczeń wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w modelowaniu hydrodynamicznym uderzenia hydraulicznego.

2. Kubrak, M.; Malesińska, A.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Stosiak, M. Hydraulic Transients in Viscoelastic Pipeline System with Sudden Cross-Section Changes. *Energies* 2021, 14, 4071

Artykuł dotyczy wpływu nagłych zmian średnicy w systemach rurociągów z tworzyw sztucznych (HDPE) na przebieg zjawiska uderzenia hydraulicznego. Celem pracy było zbadanie, jak właściwości lepkosprężyste ścianek rur oraz geometryczne zmiany przekroju wpływają na tłumienie i rozpraszanie fal ciśnienia. W artykule połączono analizę eksperymentalną z modelowaniem numerycznym opartym na metodzie MacCormacka. Nowością jest uwzględnienie modelu lepkosprężystości typu Kelvin–Voigt w równaniu ciągłości przepływu oraz zastosowanie warunku brzegowego w węzle połączenia rur, umożliwiającego przypisanie dwóch niezależnych prędkości przepływu. Główne założenia obejmowały stałą prędkość propagacji fali ciśnienia i nieuwzględnianie strat niestacjonarnych. Walidacja modelu na podstawie danych eksperymentalnych wykazała jego wysoką zgodność z rzeczywistymi przebiegami ciśnienia. Najważniejszy wniosek wskazuje, że zaproponowane podejście skutecznie odwzorowuje efekt tłumienia fal wynikający z lepkosprężystości materiału i zmienności średnic. Model ten ma potencjał aplikacyjny w projektowaniu bezpiecznych systemów wodociągowych z tworzyw sztucznych, szczególnie w kontekście minimalizacji ryzyka uszkodzeń hydraulicznych.

Według opinii recenzenta przyjęte założenia i model matematyczny są właściwe, a uzyskane wyniki obliczeń wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w modelowaniu hydrodynamicznym uderzenia hydraulicznego.

3. Kubrak, M.; Malesińska, A.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Bury, P.; Stosiak, M. Water Hammer Control Using Additional Branched HDPE Pipe. *Energies* 2021, 14, 8008

Artykuł koncentruje się na analizie możliwości redukcji zjawiska uderzenia hydraulicznego poprzez zastosowanie dodatkowej rury z tworzywa HDPE (tzw. bocznik) podłączonej do końcowego odcinka stalowego rurociągu. Celem badań było zweryfikowanie skuteczności takiej instalacji w tłumieniu skoków ciśnienia spowodowanych zarówno gwałtownym, jak i powolnym zamykaniem zaworu. Przeprowadzono eksperymenty laboratoryjne z użyciem trzech dodatkowych

rur o różnych wymiarach oraz numeryczne symulacje z wykorzystaniem metody charakterystyk i uproszczonego modelu rury jako parametru skupionego, uwzględniającego właściwości lepkosprężyste (model Kelvina–Voigta). Najważniejszym wnioskiem jest to, że bocznik skutecznie tłumí skoki ciśnienia podczas szybkiego zamykania zaworu (redukcja o 38–47%), natomiast jej wpływ jest znikomy przy wolnym zamykaniu. Badania mają istotny potencjał aplikacyjny w projektowaniu ekonomicznych systemów ochrony przed uderzeniem hydraulicznym w sieciach wodociągowych i przemysłowych.

Według opinii recenzenta przyjęte założenia i model matematyczny są właściwe, a uzyskane wyniki obliczeń wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w modelowaniu hydrodynamicznym uderzenia hydraulicznego.

