

Energetyka zrównoważona **WODÓR**



FERI



*Pomiędzy teorią
a praktyką*

JAKA JEST NOWOCZESNA ENERGETYKA?

Energetyka zrównoważona **WODÓR**

WYDAWCA



PATRONAT



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

PARTNER WYDANIA



PARTNER MERYTORYCZNY

Energetyka **24**

FUNDACJA EDUKACJI ROZWOJU I INNOWACJI

ul. Zakopiańska 156 / 30-435 Kraków

NIP: 6793107433

REGON: 360613382

KRS 0000540329

Tel. +48 501 059 753

fundacja@feri.org.pl

www.feri.org.pl

DATA WYDANIA

LISTOPAD 2018

ISBN: 978-83-952144-0-0

Słowo od redakcji



**Aleksandra
Ścibich-Kopiec**

**FUNDACJA EDUKACJI
ROZWOJU I INNOWACJI**

Szanowni Państwo,

na Państwa ręce oddajemy publikację pt. "Energetyka zrównoważona - WODÓR", która została opracowana w ścisłej współpracy z Grupą Azoty S.A., zaś patronat nad publikacją objęło Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Publikacja jest adresowana do decydentów, firm, korporacji, organizacji pozarządowych, a także osób interesujących się tematyką ekologicznej energii – w szczególności zastosowaniem wodoru w obszarach inwestycyjnych.

W ramach publikacji nawiązujemy do idei zrównoważonego rozwoju, która określa taki sposób działania gospodarczego, który jest oparty o równowagę ekologiczną. Energia, której źródłem jest wódór – jest rozwiązaniem bezpiecznym dla środowiska, a w opinii ekspertów świata nauki i biznesu – może stać się realną alternatywą dla gospodarek opartych o energię pochodzącą z ropy, gazu, a – w przypadku Polski – zasobów węgla. Nasi eksperci wskazują niejednokrotnie bariery systemowe, które stoją na przeszkodzie efektywnemu wprowadzeniu wodoru jako paliwa. Powołanie do życia Zespołu Parlamentarnego Polska Wodorowa w ostatnich dniach wydaje się być dobrym krokiem do ważnych zmian legislacyjnych w naszym kraju.

Zapraszamy do zapoznania się z materiałem!

Aleksandra Ścibich-Kopiec



Spis treści

”	<i>Rozmowy o wodorze</i>	
	KAZIMIERZ KAROLCZAK	9
	GRZEGORZ KĄDZIELAWSKI	17
	MACIEJ MARTYNIUK	23
	TADEUSZ UHL	29
	KAROL ZARAJCZYK	41
1	<i>Rola wodoru w rozwoju energetyki zrównoważonej</i>	47
	1.1 ENERGETYKA ZRÓWNOWAŻONA – WPROWADZENIE	47
	1.2 ROLA WODORU W REALIZACJI ZAŁOŻEŃ ENERGETYKI ZRÓWNOWAŻONEJ	49
	1.3 ROZWÓJ TECHNOLOGII WODOROWYCH NA ŚWIECIE	51
2	<i>Wodór – wyzwania i perspektywy</i>	55
	2.1 WYTWARZANIE WODORU – “PLURALISTYCZNY” PIERWIASTEK	56
	2.2 ZASTOSOWANIA WODORU	60
	2.3 WSPARCIE SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO	61
	2.4 ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII A WODÓR	62
	2.5 GENERACJA MOCY I CIEPŁA NA MAŁĄ SKALĘ	63
	2.6 GENERACJA MOCY I CIEPŁA NA DUŻĄ SKALĘ	65
	2.7 WODÓR W TRANSPORCIE	66
	2.8 WODÓR A SPRAWA POLSKA	74
3	<i>Uwarunkowania prawne w kontekście wykorzystania wodoru jako źródła energii (czekamy na finałowy materiał)</i>	77
	3.1 PRAWO UNIJNE	77
	3.2 PRAWO KRAJOWE	80

Podsumowanie 84

Bibliografia 85

Wprowadzenie do wywiadów

BOGDAN BUGDAŁSKI

Wodór wrócił do łask i już wkrótce może stanowić jedno z najważniejszych źródeł energii XXI wieku – szacuje się w 2050 roku 20-25% transportu pasażerskiego będzie obsługiwane pojazdami zasilanymi tym gazem. Nad wykorzystaniem wodoru w transporcie samochodowym i kolejowym, systemach grzewczych oraz w energetyce rozproszonej (mikrogeneracji), czyli wytwarzania ciepła i prądu u odbiorcy końcowego, myślą już nie tylko naukowcy, ale i przedstawiciele przemysłu oraz władze samorządowe i państwowe. Wodór staje się dziś najbardziej rozwojowym źródłem czystej energii, pozyskiwanej z toksycznych w spalaniu węglowodorów, takich jak gaz ziemny i węgiel. Staje się też realną alternatywą dla ogniw elektrycznych, tym bardziej że nie ma tych ograniczeń co one – jest dostępny wszędzie i nie pozostawia po sobie śladu.

Według prof. Tadeusza Uhla, założyciela EC Grupy, pomysł wykorzystania wodoru jako źródła energii nie jest nowy, a pierwsze ogniwa paliwowe wykonano i zastosowano w latach 60. ub. wieku. Wówczas jednak magazynowanie i transportowanie wodoru sprawiało wiele trudności. Obecnie takich barier już nie ma – wodór potrafimy nie tylko magazynować, transportować, ale i bezpiecznie spalać. To sprawia, że w rozwoju energetyki opartej na wodorze są zaangażowane liczne kraje. Najbardziej Japonia, która po tragedii elektrowni w Fukushima intensywnie rozwija tę technologię. Stawia przy tym nie tylko na efektywny, ale

i kosztowny proces pozyskiwania wodoru z gazu ziemnego czy biogazów, co z węgla, który zamierza kupować w Australii i tam zgazowywać.

Ten rozwój jest możliwy również w Polsce. Trudno sobie nawet wyobrazić, że może być inaczej – jesteśmy czołowym producentem wodoru na świecie, mamy zasoby węgla i nowoczesne koksownie.

- Spalając węgiel w rozproszonych źródłach zasilania, emitujemy CO₂, co jest bardzo niekorzystne dla środowiska naturalnego. Wytwarzając z węgla wodór, służący do zasilania rozproszonych źródeł, postępujemy w sposób przyjazny dla środowiska – tłumaczy prof. Uhl. Jego zdaniem zgazowywanie węgla w procesie koksowania go i odzyskiwanie z gazu koksowniczego wodoru, a następnie stosowanie go, jako źródła czystej energii to najlepszy kierunek rozwoju energetyki dla Polski. Produkcja i wykorzystanie czystego wodoru nie tylko unowocześni nasz kraj, dając mu silny impuls rozwojowy, ale pozwoli na wykorzystanie węgla, z którego wydobycia rezygnować nie zamierzamy. Rozwiązuje przy tym problem nadmiernej emisji gazów cieplarniczych, znacznie go redukując.

Możliwości już mamy. Obecnie wodór produkujemy głównie na potrzeby przemysłu. Nie jest on czysty i nie nadaje się do wykorzystania w ogniwach paliwowych, ale dysponujemy technologią, która na to pozwala. Według dr. Grzegorza Kądziaławskiego, wiceprezesa zarządu

Rewolucja wodorowa właśnie się zaczyna.

Grupy Azoty, zdolność produkcji wodoru o gwarantowanej czystości 99,99% mają już ZA w Puławach i Kędzierzynie-Koźlu. - W nieodległej perspektywie duże ilości wodoru będziemy mogli podawać z instalacji w Policach – zapowiada prezes Kądziałowski. To zaś otwiera możliwości wykorzystania tego paliwa na miejscu, chociażby w transporcie zbiorowym. O zbudowaniu komunikacji publicznej opartej na nowoczesnych i ekologicznych środkach transportu (i nie tylko) myśli Kazimierz Karolczak, prezes Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii, związku metropolitalnego skupiającego 41 gmin województwa śląskiego. Deklaruje, że GZM jest w stanie podjąć współpracę z każdą firmą, która taką technologię dostarczy. Proponuje też pilotaż. - Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia jest doskonałym miejscem, gdzie można byłoby sprawdzić pewne rozwiązania wodorowe w praktyce. Byłoby to możliwe zarówno w sektorze komunikacji publicznej, jak i zasilania osiedli mieszkaniowych za pomocą mini-bloków energetycznych, wykorzystujących produkcję wodoru z OZE – mówi.

Napędzane wodorem samochody też już mamy. Autobusy Solarisa jeżdżą w Hanowerze i Hamburgu, a autobus URSUSA po krajach Beneluxu, propagując technologię wodorową. Karol Zarajczyk, prezes URSUS S.A., podkreśla, że firma już dawno postawiła na rozwój technologii wodorowej. Obecnie szuka możliwości zastąpienia ogniw wodorowych, które są drogie, znacznie tańszym sposobem tankowania i wspólnie z miastem Lublin i z Grupą Azoty realizuje grant unijny na studium wykonalności stacji ładowania wodorem na terenie zajezdni lubelskiego ZTM. - Konsekwencją będzie pierwsza w Polsce poważna stacja ładowania wodorem – mówi Karol Zarajczyk. Jego zdaniem to właśnie brak tych stacji stoi na przeszkodzie rozwojowi transportu opartego na

wodorze. - Nie ma infrastruktury, ponieważ brakuje pojazdów, i nie ma pojazdów, bo nie ma infrastruktury – mówią eksperci. Prawda jest też taka, że w Polsce brakuje również przepisów, które pozwoliłyby takie pojazdy rejestrować.

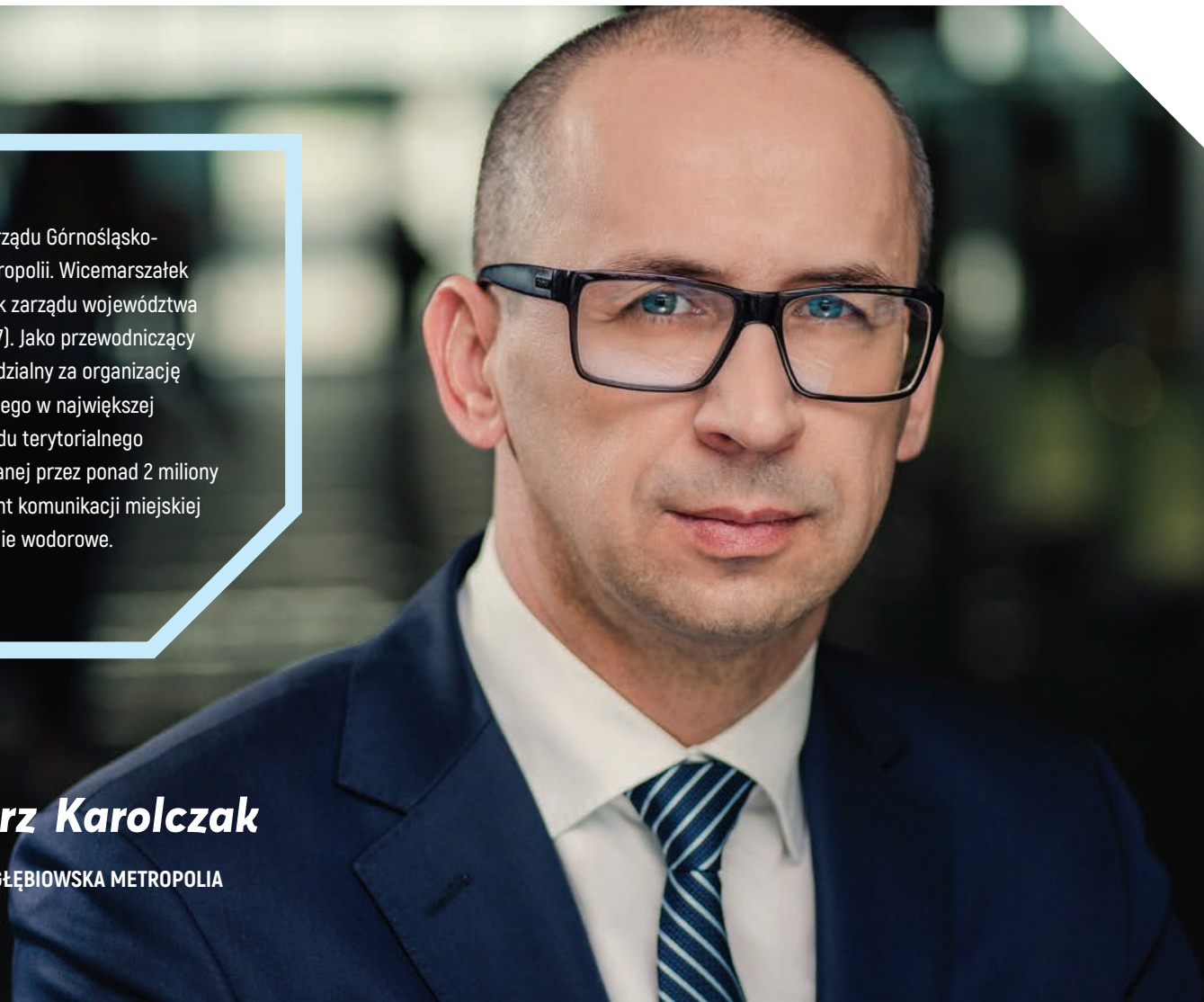
Według Macieja Martyniuka, dyrektora Działu Rozwoju Innowacyjnych Metod Zarządzania Programami w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju, żeby jednak wodór stał się paliwem powszechnie stosowanym, konieczne jest opracowanie bezpiecznego zasobnika wodoru dla samochodów osobowych. NCBR chce go stworzyć w formule partnerstwa innowacyjnego i ma na to 30 mln zł. Sama budowa stacji ładowania nie jest większym problemem, dużo trudniejsze będzie stworzenie systemu dystrybucji gazu (wzbogacanego wodorem) przeznaczonego wyłącznie do ogrzewania. I to nie dlatego, że jest to skomplikowane technologicznie, ale dlatego, że dotychczas w Polsce takich sieci nie budowano.

Praktycznie więc mamy już wszystko i nic nie już stoi na przeszkodzie, żeby nasz kraj stał się światowym liderem w produkcji, eksporcie i wykorzystywaniu wodoru jako źródła energii - mamy chęci, mamy wiedzę, moce produkcyjne i technologie, mamy też społeczeństwo czekające na innowacyjne, proekologiczne rozwiązania. Brakuje tylko sygnału, mocy sprawczej, aby rewolucja wodorowa w Polsce się zaczęła – tak wynika z wypowiedzi naszych ekspertów oraz informacji, które przedstawiamy na kolejnych stronach publikacji. Jednak wraz z wyraźnym wsparciem państwa i systemem odpowiednich zachęt dla firm i samorządów – ta innowacja ma ogromny potencjał, który może rozpedzić całą gospodarkę.

Przewodniczący Zarządu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. Wicemarszałek (2013-2014) i członek zarządu województwa śląskiego (2013-2017). Jako przewodniczący Metropolii odpowiedzialny za organizację transportu publicznego w największej jednostce samorządu terytorialnego w Polsce, zamieszkaney przez ponad 2 miliony obywateli. Proponent komunikacji miejskiej opartej o technologie wodorowe.

Kazimierz Karolczak

GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKA METROPOLIA



Wodór jako paliwo w komunikacji regionalnej i miejskiej.

ROZMOWY O WODORZE / KAZIMIERZ KAROLCZAK



Jak ocenia Pan potencjał energetyki opartej na wodorze wobec innych dostępnych możliwości?

KK: W tej kwestii myślę, że warto spojrzeć w kierunku Japonii, która bardzo mocno skoncentrowała się na rozwijaniu tej technologii i pokazuje, że wodór może być paliwem przyszłości. Po tragedii w elektrowni jądrowej Fukushima, konieczne było znalezienie nowego źródła zasilania, które zaspokoiłoby potrzeby energetyczne japońskiej gospodarki. Jednym z powodów był fakt, iż energia atomowa w obliczu tamtych wydarzeń utraciła akceptację społeczną. Japonia w tym kontekście to interesujący przypadek. To kraj, który pozbawiony jest surowców kopalnych, a więc od zawsze energię musiał pozyskiwać z innych źródeł. Japonia była liderem, jeśli chodzi o rozwój elektrowni jądrowych, ale musząc przeorientować swój system energetyczny staje się aktualnie liderem w zakresie wykorzystania wodoru. Pracuje nad

tym, aby pokonać tę dolinę "śmierci" związaną z wdrożeniem nowej technologii w wytwarzaniu energii elektrycznej. Wydaje się, że ogniwa wodorowe, w porównaniu z konwencjonalnymi odpowiednikami, mogą być dużo lepszymi i bardziej efektywnymi nośnikami energii. Oczywiście mają wciąż jeszcze wiele słabości, ale musimy wziąć pod uwagę fakt, że ta technologia dopiero się tworzy, że przełomy technologiczne są prawdopodobnie dopiero przed nią. Natomiast, gdy popatrzymy na łańcuch wykorzystania baterii, to one również obciążone są pewnymi ograniczeniami, co więcej w ich przypadku jak na razie nie widać na horyzoncie żadnego przełomu technologicznego, który rozwiązałby problemy związane np. z ich produkcją, czasem ładowania, deficytami danego surowca w sytuacji, gdy jest on trudno dostępny lub jego wydobycie jest szkodliwe dla środowiska, czy na końcu recyklingiem. Dlatego właśnie wodór może stać się paliwem przyszłości, zwiększając nie tylko efektywność, ale

Rozwój technologii wodorowych w Polsce wymaga opracowania modelu biznesowego.

i bezpieczeństwo energetyczne. Jest to kluczowe z punktu widzenia takiego kraju, jak np. Polska, gdzie energetyka jest oparta głównie na węglu. Oczywiście nie dyskredytujemy węgla - to nasz zasób, ale on ulega wyczerpaniu, nie wiemy co może stać się za 50 czy za 100 lat. Myślę, że istotnym jest, aby dywersyfikować źródła zasilania, szukać alternatywy dla energetyki węglowej, aby być całkowicie niezależnymi.

Wspomniał Pan o Japonii jako o modelu, który dzisiaj rozwija technologię wodorową. W takim razie czego brakuje w polskich regulacjach, we współpracy z administracją centralną, żeby lepiej rozwijać tą technologię w Polsce?

KK: Wydaje się, że mamy wszelkie możliwości do tego, żeby stać się liderem w produkcji energii elektrycznej z wodoru. W Polsce funkcjonuje szereg koncernów chemicznych, petrochemicznych, które mogłyby bez problemu wodor produkować. Mam natomiast wrażenie, że do tej pory nie myśleliśmy o wodorze jako o alternatywie energetycznej. Przykładem tego jest choćby fakt, że do tej pory w Polsce nie da się zarejestrować samochodu napędzanego właśnie tego typu ogniwem,

nie ma również odpowiednich stacji ładowania. Tak prawdę mówiąc, w Polsce dopiero zaczyna budzić się świadomość odnośnie możliwości stosowania tej technologii. Cieszę się, że są osoby, które obserwują to, co dzieje się na świecie, "trzymają rękę na pulsie" i za powodzenie realizacji ich planów - trzymam kciuki.

Po objęciu swojej funkcji w jednym z wywiadów wspominał Pan o współpracy z Jastrzębską Spółką Węglową ws. pozyskiwania wodoru. Jak wygląda aktualna sytuacja?

KK: W tej chwili dyskusja o wodorze toczy się w kilku koncernach: w Lotosie, Orlenie, JSW, Grupie Azoty. Każdy z nich mógłby być naszym potencjalnym partnerem. Zależy mi na zbudowaniu komunikacji publicznej opartej na nowoczesnych i ekologicznych środkach transportu. Wydaje się, że zastosowanie ogniw wodorowych byłoby naprawdę sensownym i dobrym rozwiązaniem. Oczywiście przy założeniu, że czas tankowania takiego autobusu trwałby kilka minut i byłby porównywalny z tankowaniem tradycyjnego diesla. Ważne jest również to, aby zasięg takiego autobusu był znacznie większy niż tego zasilanego tradycyjną

baterią oraz aby nie było ryzyka, że w zimie ich zasięgi – ze względu niską temperaturę – zostałyby skrócone. Jeśli te warunki będą możliwe do spełnienia, współpracę nawiążemy z każdym, kto jest w stanie taką technologię nam dostarczyć. Ważna jest również kwestia kosztowa, na razie wykorzystanie wodoru jest dużo droższe, ale moim zdaniem to kwestia skali i przełomów technologicznych, które mają szansę się pojawić przy odpowiednich nakładach na R&D.



Jak wygląda w tym momencie na Śląsku możliwość wdrożenia technologii wodorowej w komunikacji? Na jakim są Państwo etapie?

KK: W tej chwili wiemy, że producenci autobusów mają potencjał do tego, aby takie pojazdy zbudować. Jest Solaris, który już stworzył pierwszą generację autobusu z ogniwem paliwowym, wiemy, że Ursus Bus również nad nimi pracuje. Aktualnie jedną z najpoważniejszych barier związanych z wdrożeniem tej technologii jest brak regulacji prawnych, które pozwoliłyby takie autobusy w naszym kraju zarejestrować. Po drugie nie mamy odpowiedniej – zresztą dość drogiej – infrastruktury ładowania. Do tego dochodzi jeszcze potrze-

ba wypracowania modelu biznesowego, pozwalającego na przekroczenie progu skali i uzyskanie kosztów eksploatacji na poziomie dzisiejszych diesli. Wydaje się jednak, że nawet jeśli autobusy zasilane wodorem będą minimalnie droższe, ale będą bardziej ekologiczne, to w tej sytuacji warto do nich dopłacić. Chociaż oczywiście najbardziej korzystna byłaby sytuacja, gdyby były tańsze od obecnie używanych diesli. Mamy zatem wiele nieświadomych, na które musimy znaleźć odpowiedź. Dla mnie jako organizatora transportu publicznego kwestie ekonomiczne są tutaj bardzo istotne. Trzeba bowiem mieć świadomość, że koszty funkcjonowania komunikacji miejskiej w naszych warunkach, a Metropolia to 41 miast i gmin oraz prawie 2,3 mln mieszkańców, są bardzo wysokie. To są tysiące kilometrów pokonywane każdego dnia. Gdyby przemnożyć je jeszcze przez ilość spalane go paliwa, to są to olbrzymie wartości. W tej sytuacji każdy grosz ma znaczenie.



Komunikacja aglomeracji śląskiej składa się z wielu przewoźników obsługujących poszczególne linie. Czy w przypadku wdrożenia komunikacji opartej na paliwie wodorem istnieje plan stworzenia jednej spółki, która korzystałaby na efekcie skali?

Musimy ustalić cele strategiczne w zakresie rozwijania „gospodarki wodorowej”.

KK: To prawda, ale faktem jest również to, że mamy cztery firmy, należące do samorządów, które obsługują znaczną część funkcjonujących dzisiaj linii. Jest również sporo przewoźników prywatnych, którzy chcąc obsługiwać daną linię, muszą wygrać przetarg publiczny. Jednak w tym drugim przypadku nie jesteśmy w stanie w stu procentach odpowiadać za to, z jakich typów autobusów chcą korzystać. Nie chcemy prywatnych przewoźników wyrugować z rynku, ponieważ ten system dobrze się uzupełnia, jednak tam, gdzie mamy na to wpływ, chcemy, żeby tabor był przede wszystkim ekologiczny. Natomiast jeżeli się okaże, że technologia wodorowa i koszty jej funkcjonowania [CAPEX/OPEX] są sensowne, to być może w przyszłości będziemy wymagać także od prywatnych przewoźników, żeby taki sam transport oferowali do świadczenia usług na naszą rzecz. Zdajemy sobie sprawę, że dopóki technologia ta będzie droższa od tej dostępnej na rynku, to w pierwszej kolejności musi zostać przeprowadzony pilotaż w naszych, samorządowych spółkach.

