

30  
LAT



budujemy możliwości  
porozumienia



## NOWY KIERUNEK CHEMII

Popularne czasopismo **Chemia Przemysłowa** zmienia nazwę na **KIERUNEK CHEMIA**.

W bieżącym roku firma BMP, obchodząc 30-lecie istnienia, wdraża nową strategię marketingową. Wiąże się z nią zmiana dotychczasowych tytułów naszych czasopism, co ma na celu ich ujednolicenie i mocniejsze powiązanie z wydawanymi portalami. W ten sposób, wraz z dodatkową zmianą layoutu magazynów, chcemy w jeszcze lepszy, przystępniejszy sposób prezentować Państwu najciekawsze i najważniejsze dla branży treści oraz wzmacniać rozpoznawalność i markę czasopisma.

Znane i cenione w branży czasopismo **Chemia Przemysłowa** będzie ukazywało się zatem pod tytułem **Kierunek Chemia**.

**Chemia**  
PRZEMYSŁOWA

KIERUNEK  
**CHEMIA**

Wyrusz z nami w nowym kierunku  
– z nowym **KIERUNKIEM**

TEMAT NUMERU | TRANSFORMACJA EKOLOGICZNA

# W CENTRUM ZIELONYCH PRZEMIAN

- | regulacje prawne
- | energetyczna rewolucja
- | działania zakładów chemicznych



**mobile water solutions**


#mission water

## Tymczasowy najem mobilnych stacji uzdatniania wody w celu spełnienia szeregu zastosowań:

- Rozruchy, remonty, awarie
- Zmiana jakości wody surowej lub niedobory wody
- Odsalanie (RO), dejonizacja, redukcja żelaza lub manganu
- Redukcja ChZT, zawiesiny i innych

## Nasze Mobilne Technologie

- Filtracja • Odwrócona Osmoza • Dejonizacja • Odgazowywanie • Klaryfikacja • Zmiękczenie • Ultrafiltracja • DAF • Inne



Wspieramy przemysł od ponad 25 lat. Skontaktuj się z nami, aby uzyskać więcej informacji:  
 Email: [mws@nijhuisindustries.com](mailto:mws@nijhuisindustries.com)  
 Web: [www.nsimobilewatersolutions.com](http://www.nsimobilewatersolutions.com)

**Z ŻYCIA BRANŻY**

- 8 | **Rafineria Gdańska na drodze nowych wyzwań**  
rozmowa z Adrianem Szkudlarskim,  
prezesem zarządu Rafinerii Gdańskiej Sp. z o.o.

**TEMAT NUMERU: TRANSFORMACJA EKOLOGICZNA**

- 10 | **W drodze do zielonej chemii**  
Anna Zalewska, Kinga Świerad
- 15 | **Debata nad przyszłością rynku opakowań**  
Mikołaj Maśliński
- 20 | **Biotechnologiczna rewolucja**  
Aleksandra Pajor
- 24 | **Wychwycić CO<sub>2</sub>**  
Grupa CIECH
- 28 | **Mobilne rozwiązania w zakresie  
uzdatniania wody**  
Jakub Jasiński
- 30 | **Usuwanie siarczanów(vi) ze ścieków  
Przemysłowych**  
Krzysztof Barbusiński

**WODÓR**

- 36 | **Wodór – temat medialny czy nieodległa  
rzeczywistość?**  
Emma Bartosik
- 44 | **Zazielenienie przestało być opcją**  
Mateusz Stańczyk
- 48 | **Dyrektywa RED – skutki dla gospodarki  
wodorowej**  
Marek Foltynowicz
- 54 | **Bezpieczeństwo pracy z wodorem**  
Paweł Tomczyk
- 61 | **Wodór – przyszłość czy zagrożenie?**  
Dorota Brzezińska

**ENERGETYKA**

- 66 | **Rola chemii w transformacji energetycznej**  
Bartosz Bańkowski
- 70 | **Indeks bezpieczeństwa energetycznego**  
Kamil Moskwik, Paweł Lachowski
- 75 | **Największe terminale gazowe świata**  
Wojciech Sikorski

**BEZPIECZEŃSTWO**

- 78 | **Fuzje a SEVESO. Wyzwania ORLEN  
dla zapewnienia bezpieczeństwa procesowego**  
Michał Graczyk
- 86 | **Rola przywództwa dla bezpieczeństwa  
procesowego na przykładzie japońskiej  
elektrowni Onagawa**  
Dariusz Chmielewski

**FELIETON**

- 90 | **Klimatyczna Chimeryka**  
Andrzej Szczęśniak

**Z ŻYCIA BRANŻY**

Fot. Rafineria Gdańska Sp. z o.o.

**RAFINERIA GDAŃSKA NA DRODZE  
NOWYCH WYZWAŃ**

rozmowa z Adrianem Szkudlarskim,  
prezesem zarządu Rafinerii Gdańskiej Sp. z o.o.

**TEMAT NUMERU: TRANSFORMACJA EKOLOGICZNA**

Fot. 123rf

**W DRODZE DO ZIELONEJ CHEMII**

Anna Zalewska, Kinga Świerad

**WODÓR**

Fot. 123rf

**ZAZIELENIE PRZESTAŁO BYĆ  
OPCJĄ**

Mateusz Stańczyk

**Wydawca:**

BMP spółka z ograniczoną odpowiedzialnością spółka komandytowa

KRS: 0000406244, REGON: 242 812 437  
 NIP: 639-20-03-478  
 ul. Morcinka 35  
 47-400 Racibórz  
 tel./fax 32 415 97 74  
 tel.: 32 415 29 21, 32 415 97 93  
 e-mail: biuro@e-bmp.pl  
 www.kierunekchemia.pl

BMP to firma od ponad 30 lat integrująca środowiska branżowe, proponująca nowe formy budowania porozumienia, integrator i moderator kontaktów biznesowych, wymiany wiedzy i doświadczeń. To organizator branżowych spotkań i wydarzeń – znanych i cenionych ogólnopolskich konferencji branżowych, wydawca profesjonalnych magazynów i portali.

**Rada Programowa:**

**Adam S. Markowski** – Katedra Inżynierii Systemów Ochrony Środowiska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej

**Tomasz Zieliński** – Polska Izba Przemysłu Chemicznego

**Paweł Bielski** – Łukasiewicz – Instytut Chemii Przemysłowej imienia Profesora Ignacego Mościckiego

**Jacek Kijeński** – Politechnika Warszawska

**Andrzej Biskupski** – Politechnika Wrocławska

**Krzysztof Romaniuk** – Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego

**Andrzej Szczęśniak** – niezależny ekspert rynku paliw

**Artur Kopeć** – Grupa Azoty S.A.

**Andrzej Sikora** – Instytut Studiów Energetycznych Sp. z o.o., Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

**Agnieszka Gajek** – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

**Arkadiusz Kamiński** – ORLEN S.A.

**Dorota Brzezińska** – Politechnika Łódzka

**Wojciech Blew** – Grupa Azoty Polyoilfins S.A.

**Prezes zarządu BMP Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. k.**  
Mateusz Grzeszczuk

**Redaktor naczelny**

Przemysław Płonka

**Redaktor wydania**

Aleksandra Grądzka-Walasz

**Redakcja techniczna**

Marcelina Gąsior

**Kolportaż**

Rafał Ruczaj

**Sprzedaż**

Ewa Dombek, Jolanta Mikołajec-Piela, Magda Widrińska, Marta Mika, Krzysztof Sielski

Magazyn kierowany jest do prezesów, dyr. ds. technicznych i głównych specjalistów (mechaników, automatyków, technologów) reprezentujących branżę chemiczną, organizatorów targów, sympozjów, imprez branżowych, urzędów, ministerstw, instytutów, wyższych uczelni oraz biur projektowych.

**Redakcja nie odpowiada za treść reklam.**

Niniejsze wydanie jest wersją pierwotną czasopisma

Wykorzystywanie materiałów i publikowanie reklam opracowanych przez wydawcę wyłącznie za zgodą redakcji. Redakcja zastrzega sobie prawo do opracowywania nadesłanych tekstów oraz dokonywania ich skrótów, możliwości zmiany tytułów, wyróżnień i podkreśleń w tekstach. Artykułów niezamówionych redakcja nie zwraca.

**Źródło grafiki na okładce:** 123rf

**Druk:** Fischer sp. z o.o.

**Aleksandra Grądzka-Walasz**

redaktor wydania

tel. 32 415 97 74 wew. 20

tel. kom. 602 115 264

e-mail: aleksandra.walasz@e-bmp.pl

# Chemia zmienia wizerunek

Chemia odgrywa bardzo ważną rolę w naszym życiu – korzystamy z jej dobrodziejstw każdego dnia. Jednak, jak każdy kij ma dwa końce, tak i w chemii rozwój cywilizacji oraz wzrost zapotrzebowania na nowe produkty, substancje chemiczne, może skutkować większym poziomem zanieczyszczenia środowiska. A to oddziaływanie kształtuje ogólny obraz branży.

By ten wizerunek zmienić, przemysł chemiczny podejmuje wiele działań zmniejszających jego wpływ na otoczenie. To dobrowolne inicjatywy, jak chociażby program „Razem dla Planety” firmy BASF, która od lat angażuje się w ochronę klimatu. To inwestycje wychodzące naprzeciw ambitnym planom UE, jak np. innowacyjna metoda odzyskiwania CO<sub>2</sub> podczas procesu produkcji sody w Grupie CIECH (więcej na str. 24). To także projekty poprawiające efektywność energetyczną. Jak pisze Bartosz Bańkowski z Grupy PCC w artykule „Rola chemii w transformacji energetycznej”: „Z racji swojej wszechobecności i udziału w każdej dziedzinie życia, to na branży chemicznej spoczywa w dużej mierze odpowiedzialność za postęp transformacji energetycznej” (str. 66).

Rzeczywiście, dotarliśmy do momentu, w którym firmom coraz trudniej działać w sposób „niezrównoważony”, który od-

działwałby negatywnie na środowisko naturalne.

Chemia dziś produkuje bardziej „świadomie”, dba o swój pozytywny udział w transformacji ekologicznej, a przez to pracuje na pozytywny wizerunek. I mimo niezaprzeczalnych osiągnięć na omawianym polu, nie spoczywa na laurach, o czym możemy przekonać się, np. czytając wywiad z prezesem Rafinerii Gdańskiej Adrianem Szkuclarskim: „Emisyjność Rafinerii Gdańskiej jest na odpowiednim poziomie. To ważna przewaga, ale też wyzwanie w zakresie dalszej redukcji emisji” (str. 8).

O zielonej transformacji będziemy również rozmawiali podczas 30. edycji symposium CHEMIA 2024, już 30-31 stycznia 2024 r. w Płocku – tym razem na terenie Politechniki Warszawskiej. Zastanowimy się tam wspólnie, jak dzisiaj wygląda obraz polskiej branży chemicznej i czy istnieje wzór na „chemię przyszłości”?

Tymczasem zachęcam do lektury ostatniego już numeru magazynu w tym roku, z nowym od niedawna tytułem „Kierunek CHEMIA”. My również zmieniamy swój wizerunek dla Państwa i nas samych.

*Aleksandra Grądzka-Walasz*



## NOWA SPRĘŻARKA TLENU

Na terenie Wydziału Amoniak w kędzierzyńskiej spółki Grupy Azoty zabudowano nową sprężarkę tlenu, co przetoży się na poprawę bezpieczeństwa procesowego oraz pracowników firmy. Projekt o wartości blisko 77 mln zł jest elementem Nowej Koncepcji Energetycznej – jednej z ważniejszych inwestycji realizowanych obecnie w Grupie Azoty ZAK

Fot. Grupa Azoty ZAK S.A.

## VEGA ROZSZERZA ZAKRES USŁUG

Prosta obsługa jest wartością podkreślaną przez firmę VEGA. Odnosi się to zarówno do urządzeń, jak i do oprogramowania. Od października VEGA ponownie się powiększyła, dzięki oprogramowaniu VEGA DTM Collection.

Pełna wersja programu VEGA DTM Collection, która wcześniej była płatna, staje się darmowa: – Chcemy zapewnić naszym klientom wszystko to, czego potrzebują do szybkiego i łatwego uruchomienia, diagnostyki i konserwacji czujników VEGA – wyjaśnia product manager Ralf Höll.

DTM Collection zawiera wiele cennych funkcji, między innymi asystenta obliczeń skomplikowanych geometrii zbiorników, obszerną dokumentację urządzeń oraz program VEGA DataViewer.

VEGA DTM Collection to cały pakiet oprogramowania, w skład którego wchodzi m.in. DataViewer, służący do wyświetlania, analizowania, zapisywania i archiwizowania danych z urządzeń polowych. Zaliczają się do nich parametryzacja czujników, zapisy wartości pomiarowych, pliki zdarzeń, krzywe echa i inne istotne dane. Dodatkowym atutem programu DataViewer jest możliwość udostępnienia danych serwisowi, co znacząco ułatwia analizę i możliwość uzyskania szybkiego wsparcia. VEGA DTM Collection pozwala także na wygodne i szybkie zapisywanie dokumentacji posiadanych urządzeń w formacie PDF.

Źródło, fot.: VEGA, materiał sponsorowany



## PALIWO E10

Od 1 stycznia 2024 r. na stacjach paliw w Polsce będzie wprowadzane sukcesywnie nowe paliwo – benzyna silnikowa 95-oktanowa z zawartością do 10% biokomponentów, tzw. E10.

Benzyna silnikowa E10 zastąpi na stacjach paliw benzynę E5 o liczbie oktanowej 95, która zawiera maksymalnie do 5% objętościowo biokomponentów (bioetanolu), podczas gdy benzyna E10 będzie miała ich maksymalnie do 10%. Ta zmiana nie wymaga dodatkowych działań od większości właścicieli pojazdów. W dokumentach pojazdu lub na klapie wlewu paliwa w samochodzie powinno znajdować się charakterystyczne oznaczenie E10, potwierdzające dostosowanie samochodu do nowego paliwa. Właściciele starszych pojazdów powinni sprawdzić, czy są one przystosowane do tankowania nowego paliwa.

Źródło: MKiŚ



## CIOPIB – PIB NAGRODZIŁ LIDERÓW BEZPIECZNEJ PRACY

**Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy już po raz 25 wyróżnił firmy i instytucje prowadzące szczególnie aktywne i skuteczne działania w zakresie poprawy bezpieczeństwa i ochrony zdrowia ludzi.**

Do Forum Liderów Bezpiecznej Pracy przyjmowane są przedsiębiorstwa i organizacje, dla których troska o zdrowie i bezpieczeństwo pracowników jest naturalnym, nieodłącznym elementem codziennej działalności biznesowej.

W praktyce oznacza to zapewnianie zatrudnionym takich warunków, które umożliwiają wykonywanie pracy w sposób bezpieczny i zgodny z psychofizycznymi możliwościami człowieka. – Forum Liderów Bezpiecznej Pracy jest miejscem dla najlepszych, najbardziej ambitnych w sferze bezpieczeństwa pracy przedsiębiorstw – podkreśla dr hab. inż. Wiktor Marek Zawieska, dyrektor CIOPIB. – Obecnie Forum Liderów tworzy aż 180 przedsiębiorstw i instytucji, które mogą być stawiane za wzór do naśladowania w kwestiach związanych z bezpieczeństwem pracy oraz szeroko rozumianą kulturą bezpiecznej pracy w Polsce. Co jednak warto podkreślić, z roku na rok liczba członków Forum Liderów rośnie – zaznacza przedstawiciel CIOPIB.



Wszystkim laureatom i nominowanym – gratulujemy! Więcej informacji o wyróżnionych na stronie [www.kierunekCHEMIA.pl](http://www.kierunekCHEMIA.pl)

Źródło, fot.: CIOPIB

## 1,2 GW CZYSTEJ ENERGII

**Pierwsza farma wiatrowa spółki Baltic Power, w 2026 roku włączy do polskiego systemu elektroenergetycznego blisko 1,2 GW zielonej energii, która zasili 1,5 miliona gospodarstw domowych**

– Jesteśmy już na etapie realizacji projektu. Teraz skupiamy się na prefabrykacji poszczególnych elementów: fundamentów, kabli, turbin. Wszystkie działania nasze i naszych dostawców w projekcie koncentrują się wokół tego, żeby z sukcesem zakończyć etap realizacji i w 2026 r. oddać farmę do eksploatacji – podkreśla Piotr Ostrowski, zastępca dyrektora ds. projektów w Baltic Power.

Ekspert wskazuje, że w przypadku inwestycji w MEW bardzo ważne jest przygotowanie rozwiązań legislacyjnych, aby sektor offshore w Polsce rozwijał się szybciej.

Źródło: PAP MediaRoom



Fot. Grupa Azoty S.A.

## GRUPA AZOTY WYCOFUJE SIĘ ZE SPRZEDAŻY SPÓŁKI W PUŁAWACH

**Grupa Azoty S.A. rozpocznie rozmowy z Orlen S.A. w kierunku zaprzestania działań dotyczących potencjalnej akwizycji spółki Grupa Azoty Zakłady Azotowe „Puławy” S.A. przez Orlen S.A.**

Uchwała w zakresie podjęcia rozmów z Orlen S.A. poprzedzona została szczegółową analizą renomowanej firmy doradczej, na podstawie której zarząd Grupy Azoty S.A. uznał potencjalną sprzedaż spółki w Puławach za niezasadną.

Wpływ na przedmiotową decyzję miała m.in. koncepcja budowy wartości Grupy Kapitałowej, przygotowana przez niezależnego doradcę, a także rekomendacja Komitetu Sterującego Projektem. – Zakończone przez zewnętrzną firmę doradczą analizy, uwzględniające uwarunkowania rynkowe i płynące z nich jednoznaczne rekomendacje o charakterze strategicznym, nie dają podstaw do kontynuowania rozmów dotyczących potencjalnej akwizycji Grupy Azoty Puławy przez Orlen S.A. Kontynuujemy dalsze, szersze analizy, które pozwolą opracować kolejne działania prowadzące do powrotu grupy kapitałowej na ścieżkę odbudowy jej wartości rynkowej. Równolegle realizujemy działania nastawione na dalszą optymalizację naszych biznesów oraz kontynuujemy rozmowy z instytucjami finansującymi. Stale monitorujemy rynek i dostosowujemy produkcję do aktualnego zapotrzebowania, które sukcesywnie w ostatnich miesiącach rośnie – mówi Marek Wadowski, wiceprezes zarządu Grupy Azoty S.A.

Źródło: Grupa Azoty

## ROZMAITOŚCI

# 300 MLN

taką mniej więcej kwotę przeznaczy w 2023 roku CIECH Soda Polska na realizację wieloletniego programu transformacji biznesu sodowego Grupy CIECH

Źródło:  
Grupa CIECH

.....

# ”

– Do 2030 r. planujemy zwiększyć ilość produkowanego gazu do 12 mld metrów sześciennych rocznie, z czego połowa będzie pochodzić z Norwegii. Chcemy osiągnąć ten cel przy jednoczesnej redukcji emisji CO<sub>2</sub> przypadających na każdą barytkę czy metr sześcienny wydobytego surowca – mówi Daniel Obajtek, prezes zarządu ORLEN

Źródło: ORLEN

## GRUPA ORLEN W NORWEGII

**PGNiG Upstream Norway z Grupy ORLEN przejmuje kontrolę nad całą działalnością spółki wydobywczej KUFPEC Norway.**

W efekcie transakcji wydobywanie gazu ziemnego Grupy ORLEN w Norwegii wzrośnie o jedną trzecią i przekroczy 4 mld m sześć. rocznie. Z kolei dzienna produkcja węglowodorów już w 2024 r. przewyższy 100 tys. barytek ekwiwalentu ropy naftowej. Przejmowana działalność obejmuje m.in. udziały w pięciu złożach, na których Grupa ORLEN już prowadzi eksploatację. Wydobywany z nich gaz będzie przesyłany do Polski gazociągiem Baltic Pipe.

Po zakończeniu przejęcia KUFPEC, Grupa ORLEN będzie posiadała 94 koncesje na Norweskim Szelfie Kontynentalnym, co daje pod tym względem 5. miejsce wśród firm działających na tym obszarze. Biorąc pod uwagę zasoby wydobywalne, które wyniosą ok. 400 mln boe, PUN będzie plasowała się na 9. miejscu, z czego ok. 60 mld m sześć. to zasoby gazu ziemnego. Biorąc pod uwagę produkcję gazu ziemnego – ponad 4 mld m sześć. rocznie – spółka znajdzie się na 7. pozycji firm wydobywczych na Szelfie.

Źródło: ORLEN

## CIEKAWOSTKA

### Unikatowy prototyp

**Pomyślnie zakończyły się testy prototypowego zespołu kogeneracyjnego o mocy 1 MW, wyposażonego w system wielopaliwowy Multifuel, umożliwiający produkcję energii elektrycznej i ciepła z wykorzystaniem wodoru, gazu ziemnego lub ich mieszanki.**

Prototyp jest unikatowy w skali światowej i wykorzystuje autorskie rozwiązanie opracowane przez ORLEN. System wielopaliwowy może być również instalowany w już działających jednostkach wytwórczych, co pozwoli na ich stopniowe przestawienie na zasilanie wodorem. Technologia Multifuel przyspieszy wykorzystanie paliw alternatywnych w energetyce, przyczyniając się do redukcji emisji CO<sub>2</sub> w tej branży. ORLEN wystąpił o ochronę patentową swojego wynalazku. Spółka planuje już w przyszłym roku rozpocząć jego komercjalizację.

Źródło: ORLEN

Fot. 123rf

# Rafineria Gdańska na drodze nowych wyzwań

– Nowa struktura właścicielska rafinerii otwiera nowe horyzonty pod kątem rozwoju pracowników, jak i nowych inwestycji. Celem władz spółki wynikającym wprost z nowej strategii jest realizacja naszej wizji, czyli osiągnięcie statusu światowego lidera branży rafineryjnej w zakresie niezawodności, efektywności i bezpieczeństwa – mówi **Adrian Szkudlarski**, prezes zarządu Rafinerii Gdańskiej Sp. z o.o.

**Aleksandra Grądzka-Walasz:** To był chyba niełatwy rok dla Rafinerii Gdańskiej.

**Adrian Szkudlarski:** Kluczowym wydarzeniem, które miało miejsce na początku roku, było uruchomienie umowy processingowej z dwoma właścicielami. Co prawda firma ma ten etap już za sobą, ale wciąż pamiętam, z jak wieloma wyzwaniami się wiązał: od momentu przyjęcia ropy, przez czas dokładnego rozliczenia produkcji na dwóch procesorów, aż do zorganizowania prac logistycznych związanych z wydaniem produktów.

## Czym właściwie charakteryzuje się rafineria processingowa?

Rafineria Gdańska przerabia obecnie ropę dostarczoną przez tzw. procesorów. Oznacza to w praktyce, że przetwarzamy usługowo powierzoną ropę naftową na produkty. Właścicielem wsadu i produktu w całym łańcuchu są właśnie procesory – w tym przypadku dwaj, którzy reprezentują interesy wspólników rafinerii. Nadrzędnym celem jest realizacja założonego planu produkcji. Taką funkcjonalność można określić w pewnym sensie mianem modelu „cost center”. Jednym z kluczowych narzędzi w realizacji założeń operacyjnych są kompetencje pracowników, na które bardzo stawia obecny zarząd.

Ten kluczowy kamień milowy, jakim było uruchomienie umowy z procesorami, do którego organizacja przygotowywała się w całym 2022 roku, mamy już zatem za sobą. Teraz czas na kolejne wyzwania.

## Jakie?

Rok 2023 był bardzo istotny dla Rafinerii Gdańskiej pod względem procesu PMI (ang. Post-Merger Integration), czyli integracji po fuzji. W dużej mierze to etap, którego „napędem” jest implementacja umiejętności zarządzania procesem zmiany na wszystkich



Fot. Rafineria Gdańska Sp. z o.o.

**ADRIAN SZKUDLARSKI**  
prezes zarządu  
Rafinerii Gdańskiej  
Sp. z o.o.

plaszczynach. Służy to przede wszystkim realizacji synergii, jak i wdrożeniu nowej kultury organizacyjnej, rewizji obszaru ogólnego governance, efektywnej współpracy i wymiany doświadczeń. Wcześniejsza rafineria, jako „stand-alone company”, nie miała dostępu do pewnych możliwości szybkiego rozwoju. Obecnie zyskaliśmy duży potencjał. Wyzwaniem będzie również strategia Rafinerii Gdańskiej na lata 2023-2027. Budując strategię, określiliśmy wizję Ra-





Fot. Rafineria Gdańska Sp. z o.o.

**RAFINERIA PROCESSINGOWA**  
Rafineria Gdańska przetwarza usługowo powierzoną ropę naftową na produkty, a właścicielem wsadu i produktu w całym łańcuchu są procesorzy – w tym przypadku są dwaj i reprezentują interesy wspólników rafinerii

finerii Gdańskiej – dążymy do osiągnięcia pozycji światowego lidera branży rafineryjnej w zakresie niezawodności, efektywności i bezpieczeństwa. Kluczowe dla nas obszary strategii to: Doskonałość Operacyjna, Elastyczność, Synergie i Dekarbonizacja. Te obszary budują wartość oraz zapewniają dalszy dynamiczny rozwój rafinerii. Osiągnięcie zamierzonych celów będzie możliwe dzięki kilku obszarom wsparcia: Kapitał Ludzki, Bezpieczeństwo i Higiena Pracy, Digitalizacja, Ład Korporacyjny i CSR.

”

Jednym z kluczowych narzędzi w realizacji założeń operacyjnych są kompetencje pracowników, na które bardzo stawia obecny zarząd

### Wyzwaniem będą też niewątpliwie nowe inwestycje.

Już od jakiegoś czasu na terenie naszej spółki realizowane są duże inwestycje poprawiające dostępność operacyjną oraz elastyczność. Wśród nich wymienić m.in. można: wymianę pieców instalacji odzysku siarki (Claus), rozbudowę kolejowego nalewaka NB03, budowę nowego komina EC wraz z infrastrukturą odprowadzania spalin oraz wiele innych. W swoim portfolio projektów mamy ich około 80 w fazie rozwoju oraz kilkanaście planowanych na kolejne lata.

### Do tego dochodzą jeszcze aspekty środowiskowe i dostosowanie się do przepisów UE.

Rafineria Gdańska, zaraz po rafinerii w Płocku, jest kluczowym dostawcą paliw na rynku krajowym. Wszystkie duże firmy znają już pakiet przepisów UE – tzw. Fit for 55, który wiąże się z nałożeniem na przemysł niezwykle ambitnych celów, m.in.: zredukowane będą uprawnienia w ramach Europejskiego Systemu Handlu Emisjami (System ETS). Świadomość tych

zmian pociąga za sobą wyzwania w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych przez przemysł – w tym także przez rafinerie na całym świecie. Emisyjność Rafinerii Gdańskiej jest na odpowiednim poziomie. To ważna przewaga, ale też wyzwanie w zakresie dalszej redukcji emisji. Rafineria analizuje różne technologie i scenariusze dalszej redukcji emisji gazów cieplarnianych weryfikując przede wszystkim koszt inwestycji i jej opłacalność. Weryfikujemy możliwość realizacji projektu bezpośredniego wychwytu dwutlenku węgla w procesie wytwarzania wodoru i widzimy, że na dziś inwestycje w takie technologie wymagają dofinansowania, aby możliwa była ich realizacja. Pracujemy nad takimi scenariuszami.

### Wspomniał pan o fuzji Rafinerii Gdańskiej. Jak ocenia pan ten krok z perspektywy czasu?

Nowa struktura właścicielska rafinerii otwiera nowe horyzonty pod kątem rozwoju pracowników, jak i nowych inwestycji. Celem władz spółki wynikającym wprost z nowej strategii jest realizacja naszej wizji, czyli osiągnięcie statusu światowego lidera branży rafineryjnej w zakresie niezawodności, efektywności i bezpieczeństwa. Wśród wyzwań, o których już wspominałem, na najbliższy czas można wymienić np. wdrożenie nowej strategii, która w dużej mierze będzie ukierunkowana na maksymalizację wartości firmy dla właścicieli, poprzez zapewnienie wysokiej dostępności operacyjnej rafinerii oraz na ciągłą poprawę efektywności w obszarze kosztów, przy czym bardzo istotnym zagadnieniem przy wszystkich realizacjach jest bezpieczeństwo osobowe, które dla zarządu jest priorytetem. Uważnie analizowane są także plany inwestycyjne partnerów rafinerii w Gdańsku. Budowa hydrokrakingowego bloku olejowego czy zakończenie prac koncepcyjnych nad petrochemią – te wszystkie inwestycje mają wpływ na bieżącą operacyjną działalność i stanowią dla naszej firmy szansę na jej dalszy rozwój.

*Rozmawiała Aleksandra Grądzka-Walasz,  
redaktor czasopisma „Kierunek Chemia”  
i portalu kierunekCHEMIA.pl ■*

# W DRODZE DO ZIELONEJ CHEMII

---

**dr inż. Anna Zalewska**

manager ds. współpracy z instytucjami rządowymi BASF Polska

**Kinga Świerad**

specjalistka ds. strategii w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności BASF Polska

Europa zmierza w kierunku neutralności klimatycznej i gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), co wiąże się z długoterminowymi strategiami, takimi jak Europejski Zielony Ład oraz wpływającymi z niego licznymi działaniami legislacyjnymi.

Oczywistym jest, że możemy zidentyfikować czynniki, które mają wpływ na dokonanie zmian prowadzących nas do zielonej transformacji, w trakcie której jesteśmy. Na pewno musimy zmienić nie tylko nasz sposób myślenia, ale również to, co i jak produkujemy. Mamy wytwarzać w sposób zrównoważony, dbając jednocześnie o efektywność energetyczną, zdigitalizowanie, cyrkularność, uwzględniając trzy aspekty: środowiskowy, społeczny i ekonomiczny. Wszystko wymaga jasnej wizji, a także wysokiego stopnia kreatywności i elastyczności. I tu dochodzimy do kluczowego pytania: co zatem może blokować firmy w tych działaniach, co może je spowalniać w drodze do transformacji?

### Działania na wszystkich etapach łańcucha wartości

Po pierwsze niejednokrotnie brakuje diagnozy, na jakim etapie się znajdujemy, a następnie prawidłowego zidentyfikowania zmian, których musimy dokonać w procesach technologicznych, modelach biznesowych, zasobach ludzkich, aby osiągnąć właśnie ten pożądany model funkcjonowania. Ta świadomość zmian rośnie, co widać chociażby w zapotrzebowaniu na produkty o zdefiniowanym śladzie węglowym. Jest to oczywiście powiązane z czekającym nas raportowaniem ESG oraz z możliwością pozyskania finansowania na „zielone” inwestycje i innowacje. Istotnym elementem będzie zatem konieczność przeanalizowania przez firmy pełnego łańcucha powiązań z innymi podmiotami, takimi jak dostawcy czy podwykonawcy, spojrzenia na cały łańcuch wartości. Duże przedsiębiorstwa będą czerpały korzyści ze współpracy z podmiotami, które dobrowolnie działają zgodnie z dyrektywą CSRD i posiadają odpowiednie dane dotyczące raportowania ESG w swojej dziedzinie działalności.

Podejście bazujące na działaniach wzdłuż łańcucha wartości, które swym zasięgiem obejmą zarówno etap projektowania, jak i odpowiedzialnego gospodarowania odpadami, uwzględniając potrzeby środowiskowe, będzie podstawą osiągnięcia sukcesu. Pamiętajmy, że GOZ to przede wszystkim model ekonomiczny, a nie tylko kwestie zagospodarowania odpadów i jeśli już na samym początku nie pomyślimy o naszym produkcie pod kątem jego odzyskania i ponownego zastosowania, to go nie przetworzymy. Dlatego ogromne znaczenie ma kooperacja wszystkich interesariuszy w całym łańcuchu, często na pograniczu różnych branż, lub też współpraca nauka-przemysł, prowadząca nas do innowacji.

”

Ogromne znaczenie ma współpraca wszystkich interesariuszy w całym łańcuchu, często na pograniczu różnych branż

### Znaczenie surowców w Gospodarce Obiegu Zamkniętego

Przemysł chemiczny jest jednym z najbardziej energochłonnych, dlatego dążymy do tego, aby do 2030 r. ponad 60% zapotrzebowania na energię pochodziło ze źródeł odnawialnych – stąd intensywnie rozwijamy farmy wiatrowe na Morzu Północnym.

Woda i inne pozostałe surowce to kolejny element naszej cyrkularności. To już nie tylko zielony ład, ale coraz częściej słyszymy, że i niebieski, obejmujący oszczędność, retencjonowanie oraz ponowne wykorzystywanie

## GOZ TO RÓWNIŻ EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA

– Musimy pamiętać, że GOZ to również efektywność energetyczna i w tym przypadku dostęp do OZE (do energii odnawialnej) jest kluczowy dla procesów inwestycyjnych, jednocześnie pozwalając na redukcję emisji CO<sub>2</sub>. W przypadku BASF największym wyzwaniem jest transformacja energetyczna i redukcja emisji CO<sub>2</sub> – podkreśla **dr inż. Anna Zalewska**, manager ds. współpracy z instytucjami rządowymi BASF Polska.



Fot. BASF SE

wody w procesach przemysłowych. W przypadku branży chemicznej od zawsze obecna jest wysoka świadomość nt. znaczenia i wartości zasobów naturalnych, wszelkie technologie opracowywane są z myślą o zwracaniu wody do procesów lub (po jej oczyszczeniu) przekazywaniu jej do kolejnej linii technologicznej.

Dlatego, aby zrobić krok dalej w stronę energooszczędności i efektywności środowiskowej, kluczowa jest diagnoza, analiza, z czego możemy zrezygnować, a jakie technologie, procesy powinniśmy rozwijać, oraz odpowiednie wsparcie i to zarówno finansowe, jak i regulacyjne.

### Wsparcie regulacyjne

Legislacja, regulacje powinny wspomagać zmiany/ innowacje technologiczne, takie jak chociażby technologia recyklingu chemicznego. Często niestety albo nie ma odpowiednich ram prawnych, albo proces uzyskiwania pozwoleń, decyzji jest na tyle długi, że przedsiębiorca rezygnuje z realizacji nowych inwestycji. Rola regulatora jest zatem niezwykle ważna zwłaszcza pod kątem surowców wtórnych, których wykorzystanie powinno być opłacalne, pod kątem jakości oraz ceny. Segregacja i technologie zwiększające jakość recyklatów są niezwykle potrzebne, aby sprostać wymaganiom UE odnośnie ich zawartości w produktach. Tak więc wsparcie inwestycyjne jest bardzo ważne, aby chociażby zmodernizować istniejące technologie recyklingu lub rozwinąć nowe, takie jak recykling chemiczny.

### Zintegrowane działania

W aspekcie regulacyjnym oraz z punktu widzenia globalnej firmy chemicznej niezwykle istotne jest także budowanie potencjału w zakresie bezpiecznego i zrównoważonego stosowania chemikaliów.

Opublikowana przez Komisję Europejską w 2020 roku Strategia ds. zrównoważonych chemikaliów (CSS) to jeden z kluczowych elementów Europejskiego Zielonego Ładu, odpowiadającego na kryzys klimatyczny oraz postępujące procesy degradacji środowiska. Oznacza radykalne zmiany obecnych przepisów dotyczących chemikaliów oraz wprowadza konsekwencje dla przemysłu chemicznego, w tym odbiorców końcowych.

### Energia z OZE

Przemysł chemiczny jest jednym z najbardziej energochłonnych, dlatego do 2030 roku ponad 60% zapotrzebowania na energię ma pochodzić ze źródeł odnawialnych. Na zdj. turbiny wiatrowe w morskiej farmie wiatrowej Hollandse Kust Zuid



Fot. BASF SE

Wspierając cele Zielonego Ładu i intencję CSS w celu ochrony zdrowia ludzkiego i środowiska, kluczowe jest stawianie bezpieczeństwa produkcji jako priorytetu, ciągła rewizja portfolio produktowego w kierunku zrównoważonego rozwoju oraz proaktywne podejście do zarządzania produktem i stosowanie najwyższych standardów regulacyjnych. W ramach tej unijnej polityki i długoterminowej wizji, to nie jednostronne reformy, ale skoordynowana i międzynarodowa współpraca o podejściu globalnym jest kluczem do osiągnięcia celów poprawy bezpieczeństwa środowiska i zdrowia życia ludzkiego.

Jedną z najważniejszych inicjatyw strategii jest rewizja rozporządzenia w sprawie klasyfikacji, oznakowania i pakowania (CLP), które opiera się na globalnie zharmonizowanym systemie klasyfikacji i oznakowania chemikaliów (GHS). To kluczowy element w zapewnieniu bezpieczeństwa i stabilności systemu łańcucha wartości chemikaliów na całym świecie.

Co istotne, wszelkie zasadnicze zmiany mające na celu jednostronną reformę CLP bez dostosowania na szczeblu ONZ spowodują rozbieżności w stosunku do GHS. Takie podejście wysłałoby destrukcyjny sygnał i może zachęcić inne kraje do odejścia od GHS, stojąc w opozycji z ustaleniami wspieranymi przez UE. Wprowadzenie nowych klas zagrożeń w CLP w pierwszej kolejności może także spowodować ryzyko ponownego otwarcia CLP, jeżeli kryteria uzgodnione w GHS w późniejszym terminie będą z nimi sprzeczne. Zintegrowane działania są zatem kluczem do przekształcenia CSS w prawdziwą strategię wzrostu i innowacji.

## EFEKT ŚRODOWISKOWY I EKONOMICZNY

Fot. BASF SE



– Do przedsiębiorców zaczyna docierać, że wszelkie rozwiązania, które uniezależniają ich od zewnętrznych dostawców surowców, energii zwiększają bezpieczeństwo, jednakże musimy pamiętać, że wszelkie wprowadzane zmiany muszą się finalnie opłacać, a więc musi zostać osiągnięty zarówno efekt środowiskowy, jak i ekonomiczny – tłumaczy **Kinga Świerad**, specjalistka ds. strategii w zakresie chemikaliów na rzecz zrównoważoności BASF Polska.

### Budowanie świadomości i edukacja

Dodatkowo nie możemy zapominać o naszej roli i współpracy w zakresie edukacji, zarówno konsumentów, przedsiębiorców, jak i administracji odnośnie realnych korzyści płynących z GOZ, z zielonej transformacji, z wdrażania inicjatyw i strategii przyspieszających cele Zielonego Ładu oraz korzyści z ponownej naprawy i użytkowania, jak i wszelkich nowych rozwiązań technologicznych i innowacyjnych produktów. Wszystkie te aspekty są niezwykle istotne w osiągnięciu spójnych celów oraz stanowią odpowiedź na wyzwania pojawiające się na drodze do zielonej transformacji. ■

REKLAMA

 kierunek**chemia**.pl

**W NASZYM  
WYDANIU**  
chemia nie jest  
skomplikowana



W GRUPIE PORTALI  


# ZWICK

ARMATUREN GMBH 

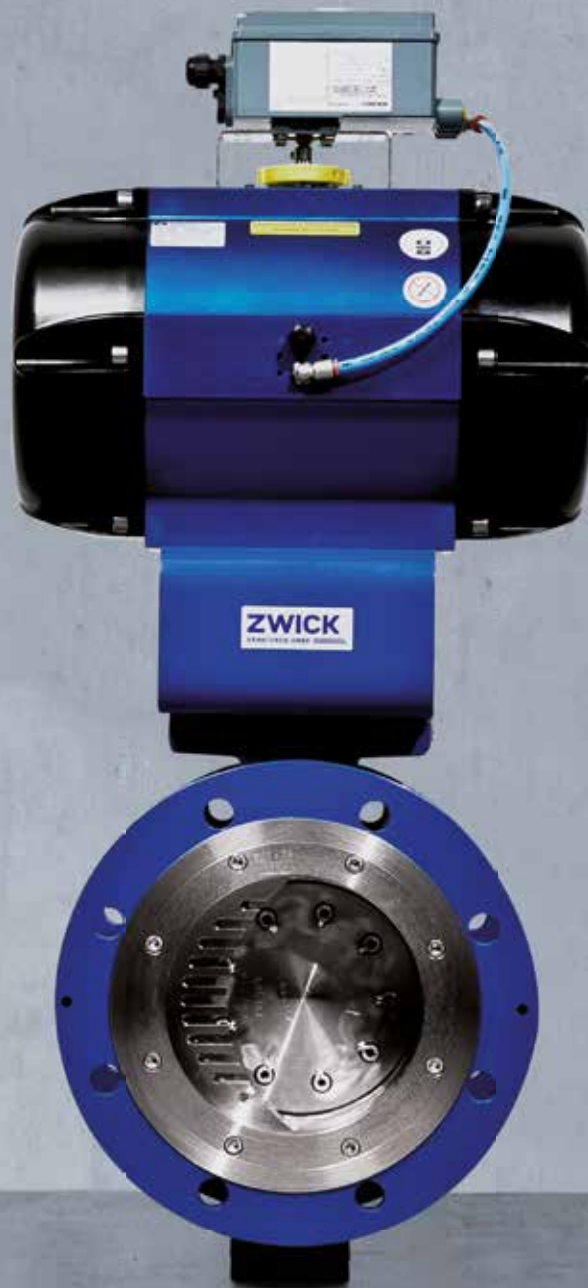
**H2-Ready!**

## TRI-SHARK

### METAL SEATED CONTROL VALVE

### 100 % TIGHT\*

\*acc. to DIN EN 12266-1



### HIGH STANDARD VALVES

### FOR NON-STANDARD CONDITIONS.

[WWW.ZWICK-ARMATUREN.DE](http://WWW.ZWICK-ARMATUREN.DE)



Fot. 123rf

# DEBATA NAD PRZYSZŁOŚCIĄ RYNKU OPAKOWAŃ

**Mikołaj Maśliński**

prawnik, MAŚLIŃSKI Law & Consulting sp. z o.o.

W listopadzie 2023 r. Parlament Europejski rozpoczął kluczowy etap prac nad projektem rozporządzenia w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych. Projektowane przepisy zakładają ambitne postulaty w zakresie ograniczania masy opakowań, promowania surowców wtórnych oraz recyklingu. Czy ta wizja znajdzie aprobatę wśród europosłów?

