

Dr hab. Krzysztof Dzierżęga, prof. UJ
Instytut Fizyki im. Mariana Smoluchowskiego
Uniwersytet Jagielloński
ul. Łojasiewicza 11, 30-346 Kraków
Tel. (+48) 12 664 4684
Email: krzysztof.dzierzega@uj.edu.pl

Recenzja osiągnięcia habilitacyjnego oraz dorobku naukowego, organizacyjnego i dydaktycznego dr Katarzyny Batani w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Dr Katarzyna Batani ukończyła studia magisterskie w 2000 roku na kierunku fizyka, prowadzonym na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Opolskiego, broniąc pracę magisterską pt. *„Uzupełnienie i usystematyzowanie poziomów energetycznych żelaza”* przygotowaną pod kierunkiem prof. dr. hab. Andrzeja Grabowskiego.

Stopień doktora nauk fizycznych uzyskała w 2012 roku w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku, po obronie rozprawy doktorskiej zatytułowanej *„Metody emisyjnej spektroskopii optycznej w zastosowaniu do badań gorącej plazmy w układach typu Tokamak i Plasma-Focus”*. Promotorem pracy był prof. dr hab. Marek Sadowski.

W latach 2014-2015 oraz 2017-2018 dr Batani odbyła staże podoktorskie w renomowanym centrum badawczym CELIA (Centre Lasers Intenses et Applications) działającym przy Uniwersytecie w Bordeaux we Francji. W roku 2022 prowadziła tam również dwumiesięczne badania w ramach projektu *„Studies of Boron in Extreme conditions”*.

Od 2009 roku dr Katarzyna Batani jest zatrudniona w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (IFPLM) w Warszawie - początkowo jako asystent, a od lipca 2012 roku na stanowisku adiunkta.

Opinia o osiągnięciu habilitacyjnym

Jako osiągnięcie habilitacyjne Dr Katarzyna Batani przedstawiła cykl 14 recenzowanych, tematycznie spójnych artykułów naukowych zatytułowany *„Badania materii w ekstremalnych warunkach indukowanych przez lasery”*. Dziewięć spośród tych publikacji ukazało się jeszcze pod nazwiskiem Autorki - Jakubowska.

Zgłoszony dorobek stanowi istotny i oryginalny wkład w rozwój fizyki materii o wysokiej gęstości energii (HEDP) oraz badań nad falami uderzeniowymi generowanymi za pomocą laserów – dziedzin kluczowych zarówno dla badań podstawowych, jak i zastosowań w inercyjnej fuzji jądrowej (ICF), planetologii, astrofizyce oraz nauce o materiałach.

Praca habilitacyjna obejmuje trzy ściśle powiązane kierunki badawcze:

- **Rozwój zaawansowanych metod diagnostycznych** do pomiaru fal uderzeniowych indukowanych laserowo, m.in. systemu VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector) oraz radiografii protonowej, umożliwiających precyzyjną charakterystykę czasowo-przestrzenną dynamiki fali uderzeniowej.
- **Badania eksperymentalne i teoretyczne nad równaniem stanu (EoS) i przejściami fazowymi** w materiałach poddanych ekstremalnym warunkom, w szczególności:
 - wody i węgla (diamentu) – w kontekście wnętrza planet i modelowania astrofizycznego,

- azotku boru (BN) – ze względu na jego potencjalne zastosowanie w systemach fuzji jądrowej oraz koncepcjach fuzji wodoru z borem.
- **Generowanie i analiza fal uderzeniowych oraz eksplozji** z użyciem impulsów laserowych (ns i fs), w tym badania nad grzaniem izochorycznym, odbiciem i zanikiem fal uderzeniowych, prowadzone na różnych platformach eksperymentalnych.

Choć badania mają charakter eksperymentalny, są uzupełnione obliczeniami teoretycznymi, wykonanymi częściowo przez habilitantkę z użyciem zaawansowanych narzędzi numerycznych:

- **ABINIT** – kod służący do ab initio obliczeń z zakresu kwantowej dynamiki molekularnej, wykorzystany do wyznaczenia współczynnika załamania światła dla wody poddanej kompresji udarowej;
- **MULTI** (1D i 2D) – kod hydrodynamiczny używany do symulacji dynamiki fal uderzeniowych generowanych przez lasery w tarczach warstwowych, szczególnie przydatny do przewidywania profili ciśnienia i temperatury, w tym dla stanów spoza głównej krzywej Hugoniota;
- **FLASH** – kod radiacyjno-hydrodynamiczny stosowany do modelowania powstawania preplazmy wywołanej przez wstępne impulsy laserowe;
- **AMORE** – hybrydowy kod przeznaczony do modelowania transportu gorących (szybkich) elektronów w plazmie o stałej gęstości;
- **CHIC** – kod radiacyjno-hydrodynamiczny wykorzystywany do symulacji propagacji fal uderzeniowych typu blast wave oraz rozszerzania się tarcz.

