

Świerk 10 czerwca 2025

dr hab. Aneta Malinowska, prof. NCBJ
Narodowe Centrum Badań Jądrowych
Otwock

Recenzja osiągnięcia naukowego dr Katarzyny Batani pt. „Badania materii w ekstremalnych warunkach indukowanych przez lasery.” oraz ocena dorobku naukowego

Oceny dokonuję zgodnie z Art.219 . Ust. 1, określającym wymogi niezbędne do nadania stopnia doktora habilitowanego.

Art. 219. 1. Stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

1. **posiada stopień doktora;**
2. posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące **znaczny wkład** w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a. 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
 - b. **1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopiśmie naukowym lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b,** lub
 - c. 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;
3. **wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.**

Ad. 1

Habilitantka posiada stopień doktora Nauk Fizycznych, uzyskany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w 2012, temat pracy: „Metody emisyjnej spektroskopii optycznej w zastosowaniu do badań gorącej plazmy w układach typu Tokamak i Plasma-Focus” Promotorem był Prof. dr hab. Marek Sadowski.

Ad. 2 b)

Do osiągnięcia naukowego habilitantka w wykazie osiągnięć przedłożyła 14 publikacji współautorskich. W takim przypadku zaleca się *„złożenie oświadczenia przez habilitanta oraz współautorów wskazujące ich merytoryczny wkład w powstanie każdej z prac.*

Lista publikacji stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego wymieniona w autoreferacie została oznaczona H1-H14.

Praca H1 - K. Batani, S. Malko, M. Toutati, J-L Feugeas, A. D. Lad, K. Jana, G. Ravindra Kumar, D. Raffestin, O. Turianska, D. Kaghani, A. Tentori, D. Mancelli, A. S. Martynenko, S. Pikuz, R. Benocci, L. Volpe, G. Zeraouli, J. A. Perez Hernandez, E. Garcia-Garcia, V. Narayanan, J. Santos, D. Batani, „Characterization of blast waves induced by femtosecond laser irradiation in solid targets”, High Power Laser Science and Engineering (2024) – DOI: <https://doi.org/10.1017/hpl.2024.36>, **IF: 5.2, Cytowania:0. WoS: 0 bez autocytowań 0.**

Zaprezentowano pełną charakterystykę źródła elektronów (HE) w celu lepszego zrozumienia procesu deponowania energii elektronów i dynamikę generowanej fali uderzeniowej. Przedstawiono, jak przy użyciu stosunkowo małych, krótkoimpulsowych laserów o wysokiej intensywności możliwe jest wytwarzanie bardzo wysokich ciśnień w tarczy i tworzenie stanów materii HED (High Energy Density). Przeprowadzone obliczenia potwierdziły otrzymane wyniki. Jest to jedna z nielicznych prac w tej tematyce, która tak szczegółowo opisuje omawiane procesy otwierając w ten sposób nowe perspektywy w fizyce HED, a także w astrofizyce laboratoryjnej (modelowanie wnętrz planet czy gwiazd karłowatych).

Wkład własny habilitantka oszacowała na 50%, który związany był z przeanalizowaniem wszystkich danych, powiązaniu wyników oraz wyciągnięciu wniosków. Współredakcja artykułu oraz korespondencja z recenzentami i edytorem.

Praca H2 - H. Zhang, Y. Yang, W. Yang, Z. Guan, X. Duan, M. Yang, Y. Liu, J. Shen, **K. Batani**, D. Singappuli, K. Lan, Y. Li, W. Huo, H. Liu, Y. Li, D. Yang, S. Li, Z. Wang, J. Yang, Z. Zhao, W. Zhang, L. Sun, W. Kang, and D. Batani, „Equation of state for boron nitride along the principal Hugoniot to 16 Mbar”, Matter and Radiation at Extremes 9, 057403 (2024) - DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0206889>, **IF: 4.8., Cytowania:0. WoS: 0 bez autocytowań 0.**

W pracy falę uderzeniową wygenerowano poprzez wysokoenergetyczne wiązki laserowe (6,4 kJ), które były skupione na wewnętrznej powierzchni hohlraum wykonanej z materiału o wysokiej liczbie atomowej Z (złota), tworząc intensywne, jednolite pole promieniowania rentgenowskiego. Pomiaru uzyskano na laserze Shenguang-III-P w Chinach. Użyto tarcz ze stopniami zawierającymi jako badaną próbkę heksagonalny azotek boru. Jak poprzednio, uzyskane dane eksperymentalne porównano z wynikami symulacji DFT-MD przeprowadzonych przez autorów pracy oraz z wynikami uzyskanymi przez innych autorów, wykazując w ten sposób zgodność swoich danych.