Od kilku lat opakowania cieszą się dużym zainteresowaniem prawodawcy, zwłaszcza w obszarze gospodarki odpadami. Mianowicie, proponowane w ostatnim czasie regulacje konsekwentnie zmierzają do ograniczania ilości odpadów opakowaniowych i realizacji założeń gospodarki o obiegu zamkniętym. Jako przykład można w tym miejscu wskazać pakiet odpadowy z 30 maja 2018 r. czy też Dyrektywę Parlamen-

tu Europejskiego i Rady (UE) 2019/904 z dnia 5 czerwca 2019 r. w sprawie zmniejszenia wpływu niektórych produktów z tworzyw sztucznych na środowisko, zwaną także dyrektywą SUP (ang. single-use plastics)<sup>1</sup>.

Z kolei w poprzednim roku szerokim echem odbiło się wejście w życie Rozporządzenia Komisji (UE) 2022/1616 z dnia 15 września 2022 r. w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych pochodzących

z recyklingu przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 282/2008. W praktyce przepisy tego rozporządzenia będą miały istotny wpływ na rozwój branży recyklingu i możliwość stosowania surowców wtórnych do pakowania produktów spożywczych.

Niemniej kluczowe regulacje dotyczące opakowań zawiera projekt rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) o opakowaniach i odpadach opakowaniowych (dalej zwane także: „rozporządzeniem PPWR”<sup>2</sup>). Poza dyskusją jest przy tym fakt, że nowe rozporządzenie przynosi szereg wyzwań również dla przemysłu chemicznego. Mowa tutaj nie tylko o kwestiach związanych z wprowadzaniem produktów w opakowaniach, ale i o stworzeniu ram prawnych promujących szerokie stosowanie surowców wtórnych w opakowaniach z tworzyw sztucznych. Dlatego też warto bliżej przyjrzeć się proponowanym regulacjom.

”

Przeciętny Europejczyk wytwarza w ciągu roku ok. 188,7 kg odpadów opakowaniowych

#### Wyzwania środowiskowe związane z opakowaniami

Projekt rozporządzenia PPWR z 30 listopada 2022 r. stanowi bezpośrednią odpowiedź na problemy środowiskowe, których źródłem są opakowania. Niewątpliwie głównym z nich jest postępujący wzrost ilości wytwarzanych odpadów opakowaniowych. Jak podaje Euro Stat, przeciętny Europejczyk produkuje w ciągu roku ok. 188,7 kg odpadów opakowaniowych<sup>3</sup>. Szacuje się przy tym, że opakowania odpowiadają za 36% opadów komunalnych (sic!). Co więcej, do produkcji opakowań zużywane są znaczne ilości pierwotnych materiałów. I tak, ok. 40% pierwotnych tworzyw sztucznych oraz 50% papieru jest wykorzystywane właśnie do produkcji opakowań.

Dlatego też za kluczowy postulat projektowanego rozporządzenia można wskazać ograniczenie masy wytwarzanych opakowań, a w konsekwencji odpadów opakowaniowych. Komisja Europejska wytycza w tym zakresie konkretne cele. I tak, w projekcie rozporządzenia zaproponowano obowiązkową redukcję o 5% masy odpadów opakowaniowych wytwarzanych na mieszkańca w stosunku do poziomu bazowego (tj. w odniesieniu do roku 2018). Z kolei w 2040 roku poziom redukcji masy opakowań ma wynosić już 15%. W praktyce będzie to wymagało od producentów, w tym z sektora chemicznego, zmianę podejścia do całej logistyki opakowań. Mowa tutaj zarówno o konieczności ograniczania opakowań nadmiernych, jak również zastępowaniu opakowań jednorazowych tymi wielokrotnego użytku.

#### Bariery dla recyklingu

Kolejny problem to liczne bariery w recyklingu i ponownym użyciu opakowań. Otóż aktualnie obserwujemy stały wzrost opakowań nienadających się do recyklingu. Zjawisko to w sposób oczywisty utrudnia wcielenie w życie założeń gospodarki o obiegu zamkniętym. Trudno bowiem o rozwój recyklingu w sytuacji, gdy znaczna część opakowań w ogóle się do tego nie nadaje.

Z drugiej strony opakowania technicznie odpowiednie do recyklingu często nie są mu poddawane z uwagi na inne ograniczenia. Przykładowo, brak efektywnych i powszechnych systemów kaucyjnych negatywnie wpływa na dostępność dobrej jakości surowca do recyklingu czy też możliwość ponownego wykorzystania opakowań. Wiele do życzenia pozostawia również segregacja odpadów u źródła. W rezultacie zmniejsza to opłacalność całego recyklingu i tym samym ogranicza rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym. Stąd też Komisja Europejska proponuje wiele regulacji realnie wspierających „ekoprojektowanie”. Celem tych kroków jest doprowadzenie między innymi do tego, aby wszystkie opakowania nadawały się do recyklingu. Ponadto nowością są przepisy zakazujące stosowania niektórych rodzajów opakowań problemowych, w tym nienadających się do recyklingu.

#### Zmiana podejścia do opakowań w całej UE

Ewentualne przyjęcie rozporządzenia PPWR oznacza całkowicie nowe podejście do opakowań. Przede wszystkim zmieni się ranga aktu prawnego, który będzie regulował kwestie opakowań i odpadów opakowaniowych. Aktualnie jest to dyrektywa 94/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 20 grudnia 1994 r. w sprawie opakowań i odpadów opakowaniowych. Analizowany projekt przyjął natomiast formę rozporządzenia. Rozporządzenia mają zastosowanie we wszystkich krajach UE w sposób bezpośredni. Innymi słowy, określone w tym dokumencie definicje czy obowiązki będą obowiązywały wprost, bez konieczności ich transpozycji (wdrożenia) w prawie krajowym. Jest to szczególnie istotne wobec przepisów określających status prawny poszczególnych uczestników rynku oraz ich obowiązków dotyczących opakowań. W projekcie PPWR pojawiają się także takie regulacje, które będą wymagały dodatkowych działań na poziomie krajowym. Dotyczy to chociażby obowiązku ustanowienia systemów kaucyjnych czy też rejestrów służących do monitorowania przestrzegania przez producentów wymagań wynikających z krajowych systemów rozszerzonej odpowiedzialności producenta.

#### Obowiązkowa minimalizacja masy opakowań

Ramy niniejszego artykułu nie pozwalają odnieść się szczegółowo do wszystkich rozwiązań przewidzianych w projekcie rozporządzenia. Mając jednak na uwadze perspektywę przemysłu chemicznego, warto w tym miejscu zwrócić uwagę na kilka kluczowych propozycji.



## KRYTERIA WYDAJNOŚCI



Fot. 123rf

Kryteria wydajności określone w załączniku nr 4 do rozporządzenia obejmują 7 pozycji, w tym:

- ochronę produktu jako podstawowe kryterium (1),
- procesy wytwarzania opakowań (2),
- logistykę (3),
- wymogi informacyjne (4),
- higienę i bezpieczeństwo (5),
- wymogi prawne (6),
- udział surowców pochodzących z recyklingu, możliwość recyklingu i ponowne użycie (7).

Z pewnością należą do nich przepisy dotyczące minimalizacji opakowań. Proponowany art. 9 rozporządzenia stanowi, że opakowania powinny być tak zaprojektowane, aby ich waga i objętość były ograniczone do minimum niezbędnego do zapewnienia jego funkcjonalności, z uwzględnieniem materiału, z jakiego jest wykonane opakowanie. W tym celu projekt rozporządzenia przewiduje zakaz wprowadzania opakowań z podwójnymi ściankami, fałszywym dnem oraz zbędnymi warstwami mającymi jedynie na celu zwiększenie postrzeganej objętości produktu.

Ponadto zakazem wprowadzania na rynek mają zostać objęte opakowania niespełniające kryteriów wydajności określonych w załączniku nr 4 do rozporządzenia (ramka).

Inne kryteria, takie jak chociażby funkcje marketingowe, nie powinny być stosowane jako uzasadnienie dla dodatkowej wagi i objętości opakowania.

### Ocena minimalizacji opakowań w dokumentacji technicznej

Nowe obowiązki to także szereg obciążeń administracyjnych. Przykładowo, ocena minimalnej objętości i wagi opakowań powinna znaleźć odzwierciedlenie w dokumentacji technicznej. Przewiduje się wpro-

wadzenie obowiązku wyjaśniania przez producenta przyczyn uniemożliwiających dalsze zmniejszanie masy lub objętości danego opakowania. Stwarza to zatem zupełnie nowe podejście do projektowania opakowań, co ma znaleźć odzwierciedlenie w konkretnych działaniach. Działania te będą obejmowały obowiązek przeprowadzenia usystematyzowanej oceny i odpowiedniego udokumentowania jej wyników. Co więcej, ocena ma być przeprowadzana z punktu widzenia każdego z siedmiu kryteriów wydajności. Projekt rozporządzenia zakłada przy tym szereg rozwiązań, których celem jest ograniczenie pozornych ocen, nieopartych odpowiednimi obliczeniami czy też wynikami przeprowadzonych testów, badań rynkowych lub innych analiz potrzebnych do dokonania stosownej oceny.

### Wsparcie dla opakowań z udziałem surowców wtórnych

Ciekawą propozycję zawiera także art. 7 projektu rozporządzenia. Mianowicie określa on minimalną zawartość materiałów pochodzących z recyklingu w opakowaniach z tworzyw sztucznych. Przepis ten jest szczególnie istotny wobec przywołanego na wstępie Rozporządzenia Komisji (UE) 2022/1616 z dnia 15 września 2022 r. w sprawie materiałów i wyrobów z tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu przeznaczonych do kontaktu z żywnością oraz uchylającego rozporządzenie (WE) nr 282/2008.

W projekcie rozporządzenia PPWR zaproponowano cele w odniesieniu do 2030 oraz 2040 r. Dotyczą one szerokiej gamy opakowań, w tym tak zwane „opakowania wrażliwe na kontakt”. Dość wspomnieć, że do 2030 r. minimalny procent materiałów pochodzących z recyklingu odzyskanych z pokonsumpcyjnych odpadów z tworzyw sztucznych ma wynosić 30% dla opakowań wrażliwych na kontakt wykonanych z PET i 10% dla opakowań z innych materiałów. W 2040 wymagany poziom udziału surowców wtórnych to już 50%. Jeszcze wyższe poziomy przewidziano dla plastikowych butelek na napoje jednorazowego użytku (30% w 2030 oraz 65% w 2040). Projekt rozporządzenia określa także wymagania dla innych opakowań z tworzyw sztucznych (35% w 2030 r. i 65% w 2040 r.).

Wprawdzie projekt przewiduje pewne wyłączenia od tego obowiązku, ale dotyczą one przede wszystkim produktów leczniczych, wyrobów medycznych, a także nadających się do kompostowania opakowań z tworzyw sztucznych.

### Parlament Europejski rozpoczyna debatę na nowymi propozycjami

Prace nad projektem rozporządzenia PPWR wchodzi aktualnie w kluczową fazę. Mianowicie 24 października 2023 r. członkowie Komisji ds. Środowiska Parlamentu Europejskiego (ENVI) zaaprobowali projekt rozporządzenia PPWR. Choć Komisja ENVI zaproponowała aż 238 poprawek do projektu, to jednak utrzy-

**WYZWANIA DLA PRZEMYSŁU**

Nowe rozporządzenie stwarza szereg wyzwań dla przemysłu chemicznego, m.in. związanych z wprowadzaniem produktów w opakowaniach czy stworzenie ram prawnych promujących szerokie stosowanie surowców wtórnych w opakowaniach z tworzyw sztucznych



Fot. 123rf

mano ambitny kierunek wyznaczony przez Komisję Europejską.

Raport Komisji ENVI zostanie teraz przedstawiony Parlamentowi Europejskiemu podczas jego sesji plenarnej, która odbędzie się od 20 do 23 listopada 2023 r. Wynik głosowania plenarnego stanie się pozycją negocjacyjną Parlamentu w późniejszych rozmowach z przedstawicielami rządów państw członkowskich i Komisji (tzw. trilog), mających na celu wypracowanie ostatecznego brzmienia rozporządzenia PPWR.

**Parlament zadecyduje nad przyjęciem poprawek**

W tym miejscu warto zasignalizować, że w ramach pierwszego czytania projektu rozporządzenia PPWT Parlament Europejski będzie rozpatrywał także poprawki zaproponowane przez Komisję ds. Środowiska (ENVI). Wśród propozycji, które znalazły się na etapie prac komisji, warto wskazać chociażby zakaz sprzedaży bardzo lekkich plastikowych torebek (poniżej 15 mikronów), za wyjątkiem sytuacji, gdy są wymagane ze względów higienicznych. Nowością jest również propozycja zdefiniowania „biopochodnych tworzyw sztucznych”, a także zobowiązanie Komisji Europejskiej do zbadania możliwości wprowadzenia celów dotyczących stosowania biopochodnych tworzyw sztucznych w opakowaniach. Sprawozdanie z tych działań miałyby być przedstawione do końca 2025 roku.

ENVI postuluje ponadto zakaz używania w opakowaniach mających kontakt z żywnością takich substancji, jak per- i polifluoroalkili (PFAS), a także bisfenolu

A (BPA). Dodatkowo, propozycje obejmują zwiększone wymagania co do recyklingu opakowań w UE, z zobowiązaniem krajów do selektywnego zbierania 90% materiałów zawartych w opakowaniach do 2029 roku.

\*\*\*

Powyższe kwestie stanowią zaledwie wąski wycinek zmian i propozycji przewidzianych w projekcie rozporządzenia PPWR. Nie ulega przy tym wątpliwości, że ostateczne brzmienie proponowanego aktu prawnego będzie kluczowe dla całej gospodarki. Przepisy w tym zakresie wyznaczą bowiem nie tylko kierunek rozwoju sektora opakowań czy też tworzyw sztucznych, ale także wpłyną na cały przemysł i powiązaną z nim logistykę.

**Przypisy**

- <sup>1</sup> Dz.U. UE L 155 z 12.06.2019 r., s. 1; zwana w tekście „Dyrektywą SUP”.
- <sup>2</sup> Projekt Komisji Europejskiej z dnia 30 listopada 2022 r. dotyczący rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) o opakowaniach i odpadach opakowaniowych, zmieniającego rozporządzenie UE 2019/1020 oraz Dyrektywę UE 2019/904 oraz uchylającego Dyrektywę 94/62/WE (eng. Regulation of the European Parliament and of the Council on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC; COM [2022] 677).
- <sup>3</sup> Eurostat, Packaging waste statistics, dane za 2021 r., dostęp online dnia 2023-11-18, <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging\\_waste\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Packaging_waste_statistics)> ■



**PROJEKTOWANIE - KOMPLEKSOWA REALIZACJA  
GWARANCJE PROCESOWE - SERWIS**

**JEŚLI CHCESZ**

- ZREDUKOWAĆ ILOŚĆ OSADÓW ŚCIEKOWYCH
- WYSUSZYĆ I ZGRANULOWAĆ POFERMENT
- ZATĘŻYĆ PŁYNY
- DOPROWADZIĆ JE DO KRYSZTAŁIZACJI  
W PRZEMYSŁE CHEMICZNYM, SPOŻYWCZYM, FARMACEUTYCZNYM, KOSMETYCZNYM, ITP

**SKORZYSTAJ Z PORADY EKSPERTÓW Z FIRMY TECHFINN**

*DORADZAMY, PROJEKTUJEMY I BUDUJEMY INSTALACJE ZUŻYWAJĄCE ZNACZNIE MNIJ ENERGIĘ NIŻ  
POWSZECHNIE REALIZOWANE NA NASZYM RYNKU.*

**ENERGOOSZCZĘDNE SUSZARNIE OSADÓW ŚCIEKOWYCH I POFERMENTÓW**



**ENERGOOSZCZĘDNE SYSTEMY WYPARNE I KRYSZTAŁIZATORY**



PROJEKTOWANE PRZEZ NAS SYSTEMY CHARAKTERYZUJĄ SIĘ

- wyjątkowo niskim zużyciem energii
- niskimi temperaturami procesu 40-80°C
- bezpieczeństwem – brakiem zagrożenia pożarowego i wybuchem
- modułarną budową

# BIOTECHNOLOGICZNA REWOLUCJA



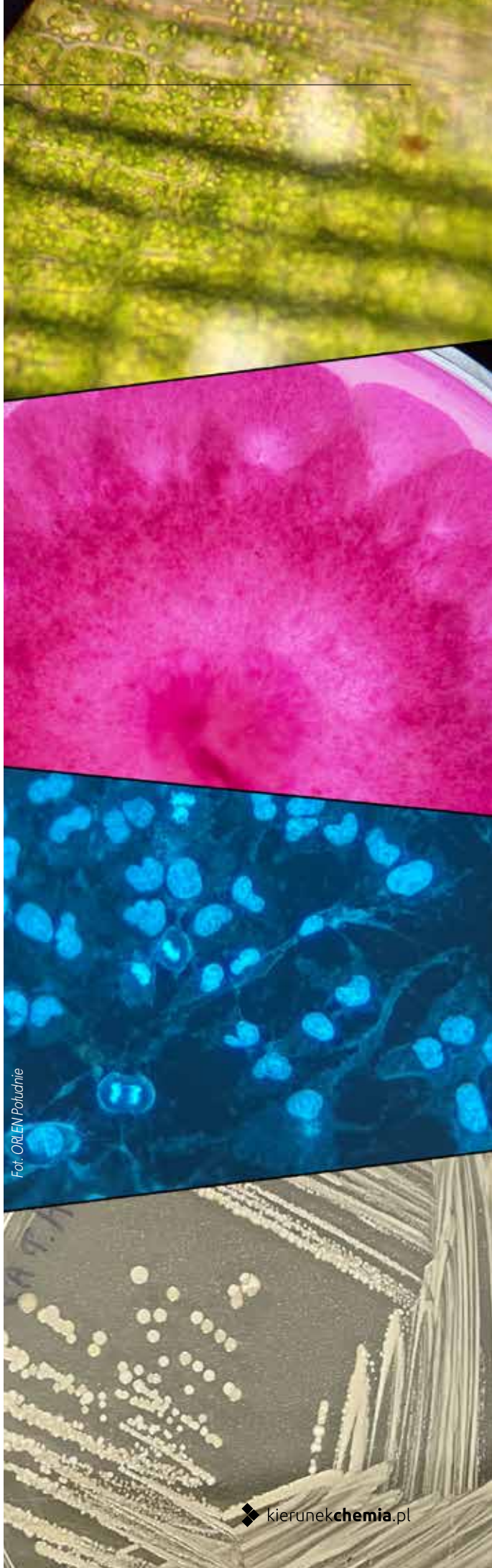
**Aleksandra Pajor**

manager, dział Technologia i Rozwój (R&D), ORLEN Południe S.A.

Biotechnologia to dziś interdyscyplinarna dziedzina, której celem jest poszukiwanie rozwiązań pozwalających na zrównoważony rozwój, przyczyniających się do ochrony środowiska naturalnego oraz ochrony zdrowia ludzi. Wdrażane obecnie przez ORLEN Południe technologie stanowią istotny fundament w rozwoju procesów biotechnologicznych w spółce, ale również w kraju.

Uprawa roślin, hodowla zwierząt, kiszenie warzyw i owoców, warzenie piwa, produkcja wina, przedłużenie trwałości żywności i jej przechowywanie, przygotowanie chleba – to najstarsze przedsięwzięcia biotechnologiczne w historii człowieka. Mimo że nasi przodkowie nie znali takich pojęć, jak bakterie, drożdże, fermentacja alkoholowa czy modyfikacje genetyczne, to z powodzeniem wykorzystywali mikroorganizmy w codziennym życiu. Przez wielopokoleniowe obserwacje i doświadczenia rozwijała się biotechnologia tradycyjna.

Dziś biotechnologia jest interdyscyplinarną dziedziną, która ma zastosowanie nie tylko w przemyśle spożywczym i rolnictwie, ale także w medycynie, farmacji, diagnostyce, ochronie środowiska czy energetyce. Za początek ery biotechnologii nowoczesnej uważa się lata 70. XX wieku i towarzyszący im rozwój technik inżynierii genetycznej. Poza tym, fundamentem dla nowoczesnej biotechnologii są osiągnięcia inżynierii bioprocessowej, metody biologii molekularnej, hodowle komórkowe i tkankowe, procesy biochemiczne zachodzące w żywych organizmach, komórki macierzyste oraz dynamicznie postępująca bioinformatyka.



Fot. ORLEN Południe

## Biała biotechnologia

Stosując systematykę kolorystyczną, biała biotechnologia to ta związana z procesami przemysłowymi. Do głównych obszarów działania zaliczamy tu: farmaceutyki, enzymy, biopaliwa i rozpuszczalniki, składniki odżywcze, w tym witaminy i suplementy, nowe polimery oraz alternatywne źródła energii.

Biotechnologia przemysłowa skupia się na poszukiwaniu nowych, przyjaznych dla środowiska sposobów uzyskiwania energii, alternatywnych wobec paliw kopalnych. Jej zadaniem jest też tworzenie skutecznych metod usuwania zanieczyszczeń z wody, gleby i powietrza.

W ciągu ostatnich 20 lat na świecie ilość odpadów z tworzyw sztucznych wzrosła ponad dwukrotnie. Dlatego materiały ulegające biodegradacji stają się coraz bardziej poszukiwane. Jedną z klas obiecujących biodegradowalnych tworzyw sztucznych są polihydroksyalkaniany (PHA), produkowane jako metabolit wewnątrzkomórkowy mikroorganizmów. W przemyśle biotechnologicznym są wytwarzane na drodze fermentacji mikrobiologicznej.

Kolejnym znaczącym bioproduktem w odniesieniu do konwencjonalnych plastików jest polilaktyd (PLA), do którego produkcji wykorzystuje się kwas mlekowy. Oba materiały mogą z powodzeniem być wykorzystywane zarówno w sektorze opakowaniowym, jak i w medycynie (nici chirurgiczne, implanty, protezy).

Rozwój dziedziny i stosowanie narzędzi biotechnologicznych generuje również nowe wyzwania związane z etyką. W świetle ogromnych możliwości, jakie dają nam np. modyfikacje genetyczne, badania z użyciem ludzkich komórek, ogromne zasoby danych genetycznych, każdorazowo – obok możliwych korzyści – należy rozpatrywać także ryzyka.

## Podjęcie do biotechnologii – Polska i świat

Znane każdemu, jedno z największych firm chemicznych na świecie, takie jak BASF, Bayer czy Cargill, z powodzeniem wykorzystują i rozwijają metody biotechnologiczne. Koncerny z pełną świadomością wskazują na potencjał zastosowania np. procesów fermentacyjnych i biokatalizy, jako alternatywy dla konwencjonalnych procesów chemicznych. Mowa m.in. o produkcji enzymów, optymalizacji upraw rolnych, zastosowaniu środków ochrony roślin czy rozwoju rynku biopaliw. Wykorzystywane biotechnologie umożliwiają wytwarzanie produktów w sposób bardziej wydajny i przyjazny dla środowiska. Przyczyniają się do wdrażania gospodarki o obiegu zamkniętym oraz pozwalają sprostać legislacjom nakładanym przez Unię Europejską.

Jedną z największych kontrowersji z tej dziedziny wzbudza stosowanie organizmów zmodyfikowanych genetycznie (GMO). Przykładowo, w Polsce otwarta uprawa roślin genetycznie modyfikowanych została zabroniona. Widać w tym temacie pewną niekonsekwencję, gdyż jednocześnie sprowadzanie produktów

z państw, w których takie uprawy są stosowane, jest dozwolone. Należy zastanowić się, skąd biorą się obawy i przekonania na temat szkodliwości GMO. Walka ze zmianami klimatycznymi i zaspokajanie potrzeb żywieniowych rosnącej populacji będą wywierały coraz większą presję na produkcję roślin o polepszonych właściwościach. Wcześniej czy później będziemy musieli podjąć starania i przystosować rośliny uprawne do tego, co dzieje się z klimatem. Zastosowanie biotechnologii pozwala na kontrolę rozwoju pożądanych cech roślin – efektywności wykorzystania azotu, szybkiego kwitnienia, odporności, płodności, wzrostu i biomasy – aby w sposób ekonomiczny i zrównoważony sprostać rosnącym wymaganiom w zakresie produkcji rolnej.

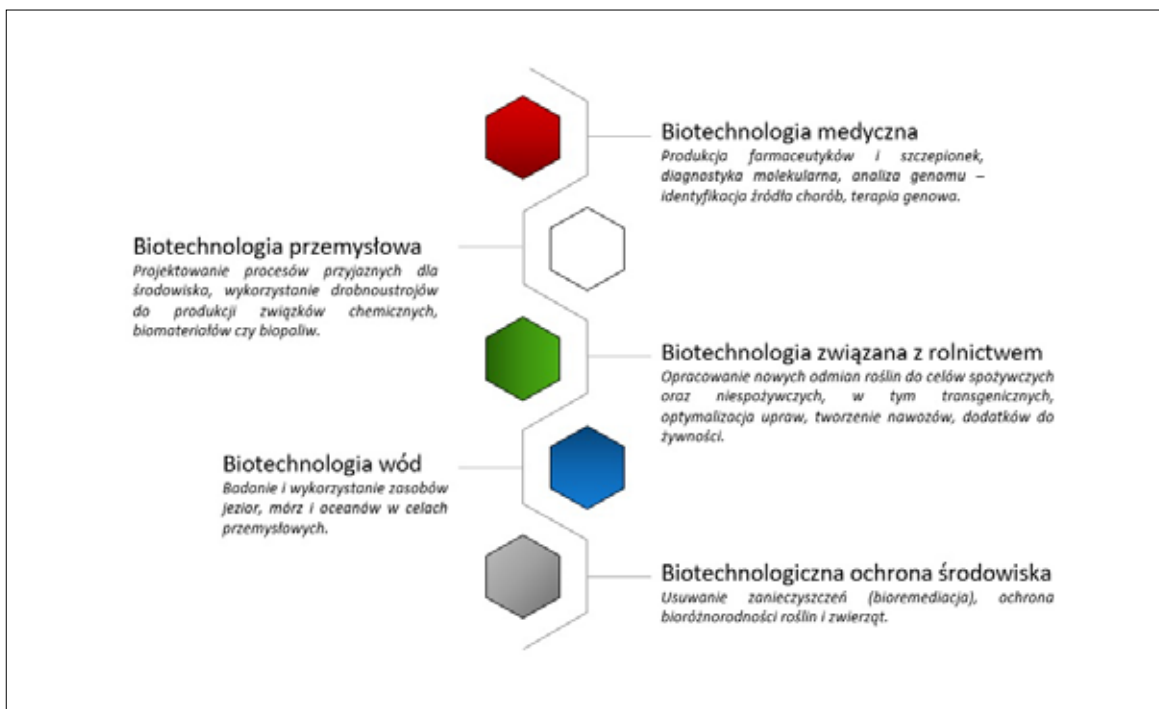
”

## Polski rynek nie jest jeszcze nasycony w dziedzinie biotechnologii

W Polsce w 2021 r. działalność w dziedzinie biotechnologii prowadziły 173 przedsiębiorstwa. Z kolei działalnością badawczą i rozwojową w tej dziedzinie zajmowało się 217 podmiotów. Nakłady poniesione przez przedsiębiorstwa na działalność biotechnologiczną wyniosły 1 380,9 mln zł i zwiększyły się o 13,2% względem roku wcześniejszego, natomiast nakłady wydatkowane na działalność B+R w dziedzinie biotechnologii wyniosły 1 184,7 mln zł i wzrosły o 8,7% w skali roku. Powyższe dane wskazują na rozwój tego sektora w naszym kraju, jednak uważam, że polski rynek nie jest jeszcze nasycony w dziedzinie biotechnologii. Taki stan rzeczy należy oczywiście traktować jako szansę. Wraz z postępem nowych technologii, w kraju pojawi się impuls dla rozwoju takich obszarów, jak produkcja specjalistycznych urządzeń, wzrost inwestycji w wykwalifikowaną kadrę naukową i inżynierską, postęp wynalazczości, rozkwit polskiego know-how i wdrażania własnych rozwiązań. To ogromna szansa dla polskiej gospodarki, aby wywalczyć sobie miejsce w przemyśle nowych technologii.

Kiedy biorewolucja na dobre obejmie przemysł w naszym kraju? Opracowanie i wdrożenie mocnej strategii rozwoju biotechnologii mogłoby się do tego w znacznym stopniu przyczynić. Obecnie postęp jest zauważalny w przemyśle, głównie farmaceutycznym, w obszarze B+R oraz w mniejszym stopniu w środowisku startupowym. Produkcja insuliny, krajowi pionierzy w produkcji szczepionek mRNA, odkrywanie i rozwój leków przeciwnowotworowych, badania nad wdrożeniem innowacyjnych leków biologicznych dla zwierząt, wytwarzanie białek spożywczych z owadów, rozwój rynku biopaliw i biododatków – to tylko kilka z przykładów obszarów rozwijanych w Polsce. Liderzy

**RYS. 1**  
Biotechnologia,  
systematyka  
kolorystyczna



rynku biotechnologicznego w Polsce, tj. Celon Pharma, Selvita czy Mabion, to firmy działające w obszarze nowoczesnych leków i zaawansowanych badań naukowych. Są zauważalne nie tylko lokalnie, ale również na arenie międzynarodowej. To pokazuje, że zmierzamy w dobrym kierunku. Branża biotechnologiczna systematycznie się rozwija, jednak dojrzałość sektora w Polsce jeszcze przed nami.

do kwasu mlekowego. Względem konwencjonalnych metod otrzymywania tego produktu, innowacyjny proces opracowany przez ORLEN Południe jest pozbawiony odpadów (np. w postaci gipsu). Kwas mlekowy wykorzystuje się w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, kosmetycznym. Jednym z ważniejszych kierunków zastosowania jest produkcja polilaktydu (PLA), który stanowi biodegradowalną alternatywę dla tworzyw sztucznych.

Kolejnym przykładem jest trwająca inwestycja w Jedliczu – budowana instalacja do produkcji bioetanolu II generacji. Proces przetwarzający słomę zbóż, który wykorzystuje działanie enzymów oraz drożdży, pozwoli na otrzymanie bioproduktu, przyczyniając się do realizacji Narodowego Celu Wskaźnikowego w GK ORLEN. Produkt posłuży do produkcji biopaliw. Wdrożenie powyższych technologii stanowi istotny fundament w rozwoju procesów biotechnologicznych w spółce, ale również w kraju.

\*\*\*

### Biotechnologia narzędziem transformacji przedsiębiorstwa

Obecnie ORLEN Południe, realizując strategię transformacji spółki do biorafinerii, wdraża w Trzebinii własną innowacyjną technologię produkcji kwasu mlekowego na ścieżce mikrobiologicznej. Surowcem do produkcji będą niespożywcze materiały pochodzenia organicznego, a sam proces wytwarzania polega na przeprowadzeniu fermentacji w bioreaktorach – w sterylnych, ściśle kontrolowanych warunkach. W technologii stosuje szczep bakterii, który w sposób wydajny metabolizuje cukry zawarte w pożywce

Biotechnologia realnie przyczynia się do poprawy zdrowia człowieka, dobrostanu zwierząt, stanu środowiska i jakości życia. Stwarza także nowe, niemal nieograniczone możliwości rozwoju technologicznego i ekonomicznego. Nie sposób nie wspomnieć również o wyzwaniach dotyczących biotechnologii – regulacje i bezpieczeństwo procesowe oraz kwestie etyczne to obszary, które nie mogą zostać pominięte w procesie wprowadzania innowacji biotechnologicznych. ■

# ROZPUSZCZALNIKI

ORLEN Południe oferuje produkty adresowane do różnych gałęzi przemysłu chemicznego, zarówno wielko, jak i małotonażowego. Do strefy tej zaliczamy przede wszystkim Rozpuszczalniki.

**ORLEsol** to produkty niskoaromatyczne o śladowej zawartości siarki i benzenu. Używane są w wielu procesach przemysłowych.

## ORLEsol E70/120

- do produkcji rozpuszczalników, rozcieńczalników
- w przemyśle farb, lakierów, klejów i szczeliw
- do produkcji chemii budowlanej i gospodarczej
- w przemyśle metalowym i chemicznym
- do mycia i odtłuszczenia.

## ORLEsol 60/90

- w przemyśle klejów, szczeliw, farb i lakierów
- do produkcji rozcieńczalników, chemikaliów, chemii budowlanej
- do produkcji aerozoli (kosmetyka samochodowa, lakiery pianki, parafarmaceutyki, techniczne np. odmrażacze do zamków)
- w przemyśle farmaceutycznym
- do mycia i odtłuszczenia.

## ORLEsol 110/170

- w dalszych procesach chemicznych.

## ORLEsol C-56

- do produkcji rozpuszczalników i rozcieńczalników.

## ORLEsol NP80

- do spieniania tworzyw sztucznych.



## KONTAKT

■ **Mariusz Kopciuch**  
tel. +48 24 201 07 16  
kom. +48 605 092 246  
Mariusz.Kopciuch@orlen.pl

■ **Maciej Niechaj**  
tel. +48 24 201 01 39  
kom. +48 665 444 843  
Maciej.Niechaj@orlen.pl

*Sprzedaż ORLEsoli prowadzona jest w procedurze zwolnionej akcyzy (ze względu na przeznaczenie), w procedurze zawieszonyj akcyzy, z zapłaconą akcyzą. Kod CN 27101225.*



Fot. Grupy CIECH

# WYCHWYCIĆ CO<sub>2</sub>

Grupa CIECH

Zespół badawczo-rozwojowy Grupy CIECH opracował innowacyjną metodę odzyskiwania dwutlenku węgla podczas procesu produkcji sody oczyszczonej, która pozwoli na zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o ok. 3 tys. ton rocznie.

Rozwiązanie zaproponowane przez dział R&D Grupy CIECH umożliwia nie tylko ograniczenie emisji dwutlenku węgla, ale także jego odzyskiwanie i wykorzystanie do dalszej produkcji, co z kolei zmniejsza zapotrzebowanie na gaz pozyskiwany w procesie wypalania kamienia wapiennego w specjalnych piecach. Pozwala to również na mniejsze zużycie zarówno tego kamienia, jak i koksu (paliwa piecowego).

Uruchomiona w Inowrocławiu instalacja odzysku gazu przy DCB to efekt długofalowych działań i pracy zespołu technologów oraz specjalistów produkcji. Budowę instalacji na terenie zakładu CIECH Soda Polska zakończono w połowie 2023 roku, jednak symulacje oraz projekt były przygotowywane od dwóch lat. Koncepcja rozwiązania jest autorska, gdyż została stworzona bezpośrednio przez pracowników Grupy CIECH.

W sumie, tylko w 2023 roku CIECH Soda Polska zainwestuje w transformację technologiczną swojego biznesu ok. 287 mln zł, w tym aż 125 mln zł w zakładzie w Inowrocławiu.

## Kluczowe elementy instalacji

W rozwiązaniu opracowanym przez CIECH źródłem odzyskanego gazu jest aparat DCB – dekarbonator, którego zadaniem jest obniżenie stopnia karbonizacji ługu przez desorpcję CO<sub>2</sub> za pomocą pary na wypełnieniu skrubierowym, czyli absorpcyjnym (pierścienie Palla).

Kluczowym elementem instalacji i rdzeniem rozwiązania jest wysokoobrotowy wentylator bocznokanałowy. Aparat, pomimo swoich niewielkich rozmiarów i niskiej konsumpcji energii, jest w stanie wytworzyć sprężenie rzędu 35 kPa i przetłoczyć do 500 Nm<sup>3</sup>/h gazu. Gaz z DCB charakteryzuje się wysoką gęstością



## BARDZIEJ ZRÓWNOWAŻONA PRODUKCJA

– Projekt stanowił duże wyzwanie, bowiem kluczowa była także precyzja w przygotowaniu instalacji przystosowanej do ciągu produkcyjnego fabryki, funkcjonującej w trybie 24/7

– mówi **Marian Szkudlarek**, Head of Corporate Research w Grupie CIECH. – To kolejna innowacja zapewniająca ograniczenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery oraz obniżenie energochłonności procesu, a zatem spełniająca założenia rozwoju Grupy w kierunku bardziej zrównoważonej produkcji, co jest zgodne z naszą strategią ESG – dodaje przedstawiciel Grupy CIECH.



Fot. Grupa CIECH

i stanowi niemal czysty dwutlenek węgla. Rozwiązanie pomyślnie przeszło testy ruchowe. Precyzyjnie zaprojektowana instalacja została wyposażona w automatyczną regulację procesu w taki sposób, aby dostarczyć niezbędnych informacji technologicznych przy zminimalizowaniu czynności obsługowych. Układ

– poprzez bezpośredni zawrót gazu do strony ssawnej – zabezpieczono przed pompazem i uszkodzeniami samego wentylatora.

### Ambitna strategia ESG

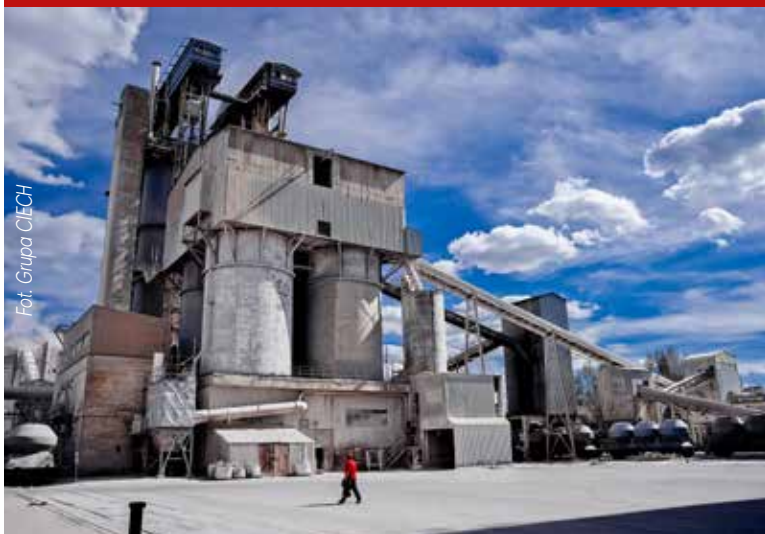
Odzyskiwanie gazu to kolejna innowacyjna technologia wdrożona w ostatnich latach w zakładzie sodowym CIECH w Inowrocławiu. W 2022 roku uruchomiono układ odzysku soli wypadowej na instalacji chlorku wapnia.

W 2021 roku, po dwóch latach pilotażu, w fabryce zaczęła działać instalacja wychwytu dwutlenku węgla z procesu produkcji sody kalcynowanej, która pozwala na zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o co najmniej 6 tys. ton rocznie. Innowacja opracowana przez dział badań i rozwoju CIECH oraz Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla (obecnie: Instytut Technologii Paliw i Energii) nie tylko zwiększa efektywność produkcji sody kalcynowanej poprzez obniżenie emisji dwutlenku węgla, ale także ogranicza odpady produkcyjne oraz zmniejsza ilość wykorzystywanych surowców.



Tylko w 2023 roku CIECH Soda Polska zainwestuje w transformację technologiczną swojego biznesu ok. 287 mln zł

## O CIECH SODA POLSKA



Fot. Grupa CIECH

Spółka CIECH Soda Polska, wchodząca w skład Grupy CIECH, jest największym producentem sody kalcynowanej w Polsce i Europie Środkowo-Wschodniej oraz czołowym wytwórcą soli warzonej w Polsce. To również jedno z kluczowych przedsiębiorstw w województwie kujawsko-pomorskim. Posiada dwa zakłady produkcyjne, znajdujące się w Inowrocławiu i Janikowie. Zatrudniając ponad 1500 pracowników w powiecie inowrocławskim, CIECH Soda Polska jest jednym z największych i najbardziej znaczących pracodawców na lokalnym rynku.

Ponadto, na różnym etapie zaawansowania, CIECH prowadzi prace nad kilkunastoma rozwiązaniami, które nie tylko zwiększają efektywność operacyjną w fabrykach produkcyjnych grupy, lecz także minimalizują wpływ ich działalności na środowisko i otoczenie, co jest odzwierciedleniem ambitnej strategii ESG Grupy, zakładającej osiągnięcie neutralności klimatycznej koncernu do 2040 roku.

### Odpowiedzialni społecznie

Jako jeden z największych polskich eksporterów, CIECH wysyła swoje towary na niemal wszystkie kontynenty. Powstają z nich artykuły niezbędne w codziennym życiu milionów ludzi na całym świecie, dlatego Grupa jest ważnym elementem wielu gałęzi gospodarki: budownictwa, motoryzacji, rolnictwa, przemysłu chemicznego, spożywczego czy farmaceutycznego.

CIECH łączy nowoczesne podejście do biznesu z dbałością o zrównoważony rozwój. Od 2020 roku jest członkiem United Nations Global Compact – największej na świecie inicjatywy skupiającej przedsiębiorstwa odpowiedzialne społecznie, środowiskowo i ekonomicznie. ■

## RAZEM DLA PLANETY

15 listopada 2023 r., podczas Finałowej Gali Programu dla klientów BASF Polska: „Razem dla Planety”, odbyło się uroczyste wręczenie nagród laureatom tego programu.

BASF od lat angażuje się w ochronę klimatu. – Wierzmy, że każdy może mieć wpływ na środowisko. Dlatego zaprosiliśmy naszych klientów do podzielenia się swoimi doświadczeniami w zakresie zrównoważonego rozwoju. Wiemy, że wiele firm prowadzi działania w tym zakresie, ale nie zawsze mają one możliwość ich zaprezentowania szerszej publiczności. Program „Razem dla Planety” to doskonała okazja do wymiany wiedzy i inspiracji” – powiedziała Katarzyna Jedynak, Head of Sales Industrial Chemicals/BTC.



Informacje o nagrodzonych, firmach biorących udział w programie oraz o laureatach na [www.kierunekCHEMIA.pl](http://www.kierunekCHEMIA.pl). Druga edycja Programu Razem dla Planety jest planowana na 2024 rok.

Źródło, fot.: BASF



## JAK OCZYŚCIĆ WODĘ Z METALI CIĘŻKICH

Badania dr. inż. Macieja Thomasa z Politechniki Krakowskiej mogą w przyszłości przyczynić się do rozwiązania problemu zanieczyszczeń środowiska naturalnego metalami ciężkimi.

Dr inż. Maciej Thomas z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej znalazł się wśród laureatów konkursu MINIATURA 7. Otrzyma on wsparcie finansowe na projekt wstępnych badań nad syntezą politiowęglanu sodu i oceną możliwości jego zastosowania do usuwania wybranych metali ciężkich z roztworów wodnych.