Zastosowanie tych narzędzi numerycznych pozwoliło nie tylko na pogłębioną interpretację danych eksperymentalnych, ale również na weryfikację i optymalizację projektów badawczych.

Badanie były realizowane we współpracy z międzynarodowymi zespołami w prestiżowych ośrodkach dysponujących instalacjami laserowymi dużej mocy, m.in.: VEGA-3 w laboratorium CLPU w Salamance (Hiszpania), SG-III-P w LFRC w Mianyang (Chiny), PALS w Pradze (Czechy), PHELIX w GSI (Niemcy), HIPER w ILE (Japonia), Shanguang III-P (Chiny), a także w laboratoriach LULI w Palaiseau (Francja) i RAL w Wielkiej Brytanii.

Udział dr Batani w tych projektach świadczy nie tylko o jej wysokich kompetencjach technicznych, ale także o umiejętności skutecznego zarządzania interdyscyplinarnymi przedsięwzięciami badawczymi.

Publikacje habilitacyjne ukazały się w renomowanych, recenzowanych czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym: High Power Laser Science and Engineering (3 prace), Matter and Radiation at Extremes (2), Laser and Particle Beams (1), Europhysics Letters (3), Europhysics News (1), Journal of Fusion Energy (1), Nuclear Fusion (1), Nukleonika (1) oraz Physical Review E (1). Łącznie zostały one cytowane 94 razy (dane z bazy *Web of Science*, 2024). Jedna z publikacji ([H13]) została wyróżniona jako Editor's Choice i była najczęściej czytany artykułem w Europhysics Letters w roku publikacji.

Wszystkie prace wchodzące w skład osiągnięcia habilitacyjnego mają charakter zespołowy (od 4 do 24 autorów), co jest typowe dla badań prowadzonych na wielkoskalowych instalacjach w dużych ośrodkach. W ośmiu z czternastu publikacji dr Batani figuruje jako pierwszy autor, co świadczy o jej wiodącej roli w zakresie koncepcyjnego opracowania, jak i realizacji prowadzonych badań oraz w przygotowaniu publikacji.

Do kluczowych osiągnięć habilitacyjnych zaliczam:

- Eksperymentalne wyznaczenie równania stanu (EoS) azotku boru (BN) do ciśnienia 16 Mbar za pomocą pośredniego napędzania fal uderzeniowych przez promieniowanie rentgenowskie w hohlraumie – jest wkład w fizykę materiałów.
- Badania przejść fazowych i właściwości optycznych wody, w tym przejścia do stanów zmetalizowanych – istotne dla modelowania chociażby wnętrza Neptuna i Urana oraz pól magnetycznych planet.

- Charakteryzację fal uderzeniowych wywołanych laserem w diamencie, wspierając interpretację procesów dynamicznej kompresji w syntetycznych tarczach diamentowych wykorzystywanych w eksperymentach NIF (National Ignition Facility).
- Nowatorskie zastosowanie tarcz wielowarstwowych do generowania stanów poza główną krzywą Hugoniota – z potencjałem dla ICF i fizyki materiałów.
- Wykorzystanie impulsów femtosekundowych do generowania fal eksplozji - stanowiące alternatywę dla tradycyjnych układów z impulsami nanosekundowymi i pozwalające na analizę mechanizmów deponowania energii w bardzo krótkich skalach czasowych.

Podsumowując, praca habilitacyjna dr Katarzyny Batani odzwierciedla:

- głębokie zrozumienie zjawisk fizycznych zachodzących w materii pod wpływem promieniowania laserowego,
- wysokie kompetencje w zakresie zaawansowanych technik eksperymentalnych,
- zdolność do kierowania międzynarodowymi projektami badawczymi,
- umiejętność formułowania oryginalnych, fundamentalnych wniosków o szerokim znaczeniu naukowym.

Dorobek dr Batani ma istotne znaczenie dla rozwoju energetyki fuzyjnej, badań wewnątrz planet oraz nauki o materiałach w ekstremalnych warunkach.

