

Od Redakcji

Przekazujemy w Państwa ręce czwarty numer kwartalnika, którego tematyka dotyczy zagadnień naukowych, prawnych oraz promocyjnych. Technologia wodorowych ogniw paliwowych znajduje szerokie zastosowanie m.in. w magazynowaniu energii, transporcie, przemyśle i może okazać się najbardziej opłacalną z obecnie dostępnych podczas generowania energii elektrycznej.

Dyrektor krośnieńskiej „Naftówki” Pani mgr Joanna Kubit opowiada o Pikniku Wodorowym, który pokazuje,

promuje i rozpowszechnia informacje o możliwościach wykorzystania technologii wodorowych oraz zachęca uczniów do aktywnego włączania się i poznawania świata wodoru, a w niedalekiej przyszłości wybierania „wodorowych” kierunków kształcenia.

Radca Prawny, Pan Wojciech Pawłuszko opisuje projekt zmian ustawy Prawa energetycznego oraz niektórych innych ustaw przygotowanych przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska. ■

Zapraszamy do zgłaszania publikacji!



Jak się zarejestrować
na stronie

<https://journal.h2poland.eu>

OJS
OPEN
JOURNAL
SYSTEMS



Wysłać na adres ojshelp@h2poland.eu

następujące informacje:

1. imię 2. nazwisko 3. adres e-mail

Administrator strony **zakłada konto**

i wysyła, na podany adres e-mail,

wiadomość z **danymi do logowania**



Teraz można się zalogować

<https://journal.h2poland.eu/3xw/login>



dr inż. Renata Włodarczyk, Politechnika Częstochowska, Wydział Infrastruktury i Środowiska, 42-200 Częstochowa, ul. J.H. Dąbrowskiego 69, email: renata.wlodarczyk@pcz.pl

Arkadiusz Szczygłowski student WIiŚ- PCz, IGMAR-TECH, 42-263 Wrzosowa, ul. Polna 15, email: szczygiel1980@o2.pl

Agata Adamiec, Zespół Szkół Technicznych w Częstochowie, 42-200 Częstochowa, Al. Jana Pawła II 126/130, email: agata.adamiec@zst.czest.pl

Ogniwa paliwowe jako magazyn zielonej energii – krótka analiza możliwości wykorzystania technologii wodorowych

Wprowadzenie

Odpowiedzią na problemy związane z pogarszającą się jakością środowiska naturalnego, wyczerpywanie się zasobów kopalnych oraz coraz wyższe zapotrzebowanie na energię elektryczną jest wodór przetwarzany w ogniwach paliwowych do prądu elektrycznego i ciepła. Ogniwa paliwowe jako elementy układów hybrydowych mogą stanowić źródło prądu elektrycznego oraz ciepła bezpośrednio przekazywanego dla budynków mieszkalnych. Taki układ mikrogeneratorowy staje się alternatywą dla kotłów i silników spalinowych [1-2].

Układy hybrydowe oparte na technologii ogniw paliwowych i elektrolizerach mogą pracować jako systemy wykorzystujące odnawialne źródła energii (OZE), jak również konwencjonalne sposoby przetwarzania energii elektrycznej, dalej jako urządzenia służące do magazynowania i „przechowywania” energii oraz złożone systemy nadzoru i sterowania. Energia z odnawialnych źródeł energii stanowi bowiem duży potencjał, mimo nieregularności i/lub okresowości jej występowania. Zastosowanie układów panel fotowoltaiczny/turbina wiatrowa – elektrolizer – ogniwo paliwowe podnosi sprawność konwersji energii układu do produkcji energii elektrycznej.

Budowa i zasada działania ogniw paliwowych typu PEMFC

Praca ogniwa paliwowego polega na generowaniu energii elektrycznej powstałej z reakcji utleniania dostar-

zanego paliwa. W większości ogniw paliwowych do produkcji energii elektrycznej wykorzystuje reakcję utleniania wodoru na anodzie oraz redukcję tlenu na katodzie (ogniwa paliwowe z elektrolitem w postaci membrany polimerowej – *Polymer Exchange Membrane Fuel Cells – PEMFC*) [3]. Wodór i tlen są nietrwałe w postaci mieszaniny i samorzutnie tworzą wodę. Siłą napędową w ogniwie paliwowym jest naturalna dążność układu do osiągnięcia stanu o niższej entalpii swobodnej. W wyniku procesów elektrochemicznych zachodzących w ogniwie, z urządzenia emitowane są niemal śladowe ilości produkowanych zanieczyszczeń; spaliny składają się wyłącznie z niegroźnej dla środowiska naturalnego pary wodnej. Ogniwa paliwowe charakteryzują się wysoką wydajnością, ponieważ energia chemiczna jest bezpośrednio przekształcana w energię elektryczną, a przemiany nie podlegają ograniczeniu Carnota [4-5].

Budowa pojedynczej celi ogniwa paliwowego opiera się na dwóch elektrodach oddzielonych od siebie elektrolitem. Na elektrodzie ujemnej zachodzi reakcja elektrochemicznego utleniania paliwa, natomiast na elektrodzie dodatniej jest redukowany utleniacz. W wyniku procesów elektrochemicznych powstaje różnica potencjałów pomiędzy elektrodami, a w obwodzie zewnętrznym płynie prąd elektryczny. Produktami ubocznymi są woda oraz ciepło. Dzięki działaniu ogniwa, urządzenie staje się generatorem energii elektrycznej oraz ciepła.