4. Kubrak, M.; Kodura, A.; Malesińska, A.; Urbanowicz, K. Water Hammer in Steel–Plastic Pipes Connected in Series. *Water* 2022, 14, 3107

Artykuł prezentuje badania eksperymentalne i numeryczne zjawiska uderzenia hydraulicznego w rurociągach złożonych z połączonych szeregowo odcinków stalowych i z HDPE, różniących się średnicą wewnętrzną. Celem pracy było określenie wpływu długości oraz materiału poszczególnych sekcji na przebieg zmian ciśnienia podczas uderzenia hydraulicznego. W badaniach zastosowano testy laboratoryjne dla siedmiu konfiguracji oraz model numeryczny oparty na metodzie charakterystyk, który uwzględniał niestacjonarne tarcie (model Brunone–Vitkovský) oraz lepkosprężystość rur z tworzywa (model Kelvina–Voigta). Najważniejszym wnioskiem wynikającym z badań jest to, że nawet krótki odcinek rury z tworzywa może znacząco tłumić wzrost ciśnienia, a maksymalne ciśnienie zależy liniowo od długości stalowej sekcji. Nowością artykułu jest zastosowanie ujednoliconego modelu numerycznego do różnych konfiguracji długości, a także wykazanie, że parametry kalibracyjne modelu dla jednej konfiguracji nie są uniwersalne. Badania mają duży potencjał aplikacyjny w projektowaniu mieszanych systemów rurociągowych, gdzie możliwe jest wykorzystanie odcinków z HDPE do tłumienia zjawisk dynamicznych i poprawy bezpieczeństwa instalacji.

Według opinii recenzenta przyjęte założenia i model matematyczny są właściwe, a uzyskane wyniki obliczeń wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w modelowaniu hydrodynamicznym uderzenia hydraulicznego.

5. Kubrak, M. Water hammer mitigation by internal rubber hose. *Archives of Civil Engineering* 2024, 275–288

Artykuł przedstawia eksperymentalne badania nad możliwością zastosowania elastycznego węża gumowego EPDM, umieszczonego wewnątrz rurociągu, w celu łagodzenia zjawiska uderzenia hydraulicznego. Celem pracy było określenie skuteczności takiego rozwiązania przy różnych wartościach początkowego ciśnienia i natężenia przepływu. Testy przeprowadzono na 48,5-metrowym stalowym rurociągu z węzem EPDM o średnicy 6 mm umieszczonym na całej długości. Zaobserwowano istotne tłumienie skoków ciśnienia — zmniejszenie amplitudy nawet o ponad 50% — szczególnie w fazie spadku ciśnienia. Głównym wnioskiem z badań jest to, że skuteczność tego rozwiązania zależy od ciśnienia początkowego: im wyższe ciśnienie, tym mniejsza zdolność tłumienia fali. Nowością jest zastosowanie pełnego węża gumowego jako tłumika uderzeń wewnątrz rurociągu, co stanowi alternatywę dla stosowanych dotąd rozwiązań. Obliczenia numeryczne z użyciem modelu Brunone–Vitkovský nie odwzorowały skutecznie wyników eksperymentów, co sugeruje potrzebę opracowania modeli sprzężenia ciecz–struktura. Badania mają potencjał aplikacyjny w systemach wodociągowych i przemysłowych wymagających pasywnej ochrony przed uderzeniem hydraulicznym.

Według opinii recenzenta przyjęte założenia eksperymentów laboratoryjnych są właściwe, a uzyskane wyniki pomiarów wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w ograniczaniu negatywnego wpływu uderzenia hydraulicznego na rurociągi. W ocenie recenzenta w tej pracy nie poświęcono wystarczająco dużo uwagi kwestii uwzględnienia gumowego węża w modelu matematycznym. Stąd zapewne brak zgodności wyników pomiarów z obliczeniami.