Właściwości termodynamiczne azotku boru przy wysokich ciśnieniach Mbar i temperaturach eV są bardzo interesujące w takich dyscyplinach, jak inżynieria materiałowa oraz nauki fizyczne, w tym fuzja jądrowa z inercyjnym utrzymaniem plazmy i HEDP, a uzyskane dane dopełniają wiedzę na ten temat.

Habilitantka oceniła swój wkład w powstanie pracy na 10%, który obejmował przeprowadzenie obliczeń teoretycznych z użyciem kodu MULTI1, umożliwiających określenie struktury tarczy.

Praca H3 - K. Batani, D. Batani, X. T. He, K. Shigemori, “Recent progress in matter in extreme states created by laser”, Matter and Radiation in Extremes 7, 013001 (2022) - DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0078895>, **IF: 5.1, Cytowania:9. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 12 bez autocytowań 11.**

Niniejsza publikacja ma charakter przeglądowy i zawiera aktualny stan badań w dziedzinie wysokich gęstości energii (High Energy Density – HED) oraz gorącej gęstej materii (Warm Dense Matter – WDM) w ekstremalnych warunkach wytworzonych przez oddziaływanie lasera.

Wskazano w niej przewagi układów laserowych jako efektywnego i powszechnie stosowanego narzędzia badawczego do tworzenia ekstremalnych stanów materii, umożliwiające osiągnięcie bardzo wysokich ciśnień z wysoką efektywnością i przy stosunkowo wysokich częstotliwościach powtarzania. Ponadto wymagana aparatura jest mniej skomplikowana w porównaniu z innymi znanymi metodami (Z-pinch, działa gazowe).

Pozycja ma charakter upowszechnienia wiedzy.

Wkład habilitantka oceniła na 85%.

Praca H4 - D. Mancelli, I. Errea, A. Tentori, O. Turianska, H. Larreur, K. Katagiri, N. Ozaki, N. Kamimura, D. Kamibayashi, K. Ishida, H. Ogura, K. Kawasaki, Y. Maeda, Y. Hironaka, K. Shigemori, **K. Batani**, G. Schaumann, O. Rosmej, P. Neumayer, B. Zielbauer, A.S. Martynenko, E.D. Filippov, S. Pikuz, and D. Batani, „Shock Hugoniot data for Water up to 5 Mbar obtained with quartz standard at high-energy laser facilities”, Laser and Particle Beams, LPB 4141522 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/4141522>, IF: 1.093, Cytowania: 1. **Na dzień 6.5.2025 (WoS) 2 bez autocytowań 1.**

Kolejna pozycja to prezentacja wyników eksperymentalnych dotyczących zachowania wody pod ciśnieniem rzędu megabarów. Próbkę wody, zawartą w wielowarstwowej komórce wodnej, były dynamicznie ściskane w geometrii planarnej przy użyciu laserów dużej mocy GEKKO XII (ILE) i PHELIX (GSI). Wykorzystanie kwarcu jako standardowego materiału w obu kampaniach eksperymentalnych i głównej diagnostyce tj. VISAR/SOP, pozwoliło znacząco zmniejszyć błędy eksperymentalne w zoptymalizowanych warunkach eksperymentalnych. Wyniki eksperymentalne porównano z symulacjami hydrodynamicznymi przeprowadzonymi za pomocą radiacyjnego kodu wodnego MULTI-1D, modelu QEOS i modelu FEOS, wykazując dobrą zgodność danych (z tabelami SESAME dla wody) oraz porównano z wynikami uzyskanymi w innych eksperymentach.

Habilitantka wkład własny oceniła na 30%, ale należy zwrócić uwagę na fakt, iż pełniła funkcję kierownika eksperymentu przeprowadzonego na instalacji laserowej GEKKO. Co oznacza że zaplanowała eksperyment i konfigurację zastosowanych tam tarcz. Uczestniczyła w analizie danych, przeprowadzeniu symulacji i ostatecznym współredagowaniu artykułu.

