

Prof. dr hab. inż. Andrzej Napieralski
Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych
Politechnika Łódzka,
ul. Wólczańska 221/223, 90-924 ŁÓDŹ
tel. (42) 631 27 27, fax: (42) 636 03 27
e_mail: napier@dmcs.pl

Łódź, dn.19.04.2020 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego oraz istotnej aktywności naukowej (zgodnie z art. 16 ust. 1 Ustawy) **Pani dr inż. Agaty Chomiczewskiej** w związku z postępowaniem habilitacyjnym wszczętym w dniu 29 kwietnia 2019 r. w dziedzinie nauk fizycznych w dyscyplinie fizyka. Recenzja została przygotowana zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 r. **o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki** (z późniejszymi zmianami), a także zgodnie ze szczegółowymi wytycznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 r. **w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego.**

I. SYLWETKA HABILITANTA	2
II. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO	2
<i>II.1) Omówienie wyników osiągnięcia: pt. „Badania zanieczyszczeń plazmy utrzymywanej w polu magnetycznym w celu optymalizacji technologii termojądrowej konwersji energii”.</i>	2
<i>II.2) Wnioski</i>	16
III. OPIS INNYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH	16
IV. WYBRANE PUBLIKACJE ZWIĄZANE Z TEMATYKĄ PRZEDSTAWIONEJ MONOGRAFII HABILITACYJNEJ.	19
<i>IV.1 Publikacje niewchodzące w skład osiągnięcia naukowego.</i>	21
<i>IV.1.1 Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)</i>	21
<i>IV.1.2 Publikacje, które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora</i>	27
<i>IV.1.3 Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR</i>	29
<i>IV.1.4 Publikacje, które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora</i>	34
V. PODSUMOWANIE.	37
VI. KIEROWANIE MIĘDZYNARODOWYMI LUB KRAJOWYMI PROJEKTAMI BADAWCZYMI LUB UDZIAŁ W TAKICH PROJEKTACH.	38

**VII. MIĘDZYNARODOWE LUB KRAJOWE NAGRODY ZA DZIAŁALNOŚĆ
ODPOWIEDNIO NAUKOWĄ ALBO ARTYSTYCZNĄ.**

39

VIII. OSIĄGNIĘCIA DYDAKTYCZNE. BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

IX. DZIAŁALNOŚĆ ORGANIZACYJNA. BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

IX.1) Udział w konsorcjach i sieciach badawczych.

Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.

X. WNIOSKI KOŃCOWE

BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.

I. Sylwetka habilitanta

Dr Agata Chomiczewska studia wyższe ukończyła w roku 2004, uzyskując tytuł zawodowy magistra fizyki. W roku 2012 obroniła rozprawę doktorską pt. *„Badanie zanieczyszczeń plazmy termojądrowej w tokamaku JET z zastosowaniem nowej techniki spektroskopowej z zakresu VUV”* w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku. Od 2005 roku jest zatrudniona w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Warszawie (od 2014 roku na stanowisku adiunkta). Od 2014 roku jest kierownikiem Laboratorium Badań Plazmy Metodami Spektroskopowymi w Zakładzie Fuzji Jądrowej i Spektroskopii Plazmy.

II. Ocena osiągnięcia naukowego

Zgodnie z §3 i §4 Rozporządzenia Ministra NiSW z dnia 1 września 2011 r., jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład Autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej habilitantka wskazuje jednotematyczny cykl dziewiętnastu publikacji, które bezpośrednio dotyczą tematu jej pracy: *„Badania zanieczyszczeń plazmy utrzymywanej w polu magnetycznym w celu optymalizacji technologii termojądrowej konwersji energii”*.

Dodatkowo Autor przedstawia wykaz innych (niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego) opublikowanych prac naukowych z których 47 to publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) a 63 to monografie i publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR. Dodatkowo Autor zamieścił jeszcze 22 publikacje które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora.

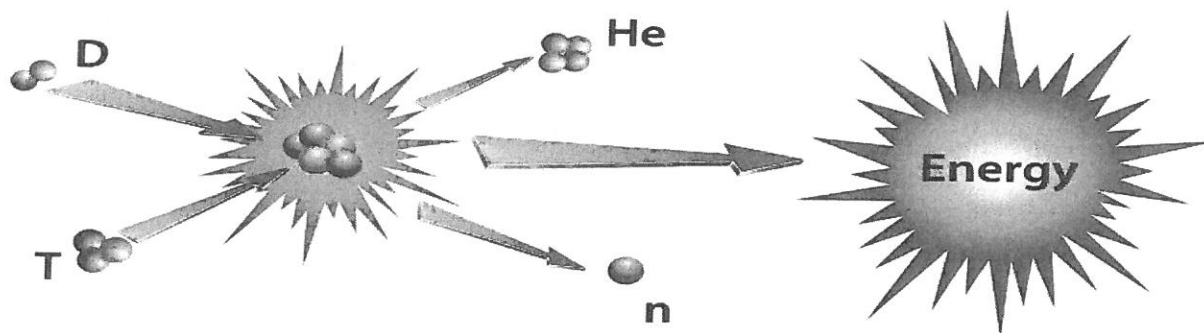
Całkowity dorobek habilitanta stanowi łącznie 151 publikacji.

II.1) Omówienie wyników osiągnięcia: pt. „Badania zanieczyszczeń plazmy utrzymywanej w polu magnetycznym w celu optymalizacji technologii termojądrowej konwersji energii”.

W punkcie 4.3. habilitant omówił najważniejsze wyniki swoich prac.

W punkcie 4.3.1. **Omówienie celu naukowego** przedstawiono koncepcję wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, w oparciu o konwersję energii z reakcji syntezy termojądrowej z udziałem najlżejszych jąder, czyli izotopów wodoru.

Reakcja D-T, łączenia dwóch izotopów wodoru: deuteru (D) i trytu (T) może być opisana w postaci równania:



Ażeby zapewnić elektryczność dla miliona ludzi przez cały rok wystarczy tylko 150kg deuteru i 2-3 tony litu. Dla porównania elektrownia węglowa o mocy 1000MW wymaga 2,7 miliona ton węgla na rok natomiast oparta na fuzji jądrowej tylko 250kg paliwa na rok.

Reakcja D-T zachodzi w temperaturze 150-200 mln Kelwinów i w związku z tym materia jest w stanie plazmy. Fuzja z magnetycznym utrzymaniem plazmy (MCF) jest właśnie tematem habilitacji. Habilitantka prowadziła swoje badania na największych tokamakach JET w Culham w Wielkiej Brytanii, ASDEX-Upgrade w Garching w Niemczech, TCV w Lozannie w Szwajcarii i ISTTOK w Lizbonie w Portugalii.

W chwili obecnej w Cadarache w Południowo-Wschodniej Francji realizowany jest projekt ITER którego celem jest uzyskanie mocy wyjściowej 500MW przy mocy wejściowej 50MW. W projekcie tym bierze udział ponad 100 państw w tym Unia Europejska, USA, Chiny, Japonia Korea Południowa, Indie i Rosja. Zastosowanie wolframu w tokamaku powoduje dużą koncentrację zanieczyszczeń w plazmie centralnej co może znacznie ograniczyć efektywność dodatkowego grzania plazmy i przez to prowadzić do wychładzania i rozrzedzania plazmy. W związku z tym głównym celem pracy badawczej habilitantki była kontrola zachowania ciężkich zanieczyszczeń i określenie czynników wpływających na ich redukcję w plazmie centralnej. Dzięki temu będzie można osiągnąć większą czystość plazmy. Ograniczenie zawartości wolframu w rdzeniu plazmy jest bardzo istotne dla utrzymania wysokich temperatur. Dzięki temu rośnie czas utrzymywania plazmy i wzrasta prawdopodobieństwo zajścia reakcji syntezy termojądrowej.

W punkcie **4.3.2. Omówienie osiągniętych wyników** przedstawiono w 16 podpunktach: 4.3.2.1 – 4.3.2.16. Przedstawiona praca dotyczy w szczególności:

- kontroli zanieczyszczeń plazmy centralnej pochodzących z wolframowych komponentów ściany reaktora,
- opracowania scenariuszy operacyjnych dla przyszłych urządzeń termojądrowych pod kątem zwiększenia ich wydajności. Oszacowanie dopuszczalnej koncentracji wolframu w przewidywanych reżimach reaktorów,
- opracowania scenariuszy grzania ICRH dla ITER-a i dla plazmy DT w układzie JET,
- redukcji procesu akumulacji zanieczyszczeń poprzez zastosowanie grzania ICRH,
- minimalizacji sputteringu ciężkich zanieczyszczeń i lokalnych obciążeń cieplnych poprzez optymalizację parametrów plazmy brzegowej,
- redukcji efektu RF-sheath poprzez modyfikację parametrów anten grzania ICRH,
- opracowania techniki iniekcji gazu w celu zmaksymalizowania mocy grzania ICRH dostarczanej do układu w reżimie H i redukcji zanieczyszczeń,

- określenia roli niestabilności brzegowych ELM i niestabilności magnetohydrodynamicznych na zachowanie zanieczyszczeń,
- określenia wpływu zewnętrznego domieszkowania plazmy na zachowanie wolframu,
- oceny wpływu zewnętrznego domieszkowania na redukcję mocy docierającej do płyt dywertora.

Przeprowadzane badania i ich wyniki stanowią ważny wkład w rozwój badań nad fizyką plazmy. Efekty pracy habilitantki mogą być wykorzystane przez międzynarodowe zespoły badawcze do modelowania wielu rozwiązań technicznych i optymalizacji procesów fizycznych w zakresie fuzji z magnetycznym utrzymywaniem plazmy (MCF-*Magnetic Confinement Fusion*).

W podpunkcie **4.3.2.1 Diagnostyki stosowne do charakterystyki zanieczyszczeń** zaproponowano nową technikę kalibracji względnej opartej na pomiarach widma ciągłego wolframu w zakresie długości fali 200-400 Å [A1], [A2]. Do scharakteryzowania źródła wolframu w obszarze dywertora i limitera zastosowano spektroskopię z zakresu światła widzialnego (Vis). Efektywna wydajność wolframu (Y_{eff}) (ang. *effective W yield*) powiązana była bezpośrednio ze stosunkiem strumienia wolframu i strumienia deuteru w punktach obserwacji. Strumień wolframu monitorowano za pomocą pomiaru intensywności linii WI przy 4009 Å, natomiast strumień deuteru na podstawie linii Balmer- δ DI przy 4101 Å. Diagnostykę bolometryczną wykorzystano do określenia mocy promieniowania z plazmy. Efektywny ładunek plazmy Zeff, wyznaczono na podstawie promieniowania Bremsstrahlung w zakresie promieniowania widzialnego.

W podpunkcie **4.3.2.2 Wpływ dodatkowego grzania w reżimie niskiego utrzymywania plazmy (ang. L-mode)** opracowano metody zwiększenia mocy grzania plazmy, przy jednoczesnej kontroli ciężkich zanieczyszczeń. Dodatkowa moc grzania w układzie JET-ILW jest dostarczana przez dwa systemy: NBI (Neutral Beam Injection) - wiązką cząstek neutralnych oraz ICRH (Ion Cyclotron Resonance Heating) - falami elektromagnetycznymi o częstotliwościach w zakresie jonowego rezonansu cyklotronowego. Proces grzania ICRH może powodować dodatkowe obciążenia cieplne na komponentach pierwszej ściany [B51], ograniczając w ten sposób żywotność komponentów. Grzaniu ICRH towarzyszy też zwiększona produkcja metalicznych zanieczyszczeń [B44]. Może to prowadzić do niedopuszczalnego w plazmie poziomu zanieczyszczeń o wysokim Z. Eksperymenty z grzaniem ICRH w JET-ILW przeprowadzono w celu sprawdzenia, czy zastosowanie grzania ICRH prowadzi do zwiększenia poziomu wolframu w plazmie, jak również w celu porównania tego z poziomem zanieczyszczeń osiąganym podczas grzania NBI. Badania wykazały, że przy tej samej średniej gęstości plazmy w modzie-L, zastosowanie grzania ICRH skutkuje wyższą mocą promieniowania plazmy i wyższą koncentracją zanieczyszczeń w porównaniu z tym samym poziomem mocy dostarczanej przez system NBI [A17], [A12]. Wolfram był głównym radiatorem podczas grzania ICRH, a jego frakcja promieniowania mieściła się w zakresie 60-80% całkowitej mocy promieniowania plazmy. Reszta promieniowania pochodziła od zanieczyszczeń niklem.

Zmiana zawartości zanieczyszczeń w plazmie może być spowodowana zmianą transportu cząstek w plazmie brzegowej, jak również w plazmie centralnej. W celu wyjaśnienia zaobserwowanej doświadczalnie różnicy w całkowitych stratach radiacyjnych w trakcie grzania ICRH i NBI, w pracy [A18] zbadano wpływ transportu zanieczyszczeń. Nowy europejski kod-symulator transportu (ETS – European Transport Simulator), opracowany przez zintegrowaną grupę zadaniową ds. modelowania tokamaka (ITM-TF) został po raz pierwszy zastosowany do symulacji transportu zanieczyszczeń w plazmie w JET. Uzyskano

dobrą zgodność wyników symulacji i eksperymentu dla obu faz grzania. Udowodniono, że w obu fazach: z ICRH i NBI promieniowanie z plazmy centralnej było zdominowane przez wolfram z największym udziałem jonów W^{25+} - W^{35+} . Promieniowanie brzegowe było zdominowane przez jony Ni, natomiast Be nie przyczynił się w dużym stopniu do strat radiacyjnych. Wkład do Z_{eff} pochodził głównie od lekkich jonów, np. Be oraz od Ni. Badaniem tym wykazano, że prawdopodobną przyczyną akumulacji wolframu w centralnej części plazmy podczas fazy ICRH jest zwiększona koncentracja wolframu w plazmie brzegowej.

W podpunkcie **4.3.2.3 Wpływ dodatkowego grzania w reżimie wysokiego utrzymywania plazmy (ang. Hmode)** przedstawiono rolę łączonego grzania ICRH i NBI pod kątem zdolności do ekranowania ciężkich zanieczyszczeń w rdzeniu plazmy [A9], [A6], [C11], [B8]. W wyładowaniach z grzaniem NBI + ICRH osiągnęto wyższą centralną temperaturę elektronową $T_e(0)$, niż w przypadku wyładowań z samym NBI. $T_e(0)$ wzrastała liniowo wraz z mocą grzania ICRH. Centralna gęstość elektronowa $n_e(0)$, ulegała zmniejszeniu po zastosowaniu grzania ICRH. Promieniowanie plazmy było w tym przypadku większe, co odzwierciedlało dodatkowe źródła zanieczyszczeń wywołane efektem RF-sheath. W wyładowaniach z samym grzaniem NBI występowała silna akumulacja zanieczyszczeń w rdzeniu plazmy. Wpływ grzania ICRH na transport zanieczyszczeń zbadano pod kątem korelacji między nachyleniem profilu koncentracji zanieczyszczeń (ang. impurity peaking – zdefiniowanym stosunkiem wartości koncentracji w rdzeniu plazmy do koncentracji odległej od środka sznura plazmowego), a nachyleniem profilu gęstości i temperatury elektronowej. Nachylenie temperatury elektronowej rosło wraz ze wzrostem mocy ICRH i odzwierciedlało głównie wzrost temperatury centralnej $T_e(0)$. Nachylenie gęstości elektronowej malało w wyładowaniach z NBI + ICRH. W przypadku wyładowań hybrydowych, z mocą grzania ICRH w zakresie 4-5 MW, silna akumulacja wolframu występowała tylko w początkowej fazie wyładowania. Było to skorelowane z dużym nachyleniem profilu gęstości elektronowej. Gdy to początkowe nachylenie profilu gęstości zostało zmniejszone, zaobserwowano małą koncentrację wolframu w plazmie centralnej.

W podpunkcie **4.3.2.4 Wpływ ewaporacji berylu** omówiono wpływ naniesienia warstwy berylu na ekranowane przed sputteringiem. Okazało się, że pozytywny wpływ ewaporacji berylu na promieniowanie plazmy był widoczny nawet po ~10 wyładowaniach.

W podpunkcie **4.3.2.5 Wpływ gęstości brzegowej** przeanalizowano wpływ gęstości brzegowej plazmy na zachowanie zanieczyszczeń. Większa gęstość brzegowa w modzie-L była związana z iniekcją gazu D2 do układu. Poziom wolframu w tokamaku JET-ILW został obniżony w wyniku pracy z większą gęstością brzegową [A17], [A12]. Podobną zależność od gęstości plazmy brzegowej zaobserwowano dla zanieczyszczenia niklu [A15]. Tak znaczny spadek koncentracji zanieczyszczeń o wysokim Z może być wynikiem szeregu procesów, które zachodzą podczas wzrostu gęstości:

- zmniejszenie źródła zanieczyszczeń przy wyższej gęstości, z powodu spadku koncentracji lekkich zanieczyszczeń odpowiedzialnych za proces sputteringu i z powodu obniżonej temperatury elektronowej w SOL (ang. *Scrape-Off Layer*). SOL jest to wąski obszar plazmy o szerokości kilku cm między separatryszą a ścianą, gdzie linie pola magnetycznego są otwarte. W urządzeniach typu tokamak cząstki utrzymywane są w pewnej objętości utworzonej przez zamknięte linie pola magnetycznego. Granica obszaru utrzymywania plazmy jest nazywana separatryszą,

- zmianę właściwości transportu w centrum plazmy degradującą proces utrzymywania zanieczyszczeń,
- bezpośrednio rozcieńczanie zanieczyszczeń plazmy,
- w przypadku grzania ICRH, redukcja pola elektrycznego wytwarzanego wokół anten przy wyższych gęstościach w SOL.

Postępy w diagnostyce plazmy brzegowej i sposoby modelowania wpływu ICRH na SOL i PWI zostały omówione w pracy [B3].

W podpunkcie **4.3.2.6 Wpływ iniekcji paliwa deuterowego** opracowano technikę napuszczania gazu deuterowego D2, która umożliwiła:

- zoptymalizowanie mocy grzania ICRH, która może być dostarczana w wyładowaniach w modzie-H,
- redukcję koncentracji zanieczyszczeń o wysokim Z [A9], [A2], [B33].

Badanie to było częścią prac nad optymalizacją ICRH dla układu ITER i przyszłych urządzeń termojądrowych. Zauważono, że w przypadku zbyt małej ilości gazu D2, plazma w modzie-H w obecności ściany ILW w tokamaku JET jest podatna na akumulację wolframu. Przeprowadzono eksperymenty, w których profile gęstości elektronowej w SOL były modyfikowane poprzez wstrzykiwanie gazu D2 z obszarów środkowej płaszczyzny i góry komory tokamaka oraz z obszaru dywertora. Okazało się, że napuszczanie gazu w obszarze dywertora prowadziło do najgorszej wydajności grzania, i to niezależnie od ilości gazu. W przypadku iniekcji paliwa w środkowej płaszczyźnie tokamaka, gęstość w obszarze SOL oraz sprzężenie fali RF z plazmą (ang. *coupling*) były znacznie większe. Efekt był silniejszy dla anten położonych bliżej modułu wtrysku gazu. Iniekcja z góry komory tokamaka miała nieco mniejszy wpływ, ale w podobny sposób oddziaływała na wszystkie anteny, ponieważ miało miejsce toroidalnie jednorodne, a nie lokalne zwiększenie gęstości w SOL. Poprzez zastosowanie kombinacji iniekcji gazu z GIM-ów z góry tokamaka i ze środkowej płaszczyzny, udało się zoptymalizować sprzężenie fal elektromagnetycznych z wszystkich anten ICRH. Przy umiarkowanej ilości wstrzykiwanego gazu ($\sim 1,2 \times 10^{22}$ e/s), do 6 MW mocy grzania udało się dostarczyć do plazmy w modzie-H.

Promieniowanie plazmy, jak również poziom zanieczyszczeń wolframu i niklu malały wraz ze wzrostem ilości gazu. Wstrzykiwanie gazu z obszaru płaszczyzny środkowej było najkorzystniejsze z punktu widzenia redukcji zanieczyszczeń indukowanych przez ICRH. Największą zawartość zanieczyszczeń zaobserwowano przy iniekcji paliwa z obszaru dywertora. W celu wpłynięcia na energię jonów docierających do ściany wymagana jest minimalna ilość wstrzykiwanego gazu ($\sim 6 \times 10^{21}$ e/s). Podobny efekt zaobserwowano w tokamaku ASDEX-Upgrade, kiedy zastosowano iniekcję deuteru w okolicach anteny RF [C32].

Zwiększona ilość napuszczanego deuteru prowadziła do redukcji źródła wolframu w plazmie brzegowej i jego koncentracji w plazmie centralnej [A10], [A16]. Istotną rolę w redukcji zanieczyszczeń spełnia lokalne chłodzenie plazmy w SOL i zwiększona gęstość elektronowa blisko anten ICRH spowodowane zwiększoną ilością gazu. Wzbudzone pole elektryczne wokół anten jest redukowane, co prowadzi do słabszego przyspieszenia jonów w SOL i redukcji sputteringu. W przypadku iniekcji gazu z płaszczyzny środkowej, zaobserwowano nieco większe częstotliwości modów brzegowych (ELM), co również przyczynia się do obniżenia poziomu zanieczyszczeń. Wyniki uzyskane w tym punkcie są bardzo cenne dla dalszej optymalizacji pracy układu ITER.