■ ***Czy Metropolia oprócz pomysłu wdrożenia komunikacji opartej na wodorze inwestuje także w sektor R&D?***

KK: W tej chwili najważniejszym obszarem naszych zainteresowań jest transport publiczny i szukanie sposobów, aby usprawnić jego funkcjonowanie. Przed nami jedno z największych wyzwań, czyli przejęcie przez Metropolię kompetencji organizatora transportu zbiorowego od m.in. KZK GOP, czyli największego związku komunikacyjnego, działającego w konurbacji śląskiej. Wszystkie podejmowane przez nas działania mają jeden cel – wprowadzanie takich zmian, dzięki którym transport publiczny będzie realną alternatywą dla samochodów prywatnych. Wtedy mamy szansę na odciążenie głównych ciągów komunikacyjnych w Metropolii, korkujących się w godzinach szczytu, nawet przy drobnej kolizji. Mniej samochodów to również ograniczona emisja spalin do atmosfery, a problem zanieczyszczeń powietrza jest jednym z najtrudniejszych do rozwiązania. Podejmowanie działań związanych z ochroną środowiska jest również w optyce naszych działań. Chodzi nie tylko o przejście na ekologiczną komunikację miejską, czy wsparcie dla samochodów elektrycznych, ale również o działania, umożliwiające w przyszłości wykorzystanie wodoru w sektorze komunalnym. Mamy przykłady z Niemiec, gdzie mini elektrownie, pozyskujące wodór z OZE, są w stanie wyprodukować energię

cieplną dla niewielkiego osiedla mieszkaniowego. To być może inny z sektorów, gdzie paliwa wodorowe można byłoby wykorzystać.

▶ **Jak wygląda w tym momencie podejście do pomysłu komunikacji miejskiej opartej na wodrze wśród miast członkowskich Metropolii. Czy jest na ten temat konsensus?**

KK: Ten temat jest dla wszystkich nowością, na razie rozpoznajemy go na poziomie zarządu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. W momencie, gdy będziemy mieli już więcej informacji – dotyczących m.in. kosztów eksploatacji, perspektyw pozyskania ewentualnego dofinansowania rządowego na rozwój tej technologii oraz gdy określone zostaną warunki naszej współpracy z koncernami, producentami wodoru i dostawcami technologii, wówczas rozpoczniemy dyskusję z miastami Metropolii. Musimy pamiętać, że podejmowanie tego typu działań wymaga zgody gmin członkowskich. Oczywiście będziemy chcieli rozmawiać na ten temat również z mieszkańcami, bo ewentualne wdrożenie tej technologii ma na celu podniesienie komfortu życia poprzez m.in. poprawę jakości powietrza. Chcemy, żeby mieszkańcy mieli pełną wiedzę na temat tego, jakie działania chcemy podejmować oraz dlaczego i w jaki sposób będziemy je realizować.

▶ **Czy ten pomysł może stać się jednym z tematów nadchodzących kampanii wyborczych?**

KK: Nie sądzę, ponieważ kampania wyborcza to zbyt krótki okres, a poza

tym uważam, że rozpoczęcie dyskusji publicznej na temat technologii wodorowej, wymaga jeszcze miesięcy przygotowań. Ale nie ma w tym nic złego, ponieważ kampania wyborcza nie sprzyja merytorycznej dyskusji. Ogniwa wodorowe są ogromnym wyzwaniem dla naszej gospodarki, rewolucją w myśleniu o transporcie publicznym, dlatego też wolałabym, żeby debata ta toczyła się trochę dłużej, ale rzetelnie, obiektywnie i odnosząc się do faktów.

▶ **Województwo śląskie, Górny Śląsk, jest ofiarą wielu stereotypów - jest przez wielu Polaków postrzegane jako ten region duszący się w smrodzie elektrowni węglowych. Czy zamierzają Państwo wykorzystać pomysł wodorowej komunikacji do zmiany tego krzywdzącego obrazu?**

KK: To stereotypy, które aktualnie nie mają nic wspólnego z rzeczywistością. Katowice to dzisiaj jedno z najbardziej zielonych miast w Polsce. Projekt związany z wodorem na pewno pomoże nam ze zmianą sposobu myślenia o naszym regionie, pozwoli pokazać, że jesteśmy bardzo mocno nastawieni na wdrażanie innowacji, podążamy za nowymi trendami. Dzięki temu będziemy mieć szansę na zaprezentowanie prawdziwego oblicza dzisiejszego Śląska i Zagłębia, które tę transformację cały czas przechodzą. Węgiel jest oczywiście wciąż ważny dla naszej gospodarki, ale w tej chwili to nowoczesny przemysł ma większy udział w naszym PKB niż przemysł wydobywczy. W tej chwili w naszym regionie wiodącą branżą jest sektor automotive, mamy bardzo duży potencjał w zakresie medycyny, energetyki i technologii IT i ICT. Górnictwo

jest w tej chwili jednym z elementów tworzących nasz dom, ale nie jest już fundamentem.

Czy zatem temat rozwoju technologii wodorowej na Śląsku będzie poruszany przez Państwa przy okazji szczytu COP24 w Katowicach?

KK: Myślę, że tak. Obserwując to, co dzieje się na świecie, biorąc udział w różnego rodzaju dyskusjach o możliwościach i perspektywach wykorzystania wodoru, mam wizję Śląska, gdzie gospodarka węglowa, zostałaaby przekształcona w gospodarkę opartą o wodór. Byłaby to dla mnie pewna paralela. Na Śląsku, jesteśmy w stanie łatwo produkować wodór, także z gazu koksowniczego. Działająca u nas Grupa Azoty, zakłady w Kędzierzynie Koźlu, już w tej chwili ten wodór produkują. To oczywiście nie jest ich produkt główny, ale to pokazuje, że mają takie możliwości i potrzebne do tego zasoby. Może się więc okazać, że w przyszłości polska gospodarka będzie gospodarką wodorową. Bylibyśmy wówczas krajem, który dokonałby niesamowitej transformacji w swoim systemie energetycznym i zapewniłby sobie – niezwykle istotne – bezpieczeństwo energetyczne.

Wspominał Pan wcześniej m.in. o braku możliwości rejestracji pojazdów na paliwo wodorowe. Jak wygląda współpraca w tym zakresie z władzą centralną?

KK: Wiem, że trwają nad tym prace, ale ich stowrzenie uzależnione jest bardzo mocno od sfery regulacyjnej. Po prostu: ten, kto dopuści taki pojazd do ruchu, musi być przekonany, że jest on w stu procentach bezpieczny dla wszystkich użytkowników i uczestników ruchu drogowego. O ile takie prace zostały już przeprowadzone w Japonii czy w Niemczech, to u nas dopiero teraz zaczynają nabierać tempa. Jestem przekonany, że w ciągu kilku następnych miesięcy uda się wypracować pewne formalne rozwiązania w tym zakresie.

Czy wobec tego ma Pan jakieś inne rekomendacje dla rządzących w kontekście wdrażania technologii wodorowej?

KK: Uważam, że powinna powstać ogólnopolska strategia określająca możliwości i sposób wykorzystania wodoru w polskiej gospodarce. Jeżeli mamy strategię dotyczącą elektromobilności, to w sytuacji, gdy sektor energetyczny ma możliwo-

ści pozyskania alternatywnych źródeł zasilania, które mogą zapewnić nam bezpieczeństwo energetyczne - taka dyskusja dotycząca strategicznego obszaru funkcjonowania państwa, powinna odbyć się w ramach dokumentu, opracowanego na najwyższym szczeblu. Musimy też wyznaczyć kierunek wykorzystania tej technologii, bo tego nam najbardziej brakuje. W tej chwili mamy pewną wiedzę, orientujemy w tym, co dzieje się na świecie i chcemy być w awangardzie myślenia o strukturze miks energetycznego państwa, ale na pewno taki dokument, określający nasze cele na najbliższe kilkanaście czy kilkadziesiąt lat, ułatwiłby podejmowanie decyzji. Ja natomiast jestem zdania, że wodór powinien zostać uwzględniony w naszym systemie energetycznym.



No właśnie, bo Metropolia jako taka, zarówno pod względem liczby ludności, jak i powierzchni, staje się największą jednostką na mapie Polski - jest większa od Warszawy. Czy to znaczy że Śląsk zgłasza się na ochotnika, aby być polem doświadczalnym dla reszty kraju?

KK: Z tą wielkością związana jest pewna odpowiedzialność. Liczba mieszkańców, gęsta sieć dróg i infrastruktury tworzą nasz potencjał. Mamy zatem wszelkie predyspozycje do tego, żeby brać udział w takich projektach, które mogą wspomóc państwo w wyznaczeniu pewnych trendów rozwoju gospodarczego. I oczywiście chętni jesteście do takiej współpracy.



Ile mogłoby zająć wdrożenie tej technologii, w jakim horyzoncie czasowym rozpatrują Państwo ten projekt?

KK: To wszystko zależy od posiadanych sił i środków, ale dyskusja ta - z jednej strony - musi brać również pod uwagę wolę polityczną, a z drugiej - szukać efektywności i zdrowego rozsądku. Moim zdaniem na pewno jest potrzebny pilotaż tego programu i Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia jest doskonałym miejscem, gdzie można byłoby sprawdzić pewne rozwiązania wodorowe w praktyce. Byłoby to możliwe zarówno w sektorze komunikacji publicznej, jak i zasilania osiedli mieszkaniowych za pomocą minibloków energetycznych, wykorzystujących produkcję wodoru z OZE. Jeżeli pilotaż pokazałby, że takie rozwiązania mają sens, to pozostaje tylko skoncentrować się na nich rozwijaniu. Myślę, że nie stać nas na to, żeby z góry odrzucać jakąś technologię, mimo że z pozoru mogłaby się wydawać drogą. Wiemy, że rozwój innowacji jest procesem, który wymaga badań, aby móc osiągnąć efekt skali, a co za tym idzie - aby osiągnąć takie efekty, które będą ekonomicznie akceptowalne i możliwe do wdrożenia.

Z technicznego punktu widzenia myślę, że autobusy zasilane ogniwami wodorowymi mogłyby już w przyszłym roku jeździć po drogach Metropolii. Oczywiście jestem realistą i tak szerokie upowszechnienie tej technologii będzie mogło nastąpić dopiero wtedy, gdy określimy jakie w tym zakresie są nasze cele strategiczne. Żeby to zrobić, musimy to najpierw sprawdzić w praktyce. *

Wiceprezes zarządu Grupy Azoty odpowiedzialny za obszar badawczo – rozwojowy. Doktor nauk prawnych. Absolwent Wydziału Prawa, Administracji i Stosunków Międzynarodowych Krakowskiej Akademii oraz Prawa i Administracji na Uniwersytecie Jagiellońskim. Wykładowca akademicki. Członek Tarnowskiego Towarzystwa Naukowego, Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego oraz Kapituły Biznesu Uniwersytetu Jagiellońskiego.

dr Grzegorz Kądziałowski

GRUPA AZOTY S.A.


GRUPA
AZOTY

Dynamiczny wzrost produkcji wodoru - perspektywa krajowa i trendy globalne.

ROZMOWY O WODORZE / DR GRZEGORZ KĄDZIELAWSKI



Jaki potencjał w zakresie wytwarzania wodoru posiada Grupa Azoty?

GK: Grupa Azoty jest największym producentem wodoru w Polsce. Wodór produkowany w instalacjach Grupy Azoty jest w znacznej mierze konsumowany na potrzeby własnej syntezy chemicznej. Roczna produkcja wodoru na potrzeby produkcji amoniaku wynosi kilkaset tysięcy ton. Pewna część tego wodoru mogłaby zostać zagospodarowana dla potrzeb transportu bezemisyjnego. Również jesteśmy otwarci na zwiększanie naszego potencjału w tym zakresie, bo wierzymy, że wodór jest paliwem przyszłości. Osobiście uważam, że powinna powstać krajowa strategia rozwoju transportu wodorowego. Od kilkunastu miesięcy temat wykorzystania wodoru w transporcie staje się coraz bardziej popularny, a sama idea zyskuje coraz większą liczbę zwolenników. Dlatego tym bardziej wszyscy po-

tencjalni interesariusze powinni współdziałać w ramach systemowego programu.

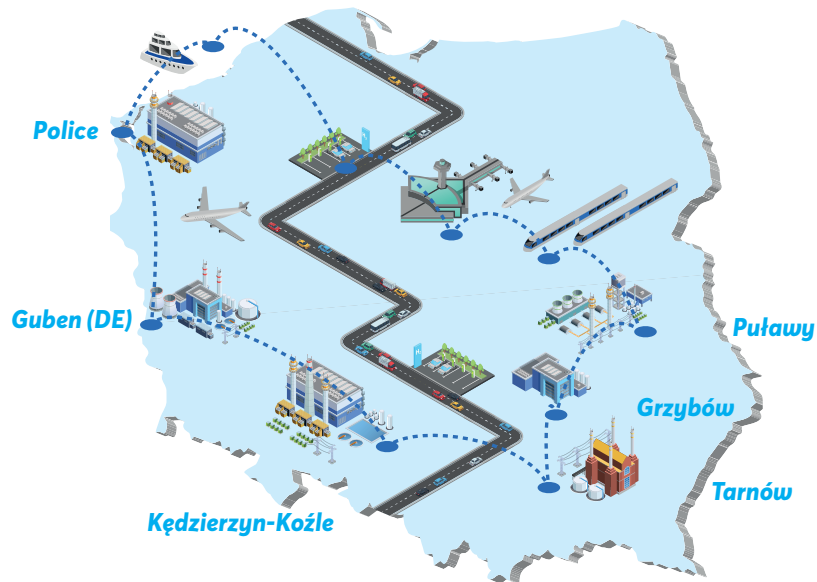


Ma Pan na myśli program państwowy?

GK: Nie jest chyba żadną tajemnicą i zaskoczeniem dla nikogo fakt, że wiele jeśli chodzi o rozwój transportu wodorowego w Polsce zależy od regulatora, czyli od państwa. Na dziś mamy jeszcze sporo znaków zapytania, począwszy od lokalizacji, aż po chociażby kwestię akcyzy. Właściwym do udzielenia odpowiedzi na sporą liczbę fundamentalnych pytań jest właśnie regulator. Stąd też wyobrażam sobie, że np. za stworzenie systemowego programu rozwoju transportu wodorowego mogłaby być odpowiedzialna jedna z państwowych instytucji chociażby Narodowe Centrum Badań i Rozwoju lub Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Polska jest obecnie piątym producentem wodoru na świecie, a Grupa Azoty liderem w Polsce.

Grupa Azoty a program rozwoju dla transportu wodorowego.



DR GRZEGORZ KĄDZIELAWSKI

Jaką pozycję obecna produkcja wodoru daje Grupie Azoty w skali europejskiej i światowej?

GK: Warto podkreślić, że Polska jest obecnie piątym największym producentem wodoru na świecie, a Grupa Azoty liderem w Polsce. Bez wątpienia możemy powiedzieć, że jako Grupa Azoty produkujemy wodór na skalę światową, ale pamiętajmy, że jest to obecnie wodór pod syntezę chemiczną,

a w szczególności pod syntezę amoniaku z gazu ziemnego. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie, abyśmy – po pierwsze – zwiększyli nasze moce produkcyjne, jeśli zajdzie taka potrzeba, po drugie – rozważyli dywersyfikację źródeł, z których możemy obecnie podawać wodór. Chcemy jako Grupa Azoty odnaleźć się w procesie rozwoju transportu wodorowego, chcemy być dostawcą wodoru. Na dziś mamy najlepsze w Polsce możliwości logistyczne i wytwórcze w tym zakresie.

Grupa Azoty - lider produkcji wodoru w Polsce



1 milion ton

W TYM 420 TYS. TON
PRODUKOWANE PRZEZ GRUPĘ AZOTY



Czy wodór wytwarzany przez Grupę Azoty posiada parametry pozwalające na wykorzystanie go jako paliwa?

GK: Wodór z dwóch naszych lokalizacji - w Puławach i Kędzierzynie - Koźlu spełnia parametry jakościowe wymagane przez *automotive*. Jedna z tych lokalizacji jest przystosowana do przewozu H₂ poprzez rurowozy do stacji tankowania. W drugiej lokalizacji konieczne są niewielkie prace modernizacyjne, które pozwolą w pełni wykorzystać dostępne moce produkcyjne. Dostępny w lokalizacjach H₂ ma gwarantowaną czystość 99,99%. W nieodległej perspektywie duże ilości wodoru będziemy mogli podawać z instalacji w Policach.



Czy Grupa Azoty przewiduje zwiększenie swojej obecności na rynku paliw wodorowych? Jakie projekty są już rozwijane?

GK: W związku z coraz wyższymi obostrzeniami dotyczącymi ochrony środowiska, transport niskoemisyjny będzie się dynamicznie rozwijał. Grupa Azoty ma potencjał i realne możliwości, aby być jednym z najważniejszych dostawców wodoru w kraju. Dodatkowo, jedna z naszych inwestycji która obecnie jest już realizowana, będzie umożliwiać produkcję wodoru o minimalnej czystości 99,99% w ilości kilkunastu tysięcy ton rocznie.



Jaka jest strategia dotycząca wspomnianego rynku? Jakich projektów ze strony Grupy Azoty możemy się spodziewać?

GK: W zależności od lokalnego zapotrzebowania na wodór, Grupa Azoty rozważy modernizację istniejących instalacji tak, aby spełnić warunki techniczne konieczne do bezpiecznego transportowania wodoru do stacji ładowania. Przy tej okazji

Odpowiednie przepisy są niezbędne, aby pozwolić użytkownikom samochodów tankowanych wodorem na swobodne przemieszczanie.

muszę podkreślić, że dziś wiele podmiotów deklaruje, że będzie się angażowało w rozwój transportu wodorowego, że będą produkowały wodór, itd. Fakty są jednak takie, że Grupa Azoty jest dziś najlepiej przygotowanym potencjalnym dostawcą wodoru na polskim rynku!

▶ **Czy oprócz współpracy w dziedzinie transportu publicznego Grupa Azoty zamierza podejmować współpracę również z producentami samochodów osobowych lub z sieciami stacji benzynowych?**

GK: Grupa Azoty, chcąc być elementem w łańcuchu dostaw wodoru, jest otwarta na współpracę z jednej strony z przemysłem motoryzacyjnym, a z drugiej strony z dystrybutorami paliw płynnych. Współpraca nie może ograniczać się tylko do jednego producenta samochodów osobowych, czy autobusów. Dziś rozmawiamy z wieloma podmiotami reprezentującymi szeroko rozumianą branżę **automotive**. Mam nadzieję, że w niedługim czasie uda się wypracować systemowy program rozwoju transportu wodorowego w Polsce.

▶ **Grupa Azoty jest znaczącym producentem wodoru, jednak odnoszę wrażenie, że pomiędzy etapem produkcji a dystrybucji istnieje poważna luka. Innymi słowy nie ma odpowiednio rozwiniętej infrastruktury pozwalającej na dostarczenie paliwa do stacji tankowania. Czy Grupa Azoty planuje jakieś działania w celu zasypania tej wyrwy?**

GK: Zdajemy sobie sprawę z wagi logistyki, która będzie odgrywała znaczącą rolę w rozwoju transportu wodorowego w Polsce. Wykonaliśmy nawet koncepcję techniczno-ekonomiczną, która dała nam odpowiedź na wiele pytań w tym zakresie i pozwala zoptymalizować proces dystrybucji wodoru. Wierzę, że wspólnie z innymi potencjalnymi podmiotami zainteresowanymi rozwojem transportu wodorowego uda nam się wypracować najlepsze rozwiązania w tym obszarze.

▶ **Jakie szanse w wykorzystaniu wodoru jako paliwa dostrzega Grupa Azoty?**

GK: Wodór to paliwo przyszłości. Obserwując postępy na wysoko rozwiniętych rynkach wschodnioazjatyckich w technologii wykorzystania H₂ między innymi jako paliwa do napędzania pojazdów, Grupa

Azoty jest w pełni świadoma, że postęp technologiczny nastąpi również w Europie. Wskazują na to choćby inwestycje najbogatszych krajów UE takich jak Niemcy czy Holandia, które dysponują już siecią stacji ładowania wodorem, a w najbliższych latach zamierzają znacznie ją rozszerzyć.

Jakie bariery w rozwoju technologii wodorowej w Polsce Pan dostrzega?

GK: W polskim ustawodawstwie w obecnym momencie brakuje precyzyjnych uregulowań dotyczących choćby akcyzy na H₂. Istniejące przepisy, których gospodarzem jest Urząd Dozoru Technicznego dopuszczają budowę instalacji wodorowych dla użytkowników przemysłowych takich jak Grupa Azoty, w tym także niewielkich instalacji przemysłowych, gdzie wodór jest zużywany, czy wykorzystywany do zastosowań w pracach badawczych. Nie ma natomiast przepisów przeznaczonych bezpośrednio stacjom tankowania. Są one niezbędne, bo pozwalają użytkownikom samochodów tankowanych wodorem na swobodne przemieszczanie. Sieć stacji wodorowych powstaje obecnie w Europie w ramach programu HIT (Hydrogen Infrastructure for Transport). W Norwegii zbudowano już około 20 stacji napełniania samochodów wodorem, w Dani jest ich kilkanaście, podobnie w Niemczech i we Francji. W Polsce wskazane byłoby wybudowanie na początek kilku stacji na głównych trasach komunikacyjnych (przy autostradach) np. w Poznaniu, Warszawie, Gdańsku, Katowicach, Szczecinie, czy Wrocławiu. Warto, aby stacje tankowania samochodów były zlokalizowane przy stacjach ben-

zynowych. Pozwoli to na wykorzystanie istniejącej infrastruktury i obsługi tych stacji, co znacznie zredukuje koszty jej budowy.

Czy nie obawia się Pan, że wodór jako paliwo nie będzie dobrym rozwiązaniem?

GK: Wręcz przeciwnie! Wodór jako paliwo wydaje się być doskonałym rozwiązaniem. Wartość opałowa wodoru to 120 - 140 MJ/kg, a wartość opałowa benzyny to 44 MJ/kg czyli prawie trzy razy mniej niż wodoru. Sprawność silnika benzynowego to 35-40%, podczas gdy sprawność "silnika" wodorowego to 70%. Samochód osobowy tankuje jednorazowo ok. 5 kg wodoru, co pozwala na przejechanie ok. 600 km.

Dlaczego więc Pana zdaniem wodór jako paliwo nie stał się powszechnym jak benzyna, olej napędowy, czy też LPG?

GK: Przyczyny są dwie. Samochody na wodór dziś są drogie, bo ich produkcja jest jednostkowa oraz nie ma gdzie ich tankować. Nie ma samochodów, więc nie ma stacji tankowania wodorem. Koło się zamyka - powstaje problem, co ma być pierwsze - jajo, czy kura. Pozostaje jeszcze problem ceny wodoru jako paliwa. Jeżeli wodór na stacjach napełniania będzie kosztował 5-6 EUR za kilogram, wówczas jako paliwo będzie bardzo konkurencyjny w stosunku do tradycyjnych paliw. Jedno jest pewne, samochody z napędem wodorowym staną się powszechne jeżeli będą one tańsze, stacje tankowania ogólnodostępne, a tankowanie wodorem będzie konkurencyjne w stosunku do tankowania paliwami konwencjonalnymi. ❄

Dyrektor Działu Rozwoju Innowacyjnych Metod Zarządzania Programami w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Gdańskiej, studiów podyplomowych w Katedrze Zarządzania w Gospodarce oraz MBA na University of Liverpool. Związany z energetyką zawodowo od 2011 r. Początkowo jako Dyrektor ds. Zakupów, następnie Dyrektor Wydziału Zarządzania Majątkiem w ENERGA Elektrownie Ostrołęka SA, członek i prezes Zarządu ENERGA Kogeneracja sp. z o.o. w Elblągu. Od 2017 r. koordynuje realizację projektu związanego z Programem Bloki 200+ w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju. W maju 2018 objął obowiązki dyrektora Działu Rozwoju Innowacyjnych Metod Zarządzania Programami w NCBR.

Maciej Martyniuk

NARODOWE CENTRUM BADAŃ I ROZWOJU



Wykorzystanie paliw wodorowych w transporcie i ogrzewaniu.

ROZMOWY O WODORZE / MACIEJ MARTYNIUK



Jakie są perspektywy dla zastosowania wodoru jako paliwa w Polsce?

MM: Przyszłość wodoru jest świetlana, choć wciąż odległa. Rada Wodorowa (Hydrogen Council) przewiduje, że w 2050 roku ok. 20-25% ruchu pasażerskiego będzie obsługiwane przez pojazdy zasilane z użyciem wodoru. Jest to nieuniknione, ale jak widać, nie nastąpi szybko. Choć będę miał jeszcze okazję być tego świadkiem, to jednak już jako emeryt.