Praca H5 - **K. Batani**, A. Aliverdiev, R. Benocci, R. Dezulian, A. Amirova, E. Krousky, M. Pfeifer, J. Skala, R. Dudzak, W. Nazarov, and D. Batani, „Shock dynamics and shock collision in foam layered targets”, High Power Laser Science and Engineering 9, e47 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1017/hpl.2021.33>, IF: 5.943, Cytowania: 3. **Na dzień 6.5.2025 (WoS) 4 bez autocytowań 4.**

W kolejnej pozycji zastosowano nowy rodzaj tarczy w postaci folii aluminiowych oraz trzy rodzaje pianek TMPTA (triakrylan trimetylopropenu) o wzorze chemicznym $C_{15}H_{20}O_6$. Celem eksperymentu było zbadanie dynamiki kompresji wywołanej podwójnymi wstrząsami wytworzonymi przez dwie oddzielne plamki laserowe skupione na zastosowanych tarczach. Eksperyment przeprowadzono przy użyciu lasera jodowego PALS. Wybuchy szokowe dla czystego Al i dla tarcz piankowych zostały zarejestrowane przy użyciu diagnostyki samoemisji z rozdzielczością czasową. W pracy przedstawiono zidentyfikowanie kilku podstawowych efektów w piankowych tarczach w porównaniu z foliami aluminiowymi. Uzyskano również eksperymentalne dowody kolizji między wstrząsami powodującymi silny wzrost ciśnienia. Wyniki eksperymentalne zostały porównane z symulacjami numerycznymi.

Habilitantka przeprowadziła analizę danych eksperymentalnych, uczestniczyła we współtworzeniu fizycznego modelu oraz we współredagowaniu artykułu szacując swój wkład na 50%.

Praca H6 - K. Jakubowska, D. Mancelli, R. Benocci, J. Trela, I. Errea, A. S. Martynenko, P. Neumayer, O. Rosmej, B. Borm, A. Molineri, C. Verona, D. Cannat, A. Aliverdiev, H. E. Roman, and D. Batani, „Reflecting laser-driven shocks in diamond in the megabar pressure range”, High Power Laser Science and Engineering 9, e3 (2021) DOI: <https://doi.org/10.1017/hpl.2020.38>, IF: **5.943**, **Cytowania: 8. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 9 bez autocytowań 8.**

W pozycji 6-tej przeanalizowano procesy w litych wielowarstwowych próbkach diamentu pod ciśnieniem rzędu megabarów przy użyciu urządzenia PHELIX. Jako diagnostyki użyto dwóch systemów interferometrii prędkości dla dowolnego reflektora (VISAR). Wyniki eksperymentalne porównywano z symulacjami hydrodynamicznymi kodem MULTI 1D, w których wykorzystano różne równania stanu i potwierdzono zgodność ze stabelaryzowanymi danymi SESAME dla diamentu.

Habilitantka dokonała analizy danych eksperymentalnych i porównała z przeprowadzonymi przez siebie symulacjami kodem MULTI 1D, współuczestniczyła w interpretacji wyników oraz redakcji manuskryptu. Swoją udział oszacowała na 50%.

Praca H7 - K. Jakubowska, D. Batani, J. Clerouin and B. Siberchicot, „Theoretical and experimental refraction index of shock compressed and precompressed in the megabar pressure range”, EPL 126, 56001 (2019) 3 DOI: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/126/56001>, IF: **2.045 (Resurchify), 1.958 (Bioxbio)**, **Cytowania: 5. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 5 bez autocytowań 3.**

Praca H7 podobnie jak w pozycji H4 przedstawia analizę zachowań wody przy czym głównie skoncentrowaną na zrozumieniu różnic pomiędzy wodą wstępnie skompresowaną i niesprężoną pod ciśnieniem rzędu megabarów. Do uzyskania wyników wykorzystano pakiet ab initio Quantum Molecular Dynamics ABINIT oraz uogólniony model Lorentz-Drude. Zgodnie z danymi eksperymentalnymi (LULI i VULCAN) wykazano wzrost współczynnika załamania światła, gdy woda zmienia się z przezroczystej w nieprzezroczystą, ostatecznie zbliżając się do metalizacji.

Wkład własny został oceniony na 50% i polegał na przeprowadzeniu analizy danych eksperymentalnych, napisaniu oprogramowania do przeprowadzenia obliczeń teoretycznych związanych z wyznaczeniem współczynnika załamania światła przy wykorzystaniu relacji Kramersa – Kröniga i podjęciu współpracy z zespołem używającym pakiet ABINIT.