6. Kubrak, M. Modeling of Closing Functions for Gate Valves Fitted with V-Ports. Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice. 2024, 15, 04024023

Artykuł poświęcony jest opracowaniu matematycznych funkcji zamykania zasuw z V-kształtnymi wcięciami (V-ports), które stosuje się w celu precyzyjniejszej regulacji przepływu i ograniczenia zjawiska uderzenia hydraulicznego. Celem pracy było stworzenie uniwersalnych funkcji zamykania dla zasuw nożowych i okrągłych z V-wycięciem o dowolnym kącie otwarcia oraz analiza ich wpływu na przebieg ciśnienia podczas zamykania zaworu. W pracy wykorzystano model przepływu nieustalonego (1D) rozwiązany metodą charakterystyk. Opracowane funkcje zamykania mają postać funkcji potęgowych z dwoma zmiennymi, których wartości dobrano metodą dopasowania (MATLAB). Symulacje numeryczne wykazały, że zastosowanie V-wycięcia może znacząco zmniejszyć zarówno maksymalne, jak i minimalne piki ciśnienia, łagodząc przebieg fali ciśnienia w rurociągu. Nowością artykułu jest uogólnienie funkcji zamykania dla całego zakresu kątów otwarcia V-wycięcia. Badania mają istotny potencjał aplikacyjny w projektowaniu i optymalizacji pracy zaworów w systemach wodociągowych i przemysłowych, gdzie precyzyjne sterowanie przepływem i ochrona przed uderzeniami hydraulicznymi są kluczowe.

Według opinii recenzenta opracowane przez Kandydata funkcje są prawidłowe. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w ograniczaniu negatywnego wpływu uderzenia hydraulicznego na rurociągi.

7. Kubrak, M.; Kodura, A.; Urbanowicz, K.; Andrade, D.M. A Study of Valve-Induced Water Hammer in a Woven-Jacket Fire Hose. Journal of Hydraulic Research 2024, 62, 340–350

Artykuł analizuje zjawisko uderzenia hydraulicznego wywołanego nagłym zamknięciem zaworu w węży strażackim z opłotem z włókien syntetycznych. Celem pracy było zbadanie dynamicznego zachowania się tego typu węży, które wykazują unikalną właściwość — zmieniają sztywność w zależności od ciśnienia wewnętrznego. Przeprowadzono eksperymenty laboratoryjne oraz symulacje numeryczne oparte na jednowymiarowym modelu przepływu nieustalonego z zastosowaniem lepkosprężystego modelu Kelvina–Voigta. Analizowano wpływ początkowego ciśnienia i przepływu na amplitudę i przebieg fal ciśnienia. Najważniejszym wnioskiem z badań jest to, że model Kelvina–Voigta z jednym lub dwoma elementami dokładnie odwzorowuje zarejestrowane oscylacje ciśnienia, w tym maksima i minima. Nowością artykułu jest zastosowanie tego modelu do symulacji zjawisk przejściowych w elastycznych węzłach pożarniczych, co wcześniej nie było przedmiotem badań. Praca posiada wysoki potencjał aplikacyjny w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego i systemach dostarczania wody, szczególnie w kontekście modelowania i ograniczania skutków uderzenia hydraulicznego w elastycznych przewodach ciśnieniowych.

Według opinii recenzenta wykonane testy laboratoryjne są prawidłowe a wyniki obliczeń wiarygodne. Przeprowadzona przez Habilitanta analiza wyników badań potwierdza ich przydatność w ograniczaniu negatywnego wpływu uderzenia hydraulicznego na węże strażackie.

Ocena końcowa osiągnięcia naukowego

W przedstawionym przez Kandydata osiągnięciu naukowym zatytułowanym *Modelowanie uderzenia hydraulicznego w rurociągach* podjęto i rozwiązano następujące problemy naukowe:

- Wyprowadzenie i zaimplementowanie warunku brzegowego w algorytmie numerycznym rozwiązującym różniczkowe równania szybkozmiennego przepływu pod ciśnieniem schematem MacCormack'a, umożliwiającego modelowanie uderzenia hydraulicznego w rurociągu zbudowanym z szeregowo połączonych przewodów o zróżnicowanych średnicach oraz wykonanych z różnych materiałów.
- Modyfikacja sposobu łagodzenia uderzeń hydraulicznych polegającego na zainstalowaniu boczników polimerowych w rurociągach stalowych.
- Ocena przebiegu uderzenia hydraulicznego w rurociągu, składającym się z szeregowo połączonych odcinków o różnych średnicach wewnętrznych, wykonanych z różnych materiałów.
- Udoskonalenie metody tłumienia fal ciśnienia polegającej na zastosowaniu elastycznych wewnętrznych przewodów w postaci pełnego przewodu wykonanego z gumy EPDM.
- Wyprowadzenie uniwersalnych funkcji zamykania zasuw z zainstalowanym V-portem dla różnych kątów wewnętrznych V-portu.
- Ocena uderzenia hydraulicznego w wężu strażackim.