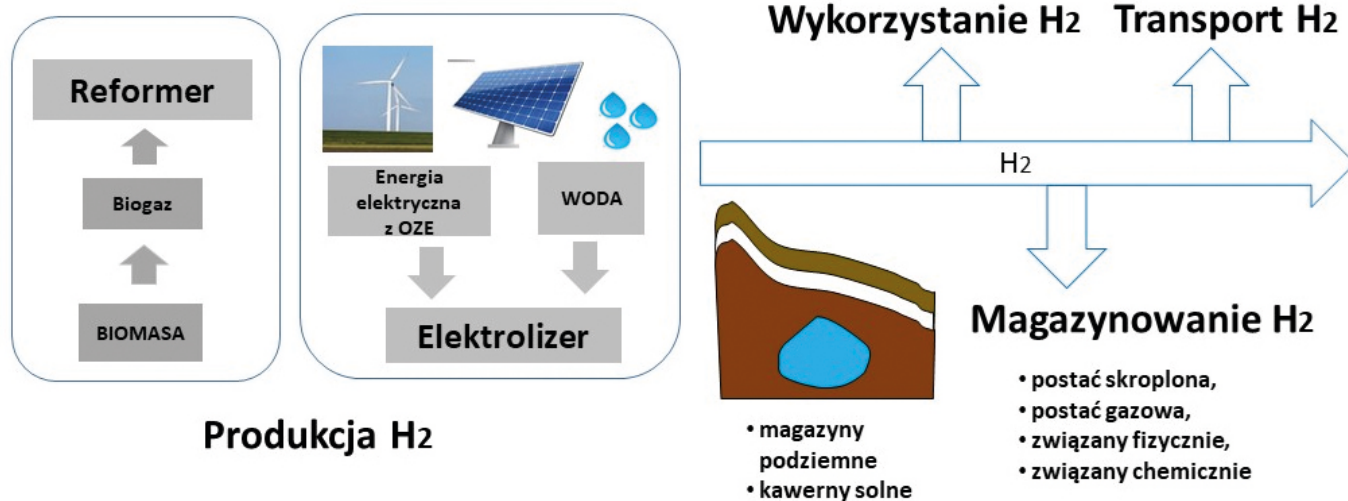
Generator oparty na technologii ogni w paliwowych charakteryzuje się następującymi cechami [4-6]:

- ogniwo paliwowe zasilane wodorem nie produkuje żadnych zanieczyszczeń, produktem ubocznym jest woda;
- energia w ogniwach jest produkowana z wysoką sprawnością, która dodatkowo nie zależy od wymiarów urządzenia;
- ogniwa mogą pracować w systemach modułowych; aby zwiększyć ilość produkowanej energii wystarczy podłączyć kolejne pakiety (cele) do ogniwa;
- praca ogniwa jest bezgłośna, słychać jedynie pracę urządzeń pomocniczych;
- praca w ogniwie paliwowym może zachodzić bez przerwy, o ile paliwo i utleniacz będą doprowadzane w trybie ciągłym,
- ogniwo samoczynnie dobiera paliwo i reguluje odpowiednią ilość utleniacza;
- dzięki zastosowaniu ogniwa z elektrolitem stałym, układ może pracować w trudnych warunkach eksploatacyjnych, czas pracy ogniwa obecnie wynosi 3 lata pracy ciągłej, a do roku 2011 czas ten może się wydłużyć nawet do 10 lat, przy jednoczesnym spadku cen ogni w [7];

- usytuowanie niewielkich generatorów w pobliżu odbiorców energii, umożliwia dodatkowo wykorzystywanie przez nich ciepła zrzutowego do ogrzewania pomieszczeń, ogrzewania wody i do chłodzenia absorpcyjnego, co może podwyższyć wydajność wykorzystania paliw naturalnych nawet do 80%.

Idea wykorzystania wodorowych ogni w paliwowych

Istnieje wiele nowatorskich rozwiązań wykorzystania ogni w paliwowych we współpracy z generatorami przetwarzającymi odnawialne źródła energii. Można zauważyć, że rozwiązania te pod względem konstrukcji są zbliżone, różnią się od siebie jedynie sposobem wykorzystania [8]. Proponowane rozwiązania oparte na ogniwach paliwowych znajdują zastosowanie w dziedzinach takich jak: transport, przemysł, mieszkalnictwo, magazynowanie energii [9-10]. Jak wskazuje schemat zamieszczony na rys. 1, łączenie ogni w wodorowych z panelami fotowoltaicznymi w układy hybrydowe daje możliwość magazynowania wodoru, który zostaje wyprodukowany w elektrolizerze dzięki nadwyżkom energii ze źródeł odnawialnych. Współpraca wodorowych ogni w paliwowych z generato-



Rys. 1. Idea wykorzystania odnawialnych źródeł energii dla technologii wodorowych [11-12]

rami przetwarzającymi odnawialne źródła energii (z panelami fotowoltaicznymi, turbinami wiatrowymi) jest korzystna, ze względu na fakt wzajemnego uzupełniania się obu technologii. W elektrolizerze następuje rozkład wody pod wpływem prądu elektrycznego do wodoru i tlenu. Woda do elektrolizera może być zawracana z ogniwa paliwowego, gdzie jest produktem ubocznym procesów elektrochemicznych. Wodór, wyprodukowany w elektrolizerze jest bezpośrednio przesyłany do ogniwa paliwowego lub magazynowany. W ten sposób ogniwa paliwowe mogą zastępować panele fotowoltaiczne w momencie wysokiego zachmurzenia lub w godzinach nocnych. Wytwarzanie wodoru w procesie elektrolizy jest obecnie ekonomicznie i finansowo nieatrakcyjne, ale efekt skali mógłby pozwolić na zmniejszenie kosztów wytwarzania energii elektrycznej, wodoru oraz niezbędnych urządzeń.

OZE – elektrolizer – ogniwa paliwowe: magazyn zielonej energii

Ogniwa paliwowe w oparciu o paliwo wodorowe mogą stanowić z powodzeniem zamienniki generatorów spalinowych stosowanych w szpitalach oraz generatorów bazujących na konwencjonalnych bateriach/akumulatorach. Ogniwa paliwowe mogą być wykorzystane jako przydomowa mikroelektrociepłownia. Urządzenia te połączone z elektrolizerem i OZE mogą stanowić tzw. magazyn zielonej energii. Jak wynika z danych z 2019 roku, zainstalowana moc instalacji do produkcji wodoru w procesie elektrolizy szacowano na 8 GW [12]. Podczas elektrolizy nie emitowane są żadne zanieczyszczenia. W Polsce produkuje się obecnie ok. 1 megatonę wodoru rocznie, co zaspokaja ok. 14% całkowitej konsumpcji w UE. 50 % produkcji wodoru zapewniają spółki Grupa Azoty oraz Lotos. Wodór w obu spółkach wykorzystywany jest na procesy wewnętrzne: w Grupie Azoty do produkcji amoniaku, w grupie LOTOS na potrzeby procesu zwanego hydrokrakingiem. W kontekście zapotrzebowania na

wodór w Polsce oraz rozwoju elektromobilności opartej na wodorze, produkcja tego nośnika energii jest jednym z priorytetów polskiej energetyki.