Praca H8 - D. Batani, J. Santos, P. Forestier-Colleoni, D. Mancelli, M. Ehret, J. Trela, A. Morace, K. Jakubowska, L. Antonelli, D. del Sorbo, M. Manclossi, M. Veltcheva, „Optical Time-Resolved Diagnostics of Laser-Produced Plasmas”, Journal of Fusion Energy 38 (3-4), 299 (2019) DOI: <https://doi.org/10.1007/s10894-019-00218-4>, IF: **0.636**, **Cytowania: 10. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 11 bez autocytowań 11.**

Kolejna pozycja podobnie jak praca H3 ma charakter przeglądowy. Skupiono się na prezentacji optycznych metod diagnostycznych dla podkrytycznego obszaru plazmy tj. shadowgraphy, schlieren, interferometria, polarymetria.

Habilitantka współuczestniczyła w eksperymencie na laserze Nd:YAG (Bordeaux), współredagowała manuskrypt i oceniła swój wkład na 20%.

Praca H9 - D. Batani, L. Antonelli, F. Barbato, G. Boutoux, A. Colaïtis, J.-L. Feugeas, G. Folpini, D. Mancelli, Ph. Nicolai, J. Santos, J. Trela, V. Tikhonchuk, J. Badziak, T. Chodukowski, K. Jakubowska, Z. Kalinowska, T. Pisarczyk, M. Rosinski, M. Sawicka, F. Baffigi, G. Cristoforetti, F. D’Amato, P. Koester, L.A. Gizzi, S. Viciani, S. Atzeni, A. Schiavi, M. Skoric, S. Gus’kov, J. Honrubia, J. Limpouch, O. Klimo, J. Skala, Y.J. Gu, E. Krousky, O. Renner, M. Smid, S. Weber, R. Dudzak, M. Krus and J. Ullschmied, "Progress in understanding the role of hot electrons for the

shock ignition approach to inertial confinement fusion”, Nuclear Fusion 59, 032012 (2019) DOI: <https://doi.org/10.1088/1741-4326/aaf0ed>, IF: **3.706**, **Cytowania: 30. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 31 bez autocytowań 30.**

W pozycji H9 przedstawiono procesy fizyczne zachodzące w interakcjach plazmy laserowej w warunkach zbliżonych do tych, które są istotne w syntezie termojądrowej w układach z inercyjnym utrzymaniem plazmy. Wyniki serii eksperymentów przeprowadzono z użyciem lasera PALS. Połączono kilka wysoko-rozdzielczych metod diagnostycznych tj. optyczne i rentgenowskie oraz użyto zaawansowane symulacje numeryczne z wykorzystaniem kodów hydrodynamicznych co pozwoliło przewidzieć charakterystykę plazmy i zidentyfikować nieliniowe procesy generacji i transportu elektronów HE. Wykazano dobrą zgodność danych a co istotne dla przypadku napromieniowania 1 ω , wyniki dostarczają pewnych wskazówek na temat poprawy wydajności istniejących narzędzi numerycznych w obrazowaniu rentgenowskim (IR).

Habilitantka współuczestniczyła w niektórych z eksperymentów oraz współredagowała powstanie artykułu. Wkład własny oceniła na 5%

Praca H10 - K. Jakubowska, D.Batani, J.-F. Feugeas, P. Forestier-Colleoni, S. Hulin, Ph. Nicolai, J.J. Santos, A. Flacco, B. Vauzour, V. Malka, “Generation of high-pressures by short-pulse low-energy laser irradiation”, Europhysics Letters 119, 35001 (2017) DOI: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/119/35001>, IF: **1.94 (Resurchify), 1.834 (Bioxbio)**, **Cytowania: 2. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 3 bez autocytowań 2.**

Pozycja 10-ta jest pierwszą z prac habilitantki dotyczącą generacji fal uderzeniowych przy wykorzystaniu niskoenergetycznych, krótkich impulsów laserowych. Badania przeprowadzono przy użyciu lasera Ti:Sapphire w Palaiseau. Pomiary koncentrowały się na detekcji emisji własnej materiału tarcz wykonanych z aluminium o różnej grubości przy użyciu kamery smugowej. Symulacje hydrodynamiczne przeprowadzono wykorzystując kod CHIC. Habilitantka wykazała, że przy użyciu krótkiego impulsu, lasery o wysokiej intensywności pozwalają na wytworzenie bardzo wysokich ciśnień (powyżej 100 Mbar) dla zastosowanych tarcz, zaś na podstawie symulacji zbadała dynamikę wytworzonej fali uderzeniowej, pokazując możliwość zastosowania tego typu laserów do charakteryzowania materii w ekstremalnych warunkach.