W podpunkcie 4.3.2.7 **Wpływ częstotliwości ELM** zwrócono uwagę na kwestie związane z kontrolą zanieczyszczeń podczas fazy końcowej modu-H [A3]. Kiedy dodatkowa moc grzania ulega zmniejszeniu, a plazma przechodzi z wysokiego (H) do niskiego (L) reżimu utrzymywania, powstają długie okresy bez produkowania modów brzegowych ELM (ang. *Edge Lokalized Modes*). Prowadzi to do akumulacji wolframu, co jest bardzo niebezpieczne i może spowodować kolaps radiacyjny wyładowania lub też zerwanie sznura plazmowego. Faza ta jest bardzo ważnym aspektem działania ITER-a, ponieważ jego konstrukcja pozwala tylko na niewielką liczbę nagłych zerwań sznura plazmowego. Stacjonarne warunki w modzie-H bez akumulacji zanieczyszczeń mogą być utrzymane poprzez kontrolowanie częstotliwości ELM-ów. Można zastosować metody stymulacji ELM-ów za pomocą iniekcji gazu D_2 , ang. „*vertical kicks*” lub też wstrzykiwanie granulek zamrożonego paliwa deuterowego (ang. *pellets*). Wyzwalanie dodatkowych ELM-ów poprzez „*vertical kicks*” jest nowo opracowaną w JET-ILW metodą, która opiera się na szybkich ($\sim 2-3$ ms), pionowych ruchach plazmy. Bardzo istotne jest, że wzrost częstości ELM-ów efektywnie redukuje produkcję wolframu i jego strumień do obszaru centralnego co pozwala na uniknięcie wzrostu promieniowania plazmy. Zanieczyszczenia są wypychane na zewnątrz przez ELM-y, podczas gdy pomiędzy kolejnymi ELM-ami są wpychane do środka plazmy. W wyniku napuszczania gazu częstotliwość ELM-ów wzrasta [C36]. Przy małej ilości wstrzykiwanego gazu częstotliwość ELM-ów maleje, a całkowite promieniowanie plazmy i koncentracja wolframu w centrum znacząco wzrasta [A6]. Nachylenie profilu wolframu okazało się dość duże w przypadku małej ilości wstrzykiwanego gazu i małe w przypadku dużej ilości napuszczanego gazu. Okazało się również, że przy napuszczaniu gazu z górnej części komory próżniowej, osiągnęto nieco większe częstości ELM-ów, niż w przypadku napuszczania gazu z obszaru dywertyora. Dzięki jednoczesnemu zastosowaniu iniekcji gazu i granulek z zamrożonym paliwem D do stymulacji ELM-ów, udało się zapobiec akumulacji zanieczyszczeń [B1]. Utrzymywanie plazmy było lepsze niż w przypadku samego wtrysku gazu. Wstrzykiwanie granulek z paliwem powodowało, że charakter ELM-ów zmieniał się radykalnie z regularnych ELM-ów o dobrze zdefiniowanej częstotliwości na bardziej nieregularne ELM-y o charakterze złożonym i bez jasno zdefiniowanej częstotliwości.

W podpunkcie 4.3.2.8 **Wpływ formowania gorących obszarów (ang. *hot-spots*) w obszarze limitera** zajęto się monitorowaniem lokalnych gorących punktów zwanych (ang. *hot-spots*). Powstają one na berylowym limiterze i na pionowych ogranicznikach anten ICRH z powodu podwyższonych przepływów ciepła podczas grzania ICRH lub NBI w tokamaku JET-ILW. W przypadku ITER-a obciążenia cieplne na antenach ICRH i sąsiadujących modułach nie mogą być większe niż 5 MW/m^2 . Należy podkreślić, że wyładowania hybrydowe przeprowadzane w JET-ILW zostały zatrzymane przez pracujący w czasie rzeczywistym system ochrony ściany [A1]. Zastosowanie równoczesnej kontroli temperatury gorących punktów i koncentracji zanieczyszczeń w plazmie centralnej było bardzo istotne ze względu na fakt, że ten sam mechanizm oddziaływania plazma-ściana był odpowiedzialny za powstawanie hot-spotów i za rozpylanie zanieczyszczeń. Stwierdzono, że na temperaturę gorących obszarów i na koncentrację zanieczyszczeń w centrum plazmy mają wpływ: ilość gazu, prąd plazmy oraz gęstość na separatrysie. Temperatura gorących punktów i koncentracja zanieczyszczeń maleje wraz z ilością napuszczanego gazu. Zmiana prądu plazmy ma silny wpływ na oddziaływanie plazma-ściana. Podczas zmian prądu plazmy, modyfikacji ulega gęstość plazmy na separatrysie. Mniejszy prąd plazmy powoduje niższą gęstość na separatrysie, w związku z czym temperatura hot-spotów i koncentracja zanieczyszczeń jest większa, niż przy większym prądzie plazmy. Mechanizm odpowiedzialny za powstawanie

hotspotów jest powiązany z szybkimi jonami. Wiązka szybkich cząstek, która uderza w określony obszar limitera, jest rozpraszana wskutek większych gęstości brzegowych i ciśnienia neutralów. To powoduje, że szybkie jony mają większe prawdopodobieństwo zderzenia się z jonami lub neutralami przed uderzeniem w ścianę, co jest bardzo istotne dla ograniczenia zanieczyszczeń.

W podpunkcie **4.3.2.9 Wpływ położenia warstwy rezonansowej jonów cyklotronowych** rozważono optymalizację grzania ICRH poprzez precyzyjne dostrojenie położenia warstwy rezonansowej (IC). W tokamaku pole magnetyczne maleje wraz z odległością od środka sznura plazmowego co powoduje, że są miejsca, gdzie dochodzi do rezonansu fal radiowych z jonami lub elektronami. Umożliwia to grzanie ściśle określonych obszarów w plazmie. Dla danych parametrów plazmy (temperatura, gęstość, pole magnetyczne itp.), grzanie ICRH może być zoptymalizowane poprzez precyzyjne dostrojenie położenia warstwy rezonansowej (IC). Dla danej częstotliwości można to zrobić poprzez regulację pola toroidalnego przy stałym prądzie plazmy, albo regulację pola toroidalnego i prądu plazmy przy stałym współczynniku bezpieczeństwa (q_{95}). Zaobserwowano korzystny wpływ zastosowania centralnego grzania ICRH na omawiane zjawisko [A9], [A6]. Nachylenie profilu temperatury elektronowej wzrosło, a promieniowanie z plazmy i koncentracja zanieczyszczeń z w plazmie centralnej zmalały, gdy warstwa IC znajdowała się w odległości ± 10 cm od magnetycznego środka plazmy. Efekt ten był powiązany ze zwiększoną konwekcją neoklasyczną, spowodowaną wzrostem nachylenia profilu temperatury. Efekty związane z szybkimi jonami odgrywały również ważną rolę w skutecznym ekranowaniu zanieczyszczeń.

W podpunkcie **4.3.2.10 Wpływ fazy anteny ICRH** zidentyfikowano najlepsze warunki operacyjne dla minimalizacji oddziaływania plazmy ze ścianą podczas grzania ICRH w układzie JET-ILW. Przeprowadzono eksperymenty poświęcone zmianom fazy anteny. W eksperymentach opisanych w [A15] przetestowano fazę dipolową ($0 \pi 0 \pi$) i -90° ($0 -\pi/2 -\pi -\pi -3\pi/2$) w plazmie deuterowej w modzie-L, ze zmiennym prądem plazmy (od 1,4 MA do 2,4 MA) i odległością między separatryszą a anteną (od 3 do 7 cm). Mniejsza odległość powodowała, że szybsze jony uderzały w zewnętrzną ścianę, co prowadziło do rozpylania jonów i większej zawartości zanieczyszczeń w rdzeniu. W przypadku fazy -90° , oddziaływanie plazma-ściana było wzmocnione w porównaniu z fazą dipolową. Zaobserwowano wyższą koncentrację jonów wolframu i niklu w plazmie centralnej oraz większą emisję promieniowania jonów wolframu z obszaru dywertora [A17]. W czasie działania różnych anten grzania ICRH w tokamaku JET (C lub D lub A+B) zaobserwowano różne koncentracje zanieczyszczeń ze względu na różnice w dalekim i bliskim polu elektrycznym wytwarzanym wokół anten lub innym połączeniem anten ze ścianą za pomocą linii pola magnetycznego. Podczas fazy -90° zaobserwowano zwiększone obciążenia cieplne [B36] oraz zwiększone rozpylanie berylu [B39] na komponentach anten. Wpływ fazy dipolowej -90° zbadano także w modzie-H [A9], wykazując, że pomimo podobnej mocy grzania ICRH i podobnych właściwości plazmy centralnej, całkowita moc promieniowania, a także poziom niklu i wolframu były znacznie wyższe przy zastosowaniu fazy -90° . Wynik obserwacji ukazujący, że oddziaływania plazmy ze ścianą wywołane przez grzanie ICRH jest silniejsze, gdy wzbudzone są fale o mniejszej wartości wektora falowego $k_{||}$, jest zgodny z przewidywaniami teoretycznymi i został szczegółowo udokumentowany również w eksperymentach ze ścianą węglową [B44].

W podpunkcie **4.3.2.11 Wpływ konstrukcji anteny ICRH** porównano anteny 2-częściowe powlekane borem z antenami 3-częściowymi powlekanymi wolframem i wykazano, że nowe anteny charakteryzują się znaczną redukcją koncentracji wolframu w plazmie, co jest zgodne z redukcją źródła wolframu [A8], [A2], [B3]. Tzw. *ITER-like* antena (ILA) w JET nie była co prawda zaprojektowana w celu zmniejszenia produkcji zanieczyszczeń, ale okazało się, że ma duży wpływ na ich zawartość. Zarówno po lewej, jak i po prawej stronie, antena ILA jest otoczona dużymi komponentami równoległymi do pola magnetycznego, co powoduje zmniejszenie wytwarzanego pola $E_{||}$. Porównanie promieniowania plazmy oraz koncentracji jonów wolframu i niklu podczas działania starej anteny A2 w JET-ILW z anteną ILA przedstawiono w pracach [A8] i [C12]. Porównanie statystyczne przedstawiono w pracy [A3]. Podczas działania anteny ILA zaobserwowano mniejsze promieniowanie plazmy i mniejszą koncentrację wolframu.

W podpunkcie **4.3.2.12 Wpływ scenariusza grzania ICRH i koncentracji jonów mniejszościowych** przeanalizowano różne scenariusze grzania ICRH, które mogą być wykorzystane w ITER. ICRH będzie stosowany w zakresie grzania plazmy w przyszłych urządzeniach termojądrowych. Z tego też powodu program eksperymentalny w JET skoncentrowany był na rozwoju różnych scenariuszy grzania ICRH, które mogą być wykorzystane w ITER. Antena ICRH w ITER-ze ma dostarczyć do 20 MW mocy grzania w zakresie częstotliwości 40-55 MHz. W plazmie wodorowej w ITER-ze i dla zaprojektowanego zakresu częstotliwości, do centralnego grzania jonów możliwe jest zastosowanie tylko pierwszej harmonicznej ($N=1$) częstotliwości jonów wodoru ($f \approx 40$ MHz) i drugiej harmonicznej ($N = 2$) obecnych w plazmie wodorowej mniejszościowych jonów helu-3 (^3He) ($f \approx 53$ MHz). ^3He będzie również odgrywać ważną rolę w aktywacyjnej fazie ITER w pełnym zakresie pola magnetycznego $B_T=5,3$ T, poprzez zastosowanie pierwszej harmonicznej jonów mniejszościowych ^3He .

W następnych 3 podpunktach rozważono:

4.3.2.12.1 Scenariusze grzania ICRH falą elektromagnetyczną o częstotliwości odpowiadającej pierwszej harmonicznej częstotliwości większościowych jonów wodoru ($N = 1$ H) i drugiej harmonicznej częstotliwości mniejszościowych jonów helu-3 ($N = 2$ ^3He) w plazmie wodorowej

4.3.2.12.2 Scenariusz grzania ICRH pierwszą harmoniczną częstotliwością fali elektromagnetycznej i mniejszościowych jonów wodoru ($N=1$ H) w plazmie deuterowej w modzie-L

4.3.2.12.3 Scenariusz grzania ICRH pierwszą harmoniczną mniejszościowych jonów wodoru ($N=1$ H) w plazmie deuterowej w modzie-H

4.3.2.12.4 Trój-jonowy D-(^3He)-H scenariusz grzania ICRH

Rozważymy teraz kolejno te 4 scenariusze.

4.3.2.12.1 Scenariusz grzania ICRH falą elektromagnetyczną o częstotliwości odpowiadającej pierwszej harmonicznej częstotliwości większościowych jonów wodoru ($N = 1$ H) i drugiej harmonicznej częstotliwości mniejszościowych jonów helu-3 ($N = 2$ ^3He) w plazmie wodorowej

W eksperymentach, które przeprowadzone zostały na tokamaku JET [A19], [A2] dla scenariusza $N=1$ H wydajność grzania zdefiniowana, jako stosunek mocy zaabsorbowanej przez plazmę do mocy grzania dostarczonej do układu, mieściła się w zakresie $\eta = P_{\text{abs}}/P_{\text{RF}} =$

0,3-0,4, co wskazuje, że nie był to zbyt efektywny scenariusz grzania. Jest to związane ze stosunkowo wysokimi stratami radiacyjnymi spowodowanymi zwiększoną interakcją plazmy ze ścianą. Około 1/4 mocy grzania ICRH jest tracona przez promieniowanie. Czas utrzymywania plazmy był krótszy około dwa razy. Zarówno temperatura elektronowa, jak i jonowa rosła liniowo wraz z mocą grzania ICRH. Scenariusz z drugą harmoniczną ($N = 2$) jonów ^3He wykazał również niską wydajność grzania i zwiększoną interakcję plazmy ze ścianą. Wydajność grzania wahała się od $\eta = 0,1$ (przy małych koncentracjach ^3He w plazmie) do $\eta = 0,4$, gdy koncentracja ^3He była powyżej 20 %. Energia plazmy, jak również jonowa i elektronowa temperatura osiągnięta przy tej samej mocy wejściowej wzrosła, gdy większa frakcja ^3He była obecna w plazmie. Przy dużych koncentracjach ^3He temperatura jonowa przekroczyła temperaturę elektronową. Przy małych koncentracjach ^3He wyładowania były w pełni zdominowane przez grzanie elektronów. Czas utrzymywania energii został obniżony dwukrotnie. Połowa zastosowanej mocy RF została utracona w wyniku promieniowania. Moc promieniowania w funkcji koncentracji ^3He wykazywała maksimum przy koncentracji $X[^3\text{He}] = 15\%$ (X oznacza symbol koncentracji). Spadek mocy promieniowania obserwowany dla $X[^3\text{He}] > 15\%$ był związany z poprawą wydajności grzania obserwowaną przy wyższych koncentracjach $X[^3\text{He}]$, co mogło prowadzić do zmniejszenia mocy RF, odpowiedzialnej za oddziaływanie plazma-ściana. Również w tym scenariuszu zarówno temperatura elektronowa, jak i jonowa wykazały liniowy wzrost z mocą grzania. Oba badane scenariusze wyraźnie różniły się koncentracją zanieczyszczeń w plazmie. Przy tej samej mocy wejściowej grzania, moc promieniowania plazmy, efektywny ładunek plazmy Z_{eff} były większe w przypadku scenariusza $N = 2$ ^3He , niż w przypadku scenariusza $N = 1$ H. Większe wartości Z_{eff} obserwowane w tych eksperymentach wynikały również z większej koncentracji metalicznych zanieczyszczeń. Wzmocniona interakcja plazmy ze ścianą była spowodowana głównie nierezonansowym przyspieszeniem cząsteczek naładowanych w warstwie SOL (efekt *RFsheat*) oraz bezpośrednim sputteringiem materiału ściennego przez szybkie jony. Procesy transportowe w obu scenariuszach były również odmienne, co prowadziło do różnych profili gęstości i temperatury. Dwa scenariusze ogrzewania wykorzystują różne częstotliwości radiowe, co prowadzi do innego oddziaływania plazmy ze ścianą, a tym samym do różnych strat w wyniku promieniowania. Straty mocy w plazmie, definiowane, jako różnica pomiędzy mocą wejściową a stratami na promieniowanie, stanowią wszystkie inne straty, które są związane głównie z procesami transportu energii i cząstek. W wyładowaniach ze scenariuszem $N = 1$ H większość zastosowanej mocy grzania została utracona przez transport ($\sim 70\%$), a straty w wyniku promieniowania stanowią jedynie niewielką część ogólnego bilansu energetycznego. W scenariuszu $N = 2$ ^3He , straty radiacyjne, jak i straty transportowe równoważyły się. Ze względu na to, że straty transportowe w centrum plazmy rosły szybciej wraz z mocą grzania ICRH w eksperymencie z $N = 1$ H, to wzrost centralnej temperatury był wolniejszy, niż w przypadku eksperymentu z ^3He , gdzie dominowały brzegowe straty radiacyjne.

4.3.2.12.2 Scenariusz grzania ICRH pierwszą harmoniczną częstotliwością fali elektromagnetycznej i mniejszościowych jonów wodoru ($N=1$ H) w plazmie deuterowej w modzie-L

Jony D i ^4He mają taki sam stosunek ładunku do masy, scenariusz $N=1$ H testowano więc w plazmie deuterowej w układzie JET-ILW [A13]. Jest on najczęściej stosowany we współczesnych maszynach eksperymentalnych gdyż ma dużą wydajność grzania (ok. 80%). W plazmie deuterowej grzanie jonów wspomaga reaktywność syntezy jądrowej, podczas, gdy centralne grzanie elektronów może być bardzo istotne dla utrzymania małej zawartości zanieczyszczeń. Przeprowadzone badania plazmy w reżimie L wykazały, że zawartość

zanieczyszczeń indukowanych przez ICRH zależy od koncentracji mniejszościowych jonów wodoru [A12], [C28], [C27], [B36]. W pracy [A13] zbadano taką zależność. Podczas zwiększania koncentracji wodoru ($X[H]$ %) w plazmie do 30 %, wydajność grzania uległa pogorszeniu z ~80 % przy niskich i średnich koncentracjach wodoru do, około 40 %, gdy $X[H] = 30$ %. Zaobserwowano też spadek promieniowania w obszarze limitera, któremu towarzyszył spadek zawartości wolframu, niklu oraz strumienia berylu, z minimum przy $X[H] = 20$ %. Gdy frakcja wodoru wzrosła powyżej 20 % to koncentracja zanieczyszczeń i moc promieniowania ponownie wzrosły. Właściwości brzegowe plazmy również uległy zmianie w czasie zmian koncentracji $X[H]$ co rodzi pytanie, czy niższy poziom zanieczyszczeń obserwowany przy umiarkowanym poziomie wodoru jest związany z plazmą centralną (absorpcją fali), czy też z efektami brzegowymi (oddziaływanie plazma-ściana). Iniekcja gazu w celu zwiększenia koncentracji wodoru prowadzi do zwiększenia gęstości brzegowej i zmniejszenia koncentracji zanieczyszczeń. Duża część mocy grzania (60-70 %) jest tracona w wyniku strat radiacyjnych, podczas gdy w tych samych warunkach ze ścianą węglową strata wynosiła tylko 30-40 %. Jest to spowodowane dodatkowym strumieniem wolframu na skutek efektu RF-*sheath*. Przy niskich koncentracjach $X[H]$ obserwowano w centralnej plazmie niestabilności MHD typu *sawteeth*, natomiast przy wyższych koncentracjach $X[H]$ niestabilności te były nieznaczne. Wpływ niestabilności MHD na zanieczyszczenia opisany został w rozdziale 4.3.2.13. Energia, która została przeniesiona z rdzenia do zewnętrznych obszarów plazmy na skutek niestabilności typu *sawtooth*, przyczyniła się pośrednio do nasilenia sputteringu. Wyższe koncentracje wodoru powodują redukcję populacji szybkich cząstek. Ma to wpływ na osiągane centralne temperatury elektronowe podczas stosowania grzania ICRH przy dużych koncentracjach wodoru. Dlatego na tym etapie funkcjonowania tokamaka ITER konieczna jest kontrola zanieczyszczeń o wysokim Z.