W historii rozwoju elektrolizerów, można wyróżnić poszczególne trendy, chociaż fundamentalne podstawy technologii pozostały takie same [13]:

- elektrolizery 1 generacji, stosowane w latach 1800-1950, wykorzystywane były do produkcji amoniaku, były to elektrolizery alkaliczne (najczęściej KOH) pracujące pod ciśnieniem atmosferycznym, separatorem był azbest, w późniejszym okresie proces elektrolizy zaczęto wykorzystywać do produkcji chloru, gdzie wodór stanowił produkt uboczny;
- elektrolizery 2 generacji, stosowane w latach 1950-1980 oparte były na polimerach wykazujących szczególne właściwości transportowe – protonowymienna, to rozwiązanie pozwoliło na zastosowanie wody zamiast alkaliów, co dało możliwość redukcji układu, zmniejszenia jego gabarytów, osiągnięcie wyższej wydajności i gęstości mocy. Wiodącymi firmami były General Electric, później Hamilton Sundstrand (USA) oraz Siemens i ABB (Niemcy);
- elektrolizery 3 generacji, stosowane w latach 1980–2010 charakteryzują się wyższą wydajnością, trwałością powyżej 50 tys. godzin przy niższych kosztach inwestycyjnych, stosowane są w większości do produkcji wodoru;
- elektrolizery 4 generacji, opracowane w latach 2010-2020 stanowią ważny element w procesie dekarbonizacji wielu sektorów przemysłu, nie tylko energetycznego, stale wzrastająca pojemność stosów elektrolizerów, pozwala na osiągnięcie niższych nakładów inwestycyjnych (CAPEX), co podnosi znaczenie elektrolizerów w programie polityki energetycznej i celach szczegółowych związanych z zielonym wodorem;
- elektrolizery 5 generacji, po 2020 do 2050 roku, okres, który najprawdopodobniej wyniesie moc elektrolize-



ów od skali MW do skali GW, co zostanie osiągnięte poprzez niższe koszty (< 200 USD/kW) i wzrost żywotności (>50 000 godzin). Te założenia będą wymagały większych zdolności produkcyjnych oraz szybkiego, przełomowego rozwoju badań nad materiałami dla elektrolizerów.

Do najważniejszych firm produkujących elektrolizery alkaliczne należą: Hymeth, HydrogenPro, GreenHydrogen. W rozwoju elektrolizerów typu PEM specjalizują się firmy: ITM Power, Nel Hydrogen, Siemens, Hygrogenics, H-Tech. Średnia ilość produkowanego wodoru wynosi od ok. 50,00 do ok. 90,00 kWh/kg, przy ciśnieniu ok. 35 bar [12].

W grupie ogniw o małej mocy (od 0,5 do 10 kW) istnieje ok. 80 producentów, którzy oferują przedkomercyjne i testowe układy ogniw paliwowych polimerowych PEMFC- (ok. 85% udziału w rynku) i tlenkowych- SOFC. Należą do nich między innymi: Vaillant GmbH (Niemcy), EFOY (Stany Zjednoczone), Hexis AG (Szwajcaria), UTC Power (Stany Zjednoczone), MTU CFC Solutions (Niemcy), Siemens Westinghouse (Stany Zjednoczone) [14].

Rozwiązania oparte na technologii ogniw paliwowych wpisują się w działania szeregu dyrektyw i aktów prawnych krajowych i międzynarodowych takich jak: Pakiet Komisji Europejskiej Fit for F55 (z dnia 16.07.2021) na rzecz redukcji emisji gazów cieplarnianych, który w szczególności dotyczy następujących założeń: 50% wodoru ma być pochodzenia odnawialnego do 2030 roku a stacje tankowania wodorem mają być rozstawione w sieci maksymalnie do 150 km. Dnia 8 lipca 2020 roku Komisja Europejska ogłosiła dwa dokumenty dotyczące polityki energetycznej [15]. Dokumenty te są zgodne z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu [16,17]. Jednym z nich jest Strategia wodorowa, a drugi dotyczy łączenia sektorów transportu, ciepłownictwa i elektryfikacji, promocji czystych paliw. Kluczową rolę w polityce energetycznej UE mają odgrywać gazy odnawialne, określane mianem „zielone”, w tym wodór. Gaz ten może być wykorzysty-

wany jako paliwo, surowiec, magazyn energii w różnych gałęziach gospodarki, w tym w transporcie, przemyśle, budownictwie, a także energetyce. Podczas użytkowania wodoru nie emituje zanieczyszczeń, w tym dwutlenku węgla. Stanowi zatem alternatywę dla dekarbonizacji procesów przemysłowych. Należy zatem zwiększyć jego produkcję. O ile liczba przedsiębiorstw należących do Międzynarodowej Rady ds. Wodoru w roku 2017 wynosiła 17, to w połowie 2020 roku już 81. Zgodnie z planem KE do 2030: powstanie elektrolizerów o mocy 8,2 GW (57% w Europie). Udział wodoru w miksie energetycznym Europy wyniesie w 2050 roku od 13-14%.

Na podstawie danych zawartych w raporcie przygotowanym w 2019 roku przez Komisję Europejską [14], można zaobserwować, że wdrażanie systemów ogniw paliwowych zależy od regionu, w tym od obecności producentów i użytkowników końcowych, którzy potrzebują stałych dostaw energii elektrycznej w regionach o niskiej niezawodności sieci. Decydującym czynnikiem wpływającym na proces wdrażania generatorów ogniw paliwowych jest również koszt, jaki poniesie użytkownik za energię. Wartość ta zależy od wydajności technologii, kosztów utrzymania i eksploatacji, niezawodności i żywotności.