Habilitantka uczestniczyła w eksperymentach, przy zbieraniu danych z zastosowanej diagnostyki (kamery smugowej), przeanalizowała dane i przygotowała publikację. Wkład własny oceniła na 70%.

Praca H11 - D. Batani, A. Morace, Y. Maheut, **K. Jakubowska**, L. Volpe, „Diagnostics of laser-produced plasmas”, Nukleonika 61(4), 393 (2016) DOI: <https://doi.org/10.1515/nuka-2016-0065>, IF: **0.814. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 0 bez autocytowań 0.**

Praca H11 obejmuje charakterystykę kilku przykładowych metod diagnostycznych, które mają szczególne znaczenie w fizyce HED tj. obrazowanie rentgenowskie (sferycznie wygięty kryształ), radiografia protonowa czy interferometria. Każda z tych metod jest wykorzystywana do charakteryzowania różnego rodzaju zjawisk w plazmie i stanowiła nowatorskie rozwiązanie wykorzystywane w prowadzonych badaniach.

Habilitantka uczestniczyła w eksperymencie i analizie uzyskanych danych z diagnostyki VISAR. Uczestniczyła we współredagowaniu manuskryptu a swój wkład oszacowała na 20%.

Praca H12 - D. Batani, **K. Jakubowska**, A. Benuzzi-Mounaix, C. Cavazzoni, C. Danson, T. Hall, M. Kimpel, D. Neely, J. Pasley, M. Rabec Le Gloahec, and B. Telaro, „Refraction Index of Shock Compressed Water in the Megabar Pressure Range”, Europhysics News 47(1), 13 (2016) DOI: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/112/36001>.

Praca H13 - D. Batani, **K. Jakubowska**, A. Benuzzi-Mounaix, C. Cavazzoni, C. Danson, T. Hall, M. Kimpel, D. Neely, J. Pasley, M. Rabec Le Gloahec, and B. Telaro, „Refraction Index of Shock Compressed Water in the Megabar Pressure Range”, *Europhysics Letters* 112, 36001 (2015) – Editors choice, the most red EPL publication in 2015 DOI: <https://doi.org/10.1209/0295-5075/112/36001>, **IF: 2.16 (Resurchify), 1.963 (Bioxbio), Cytowania: 9. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 9 bez autocytowań 3.**

W pozycji H13 tak jak w H4 ustalano parametry ciekłej wody w ekstremalnych warunkach. Praca opublikowana została w *Europhysics Letters* jako wybór redakcji (Editor's Choice). W wyniku przeprowadzonych badań zaobserwowano przejście z reżimu przezroczystego do nieprzezroczystego i z nieprzezroczystego do odbijającego wraz ze wzrostem ciśnienia od ~0,6 Mbar do tuż powyżej 1 Mbar. Punkty równania stanu określone na podstawie pomiaru prędkości fali uderzeniowej zmierzonej przez wykorzystanie diagnostyki VISAR wykazały dobrą zgodność z teoretycznymi wartościami równania stanu (EoS) zawartymi w tabeli SESAME dla wody. Oszacowano również współczynnik załamania i zaznaczono obszary odpowiadające różnym reżimom przezroczystości i nieprzezroczystości.

Komunikat w pozycji H12 opublikowany został w *Europhysics News* jako konsekwencja pozycji H13. Zawierała najważniejsze wyniki zaprezentowane w powyższej publikacji.

W obu przypadkach habilitantka oceniła swój wkład na ponad 50% gdzie brała udział w analizie danych eksperymentalnych zarejestrowanych przy pomocy kamery smugowej (VISAR), wyciągnięciu wniosków, opracowaniu graficznym wszystkich wyników zaprezentowanych w artykule, zredagowaniu manuskryptu.

Praca H14 - A.A. Aliverdiev, D. Batani, L. Antonelli, **K. Jakubowska**, R. Dezulian, A.A. Amirova, G.M. Gajiev, M. Khan, and H.C. Pant, „Use of multilayer targets for achieving off-Hugoniot states”, *Phys. Rev. E* 89, 053101 (2014) DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.89.059902>, **IF: 2.288, Cytowania: 6. Na dzień 6.5.2025 (WoS) 1 bez autocytowań 0.**

W ostatniej pozycji H14 zaprezentowano wyniki symulacji przeprowadzonych za pomocą dwuwymiarowego kodu hydrodynamicznego MULTI w trójwarstwowych tarczach (złoto-aluminium-złoto) napromieniowanych laserem ciała stałego (Nd:glass). Przedstawiono możliwość uzyskania stanów materii poza główną krzywą Hugoniot przy wyższych ciśnieniach i relatywnie niższych temperaturach dla materiału o niskiej impedancji (w naszym przypadku aluminium) oraz utrzymanie tych warunków przez setki pikosekund.