Jak wyjaśnia, obecnie wykorzystuje się do tego wiele związków: – Ciągle jednak nie ma rozwiązań doskonałych, dlatego poszukuje się nowych związków, które mogłyby wyeliminować wszystkie niedostatk

nie tych aktualnie stosowanych lub stanowić dla nich interesującą alternatywę. Związki te powinny charakteryzować się nie tylko wysoką skutecznością usuwania jonów metali ciężkich z roztworów wodnych, ale również niewielką toksycznością ogólną oraz w stosunku do różnych elementów środowiska, w tym do mikro(organizmów) wodnych. Takim związkiem, niedostatecznie poznany

i zbadanym, w kontekście jego zastosowania do usuwania jonów metali ciężkich, jest politiowęglan sodu. Wydaje się być obiecującym ze względu na jego potencjalnie wysoką efektywność. Czy jednak faktycznie sprawdzi się wobec skali wyzwania, to wymaga przeprowadzenia odpowiednich badań – zaznacza naukowiec PK.

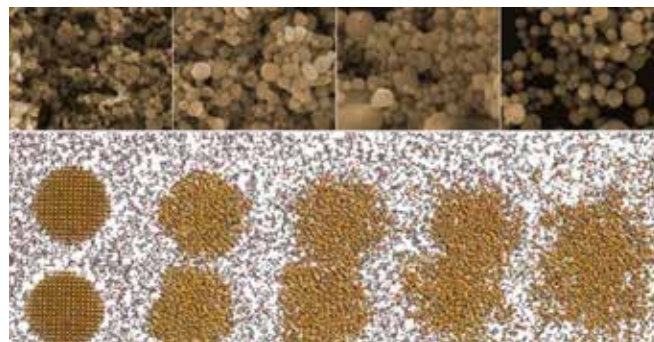
Rozstrzygnięcia czwartej rundy konkursu Miniatura przedstawiło Narodowe Centrum Nauki. W tym rozdaniu 71 naukowców przeprowadzi badania wstępne i pilotażowe, kwerendy, staże naukowe i wyjazdy badawcze lub konsultacyjne o łącznej wartości niemal 2,7 mln zł. W grupie nauk ścisłych i technicznych plany badawcze zrealizuje 21 naukowców. Działania zostaną zrealizowane w 44 jednostkach naukowych z 17 polskich miast.

Źródło, fot.: Politechnika Krakowska



## NA TROPIE TAŃSZEGO KOMPONENTU ZIELONYCH ENERGII

Naukowcy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie wpadli na trop materiałów, które katalizują etanol tak samo efektywnie jak kosztowna platyna, ale przy wykorzystaniu wielokrotnie tańszego pierwiastka.



Dla produkcji zielonej energii elektrycznej konieczne są ogniwa paliwowe zasilane etanolem, przy produkcji których używa się bardzo drogich katalizatorów etanolu z platyny. Krakowscy fizycy naświetlili impulsami laserowymi zawiesinę z nanocząstkami, co spowodowało, że znajdujące się w niej drobiny przechodziły mniej lub bardziej skomplikowane reakcje chemiczne. Jeden z otrzymanych w wyniku reakcji materiałów ma wysoką efektywność w katalizowaniu etanolu.

Odkrycie jest istotne z punktu widzenia zielonych energii, ponieważ etanol to paliwo o niskim stopniu toksyczności, można go łatwo magazynować i wytwarzać w sposób odnawialny, np. z biomasy. Dzięki temu istnieje szansa na pozyskanie z niego kilkukrotnie więcej energii elektrycznej niż w przypadku obecnie popularnych źródeł zasilania.

– Znalezione przez nas katalizator może mieć istotny wpływ na jej redukcję, a w konsekwencji na dostępność nowych ogniwa na rynku konsumenckim. Jego głównym składnikiem jest bowiem nie platyna, lecz niemal 250 razy od niej tańsza miedź – mówi dr Mohammad Shakeri z Instytutu w Krakowie.

Prace nad laserowym stapianiem nanostruktur miedzi zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki.

Źródło, fot.: PAN



## ŚNIEŻKA PRZYSTĄPIŁA DO POLSKIEGO PAKTU PLASTIKOWEGO

**Dzięki udziałowi w tej inicjatywie Śnieżka będzie mogła poszerzyć zakres działań na rzecz wprowadzania obiegu zamkniętego opakowań.**

Przystąpienie do Paktu jest zgodne z celami Strategii Zrównoważonego Rozwoju Śnieżki 2023+, ogłoszonej na początku bieżącego roku, która obejmuje trzy filary: Środowisko, Ludzie i Biznes. W ramach pierwszego filaru – Środowisko – Śnieżka będzie wykorzystywać opakowania zawierające określony procent surowca pochodzącego z recyklingu.

W przypadku opakowań z tworzyw sztucznych Śnieżka zadeklarowała, że do końca 2023 roku co drugie opakowanie będzie posiadało minimum 10% udziału surowca z recyklingu.

– Przystąpiliśmy do Polskiego Paktu Plastikowego, ponieważ chcemy się dobrze przygotować do nadchodzących zmian legislacyjnych. Widzimy wartość w wymianie wiedzy i partnerstwie na poziomie całego łańcucha wartości. Wierzymy, że dołączając do Paktu, stajemy się częścią profesjonalnej platformy współpracy na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym, co istotnie wesprze realizację naszych celów i założeń w obszarze opakowań – mówi Waldemar Jezioro, dyrektor ds. zakupów Grupy Kapitałowej Śnieżka.

Źródło, fot.: Śnieżka

## ROZMAITOŚCI

# 100 000

tyle jest zarejestrowanych samochodów elektrycznych w Polsce

Źródło: Newsroom



– Ponad 70 proc. przedsiębiorców uwzględnia kwestie środowiskowe przy podejmowaniu decyzji biznesowych.

To dosyć duży odsetek, choć jeśli weźmiemy pod uwagę to, dla ilu przedsiębiorców te kwestie mają znaczenie fundamentalne, to wygląda znacznie gorzej

– mówi

**Izabela Banaś,**

zastępca dyrektora Departamentu Analiz i Strategii w Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości

Źródło: Newseria Biznes

## ORLEN I GAZ-SYSTEM BĘDĄ WSPÓŁPRACOWAĆ

**ORLEN i GAZ-SYSTEM S.A. podpisali list intencyjny dotyczący podjęcia działań związanych z przygotowaniem warunków do wdrożenia technologii wychwytywania, przesyłu i sekwestracji CO<sub>2</sub>.**

List intencyjny podpisany przez ORLEN i Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A. przewiduje podjęcie współpracy w postaci koordynacji działań dotyczących m.in. opracowania i realizacji rozwiązań technicznych, umożliwiających efektywne wdrażanie w Polsce technologii wychwytywania, przesyłu i magazynowania dwutlenku węgla. Istotnym elementem tego procesu będzie zdefiniowanie zasad prowadzenia tego rodzaju działalności i w przyszłości stworzenie warunków do transportu rurociągami dwutlenku węgla z miejsc jego produkcji i wychwytu do miejsc magazynowania.



Fot. 123rf

– Wdrożenie technologii wychwytywania, magazynowania i zagospodarowania dwutlenku węgla jest niezbędnym elementem transformacji krajowej gospodarki. Dla firm, które z powodów technologicznych nie są w stanie wyeliminować emisji CO<sub>2</sub>, to jedyna możliwość ograniczenia ich śladu węglowego – mówi Daniel Obajtek, prezes zarządu ORLEN.

Źródło: ORLEN

## ODZYSK SUROWCÓW Z PANELI FOTOWOLTAICZNYCH

**Rosnąca liczba instalacji fotowoltaicznych rodzi obawy o wzrost odpadów pochodzących ze zużytych lub uszkodzonych paneli. Mogą w tym pomóc technologie opracowane przez polskich naukowców.**

– Panele pierwszej i drugiej generacji składają się w ok. 10 proc. z aluminium i w 60-70 proc. ze szkła. Prostyimi technologiami przeróbki mechanicznej możemy więc usunąć 80 proc. odpadu, uzyskując zupełnie dobre surowce wtórne. W zależności od tego, z którą generacją paneli mamy do czynienia, zawsze mamy srebro, zawsze mamy miedź. To są pierwiastki, których odzysk mamy w tej chwili opanowany. Oczywiście tam jeszcze jest tellur, pierwiastki ziem rzadkich, ale

są to nieduże ilości. Dopiero zaczynamy startować z taką technologią, żeby ich odzysk był w miarę opłacalny – mówi prof. dr hab. inż. Barbara Tora z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Rozwiązania powstałe z pomocą laboratoriów AGH pozwalają odzyskiwać blisko 100 proc. surowców stosowanych w panelach PV. Technologia pozwala m.in. na odzyskanie czystego krzemu, który stanowi około 50 proc. wartości surowców, jakie można uzyskać ze zużytych paneli.

Źródło: Newseria



Fot. 123rf



Fot. NSI Mobile Water Solutions

## MOBILNE ROZWIĄZANIA W ZAKRESIE UZDATNIANIA WODY

Minimalizacja trudnych ścieków w zakładach produkcyjnych

**Jakub Jasiński**

NSI Mobile Water Solutions

Rozwiązania w zakresie uzdatniania wody przeszły ogromną ewolucję. Od tradycyjnych praktyk polegających na wymianie jonowej do zaawansowanych technologii mieszanych. Firma NSI Mobile Water Solutions (MWS), będąca częścią Nijhuis Industries, dostarcza innowacje w zakresie mobilnego uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w odpowiedzi na zmieniające się przepisy dotyczące ochrony środowiska.

**P**rodukcja wysokiej jakości wody często opiera się na technologiach wymiany jonowej (IX), wykorzystujących żywice do usuwania i redukcji rozpuszczonych jonów. Historycznie ta metoda leży u podstaw mobilnych rozwiązań w zakresie uzdatniania wody, w których żywice jonowymiennne były umieszczane w zbiornikach montowanych w przyczepach.

W ostatnich latach tradycyjne systemy wymiany jonowej stały się bardziej zaawansowane i korzystniejsze, szczególnie w sytuacjach kryzysowych lub gdy konieczne są szybkie reakcje. Obecnie kierownicy zakładów produkcyjnych chcą mieć pewność, że mogą się skontaktować z dostawcami i że zasoby oraz inżynierowie będą dostępni 24/7, 365 dni w roku,

gotowi do dostarczenia wymaganej ilości uzdatnionej wody, o określonej jakości, zawsze i wszędzie, gdy tego potrzebują.

Montowane w przyczepach elementy wymiany jonowej, np. MODI 15000T, produkcji NSI Mobile Water Solutions, wyróżniają się jako rozwiązania o krótkim czasie wdrożenia, mające na celu zaspokojenie pilnych potrzeb operatorów przemysłowych. Te wysokowydajne, wysokoprzepływowe jednostki typu plug-and-play mogą być oddane do użytku w zakładzie w ciągu kilku godzin i umożliwiają szybkie napełnienie zbiorników wody uzdatnionej i zmniejszenie ryzyka produkcyjnego. Co więcej, MODI 15000T może pochwalić się małym gabarytem, ma własne zasilanie i umożliwia zdalne monitorowanie.

## Regeneracja poza terenem zakładu – korzyści

W odpowiedzi na potrzeby europejskich kierowników zakładów produkcyjnych firma NSI Mobile Water Solutions strategicznie ulokowała kilka centrów regeneracji żywic jonowymiennych na całym kontynencie, w tym w kluczowych lokalizacjach w Heinsbergu, w Niemczech, w Wissous, we Francji, a także jedno w Wielkiej Brytanii. Centra te uzupełniają osiem magazynów, które MWS posiada w Europie, w tym jeden w Polsce. Korzyści płynące z rozwoju są odczuwalne bezpośrednio przez kierowników zakładów produkcyjnych, ponieważ zapewniają one stały i pewny dostęp do uzdatnionej wody, 24/7, 365 dni w roku.

Wprowadzenie wymiany jonowej z mobilną demineralizacją (MODI) zapewnia operatorom zakładów produkcyjnych kilka korzyści, szczególnie w odniesieniu do istotnej kwestii zarządzania ściekami. Tradycyjna regeneracja żywicy w zakładzie klienta, przy braku systemu odwróconej osmozy (RO), zazwyczaj wymaga codziennej regeneracji, co powoduje powstawanie strumieni ciężkich ścieków. Problem polega na tym, że takie strumienie ścieków często są objęte specjalnymi kodami odpadów w Polsce i w całej Unii Europejskiej, co sprawia, że ich usuwanie jest trudniejsze, droższe i podlega surowym ograniczeniom, zgodnie z rygorystycznymi wymaganiami środowiskowymi określonymi przez UE i lokalne władze.

Innowacyjny aspekt wymiany jonowej z wykorzystaniem zasobów MODI Mobile Water Solutions polega na tym, że pozwala ona przenieść problem obsługi tych ścieków z terenu zakładu klienta na specjalistyczne centra regeneracyjne. Oznacza to, że ścieki zawierające szkodliwe substancje chemiczne są generowane i zarządzane poza terenem zakładu.

Co więcej, dzięki regeneracji żywicy poza zakładem produkcyjnym, kierownicy mogą ograniczyć gospodarkę substancjami chemicznymi na terenie zakładu. Model najmu wymiany jonowej nie tylko promuje zrównoważony rozwój środowiska poprzez recykling żywicy, ale też umożliwia operatorom zakładów przemysłowych korzystanie z zasobów do uzdatniania wody bez ich bezpośredniego udziału. Metoda ta przynosi zarówno korzyści ekonomiczne, jak i środowiskowe, optymalizując wykorzystanie zasobów. W ten sposób wymiana jonowa MODI usprawnia proces zarządzania ściekami i dostosowuje się do zmieniających się przepisów w zakresie ochrony środowiska, oferując kompleksowe rozwiązanie dla operatorów zakładów.

## Uzyskanie oczyszczonej wody z wykorzystaniem technologii mieszanych

Operatorzy zakładów coraz częściej wybierają technologie mieszane w celu osiągnięcia jeszcze lepszych wyników uzdatniania wody, efektywności kosztowej oraz przestrzegania rygorystycznych lokalnych wymagań środowiskowych. Ta zmiana pokrywa

się z ewoluującymi potrzebami zakładów przemysłowych, które wymagają obecnie szerszego zakresu mobilnych technologii fizycznych i chemicznych. Wymogi te obejmują różne metody, w tym oczyszczania wstępnego, takie jak klaryfikacja i filtrowanie, jak również zaawansowanych procesów, jak odwrócona osmoza, absorpcja dwutlenku węgla, ultrafiltracja oraz dodatkowy sprzęt.

Jedną z popularnych możliwości jest zastosowanie odwróconej osmozy (RO) przed wymianą jonową do produkcji wody demineralizowanej. RO i IX są często uważane za technologie uzupełniające. W RO wykorzystuje się półprzepuszczalną membranę do oddzielania 95-98% rozpuszczonych ciał stałych i cząstek z wodzie. W procesie RO woda zasilająca wpływa do membrany pod ciśnieniem, a cząsteczki wody przenikają, podczas gdy zanieczyszczenia są przechwytywane i odprowadzane do kanalizacji.

W porównaniu z metodami alternatywnymi jednostka RO zainstalowana przed systemem IX ma wiele zalet. Wymaga ona ograniczonego użycia środków chemicznych regeneracji, ułatwiając pracę, utrzymuje niskie koszty i zapewnia bezpieczniejsze środowisko pracy. Dzięki RO proces demineralizacji nie jest tak obciążający dla żywic. W związku z tym zmniejsza się zapotrzebowanie na regenerację, powstaje mniej ścieków, co pozwala znacznie zaoszczędzić i ograniczyć wpływ na środowisko.

Zastosowanie mobilnego RO produkcji Mobile Water Solutions, w połączeniu z mobilnym systemem wymiany jonowej MODI I5000T, stanowi idealne rozwiązanie przy minimalnych wymaganiach dotyczących regeneracji, zapewnia efektywność kosztową i całkowicie eliminuje powstawanie problematycznych strumieni ścieków (klasyfikowanych według kodu odpadu) po zakończeniu procesu wymiany jonowej w zakładzie produkcyjnym.

## Rozwój strategii uzdatniania wody

W Europie coraz szersze działania związane z uzdatnianiem wody, połączone z dużą koncentracją na jakości wody, coraz większymi problemami środowiskowymi oraz surowszymi lokalnymi przepisami w zakresie odprowadzania wody skłaniają przedsiębiorstwa przemysłowe do poszukiwania sposobów poprawy metod uzdatniania wody i oczyszczania ścieków. Nowe procesy uzdatniania można wdrożyć w celu optymalizacji zużycia wody i zmniejszenia kosztów. NSI Mobile Water Solutions może pomóc w formie mobilnej wymiany jonowej oraz mobilnej odwróconej osmozy, zarówno w zakresie krótkoterminowych (testowanie lub tymczasowe zapotrzebowanie), jak i długoterminowych rozwiązań mobilnych.

W celu uzyskania dodatkowych informacji prosimy o kontakt pod adresem [mws@nijhuisindustries.com](mailto:mws@nijhuisindustries.com) ■

# USUWANIE SIARCZANÓW(VI) ZE ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH

prof. dr hab. inż. Krzysztof Barbusiński

Katedra Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, Gliwice

Siarczany(VI) są powszechnie występującym zanieczyszczeniem w ściekach przemysłowych. Ich usuwanie w formie minerału etryngitu, z wykorzystaniem cementów glinowo-wapniowych, jest procesem bardzo efektywnym i tańszym w stosunku do innych metod chemicznego strącania.

Siarczany, czyli reszty kwasowe kwasu siarkowego(VI), są powszechnie występującym zanieczyszczeniem w ściekach przemysłowych. Znajdują się w szczególności w ściekach z przemysłu papierniczego, nawozowego, tekstylnego, produkcji pestycydów, procesu anodowania aluminium, z zakładów obróbki metali, zakładów przemysłu zbrojeniowego, produkcji zapalników i materiałów wybuchowych, a nawet z przetwórstwa roślin okopowych, takich jak imbir czy buraki.

Występują również w dużych stężeniach w odprowadzanych do środowiska wodach kopalnianych i odpływach z innych zakładów wydobywczych [1, 2]. Większość tego typu zakładów musi zostać wyposażona we własną instalację podczyszczania lub oczyszczania w celu zmniejszenia stężenia siarczanów do poziomu pozwalającego na odprowadzenie do środowiska lub sieci kanalizacji miejskiej.

Siarczany szczególnie niekorzystnie wpływają na kanalizację, powodując jej korozję. Działają również negatywnie na odbiorniki ścieków. Z kolei komunalne oczyszczalnie nie są przystosowane do usuwania siarczanów, ponieważ ścieki bytowe charakteryzują się bardzo małą zawartością tego typu zanieczyszczenia. Jednak w przypadku doprowadzenia do takich biologicznych oczyszczalni większych stężeń siarczanów następuje akceleracja wzrostu bakterii nitkowatych w osadzie czynnym, pogarszając jego zdolności sedymentacyjne [3].

## Metody usuwania siarczanów(VI) – procesy separacyjne

Do usuwania siarczanów można zastosować: procesy separacyjne (separacja fizyczna i chemiczna), metody biologiczne lub chemiczne.

Procesy separacyjne bazują na technologiach membranowych (separacja fizyczna) oraz jonitowych (separacja chemiczna). Biorąc pod uwagę budowę oraz ładunek cząsteczki  $\text{SO}_4^{2-}$  wykazuje ona podatność na usuwanie w procesach separacji fizycznej: nanofiltracji (NF), odwróconej osmozy (RO), elektrodjonizacji (CEDI) oraz elektrodializy odwracalnej (EDR) [4, 5].

W ostatnich latach znacznym zainteresowaniem cieszy się właśnie proces elektrodializy odwracalnej (EDR). Jest to niskociśnieniowa (ciśnienie mniejsze niż 1,7 bar) technologia membranowa, w której jony transportowane są przez membrany kationowo i anionowo selektywne, z użyciem prądu. Jej zaletą jest znaczny stopień usunięcia jonów dwuwartościowych oraz mniejsze koszty eksploatacyjne i inwestycyjne w porównaniu do innych metod membranowych. Ponadto metoda EDR sprawdza się dla wód zawierających substancje rozpuszczone, substancje zawieszane w wodzie i przy wysokim współczynniku SDI (Salt Density Index), powyżej 5, co stanowi ograniczenie do stosowania w powszechnie znanych technologiach membranowych. Membrany używane w technologii EDR są też odporne na utleniacze.

Z kolei separacja chemiczna polega na zastosowaniu złożeń jonowymiennych. W tym przypadku jony siarczanowe(VI) wymieniane są za grupy  $\text{OH}^-$  przez kontakt z żywicą anionową. Jednak należy zaznaczyć, że metody separacyjne nie powodują unieszkodliwienia zanieczyszczeń, a jedynie ich zatężenie i przeniesienie do innego medium, które należy poddać dalszym procesom utylizacji. Dodatkowo, w przypadku obydwu procesów istnieje ryzyko wytrącania się nierozpuszczalnych soli siarczanowych powodujących zjawisko scalingu membran oraz cementowania złożeń jonitowych [2].

### Metody biologiczne

Inną grupą procesów używanych do zmniejszenia zawartości siarczanów(VI) w ściekach są metody biologiczne. Wykorzystuje się tutaj bakterie desulfurykacyjne mające zdolność do dysymilacyjnej redukcji siarczanów, co pozwala osiągnąć wysoki stopień ich redukcji. Mikroorganizmy te są bezwzględnie beztlenowcami i posiadają zdolność przekazywania wodoru do siarczanów(VI), jako ostatniego akceptora, powodując redukcję do siarczków. Bakterie z rodzaju *Desulfovibrio* (głównie *Desulfovibrio desulfuricans*) są najlepiej poznanymi przedstawicielami szerokiej i bardzo zróżnicowanej grupy bakterii redukujących siarczany, zdolnych do prowadzenia dysymilacyjnej redukcji związków siarki (siarczanów(IV), siarczanów(VI), tiosiarczanów, siarczków oraz siarki elementarnej) do siarkowodoru. Reakcja ta dostarcza energię niezbędną do wzrostu bakterii. Bakterie *Desulfovibrio desulfuricans*, oprócz obecności siarczanów(VI), siarczanów(IV) bądź tiosiarczanów, wymagają do metabolizmu obecności związków organicznych. Donorami wodoru dla bakterii desulfurykacyjnych mogą być sole kwasów karboksylowych (mleczany, octany, mrówczany, piro-

groniany), alkohole (metanol, etanol, propanol), a także wyższe kwasy tłuszczowe, związki aromatyczne oraz wodoró cząsteczkowy. Wytworzone w wyniku działalności mikroorganizmów jony siarczkowe reagują z jonami metali śladowych, obecnymi zwykle w ściekach zawierających duże ilości siarczanów, wytrącając je z roztworu w postaci nierozpuszczalnych osadów [2, 6].

Przykładowe wyniki badań [6] biologicznej redukcji siarczanów(VI) w ściekach z przemysłu metali nieżelaznych, z wykorzystaniem bakterii desulfurykacyjnych, wykazały, że przy stosunku  $[\text{ChZT}]/[\text{SO}_4^{2-}] \approx 2,0$  (co wymagało ciągłego zasilania układu mleczanem sodu) oraz temperaturze  $30 \pm 5^\circ\text{C}$  i 7-dobowym czasie przetrzymania ścieków w reaktorze beztlenowym, proces redukcji przebiegał z około 90% skutecznością. Obecność w ściekach jonów cynku, kadmu oraz ołowiu w ilości po  $5 \text{ g/m}^3$  ograniczyła sprawność redukcji siarczanów do 50%, przy czym towarzyszyło jej istotne zmniejszenie zawartości jonów cynku i kadmu (ok. 60%) oraz ołowiu (ok. 80%). Dobre rezultaty daje również powiązanie metody beztlenowej z utlenianiem powstałych siarczków. W pierwszym etapie siarczany redukowane są do siarczków, w drugim natomiast siarczki utleniane są do siarki elementarnej przez chemotroficzne i fototroficzne bakterie siarkowe. W warunkach niedotlenionych (stężenie tlenu  $< 0,1 \text{ mg/dm}^3$ ) siarka elementarna jest głównym produktem utleniania siarczków.

”

Do usuwania siarczanów można zastosować: procesy separacyjne (separacja fizyczna i chemiczna), metody biologiczne lub chemiczne

### Metody chemiczne

Z kolei metody chemiczne usuwania jonów siarczanowych(VI) ze ścieków bazują w głównej mierze na ich wytrącaniu z roztworu w postaci soli. Można do nich zaliczyć: strącanie wapnem, chlorkiem baru lub strącanie w postaci etryngitu. Metody te są stosowane do oczyszczania wysoko zasolonych ścieków przemysłowych, w których stężenie  $\text{SO}_4^{2-}$  wynosi powyżej  $2000 \text{ mg/dm}^3$  [2].

Najprostszą z metod jest wytrącanie siarczanu(VI) wapnia, czyli gipsu w odpowiednich warunkach pH, poprzez dodatek wodorotlenku wapnia lub węglanu wapnia. To reakcja szeroko stosowana w przemyśle, jednak jej głównym ograniczeniem jest relatywnie duża rozpuszczalność powstałego związku w wodzie ( $2,4 \text{ g CaSO}_4/\text{dm}^3$  w  $20^\circ\text{C}$ , w przeliczeniu na bezwodny). W praktyce, zgodnie z danymi literaturowymi można osiągnąć stężenie siarczanów w ściekach oczyszczonych na poziomie  $800\text{--}2000 \text{ mg/dm}^3$  [2, 6].

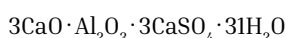
**SIARCZANY** są powszechnie występującym zanieczyszczeniem w ściekach przemysłowych, m.in. z przemysłu papierniczego, nawozowego, produkcji pestycydów, z zakładów obróbki metali czy zakładów przemysłu zbrojeniowego



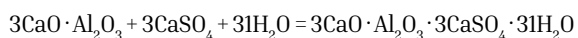
Fot. 123rf

Druga z wymienionych metod – strącanie siarczanów w postaci soli baru – charakteryzuje się większą efektywnością procesową, jednak zastosowanie w reakcji chlorku baru skutkuje zwiększeniem w ściekach zarówno stężenia jonów chlorkowych o działaniu korozyjnym, jak i stężenia jonów baru o właściwościach toksycznych [2]. Dodatkowo cena chlorku baru jest znaczna, dlatego metoda ta nie jest konkurencyjna pod względem ekonomicznym.

Efektywniejsze i tańsze w zastosowaniu jest wytrącanie siarczanów w formie etryngitu – minerału (hydratu siarczanu glinowo-wapniowego), który został odkryty ponad 100 lat temu w Ettringer Bellerberg w Eifel (Niemcy). Etryngit powstaje w wyniku reakcji siarczanów, jonów wapnia oraz glinu. Jest to minerał o wzorze:



Reakcja chemiczna tworzenia etryngitu przedstawiana jest za pomocą równania:



Powstający podczas strącania siarczanów etryngit może być wykorzystany jako dodatek do specjalnych gatunków cementu oraz wypełniacz przy produkcji papieru [7].

Strącanie jonów siarczanowych(VI) poprzez powstawanie etryngitu znalazło zastosowanie w oczyszczaniu zasolonych wód kopalnianych. Można w tym wypadku wyróżnić takie metody, jak: proces Walhalla, SAVMIN oraz CESR. Pierwsza opisywana jest w literaturze jako „standardowa metoda” usuwania siarczanów w ściekach dla małych wartości przepływów, w której zastosowanie ma wapno Walhalla oraz wodorotlenek glinu. W procesie SAVMIN jako źródło jonów  $\text{Al}^{3+}$  wykorzystywany jest tlenek glinu, możliwy do odzyskania po zakończonej reakcji strącania. Natomiast w me-

todzie CESR zastosowanie mają związki pochodzące z produkcji cementu, zawierające wapń oraz glin [2, 7].

Czynniki wpływające na proces strącania etryngitu

W układzie technologicznym przebieg reakcji pomiędzy jonami siarczanowymi(VI) a dodawanymi reagentami w procesie strącania – jonami wapnia oraz glinu – może być różny w zależności od warunków prowadzenia reakcji. Ze względu na najmniejszą rozpuszczalność w wodzie, a tym samym możliwość usunięcia największej ilości zanieczyszczenia, preferencyjnym produktem reakcji jest etryngit. Najważniejsze parametry wpływające na efektywność reakcji strącania siarczanów(VI) w postaci etryngitu to [2]:

- **Wartość pH:** etryngit cechuje się stabilnością w zakresie pH wynoszącym od 10,5 do 13. Niemniej możliwe jest również uzyskanie mniej stabilnej formy minerału dla pH równego 9,5 przy częściowym jego rozpuszczeniu do postaci gipsu i wodorotlenku glinu. Opublikowane wyniki badań naukowych wskazują, że najkorzystniejszy przedział wartości pH dla reakcji strącania wynosi od 11 do 12,5.
- **Dawka i postać reagentów:** do wytworzenia etryngitu konieczne jest dostarczenie do układu procesowego jonów glinu oraz wapnia w ilości co najmniej stechiometrycznej w stosunku do zawartości siarczanów(VI) w ściekach. Większość źródeł wskazuje jednak, że stechiometryczne dawki nie są wystarczające i mogą spowodować zmniejszenie efektywności procesu. Wyniki wielu badań nie są zgodne w zakresie optymalnych dawek i wskazują różne preferowane wartości stosunków masowych  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Al}^{3+}$ ; 1:0,2, 1:0,3, 1:1, 2:3, 1:4,5.
- **Czas reakcji:** czas trwania procesu zależy od dawek oraz postaci zastosowanych reagentów i zgodnie z danymi literaturowymi wynosi od 30 do nawet 300 minut. Przy pH w zakresie 11,4-12,4 i odpowiednim czasie kontaktu (30-300 min) wytrąca się



etryngit, powodując skuteczne usunięcie siarczanów ze ścieków nawet do poziomu  $< 50 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$ .

Wyniki badań na ściekach rzeczywistych

Autor artykułu wraz z zespołem zastosowali metodę strącania siarczanów (VI) w postaci etryngitu do usuwania kilku rodzajów ścieków rzeczywistych. Były to ścieki z produkcji azotanu 2-etyloheksylowego [7], ścieki z produkcji zapalek [1] oraz dwa rodzaje ścieków z zakładu hutniczego [2]. Tworzenie się etryngitu wymaga odpowiednich warunków reakcji. Jak już wspomniano, przede wszystkim potrzebna jest odpowiednia ilość jonów wapnia oraz glinu w stosunku do zawartości siarczanów w roztworze. W praktyce wymagany jest nadmiar jonów glinu i wapnia, w stosunku do ilości stechiometrycznej w odniesieniu do zawartości siarczanów(VI), co należy wyznaczyć doświadczalnie.

W badaniach, których wyniki w znacznym skrócie przedstawiono poniżej, zastosowano jeden z cementów glinowo-wapniowych jako źródło jonów glinu i wapnia niezbędnych do reakcji strącania. Zastosowanie cementu, zamiast odczynników chemicznych w tej metodzie, związane było z aspektem opłacalności ekonomicznej oraz dostępnością produktu na rynku. Ze względu na ogólną dostępność na rynku oraz dużą zawartość tlenku glinu i tlenku wapnia w składzie, jako źródło jonów glinu oraz jonów wapnia wybrano cement glinowo-wapniowy Górkal 40 o składzie [8]: zawartość  $\text{Al}_2\text{O}_3 > 41\%$ ;  $\text{CaO} > 35,5\%$ ;  $\text{SiO}_2 < 4\%$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \leq 16\%$ . Zakłady Górka Cement Sp. z o.o. produkują również inne rodzaje cementów glinowo-wapniowych (Górkal 50+; Górkal 70; Górkal 80), różniące się zawartością poszczególnych składników.

### Ścieki z produkcji azotanu 2-etyloheksylowego

Azotan 2-etyloheksylowy (2-EHN) jest stosowany jako dodatek do oleju napędowego dla silników diesla, zwiększający jego liczbę cetanową. Powstaje przez estryfikację 2-etyloheksanolu kwasem azotowym w obecności kwasu siarkowego. 2-EHN to przejrzysta ciecz o charakterystycznym zapachu. Badane ścieki były bezbarwne, klarowne i odznaczały się bardzo małą wartością pH 0,9-1,2, dużym stężeniem azotanów(V)  $1450 \text{ mg}/\text{dm}^3$  i siarczanów(VI)  $1880\text{--}2000 \text{ mg}/\text{dm}^3$  oraz bardzo małym stosunkiem  $\text{BZT}_5/\text{ChZT} (< 0,1)$ , co oznaczało, że nie były podatne na biologiczny rozkład. W związku z kwaśnym odczynem ścieków zastosowanie cementu Górkal 40 (G40) było uzasadnione ze względu na zawartość wapnia, który dodatkowo powoduje neutralizację ścieków dożądanego pH reakcji. Oprócz dawki cementu ścieki neutralizowano przez dodawanie tlenku wapnia, gdyż ze względu na kwaśny charakter ścieków ilość wapnia w stosowanych dawkach cementu G40 była zbyt mała, by nastąpiło skuteczne wiązanie siarczanów.

Wyniki badań potwierdziły skuteczność metody strącania siarczanów(VI) ze ścieków w postaci etryngitu. Wykazano, że bardzo istotne są tu: dawka cementu, czas reakcji i wartość pH. Ponieważ przy ilościach

dokładnie stechiometrycznych reakcja nie zachodzi do końca, dlatego zaleca się dodawać  $0,2 \text{ g Al}$  i  $1 \text{ g Ca}$  do usunięcia  $1 \text{ g}$  siarczanów(VI) (tzw. dawka praktyczna). Przy zastosowaniu dawki cementu zawierającej 130% praktycznej dawki glinu i czasu reakcji 150 minut uzyskano stopień usunięcia siarczanów 82,5%, co odpowiadało stężeniu  $330 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$ . Dla dawki  $2,16 \text{ g}/\text{dm}^3$  (120% praktycznej dawki glinu), pH 11,6 oraz czasu strącania 180 min uzyskano końcowe stężenie siarczanów  $420 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , co odpowiadało stopniowi usunięcia 77,8%. Jest to wartość pozwalająca na odprowadzenie ścieków do odbiornika. Wykonano też próby maksymalizacji efektów strącania. Przy dawce cementu G40  $2,68 \text{ g}/\text{dm}^3$  (150% dawki praktycznej glinu w cemencie), pH 11,6 i czasie reakcji 180 min usunięto siarczany z efektywnością 99,8% do  $3 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Taki sam efekt uzyskano dla nieco mniejszej dawki G40  $2,34 \text{ g}/\text{dm}^3$ , pH 11,6 oraz zwiększonym czasie reakcji do 300 min. Powyżej wartości pH 11,6 obserwowano nieznaczne pogorszenie się efektu usuwania siarczanów, który gwałtownie się obniżał powyżej pH 11,9.

### Ścieki z produkcji zapalek

Ścieki powstające w zakładzie produkującym zapalki oczyszczane były wcześniej przy użyciu odczynnika Fentona ( $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2$ ) w celu efektywnego usunięcia zanieczyszczeń organicznych i specyficznej barwy ścieków oraz poddawane procesowi neutralizacji w przykładowej oczyszczalni chemicznej. Ścieki miały jasnopomarańczową barwę, zawartość siarczanów(VI)  $2475 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , ChZT średnio  $113 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$  oraz pH w granicach 7,4-7,8. Zapotrzebowanie na jony wapnia zostało spełnione poprzez zawarty tlenek wapnia w cemencie oraz dodatek CaO do ścieków w celu korekty pH. Stechiometryczna ilość jonów do strącenia  $1 \text{ g SO}_4^{2-}$  wynosiła odpowiednio  $0,188 \text{ g Al}$  oraz  $0,833 \text{ g Ca}$ .

Wstępne wyniki badań wykazały, że najkorzystniejszą wartością odczynu było pH = 12. Wraz ze zwiększającym się pH reakcji do wartości 12, stężenie siarczanów(VI) malało w zakresie  $2475\text{--}30 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Stężenie  $30 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , co odpowiadało 98,8% usunięcia, uzyskano dla dawki cementu G40  $3,8 \text{ g}/\text{dm}^3$ , pH 12 oraz czasu reakcji 180 minut. Przy tej samej dawce G40 i czasie reakcji, ale dla pH 11,7, osiągnięto stężenie siarczanów  $700 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , natomiast przy zwiększeniu wartości pH do 12,5 odnotowano znaczne pogorszenie się skuteczności wytrącania siarczanów ( $820 \text{ mg SO}_4/\text{dm}^3$ , 66,9% usunięcia). Najlepsze efekty wytrącania odnotowano przy pH 11,7 ( $20 \text{ mg}/\text{dm}^3$ , 99% usunięcia), ale wymagało to zastosowania dawki cementu aż  $11,4 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Dla tej samej wartości pH 11,7 uzyskano stężenie siarczanów(VI) poniżej  $500 \text{ mg}/\text{dm}^3$  przy dawce G40  $7,6 \text{ g}/\text{dm}^3$  i czasie reakcji 180 minut, co odpowiadało stężeniu  $\text{SO}_4^{2-}$  na poziomie  $250 \text{ mg}/\text{dm}^3$  (89,9% usunięcia). Generalnie uzyskane wyniki pokazują, że przy tak dużych różnicach w efektach usuwania siarczanów w obrębie pH 12, w praktyce wymagana jest precyzyjna kontrola i dokładne sterowanie wartością pH procesu strącania.

## Ścieki z zakładu hutniczego

Ścieki pochodziły z branży przemysłu metalurgicznego i obróbki stali jednego z zakładów hutniczych. Przebadano dwa rodzaje ścieków: z kanału poflotacyjnego, poddane wstępnemu oczyszczaniu w procesie koagulacji i flotacji, oraz zmieszane z kanału zbiorczego, pochodzące z różnych części zakładu. Obydwa rodzaje charakteryzowały się brakiem zawiesin i dobrą klarownością. Stosunek wartości BZT<sub>5</sub>/ChZT wyniósł odpowiednio 0,11 oraz 0,13, co oznacza, że ścieki były praktycznie niepodatne na proces biologicznego rozkładu i oczyszczania. Stężenie siarczanów wyniosło odpowiednio 5018 i 10360 mg/dm<sup>3</sup>. Wyniki analiz wykazały także zawartość metali ciężkich, takich jak ołów, cynk oraz kadm.

\*\*\*

Strącanie w formie minerału etryngitu, z wykorzystaniem cementów glinowo-wapniowych stanowiących źródło jonów glinu i wapnia, jest metodą pozwalającą na usunięcie siarczanów(VI) ze ścieków przemysłowych do bardzo niskich wartości, z efektywnością dochodzącą nawet do 99,8%. Tak wysokie wartości usunięcia siarczanów mogą być konieczne przed zastosowaniem w następnej kolejności procesów membranowych, np. odwróconej osmozy (dla ochrony przed skalowaniem), w celu odzysku ze ścieków wody do różnych celów.

Efektywność strącania w formie etryngitu zależy od dawki cementu, wartości pH i czasu reakcji. Metoda ta wymaga zastosowania nadmiarowej dawki cementu glinowo-wapniowego w stosunku do wyliczonej dawki stechiometrycznej dla stężenia jonów siarczanowych w oczyszczanych ściekach. Należy jednak w każdym przypadku doświadczalnie dobierać warunki reakcji oraz dawki cementu dla konkretnego strumienia ścieków. W praktyce wymagana jest precyzyjna kontrola i dokładne sterowanie wartością pH procesu strącania. Metoda jest prosta w zastosowaniu, jednak problem może stanowić obniżanie się pH ścieków podczas trwania reakcji wytrącania siarczanów. Konieczna staje się wtedy korekta pH przy użyciu wapna jako taniego środka alkalizującego, a jednocześnie stanowiącego jeden z czynników strącających i niezbędnych do formowania etryngitu. Zastosowanie wysokiego pH reakcji, niezbędnego do wytrącania etryngitu, wymaga też korekty przed odprowadzeniem ścieków do odbiornika.

Opisana metoda sprawdziła się do ścieków przemysłowych z produkcji azotanu 2-etyloheksyloвого, ścieków z produkcji zapalek, a także do dwóch rodzajów ścieków z przemysłu hutniczego. W analizowanych ściekach surowych stężenie siarczanów zawierało się w zakresie 1880-10360 mg/dm<sup>3</sup>. Nawet dla tak ekstremalnie wysokich stężeń siarczanów(VI) jak 10360 mg/dm<sup>3</sup>, uzyskano 91,7% ich usunięcia.

”

Metoda jest prosta w zastosowaniu, jednak problem może stanowić obniżanie się pH ścieków podczas trwania reakcji wytrącania siarczanów

Badania prowadzono w reaktorze porcjowym z ciągłym mieszaniem. Na podstawie badań wstępnych, z wykorzystaniem ścieków syntetycznych oraz biorąc pod uwagę bardzo duże stężenia siarczanów w ściekach rzeczywistych, wyznaczono jednakowe dla obydwu rodzajów ścieków parametry procesu:

- czas trwania procesu: 180 minut,
- wartość pH ścieków: 12,
- dawka cementu G40: 600% dawki stechiometrycznej.

W procesie strącania stosowano także dodatkową dawkę jonów wapnia (w postaci CaO), obliczaną na podstawie ilości wapnia w dawce cementu G40 oraz docelowej wartości 600% dawki stechiometrycznej G40. Stąd dla ścieków z kanału poflotacyjnego zastosowano dawkę cementu G40 wynoszącą 17,82 g/dm<sup>3</sup> i 19,76 g/dm<sup>3</sup> CaO. Dla ścieków z kanału zbiorczego wartości te wynosiły odpowiednio 38,96 g/dm<sup>3</sup> oraz 43,19 g/dm<sup>3</sup>.

Przy założonych parametrach procesu, dla ścieków z kanału poflotacyjnego uzyskano obniżenie stężenia siarczanów do 165 mg/dm<sup>3</sup> (96,7% usunięcia), a dla ścieków z kanału zbiorczego – do 865 mg/dm<sup>3</sup> (91,7% usunięcia). Należy zaznaczyć, że w przypadku tych ostatnich zawartość siarczanów była ekstremalnie wysoka. Dlatego należałoby w kolejnych testach dokonać dalszej optymalizacji procesu. Najlepszym rozwiązaniem byłoby zwiększenie czasu reakcji do 210 lub 240 minut.