Polska 2050

PROGNOZA:

**20-25%
RUCHU PASAŻERSKIEGO
NAPĘDZANE
PRZEZ WODÓR**



Wodór zostanie w pierwszej kolejności wykorzystany w transporcie, czy w innych dziedzinach?

MM: Najszybciej wodór pojawi się w ogrzewaniu. Prawdopodobnie zostanie on przywrócony jako składnik tzw. gazu miejskiego. Dawniej był jego typowym składnikiem, np. w USA do lat 70. do 25% gazu w sieciach miejskich stanowił właśnie wodór. Bez problemu był dystrybuowany przez ponad 100 lat. Jestem pewien, że do tego się wróci, ponieważ wodór jest bardziej energetyczny niż metan i jego spalanie nie prowadzi do emisji CO₂.

Co ważne, zastosowanie wodoru nie wymaga zmian w istniejącej infrastrukturze. Jego szerokie zastosowanie w Polsce jest jednak o tyle trudne, że u nas sieć dystrybucji gazu przeznaczonego wyłącznie do ogrzewania nie jest rozpowszechniona. Natomiast wykorzystanie wodoru do spalania w kuchenkach gazowych

Chcemy dołożyć swoją cegiełkę do rozwoju technologii przechowywania wodoru.

już trudniej sobie wyobrazić. Drugim obszarem, w którym wodór pojawi się stosunkowo szybko są specjalistyczne pojazdy takie, jak wózki widłowe i transportowe w przemyśle.



To realna perspektywa również w Polsce?

MM: Tak, chociaż poza Polską nastąpi to dużo szybciej. Nie tak dawno w Niemczech homologację uzyskała lokomotywa z napędem wodorowym.



Pracują one jednak głównie na bocznicach.

MM: Oczywiście nie należy oczekiwać, że tego typu rozwiązania pojawią się szybko na wielką skalę, jednak jest to prognostyk dokonującego się postępu. Pozostaje jedynie kwestia rozszerzenia tych zastosowań.



Czy rozwiązanie w postaci włączania wodoru do sieci dystrybucyjnej gazu będzie stosowane w Polsce? Wspomniał Pan o barierze, jaką jest pobieranie z niej gazu do kuchenek.

MM: Obecność wodoru w gazach miejskich było konsekwencją sposobów ich wytwarzania. Nie dochodziło do dedykowanego procesu mieszanania. Tymczasem dziś wymieszanie gazu zmiennego z wodorem wymagałoby stworzenia dedykowanej infrastruktury, której brak uważam za najpoważniejszą barierę. Wierzę jednak, że do tego dojdzie.



Rewolucja wodorowa rozpocznie się zatem od wykorzystania wodoru jako paliwa w specjalistycznym transporcie i w ogrzewaniu. Kiedy to nastąpi w Polsce?

MM: Sądzę, że za 5 do 10 lat.



Jakie działania należy podjąć, aby to była perspektywa realna? Jakie zadania stoją przez NCBR?

MM: W NCBR pracujemy nad projektami, które zakładają przeprowadzanie prac badawczo-rozwojowych. Większość z technologii wytwarzania i użytkowania wodoru jest opracowana i dopracowana.



Czego nam wobec tego brakuje, skoro posiadamy technologię?

MM: Nie ma chętnych do wybudowania infrastruktury do tankowania wodoru, czy też innej formy jego dystrybucji do pojazdów, ponieważ brakuje pojazdów. Ktoś musi przerwać ten zamknięty krąg.



W jaki sposób można to zrobić?

MM: Najpierw musi powstać infrastruktura. Dostępność paliwa wodorowego wykreuje popyt. Żeby wodór pojawił się na szerszą skalę w najbardziej popularnym transporcie, czyli w samochodach osobowych, do rozwiązania pozostaje kwestia, nad którą już pracujemy, czyli opracowanie bezpiecznego i niezawodnego zasobnika wodoru.

Chodzi o powstanie takiego zasobnika, który będzie ekonomiczny kosztowo, zapewniając wysoką gęstość magazynowanej energii. Gdy taki zasobnik powstanie, a my chcielibyśmy, aby został opracowany w Polsce, możemy oczekiwać szybkiego upowszechnienia się wodoru jako nośnika energii w pojazdach osobowych.



Na czym dokładnie polega prowadzony przez NCBR program?

MM: W jego ramach prosimy wykonawców o opracowanie efektywnego, czyli oferującego dużą gęstość energii oraz niedrogiego zasobnika, który byłby możliwy do zastosowania w pojazdach - głównie osobowych, ale nie tylko. Nie narzucamy w tym postępowaniu żadnych innych, formalnych, sztywnych ram. Jest to postępowanie w formule partnerstwa innowacyjnego, co oznacza, że zamawiamy powstanie produktu, jednak nie oferujemy gwarancji konkretnego zakupu.

Na prace wykonywane przez zespoły badawczo-rozwojowe dedykujemy, rozsądną naszym zdaniem, kwotę 30 mln złotych. Skoro koncentrujemy się na czymś co ma być tanie w produkcji, nie chcemy przepłacać w procesie B+R. Mamy uczestników, którzy zgłosili chęć podjęcia się tego zadania.



Spróbujemy usystematyzować sobie na jakim etapie „rewolucji wodorowej” się znajdujemy. Posiadamy potencjał produkcyjny wodoru...

Koszty transportu energii chemicznej w postaci wodoru będą zapewne znacząco niższe w porównaniu do węgla.

MM: Tak, jeżeli chodzi o wodór ogółem. Jest on jednak w dużej mierze produkowany w klasie czystości, która nie umożliwia jego zastosowania jako paliwa w pojazdach.

Są jednak plany produkcji wodoru o odpowiedniej klasie czystości.

MM: Bardzo czysty wodór uzyskuje się metodą elektrolizy, ale strona energetyczna tego rozwiązania jest problematyczna. W przybliżeniu, wyprodukowanie ilości wodoru równoważnej jednostce energii, wymaga dostarczenia z zewnątrz trzykrotności tej energii.

A reforming gazu ziemnego?

MM: Tak zwany reforming metanu parą wodną to najpowszechniej używana metoda produkcji wodoru. W procesie podstawowym, z wykorzystaniem katalizatora w postaci np. rurek niklowych, uzyskuje się gaz o czystości sięgającej 90%. Osiągnięcie wyższej czystości wymaga uwzględnienia w procesie dodatkowych układów oczyszczania z użyciem adsorpcji. Te technologie są technologicznie dojrzałe.

Czyli w dziedzinie pozyskiwania wodoru mamy do czynienia z postępem. Podobnie rzecz się ma w kwestii zasobników.

MM: Tak. Znane nam są informacje o rozwoju technologii przechowywania wodoru, ale i my chcemy dołożyć swoją cegiełkę. Jesteśmy przekonani, że w kraju istnieje potencjał badawczo-rozwojowy w tym obszarze, a zgłoszenia do udziału w naszym postępowaniu potwierdzają nasz optymizm.

Zatem to, czego nam brakuje, to przede wszystkim sieć dystrybucji. Czy są jakieś plany idące w tym kierunku?

MM: Takich planów nie znamy, ale i nie zamierzamy czekać. Dyskusje prowadzone przez nas równolegle w programie bezemisyjnego transportu publicznego wskazują, że próba zainicjowania powstania sieci dystrybucji wodoru będzie mu towarzyszyła i być może wykreuje to konieczność zdefiniowania standardów. Chcemy być podmiotem, który w kilku obszarach związanych z mobilnością bezemisyjną zainicjuje ich powstanie. Wodór jest jednym z tych obszarów.

Co sądzi Pan na temat wykorzystania wodoru jako paliwa do kogeneracji w przemyśle lub w generatorach awaryjnych? Zdaniem niektórych ekspertów na wczesnym stadium wdrażania technologii wodorowej może to być jeden z obiecujących kierunków rozwoju.

MM: W ogniwach paliwowych energia chemiczna jest przetwarzana w elektryczną bez pośredniego etapu przetworzenia w energię cieplną. Teoretyczna sprawność ogniw sięga 83% i choć ciepło jest wydzielane, jest go znacznie mniej do zagospodarowania niż w konwencjonalnej kogeneracji.

Podzielam pogląd, że to obiecujące pole do rozwoju, ale ciekawsze rzeczy dzieją się w sferze użycia wodoru jako nośnika energii w magazynowaniu. Japończycy ostatnio zawarli umowę na odbiór węgla z pokładów australijskich. Nie chcą jednak transportować go do Japonii. Zamiast tego planują odbierać wodór, powstały w wyniku reformingu tego węgla w Australii. Nie chcę się wypowiadać na temat aspektów ekonomicznych tego projektu, ale jest to interesujące ponieważ koszty transportu energii chemicznej w postaci wodoru będą zapewne znacząco niższe w porównaniu do węgla.

Jaka atmosfera panuje w środowiskach, z którymi Pan współpracuje wokół kwestii wykorzystania wodoru jako paliwa? Sceptycyzm, ciekawość, obawy?

MM: Z pewnością ciekawość. Na przestrzeni ostatnich kilku miesięcy miałem do czynienia ze środowiskiem naukowym. Tam natomiast mamy do czynienia z niemałym poziomem frustracji. Dorobek naukowy w zakresie wodoru, na przykład na AGH, jest bezsprzeczny, jednak pomysły opracowywane na uczelniach nie znalazły swojego zastosowania w przemyśle. Sądzę, że również nad tym problemem warto byłoby się pochylić.

Czy polityka zwiększania opłat za emisję CO₂ może działać jako bodziec dla rozwoju zachowania technologii wodorowej?

MM: Tak. Jestem jednak zdania, że większość wodoru będzie powstawała za pomocą reformingu, głównie gazu. To proces, w którym powstaje dwutlenek węgla, ale bilans emisji wskazuje, że jest to korzystniejsze dla środowiska niż działania koncentrujące się na redukcji emisji CO₂ powstającego w wyniku spalania paliw kopalnych.

Zastosowanie paliw kopalnych jak węgiel czy gaz ziemny do reformingu zamiast do spalania może doprowadzić do zmniejszenia emisji dwutlenku węgla przy takiej samej produkcji mocy i ciepła?

MM: Jestem o tym przekonany. *

Założyciel EC Grupa, składającej się z kilkunastu firm działających m.in. w sektorze energetycznym oraz nowych technologii. Autor ponad 700 publikacji naukowych. Efektem jego prac badawczych jest 41 patentów krajowych i międzynarodowych. Pierwszy Polak, który został powołany do udziału w pracach działającej przy Komisji Europejskiej Grupy Wysokiego Poziomu (High Level Group) w zakresie Kluczowych Technologii (KTE – Key Enabling Technologies).

prof. dr hab. inż. Tadeusz Uhl

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE



Potencjał paliw wodorowych w kontekście potrzeby rozwoju infrastruktury.

ROZMOWY O WODORZE / PROF. DR HAB. INŻ. TADEUSZ UHL



Czy wodór ma szansę stać się paliwem przyszłości?

TU: Prace badawcze nad zastosowaniem wodoru jako paliwa w energetyce trwają od wielu lat. Pierwsze ogniwa paliwowe wykonano i zastosowano w latach 60-tych XX w. – nie jest to zatem nowa technologia. Poszukiwanie w ostatnich latach rozwiązań przyjaznych dla środowiska spowodowało, że ponownie nastąpiło duże zainteresowanie ogniwami paliwowymi. Było tutaj kilka znaczących okresów.

Na początku XXI wieku Europa dużo w to zainwestowała, było kilka programów, jak np. program niemiecki, wtedy powstały stacje tankowania wodoru, cała ich sieć. Powstało także wiele pojazdów koncepcyjnych z napędem wodorowym. Wtedy jednak magazynowanie wodoru było problemem. Wodór jest pierwiastkiem bardzo dyfuzyjnym co oznacza, że "przechodzi" nawet przez metal. Jest to kłopotliwe, ponieważ trzeba produkować spe-

cialne zbiorniki, które są przystosowane do tego typu gazów. Obecnie mamy już pierwsze komercyjnie dostępne pojazdy napędzane na wodór; samochody osobowe (Toyota, Honda, przyp. red.), czy autobusy (Solaris, przyp. red.).

A jak to wygląda z polskiej perspektywy?

TU: Jesteśmy piątym producentem wodoru na świecie – jest to wodór tzw. procesowy. Nie jest na tyle czysty, żeby można było stosować go bezpośrednio do zasilania ogniw paliwowych. Dość łatwo jest jednak usunąć z niego wszystkie resztki zanieczyszczeń – mówimy tutaj np. o siarce, czy węglu, który jest szczególnie groźny dla ogniwa paliwowego, bo niszczy membrany.

Umiemy produkować wodór, mamy technologię, mamy producentów wodoru i moim zdaniem dla Polski jest to alternatywa.

Wodór to realna alternatywa dla Polski.



TADEUSZ UHL



Wspomniał Pan, że jesteśmy dużym producentem wodoru. Jakimi metodami się go pozyskuje?

TU: Najczęstszym sposobem wytwarzania wodoru jest tzw. reforming. Para wodna powoduje, że rozpadają się wiązania w węglowodorach, w szczególności stosuje się tutaj gaz ziemny, z którego wytwarza się wodór.

Są też metody produkcji z węgla, my w Polsce mamy bardzo dobrze rozwinięty przemysł koksowniczy (JSW), jesteśmy liderami w Europie i jednym z czołowych producentów na świecie. W gazie koksowniczym mamy ok. 50-60% wodoru. Jest to więc kwestia separacji - technologie takie już istnieją, są w fazie eksperymentów eksploatacyjnych, choć na razie nie w Polsce. Niemniej, myślę, że w najbliższym czasie będzie je można wdrożyć również w naszym kraju.



Czyli wodór może zupełnie zmienić naszą percepcję wykorzystywania węgla?

TU: W pewnym sensie tak. Dalej utrzymujemy, że stawiamy na węgiel, ale w zupełnie inny sposób.



Spalając węgiel w rozproszonych źródłach zasilania, emitujemy CO₂, co jest bardzo niekorzystne dla środowiska naturalnego. Wytwarzając z węgla wodór, służący do zasilania rozproszonych źródeł, postępujemy w sposób przyjazny dla środowiska. Jedynym odpadem jest czysta woda.



A w Polskich warunkach, która z tych metod jest najbardziej efektywna?

TU: Myślę, że przede wszystkim reforming. Tę metodę można stosować również do biogazów, czy generalnie - do wszelkiego rodzaju węglowodorów. Natomiast drugim źródłem jest węgiel i myślę, że jest to technologia, nad którą Polska powinna pracować. Mamy węgiel, którego wydobycie podtrzymujemy, bo daje to utrzymanie wielu ludziom. Można byłoby go wykorzystać w bardziej przyjazny środowisku sposób. A zatem, nie klasyczne zgazowywanie, ale zgazowywanie i odzyskiwanie z tego gazu wodoru. Następnie stosowanie go, jako źródła energii. To jest moim zdaniem przyszłość.

Tych źródeł wodoru jest wiele, na razie domi-

nuje na pewno reforming. To jest np. produkcja w Grupie Azoty. Bardzo czysty wodór produkują ZA Kędzierzyn, ZA Puławy, z tym że jest to wodór zużywany głównie dla celów technologicznych - do produkcji amoniaku, czy innych substancji będących surowcami do tworzenia finalnych produktów.



Myśli Pan, że dla takich firm jak np. Grupa Azoty, czy Jastrzębska Spółka Węglowa

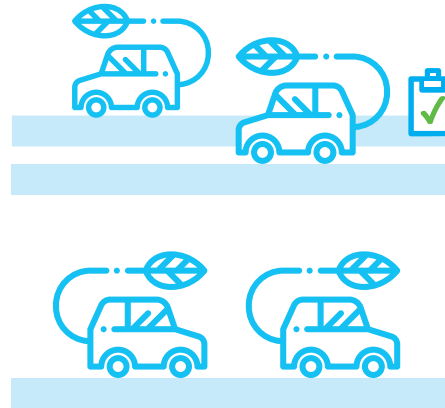


Japonia 2050



może być to realna szansa na rozbudowanie łańcucha wartości?

TU: Myślę, że jest to realna szansa. Następuje rewolucja w transporcie. Już chyba wszystkie kraje na świecie dążą do wdrożenia na szeroką skalę elektromobilności. Ostatnio byłem w Japonii i usłyszałem bardzo ciekawe doniesienia, z których wynika, że od 2050 nie będzie można tam zarejestrować samochodu spalinowego - tylko elektryczne. To jest szansa.



Potrzebne jest systemowe podejście do wykorzystania wodoru w Polsce.



TADEUSZ UHL

Pamiętajmy też, że dostęp do komponentów dla budowy baterii jest bardzo ograniczony, znajdują się one w krajach wysokiego ryzyka biznesowego - to poważny hamulec rozwoju.

W tej chwili baterie rozwijają się bardzo szybko, rynek na nie rośnie, natomiast zasoby surowców są ograniczone. Pracuje się nad innymi technologiami baterii, jak baterie sodowe, bo sodu na razie nie brakuje. Odzyskuje się go z bardziej dostępnych surowców. W niedalekiej przyszłości zobaczymy, czy uda się skutecznie opracować i wdrożyć baterie sodowe - jeśli technologia baterii się zmieni i będziemy je produkować z bardziej dostępnych surowców, to oczywiście baterie zdominują elektromobilność w klasie samochodów osobowych. Jestem natomiast zdania, że dla ciężkiego transportu jednak dominujący będzie wodór.

▶ **A jaka jest Pańska intuicja? Na co stawiają naukowcy?**

TU: Przewidywanie jest takie, samochody ciężkie, np. typu TIR będą raczej zasilane wodorem, a nie bateriami. To samo autobusy - bardziej wodór, niż baterie. Głównie ze względu na zasięg. Tam po-

trzebujemy więcej energii, a jej gęstość w wodórze jest dużo większa, niż w każdej baterii.

▶ **Które rozwiązanie w naszych realiach wydaje się Panu najbardziej uzasadnione?**

TU: Na korzyść wodoru działa także to, że jeśli mamy baterie, to musimy je ładować przez dłuższy czas - wymaga to dostępności ładowarek. A zbudować tę infrastrukturę nie jest niestety łatwo, bo to wymaga jeszcze sieci energetycznych, które muszą dostarczyć prąd. I tu zaczyna się problem - wyobraźmy sobie tysiąc autobusów po 300 kW, które nagle włączamy do sieci. To jest moim zdaniem gwarantowany blackout. Realizacja tej koncepcji wymaga przebudowania sieci energetycznych, to są ogromne koszty i potrzebny jest czas.

Infrastrukturę do tankowania samochodów ze spalaniem wewnętrznym (diesel, benzyna, przyp. red.) budowaliśmy sto lat. Przewiduję, że trudniejszą do zbudowania infrastrukturę do ładowania samochodów elektrycznych będziemy również budować bardzo długo, żeby była dostępna w podobnym stopniu. Wodór dzięki temu ma szansę. Jego tankuje się podobnie jak gaz CNG.

▶

Czyli jeśli myślimy poważnie o rozwijaniu elektromobilności, zwłaszcza w transporcie publicznym, to powinniśmy raczej postawić na wodór?

TU: Trudno powiedzieć, jak rozwinie się technologia baterii. W tej chwili trochę ona przyhamowała, nie ma nagłych wzrostów. Cały czas coś się poprawia, ale nie ma skokowego rozwoju, jakiego spodziewał się np. Elon Musk. Dlatego zwrócono uwagę na wodór, który jest bardziej dostępny. Można go produkować z ropy naftowej, która jest węglowodorem - jest to na pewno większa konkurencja dla współczesnych samochodów spalinowych niż baterie.

▶

A jak to wygląda w przypadku innych środków transportu?

TU: Pamiętać trzeba także o lokomotywach wodorowych - na świecie są już takie aplikacje. Myślę, że jeżeli już się modernizuje lokomotywy, używane przede wszystkim do przetaczania wagonów na bocznicach, to takie rozwiązania mają sens. Zwłaszcza, że zainstalowanie ogniwa paliwowego, to nie jest jakiś bardzo duży koszt w stosunku do generalnej wymiany układu napędowego lokomotywy.

▶

Co ogranicza zastosowanie wodoru w transporcie?

TU: Myślę, że przede wszystkim właśnie infrastruktura ładowania. W tej chwili nie mamy żadnej stacji ładowania wodorem, czyli

nie możemy sobie podjechać i zatankować. Najbliższa stacja jest w Berlinie. A więc, jeśli na przykład firma Solaris wyprodukuje autobus wodorowy to, aby go zatankować musi zawieźć go na lawecie do Berlina, dopiero później może on przyjechać na kołach. Tego elementu infrastruktury nam brakuje.

▶

Jakie kraje są liderami w rozwoju technologii wodorowych dla transportu?

TU: Tutaj trzeba wymienić przede wszystkim Japonię, gdzie powstały pierwsze samochody z ogniwami paliwowymi - choć w Niemczech, już dawno również były próby. Na początku XXI wieku było wiele firm samochodowych, które próbowały wdrożyć napędy wodorowe, ale ta technologia się nie rozpowszechniła. W Niemczech wzdłuż Renu budowano rurociąg dla dostarczania wodoru. Miał rozciągać się od zagłębia Ruhry, gdzie produkuje się wodór - na południe Niemiec.

Niemcy jednak odstąpili od tego programu. Próbowali używać wodór zamiennie z ropą, czy benzyną - do silników spalinowych stosowano wodór. Jednak ta technologia się nie przyjęła ze względu na stosunkowo małą kaloryczność przy klasycznym spalaniu wodoru.

Warto wymienić jeszcze Kanadę, gdzie działa firma Ballard Power Systems, założona przez naukowca, który pracował nad membranami i który założył startup - dziś to jest największa na świecie firma produkująca ogniwa paliwowe. Firma, która zresztą bardzo

szybko się rozwija i jest już na amerykańskiej giełdzie. Jej przychody roczne to ok. 1,2 mld dolarów - wyłącznie z ogniw paliwowych. Próbujemy z nimi współpracować, żeby wdrożyć w Polsce taką dojrzałą technologię i nie odkrywać wszystkiego od nowa. Oczywiście trzeba pracować nad swoimi ogniwami i ich rozwojem, ale na początku trzeba pokazać, że to jest i działa. Należy zatem ściągnąć najlepszych, a oni zdemonstrują technologię. Są chętni do współpracy i próbujemy coś zrobić razem.

▶ **Wróćmy do działania ogniw paliwowych. W trakcie ich pracy wydziela się również ciepło...**

TU: To jest zaleta. Jeśli mamy baterię i w zimie jeździmy samochodem elektrycznym, to praktycznie połowę energii zużywamy na ogrzewanie. A w przypadku ogniwa paliwowego oprócz energii elektrycznej produkujemy drugie tyle energii cieplej, która może posłużyć do ogrzewania wnętrza pojazdu.

▶ **Czy to oznacza, że potencjalnie moglibyśmy stosować wodór np. w sieci ciepłowniczej?**

TU: Oczywiście, że tak. Takie aplikacje już są. Są agregaty, reaktory do domków jednorodzinnych, którymi można zarówno ogrzewać, jak i produkować energię elektryczną. Sam taki zrobiłem w 2007 roku w ramach jednego z firmowych programów (EC Grupa, przyp. red.). Był zainstalowany w domku jednorodzinny. Niestety problem był z logistyką wodoru. Codziennie przyjeżdżało dwóch fachowców i zmieniano butlę, aby zapewnić prąd i ciepło. Właściciel troszkę się zdenerwował i nas wyrzucił po 3 miesiącach, mówiąc, że nie będzie codziennie wstawał o 6 rano.

Niemniej, było to sprawdzone, działało świetnie.

▶ **A na większą skalę?**

TU: To się zawsze opłaca. To jest czyste źródło energii.

▶ **W jakiej perspektywie będziemy dysponować na tyle rozwiniętą technologią, żeby opłacalne było zastąpienie wielkich pieców**

w zakładach ciepłowniczych ogniwami paliwowymi?

