

Badanie współzależności zjawiska transportu ciężkich domieszek w plazmie tokamakowej i generacji prądu techniką niskiej częstości hybrydowej.

Globalne zużycie energii znacząco wzrosło w ciągu ostatniego stulecia. Dla przykładu w roku 1973 wynosiło ono 6000 milionów ton ekwiwalentu ropy naftowej, a w roku 2016 już ponad 13200 milionów ton ekwiwalentu ropy naftowej. Przewiduje się, że globalne zapotrzebowanie na energię będzie wciąż rosło w najbliższej przyszłości. Paliwa kopalne są obecnie dominującym źródłem energii i stanowią około 80% jej światowego zużycia. Jednakże rezerwy paliw kopalnych są ograniczone. Dlatego też **kontrolowana synteza termojądrowa może być głównym kandydatem do produkcji energii w przyszłości**. Urządzenie *tokamak* jest obecnie najbardziej obiecującym rozwiązaniem w celu przeprowadzenia kontrolowanej reakcji syntezy termojądrowej i produkcji energii w przyszłości. W tym urządzeniu przypominającym obwarzanek, plazmę termojądrową utrzymuje się za pomocą silnego toroidalnego pola magnetycznego indukowanego przez zewnętrzne cewki oraz poloidalnego pola magnetycznego generowanego przez prąd przepływający w plazmie. Istnieje jednak wciąż wiele wyzwań naukowych i technologicznych na drodze do budowy elektrowni termojądrowej. **Jednym z takich wyzwań jest skuteczna kontrola profilu prądu płynącego w plazmie, w celu zapewnienia stabilności jej utrzymania w tokamaku**. Spośród wielu technik, metoda oparta na emisji fal elektromagnetycznych o częstościach odpowiadających tzw. niskiej częstości hybrydowej (ang. Lower hybrid) odgrywa kluczowe znaczenie w sterowaniu profilem prądu poprzez optymalizację depozycji energii fali elektromagnetycznej w plazmie. Kolejny problem wynika z faktu, że przyszłe urządzenia do przeprowadzenia kontrolowanej syntezy jądrowej - takie jak Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termojądrowy ITER - będą musiały wykorzystywać ciężkie pierwiastki metaliczne, takie jak wolfram (W), jako tzw. komponenty pierwszej ścianki (czyli elementy znajdujące się najbliżej gorącej plazmy termojądrowej). Elementy wolframowe zastąpiły używane wcześniej komponenty węglowe, aby ograniczyć retencję trytu (tryt jest radioaktywnym paliwem reaktora termojądrowego). **Ciężkie domieszki generowane przez drobne rozpylanie elementów ścianki do plazmy, mogą ją ochłodzić, a tym samym silnie ograniczyć prędkość reakcji syntezy**. Ochładzanie plazmy jest spowodowane emisją energii w postaci miękkiego (czyli mniej energetycznego) promieniowania rentgenowskiego. **W związku z tym należy opracować skuteczne metody ograniczenia akumulacji domieszek ciężkich pierwiastków w plazmie**.

Ogrzewanie plazmy falami LH powoduje powstanie grupy elektronów o wysokich energiach (populacja tzw. elektronów nadtermicznych), które z kolei powodują emisję twardego (czyli bardziej energetycznego) promieniowania rentgenowskiego. **Jednak sposób oddziaływania między tą grupą elektronów, a domieszkami ciężkich pierwiastków (takich jak W) w plazmie pozostaje jak dotąd niezbadany, podczas gdy ma on kluczowe znaczenie dla stabilności utrzymania plazmy**. Zaproponowane w projekcie badania mają wyjaśnić tę kwestię. W tym celu wykorzystany zostanie tokamak Tore Supra, który niedawno został ulepszony (obecnie nazywa się WEST) i jest unikatowym urządzeniem do przeprowadzenia takich badań. **Parametry plazmy którą możemy wytworzyć przy użyciu tego urządzenia są zbliżone do tych, które będą panowały w czasie pracy ITER-a**. Na początkowym etapie projektu przeprowadzone zostaną badania wstępne, przy użyciu archiwalnej bazy danych tokamaka Tore Supra. Następnie, przeprowadzona zostanie analiza eksperymentalna przy wykorzystaniu nowego tokamaka WEST, w celu zbadania zależności między ogrzewaniem plazmy falami LH a transportem ciężkich domieszek. W tym celu zostaną wykonane pomiary miękkiego oraz twardego promieniowania rentgenowskiego oraz rekonstrukcje tomograficzne. Jednocześnie badania będą wspierane obliczeniami numerycznymi. Obliczenia te mają na celu symulację propagacji i absorpcji fal elektromagnetycznych w plazmie oraz mają pomóc w zrozumieniu procesów zachodzących pomiędzy energetycznymi elektronami i atomami domieszek.

Wyniki uzyskane w ramach proponowanego projektu pozwolą opracować skuteczne metody kontroli profilu prądu plazmy i techniki pozwalające ograniczyć akumulację domieszek w urządzeniach fuzyjnych. Zagadnienia te odgrywają kluczową rolę w opracowywaniu metod kontroli stabilności plazmy w przyszłym eksperymentalnym reaktorze termojądrowym ITER oraz przyszłej elektrowni termojądrowej DEMO. Zarówno ITER, jak i DEMO są obecnie jednymi z największych międzynarodowych projektów naukowych naszych czasów.