## Literatura

1. Salwiczek S., Barbusiński K., Kutek K. *Przem. Chem.*, 93 (9), 1552–1556, 2014. DOI: dx.medra.org/10.12916/przemchem.2014.1552
2. Żołnierczyk M.: Rozprawa doktorska. Politechnika Śląska, 2023 (oraz zawarte tam cytowania).
3. Barber J.B. *Industrial Wastewater Management, Treatment, and Disposal*. WEF, 2008.
4. Jin Y. et al.: *Frontiers in Water-Energy-Nexus—Nature-Based Solutions, Advanced Technologies and Best Practices for Environmental Sustainability*. *Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. 2020, pp. 407–410. DOI: 10.1007/978-3-030-13068-8\_102.
5. Fang P. et al. *Journal of Chemistry* Volume 2018, Article ID 1265168. DOI.org/10.1155/2018/1265168.
6. Fijałkowska A., Czaplicka M., Kurowski R. *Ochrona Środowiska*, 36(1), 15–19, 2014.
7. Salwiczek S., Barbusiński K. *Przem. Chem.*, 92 (5), 693–697, 2013.
8. <http://www.gorka.com.pl/gorkal40.html> ■

# Zrównoważony rozwój dzięki technologii filtracji

- Mniejsza ilość ścieków
- Mniejsze zużycie chemikaliów
- Odzyskiwanie rozwiązań procesowych
- Indywidualne rozwiązania z jednego źródła

#### Kontakt:

Rauschert Sp. z o.o. Sp. k.  
ul. Jeleniogórska 4, 58-533 Mysłakowice (Polska)  
Telefon: +48 781 230 450  
E-mail: sekretariat@rauschert.com.pl

FTRJ i inopor to marki Rauschert



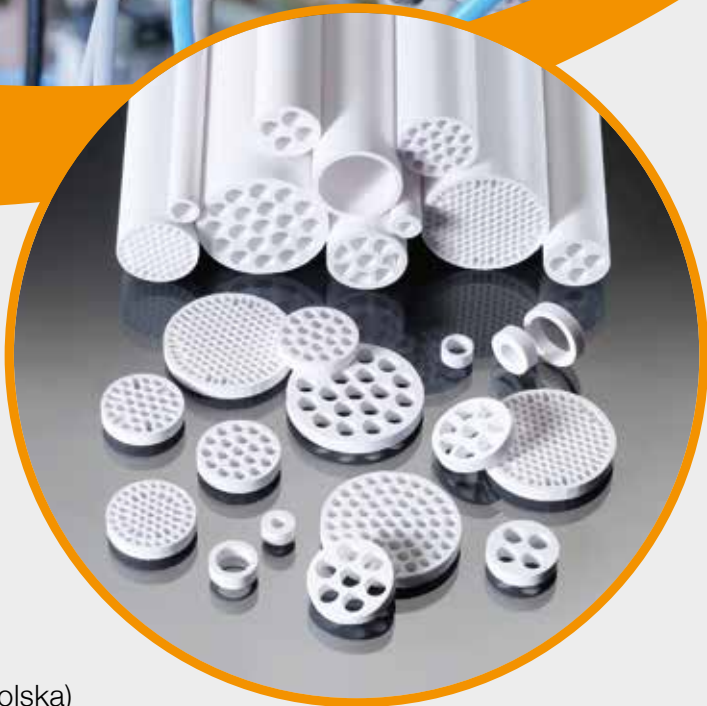
[www.inopor.com](http://www.inopor.com)

FTRJ

[www.ft-rj.com](http://www.ft-rj.com)



[www.rauschert.com.pl](http://www.rauschert.com.pl)



# WODÓR

temat medialny czy nieodległa rzeczywistość?

**Emma Bartosik**

laureatka XV edycji Krajowego Konkursu Energetycznego im. prof. Jacka Malko  
pn. „Wszystko zależy od energii!”

Bez wątpienia przejście na bezemisyjne źródła energii jest jednym z najważniejszych problemów stojącym przed sektorem energetycznym. Globalny miks energetyczny nie jest zrównoważony, ponieważ dalej przeważa w nim udział paliw kopalnych. Dlatego jako alternatywę typuje się wodór, będący nośnikiem o dużej gęstości energii.



foto: 123rf

Jego znaczenie przypisuje się unikalnym właściwościom, takim jak: najlepszy stosunek energii do masy i zdolność magazynowania energii do momentu, gdy będzie potrzebna. Co więcej, może być produkowany z odnawialnych źródeł energii, eliminując produkcję netto gazów cieplarnianych. Dlatego wodór uznano za idealnego kandydata zarówno do zastosowań mobilnych, jak i stacjonarnych.

Skoro wodór ma tyle zalet, to dlaczego nie otaczają nas stacje tankowania wodorem, na wycieczkę nie jeździmy pojazdem zasilanym wodorem i wciąż polegamy na węglu kamiennym? Czyżby wodór był „szklanymi domami” XXI wieku?

### Produkcja, czyli czy rzeczywiście wodór jest ekologiczny?

Rozwój technologii wodorowej w Polsce i na świecie wpisuje się w działania mające na celu osiągnięcie gospodarki niskoemisyjnej. Podział wodoru ze względu na źródło jest oznaczany dziewięcioma kolorami, które jednoznacznie informują o wpływie jego produkcji na środowisko. Świadomość, że Polska jest trzecim największym wytwórcą wodoru w Europie może napawać optymizmem, dopóki nie odkryjemy, że to

prawie w całości wodór szary, czyli produkowany z paliw kopalnych. Lider produkcji w Polsce, Grupa Azoty S.A., wytwarza rocznie ponad 400 tys. ton wodoru.[1]

Czynione są jednakże kolejne inwestycje mające na celu zwiększenie udziału wodoru niskoemisyjnego – za taki uważa się wytwarzany z odnawialnych źródeł energii wodór zielony (na ten moment stanowi on ok. 1% produkcji). Produkcja na drodze elektrolizy z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii wiąże się jednak ze stratami energii przez jej konwersję. Zdecydowanie najbardziej zrównoważoną opcją jest fotoelektrochemiczny rozkład wody (zawiera ona III g wodoru w 1 litrze). Trwają zaawansowane badania nad tą ścieżką, lecz na ten moment jej komercjalizacja pozostaje w strefie marzeń. Wytwarzanie fotoelektrod opiera się na kosztownej nanotechnologii, a uzyskiwane wydajności konwersji energii słonecznej na wodór są niewystarczające, biorąc pod uwagę skomplikowaną produkcję. Najwyższe wydajności są bowiem uzyskiwane w kontrolowanych, laboratoryjnych warunkach, przy oświetlaniu światłem monochromatycznym. Głównym celem jest zarówno zwiększenie produkcji wodoru, jak i wdrożenie bezemisyjnych, łatwo skalalnych rozwiązań. Dlatego przez moment

skupiono się na niebieskim wodorze, różniącym się od szarego tym, że jego produkcja uwzględnia wychwytywanie i przetwarzanie emitowanego dwutlenku węgla (CCS/CCU). Jest to droga technologia, ponieważ należy zadbać nie tylko o dodatkowy sprzęt, ale też składowanie CO<sub>2</sub>, co wiąże się z nakładami energetycznymi.

Ponadto wyróżnia się wodór:

- Turkusowy – powstaje na drodze pirolizy metanu bądź przetwarzania odpadowych tworzyw sztucznych.
- Biały, pochodzący z naturalnych źródeł geologicznych; odznacza się brakiem negatywnego wpływu na środowisko. Miejscowa produkcja dodatkowo ogranicza koszt związany z transportem, lecz uzależniona jest od geologii.
- Żółty powstaje poprzez elektrolizę wody z wykorzystaniem energii słonecznej, a fioletowy – energii z elektrowni atomowych.
- Czarny i brązowy wytwarza się w procesie gazyfikacji węgla, odpowiednio kamiennego i brunatnego.

### Elektroliza i fotoelektroliza

Najbardziej przyjazne dla środowiska jest wytwarzanie wodoru z użyciem odnawialnych źródeł energii: geotermalnej, wiatrowej czy słonecznej. Stosując energię słoneczną, produkcja wodoru w ogniwie fotoelektrochemicznym (PEC) wiąże się z mniejszą emisją zanieczyszczeń w porównaniu do innych technik. W takim ogniwie energia słoneczna ulega przekształceniu w nośnik energii przez procesy elektrochemiczne stymulowane światłem słonecznym, które jest absorbowane przez elektrodę bądź elektrody zanurzone w ciekłym elektrolicie. Reakcja fotoelektrochemiczna wymaga zastosowania elektrody z półprzewodnika o przerwie wzbronionej pomiędzy pasmami walencyjnym a przewodnictwa. W przypadku półprzewodników typu p, nośnikami ładunku są dziury elektronowe w paśmie walencyjnym, co skutkuje łatwą redukcją. W półprzewodnikach typu n tę rolę pełnią elektrony

w paśmie przewodnictwa, przez co zachodzi reakcja utlenienia. Reakcja fotoelektrochemiczna polega na generacji nośników ładunku poprzez absorpcję fotonów (kwantów światła), których energia jest wyższa od energii przerwy wzbronionej półprzewodnika. W ten sposób następuje konwersja energii. Właściwości fizykochemiczne półprzewodników oraz procesy takie jak absorpcja światła, separacja, transport i rekombinacja nośników ładunków wpływają na właściwości fotokatalityczne materiałów [2].

Od czasu publikacji artykułu dotyczącego fotoelektrochemicznego rozkładu wody z wykorzystaniem dwutlenku tytanu (TiO<sub>2</sub>) jako fotoelektrody, wiele badań zostało poświęconych materiałom fotokatalitycznym służącym konwersji energii słonecznej do wodoru. Aby materiał mógł być fotokatalizatorem, musi cechować się m.in. wysoką stabilnością i aktywnością katalityczną, absorpcją światła z szerokiego zakresu spektralnego i odpowiednim położeniem pasm energetycznych. Najczęściej stosowanymi fotokatalizatorami są m.in. tlenek cynku, siarczek kadmu, tlenek żelaza (II) czy wanadan bizmutu. Niektóre fotoelektrody mają odpowiednie pasmo wzbronione, lecz ulegają fotokorozji i nie są stabilne. W celu poprawienia stabilności stosuje się różne techniki, m.in. pokrywanie elektrod cienkimi warstwami, np. węgla. Modyfikacja mikrostruktury i morfologii fotoelektrod skutkuje zwiększoną reaktywnością, ponieważ nanomateriały cechują się znacznie większymi wartościami powierzchni właściwej w porównaniu do tradycyjnych materiałów. Ponadto przejście do skali nano skutkuje zmianami właściwości optycznych, elektrycznych czy magnetycznych. Wykazano, że zastosowanie nanostruktur 3D w postaci nanokwiatów TiO<sub>2</sub> skutkuje większą aktywnością fotokatalityczną, a porowata morfologia powoduje efektywne zbieranie światła, przez co wydajność konwersji energii słonecznej na wodór jest wyższa.

Pomimo osiągnięcia wielu godnych uwagi wyników niezbędne są dalsze postępy w wytwarzaniu materiałów i struktur. Istotne jest przewyższenie wyzwań związanych ze skalowaniem, produkcją, stabilnością i wydajnością. Choć fotoelektroliza jest najbardziej przyjaznym środowisku rozwiązaniem, poziom skomplikowania procesu wytwarzania fotoelektrod to czynnik wykluczający tę technologię z komercyjnego punktu widzenia.

Elektroliza może się okazać niezwykle przydatna, by móc zmagazynować nadmiar energii w postaci wodoru, który potem można wykorzystać w procesach technologicznych, transporcie bazującym na ogniwach paliwowych bądź przenośnej elektronice. Wytwarzany wodór cechuje wysoka czystość, a produkcja może występować lokalnie, co znacznie zmniejsza koszty związane z przesyłem. Ta metoda jest odpowiedzią na problemy stojące przed energią odnawialną, gdzie produkcja zależy od warunków środowiskowych i jest nierównomierna w przeciągu doby. Nadwyżka energii, zmagazynowana w postaci

### KRAJOWY KONKURS ENERGETYCZNY IM. PROF. JACKA MALKO

Organizatorem XV edycji Krajowego Konkursu Energetycznego im. prof. Jacka Malko pn. „Wszystko zależy od energii!” jest Fundacja Świadomi Klimatu, podkreślająca, że „Krajowy Konkurs Energetyczny powstał po to, by promować z jednej strony ambitną młodzież, a z drugiej – świadomość energetyczną i ekologiczną. Problematyka racjonalnego zarządzania energią, zrównoważonego rozwoju i poszanowania środowiska nie traci na aktualności. Wręcz przeciwnie, w obliczu zmian klimatycznych wymaga coraz większej uwagi”.

Wydawany przez BMP magazyn „Kierunek Energetyka” (wcześniej: „Energetyka Ciepła i Zawodowa”) objął wydarzenie patronatem medialnym. Więcej na [www.swiadomiklimatu.pl](http://www.swiadomiklimatu.pl)

wodoru, mogłaby być z powrotem konwertowana w momencie niewystarczającej produkcji. Potrzebne jest zatem podejście hybrydowe do zagadnienia, jakim jest energetyka wodorowa, by móc zniwelować ograniczenia każdej z opcji, jednocześnie uzyskując system dopasowany do warunków i potrzeb. Właśnie w takich rozwiązaniach wodór jest idealnym kandydatem, który może stopniowo zastępować magazyny energii z użyciem ogniw litowo-jonowych. Ich produkcja wymaga stosowania cennych surowców (jak kobalt czy nikiel), których obecność na Ziemi jest niewystarczająca, by sprostać rosnącemu zapotrzebowaniu na energię. Dlatego kolejny kluczowy aspekt energetyki wodorowej to magazynowanie, mogące uwzględniać kilka strategii, których stosowanie dopasowane jest do wymagań sektorów docelowych.

### Gaz, ciecz i ciało stałe

Magazynowanie wodoru jest kwestią kluczową dla sukcesu oraz realizacji technologii i ekonomii wodoru. Może być przechowywany w wielu postaciach, z których każda ma zestaw zarówno zalet, jak i wad: jako gaz, ciecz kriogeniczna i ciało stałe. Jego niska temperatura wrzenia ( $-252,87^{\circ}\text{C}$ ) i niska gęstość w stanie gazowym ( $0,08988\text{ g/l}$ ) przy ciśnieniu 1 atm komplikuje sytuację.

Aby przechowywać wodór gazowy, należy starannie zaprojektować i przetestować specjalne pojemniki, ponieważ gaz musi być utrzymywany pod wysokim ciśnieniem. Pojemniki wykonane z grubych warstw CFRP, czyli polimeru wzmocnionego włóknem węglowym, są jedną z najefektywniejszych opcji. Komercyjnie stosowany aluminiowy zbiornik liniowy jest łatwy w budowie i cechuje się wysoką przewodnością cieplną, ale w porównaniu do zbiorników CFRP ma niską wytrzymałość, pojemność i wątpliwe bezpieczeństwo[3]. Dlatego zbiorniki CFRP stają się coraz bardziej popularne w nowoczesnych pojazdach napędzanych wodorem. Jedną z wad tych zbiorników jest konieczność utrzymywania temperatury materiału poniżej  $85^{\circ}\text{C}$  dla zachowania wymogów bezpieczeństwa. Można argumentować, że ciężar takich butli, zwłaszcza w pełni napełnionych, jest ogromną wadą. Wymaga to jeszcze wielu intensywnych badań w celu poprawy właściwości strukturalnych i mechanicznych materiałów wykorzystywanych do produkcji.

W przypadku magazynowania ciekłego wodoru wymaga on większego, dobrze izolowanego i kosztownego przechowywania kriogenicznego, aby zapobiec wyparowaniu i utrzymać temperaturę poniżej 20 K. Proces transformacji gaz-ciecz jest niezwykle kosztowny, zużywa około 30% wartości energetycznej zmagazynowanego wodoru. Tym samym jest gorszy od magazynowania w postaci gazowej, a jego zastosowanie w realnej przyszłości może być utrudnione ze względu na wysokie koszty i kwestie bezpieczeństwa.

W stanie stałym istnieje wiele alternatywnych sposobów przechowywania wodoru, takich jak wo-

dorki metali, materiały węglowe itp. Przechowywanie wodorów metali jest bezpieczną i wydajną objętościową opcją. Wodór może być związany chemicznie w wodorkach metali, ale wymaga to ogromnej ilości energii [4]. Z drugiej strony silniejsze wiązanie umożliwia przechowywanie wodoru w dużej gęstości nawet w warunkach otoczenia. Ta alternatywa jest przedmiotem intensywnych badań, a grupa wodorów na bazie magnezu stanowi obiecującą opcję konkurencyjnego magazynowania z pojemnością wodoru do 7,6% wagowych do zastosowań pokładowych.

Nanomateriały, takie jak jednościenne nanorurki węglowe (SWCNT) i wielościenne nanorurki węglowe (MWCNT), charakteryzują się dużą stabilnością chemiczną i dużą powierzchnią, co prowadzi do ich znacznej zdolności magazynowania. Systemy szkieletów metaloorganicznych (MOF) mają doskonałe właściwości przechowywania wodoru (w procesach fizysorpcji lub chemisorpcji), jednak materiały te charakteryzują się zazwyczaj bardzo małą gęstością, a zatem słabą objętościową zdolnością magazynowania wodoru.

”

Wodór nie jest jedynie medialnym tematem, a solidnym przedmiotem wspólnej pracy technologów, naukowców, przedsiębiorców i rządów

Wysokociśnieniowe magazynowanie wodoru w stanie gazowym jest potencjalnym zagrożeniem, ponieważ może powodować wycieki, co utrudnia jego wykorzystanie w transporcie, a ponadto jest kosztowne [5]. W przypadku magazynowania gazów generalnie występują wyższe koszty inwestycyjne. Obecnie w użyciu są zbiorniki CFRP – głównie w pojazdach napędzanych ogniwami paliwowymi, co skutkuje potencjalną redukcją masy systemów magazynowania w autobusach i ciężarówkach. Prowadzi to do znacznej oszczędności paliwa. Co więcej, zbiorniki te mogą być używane zarówno w zastosowaniach stacjonarnych, jak i mobilnych, obejmujących infrastrukturę magazynowania wodoru, transport, samochody napędzane wodorem, pojazdy szynowe i wiele innych.

Niewątpliwie istnieją trudności związane z wysokimi kosztami wytworzenia, eksploatacji i infrastruktury. Pojawia się potrzeba finansowania ze środków prywatnych i publicznych, aby zwiększyć dostępność magazynowania wodoru w postaci gazowej. Poza tym ten sposób magazynowania jest obiecującą perspektywą, obecnie udoskonalaną. Jednakże tego typu zbiorniki mogą stać się przestarzałe wraz z postę-



#### AUTOBUS NA WODÓR

Pojazdy wodorowe mogą opierać się na spalaniu wodoru w zmodyfikowanym silniku bądź zastosowaniu ogni w paliwowych, gdzie wodór w zbiorniku mieszany jest z powietrzem i wtłaczany do ogniwa, w którym zachodzi reakcja chemiczna. Obecnie popularniejsze jest drugie rozwiązanie, a przykłady tego typu pojazdów można już spotkać na drogach – jak Honda Clarity czy Toyota Mirai, a nawet autobus Solaris Urbino Hydrogen 12

pem w technologii inżynierii materiałowej. Chociaż obecnie nie ma możliwości szerokiego wykorzystania magazynowania wodoru w tej postaci należy mieć nadzieję, że stanie się to standardem, ponieważ technologia wodorowa znajduje się w czołówce dyskusji środowiskowych, starając się sprostać coraz trudniejszym celom ochrony klimatu.

#### Przyszłość transportu

Transport odpowiada za 16% globalnej emisji dwutlenku węgla, a Unia Europejska dąży do jej redukcji o 55% do 2030 roku. Niewątpliwie, choć największe środki poświęcane są rozwojowi pojazdów elektrycznych, ich wolne ładowanie oraz koszt akumulatorów zmusza do poszukiwania alternatyw. Wszelkie dyskusje dotyczące przyszłości zrównoważonego transportu poruszają temat zastosowania wodoru. Zaletą tego rozwiązania jest brak emisji szkodliwych substancji, takich jak tlenki azotu czy dwutlenek węgla, ponieważ jedynym produktem spalania jest para wodna. Ponadto zasięg pojazdów zasilanych wodorem jest o wiele większy (nawet 800 km) w porównaniu do elektrycznych (ok. 300 km).

Pojazdy wodorowe mogą opierać się na spalaniu wodoru w zmodyfikowanym silniku bądź zastosowaniu ogni w paliwowych, gdzie wodór w zbiorniku mieszany jest z powietrzem i wtłaczany do ogniwa, gdzie zachodzi reakcja chemiczna. Obecnie popularniejsze jest drugie rozwiązanie, a przykłady tego typu pojazdów można już spotkać na drogach – jak Honda Clarity czy Toyota Mirai, a nawet autobus Solaris Urbino Hydrogen 12. Dzięki wykorzystaniu wodoru w transporcie publicznym dążenie do osiągnięcia celów określonych przez Unię Europejską dotyczących obniżania emisji jest znacząco ułatwione.

Rozważyć należy kwestie bezpieczeństwa wiążące się z zastosowaniem wodoru jako alternatywnego pa-

liwa – jest on łatwopalny i wybuchowy, dlatego trzeba zachować ostrożność podczas jego przechowywania i transportu. Ponadto może zaistnieć problem, który już spotyka samochody elektryczne – każdy wypadek, jaki będzie miał miejsce, przyczyni się do niepokoju zarówno wśród inwestorów, jak i potencjalnych konsumentów, hamując dynamikę wzrostu gospodarki opierającej się na wodorze.

Przejsięcie na zastosowanie wodoru jako alternatywnego paliwa w najbliższym czasie nie będzie możliwe ze względu na koszt jego otrzymywania. Dopóki nie zostanie wdrożona bardziej ekonomiczna, a jednocześnie obojętna dla środowiska metoda wytwarzania, tak zasilanymi pojazdami jeździć będą mogli tylko nieliczni. Dodatkowym problemem jest potrzeba utworzenia przystosowanej infrastruktury. W tym celu niezbędne będzie dofinansowanie przez rząd stacji tankowania wodorem. W Polsce na ten moment jest ich jedynie kilkanaście, lecz planowane są kolejne – do 2025 roku, zgodnie z Polską Strategią Wodorową, ma ich powstać minimum 32. Wsparcie ze strony rządu niezaprzeczałnie przyspieszy wykorzystanie potencjału wodoru w transporcie. Plany Unii Europejskiej, by od 2035 roku jedyne samochody dostępne w sprzedaży były elektryczne bądź wodorowe, zmuszą producentów do rozwoju technologii. Prognozuje się, że tempo wzrostu wielkości rynków pojazdów na wodór znacząco się zwiększy w przeciągu najbliższych kilku lat.

#### Stosowanie wodoru w powietrzu

Lotnictwo odpowiadało za ponad 2% światowych emisji CO<sub>2</sub> związanych z energią w 2021 roku, a zgodnie z obecnymi tendencjami prognozowany jest ponaddwukrotny wzrost ruchu pasażerskiego w transporcie lotniczym do połowy stulecia. Z tego powodu kluczowe jest poprawienie wydajności w celu zmniejszenia zużycia energii i rozwijanie ekologicznych rozwiązań, wśród których znajduje się zastosowanie wodoru [6].

Testowano możliwości wykorzystania wodoru w małych samolotach, lecz potrzeba przechowywania w kriogenicznych warunkach wymagałaby zmian zarówno w konstrukcji maszyn, jak i infrastrukturze. Jest to bardzo kosztowna inwestycja, która na ten moment nie będzie realizowana. Można skupić się na innym, już stosowanym aspekcie – gaz ziemny, wykorzystywany w pomocniczych jednostkach napędowych, które wytwarzają energię elektryczną, kiedy silnik odrzutowy nie pracuje, jest zastępowany wodorem. Pozwala to na skuteczne obniżenie emisji szkodliwych substancji do środowiska.

Rozwijanie wodorowych technologii w lotnictwie możliwe będzie dzięki współpracy między instytucjami badawczymi, rządem oraz przemysłem lotniczym. Niezbędne jest kontynuowanie badań nad silnikami, systemami zasilania i magazynowania oraz materiałami. Zastosowanie syntetycznych paliw bazujących na wodorze (power-to-liquid) nie wymaga zmian



w infrastrukturze tankowania na lotniskach, lecz jest od cztery do sześciu razy droższe niż konwencjonalne paliwo. Oparcie lotnictwa na tej technologii jest ograniczone z powodów ekonomicznych – paliwo ma duży udział w całkowitych kosztach eksploatacji samolotów, a sama perspektywa braku ponoszenia opłat za emisje CO<sub>2</sub> nie jest wystarczająca.

### Infrastruktura

Możliwy jest transport śródlądowy wodoru, lecz jest on droższy w porównaniu do zastosowania rurociągów. Obecnie na całym świecie istnieje ich blisko 5 000 km, w porównaniu z około 3 milionami km rurociągów przesyłowych gazu ziemnego. Te istniejące rurociągi wodorowe są obsługiwane przez przemysłowych producentów wodoru i służą głównie do dostarczania go do zakładów chemicznych i rafineryjnych. Charakteryzują się one niskimi kosztami eksploatacji i żywotnością od 40 do 80 lat. Ponadto działa tu ekonomika skali. Jednakże koszty kapitałowe są wysokie, więc potrzebne jest dofinansowanie ze strony rządu. Istnieje jednak możliwość przekształcenia istniejących rurociągów przesyłowych gazu ziemnego, lecz mankamentem jest potrzeba wykorzystania aż trzy razy większej objętości, by dostarczyć taką samą ilość energii jak gaz ziemny. Obecny system rurociągów nie byłby zatem wystarczający – poza jego modyfikacjami niezbędne okazałyby się także zamontowanie dodatkowych instalacji. Cała inwestycja byłaby niezwykle kosztochłonna, a ponadto potencjalnie niebezpieczna ze względu na łatwopalność wodoru. Dodatkowo, koszt transportu wodoru wzrasta wraz z odległością przesyłu ze względu na konieczność zastosowania większej liczby tłocznii.

Chcąc transportować wodór drogą morską, należy go uprzednio przetworzyć, co generuje dodatkowe koszty. Koszt konwersji i transportu wodoru 1500 km statkiem w postaci ciekłej to 2 dol./kg H<sub>2</sub> i wzrasta razem z odległością transmisji. Jest to spowodowane potrzebą dodatkowego magazynowania i użycia większej liczby statków. Ponadto ta kwota nie uwzględnia kosztów lokalnej dystrybucji [7].

Ze względu na wysoki koszt transportu wodoru za pomocą tych dwóch metod, konieczne jest zwiększenie miejsc wytwarzania wodoru, by jak najbardziej ograniczyć jego długodystansowy przesył. W tym celu planuje się założenie większej liczby dolin wodorowych, które pozwolą na zdecentralizowaną produkcję wodoru [8].

### Na ten moment

Obecnie wodorem zasilane są głównie mniejsze pojazdy na halach produkcyjnych, jak wózki widłowe, ale na polskich drogach można zobaczyć coraz więcej środków komunikacji zbiorowej z wodorowymi ogniwoami paliwowymi, redukujących emisję zanieczyszczeń w miastach. Celem rządu na 2030 rok jest 2,5 mln pojazdów napędzanych ogniwoami paliwowymi na drogach, lecz ich konkurencją są pojazdy elektryczne [9,10].

W celu przyspieszenia rozwoju wodorowej gospodarki wiele krajów nawiązuje partnerstwa międzynarodowe. Strategiczna wizja Unii Europejskiej neutralności klimatycznej szacuje, że do 2050 roku udział wodoru w europejskim miksie energetycznym wzrośnie do 14%, w porównaniu z obecnym poziomem ok. 3%. Zgodnie z planami rządu, po 2030 roku technologie związane z wodorem produkowanym z udziałem odnawialnych źródeł energii będą wdrażane na dużą skalę.

Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 określa główne cele rozwoju gospodarki wodorowej w kraju. Ukazuje niezbędne kierunki działań i wskazuje sześć celów szczegółowych:

1. Wdrożenie technologii wodorowych w energetyce oraz ciepłownictwie.
2. Wodór jako alternatywne paliwo.
3. Wsparcie dekarbonizacji przemysłu.
4. Produkcja w nowych instalacjach.
5. Przesył, dystrybucja i magazynowanie w bezpieczny i sprawny sposób.
6. Stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Kluczowe jest wdrażanie działań określonych w PSW, by wpisać się w europejskie normy mające na celu przejście na gospodarkę niskoemisyjną. Celem do 2030 roku jest utworzenie co najmniej pięciu dolin wodorowych, w których prowadzone będą projekty inwestycyjne i B+R+I. Stworzenie polskiej gałęzi gospodarki wodorowej jest wizją PSW [1].

W ramach wytwarzania wodoru, priorytetem jest produkcja z udziałem odnawialnych źródeł energii, a wskaźnikiem osiągnięcia celu do 2030 roku będą 2 GW mocy instalacji do niskoemisyjnej produkcji, co realizowane ma być poprzez instalację elektrolizerów.

Bardzo istotne znaczenie odgrywa przeprowadzanie akcji edukacyjnych i kampanii społecznych. Mają one na celu przybliżenie tematu wodoru oraz jego popularyzację. Na uczelniach powstają kierunki, które kształcą młodych ludzi tak, by stanowili w przyszłości wykwalifikowaną kadrę. Wgłębiają się oni w zagadnienia, takie jak magazynowanie i przesył wodoru, analiza ekonomiczna w energetyce wodorowej czy symulacje procesów wodorowych.

### Wodór jako towar

Poza wykorzystaniem wodoru w sektorze energii i transportu, może być on przedmiotem handlu. Kupno, sprzedaż i rozliczanie kontraktów na wodór odbywałyby się na giełdach energii. Towarowa Giełda Energii ma na celu wsparcie polityki bezpieczeństwa państwa i nadzór nad standardami zgodnymi z wymogami Unii Europejskiej. Na niej handluje się różnymi nośnikami energii, takimi jak gaz czy energia elektryczna. Istnieją inicjatywy, których celem jest stworzenie giełd wodorowych. Handel tym surowcem mógłby go spopularyzować i ułatwić inwestycje. Konieczne jednak

## EMMA BARTOSIK

fot. E. Bartosik



Studentka Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Członkini koła AGH Eko-Energia, które skonstruowało turbinę wiatrową z trzema generatorami i turbinę o zmiennej średnicy, a teraz pracuje nad samochodem elektrycznym z panelami fotowoltaicznymi „Perła”.

będzie uprzednie certyfikowanie wodoru, by odróżnić ten niskoemisyjny od pochodzącego z paliw kopalnych, by zwiększyć konkurencyjność, a konsumenci mogli znać źródło towaru. Większość politycznych działań koncentruje się na regulacjach dotyczących produkcji, przesyłu i transportu. Potrzebne będą nowe strategie wodorowe uwzględniające giełdę, by wykorzystać w pełni potencjał drzemiący w wodorze.

#### Temat medialny kontra rzeczywistość

Jak widać, wodór jest kontrowersyjny, a chęć jego szerszego wykorzystania sprowadza wiele pytań, na które odpowiedź nie jest wcale taka oczywista.

Niezwykle istotne pozostaje rozwiązanie problemów z wydajnością procesu konwersji, nieekonomicznym magazynowaniem i wysokimi kosztami produkcji czystego wodoru. Wyzwaniem dla wdrożenia wodoru jest potrzeba rozbudowanej i bezpiecznej infrastruktury. Niezbędne jest wsparcie ze strony rządów poprzez nowe regulacje oraz dofinansowania. Znacząco przyspieszyłoby to adopcję wodoru jako alternatywnego paliwa. Kluczowe pozostaje też kontynuowanie badań na wielu płaszczyznach. Wciąż pozostaje dużo pola do ulepszeń w materiałach do magazynowania, fotoelektrochemicznej produkcji, infrastrukturze i mobilności. Pilnie potrzebne są rozwiązania łatwo skalowalne, niewykorzystujące szkodliwych substancji i rzadkich pierwiastków, bezpieczne, o niskim śladzie węglowym. Cała dyskusja o wodorze przestaje mieć wartość w momencie, gdy jego stosowanie wcale nie jest przyjazne środowisku, ponieważ właśnie ograniczenie emisji dwutlenku węgla i odejście od paliw kopalnych są głównymi ideami stojącymi za medialnością wodoru. Wodór ma gigantyczny potencjał na zastosowanie w sektorze energetycznym i transportu, lecz należy mieć na uwadze fakt, że w najbliższej przyszłości nie zastąpi innych źródeł energii.

Ze strategicznego punktu widzenia kluczowe jest tworzenie popytu rynkowego na wodór. Umożliwi to

wzrost gospodarczy z jednoczesnym dbaniem o środowisko. Energetyka wodorowa zapewni tysiące nowych miejsc pracy i jest istotnym punktem w drodze do zrównoważonej przyszłości. Przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa energetycznego pod warunkiem odejścia od szarego, czarnego i brązowego wodoru na rzecz technologii skalowalnej produkcji z użyciem odnawialnych źródeł energii. Rozwój tej gałęzi gospodarki pozwoli na utrzymanie i przekwalifikowanie kadry w sektorach, którym grozi redukcja. Dodatkowo, fundusz unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji dostał finansowanie w wysokości ok. 10 mld euro, by przeznaczyć je na technologie bazujące na wodorze. Sektor prywatny również skupia się na energetyce wodorowej, widząc w niej gigantyczny potencjał.

\*\*\*

Wodór nie jest jedynie medialnym tematem, chwytliwym hasłem na pasek informacyjny w programie telewizyjnym, a solidnym przedmiotem wspólnej pracy technologów, naukowców, przedsiębiorców i rządów. Prace nad fotoelektrochemiczną produkcją wodoru trwają od lat 70. ubiegłego wieku, a obecnie prowadzone badania nad ogniwami tandemowymi pokazują wydajności przekraczające 20%. Prawie 50 lat temu powstał prototyp samochodu napędzanego ogniwami paliwowymi – dzisiaj można podróżować autobusem wodorowym. Do niedawna fotowoltaika w oczach społeczeństwa była chwilową modą, skazaną na porażkę – dzisiaj wiemy, że to nieprawda. Nawet w dużych miastach dachy domów pokryte są panelami słonecznymi, a dynamika wzrostu ich sprzedaży przyczyniła się do ekspotencjalnego spadku cen. Może podobny los czeka wodór? Na ten moment dużo za tym przemawia. Nie należy jednak oczekiwać, że będzie rozwiązaniem wszelkich problemów – nie wprowadzi rewolucji w sektorze energetycznym, ale wspomże przejście na odnawialne źródła energii i dekarbonizację przemysłu.

#### Literatura

1. Polska Strategia Wodorowa do roku 2030.
2. Structural, optical, and photoelectrochemical properties of Mn-TiO<sub>2</sub> model thin film photocatalysts, Gracia F, Holgado JP, Caballero A, Gonzalez-Elipce AR.
3. Characteristics of CFRP Hydrogen Storage Vessel on Rising Temperature in the Filling Process.
4. Solid-state hydrogen storage nanomaterials for fuel cell applications, Sherif El-Eskandarany M.
5. Large-scale storage of hydrogen, Andersson J, Grönkvist S.
6. Global Energy Infrastructure, Hydrogen – data telling a story.
7. A review on clean energy solutions for better sustainability, Dincer I, Acar C.
8. Czysta planeta dla wszystkich. Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki;
9. The Future of Hydrogen, Report prepared by the IEA for the G20, Japan.
10. Hydrogen as a Future Energy Carrier, Zuttel A, Borgschulte A, Schlapbach L. ■



**NIE ROBIMY STU RZECZY.  
PRODUKUJEMY JEDNĄ,  
UNIWERSALNĄ SONDĘ RADAROWĄ.  
THE 6X®. JUŻ DOSTĘPNA!**

Cokolwiek chcesz mierzyć, niezależnie od częstotliwości – VEGAPULS 6X da sobie radę. Powiedz nam, czego potrzebujesz, a my skonfigurujemy naszą nową sondę radarową do pomiaru poziomu tak, żeby spełniała Twoje wymagania. Z VEGAPULS 6X pytanie o to, który czujnik będzie właściwy, jest zbędne – a Twoje życie staje się prostsze.

**VEGA. HOME OF VALUES.**

[www.vega.com/radar](http://www.vega.com/radar)

**VEGA**

# ZAZIELENIE PRZESTAŁO BYĆ OPCJĄ

**Mateusz Stańczyk**

adwokat i partner, Kancelaria SMM Legal Maciak Mataczyński Czech sp.k.

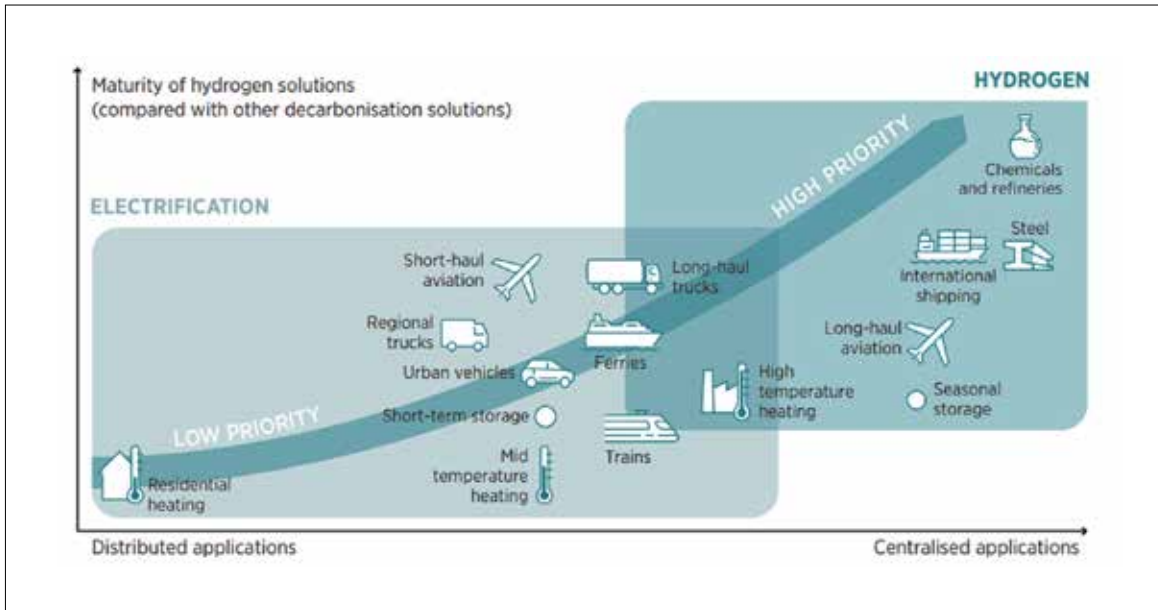
Ostatnie trzy lata przyniosły fundamentalną zmianę w dyskusji wokół miejsca wodoru w gospodarce. Pytania „czy” oraz „kiedy” na poziomie Unii Europejskiej i krajowym zostały zastąpione pytaniem: „jak”.

Artykuł jest zaproszeniem do dyskusji dotyczącej optymalnego wsparcia „polskiego wodoru” i wskazuje proponowane konkretne działania.

„Jeśli chcemy, by wszystko pozostało tak jak jest, wszystko musi się zmienić” – powyższe zdanie z powieści „Gepard” G. Tomasi di Lampedusa towarzyszy mi nieustannie przez mijający rok. Moje rozmowy w panelach eksperckich na konferencjach, takich jak H2 Poland czy Forum Ekonomiczne w Karpaczu pokazują, że „zazielenienie” przestało być opcją lub odległą perspektywą.

Z perspektywy polskiego przemysłu ostatnie lata to trwająca rewolucja. Jeszcze przed grudniem 2019 r. mówiliśmy o jego dekarbonizacji zasadniczo w kontekście wkładu w realizację celów klimatycznych i politycznych. W tym czasie dekarbonizacja uzyskała nie tylko ambit-

niejsze limity i bliższe terminy wdrożenia (zaostrzone właśnie przez najnowszą dyrektywę RED III, tj. dyrektywę 2023/2413/UE), ale pod względem krytycznym staje się warunkiem opłacalności (kryzys gazowy) i pozostania w globalnych łańcuchach dostaw (coraz dalej idące deklaracje dekarbonizacyjne/„net zero” koncernów globalnych). Co więcej – zmiana w tym obszarze staje się warunkiem utrzymania zdolności do pozyskiwania finansowania rynkowego i publicznego (polityka instytucji finansujących; tzw. taksonomia). W końcu, w przypadku co najmniej części przedstawicieli przemysłu, realizacja strategii dekarbonizacji stanie się elementem dialogu z interesariuszami (raportowanie niefinansowe/ESG).



RYS. 1

Krajobraz innowacji na rzecz inteligentnej elektryfikacji. Schemat za: IRENA (2023), Innovation landscape for smart electrification: Decarbonising end-use sectors with renewable power, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

## Jak wspierać?

Branże chemiczna i rafineryjna są jednymi z najbardziej świadomych tych procesów, jak też przez nie dotkniętych. Ostatni przykład? Wprowadzony w RED III wymóg udziału paliw odnawialnych pochodzenia niebiologicznego (RFNBO; po dyrektywie 2023/1184/UE: głównie wodoru powstałego w wyniku elektrolizy zasilanej OZE) w ramach całkowitego wykorzystania wodoru dla celów energetycznych i przemysłowych („nieenergetycznych”) na poziomie 42% w 2030 r. oraz 60% w 2035 r.

Zmiana jest oczywista, mniej oczywiste są odpowiedzi na dalsze pytania fundamentalne, takie jak: czy będziemy, jako Polska, mieć zdolność pozostania podmiotem tych zmian? Ale też operacyjne: w jaki sposób sprawić, by „polski wódór” miał w tym znaczny udział i jak go wspierać? Jako „polski” rozumiemy idealistycznie, na potrzeby tego tekstu, wódór produkowany i wykorzystywany w oparciu o rodzime technologie i moce wytwórcze. To nie jest założenie hipotetyczne, lecz jeden z celów „Porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej”, które zakłada tzw. polski wkład w tworzonej sektorze wodorowym w Polsce w 50%. Ten tekst jest zaproszeniem do dyskusji wokół sposobów jego osiągnięcia.