TU: Energetyka rozproszona i tzw. mikrokogeneracja, czyli wytwarzanie na miejscu ciepła i prądu - rozwija się, idzie do przodu. Były duże plany, żeby to przyspieszyć w latach 2007 - 2015. EDF próbował tutaj lokalnie budować dla domów, dla osiedli - rozwijać kogenerację opartą również na wodorze. Technologia jest już na tyle rozwinięta, że to nie stanowi problemów technicznych, ale żeby ją wdrożyć szerzej, ktoś musi podjąć taką decyzję. Dokładnie tak samo jak w motoryzacji. Firmy sprzedające i dystrybuujące wodór mówią tak: "Po co mamy budować stacje, skoro nie ma samochodów?". Natomiast producenci samochodów mówią: "Jeśli nie ma stacji, to po co będziemy produkować samochody?". I kółko się zamyka.

Jak wykorzystywanie wodoru wygląda w kontekście regulacji prawnych?

TU: Drugą sprawą, która ogranicza zastosowanie wodoru są właśnie regulacje prawne. Jest europejska dyrektywa wodorowa, natomiast nie ma w Polsce żadnych przepisów wykonawczych do badania urządzeń wodorowych, dopuszczania tych urządzeń do samochodów, do tego typu aplikacji. To jest wszystko oparte na razie wyłącznie na dyrektywie europejskiej, ale muszą być jakieś rozporządzenia i opracowanie ich jest dużym wyzwaniem również dla urzędów, które za to odpowiadają. Chodzi o to, żebyśmy mogli takie urządzenia certyfikować.

Wraz z zespołem zbudowałem stację tankowania wodoru - swoją własną, na mniejszą skalę - dlatego, że produkujemy drony napędzane wodorem. Potrzebowałem tankować butle z wodorem. Chcę ją teraz przeskalować i trafiłem właśnie na przeszkodę - nie mam tego jak homologować, czy certyfikować w Polsce, bo nie ma rozporządzeń wykonawczych co do tego typu urządzeń na wodór.

A czy wykorzystywanie wodoru w tak kolizyjnym obszarze jak transport jest bezpieczne?

TU: Wodór jest wybuchowy, ale musi zaistnieć określone stężenie. Wodór jest bardzo dyfuzyjny, a więc on od razu unosi się do góry i gdybyśmy mieli jakieś źródło wodoru, to ten niebezpieczny obszar jest pod sufitem. Jeśli powstanie pożar w samochodzie, to mamy do czynienia ze słupem ognia, który idzie do góry - to łatwe do ugaszenia i nie jest bardzo niebezpieczne - na pewno nie bardziej niż zwykły pożar i na pewno nie tak, jak pożar baterii.

Pożar baterii to jest reakcja chemiczna bardzo silnie egzotermiczna, czyli wydzielająca dużo ciepła - temperatura nawet do 2400 stopni i nie do ugaszenia tradycyjnymi metodami. Również straż pożarna nie ma żadnych instrukcji jak gasić baterie. Jedyną instrukcją jaką mamy w samochodzie elektrycznym to narysowane nożyce, które "mówią", że jeśli dojdzie do wypadku, to kable w tych miejscach należy przeciąć. Natomiast jak bateria już się zapali, np. gdy nastąpi jej zgniot, to ugaszenie jest trudne.



TADEUSZ UHL

W naszym laboratorium mamy wiaderko z piaskiem - jeśli bateria się zapali, wrzucamy ją do piasku, a pożar się kończy, gdy wyczerpią się reagujące substancje. W Stanach Zjednoczonych widziałem zasypywanie piaskiem takiego samochodu, który palił się z bateriami.

▶ **Czyli wbrew powszechnemu mniemaniu samochody napędzane wodorem są bezpieczniejsze od elektryków na baterie?**

TU: Gdybym miał samochód na wodór, to trzymałbym go na zewnątrz, tam już nie ma żadnego niebezpieczeństwa - gdy wodór sobie uchodzi, to idzie do "nieba". Nie powoduje żadnego skażenia środowiska, nie jest niebezpieczny. W przypadku jakiegoś zderzenia, czy wypadku, on zawsze idzie do góry.

Ludzie kojarzą wodór z bombą wodorową, a to jest zupełnie coś innego. To zupełnie inna reakcja. Krótko mówiąc - uważam, że wodór jest stosunkowo bezpieczny.

Jak prezentujemy się na tle tych krajów, które rozwijają technologie wodorowe?

▶ **W którym miejscu jesteście?**

TU: To trudne pytanie, bo ma wymiar bardziej polityczny. Jest kilka aspektów. Po pierwsze Polska ma wodór, umie go produkować, więc jest to szansa. Po drugie, w Polsce dużo się na ten temat mówi - ale niestety, jak to w Polsce, dyskutujemy i nic konkretnego na większą skalę się nie robi. Wciąż nie ma widocznych, zauważalnych efektów wynikających z tej dyskusji.

Na razie nie ma takiej sytuacji, że państwo mówi "poproszę 30 autobusów wodorowych" - nieduży program, ale wtedy powstałaby infrastruktura. U nas jest program tysiąca autobusów, które mogą, ale nie muszą być zasilane wodorem. Nie ma takiego, powiedziałbym, szybkiego projektu, który by udowodnił i sprawdził tę technologię. Jeżeli zaczynamy mówić o rozwoju technologii wodoru i wszyscy są "na tak", to powinniśmy uruchomić choćby kilka lokomotyw wodorowych i zobaczyć, jak to działa na ile jest ekonomiczne. Bo jeżeli taki program będzie, to uruchomią się od razu stacje ładowania, uruchomi się cała logistyka, przewożenie wodoru, itd. Solaris ma autobusy wodorowe, które jeżdżą w Hanowerze i Hamburgu, a będą także w Rydze.

Słyszałem, że Ursus też ma prototyp. Na świecie jest dzisiaj 125 autobusów wodorowych - w 2020 ma być ich 1100.



Kluczową rolę odgrywa tutaj zatem wsparcie państwa?

TU: Moim zdaniem bez inspiracji ze strony państwa nic się nie zdarzy. Z punktu widzenia ekonomii to się na razie nie opłaca, bo nie jest rozpowszechnione. Gdyby było rozpowszechnione na większą skalę, to ta masowość powodowałaby, że cena byłaby niższa. Wtedy już ekonomia by tam była. Na początku nigdy nie ma ekonomii - to jest coś nowego, coś ciekawego, coś przyszłościowego i tylko wi-

zjonerzy potrafią się w to zaangażować - zarówno finansowo, jak i ponosząc dodatkowy wysiłek.



W jakich obszarach wodor mógłby mieć jeszcze zastosowanie? Pytam oczywiście w perspektywie niedalekiej przyszłości lub teraźniejszości.

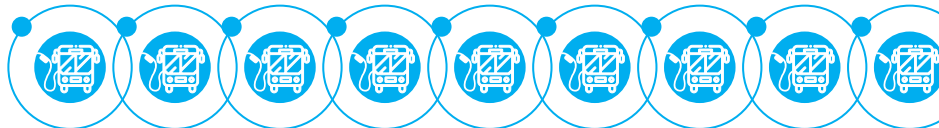
TU: Czynnikiem inspirującym mogą być rezerwowe źródła energii. Można sobie wyobrazić, że taki biurowiec, jak ten w którym jesteśmy, nagle traci zasilanie. Pracuje w nim 5000 ludzi, którzy przez dwie godziny nie mają prądu. To jest 10 tys. zmarnowanych godzin.

2018 rok



125 AUTOBUSÓW WODOROWYCH

PROGNOZA:
2020 rok



1100
AUTOBUSÓW
WODOROWYCH

10 tys. x 200 zł to są 2 mln zł straty. W Polsce jeszcze tego nie ma, ale wyobraźmy sobie, że jest firma, która ma w kontenerze ogniwo paliwowe z wodorem - przyjeżdża, podcina się do zasilania budynku i w ciągu 15 minut wraca prąd.

Pamiętam, że była taka awaria w jednym z zakładów w Poznaniu. Szukano alternatywnego źródła zasilania przez cztery dni, bo spaliła się stacja transformatorowa. Generatory na diesla jechały ciężarówkami aż z Lublina. Ekonomia nie jest jeszcze doskonała i można byłoby rozpowszechnić źródła wodorowe w kontekście ubezpieczeń. Wiele podmiotów chętnie od razu ubezpieczyłoby się na wypadek braku zasilania - jestem o tym przekonany.

Firma ubezpieczeniowa obsługująca tego typu zdarzenia, żeby mniej wydać na odszkodowanie, powinna mieć ekipę, która przywozi prąd i ogranicza straty. Ten rynek się budzi - w Stanach Zjednoczonych jest już dość duży, również oparty na wodrze. Kontenery wojskowe w USA są zasilane wodorem - cała ich energetyka; zasilanie w prąd i ogrzewanie. A więc krok po kroku ta technologia wchodzi do użycia.



Nie jest za późno, żebyśmy mogli odegrać jakąś znaczącą rolę na tym "wodorowym" rynku?

TU: Świat pędzi tak szybko, że jeśli chcemy za nim nadążyć, to musimy podejmować odważne decyzje, także biznesowe. Mamy szansę być liderem, bo jesteśmy jednym z największych producentów wodoru, jest u nas dostępny. A na przykład Japonia nie ma go w ogóle - importuje wodór z Bahrajnu i Australii. Pomimo tego opłaca się im opracowywać i wdrażać tę technologię. Są zatem przesłanki, aby uznać, że i u nas może się udać.



A gdyby miał Pan wskazać naszą największą bolączkę – są to bariery prawne, ekonomiczne, naukowe?

TU: Nie mamy systemu. To nie jest problem tylko techniki, logistyki, prawa, czy akceptacji społecznej. To wszystko trzeba traktować, jako spójną całość. My potrafimy rozwiązywać te szczegółowe kwestie, ale brakuje nam myślenia systemowego.

Problemem nie jest uruchomienie produkcji ogniw, wyprodukowanie pojazdu z ogniwem, wybudowanie stacji, ustanowienie prawa, produkcja wodoru, czy jego dystrybucja. To musi być złożone w jeden system. I my mówimy: "uruchomimy program 1000 autobusów", ale co z tego skoro nie uruchomimy równocześnie programu dotyczącego np. jednej, trzech, czy stu stacji ładowania? Nie myślimy systemowo.

Gdy Niemcy zrobili program dotyczący elektromobilności wiele lat temu, to myśleli o wszystkim, o każdym aspekcie - konstrukcja pojazdu była tylko jednym z elementów. Program obejmował zagadnienia zasilania, sieci energetycznych, produkcji energii, infrastruktury ładowania, zagadnienia prawne i społeczne z tym związane. U nas traktujemy problem wybiórczo, wyspowo, świetnie rozwiązujemy problemy szczegółowe, natomiast brak nam myślenia systemowego.



Panie Profesorze, na zakończenie chciałbym prosić o swoją rekomendację dla rządzących – co należy zrobić, aby Polska mogła wykorzystać szansę, jaką stwarza wykorzystanie wodoru?

Po pierwsze trzeba zbudować rynek - ulgi i przywileje dla tych, którzy użytkują tego typu aplikacje. Jeśli zaistnieje "ciśnienie", jeśli ludzie będą tego chcieli, bo im się to opłaca, to producenci pójdą za tym, rynek będzie się budował. Proszę pamiętać, że innowacja jest możliwa

tam, gdzie jest rynek na tę innowację.

Wypromowanie tej technologii to dla nas szansa, bo jesteśmy znaczącym na świecie producentem wodoru - to szansa nie tylko na sprzedawanie go u nas, ale również na zyski z eksportu. Widzimy, jak radzą sobie kraje eksportujące ropę naftową, my moglibyśmy być takim zagłębiem i eksportować wodór, dlaczego nie? Tylko musimy pokazać na rodzimym rynku, że wodoru ma aplikacje, a więc uruchomić kompleksowe programy demonstrujące te rozwiązania. Poszedłbym w kierunku autobusów miejskich, samochodów ciężarowych, lokomotyw i pociągów. Trzeba stać się przykładem.

Moim zdaniem na początku to wszystko musi mieć wsparcie państwa. Do każdej innowacji potrzeba inwentora, który ma pomysł, menadżera, który nim zarządza, polityka, żeby zainicjował i dał na początku pieniądze oraz podstaw naukowych.

Politycy dużo o tym mówią i na razie niestety tylko mówią - to generalnie bolączka naszego kraju. Jeśli wszystko jest związane z kadencyjnością, to żaden burmistrz, czy marszałek nie zamówi pociągu na wodór, bo dostanie go w nowej kadencji i skorzysta ktoś inny - niestety. Szansa, że coś się zdarzy jest zwykle na początku kadencji. *

Polski przedsiębiorca i menedżer, prezes zarządu URSUS S.A. Absolwent Wyższej Szkoły Przedsiębiorczości i Zarządzania im. L. Koźmińskiego w Warszawie, studiował także na SDA Bocconi School of Management w Mediolanie, The School of Oriental and African Studies University of London, Uniwersytecie Waseda w Tokio oraz na IESE Business School w Barcelonie. Był członkiem zarządu Ital-Mot Sp. z o.o. Pełnił funkcję dyrektora ekonomiczno-finansowego POL-MOT Warfama S.A. Od 2004 roku związany z grupą POL-MOT Holding. Od 2013 roku prezes zarządu URSUS S.A.

Karol Zarajczyk

URSUS S.A.



Polskie firmy jako kluczowi gracze na rynku paliw wodorowych.

ROZMOWY O WODORZE / KAROL ZARAJCZYK



Panie prezesie, jak pan ocenia obecny stan prac nad technologią wodorową w Polsce?

KZ: Na tle światowych osiągnięć – nie jest źle. Musimy dbać o to, aby nie zwalniać tempa. Dużo już zostało zrobione, ale sporo prac związanych z wodorem jest nadal do wykonania.

Bardzo cieszą rządowe programy infrastrukturalne dotyczące wodoru. Trzeba pamiętać, że mamy duży potencjał produkcji wodoru, ale nie mamy tego surowca takiego, jaki jest potrzebny w transporcie publicznym. Mówię tu oczywiście o czystości wodoru. Trochę jesteśmy w tyle za Europą jeśli chodzi o budowanie pierwszych stacji ładowania wodorem. Wiem, że duże spółki szykują się do komercjalizacji obrotu tym surowcem, jest to m.in. Grupa Azoty, z którą intensywnie współpracujemy w tej kwestii.

Obserwujemy z dużą radością programy rządo-

we, chociażby program E-bus, który też zawiera elementy, które "zmuszają" nas, producentów do wyposażenia autobusów w ogniwa wodorowe. Ale zachodzi też sytuacja, że ceny, które są dyktowane przez instytucje państwowe i samorządy w ramach E-busa, są dalekie od rzeczywistości. Ogniwa wodorowe na ten moment są po prostu ekstremalnie drogie. Dużo droższe od oczekiwanych potencjalnych klientów.



A jak w tym wszystkim odnajduje się Ursus?

KZ: Próbujemy działać na własną rękę. Wodór obraliśmy jako kierunek dawno temu. Mamy dzięki temu homologowany 12-metrowy autobus wodorowy, który w drugiej połowie września rusza na roczne testy do samorządów holenderskich. Został on wynajęty przez firmy chcące propagować tę technologię w Beneluxie. Tam już jest infrastruktura do ładowania, której u nas jeszcze nie ma.

Potrzebne jest rządowe wsparcie dla producentów i dystrybutorów wodoru.

Co więcej, razem z miastem Lublin i z Grupą Azoty wystąpiliśmy bezpośrednio do Komisji Europejskiej o grant na dofinansowanie studium wykonalności stacji ładowania wodorem na terenie zajezdni lubelskiego ZTM i otrzymaliśmy takie pieniądze. Konsekwencją będzie pierwsza w Polsce poważna stacja ładowania wodorem, zlokalizowana w Lublinie.

Do tego program E-bus mówi jasno, że autobusy, które mają być zaoferowane w ramach przetargu muszą być dostosowane do zainstalowania w nich ogniw wodorowych. Ogniwa wodorowe są na ten moment bardzo drogie. Dla porównania: jeżeli mówimy o autobusie bateryjnym to jego koszt wynosi ok. 2 mln złotych. Autobus wodorowy to już koszty rzędu 4 mln złotych. W zależności od wyposażenia, tę wartość można lekko podnieść, albo lekko obniżyć. Ale posługujemy się tymi 4 milionami na ten moment. Jako grupa Ursus szukamy innych możliwości wykorzystania wodoru, aby ten koszt znacząco obniżyć.

Realnie wydaje się pominięcie ogniw wodorowych i zastąpienie ich znacznie tańszą technologią wykorzystania wodoru do napędu autobusów.



A jeżeli chodzi o polskie prawne ramy pomocy dla technologii wodorowych – jak wygląda wsparcie stworzone przez m.in. ustawę o elektromobilności czy nowelizację ustawy o biopaliwach?

KZ: Na pewno jest w tym wszystkim za mało wodoru. Wracając do naszej głównej działalności, czyli produkcji maszyn rolniczych i traktorów, to rolnicy mają dopłaty do używania diesla w swojej działalności. Nie wyobrażam sobie innej metody na rozpropagowania wodoru niż wsparcie dla samorządów, które zdecydują się na korzystanie z wodoru. Warto też wesprzeć użytkowników samochodów osobowych, czy dostawczych.

Warto pamiętać, że napędy zasilane CNG i LNG, choć czystsze od diesla, wciąż emitują szkodliwe substancje do środowiska. Pojazdy napędzane wodorem są realnie zeroemisyjne, a więc: prawdziwie ekologiczne.



W planach rozwoju elektromobilności ten wódór jest troszeczkę na uboczu, gdyż ta technologia jest w powijakach...

KZ: Nie zgadzam się. Wytyczne Narodowego Centrum Badań i Rozwoju opublikowane w zeszłym tygodniu w ramach E-busa mówią wyraźnie, że wodór ma być technologią instalowaną w autobusach.

Ale jeżeli chodzi o **Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych**, to w do-kumencie tym wskazano, że w Polsce nie ma na razie warunków do powstania infrastruktury zasilania pojazdów wodorem.

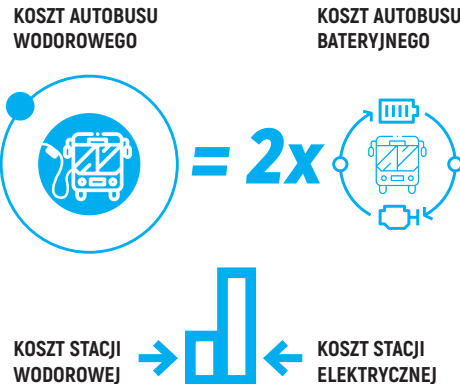
A z drugiej strony mamy wielomiliardowe programy przeznaczone dla tej technologii. Legislacja przeważnie nie nadąża i zawsze będzie krok za rozwojem technologii. Myślę, że sygnały są jasne dla wszystkich – programy NCBiR dotyczące infrastruktury ładowania wodorem oraz jego przechowywania i program E-bus to są kompletarne programy. Zostały one mądrze napisane i są bardzo wyraźnie zsynchronizowane na poziomie technicznym. Tu nie ma przypadku. Program wodorowy jest bardzo mocno powiązany z programem autobusowym. Myślę, że te sprawy legislacyjne oczywiście będą na końcu, ale przygotujmy najpierw infrastrukturę, przygotujmy pojazdy, zastanówmy się, jak możemy to wesprzeć.



A czy mógłby Pan nakreślić ramy czasowe dotyczące rozwoju tej technologii w Polsce?

KZ: Wbrew pozorom, infrastruktura do ładowania wodorem jest dużo łatwiejsza do zorganizowania niż infrastruktura do ładowania prądem. Nikt nie mówi o tym, jak gigantycznych nakładów wymaga obsłużenie "elektromobilnej rewolucji" opartej na bateriach.

W przypadku wodoru, ładowanie wodorem na stacjach benzynowych polega na dostawieniu dystrybutora. Takie urządzenia są już dość łatwo dostępne.



Państwo powinno wspierać samorządy stawiające na technologie wodorowe.

Byłem z panem ministrem Kurtyką w Japonii, w ramach misji organizowanej przez Ministerstwo Energii, tam mogliśmy dosłownie przebierać w ofertach na dystrybutory i przechowanie wodoru. Przywieźliśmy stopy katalogów - to nie byłby żaden problem, żeby teraz kupić dystrybutory. Pozostaje tylko kwestia transportu surowca pomiędzy wytwórcą a stacją ładowania.

Ale przeszkody tak naprawdę są gdzie indziej. Moim zdaniem największy problem polega na wyprodukowaniu czystego wodoru. Bardzo mi zależy na tym, by Grupa Azoty, JSW czy Orlen i Lotos rozpoczęły komercyjną produkcję wodoru na potrzeby transportu. To kwestia inwestycji oraz sprawnej logistyki. Uważam, że rozbudowa infrastruktury do ładowania wodorem jest dużo prostsza, niż rozwój sieci ładowarek do bateryjnych autobusów, czy samochodów elektrycznych. Na razie samorządy próbują przerzucić ciężar budowy stacji ładowania na nas. Przetargi na autobusy są tak rozpisywane, aby producenci autobusów również budowali stacje ładowania w ramach jednego zadania.



A jakie kroki powinien podjąć ustawodawca, żeby rozwój technologii wodorowej przyspieszył?

KZ: Myślę, że on ma całkiem niezłe tempo. Grupa Azoty, JSW, Orlen czy Lotos – spółki te doskonale zdają sobie sprawę z wagi tej technologii, pracują nad nią, rozwijają ją. Wydaje mi się, że trzeba wdrożyć przede wszystkim wsparcie dla producentów wodoru. Program E-bus wywieria presję na producentach autobusów w zakresie skomercjalizowania technologii wodorowej.



A w kwestii infrastruktury?

KZ: Infrastruktura do ładowania pojazdów wodorowych na stacjach jest dostępna. Pozostaje kwestia programu wodorowego, żeby rozwiązać problem transportu wodoru, przepompowywania go i przewiezienia z miejsca produkcji do miejsc ładowania finalnego. Wydaje mi się, że w tej chwili najważniejszy jest program wsparcia dla tych dużych firm, które powinny dostać znaczne środki, zagwarantowane w programach inwestycyjnych na produkcję wodoru i rozwój infra-

struktury do jego dystrybucji. Trzeba zacząć produkować wodór i dostarczać go na stacje. To priorytet.



A jakie są największe zagrożenia dla rozwoju tej technologii?

KZ: Obawiam się spowolnienia tempa prac. Możemy przespać tę wodorową rewolucję. Raz na 50 lat w motoryzacji trafia się taka szansa, by stać się bardzo ważnym graczem. W tym momencie udaje nam się to w autobusach i elektromobilności. Nie możemy zwolnić tempa, jeżeli chodzi o wodór. Musimy przegonić pod tym względem pozostałe kraje UE, USA czy Chiny i Japonię. Mamy na to bardzo dużą szansę. *



Najważniejszy jest program wsparcia finansowego dla firm na produkcję wodoru i rozwój infrastruktury do jego dystrybucji.



Raz na 50 lat w motoryzacji trafia się taka szansa, by stać się bardzo ważnym graczem. W tym momencie udaje nam się to w autobusach i elektromobilności. Nie możemy zwolnić tempa, jeżeli chodzi o wodór.

1

***Rola wodoru w rozwoju
energetyki zrównoważonej***

Energetyka zrównoważona

WPROWADZENIE

Energetyka zrównoważona to pojęcie często pojawiające się w przestrzeni publicznej. Jego znaczenie jest jednak wysoce zniekształcone przez trwającą w ostatnich kilkunastu latach swoistą modę na wdrażanie za wszelką cenę odnawialnych źródeł energii. Z tego powodu powstało przeświadczenie, że o zbalansowanej energetyce możemy mówić jedynie wtedy, kiedy niweluje się zanieczyszczenie środowiska do zera. Takie rozumienie tej kwestii to jednak znaczące uproszczenie.

W raporcie "Nasza Wspólna Przyszłość" podsumowującym pracę Światowej Komisji Środowiska i Rozwoju ONZ (zwana również "Komisją Brundtlanda", od nazwiska ówczesnego premiera Norwegii przewodzącego jej pracami), określono 3 filary, na których powinna opierać się zrównoważona energetyka. Są to: **zrównoważony wzrost gospodarczy, ochrona środowiska, równowaga społeczna**.

Zdaniem Komisji, tylko skupienie się na wszystkich 3 filarach jednocześnie pomoże stworzyć powszechny, ogólnosięwiatowy system energetyczny na tyle atrakcyjny, iż nie będzie konieczności zmuszania, czy wieloletniego dotowania państw i regionów w celu wdrożenia tego programu¹.