Habilitantka swój wkład oceniła na 10% i związany był on głównie z interpretacją wyników symulacji oraz współredagowaniem artykułu.

PODSUMOWANIE:

W pracach **H1, H3, H5-H7, H10** habilitantka jest pierwszym autorem i autorem koncepcji ich powstania, co zostało potwierdzone przez załączone oświadczenia pozostałych współautorów publikacji. Pozostałe publikacje z mniejszym wkładem habilitantki stanowią dopełnienie wykazania roli prowadzonych badań w rozwój fizyki laserowej. W pracach przedstawiono badania materii w ekstremalnych warunkach indukowanych przez lasery, które odgrywają bardzo ważną rolę w rozwoju dyscypliny nauki fizyczne, ale również w innych dyscyplinach, jak inżynieria materiałowa czy astronomia. Dotykają też ważnej kwestii ograniczonych zasobów energii związanych z postępem i zwiększonym zainteresowaniem fuzją inercyjną lub fuzją protonowo-borową. Pozwalają zrozumieć procesy powstawania i dynamiki fali uderzeniowej w różnych warunkach, od reżimu femtosekund do nanosekund. Zaprezentowano kilka diagnostyk, a każda z metod w nich stosowanych była wykorzystywana do charakteryzowania różnego rodzaju zjawisk w plazmie i stanowiła ich nowatorskie rozwiązania. Badane procesy były

potwierdzone przeprowadzonymi symulacjami: Monte Carlo (Geant4), PIC (Smilei), hydro codes (Flash and CHIC). Kampanie eksperymentalne przeprowadzone były na dużych instalacjach laserowych ze standardowymi nanosekundowymi impulsami laserowymi jak PALS w Czechach, LULI we Francji, VULCAN w UK, PHELIX w Niemczech, GEKKO XII w Japonii, SHENGUANG III-P w Chinach, po układy laserowe z krótkimi impulsami femtosekundowymi, tj. LOA we Francji czy CLPU w Hiszpanii. Prezentowane w dorobku naukowym prace realizowane były w zespołach badawczych, stąd publikacje współautorskie. Jednak, jak wynika z dołączonych oświadczeń, wkład Habilitantki w powyższe prace był kluczowy, w szczególności zaangażowanie w eksperymenty: od -przygotowania diagnostyki (pełniła funkcję kierownika diagnostyki), poprzez zbieranie danych uzyskanych podczas eksperymentu, aż po ich późniejszą analizę.

Ad 3.

wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Staże naukowe/współprace:

Trwające od kilku do kilkunastu dni udział w kampaniach eksperymentalnych na instalacjach laserowych:

- **ELI Beamlines w Pradze (4-wyjazdy w latach 2022–2024).** Pełniła rolę kierownika projektu lub czynnie uczestniczyła w eksperymentach. Wyjazdy finansowane ze środków zewnętrznych (projekt PMW, Laserlab Europe).
- **VEGAIII w Hiszpanii (2-wyjazdy w latach 2023, 2024).** Udział w kampanii eksperymentalnej. Wyjazdy finansowane w ramach projektów (COST/PROBONO, Eurofusion).
- **GEKKO i LFEX w Osace (6-wyjazdy w latach 2014, 2015, 2022–2024).** Udział w kampanii eksperymentalnej. Wyjazdy finansowane w ramach projektów (projekt EquipEx PE TAL+, Eurofusion).
- **CEA Bruyères le Chatel (1-wyjazd w latach 2017).** Udział w eksperymencie w ramach projektu EquipEx PETAL+.
- **LULI w Paryżu (2-wyjazdy w latach 2016).** Udział w kampanii eksperymentalnej. Wyjazdy finansowane w ramach projektu EquipEx PETAL+.
- **ECLIPSE w Bordeaux (6-wyjazdy w latach 2014–2016).** Udział w kampanii eksperymentalnej.
- **PHELIX w Darmstadt (2-wyjazdy w latach 2014, 2015).** Udział w kampanii eksperymentalnej. Wyjazdy finansowane w ramach projektu LaserLab.
- **LOA w Palaiseau (1-wyjazd w roku 2014).** Udział w eksperymencie w ramach projektu LaserLab.
- **Tokamak JET, MAST (9,1-wyjazdy w latach 2006, 2007, 2009, 2011–2013).** Udział w kampanii eksperymentalnej. Wyjazdy finansowane w ramach projektu Eurofusion.
- **Z-Pinch w latach 2009–2012** udział w kampaniach eksperymentalnych przeprowadzonych na urządzeniu PF-1000 – IFPiLM, Bemowo, PF-360 – IPJ obecnie NCBJ, Świerk.
- **MAX-lab w Lund w latach 2006–2007** uczestnictwo w kampaniach eksperymentalnych.
- **Tokamak TEXTOR w Julich w latach 2001–2005** uczestniczenie w kampaniach eksperymentalnych.