4.3.2.12.3 Scenariusz grzania ICRH pierwszą harmoniczną mniejszościowych jonów wodoru ($N=1$ H) w plazmie deuterowej w modzie-H

Koncentracja jonów mniejszościowych odgrywa również rolę w scenariuszu $N=1$ H w plazmie w modzie-H [A9]. Wydajność grzania jest zależna od koncentracji wodoru, gdyż wpływa ona na absorpcję fal radiowych w plazmie. Wydajność grzania spadła z ponad 90 % przy niskich koncentracjach wodoru do około 60 % przy $X[H] = 25$ % i była o 10-20 % wyższa niż to, co zaobserwowano w plazmie w modzie-L. W reżimie H (wyższe gęstości) wydajność grzania pozostaje wysoka przy małych koncentracjach $X[H] < 5$ %. Przy większych koncentracjach $X[H]$, energia plazmy i centralna temperatura elektronowa, są zredukowane podczas gdy nachylenie profilu zanieczyszczeń rośnie. Stabilizację niestabilności typu *sawteeth* zaobserwowano przy małej koncentracji wodoru. Przetestowano różne scenariusze grzania ICRH w połączeniu z grzaniem NBI w układzie JET-ILW: grzanie mniejszościowego wodoru, grzanie mniejszościowych jonów ^3He i połączone $\text{H} + ^3\text{He}$ [C19]. Najbardziej efektywne dla grzania elektronów było grzanie mniejszościowego wodoru a mieszane dla ogólnego grzania plazmy i grzania jonów. Co jest bardzo istotne dla $\text{PICRH} > 4$ MW uzyskano redukcję zanieczyszczeń o dużym Z. W sumie grzanie mieszane okazało się najbardziej optymalne. Praca przy zbyt niskiej koncentracji $X[^3\text{He}]$ powoduje wyższe koncentracje wolframu ze względu na większe amplitudy pola elektrycznego, co powoduje zazwyczaj zwiększenie oddziaływania plazmy ze ścianą oraz niższe temperatury plazmy.

4.3.2.12.4 Trój-jonowy D-(^3He)-H scenariusz grzania ICRH

Trój-jonowy D-(^3He)-H scenariusz grzania ICRH został przetestowany w tokamaku JET-ILW. Wyniki tego eksperymentu zostały opublikowane w czasopiśmie Nature Physics [B11]

(Impact factor: 21.797 (2018)). Scenariusz ten wymaga, aby do grzania plazmy stosować częstotliwości w zakresie rezonansu cyklotronowego jonów, których stosunek ładunku (Z) do masy (A) leży pomiędzy dwoma głównymi jonami plazmy $(Z/A)^2 < (Z/A)^3 < (Z/A)^1$. W eksperymentach przeprowadzonych w tokamaku JET stosunek $H/(H+D)$ wahał się między 73-92 %, a koncentracja ^3He między 0,1-1,5 %. Okazało się, że niewielka liczba jonów ^3He (~0,2 %) może skutecznie ogrzewać plazmę dla szerokiego zakresu stosunku $H/(H+D)$. Zaobserwowano też redukcję metalicznych zanieczyszczeń [A3]. Scenariusz trój-jonowy grzania był bardzo skuteczny dla stabilizacji niestabilności typu *sawteeth*. Dla fazy +90 zaobserwowano dłuższe okresy niestabilności i wyższe temperatury centralne $T_e(0)$ w porównaniu z fazą dipolową. W tym scenariuszu koncentracja wolframu była wyższa w czasie pomiędzy pojawianiem się kolejnych niestabilności typu *sawteeth*, które powodowały zmianę transportu zanieczyszczeń. Ze względu na zredukowany czas utrzymywania szybkich jonów z powodu mniejszych wymiarów maszyny i niższego prądu plazmy w układzie ASDEX-Upgrade scenariusz trój-jonowy grzania plazmy [C8] przy skrajnie małych koncentracjach ^3He na tym tokamaku nie wykazywał tak wyraźnej skuteczności, jak w tokamaku JET. Scenariusz trój-jonowy jest więc bardzo obiecujący w przypadku zastosowania w tokamaku ITER z powodu dostępnych kilku 3-jonowych schematów grzania, które zostały przedstawione w pracy [A3].

W podpunkcie 4.3.2.13 **Wpływ aktywności magnetohydrodynamicznych (MHD)** przeanalizowano korelację pomiędzy zmianami MHD, a usuwaniem wolframu z centrum plazmy która sugeruje, że zmiana aktywności MHD jest przyczyną zmian transportu zanieczyszczeń. Niestabilności typu *fishbones* są napędzane przez szybkie jony generowane podczas grzania ICRH. Korzystny wpływ populacji szybkich jonów można zaobserwować w ewolucji transportu wolframu, podczas cyklu *sawteeth* opisanego w pracy [A6] i [C2]. Aktywność typu *fishbones* rośnie w amplitudzie, gdy profil promieniowania wolframu ulega spłaszczeniu. Wyładowania bez niestabilności typu *sawteeth* charakteryzowały się niskim promieniowaniem plazmy, małym pikowaniem profilu wolframu oraz znacznym pikowaniem gęstości elektronowej. Wyładowania bez niestabilności piłokształtnych uzyskano również poprzez zmniejszenie koncentracji mniejszościowej wodoru do około 2 % [C27], [C26]. Analiza wpływu modów NTM (*Neoclassical Tearing Modes*) na zachowanie wolframu została zamieszczona w pracy [C7].

W podpunkcie 4.3.2.14 **Przejście z reżimu L do reżimu H** przeprowadzono serię eksperymentów w celu zbadania wpływu ściany ILW na próg mocy dla przejścia L-H, w szczególności w odniesieniu do zmian w mocy promieniowania i kompozycji zanieczyszczeń [A14] w układzie JET-ILW. Badania te są ważne dla tokamaka ITER, gdzie przejście do reżimu H przewidziane jest przy dużym polu magnetycznym $B_T = 5,4$ T, małej gęstości w trybie L oraz przy ograniczonej mocy dodatkowego grzania. Straty mocy podczas przejścia do reżimu H, P_{thr} , są zdefiniowane, jako $P_{thr} = P_{heat} + P_{OH} - dW_{dia}/dt$, gdzie P_{heat} oznacza dodatkową moc grzania (NBI lub ICRH), P_{OH} - moc grzania omowego i dW_{dia}/dt - szybkość zmian energii diamagnetycznej. Wypadkowa moc przechodząca przez separatory została zdefiniowana, jako $P_{sep} = P_{thr} - P_{rad,bulk}$, gdzie $P_{rad,bulk}$ oznacza moc promieniowania z plazmy w obszarze limitera. W układzie JET ze ścianą węglową, straty mocy P_{thr} zmieniały się monotonicznie z gęstością plazmy, zgodnie ze skalowaniem ITPA (*International Tokamak Physics Activity*). Po zainstalowaniu ściany ILW zaobserwowano minimum gęstości ($n_{e,min}$) dla P_{thr} w funkcji n_e . Gęstość minimalna rosła liniowo z B_T ($n_{e,min} \sim B_T^{4/5}$). Dla gęstości plazmy poniżej $n_{e,min}$, P_{thr} gwałtownie wzrosły w wyładowaniach z grzaniem ICRH. Było to związane

z silnym wzrostem mocy promieniowania $P_{\text{rad,bulk}}$ i produkcją zanieczyszczeń przy małej gęstości plazmy. Po odjęciu tego promieniowania, wartości P_{thr} dla wyładowań grzanych NBI lub ICRH były podobne przy danej gęstości. Wynika z tego, że w urządzeniu JET-ILW próg mocy dla przejścia L-H jest niezależny od metody grzania. Ze względu na zwiększone promieniowanie z plazmy centralnej wymagana jest większa moc wejściowa grzania ICRH przy przejściu do modu-H niż było to w przypadku stosowania ściany węglowej w tokamaku JET (JET-C). W plazmie centralnej głównie promieniowały jony wolframu i niklu, przy czym promieniowanie wolframu stanowiło około 80% $P_{\text{rad,bulk}}$. W wyładowaniach z ICRH otrzymano wyższe koncentracje zanieczyszczeń, niż w przypadku grzania NBI [A15]. Największą redukcję Z_{eff} zaobserwowano dla plazmy o dużej trójkątności, parametru określającego kształt plazmy w przekroju poloidalnym.

W podpunkcie **4.3.2.15 Wpływ geometrii dywertora i kształtu plazmy** zbadano pięć różnych konfiguracji magnetycznych (konfiguracje znane w JET, jako HT3L, HT3R, HT3R, HT3R, V5L i V5) [A14], [A15] w celu zbadania wpływu czułości progu mocy dla przejścia L-H na zmiany głównego kształtu plazmy i konfiguracji dywertora w układzie JET-ILW. Dokonano tego przez zmiany w górnej (δ_U) i dolnej (δ_L) trójkątności plazmy. Okazało się, że zmiana kształtu plazmy oraz konfiguracji dywertora ma duży wpływ na P_{thr} i na zachowanie zanieczyszczeń. Koncentracja zanieczyszczeń rośnie wraz ze wzrostem trójkątności plazmy i mocy grzania ICRH [C33]. Dla tego samego poziomu mocy grzania NBI, plazma grzana ICRH charakteryzowała się większą koncentracją zanieczyszczeń. Stwierdzono liniową zależność pomiędzy Z_{eff} i P_{sep} . W stellaratorach też przewiduje się zmiany (np. w czasach utrzymywania cząsteczek i energii), zależne od wyboru konfiguracji pola magnetycznego. Zmiany powierzchni strumienia i sił termodynamicznych pochodzących od plazmy centralnej (w szczególności radialnego pola elektrycznego) mogą mieć wpływ na transport zanieczyszczeń. W pracy [A4] zbadano wpływ zmian konfiguracji magnetycznej w stellaratorze W7-X (wpływ *iota* - liczba przejść linii pola magnetycznego w kierunku poloidalnym przypadająca na jedno przejście w kierunku toroidalnym na powierzchni strumienia toroidalnego) na zachowanie zanieczyszczeń. Konfiguracje te różniły się topologią wewnętrznych wysp magnetycznych. Skan konfiguracji magnetycznej wykonywano poprzez zmiany prądów w cewkach planarnych. Wraz ze wzrostem *iota*, wyspy 5/6 (z poloidalnymi i toroidalnymi numerami modów $m=5$ i $n=6$) przesunęły się do wewnątrz plazmy. Wyraźną różnicę w intensywności linii zanieczyszczeń zaobserwowano przy zmianie mocy grzania ECRH (ang. *Electron Cyclotron Resonance Heating*). W przeprowadzonym eksperymencie obserwowano warunki CERC (ang. *Core-Electron-Root-Confinement*), charakteryzujące się profilem temperatury elektronowej T_e , z centralnym maksimum, oraz płaskimi profilami gęstości elektronowej n_e i temperatury jonowej T_i . W warunkach CERC, przy niskich gęstościach plazmy, transport ciepła elektronowego w centrum plazmy maleje, co powoduje, że $T_e \gg T_i$. W plazmie centralnej formowane jest dodatnie, radialne pole elektryczne $E_r > 0$, które ma silny wpływ, zarówno na strumień elektronów, jak i jonów. Duże wartości E_r mogą zmniejszyć jonowe i elektronowe neoklasyczne współczynniki transportu i kierować strumień zanieczyszczeń na zewnątrz. W przeprowadzonym eksperymencie zaobserwowano jednak wzrost zawartości zanieczyszczeń w centrum plazmy. Może to wskazywać na malejącą dyfuzję wraz ze wzrostem E_r (przy małej kolizyjności zanieczyszczeń) oraz na zmiany w transporcie zanieczyszczeń. Wyniki z pierwszej eksperymentalnej kampanii na stellaratorze W7-X, pokazujące, że jego konstrukcja pola magnetycznego pozwala na dobrą kontrolę prądów plazmy i transportu kolizyjnego zostały przedstawione w artykule opublikowanym w Nature Physics [B7].

W podpunkcie 4.3.2.16 **Wpływ zewnętrznego domieszkowania zanieczyszczeń** omówiono co trzeba zrobić w celu uniknięcia miejscowego przegrzania i uszkodzeń dywertyora i dlatego plazma musi być domieszkowana zewnętrznymi zanieczyszczeniami (ang. *impurity seeding*). Zewnętrzne domieszkowanie ma na celu ochłodzenie plazmy w obszarze dywertyora poprzez zwiększenie promieniowania w SOL i wokół punktu X (miejsce zerowego pola magnetycznego, gdzie przecina się separatrysa). Jeśli jednak temperatura nie zostanie znacząco obniżona, nowe zanieczyszczenia plazmy mogą prowadzić do sputteringu materiału powierzchni ściany. Jako potencjalne domieszki są brane pod uwagę gazy szlachetne, takie jak krypton (Kr), neon (Ne), argon (Ar) oraz azot (N_2). W ASDEX-upgrade Habilitantka przeanalizowała wyładowania z iniekcją samego deuteru D_2 oraz D_2 i domieszek N_2 , Ar i Kr [A10], [A2], [B23]. Zaobserwowano silny spadek koncentracji wolframu w plazmie wraz ze wzrostem ilości wstrzykiwanego D_2 . Redukcja zawartości wolframu przy różnym domieszkowaniu była skorelowana ze wzrostem lokalnej gęstości elektronowej w miejscu emisji jonów wolframu. Centralna temperatura elektronowa utrzymywała się na stałym poziomie. Przy napuszczaniu samego gazu D_2 plazma pozostawała czystsza w porównaniu z wyładowaniami z zewnętrznym domieszkowaniem, które prowadziło do wzmocnienia efektywnego sputteringu W (Y_{eff}). Koncentracja wolframu w plazmie centralnej nie była wyraźnie skorelowana z Y_{eff} , czyli ze źródłem zanieczyszczeń. Efekty transportu miały więc wpływ na zachowanie wolframu w plazmie. Dla zilustrowania specyficznych dla ICRH procesów oddziaływania plazmy ze ścianą i różnych charakterystyk anten z powłoką borową i wolframową wybrano wyładowania z domieszkowaniem N_2 [A10]. Zaobserwowano, że przyrost koncentracji wolframu, jak i przyrost mocy promieniowania na 1 MW grzania ICRH zmniejszył się wraz ze wzrostem ilości napuszczanego N_2 . Zaobserwowano dwukrotną różnicę w produkcji wolframu pomiędzy antenami z powłoką borową i wolframową. Potwierdziło to dominującą rolę wolframowego limitera anteny, jako źródła zanieczyszczeń. W tokamaku JET-ILW, w plazmie hybrydowej domieszkowanej N_2 , stacjonarne warunki można było uzyskać tylko wtedy, gdy odpowiednio wcześniej zastosowano grzanie ICRH [A9], [B26]. W przypadku wyładowań z samym grzaniem NBI, zaobserwowano stopniową akumulację zanieczyszczeń w plazmie centralnej oraz spadek temperatury elektronowej i wzrost centralnej gęstości plazmy. Profil gęstości w centrum plazmy osiągał maksimum, podczas gdy profil temperatury elektronowej był wklęsły. Było to konsekwencją silnego gromadzenia się ciężkich zanieczyszczeń w centrum plazmy. W wyładowaniach z grzaniem ICRH około 5 MW mocy tego grzania było wystarczające do utrzymania stałego nachylenia profilu temperatury i gęstości na poziomie, który był korzystny z punktu widzenia neoklasycznego ekranowania zanieczyszczeń. W wyniku zewnętrznego domieszkowania neonem, w plazmie hybrydowej grzanej NBI uzyskano trzykrotny spadek temperatury powierzchni dywertyora bez znaczącej degradacji utrzymywania plazmy [C15]. W tym samym czasie, zaobserwowano wzrost mocy promieniowania i efektywnego ładunku Z_{eff} [A5]. Iniekcja neonu z regionu dywertyora prowadzi do zwiększenia produkcji wolframu i molibdenu w procesie sputteringu. Molibden znajduje się w wewnętrznych warstwach płyt dywertyora, a więc pochodzi z tego samego źródła, co wolfram. Zachowanie tych zanieczyszczeń było również zgodne z rolą ELM-ów, których częstotliwość zmniejszała się wraz ze wzrostem ilości domieszki. W przypadku zanieczyszczeń o średnim Z, takich jak nikiel, przy większej ilości wpuszczanego gazu ich koncentracja malała. Zastosowanie tylko grzania NBI może powodować akumulację zanieczyszczeń w wyładowaniach z zewnętrznym domieszkowaniem, co w konsekwencji może prowadzić do radiacyjnego kolapsu plazmy. Przeanalizowano też wyładowania w reżimie H domieszkowane neonem, w których zastosowano łączone grzanie NBI+ICRH oraz istotną dla tokamaka ITER dużą trójkątność plazmy. Całkowita moc promieniowania, efektywny ładunek Z_{eff} i stosunek mocy

promieniowania w dywertyorze do całkowitej mocy promieniowania rosły wraz z ilością napuszczanego neonu [B24]. Zaobserwowano też spadek temperatury na płytach dywertyora i mocy docierającej do płyt. Wraz ze wzrostem ilości neonu, koncentracja wolframu, najpierw wzrosła, a następnie zmalała. W przeciwieństwie do ściany węglowej, iniekcja neonu w tokamaku JET-ILW prowadziła nie tylko do zwiększonego promieniowania w SOL i wokół punktu X, ale także do zwiększonego uwalniania wolframu i zwiększonego promieniowania w plazmie centralnej. Przeanalizowano również serię wyładowań w układzie JET-ILW z różną ilością neonu oraz paliwa gazowego D₂ [A7]. Stwierdzono, że poziom neonu powinien być modulowany w zależności od poziomu D₂, tak, aby utrzymać Z_{eff} na akceptowalnym poziomie. Częstotliwość ELM-ów malała wraz ze wzrostem ilości neonu. W eksperymencie nie zaobserwowano zmian w nachyleniu profilu gęstości zanieczyszczeń i temperatury elektronowej wraz ze spadkiem częstotliwości ELM-ów. Profil gęstości elektronowej był płaski. Przeprowadzono również porównanie wyników eksperymentu z symulacjami dla badań z domieszkowaniem azotem (N₂) w tokamaku JET-ILW. W celu zredukowania nadmiernego strumienia ciepła do płyt dywertyora w układzie JET przetestowano iniekcję N₂ dla różnych konfiguracji pola magnetycznego i scenariuszy plazmy [A11]. W przypadku plazmy o dużej trójkątności frakcja mocy promieniowania, f_{rad} , była około 0,5 podczas, gdy przy małej trójkątności $f_{\text{rad}} = 0,7$. Moc promieniowana wokół punktu X i w rejonie dywertyora była większa od mocy promieniowania w obszarze limitera dla wyładowań o małej trójkątności plazmy w porównaniu z wyładowaniami o dużej trójkątności plazmy. Różnice w poziomie ilości D₂ i N₂ powodowały różnice w gęstości w separatrixie $n_{\text{e,sep}}$ (i związanym współczynnikiem recyklingu) i dyfuzji w SOL, (D_{SOL}). W przypadku wyładowań z małą trójkątnością, połączenie większej ilości domieszki z większym $n_{\text{e,sep}}$ i D_{SOL} prowadziło do: wyższego poziomu promieniowania w SOL, wyższej gęstości plazmy w dywertyorze i niższej temperatury płyt dywertyora. W konsekwencji powodowało też: mniejsze źródła i strumień wolframu, jak również prowadziło do mniejszej mocy promieniowania i koncentracji wolframu w plazmie centralnej. Pomimo tego, że koncentracja wolframu była większa w przypadku dużej trójkątności plazmy, Z_{eff} (zdominowane przez azot) było większe w przypadku zmniejszenia trójkątności plazmy. Początkowy wzrost ilości N₂ prowadzi do silnego wzrostu koncentracji wolframu, a co za tym idzie, promieniowania plazmy. Jednak w przypadku wyższych strumieni N₂ produkcja strumienia wolframu spada. Porównując domieszkowanie neonem z domieszkowaniem azotem [B4] zaobserwowano, że neon prowadzi do nieco większego promieniowania całkowitego niż azot. Jednakże, jest to osiągane przy znacznie wyższym zanieczyszczeniu plazmy ($Z_{\text{eff}} \sim 4-5$) w przypadku neonu. Jednocześnie moc przechodząca przez separatrixę jest mniejsza w przypadku domieszkowania neonem niż w przypadku domieszkowania azotem, co wskazuje na lepszą wydajność w reżimie H dla wyładowań z azotem. Również degradacja transportu z domieszką azotu jest mniejsza niż w przypadku neonu, w szczególności w przypadku silnie ogrzewanej plazmy. Na tokamaku JET-ILW (ITER-Like Wall) przeprowadzono wiele udanych eksperymentów z wysoką mocą grzania dla scenariusza podstawowego i hybrydowego, w których gęstość plazmy była regulowana za pomocą iniekcji gazu D₂, albo przez połączenie małej ilości wpuszczanego gazu D₂ i granulek z zamrożonym paliwem deuterowym. W pracy [B2] opisano oba przypadki dla scenariusza podstawowego. Ekstrapolacja numeryczna wyników eksperymentalnych dla plazmy DT, przy zachowaniu niezmienniczej mocy wejściowej dodatkowego grzania $P_{\text{aux}} = 33$ MW, nie wykazała istotnej różnicy w odniesieniu do mocy docierającej do płyt dywertyora w przypadku plazmy DT. Ekstrapolacja przy wyższych mocach $P_{\text{aux}} = 40$ MW i oryginalnym prądzie plazmy $I_p = 3$ MA wykazała zwiększenie mocy docierającej do płyty. Przy większym prądzie plazmy $I_p = 4$ MA moc docierająca do plazmy pozostaje taka sama, chociaż temperatura płyty dywertyora uległa

nieznacznemu obniżeniu. Okazało się, że moc docierająca do płyty w obu przypadkach była zbyt duża, aby można ją było utrzymać przez około 5 s bez kontroli z użyciem domieszkowania zewnętrznego. W obu scenariuszach stosunkowo niewielki wzrost mocy promieniowania nie jest wystarczający, aby zrekompensować wzrost mocy wejściowej. Kontrola mocy docierającej do płyt dywertora może być bardziej krytyczna dla wyładowań, w których będą wstrzykiwane granulki z zamrożonym paliwem ze względu na zmniejszone promieniowanie w SOL.