Potencjał i perspektywy rozwoju rynku wodorowego – dobre praktyki w krajach europejskich

Wymagania związane z koniecznością ograniczenia emisji szkodliwych substancji do środowiska i zapobieganie ich negatywnym skutkom, wymuszają na politykach dokonanie istotnych przemian w funkcjonowaniu gospodarstw krajowych oraz światowych. W otoczeniu krajów europejskich przemiany te są napędzane przede wszystkim restrykcjami ze strony Unii Europejskiej, która wyznacza kierunki w zakresie sprawiedliwej transformacji systemów energetycznych na całym kontynencie, prowadzącej do osiągnięcia celu w postaci zeroemisyjnej gospodarki [18]. Kierunki działań w tym zakresie ujęte zostały m.in.

w Długoterminowej Strategii do roku 2050, a opierają się na wykorzystaniu wodoru jako jednego z filarów transformacji energetycznej. Coraz więcej krajów inwestuje w działania związane z badaniami, wdrożeniami oraz ogólnie rozwojem technologii wodorowych, dotyczącymi w szczególności produkcji wodoru. W efekcie do 2050 roku łączna kwota wydana przez UE na rozwój infrastruktury wodorowej może wynieść od 180 do 470 mld euro. Unia Europejska zakłada produkcję do 1 mln ton wodoru z OZE do 2024 r i do 10 mln ton w latach 2025-2030, co ma przyczynić się do włączenia wodoru w ogólny system energetyczny. Unia Europejska chce stopniowo zwiększać produkcję wodoru i wdrażać go między innymi w przemyśle stalowym, chemicznym, transportowym, a także w produkcji i magazynowaniu energii. Celem zasadniczym jest osiągnięcie takiego pułapu, aby do roku 2030 ceny zielonego wodoru zrównały się z kosztami produkcji szarego wodoru. By to osiągnąć konieczne jest tworzenie elektrolizerów oraz rozbudowa infrastruktury generującej energię wiatrową i słoneczną. Ponadto wdrażany jest European Green Hydrogen Acceleration Center (EGHAC) czyli Europejski Program Rozwoju Wodoru [19]. Jest to inicjatywa EIT InnoEnergy, która pozwoli na zintensyfikowanie produkcji zielonego wodoru i pomoże niwelować różnice cenowe między szarym i zielonym wodorem. Oprócz pomocy w dążeniu do europejskiej neutralności emisyjnej, EGHAC stworzy nawet 500 000 nowych miejsc pracy związanych z infrastrukturą wodorową.

Jak już wcześniej wspomniano, rozwój branży energetycznej, a w szczególności technologie wodorowe, stają się ważnym celem poszczególnych krajów UE. Europejskie koncerty między innymi: Total, Shell, Edison, BP, Total zaplanowały w latach 2020-2030 uruchomienie 67 projektów produkcji wodoru z czego 62 mają wykorzystać elektrolizę dzięki użyciu energii z OZE [20]. Rozwój branży chcooperatorzy przesyłowi z Włoch, Szwecji, Hiszpanii, Danii, Francji, Belgii, Czech, Niemiec. Założenia te pomogą

zrealizować politykę klimatyczną UE umożliwiając wykorzystanie nadwyżek energii z farm wiatrowych i fotowoltaicznych do produkcji wodoru.

Niemcy zużywające najwięcej gazu ziemnego spośród krajów wspólnoty upatrują w wodoryzacji szansę na dekarbonizację, stworzenie nowych miejsc pracy oraz korzyści dla przemysłu. Niemiecka strategia wodorowa z 10 czerwca 2020 r. nadaje priorytet zielonemu wodrowi [21]. Uznano zielony wodór za jedyne rozwiązanie odpowiadające potrzebom zrównoważonego rozwoju. Celem rządu jest osiągnięcie 5 GW mocy elektrolizy do 2030 r. i 10 GW do roku 2040. Ma to przełożyć się na produkcję 14 TWh wodoru rocznie. W strategii przewiduje się wspieranie zastępowania paliw kopalnych wodorem w przemyśle hutniczym i chemicznym oraz w transporcie ciężkim.

Potencjał branży wodorowej chcą wykorzystać Niderlandy, w której spada wydobycie gazu [18]. Powodem jest wieloletnia eksploatacja gazu, co doprowadziło do powstania pustych komór. Komory te tak bardzo zmieniły strukturę podłoża, że w regionie Groningen pojawiają się cykliczne powracające trzęsienia ziemi. Atrybuty pozostałe po wydobyciu gazu tzn. doświadczenie, infrastruktura i wydajna się przemysłowa Niderlandów zamierza wykorzystać do produkcji wodoru (zielonego). Niderlandy do 2025 roku chcą produkować około 75 tys, ton zielonego wodoru. Energia elektryczna użyta do produkcji wodoru ma mieć moc 500 MW a już 5 lat później 3-4 GW. W transporcie docelowo ma być zasilanych 300.000 tys samochodów. Do 2025 roku ma zostać wybudowanych 50 stacji tankowania wodoru obecnie są trzy [18].

W tabeli 1 przedstawiono założenia produkcji wodoru na wybranych krajach UE w latach 2025-2030 oraz nakłady w Euro [18-24]. Na podstawie danych zawartych w tabeli dotyczących mocy elektrolizerów, będą wykorzystywane elektrolizery 5 generacji, które będą produkować średnio powyżej 75 tysięcy ton wodoru zielonego.

Tabela 1. Założenia produkcji wodoru na wybranych krajach UE w latach 2025-2030 oraz nakłady w Euro [18-24].

Kraj	Produkcja/ton	Moc elektrolizy/GW	Planowane nakłady w mld Euro
Niderlandy	75 tys.	3-4	0,5
Niemcy	10 mln	7-8	9
Szwecja	5 mln	4-6	Brak danych
Hiszpania	500 tys.	4	8,9
Francja	Brak danych	6,5	2
Portugalia	170 tys.	1	Brak danych
Polska	165 tys.	1,7	3,7

Hiszpania do 2030 roku planuje zainstalować elektrolizery o mocy 4 GW co stanowi jedną dziesiątą unijnego celu. Miejscowy gigant energetyczny Iberdrola buduje największy projekt tego typu w Europie [22].

Pierwszy model produkcji wodoru we Włoszech zakłada produkcję wodoru w miejscu jego wykorzystania w celu zminimalizowania kosztów transportu, zakładając produkcję energii elektrycznej z OZE a następnie wodoru z elektrolizy [18]. Drugi model zakłada produkcję wodoru na miejscu z transportem energii elektrycznej: energia elektryczna wytwarzana na południu Włoch w turbinach wiatrowych a później transportowana siecią elektryczną do punktu zużycia. Trzeci model zakłada scentralizowaną produkcję z transportem wodoru. Włoskie firmy energetyczne ENI i ENEL rozpoczęły pilotażowe projekty produkcji zielonego wodoru. Mają powstać dwa elektrolizery o mocy 10 MW każdy.