Trwające od jednego do kilku dni udziały w kampaniach eksperymentalnych w ramach Projektu EquipEx PETAL+ w latach 2014 – 2016, na instalacjach TANDEM, ELSA, AIFIRA.

Trwające od jednego do kilku dni wizyty, w ramach nawiązywania współpracy, w takich ośrodkach jak: **Optics and Fine Mechanics (SIOM), Shanghai; Department of Laser and Particle Beams w Xi'An Jiaotong University; University of the Basque Country; Center for Applied Physics and Technology, Peking; Wydawnictwo Chinese Laser Press, Shanghai.**

Wystąpienia na krajowych lub międzynarodowych konferencjach

Habilitationka może pochwalić się dużą aktywnością naukową w prezentowaniu swojego dorobku naukowego na wielu prestiżowych konferencjach międzynarodowych, zwłaszcza należy zwrócić uwagę na fakt, iż aż 19 miało prezentacje ustną, a 3 były wygłoszone na zaproszenie. Ponadto wykazuje współautorstwo w około 60-ciu wystąpieniach przedstawionych przez współautorów.

Wygłosiła 12 seminariów w kraju i zagranicą.

Udział w życiu naukowym

a) Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji, sympozjach, warsztatach oraz szkołach naukowych.

Habilitationka wykazuje się dużym zaangażowaniem w życie naukowe. W Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy czynnie uczestniczyła w organizowanych warsztatach naukowych i spotkaniach ekspertów w ramach Międzynarodowego Centrum Gęstej Plazmy Namagnetyzowanej (International Centre for Dense Magnetised Plasma) w latach 2010-2012 jako sekretarz. Jako członek lokalnego komitetu organizacyjnego współuczestniczyła w organizacji International Conference on Research and Applications of Plasmas „PLASMA-2011”. W 11 i 12 Szkole letniej "Towards Fusion Energy" pełniła funkcję sekretarza. Była członkiem Rady Naukowej w latach (2010 – 2015) – również jako członek Komisji Ekonomicznej.

Pełniła funkcje Członka Komitetów Naukowych w kilku międzynarodowych sympozjach w 2023 w International Workshop on Proton Boron Fusion pełniła funkcję współprzewodniczącego Komitetu Naukowego. Jako członek i współprzewodnicząca Komitetu Naukowego uczestniczyła w organizowanych szkołach międzynarodowych. W latach 1997-2001 brała czynny udział w organizacji Międzyszkolnego Turnieju Fizycznego na Uniwersytecie Opolskim.

b) Wykaz osiągnięć projektowych, konstrukcyjnych, technologicznych.

- zdobywanie środków na działalność naukową,

- uczestnictwo w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

Habilitationka uczestniczyła w kilkunastu projektach zaczynając od 2008 roku w projekcie EURATOM, po Eurofusion od 2021 do 2025 oraz w szeregu innych międzynarodowych projektach. Jako kierownik wykazała się w dwóch kilkuletnich projektach: w latach 2022-2024 Projekt Międzynarodowy Współfinansowany, realizowany w ramach międzynarodowego Programu Współpracy w ramach PALS oraz w latach 2022-2026, EU COST (Action MP 21128), PROton BORon Nuclear fusion: from energy production to medical applicatiOns (PROBONO).

Dodatkowo uczestniczyła w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań naukowych (konkursy dotyczące przyznania czasu eksperymentalnego w międzynarodowych ośrodkach naukowych), jak również w przyznaniu nagród jako np. Członek komisji eksperckiej wybierającej najlepszą pracę doktorską na Uniwersytecie Bordeaux (2023).

c) Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism oraz udziale w przygotowaniu numerów specjalnych.

