

# **Analiza zanieczyszczeń plazmy w scenariuszu bazowym podczas eksperymentów deuterowo-trytowych na tokamaku JET**

**N. Wendler<sup>1</sup>, A. Chomiczewska<sup>1</sup>, W. Gromelski<sup>1</sup>, E. Kowalska-Strzęciwilk<sup>1</sup> and JET Contributors\* and The Eurofusion Tokamak Exploitation Team\*\***

<sup>1</sup> IPPLM, Warsaw, Poland

\* See the author list of C. F. Maggi et al. 2024 Nucl. Fusion 64 112012

\*\* See the author list of E. Joffrin et al. 2024 Nucl. Fusion 64 112019

e-mail: [natalia.wendler@ifpilm.pl](mailto:natalia.wendler@ifpilm.pl)

Synteza jądrowa, będąca przedmiotem intensywnych badań naukowych na całym świecie, stanowi jedno z najbardziej zaawansowanych technologicznie wyzwań współczesnej fizyki oraz inżynierii energetycznej, oferując perspektywę uzyskania wydajnego, bezpiecznego i praktycznie niewyczerpalnego źródła energii. Kluczowym przedsięwzięciem w tym obszarze jest międzynarodowy projekt ITER – największy eksperymentalny reaktor termojądrowy typu tokamak, który ma pełnić rolę głównej platformy badawczej służącej weryfikacji technologii niezbędnych do konstrukcji przyszłych elektrowni fuzyjnych, jak i również metod kontroli zanieczyszczeń oraz promieniowania emitowanego przez plazmę.

Ważną rolę w przygotowaniach do uruchomienia ITER-a odegrał tokamak JET (Joint European Torus), który umożliwiał symulację warunków zbliżonych do przewidywanych w tym reaktorze. W ostatnich latach jego eksploatacji przeprowadzono dwie kluczowe kampanie badawcze z użyciem mieszaniny deuteru-trytu. Kampanie te miały fundamentalne znaczenie dla rozwoju tzw. scenariusza bazowego (wysokoprądowego), pozwalając na szczegółowe badania stabilności w tzw. „wysokim” trybie wyładowania i utrzymywania plazmy oraz mechanizmów ograniczających jej trwałość.

W kampanii zrealizowano scenariusz bazowy przy prądzie plazmy 3.5 MA, jednak czas trwania stabilnej plazmy był ograniczony do kilku sekund, głównie ze względu na intensywne promieniowanie oraz akumulację zanieczyszczeń o wysokim Z, szczególnie wolframu [1]. W kolejnej kampanii zastosowano zmodyfikowane parametry wyładowania, w tym obniżenie prądu plazmy do 3 MA oraz zwiększenie intensywności dozowania paliwa, co pozwoliło na wydłużenie czasu trwania stabilnej plazmy do 5 sekund – stanowiąc istotny postęp w optymalizacji scenariusza dla ITER-a [2].

W prezentowanej pracy przeprowadzono szczegółową analizę kontroli zanieczyszczeń oraz emisji promieniowania w wyładowaniach plazmowych typu bazowego, realizowanych w trakcie obu kampanii eksperymentalnych. Uwzględniono wpływ parametrów operacyjnych, takich jak moc grzania zewnętrznego plazmy, strumień dozowanego paliwa oraz aktywność niestabilności plazmy (zjawisk typu ELM), na akumulację zanieczyszczeń. Porównano charakterystyki najlepszych impulsów z plazmą deuterową, trytową i deuterowo-trytową, a szczególną uwagę poświęcono najbardziej stabilnemu impulsowi, w którym przez 5 sekund utrzymywano stan stacjonarny. Analiza oparta na danych z widm w zakresie VUV oraz pomiarów bolometrycznych umożliwiła kompleksową ocenę procesów radiacyjnych i dynamiki zanieczyszczeń, dostarczając cennych informacji na potrzeby projektowania scenariuszy operacyjnych dla przyszłych reaktorów termojądrowych.

1. N. Wendler et al., Impurity behaviour in JET high-current baseline scenario for Deuterium, Tritium and Deuterium-Tritium plasmas., Nuclear Materials and Energy (2024), Vol.41
2. L. Garzotti et al., "Development of a high-current, high fusion performance scenario on JET: physics insights and operational challenges.", 51st EPS Conference on Plasma Physics (EPS 2025), będzie prezentowany