Proponowanymi punktami wyjścia dla odpowiedzi na pytanie „jak wspierać” są: zestawienie potencjału i wad technologii oraz uwarunkowań krajowych i regionalnych; ustalenie priorytetów w programach wsparcia produkcji i wykorzystania wodoru według sektorów o najwyższej potrzebie i możliwości jego wykorzystania; wprowadzenie specjalnego instrumentu wspierającego moce produkcyjne w zakresie urządzeń służących do produkcji i wykorzystania wodoru; synergie nowych

źródeł OZE i elektrolizerów jako rozwiązujące problemy techniczne sieci; ciągła koordynacja ww. obszarów.

## Co mamy?

Musimy mówić o uwarunkowaniach i ograniczeniach obecnych i przewidywalnych w realnej perspektywie, co najmniej do 2030 r. Zaczniemy od ustalenia kilku fundamentalnych zagadnień dot. wodoru i Polski.

”

Wódór nie jest panaceum transformacji energetycznej, jednak jego potencjał drzemie w możliwościach magazynowania energii, dekarbonizacji branż energochłonnych i zagospodarowania „niepodłączalnych” źródeł OZE

Wódór nie jest panaceum transformacji energetycznej, jednak jego potencjał drzemie w możliwościach magazynowania energii, dekarbonizacji branż energochłonnych i zagospodarowania „niepodłączalnych” źródeł OZE. Jako Polska i szerzej – świat, dysponujemy znacznymi ilościami wodoru wytworzonego w wyniku emisyjnego procesu reformingu parowego. Tymczasem polityka (REPower EU, cele ONZ) i przepisy UE (głównie RED III i taksonomia, a wkrótce: RED IV) preferują tzw. wódór odnawialny, ze szczególnym naciskiem na RFNBO. W tym celu UE wprowadza inicjatywy wspierające wódór odnawialny (przepisy, polityki, aukcje w ramach tzw.

Europejskiego Banku Wodorowego) oraz zwiększające obciążenia paliw kopalnych i wodoru związanego z emisjami CO<sub>2</sub> (system ETS, prace nad dyrektywą o opodatkowaniu energii). Innymi słowy – UE świadomie zawęża pole w rozwoju gospodarki wodorowej.

Wodór odnawialny jest obecnie drogi – to wypadkowa wielu elementów, z czego warto podkreślić dwa. Pierwszym są ceny elektrolizerów (aktualnie 600-1700 EUR/kW; za: IEA: Global Hydrogen Review 2022; Clean Hydrogen JU). Drugim – ceny energii elektrycznej z OZE, które są powiązane z potencjałem i cenami instalacji PV oraz farm wiatrowych. Zgodnie z prognozami, w Europie w 2030 r. ceny kg wodoru odnawialnego mogą spaść do 2 EUR, zaś w 2050 r. do 1,5 EUR (BloombergNEF 2020, IRENA 2022). Aktualnie (na przykładzie niemieckiego projektu HH2E; 100 MW, termin oddania: 2025; dane za: Hydrogen Insight, 10.07.2023 r.) cena w naszych uwarunkowaniach klimatycznych to nawet 8-12 EUR/lkg. Przyjmując jako wspólny mianownik wskaźnik EUR/kWh, daje to 0,24-0,36 EUR w porównaniu do 0,08 dla ceny gazu ziemnego (Eurostat 2023).

RNFBO pod względem emisyjnym jest małym obciążeniem dla klimatu, ma jednak znaczny ślad wodny i jest jeszcze mało efektywny energetycznie (zob. E. Gruber, 2023). Produkcja koniecznych do jego wytwarzania elektrolizerów jest zależna od metali ziem rzadkich (zob. raport Ramboll, 2023). RNFBO stanowi wyzwanie dla istniejących gazociągów (korozja wodorowa, zob. E. Dao i in., 2023). Jednocześnie ma potencjał jako magazyn dla energii z OZE (zob. J. Kupecki, M. Wierzbicki, 2020). W końcu, jest pod presją kosztowo-techniczną ze strony alternatywy w postaci elektryfikacji. Jak pokazują motywy RED III i raporty Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej dot. gospodarki wodorowej i roli wodoru w dekarbonizacji gospodarki (2022 i 2023 r.), potencjał wodoru drzemie w branżach: chemicznej, rafinerijnej, stalowej, procesach wysokotemperaturowych (pow. 200°C) i transporcie międzynarodowym. Wodór zasadniczo „przegrywa” obecnie w transporcie lokalnym, ciepłownictwie czy większości działalności przemysłowej. Piszę „zasadniczo”, ponieważ konkretne projekty mogą być wyjątkami.

W Polsce pod względem infrastrukturalnym i klimatycznym: przemysł energochłonny mamy skoncentrowany w części południowej i centralnej (za danymi URE w sprawie odbiorców przemysłowych z 2021 r.); największy potencjał wiatrowy jest na północy (off-shore i on-shore) i w centrum (Global Wind Atlas 3). Potencjał w zakresie energii słonecznej mamy głównie w obszarze polski centralnej i południowej (Global Solar Atlas 2.0).

Technicznie: stan sieci doprowadził OSD i OSP sieci w latach 2021-2022 do odmów przyłączenia ponad 65 GW nowych mocy, w tym ponad 30 GW w OZE (raport URE 2023). Nie mamy specjalistycznej infrastruktury transportu wodoru. Pod względem politycznym panuje względny konsensus co do pozycji wodoru w gospodarce (zob. np. *Polską Strategię Wodorową*, program Lewicy). Pod względem technologicznym:

## MATEUSZ STAŃCZYK

Autor jest adwokatem i partnerem w kancelarii SMM Legal Maciak Mataczyński Czech sp.k. Specjalizuje się w obszarze innowacji i transformacji, ze szczególnym uwzględnieniem prawnych mechanizmów pomocy publicznej i wspierania inwestycji. Wyróżniany w rankingu Legal500. W 2021 r. został imiennie nagrodzony w pierwszej edycji nagrody dla liderów zamówień innowacyjnych przyznawanej przez Europejską Radę Innowacji, w 2023 r. otrzymał imienne wyróżnienie pełnomocnika rządu ds. OZE za wkład w prace Porozumienia sektorowego na rzecz rozwoju gospodarki wodorowej. Opinie wyrażone w tym artykule stanowią jego poglądy osobiste.



Fot. SMM Legal Maciak Mataczyński Czech

mamy przedsiębiorców tworzących technologie w zakresie produkcji wodoru i jego wykorzystania, jednak zasadniczo dopiero rozpoczynają oni komercjalizację produktów (z racji charakteru artykułu nie będę wskazywać konkretnych firm).

Pod względem dostępności środków finansowych – tzw. Europejski Bank Wodorowy jest obecnie (aukcja pilotażowa) nastawiony wyłącznie na RNFBO, zaś kryterium aukcji to koszt produkcji wodoru. Przy dwukrotnie niższym potencjale nasłonecznienia (kWh/kWp) niż Hiszpania i cenach energii z wiatru, w Polsce aktualnie może konkurować w tym obszarze off-shore. Znaczne środki finansowe na badania (Horyzont Europa) i wdrożenia (Innovation Fund) są w dyspozycji Komisji Euro-

### DEKARBONIZACJA

staje się warunkiem opłacalności (kryzys gazowy) i pozostania w globalnych łańcuchach dostaw – branża chemiczna czy rafinerijna są jednymi z najbardziej świadomych tych procesów, jak też przez nie dotkniętych



fol. 123rf

pejskiej. Dotacyjne środki krajowe głównie nastawiają się na budowę mocy produkcyjnych odnawialnego wodoru i jego wykorzystania w przemyśle (FENG.01.01, FENX.02.02+regionalne programy operacyjne, programy NFOŚiGW: Wodoryzacja Gospodarki i programy nastawione na transformację przemysłu). W ramach środków dla producentów technologii (elektrolizery, kotłownie wodorowe itp.), praktycznie jedynym środkiem celowanym jest program „Przemysł dla Transformacji”, który przewiduje finansowanie w formie inwestycji na zasadach rynkowych (w ramach działania E.1.1.1 KPO). W Ministerstwie Klimatu i Środowiska oraz w „Porozumieniu wodorowym” trwają prace nad stworzeniem mechanizmu finansowania produkcji wodoru odnawialnego w oparciu o tzw. kontrakty różnicowe.

Konkluzje? Priorytet w obszarze produkcji ma i będzie w najbliższej przyszłości mieć RFNBO, największy potencjał w obszarze wykorzystania mają ściśle określone branże i zastosowania. W obszarze finansowania są już uruchamiane znaczne środki na produkcję wodoru odnawialnego w oderwaniu od jego zastosowania oraz w obszarze wykorzystania, bez preferencji na poziomie wymogów wstępnych co do sposobu jego użycia (są oceniane w ramach kryteriów finansowych). Mamy niedostatek wsparcia dla krajowych producentów technologii wspierających jej skalowanie, co przy uruchamianym „tsunami” środków na ich zastosowanie powoduje, że wygrywają konkurenci zagraniczni. Ograniczenia techniczne, infrastrukturalne i finansowe w zakresie transportu wodoru stanowią szanse produkcji lokalnej kosztem importu.

”

UE świadomie zawęża pole w rozwoju gospodarki wodorowej

### Co proponuję?

Powinniśmy wprowadzić długoterminowe planowanie czasowe wdrażania i ram programów pomocowych, pozwalających interesariuszom na planowanie działań.

Po drugie, przez wzgląd na uwarunkowania technologiczne (rzeczywisty potencjał wodoru), polityczne (presja dekarbonizacyjna) oraz prawne (terminy i limity wymuszane przez UE) należy rozpocząć profilowanie programów wsparcia produkcji i wykorzystania wodoru. Oznacza to, że w zakresie zastosowania wodoru należy je tworzyć z uwzględnieniem pierwszeństwa, ale nie wyłączności, branż: chemicznej, rafineryjnej, stalowej i tych, które opierają się na procesach wysokotemperaturowych lub projekty, gdzie wodór nie ma rzeczywistych alternatyw czy pozwala na zagospodarowanie istotnej ilości energii z OZE, która ze względu na uwarunkowania sieci spotkała się z odmową

przyłączenia (zastosowania priorytetowe). W obszarze produkcji wodoru warto dać preferencje tym instalacjom, których uwarunkowania lokalizacyjne umożliwiają rzeczywiste i opłacalne wykorzystanie wodoru na miejscu, w branżach priorytetowych.

Po trzecie, trzeba jak najszybciej uruchomić program wsparcia rozwoju i skalowania działalności twórców technologii i jego zgrania sekwencyjnie z ww. programami. Wymaga to stworzenia i notyfikacji specjalnego mechanizmu pomocowego, który jednak moim zdaniem może liczyć na przychylność przez wzgląd na synergie z tzw. Net-Zero Industry Act. Po czwarte, potrzebujemy próby parowania „odrzuconych” przez sieci mocy OZE z produkcją wodoru i branżami priorytetowymi, głównie w formie przepływu informacji.

Potrzebujemy też koordynacji działań, na co dotychczasowe prace resortu odpowiedzialnego za politykę wodorową i współdziałanie sektora w ramach Porozumienia Wodorowego dają uzasadnione nadzieje. ■

REKLAMA




**Poznaj nową serię  
przeciwwybuchowych silników  
budowy wzmocnionej  
w klasie sprawności IE3 (PREMIUM)**

**II 2G Ex eb IIC T3 Gb**  
**II 2D Ex tb IIIC T125°C Db**






[www.cantonigroup.com](http://www.cantonigroup.com)   [motor@cantonigroup.com](mailto:motor@cantonigroup.com)



Fot. 123rf

# DYREKTYWA RED

## Skutki dla gospodarki wodorowej

**Marek Foltynowicz**

ekspert Klastra Technologii Wodorowych

UE zwiększa cele w zakresie udziału OZE w zużyciu energii końcowej. Dlatego warto przyjrzeć się dokładnie tym regulacjom i zacząć planować inwestycje w paliwa odnawialne, w tym w odnawialny wodór.

W lutym br. Komisja Europejska zaproponowała szczegółowe przepisy definiujące, czym jest wodór odnawialny w UE. Umożliwiają one teraz planowanie inwestycji w produkcję odnawialnych ciekłych i gazowych paliw transportowych pochodzenia niebiologicznego (dalej Renewable Fuels of Non-Biological Origin RFNBO DA). W czerwcu 2023 r. przepisy te zostały publikowane w Dzienniku Urzędowym EU bez poprawek, jako tzw. akty delegowane (DA).

### Akty delegowane

Pierwszy to rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2023/1184, które określa konieczne do spełnienia warunki, aby wodór można było uznać za odnawialny. Drugi

to rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2023/1185 zawierające metodologię obliczania śladu węglowego dla bazujących na wodorze paliw określanych jako RFNBO.

Dodatkowo 12 września 2023 r. posłowie do Parlamentu Europejskiego formalnie zatwierdzili zmiany w dyrektywie w sprawie odnawialnych źródeł energii (RED III) – dokumencie, który ma na celu doprowadzenie do stosowania energii odnawialnej we wszystkich państwach członkowskich na szeroką skalę.

Dyrektywa RED III wyznacza następujące podstawowe cele na wykorzystanie paliw odnawialnych RFNBO, w tym szczególnie wodoru odnawialnego:

- w przemyśle, do 2030 r., 42% całego wykorzystywanego wodoru ma spełniać warunki paliw



odnawialnych RFNBO. Od roku 2035 r. udział ten ma wzrosnąć do 60%.

- W transporcie, już w roku 2025 ilość wykorzystywanych biopaliw i paliwa odnawialnego RFNBO ma wynosić 1% wszystkich paliw. Zaś od roku 2030 łączna ilość stosowanych biopaliw i/lub paliwa odnawialnego RFNBO wzrosnąć ma do 5,5% wszystkich paliw używanych w transporcie, przy czym co najmniej 1% muszą to być paliwa odnawialne RFNBO.
- W sektorze transportu morskiego państwa członkowskie UE, w których znajdują się porty morskie, powinny dążyć do tego, aby do 2030 r. paliwa odnawialne RFNBO stanowiły już 1,2% całkowitej ilości energii dostarczanej do tego sektora.

Jak więc widać UE zwiększa cele w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii końcowej. Dlatego warto przyrzeć się dokładnie tym regulacjom i zacząć planować inwestycje w paliwa odnawialne RFNBO, w tym w odnawialny wodór.

### Dyrektywa RED III

Akt delegowany RFNBO uzupełnia dyrektywę w sprawie odnawialnych źródeł energii – RED III, określając szczegółowe przepisy dotyczące sposobu, w jaki producenci paliw mogą pozyskiwać energię elektryczną, która jest w pełni odnawialna. Metodologia GHG obejmuje podejście bazujące na cyklu życia w celu określenia intensywności emisji gazów cieplarnianych z paliw RFNBO i paliw pochodzących z recyklingu paliw węglowych RCF. W tym podejściu rozróżnia się energię elektryczną, która jest w pełni odnawialna, i energię elektryczną uznawaną za częściowo odnawialną. Akty delegowane są zatem ze sobą ściśle powiązane.

Akty delegowane dotyczące wodoru mają zastosowanie do wodoru zużywanego i/lub importowanego do UE. Aby wodór odnawialny został zaliczony na poczet celów określonych w dyrektywie w sprawie odnawialnych źródeł energii, do jego produkcji metodą elektrolizy musi być wykorzystywana energia odnawialna i muszą zostać spełnione określone uwarunkowania. Poniższej przedstawiono krótką analizę dwóch obowiązujących aktów delegowanych.

Zarówno odnawialne ciekłe i gazowe paliwa transportowe pochodzenia niebiologicznego, jak i powstałe z recyklingu paliwa węglowe są wyraźnie uwzględnione w przepisach RED III i uznawany jest ich wkład w realizację celów sektora transportu w zakresie energii odnawialnej. W przepisach tych wyznaczono obecnie maksymalny próg intensywności emisji gazów cieplarnianych przy wytwarzaniu paliw zarówno w przypadku RFNBO, jak i w przypadku pochodzących z recyklingu paliw węglowych (RCF). Proóg ten określono jako poziom emisji, który ma być 70% poniżej emisji dla odpowiednika wytworzonego z paliw kopalnych. Oznacza to, że emisja może wynieść do 94 g CO<sub>2</sub> eq/MJ, tj. nie więcej niż 28,2 g CO<sub>2</sub> eq/MJ. Dotyczy to całkowitego śladu węglowego dla

## SCENARIUSZE POZYSKANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ



Dopuszcza się następujące scenariusze pozyskiwania energii elektrycznej (ee) do instalacji do produkcji wodoru za pomocą elektrolizy:

- opcja 1: ee pobierana jest z sieci elektrycznej pod warunkiem, że energia ta jest w pełni odnawialna (spełnia warunek niskiej intensywności emisji gazów cieplarnianych);
- opcja 2: w pełni odnawialna ee pochodzi ze źródła wytwarzania energii odnawialnej bezpośrednio podłączonego do instalacji;
- opcja 3: ee w pełni odnawialna dostarczana jest za pośrednictwem sieci elektrycznej na podstawie kontraktu PPA oraz dopuszcza się rozwiązanie 4 – tj. połączenie powyższych opcji.

danego rodzaju paliwa dostarczonego konsumentowi końcowemu. W związku z tym, jeżeli wodór (czy inne paliwo RFNBO) miałby być transportowany do odbiorców końcowych z miejsca produkcji, lub wodór byłby jedynie produktem pośrednim w produkcji paliw syntetycznych, to przy liczeniu śladu węglowego należy uwzględnić wszystkie emisje związane z tymi procesami.

Co do zasady, ciekłe i gazowe paliwa RFNBO produkowane z wykorzystaniem energii elektrycznej uznaje się za odnawialne wyłącznie wówczas, gdy wykorzystana energia elektryczna jest odnawialna.

### Pobór energii elektrycznej z sieci

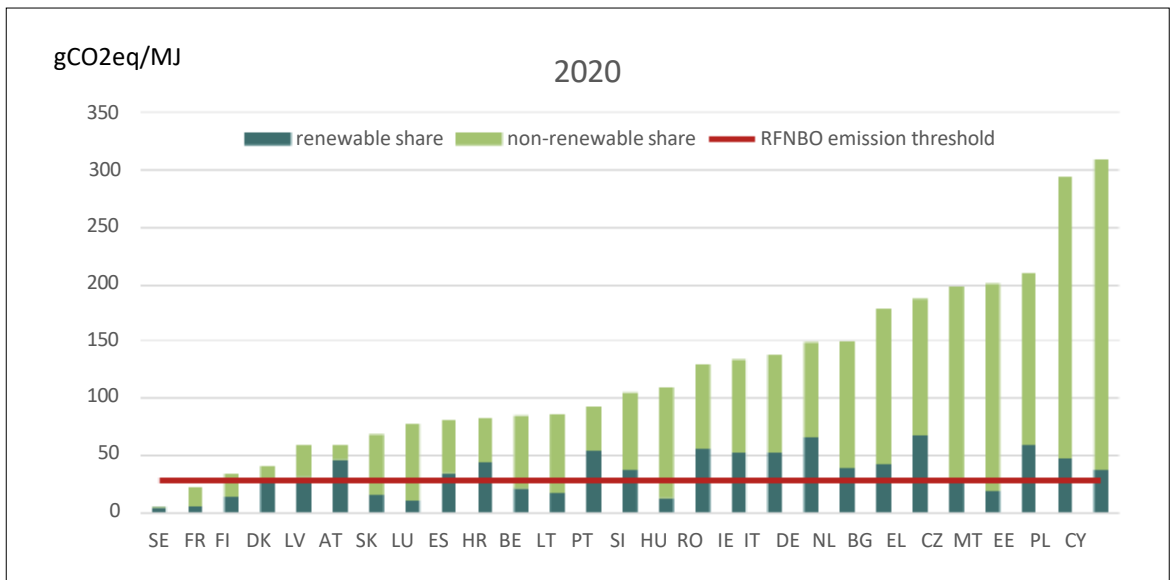
Jest to opcja podstawowa, przy czym producenci paliwa mogą uznawać energię elektryczną z sieci za w pełni odnawialną, jeżeli instalacja produkująca odnawialne ciekłe i gazowe paliwo RFNBO znajduje się na obszarze rynkowym, na którym średni udział odnawialnej energii elektrycznej przekroczył 90% w poprzednim roku kalendarzowym. Spełnienie dalszych kryteriów (dodatkowość, korelacja czasowa i geograficzna) nie jest konieczne.

Jeżeli powyższy warunek nie został spełniony, energię elektryczną pobraną z sieci można uznać za w pełni odnawialną, gdy intensywność emisji wynikających

**RYS. 1**

Intensywność emisji i udział energii odnawialnej w miksie energetycznym w 2020 roku

(Impact assessment of the RED II Delegated Acts on RFNBO and GHG accounting, Hydrogen Europe Analysis, Hydrogen Europe, marzec 2023)



z wytwarzania energii elektrycznej w sieci jest niższa niż 18 g CO<sub>2</sub> eq/MJ, co przekłada się na próg intensywności emisji RFNBO nie więcej niż 28,2 g CO<sub>2</sub> eq/MJ. Niestety przypadek ten nie będzie miał zastosowania w większości państw członkowskich UE (w tym Polski) w najbliższej przyszłości, ponieważ intensywność emisji gazów cieplarnianych w sieci energetycznej jest zbyt duża.

Intensywność emisji i udział energii odnawialnej w miksie energetycznym pokazano na rys. 1 i rys. 2.

Tylko Francja i Szwecja spełniają ten wymóg, ze względu na udział energii jądrowej, oraz Norwegia, dzięki udziałowi energii wodnej w produkcji energii. Według prognoz Hydrogen Europe sytuacja po 2030 zmieni się nieznacznie i tylko 12 krajów będzie spełniało ten warunek, a Polska spadnie na ostatnie miejsce.

Jest jeden wyjątek, gdy można uznać energię elektryczną pobraną z sieci o wysokiej intensywności emisji

za w pełni odnawialną. Chodzi o sytuację, gdy pobierana energia elektryczna zużywana jest i rozliczana w okresie niezbilansowania na podstawie dowodów pochodzących od krajowego operatora systemu przesyłowego:

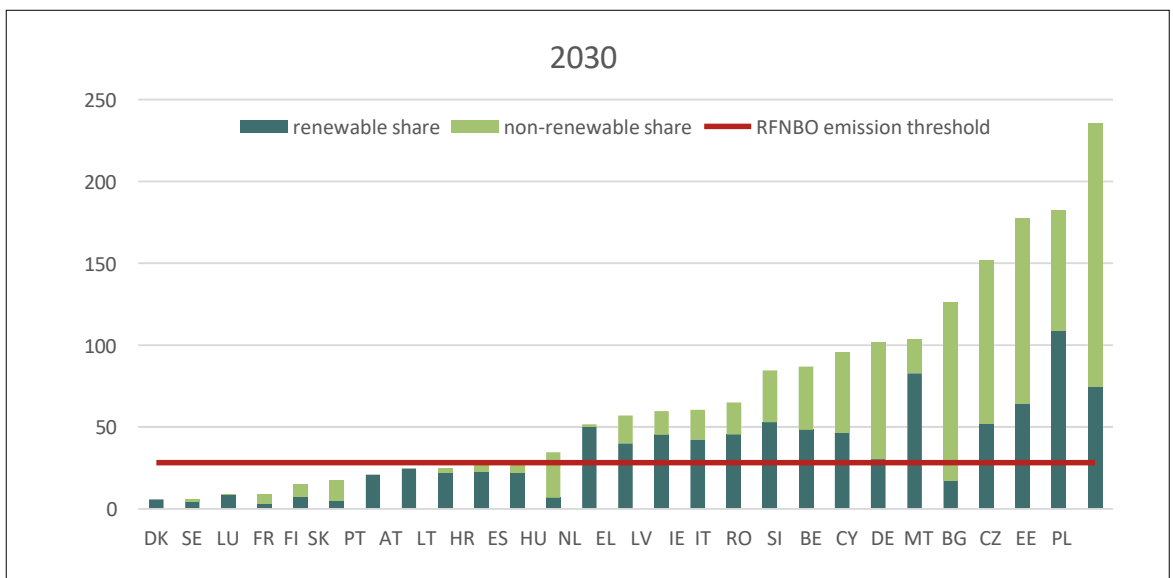
- instalacje wytwarzające energię elektryczną z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii podlegały redysponowaniu prowadzącemu do obniżenia ich mocy oraz
- energia elektryczna zużyta przy produkcji paliwa RFNBO zmniejszyła zapotrzebowanie na redysponowanie o odpowiednią ilość.

Ten ostatni przypadek może znaleźć zastosowanie w Polsce i potrzebne jest dopracowanie szczegółów regulacji prawnych takiego wykorzystywania energii elektrycznej z sieci.

**RYS. 2**

Prognozowana intensywność emisji i udział energii odnawialnej w miksie energetycznym w 2030 roku

(Impact assessment of the RED II Delegated Acts on RFNBO and GHG accounting, Hydrogen Europe Analysis, Hydrogen Europe, marzec 2023)



## Bezpośrednie połączenie elektrolizera ze źródłem energii OZE

To bardzo dobre rozwiązanie gwarantujące uznanie wodoru za w pełni odnawialne paliwo RFNBO o śladzie węglowym równym 0 g CO<sub>2</sub> eq/MJ w miejscu wytworzenia. Musi być tu spełniony warunek dodatkowości, tzn. wybudowania i uruchomienia źródła OZE nie wcześniej niż 36 miesięcy od daty powstania instalacji produkcji RFNBO oraz brak uzyskania pomocy finansowej przy budowie instalacji OZE (artykuł 5 b Rozporządzenia UE 2023/1184).

Jeżeli elektrolizer będzie równocześnie podłączony do sieci elektrycznej, musi być zainstalowany inteligentny licznik poboru energii pokazujący, że nie pobrano energii z sieci w żadnym momencie. Są tu ważne odstępstwa od zasady dodatkowości, które Polska powinna wykorzystać. Otóż nie obowiązuje ona dla instalacji produkujących paliwo RFNBO, które rozpoczną działanie przed 1 stycznia 2028 r. oraz gdy za moment rozpoczęcia pracy instalacji OZE – wcześniej niż 36 miesięcy – uznaje się produkcję energii OZE w następstwie rozbudowy źródła energii OZE zdefiniowanej w art. 2 pkt 10 dyrektywy RED 2018/2001, wymagającej inwestycji przekraczających 30% inwestycji, która była potrzebna, aby zbudować podobną nową instalację.

Dobrze by było, by polscy inwestorzy i operatorzy istniejących/rozbudowywanych instalacji OZE spróbowali uruchomić instalacje produkcji wodoru w ciągu tych najbliższych 5 lat, co pozwoliłoby ograniczyć całkowite koszty inwestycyjne. Opcja bezpośredniego podłączenia wymagałaby jednak, aby elektrolizer pracował w sposób elastyczny, tzn. przy zmiennym obciążeniu OZE. I tu znowu możliwe jest odstępstwo – chodzi o rozwiązanie, gdy instalacja OZE będzie tak skonfigurowana i połączona z lokalnym magazynem energii elektrycznej, do jakiego przesyłane będą nadwyżki produkcji OZE (ponad moc elektrolizera), z którego będzie ona zasilać elektrolizer w okresach braku produkcji energii OZE. Pytanie, czy takie rozwiązanie techniczne będzie ekonomicznie uzasadnione?

### Kontrakty na dostawę energii elektrycznej OZE

Tu dostawa energii OZE odbywa się poprzez sieć elektryczną, ale zawarty jest kontrakt PPA (z jednym lub kilkoma wytwórcami energii OZE) gwarantujący, że energia OZE produkowana jest w innej lokalizacji niż elektrolizer i dostarczana do sieci wyłącznie na potrzeby realizacji tego kontraktu dla jednego klienta. Przypadek ten wymaga jednak spełnienia kilku dodatkowych warunków wstępnych, aby móc zaklasyfikować energię elektryczną jako w pełni odnawialną, w tym:

- dodatkowość,
- korelacja czasowa,
- korelacja geograficzna.

Dodatkowość – podobnie jak w opcji 2 instalacja OZE musi być nowo wybudowaną i nie może być od-



dana do użytku wcześniej niż 36 miesięcy przed uruchomieniem elektrolizera i również obowiązują tamte odstępstwa.

Korelacja czasowa – musi zachodzić miesięczna (a po 1 stycznia 2030 r. – godzinowa) korelacja dostaw energii odnawialnej z produkcją H<sub>2</sub>. Korelację czasową uznaje się za spełnioną zawsze, jeżeli produkcja wodoru zachodzi w okresie jednej godziny, w której cena rozliczeniowa energii elektrycznej wynikająca z Rynku Dnia Następnego jest niższa lub równa 20 EUR/MWh.

Korelacja geograficzna to sytuacja, gdy dostawy energii OZE w ramach kontraktu PPA odbywają się na terenie geograficznym w tej samej strefie przetargowej (najczęściej w granicach danego państwa) co lokalizacja elektrolizera.

Potrzebne są również powiązane gwarancje pochodzenia będące dodatkowym elementem niezbędnym do zapewnienia, aby ta sama jednostka energii ze źródeł odnawialnych była brana pod uwagę tylko raz.

”

Duże przedsiębiorstwa muszą uważnie prześledzić nowe wymagania i odpowiednio szybko zaplanować ich wdrożenie

### ENERGIA Z OZE

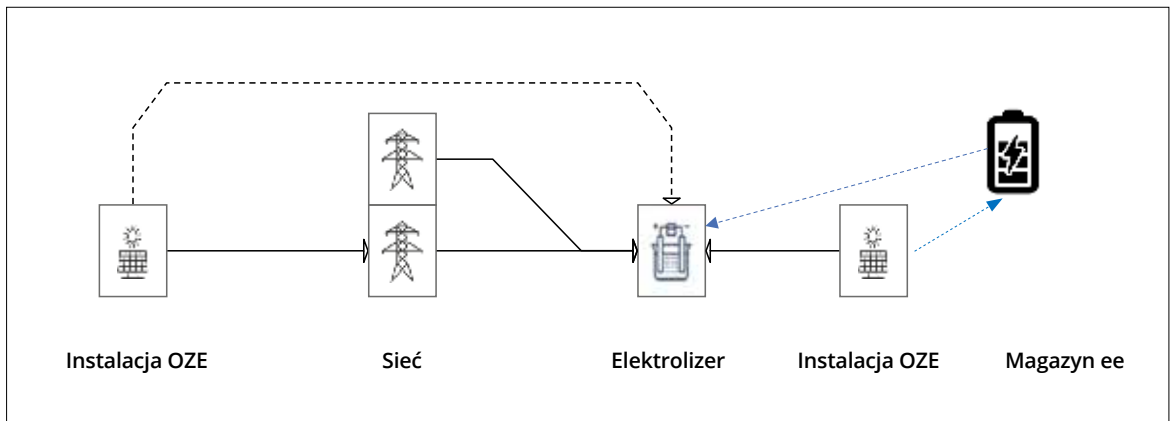
Niespełnienie warunków dostaw energii OZE do roku 2030 w poszczególnych krajach skutkować będzie utratą konkurencyjności produkcji przemysłowej – dotyczyć to będzie również Polski

### Połączenie wszystkich opcji

Jak wspomniano, możliwy jest przypadek – rozwiązanie 4, czyli połączenie powyższych opcji co przedstawiono na rys. 3.

Rozwiązanie to ma umożliwić maksymalne wykorzystanie czasu pracy elektrolizera z użyciem energii OZE (bezpośrednie połączenie lub poprzez kontrakt PPA) wraz z magazynem energii oraz zakupem energii z sieci. W tym rozwiązaniu należy przeprowadzić bardzo szczegółowe obliczenia opłacalności zakupu energii z sieci celem zwiększenia stopnia wykorzystania elektrolizera, gdyż przepisy DA rozróżniają wodór produkowany ze 100% użyciem energii OZE i przypisują mu współczynnik

**RYS. 3**  
Schemat sposobu dostaw energii elektrycznej do elektrolizera



emisji 0 g CO<sub>2</sub> eq/MJ od sytuacji produkcji H<sub>2</sub> z użyciem energii z sieci, któremu to wodorowi przypisuje się współczynnik emisji odpowiadający współczynnikowi sieci krajowej. Co to oznacza w praktyce? Otóż współczynnik emisji dla całego wyprodukowanego wodoru w takiej instalacji, wg rozwiązania 4, będzie obliczony jako uśredniony. Czyli wódór wyprodukowany z użyciem energii z różnych źródeł nie będzie miał już współczynnika 0 g CO<sub>2</sub> eq/MJ, tylko wartość średnią obliczoną z współczynnika z sieci w proporcji do ilości wodoru wyprodukowanego z obu tych źródeł zasilania. Oznacza to bardzo trudną sytuację dla producentów wodoru w Polsce, chcących wykorzystać to mieszane zasilanie ze względu na bardzo wysoki współczynnik intensywności emisji gazów cieplarnianych w polskiej sieci energetycznej (zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem MKiS w roku 2023 wynosi on 182,1 g CO<sub>2</sub> eq/MJ i daje w przeliczeniu na wódór wielkość 285,9 g CO<sub>2</sub> eq/MJ, czyli bardzo daleko od progu dla RFNBO 28 g CO<sub>2</sub> eq/MJ).

\*\*\*

Zgodnie z dyrektywą RED III, chcąc spełnić wymóg zastąpienia 42% wodoru szarego zużywanego w produkcji przemysłowej wodorem odnawialnym, wg RFNBO DA potrzebne będzie wybudowanie w Polsce wielu nowych dodatkowych instalacji energii OZE. Niespełnienie tych warunków dostaw energii OZE do roku 2030 w poszczególnych krajach skutkować będzie utratą konkurencyjności produkcji przemysłowej. Dotyczyć to będzie w dużej mierze Polski. Szczególnie duże przedsiębiorstwa muszą uważnie prześledzić nowe wymagania i odpowiednio szybko zaplanować ich wdrożenie, poszukać odpowiednich dostawców/deweloperów energii OZE i przygotować kontrakty PPA na jej dostawę. Co prawda prowadzona jest jeszcze dyskusja na poziomie UE celem zaklasyfikowania jako wodoru „niskoemisyjnego” – wytwarzanego z energii jądrowej lub ewentualnie z gazu kopalnego z wychwytywaniem i magazynowaniem dwutlenku węgla (tj. niebieskiego H<sub>2</sub>) – jako odnawialnego. W ramach prawa gazowego UE opracowywany jest obecnie tzw. Hydrogen and Gas

Market Decarbonisation Package określający m.in. warunki dla takiej klasyfikacji wodoru. Pozwoliłoby to poszerzyć możliwości i złagodzić warunki produkcji paliw RFNBO i dobrze rozplanować budowę nowych źródeł energii OZE. Należy zdawać sobie sprawę, że wdrożenie proponowanych przez UE rozwiązań będzie trudne w naszym kraju.

Do rozwiązania pozostaje jeszcze cały system certyfikacji pochodzenia wodoru i zatwierdzania prawdziwości wyliczeń śladu węglowego, gdyż to dostawcy wodoru/paliw będą musieli dokładne udokumentować, które opcje zastosowano w celu zaopatrzenia się w odnawialną energię elektryczną. Na dziś Komisja Europejska otrzymała aplikacje dwóch organizacji przedstawiających system certyfikacji, tzw. voluntary schemes for RFNBO. Są to CertifHy (<https://www.certifhy.eu/>) oraz ISCC (International Sustainability & Carbon Certification, <https://www.iscc-system.org/>).

W lipcu 2028 r. Komisja oceni praktyczne strony stosowania opisanej metodyki określającej, kiedy energia elektryczna wykorzystywana do produkcji paliw RFNBO może zostać uznana za odnawialną, celem wprowadzenia ewentualnych poprawek. W przeglądzie tym uwzględniony też będzie wpływ przepisów dotyczących dodatkowości, korelacji czasowej i geograficznej. Nie zwalnia to nas jednak od przygotowywania inwestycji w paliwa RFNBO już teraz.

#### Literatura

- [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_23\\_594](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_594)
- [https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/hydrogen-delegated-acts\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-systems-integration/hydrogen/hydrogen-delegated-acts_en)
- [https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-7/2023\\_07\\_26\\_Document\\_Certification\\_questions.pdf](https://energy.ec.europa.eu/system/files/2023-7/2023_07_26_Document_Certification_questions.pdf)
- Raport Hydrogen Europe – Impact assessments of the RED II delegated acts on RFNBO and GHG accounting marzec 2023.
- Dane z webinaru HE Working Group on Regulation, Code, Standards and Market 20 marca 2023.
- <https://www.icis.com/explore/resources/news/2023/09/13/10924662/icis-explains-red-iii-and-its-implications-for-hydrogen/> ■



XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

## REMONTY I UTRZYMANIE RUCHU W PRZEMYSŁE CHEMICZNYM



budujemy możliwości  
porozumienia

# MISTRZOSTWO w UR

20-22  
MAJA 2024 r.

Jastrzębia  
Góra



ORGANIZATOR

HONOROWY GOSPODARZ

PATRONAT MEDIALNY



budujemy możliwości  
porozumienia

Rafineria Gdańska

CHEMIA



kierunekchemia.pl



fot. 123rf

# BEZPIECZEŃSTWO PRACY Z WODOREM

**Paweł Tomczyk**

PGE Polska Grupa Energetyczna S.A.

Wraz z rozwojem technologii wodorowych, coraz więcej przedsiębiorstw decyduje się na korzystanie z tego źródła energii. Jednakże praca z nim wymaga szczególnej uwagi i ostrożności ze względu na właściwości i potencjalne zagrożenia dla użytkowników.

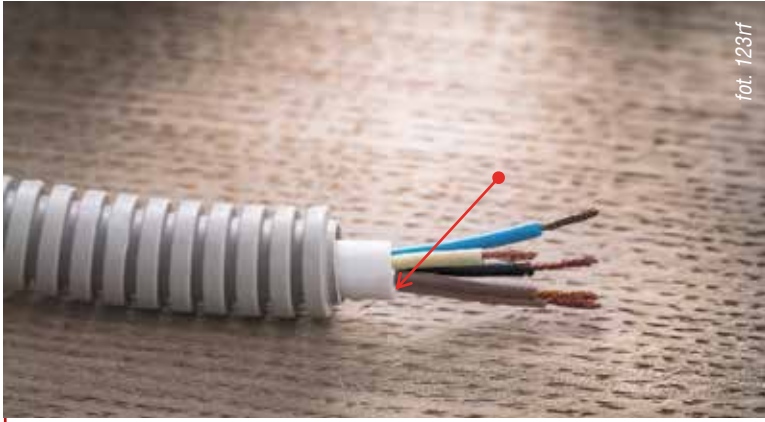
W jednej z matryc szacowania ryzyka zawodowego oraz biznesowego, z którą miałem do czynienia, występuje – poza wartościami liczbowymi, procentowymi – szereg obrazowych pojęć prawdopodobieństwa materializacji. Wygląda to następująco:

- bardzo prawdopodobne – 50% (1 na 2),
- całkiem prawdopodobne – 10% (1 na 10),
- mało prawdopodobne, ale możliwe – 1% (1 na 100),
- tylko sporadycznie możliwe – 0,1% (1 na 1000),

- możliwe do pomyślenia – 0,01% (1 na 10000),
- praktycznie niemożliwe – 0,001% (1 na 100000),
- tylko teoretycznie możliwe – 0,0001% (1 na 1000000).

## Wypadek w firmie energetycznej

Niestety kadra inżynierska i menedżerska w jednej z firm energetycznych miała styczność z wypadkiem, którego nie była w stanie przewidzieć. Kiedy dowiedziałem się o tym zdarzeniu, kilka godzin



fol. 123rf

FOT. 1  
Kabel zasilający grzałkę



fol. 123rf

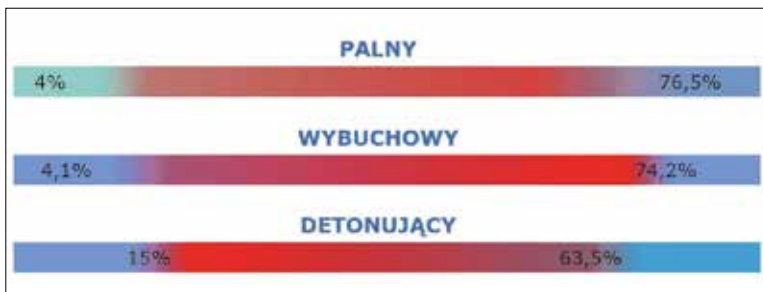
FOT. 2  
Przykładowe, poglądowe podłączenie skrzynki

Barwa	Toksyczność	Zapach	Wypór w powietrzu	Energia chemiczna
brak	brak	brak	1/14	119MJ/kg 11MJ/Nm <sup>3</sup>

TAB. 1  
Wybrane właściwości fizyczne wodoru  
(źródło: zasoby autora)

Barwa	Toksyczność	Zapach	Wypór w powietrzu	Energia chemiczna
brak	brak	brak	1/14	119MJ/kg 11MJ/Nm <sup>3</sup>

TAB. 2  
Termodynamika wodoru  
(źródło: zasoby autora)



RYS. 1  
Reakcje palne w zależności od stężenia wodoru w powietrzu  
(źródło: zasoby autora)

spędziłem przy analogicznej instalacji w swojej firmie, próbując wyobrazić sobie, jak mógłbym sam, świadomie, przy posiadanym zasobie wiedzy, wyobraźni i doświadczenia do takiego wypadku doprowadzić. Wtedy zrozumiałem, że skokowy wzrost zagrożenia i ryzyka z poziomu „niemożliwe”, lub „tylko teoretycznie możliwe” do „prawdopodobnego” z różnymi określeniami dodatkowymi, jest w zasadzie ograniczony tylko poziomem inżynierskiej niewiedzy.

Wypadek, o którym tutaj wspominam, polegał na przedostaniu się gazowego wodoru o ciśnieniu nieznacznym, bo ok. 3 barów, z układu grzałki regazyfikacji ciekłego CO<sub>2</sub> (stosowanego jako gaz inertywny do wypychania wodoru z instalacji) kablem zasilającym do skrzynki wykonanej w technologii Ex, czyli – na nieszczęście – szczelnej.

Wodór, przez długie miesiące znajdujący się w rurociągu, penetrował przestrzeń w osłonie żył przewodu, przedostając się do skrzynki zasilającej przez szczelny dławik. Skrzynka Ex (jak wiadomo, szczelna, w celu uniknięcia zainicjowania zapłonu w strefie zagrożonej wybuchem) w swoim wnętrzu sama stała się przestrzenią ze strefą wybuchową 1, a w momencie załączenia grzałki, drobny impuls elektryczny zainicjował zapłon, który wyrwał drzwi i poważnie okaleczył operatora.