Zrównoważony wzrost gospodarczy

Rozumiany jest jako wzrost, niewymagający zwiększenia wydobycia surowców naturalnych. Chodzi o to, aby w miarę wzrostu gospodarczego pracować nad ograniczeniem wykorzystywania surowców naturalnych po to, aby osiągać go wykorzystując te, które zostały już wydobyte. W tym kierunku podąża m.in. proponowana przez Komisję Europejską koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (Circular economics), do realizacji której zobowiązały się m.in. Chiny, największy producent i konsument surowców na świecie.

¹ https://www.ue.katowice.pl/fileadmin/_migrated/content_uploads/22_K.Prandecki__Teoretyczne_podstawy_zrownowazonej_energetyki.pdf

Ochrona środowiska

W ostatnich dwudziestu latach najczęściej akcentowany aspekt zrównoważonej energetyki. Chodzi o inwestowanie w "zielone" innowacje, ograniczające zużycie energii, a także pozwalające na zwiększenie efektywności technologii odnawialnych źródeł energii. Problem, który do dziś pozostaje w tym zakresie, to tzw. luka konsumpcyjna, czyli fakt, że ok. 80% wszystkich surowców naturalnych jest zużywanych przez ok. 20% światowej populacji. Innymi słowy – istotnym problemem jest kwestia koncentracji "zielonych" innowacji energetycznych w rękach mniejszości światowej populacji, na co wpływ mają m.in. takie czynniki jak położenie geograficzne, czy zamożność państw.

Równowaga społeczna

Komisja Brundtlanda, umieszczając ten aspekt jako filar zrównoważonej energetyki, chciała zaznaczyć, jak ważne jest, aby przy przygotowywaniu nowej polityki energetycznej brać pod uwagę kwestię nierówności dochodowych. Innymi słowy, zdaniem Komisji, nieodłącznym celem przyszłej polityki energetycznej powinno być niwelowanie barier w dostępie do energetyki tak, aby z dobrodziejstw nowego systemu mogli korzystać wszyscy obywatele, a nawet, by to energetyka była motorem napędowym niwelowania różnic dochodowych.

Rola wodoru w realizacji założeń energetyki zrównoważonej

W tym kontekście należy zwrócić uwagę, iż wodór znacznie lepiej realizuje powyższe założenia, niż na przykład baterie litowo-jonowe, tak powszechnie używane w samochodach elektrycznych, promowanych przez decydentów, jako "czysta" alternatywa dla samochodów spalinowych. Przede wszystkim fakt, że samochody elektryczne nie emitują szkodliwych dla środowiska substancji podczas eksploatacji nie oznacza, że ich produkcja nie zatrafa środowiska. W świetle badań produkcja konwencjonalnego samochodu spalinowego wiąże się z emisją ok. 5,6 tony CO₂. W tym samym czasie, produkcja przeciętnego samochodu elektrycznego generuje aż 8,8 ton CO₂, z czego prawie połowa związana jest z produkcją baterii. Co prawda, część ekspertów sugeruje, że w ciągu całego cyklu życia samochodu samochód elektryczny wytworzy jedynie 80% CO₂ samochodu spalinowego, jednak zdania w tej kwestii, ze względu na różnego rodzaju szacunki dotyczące cyklu życia produktów, są podzielone. Tymczasem samochody napędzane wodorem, w zależności od źródła pochodzenia surowca, emitują od 34% do nawet 60% mniej CO₂ niż te z silnikami spalinowymi².

Co więcej, baterie w samochodach zawierają lit, czyli metal alkaliczny. Aby umieścić go w baterii litowo-jonowej, należy najpierw wydobyć go z soli litu, pozyskiwanej najczęściej ze źródeł mineralnych, stawów solanko-

wych i podziemnych złóż solanek. Następnie przeprowadza się elektrolizę z wykorzystaniem chlorku litu i chlorku potasu, aby odseparować metal. Ponadto, największe złoża znajdują się w Boliwii, Chinach, Argentynie, Chile czy Zimbabwie, czyli w większości w państwach o niskich standardach środowiskowych. Skutkuje to skażeniem wody i zagrożeniem dostania się toksyn (np. cyjanków) do ujęć wykorzystywanych przez lokalnych mieszkańców.

Konkludując zatem, baterie litowo-jonowe, a więc serce samochodów elektrycznych, przejawiają ryzyko degradacji środowiska naturalnego w miejscu wydobycia i produkcji, co kłóci się z drugim filarem przedstawionym przez Komisję Brundtlanda. Jak każda nowa technologia, w trakcie wdrażania jej do powszechnego użycia pojawiają się nieoczekiwane problemy, od sposobu rozwiązania których zależy jej przyszłość. Pytaniem stojącym zarówno przed wodorem, jak i bateriami jest, jakie strategie rozwiązywania tych problemów zostaną zaproponowane.

W przypadku wodoru sytuacja wygląda inaczej - jest to powszechnie dostępny pierwiastek, zarówno w atmosferze jak i w wodzie, którą tworzy. Wytwarzanie wodoru zostanie szerzej omówione w dalszej części opracowania, w tym miejscu, dla logiki wyводу warto jednak zauwa-

² <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2014/10/How-Clean-Are-Hydrogen-Fuel-Cells-Fact-Sheet.pdf>

żyć, że istnieje wiele sposobów wyodrębniania wodoru z występujących w środowisku związków chemicznych. Aktualnie dominującym sposobem pozyskiwania tego pierwiastka jest reforming metanu z wykorzystaniem pary wodnej. Drugą powszechną metodą jest reforming ropy naftowej, dokonywany głównie w rafineriach. Podium w tej kategorii zamyka pozyskiwanie wodoru z węgla. Wszystkie powyższe metody wymagają obecności konwencjonalnych paliw kopalnych, jednak istnieją metody produkcji wodoru w całości pomijające dotychczas dominujące paliwa w gospodarce – jedną z takich metod jest elektroliza wody. W ten sposób można otrzymać wodór najwyższej, przekraczającej 99,9% czystości. Ważne w tym kontekście jest jednak, że w przeciwieństwie do samochodów napędzanych bateriami litowo-jonowymi, pierwiastek kluczowy dla napędzania silników wodorowych można uzyskiwać w każdym kraju – albo z wykorzystaniem posiadanych lub importowanych zasobów węgla czy ropy, albo bezpośrednio z wody. To oczywiście nie rozwiązuje wszystkich problemów z ograniczonością zasobów, który jest nieodłącznym elementem ekonomii, jednak dzięki powszechnemu występowaniu istnieje wiele możliwości produkcji tego surowca.

Ponadto, jeśli chodzi o zastosowanie np. w transporcie drogowym, wodór jest trzykrotnie wydajniejszy od benzyny czy innych paliw kopalnych, a zatem ogólna ilość wodoru potrzebna do zaspokojenia rynku będzie trzykrotnie mniejsza niż obecnie potrzeba paliw konwencjonalnych³. Warto podkreślić, że już dziś wodór wykorzystywany jest w rakietach kosmicznych do wyniesienia ich na orbitę, co pokazuje siłę i potencjał tego paliwa⁴. Przedstawione powyżej korzyści są oczywiście uwarunkowane dalszą

implementacją kolejnych technologii wodorowych do powszechnego użycia. W tym kontekście warto pamiętać, iż w początkowym etapie każda nowa technologia, z wodorową włącznie, jest droższa od tradycyjnych. Samochody z bateriami litowo-jonowymi są bardzo drogie, co powoduje, że tylko bogate kraje, mogą pozwolić sobie na duże dotacje dla obywateli, służące ich upowszechnianiu. Podobnie będzie na początku z samochodami napędzanymi ogniwami paliwowymi, ponieważ, jak już wspomniano, jest to immanentna cecha każdej nowej technologii. Dlatego właśnie tak potrzebna jest odpowiednia współpraca władz i producentów, pomagająca w wyłonieniu najlepszej technologii w rozumieniu kryteriów Komisji Brundtlanda.

Podsumowując, mnogość sposobów produkcji wodoru w kraju jego wykorzystania stwarza potencjalną możliwość realizacji 1. filaru energetyki zrównoważonej, a więc odpowiedzialnego wzrostu gospodarczego nieopartego na wydobywaniu surowców. Jednocześnie, ponieważ proces wyłuskiwania wodoru z różnych związków chemicznych prowadzony jest w państwie wykorzystania, to warunki ekologiczne tego procesu spełniają najwyższe standardy jakości krajów wysoko rozwiniętych, co pozwala na pokrycie wymogów 2. filaru zaproponowanego przez Komisję Brundtlanda⁵. Wreszcie, samo paliwo wodorowe jest bardzo wydajne, wobec czego, po osiągnięciu efektów skali i rozwoju technologicznego w dziedzinie efektywnej produkcji i magazynowania wodoru, możliwe będzie stosunkowo niskokosztowe wdrożenie silników wodorowych także w krajach rozwijających się bez konieczności dotowania przez państwo, co z kolei daje nadzieję na realizację założeń 3. filaru zrównoważonej energetyki dla świata – dążenia do równowagi społecznej.

³ <http://www.cea.fr/english/Documents/thematic-publications/hydrogen.pdf>

⁴ http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/hydrogen/basics/q_and_a.htm

⁵ <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-processes>

1.3

Rozwój technologii wodorowych na świecie

Niektóre państwa (wymienione niżej) już wiele lat temu rozpoczęły wysiłki nad rozwojem technologii wodorowej. W 1992 roku Ustawa o Polityce Energetycznej USA przewidywała środki na badania i rozwój technologii wodorowych w Stanach Zjednoczonych, jednak prawdziwy postęp w tej dziedzinie nastąpił w XXI wieku. Głównymi graczami na rynku innowacji związanych z rozwojem technologii wodorowej są Kanada, Japonia, USA i Niemcy. Swoje programy w ostatnich latach utworzyły bądź znacznie rozwinęły Chiny, Indie, Francja, Brazylia, czy Republika Południowej Afryki.

W poniższym przeglądzie skupiono się na USA, Kanadzie, Japonii, Francji i Republice Federalnej Niemiec.

USA



W 2003 roku administracja prezydenta George'a W. Busha ogłosiła narodowy program badań nad technologią wodorową wraz z budżetem w wysokości 1,2 mld \$. Po przejściu władzy przez Baracka Obamę budżet programu zredukowano do 100 mln \$ rocznie. Intencją rządzących

było uniezależnienie się od zagranicznych dostaw ropy oraz zmniejszenie negatywnego wpływu sektora transportowego na środowisko. W rezultacie, w ciągu 15 lat przyznano 650 patentów w zakresie technologii silników wodorowych i ogniw paliwowych. Stanem najbardziej zaangażowanym w rozwój tej technologii jest Kalifornia, gdzie dotychczas sprzedano lub wyleasingowano 2800 samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi na wodór. Sprzedaż tej wielkości jest możliwa z uwagi na mnożące się stacje tankowania - stanowy Kongres przeznacza 20 mln \$ rocznie na rozwój sieci, aż do poziomu 100 stacji. Dodatkowo, firma obsługująca komunikację miejską w Oakland w Kalifornii posiada największą w Północnej Ameryce flotę autobusów napędzanych wodorem - 12. Całe Stany Zjednoczone są światowym liderem w sprzedaży samochodów na wodór - porusza się ich po drogach już 4,5 tysiąca⁶.

Kanada



Pierwsze badania nad rozwojem technologii wodorowej rozpoczęły się już w 1983 roku, wraz z programem "Rozwój technologii ogniw paliwo-

⁶ https://www.hydrogen.energy.gov/annual_progress17.html

wych z membraną do wymiany protonów". W 2015 roku powstał inny projekt "Program rozwoju infrastruktury stacji ładowania wodorem", który ma za zadanie budowę kolejnych stacji tankowania wodoru. Do 2017 roku rząd Kanady zainwestował ponad 4 mld dolarów wspierając badania, rozwój i budowę infrastruktury dla tego typu pojazdów. W sektorze wodorowym pracuje aktualnie 2 000 osób. Większość (ok. 90%) z jej efektów jest eksportowana do innych państw, chcących rozwijać te technologie. Aktualnie w kraju działa 13 stacji tankowania, z których korzysta 21 samochodów osobowych zasilanych ogniwami paliwowymi na wodór. W powszechnym użyciu są natomiast wózki widłowe na wodór, których w Kanadzie działa już ponad 400.

Japonia



Pierwszy program R&D powstał w Japonii w 1993 roku z inicjatywy Ministerstwa Gospodarki, Handlu i Przemysłu, jednak dopiero od 2002 roku działa program pokazowy JHFC, który ma za zadanie wykorzystanie naukowej wiedzy w praktyce. Obecnie działa już 3 edycja programu, a roczny budżet na rozwój technologii wodorowej szacowany jest na ok. 100 mln \$. Ponadto, w działalność na rzecz rozwoju technologii zaangażowały się największe japońskie przedsiębiorstwa. W marcu bieżącego roku 11 firm, w tym Nissan, Honda i Toyota, utworzyły wraz z firmami energetycznymi z różnych stron świata konsorcjum Japan H2 Mobility, którego celem jest sprostanie ambitnym celom wyznaczonym przez japoński rząd w kwestii budowy nowych stacji ładowania

i pojazdów napędzanych wodorem, tak aby zakup samochodu wodorowego był powszechnie popularny. Do 2020 roku planuje się otwarcie 160 stacji ładowania i wypuszczenia 40 000 samochodów wodorowych na drogi. Do 2025 roku ten cel to 320 stacji i 200 000 samochodów, a do 2030 roku 900 stacji i 800 000 pojazdów. Ponadto, Japonia jako organizator najbliższych Letnich Igrzysk Olimpijskich w Tokio w 2020 roku ma ambicję ukazania Japonii jako światowej stolicy rozwoju technologii wodorowych. Według planów, wszystkie używane w czasie zawodów pojazdy, a także ogrzewanie wioski olimpijskiej czy nawet olimpijski znicz, mają być zasilane z użyciem wodoru⁷.

Francja



Nowy francuski rząd Edouarda Philippe'a także wyznaczył sobie ambitne cele w kwestii rozwoju technologii wodorowych. Wypowiedzi ministra środowiska Nicolasa Hulota wskazują, że Francja zamierza inwestować ponad 100 mln \$ rocznie na rozwój technologii wodorowej. W ramach nowego planu, 5 200 samochodów towarowych i ciężarowych ma być zasilanych silnikami wodorowymi i mają mieć możliwość zatankowania na 100 stacjach serwisowych przed 2023 rokiem. Na konferencji informującej o powstaniu nowego programu, minister Hulot zwrócił uwagę, iż technologia elektrolizy pozwala na pozyskiwanie w przyjazny dla środowiska i efektywny dla gospodarki sposób surowiec energetyczny. Program wodorowy ma pomóc Francji w re-

³ <http://www.thedrive.com/news/18995/japan-h2-mobility-to-bring-hydrogen-stations-to-japan>

alizacji jej głównego celu energetycznego, którym jest zakończenie użytkowania tradycyjnych paliw do 2040 roku⁸.

Niemcy



Prace nad silnikami wodorowymi rozpoczęły się w latach 90. XX w. W 1997 roku Daimler-Benz wraz z Ballard Power Systems ogłosili wart 300 mln \$ program współpracy w dziedzinie badań i rozwoju na rzecz wykorzystania wodoru w transporcie. W 1999 roku w Hamburgu i Monachium otwarto pierwsze w Europie stacje ładowania wodorem. W 2007 roku powstał rządowy program innowacji w dziedzinie technologii wodorowych ogniw paliwowych, który gwarantował ok. 710 mln euro na badania i rozwój i ponad 400 mln na prototypy i implementację pozyskanej technologii w praktyce. W 2016 roku powstała kontynuacja programu, w której rząd zabezpieczył ok. 1,4 mld euro na dalsze postępy w technologii wodorowej. Prócz tego, konsorcjum Siemens, Ballard Power Systems i Uniwersytetu w Akwizgranie otrzymało 12 mln euro na rozwój wydajniejszych pociągów wodorowych. W wyniku tych działań, po niemieckich drogach porusza się aktualnie ok. 500 samochodów wodorowych. Wg planów zarówno rządu, jak i zaangażowanych w projekt przedsiębiorstw, do 2030 roku planuje się pełne urynkowanie sektora samochodów wodorowych wraz ze stacjami tankowania, których do tego czasu ma być 1000 w całym Niemczech. *



W NINIEJSZYM ROZDZIALE WSKAZANO PAŃSTWA, KTÓRE SĄ W ŚWIATOWEJ CZOŁÓWCE ROZWOJU TECHNOLOGII WODOROWYCH. TYMCZASEM PROJEKTY WYKORZYSTANIA ENERGII WODOROWEJ, PRZED W SZYBOKIM WZROSTEM W DZIEDZINIE ROZWOJU TRANSPORTU, ALE TAKŻE ENERGETYKI JAKO TAKIEJ, ROZWIJAJĄ KRAJE NA CAŁYM ŚWIECIE. SĄ TO M.IN.: ARGENTYNA, WIELKA BRYTANIA, NORWEGIA, DANIA, CZY CHINY. TYMCZASEM POLSKA, KTÓRA JEST DUŻYM PRODUCENTEM WODORU WCIĄŻ NIE POSIADA NARODOWEJ STRATEGII ROZWOJU TEJ TECHNOLOGII, CZY CHOCIAŻ MOŻLIWOŚCI ZAREJESTROWANIA SAMOCHODÓW NAPĘDZANYCH OGNIWAMI PALIWOWYMI.

⁸ <https://www.gouvernement.fr/en/hydrogen-plan-making-our-country-a-world-leader-in-this-technology->

2

WODÓR

– wyzwania i perspektywy

Wodór – wyzwania i perspektywy

Nazywanie wodoru "paliwem przyszłości" jest w pewnym stopniu mylące, ponieważ technologia niezbędna do jego wdrożenia, jako paliwa, jest już dostępna od dłuższego czasu, a wyzwania stojące przez branżą mają inną naturę.

Podstawowym problemem jest niska opłacalność wykorzystania wodoru jako paliwa. Obecnie dostępna technologia jest droższa od istniejących na rynku co sprawia, że dla dalszego jej rozwoju potrzebne jest wsparcie podmiotów niekomercyjnych, zwłaszcza państw i organizacji międzynarodowych. To jednak wymaga opracowania modeli biznesowych dostosowanych do gospodarczych, finansowych oraz społecznych możliwości poszczególnych krajów. Dotyczy to również Polski, jeśli myślimy na poważnie o włączeniu się do grona krajów rozwijających technologie oparte na wodorze.

Kolejnym wyzwaniem stojącym na drodze wykorzystania wodoru – co dotyczy zwłaszcza transportu

- jest brak niezbędnej infrastruktury. Skala wyzwań w tym zakresie staje się dla nas jasna, kiedy uświadomimy sobie na przykład, że obecnie istniejąca infrastruktura tankowania paliw tradycyjnych powstawała na przestrzeni ok. 100 lat i wymagała dziesięcioleci, aby osiągnąć poziom pozwalający na komfortowe korzystanie z samochodów spalinowych. Szacuje się, że dla zapewnienia komfortu użytkowania samochodów osobowych należy zainstalować dystrybutory z wodorem na min. 30% stacjach benzynowych na danym obszarze⁹. W przypadku rynku europejskiego jest to koszt rzędu 100 – 200 miliardów euro¹⁰. Nie dotyczy to transportu masowego – osobowego i towarowego – gdzie silnie rozbudowana sieć stacji tankowania wodoru nie jest niezbędna dla funkcjonowania systemu.

Zarówno zaakcentowane powyżej czynniki, jak i te, które zostały szczegółowo omówione w kolejnych podrozdziałach będą w najbliższych latach wyznaczać dynamikę zastosowania wodoru jako paliwa. ✱

⁹ Raport Komisji Europejskiej "Hydrogen Energy and Fuel Cells. A vision of our future"

¹⁰ Op. Cit.

Wytwarzanie wodoru – "pluralistyczny" pierwiastek

Rozważając o kierunkach rozwoju technologii opartych na wodorze koniecznym wydaje się wyjście *ab ovo* i poświęcenie kilku chwil na usystematyzowanie najważniejszych sposobów jego wytwarzania. Ta kwestia została już zasygnalizowana nieco wyżej, niemniej, jako niezbędne jawi się umieszczenie wodoru w szerszym kontekście - obejmującym nie tylko jego najważniejsze zastosowania, ale również środowiskowe, surowcowe, społeczne, czy wreszcie geopolityczne aspekty procesów produkcyjnych. Tylko takie wieloaspektowe podejście pozwoli na rzetelną analizę potencjalnych korzyści dla światowej, europejskiej i przede wszystkim polskiej gospodarki.

Pierwszym elementem, na który należy zwrócić uwagę jest fakt, że wódór to nie tylko bardzo efektywne źródło energii, ale także najprostszy i najpowszechniejszy¹¹ ze wszystkich pierwiastków. Analizując metody jego wytwarzania można również powiedzieć, że jest jednym z najbardziej "pluralistycznych" źródeł energii. Pozyskiwać można go zarówno z zasobów kopalnych (np. ropa naftowa, gaz ziemny, czy węgiel), jak i za pomocą źródeł odnawialnych (np. energia słoneczna i wodna, wiatr, czy biomasa). Wysoce zróżnicowane są również technologie produkcyjne, wśród których najczęściej wymienia się chemiczne, biotechnologiczne, elektrolityczne, fotolityczne, czy termochemiczne.

Część z nich znajduje już zastosowanie w procesach przemysłowych, część natomiast dobrze rokuje, ale wymaga jeszcze badań oraz wdrożenia programów demonstracyjnych. Oczywistym jest, że poszczególne metody różnią się także efektywnością oraz wpływem na środowisko naturalne - wbrew powszechnemu mniemaniu część wiąże się z emisją CO₂. Jest to jednak emisja zlokalizowana konkretnie w tym miejscu, gdzie wytwarzany jest wódór, co czyni ją nieporównywalnie prostszą do kontrolowania, niż w przypadku milionów rozproszonych aplikacji, jak np. samochody napędzane za pomocą spalania węglowodorów.

W poniższym opracowaniu skupimy się na metodach pozyskiwania wodoru, które wydają się najbardziej perspektywicznymi, także z punktu widzenia specyfiki polskiej gospodarki. Część z nich jest już stosowana, część poddawana jest jeszcze niezbędnym testom oraz badaniom.

Rynek wytwarzania wodoru wyceniany był w 2017 na 115,25 mld USD i w świetle prognoz wzrośnie do 154,74 mld USD w 2022 r. Obejmuje on dwa segmenty:

¹¹ Viatcheslav Mukhanov: Physical Foundations of Cosmology. Cambridge University Press, 2005

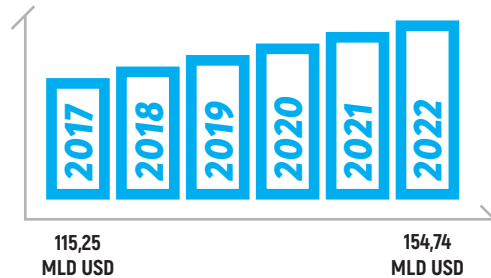
„Handlowy” wodór

tj. wodór wytwarzany na miejscu lub w centralnym zakładzie produkcyjnym i sprzedawany konsumentom rurociągiem, zbiornikiem lub dostawą ciężarówką z butlą;

„Uwięziony” wodór

wodór wyprodukowany przez konsumenta do użytku wewnętrznego i zużyty w punkcie użytkowania.

➔ PROGNOZOWANA WARTOŚĆ
RYNKU WODOROWEGO



Oczekuje się, że istniejący przemysł wodorowy i jego łańcuch dostaw będą służyć jako platforma dla przyszłych zastosowań wodoru w energetyce.

Najczęściej stosowaną, a zarazem jedną z tańszych metod otrzymania wodoru na skalę przemysłową jest należący do metod termochemicznych reforming metanu parą wodną. Jest to proces wysokotemperaturowy (700 – 1000 stopni) wykorzystujący parę wodną oraz gaz ziemny, w którym występuje metan. Sam proces opiera się na uzyskaniu tzw. gazu syntezowego zawierającego wodór, tlenek węgla oraz niewielkie ilości dwutlenku węgla za pomocą katalizatora. Metan reaguje z parą wodną pod zwiększonym ciśnieniem (3 – 25 barów) oraz wymaga dostarczenia ciepła, aby oczekiwana reakcja przebiegała prawidłowo. Otrzymany we wcześniejszym procesie tlenek węgla reaguje z parą wodną w obecności katalizatora, przez co wytwarza się dwutlenek węgla i większa ilość wodoru. W ostatniej fazie ewentualne zanieczyszczenia są usuwane w celu uzyskania czystego wodoru. Wydajność takiego procesu osiąga nawet 90% przy zastosowaniu najnowocześniejszych reformerów. Reformowanie parowe można również wykorzystać do produkcji wodoru z innych paliw, takich jak etanol, propan, czy nawet benzyna.