Powinnością recenzenta „osiągnięcia naukowego stanowiącego przedmiot habilitacji” nie jest ponowne, szczegółowe recenzowanie artykułów składających się nie, a jedynie ocena, czy cały cykl stanowi „znaczący wkład autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej”. Jest to warunek konieczny do uzyskania stopnia dra habilitowanego. Zgodnie z ustawą „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, jeśli osiągnięciem będącym przedmiotem postępowania habilitacyjnego jest cykl publikacji, to powinien być to cykl „powiązanych tematycznie artykułów naukowych” (art.219 ust.1 pkt.2b).

W odczuciu recenzenta przedstawiony przez Kandydata zestaw artykułów stanowi cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Wykonana praca badawcza przedstawiona w poszczególnych artykułach, odzwierciedla współczesną wiedzę w podjętym temacie oraz stanowi progres w rozwiązywaniu problemu badawczego. Według opinii recenzenta metody badawcze wykorzystane przez Kandydata (modelowanie matematyczne i fizyczne) do rozwiązania problemu naukowego są prawidłowe. Recenzent zgadza się również z wnioskami i oceną wyników przedstawionymi przez Habilitanta.

W przedstawionym przez Kandydata osiągnięciu naukowym nie podjęto jednak kilku istotnych kwestii związanych z matematycznym modelowaniem zjawiska uderzenia hydraulicznego w przewodach ciśnieniowych. Są to między innymi:

- **Wybór optymalnej metody numerycznej do rozwiązania równań modelu.** Tradycyjnie i historycznie stosuje się w tym celu nieco archaiczną już metodę charakterystyk. Jak zauważa sam autor, wiadome jest, że metoda ta ma wady. W związku z tym autor w swojej pracy podjął próbę opracowania rozwiązania równań modelu opartego na schemacie MacCormack'a metody różnic skończonych. Jednak zarzucił stosowanie tej metody w dalszych pracach z niewiadomego powodu. Istnieją lepsze od metody charakterystyk metody rozwiązywania równań przepływu szybkozmiennego uwzględniające propagację stromych frontów ciśnienia oparte na zmodyfikowanej metodzie elementów skończonych, czy też metodzie objętości skończonych.

- **Dodatkowa dyssypacja energii w trakcie uderzenia hydraulicznego.** Wiadome jest, co zauważa autor, że opis strat hydraulicznych modelami tarcia ustalonego i nieustalonego jest niewystarczający do wyrażania dyssypacji energii zachodzącej w trakcie analizowanego zjawiska. Istnieje koncepcja wyrażona przez profesorów Marka Mitoska (PW) i Romualda Szymkiewicza (PG), że matematyczny model uderzenia hydraulicznego powinien być uzupełniony dodatkowym członem o charakterze dyfuzyjnym, aby lepiej odwzorowywać rozpraszanie energii.
- **Propagacja fal ciśnienia w sieciach rurociągów.**

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny (przyszłościowy) i nie wpływają na pozytywną ocenę całości osiągnięcia naukowego Habilitanta. Uwagi te wskazują jedynie na fakt, że problem modelowania uderzenia hydraulicznego jest problemem otwartym, który nie znalazł jeszcze swojego końcowego rozwiązania, co świadczy o tym, że praca Kandydata jest aktualna. Niemniej byłoby interesujące poznać zdanie Habilitanta na powyższe tematy.