II.2) Wnioski

Uzyskane wyniki mają duże znaczenie dla badań nad kontrolowaną syntezą termojądrową. Wykonane prace w dużym stopniu koncentrowały się na osiągnięciu celów pośrednich określonych w planie działania Unii Europejskiej na rzecz rozwoju termojądrowej konwersji energii. Jak już wspomniano w projekcie ITER chcemy uzyskać dodatni bilans energetyczny ($Q > 10$) omawianej reakcji a w rezultacie zapewnić przyszłym pokoleniom bezpieczny proces uzyskiwania energii z niewyczerpalnych źródeł. Przeprowadzane przez Habilitantkę badania i ich wyniki stanowią ważny wkład w rozumienie fizyki plazmy. Efekty jej pracy wykorzystywane są przez międzynarodowe zespoły badawcze do modelowania wielu rozwiązań technicznych i optymalizacji procesów fizycznych w zakresie fuzji z magnetycznym utrzymywaniem plazmy (MCF-*Magnetic Confinement Fusion*).

III. OPIS INNYCH OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH

Dr Agata Chomiczewska rozpoczęła w 2005 r. pracę w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy w Oddziale Fizyki Plazmy Wytwarzanej Laserem. Uczestniczyła w europejskim projekcie SEMINANO, a także współpracowała z Ośrodkiem Badawczym PALS w Pradze Czeskiej oraz z laboratorium Instituto Nazionale di Fisica Nucleare di Laboratori Nazionale del Sud (INFN-LNS) w Katanii na Sycylii. Przeprowadzone badania przyczyniły się do wzbogacenia wiedzy na temat procesów generacji jonów w wyniku oddziaływania wiązki laserowej z tarczą. W zależności od parametrów promieniowania laserowego i parametrów naświetlanej tarczy (materiał, kąt ustawienia) występują różne procesy generacji plazmy oraz przyspieszania jonów. Badania wykazały także, że dzięki zastosowaniu zewnętrznych pól elektrycznych jony mogą być ogniskowane i przyspieszane do energii wystarczających do zastosowania technologicznego. Zastosowanie pola elektrycznego do formowania wiązki pozwala na kontrolę strumienia jonów oraz na usunięcie z wiązki jonów o nieodpowiedniej energii i ładunku oraz jonów zanieczyszczeń. Zaimplantowane próbki poddawane były następnie badaniom materiałowym. Równolegle prowadzono badania, których celem było opracowanie metody usuwania warstw osadzonych na wewnętrznych elementach układu termojądrowego (tokamaka). Warstwy te zwane kodepozytem, zawierają cząsteczki zanieczyszczeń plazmowych i cząstki paliwa (deuter i tryt). Ze względów eksploatacyjnych, jak i ze względów bezpieczeństwa warstwy te będą musiały być usuwane z elementów wewnętrznych w komorach reaktorów nowej generacji np. w tokamaku ITER. Badania opisane artykułach [B67], [B65] przedstawiają pierwotną koncepcję usuwania warstw kodepozytu za pomocą nanosekundowych impulsów laserów Nd:YAG. Artykuł [B67] dotyczy samego procesu usuwania i jego monitorowania za pomocą jonowej diagnostyki korpuskularnej. Jako alternatywną technikę diagnostyczną zaproponowano spektroskopię optyczną, a jej przydatność została zweryfikowana eksperymentalnie w artykule [B65]. Artykuł [B65] przedstawia oszacowanie parametrów plazmy (temperatury i gęstości

elektronowej) na podstawie wyników spektroskopii optycznej. Co więcej, daje on wyraźny i ilościowy dowód na zmniejszenie widmowego składnika odpowiadającego paliwu (tj. deuterowi) w zarejestrowanych widmach w trakcie działania kolejnych impulsów laserowych. Wynik ten spowodował dalsze badania w IPPLM i innych laboratoriach z użyciem spektroskopii materiału z zastosowaniem wzbudzania laserem (metoda LIBS – *Laser-Induced Breakdown Spectroscopy*) do analizy elementów ściany wewnętrznej tokamaka. Podsumowanie i uszczegółowienie tych badań można znaleźć w [C62] i [C49], natomiast ich bezpośrednie rozwinięcie znaleźć można w [B6] i [B68], które dotyczą zastosowania LIBS dla charakterystyki wolframu, jako podstawowego materiału dla dywertyora w układzie ITER. Eksperymenty przedstawione w tych pracach nie tylko wniosły nową wiedzę w zakresie oddziaływań lasera impulsowego dużej mocy z tarczami wolframowymi, lecz również były punktem wyjścia do badania zastosowania LIBS dla tzw. materiałów mieszanych, czyli zawierających pierwiastki adekwatne dla składu ściany przyszłych reaktorów fuzyjnych. Prace takie opisane zostały m. in. w [B40] oraz w przekrojowej pracy [B49]. Efektem prac było doskonalenie metody LIBS do zastosowań fuzyjnych, a w efekcie optymalizacja jej dwuimpulsowego wariantu (DP LIBS), który został opisany m. in. w [B25].

Od 2006 roku w wyniku współpracy z ośrodkiem naukowym Culham Center for Fusion Energy (CCFE) w Wielkiej Brytanii, dr Chomiczewska zajmuje się badaniami zanieczyszczeń w urządzeniach termojądrowych typu tokamak. W rezultacie opracowano nowatorską i efektywną metodę analizy zanieczyszczeń o średnim Z w tokamaku JET [B50]. Uwzględnia ona wpływ transportu cząstek oraz wpływ temperatury i gęstości elektronowej na wyznaczone parametry. Do opracowania metody wykorzystano wyniki pomiarów spektroskopowych w zakresie VUV oraz wyniki symulacji numerycznych wykonanych przez Habilitantkę z użyciem kodu transportu zanieczyszczeń UTC-SANCO (Universal Transport Code). W analizach uwzględniono intensywności linii widmowych jonów litopodobnych niklu, żelaza i miedzi dla wielu wyładowań w plazmie, charakteryzujących się różnymi profilami gęstości i temperatury plazmy. W symulacjach uwzględniono szeroki zakres współczynników transportu dla dyfuzji - D i konwekcji - V , przy założeniu anomalnego charakteru transportu. Dla danej pary D i V symulowana intensywność linii widmowej była dopasowana do intensywności linii zmierzonej eksperymentalnie. Pozwoliło to na znalezienie liniowej zależności gęstości metalicznych zanieczyszczeń n_z , ich przyczynku do efektywnego ładunku plazmy - Δ_{Zeff} oraz do współczynnika rozrzedzenia plazmy - Δ_{nHDT} , od temperatury elektronowej. Nowo opracowana metoda została wykorzystana do badania zanieczyszczeń niklowych w tokamaku JET ze ścianą węglową. Najważniejsze wyniki zostały opublikowane w pracy [B44]. Problematyka ta weszła w zakres pracy doktorskiej Habilitantki zatytułowanej „*Badanie zanieczyszczeń plazmy termojądrowej w tokamaku JET z zastosowaniem nowej techniki spektroskopowej z zakresu VUV*”. Obrona pracy doktorskiej odbyła się 17 kwietnia 2012 r., a w dniu 12 czerwca 2012 r. Rada Naukowa Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku podjęła uchwałę o nadaniu Habilitantce tytułu doktora nauk fizycznych. Po uzyskaniu stopnia doktora nastąpiła intensyfikacja działalności naukowej w tej dziedzinie. Zaowocowało to współpracą z innymi ośrodkami naukowymi w Europie. Dzięki temu prowadzono badania nad kontrolowaną syntezą termojądrową na tokamaku ASDEX-Upgrade w Niemczech i TCV w Szwajcarii.

Od 2008 roku dr Chomiczewska jest zaangażowana w prace związane z opracowaniem i budową diagnostyki PHA (Pulse Height Analysis) [B30], [C38], [C50] dla stelleratora Wendelstein 7- X (W7-X) działającego w miejscowości Greifswald w Niemczech. We wstępnej fazie projektowania diagnostyki dr Chomiczewska była zaangażowana w symulacje numeryczne przy użyciu kodu RayX [C37], [C38], [B29]. Intensywność i kształt widma rentgenowskiego były symulowane dla scenariuszy plazmy o różnych profilach temperatury i

gęstości elektronowej oraz przy różnych poziomach mocy grzania ECRH. W symulacjach badano wpływ geometrii układu diagnostycznego (rozmiar szczeliny, rozmiar detektora, położenie komponentów), czas akwizycji, a także rodzaj i grubości filtrów. W wyniku symulacji uzyskano informacje na temat liczby fotonów docierających do detektora oraz prądzie generowanym wewnątrz detektora. Symulacje okazały się istotne w procesie optymalizacji poszczególnych części diagnostyki. Po przeprowadzeniu testów laboratoryjnych [B30], diagnostyka PHA została zainstalowana na W7-X w drugiej połowie 2014 r. System pomiarowy PHA został włączony do grupy diagnostyk plazmy mierzących zanieczyszczenia plazmy centralnej [B34], [B28]. Stellarator W7-X rozpoczął działalność pod koniec 2015 roku. Pierwsza faza operacyjna (OP1.1) została przeprowadzona przy użyciu helu i wodoru jako gazów roboczych. Wstępne eksperymenty poświęcone były uruchomieniu, testom i optymalizacji systemów diagnostycznych [B20], [B22]. Podczas pierwszej kampanii eksperymentalnej udało się zidentyfikować wiele linii spektralnych pochodzących od różnych zanieczyszczeń plazmy (S, Cl, Ar i Ne) [B6]. Pozwoliło to na badanie zachowania zanieczyszczeń podczas zmian konfiguracji pola magnetycznego [A4]. Diagnostyka PHA została wykorzystana także do wyznaczenia temperatury elektronowej plazmy [B10] oraz estymacji efektywnego ładunku Z_{eff} z porównania widma eksperymentalnego z teoretycznym. W drugiej fazie pracy na układzie W7-X (OP1.2a) z węglowym dywertorem w wyniku dalszej optymalizacji diagnostyki zarejestrowano i zidentyfikowano linie lekkich pierwiastków (C i O), a także linie pochodzące od pierwiastków o średnim Z (Cr, Fe, Ni i Cu). Podczas eksperymentu z LBO (laser blow off) i TESPEL (*Tracer Encapsulated Solid Pellet*) zidentyfikowano dodatkowo linie Si, Ti, V, Mn, Mo i W.

Dr Chomiczewska w ramach międzynarodowego zadania EUROfusion „WP18.S1.A1.T4 (Qualifications of TESPEL for W7-X OP1.2b: experiments and analysis on TJ-II and LHD and preparation for W7-X”, uczestniczyła w eksperymentach na dużym urządzeniu termojądrowym (układ heliakalny) LHD (Large Helical Device). Głównym celem tych eksperymentów była kwalifikacja systemu TESPEL do badania transportu zanieczyszczeń w W7-X, a także badanie zanieczyszczeń podczas pierwszej kampanii eksperymentalnej z plazmą deuterową w LHD. Charakterystykę transportu zanieczyszczeń wykonywano dla różnych scenariuszy grzania (z NBI, z ECRH i NBI+ECRH) i gęstości plazmy. Badania wykazały, że czas zaniku ciężkich jonów (V, Mn i Fe) jest skorelowany z gęstością elektronową i rodzajem plazmy (wodór i deuter) [C3].

W latach 2012-2013 w IFPiLM Dr Chomiczewska była kierownikiem projektu EFDA „High Power ICRH operation with metallic plasma facing components”, realizowanego w ramach współpracy międzynarodowej na tokamaku ASDEX-Upgrade. Od 2013 r. jest krajowym koordynatorem naukowym projektu badawczego EUROfusion WPJET1: JET Experimental Campaigns. Jest odpowiedzialna za organizowanie działań wykonywanych przez naukowców z ośrodków w całej Polsce na rzecz badań prowadzonych na tokamaku JET. W 2014 r. powierzono jej także funkcję krajowego koordynatora naukowego projektu badawczego EUROfusion WPMST1: Medium-Size Tokamak Campaigns, w ramach, którego polscy naukowcy uczestniczą w kampaniach eksperymentalnych na tokamaku ASDEX-Upgrade, TCV i MASTU.

W 2017 r. konsorcjum EUROfusion powołało ją na międzynarodowego koordynatora naukowego zadania badawczego w JET „T17-06: Impact of ICRH on impurities for optimisation of scenarios”. Projekt ten będzie realizowany do 2020 r. W pracach nad nim uczestniczy międzynarodowy zespół fizyków z Belgii, Francji, Niemiec, Polski, Wielkiej Brytanii, Włoch i USA. Celem tego zadania jest przegląd empirycznych metod optymalizacji ICRH. Opracowanie i walidacja modeli teoretycznych, pola elektrycznego wytwarzanego

wokół anten ICRH, efektu RF-sheath i erozji ścian. Ma to na celu zarekomendowanie optymalizacji, które jeszcze nie były stosowane w JET.

Dr Chomiczewska jest współautorką 69 publikacji naukowych w międzynarodowych czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC). Ponadto 63 publikacje z jej udziałem ukazały się w międzynarodowych czasopismach innych niż w wyżej wymienionej bazie. Brała aktywny udział w międzynarodowych konferencjach naukowych i szkołach fizyki plazmy, na których łącznie wygłosiła 9 referatów i zaprezentowała 13 plakatów naukowych. Oprócz tego, jest współautorką ok. 60 doniesień konferencyjnych (posterów i wystąpień ustnych) prezentowanych przez jej współpracowników.

Wygłosiła też 38 referatów na seminariach i spotkaniach organizowanych w kraju i za granicą. Liczba cytowań jej publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 1274, (bez autocytowań 994), według bazy Scopus 1415, (bez autocytowań 1161). Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) wynosi 19 a według bazy Scopus 21.

IV. Wybrane publikacje związane z tematyką przedstawionej monografii habilitacyjnej.

- [A1] A. Czarnecka, N. Krawczyk, P. Jacquet, E. Lerche, V. Bobkov, C. Challis, D. Frigione, J. Graves, K. D. Lawson, M.J. Mantsinen, L. Meneses, E. Pawelec, T. Pütterich, M. Sertoli, M. Valisa, D. Van Eester, and JET Contributors, 2019, **Analysis of metallic impurity content by means of VUV and SXR diagnostics in hybrid discharges with hot-spots on the JET-ILW poloidal limiter**, *Plasma Physics and Controlled Fusion*, 61, 085004
- [A2] A. Czarnecka, 2018, **Polish involvement in experimental campaigns at European tokamaks in context of plasma impurity studies**, *Proc. of SPIE Vol. 10808* 108084B-1
- [A3] A. Czarnecka, 2018, **Studies of impurities behaviour for the optimization of plasmas and heating scenarios at tokamaks in perspective for ITER**, *Problems of atomic science and technology*, № 6. Series: Plasma Physics (118), p. 54-58
- [A4] A. Czarnecka, T. Fornal, M. Gruca, N. Krawczyk, M. Kubkowska, S. Jabłońska, L. Ryc, T. Andreeva, A. Alonso, R. Burhenn, B. Buttenschön, A. Dinklage, M. Jakubowski, M. Krychowiak, R. König, N. Pablant, H. Thomsen, D. Zhang, the W7-X team, 2018, **Study of impurity behaviour for first magnetic configuration changes in W7-X plasmas by means of PHA spectra**, *Fusion Engineering and Design* 136, 1286-129
- [A5] N. Krawczyk, A. Czarnecka, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, C. Challis, D. Frigione, C. Giroud, J. Graves, M. J. Mantsinen, S. Silburn, and JET Contributors, (2018), **Application of the VUV and the soft x-ray systems on JET for the study of intrinsic impurity behavior in neon seeded hybrid discharges**, *Review of Scientific Instruments* 89, 10D131
- [A6] M. Goniche, R. Dumont, V. Bobkov, P. Buratti, S. Brezinsek, F. Casson, C. Challis, L. Colas, A. Czarnecka, N. Fedorczak, J. Garcia, C. Giroud, M. Graham, J. P. Graves, P. Jacquet, E. Lerche, P. Mantica, I. Monakhov, P. Monier-Garbet, M.F.F. Nave, C. Noble, I. Nunes, T. Pütterich, F. Rimini, M. Valisa, D. Van Eester and JET Contributors, 2017, **Ion Cyclotron Resonance Heating for tungsten control in various JET H-mode scenarios**, *Plasma Physics Controlled Fusion* 59, 055001

- [A7] G Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, S. Brezinsek, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, C. Giroud, A. Huber, S. Wiesen, M. Wischmeier, 2017, **Simulation of JET ITER-Like Wall pulses at high neon seeding rate** Nuclear Fusion 57, 126021
- [A8] V. Bobkov, D. Aguiam, M. Baruzzo, D. Borodin, I. Borodkina, S. Brezinsek, I. Coffey, L. Colas, **A. Czarnecka**, E. Delabie, P. Dumortier, F. Durodie, R. Dux, H. Faugel, H. Fünfgelder, C. Giroud, M. Goniche, J. Hobirk, A. Herrmann, J. Jacquet, Ph. Jacquet, A. Kallenbach, A. Krivska, C.C. Klepper, E. Lerche, S. Menmuir, D. Milanese, R. Maggioral, I. Monakhov, F. Nave, R. Neu, J.-M. Noterdaeme, R. Ochoukov, Th. Pütterich, M. Reinke, A. Tuccillo, O. Tudisco, D. Van Eester, Y. Wang, Q. Yang, W. Zhang, ASDEX Upgrade Team, the EUROfusion MST1 Team and JET contributors, 2017, **Progress in reducing ICRF-specific impurity release in ASDEX upgrade and JET**, Nuclear Materials and Energy 12, 1194–1198
- [A9] E. Lerche, M. Goniche, P. Jacquet, D. Van Eester, V. Bobkov, L. Colas, C. Giroud, I. Monakhov, F. Rimini, M. Baruzzo, T. Blackman, S. Brezinsek, M. Brix, F. Casson, **A. Czarnecka**, K. Crombé, C. Challis, R. Dumont, J. Eriksson, N. Fedorczak, M. Graham, J. Graves, G. Gorini, J. Hobirk, E. Joffrin, T. Johnson, Y. Kazakov, V. Kiptily, A. Krivska, M. Lennholm, P. Lomas, C. Maggi, P. Mantica, G. Mathews, M.-L. Mayoral, L. Meneses, J. Mlynar, P. Monier-Garbet, M. F. Nave, C. Noble, M. Nocente, I. Nunes, J. Ongena, G. Petravich, V. Petrzilka, T. Pütterich, M. Reich, M. Santala, E. Solano, A. Shaw, G. Sips, M. Tardocchi, M. Tsalas, M. Valisa and JET Contributors, 2016, **Optimization of ICRH for core impurity control in JET-ILW**, Nuclear Fusion 56, 036022
- [A10] **A. Czarnecka**, V. Bobkov, R. Dux, T. Pütterich, M. Sertoli, 2015, **Trends of W behaviour in ICRF assisted discharges in ASDEX Upgrade**, Journal of Nuclear Materials Volume 463, Pages 601-604
- [A11] G. Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagorski, S. Brezinsek, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, C. Giroud, S. Marsen, M. Wischmeier and JET EFDA contributors, 2015, **Numerical Simulations of JET Discharges with the ITER-Like Wall for Different Nitrogen Seeding Scenarios**, Journal of Nuclear Materials 463, 577-581
- [A12] M.-L. Mayoral, V. Bobkov, **A. Czarnecka**, I. Day, A. Ekedahl, P. Jacquet, M. Goniche, R. King, K. Kirov, E. Lerche, J. Mailloux, D. Van Eester, O. Asunta, C. Challis, D. Ciric, J.W. Coenen, L. Colas, C. Giroud, M. Graham, I. Jenkins, E. Joffrin, T. Jones, D. King, V. Kiptily, C.C. Klepper, C. Maggi, R. Maggiora, F. Marcotte, G. Matthews, D. Milanese, I. Monakhov, M. Nightingale, R. Neu, J. Ongena, T. Pütterich, V. Riccardo, F. Rimini, J. Strachan, E. Surrey, V. Thompson, G. Van Rooij and JET EFDA Contributors, 2014, **On the challenge of plasma heating with the JET metallic wall**, Nuclear Fusion 54, 033002
- [A13] E. Lerche, D. Van Eester, P. Jacquet, M.-L. Mayoral, V. Bobkov, L. Colas, **A. Czarnecka**, K. Crombé, I. Monakhov, F. Rimini, M. Santala and JET-EFDA Contributors, 2014, **Impact of minority concentration on fundamental (H)D ICRF heating performance in JET-ILW**, Nuclear Fusion 54, 073006
- [A14] C. F. Maggi, E. Delabie, T. M. Biewer, M. Groth, N. C. Hawkes, M. Lehnen, E. de la Luna, K. Mc. Cormick, C. Reux, F. Rimini, E. R. Solano, Y. Andrew, C. Bourdelle, V. Bobkov, M. Brix, G. Calabro, **A. Czarnecka**, J. Flanagan, E. Lerche, S. Marsen, I. Nunes, D. Van Eester, M. F. Stamp and JET EFDA Contributors, 2014, **L-H power threshold studies in JET with Be/W and C wall**, Nuclear Fusion 54, 023007
- [A15] **A. Czarnecka**, V. Bobkov, I. H. Coffey, L. Colas, P. Jacquet, K. D. Lawson, E. Lerche, C. Maggi, M.-L. Mayoral, T. Pütterich, D. Van Eester, and JET-EFDA