Kolejną metodą jest częściowe utlenianie metanu, prowadzące do otrzymania gazu syntezowego. W tym procesie metan oraz inne węglowodory wchodzące w skład gazu ziemnego reagują z ograniczoną ilością tlenu, najczęściej pochodzącego z powietrza, co nie jest wystarczające do całkowitego utlenienia węglowodorów do dwutlenku

węgla i wody. Przez zmniejszoną ilość tlenu, produkty reakcji zawierają tlenek węgla i wodór (oraz azot jeśli reakcja jest prowadzona przy zastosowaniu powietrza, a nie czystego tlenu), a jednocześnie małą ilość dwutlenku węgla i innych związków. Kolejnym etapem jest konwersja tlenku węgla z parą wodną dzięki czemu otrzymuje się dwutlenek węgla i większe ilości wodoru.

Wodór najwyższej czystości (99,999%) wytwarzany jest przez proces elektrolizy wody. Jest to jedna z najlepiej rozwiniętych i ogólnodostępnych technologii na rynku. Elektrolizery dzięki energii elektrycznej dzielą wodę na wodór i tlen. Składają się one z anody i katody, które są rozdzielone elektrolitem. Ze względu na zastosowanie różnego materiału elektrolitycznego, elektrolizery nieco różnią się działaniem. W elektrolizerach PEM (Polymer Electrolyte Membrane) elektrolitem jest kwasowa membrana polimerowa, co znacznie uprasza jego konstrukcję. Woda reagując na anodzie wytwarza tlen i dodatkowo naładowane jony wodoru. Elektrony przepływają przez obwód wewnętrzny, a jony wodoru przesuwają się przez PEM do katody, gdzie łącząc się z elektronami z obwodu zewnętrznego tworzą gazowy wodór. Główną wadą tej technologii jest określona żywotność membran, natomiast jej zaletą – brak elektrolitu w stanie ciekłym (najczęściej wodorotlenek potasu), co dodatkowo zwiększa bezpieczeństwo oraz między innymi bardziej zwarta konstrukcja ze względu na wyższe gęstości oraz ciśnienia robocze.

Według Departamentu Energii USA (DOE) koszt rozproszonego (w przeciwieństwie do scentralizowanego) wytwarzania wodoru za pomocą elektrolizy przy użyciu energii elektrycznej poza szczytem wynosił 3,90

USD / kg (kg) H₂ w 2015 r. Docelowy koszt w 2020 r. dla wodoru rozproszonego wynosi 2,30 USD / kg H₂¹². Jest to obiecująca informacja, ponieważ DOE szacuje koszt progowy wodoru - punkt konkurencyjności pojazdów napędzanych ogniwami paliwowymi (FCEV) z hybrydowymi pojazdami elektrycznymi (HEV) - na poziomie 2,00-4,00 USD / gge (równoważność benzyny w galonie) według kosztu za kilometr w 2020 r.¹³.

Charakterystycznym elektrolizerem, o większej wydajności, jest elektrolizer alkaiczny. W tego typu technologii jako elektrolit wykorzystuje się wodorotlenek potasu lub sodu. Zasada działania opiera się na transporcie jonów wodorotlenowych (OH⁻) przez elektrolit z katody do anody. Z czego wodór powstaje na stronie katody. Alkaiczne elektrolizery są przystosowane do zastosowań stacjonarnych, natomiast komercyjne elektrolizery są zbudowane z wielu ogniw elektrolitycznych. Głównym wyzwaniem w zakresie badań i rozwoju jest zdecydowanie zmniejszenie kosztu produkcji elektrolizerów o większej efektywności energetycznej. Dużą wadą elektrolizy jest fakt, że do zajścia każdego z procesów potrzebny jest prąd, a większość energii elektrycznej jest wytwarzana z wykorzystaniem technologii, które powodują emisję gazów cieplarnianych i są energochłonne. Wytwarzanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych lub z energii jądrowej jest istotnym krokiem do przezwyciężenia ograniczeń w produkcji wodoru za pomocą elektrolizy.

W etapie badań znajduje się również biologiczny proces wytwarzania wodoru. Mikroby oraz bakterie są w stanie wytwarzać wodór w wyniku reakcji biologicznych, z wykorzystaniem światła słonecznego lub materii organicznej. Proces konwersji biomasy wykorzystuje zdolność

organizmów do konsumowania i trawienia biomasy oraz uwalniania wodoru. Materią organiczną mogą być rafinowane cukry, źródła surowej biomasy, takie jak słoma zbożowa, a nawet ścieki. Natomiast fotobiologiczny proces produkcji wodoru wykorzystuje mikroorganizmy i światło słoneczne do przekształcania wody lub czasem też materii organicznej w wodór. W fotolitycznych układach, mikroorganizmy (sinice, zielone mikroalgi) mają zdolność podziału wody na tlen i jony wodoru pod wpływem światła słonecznego. Z kolei wytworzone jony wodoru można bezpośrednio lub pośrednio łączyć, w efekcie czego tworząc gazowy wodór. Niektóre z fotosyntetycznych drobnoustrojów używają światła słonecznego do procesu rozkładu materii organicznej, uwalniając przy tym wodór.

Technologia wychwytywania i pochłaniania dwutlenku węgla (CCS) może usunąć emisję CO₂ z wykorzystywanych paliw kopalnych wytwarzając wodór przed spalaniem (przedspalanie) lub po nim (postspalanie). Wraz z rozwojem technologii CCS jej wykorzystanie jest przewidywany na skalę użytkową. Oprócz elektrolizy i reformując za pomocą CCS, oczekuje się, że wodór będzie mógł być również produkowany z płynów pochodzenia biologicznego i drobnoustrojów.

Choć metod pozyskiwania wodoru jest sporo i różnią się one bardzo wieloma czynnikami - począwszy od surowca, a skończywszy na technologii - to uważny czytelnik dostrzeże, że łączy je pewien wspólny mianownik - są, co do zasady, przyjazne dla środowiska naturalnego. Ta kwestia nabiera szczególnego znaczenia w kontekście założeń polityki klimatycznej - związanej zarówno z regulacjami na poziomie europejskim (o których nieco dalej), jak i globalnym.

¹³ Op.Cit.

Zastosowania wodoru

Bezpieczeństwo energetyczne w swoim współczesnym wymiarze jest zjawiskiem, na które składa się szereg czynników - od fizycznej dostępności surowców, poprzez niezawodność dostaw (na którą wpływają także uwarunkowania polityczne), efektywność poszczególnych źródeł energii, aż po ich wpływ na środowisko naturalne, czy wreszcie zabezpieczenie popytu. Z danych Międzynarodowej Agencji Energii wynika jednoznacznie, że w perspektywie roku 2040 będziemy obserwować stały wzrost zapotrzebowania na energię pierwotną oraz rosnące znaczenie energii elektrycznej¹⁴. Związane jest to m.in. z rozwojem gospodarczym, wzrostem populacji, czy wreszcie z programami mobilnościowymi - wg. danych zawartych BP Energy Outlook tylko do roku 2040 liczba samochodów elektrycznych osiągnąć może poziom 300 milionów.

Równocześnie obserwujemy wyraźny trend zmierzający do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, co niesie ze sobą ryzyko, szczególnie dla branż energochłonnych i gospodarek krajów opierających swe funkcjonowanie na paliwach kopalnych. Są one związane przede wszystkim z ryzykiem znaczącego wzrostu cen energii elektrycznej. Może być on efektem na przykład nie wypełniania norm dotyczących emisji CO₂/MWh lub innych zanieczyszczeń. Wyraźne dążenie instytucji europejskich do

dekarbonizacji generuje kolejne ryzyka nie tylko dla wytwórców energii (a co za tym idzie branż energochłonnych), ale również sektora wydobyczego. Odchodzenie od węgla, szczególnie w krajach takich jak Polska, będzie determinować poważne konsekwencje natury społecznej. Ten czynnik także należy brać pod uwagę podczas rozważań dotyczących rozwiązań potencjalnie wspierających przemianę polskiego sektora energii. W związku z wyzwaniami stojącymi przed światową gospodarką (a które streścić można w dwóch hasłach: wzrost zapotrzebowania na energię oraz zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko) przydatnym jawi się wykorzystanie także możliwości stwarzanych przez wodór.

Sięgnięcie po tę technologię może otworzyć nowe perspektywy przed całą gamą sektorów gospodarki. Wodór to wyjątkowo elastyczny nośnik energii, który, jak wcześniej wykazano, produkowany może być na wiele rozmaitych sposobów - uzależnionych bardzo mocno, co jest dziś nie do przecenienia, od uwarunkowań regionalnych - dotyczących dostępności poszczególnych surowców, rozwoju technologii, czy możliwości finansowych państw. Eksperti High Level Group działającej przy Komisji Europejskiej wskazują w tym kontekście, że szersze wykorzystanie paliwa wodorowego, (...) umożliwiłoby Europie najlepiej dostosowaną do warunków regionalnych eksploatację zasobów naturalnych¹⁵.

¹⁴ World Energy Outlook 2017, International Energy Agency

W opinii ekspertów Rady ds. wodoru może spełniać on siedem podstawowych funkcji:

- 1** Umożliwienie rozpoczęcia procesu integracji (na dużą skalę) źródeł odnawialnych z systemami wytwórczymi;
- 2** Dystrybucja energii pomiędzy sektorami oraz regionami;
- 3** Rola bufora zwiększającego odporność systemu energetycznego;
- 4** Dekarbonizacja transportu;
- 5** Dekarbonizacja energii wykorzystywanej w procesach przemysłowych;
- 6** Wsparcie procesu dekarbonizacji ciepłownictwa oraz zaopatrzenia w prąd szeroko rozumianego budownictwa;
- 7** Zapewnienie czystego surowca dla przemysłu.

2.3

Wsparcie systemu elektroenergetycznego

W wykorzystanie wodoru do magazynowania energii (krótkoterminowa, sezonowa, długoterminowa rezerwa) jest czasem określane jako "przesunięcie w czasie za pomocą wodoru". Podziemne magazynowanie wodoru w kawernach solnych i zubożonych szybach naftowych jest dobrze ugruntowaną praktyką. Plan strategiczny MAE HIA 2015-2020 stwierdza, że "magazynowanie w istocie optymalizuje łańcuch wartości H₂", pełni także funkcję rezerwową i zwiększa bezpieczeństwo dostaw energii.

Zasoby wodoru mogą pomóc w buforowaniu systemu elektroenergetycznego, zwiększając jego bezpieczeństwo. W przyszłości, biorąc pod uwagę rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną, samo dostarczanie paliw kopalnych może nie zapewniać wystarczającego bufora. W tej sytuacji wodór mógłby zostać wykorzystany do wypełnienia luki.

Wodór może być również wykorzystywany do łączenia sektorów gospodarki poprzez przekształcenie nadwyżki energii elektrycznej (mocy) w wodór dla zastosowań innych niż energetyczne - w transporcie, przemyśle, czy budownictwie (ogrzewanie budynków). Wykorzystanie międzysektorowe zwiększa integrację systemu energetycznego i wpisuje się w rozumiane szerzej inwestycje w zakresie rozwoju infrastruktury wodorowej. Magazynowanie i sprzężenie sektorowe mogą również zmniejszyć potrzebę inwestowania w nowe zdolności przesyłowe energii elektrycznej.

Odnawialne Źródła Energii a wodór

W raporcie "The European Power Sector in 2017", wydanym, przez Sandbag oraz instytut Agora Energiewende, możemy przeczytać, że w minionym roku, po raz pierwszy w historii, Europa wyprodukowała więcej energii z OZE, niż z węgla. I mowa tu tylko o tzw. "nowych OZE", czyli źródłach fotowoltaicznych (wzrost o 8%), wiatrowych (wzrost o 19%) i biomasie (wzrost o 3%). Wpisuje się to w szerszy trend europejskiej energetyki, ponieważ od 2004 generacja z OZE w UE podwoiła się¹⁵. Równocześnie trwa odchodzenie od paliw kopalnych, w szczególności węgla – autorzy raportu wyliczają państwa, które zadeklarowały się, że zaprzestaną generacji z węgla, są to m.in.: Finlandia, Szwecja, Wielka Brytania, Francja, Portugalia i Holandia.

Międzynarodowa Agencja Energii podaje z kolei w "World Energy Outlook 2017", że OZE pokrywają 40% przyrostu popytu pierwotnego, zaś w perspektywie roku 2040 będą odpowiadać za 2/3 światowych inwestycji w elektrownie. Ponadto, proces transformacji sektora będą wzmacniać nie tylko ogromne projekty, ale także wzrost generacji ze źródeł rozproszonych. International Renewable Energy Agency w raporcie "Renewable Power Generation Costs in 2017" prognozuje, że do 2020 roku OZE staną się konkurencyjne cenowo w porównaniu do produkcji energii w konwencjonalnych.

W wyniku wzrostu udziału OZE w generacji energii elektrycznej oraz ograniczeń sieciowych (uniemożliwiających przyjęcie do systemu zbyt dużego wolumenu energii) w niektórych przypadkach pojawia się potrzeba ograniczenia absorpcji ze źródeł odnawialnych. Dzieje się tak, gdy sieć jest "pełna" (nasycona), natomiast celem jest zrównoważenie podaży i popytu. W związku z tym produkcja ze źródeł odnawialnych jest determinowana nie tylko uwarunkowaniami atmosferycznymi, ale także technicznymi barierami sieci. Użycie wodoru do "magazynowania" energii z OZE (wykorzystywanej do jego produkcji np. przez elektrolizę wody) stanowi tutaj zasadniczą zmianę.

W powyższym kontekście, rozprawiając o szansach, jakie stwarza polskiej, europejskiej i światowej gospodarce technologia wodorowa, warto odnotować, na co w jednym z wywiadów zwraca również uwagę prof. Tadeusz Uhl¹⁶, że w dużym stopniu nie są to rozwiązania całkowicie nowe. Pierwsze ogniwa paliwowe pojawiły się już w latach 40. ubiegłego wieku, zaś od tego czasu wdrożono szereg programów ukierunkowanych na zwiększenie spectrum przydatności wodoru w obiegu gospodarczym. Postulując zatem wsparcie szeroko rozumianych technologii wodorowych nie mamy do czynienia z sytuacją, w której efekt końcowy jest niepewny, nieznan i trudny do przewidzenia.

¹⁵ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/pl

¹⁶ Pełny wywiad z prof. Tadeuszem Uhl na stronie 29.

Generacja mocy i ciepła na małą skalę

Obrzymie nadzieje na wykorzystanie wodoru jako paliwa związane są z jego zastosowaniem do wytwarzania ciepła i mocy na małą skalę. Pod tym względem do podstawowych zalet wodoru należy jego wysoka wydajność oraz ekologia. Istotną cechą wykorzystania wodoru jest również to, że ciepło generowane jest dodatkowo podczas wytwarzania energii elektrycznej. Umożliwia to stosowanie generatorów wodorowych jako generatorów CHP, alternatywnie do podobnych instalacji gazowych.

Do minusów zaliczyć należy stosunkowo wysokie koszty i brak niezbędnej infrastruktury. Z tego powodu eksperci są zdania, że największej dynamiki rozwoju należy oczekiwać w sektorze publicznym oraz zasilania awaryjnego. Już teraz coraz powszechniej wodór stosowany jest np. do generowania prądu i ciepła w barakach wojskowych (np. w US Army). Wodór z powodzeniem może się również sprawdzić na początkowym etapie wdrażania w generatorach awaryjnych. Wpływ na to ma charakterystyka tego

paliwa, które umożliwia magazynowanie energii elektrycznej z najmniejszymi stratami w stosunku do innych dostępnych technologii. Generatory wodorowe z powodzeniem będą mogły zostać zatem wykorzystane w zakładach przemysłowych, biurach lub budynkach użyteczności publicznej jako paliwo dla generatorów awaryjnych, zdolnych do jednoczesnej produkcji ciepła i mocy. Wodór może również być stosowany jako paliwo dla awaryjnych generatorów mobilnych.

Wykorzystanie wodoru jako paliwa awaryjnego może stać się bodźcem dla dalszego rozwoju infrastruktury, a w dalszej kolejności – wykorzystania technologii. Kluczowe jest tu otwarcie "zakłętego kręgu" technologicznego, wyrażającego się w formule: brak infrastruktury = wysoki koszt wykorzystania wodoru = brak popytu na wodór = nieopłacalność powstania infrastruktury. Niewątpliwie kluczową rolę mają do odegrania w tym zakresie państwa i organizacje międzynarodowe. Zajęcie "pole position" w posta-

ci otwarcia kręgu może na początku wdrażania technologii pozwolić danemu państwu zdobyć pozycję lidera na wiele lat. Obecnie wśród takich państw można wymienić Japonię, USA czy Niemcy. Polska, pomimo iż jest piątym producentem wodoru na świecie z olbrzymim wciąż niewykorzystanym potencjałem produkcyjnym, jak dotychczas w małym stopniu zaangażowana jest w rozwój technologii wykorzystania wodoru, jako paliwa.

Wróćmy jednak do wiodącego wątku - kolejnym krokiem we wdrażaniu wykorzystania wodoru jako paliwa do generacji ciepła na małą skalę jest wtlaczanie go do istniejącej sieci gazu ziemnego. Zastosowanie mieszanek gazowo-wodorowej w sieci dystrybucyjnej może pozwolić na dalsze "otwieranie" zakłętą kręgu. Rozpowszechnienie zastosowania wodoru jako paliwa w gospodarstwach domowych może być również bodźcem dla jego producentów i dystrybutorów do prac nad rozbudową oraz modernizacją infrastruktury. Obecnie istniejąca technologia pozwala całkowite zaspokojenie, dzięki wykorzystaniu paliwa wodorowego, zapotrzebowania gospodarstw domowych na moc i energię. Brak infrastruktury powoduje jednak, że nie znajdują to uzasadnienia ekonomicznego. Część ekspertów przewiduje, że prace związane z rozwojem infrastruktury dystrybucji wodoru do go-

spodarstw domowych mogą przynieść efekty już w 2030 roku, kiedy technologia ta stanie się konkurencyjna i ekonomicznie uzasadniona dla konsumentów indywidualnych.

Rozwój infrastruktury w dalszej kolejności doprowadzić może do powstania pierwszych opłacalnych systemów dystrybucji i wykorzystania czystego wodoru jako paliwa do wytwarzania mocy i ciepła. Chodzi tutaj głównie o większe obszary miejskie i wiejskie. Eksperti są zdania, że pierwsze enklawy wodorowe mogą powstawać na obszarach odizolowanych, gdzie możliwe będzie wprowadzenie w życie subsydiowanych, całocięgowych programów "wodoryzacji". Dalsze rozpowszechnienie stosowania czystego wodoru jako paliwa na małą skalę może przyczynić się do powstawania pierwszych "wysp wodorowych" na energetycznej mapie świata. Będą one w większości zaspokajały swoje zapotrzebowanie energetyczne dzięki wodorowi lub wodorowi oraz OZE - gdzie wódór będzie służył jednocześnie jako źródło energii oraz jej nośnik w magazynach. Przewiduje się, że opłacalność wykorzystania wodoru jako czystego paliwa do wykorzystywania na małą skalę zostanie osiągnięta ok. 2040 roku. W rezultacie wódór może znakomicie sprawdzić się jako paliwo w ramach przewidywanej rewolucji 4.0 w energetyce, zwłaszcza na etapie decentralizacji systemu energetycznego.

Generacja mocy i ciepła na małą skalę

Równocześnie z wykorzystaniem wodoru w generatorach awaryjnych i gospodarstwach domowych postępować będzie proces wykorzystania go jako paliwa do wytwarzania ciepła i mocy w przedsiębiorstwach wysoce energochłonnych. Rada Wodorowa (Hydrogen Council) w raporcie *Hydrogen scaling up*¹⁷ przewiduje, że dotyczy to będzie w pierwszej kolejności zakładów produkcyjnych z branży motoryzacyjnej, chemicznej i stalowej. Wpływ na to może mieć wysoka wydajność paliwa wodorowego przy jednoczesnym zerowym wytwarzaniu CO₂. W rezultacie, postępujący wzrost obciążeń finansowych związanych z emisją spalin w połączeniu ze wsparciem publicznym dla wykorzystania technologii wodorowej może skutkować, że stanie się ona opłacalnym źródłem energii w stosunkowo krótkim czasie. Wykorzystywanie wodoru w zakładach energochłonnych jako paliwa na skalę masową może zacząć być opłacalne już ok. 2030 roku w przypadku zakładów konsumujących duże ilości energii oraz w latach 40-tych XXI wieku w przypadku zakładów małych i średnich.

Podstawową barierą dla wykorzystania technologii wodorowej w tym zakresie może być, tak jak w przypadku gospodarstw domowych, brak wystarczającej infrastruktury. Stosunkowo dobrze rozbudowana sieć rurociągów na wodór (wodorociągów) i punktów dystrybucyjnych wodoru istnieje obecnie w Europie przede wszystkim w Republice Federalnej Niemiec. Odgrywają one istotną rolę z punktu widzenia wykorzystania wodoru, jako że jego główne źródła w Niemczech znajdują się przede wszystkim na północy kraju, podczas gdy konsumenci przemysłowi na południu (Bawaria).

Rozwiązanie niemieckie może być wzorem dla Polski i stanowić inspirację w opracowywaniu własnego modelu biznesowego. Wodór rodzimej produkcji mógłby być transportowany wodorociągami bezpośrednio do zakładów przemysłowych i punktów dystrybucyjnych, gdzie następnie byłby przeładowywany na ciężarówkę i dalej dystrybuowany na rynkach lokalnych.

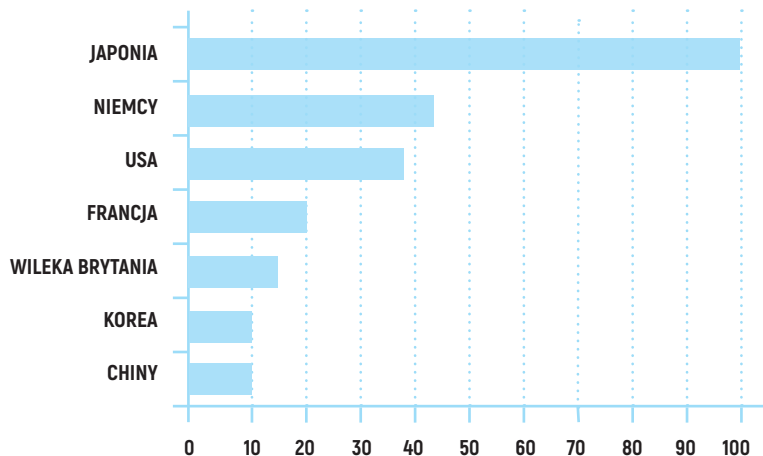
Wykorzystywanie wodoru w zakładach energochłonnych jako paliwa na skalę masową może zacząć być opłacalne już ok. 2030 roku.

¹⁷ 17 Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition, Hydrogen Council, 2017

Odnawialne Źródła Energii a wodór

W polskim (choć nie tylko) kontekście na szczególną uwagę zasługuje wykorzystanie wodoru w sektorze transportowym. Z danych zaprezentowanych w dokumencie "Hydrogen - scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition" wynika, że do roku 2050 wodór może stać się paliwem dla ponad 400 mln samo-

chodów osobowych, 15-20 mln ciężarówek i około 5 mln autobusów. Nad samochodami wodorowymi pracują m.in. Toyota, Honda, Audi, BMW, Mercedes, Lexus, Honda i Hyundai. Międzynarodowa Agencja Energii podaje, że w 2017 roku na świecie funkcjonowało 236 stacji do tankowania pojazdów wodorem¹⁸.



Liczba stacji do tankowania wodoru z podziałem na kraje. Stan na rok 2017.