W ramach planu France Relance na strategię wodorową Francja planuje przeznaczyć do 2022r. ok. 7,2 mld Euro [23]. Wykorzystanie wodoru jako nośnika energii pozwoli na realizację trzech priorytetów: dekarbonizacja przemysłu, zastosowanie wodoru jako paliwa w transporcie publicznym oraz finansowanie prac badawczych dotyczących branży wodorowej.

Dania zamierza wykorzystać farmy wiatrowe do produkcji wodoru [24]. Orsted, Siemens Gamesa, ITM Power chcą produkować zielony wodór z morskich farm wiatrowych w ramach projektu Oyster, który uzyskał wsparcie finansowe z funduszu Komisji Europejskiej w wysokości 5 mln euro. Środki posłużą do sfinansowania elektrolizerów mających pracować w ramach projektu, który ma ocenić potencjał produkcji zielonego wodoru z wiatrowych farm morskich. Praca ich w przyszłości ma być zintegrowana z technologią odsalania wody morskiej w celu pozyskania jej do produkcji wodoru.

Ciekawym rozwiązaniem jest współpraca międzynarodowa między krajami Południowej Europy, gdzie dominuje wykorzystanie energii słonecznej z krajami wokół basenu Morza Północnego, gdzie jest wysoki potencjał produkcji energii z energii wiatru [18].

Podsumowanie

Założenia oparte na wykorzystaniu układów hybrydowych zbudowanych z elektrolizerów współpracujących z odnawialnymi źródłami energii stanowi ważne rozwiązanie wielu problemów środowiskowych na świecie. Energetyka wodorowa i ogniwa paliwowe jako główne elementy układu hybrydowego już dziś wypierają ener-

getykę konwencjonalną, która wymaga ponoszenia wysokich kosztów emisji CO₂, powoduje konieczność modernizacji bloków węglowych, zmagają się z brakami w dostawie paliw nieodnawialnych.

Decyzja Unii Europejskiej o konieczności przechodzenia na zielone sposoby pozyskiwania wodoru przyczyniła się do podjęcia decyzji o konieczności zwiększenia poziomu finansowania inwestycji uwzględniających alternatywne metody produkcji wodoru. Wdrożenie technologii wodorowych na szeroką skalę niezaprzeczalnie przyniesie korzyści Unii Europejskiej na rynku międzynarodowym w postaci sprzedaży niskoemisyjnych rozwiązań. W związku z tym, wyraźnie przyspieszyły prace legislacyjne prowadzone przez Unię Europejską, a kraje UE rozpoczęły działania wewnętrzne regulujące współpracę sektora wodorowego w różnych branżach gospodarki i nauki.

Polskie plany są również bardzo ambitne i nie dostają od unijnych. Zgodnie z zapisami w Polskiej Strategii Wodorowej przewiduje największy rozwój w trzech głównych sektorach, w których wykorzystuje się wodór – transport, energetyka i przemysł [25]. Budowa nowych elektrolizerów (do 2023 roku ma działać 2 GW elektrolizerów) i tworzenie łańcucha wartości (wykorzystanie wodoru w transporcie miejskim, kolejnictwie i przemyśle) pozwoli na wzrost gospodarczy poprzez stworzenie miejsc pracy i wdrożenie nowych inwestycji. Rozwój technologii wodorowych zwiększy racjonalność finansowania w odnawialne źródła energii będące częścią magazynów zielonej energii.

Sektor wodorowy znajduje się na wczesnym etapie rozwoju lecz jego duży potencjał i mnogość zastosowań w różnych gałęziach przemysłu pozwala sądzić, iż dalszy rozwój będzie korzystny pod wieloma względami. ■

The scientific research was funded by the statute subvention of Czestochowa University of Technology, Faculty of Infrastructure and Environment. The research was funded by the project No. BS/PB 400/301/23.

Bibliografia

- [1] <https://www.dw.com/pl/jak-słońce-zamienia-wodę-morską-w-wodór-szansa-dla-Portugalii/> (accessed on January 2023).
- [2] <https://www.gramzielone.pl/energia-sloneczna/20532/energia-z-farmy-pv-i-magazynu-energii-za-0145-usdkwh> (accessed on January 2023).
- [3] Włodarczyk R., Research on the functional properties of materials used for PEMFC fuel cell interconnectors, Publisher Czestochowa University of Technology, Czestochowa, 2011.
- [4] Mustain W.E., Chetenet M., Page M., Kim Y.S., Royal Society of Chemistry, 13, 2020, 2805-2838.
- [5] Thompson S. T., Peterson D., Ho D., Papageorgopoulos D., J. Electrochem. Soc., 167, 2020, 084514.
- [6] Włodarczyk R., The Use of Fuel Cell Technology as Electricity and Heat Generators in Residential Buildings, Instal, 22-28 (6), 2021, 10.36119/15.2021.6.2
- [7] Skorek A., Dreksler M., Włodarczyk R., Wodór jako współczesny nośnik energii, Monografia: Ograniczanie emisji CO₂ – przeciwdziałanie zmianom klimatu”, Politechnika Częstochowska, Seria Monografie 308, 2015, 84-97, ISBN 978-83-7193-646-X, ISSN 0860-5017.
- [8] Demusiak G., Otrzymywanie paliwa wodorowego metodą reformowania gazu ziemnego dla ogniw paliwowych małej mocy, Naf-ta-Gaz, Państwowy Instytut Badawczy, 2012.
- [9] Demusiak G., Warowny W., Gaz Woda i Technika Sanitarna, 10, 2005, 10–15.
- [10] Melis A. Int. J. Hydrog. Energy, 27, 2002, 1217–1228.
- [11] Włodarczyk R., Kacprzak A., Magazynowanie energii w postaci wodoru w warunkach polskich - potencjał i wyzwania (w:) Nowoczesne technologie konwersji i magazynowania energii, Politechnika Częstochowska, 2019, 138-165, ISBN 978-83-7193-721-7
- [12] www.doe.gov – (accessed on January 2023).
- [13] IRENA (2020), Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5°C Climate Goal, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [14] Weidner E., Ortiz Cebolla R., Davies J., Global deployment of lar-