Wyniki badań składające się na osiągnięcie naukowe przedstawiono w siedmiu publikacjach i wszystkie one posiadają współczynnik wpływu (IF – impact factor). Sumaryczny współczynnik wpływu opublikowanych prac (zgodnie z rokiem opublikowania), stanowiących osiągnięcie naukowe wynosi $IF=15,5$, natomiast łączna liczba punktów według listy MNiSW wynosi 750.

Należy zaznaczyć, że cytowalność artykułów stanowiących osiągnięcie naukowe, w sytuacji gdy najstarsza z publikacji ukazała się w 2021 roku, jest relatywnie wysoka. Całkowita liczba cytowań według bazy Web of Science wynosi 35. Jednocześnie największa liczba cytowań dla jednego artykułu to wg WoS 12. Tylko jedna praca nie była dotychczas cytowana w WoS.

Podsumowując, moja ocena osiągnięcia naukowego Pana Michała Kubraka, stanowiącego podstawę postępowania habilitacyjnego jest pozytywna. Uważam, że Kandydat wykonując opisane badania i ich analizę w zakresie matematycznego modelowania uderzenia hydraulicznego, wniósł określony i udokumentowany wkład w rozwój metod oceny przebiegu gwałtownych fal ciśnienia w rurociągach ciśnieniowych.

Monotematyczny cykl publikacji stoi na wysokim poziomie naukowym i jest cennym oraz rozpoznawalnym w świecie nauki oryginalnym osiągnięciem Kandydata. Ponadto, praca ta charakteryzuje się istotnymi walorami praktycznymi. Opisane badania mieszczą się dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

5. Ocena istotnej aktywności naukowej Habilitanta poza przedstawionym osiągnięciem naukowym

Kandydat wykazał się istotną aktywnością naukową w więcej niż jednej instytucji naukowej, mianowicie w latach 2017-2019 poza PW pracował w Instytucie Technologiczno- Przyrodniczym (ITP) w Falentach. W ITP był zatrudniony w projekcie Inomel finansowanym w ramach programu BIOSTRATEG przez NCBiR.

Prowadzona przez Habilitanta działalność naukowa, prowadzona przed doktoratem, jak i po nim, obejmuje przede wszystkim zagadnienia z zakresu szeroko rozumianej hydrauliki i hydrotechniki. Badania prowadzone przez Kandydata dotyczyły między innymi wpływu umieszczenia przewodów wewnętrznych w obszarze ciśnieniowego strumienia cieczy podczas uderzenia hydraulicznego oraz zagadnienia uderzenia hydraulicznego w rurociągach transportujących wielofazowe mieszaniny. W swojej pracy naukowej Habilitant zajmował się

również zagadnieniami hydrauliki koryt otwartych, m.in. opracowując inżynierski sposób oszacowania wpływu przepławek zbudowanych z kamiennych głazów na układ zwierciadła wody w rzece. Prócz badań teoretycznych (modelowanie fizyczne i numeryczne przepływu nieustalonego w rurociągach), Kandydat zajmuje się praktycznym projektowaniem urządzeń do tłumienia uderzeń hydraulicznych. Jestem współautorem łącznie 3 patentów.

W ocenie recenzenta jest to szeroki zakres zainteresowań naukowych Habilitanta, świadczący o jego wysokim potencjale analitycznym i umiejętności stosowania metod naukowych w różnych problemach badawczych.

Według deklaracji Kandydata całkowity jego dorobek publikacyjny obejmuje łącznie 24 pozycje, w tym 20 artykułów, 3 rozdziały w monografiach i jedno współautorstwo monografii. Dwadzieścia publikacji znajdują się w bazie Web of Science (WoS). Jedynie trzy z tych publikacji naukowych zostało opublikowane przed doktoratem, co świadczy o wzroście aktywności publikacyjnej Habilitanta po uzyskaniu pierwszego stopnia naukowego w 2018 roku.