ŹRÓDŁO: International Energy Agency

¹⁸ <https://www.iea.org/tcep/energyintegration/hydrogen/>

W podziale na poszczególne kraje wygląda to następująco: Japonia – 100, Niemcy – 43, Stany Zjednoczone – 38, Francja – 20, Wielka Brytania – 15, Korea Południowa – 10, Chiny – 10.

Aby uświadomić sobie skalę wyzwania związanego z rozbudową infrastruktury dodajmy, że w 2017 roku sam tylko PKN Orlen był właścicielem ponad 2700 stacji paliw.

PAŃSTWO	2020	2023	2025	2028	2030
USA	80	100			
JAPONIA	160		320		
FRANCJA		100		400-1000	
CHINY	100		300		500
NIEMCY	100		400		1000
KOREA	100		210		520

ŹRÓDŁO: International Energy Agency

Nie ulega wątpliwości, że w tym przypadku "gra" warta jest przystawionej świeczki, ponieważ samochód zasilany wodorem, posiada wszystkie zalety pojazdu na baterie, nie będąc zarazem obciążonym jego wadami. Wykorzystanie wodoru w sektorze transportu pozytywnie wpływa na jakość powietrza w mieście bez względu na to, czy surowiec wodorowy jest produkowany z odnawialnego źródła, czy też nie. Pojazdy z ogniwami paliwowymi są bezpieczniejsze (co wynika z dyfuzyjnych właściwości wodoru), lżejsze (dzięki wyeliminowaniu bardzo ciężkich baterii) oraz oferują znacznie lepsze zasięgi i czas ładowania, niż "klasyczne"

elektryki. Te cechy są szczególnie widoczne w przypadku autobusów, co zostało szerzej omówione w części poświęconej mobilnym aplikacjom ogniw paliwowych.

Stosunkowo najszybciej napęd wodorowy może znaleźć masowe zastosowanie w pojazdach służących do transportu przedmiotów w zakładach przemysłowych, takich jak wózki widłowe. Zastosowanie go w takich warunkach nie wymaga powstawania specjalnej infrastruktury, a decydujące są jedynie takie czynniki jak: dostępność wodoru, jego cena, bezpieczeństwo i względy ekologiczne.

2.7.1

Ogniwa paliwowe: technologia konwersji wodoru

Ogniwa paliwowe i elektrolizery działają w prosty i "odwrotny" sposób: elektroliza rozdziela wodę na wodór i tlen, podczas gdy ogniwa paliwowe rekombinują wodór i tlen w celu wytworzenia energii elektrycznej. Podobnie jak elektrolizery, ogniwa paliwowe są skalowalne, dzięki czemu można je łączyć, tworząc większe systemy. Istnieją różne rodzaje ogniw paliwowych, wyróżniające się temperaturą działania, typem katalizatora i paliwa oraz czystością wodoru:

Membrana polimerowo-elektrolitowa lub protonowa membrana wymienna (PEM):

wymienne terminy dla tego samego rodzaju niskotemperaturowego ogniwa paliwowego (26 – 93 °C / 80-200 °F), które działa na czystym wodorze. PEM jest ogniwem paliwowym do wyboru w zastosowaniach motoryzacyjnych.

Alkaliczne ogniwa paliwowe:

używane od lat 60-tych przez NASA w zastosowaniach kosmicznych do podtrzymywania życia. Charakteryzuje je niska temperatura i wysoka wydajność.

Ogniwa kwasu fosforowego (PAFC):

charakteryzuje je wyższa temperatura (~ 200 °C, ~ 392 °F), to też ogni-

wo paliwowe, które może pracować na zanieczyszczonym wodorze, technologia ta była szeroko stosowana w latach 90. ubiegłego wieku.

Ogniwa paliwowe z tlenkiem stałym (SOFC):

wysoka temperatura (650 °C; ~ 1200 °F) i wysoka wydajność; może działać na niereformowanym gazie ziemnym lub propanie; używa tańszego katalizatora; obecnie używane do aplikacji stacjonarnych.

2.7.1

Ogniwa paliwowe w aplikacjach mobilnych

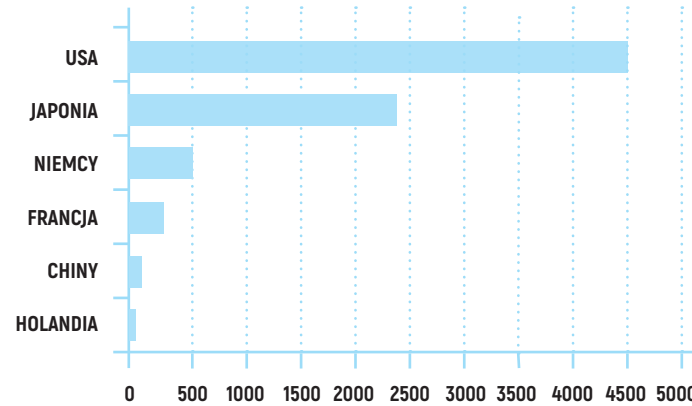
Samochody osobowe

Pod względem osiągnięć FCEV (pojazd z ogniwem paliwowym) jest porównywalny do konwencjonalnego pojazdu o zasięgu od 250 do 350 mil. Tankowanie FCEV trwa krótko (3-5 minut) i nie różni się znacząco od konwencjonalnego tankowania - oferując wygodę i łagodząc "zasięg lęku".

Dostępne są już produkowane seryjnie nowoczesne samochody napędzane wodorem. Dla przykładu - w USA Toyota Mirai jest dostępna w sprzedaży w cenie 57 500 USD, a na wynajem 349 USD miesięcznie, Honda Clarity jest dostępna w sprzedaży za 60 000 USD, Hyundai Tucson z kolei jest dostępny tylko do wynajęcia - 499 USD/miesiąc.

Wykres prezentuje liczbę pojazdów elektrycznych napędzanych ogniwami paliwowymi (FCEV) z podziałem na kraje, stan na rok 2017:

ŹRÓDŁO: International Energy Agency



Warto zwrócić uwagę, że choć liczba samochodów napędzanych ogniwami paliwowymi nie jest obecnie oszałamiająca, to również i w tym zakresie poszczególne państwa celują bardzo wysoko. Widać to w tabeli opracowanej przez ekspertów MAE:

ŹRÓDŁO: International Energy Agency

PAŃSTWO	2020	2023	2025	2028	2030
USA	1 300	40 000			
JAPONIA	40 000		200 000		800 000
FRANCJA		5 000		20 000-50 000	
CHINY	5 000		50 000		1 000 000
HOLANDIA	2 000				
KOREA	10 000		100 000		630 000

Pojawianie się na rynku kolejnych wodorowych samochodów osobowych będzie zależne od wielu czynników, jednak kluczowym może być wsparcie państwa dla rozwoju infrastruktury i zakupu pojazdów. Interesującym trendem może być również ich zastosowanie jako samochodów przeznaczonych na wynajem, zwłaszcza w wariantcie car-sharing – samochodu na minutę. Podobne modele rozważane są jako sposób na promocję pojazdów hybrydowych przede wszystkim w USA. Nie bez znaczenia pozostają też inicjatywy komercyjne, realizowane przez wiodące spółki z sektora motoryzacyjnego i paliwowego, mające na celu rozbudowę infrastruktury do tankowania wodoru.

CASE STUDY 1

Na szczególną uwagę zasługuje joint venture Air Liquide, Daimlera, Linde, OMV, Shell i Total – H2 MOBILITY. Program, realizowany przy wsparciu rządu niemieckiego i UE, zakłada budowę największej infrastruktury do tankowania wodoru w Europie. Obecnie dysponuje 77 stacjami, położonymi głównie w Niemczech, ale także we Francji, Belgii, Holandii, Chorwacji, Austrii, Danii, Norwegii i Szwecji. Kolejne 47 stacji jest w trakcie konstrukcji.

Projekt skupia się na osiągnięciu kluczowego dla rozwoju wykorzystania wodoru w pojazdach celu – przełamaniu kręgu brak infrastruktury = brak popytu = brak infrastruktury. Obecnie istniejąca sieć stacji już teraz pozwala na podróżowanie samochodem o napędzie wodorowym

nie tylko po wybranych miastach, ale również pomiędzy kluczowymi metropoliami na terenie całych Niemiec.

Projekt H2 MOBILITY zakłada, że do 2050 roku dla zaspokojenia popytu na wódor niezbędne będzie przeznaczenie ok. 80 TWh energii elektrycznej z OZE na potrzeby elektrolizy wodoru. Przewiduje się również powstanie dodatkowych 12,4 tys. km wodorociągów oraz 7 tys. dystrybutorów wodoru.

W niektórych krajach już w latach 20. XXI wieku posiadanie samochodu wodorowego w celu poruszania się po mieście może znajdować uzasadnienie ekonomiczne. Wpływ na to będzie miała polityka państwowa i takie rozwiązania jak stosowanie stref zeroemisyjnych w miastach (LEZ) oraz dopłaty do zakupu samochodów. Takie rozwiązania jak planowany w Japonii całkowity zakaz sprzedaży spalinowych samochodów osobowych mogą być decydującym impulsem dla rozwoju technologii w okresie bezpośrednio poprzedzającym. Olbrzymie znaczenie będzie miała również dostępność paliwa. Jak już wcześniej wspomniano, szacuje się, że już przy udostępnieniu tankowania wodoru na 30% stacji paliw można zapewnić komfort użytkowania samochodów wodorowych. Oznacza to, że w przypadku Polski wystarczyłoby udostępnienie możliwości ładowania wodoru tylko na stacjach sieci Orlen.

CASE STUDY 2

Odmienny od programu H2 MOBILITY (H2M) jest projekt Hydrogene Mobility Europe (HME), realizowany dzięki wsparciu Unii Europejskiej przez Fuel Cells and Hydrogene Joint Undertaking – wspólne przedsięwzięcie publiczno-prywatne, w którego skład wchodzi Komisja Europejska, Hydrogen Council oraz Hydrogen Europe Research.

W przeciwieństwie do H2M, HME stawia sobie on za cel nie tylko rozwój infrastruktury do ładowania pojazdów, ale także pobudzenie popytu i podaży na pojazdy FCEV oraz badanie zachowania ich użytkowników w celu ich lepszego dopasowania do potrzeb rynku. W tym celu pojazdy, jakie trafiają do użytkowników, gromadzą i przekazują dane dotyczące pokonywanych dystansów, częstotliwości i objętości tankowania, zużycia energii, itp.

W ramach projektu określonego na lata 2015 – 2022 przewiduje się wybudowanie 47 stacji do ładowania i przekazanie 1400 samochodów do użytkowania. Obejmuje on swym obszarem państwa skandynawskie, Niemcy, Francję, Wielką Brytanię i Holandię. Belgia i Luksemburg mają status obserwatora. Projekt oszacowano na 170 mln EUR.

Transport publiczny i towarowy

W zgodnej opinii ekspertów pojazdy z ogniwami paliwowymi będą szczególnie atrakcyjne w transporcie publicznym i towarowym – autobusy napędzane wodorem są znacznie lżejsze i tańsze w eksploatacji, niż ich odpowiedniki na baterie. Pozwalają także na pokonanie większych dystansów, dzięki czemu wodorowy autobus całą dzienną pracę przewożową (np. w takim mieście jak Warszawa) może pokonać na jednym zbiorniku. W przypadku autobusu elektrycznego na baterie jest to w większości przypadków niemożliwe.

Niezwykle interesująco w tym kontekście rysuje się projekt "Clean Hydrogen in European Cities", który rozpoczął się w roku 2010 i zakończył w grudniu 2016. Na celu miał sprawdzenie parametrów funkcjonowania autobusów zasilanych wodorem w realiach miejskich. Powołana w jego ramach spółka publiczno-prywatna eksploatowała autobusy napędzane m.in. ogniwami paliwowymi. W sumie pojazdów było blisko 60 i zostały dostarczone przez różnych producentów – co służyć miało zbiektywizowaniu uzyskanych danych. W ramach projektu autobusy przepracowały 519 000 godzin, przejeżdżając w tym czasie ok. 9,6 mln kilometrów i pozwalając na "zaoszczędzenie" ok. 4,3 mln litrów diesla. Średnie zużycie wodoru w tym okresie wyniosło 12 kg / 100 km, przy czym w przypadku pojazdów 12-metrowych była to wartość poniżej 10 kg / 100 km. Koszt utrzymania autobusów wynosił 0,40 – 1,73 euro / km.

Warte odnotowania w tym kontekście są również szacunki "Clean Hydrogen in European Cities" dotyczące cen paliwa:

Rok	OLEJ NAPĘDOWY KOSZT [€/l]	KONSUMPCJA [l/100km]	KOSZT PALIWA [€/100km]
2015	1,00	47,2	47,2
2025	1,35	47,2	63,72

Cena [€/kWh]	WYDAJNOŚĆ ELEKTROLIZERA	MOC POTRZEBNA DLA 1 kg H ₂ [kWh/kg]	KOSZT DLA 1 kg H ₂ [€/kg]
0,15	54%	61,7	9,26
0,08	69%	48,3	3,86

Projekt odkrył jednak nie tylko pozytywne aspekty funkcjonowania autobusów zasilanych wodorem, ujawnił także (a w niektórych przypadkach po prostu potwierdził) rozmaite wyzwania "dnia codziennego", związane z wdrażaniem tego rozwiązania. Należą do nich m.in.: niska dostępność infrastruktury ładowania, konieczność poprawy jakości usług naprawczych (głównie czas reakcji) i związanych z dostarczaniem części zamiennych oraz przebudowa infrastruktury garażowej (np. dodatkowe okna lub drzwi przeciwpożarowe). Koniecznym jawi się także podjęcie działań na rzecz pozyskania społecznej akceptacji dla szeroko rozumianych technologii wodorowych. Przewiduje się, że ekonomiczne uzasadnienie wdrażania autobusów miejskich nastąpi ok. roku 2021, podczas gdy transportu długodystansowego – ok. roku 2025.

Transport kolejowy

Innym sposobem wykorzystania wodoru w transporcie są pociągi i kolej lekka. Pierwsza lokomotywa górnicza napędzana wodorem (dla Placer Dome) została zaprezentowana w kanadyjskim Val-d'or w 2002 r. W 2006 r. Firma East Japan Railway Company opracowała pierwszy na świecie hydrail car (wykorzystujący wodór do napędu), który został przetestowany przez Instytut Techniczny Kolei w Japonii w pociągu międzymiastowym.

Szacuje się, że obecnie aż 70% linii kolejowych na świecie nie posiada trakcji elektrycznej. Tylko w Europie i USA w użyciu jest natomiast 55

tys. lokomotyw o napędzie diesla. Jest to olbrzymi i stosunkowo łatwy do spenetrowania rynek. Już teraz lokomotywy wodorowe stosowane są coraz częściej do prac na bocznicach. Szacuje się, że już w 2030 roku lokomotywy wodorowe będą stanowiły 10% światowego rynku sprzedaży lokomotyw nielektrycznych. Technologia ta może stać się ekonomicznie opłacalna już w drugiej połowie lat 20. XXI wieku. Działalność komercyjna w zakresie lekkiej kolei i tramwajów zasilanych ogniwami paliwowymi rozwinęła się w ciągu ostatniego roku:

- W 2017 r. Firma Alstom zaprezentowała swój pociąg napędzany wodorem Coradia iLint, który zastąpi pociągi diesla na rozległych, nielektryfikowanych odcinkach kolei w Niemczech.
- Umowa ramowa z 2015 roku między Ballardem a Tangshan Railway Vehicle Company ma na celu opracowanie nowego modułu ogniw paliwowych do tramwajów lub pojazdów lądowych (GTV).
- W 2015 r. Firma Hydrogenics podpisała 10-letnią umowę z Alstom Transport, dotyczącą rozwijania i komercjalizacji podmiejskich pociągów zasilanych ogniwami paliwowymi.

Wodór a sprawa polska

Mając na uwadze zarysowane powyżej trendy, oraz fakt, że Polska jest piątym największym na świecie producentem wodoru, można zaryzykować twierdzenie, że błędem byłoby nie skorzystanie z możliwości, jakie stwarza rozwój technologii opartych na wykorzystaniu tego pierwiastka. Szczególna szansa rysuje się tutaj przed polskimi firmami, które już prowadzą lub zamierzają wkrótce podjąć aktywność związaną z rozwojem tego typu rozwiązań. Poczesne miejsce ze względu na znaczną produkcję wodoru, znajduje tutaj Grupa Azoty, nie należy jednak zapominać również o innych firmach, takich jak Ursus, Solaris, Jastrzębska Spółka Węglowa, Lotos, czy Orlen. One także mogą być potencjalnymi beneficjentami zwiększania stopnia wykorzystania wodoru w różnych sektorach gospodarki.

W pewnym stopniu jest to *conditio sine qua non*, jeśli nie chcemy wpaść w pułapkę opisywaną przez autorów "Planu rozwoju elektromobilności w Polsce": "Polska energetyka potrzebuje rozwiązań, które pozwolą stworzyć przestrzeń dla jej funkcjonowania w europejskim środowisku regulacyjnym, wywierającym na polski system energetyczny coraz większy wpływ. Reaktywne dostosowywanie się do coraz ostrzejszych wymogów środowiskowych i klimatycznych stawia polską energetykę w sytuacji odbiorcy technologii już rozwiniętych w innych krajach. Tymczasem umiejętne przewidywanie i współtworzenie trendów pozwala wyprzedzić działania regulacyjne po stronie Komisji Europejskiej i zna-

leć się w gronie beneficjentów wprowadzanych standardów".

Potencjalna rola wodoru, jako jednej z długoterminowych alternatyw, we wdrażaniu rządowych planów jest jeszcze większa, kiedy uświadomimy sobie, że zgodnie z jego założeniami "[...] osiągnięcie liczby 1 mln aut elektrycznych w Polsce do 2025 r. będzie wiązało się z wygenerowaniem dodatkowego popytu na energię na poziomie 4,3 TW h rocznie". Warto w tym miejscu zarysować skalę wyzwań stojących przed polskim sektorem elektroenergetycznym – zupełnie niewspółmierną do możliwości, którymi w tym momencie dysponujemy. Największe z nich związane są z faktem, że regulacje unijne wymuszają na producentach energii przeprowadzenie kosztownych działań modernizacyjnych lub wyłączenie jednostek niespełniających nowych wymagań dotyczących zanieczyszczeń. Polskie Sieci Elektroenergetyczne kreślą tutaj dwa potencjalne scenariusze - modernizacyjny oraz wycofań.

W pierwszym z nich miałyby zostać dokonane inwestycje, które pomogą istniejącym źródłom wypełnić nowe normy. Zakłada on jednak, że już w roku 2022 wystąpi niedobór nadwyżki mocy dostępnej dla Operatora Systemu Przesyłowego, zaś już rok później będzie on niemożliwy do skompensowania przez operatorskie środki zaradcze. Lata 2030 - 2035 to czas, w którym możemy mieć do czynienia z deficytami energii i brakiem możliwości pokrycia zapotrzebowania przez krajowych producentów.

Skumulowane wielkości wycofań mocy w istniejących JWCD ciepłych do 2025 r. w scenariuszu modernizacyjnym

Rok		do 2 020	do 2025	do 2030	do 2035
SKUMULOWANE WYCOFANIA MOCY JWD CIEPLNYCH	[MW]	2 985	3 210	5 668	13 930

ŹRÓDŁO: Prognoza pokrycia zapotrzebowania szczytowego na moc w latach 2016 – 2035, Polskie Sieci Elektroenergetyczne

Drugi scenariusz zakłada, że zamiast modernizować (wysokim kosztem) stare jednostki, wyłączymy je z eksploatacji. Oznaczałoby to wystąpienie niedoborów wymaganej nadwyżki mocy już w roku 2020 - na poziomie niemożliwym do skompensowania przez wspomniane już wcześniej

środki zaradcze. Lata 2021 - 2035 (a więc niemal 10 lat wcześniej, niż w pierwszym scenariuszu). to czas, w którym nie będziemy dysponować możliwościami w zakresie pokrycia zapotrzebowania odbiorców przez krajowe jednostki.

Skumulowane wielkości wycofań mocy w istniejących JWCD ciepłych do 2035 r. w scenariuszu modernizacyjnym BAT

Rok		do 2 020	do 2025	do 2030	do 2035
SKUMULOWANE WYCOFANIA MOCY JWD CIEPLNYCH	[MW]	6 617	9 928	17 321	20 920

ŹRÓDŁO: Prognoza pokrycia zapotrzebowania szczytowego na moc w latach 2016 – 2035, Polskie Sieci Elektroenergetyczne

Nie wzięcie pod uwagę tych aspektów w czasie rozważań dotyczących wsparcia technologii wodorowych (a zatem rozszerzenia wachlarza możliwości w dłuższej perspektywie oraz wzmocnienia pozycji negocjacyjnej z instytucjami unijnymi w krótszej) znacząco utrudni nie tylko realizację rządowego planu rozwoju elektromobilności. Wygeneru-

je przede wszystkim dodatkowe koszty dla polskiego sektora energii, a więc zmniejszy konkurencyjność gospodarki, wpłynie negatywnie na bezpieczeństwo energetyczne oraz doprowadzi, w efekcie, do zmarnowania szansy na technologiczny skok.

3

***Uwarunkowania prawne
w kontekście wykorzystania
wodoru jako źródła energii***



Uwarunkowania prawne w kontekście wykorzystania wodoru jako źródła energii

Paliwa alternatywne pokroju wodoru stają się coraz atrakcyjniejszym konceptem dla wielu państw i organizacji ponadnarodowych, które borykają się z problemem emisyjnego i energochłonnego transportu. Podmioty te, chcąc usprawnić prace w zakresie rozwoju poszczególnych technologii, często wprowadzają szereg aktów prawnych oraz innych dokumentów, stwarzających podstawy dla badań, użytkowania i popularyzowania paliw alternatywnych. W unijnym i polskim porządku prawnym już teraz funkcjonują przepisy, które mają stwarzać właśnie takie ramy do wykorzystania wodoru jako paliwa i źródła energii.

3.1

Prawo unijne

Unia Europejska w swojej polityce dotyczącej energii duży nacisk kładzie na zmniejszanie emisji gazów cieplarnianych i innych szkodliwych substancji, minimalizowanie ogólnego wpływu na środowisko oraz rozwój innowacyjnych technologii. Podejście takie uwidacznia się m.in. poprzez odchodzenie od paliw kopalnych na rzecz źródeł odnawialnych i alternatywnych. UE propaguje swoją politykę nie tylko w sferze energetyki zawodowej, ale także w transporcie, który – ze względu na swoją wysoką emisyjność i istotną dla bezpieczeństwa i gospodarki Wspólnoty energochłonność – stał się dla unijnych prawodawców prawdziwym wyzwaniem.

Już dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE postawiła dość ambitny cel dla Wspólnoty w tym zakresie – ustanowiła ona minimalny pułap udziału paliw odnawialnych w rynku paliw transportowych (10%). Wyjaśnienie takiego podejścia zawiera preambuła tejże dyrektywy: "Głównym celem wyznaczenia obowiązkowych krajowych celów jest zagwarantowanie pewności dla inwestorów i zachęcanie do ciągłego rozwijania technologii, które wytwarzają energię ze wszystkich rodzajów źródeł odnawialnych". Zdaniem unijnego ustawodawcy, taki kształt dyrektywy wesprze także państwa członkowskie w rozwoju efektywności energetycznej: "Na państwach członkowskich

spoczywać będzie obowiązek znaczącej poprawy efektywności energetycznej we wszystkich sektorach w celu łatwiejszego osiągnięcia celów państw członkowskich dotyczących energii ze źródeł odnawialnych, wyrażonych w postaci wartości procentowej końcowego zużycia energii brutto. Efektywność energetyczna w sektorze transportu jest niezbędna, gdyż obowiązkowy cel dotyczący procentowego udziału energii ze źródeł odnawialnych będzie prawdopodobnie coraz trudniej osiągnąć w sposób zrównoważony, jeśli całkowity popyt na energię w transporcie wciąż będzie rosł. Obowiązkowy cel 10% dla transportu, który mają osiągnąć wszystkie państwa członkowskie, należy zatem zdefiniować jako tę część końcowego zużycia energii w sektorze transportu, która ma pochodzić ze źródeł odnawialnych jako całości, a nie tylko z biopaliw”.