- contributors, 2014, **Spectroscopic Investigation of Heavy Impurity Behaviour During ICRH with the JET ITER-Like Wall**, AIP Conf. Proceedings 1580, 227-230
- [A16] T. Pütterich, R. Dux, R. Neu, M. Bernert, M. N. A. Beurskens, V. Bobkov, S. Brezinsek, C. Challis, J. W. Coenen, I. Coffey, **A. Czarnecka**, C. Giroud, P. Jacquet, E. Joffrin, A. Kallenbach, M. Lehnen, E. Lerche, E. de la Luna, S. Marsen, G. Matthews, M-L. Mayoral, R. M. McDermott, A. Meigs, J. Mlynar, M. Sertoli, G. van Rooij, 2013, **Observations on the W-transport in the core plasma of JET and ASDEX Upgrade**, Plasma Physics and Control. Fusion 55, 124036
- [A17] V. Bobkov, G. Arnoux, S. Brezinsek, J.W. Coenen, L. Colas, M. Clever, **A. Czarnecka**, F. Braun, R. Dux, A. Huber, P. Jacquet, C. Klepper, E. Lerche, C. Maggi, F. Marcotte, M. Maslov, G. Matthews, M.L. Mayoral, K. Mc Cormick, A. Meigs, D. Milanese, I. Monakhov, R. Neu, J.-M. Noterdaeme, Th. Pütterich, F. Rimini, G. VanRooij, G. Sergienko, D. VanEester, 2013, **ICRF specific plasma wall interactions in JET with the ITER-like wall**, Journal of Nuclear Materials 438, S160–S165
- [A18] D. Kalupin, I. Ivanova-Stanik, I. Voitsekhovitch, J. Ferreira, D. Coster, L.L. Alves, Th. Anie, J.F. Artaud, V. Basiuk, João P.S. Bizarro, R. Coelho, **A. Czarnecka**, Ph. Huynh, A. Figueiredo, J. Garcia, L. Garzotti, F. Imbeaux, F. K"och, M.F. Nave, G. Pereverzev, O. Sauter, B.D. Scott, R. Stankiewicz, P. Strand, 2013, **Numerical analysis of JET discharges with the European Transport Simulator**, Nuclear Fusion 53, 123007
- [A19] E. Lerche, D. Van Eester, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M.-L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, G. Sergienko, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, V. Vdovin, T. Versloot, I. Voitsekhovitch, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2012, **Experimental investigation of ICRF heating scenarios for ITER's half-field Hydrogen phase performed in JET**, Plasma Physics Controlled Fusion 54, 074008

IV.1 Publikacje niewchodzące w skład osiągnięcia naukowego.

IV.1.1 Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC)

- [B1] L. Garzotti, C. Challis, R. Dumont, D. Frigione, J. Graves, E. Lerche, J. Mailloux, M. Mantsinen, F. Rimini, F. Casson, **A. Czarnecka**, J. Eriksson, R. Felton, L. Frassinetti, D. Gallart, J. Garcia, C. Giroud, E. Joffrin, H.-T. Kim, N. Krawczyk, M. Lennholm, P. Lomas, C. Lowry, L. Meneses, I. Nunes, M. Romanelli, S. Sharapov, S. Silburn, A. Sips, E. Stefániková, M. Tsalas, D. Valcarcel, M. Valovič and JET contributors, 2019, **Scenario development for DT operation at JET**, Nuclear Fusion, 59, 076037
- [B2] G. Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, S. Brezinsek, P. J. Carvalho, **A. Czarnecka**, C. Giroud, A. Huber, E. Lerche, S. Wiesen and JET contributors, 2019, **COREDIV numerical simulation of high neutron rate JET-ILW DD pulses in view of extension to JET-ILW DT experiments**, Nuclear Fusion 59, 056026

- [B3] V. Bobkov, D. Aguiam, R. Bilato, S. Brezinsek, L. Colas, **A. Czarnecka**, P. Dumortier, R. Dux, H. Faugel, H. Fünfgelder, Ph. Jacquet, A. Kallenbach, A. Krivska, C.C. Klepper, E. Lerche, Y. Lin, D. Milanese, R. Maggiora, I. Monakhov, R. Neu, J.-M. Noterdaeme, R. Ochoukoa, Th. Pütterich, M. Reinke, W. Tierens, A. Tuccillo, O. Tudisco, D. Van Eester, J. Wright, S. Wukitch, W. Zhang, the ASDEX Upgrade Team, the Alcator C-Mod Team, the EUROfusion MST1 Team, JET contributors, 2019, **Impact of ICRF on the scrape-off layer and on plasma wall interactions: From present experiments to fusion reactor**, Nuclear Materials and Energy 18 (2019) 131–140
- [B4] R. Zagorski, **A. Czarnecka**, I. Ivanova-Stanik, C. Challis, 2018, Modelling of JET DT experiments in ILW configurations, Contributions to Plasma Physics 58, 739–745
- [B5] M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, T. Fornal, M. Gruca, S. Jabłoński, N. Krawczyk, L. Ryć, R. Burhenn, B. Buttenschön, B. Geiger, O. Grulke, A. Langenberg, O. Marchuk, K. J. McCarthy, U. Neuner, D. Nicolai, N. Pablant, B. Schweer, H. Thomsen, Th. Wegner, P. Drews, K.-P. Hollfeld, C. Killer, Th. Krings, G. Offermanns, G. Satheeswaran, F. Kunkel, and W7- X team, 2018, **Plasma impurities observed by a pulse height analysis diagnostic during the divertor campaign of the Wendelstein 7-X stellarator**, Review of Scientific Instruments 89, 10F111
- [B6] M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, T. Fornal, M. Gruca, N. Krawczyk, S. Jabłoński, L. Ryć, H. Thomsen, K. J. McCarthy, C. Biedermann, B. Buttenschön, A. Alonso, R. Burhenn, W7-X team, 2018, **First Results from the Soft X-ray Pulse Height Analysis System on Wendelstein 7-X Stellarator**, Fusion Engineering and Design 136, 58-62
- [B7] A. Dinklage, C. D. Beidler, P. Helander, G. Fuchert, H. Maaßberg, K. Rahbarnia, T. Sunn Pedersen, Y. Turkin, R. C. Wolf, A. Alonso, T. Andreeva, B. Blackwell, S. Bozhnikov, B. Buttenschön, **A. Czarnecka**, F. Effenberg, Y. Feng, J. Geiger, M. Hirsch, U. Höfel, M. Jakubowski, T. Klinger, J. Knauer, G. Kocsis, A. Krämer-Flecken, M. Kubkowska, A. Langenberg, H. P. Laqua, N. Marushchenko, A. Mollén, U. Neuner, H. Niemann, E. Pasch, N. Pablant, L. Rudischhauser, H. M. Smith, O. Schmitz, T. Stange, T. Szepesi, G. Weir, T. Windisch, G. A. Wurden, D. Zhang and the W7-X Team, 2018, **Magnetic configuration effects on the Wendelstein 7-X stellarator**, Nature Physics 14, 55–860
- [B8] D. Gallart, M. J. Mantsinen, C. Challis, D. Frigione, J. Graves, E. Belonohy, F. Casson, **A. Czarnecka**, J. Eriksson, J. Garcia, M. Goniche, C. Hellesen, J. Hobirk, P. Jaquet, E. Joffrin, N. Krawczyk, D. King, M. Lennholm, E. Lerche, E. Pawelec, X. Sáez, M. Sertoli, G. Sips, E. Solano, M. Tsalias, P. Vallejos, M. Valisa, and JET Contributors, 2018, **Modelling of JET hybrid plasmas with emphasis on performance of combined ICRF and NBI heating**, Nuclear Fusion 58, 106037
- [B9] R. J. Dumont, J. Mailloux, V. Aslanyan, M. Baruzzo, C.D. Challis, I. Coffey, **A. Czarnecka**, E. Delabie, J. Eriksson, J. Faustin, J. Ferreira, M. Fitzgerald, J. Garcia, L. Giacomelli, C. Giroud, N. Hawkes, Ph. Jacquet, E. Joffrin, T. Johnson, D. Keeling, D. King, Kiptily, B. Lomanowski, E. Lerche, M. Mantsinen, L. Meneses, S. Menmuir, K. Mc. Clements, S. Moradi, F. Nabais, M. Nocente, A. Patel, H. Patten, P. Puglia, R. Scannell, S. Sharapov, E. R. Solano, M. Tsalias, P. Vallejos, H. Weisen and JET contributors, 2018, **Scenario development for the observation of alpha-driven instabilities in JET DT plasmas**, Nucl. Fusion 58, 082005
- [B10] N. Krawczyk, M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, S. Jablonski, M. Gruca, T. Fornal, L. Ryć, H. Thomsen, G. Fuchert, W7-X team, 2018, **Electron temperature**

- estimation using the Pulse Height Analysis system at Wendelstein 7-X stellarator, Fusion Engineering and Design 136, 1291-1294
- [B11] Ye. O. Kazakov, J. Ongena, J. C. Wright, S. J. Wukitch, E. Lerche, M. J. Mantsinen, D. Van Eester, T. Craciunescu, V. G. Kiptily, Y. Lin, M. Nocente, F. Nabais, M. F. F. Nave, Y. Baranov, J. Bielecki, R. Bilato, V. Bobkov, K. Crombé, A. Czarnecka, J. M. Faustin, R. Felton, M. Fitzgerald, D. Gallart, L. Giacomelli, T. Golfinopoulos, A. E. Hubbard, Ph. Jacquet, T. Johnson, M. Lennholm, T. Loarer, M. Porkolab, S. E. Sharapov, D. Valcarcel, M. Van Schoor, H. Weisen, The Alcator C-Mod Team & JET Contributors, 2017, **Efficient generation of energetic ions in multi-ion plasmas by radio-frequency heating**, Nature Physics 13, 973
- [B12] G. Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, S. Brezinsek, A. Czarnecka, P. Drewelow, C. Giroud, A. Huber, S. Wiesen, M. Wischmeier, JET contributors, 2017, **High power neon seeded JET discharges: Experiments and simulations**, Nuclear Materials and Energy 12, 882-886
- [B13] R. C. Wolf, (A. Czarnecka), et al., 2017, **Major results from the first plasma campaign of the Wendelstein 7-X stellarator**, Nuclear Fusion 57, 102020
- [B14] A. Kallenbach, (A. Czarnecka), et al., 2017, **Overview of ASDEX Upgrade results**, Nuclear Fusion 57, 102015
- [B15] H. Mayer, (A. Czarnecka), et al., 2017, **Overview of progress in European medium sized tokamaks towards an integrated plasma-edge/wall solution**, Nuclear Fusion 57, 102014
- [B16] X. Litaudon, (A. Czarnecka), et al., 2017, **Overview of the JET results in support to ITER**, Nuclear Fusion 57, 102001
- [B17] M. Hirsch, A. Dinklage, A. Alonso, G. Fuchert, S. Bozhnikov, U. Höfel, T. Andreeva, J. Baldzuhn, M. Beurskens, H.-S. Bosch, C.D. Beidler, C. Biedermann, E. Blanco, R. Brakel, R. Burhenn, B. Buttenschön, A. Cappa, A. Czarnecka, M. Endler, T. Estrada, T. Fornal, J. Geiger, O. Grulke, J.H. Harris, D. Hartmann, M. Jakubowski, T. Klinger, J. Knauer, G. Kocsis, R. König, P. Kornejew, A. Krämer-Flecken, N. Krawczyk, M. Krychowiak, M. Kubkowska, I. Książek, A. Langenberg, H.P. Laqua, S. Lazerson, H. Maaßberg, N. Marushchenko, S. Marsen, Moncada, D. Moseev, D. Naujoks, M. Otte, N. Pablant, E. Pasch, F. Pisano, K. Rahbarnia, T. Schröder, T. Stange, L. Stephey, T. Szepesi, T. Sunn Pedersen, H. Trimino Mora, H. Thomsen, H. Tsuchiya, Yu. Turkin, T. Wauters, G. Weir, U. Wenzel, A. Werner, R. Wolf, G.A. Wurden, D. Zhang and the W7-X Team, 2017, **Confinement in Wendelstein 7-X limiter plasmas**, Nucl. Fusion 57, 086010
- [B18] S. Coda, (A. Czarnecka), et al., 2017, **Overview of the TCV Tokamak Program: Scientific Progress and Facility Upgrades**, Nuclear Fusion 57, 102011
- [B19] T. Sunn Pedersen, (A. Czarnecka), et al., 2016, **Confirmation of the topology of the Wendelstein7-X magnetic field to better than 1:100,000**, NATURE COMMUNICATIONS 7, 13493
- [B20] M. Krychowiak, A. Adnan, A. Alonso, T. Andreeva, J. Baldzuhn, T. Barbui, M. Beurskens, W. Biel, C. Biedermann, B. D. Blackwell, H. S. Bosch, S. Bozhnikov, R. Brakel, T. Bräuer, B. Brotas de Carvalho, R. Burhenn, B. Buttenschön, A. Cappa, G. Cseh, A. Czarnecka, A. Dinklage, P. Drews, A. Dzikowicka, F. Effenberg, M. Endler, V. Erckmann, T. Estrada, O. Ford, T. Fornal, H. Frerichs, G. Fuchert, J. Geiger, O. Grulke, J. H. Harris, H. J. Hartfuß, D. Hartmann, D. Hathiramani, M. Hirsch, U. Höfel, S. Jabłoński, M. W. Jakubowski, J. Kaczmarczyk, T. Klinger, S. Klose, J. Knauer, G. Kocsis, R. König, P. Kornejew, A. Krämer-Flecken, N. Krawczyk, T. Kremeyer, I. Książek, M. Kubkowska, A. Langenberg, H. P. Laqua, M.

Laux, S. Lazerson, Y. Liang, S. C. Liu, A. Lorenz, A. O. Marchuk, S. Marsen, V. Moncada, D. Naujoks, H. Neilson, O. Neubauer, U. Neuner, H. Niemann, J. W. Oosterbeek, M. Otte, N. Pablant, E. Pasch, T. Sunn Pedersen, F. Pisano, K. Rahbarnia, L. Ryc, O. Schmitz, S. Schmuck, W. Schneider, T. Schröder, H. Schuhmacher, B. Schweer, B. Standley, T. Stange, L. Stephey, J. Svensson, T. Szabolics, T. Szepesi, H. Thomsen, J.-M. Traverso, H. Trimino Mora, H. Tsuchiya, G. M. Weir, U. Wenzel, A. Werner, B. Wiegel, T. Windisch, R. Wolf, G. A. Wurden, D. Zhang, A. Zimbal, S. Zoletnik, and W7-X Team, 2016, **Overview of diagnostic performance and results for the first operation phase in Wendelstein 7-X**, Review of Scientific Instruments 87, 11D304

- [B21] N. B. Marushchenko, A. Dinklage, A. Alonso, J. Baldzuhn, C. D. Beidler, C. Biedermann, B. Blackwell, S. Bozhnikov, R. Brakel, B. Buttenschön, Y. Feng, G. Fuchert, J. Geiger, M. Hirsch, U. Hoefel, J. Knauer, A. Krämer-Flecken, A. Langenberg, H. P. Laqua, M. Landreman, H. Maassberg, N.A. Pablant, E. Pasch, K. Rahbarnia, L. Rudischhauser, T. Stange, L. Stephey, H. Trimino-Mora, Yu. Turkin, J.-L. Velasco, G. Wurden, D. Zhang, T. Andreeva, M. Beurskens, E. Blanco, H.-S. Bosch, R. Burhenn, A. Cappa, **A. Czarnecka**, M. Dostal, P. Drews, M. Endler, T. Estrada, T. Fornal, O. Grulke, D. Hartmann, J.H. Harris, P. Helander, M. Jakubowski, T. Klinger, S. Klose, G. Kocsis, R. König, P. Kornejew, N. Krawczyk, M. Krychowiak, M. Kubkowska, I. Kiazek, S. Lazerson, Y. Liang, S. Liu, O. Marchuk, S. Marsen, V. Moncada, D. Moseev, D. Naujoks, H. Niemann, M. Otte, T.S. Pedersen, F. Pisano, K. Riße, T. Rummel, O. Schmitz, S. Satake, H. Smith, T. Schröder, T. Szepesi, H. Thomsen, P. Traverso, M. Tsuchiya, N. Wang, T. Wauters, G. Weir, R. Wolf, M. Yokoyama and the W7-X Team, 2016, **Main results of the first experimental campaign in the stellarator W7-X**, Problems of Atomic Science and Technology, 106 (6), 3-8
- [B22] N. Krawczyk, C. Biedermann, **A. Czarnecka**, T. Fornal, S. Jablonski, J. Kaczmarczyk, M. Kubkowska, F. Kunkel, K. J. McCarthy, L. Ryc, H. Thomsen, A. Weller, W7-X team, 2017, **Commissioning and first operation of the pulse-height analysis diagnostic on Wendelstein 7-X stellarator**, Fusion Engineering and Design 123, 1006-1010
- [B23] K. Gałazka, I. Ivanova-Stanik, M. Bernert, **A. Czarnecka**, A. Kallenbach, R. Zagórski, and the ASDEX Upgrade Team, 2016, **Impurity seeding in ASDEX Upgrade tokamak modeled by COREDIV code**, Contributions to Plasma Physics 56, 772
- [B24] G. Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, S. Brezinsek, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, C. Giroud, A. Huber, S. Wiesen, and JET EFDA contributors, 2016, **Core-SOL Modelling of Neon Seeded JET Discharges with the ITER-like Wall**, Contributions to Plasma Physics 56, 748
- [B25] S. Almagia, L. Caneve, F. Colao, G. Maddaluno, N. Krawczyk, **A. Czarnecka**, P. Gasior, M. Kubkowska and M. Lepek, 2016, **Measurements of deuterium retention and Surface elemental composition with double pulse laser induced breakdown spectroscopy**, Phys. Scr. T167, 014043
- [B26] R. Zagórski, I. Ivanova-Stanik, **A. Czarnecka**, G. Telesca, S. Brezinsek, 2015, **Influence of Seeding and SOL Transport on Plasma Parameters in JET ITER-Like Wall H-Mode Discharges**, Journal of Nuclear Materials Volume 463, Pages 649-653 (2015)
- [B27] H. Zohm, (**A. Czarnecka**), et. al., 2015, **Recent ASDEX Upgrade research in support of ITER and DEMO**, Nuclear Fusion 55, 104010