Habilitationka może się pochwalić umiejętnościami redaktorskimi pełniąc funkcję redaktora naczelnego czasopisma Laser and Particle Beams od 2021, ale również wielokrotnie pełniąc funkcję redaktora gościnnego w czasopismach o zasięgu międzynarodowym.

d) Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych

Habilitationka od 1998 roku jest członkiem PTF a od 2021 roku członkiem European Physical Society. Jest członkiem Women in Fusion - społeczności, której celem jest inspirowanie i wspieranie kobiet w tej dziedzinie poprzez dzielenie się doświadczeniami, promowanie ich przywództwa i zachęcanie do większego wkładu kobiet w fuzję termojądrową.

e) Wykaz recenzowanych prac naukowych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Habilitationka brała czynny udział w recenzowaniu 31 prac naukowych, opublikowanych w branżowych międzynarodowych czasopismach naukowych z impact factor (IF) pomiędzy 1.1 a 4.8.

f) Międzynarodowe i krajowe nagrody za działalność naukową albo artystyczną.

Habilitationka może pochwalić się dwiema nagrodami: w 2024 nagrodą dyrektora IFPiLM II stopnia za osiągnięcia w roku 2023 w kategorii naukowej: Badania eksperymentalne fuzji proton bor oraz w 2000 roku Nagrodą Rektora Uniwersytetu Opolskiego za wzorowe wypełnianie obowiązków i popularyzację fizyki.

g) Aktywność w zakresie dydaktyki i popularyzacji fizyki.

Habilitationka w 2012 i 2013 roku podczas Warszawskiego Festiwalu Nauki wygłosiła 20 prezentacji na poziomie szkoły średniej. Współorganizowała szkoły letnie w 2023 i 2024 roku. Współuczestniczyła w opiece naukowej kilku prac magisterskich i jednego licencjata na Uniwersytecie Bordeaux i we Włoszech, jak również w wymienionych jednostkach brała czynny udział zasiadając w wielu komisjach doktorskich w procedurach nadania stopnia naukowego.

Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym

Habilitationka wykazała się dużym zaangażowaniem w organizacje pozanaukowe we Francji, zasiadając jako członek zarządu Polski Bordeaux czy w administracji polskiej szkoły KLEKS, gdzie uczy języka polskiego, polskiej kultury, historii i geografii. Organizowała i współorganizowała wydarzenia kulturalne w postaci festiwali i wystaw. Jako kierownik projektu uzyskanego od Polskiego Instytutu Sztuki Filmowej, promuje polskie kino za granicą.

Ocena osiągnięć naukowych wykazanych w wykazie osiągnięć poza dorobkiem habilitacyjnym

Habilitationka jest pierwszym autorem monografii opublikowanej w 2019 roku w Progress in Ultrafast Intense Laser Science. Całkowita liczba publikacji, uwzględniająca artykuły opublikowane w ramach współpracy z JET, zawiera 239 pozycji. Tematyka prac związana jest z badaniem plazmy i rozwijaniem diagnostyk stosowanych na potrzeby instalacji laserowych, układów typu Plasma-Focus, ale również w układach typu Tokamak, gdzie habilitationka w ramach projektów rozwijała diagnostykę typu GEM (Gas Elektron Multiplier). Sumaryczny IF wymienionych w dorobku publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi około **134** (w tym prac [H1-H14] - IF = 41,668). Liczba cytowań wymienionych publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi **1189**. Sumaryczny IF według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania prac wykazanych w

osiągnięciu naukowym H1-H14 wynosi 41,668. Indeks Hirscha według bazy WoS wynosi **19** z wyłączeniem kolaboracji JET.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę zamieszczoną wyżej ocenę osiągnięcia naukowego (nie oceniając licznych niedociągnięć składniowych, prawdopodobnie wynikających z tłumaczenia z języka angielskiego na polski) w postaci cyklu czternastu powiązanych tematycznie publikacji naukowych pod wspólnym tytułem „Badania materii w ekstremalnych warunkach indukowanych przez lasery” oraz pozostały dorobek naukowy, dydaktyczny i organizacyjny, stwierdzam, że dr Katarzyna Batani **spełnia** wymagania określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. W związku z powyższym wnoszę do Komisji habilitacyjnej o kontynuację postępowania habilitacyjnego dr Katarzyny Batani w celu nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie nauk fizycznych.