Ocena pozostałej działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora

Po uzyskaniu stopnia doktora, dr Katarzyna Batani aktywnie rozwijała swoją działalność badawczą w dziedzinie fizyki plazmy, ze szczególnym uwzględnieniem metod diagnostycznych oraz eksperymentów z wykorzystaniem wysokoenergetycznych źródeł promieniowania. Odbiła dwa długoterminowe staże podoktorskie w renomowanym laboratorium CELIA przy Uniwersytecie w Bordeaux, co znacząco poszerzyło jej kompetencje oraz zacieśniło współpracę międzynarodową.

Jej wczesne prace po uzyskaniu doktoratu dotyczyły analizy charakterystyk spektroskopowych i neutronowych plazmy w układzie PF-1000, z zastosowaniem analizy głównych składowych (PCA – *Principal Component Analysis*). Równolegle prowadziła badania nad plazmą generowaną przez ablację laserową molibdenu w IPPLM.

Jednym z ważniejszych aspektów jej pracy był udział w opracowaniu i wdrażaniu detektorów typu GEM (*Gas Electron Multiplier*) do diagnostyki miękkiego promieniowania rentgenowskiego w tokamaku JET. Detektory te zostały zoptymalizowane do rejestracji emisji wysoko zjonizowanych jonów wolframu i niklu, co wymagało uzyskania dużej wydajności konwersji fotonów, dużej powierzchni aktywnej oraz odpowiedniej rozdzielczości energetycznej. Wspólnie z zespołem prof. Wojciecha Dominika z Uniwersytetu Warszawskiego, dr Batani uczestniczyła w projektowaniu, montażu oraz testowaniu prototypów detektorów, a także w opracowywaniu systemów opartych na układach FPGA (*Field Programmable Gate Arrays*) do analizy sygnałów i przetwarzania danych eksperymentalnych. Wyniki tych prac zostały opublikowane w formie licznych artykułów naukowych.

W 2013 roku dr Batani dołączyła do projektu EquipEx PETAL+ realizowanego na Uniwersytecie w Bordeaux, kontynuując prace nad detektorami GEM we współpracy z IPPLM i laboratorium ENEA we Frascati. Zajmowała się m.in. testowaniem detektorów GEMPix jako narzędzi do diagnostyki krótkotrwałej plazmy laserowej.

Znaczący wkład dr Batani dotyczy również opracowania i kalibracji pasywnych systemów diagnostycznych opartych na płytkach obrazujących (Imaging Plates – IP), stosowanych w środowisku silnego promieniowania. Przeprowadziła szerokie kampanie kalibracyjne dla różnych typów promieniowania: elektronów (5–180 MeV), promieniowania rentgenowskiego (1–100 keV) oraz protonów (1–200 MeV), m.in. dla instalacji PETAL i LMJ w Le Barp oraz akceleratora ELSA w Bonn.

Dr Batani uczestniczyła również w projektowaniu i testowaniu spektrometru SPECTIX, przystosowanego do rejestracji szerokiego zakresu promieniowania X przy użyciu wygiętych kryształów. Była odpowiedzialna także za zaprojektowanie systemu osłon chroniących urządzenie przed produktami ubocznymi eksplozji laserowych oraz za testy całego układu w laboratorium LULI (PICO 2000) w Palaiseau. Dodatkowo brała udział w kalibracji i testach diagnostyki SEPAGE – spektrometru Thomsona służącego do rejestracji protonów, jonów i elektronów.

W ostatnich latach dr Batani zainicjowała oraz przewodziła projektowi PROBONO w ramach programu COST, poświęconemu badaniom nad fuzją protonowo-borową – zarówno w kontekście pozyskiwania energii, jak i zastosowań medycznych. W ramach tego projektu prowadzi badania m.in. nad generacją cząstek alfa, wpływem pól magnetycznych na procesy fuzji, testowaniem nowych materiałów tarczowych (takich jak pianki) oraz nad produkcją radioizotopów wykorzystywanych w terapii onkologicznej.

Dr Batani jest współautorką 54 artykułów w recenzowanych czasopismach naukowych (po uzyskaniu doktoratu), które łącznie uzyskały ponad 900 cytowań według bazy Web of Science. Prezentowała wyniki swoich badań na 30 międzynarodowych konferencjach i seminariach.

Podsumowując, działalność naukowa dr Katarzyny Batani po uzyskaniu stopnia doktora charakteryzuje się dużą dynamiką, różnorodnością tematyczną oraz wysokim poziomem merytorycznym. Jej wkład w rozwój diagnostyki plazmy, technologii detekcyjnych i badań nad fuzją jądrową stanowi znaczący element współczesnych badań w tej dziedzinie, prowadzonych we współpracy z wiodącymi ośrodkami badawczymi w Europie i Azji.