- [B28] R. Köning, W. Biel, C. Biedermann, R. Burhenn, G. Cseh, **A. Czarnecka**, M. Endler, T. Estrada, O. Grulke, D. Hathiramani, M. Hirsch, S. Jabłonski, M. Jakubowski, J. Kaczmarczyk, G. Kocsis, P. Kornejew, M. Krychowiak, M. Kubkowska, A. Langenberg, M. Laux, Y. Liang, Lorenz, O. Neubauer, M. Otte, N. Pablant, E. Pasch, T. S. Pedersen, O. Schmitz, W. Schneider, H. Schuhmacher, B. Schweer, H. Thomsen, T. Szepesi, B. Wiege, T. Windisch, S. Wolf, G. Wurden, D. Zhang, S. Zoletnik, 2015, **The Set of Diagnostics for the First Operation Campaign of the Wendelstein 7-X Stellarator**, JINST 10, P10002
- [B29] S. Jabłonski, **A. Czarnecka**, J. Kaczmarczyk, M. Kubkowska, L. Ryc, A. Weller, C. Biedermann, R. Köning, 2015, **Simulation of PHA soft x-ray spectra expected from W7-X S**, JINST 10, P10021
- [B30] M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, W. Figacz, S. Jabłoński, J. Kaczmarczyk, N. Krawczyk, L. Ryc, C. Biedermann, R. Koenig, H. Thomsen, A. Weller and W7-X team, 2015, **Laboratory tests of the Pulse Height Analysis System for Wendelstein 7-X**, JINST 10, P10016
- [B31] F. Romanelli, (**A. Czarnecka**), et. al., 2015, **Overview of the JET results** Nucl. Fusion 55, 104001
- [B32] K. D. Lawson, M. Groth, P. Belo, S. Brezinsek, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, D. Harting, Książek, C. F. Maggi, A. G. Meigs, S. Menmuir, M. F. Stamp & JET-EFDA, 2015, **Improved EDGE2D/EIRENE simulations of JET ITER-like wall L-mode discharges utilizing poloidal VUV/visible spectral emission profiles**, Journal of Nuclear Materials 463, 582-58
- [B33] E. Lerche M. Goniche, D. Van Eester, P. Jacquet, V. Bobkov, L. Colas, S. Brezinsek, **A. Czarnecka**, M. Graham, M. Groth, I. Monakhov, C. Noble, F. Rimini A. Shaw, JET-EFDA Contributors, 2015, **Impact of gas injection on ICRF coupling and SOL parameters in JET-ILW H-mode plasmas**, Journal of Nuclear Materials 463, 634-639
- [B34] R. König, W. Biel, C. Biedermann, R. Burthenn, G. Cseh, **A. Czarnecka**, M. Endler, T. Estrada, O. Grulke, D. Hathiramani, M. Hirsch, S. Jablonski, M. Jakubowski, J. Kaczmarczyk, W. Kasperek, G. Kocsis, P. Kornejew, A. Kramer-Flecken, M. Krychowiak, M. Kubkowska, Langenberg, M. Laux, Y. Liang, A. Lorenz, O. Neubauer, M. Otte, N. Pablant, E. Pasch, T. Pedersen, O. Schmitz, W. Schneider, H. Schuhmacher, B. Schweer, h. Thomsen, T. Szepesi, B. Wiegel, T. Windisch, S. Wolf, D. Zhang, S. Zoletnik, 2014, **Status of the diagnostics development for the first operation phase of the stellarator Wendelstein 7-X**, Review of Scientific Instruments 85, 11D818
- [B35] I. Ivanova-Stanik, R. Zagorski, G. Telesca, **A. Czarnecka**, C. Challis, J. Horbrik, 2014, **Integrated modeling of Nitrogen seeded JET ILW discharges for H-mode and hybrid scenarios**, Contributions to Plasma Physics 54, 442-447
- [B36] P. Jacquet, V. Bobkov, S. Brezinsek, M. Brix, A.-L. Campergue, L. Colas, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, M. Graham, C. C. Klepper, E. Lerche, M.-L. Mayoral, A. Meigs, D. Milanesio, Monakhov, J. Mlynar, T. Pütterich, A. Sirinelli, D. Van-Eester, and JET-EFDA contributors, 2014, **Ion cyclotron resonance frequency heating in JET during initial operations with the ITER-like wall**, Physics of Plasmas 21, 061510-11
- [B37] E. Kowalska-Strzęciwilk, W. Skrzeczanowski, **A. Czarnecka**, M. Kubkowska, M. Paduch and E. Zielińska, 2014, **Analysis of soft X-ray signals generated by the PF 1000 facility in experiments with solid targets**, Physica Scripta T161, 014048

- [B38] K. Slabkowska, E. Szymanska, J. Starosta, M. Polasik, N. R. Pereira, J. Rzedkiewicz, M. Kubkowska and **A. Czarnecka**, 2014, **Diagnostics of plasma based on K, L and M x-ray line positions**, Physica Scripta T161, 014033
- [B39] C. Klepper, P. Jacquet, V. Bobkov, L. Colas, T. M. Biewer, D. Borodin, **A. Czarnecka**, C. Giroud, E. Lerche, V. Martin, M.-L. Mayoral, F. Rimini, G. Sergienko, D. VanEester, 2013, **RF sheath-enhanced beryllium sources at JET's ICRH antennas**, Journal of Nuclear Materials 438, S594–S598
- [B40] V. Philipps, A. Malaquias, A. Hakola, J. Karhunen, G. Maddaluno, S. Almaviva, L. Caneve, Colao, E. Fortuna, P. Gasior, M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, M. Laan, A. Lisovski, P. Paris, H.J. van der Meiden, P. Petersson, M. Rubel, A. Huber, M. Zlobinski, B. Schweer, N. Gierse, Q. Xiao, G. Sergienko, 2013, **Development of Laser Based Techniques for In Situ Characterization of the First Wall in ITER and Future Fusion Devices**, Nuclear Fusion 53, 093002
- [B41] H.-S. Bosch, (**A. Czarnecka**), et al., 2013, **Technical challenges in the construction of the steady-state stellarator Wendelstein 7-X**, Nuclear Fusion 53, 126001
- [B42] F. Romanelli, (**A. Czarnecka**), et al., 2013, **Overview of the JET results with the ITERlike wall**, Nuclear Fusion 53, 104002
- [B43] **A. Czarnecka**, M. Kubkowska, E. Składnik-Sadowska, E. Kowalska-Strzęciwilk, P. Parys, M. J. Sadowski, K. Malinowski, R. Kwiatkowski, and M. Ladygina, 2013, **Spectroscopic and corpuscular analysis of laser-produced carbon plasma**, Problems of atomic science and technology 83, 258-260
- [B44] **A. Czarnecka**, V. Bobkov, I. H. Coffey, L. Colas, F. Durodié, A. C. A. Figueiredo, P. Jacquet, K. D. Lawson, E. Lerche, M.-L. Mayoral, I. Monakhov, J. Ongena, D. Van Eester, K.-D. Zastrow and JET-EFDA contributors, 2012, **Impurity production by the ICRF antennas in JET**, Plasma Physics Controlled Fusion 54, 074013
- [B45] F. Durodié, M. P. S. Nightingale, M.-L. Mayoral, J. Ongena, A. Argouarch, G. Berger-By, T. Blackman, V. Cocilovo, **A. Czarnecka**, S. Dowson, D. Frigione, R. Goulding, M. Graham, J. Hobirk, S. Huygen, S. Jachmich, P. Jacquet, E. Lerche, P. U. Lamalle, T. Loarer, R. Maggiora, A. Messiaen, D. Milanesio, I. Monakhov, M. F. F. Nave, F. Rimini, H. Sheikh, C. Sozzi, M. Tsalias, D. Van Eester, M. Vrancken, A. Whitehurst, E. Wooldridge, K.-D. Zastrow and JET-EFDA contributors, 2012, **Physics and engineering results obtained with the ion cyclotron range of frequencies ITER-like antenna on JET**, Plasma Physics Controlled Fusion 54, 074012
- [B46] M. Graham, M.-L. Mayoral, I. Monakhov, J. Ongena, T. Blackman, M. P. S. Nightingale, E. Wooldridge, F. Durodie, A. Argouarch, G. Berger-By, **A. Czarnecka**, S. Dowson, R. Goulding, S. Huygen, P. Jacquet, T. J. Wade, E. Lerche, P. U. Lamalle, H. Sheikh, D. Van Eester, M. Vrancken, A. Walden, A. Whitehurst and JET-EFDA contributors, 2012, **Implementation of load resilient ion cyclotron resonant frequency (ICRF) systems to couple high levels of ICRF power to ELMy H-mode plasmas in JET**, Plasma Physics Controlled Fusion 54 (2012) 074011
- [B47] D. Van Eester, E. Lerche, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M.-L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, M. Gatu Johnson, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, Y. Kazakov, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, Y. Lin, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M.

Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. W. Versloot, V. Vdovin, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2012, **Minority and mode conversion heating in (3He)- H JET plasmas**, Plasma Physics Controlled Fusion 54 (2012) 074009

IV.1.2 Publikacje, które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora

- [B48] A. Czarnecka, E. Lerche, J. Ongena, D. Van Eester, A. C. A. Figueiredo, I. H. Coffey, K.-D. Zastrow and JET-EFDA contributors, 2012, **Impurity studies in ITER half-field ICRF heating scenarios in Hydrogen plasmas on JET**, Nukleonika 57, 25–30
- [B49] M. Kubkowska, P. Gąsior, A. Czarnecka, M. Rosiński, J. Wołowski, 2012, **Overview of the application of laser-based techniques in plasma-wall interaction research program at IFPiLM**, Nukleonika 57, 163–166
- [B50] A. Czarnecka, J. Rządziejewicz, K.-D. Zastrow, K. D. Lawson, I. H. Coffey, M. G. O'Mullane and JET-EFDA contributors, 2011, **Determination of metal impurity density, ΔZ_{eff} and dilution on JET by VUV emission spectroscopy**, Plasma Physics and Control. Fusion 53, 035009
- [B51] P. Jacquet, L. Colas, M.-L. Mayoral, G. Arnoux, V. Bobkov, M. Brix, A. Czarnecka, D. Dodt, F. Durodie, A. Ekedahl, M. Fursdon, E. Gauthier, M. Goniche, M. Graham, E. Jofrin, E. Lerche, J. Mailloux, I. Monakhov, J. Ongena, V. Petrzilka, A. Korotkov, F. Rimini, A. Sirinelli, D. Frigione, C. Portafaix, V. Riccardo, Z. Vizvary, K.-D. Zastrow, and JET EFDA Contributors, 2011, **Heat-Loads on JET Plasma Facing Components from ICRF and LH Wave Absorption in the SOL**, Nuclear Fusion 51, 103018
- [B52] E. Lerche, D. Van Eester, J. Ongena, M.-L. Mayoral, M. Laxaback, F. Rimini, A. Argouarch, P. Beaumont, T. Blackman, V. Bobkov, D. Brennan, A. Brett, G. Calabro, M. Cecconello, I. Coffey, L. Colas, A. Coyne, K. Crombe, A. Czarnecka, R. Dumont, F. Durodie, R. Felton, D. Frigione, M. Gatu Johnson, C. Giroud, G. Gorini, M. Graham, C. Hellesen, T. Hellsten, S. Huygen, P. Jacquet, T. Johnson, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, P. Lamalle, M. Lennholm, A. Loarte, R. Maggiore, M. Maslov, A. Messiaen, D. Milanesio, I. Monakhov, M. Nightingale, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, C. Sozzi, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. W. Versloot, V. Vdovin, M. Vrancken, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2011, **Optimizing ion-cyclotron resonance frequency heating for ITER: dedicated JET experiments**, Plasma Physics and Controlled Fusion 53, 124019
- [B53] F. Romanelli, (A. Czarnecka), et al., 2011 **Overview of the JET results**, Nuclear Fusion 51, 094008
- [B54] J. Krása, A. Velyhan, E. Krouský, L. Lásková, K. Rohlena, K. Jungwirth, J. Ullschmied, A. Lorusso, L. Velardi, V. Nassisi, A. Czarnecka, L. Ryc, P. Parys, and J. Wołowski, 2010, **Emission characteristics and stability of laser ion sources**, Vacuum 85, 617-621
- [B55] J. Krasa, L. Laska, K. Rohlena, Velyhan, A. Czarnecka, P. Parys, L. Ryc, J. Wolowski, 2010, **Limits of applicability of time-of-flight ion-mass analyzer to uncovering partial currents of ions emitted by pulsed laser ion sources**, Radiation Effects and Defects in Solids 165, 441
- [B56] M. Gryaznevich, G. Van Oost, P. Peleman, J. Brotankova, R. Dejarnac, E. Dufkova, I. Džuran, M. Hron, J. Sentkerestiova, J. Stockel, V. Weinzettl, J. Zajac, L.

- A. Berni, E. Del Bosco, J. G. Ferreira, F. J. R. Simoes, M. Berta, D. Dunai, B. Tal, S. Zoletnik, A. Malaquias, G. Mank, H. Figueiredo, Y. Kuznetsov, L. Ruchko, H. Hegazy, A. Ovsyannikov, E. Sukhov, G.M. Vorobjev, N. Dreval, A. Singh, V. Budaev, G. Kirnev, N. Kirneva, B. Kuteev, A. Melnikov, D. Nurov, M. Sokolov, V. Vershkov, A. Talebitaher, P. Khorshid, R. Gonzales, I. El. Chama Neto, A. W. Kraemer-Flecken, V. Soldatov, B. Brotas, P. Carvalho, R. Coelho, A. Duarte, H. Fernandes, J. Figueiredo, A. Fonseca, R. Gomes, I. Nedzelski, A. Neto, G. Ramos, J. Santos, C. Silva, D. Valcarcel, C.R. Gutierrez Tapia, L. I. Krupnik, L. Petrov, M. Kolokoltsov, J. Herrera, M. Nieto-Perez, **A. Czarnecka**, P. Balan, A. Sharnin and V. Pavlov, 2009, **Results of Joint Experiments and other IAEA activities on research using small Tokamaks**, Nuclear Fusion 49, 104026
- [B57] F. Romanelli, R. Kamendje, (**A. Czarnecka**), et al., 2009, **Overview of JET results**, Nuclear Fusion 49, 104006
- [B58] **A. Czarnecka**, J. Badziak, P. Parys, M. Rosiński, J. Wołowski, 2008, **Method of ions acceleration for laser-induced implantation of semiconductor materials**, Radiation Effects & Defects in Solids 163, 389-394
- [B59] J. Wołowski, J. Badziak, **A. Czarnecka**, P. Parys, M. Pisarek, M. Rosiński, R. Turan, S. Yerci, 2008, **Applications of ions produced by low intensity repetitive laser pulses for implantation into semiconductor materials**, Radiation Effects & Defects in Solids 163, 589- 595J
- [B60] L. Giuffrida, L. Torrisi, **A. Czarnecka**, J. Wołowski, G. Quarta, L. Calcagnile, A. Lorusso, V. Nassisi, 2008, **Ge laser-generated plasma for ion implantation**, Radiation Effects & Defects in Solids 163, 401-409
- [B61] J. Krása, L. Láska, K. Rohlena, A. Velyhan, A. Lorusso, V. Nassisi, **A. Czarnecka**, P. Parys, L. Ryc, and J. Wolowski, 2008, **Effects of 2 mass % Si admixture in a laser-produced Fe plasma**, Applied Physics Letters 93, 191503
- [B62] J. Wolowski, J. Badziak, **A. Czarnecka**, P. Parys, M. Pisarek, M. Rosinski, R. Turan and S. Yerci, (2007), **Application of pulsed laser deposition and laser-induced ion implantation for formation of semiconductor nano-crystalinities**, Laser and Particle Beams 25, 65
- [B63] M. Rosiński, J. Badziak, **A. Czarnecka**, P. Gasior, P. Parys, M. Pisarek, R. Turan, J. Wołowski, S. Yerci, 2006, **Implantation and sputtering of Ge ions into SiO₂ substrates with the use of Ge ions produced by repetitive laser pulses**, Materials Science in Semiconductor Processing 9, 655
- [B64] J. Wolowski, J. Badziak, F. P. Boody, **A. Czarnecka**, S. Gammino, S. Jabłoński, J. Krasa, L. Laska, P. Parys, K. Rohlena, M. Rosinski, L. Ryc, L. Torrisi and J Ullschmied, 2006, **Generation of fast highly charged ions in laser-plasma interaction**, Plasma Physics Control. Fusion 48, 12B, B475-B482
- [B65] P. Gasior, J. Badziak, **A. Czarnecka**, P. Parys, J. Wołowski, M. Rosiński, M. Rubel, V. Philipps, 2006, **Characterization of laser-irradiated co-deposited layers on plasma facing components from a tokamak**, Physica Scripta T123, 99
- [B66] A.V. Tsarenko, A.K. Marchenko, M. J. Sadowski, E. Skladnik-Sadowska, K. Malinowski, J. Wolowski, **A. Czarnecka**, P. Gasior, P. Parys, M. Rosinski, 2006, **Analysis of tungsten spectral-lines recorded from laser-target experiment**, Problems of Atomic Science and Technology, No 6 Series: Plasma Physics 12, 150
- [B67] P. Gasior, **A. Czarnecka**, P. Parys, M. Rosinski, J. Wolowski, J. Hoffman, Z. Szymanski, V. Philipps, M. Rubel, 2006, **Effective laser-induced removal of co-**

deposited layers from plasma-facing components in a tokamak, Czechoslovak Journal of Physics D 56, D1

- [B68] M. J. Sadowski, E. Skladnik-Sadowska, K. Malinowski, J. Wolowski, A. Czarnecka, P. Gašior, P. Parys, M. Rosinski, A.V. Tsarenko, A.K. Marchenko, 2006, **Observation of tungsten spectral lines during interaction of laser beam with tungsten target**, Czechoslovak Journal of Physics B, 56, B550
- [B69] J. Wołowski, J. Badziak, A. Czarnecka, F. P. Boody, S. Gammino, J. Kràsa, L. Laska, A. Mezzasalma, P. Parys, M. Rosiński, K. Rohlena, L. Torrisi and J. Ullschmied, 2005, **Characteristics of laser-produced Ge ion fluxes used for modification of semiconductor materials**, Radiation Effects & Defects in Solids 160, 477

IV.1.3 Publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące się w bazie JCR

- [C1] L. Colas, P. Jacquet, V. Bobkov, M. Brix, L. Meneses, K. Kirov, E. Lerche, C.C. Klepper, M. Goniche, A. Křivská, P. Dumortier, A. Czarnecka and JET contributors, 2018, **2D mappings of ICRF-induced SOL density modifications on JET**, 45th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2018, ECA Vol. 42A, O4.101
- [C2] M. Goniche, P. Buratti, R. J. Dumont, C. Challis, A. Czarnecka, J. Graves, P. Jacquet, V. Kiptily, E. Lerche, M. Mantsinen, T. Pütterich, D. Van Eester and JET Contributors, 2018, **Role of MHD activity triggered by fast ions in tungsten transport in JET hybrid discharges**, 45th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2018, ECA Vol. 42A, P4.1057
- [C3] N. Tamura, C. Suzuki, H. Funaba, K. Mukai, Y. Yoshinuma, K. Ida, T. Fornal, A. Czarnecka, M. Kubkowska, and LHD Experiment Group, 2018, **Initial Results on Impact of Background Hydrogen Isotope on Impurity Behavior in the EC-heated LHD plasmas**, 45th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2018, ECA Vol. 42A, P5.1079
- [C4] L. Garzotti, C. Challis, R. Dumont, D. Frigione, J. Graves, E. Lerche, J. Mailloux, M. Mantsinen, F. Rimini, F. Casson, A. Czarnecka, J. Eriksson, R. Felton, L. Frassinetti, D. Gallart, J. Garcia, C. Giroud, E. Joffrin, H.-T. Kim, N. Krawczyk, M. Lennholm, P. Lomas, C. Lowry, L. Meneses, I. Nunes, M. Romanelli, S. Sharapov, S. Silburn, A. Sips, E. Stefániková, M. Tsalas, D. Valcarcel, M. Valovič and JET contributors, 2018, **Scenario development for DT operation at JET**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, EX/3-6, https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/5810/files/4782-Paper_IAEA_2018_V5.pdf
- [C5] G. Telesca, I. Ivanova-Stanik, R. Zagórski, S. Brezinsek, P. J. Carvalho, A. Czarnecka, C. Giroud, A. Huber, E. A. Lerche and S. Wiesen, 2018, **Numerical Simulation of High Neutron Rate JET-ILW DD Pulses in View of Extension to DT Experiments**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, TH/P6-24, https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/5839/files/4667-Telesca_IAEA_Paper_TH_P6-24_final.pdf
- [C6] T. Tala, S. Mordijck, H. Nordman, A. Salmi, C. Bourdelle, J. Citrin, A. Czarnecka, F. Eriksson, E. Fransson, C. Giroud, J. Hillesheim, A. Hubbard, J.W. Hughes, C. Maggi, P. Mantica, A. Marioni, M. Maslov, G. McKee, L. Meneses, S. Menmuir, V. Naulin, M. Oberparleiter, T. Rhodes, G. Sips, A. Skyman, D. Tegnered,

M. Tsalas, E. Tolman, H. Weisen and JET contributors, 2018, **Core Density Peaking Experiments in JET, DIII-D and C-Mod in Various Operational Scenarios - Driven by Fuelling or Transport?**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, EX/4-4,

https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/5613/files/4915-IAEA_paper_Tala.pdf