Z kolei w białej księdze Komisji Europejskiej z 28 marca 2011 r. (czyli tzw. białej księdze transportu) znalazła się propozycja obniżenia do 2050 r. emisji gazów cieplarnianych z transportu o 60% w porównaniu do poziomów z roku 1990. Autorzy dokumentu podkreślali, że we wdrażaniu polityki dotyczącej transportu niezmiernie istotna jest wewnętrznie spójność [”Niezbędna jest spójność na szczeblu UE – sytuacja, w której przykładowo jedno państwo członkowskie wprowadziłoby wyłącznie samochody elektryczne, a inne tylko biopaliwa, uniemożliwiłyby swobodne podróżowanie po Europie”], a jednym z kluczowych celów jest zmniejszenie zależności od ropy naftowej przy jednoczesnym braku problemów transportowych [”Wyzwanie stanowi zniwelowanie zależności systemu transportu od ropy bez poświęcania jego wydajności i bez ryzyka dla mobilności”]. W białej księdze transportu znalazło

się też podkreślenie wartości pojazdów wodorowych dla kwestii takich, jak walka z emisją transportową [”Zastosowanie technologii elektrycznych, wodorowych (...) pozwoliłoby (...) na ograniczenie zanieczyszczenia powietrza, ale również hałasu, co z kolei oznaczałoby, że większość transportu towarowego w miastach mogłaby odbywać się nocą”].

Realizacja takich postulatów nie byłaby możliwa bez odpowiednich funduszy. Dlatego też, Unia Europejska zdecydowała się na wsparcie rozwoju nowoczesnych technologii transportowych środkami programu ramowego Horyzont 2020, który został przyjęty przez Parlament Unii Europejskiej i Radę Unii Europejskiej w grudniu 2013 roku. Budżet tego programu wynosi 80 mld euro, z czego 2,8 mld euro przeznaczono na badania naukowe i innowacje.

Narzędziem urzeczywistniającym założenia, jakie postawiła sobie Unia Europejska jest odpowiednie prawodawstwo. Jednym z kluczowych wspólnotowych instrumentów prawnych mających na celu modernizację unijnego transportu jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 października 2014 roku sygn. 2014/94/UE w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych.

Dyrektywa ta w swej preambule wskazuje państwom członkowskim na konieczność wsparcia przedsięwzięć ukierunkowanych na odpowiedni rozwój unijnego transportu: ”Aby uruchomić inwestycje w zrównoważony transport i wspierać rozwój ciągłej sieci infrastruktury paliw alternatywnych w Unii, Komisja i państwa członkowskie powinny wspierać krajowe i regionalne środki rozwojowe w tej dziedzinie. Powinny za-

chęć do wymiany między poszczególnymi lokalnymi i regionalnymi inicjatywami rozwojowymi najlepszych praktyk w dziedzinie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych i zarządzania nią, i w tym celu powinny propagować korzystanie z europejskich funduszy strukturalnych, i inwestycyjnych, w szczególności Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności”.

Autorzy dyrektywy wskazali na "brak zharmonizowanego rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych" jako na przeszkodę w osiągnięciu "unijnej mobilności". Sygnalizowali też potrzebę zbudowania "nowych sieci infrastruktury", m.in. wodorowej. Dokument ten ustanawia wspólne ramy dla środków dotyczących rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych w celu zminimalizowania zależności od ropy naftowej oraz zmniejszenia oddziaływania transportu na środowisko (art. 1).

W artykule 2 tego dokumentu znaleźć można otwarty katalog paliw alternatywnych, do których zaliczana jest m.in. energia elektryczna i wodor. Dyrektywa podkreśla w tym zakresie, że istnieje potrzeba zbudowania nowych sieci infrastruktury paliwowej.

Unijny prawodawca identyfikuje też podstawowe problemy niedostatecznego rozwoju technologii wodorowej. Dyrektywa 2014/94/UE wskazuje, że pojazdy napędzane wodorem cechują się bardzo niskim współczynnikiem penetracji rynku, a ich rozpowszechnienie zależy od odpowiednio szerokiej palety punktów tankowania wodoru.

Ważnym elementem dyrektywy jest art. 3, który określa krajowe ramy polityki w zakresie rozwoju rynku w odniesieniu do paliw alternatywnych

w sektorze transportu i rozwoju właściwej infrastruktury. Przepisy dokumentu definiują obowiązkowe części składowe takich ram, w skład których wchodzi m.in.: ocena istniejącego stanu i przyszłego rozwoju rynku w odniesieniu do paliw alternatywnych w sektorze transportu, krajowe cele ogólne i szczególne w zakresie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych czy środki konieczne do osiągnięcia tychże celów.

Kolejnym istotnym fragmentem dyrektywy 2014/94/UE jest art. 5, określający obowiązki w zakresie dostarczania wodoru na potrzeby transportu drogowego dla państw, które przewidują w swych krajowych ramach polityk publicznie dostępne punkty tankowania wodoru. Przepis ten stanowi, że kraje uwzględniające taką infrastrukturę w swoich planach zapewniają dostępność od dnia 31 grudnia 2025 r. odpowiedniej ilości takich punktów, aby zapewnić poruszanie się pojazdów silnikowych napędzanych wodorem (w tym pojazdów napędzanych ogniwami paliwowymi) w obrębie sieci określonych przez te państwa członkowskie, obejmujących – w odpowiednich przypadkach – połączenia transgraniczne. Dodatkowo, dokument ten zobowiązuje państwa członkowskie do dostosowania punktów tankowania wodoru oddanych do użytku lub odnowionych po dniu 18 listopada 2017 do specyfikacji technicznych określonych w załączniku do dyrektywy. Rygory te nakładają obowiązek zgodności punktów tankowania wodoru na wolnym powietrzu (oraz sprzętu i algorytmów stosowanych na tych punktach) ze specyfikacjami ISO/TS 20100. Czystość wodoru wydawanego przez punkty tankowania musi być zgodna ze specyfikacjami technicznymi normy ISO 14687-2. Z kolei złącza dla pojazdów silnikowych stosowane do tankowania wodoru w stanie gazowym muszą być zgodne z normą ISO 17268.

Prawo krajowe

Polska w ciągu ostatnich lat położyła duży nacisk na wprowadzanie szeregu innowacji do gospodarki i administracji. Trend ten widoczny jest także w segmencie transportu.

Istotnym dokumentem dotyczącym stanu polskiego państwa jest Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju (SOR). Zawiera ona wykaz najpoważniejszych problemów polskiego społeczeństwa i gospodarki oraz szereg recept, planów i założeń, które mają pozytywnie wpłynąć na kraj.

Strategia identyfikuje m.in. problemy dotyczące transportu. SOR jasno określa, że dla Polski dużym wyzwaniem jest jego rozwój przy ograniczaniu oddziaływania na środowisko, w tym emisji spalin. Strategia omawiała też sytuację transportu zbiorowego, wskazując na brak nowoczesnego, niskoemisyjnego taboru. Projektem strategicznym SOR jest "Ekologiczny transport" zdefiniowany jako "przegląd działań (prawnych, organizacyjnych oraz inwestycyjnych) niezbędnych dla rozwoju transportu niskoemisyjnego, w tym publicznego (również na obszarach wiejskich), obejmującego m.in. rozwiązania umożliwiające przechodzenie na tabor niskoemisyjny w transporcie publicznym oraz niskoemisyjne pojazdy samochodowe; rozbudowę infrastruktury transportu niskoemisyjnego (w tym punkty ładowania pojazdów elektrycznych, tabor dla transportu publicznego, samochody elektryczne) do 2030 roku".

Jednym ze sposobów walki z tymi problemami ma być wykorzystanie alternatywnych systemów napędowych.

Szczególne miejsce w SOR zajął temat elektromobilności. Program Rozwoju Elektromobilności został zaliczony do projektów strategicznych. SOR wskazuje, że program ten zostanie zrealizowany poprzez "zdefiniowanie jego ram w ustawie o elektromobilności i innych paliwa alternatywnych w transporcie oraz skoncentrowanie środków publicznych na rozwoju tego rynku". W ramach tego przedsięwzięcia do realizacji skierowano dwa projekty: projekt E-bus (polegający na "stymulowaniu projektowania i produkcji polskich pojazdów elektrycznych na potrzeby komunikacji miejskiej; budowie silnych podmiotów na wszystkich etapach łańcucha wartości w sektorze produkcji taboru komunikacji miejskiej – autobusów elektrycznych, tramwajów") oraz projekt Samochód elektryczny (polegający na "stymulowaniu rozwoju technologii, produkcji i rynku samochodów elektrycznych").

Na polskie regulacje dotyczące innowacji w transporcie wpływa też prawo unijne. Rząd Rzeczypospolitej Polskiej, realizując założenia dyrektywy 2014/94/UE, przyjął w dniu 29 marca 2017 roku Krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Krapri). Dokument ten omawia sytuację na rynku paliw alternatywnych oraz przedstawiał założenia dotyczące rozwoju tego segmentu.

W Krapri rząd wskazał na technologię wykorzystywania wodoru w transporcie jako na najstąbiej rozwiniętą technologię paliw alternatywnych. Dokument podkreślał zalety tego surowca (m.in. stosunkowo duże zasięgi pojazdów napędzanych wodorem oraz zerową emisyjność), ale przyznawał jednocześnie, że w Polsce nie istnieje infrastruktura do tankowania wodoru, ani nie ma też podstaw do rozwoju punktów tankowania wodoru w najbliższych latach. Jako możliwą perspektywę do komercyjnego rozwoju technologii napędu wodorowego wskazano lata 2040-2050.

Choć perspektywa ta wydaje się odległa, to jednak polskie prace nad technologią wykorzystującą wodór do napędzania pojazdów już trwają. Co więcej, obowiązują już akty prawne, które przygotowują grunt pod rozwój wykorzystywania technologii wodorowej w Polsce.

Jednym z takich dokumentów jest Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, UEPA). Określa ona m.in. zasady rozwoju i funkcjonowania infrastruktury służącej do wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie oraz krajowe ramy polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych i sposób ich realizacji.

Art. 2 pkt 11 teje ustawy zawiera katalog otwarty paliw alternatywnych. Zaliczane do niego są paliwa lub energia elektryczna wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających, które stanowią substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa. W katalogu tym – wzorem prawodawstwa unijnego – znajduje się wodór.

Z kolei pkt 15 tegoż artykułu zawiera definicję pojazdu napędzanego wodorem. Według tego przepisu jest to pojazd samochodowy (w rozumieniu Ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym), który wykorzystuje do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych. Warto podkreślić, że ustawodawca dokładnie sprecyzował, jaka technologia ma zostać użyta, by dany pojazd mógł zostać określony jako napędzany wodorem. Chodzi tu o technologię tzw. ogniw wodorowych, czyli napędu opartego na urządzeniach elektrochemicznych wykorzystujących reakcję wodoru z tlenem i regulujących przepływ kationów. Innym sposobem napędzania pojazdów wodorem jest bowiem wykorzystanie tego pierwiastka w tradycyjnym silniku i spalanie go w komorze.

Art. 32 ust. 6 UEPA przyznaje Generalnemu Dyrektorowi Dróg Krajowych i Autostrad kompetencje dotyczące rozwoju sieci infrastrukturalnej służącej do ładowania pojazdów wodorem. Według tego przepisu, GDDKiA

może w planie lokalizacji ogólnodostępnych stacji ładowania ująć lokalizację punktów tankowania wodoru, określonych jako zespoły urządzeń służących do zaopatrywania w wodór pojazdów napędzanych wodorem. Przepis zawiera też zastrzeżenie, że GDDKiA powinien uwzględnić, czy lokalizacja takich punktów jest uzasadniona potrzebami rozwoju rynku paliw alternatywnych.

Dość istotnym – z punktu widzenia zwykłych obywateli – przepisem ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych jest art. 39, który umożliwia ustanowienie tzw. strefy czystego transportu. Strefa taka ma znajdować się na obszarze zwartej zabudowy mieszkaniowej z koncentracją budynków użyteczności publicznej. Pojazdy silnikowe będą miały do niej ograniczony wjazd – z wyjątkiem m.in. pojazdów elektrycznych, napędzanych wodorem lub napędzanych gazem ziemnym oraz autobusów zeroemisyjnych. Przepisy te zostały doprecyzowane przez nowelizację ustawy o biokomponentach i biopaliwach (o czym poniżej).

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych wprowadza też zmiany w ustawie z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602 ze zm.). Jedną z nich jest przepis, który stanowi, że pojazdy elektryczne oraz napędzane wodorem posiadają tablice rejestracyjne wskazujące na rodzaj paliwa wykorzystywanego do ich napędu.

Jedną z najistotniejszych dla konsumenta zmian, jakie wprowadza UEPA jest zwolnienie z akcyzy samochodów napędzanych wodorem. Ustawodawca zdecydował się tu na maksymalny ułkon w stronę potencjalnych nabywców takich samochodów i wprowadził – poprzez ustawę o elektromobilności i paliwach alternatywnych nowy przepis ustawy z dnia 6 grudnia 2008 roku o podatku akcyzowym (Dz. U. Dz.U. 2009 nr 3 poz. 11 ze zm.), który całkowicie zwalnia od akcyzy samochody osobowe stanowiące pojazd elektryczny i pojazd napędzany wodorem. Właściwy naczelnik urzędu skarbowego zobowiązany jest wydać – na wniosek zainteresowanego podmiotu – zaświadczenie stwierdzające takie zwolnienie (pod warunkiem przedstawienia dokumentacji potwierdzającej, że dany pojazd zasilany jest wodorem).

Kluczowe wsparcie dla rozwoju technologii wodorowych przyniosła ustawa z dnia 6 czerwca 2018 roku o zmianie ustawy z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2018 poz. 1356). Nowelizacja rozszerzyła stosowanie ustawy o biokomponentach i biopaliwach o nowe kategorie paliw, wprowadzając w art. 1 ust. 1a ustawy m.in. wodór oraz energię elektryczną wykorzystywane w transporcie.

Niezwykle istotną instytucją, która powstała na gruncie nowelizacji ustawy o biokomponentach i biopaliwach jest Fundusz Niskoemisyjnego

Transportu (FNT). Jest to państwowy fundusz celowy, którego dysponentem jest minister właściwy do spraw energii. FNT zarządzany jest przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, a jego obsługę bankową prowadzi Bank Gospodarstwa Krajowego. Przychodami FNT są m.in. dotacje celowe z budżetu państwa, środki przekazywane przez operatora elektroenergetycznego systemu przesyłowego, a także wpływy z tytułu tzw. opłaty emisyjnej. Art. 28 ze znowelizowanej ustawy w swym ust. 1 pkt. 2 stanowi, że środki FNT przeznaczane są na wsparcie budowy lub rozbudowy infrastruktury dla dystrybucji lub sprzedaży m.in. wodoru. Pieniądze te mają też wesprzeć infrastrukturę do ładowania pojazdów energią elektryczną. FNT ma też dofinansowywać opłaty portowe pobierane za cumowanie przy nabrzeżu lub przystani jednostek pływających zasilanych wodorem.

Środki zgromadzone w ramach FNT mają też służyć jako wsparcie dla nauki – nowelizacja ustawy o biokomponentach i biopaliwach zakłada, że Fundusz ma wspierać badania związane m.in. z wodorem, programy edukacyjne promujące wykorzystanie wodoru oraz działania związane z analizą i badaniem segmentu transportu, który wykorzystuje wodór. Co ważne, art. 28 ze ust. 1 pkt 9 przewiduje, że środki Funduszu zostaną przeznaczone również na wsparcie zakupu nowych pojazdów i jednostek pływających zasilanych wodorem.

Ustawa o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach wprowadziła też maksymalne limity wydatków z FNT. Na rok 2018 Fundusz będzie mógł przeznaczyć na swoje cele maksymalnie 500 000 złotych. W roku 2027, który jest najdalszą perspektywą czasową określoną przez ustawę, limit ten wyniesie aż 946 726 000 zł.

Nowelizacja ustawy o biokomponentach i biopaliwach doprecyzowała też przepisy ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych dotyczące stref czystego transportu. Zmiany zawęziły obszar, na którym wprowadzić można taką strefę do "terenu śródmiejskiej zabudowy lub jej części, stanowiącej zgrupowanie intensywnej zabudowy na obszarze śródmieścia". Nowelizacja wprowadziła także próg liczby mieszkańców dla gmin chcących ustanowić takie strefy. Jednostki te muszą liczyć sobie powyżej 100 000 mieszkańców. Niezmieniony pozostał natomiast katalog pojazdów, które mogły poruszać się po strefach czystego transportu bez ograniczeń (zawierający pojazdy napędzane wodorem).

Podsumowanie

Choć infrastruktura wykorzystująca wodór jako paliwo dla transportu jeszcze w Polsce nie istnieje, to zauważyć należy, że prawo wprowadzone przez Unię Europejską i polski rząd tworzy solidne ramy do rozwoju tej technologii.

Wodór jako paliwo transportowe jest mocno zakorzeniony w kompleksowej unijnej polityce dotyczącej rozwoju transportu. Napęd oparty na tym pierwiastku wpasowuje się doskonale w cele Unii w tym zakresie, czyli przede wszystkim zmniejszenie środowiskowego wpływu transportu oraz redukcja uzależnienia od ropy naftowej.

UE dostrzega potencjał związany z technologią wodorową, dlatego już na wstępnym etapie jej zaawansowania, znalazła się ona we wspólnotowych dokumentach definiujących przyszłość europejskiego transportu. Namacalnym dowodem wsparcia technologii wodorowej ze strony Unii Europejskiej jest możliwość pozyskania na ich rozwój środków z programów pokroju Horyzont 2020.

Polski ustawodawca również zadbał o to, by wodór odgrywał istotną rolę w projektach rozwoju transportu.

Usytuowanie w Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju elektromobilności jako jednego z filarów nowoczesnego polskiego transportu stworzyło stabilny grunt pod rozwój innowacji z tego zakresu.

Polski rząd wprowadził też szereg istotnych systemów wsparcia, które mogą przyspieszyć rozwój technologii wodorowych. Na szczególną uwagę zasługują przepisy ustawy o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach. Utworzony przez ten dokument Fundusz Niskoemisyjnego Transportu pozwoli na przekierowanie istotnych środków na rozwój technologii wodorowej, a korzystne dla konsumentów zmiany w akcyzie uatrakcyjnią rynkowo pojazdy zasilane wodorem. Jednakże, pełne wykorzystanie tych przepisów będzie możliwe dopiero po osiągnięciu odpowiedniej dojrzałości rynku transportu wodorowego.

Bibliografia

1 Publikacje naukowe i artykuły prasowe:

- Bartosiak D. [2018], Japan H2 Mobility to Bring Hydrogen Stations to Japan, pobrane z: <http://www.thedrive.com/news/18995/japan-h2-mobility-to-bring-hydrogen-stations-to-japan>
- Gouvernement.fr [2018], Hydrogen Plan: "making our country a world leader in this technology", pobrane z: <https://www.gouvernement.fr/en/hydrogen-plan-making-our-country-a-world-leader-in-this-technology-0>
- Hoffrichter A., Miller A. R., Hillmansen S., Roberts C. [2012], Well-to-wheel analysis for electric, diesel and hydrogen traction for railways [w:] Transportation Research (t. 17), Birmingham
- Lempriere M. [2 sierpnia 2017], Heating systems: it's time to talk about hydrogen, Power Technology, pobrane z: <https://www.power-technology.com/features/featureheating-systems-its-time-to-talk-about-hydrogen-5889033/>
- Mukhanov V. [2005], Physical Foundations of Cosmology, Cambridge
- Prandecki K. [2014], Teoretyczne podstawy zrównoważonej energetyki [w:] Studia Ekonomiczne Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice

2 Raporty:

- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives. [2005]. From hydrogen to energy production. Pobrane z: <http://www.cea.fr/english/Documents/thematic-publications/hydrogen.pdf>
- Departament Energii Stanów Zjednoczonych. [2017]. Annual Progress Report. Pobrane z: https://www.hydrogen.energy.gov/annual_progress17.html
- Departament Energii Stanów Zjednoczonych. [2011]. Hydrogen Threshold Cost Calculation. Pobrane z: https://energy.gov/sites/prod/files/2015/01/f19/11007_h2_threshold_costs.pdf
- Hydrogen Council. [2017]. How hydrogen empowers the energy transition. Pobrane z: <https://www.google.com/url?sa=t&rt=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewifh4-BpOzdAhWKhSwKHcCiB-kEQFjAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fhydrogencouncil.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F06%2FHydrogen-Council-Vision-Document.pdf&usg=AOvVaw15KTK6ddhSRqqeN5dVCx-p>
- Hydrogen Council. [2017]. Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition. Pobrane z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewiY_N21oez-

dAhVFISwKHTHGc9UUFJAAegQIBxAC&url=http%3A%2F%2Fhydrogencouncil.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2017%2F11%2FH2-hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf&usg=AOvVaw200Mo_avhu5Xmmc-gj-QXk

- Julich Forschungszentrum. [2018]. Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles. Pobrane z: <https://www.ieafuelcell.com/documents/Comparative%20Analysis%20of%20Infrastructures-Hydrogen%20Fueling%20and%20Electric%20Charging%20of%20Vehicles.pdf>
- Komisja Europejska. [2003]. Hydrogen Energy and Fuel Cells. A vision of our future. Pobrane z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiPpr8ouzdAhWDiywKHfsRDyQQFJAAegQIBhAC&url=http%3A%2F%2Fwww.fch.europa.eu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fdocuments%2Fhlg_vision_report_en.pdf&usg=AOvVaw0dSS0r8HtaLBXkFDq5Xwdl
- Międzynarodowa Agencja Energii. [2017]. World Energy Outlook. Pobrane z: <https://www.iea.org/weo2017/>
- The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. [2017]. Fuel Cell and Hydrogen Technology: Europe's Journey to a Greener World. Pobrane z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEWjYh9XsoezdAhW11iwKHVj0DX4QFJAAegQIBhAC&url=https%3A%2F%2Fwww.fch.europa.eu%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2017_FCH%2520Book_webVersion%2520%2528ID%25202910546%2529.pdf&usg=AOvVaw1FZ5xJUrZiB0ILqmLdorOq

- The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking. [2017]. Study on Early Business Cases for H₂ in Energy Storage and More Broadly Power to H₂ Applications. Pobrane z: <https://www.fch.europa.eu/publications/study-early-business-cases-h2-energy-storage-and-more-broadly-power-h2-applications>
- Union of Concerned Scientist. [2014]. How Clean Are Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles? Pobrane z: <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2014/10/How-Clean-Are-Hydrogen-Fuel-Cells-Fact-Sheet.pdf>

3

Strony internetowe

- Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Energies Alternatives [2005], pobrane z <http://www.cea.fr/>
- European Hydrogen and Fuel Cell Association [2018], pobrane z: <http://www.h2euro.org/>
- Fuel Cells and Hydrogen [2018], pobrane z: <https://www.fch.europa.eu/>
- Hydrogen Council [2018], pobranze z: <http://hydrogencouncil.com/>
- Hydrogen Mobility Europe [2018], pobrane z: <http://h2me.eu/>
- H2 Mobility [2018], pobrane z: <https://h2.live/en>
- International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy [2018] pobrane z: <https://www.iphe.today/>

REDAKCJA

Aleksandra Ścibich-Kopiec

Fundacja Edukacji Rozwoju i Innowacji

Anna Sawicka

Fundacja Edukacji Rozwoju i Innowacji

Maciej Zaniewicz

Energetyka24

Marcel Lesik

Energetyka24

Jakub Kajmowicz

Energetyka24

Jakub Wiech

Energetyka24

GRAFIKA I SKŁAD

Made in Media

www.madeinmedia.pl

WYWIADÓW UDZIELILI

Kazimierz Karolczak

Przewodniczący Zarządu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

dr Grzegorz Kądziałowski

Wiceprezes Grupy Azoty S.A.

Maciej Martyniuk

Dyrektor Działu Rozwoju Innowacyjnych Metod Zarządzania Programami w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju

prof. dr hab. Inż. Tadeusz Uhl

Kierownik Katedry Robotyki i Mechatroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie

Karol Zarajczyk

Prezes Zarządu Ursus S.A.



WYDAWCA

Fundacja Edukacji
i Rozwoju Innowacji



PATRONAT

Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

PARTNER WYDANIA

Grupa Azoty S.A.



PARTNER MERYTORYCZNY

Energetyka24