- ge capacity stationary fuel cells, JRC Technical Reports, European Union, 2019.
- [15] A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, Komunikat Komisji do Europejskiego Parlamentu, Bruksela 8 lipca 2020 r (accessed on January 2023).
- [16] Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP 2040) (in Polish), https://www.gov.pl/documents/33372/436746/PEP2040_projekt_v12_2018-11-23.pdf/ee3374f4-10c3-5ad8-1843-f58dae119936 (accessed on January 2023).
- [17] Krajowy plan na rzecz energii i klimatu <https://bip.mos.gov.pl/index.php?id=5608> (accessed on January 2023).
- [18] Bieliszczuk B., Czysty gaz- perspektywy rozwoju energetyki wodorowej w UE, Polski Instytut Spraw Międzynarodowych, nr 168, 2100, 2020.
- [19] Material Economics (2020). Mainstreaming green hydrogen in Europe.
- [20] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów
- „Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu” COM/2020/301 final
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0301&qid=1606389529159&from=EN> (accessed on January 2023)
- [21] <https://www.osw.waw.pl/pl/publikacje/analizy/2020-06-16/niemiecka-strategia-wodorowa-zielony-wodor-w-centrum-uwagi> (accessed on January 2023)
- [22] <https://www.energetyka24.com/hispania-chce-byc-wodorowym-liderem-europy-madryt-oglosil-strategie> (accessed on January 2023)
- [23] Maślanka Ł., Francuski plan odbudowy- 100 mld euro inwestycji w gospodarkę przyszłości, Polski Instytut Spraw Międzynarodowych, nr 188, 2120, 2020
- [24] <https://balticwind.eu/pl/power-to-x-w-danii-nabiera-rozpedu-pomoz-morska-energetyka-wiatrowa> (accessed on January 2023)
- [25] Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Warszawa 2021.

Notka biograficzna

Renata Włodarczyk, dr nauk technicznych, adiunkt, prac. nauk.-dydaktyczny na Wydziale Infrastruktury i Środowiska PCz, staż naukowy 2003–2005 Uniwersytet Camerino, Włochy, Innovation Coach- II ścieżka Instrumentu STEP, członek Wielkopolskiej Platformy Wodorowej- Panel Nauki, ekspert NCBR, członek zespołu ekspertów European Commission, ekspert Urzędu Marszałkowskiego Woj. Śląskiego, ekspert Związku Gmin i Powiatów Subregionu Centralnego Woj. Śląskiego, ekspert Śląskiego Centrum Przedsiębiorczości, członek Ogólnopolskiej Bazy Ekspertek, IIH- wg Google Scholar- 15, iH10-indeks-21

Aktywnie uczestniczy w różnych formach kształcenia się i rozwijania swojej osobowości: certyfikowany tutor, coach.

Zainteresowania badawcze: materiały dla wodorowych ogniw paliwowych, technologie wodorowe, produkcja wodoru z biomasy i odpadów, badania materiałów stosowanych w odnawialnych źródłach energii, technologia wytwarzania powłok polimerowych i badanie ich właściwości, ochrona przed korozją i metody wyznaczania parametrów korozyjnych materiałów, wytwarzanie materiałów i badanie ich właściwości w zastosowaniach energetycznych.



mgr Joanna Kubit

Dyrektor Zespołu Szkół Naftowo – Gazowniczych im. Ignacego Łukasiewicza w Krośnie
ul. Bohaterów Westerplatte 20, 38-402 Krosno

Wywiad z Panią mgr Joanną Kubit, Dyrektorką „Naftówki”

Skąd pomysł na piknik wodorowy?

Pomysł zrodził się spontanicznie w czasie rozmów grupy osób zebranych przez Panią Annę Szóstakiewicz. Uczestnicy rozmowy postanowili stworzyć tzw. „Dzień Wodoru”. Nawiązując do wartości 1.008 wybrano 10.08.2021 r.

Pomysł zrodził się pod koniec maja i pomimo krótkiego czasu Piknik został zrealizowany. Cieszył się ogromnym zainteresowaniem, a wzięło w nim udział wiele podmiotów z całego kraju. Dzisiaj jest to Grupa VI Porozumienia Sektorowego do Rozwoju Gospodarki Wodorowej. Idea została kontynuowana w kolejnym roku i planujemy już następną edycję, zatem jest to już impreza cykliczna. Wraz ze szkołą tworzą ją przede wszystkim Politechnika Rzeszowska, KEZO, ARP i wiele innych podmiotów wspierających.

Jakie były oczekiwania organizując piknik i czy zostały zrealizowane?

Imprezie przyświecało wiele oczekiwań głównie to zainteresowanie młodzieży tematyką wodorową jako innowacyjną technologią oraz przełamywanie stereotypu na temat tego paliwa.

Ważnym okazało się również zbudowanie grupy ludzi tworzących swoisty klaster tj. wyższych uczelni, podmiotów przemysłowych i instytucji certyfikujących.

Druga grupa oczekiwań to promocja innowacji programowej wprowadzonej przez szkołę dotycząca magazynowania wodoru i przesyłu tzw. wodoru zazielenionego.

Nie ukrywamy, że ważne było dla nas również promowanie szkoły jako nowoczesnej jednostki edukacyjnej, która sięga po różnego rodzaju metody pracy. Zainteresowanie piknikiem było tak duże, że przerosło nawet nasze oczekiwania. Zmusza nas to przy każdej kolejnej edycji do jeszcze większej kreatywności, sięgania po coraz nowsze rozwiązania technologiczne. Świadomość tego, że uczenie poprzez zabawę i doświadczenia jest najefektywniejsze zdecydowało o formule tego przedsięwzięcia. Jest to piknik wakacyjny, rodzinny z wieloma atrakcjami w obrębie szkoły ale i w całym mieście. Można tutaj przejechać się autobusem na alternatywne paliwa do Bóbrki (Muzeum Skansen Przemysłu Naftowego i Gazowniczego), skorzystać z różnego rodzaju VR, symulatorów, a nawet zobaczyć wodór jako produkt powstający w czasie doświadczeń chemicznych lub pracy

Ważnym okazało się również zbudowanie grupy ludzi tworzących swoisty klaster tj. wyższych uczelni, podmiotów przemysłowych i instytucji certyfikujących.



makiety elektrolizera. Wszystkie te działania wpłynęły na zainteresowanie uczniów tematyką związaną z ochroną naszej planety, poszukiwaniem paliw alternatywnych i innowacyjnych rozwiązań technologicznych. Oprócz popularności tego przedsięwzięcia to cieszy mnie najbardziej.

Jaki zadania i wyzwania stoją przed Panią i gronem pedagogicznym przy organizacji pikniku?

To jest szereg wyzwań realizowanych w czasie wakacji przez nauczycieli i uczniów.