- [C7] S. Nowak, O. Sauter, D. Yadykin, E. Alessi, D. Brunetti, **A. Czarnecka**, V. Fusco, G. Miron, G. Pucella, I. Ivanova-Stanik, G. Vlad, M. Baruzzo, P. Buratti, R. Coelho, G. Falchetto⁹, E. Giovannozzi, J. Graves, P. Huynh, M. Imrisek, J. Ferreira, E. Joffrin, D. Kalupin, F. Koechl, N. Krawczyk, E. Lazzaro, J. Mailloux, C. Marchetto, A. Merle, F. Poli¹, M. Romanelli, P. Strand, R. Zagorski, JET contributors and the EUROfusion-IM Team, 2018, **Analysis and Modelling of NTMs Dynamics in JET Discharges Using the European Transport Simulator (ETS) and Integrated Modelling Tools**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, TH/P6-26, https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/6039/files/4878-64930_snowak_iaea2018_paper_final_rev.pdf
- [C8] Ye.O. Kazakov, J. Ongena, R. Bilato, V. Bobkov, J.M. Faustin, A. Kappatou, V.G. Kiptily, E. Lerche, M. Mantsinen, M. Nocente, M. Schneider, D. van Eester, M. Weiland, H. Weisen, y. Baranov, J. Galdon-Quiroga, M. Garcia-Munoz, J. Gonzalez-Martin, K. Kirov, J. Bielecki, S.A. Bozhnikov, A. Cardinali, C. Castaldo, T. Craciunescu, K. Crombé, **Czarnecka**, R. Dumont, P. Dumortier, F. Durodié, J. Eriksson, R. Felton, M. Fitzgerald, D. Gallart, L. Giacomelli, C. Giroud, M. Goniche, J. Graves, C. Hellesen, P. Jacquet, T. Johnson, N. Krawczyk, M. Lennholm, T. Loarer, S. Menmuir, I Monakhov, F. Nabais, M. F. F. Nave, J.-M. Noterdaeme, R. Ochoukov, H. Patten, M. Porkolab, P. Schneinder, S. E. Sharapov, D. Valcarcel, M. van Schoor, J. C. Wright, S. J. Wukitch, JET contributors*, the ASDEX Upgrade team, the eurofusion mst1 team, 2018, **Recent Advances in ICRF Heating of Mixture Plasmas: Survey of JET and AUG Experiments and Extrapolation to JET-DT and ITER**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, EX/8-1, <https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/5659/files/4827-Kazakov-IAEA-FEC2018-paper-v5.pdf>
- [C9] F. J. Casson, H. Patten, C. Bourdelle, S. Breton, J. Citrin, F. Koechl, C. Angioni, Y. Baranov, R. Bilato, E. Belli, C. D. Challis, G. Corrigan, **A. Czarnecka**, O. Ficker, L. Garzotti¹, M. Goniche, J.P. Graves, T. Johnson, K. Kirov, P. Knight, E. Lerche, M. Mantsinen, J. Mylner, M. Sertoli, M. Valisa, and JET contributors, 2018, **Predictive multi-channel flux-driven modelling to optimise icrh tungsten control in JET**, 27th IAEA Fusion Energy Conference, Ahmedabad, India, TH/3-2, https://conferences.iaea.org/indico/event/151/papers/6118/files/4766-Casson_IAEA_2018_4.pdf
- [C10] D. Gallart Escola, M.J. Mantsinen, C. Challis, D. Frigione, J. Graves, J. Hobirk, E. Belonohy, **A. Czarnecka**, J. Eriksson, M. Goniche, C. Hellesen, P. Jacquet, E. Joffrin, N. Krawczyk, D. King, M. Lennholm, E. Lerche, E. Pawelec, A. C. C. Sips, E. Solano, M. Tsalas, M. Valisa and JET Contributors, 2017, **Modelling of combined ICRF and NBI Heating in JET Hybrid**, EPJ Web of Conferences 157, 03015
- [C11] M. J. Mantsinen, C. Challis, D. Frigione, J. Graves, J. Hobirk, E. Belonohy, **A. Czarnecka**, J. Eriksson, D. Gallart, M. Goniche, C. Hellesen, P. Jacquet, E. Joffrin, N. Krawczyk, D. King, M. Lennholm, E. Lerche, E. Pawelec, A.C.C. Sips, E. Solano, M. Tsalas, M. Valisa and JET Contributors, 2017, **The Role of Combined ICRF and**

- NBI Heating in JET Hybrid Plasmas in Quest for High D-T Fusion Yield**, EPJ Web of Conferences 157, 03032
- [C12] P. Jacquet, D. Van Eester, E. Lerche, V. Bobkov, Y. Kazakov, M. Goniche, T. Blackman, Monakhov, P. Dumortier, F. Durodier, C. Klepper, W. Zhang, **A. Czarnecka**, L. Colas, M. Reinke, J. Ongena, M. Mantsinen and JET contributors, 2017, **Recent ICRH Physics and technology achievements in JET**, EPJ Web of Conferences 157, 02004
- [C13] J. Ongena, Ye. O. Kazakov, Y. Baranov, C. Hellesen, J. Eriksson, T. Johnson, V. G. Kiptily, M. J. Mantsinen, M. Nocente, R. Bilato, A. Cardinali, C. Castaldo, K. Crombé, **A. Czarnecka**, R. Dumont, J. Faustin, L. Giacomelli, V. Goloborodko, J. Graves, Ph. Jacquet, N. Krawczyk, E. Lerche, L. Meneses, M. F. F. Nave, H. Patten, M. Schneider, D. Van Eester, H. Weisen, J. C. Wright and JET Contributors, 2017, **Synergetic heating of D-NBI ions in the vicinity of the mode conversion layer in H-D plasmas in JET with the ITER like wall**, EPJ Web of Conferences 157, 02006
- [C14] D. Van Eester, E. Lerche, Y. Kazakov, P. Jacquet, Y. Baranov, V. Bobkov, K. Crombé, **A. Czarnecka**, R. Dumont, P. Dumortier, J. Eriksson, L. Giacomelli, C. Giroud, M. Goniche, C. Hellesen, V. Kiptily, T. Koskela, F. Nave, M. Nocente, J. Ongena, M. Santala, M. Salewski, M. Schneider, H. Weisen, 2017, **Recent H majority inverted radio frequency heating scheme experiments in JET-ILW**, EPJ Web of Conferences 157, 03061
- [C15] C. D. Challis, E. Belonohy, A. Czarnecka, D. Frigione, C. Giroud, J. Graves, J. Hobirk, A. Huber, E. Joffrin, N. Krawczyk, M. Mantsinen, K. McClements, T. O’Gorman, S. Silburn, A. Sips, E. Solano and JET Contributors, 2017, **Impact of neon seeding on fusion performance in JET ILW hybrid plasmas**, 44th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2017, ECA Vol. 41F, P2.153
- [C16] M. J. Mantsinen, D. Gallart, E. Belonohy, C. Challis, **A. Czarnecka**, J. Eriksson, D. Frigione, J. Graves, M. Goniche, C. Hellesen, J. Hobirk, P. Jacquet, E. Joffrin, D. King, N. Krawczyk, M. Lennholm, E. Lerche, E. Pawelec, A. C. C. Sips, E. Solano, M. Tsalas, M. Valisa and JET Contributors, 2017, **Optimising the Use of ICRF waves in JET Hybrid Plasmas for High Fusion Yield**, 44th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2017, ECA Vol. 41F, O3.110
- [C17] J. Mailloux, R. Dumont, V. Aslanyan, M. Baruzzo, C. D. Challis, I. Coffey, **A. Czarnecka**, E. Delabie, J. Eriksson, J. Ferreira, M. Fitzgerald, L. Giacomelli, C. Giroud, N. Hawkes, P. Jacquet, E. Joffrin, T. Johnson, D. Keeling, D. King, V. Kiptily, B. Lomanowski, E. Lerche, M. Mantsinen, S. Menmuir, K. Mc Clements, S. Moradi, M. Nocente, A. Patel, H. Patten, P. Puglia, R. Scannel, S. Sharapov, E. Solano, M. Tsalas, P. Vallejos, H. Weisen and JET contributors, 2017, **Plasma preparation for α -particle excitation of TAEs in JET DT plasmas**, 44th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2017, ECA Vol. 41F, O3.109
- [C18] T. Tala, H. Nordman, A. Salmi, D. Tegnered, C. Bourdelle, P. Carvalho, **A. Czarnecka**, L. Giacomelli, C. Giroud, E. Belonohy, J. Hillesheim, C. Maggi, P. Mantica, M., Maslov, L. Meneses, S. Menmuir, S. Mordijck, V. Naulin, J. Juul Rasmussen, G. Sips, M. Tsalas, H. Weisen and JET contributors, 2017, **Four Separate Dimensionless Collisionality Scans in various JET Scenarios**, 44th

European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2017, ECA Vol. 41F, P4.135

- [C19] D. Van Eester, E. Lerche, Y. Kazakov, P. Jacquet, V. Bobkov, **A. Czarnecka**, R. Dumont, J. Eriksson, L. Giacomelli, C. Giroud, M. Goniche, C. Hellesen, V. Kiptily, T. Koskela, M. Nocente, M. Santala, M. Schneider, H. Weisen and JET contributors, 2016, **Recent ion cyclotron resonance heating experiments in JET in preparation of a DT campaign**, 26th IAEA Fusion Energy Conference, Kyoto, Japan, EX/P6-10,
<https://nucleus.iaea.org/sites/fusionportal/Shared%20Documents/FEC%202016/fec2016-preprints/preprint0261.pdf>
- [C20] A. Dinklage, A. Alonso, J. Baldzuhn, C. D. Beidler, C. Biedermann, B. Blackwell, S. Bozhnikov, R. Brakel, B. Buttenschön, Y. Feng, G. Fuchert, J. Geiger, P. Helander, M. Hirsch, U. Hoefel, J. Knauer, A. Krämer-Flecken, M. Landreman, A. Langenberg, H. P. Laqua, H. Maaßberg, N.A. Pablant, E. Pasch, K. Rahbarnia, L. Rudischhauser, H. Smith, T. Stange, L. Stephey, H. Trimino-Mora, Yu. Turkin, J. -L. Velasco, G. Wurden, D. Zhang, T. Andreeva, M. Beurskens, E. Blanco, H.-S. Bosch, R. Burhenn, A. Cappa, **A. Czarnecka**, M. Dostal, P. Drews, M. Endler, T. Estrada, T. Fornal, O. Grulke, D. Hartmann, J. H. Harris, M. Jakubowski, T. Klinger, S. Klose, G. Kocsis, R. König, P. Kornejew, N. Krawczyk, M. Krychowiak, M. Kubkowska, I. Ksiazek, S. Lazerson, Y. Liang, S. Liu, O. Marchuk, S. Marsen, N. Marushchenko, V. Moncada, D. Moseev, D. Naujoks, H. Niemann, M. Otte, T. S. Pedersen, F. Pisano, K. Riße, T. Rummel, O. Schmitz, S. Satake, T. Schröder, T. Szepesi, H. Thomsen, P. Traverso, H. Tsuchiya, P. Valsen, N. Wang, T. Wauters, G. Weir, R. Wolf, M. Yokoyama and the W7-X Team, 2016, **Core Confinement in Wendelstein 7-X Limiter Plasmas**, 43rd European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2016, ECA Vol.40A, O2.107
- [C21] B. Buttenschön, R. Burhenn, M. Kubkowska, **A. Czarnecka**, T. Fornal, N. Krawczyk, D. Zhang, N. Pablant, A. Langenberg, P. Valsen, H. Thomsen, W. Biel, J. Aßmann, the Wendelstein 7-X team, 2016, **Spectroscopic impurity survey in the first operation phase of Wendelstein 7-X**, 43rd European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2016, ECA Vol.40A, P4.012
- [C22] D. Zhang, R. Burhenn, B. Buttenschön, R. König, R. Laube, H. Jensch, L. Giannone, M. Marquardt, H. Thomsen, A. Werner, A. Alonso, Ch. Biedermann, S. Bozhnikov, R. Brakel, **A. Czarnecka**, T. Fornal, G. Fuchert, O. Grulke, M. Hirsch, J. Knauer, M. Kubkowska, A. Langenberg, H. P. Laqua, M. Otte, N. Pablant, E. Pasch, K. Rahbarnia, T. Schröder, J. Svensson, U. Wenzel, G.A. Wurden, and the W7-X team, 2016, **Investigation of the radiative power loss in the limiter plasmas of W7-X**, 43rd European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2016, ECA Vol.40A, P4.015
- [C23] M. F. F. Nave, J. Bernardo, R. Coelho, **A. Czarnecka**, A. Figueiredo, C. Giroud, J. Hillesheim, V. Parail, A. Salmi, K. -D. Zastrow and JET Contributors, 2015, **Measuring Intrinsic Rotation in the JET tokamak**, 42nd European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2015, ECA Vol. 39E, P2.124
- [C24] E. Lerche, M. Goniche, P. Jacquet, D. Van Eester, V. Bobkov, L. Colas, I. Monakhov, F. Rimini, **A. Czarnecka**, K. Crombé, R. Dumont, J. Hobirk, Y. Kazakov, M.-L. Mayoral, L. Meneses, J. Mlynar, C. Noble, I. Nunes, J. Ongena, V. Petržilka, M. Reich, M. Santala, A. Shaw, M. Tsalas and JET Contributors, 2015, **ICRH for core impurity mitigation in JETILW**, AIP Conference Proceedings, 1689, 030002

- [C25] V. Bobkov, Ph. Jacquet, R. Ochoukov, W. Zhang, R. Bilato, F. Braun, D. Carralero, L. Colas, **A. Czarnecka**, R. Dux, H. Faugel, H. Fünfgelder, J. Jacquot, A. Křivská, T. Lunt, D. Milanesio, R. Maggiora, O. Meyer, I. Monakhov, J.-M. Noterdaeme, S. Potzel, Th. Pütterich, Stepanov and the ASDEX Upgrade Team, 2015, **Progress in Controlling ICRF-edge Interactions in ASDEX Upgrade**, AIP Conference Proceedings, 1689, 030004
- [C26] M. Goniche, E. Lerche, P. Jacquet, D. Van Eester, V. Bobkov, S. Brezinsek, L. Colas, **A. Czarnecka**, P. Drewelow, R. Dumont, N. Fedorczak, C. Giroud, M. Graham, J. P. Graves, I. Monakhov, P. Monier-Garbet, C. Noble, T. Pütterich, F. Rimini, M. Valisa and JET EFDA contributors, 2014, **Optimization of ICRH for Tungsten Control in JET H-Mode**, 41nd European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2014, ECA Vol. 38F O4.129
- [C27] D. Van Eester, E. Lerche, P. Jacquet, V. Bobkov, **A. Czarnecka**, L. Colas, K. Crombé, R. Dumont, G. Ericsson, J. Eriksson, C. Giroud, M. Goniche, M. Graham, V. Kiptily, J. Ongena, T. Pütterich, F. Rimini, M. Santala and JET EFDA contributors, 2014, **Minority Ion Cyclotron Resonance Heating in H-Mode in Presence of the ITER-Like Wall in JET**, 41st European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2014, ECA Vol.38F, P1.002
- [C28] D. Van Eester, E. Lerche, P. Jacquet, V. Bobkov, **A. Czarnecka**, J. W. Coenen, L. Colas, K. Crombe, M. Graham, S. Jachmich, E. Joffrin, C. C. Klepper, F. Marcotte, M. -L. Mayoral, Monakhov, F. Nave, J. Ongena, T. Pütterich, F. Rimini, G. van Rooij, 2014, **Effect of the minority concentration on ion cyclotron resonance in presence of the ITER-like wall in JET**, AIP Conference Proceedings 1580, 223-226
- [C29] E. Lerche, D. Van Eester, P. Jacquet, M.-L. Mayoral, V. Bobkov, L. Colas, **A. Czarnecka**, G. Matthews, I. Monakhov, R. Neu, F. Rimini, 2014, **Statistical analysis of the ICRF and NBI heating performances in I-mode plasmas at JET**, AIP Conference Proceedings 1580, 235-238
- [C30] M. -L. Mayoral, P. Jacquet, E. Lerche, D. Van-Eester, V. Bobkov, C. Bourdelle, L. Colas, **A. Czarnecka**, J. Mlynar, R. Neu, 2014, **Comparison of ICRF and NBI heated plasmas performance in the JET ITER-like wall**, AIP Conference Proceedings 1580, 231-234 1 cytowanie (Scopus), 1 cytowanie (WoS)
- [C31] P. Jacquet, V. Bobkov, L. Colas, **A. Czarnecka**, M. Graham, E. Lerche, M. -L. Mayoral, I. Monakhov, D. Van-Eester, 2014, **ICRF heating in JET during initial operations with the ITER-like wall**, AIP Conference Proceedings 1580, 65-72
- [C32] V. Bobkov, R. Bilato, L. Colas, **A. Czarnecka**, R. Dux, H. Faugel, P. Jacquet, A. Kallenbach, I. Monakhov, H. W. Mueller, J. -M. Noterdaeme, S. Potzel, Th. Puetterich, I. Stepanov, W. Suttrop, ASDEX Upgrade team, 2014, **Influence of Gas Injection Location and Magnetic Perturbations on ICRF Antenna Performance in ASDEX Upgrade**, AIP Conference Proceedings 1580, 271-274
- [C33] **A. Czarnecka**, V. Bobkov, I. H. Coffey, P. Jacquet, C. C. Klepper, K. D. Lawson, E. Lerche, C. F. Maggi, M.-L. Mayoral, T. Pütterich, D. Van Eester and JET EFDA contributors, 2012, **Impurity behaviour during ICRH and NBI operation with ITER-like wall at JET**, 39th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2012, ECA Vol. 36F, P5.047
- [C34] F. Maggi, G. Calabro, E. Delabie, M. Groth, N. C. Hawkes, M. Lehnen, E. de la Luna, K. McCormick, F. Militello, C. Reux, F. Rimini, E. R. Solano, V. Bobkov, M. Brix, **A. Czarnecka**, J. Flanagan, E. Lerche, S. Marsen, I. Nunes, B. Sieglin, D.

Van Eester and JET EFDA contributors, 2012, **The H-mode Threshold in JET with the ITER-like Wall**, 39th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2012, ECA Vol. 36F, O3.108

- [C35] D. Van Eester, E. Lerche, P. Jacquet, V. Bobkov, **A. Czarnecka**, J. W. Coenen, L. Colas, K. Crombé, M. Graham, S. Jachmich, E. Joffrin, C. C. Klepper, V. Kiptily, M. Lehnen, C. Maggi, F. Marcotte, G. Matthews, M. -L. Mayoral, K. McCormick, I. Monakhov, M. F. F. Nave, R. Neu, C. Noble, J. Ongena, T. Pütterich, F. Rimini, G. van Rooij and JET EFDA contributors, 2012, **Characterization of Ion Cyclotron Resonance Heating in presence of the ITER-like wall in JET**, 39th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2012, ECA Vol. 36F P1.094
- [C36] T. Pütterich, R. Dux, M.N.A. Beurskens, V. Bobkov, S. Brezinsek, J. Bucalossi, J. W. Coenen, I. Coffey, **A. Czarnecka**, C. Giroud, E. Joffrin, K. D. Lawson, M. Lehnen, E. de la Luna, J. Mailloux, S. Marsen, M. -L. Mayoral, A. Meigs, R. Neu, F. Rimini, M. Sertoli, M. Stamp, G. van Rooij and JET EFDA Contributors, 2012, **Screening of the W Divertor Source and Impurity Control in JET**, 24th IAEA Fusion Energy Conference, San Diego, USA, IAEA-CN-197/EX/P3-15, http://www.naweb.iaea.org/naweb/physics/FEC/FEC2012/papers/193_EXP315.pdf
- [C37] S. Jabłoński, **A. Czarnecka**, W. Figacz, M. Kubkowska, J. Kaczmarczyk, L. Ryć, J. Wołowski, 2012, **1-D plasma X-ray radiation code as a first step for developing the Fusion diagnostics**, 39th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2012, ECA Vol. 36F P2.048

IV.1.4 Publikacje, które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora

- [C38] **A. Czarnecka**, M. Kubkowska, W. Figacz, S. Jabłoński, J. Kaczmarczyk, J. Wołowski, C. Biedermann, R. Burhenn, R. König, A. Weller, 2011, **Concept of pulse height analysis system (PHA) for Wendelstein 7-X**, 38th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2011, ECA Vol. 35G, P1.052
- [C39] E. Lerche, D. Van Eester, M. -L. Mayoral, J. Ongena, V. Bobkov, L. Colas, **A. Czarnecka**, F. Durodié, M. Graham, T. Hellsten, T. Johnson, P. Jacquet, V. Kiptily, P. Lamalle, M. Laxåback, I. Monakhov, M. Nightingale, F. Rimini and JET EFDA Contributors, 2011, **Optimizing ICRF heating for ITER: Dedicated experiments on JET**, 38th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2011, ECA Vol. 35G I5.012
- [C40] E. Lerche, D. Van Eester, J. Ongena, M.-L. Mayoral, T. Johnson, T. Hellsten, R. Bilato, **A. Czarnecka**, R. Dumont, C. Giroud, P. Jacquet, V. Kiptily, A. Krasilnikov, M. Maslov, V. Vdovin and JET, EFDA Contributors, 2011, **ICRF scenarios for ITER's half-field phase**, AIP Conf. Proc. 1406, 245-252
- [C41] D. Van Eester, E. Lerche, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M. -L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, M. Gatu Johnson, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, Y. Kazakov, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, Y. Lin, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. W. Versloot, V. Vdovin, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2011, **Enhancing the mode conversion efficiency in JET plasmas with multiple mode conversion layers**, AIP Conf. Proc. 1406, 301-308