Doświadczenie to nauczyło mnie podchodzenia do wiedzy na temat używanych technologii jako do podstawowej warstwy zabezpieczenia przed wypadkami i zdarzeniami awaryjnymi.

W artykule wymieniono kilkanaście właściwości wodoru, które każdy operator – zwłaszcza technik używający instalacji z tym gazem – powinien znać. Zawarto także zachętę do uświadomienia pracownikom i menedżerom, jakie aspekty dla bezpieczeństwa te właściwości implikują.

### Właściwości fizyczne, zapłonowe i wybuchowe wodoru

W danych w tabeli 1 szczególnie ciekawy w ujęciu bezpieczeństwa jest wypór. Ten ułamek mówi nam, że wodór bardzo łatwo się rozprasza, ulatnia, ale jednocześnie, iż jeżeli trafi na kieszeń konstrukcyjną, to zostanie w tej niszy na dłużej i będzie czekał na dogodną okazję do zapłonu.

Warte zwrócenia uwagi jest to, że w warunkach otoczenia, czyli po uwolnieniu (z rurociągu, zbiornika), znajdujemy się w przestrzeniach niestabilności termodynamicznej. Przy pracy z udziałem fazy ciekłej musimy się liczyć z temperaturami odparowywania prawie 100 K niższej niż przy i tak niskiej temperaturze wrzenia gazu ziemnego. Zagrożenie zmrożeniem jest oczywiście mało prawdopodobne, ale czy skrajnie małe? Wzrastająca ekspozycja, czyli rozpowszechnienie instalacji, może zwiększać to ryzyko.

Jeśli operujemy na instalacjach wodorowych warto uświadomić sobie i pracownikom operacyjnym różnice pomiędzy paleniem laminarnym a defla-

## WŁAŚCIWOŚCI WODORU

**Ujemny współczynnik Joule'a-Thomsona** – co znaczy, że w pewnych zakresach ciśnień, przy wyciekach temperatura gazu rośnie. Będzie to sprawiać kłopot przy niektórych metodach detekcji wycieków. Może powstać ryzyko błędnej interpretacji zwyczajowo spodziewanej przez techników – na wyświetlaczu pirometru niższa temperatura niż otoczenie lub rurociąg.

**Temperatura samozapłonu 580°C** – czyli wodór nie powinien się sam zapalić, nawet w dość gorącym otoczeniu. Niemniej spotykałem się w swojej pracy z płomieniem wodorowym przy niewielkich nieszczelnościach, zainicjowanym z niewiadomej przyczyny. Być może przyczyna mogła tkwić w rozładowywaniu jonizującej się strugi.

**Minimalna energia zapłonu 0,011-0,02 mJ** – czyli bardzo niska; dodatkowo im bliżej stężenia stechiometrycznego, tym niższa.

**Maksymalny przyrost ciśnienia 0,625MPa** w mieszaninie z powietrzem, czyli wartość niższa niż średnia dla gazów; dodatkowo warto zaznaczyć, że znacznie niższe niż pyły spożywcze czy proszki metali. Czyli wiedza o tym parametrze dostarcza nam argumentów, że nie ma potrzeby obawiać się tego medium/paliwa w stopniu przesadnym.

gracją czy detonacją. Każdy z tych procesów niesie inne zagrożenia. Dla przypomnienia, detonacja jest już wybuchem z przekroczeniem prędkości dźwięku i występowaniem fali uderzeniowej, co naturalnie musi być groźniejsze dla organizmu ludzkiego. Istotne jest również, aby przynajmniej kadra techniczna uczestnicząca w doborze systemów zabezpieczających umiała odróżnić detonację stabilną od niestabilnej, która często jest wynikiem niewystarczająco dobrze skonstruowanych przekrojów przewodu (rurociągu).

Inne, warte uwagi właściwości wodoru, przedstawiono w ramce.

### Zagrożenia związane z przechowywaniem i transportem

W obszarze sposobu przechowywania i przesyłania wodoru technolodzy idą dwoma głównymi ścieżkami. Jedną z nich jest dostosowanie fizyczne – temperatura, faza, ciśnienie, drugą wykorzystywanie właściwości materiałowych i chemicznych. Każda z metod niesie ze sobą inne typy zagrożeń.

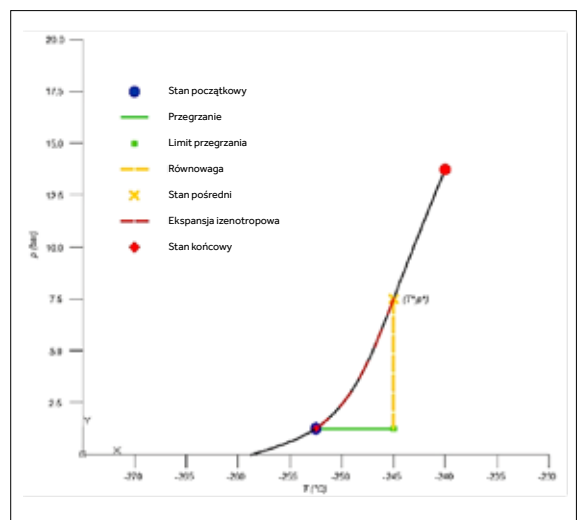
**Wodór sprężony** – chyba nadal dominujący, pozwala na przechowywanie do 40 kg gazu w m<sup>3</sup>, w temperaturze otoczenia, czyli w nieizolowanych zbiornikach. Zagrożenia, jakie niesie ten sposób przechowywania i przesyłania są bardzo dobrze rozpoznane, technologia funkcjonuje od dawna. Oczywiście wymaga od personelu przyzwoitej wiedzy i umiejętności, niemniej usterki nie powinny nikogo przeszkolonego w tym zakresie zaskakiwać. A więc i zagrożenie jest dość dobrze kontrolowalne.

**Wodór sprężony i schłodzony** – bardziej wyrafinowana (czytaj skomplikowana, czyli z większą ilością

elementów mogących ulec usterce) konstrukcja zbiorników – stosowana z uwagi na możliwość zmieszczenia aż do 72 kg wodoru w m<sup>3</sup>. Ta cecha powoduje, że jest to jedno z rozwiązań dedykowanych samochodom, także osobowym, czyli praktycznie obsłudze bez żadnej wiedzy przyrodniczej (poza tą ze szkoły podstawowej). Zbiorniki te osiągają ciśnienia do 400 bar, natomiast temperatury, które w nim występują, sięgają 20 K, a w plusowych ponad 60°C, czyli zagrożenie niską temperaturą musi być brane pod uwagę i kontrolowane. Oczywiście, jeżeli personel, czyli kierowca, nie może być kontrolowaną warstwą bezpieczeństwa, to jakość zastosowanych rozwiązań musi być bardzo kosztowna. Może dlatego to rozwiązanie znajduje zastosowanie w samochodach marki BMW?

**Wodór skroplony** – stwarza możliwość zmieszczenia do 62 kg gazu w m<sup>3</sup>, dodatkowo w dość niskim ciśnieniu – do 16 bar. Zagrożenia związane z ciśnieniem nie są więc dominujące, jednak od razu należy spojrzeć na temperaturę wrzenia. Utrzymywanie niskiej temperatury jest technicznie bardzo trudne metodą izolacji. Konieczne jest stałe odparowywanie z lustra cieczy, co prowadzi do spektrum zagrożeń związanych z uwolnieniem fazy ciekłej i wzrostu ciśnienia podczas uszkodzeń układu odbioru gazu lotnego. Niemniej ta technika wydaje się również dobrze rozpoznana i kontrola ryzyk jest raczej nie nowa do rozpracowania technicznego.

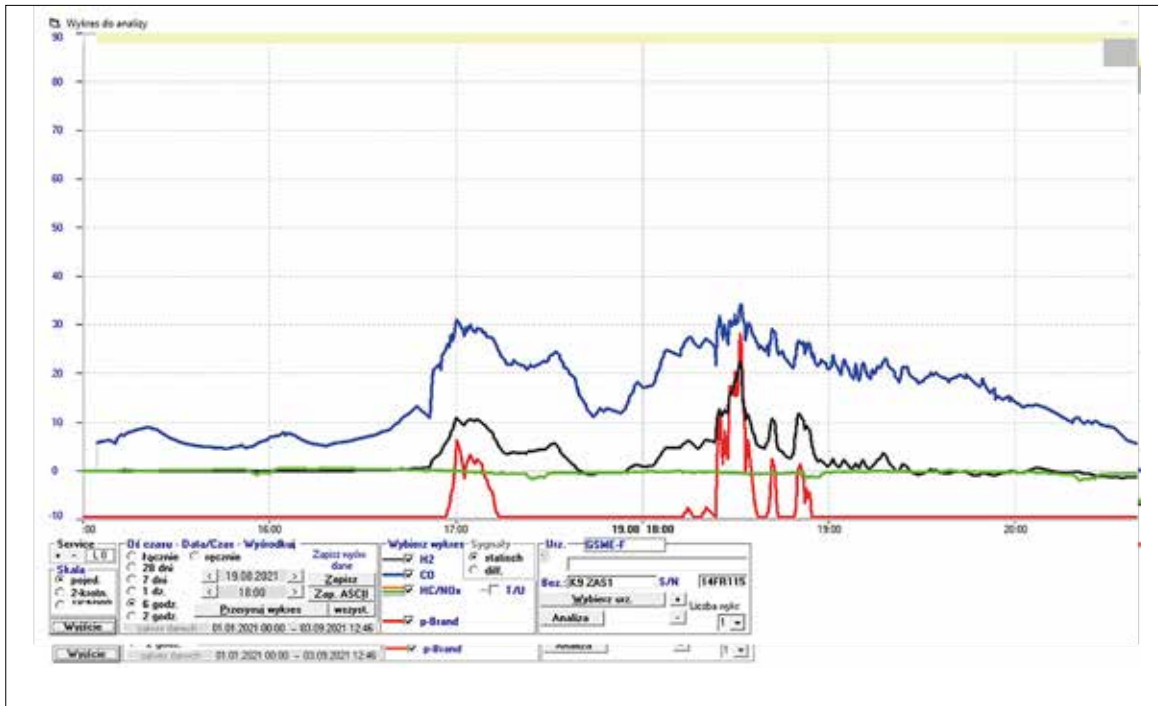
Uwolnienie wodoru ciekłego, analogicznie do LNG, nie sprawi większego kłopotu, jeżeli nastąpi w bazie paliwowej na zbiorniku osadzonym w tacy. Wysoka lotność zabezpieczy przed wyciekami poza tacę zbiorczą. Kłopot może wystąpić w instalacjach użytkowych poza terenem, w którym operują technicy. Wodór ciekły (w NBP) ma gęstość 70,78 kg/m<sup>3</sup>. Większa gęstość par nasyconego wodoru w niskich temperaturach może spowodować, że chmura ciekłego wodoru będzie „płynąć” poziomo lub nawet



RYS. 2

Przemiany wodoru ciekłego po uwolnieniu do otoczenia 1 bara  
(źródło: zasoby autora)





**RYŚ. 3**  
 Detekcja wodoru  
 w budynku  
 sąsiadującym  
 z nieszczelnością  
 (źródło: zasoby  
 autora)

opadać w dół natychmiast po uwolnieniu, jeśli nastąpi rozlanie lub wyciek LH2 Niewielką, ale jednak pociechą jest fakt, że potencjał pochłaniania ciepła przy przemianach fazowych jest dla wodoru niższy niż dla gazu ziemnego – 40 kJ/kg (LNG – 68 kJ/kg), albo jeśli ktoś woli – 2 MJ/m<sup>3</sup> (LNG – 39 MJ/m<sup>3</sup>).

Drugą ścieżką technologii przechowywania gazu są inżynierie materiałowe. Oczywiście, tutaj inwencja technologów sprowadza się zazwyczaj do etapu magazynowania niż przesyłania. Techniki pod względem bezpieczeństwa wydają się dość obiecujące. Struktury materiałowe pozwalają uzyskiwać niższe ciśnienia, brak zagrożeń związanych z przemianami fazowymi.

Dodawanie wodoru do CNG lub LNG – obiecująca technika, wykorzystuje istniejące instalacje, wdrożone systemy zabezpieczeń, wzrost ryzyk dla osób użytkujących te urządzenia, technolodzy są w stanie kontrolować np. proporcje gazu ziemnego i wodoru.

### Niedopuszczanie do wycieków i kontrola powstających rejonów ze stężeniem wybuchowym

Identyfikacja wycieków w instalacjach, mimo znacznej aktywności wodoru, czyli domyślnie łatwej detekcji, paradoksalnie potrafi nastroczać kłopotów, zwłaszcza przy niewielkich natężeniach i niewielkich ciśnieniach. Trzeba pamiętać, że wysoki wypór w powietrzu jest sprzymierzeńcem przy rozpraszaniu, ale i sprzyja szybkiemu przemieszczaniu się pionowo do góry, zwłaszcza w pomieszczeniach z nieznacznymi ruchami powietrza. Jeśli strużka napotka kieszeń konstrukcyjną lub ułatwiający ucieczkę do góry kanał, jest gotowa do powolnego wypełniania napotkanej na końcu przestrzeni. I czekania na okazję wybuchu.

Jako przykład niech posłuży wizualizacja elektroniczna z niedawnego zdarzenia, z jakim miałem do czynienia w jednym z zakładów energetycznych. Na rys. 3 pokazane są krzywe DGW z monitoringu bunkrów paliwowych znajdujących się w budynku sąsiadującym z maszynownią, w której doszło do nieszczelności wodorowej. Nieszczelność nie była bardzo znacząca, wystąpiła na instalacji o ciśnieniu 3 barów.

”

Jeśli operujemy na instalacjach wodorowych, warto uświadomić sobie i pracownikom operacyjnym różnice pomiędzy paleniem laminarnym a deflagacją czy detonacją

Warte zauważenia jest:

- Długie utrzymywanie się stężenia gazu – wahające się (wyciek był stabilny, równomierny) i powoli schodzące po ustaniu napływu.
- Zadziałanie dość symetryczne kilku czujek atmosfery wybuchowej – wyskalowanych tak na wodór, jak i metan czy CO (monitoring ten był dedykowany do gazów pyrolitycznych lub tlenu się paliwa w bunkrze).

Aby rozumieć te wskazania, należy uzbroić pracowników w wiedzę na temat sposobu działania detektorów gazu. Najpewniej w tym przypadku

mamy do czynienia z czujnikami pelistorowymi lub elektrochemicznymi. Znajomość sposobu działania czujników pelistorowych, w które w wersji przenośnej bardzo często uzbrajani są pracownicy służb eksploatacyjnych, zwłaszcza obsługi i konserwacji urządzeń i instalacji, jest absolutnie niezbędna w celu uniknięcia popełnienia błędu odczytu czy niepoprawnej interpretacji wartości liczbowych pojawiających się na display'u urządzenia.

### Wymaganie z rozporządzenia w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy

§41 nakłada na pracodawcę obowiązek udostępnienia informacji o stosowanych w zakładzie procesach technologicznych oraz wykonywania prac związanych z zagrożeniami wypadkowymi lub zagrożeniami zdrowia w sposób zrozumiały dla pracownika. Czy więc stosujemy czujniki pelistorowe, podczerwone, elektrochemiczne, soniczne, przeszkolimy personel w zakresie zasad działania, zakresów, nieczułości w niektórych okolicznościach. Np. soniczny czujnik nie zadziała raczej przy wyciekach z odcinków o kilkubarowym ciśnieniu. Należy uświadomić możliwość „zatrucia” katalizatorów. Bardzo ważne jest również duplikowanie kontroli wycieków, czyli monitorowanie zmian w zużyciu wodoru, natężeniach przepływu i uzbrojenia tych odczytów w odpowiednie alarmy automatyczne lub operacyjne, równoległe do urządzeń detekcji gazu w atmosferze.

Kolejnym aspektem, z którym musimy się liczyć przy eksploatacji instalacji wypełnionych wodorem, są nieszczelności wynikające z degradacji materiałów oraz aktywne oddziaływanie wodoru w tym zakresie. Z uwagi na wielkość cząsteczki wodór ma ułatwione zadanie w penetrowaniu materiałów bezpostaciowych (uszczelkach). W dotychczasowej praktyce oraz przy niewysokich ciśnieniach radzono sobie z tym problemem grubością uszczelkach, zazwyczaj gumowych. Inżynieria materiałowa czyni tu znaczne postępy, niemniej z punktu widzenia użytkownika zaufanie do szczelności, nieprzepuszczalności i odporności na degradację materiału powinno być ograniczone.

Jeszcze inny problem pojawia się w kontakcie z materiałami krystalicznymi – głównie stalą. Kruchość wodorowa jest procesem znanym od dawna, występuje zarówno w kontakcie stali z wodorem w roli czynnika roboczego w instalacji, jak i pojawiającym się np. w wyniku rozpadu związków korygujących w innym czynniku roboczym (np. hydrazyny w obiegach wodno-parowych).

Fot. 3 pokazuje rurę, której rozerwanie stało się przyczyną eksplozji w elektrowni w Muskigum w Ohio w Stanach Zjednoczonych. Rurociąg służył do napełniania instalacji wodorem o ciśnieniu do 200 barów.

Korozja wodorowa w skrócie polega na absorbowaniu atomowego lub cząsteczkowego wodoru przez cząsteczki stali (najczęściej stopowe). Po pewnym czasie wodór przemieszcza się (dyfunduje) do granic ziaren i tworzy tam pęcherzyki ze zgrupowanych cząsteczek. Pęcherzyki te, czystego wodoru lub związków wodoru z niektórymi składnikami stopowymi stali, rosną i stają się przyczyną utraty spójności kryształu, czyli zaistnienia kruchości wodorowej.

Zmniejszona plastyczność i wytrzymałość materiału może w efekcie skutkować pojawieniem się nieszczelności, a przy dużym ciśnieniu – również rozerwaniem i dużym, niekontrolowanym wyciekem znacznych ilości wodoru.

Oczywiście antycypacja zagrożeń z tym związanych pojawia się na etapie konstrukcji instalacji oraz kontroli ryzyka w procesach utrzymaniowych. Nie zwalnia to jednak użytkowników finalnych, obsługi eksploatacyjnej, z zachowania ostrożności i świadomości możliwych zagrożeń.

Jeszcze jednym istotnym czynnikiem, z którym również niestety miałem kiedyś do czynienia, był incydent będący następstwem absorpcji cząsteczek wodoru w materiałach i czynnikach roboczych. W operacji rozwodowania jednego z generatorów osiągnęliśmy dość szybko atmosferę bezpieczną we wnętrzu stojana. Niemniej w momencie przyłożenia napięcia z induktora, w celu zbadania stanu izolacji, nastąpiła deflagracja we wnętrzu beczki generatora. W toku badań poawaryjnych okazało się, że w izolacji, oleju uszczelniającym, silikażelu osuszacza było wystarczająco dużo „rozpuszczonego”, zaabsorbowanego wodoru, żeby po dłuższym czasie od momentu badania atmosfery spowodować ponownie wystąpienie mieszaniny wybuchowej/zapalnej, całe szczęście niewystarczającej do wybuchu detonacyjnego. Obsługa urządzenia nie ucierpiała w tym przypadku, ale zagrożenie wynikające z uwalniania się wodoru zaabsorbowanego w materiałach stałych i ciekłych należy również brać pod uwagę. W tym zdarzeniu, na szczęście, skończyło się tylko na stratach materialnych. Doświadczenie z powyższego incydentu, zresztą wykorzystane później w instrukcjach eksploatacji, niesie wniosek, aby przy operacjach z wypieraniem wodoru gazami obojętnymi nie śpieszyć się, dać wodorowi, atmosferze i materiałom czas na stabilizację.

FOT. 3

Rozerwanie rury skorodowanej korozją wodorową (źródło: zasoby autora)



## Zabezpieczenie przed inicjatorem zapłonu

Przedostatni element układanki, nieprzypadkowo zresztą zbieżnej z filozofią dyrektywy ATEX, to zabezpieczenie przed pojawieniem się inicjatora zapłonu/wybuchu w strefach, w których może występować atmosfera wybuchowa. Zasadniczo podstawowymi zagrożeniami są: pojawienie się iskry rozżarzonej, płonącej (piroforycznej) lub elektrycznej.

Ryzyko powstania iskry rozżarzonej kontrolujemy w sposób od dawna znany w świecie techniki, czyli nie pozwalamy na prace z wykorzystaniem narzędzi typu szlifierka kątowa w strefach zagrożonych wybuchem. Jeżeli stosujemy się do wymagań w tym zakresie, ryzyko spotkania inicjatora z atmosferą wybuchową jest w pełni kontrolowane.

”

Korozja wodorowa w skrócie polega na absorbowaniu atomowego lub cząsteczkowego wodoru przez cząsteczki stali (najczęściej stopowe)

Inna sytuacja występuje w przypadku iskier niezamierzonych, przypadkowych. Tu pojawia się pojęcie piroforyczności, czyli kolejnego elementu wiedzy, który jest konieczny do zdobycia przynajmniej przez kadrę inżynierską odpowiedzialną za przyjęcie do eksploatacji i powierzenia załodze urządzeń i instalacji wykorzystujących wodór. Pojęcie to mówi nam o zdolności do samozapłonu materiału w kontakcie z tlenem z powietrza. Oczywiście krzesiwo wykonane np. z ferroceru, popularnego materiału w środowiskach pasjonatów sztuki przetrwania, samoistnie nie ulegnie zapłonowi, natomiast potarcie czy uderzenie nim o inny materiał rozgrzeje powstające mikrocząsteczki do temperatury samozapłonu 150-180°C (gdy zapłoną osiągną temperaturę nawet 3000°C).

Ryzyko zaiskrzenia przypadkowego często jest kontrolowane przez zastosowanie narzędzi tzw. nieiskrzących, czyli zazwyczaj wykonanych z materiału z przeciwległego krańca wartości piroforycznej w stosunku do ferroceru – brązu berylowego, a więc stopu miedzi i berylu, w różnych proporcjach, czasami z dodatkiem niklu, kobaltu czy tytanu. W moim doświadczeniu z technikami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo przy pracach zagrożonych pojawieniem się atmosfery wybuchowej z Wielkiej Brytanii spotkałem się jednak z kwestionowaniem zasadności zaopatrywania się w te kosztowne oprzyrządowanie. Anglicy twierdzili, że narzędzia ze stali narzędziowej,

choćby z uwagi na niską zawartość węgla, nie pozwolą na wykrzesanie iskry o energii osiągającej MEZ wodoru, czyli 0,01 do 0,02 mJ. Opinia trudna do zweryfikowania, gdyż nie spotkałem się dotąd nigdzie z wykazem energii iskier krzesanych siłą człowieka. Moi znajomi angielscy inżynierowie, dla pewności, zanurzali klucze stalowe w smarze i takim narzędziem operowali w obrębie instalacji gazowych.

Można natomiast przed zakupem bardzo drogich narzędzi nieiskrzących poprosić o dostarczenie miarodajnego zestawienia liczbowego dotyczącego wartości energetycznej cząstek brązu berylowego w stosunku do stali narzędziowej. Na takiej podstawie można dopiero podjąć decyzję o wyborze metody zabezpieczenia przed inicjacją energetyczną.

## Iskry elektryczne

Inicjator pochodzący z wyładowania elektrostatycznego ma praktycznie nieograniczoną energię, polegającą na nagłym, praktycznie chwilowym przepływie prądu elektrycznego pomiędzy dwoma obiektami o różnych potencjałach elektrycznych. Źródłami takich przepływów mogą być (wyłączając urządzenia typowo elektryczne, które w strefach zagrożonych powstaniem atmosfery wybuchowej powinny być wykonane w klasie Ex) następujące:

- maszyny i urządzenia – taśmy, przesypywanie, przepływ cząstek stałych, istotna, konieczna do brania pod uwagę indukcja wynikająca z przepływu (wypływu) gazu lub parującej cieczy,
- tkaniny odzieżowe – poliestrowe, akrylowe, poliamidowe, lycra – wyładowanie człowieka naładowanego odzieżą syntetyczną może przekroczyć 3 kV i mieć energię 1 J.

Jeśli chodzi o pierwszy z aspektów, trudno się przed nim skutecznie zabezpieczyć; prawdopodobnie wiele z zapłonów jest wynikiem wystąpienia w strudze wycieku indukcji samoinicjującej zapłon.

W odniesieniu do aspektu drugiego, czyli ładunków pochodzących z odzieży, to w sukurs przychodzi nam wymagania normy EN 1149.



**RYS. 4**  
Symbol antyelektrostatyczności odzieży

Tutaj też jednak należy uzbroić się w wiedzę. Antyelektrostatyczność odzieży wykonanej w zgodzie z tą normą nie polega na nienaładowywaniu się, tylko na stałym rozpraszaniu powstających ładunków. Materiały antyelektrostatyczne w postaci np. wplecio-

FOT. 4

Prosty element rozładujący przed budynkiem elektrolizera w elektrowni Leibniz II ChRL (źródło: zasoby autora)



nego włókna węglowego mają opór powierzchniowy w zakresie  $10^6 \Omega \leq \text{opó } r \leq 10^{12} \Omega$ . Należy pamiętać, że niższe opory to ciała przewodzące, w tym człowiek, wyższe to izolujące. Spotkałem się kiedyś z dramatycznym błędem wyposażenia pracownika ubranego w odzież antyelektrostatyczną i obuwiu izolujące – pytanie, którą miały te rozproszone ładunki ulecieć?!

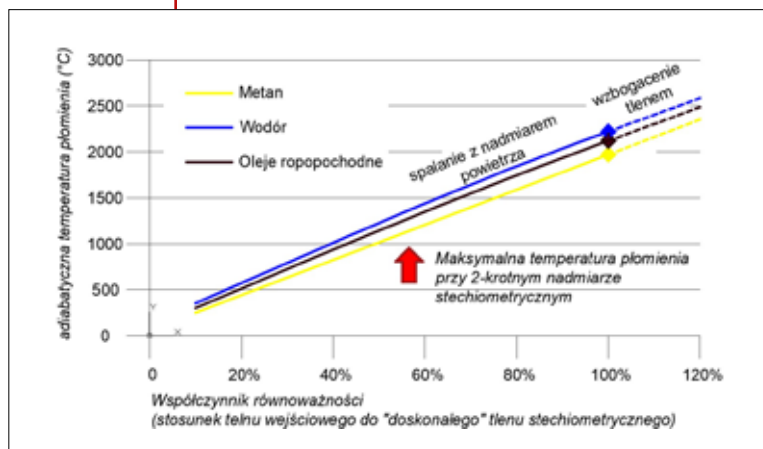
Dodatkowych zabezpieczeń nigdy wiele, koszty odzieży dobrej jakości, z pewną, sprawdzoną antyelektrostatycznością, nie są obecnie wysokie. A zabezpieczenia, jak pokazuje fot. 4, mogą być realnie banalnie proste, tanie i skuteczne.

### Co, jeśli doszło do zapłonu?

Najciekawszą właściwością płomienia wodorowego jest jego niskie (lub wręcz brak) promieniowanie cieplne. Oczywiście, jeżeli w obszarze płomienia znajdzie się jakiś materiał stały, to wystąpią w nim

RYS. 5

Temperatura płomieni w funkcji dostępu utleniaacza (źródło: zasoby autora)



cząstki promieniujące, natomiast płomień zapalonego czystego wodoru (ulatniającego się np. z drobnych nieuszczelnności) jest niepromieniujący. Wygląda to w praktyce tak, że można dojść do takiego płomienia i – jeśli jest nieznacznych rozmiarów – zgasić go choćby zwykłą rękawicą roboczą. Czy to dobry pomysł – nie oceniam, zależy od decyzji menedżerów, instrukcji, przyjętych standardów BHP i poziomu wiedzy załogi. Mnie zdarzało się tak zrobić, ale jestem technikiem, specjalistą, a nie pracownikiem służb BHP czy menedżerem.

Kolejną interesującą właściwością jest widoczność – lub jej brak – w świetle słonecznym. Brak promieniowania cieplnego i nikła widoczność płomienia w słoneczny dzień stwarza naprawdę niebezpieczną mieszaninę dla bezpieczeństwa ludzi i urządzeń. Jeżeli wyciek nastąpi na zewnątrz w słoneczny dzień i będzie skierowany do góry, to otoczenie może nie być świadome pożaru przed dłuższy czas.

Temperatura płomienia wodoru jest dość wysoka, niemniej nieradykalnie wyższa od temperatur płomieni gazu ziemnego (metanu) czy paliw ciekłych ropopochodnych (rys. 5). Ryzyka związane z tym parametrem nie są więc znacząco odbiegające od tych, z którymi mamy do czynienia na co dzień podczas spalania paliw ciekłych i gazowych.

Większe zagrożenie niesie ze sobą parametr szybkości spalania, czyli szybkości, z jaką płomień przesuwają się przez palną mieszaninę gazów; dla wodoru wynosi 2.65-3.25 m/s i jest o rząd większy od spalania metanu czy benzyny.

\*\*\*

Niniejszy artykuł nie jest podręcznikiem BHP przy pracy z wodorem, a bardziej ma służyć zachęceniu osób (inżynierów), chcących wdrażać to medium – w charakterze gazu technicznego czy paliwa – do zdobycia maksymalnie dużej wiedzy w zakresie jego fizykochemii. Wzmiankowane parametry nie wyczerpują katalogu intrygujących właściwości wodoru. W energetyce wykorzystujemy np. jego wielką pojemność cieplną, tak cp, jak i cv. Te ciekawe właściwości są zawsze zaletą, ale i przyczynkiem do stwarzania specyficznych zagrożeń. Inżynierowie zobowiązani są do skutecznego chronienia użytkowników przed materializacją ryzyk związanych z tymi zagrożeniami. Wtedy ogromne możliwości, jakie daje nam wodór, będziemy mogli efektywnie wykorzystywać.

Zachęcam technologów do szukania źródeł – jest tego dużo, zarekomenduję jedną, bardzo dobrą, wyczerpującą publikację pp. Tadeusza i Tomasza Chmielniaków – „Energetyka wodorowa”, wydaną przez PWN 2020. Taki poziom wiedzy na temat wodoru jest poziomem minimalnym, podstawowym dla inżyniera wkraczającego w świat tego obiecującego pierwiastka. ■

# WODÓR

## PRZYSZŁOŚĆ CZY ZAGROŻENIE?

dr hab. inż. Dorota Brzezińska, prof. PŁ

Politechnika Łódzka, WIPOS

Pomysły na wykorzystania wodoru w gospodarce wciąż ewoluują i sukcesywnie wzrasta ich liczba, w odpowiedzi na rosnące zainteresowanie zrównoważoną energią i walkę ze zmianami klimatycznymi. Z drugiej strony rozwijający się rynek wodoru stawia przed sobą wiele wyzwań.

**W**odór jest uważany za niezwykle obiecujący nośnik energii, który może odegrać kluczową rolę w przyszłym systemie energetycznym.

Głównymi trendami związanymi z jego zastosowaniem w gospodarce i przemyśle są:

- wykorzystanie wodoru w charakterze nośnika energii odnawialnej, ponieważ może być produkowany poprzez elektrolizę wody, napędzaną prądem elektrycznym wytwarzanym z energii odnawialnej (np. energia słoneczna lub wiatrowa), co w efekcie pozwala na jej magazynowanie w postaci wodoru i transport do punktów odbioru, wzmacniając w ten sposób stabilność istniejących systemów energetycznych;

- zastosowanie w transporcie w charakterze nośnika energii, szczególnie w przypadku pojazdów ciężarowych, pociągów i statków;
- użycie wodoru w nowoczesnym przemyśle chemicznym jako nośnik energii lub surowiec do produkcji amoniaku, metanu syntetycznego i innych produktów chemicznych;
- wykorzystanie w celu przechowywania energii w systemach elektroenergetycznych oraz do wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w elektrowniach wodorowych.

Opisany wzrost zapotrzebowania na wodór gwałtownie pobudza jego produkcję, wspierając rozwój



technologii elektrolizy, które przekształcają wodę w wodór i tlen, prowadząc do ciągłego obniżania kosztów jego produkcji. Konieczna jest w związku z tym także rozbudowa infrastruktury, jak stacje tankowania wodoru i elektrolizery.

### Wodór w zamkniętych pomieszczeniach

Rozwijający się rynek wodoru stawia przed sobą wiele wyzwań, nie tylko takich jak minimalizacja kosztów produkcji, magazynowania i transportu, ale również kwestie związane z bezpieczeństwem. Ze względu na jego wybuchowe właściwości, szczególnie poważne zagrożenia może stwarzać uwolnienie wodoru w zamkniętym pomieszczeniu. Wodór jest bardzo łatwopalny i ma bardzo szeroki zakres stężeń, w którym może tworzyć mieszanki wybuchowe z powietrzem. Nawet niewielkie iskry, płomienie lub źródła ciepła mogą spowodować eksplozję, jeśli stężenie wodoru w powietrzu jest w zakresie 4-75% objętościowych. Wybuch taki może prowadzić zarówno do znacznych szkód materialnych, jak i stwarzać zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi. Uwolniony wodór może się także łatwo zapalić w obecności źródeł ciepła lub ognia, co prowadzi do pożaru trudnego do ugaszenia standardowymi środkami gaśniczymi.

Dlatego, szczególnie w zamkniętych pomieszczeniach, niezwykle istotne jest unikanie uwolnienia wodoru oraz przestrzeganie odpowiednich środków ostrożności, gdy niezbędna jest w nich praca z wodorem. W przypadku bezpiecznego używania wodoru konieczne jest spełnienie rygorystycznych standardów bezpieczeństwa, takich jak wentylacja pomieszczeń, unikanie źródeł ognia i źródeł iskier oraz stosowanie odpowiednich urządzeń i procedur kontrolnych.

### Wodór a akumulatory

Zdarzają się jednak sytuacje, kiedy musimy się zmierzyć ze stałym uwalnianiem się wodoru do pomieszczenia. Jednym z przypadków jego nieuniknionej emisji są akumulatory. Podczas ładowania oraz rozładowywania akumulatory wydzielają określone ilości wodoru, który tworzy z powietrzem mieszaninę o stężeniu mogącym dojść do wybuchowego. Zgromadzenie dużej liczby baterii, szczególnie w niewielkich pomieszczeniach, może zatem stwarzać zagrożenie wybuchowe spowodowane przez wydzielający się z nich wodór. Jego ilość zależy od typu baterii oraz wartości prądu ładowania lub rozładowania.

W celu uniknięcia zagrożenia wybuchem w pomieszczeniach akumulatorni instaluje się instalacje wentylacyjne. Parametry wentylacji oblicza się najczęściej zgodnie z zasadami przedstawionymi w normach z serii PN-EN 50272 [2, 3]. Część druga normy omawia zagadnienia związane z bateriami stacjonarnymi, natomiast część trzecia – akumulatorami mobilnymi (w 2014 r. została ona zastąpiona normą PN-EN 62485-3:2014-12 [4]).

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 50272-2 [2] pomieszczenia ładowania baterii należy wentylować z wydajnością zapewniającą utrzymanie stężenia wo-

doru poniżej 4% progu dolnej granicy wybuchowości. Pomieszczenie baterii i obudowy uważa się jako bezpieczne pod względem wybuchowym, gdy za pomocą naturalnej lub mechanicznej wentylacji stężenie wodoru utrzymywane jest poniżej tej bezpiecznej granicy. Możliwe jest stosowanie w akumulatorniach wentylacji mechanicznej lub naturalnej. Poniżej przedstawiono procedury obliczeniowe umożliwiające określenie wymaganych parametrów dla instalacji wentylacyjnej w akumulatorniach.

”

Im wyższy stopień wentylacji w odniesieniu do możliwych szybkości uwalniania, tym mniejszy zasięg stref i krótszy czas utrzymywania się atmosfery wybuchowej

### Wentylacja akumulatorni

Minimalną wydajność przepływu powietrza przy wentylowaniu pomieszczenia baterii należy obliczać za pomocą następującego wzoru:

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Gdzie:

Q = strumień przepływu powietrza wentylacyjnego w m<sup>3</sup>/h,

v = konieczne rozrzedzenie wodoru (100% - 4%): 4% = 24,

q = 0,42 · 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/Ah wytwarzanego wodoru,

s = 5, ogólny współczynnik bezpieczeństwa,

n = liczba ogniw,

I<sub>gas</sub> = natężenie prądu wytwarzającego gaz w mA na Ah pojemności znamionowej przy ładowaniu konserwacyjnym I<sub>float</sub> lub natężenie prądu wytwarzającego gaz przy ładowaniu przyspieszonym I<sub>boost</sub>,

C<sub>rt</sub> = pojemność C10 dla ogniw ołowiowych (Ah), Uf = 1,80 V/og w 20°C lub pojemność C5 dla ogniw niklowo-kadmowych (Ah), Uf = 1,0 V/og w 20°C.

Przyjmując v · q · s = 0,05 m<sup>3</sup>/Ah wzór na przepływ powietrza wentylującego, będzie:

$$Q = 0,05 \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_{\text{rt}} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Natężenie prądu I<sub>gas</sub> wytwarzające gaz określa następujący wzór:

$$I_{\text{gas}} = I_{\text{float/boost}} \cdot f_g \cdot f_s \text{ [mA/Ah]}$$

gdzie:

I<sub>float</sub> – natężenie prądu ładowania konserwacyjnego w warunkach pełnego naładowania przy zdefiniowanym napięciu ładowania konserwacyjnego, w 20°C,



Fot. 123rf

## WODÓR

w większości przypadków może wydostać się z instalacji jedynie w sytuacji awaryjnej, niestety w akumulatorniach jego ciągła emisja jest nieunikniona

$I_{\text{boost}}$  – natężenie prądu ładowania przyspieszonego w warunkach pełnego naładowania przy zdefiniowanym napięciu ładowania przyspieszonego, w 20°C,  
 $f_g$  – współczynnik emisji gazu, udział natężenia prądu w stanie pełnego naładowania produkującego wodór,  
 $f_s$  – współczynnik bezpieczeństwa dla uwzględnienia wadliwych ogniw w baterii i lub wyeksploatowanej baterii.

Wartości natężenia prądu  $I_{\text{gas}}$  podczas ładowania prostownikami w systemie IU lub U norma PN-EN 50272-2:2007 zaleca przyjmować zgodnie z tabelą 1 [2].

W przypadku zastosowania wentylacji naturalnej akumulatorownia lub jej obudowa musi posiadać otwór nawiewny i wyciągowy, o minimalnym wolnym przekroju obliczanym za pomocą następującego wzoru:

$$A = 28 \cdot Q$$

gdzie:

$Q$  = strumień przepływu powietrza wentylacyjnego w m<sup>3</sup>/h,  
 $A$  = powierzchnia czynna otworów wywiewnych i nawiewnych w cm<sup>2</sup>,

Dla celów obliczeniowych norma zakłada prędkość przepływu powietrza 0,1 m/s [2].

### Przykład obliczeniowy

Jako przykład przyjęto akumulatorownię o kubaturze 20 m<sup>3</sup>, w której znajduje się 20 ogniw ołowiowych otwartych o pojemności 2100 Ah.

Obliczenia przeprowadzono na podstawie zależności matematycznych przedstawionych w normie PN-EN 50272-2:2002 Wymagania bezpieczeństwa i instalowa-

nia baterii wtórnych – Część 2: Baterie stacjonarne, służących do wyznaczania wydajności wentylacji dla pomieszczeń akumulatorowni:

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gaz}} \cdot C_n \cdot 10^{-3}$$

Oznaczenia i przyjęte wartości:

$Q$  – minimalna wydajność powietrza wentylacyjnego w m<sup>3</sup>/h,  
 $v$  – współczynnik rozcieńczania, równy stosunkowi objętościowym zawartości powietrza i wodoru przy dolnej granicy wybuchowości mieszaniny wodoru / powietrze wynoszący  $V = 96\% / 4\% = 24$ ,

$q$  – strumień objętościowy wodoru zależny od natężenia prądu ładowania,

który w odniesieniu do 0°C i 1013 hPa – w każdym ogniwie jest wydzielany działaniem każdego ampera w ciągu godziny, w wyniku elektrolizy w m<sup>3</sup>/Ah, = 0,42·10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>/Ah,

$s$  – współczynnik bezpieczeństwa  $s = 5$ ,

$n$  – liczba ogniw = 20,

$I_{\text{gaz}}$  – natężenie prądu w mA, które jest przyczyną powstawania wodoru. Zależne od rodzaju pracy, przeznaczenia i wykorzystywania ładowanych baterii, przyjęte dla przyspieszonego procesu ładowania = 20 mA,  
 $C_n$  – nominalna pojemność akumulatorów, w Ah, dla rozładowania 10-godzinnego.

W pomieszczeniu znajduje się 20 akumulatorów o pojemności  $C = 2100$  Ah.

Podstawiając powyższe zależności do wzoru, otrzymujemy wymaganą dla analizowanej akumulatorowni wydajność wentylacji mechanicznej:

$$Q = 24 \cdot 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 2100 \cdot 10^{-3} \approx 42,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

W przypadku zastosowania wentylacji naturalnej wymagana powierzchnia czynna otworów wentylacyjnych nawiewnych i wyciągowych wynosi:

$$A = 28 \cdot Q = 28 \cdot 42,3 = 1184 \text{ cm}^2 \approx 0,12 \text{ m}^2$$

Na podstawie znajomości parametrów akumulatorów i prostownika możliwe jest zatem wyznaczenie przewidywanego strumienia emisji wodoru, który w analizowanym przypadku wynosi:

$$QH_2 = 0,42 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 20 \cdot 2100 \cdot 10^{-3} = 0,35 \text{ m}^3/\text{h}$$

Znając kubaturę pomieszczenia akumulatorowni możemy także przewidzieć czas, po którym w przypadku braku wentylacji w pomieszczeniu wystąpiłoby przekroczenie stężenie dolnej granicy wybuchowości (3,4·10<sup>-3</sup> kg/m<sup>3</sup>), który wyniósłby w tym przypadku 142 min (8520 s).

Widać stąd, iż w przypadku braku wentylacji, w analizowanym pomieszczeniu, już po około 2,5 godziny należy się spodziewać wystąpienia atmosfery wybuchowej. Pokazuje to, jak istotne jest stosowanie tej instalacji w akumulatorniach i ich prawidłowa klasyfikacja pod względem zagrożenia wybuchem.

## Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem

Kolejnym aspektem związanym z bezpieczeństwem pomieszczeń potencjalnie zagrożonych uwolnieniem substancji wybuchowych jest klasyfikacja występujących w nich stref zagrożenia wybuchem. W 2021 roku pojawiła się nowa norma europejska, która została przyjęta także w naszym kraju: PN-EN IEC 60079-10-1:2021-09 Atmosfery wybuchowe – Część 10-1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe. Załącznik C tej normy przedstawia sposób na określanie rodzaju strefy zagrożenia wybuchem poprzez:

- ocenę rodzaju i prawdopodobnego zakresu uwalniania gazu lub pary oraz
- porównanie tych czynników z rozproszeniem i rozcieńczeniem tych gazów lub par przez wentylację lub przepływ powietrza.

Najważniejszym czynnikiem uwzględnianym przez normę jest skuteczność wentylacji – im wyższy stopień wentylacji w odniesieniu do możliwych szybkości uwalniania, tym mniejszy zasięg stref i krótszy czas utrzymywania się atmosfery wybuchowej.

Co niezwykle istotne, a zarazem stanowiące zupełną nowość w podejściu do klasyfikacji stref zagrożenia wybuchem, przy wystarczająco wysokiej skuteczności wentylacji dla danej szybkości uwalniania gazu, obszar niebezpieczny może zostać tak zmniejszony, aby mógł zostać uznany za znikomy zasięg (NE) (ang. *negligible extent*) i nie był traktowany za niebezpieczny.

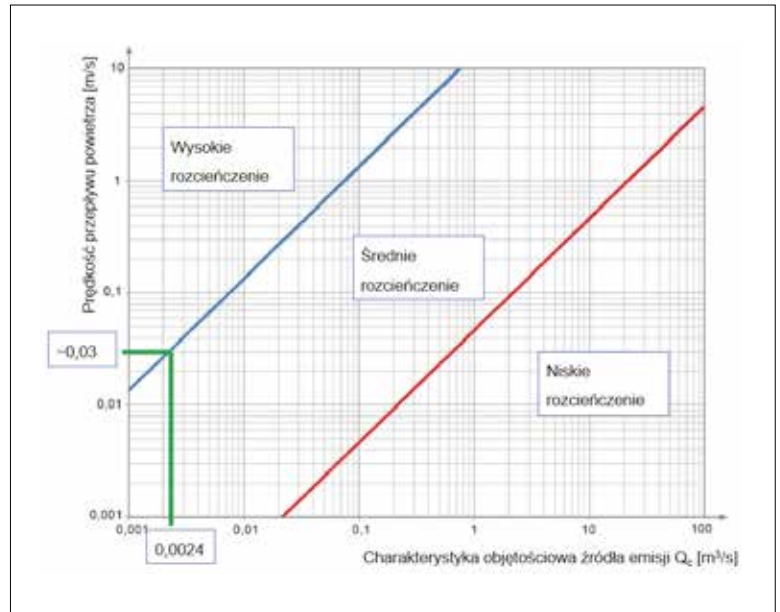
W celu przeprowadzenia oceny strefy zagrożenia wybuchem niezbędne jest tu określenie przewidywanego stopnia rozcieńczenia, dostępności wentylacji i stopnia emisji.

Wyróżnia się trzy stopnie rozcieńczenia:

- **Wysoki stopień rozcieńczenia** (high dilution) – przy którym stężenie gazu występuje tylko w pobliżu źródła emisji, szybko zostaje ograniczone i praktycznie nie utrzymuje się nawet z chwilą zatrzymania emisji ze źródła.
- **Średni stopień rozcieńczenia** (medium dilution) – kiedy stężenie jest utrzymywane w ograniczonym zasięgu strefy nawet w sytuacji trwającej emisji, a po jej zatrzymaniu atmosfera wybuchowa nie utrzymuje się zbyt długo.
- **Niski stopień rozcieńczenia** (low dilution) – który dotyczy znacznego stężenia w czasie emisji i/lub znacznego utrzymywania się palnej atmosfery nawet z chwilą zatrzymania emisji ze źródła.

Jednocześnie należy brać pod uwagę trzy poziomy dostępności wentylacji:

- **Dobra** – kiedy wentylacja jest obecna praktycznie w sposób ciągły.
- **Zadawalająca** – kiedy oczekuje się, że wentylacja będzie obecna podczas normalnej pracy systemu, a nieciągłości są dozwolone, pod warunkiem że występują rzadko i krótko.



**RYS. 1**  
Diagram do określania stopnia rozcieńczenia wg PN-EN IEC 60079-10-1:2021-09

- **Słaba** – która nie spełnia standardów, ale ewentualne nieciągłości nie są przewidywane przez długi czas.

Wentylacja, która nie spełnia nawet wymogu słabej dostępności, nie powinna być uznawana jako przyczyniająca się do wentylacji obszaru; zastosowanie miałyby wtedy niskie rozcieńczenie.

Do przeprowadzenia klasyfikacji strefy niezbędne jest także dokonanie charakterystyki objętościowej źródła emisji ( $Q_c$ ):

$$Q_c = W_g / \rho_g \cdot DGW \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Gdzie:

$W_g$  – masowy strumień emisji wodoru =  $8,15 \times 10^{-6}$  [kg/s] (wcześniejsze 0,35 m<sup>3</sup>/h);

$\rho_g$  – gęstość wodoru = 0,0839 [kg/m<sup>3</sup>];

DGW = 4 [%vol];

### Przykład obliczeniowy cd.

W analizowanej wcześniej akumulacji mamy zatem następującą charakterystykę źródła emisji:

$$Q_c = 8,15 \times 10^{-6} / (0,0839 \times 0,04) = 0,0024 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Zgodnie z omawianą normą, w kolejnym kroku określa się wymaganą prędkość przepływu powietrza wentylacyjnego w pomieszczeniu, która zrealizuje oczekiwany stopień rozcieńczenia, wykorzystując zawarty w normie diagram. Zaznaczono na nim minimalną prędkość 0,03 m/s, która przy otrzymanej emisji będzie zapewniała w pomieszczeniu wysokie rozcieńczenie wodoru.

Mając oszacowaną prędkość powietrza, można dla danej geometrii pomieszczenia określić wydajność instalacji wentylacyjnej, która zapewni wymagany przepływ powietrza w przekroju poprzecznym



Stopień emisji źródła	Skuteczność wentylacji						
	Wysokie rozcieńczenie			Średnie rozcieńczenie			Niskie rozcieńczenie
	Dostępność wentylacji						
	Dobra	Zadawalająca	Słaba	Dobra	Zadawalająca	Słaba	Dobra, zadawalająca, słaba
Emisja ciągła	Niezagrożona (Strefa 0 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 2 (Strefa 0 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 1 (Strefa 0 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 0	Strefa 0 + Strefa 2	Strefa 0 + Strefa 1	Strefa 0
Pierwszy stopień emisji	Niezagrożona (Strefa 1 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 2 (Strefa 1 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 2 (Strefa 1 NE)	Strefa 1	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 + Strefa 2	Strefa 1 lub Strefa 0 <sup>d)</sup>
Drugi <sup>b)</sup> stopień emisji	Niezagrożona (Strefa 2 NE) <sup>a)</sup>	Niezagrożona (Strefa 2 NE) <sup>a)</sup>	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 2	Strefa 1 a nawet Strefa 0 <sup>d)</sup>

<sup>a)</sup> Strefa 0 NE, 1 NE lub 2 NE: oznacza teoretyczną strefę, która w normalnych warunkach ma pomijalnie mały zasięg;

<sup>b)</sup> Strefa 2 w przestrzeni wywołanej emisją o drugim stopniu może się rozszerzyć po przypisaniu jej pierwszego stopnia lub emisji ciągłej, w tym przypadku należy przyjąć większą odległość;

<sup>c)</sup> Strefa 1 nie jest tu potrzebna tzn. mała Strefa 0 znajduje się w obszarze, w którym uwolnienie nie jest kontrolowane przez wentylację, a większa Strefa 2 - w przypadku awarii wentylacji. <sup>d)</sup> Będzie to strefa 0, jeśli wentylacja jest tak słaba, a emisja jest tak duża, że w praktyce atmosfera gazów wybuchowych istnieje praktycznie bez przerwy (tzn. zbliża się do stanu "braku wentylacji").

UWAGA: Znak "+" oznacza "otoczony przez".

Dostępność wentylacji w naturalnie wentylowanych pomieszczeniach zamkniętych nie jest powszechnie uznawana za dobrą.

**TAB. 1**  
Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem wg PN-EN IEC 60079-10-1:2021-09

pomieszczenia. W przypadku omawianej wcześniej akumulatorni, której przekrój pomieszczenia wynosił 5 m<sup>2</sup>, wymagana wydajność wentylacji wyniosłaby około 540 m<sup>3</sup>/h.

Końcowym etapem procedury jest zaklasyfikowanie pomieszczenia, które odbywa się na podstawie danych z tabeli 1. W analizowanym przypadku byłaby to strefa 1 NE.

\*\*\*

Poza potrzebą rozwoju technologii związaną ze zwiększającym się obszarem zastosowania wodoru, niezbędne jest także sukcesywne nadążanie rozwiązań w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa w przestrzeniach, gdzie może nastąpić jego uwolnienie. W większości przypadków wodor może się wydostać z instalacji jedynie w sytuacji awaryjnej, ale na przykład w akumulatorniach jego ciągła emisja jest nieunikniona. W takich sytuacjach należy zapewnić w przestrzeniach zagrożonych odpowiednie systemy zabezpieczeń, w tym skuteczną detekcję i wentylację.

W przypadku akumulatorni wytyczne przedstawione w normie PN-EN 50272-2:2002 pozwalają na wyznaczenie podstawowych parametrów wentylacji, która zapewni utrzymanie w pomieszczeniu stężenia wodoru na poziomie bezpiecznym. Z kolei w celu przeprowadzenia klasyfikacji strefy zagrożenia wybuchem najlepszym podejściem wydaje się być obecnie proce-

dura wg PN-EN IEC 60079-10-1:2021-09. Przy wystarczająco wysokiej skuteczności wentylacji dla danej szybkości uwalniania gazu pozwala ona, aby obszar niebezpieczny mógł zostać tak zmniejszony, aby jego zasięg był uznany za znikomy (NE) (ang. *negligible extent*) i nie był traktowany za niebezpieczny. Należy jednak zawsze pamiętać, że:

1. brak właściwych zabezpieczeń pomieszczeń, w których może dojść do uwolnienia wodoru, może być w krótkim czasie przyczyną powstania wybuchu;
2. wybuch taki może zniszczyć znaczącą część zakładu, a nawet jego otoczenia;
3. najprostszymi zabezpieczeniami są detekcja i wentylacja;
4. PN-EN IEC 62485-2:2018-09, wyznaczenie ilości wodoru wydzielającego się w akumulatorni i wymaganych parametrów wentylacji powinno skutecznie zapobiegać powstaniu atmosfery wybuchowej;
5. PN-EN IEC 60079-10-1:2021-09 zapewnia możliwość wyznaczenia wydajności powietrza prowadzącej do wysokiego rozcieńczenia gazów i klasyfikacji strefy jako niezagrożonej;
6. najdokładniejsze analizy w tym zakresie można prowadzić za pomocą badań doświadczalnych i symulacji CFD. ■

# ROLA CHEMII W TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ

**Bartosz Bańkowski**

dyrektor Departamentu Nowych Technologii  
PCC Rokita SA

Rozważania na temat tego, jaką rolę w procesie transformacji energetycznej odgrywa branża chemiczna, trzeba zacząć od określenia, czym sama transformacja jest oraz jaki ma być udział interesującego nas sektora w konsumpcji energii i w emisji CO<sub>2</sub>.



Fot. 123rf

**P**rzy rozważaniach na temat roli chemii w transformacji energetycznej należy uwzględnić również to, jak bardzo inne branże zależne są właśnie od niej. Dopiero takie spojrzenie pozwoli nam zrozumieć wpływ „chemii” (traktujemy ją tutaj bardzo szeroko, uwzględniając również produkcję i technologie wykorzystujące procesy biochemiczne) na efektywność i szybkość postępującej transformacji energetycznej.

## Kilka słów o transformacji

Zacznijmy od definicji transformacji (tej energetycznej oczywiście), bo jest ona o tyle ważna, że przez

swój ogólny charakter ukazuje bardzo szerokie spektrum sposobów zmniejszania emisji gazów cieplarnianych. Najprostsza definicja mówi, że „jest to proces polegający na redukcji zużycia energii i zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Pozwala nie tylko obniżyć koszty prowadzenia działalności, ale prowadzi także do redukcji emisji”. Nie ma tutaj ograniczenia co do sposobów działania, choć w domyśle mowa o takich, które nie powinny generować innego rodzaju obciążenia dla środowiska.

Mamy więc szeroko pojętą redukcję zużycia energii, we wszystkich gałęziach przemysłu i w każdej innej dziedzinie działalności człowieka. Tam, gdzie

zmniejszenie zużycia czy emisji bezpośrednio jest nieosiągalne, konieczne staje się zastąpienie energii ze źródeł nieodnawialnych na tzw. „zieloną”. Trzeci element układanki stanowi eliminacja emisji tam, gdzie występuje ona bez związku ze zużyciem energii (reakcje chemiczne z wydzieleniem gazów cieplarnianych – przykładowo synteza tlenu etylenu czy etanolu, gdzie produktem ubocznym jest dwutlenek węgla). W takim przypadku konieczna jest zmiana technologii lub próba wychwytu i zagospodarowania CO<sub>2</sub> jako surowca – przykładowo w tworzywach sztucznych bazujących na CO<sub>2</sub>. Oczywiście to samo można zrobić z dwutlenkiem węgla emitowanym z każdego innego procesu, w tym spalania węgla czy wytopu stali, ale nie zawsze jest to takie proste i o tym może trochę później.

### Konsumpcja energii

Wróćmy do aspektu konsumpcji energii przez poszczególne branże. Wśród tych najbardziej energochłonnych prym wiodzie przemysł chemiczny (pierwszy w zużyciu energii i trzeci pod kątem emisji CO<sub>2</sub>). Spośród dziesięciu najbardziej energochłonnych wyrobów aż pięć to produkty chemiczne, jak soda czy PVC, a pozostałe to półprodukty metalurgiczne<sup>1</sup>.

Dla branży chemicznej redukcja zużycia energii stanowi jedno z podstawowych zagadnień, na równi z eliminacją emisji gazów cieplarnianych do środowiska. Ograniczenie emisji jest więc tylko niewielkim wycinkiem działań, na jakich skupia się przemysł chemiczny, a jednocześnie kluczowym w dobie globalnego wzrostu temperatury.

Tutaj należy zauważyć, że branża chemiczna – po raz kolejny w szerokim rozumieniu, z uwzględnieniem petrochemii – ma udział w wytworzeniu praktycznie każdego produktu, który trafi docelowo do odbiorcy końcowego. Dlatego, gdyby nie „chemia” to transformacja energetyczna byłaby mocno utrudniona, jeśli nie niemożliwa.

### Wpływ „chemii” na środowisko

Przemysł chemiczny odpowiada dzisiaj za dostarczanie kluczowych technologii umożliwiających przechodzenie na alternatywne źródła energii, a także sam szeroko korzysta z tychże źródeł, dzięki czemu minimalizuje w sposób najbardziej widoczny wpływ na środowisko.

Żeby producent maszyn, samochodów czy jeszcze innego produktu końcowego mógł pochwalić się ekologicznym rozwiązaniem, najpierw musi pozyskać surowiec wyprodukowany przy użyciu zielonej energii lub też produkt umożliwiający skorzystanie z niej. Czy to będzie składnik baterii, czy żywica pozwalająca na produkcję łopatek dla elektrowni wiatrowych, to substancje niezbędne do produkcji wspomnianych urządzeń i maszyn będą musiały być najpierw opracowane w laboratoriach firm chemicznych, przetestowane aplikacyjnie i docelowo wyprodukowane w określonej skali. To również przemysł chemiczny – mając odpowiednie

podstawy – jest w stanie pracować nad efektywnym wdrażaniem gospodarki obiegu zamkniętego.

Sektor chemiczny z jednej strony jest więc tym, bez którego żadna inna branża się nie obejdzie, a z drugiej – zwłaszcza w „oczach opinii publicznej” – tym, który najbardziej obciąża środowisko, będąc niebezpiecznym dla ludzi.

### Odpowiedzialność chemii za postęp transformacji

Można pozwolić sobie na stwierdzenie, że z racji swojej wszechobecności i udziału w każdej dziedzinie życia, to na branży chemicznej spoczywa w dużej mierze odpowiedzialność za postęp transformacji energetycznej. Mówił już o tym dr Tomasz Zieliński, prezes PIPC w 2022 roku<sup>2</sup>. To dlatego „chemii” należy się szczególne wsparcie, zwłaszcza w momencie, kiedy transformacja energetyczna ma postępować nawet w czasie tak trudnym dla przemysłu jak ostatnie lata (wojna w Ukrainie, utrata konkurencyjności względem Chin).

”

Gdyby nie branża chemiczna to transformacja energetyczna byłaby mocno utrudniona, jeśli nie niemożliwa

Jednocześnie przedstawiciele sektora chemicznego muszą wykazać się głęboką świadomością zagrożeń płynących z nieumiejętnego wdrażania rozwiązań dotyczących eliminacji emisji w skali globalnej. Przykładowo: wygenerowanie ogromnego zapotrzebowania na pojazdy elektryczne – co aktualnie ma miejsce – bez równoległego rozwijania produkcji komponentów do baterii czy też odzysku surowców z tych już zużytych, w krótkim czasie będzie skutkowało brakiem podstawowych surowców, zaburzeniem łańcucha dostaw i w finalnym rozrachunku – wydłużonym (z dużym prawdopodobieństwem nieakceptowalnym) czasem oczekiwania konsumenta na produkt końcowy i odejście do konkurencji – w tym przypadku, z dużym prawdopodobieństwem tej z Dalekiego Wschodu.

Drugim scenariuszem jest uzależnienie się od dostawców komponentów z innego regionu – scenariusz, który się ziścił. Dlatego kluczowe jest zrozumienie całego łańcucha wartości, zapewnienie odpowiednich zasobów z określonym wyprzedzeniem, budowa owego łańcucha bez zapominania o podstawowych komponentach. Rolą chemii jest nie tylko wsparcie transformacji energetycznej określonymi rozwiązaniami, ale przeprowadzenie jej wdrażaniu, uświadamianie ograniczeń i zagrożeń, jakie mogą się pojawić, jeśli wprowadzane zmiany nie będą kompleksowe i zrównoważone.



Fot. 123rf

#### ROLA CHEMII

jest nie tylko wsparcie transformacji energetycznej określonymi rozwiązaniami, ale przewodzenie jej wdrażaniu, uświadamianie ograniczeń i zagrożeń, jakie mogą się pojawić, jeśli wprowadzane zmiany nie będą kompleksowe i zrównoważone

### Obniżyć energochłonność i emisyjność

Faktem jest, że przemysł chemiczny w Europie stara się wypracować lub zaabsorbować i wdrożyć rozwiązania, które z jednej strony zapewnią konkurencyjność lokalnych wytwórców, a jednocześnie będą gwarantowały wymagane obniżanie energochłonności i emisyjności. Natomiast trzeba też przyznać, że europejscy producenci nie są tutaj wyjątkiem. Przykład? Wprowadzanie do produkcji zielonych podstawowych surowców, takich jak amoniak, mocznik czy szeregu innych jest przedmiotem wdrożeń nie tylko w Europie, ale i w Stanach Zjednoczonych czy Chinach, przy czym potencjał tych ostatnich stawia je *de facto* w roli liderów.

Zbaczając nieznacznie z głównego tematu i zahażając o Daleki Wschód można pokusić się o stwierdzenie, że Chiny, ignorując przez ostatnie lata kwestie środowiskowe, paradoksalnie lepiej przygotowały się do efektywnego wdrażania zielonych technologii zasilanych zieloną energią z elektrowni wiatrowych i fotowoltaiki wybudowanych ze swoich materiałów i komponentów. Wniosek sam się nasuwa.

Trzymając się lokalnego rynku i tematyki obniżania emisyjności produkcji podstawowych surowców chemicznych, należy zauważyć wdrażanie ambitnych strategii, takich jak na przykład ta zakładana przez Grupę Azoty – zwiększenie udziału OZE w ogólnej konsumpcji energii do 40% w przeciągu najbliższych siedmiu lat. Biorąc pod uwagę fakt, że mówimy tutaj o ogromnych tonażach i produktach wysoce energochłonnych – z jednej strony jest to konieczność, ale

z drugiej działanie wymagające poniesienia ogromnych nakładów na inwestycje i modernizacje. Przykład z innego podwórka: Shell i jego konsekwentnie realizowana polityka budowy koncernu opartego o gospodarkę w obiegu zamkniętym, rezygnację z paliw kopalnych i zapewnienie dostaw zielonych surowców petrochemicznych.

Przykład z zupełnie innej branży – najnowsza inwestycja koncernu ArcelorMittal w kooperacji z liderem innowacji w zakresie zagospodarowania CO<sub>2</sub>, firmą LanzaTech, czyli uruchomiona niedawno instalacja konwersji gazów z pieca hutniczego w etanol przy użyciu biokatalizatorów<sup>3</sup>. Inwestycja warta 200 mln € pokazuje, że warto podjąć ryzyko i zaimplementować w dużej skali technologię z innego sektora, technologię niemającą referencji w postaci działającej wielkoskalowej instalacji, w końcu technologię łączącą dwa światy – eleganckiej i nowoczesnej chemii oraz bardzo tradycyjnego, walczącego od lat ze swoimi wadami przemysłu ciężkiego. Efektem jest ogromne jednostkowe ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> i wartościowy produkt.

### Nowe rozwiązania i technologie

Powyższe przykłady pokazują zarówno ten finansowy aspekt transformacji (ogrom nakładów finansowych na zakup technologii, przejście na zieloną energię lub zastąpienie dotychczasowych surowców innymi, a co za tym idzie modyfikację istniejących instalacji lub budowę nowych), jak i to, co się za tym kryje. Czyli inny, równie istotny obszar transformacji – wieloletnia i równie kosztowna praca nad nowymi rozwiązaniami i technologiami, prace nad nowoczesnymi katalizatorami i materiałami. Obszar, który jest domeną chemii, technologii i inżynierii chemicznej.

Przepisem na sukces jest umiejętność wykorzystania tego, co oferują uczelnie, instytuty i firmy technologiczne przez sam sektor chemiczny, jak i przez branże mogące zaimplementować opracowane technologie. A pojawia się wiele takich rozwiązań, które pozwalają konwertować CO<sub>2</sub> do wartościowych produktów. Wspomniany „Steelanol” z LanzaTech może wpłynąć podwójnie na ograniczenie emisji, zastępując częściowo klasyczny proces produkcji etanolu lub też – co byłoby naturalną konsekwencją – posłużyć do zagospodarowania dwutlenku węgla z aktualnie działających wytwórni etanolu, eliminując emisję i zwiększając wydajność głównego produktu z biomasy.

Z powodzeniem rozwija się również cała gałąź technologii wykorzystująca CO<sub>2</sub> jako surowiec do otrzymywania wartościowych materiałów węglowych przeznaczonych dla branży baterii. Pozyskany w ten sposób grafit może być świetną alternatywą dla surowca kopalnego, a drugi z możliwych do otrzymania surowców – nanorurki – ma coraz szersze zastosowanie, również do poprawy wydajności anod.

Proces konwersji CO<sub>2</sub> do grafitu i nanorurek jest bardzo wymagający. Polega na elektrolizie dwutlenku węgla w stopionej soli. W związku z bardzo trudnym

procesem (temperatura, korozyjne środowisko), rozwiązania materiałowe przejęto z tych funkcjonujących już w metalurgii. Jednak część elektrolityczna to tylko fragment całej technologii. Dalsze etapy to między innymi regeneracja elektrolitu (kompozycji soli metali alkalicznych) i obróbka chemiczna produktów. Okazuje się, że sama elektroliza jest znacznie mniej problematyczna niż dalsze etapy obróbki produktów i elektrolitu, które wiążą się z potencjalnie dużą ilością odpadów i ścieków.

Liderami w pracy nad konwersją CO<sub>2</sub> do grafitu są UpCatalyst<sup>4</sup> z Estonii i Saratoga Energy z USA<sup>5</sup>. Mankamentem tego typu technologii jest znaczne zużycie energii elektrycznej na część elektrolityczną, jednak to już jest kwestia zapewnienia dostępu do energii ze źródeł odnawialnych.

Ciekawą technologią, również opierającą się na elektrochemii, jest eShuttle opracowana przez Chemetry z Moss Landing w Kalifornii. To technologia, której istota bazuje na wykorzystaniu soli miedzi jako nośnika chloru w elektrolizie NaCl, a następnie prowadzeniu procesów chlorowania przy użyciu takiej soli. W skrócie wygląda to tak, że chlorek miedzi (I) utleniany jest do chlorku miedzi (II). Przyłączany chlor pochodzi z rozkładanego na membranie elektrolizera chlorku sodu. Chlorek miedzi (II) służy następnie jako czynnik chlorujący do otrzymania chlorohydryny propylenowej (prekursor tlenku propylenu) czy dichloroetanu (EDC). Zastosowanie chlorku miedzi jako nośnika chloru w reakcji oksychlorowania pozwala na wykorzystanie całego chloru do właściwej reakcji, bez generowania odpadowego chlorowodoru. Przekłada się to na dwukrotne obniżenie zużycia energii elektrycznej związanej z elektrolizą soli na tonę produktu. Firma z Kalifornii miała możliwość wdrożenia swojego rozwiązania w zakładach Braskem w Brazylii.

Wymienione technologie to tylko część wyników prac inżynierów i naukowców. Wszystkie okupione latami pracy. Technologia zaimplementowana przez ArcelorMittal wdrażana była przez 10 lat. Technologię eShuttle, zanim zainteresował się nią Braskem, rozwijano przez lat dwanaście. Jej opracowanie daje szansę producentom np. chlorku winylu, by wykazać się dwukrotnie mniejszym wskaźnikiem zużycia energii.

### Minimalizacja zużycia energii

Inny obszar, w którym przemysł chemiczny znacząco wspiera transformację energetyczną, obejmuje też minimalizację strat energii, co w prostej linii prowadzi do obniżenia energochłonności. Często sięga się do rozwiązań pozwalających na wykorzystanie ciepła odpadowego z procesów produkcyjnych, przez co uzyskuje się też obniżenie kosztów operacyjnych.

Kolejnym sposobem na obniżenie zużycia energii może być zastosowanie lepszych materiałów izolacyjnych. Ich ulepszanie i zapewnienie dostępności jest istotne zarówno dla przemysłu, jak i zastosowań konsumenckich. Dzięki takim materiałom, jak poliuretany,

poliestry, a w szczególności aerozele, mające znacznie lepsze właściwości termoizolacyjne niż popularny styropian, poprawia się izolację obiektów przemysłowych i cywilnych. Można je formować praktycznie bez ograniczeń, lub – jak w przypadku pian poliuretanowych – natrykiwać bezpośrednio na powierzchnię chronioną. Wydawać się to może bardzo prozaiczne, jednak wystarczy spojrzeć na zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynków, a także typowe źródło tej energii, aby zrozumieć, że nie jest to tylko wymiar symboliczny.

”

Spośród dziesięciu najbardziej energochłonnych wyrobów aż pięć to produkty chemiczne, jak soda czy PVC, a pozostałe to półprodukty metalurgiczne

### Dostępność związków krzemu

Następnym bardzo ważnym obszarem, w którym sektor chemiczny będzie musiał odegrać kluczową rolę, zwłaszcza w aspekcie koniecznych do przeprowadzenia inwestycji, jest zapewnienie dostępności związków krzemu – ambitne plany producentów ogniw fotowoltaicznych, wytwórców czystego węgliku krzemu czy materiałów anodowych będą musiały przełożyć się na produkcję silanów, chlorosilanów czy samego krzemu jakości półprzewodnikowej.

\*\*\*

Podsumowując te zaledwie kilka przykładów można stwierdzić, że technologia chemiczna pozwala obniżyć energochłonność i emisyjność zarówno samego przemysłu chemicznego, jak i pozostałych gałęzi, a tak naprawdę – wszelkiej działalności człowieka.

Na zakończenie należy dodać, że nawet tegoroczna Nagroda Nobla w dziedzinie chemii została przyznana za osiągnięcie bardzo istotne dla omawianej transformacji energetycznej – odkrycie i sposób otrzymywania kropek kwantowych.

### Przypisy

- <sup>1</sup> Transformacja energetyczna a polski przemysł (nowoczesny-przemysl.pl).
- <sup>2</sup> Polska Chemia – centrum transformacji energetyczno-klimatycznej a nowa rzeczywistość – PIPC – Polska Izba Przemysłu Chemicznego.
- <sup>3</sup> ArcelorMittal and LanzaTech announce first ethanol samples from commercial flagship carbon capture and utilisation facility in Ghent, Belgium | ArcelorMittal.
- <sup>4</sup> Technology – UP Catalyst.
- <sup>5</sup> Our Technology – Saratoga Energy Corporation (saratoga-energy.com). ■



# INDEKS BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO

Kamil Moskwik, Paweł Lachowski

Instytut Jagielloński

Zimą 2022 roku, w związku z rosnącymi cenami energii elektrycznej oraz z problemami z dostawą węgla i gazu z Rosji, szczególnie istotnym tematem stało się bezpieczeństwo energetyczne, którego słabe i silne strony skwantyfikować może pewien wskaźnik.

**B**ezpieczeństwo jest zagadnieniem wieloaspektowym. Rozpatrywać je można w kontekście militarnym, gospodarczym, społecznym, ekologicznym, cybernetycznym lub energetycznym. Agresja Rosji na Ukrainę pokazała nam, jak ważny jest każdy z tych aspektów osobno. Polska jako kraj przyfrontowy mocno odczuł echa wojny, a kwestia bezpieczeństwa stała się kluczowa w debacie publicznej.

## Indeks Bezpieczeństwa Energetycznego

W Instytucie Jagiellońskim wyszliśmy z założenia, że potrzebny jest wskaźnik, który skwantyfikuje silne i słabe strony w zakresie bezpieczeństwa energetycznego Polski oraz innych krajów. W związku z tym opracowaliśmy Indeks Bezpieczeństwa Energetycznego (IBE) badający czynniki geopolityczne i ekonomiczne stanowiące o bezpieczeństwie energetycznym.

Postanowiliśmy, że policzymy w sposób uniwersalny dla wszystkich krajów poziom bezpieczeństwa energetycznego. Niestety, nie każde państwo udostępnia rzetelne dane, dlatego ograniczyliśmy się do krajów Unii Europejskiej, OECD, a także Chin (z uwagi na ich znaczenie w gospodarce światowej) oraz Ukrainy (jako bezpośredniego sąsiada Polski). Łącznie IBE zawiera wyniki 45 krajów z różnych części świata, posiadających własne, często odmienne problemy związane z bezpieczeństwem energetycznym.

## Jak działa IBE?

Aby ujednoczyć te problemy, bezpieczeństwo energetyczne podzieliliśmy na trzy filary: Strukturalny, Odpornościowy i Konsumencki, a suma wyniku w każdym z nich składa się na ostateczny wynik Indeksu Bezpieczeństwa Energetycznego.

Filar Strukturalny obrazuje bezpieczeństwo energetyczne w czasach pokoju. Bada on, jak bardzo zapotrzebowanie na dany nośnik energii jest zaspokajane przez jego krajową produkcję, określając przy tym państwa będące strukturalnymi dawcami bezpieczeństwa energetycznego dla innych krajów oraz te, które są strukturalnie zależne od importu nośników energii.

Filar Odpornościowy obrazuje potencjał państw do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego w okresie kryzysu. Bada, na ile gospodarka danego kraju (przy przyjęciu kryterium PKB) jest obciążona kosztami importu nośników energii, a także sprawdza, czy pomimo znacznego importu energii jego potencjał gospodarczy pozwala przeciwdziałać skutkom kryzysu.

Filar Konsumentencki obrazuje wrażliwość obywateli badanych państw na zmiany cen nośników energii. Analizuje on udział opłat za nośniki energii w portfelach gospodarstw domowych i sprawdza, w których państwach koszty energii są najmniej i najbardziej dotkliwe dla społeczeństwa.

Elementami składowymi Filarów jest pięć nośników energii: węgiel kamienny, gaz ziemny, ropa naftowa, paliwa napędowe i energia elektryczna. Filar Strukturalny oraz Filar Odpornościowy bazują na wszystkich nośnikach energii. Filar Konsumentencki nie uwzględnia ropy naftowej, ponieważ nie jest ona nośnikiem energii wykorzystywanym przez gospodarstwa domowe.

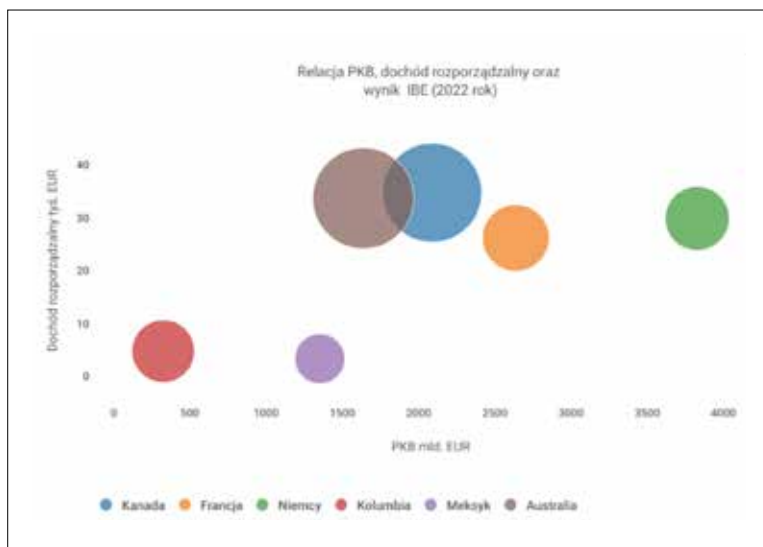
### Kto może spać spokojnie?

W największym uproszczeniu można powiedzieć, że bezpieczeństwo energetyczne zapewnia połączenie wydobycia paliw kopalnych ponad zapotrzebowanie oraz ogólnego bogactwa państwa i społeczeństwa.

Liderami rankingu IBE są Australia, Kanada, Norwegia oraz USA. To właśnie te kraje łączą dwa wymienione wyżej czynniki. Australia jest światowym dostawcą węgla kamiennego i gazu ziemnego, Norwegia eksportuje dużo gazu ziemnego, ale także energię elektryczną dzięki wysokiej generacji z OZE. Stany Zjednoczone z kolei mają na tyle duże zasoby surowców energetycznych, że zaspokajają nimi ogromne zapotrzebowanie własne, a nadwyżkę sprzedają.

Drugą grupą państw stanowią kraje bogate, których własne możliwości wydobywcze nie pokrywają jednak zapotrzebowania energetycznego, przez co zmuszone są do importu. Do tej grupy można zaliczyć kraje Europy Zachodniej (m.in. Niemcy, Francja, Włochy), Japonię, Koreę Południową, a także Izrael. Polska, wraz z pozostałymi krajami Europy Środkowoschodniej, także należy do tej grupy, choć tu sytuacja gospodarcza jest mniej korzystna.

W IBE uwzględniliśmy również państwa o charakterystyce przeciwnej do wyżej wymienionej, posiadające wysokie wydobycie surowców energetycznych, ale z gorszą gospodarką, tj. Kolumbia i Meksyk. Są one eksporterami ropy naftowej, a Kolumbia dodatkowo ma duże złoża węgla kamiennego, który sprzedaje na całym świecie. Pomimo tego, z racji problemów



**RYŚ. 1**  
Wykres bąbelkowy pokazujący zależność między PKB danego kraju, dochodem rozporządzalnym (oś pionowa) oraz wartością IBE

gospodarczych, nie zapewniają wysokiego poziomu bezpieczeństwa obywatelom.

Poziom ogólnego bezpieczeństwa energetycznego w obu tych grupach (badanych jako suma wszystkich filarów) jest podobna. Różnice pojawiają się głównie w Filarze Strukturalnym, gdzie przewagę mają kraje z wysokim wydobyciem, oraz w Filarze Konsumentenckim, w którym lepiej wypadają państwa bogate.

Wykres bąbelkowy pozwala na analizę zależności między PKB danego kraju (oś pozioma), dochodem rozporządzalnym (oś pionowa) oraz wartością IBE (wielkość bąbelka) (rys. 1). Widać na nim zależności grup państw opisanych powyżej. Dodając do niego czwarty wymiar w postaci wydobycia surowców energetycznych, otrzymujemy uogólniony obraz mapy bezpieczeństwa energetycznego na świecie.

”

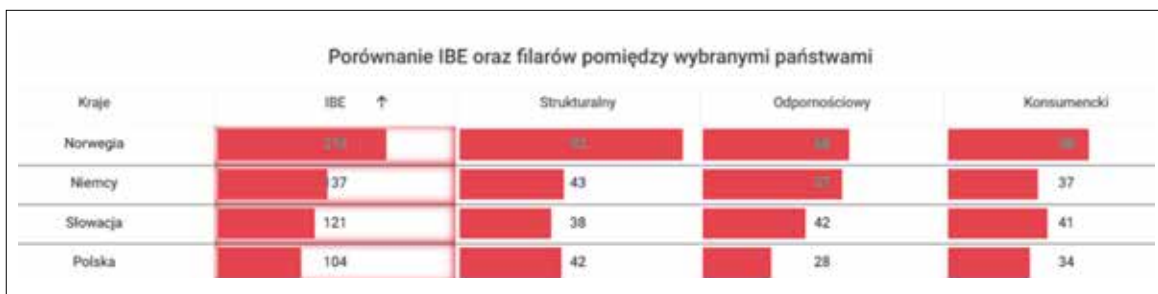
Liderami rankingu IBE są Australia, Kanada, Norwegia oraz USA

Zaznaczymy, że duża gospodarka to nie gwarant bezpieczeństwa. Sytuacja jest na tyle skomplikowana, że im większe są potrzeby własne państwa, tym więcej energii musi zużywać. Dobry przykład to Chiny, które mają największe wydobycie węgla kamiennego na świecie, jednak całość zużywana jest na potrzeby własne. Dzięki takiemu stanowi rzeczy Chińczycy są bezpieczni strukturalnie (wydobycie pokrywa się ze zużyciem), ale mają niski poziom bezpieczeństwa odpornościowego (gdyby musieli zakupić cały węgiel z zewnątrz, musieliby znacząco obciążyć budżet państwa).

Z drugiej strony mała gospodarka może być w o wiele większym stopniu samowystarczalna, jednak wytwo-

RYS. 2

Porównanie IBE oraz filarów pomiędzy wybranymi państwami



## DZIAŁANIA PROAKTYWNE



Fot. 123rf

W celu zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego kraj można wykonywać działania proaktywne, takie jak:

- ograniczanie zużycia paliw kopalnych, przy równoczesnym wzroście wykorzystania źródeł odnawialnych,
- zwiększanie efektywności energetycznej np. przez modernizację budownictwa,
- elektryfikacja gospodarki,
- dywersyfikacja kierunków dostaw węglowodorów,
- rozbudowa infrastruktury energetycznej, np. gazoporty, elektrownie atomowe, magazyny energii, modernizacja sieci.

rzony przez nią PKB – nie być wystarczające w przypadku sytuacji kryzysowych.

### Co zrobić, aby poprawić poziom bezpieczeństwa energetycznego Polski?

Polska nie jest w stanie znacząco zwiększyć własnego wydobycia surowców. Co więcej, gwałtowny wzrost PKB też nie jest możliwy. To jednak proces, który postępuje, co przemawia na korzyść kraju nad Wisłą. W celu zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego można wykonywać jednak działania proaktywne (ramka).

Kroki podejmowane przez polskie władze w ostatnim czasie poprawiają bezpieczeństwo energetyczne kraju. Większość z wyżej wymienionych posunięć jest realizowana na różnych etapach rozwoju. Jednak wątpliwości może wzbudzać czas reakcji, jaki potrzebny był polskim władzom (na przestrzeni wielu lat), aby poczynić zdecydowane działania w kierunku poprawy bezpieczeństwa energetycznego.

Oddany niedawno do użytku gazoport w Świnoujściu w znaczący sposób zwiększa nasze bezpieczeństwo. W planach też jest budowa elektrowni atomowej. Same plany owego bezpieczeństwa jeszcze nie zapewniają, ale po zakończeniu inwestycji jego poziom wzrośnie skokowo. Warto dodać, że cały czas obserwujemy dynamiczny wzrost mocy przyłączeniowej fotowoltaiki. Z drugiej strony, rozwój lądowych mocy wiatrowych jest w dużym stopniu zablokowany przez tak zwaną „ustawę antywiatrakową”. Od wielu lat problematyczny jest także proces dekarbonizacji polskiej energetyki.

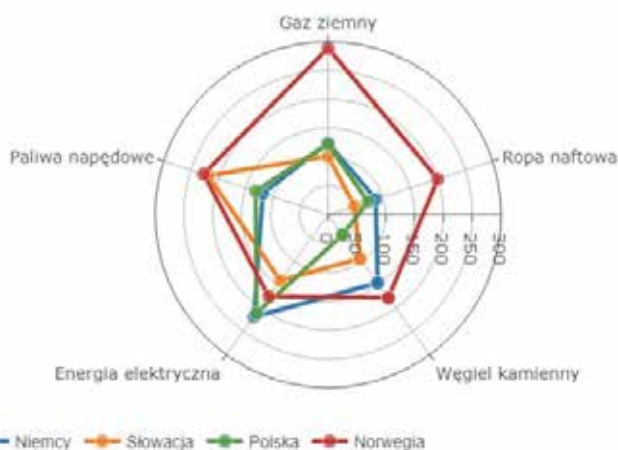
### Bezpieczeństwo energetyczne Polski w 2022 roku w szczegółach

W celu szczegółowej analizy bezpieczeństwa energetycznego Polski, porównamy ją do:

- Niemiec – jako państwa większego i silniejszego gospodarczo, z którym chcemy konkurować,
- Słowacji – kraju o podobnej gospodarce, jednak mniejszego terytorialnie i ludnościowo,
- Norwegii – państwa będącego dawcą bezpieczeństwa energetycznego w Europie i jednego z liderów rankingu.