Są to działania zawiązane z merytoryczną stroną przedsięwzięcia, z ogromną logistyką, ale prozaicznie poszukiwanie środków finansowych na jego realizację. Opracowanie i realizacja harmonogramów wymaga dużego zaangażowania ode mnie i moich nauczycieli, które wykraczają poza nasze podstawowe obowiązki. Jednak obserwując efekty oddziaływanie, odbiór społeczny i stworzone wokół szkoły otoczenie zaprzyjaźnionych osób dają nam ku temu siłę.

Już planujemy kolejną edycję i za pośrednictwem Państwa czasopisma zapraszamy w tym roku we wrześniu, termin nieco przesuwamy z uwagi na Jubileusz 75-lecia szkoły.

Co było najtrudniejsze w całym przedsięwzięciu?

Przy organizacji pierwszego pikniku w 2021 r. najtrudniejsza była walka z czasem i przekonanie podmiotów wspierających, że warto. W tym okresie wielką promotorką tego przedsięwzięcia była wspomniana już Pani Anna Szóstakiewicz, która pomogła nam bardzo przy najtrudniejszych kwestiach. Dobrze mieć dobrego ducha przedsięwzięcia.

Jedną z wizji szkoły jest przygotowywanie uczniów do dalszego kształcenia. Jeśli uczelnie wyższe wprowadzą

kierunku związane z gospodarką wodorową, to czy w przyszłości jest możliwe / realne wprowadzenie kierunku kształcenia związanego z gospodarką wodorową w Naftówce?

To jest cel nadrzędny. W tej chwili szkoła aplikuje do projektu Branżowe Centra Umiejętności, który umożliwi prowadzenie różnego rodzaju kwalifikacji rynkowych i sektorowych przygotowujących kadry również i dla tej gałęzi przemysłu. Wyższe uczelnie muszą zadbać o inżynierów, natomiast Naftówka musi zadbać o wykwalifikowane kadry pracownicze. Potrzebujemy programów nauczania i wsparcia Podkarpackiej Doliny Wodorowej aby rozpocząć kształcenie. Coraz większa grupa młodych ludzi widzi potrzebę walki o ratowanie planety, szukanie rozwiązań w tym kierunku, a Krośnieńskiej Naftówce te zagadnienia są szczególnie bliskie. To szkoła imienia Ignacego Łukasiewicza, dzięki którego wynalazkom możliwy był ogromny postęp cywilizacyjny. Tym czym dla Niego były węglowodory dla nowego pokolenia może być wodór. Mocno w to wierzymy i jest to uzasadnieniem to tworzenia nowych kierunków kształcenia.

Czy przewiduje Pani zmiany / rozwój / rozszerzenie pikniku H2? Czy będzie kolejna edycja?

H2 Krosno to już swoistego rodzaju marka. Oczywiście, że planujemy kolejne edycje. Każda z nich musi być lepsza od poprzedniej. Zachęcamy Państwa czytelników do udziału w tej uroczystości. Zapraszamy do Szkoły Naftówki, do urokliwego Krosna i Bóbrki kolebki przemysłu naftowego.

Czy kolejne edycje mają szansę być coraz lepsze? Tak, gwarantuje to otoczenie zaprzyjaźnionych instytucji w tym Agencji Rozwoju Przemysłu. ■

**Wojciech Pawłuszko**

Radca prawny, Pełnomocnik Zarządu ds. Zgodności

Biuro Prawne ARP S.A.

Resort klimatu i środowiska chce położyć podwaliny pod gospodarkę wodorową w Polsce

Ministerstwo Klimatu i Środowiska („MKiŚ”) 21 października 2022 r. skierowało do konsultacji 31-stronnicowy projekt ustawy o zmianie ustawy – *Prawo energetyczne oraz niektórych innych ustaw* (numer projektu w wykazie prac rządu: UD382) datowany na 4 sierpnia 2022 r. Za jego przygotowanie merytoryczne odpowiadają urzędnicy z Departamentu Elektromobilności i Gospodarki Wodorowej MKiŚ. Nadzór nad ich pracą sprawuje Ireneusz Zyska, sekretarz stanu, Pełnomocnik Rządu ds. Odnawialnych Źródeł Energii.

Projekt jest jednym z elementów wdrażania w życie wytycznych „Polskiej strategii wodorowej do roku 2030 z perspektywą do roku 2040”, zgodnie z którymi w latach 2022 i 2023 ma zostać opracowany legislacyjny pakiet wodorowy, tj. przepisy określające szczegóły funkcjonowania rynku, implementujące prawo UE w tym w zakresie oraz wdrażające system zachęt do produkcji niskoemisyjnego wodoru. Wpisuje się też w unijną „Strategię w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu” opublikowaną 8 lipca 2020 r. Ponadto w ocenie MKiŚ zachowanie przez Polskę silnej pozycji europejskiego producenta wodoru oraz utrzymanie konkurencyjności polskiej gospodarki wymaga uregulowania kwestii związanych z pełnym łańcuchem wartości gospodarki wodorowej. Wreszcie, projekt ustawy stanowi jeden z kamieni milowych w ramach Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (B2.1. *Poprawa warunków dla rozwoju technologii wodorowych oraz innych gazów zdekarbonizowanych*). Reforma ma przyczynić się do rozwoju rynku odnawialnego i niskoemisyjnego wodoru i innych paliw alternatywnych oraz ich wykorzystania na rzecz osiągnięcia neutralności klimatycznej i wzmocnienia konkurencyjności polskiej gospodarki.