Ocena dorobku organizacyjnego i dydaktycznego

Na podstawie przedstawionego autoreferatu, dr Katarzyna Batani (d. Jakubowska) wykazuje się znaczącą i wieloaspektową aktywnością organizacyjną oraz dydaktyczną od momentu uzyskania stopnia doktora w 2012 roku. Jej działalność cechuje się silnym zaangażowaniem w rozwój współpracy międzynarodowej, organizację wydarzeń naukowych oraz wsparcie młodych badaczy i popularyzację nauki.

Od 2012 roku dr Batani aktywnie uczestniczyła w organizacji licznych wydarzeń naukowych o zasięgu międzynarodowym i krajowym, takich jak warsztaty, konferencje i szkoły letnie. Należy tu wymienić m.in. LaPlaFu (2024) i LaPlaSS (2023), a także Szkołę Letnią „Towards Fusion Energy” (2012, 2014). Pełniąc funkcje sekretarza oraz członka komitetów naukowych, wykazała się wysokimi kompetencjami organizacyjnymi oraz istotnym wpływem na rozwój środowiska fizyki plazmy.

W 2022 roku dr Batani objęła funkcję przewodniczącej europejskiego projektu COST PROBONO, który zrzesza naukowców z ponad 34 krajów. Projekt ten ma strategiczne znaczenie dla badań nad fuzją protonowo-borową, obejmując zarówno aspekty eksperymentalne i modelowanie, jak i rozwój metod diagnostycznych oraz działania popularyzujące naukę. Przewodnictwo w tak szerokim przedsięwzięciu świadczy o uznaniu, jakim cieszy się habilitantka w międzynarodowym środowisku badawczym.

W zakresie działalności dydaktycznej dr Batani współprowadziła w latach 2015–2017 kurs laboratoryjny dla studentów studiów magisterskich na Uniwersytecie w Bordeaux. Była również współopiekunem prac licencjackich i magisterskich, aktywnie angażując się w proces kształcenia i mentoringu młodych naukowców. Jej zaangażowanie w popularyzację nauki potwierdza udział w około 20 prezentacjach w ramach **Warszawskiego Festiwalu Nauki**, skierowanych głównie do młodzieży szkolnej i szerokiej publiczności. Działania te wskazują na silne poczucie misji upowszechniania wiedzy i inspirowania kolejnych pokoleń badaczy.

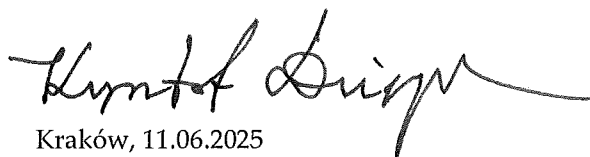
Od 2021 roku dr Batani pełni funkcję redaktor naczelnej czasopisma **Laser and Particle Beams**. W tym czasie przeprowadziła istotne zmiany organizacyjne i redakcyjne, które przyczyniły się do umocnienia pozycji pisma w środowisku akademickim.

Podsumowując, dorobek organizacyjny i dydaktyczny dr Katarzyny Batani charakteryzuje się dużym zaangażowaniem, szerokim zakresem działań oraz wyraźnym wpływem na rozwój środowiska naukowego. Jej aktywność potwierdza dojrzałość akademicką i znaczący wkład w kształtowanie zarówno edukacji, jak i międzynarodowej współpracy badawczej w obszarze fizyki plazmy i fizyki jądrowej.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Podsumowując ocenę dorobku naukowego pani dr Katarzyny Batani, w szczególności osiągnięcia naukowego w postaci powiązanego tematycznie cyklu 14 publikacji zatytułowanego „Badania materii w ekstremalnych warunkach indukowanych przez lasery”, przedstawionego w ramach postępowania habilitacyjnego prowadzonego przez Radę Dyscypliny Nauki Fizyczne Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy, stwierdzam, że dorobek naukowy, organizacyjny oraz dydaktyczny Wnioskodawczyni spełnia wymagania określone w art. 219 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668, z późn. zm.).

W związku z powyższym wnoszę do Rady Dyscypliny Nauki Fizyczne Instytutu Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy o nadanie dr Katarzynie Batani stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauki fizyczne.



Krzysztof Dziur

Kraków, 11.06.2025

