

## **Badanie mechanizmów i efektywności otrzymywania zielonego wodoru jako ubocznego produktu reakcji fotoredukcji ditlenku węgla w fazie wodnej i gazowej**

Wodór ewoluuje jako rozwiązanie energetyczne ze względu na stosunkowo wysokie koszty wytwarzania i rygorystyczne przepisy. Jednak przy odpowiednim wsparciu jednostek rządowych, wodór może stać się rewolucyjnym rozwiązaniem, które odegra kluczową rolę w transformacji energetycznej, transporcie i biznesie. Wdrożenie bardziej przyjaznych przepisów oraz rozwój oraz kontynuacja badań i innowacji mogą mieć znaczący wpływ na wykorzystanie pełnego potencjału wodoru. Produkcja wodoru wiąże się jednak z generowaniem zanieczyszczeń (w tym ditlenku węgla), które najczęściej są emitowane do powietrza. Założenia polityki Europejskiego Zielonego Ładu w zdecydowanym stopniu przyczyniają się do pozytywnych zmian w zakresie poprawy stanu jakości powietrza w Europie, jednak z raportów Sztokholmskiego Instytutu Środowiska (SEI) i Oxfam (*Confronting Carbon Inequality*) wynika, że w ujęciu globalnym w roku 2022, na skutek wzmożonej działalności firm należących do najbogatszego 1% populacji świata (125 osób w 2022), nastąpił drastyczny wzrost emisji ditlenku węgla oraz innych szkodliwych zanieczyszczeń gazowych (do 393 mln ton ekwiwalentu CO<sub>2</sub> rocznie). Nie ulega wątpliwości, że obecny rozkład emisji ditlenku węgla w różnych regionach świata jest uderzająco nierówny. Coraz bardziej rygorystyczne limity emisji CO<sub>2</sub> do powietrza albo przestają być albo nigdy nie były respektowane przez wiele krajów wschodzących.

Koncepcja projektu PhotoH2 stanowi propozycję odpowiedzi na pytanie, jak małymi „naukowymi” krokami walczyć z rosnącą nierównością dotyczącą emisji ditlenku węgla, wpisując się jednocześnie w założenia gospodarki o obiegu zamkniętym oraz polityki odzysku związków, czystych technologii czy wychwytywania i przetwarzania CO<sub>2</sub> (CCU, ang. *Carbon Capture and Utilization*). Nowoczesne i proekologiczne rozwiązania technologiczne, które obejmują projektowanie i wytwarzanie materiałów nowej generacji o wysokiej skuteczności usuwania zanieczyszczeń poprzez ich przetworzenie do produktów użytecznych (w tym przypadku wodór jako produkt uboczny rozkładu wody, a także CO i CH<sub>4</sub> jako produkty reakcji fotoredukcji CO<sub>2</sub>), spełniając przy tym większość zasad zielonej chemii, są istotne z zarówno punktu widzenia zrównoważonej gospodarki energetycznej i ochrony środowiska. Prowadząc proces fotokatalitycznej redukcji CO<sub>2</sub> w fazie wodnej i gazowej (z dostępem do pary wodnej) oraz w obecności materiałów otrzymanych na bazie TiO<sub>2</sub>, możliwe jest uzyskanie produktów końcowych, takich jak zielony wodór, który w dobie „rewolucji wodorowej” stanowi istotną wartość dodaną projektu. Dlatego nadrzędnym celem projektu będzie określenie potencjału wykorzystania reakcji fotokatalitycznego rozkładu wody do produkcji zielonego wodoru jako ubocznej reakcji towarzyszącej procesowi fotoredukcji CO<sub>2</sub> w fazie wodnej lub gazowej (z niewielką ilością wody). Ze względu na podstawowy charakter projektu, szczegółowo zbadane zostaną mechanizmy obu typów reakcji.

Należy podkreślić, że proponowana koncepcja projektu może być klasyfikowana jako rozwiązanie typu „2 w 1” na kilku poziomach. Po pierwsze, w reakcji fotokatalitycznego rozkładu wody (reakcji ubocznej) produkowany będzie zielony wodór i jednocześnie, w procesie usuwania CO<sub>2</sub> w reakcji fotoredukcji, otrzymywane będą produkty wartościowe. Po drugie, wykorzystane zostaną tu zalety dwóch zjawisk: adsorpcji CO<sub>2</sub> przez mikroporowate nośniki węglowe (jako nośniki stałe modyfikowanego ditlenku tytanu), oraz zjawiska fotokatalizy, dzięki której mogą powstawać H<sub>2</sub>, CO i CH<sub>4</sub>. Po trzecie, cienkie filmy ditlenku tytanu będą otrzymywane metodą reaktywnego napyłania magnetronowego z jednoczesną modyfikacją TiO<sub>2</sub> za pomocą układów bimetalicznych/bitlenkowych (jednoczesna modyfikacja dwoma rodzajami jonów metali (m.in. Al, Ag, Au, Cu, Pt, Pd, Ni, Ru) lub ich tlenków.

Istotnym jest, że dzięki doświadczeniu Prof. Kamili Kočí oraz jej zespołu z VSB – Technical University of Ostrava, oprócz prowadzenia reakcji generowania wodoru, towarzyszącej fotoredukcji CO<sub>2</sub> w fazie gazowej (z niewielką ilością wody), w czym specjalizuje się zespół polski, będzie możliwe rozszerzenie badań o fazę wodną (w czym z kolei specjalizuje się zespół czeski). Dzięki współpracy możliwa będzie także bardziej szczegółowa charakterystyka otrzymanych materiałów, m.in. o wyniki badań fotoelektrochemicznych, analizy XRF czy temperaturowo programowanej desorpcji czy redukcji (TPD/TPR) w celu określenia miejsc aktywnych. Przeprowadzenie tych badań w ZUT wymagałoby zaangażowania dodatkowych nakładów finansowych.

Projekt PhotoH2 stanowi wyjątkową platformę dla młodych naukowców i post-doców, zarówno z VSB-TUO jak i z ZUT w Szczecinie, aby mogli doskonalić swoje umiejętności i poszerzać wiedzę w międzynarodowym środowisku. Naukowcy zdobędą bezcenne doświadczenie poprzez wymianę w ramach staży badawczych w instytucjach partnerskich, gdzie będą angażować się w prace eksperymentalne, współpracować z rówieśnikami z różnych środowisk badawczych i uczyć się bezpośrednio od doświadczonych naukowców w tematyce przygotowania materiałów, ich charakterystyki i procesów fotokatalitycznych. Zaangażowanie młodych naukowców w realizację projektu nie tylko wzbogaci ich rozwój akademicki i zawodowy, ale także pozwoli na bardziej dogłębne i wieloaspektowe badanie mechanizmów i wydajności tworzenia zielonego wodoru jako ubocznego produktu reakcji fotoredukcji ditlenku węgla, prowadzonej zarówno w fazie wodnej, jak i gazowej. Integracja różnorodnej wiedzy specjalistycznej zapewni holistyczne podejście do sprostania jednemu z najpilniejszych wyzwań w badaniach nad zrównoważonymi źródłami energii.