Celem projektu jest wprowadzenie do ustawy z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne legalnej defini-

cji wodoru, które pozwoli uwzględnić szerokie zastosowania wodoru jako surowca, nośnika oraz magazynu energii (jeżeli nie jest on transportowany siecią gazową). Polski porządek prawny ma się też wzbogacić m.in. o definicje legalne magazynowania wodoru, instalacji magazynowania wodoru, konwersji elektrolitycznej, sieci wodorowej, systemu wodorowego, przesyłania wodoru, operatora systemu wodorowego (będzie musiał cechować się niezależnością), czy operatora systemu wodorowego. Zakres działania przedsiębiorstwa energetycznego formalnie zostanie poszerzony o przesyłanie i magazynowanie wodoru oraz konwersję elektrolityczną. Projekt wprowadza też obowiązek zawarcia umowy na dostarczanie wodoru jako umowy o świadczenie usług przesyłania wodoru lub umowy o świadczenie usług magazynowania wodoru, w przypadku gdy ma miejsce magazynowanie energii w postaci wodoru. Określa też zakres przedmiotowy dla obu rodzajów umów, co jest ważne dla praktyki funkcjonowania przedsiębiorstw energetycznych. MKiŚ chce też przekazać Prezesowi URE rozstrzygnięcie, na wniosek strony, spraw spornych dotyczących odmowy zawarcia umowy o świadczenie usług przesyłania wodoru, umowy o świadczenie usług magazynowania wodoru oraz w przypadku nieuzasadnionego wstrzymania dostarcza-

nia wodoru. Operatorzy systemu wodorowego i systemu połączonego wodorowego otrzymają liczne zadania w zakresie systemu wodorowego dotyczące bezpieczeństwa dostaw wodoru, eksploatacji, konserwacji i remontów sieci wodorowej, instalacji i urządzeń, wraz z połączeniami z innymi systemami wodorowymi, prowadzenie ruchu sieciowego w sposób w sposób skoordynowany i efektywny, dostarczenie użytkownikom systemu wodorowego informacji niezbędnych do skutecznego dostępu do infrastruktury, zapewnienie warunków dla realizacji umów sprzedaży wodoru zawartych przez odbiorców przyłączonych do sieci wodorowej, świadczenie usług niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania systemu wodorowego, świadczenie usług konwersji elektrolitycznej.

Zgodnie z projektem Prezes URE ma otrzymać nowe zadania. Regulator ma m.in. monitorować funkcjonowanie systemu wodorowego w zakresie warunków przyłączania podmiotów do sieci wodorowej i ich realizacji oraz dokonywania napraw tej sieci, wypełniania obowiązku publikowania przez operatorów systemu wodorowego informacji dotyczących połączeń międzysystemowych, korzystania z sieci wodorowej i rozdziału zdolności przesyłowych stron umowy o świadczenie usług przesyłania wodoru.

Ze względów bezpieczeństwa oraz w związku z koniecznością ochrony interesu publicznego MKiŚ widzi potrzebę wprowadzenia konieczności uzyskania koncesji na wykonywanie działalności gospodarczej w zakresie magazynowania wodoru, z wyjątkiem lokalnego magazynowania w instalacjach stacjonarnych o pojemności do 5 000 Nm³, przesyłania wodoru, obrotu wodorem, z wyłączeniem obrotu wodorem, jeżeli roczna wartość obrotu nie przekracza równowartości 100 000 euro oraz dostarczania wodoru bezpośrednimi rurociągami wodorowymi.

MKiŚ chce też stworzyć ramy prawne uwzględniające międzysektorowe możliwości wykorzystania wodoru, zwłaszcza przez operatorów systemów gazowych i elek-

troenergetycznych. Niemniej chodzi o uregulowanie rynku wodoru jedynie w zakresie, w jakim nie będzie on przesyłany za pomocą sieci gazowej. Resort widzi również potrzebę stworzenia przepisów technicznych w zakresie gospodarki wodorowej na potrzeby dystrybucji wodoru po drogach i po torach czy tworzenia infrastruktury wodorowej, w tym sieci autostrad wodorowych pomiędzy Polską, a jej sąsiadami. Planuje też uprościć procedury administracyjne na potrzeby budowy stacji wodoru oraz instalacji do oczyszczania wodoru.

MKiŚ dąży też do zwiększenia poziomu finansowania prac badawczo-rozwojowych w obszarze technologii wodorowych poprzez wykorzystanie instytucjonalnego potencjału Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. NCBiR ma zarządzać realizacją badań naukowych lub prac rozwojowych w obszarze technologii wodorowych oraz je finansować lub współfinansować. W jego strukturze ma powstać Komitet do spraw badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze technologii wodorowych (Komitet wodorowy), a w jego skład ma wejść po jednym przedstawicielu ministra właściwego do spraw klimatu, ministra właściwego do spraw energii, ministra właściwego do spraw gospodarki, ministra właściwego do spraw finansów, ministra właściwego do spraw szkolnictwa wyższego i nauki oraz po jednym przedstawicielu środowisk gospodarczych reprezentujących przemysł wodorowy i sektor energetyczny oraz technologii wodorowych, wskazanych przez ministra właściwego do spraw energii. Komitet wodorowy ma m.in. przygotowywać i przedstawiać właściwemu ministrowi do zatwierdzenia projekty strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych w obszarze technologii wodorowych oraz ogłaszać konkursy na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych w obszarze technologii wodorowych.

22 grudnia 2022 r. MKiŚ opublikowało liczące kilkaset stron tabelę uwag do projektu zgłoszonych w ramach

konsultacji i opiniowania. Ich omówienie przekracza ramy tego krótkiego tekstu. Niemniej, warte uwagi jest stanowisko Prezesa URE, który będzie objęty nowymi regulacjami w szerokim zakresie. Regulator zgłosił kilkadziesiąt uwag do projektu. Stoi na stanowisku, że projektowane przepisy ustawy stanowią regulację o charakterze nadmiarowym, biorąc pod uwagę wczesny etap rozwoju tzw. rynku wodoru. W jego ocenie skutkiem tej nadmiernej regulacji może być potencjalne zniechęcenie przyszłych inwestorów do budowy infrastruktury wodorowej. Regulator uważa, że na wczesnym etapie rozwoju rynku liczba tzw. wymogów regulacyjnych powinna być ograniczona do niezbędnego minimum, np. nałożenia wyłącznie obowiązku posiadania koncesji na obrót, przesyłanie i magazynowanie wodoru, bez wymogów związanych ze statusem operatora systemu.

MKiŚ uwzględnił szereg uwag zgłoszonych zarówno przez Prezesa URE, jak i inne podmioty, co sprawi, że projekt odbiega od pierwotnych założeń. Z pewnością projektowane przepisy ulegną też zmianom w toku prac parlamentarnych. Niemniej należy pozytywnie ocenić starania resortu w kierunku realizacji Polskiej strategii wodorowej w zakresie stworzenia optymalnych ram prawnych dla funkcjonowania gospodarki wodorowej w Polsce. W 2023 r. możemy się spodziewać kolejnych projektów ustaw wchodzących w skład tzw. konstytucji dla wodoru, które będą regulować m.in. warunki i sposób funkcjonowania operatora dolin wodorowych. ■