- [C42] F. Durodie, I. Monakhov, M. Nightingale, M. -L. Mayoral, A. Argouarch, G. Berger-By, T. Blackman, V. Cocilovo, **A. Czarnecka**, S. Dowson, D. Frigione, R. Goulding, M. Graham, J. Hobirk, S. Huygen, S. Jachmich, P. Jacquet, E. Lerche, T. Loarer, R. Maggiora, A. Messiaen, D. Milanese, M.F.F. Nave, J. Ongena, F. Rimini, H. Sheikh, C. Sozzi, M. Tsalas, D. Van Eester, M. Vrancken, A. Whitehurst, E. Wooldridge, K. D. Zastrow, and JET EFDA Contributors, 2010, **Latest Achievements of the JET ICRF Systems in View of ITER**, Proc. 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Republic of Korea, IAEA-CN-180/EXW/P7-04, https://www-pub.iaea.org/mtcd/meetings/PDFplus/2010/cn180/cn180_papers/exw_p7-04.p
- [C43] E. Lerche, D. Van Eester, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M. -L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. Versloot, V. Vdovin, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2010, **Potential of the ICRF Heating Schemes foreseen for ITER's Half-Field Hy-drogen Phase**, Proc. 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Republic of Korea, IAEA-CN-180/THW/P2-03, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/PDFplus/2010/cn180/cn180_papers/thw_p2-03.pdf
- [C44] M. -L. Mayoral, V. Bobkov, L. Colas, M. Goniche, J. Hosea, J. G. Kwak, R. Pinsker, S. Moriyama, S. Wukitch, F. W. Baity, **A. Czarnecka**, A. Ekedahl, G. Hanson, P. Jacquet, P. Lamalle, I. Monakhov, M. Murakami, A. Nagy, M. Nightingale, J. M. Noterdaeme, J. Ongena, P. M. Ryan, M. Vrancken, J. R. Wilson, JET EFDA Contributors, and ASDEX Upgrade Team and the ITPA Integrated Operation Scenarios" Members and Experts, 2010, **On Maximizing the ICRF Antenna Loading for ITER Plasmas**, Proc. 23rd IAEA Fusion Energy Conference, Daejeon, Republic of Korea, IAEA-CN-180/ITR/P1-11, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/PDFplus/2010/cn180/cn180_papers/itr_p1-11.pdf
- [C45] **A. Czarnecka**, V. Bobkov, I. H. Coffey, L. Colas, A. C. A. Figueiredo, P. Jacquet, K. D. Lawson, E. Lerche, M. -L. Mayoral, J. Ongena, D. Van Eester, K.-D. Zastrow and JET-EFDA contributors, 2010, **Impurity production by the ICRF antennas in JET**, 37th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2010, ECA Vol. 34A, P5.147
- [C46] E. Lerche, D. Van Eester, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M. -L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, V. Kiptily, S. Knipe, A. Krasilnikov, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. Versloot, V. Vdovin, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2010, **Experimental investigation of ICRF heating scenarios for ITER's half-field phase performed in JET**, 37th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2010, ECA Vol. 34A O4.121
- [C47] D. Van Eester, E. Lerche, T. Johnson, T. Hellsten, J. Ongena, M. -L. Mayoral, D. Frigione, C. Sozzi, G. Calabro, M. Lennholm, P. Beaumont, T. Blackman, D. Brennan, A. Brett, M. Cecconello, I. Coffey, A. Coyne, K. Crombe, **A. Czarnecka**, R. Felton, C. Giroud, G. Gorini, C. Hellesen, P. Jacquet, V. Kiptily, S. Knipe, A.

- Krasilnikov, M. Maslov, I. Monakhov, C. Noble, M. Nocente, L. Pangioni, I. Proverbio, M. Stamp, W. Studholme, M. Tardocchi, T. Versloot, V. Vdovin, A. Whitehurst, E. Wooldridge, V. Zoita and JET EFDA Contributors, 2010, **Mode conversion heating in JET plasmas with multiple mode conversion layers**, 37th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2010, ECA Vol. 34A P5.163
- [C48] J. Wołowski, A. Czarnecka, P. Gąsior, M. Kubkowska, P. Parys, M. Rosiński, 2010, **Study of physics and applications of ions produced by medium intensity laser beam**, 37th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2010, ECA Vol.34A P4.208
- [C49] J. Wołowski, A. Czarnecka, P. Gąsior, M. Kubkowska, P. Parys, V. Philipps, M. Rosiński, 2010, **Application of a plasma diagnostic methods to control the laser-induced removal of surface layer from tokamak materials**, Proc. International Conference on Plasma Diagnostics, Pont-à-Mousson, France, P10
- [C50] M. Kubkowska, A. Czarnecka, S. Jabłoński, J. Kaczmarczyk, L. Ryc, J. Wołowski, R. Koenig, A. Weller, 2010, **Prospects of soft x-ray diagnostics in the Stellarator Wendelstein 7-X**, Proc. International Conference on Plasma Diagnostics, Pont-à-Mousson, France, P42
- [C51] A. Czarnecka, J. Rzadkiewicz, K.-D. Zastrow, I. H. Coffey, K. D. Lawson, M.G. O'Mullane and JET EFDA contributors, 2009, **Determination of Ni Impurity Density on JET by VUV Emission Spectroscopy**, 36th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2009, ECA Vol. 33E P2.146
- [C52] M. -L. Mayoral, J. Ongena, A. Argouarch, Yu. Baranov, T. Blackman, V. Bobkov, R. Budny, L. Colas, A. Czarnecka, L. Delpech, F. Durodié, A. Ekedahl, M.Gauthier, M.Goniche, R. Goulding, M. Graham, J. Hillairet, S. Huygen, Ph. Jacquet, T. Johnson, V. Kiptily, K. Kirov, M. Laxåback, E. Lerche, J. Mailloux, I. Monakhov, M. F. F Nave, M. Nightingale, V. Plyusnin, V. Petrzilka, F. Rimini, D. Van Eester, A.Whitehurst, E. Wooldridge, M.Vrancken, JET-EFDA Task Force H and JET EFDA contributors, 2009, **Overview of Recent Results on Heating and Current Drive in the JET Tokamak**, AIP Conf. Proc. 1187, 39-46
- [C53] C. Silva, H. Fernandes, C.A.F. Varandas, D. Alves, B.B. Carvalho, I. Carvalho, P. Carvalho, P.A. Carvalho, R. Coelho, A. Duarte, P. Duarte, H. Figueiredo, J. Figueiredo, J. Fortunato, R. Gomes, B. Gonçalves, I. Nedzelskij, A. Neto, T. Pereira, V. Plyusnin, D. Valcárcel, P. Balan, C. Ionita, R. Schrittwieser, J.B. Correia, V. Livramento, O. Lielausis, A. Klyukin, E. Platacis, A. Sharakovski, I. Tale, T. Lunt, M. Gryaznevich, G.Van Oost, M. Hron, A. Malaquias, N. Dreval, A. Melnikov, P. Khorshid, C. R GutierrezTapia, W. Sá, M. Kolokoldarov, A. Czarnecka, L. Jakubowski, J. Zebrowski, K.Malinowski, M.J. Sadowski, 2008, **Overview of Recent ISTTOK Results**, Proc. 22nd IAEA Fusion Energy Conference, Geneva, Switzerland, EX/P4-11, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Meetings/FEC2008/ex_p4-11.pdf
- [C54] G. Van Oost, R.B. Gomes, M. Gryaznevich, H. Fernandes, C. Silva, A. Malaquias, A. Czarnecka, M. Dreval, P. Duarte, H. Figueiredo, C. Gutierrez-Tapia, P. Korshid, A. Melnikov, 2008, **Overview of results from the IAEA-CRP 3rd International Joint Experiment on the tokamak ISTTOK**, 35th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2008, ECA Vol.32D, P-2.040
- [C55] J. Wołowski, J. Badziak, A. Czarnecka, P. Parys, M. Pisarek, M. Rosiński, 2008, **The laser-Produced plasma as a modern repetitive ion source for**

- technological applications**, 35th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2008, ECA Vol.32, P-1.127
- [C56] S. Jabłoński, A. Czarnecka, J. Kaczmarczyk, L. Ryć, J. Rzakiewicz, 2008, **Assessment of a 1-D, Multi-colour X-ray Imaging System for the MAST ST**, AIP Conference Proceedings 993, 171-174
- [C57] J. Wołowski, M. Rosiński, J. Badziak, A. Czarnecka, P. Parys, R. Turan, S. Yerci, 2008, **Modification of semiconductor materials with the use of plasma produced by low intensity repetitive laser pulses**, AIP Conference Proceedings 993, 383-386
- [C58] M. Rosinski, J. Wolowski, S. Yerci, P. Parys, R. Turan, J. Badziak, A. Czarnecka, P. Gasior, M. Pisarek, 2008, **Implantation and sputtering of Ge and Si ions into SiO₂ substrates using electric fields for acceleration and optimisation of laser-produced ion streams used for modification of semiconductor materials**, Materials Research Society Symposium Proceedings, 1054, pp. 38-43
- [C59] F. F. Nave, L. G. Erikson, T. Hellsten, K. D. Zastrow, B. Alper, Y. Andrew, R. Barnsley, J. Brzozowski, K. Crombe, A. Czarnecka, M. von Hellermann, J. Ongena, FET-EFDA contributors, 2007, **Toroidal Rotation in Ohmic and RF heated Plasmas**, 34th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2007, ECA Vol.31F, P-4.158
- [C60] L. Ryć, S. Jabłoński, A. Czarnecka, P. Parys, J. Wołowski, 2007, **Application of simple commercial CCD cameras for imaging pulsed plasma x-ray sources**, 34th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2007, ECA Vol.31F, P4.016L
- [C61] F. Caridi, L. Torrasi, D. Margarone, A. Borrielli, S. Gammino, A. Mangione, A. Czarnecka, 2007, **Characterization of laser-generated plasma by electrostatic mass quadrupole analyzer**, 34th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2007, ECA Vol.31F, P5.004F
- [C62] J. Badziak, A. Czarnecka, P. Gasior, P. Parys, V. Philipps, M. Rosiński, M. Rubel, J. Wołowski, 2006, **Application of ion diagnostics to control the laser-induced removal of surface layer of a carbon substrate**, AIP Conference Proceedings 812, pp. 295-298.
- [C63] J. Wołowski, J. Badziak, A. Czarnecka, S. Gammino, J. Krasa, L. Laska, A. Mezzasalma, P. Parys, M. Pfeifer, K. Rohlena, M. Rosiński, L. Torrasi, J. Ullschmied, **Interaction of highenergy laser pulses with plasmas of different density gradients**, 32th European Physical Society (EPS) Conference on Plasma Physics, EPS2005, ECA Vol. 29C, P4.177

V. Podsumowanie.

Zgodnie z §3 i §4 Rozporządzenia Ministra NiSW z dnia 1 września 2011 r., jako osiągnięcie naukowe stanowiące znaczny wkład Autora w rozwój określonej dyscypliny naukowej habilitant wskazuje jednotematyczny cykl dziewiętnastu publikacji, które bezpośrednio dotyczą tematu jej pracy: „*Badania zanieczyszczeń plazmy utrzymywanej w polu magnetycznym w celu optymalizacji technologii termojądrowej konwersji energii*”.

Dodatkowo Autor przedstawia wykaz innych (niewchodzących w skład osiągnięcia naukowego) opublikowanych prac naukowych z których 47 to publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) a 63 to monografie i publikacje naukowe w czasopismach międzynarodowych lub krajowych innych niż znajdujące

się w bazie JCR. Dodatkowo Autor zamieścił jeszcze 22 publikacje które ukazały się przed uzyskaniem tytułu doktora.

Całkowity dorobek habilitanta stanowią łącznie 151 publikacje. Dr Chomiczewska jest współautorką 85 publikacji naukowych w międzynarodowych czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC), z czego 63 ukazało się po uzyskaniu tytułu doktora. Ponadto 66 publikacji z jej udziałem ukazało się w międzynarodowych czasopismach innych niż w wyżej wymienionej bazie. Z czego 40 ukazało się po uzyskaniu tytułu doktora. Brała aktywny udział w międzynarodowych konferencjach naukowych i szkołach fizyki plazmy, na których łącznie wygłosiła 9 referatów i zaprezentowała 13 plakatów naukowych. Oprócz tego, jest współautorką ok. 60 doniesień konferencyjnych (posterów i wystąpień ustnych) prezentowanych przez jej współpracowników.

Wygłosiła też 38 referatów na seminariach i spotkaniach organizowanych w kraju i za granicą. Liczba cytowań jej publikacji według bazy Web of Science (WoS) wynosi 1274, (bez autocytowań 994), według bazy Scopus 1415, (bez autocytowań 1161). Indeks Hirscha według bazy Web of Science (WoS) wynosi 19 a według bazy Scopus 21.

VI. Kierowanie międzynarodowymi lub krajowymi projektami badawczymi lub udział w takich projektach.

Dr Chomiczewska brała udział w następujących projektach badawczych:

1. Uczestniczyła w badaniach dotyczących implantacji jonów generowanych laserem [B58], [B59] realizowanych w ramach europejskiego projektu SEMINANO, których celem było opracowanie i optymalizacja metody domieszkowania materiałów półprzewodnikowych jak formowanie nanokryształów germanowych w wyniku implantacji w warstwie SiO₂ nałożonej na podłoże krzemowe jonów germanu generowanych laserem [B69], [B63], [B62], [B60], [C57], [C58].
2. Uczestniczyła w badaniach szybkich, wysoko zjonizowanych jonów produkowanych w wyniku oddziaływania wiązki laserowej z materiałem tarczy o wysokiej liczbie atomowej Z. Badania te prowadzono z wykorzystaniem układów laserowych w IFPiLM [C48], [C63] w Ośrodku Badawczym PALS w Pradze Czeskiej [B54], [B55] oraz w laboratorium Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Laboratori Nazionali del Sud (INFN-LNS) w Katanii na Sycylii [B60], [C61]. Układy te różniły się parametrami wiązki laserowej, takimi jak długość fali, energia i czas trwania impulsu, moc lasera, repetycja i geometria ogniskowania. Dzięki temu wytwarzane były różne strumienie jonów, od wysoko energetycznych jonów generowanych na układzie laserowym PALS (Prague Asterix Laser System) oraz jonów niskoenergetycznych generowanych z dużą repetycją w IFPiLM i INFN-LNS.
3. W ramach strategicznego projektu badawczego pt.: "Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej" NCBiR, w ramach zadania badawczego Nr 2 pt.: "Badania i rozwój technologii dla kontrolowanej fuzji termojądrowej", realizowała badania dotyczące oddziaływania impulsowych strumieni plazmy z tarczami wykonanymi z W/CFC/SS (wolfram/ kompozyt węglowy/ stal). Badania te były prowadzone pod kątem weryfikacji modeli numerycznych opisujących konwersję energii strumienia plazmy w energię promieniowania w plazmie uwalnianej z tarczy, depozycję tej energii na tarczy oraz spowodowaną tym zjawiskiem erozję materiału tarczy. Wyniki prac zostały opublikowane w [B37] i [B43].
4. Uczestniczyła w badaniach szybkich, wysoko zjonizowanych jonów produkowanych w wyniku oddziaływania wiązki laserowej z materiałem tarczy o wysokiej liczbie atomowej Z. Badania te prowadzono z wykorzystaniem układów laserowych w

- IFPiLM [C48], [C63] w Ośrodku Badawczym PALS w Pradze Czeskiej [B54], [B55] oraz w laboratorium Istituto Nazionale di Fisica Nucleare di Laboratori Nazionale del Sud (INFN-LNS) w Katanii na Sycylii [B60], [C61]. Przeprowadzone badania przyczyniły się do wzbogacenia wiedzy na temat procesów generacji jonów w wyniku oddziaływania wiązki laserowej z tarczą.
5. Od 2008 roku dr Chomiczewska jest zaangażowana w prace związane z opracowaniem i budową diagnostyki PHA (Pulse Height Analysis) [B30], [C38], [C50] dla stelleratora Wendelstein 7- X (W7-X) działającego w miejscowości Greifswald w Niemczech. Projekt W7-X jest częścią programu fuzji jądrowej, który ma na celu badanie alternatywnej do tokamaka koncepcji magnetycznego utrzymania plazmy – koncepcji stellaratora. Projekt budowy diagnostyki realizowany jest we współpracy z Max-Planck-Institute für Plasmaphysik (IPP) w Niemczech.
 6. W latach 2012-2013 w IFPiLM była kierownikiem projektu EFDA „*High Power ICRH operation with metallic plasma facing components*”, realizowanego w ramach współpracy międzynarodowej na tokamaku ASDEX-Upgrade. Od 2013 r. jest krajowym koordynatorem naukowym projektu badawczego EUROfusion WPJET1: JET Experimental Campaigns. Jest odpowiedzialna za organizowanie działań wykonywanych przez naukowców z ośrodków w całej Polsce na rzecz badań prowadzonych na tokamaku JET.
 7. Od 2014 r. jest krajowym koordynatorem naukowego projektu badawczego EUROfusion WPMST1: Medium-Size Tokamak Campaigns, w ramach, którego polscy uczeni uczestniczą w kampaniach eksperymentalnych na tokamaku ASDEX-Upgrade, TCV i MASTU.
 8. W 2017 r. konsorcjum EUROfusion powołało ją na międzynarodowego koordynatora naukowego zadania badawczego w JET „*T17-06: Impact of ICRH on impurities for optimisation of scenarios*”. Projekt ten będzie realizowany do 2020 r. W pracach nad nim uczestniczy międzynarodowy zespół fizyków z Belgii, Francji, Niemiec, Polski, Wielkiej Brytanii, Włoch i USA. Celem tego zadania przegląd empirycznych metod optymalizacji ICRH. Opracowanie i walidacja modeli teoretycznych, pola elektrycznego wytwarzanego wokół anten ICRH, efektu RF-sheath i erozji ścian. Ma to na celu zarekomendowanie optymalizacji, które jeszcze nie były stosowane w JET.

VII. Międzynarodowe lub krajowe nagrody za działalność odpowiednio naukową albo artystyczną.

Prace dotyczące badania zanieczyszczeń w układach typu tokamaka były podstawą do przyznania jej w 2018 roku Nagrody Dyrektora IFPiLM za koordynację zadania „*Impact of ICRH on impurities for optimisation of scenarios*” i badania w tym obszarze, oraz w roku 2012 Nagrody Dyrektora IFPiLM za osiągnięcia naukowo-badawcze w dziedzinie badań zanieczyszczeń plazmy termojądrowej w tokamaku JET z zastosowaniem nowej metody spektroskopowej w zakresie VUV, służącej do wyznaczania gęstości zanieczyszczeń metalicznych (Ni, Fe, Cu, Cr), ich wkładu do efektywnego ładunku plazmy (ΔZ_{eff}) oraz współczynnika rozrzedzenia plazmy. W 2015 r. otrzymała Nagrodę Dyrektora IFPiLM za wyróżniające się osiągnięcia naukowe i za współudział w

zainstalowaniu oraz uruchomienie diagnostyki PHA na stellaratorze W7-X. W 2013 r. otrzymała nagrodę z dotacji statutowej za działalność związaną z prowadzeniem badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców.

VIII. Osiągnięcia dydaktyczne.

Prowadziła wykład pt. „Wstęp do fizyki plazmy i energetyki termojądrowej” na wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej. Przygotowała także wykłady do przedmiotu „Thermonuclear synthesis”. Był to wykład dla nowych specjalności – studia 2-ego stopnia na Wydziale Mechaniki Elektrycznej i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej.

IX. Działalność organizacyjna.

IX.1) Udział w konsorcjach i sieciach badawczych.

- Przewodnicząca komitetu organizacyjnego *14th Coordinated Heliotron Working Group Meeting* (CWGM) w 2015 r.
- Współorganizator międzynarodowych konferencji naukowych takich jak: *34th EPS Conference on Plasma Physics, International Conference on Research and Applications of Plasmas PLASMA-2011, International Conference on Research and Applications of Plasmas PLASMA-2015* oraz 9 i 11 edycji szkoły fizyki plazmy *Kudowa Summer School Towards Fusion Energy*.
- Reprezentowała IFPiLM na Piknikach Naukowych Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik oraz była koordynatorem spotkań w IFPiLM w ramach warszawskiego Festiwalu Nauki.

X. Wnioski końcowe

Podsumowując niniejszą opinię należy podkreślić, że na podstawie przedstawionej dokumentacji dorobku naukowego dr. inż. Agaty Chomiczewskiej można stwierdzić, że jej osiągnięcia spełniają wymogi art. 16 ust. 1 z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule w zakresie sztuki (z późniejszymi zmianami), stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego. Jej osiągnięcia stanowią znaczący wkład w rozwój dyscypliny fizyka a w szczególności w rozwój fizyki plazmy w naszym kraju. Habilitantka wykazuje się istotną aktywnością naukową a liczba jej publikacji jest imponująca.

Wnioskuje zatem o dopuszczenie dr Agaty Chomiczewskiej do kolejnych, określonych w w/w ustawie etapów procedury habilitacyjnej.

A. Napier

Andrzej NAPIERALSKI