Sumaryczny współczynnik wpływu Impact Factor opublikowanych prac wynosi $IF = 42,924$. Dobrze kształtuje się związana z tymi publikacjami liczba cytowań publikacji, która wg WoS wynosi 100 (88-bez autocytowań), a Indeks Hirscha wg WoS wynosi 7. Wg bazy Scopus liczba cytowań wynosi 121 a Indeks Hirscha wynosi 7. Natomiast Google Scholar podaje 175 cytowań oraz Indeks Hirscha równy 8. Należy zaznaczyć, że wartości te odpowiadają zwyczajowym wymaganiom stawianym kandydatom w postępowaniu habilitacyjnym w ramach dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Dorobek naukowy Kandydata uzupełnia uczestnictwo w konferencjach naukowych. Habilitant wygłosił 3 referaty na międzynarodowych konferencjach tematycznych. Rola i udział Kandydata w tych publikacjach jest jednoznacznie określony i udokumentowany.

Habilitant brał udział w 2 projektach badawczych finansowanych ze środków publicznych, w których pełnił funkcję eksperta i wykonawcy. Fakt ten potwierdza umiejętność pracy w zespole, co dobrze rokuje dla ewentualnego przyszłego prowadzenia zespołów naukowych. Ponadto Kandydat kierował 3 grantami i był wykonawcą w 3 kolejnych projektach badawczych finansowanych ze środków Politechniki Warszawskiej.

Należy również podkreślić, że Habilitant jest aktywnym uczestnikiem życia naukowego w Polsce, jak i zagranicą. Można tu wymienić między innymi takie działania jak:

- aktywny udział w konferencjach naukowych i technicznych,
- udział w Komitecie organizacyjnym XXI Międzynarodowej Konferencji Technicznej Kontroli Zapór (2025),
- odbycie 2 staży naukowych,
- wykonanie 20 ekspertyz,
- współpraca z ośrodkami sektora gospodarczego,
- wykonanie recenzji 20 artykułów dla zagranicznych i polskich czasopism naukowych.

Przedstawione efekty prac naukowych i rozwojowych potwierdzają kompetencje Pana Michała Kubraka oraz jego dojrzałość badawczą zarówno w obszarze formułowania zagadnień jak i ich rozwiązań oraz interpretacji uzyskiwanych wyników.

Warty zauważenia jest również fakt, że Kandydat posiada bogaty dorobek dydaktyczny. Składają się niego między innymi zajęcia prowadzone dla studentów Politechniki Warszawskiej, takie jak Mechanika płynów i Hydraulika stosowana oraz:

- kierowanie ukończonymi pracami dyplomowymi (4 prace inżynierskie, 1 praca magisterska);
- opieka naukowa nad doktorantem w charakterze promotora pomocniczego;
- współautorstwo podręcznika akademickiego;
- działalność popularyzatorska.

Dorobek ten świadczy o istotnym doświadczeniu dydaktycznym zebranych przez Habilitanta w trakcie kariery akademickiej. Jednocześnie zgodnie z oświadczeniem Kandydata należy to doświadczenie uzupełnić działalnością organizacyjną na rzecz macierzystej uczelni, która obejmie członkostwo w licznych radach i komisjach oraz pełnienie funkcji prodziekana na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Biorąc pod uwagę cały dorobek naukowo-badawczy poza osiągnięciem naukowym oraz bogaty dorobek zawodowy, uważam że jest on w pełni odpowiedni i bezpośrednio związany z podstawowymi zainteresowaniami Habilitanta.

6. Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całokształt dorobku Kandydata, zwłaszcza wyniki badań przedstawione w monotematycznym cyklu siedmiu publikacji jako osiągnięcie naukowe, wyrażam przekonanie, iż Pan dr inż. Michał Kubrak wykazuje się istotną działalnością naukową, a jego prace stanowią znaczny wkład w rozwój *dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport* i spełniają wymagania ustawowe (art. 221 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz. U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.) oraz zwyczajowe stawiane kandydatom do uzyskania stopnia doktora habilitowanego *nauk inżynieryjno-technicznych*. **W związku z powyższym wnoszę o nadanie Panu dr inż. Michałowi Kubrakowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.**



M. Sztykowski