Całościowo Polska wypada gorzej od Niemiec i Słowacji. W filarach Strukturalnym i Konsumenckim różnice są minimalne, jednak w Filarze Odpornościowym Polska traci już sporo. Oznacza to, że nasz PKB jest

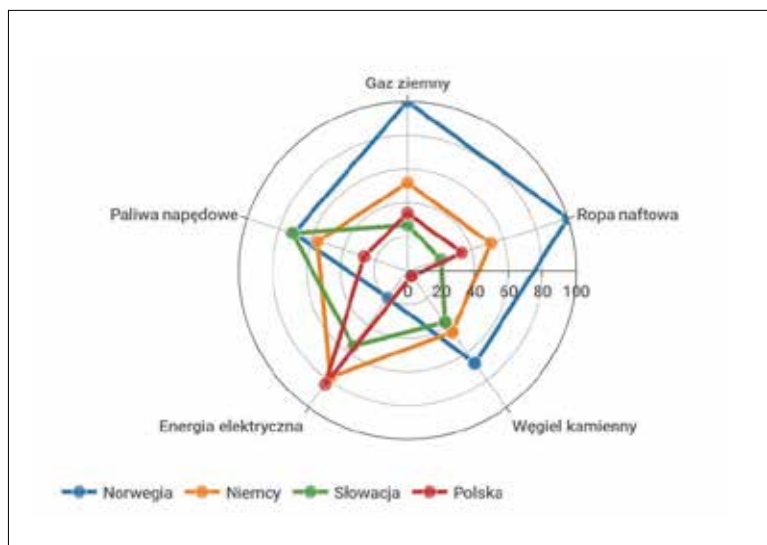
Bezpieczeństwo energetyczne według nośników energii - IBE (2022 rok)



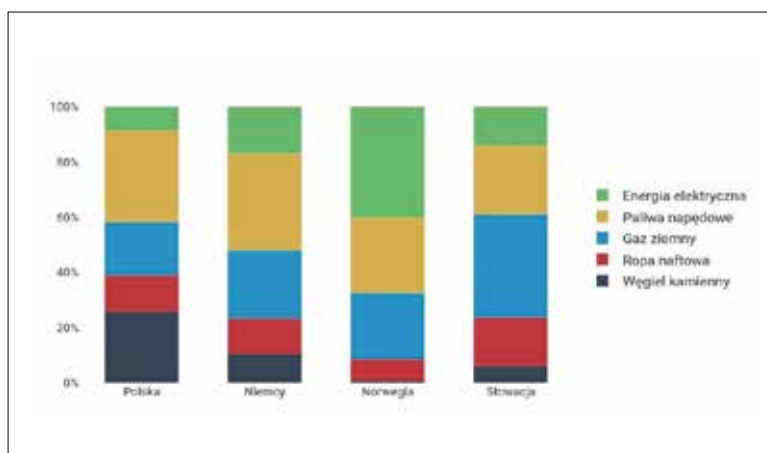
RYS. 3

Bezpieczeństwo energetyczne według nośników energii – IBE za rok 2022

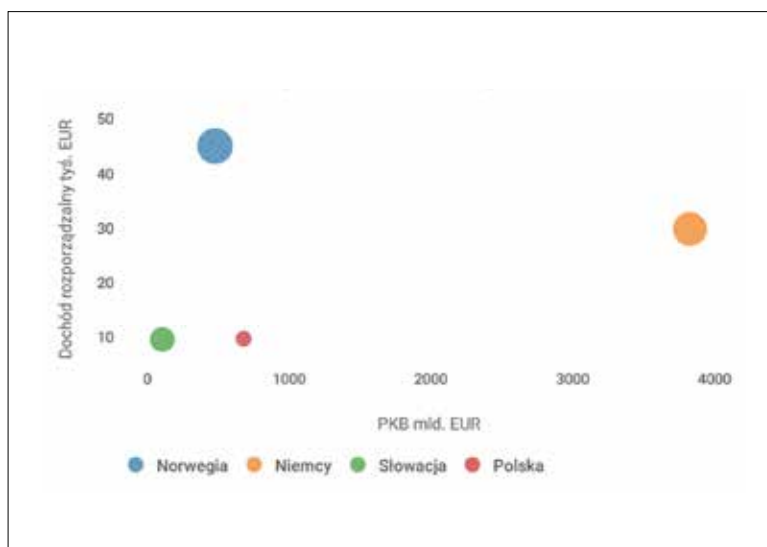




**RYS. 4**  
Bezpieczeństwo energetyczne według nośników energii – Filar Odpornościowy za rok 2022



**RYS. 5**  
Znaczenie nośników w energii – Filar Odpornościowy za rok 2022



**RYS. 6**  
Relacja PKB, dochód rozporządzalny oraz wynik – Filar Odpornościowy

w dużym stopniu obciążony kosztami importu nośników energii, a w czasie kryzysu (przy ograniczeniu podaży oraz wzroście cen), kraj może mieć problemy z zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego.

Warto odnotować, że w żadnym filarze Polska nie osiągnęła progu 50 punktów, uznawanego za stan neutralny, gdzie czynniki przemawiające na korzyść oraz przeciwko bezpieczeństwu energetycznemu równoważą się.

Przyczyną sukcesu Norwegów w zapewnieniu bezpieczeństwa energetycznego nie jest jedynie eksport gazu ziemnego. Co prawda pod tym względem punktują najbardziej, ale dobrze wypadają też w zakresie paliw napędowych, ropy naftowej i węgla kamiennego, ponieważ mają małe zużycie tych nośników. Nie odczuwają więc negatywnych konsekwencji w sytuacjach kryzysowych na tym polu. Norweska gospodarka bazuje na energii elektrycznej, dlatego wzrosty cen tego nośnika są szczególnie niebezpieczne przy takim modelu, czego potwierdzenie widać na rysunku 4.

”

Bezpieczeństwo energetyczne zapewnia połączenie wydobycia paliw kopalnych ponad zapotrzebowanie oraz ogólnego bogactwa państwa i społeczeństwa

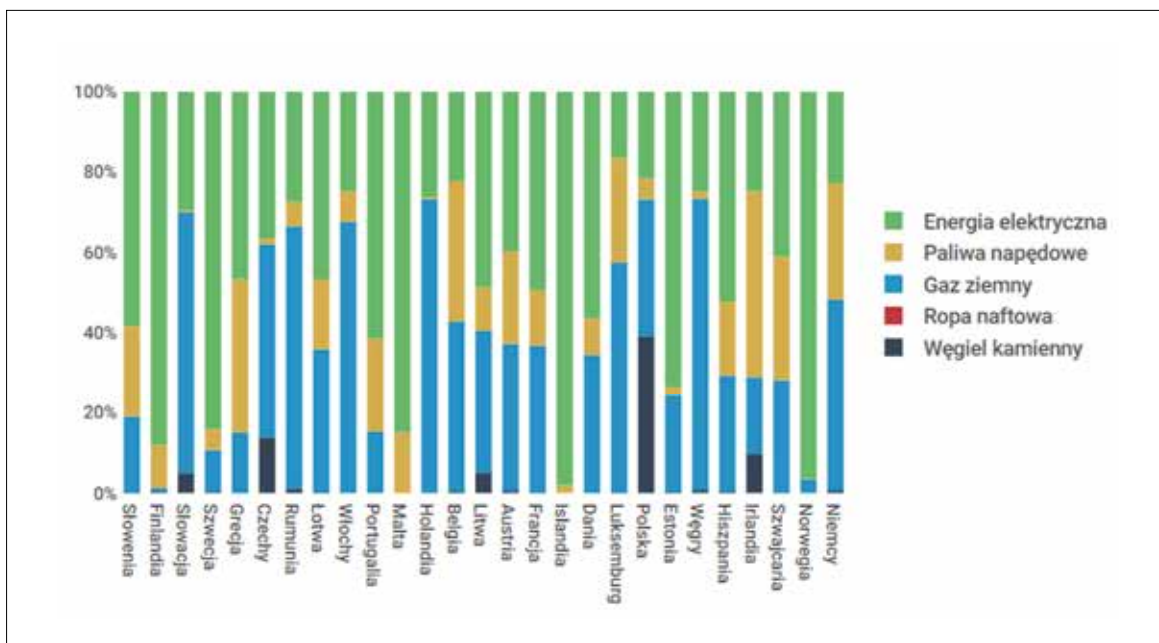
Pod względem energii elektrycznej w Filarze Odpornościowym Polska wypada bardzo dobrze. Jest to skutek dużej niezależności w produkcji własnej oraz dodatniego salda wymiany w 2022 roku. Pamiętać jednak należy, że duża część energii elektrycznej wyprodukowanej w naszym kraju pochodzi z węgla kamiennego, a pod tym względem Polska okazuje się bardzo wrażliwa, osiągając jedynie 4 punkty na 100.

Wydobywanie polskiego węgla jest kosztowne, a krajowa podaż nie zaspokaja dużego zapotrzebowania. Zmuszeni jesteśmy więc do importu tego surowca. Dodatkowo, w 2021 i 2022 roku z powodu agresji Rosji na Ukrainę znacząco ograniczono import węgla z kierunku wschodniego. Z tego powodu zimą 2022 roku nawet martwiono się, czy gospodarstwom domowym wystarczy węgla do ogrzewania mieszkań i domów.

Należy pamiętać, że w każdym kraju nośnikowi nie jest równy. Obrazuje to wykres słupkowy z wagami, pokazujący (w ujęciu procentowym), jak istotny jest dany nośnik energii w obrębie danego filaru (lub całego IBE) (rys. 5).

W ramach Filaru Odpornościowego w zakresie energii elektrycznej Polska jest bezpieczna, jednakże waga tego nośnika pozostaje niska (9%), co przekłada

**RYS. 7**  
Znaczenie  
nośników  
w energii – Filar  
Konsumencki za  
2022 rok



się na mniejszy udział w wyniku filaru. Natomiast pod względem węgla kamiennego oraz paliw napędowych, gdzie wagi są wyższe (kolejno 33% i 26%), Polska jest już bardziej narażona.

Porównując się do Niemiec, nasi zachodni sąsiedzi w mniejszym stopniu bazują na węglu, ale w nieco większym na gazie i energii elektrycznej. Paliwa napędowe, trudne do zastąpienia w transporcie, mają podobną wagę w każdym z krajów. Czynnikiem decydującym o znacznie wyższym poziomie bezpieczeństwa w Filarze Odpornościowym Niemiec względem Polski jest wielkość gospodarki.

Polskie PKB jest wyższe od PKB Norwegii i Słowacji, jednak znacznie mniejsze od niemieckiego. To właśnie dzięki ogromnemu potencjałowi gospodarczemu Niemcy uzyskały wysoki wynik w Filarze Odpornościowym (rys. 6).

Na koniec wykres pokazujący, że w krajach Unii Europejskiej odeszło się już od wykorzystania węgla

przez gospodarstwa domowe, a Polska jest pod tym względem wyjątkiem (rys. 7).

\*\*\*

W porównaniu do 2021 roku, w 2022 Polska ilościowo poprawiła swój wynik w IBE. Ogólnie sytuacja nie jest u nas tragiczna. Kierunek wprowadzanych zmian wydaje się dobry, ale rzeczy do poprawy też pozostaje sporo. Każde państwo ma swoje silne i słabe strony. Porównywane tu Niemcy i Norwegia, będące w innym położeniu niż Polska, też mają swoje problemy. Istotne jest więc, aby odpowiednio je określić, a następnie konsekwentnie pracować nad ich rozwiązywaniem. Wierzymy, że Indeks Bezpieczeństwa Energetycznego będzie pomocnym narzędziem w osiągnięciu takich celów. ■

REKLAMA

@kierunekbmp

KONFERENCJE

CZASOPISMA

WEBINARIA

PORTALE

BUDUJEMY MOŻLIWOŚCI POROZUMIENIA

# NAJWIĘKSZE TERMINALE GAZOWE ŚWIATA

Wojciech Sikorski  
ekspert z obszaru energetyki

Wiele krajów inwestuje dziś w import skroplonego gazu ziemnego (LNG) i budowę terminali gazowych. Przyszłość tego nośnika energii wydaje się obiecująca.

Globalne zapotrzebowanie na energię, zarówno elektryczną, jak i ciepłą, rośnie nieustannie, napędzane dynamicznym rozwojem społeczeństw i gospodarek. W odpowiedzi na ten nieuchronny trend, wiele krajów podejmuje ambitne inwestycje, kierując duże sumy pieniędzy na dywersyfikację swoich źródeł pozyskiwania energii. Ta ekspansja inwestycyjna ma na celu nie tylko zaspokojenie obecnych potrzeb energetycznych społeczeństw, ale także zapewnienie zrównoważonego i trwałego źródła energii na przyszłość. Dywersyfikacja jej źródeł jest kluczowym aspektem

tej strategii, ponieważ pozwala na zminimalizowanie ryzyka związanego z jednym dominującym źródłem, takim jak np. paliwa kopalne.

Kraje na całym świecie inwestują w rozwijanie technologii OZE, w tym energii słonecznej, wiatrowej, hydroelektrycznej i geotermalnej, aby zmniejszyć swoją zależność od kopalnych paliw i ograniczyć emisje gazów cieplarnianych. Ponadto badają i promują bardziej efektywne technologie wytwarzania i dystrybucji energii, by zapewnić, że rosnące zapotrzebowanie nie prowadzi do nadmiernego zużycia zasobów. Jednak nie tylko odnawialne źródła energii stanowią pożądaną alternatywę.



foto. 123rf

Liczne kraje inwestują już od dłuższego czasu w inne rozwiązanie, a mianowicie import skroplonego gazu ziemnego (LNG).

### Rosnący popyt

Przyszłość tego nośnika energii wydaje się obiecująca. Za istotnością jego roli w globalnym sektorze energetycznym opowiada się wiele czynników. Kluczowym jest bez wątpienia sam trend wskazujący na wzrost światowego popytu. Zainteresowanie to będzie prawdopodobnie tylko rosło, zwłaszcza w krajach, które kładą silny nacisk na technologie związane z czystymi źródłami energii, jak również starają się zredukować emisje dwutlenku węgla. Co więcej, wiele państw zainwestowało ogromne fundusze w rozwój terminali gazowych, które są przedmiotem niniejszego artykułu.

Otwarcie nowych rynków importujących LNG, takich jak Chiny i Indie, to znaczący motor napędowy dla całego sektora związanego z handlem tym towarem. Jak wiadomo, są to kraje, których zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą stale rośnie. Sytuacja geopolityczna oraz dostępność złóż surowców naturalnych zmuszają wspomniane państwa do silniejszej dywersyfikacji źródeł energii celem zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Również sama cena tego nośnika energii w stosunku do kosztów innych paliw kopalnych jest zadowalająca. Te i inne czynniki sprawiają, że na świecie stale wznoszone są nowe i coraz to okazańsze terminale gazowe.

”

Istotną rolę dla światowego handlu LNG odgrywa największy z terminali, którym jest Qatargas LNG Terminal

### Największe z największych

Istotną rolę dla światowego handlu LNG odgrywa największy z terminali, którym jest Qatargas LNG Terminal, obsługiwany i zarządzany przez Qatargas Operating Company Limited (Qatargas) – jednego z największych producentów LNG na świecie. Qatargas to katarska spółka joint venture, której partnerami są Qatar Petroleum oraz różni międzynarodowi partnerzy. Terminal wykorzystuje najnowsze technologie w celu maksymalizacji wydajności procesów chłodzenia gazu ziemnego do postaci LNG, co pozwala na skraplanie i przechwytywanie większych ilości paliwa. Skroplony gaz ziemny jest transportowany z terminalu za pomocą specjalnych tankowców do różnych miejsc na świecie. Te tankowce, zwane LNGC (LNG Carriers), są projektowane właśnie do przewozu skroplonego gazu ziemnego w warunkach bezpiecznych i optymalnych dla LNG.

Kolejnym z wielkich terminali gazowych jest Terminal Sabine Pass, znajdujący się na terenie kompleksu przemysłowego w miejscowości Cameron Parish w stanie Luizjana, nad Zatoką Meksykańską. To strategiczne położenie zapewnia dostęp do głównych szlaków żeglugi oraz do dużych rynków odbiorców w Stanach Zjednoczonych i na całym świecie. Jest zarządzany i obsługiwany przez Cheniere Energy, jednego z wiodących producentów LNG w Stanach Zjednoczonych. Sabine Pass był pierwszym operacyjnym terminalem LNG do produkcji i eksportu LNG na skalę komercyjną w USA. Rozpoczął działalność w 2016 roku i odegrał kluczową rolę w zwiększeniu zdolności Stanów Zjednoczonych do eksportu LNG na rynek międzynarodowy. Sabine Pass składa się z kilku jednostek przerobowych, z których każda ma zdolność przerobową w skali milionów ton LNG rocznie. Jednostki te są stopniowo modernizowane i rozbudowywane, co zwiększa zdolność produkcyjną terminala.

Niewiele młodszym od Sabine Pass jest projekt gazowy Gorgon, który znajduje się na Wyspie Barrow, na zachodnim wybrzeżu Australii, w stanie Australia Zachodnia. Jest to strategiczne położenie, które umożliwia dostęp do międzynarodowych rynków, w szczególności azjatyckich. Terminal LNG Gorgon jest zarządzany przez Chevron Corporation, jednego z największych producentów i dostawców gazu ziemnego na świecie. Projekt Gorgon to wspólne przedsięwzięcie Chevron, ExxonMobil i Shell, z Chevron jako operatorem. Terminal ten jest jednym z elementów większego projektu gazowego, który obejmuje zakłady produkcji LNG oraz zakłady przetwarzające gaz ziemny w celu wyizolowania i regazyfikacji LNG. Odgrywa również kluczową rolę w etapie eksportu rozpatrywanego paliwa. Zarządcy projektu Gorgon przykładają wielką wagę do zagadnień zrównoważonego rozwoju i ochrony środowiska. Inwestycje w technologie redukcji emisji i zminimalizowanie wpływu na środowisko naturalne stanowią ważne elementy tego projektu.

Dużym terminalem jest też ten zlokalizowany na wschodnim wybrzeżu Chin, w okolicach miasta Tianjin, będącego częścią aglomeracji Pekinu. Położenie to umożliwia dostęp do głównych odbiorców na terenie kraju, a także do sieci transportowych i przemysłowych. Terminal LNG Tianjin jest zarządzany przez China National Offshore Oil Corporation (CNOOC), jedną z największych chińskich firm energetycznych. CNOOC odpowiada za działania związane z produkcją, przechwytywaniem i eksportem LNG. Paliwo dostarczane do terminalu pochodzi z różnych źródeł, w tym od krajowych producentów LNG oraz od międzynarodowych dostawców.

### A co w Europie?

Pierwszym z omawianych terminali europejskich jest Terminal South Hook, znajdujący się w porcie Milford Haven w Walii, na zachodnim wybrzeżu Wielkiej Brytanii. Jest to strategiczne położenie, które

fot. 123rf



ZBIORNIKOWIEC  
LNG  
przy terminalu  
gazowym

umożliwia dostęp do rynków brytyjskich i europejskich. Terminal jest zarządzany przez South Hook LNG Terminal Company Ltd., spółkę joint venture, w skład której wchodzi Qatar Petroleum, ExxonMobil i Total (Qatar Petroleum jest głównym udziałowcem w projekcie). Terminal ma znaczną zdolność regazyfikacji skroplonego gazu ziemnego, jest w stanie przekształcić LNG z postaci skroplonej na gaz ziemny o normalnych parametrach temperatury i ciśnienia, który jest dostarczany do brytyjskiego rynku i na kontynent europejski. Gaz ziemny regazyfikowany w South Hook transportuje się dalej za pomocą sieci rurociągów do różnych miejsc na Wyspach Brytyjskich i w Europie. Odgrywa kluczową rolę w zaspokajaniu zapotrzebowania na gaz ziemny w regionie.

Innym istotnym obiektem na europejskiej mapie przepływu LNG jest Terminal Dunkierka, zlokalizowany w porcie Dunkierka nad Morzem Północnym, na północy Francji. Dzięki położeniu ma łatwy dostęp do międzynarodowych szlaków żeglugi oraz dostaw gazu ziemnego na obszarze Europy Zachodniej. Terminal jest zarządzany przez Dunkerque LNG, spółkę joint venture, której udziałowcami są: Fluxys (belgijski operator infrastruktury gazu), AXA Investment Managers, i OMERS Infrastructure. Regazyfikowany gaz ziemny jest transportowany za pomocą sieci rurociągów do Francji, Belgii i innych krajów europejskich. To umożliwia dystrybucję LNG na szeroką skalę. Terminal ten to istotny element francuskiego rynku gazu ziemnego i przyczynia się do dostaw energii na terenie kraju. Stanowi także ważne ogniwo w europejskiej infrastrukturze energetycznej.

Dziś najwięcej terminali LNG w Europie ma Hiszpania. Kraj ten może pochwalić się siedmioma lokalizacjami, z których główne to Barcelona, Cartagena, Huelva oraz Bilbao. Poważne plany co do inwestycji w terminale i infrastrukturę związaną z LNG mają Niemcy. Obecnie dysponują trzema: w Brunsbüttel, Wilhelmshaven i Lubminie. Zapowiedziana została jednak ich rozbudowa, jak również wzniesienie

dwóch nowych instalacji, w tym w Rugii, która ma okazać się jedną z największych na świecie pod względem mocy regazyfikacji, wynoszącą blisko 38 mld m<sup>3</sup> LNG rocznie. Stanowi to pokłosie wojny w Ukrainie oraz zamiar uniezależnienia się od gazu z Rosji.

”

Obecnie najwięcej terminali LNG w Europie posiada Hiszpania

Warto wspomnieć również o największym na świecie pływającym terminalu, który ma zdolność do magazynowania oraz regazyfikacji LNG. Statek nosi nazwę „Bauhinia Spirit” i jest największym na świecie pod względem ładowności tankowcem służącym do przewozu LNG. Jego pojemność określana jest na 263 tys. m<sup>3</sup> skroplonego gazu ziemnego. Jest własnością Mitsui O.S.K. Lines (MOL) i Vopak.

\*\*\*

Sytuacja na światowym rynku LNG jest obecnie zdominowana przez rosnący popyt, zwłaszcza w regionie Azji, gdzie czyste źródła energii zyskują na znaczeniu. Wzrost ten skutkuje dynamicznym rozwojem infrastruktury, nowymi inwestycjami w terminale LNG oraz rosnącą międzynarodową wymianą handlową. Jednak rynek ten staje również w obliczu wyzwań, takich jak zmienne ceny paliw, napięcia polityczne i rosnące zapotrzebowanie na LNG niskowęglowe w kontekście globalnej walki ze zmianami klimatycznymi. To wszystko wpływa na przyszłość rynku LNG, wymagając elastyczności i zrównoważonego podejścia do jego rozwoju. ■



# FUZJE A SEVESO

## Wyzwania ORLEN dla zapewnienia bezpieczeństwa procesowego

**Michał Graczyk**

starszy specjalista, Biuro Bezpieczeństwa Procesowego, ORLEN S.A.

W związku z przeprowadzonymi fuzjami, ORLEN musiał wypełnić zapisy ustawy w zakresie nie tylko zmiany oznaczenia prowadzącego zakład, ale także wykazania, że wdrożony system bezpieczeństwa jest skuteczny w kontekście zapobiegania poważnym awariom.

Wymagania dla podmiotów zakwalifikowanych jako zakłady o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej są restrykcyjne i obligują spółki do speł-

nienia przepisów dyrektywy SEVESO, które zostały implementowane do prawa polskiego w ustawie Prawo ochrony środowiska. Przed takimi wyzwaniami stoi również ORLEN.

Jednym z wyzwań związanych ze zmieniającą się strukturą właścicielską oraz logistyczną w obiektach należących do Grupy ORLEN S.A.<sup>1</sup>, jest spełnienie wymagań prawnych w zakresie m.in. ustawy Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2022 r., poz. 2556), dalej nazywaną „POŚ”. Implementowane w Tytule IV ustawy „POŚ” przepisy Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 3 lipca 2012 r., zwanej dalej „SEVESO”, w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi, zmieniające, a następnie uchylające dyrektywę Rady 96/82/WE (Dz. Urz. UE L 197 z 24.07.2012), klasyfikują zakłady Grupy jako te o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej (zwane dalej „ZZR” i „ZDR”).

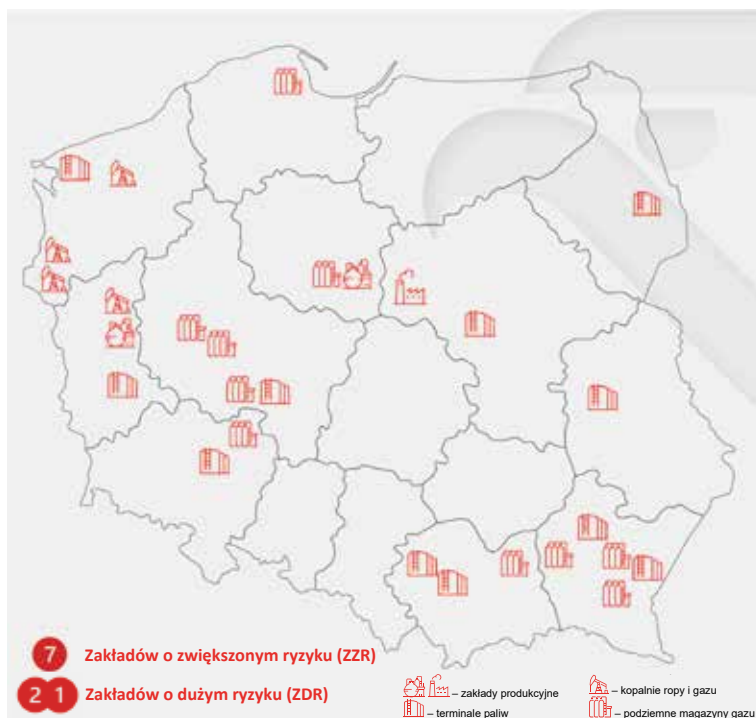
## KONCERN MULTIENERGETYCZNY



ORLEN notowany jest w prestiżowych, światowych zestawieniach Fortune Global 500 czy Platts TOP250 – jako pierwsza firma w regionie zadeklarowała osiągnięcie neutralności emisyjnej w 2050 roku. Grupa, dzięki zrealizowanym fuzjom – z Grupą Energa, Grupą LOTOS oraz z PGNiG, widnieje w gronie 150 największych firm na świecie pod względem przychodów.

ORLEN prowadzi działalność na sześciu kontynentach, w blisko 100 krajach – m.in. w Polsce, Czechach, Niemczech, na Litwie, Słowacji, Węgrzech, w Kanadzie, Norwegii, Pakistanie, Austrii czy Zjednoczonych Emiratach Arabskich.

Podstawowym przedmiotem działalności Grupy ORLEN jest wytwarzanie, dystrybucja i obrót energią elektryczną i ciepłą, przerób ropy naftowej oraz produkcja paliw, wyrobów petrochemicznych i chemicznych, a także sprzedaż produktów paliwowych Grupy na rynku detalicznym i hurtowym oraz magazynowanie, sprzedaż, dystrybucja paliw gazowych i płynnych.



**RYS. 1**  
Zakłady SEVESO  
w strukturze  
ORLEN S.A.

Zgodnie z art. 250, ust. 1 „POŚ” „Prowadzący zakład o zwiększonym lub o dużym ryzyku jest obowiązany do zgłoszenia zakładu właściwemu organowi Państwowej Straży Pożarnej”. Ponadto w myśl art. 250, ust. 8a „Termin przewidywanej zmiany oznaczenia prowadzącego zakład lub kierującego zakładem, prowadzący zakład jest obowiązany zgłosić właściwemu organowi Państwowej Straży Pożarnej co najmniej 30 dni przed dniem jej wprowadzenia”. Zgłoszenie, o którym mowa w ust. 8a, prowadzący zakład przekazuje równocześnie do wiadomości Wojewódzkiemu Inspektorowi Ochrony Środowiska.

### Zmiany w strukturach ORLEN wskutek przejęć

Wskutek przeprowadzonych w 2022 roku przejęć oraz powołania podmiotu Rafineria Gdańska Sp. z o.o., którego ORLEN jest współwłaścicielem, w strukturach ORLEN S.A./Grupy ORLEN na dzień opracowania niniejszego artykułu nastąpiły odpowiednie zmiany ilości ZZR/ZDR:

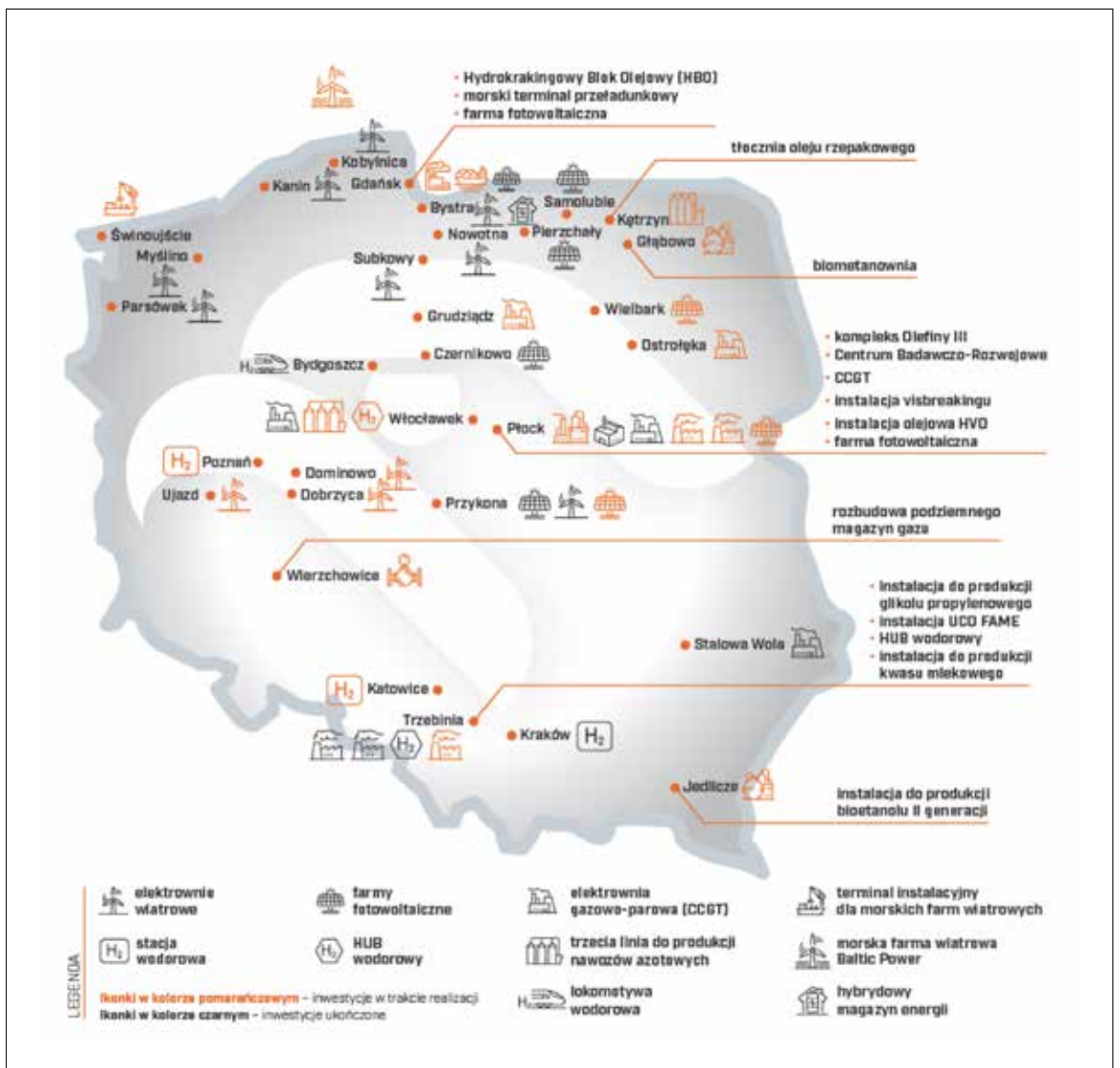
- do struktury ORLEN S.A. włączono 15 nowych obiektów ZZR/ZDR,
- ze struktury ORLEN S.A. wyłączono 4 ZZR,
- do struktury Grupy ORLEN włączono 1 nowy zakład produkcyjny, sklasyfikowany jako ZDR.

Zapewnienie stabilnych dostaw energii, paliw i gazu z przyjaznych środowisku źródeł to główny cel połączonej Grupy ORLEN do 2030 roku. Drogę do niego wytyczają przede wszystkim inwestycje w energetykę odnawialną, wydobywanie oraz rozwój projektów napędzających zielony kierunek Grupy, m.in. w obszarze biogazu i biopaliw. ORLEN rozwija

**RYS. 2**  
Aktywa  
produkcyjne  
Grupy ORLEN



**RYS. 3**  
Wybrane  
inwestycje  
realizowane  
w ramach  
Grupy ORLEN  
podlegające  
pod przepisy  
dotyczące  
zapobiegania  
poważnym  
awariom







RYS. 4  
Kompleks Olefin III

także technologie wodorowe, petrochemię i energetykę jądrową (rys. 3). Na realizację tych projektów przeznaczony około 320 mld zł do końca tej dekady. Inwestycjami realizowanymi w ramach Grupy ORLEN i podlegającymi pod przepisy dotyczące zapobiegania poważnym awariom są m.in.:

#### • Budowa kompleksu Olefin

Realizacja kompleksu Olefin, zgodnie z aktualnymi założeniami, przyczyni się do istotnego wzrostu potencjału petrochemicznego Grupy ORLEN. Inwestycja pozwoli na zwiększenie produkcji petrochemii bazowej w Płocku o ponad 60% oraz o ponad 30% w całej Grupie ORLEN (razem z Czechami i Litwą).

W instalacjach Olefin III będą powstawać produkty petrochemiczne, stanowiące bazę dla zaawansowanych tworzyw sztucznych, stosowanych w produkcji środków czystości, artykułów higienicznych i medycznych, włókien syntetycznych, z których wytwarzana jest odzież, a także części samochodowych, elementów sprzętu AGD i urządzeń elektronicznych.

W skład kompleksu Olefin III będą wchodziły następujące instalacje:

- **kraker parowy (ang. Steam Cracker)** – główny element inwestycji, którego moce produkcyjne wyniosą 740 tys. ton etylenu i 340 tys. ton propylenu rocznie,
- **ETBE (eter etylowo tert-butylowy)** – gdzie będzie wytwarzany produkt znajdujący zastosowanie głównie jako rozpuszczalnik organiczny, komponent benzyn,
- **SE (styren)** – dzięki tej instalacji pojawi się zupełnie nowy produkt w portfelu ORLEN, czyli styren – substancja przetwarzana na polistyren, z której powstaje m.in. styropian,
- **PGH (uwodornienie benzyny popirolitycznej)**, na której powstaje frakcja benzyn kierowana do ekstrakcji aromatów i przetwarzana na benzen. Benzen jest wykorzystywany do produkcji styropianu, pianek,

materacy i izolacji, ale także służy do wytwarzania barwników, środków czyszczących, farmaceutyków oraz rozpuszczalników farb i lakierów,

- **tlenek etylenu i glikole** – etylen wyprodukowany w krakerze parowym trafi na instalację; tlenek etylenu i glikole, gdzie zostanie przetworzony właśnie na tlenek etylenu i glikole, takie jak MEG, DEG i TEG. Te substancje wykorzystuje się m.in. do produkcji detergentów, płynów chłodniczych i rozpuszczalników,
- **SGU (ang. Steam Generation Unit, elektrociepłownia)** – instalacja niezbędna dla prawidłowego funkcjonowania Olefin III (istniejące zakłady nie posiadają wystarczającej mocy do obsługi tak dużego i złożonego kompleksu). Jednostka, która powstanie będzie niskoemisyjna.

”

Zapewnienie stabilnych dostaw energii, paliw i gazu z przyjaznych środowisku źródeł to główny cel połączonej Grupy ORLEN do 2030 roku

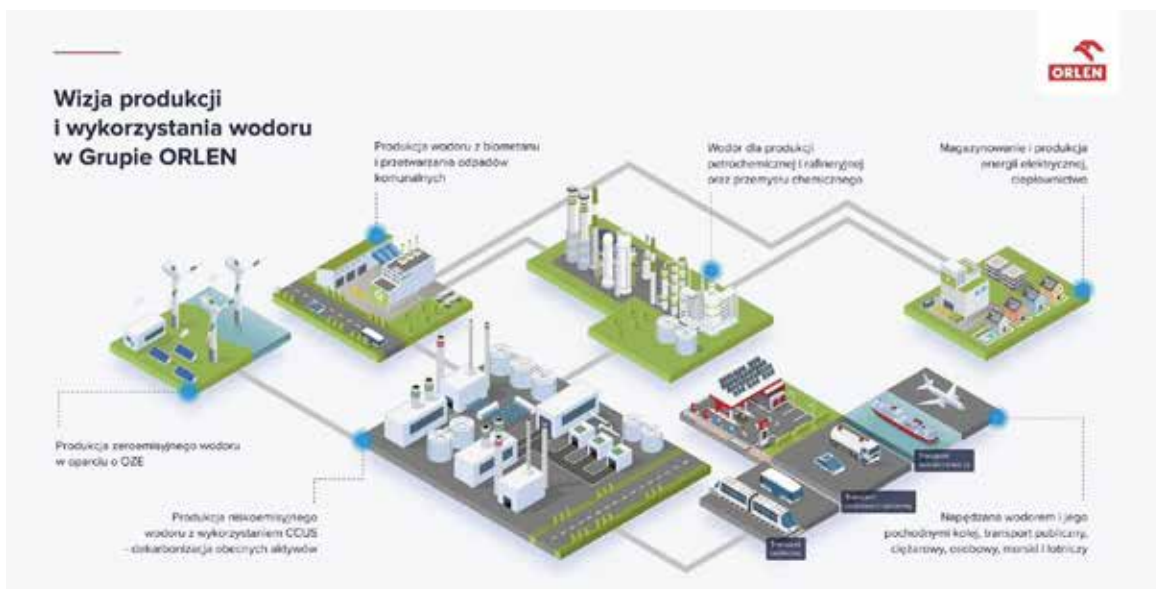
#### • Rozbudowa pojemności Podziemnego Magazynu Gazu w Wierchowicach

To największa inwestycja w krajowe magazyny gazu w historii. Po jej zakończeniu pojemność instalacji wzrośnie o 60%, do 2,1 mld m<sup>3</sup>. Grupa ORLEN jest właścicielem siedmiu podziemnych magazynów gazu wysokometanowego, o łącznej pojemności ok. 3,3 mld m<sup>3</sup>.

#### • Technologie wodorowe

Rozwój popularności wodoru na całym świecie spowodował, że również ORLEN inwestuje w wodór,

**RYS. 5**  
Wizja produkcji  
i wykorzystania  
wodoru w Grupie  
ORLEN



który może być wykorzystywany jako surowiec, paliwo lub nośnik i magazyn energii. Jego wszechstronność, nisko- lub nawet zeroemisyjność sprawiają, że jest jednym z kluczowych elementów transformacji energetycznej. Rozwój technologii wodorowych to znak nowoczesnego koncernu multienergetycznego, bazującego na efektywnych technologiach, czystej energii i niskoemisyjnych paliwach.

”

Jeszcze w tym roku koncern przekaże 36 mld zł na realizację strategicznych inwestycji, trwale zwiększających bezpieczeństwo energetyczne i niezależność surowcową Polski

W Grupie ORLEN została przygotowana strategia wodorowa jako odpowiedź na szybko zmieniające się otoczenie rynkowe i regulacyjne. W jej ramach określono cztery kluczowe obszary, które będą rozwijane. Są to:

- **Mobilność** – budowa sieci ogólnodostępnych stacji tankowania wodoru. Wykorzystanie zarówno istniejących aktywów, jak i budowa nowych mocy produkcyjnych wodoru o jakości automotive. Postawionym celem jest budowa ponad 100 stacji tankowania wodorem w Polsce, Czechach i na Słowacji.
- **Rafineria i petrochemia** – redukcja emisji CO<sub>2</sub> z istniejących instalacji produkcji wodoru w Grupie ORLEN z wykorzystaniem technologii niskoemisyjnych, takich jak wychwytywanie, wykorzystanie i/ lub magazynowanie dwutlenku węgla (CCUS).

- **Przemysł i energetyka** – nowe jednostki CCGT z możliwością współspalania wodoru.
- **Badania i rozwój** – koncentracja na tworzeniu i promowaniu partnerstw oraz ekosystemu wodorowego.

#### • **Morski terminal przeładunkowy i OZE**

Budowany w Gdańsku, przy nabrzeżu na Martwej Wiśle, morski terminal przeładunkowy zapewni alternatywną drogę transportu towarów do i z Rafinerii Gdańskiej.

#### **Wymagania określone w krajowych przepisach**

Działania podejmowane oraz realizowane przez Grupę ORLEN wymagają od firmy spełnienia wytycznych określonych w krajowych przepisach, w tym m.in. w ustawie POŚ (implementowanych z dyrektywy SEVESO). Są to wymogi mające zapewnić bezpieczne funkcjonowanie zakładów, na których terenie występują substancje niebezpieczne mogące przyczynić się do wystąpienia poważnej awarii przemysłowej lub pogłębienia jej skutków. Oprócz samego terminowego zgłaszania zmian własności, rozumianych w myśl cytowanych przepisów jako zmiana oznaczenia prowadzącego zakład lub kierującego nim, dla istniejących w strukturze ORLEN zakładów, gdzie prowadzone są prace inwestycyjne, należy – w sposób niemal ciągły – dokonywać:

- analizy zmian,
- aktualizacji dokumentów SEVESO (zgłoszenie, program zapobiegania poważnym awariom, raport o bezpieczeństwie, wewnętrzny plan operacyjno-ratowniczy),
- oceny ryzyka wystąpienia poważnej awarii i wykazanie, że wdrożony system bezpieczeństwa jest skuteczny w kontekście zapobiegania poważnym awariom.

Coraz częściej w ramach prowadzonych postępowań administracyjnych w urzędach mamy do czynienia z:

- wydłużeniem realizacji poszczególnych etapów procesu inwestycyjnego,
- decyzjami odmownymi bądź opiniami negatywnymi do dokumentów, które wymagają uzupełnienia/poprawienia,
- koniecznością opracowania dodatkowych analiz oceniających ryzyko wystąpienia awarii dla zaproponowanych środków bezpieczeństwa na potrzeby zmitigowania prawdopodobieństwa wystąpienia niepożądanych skutków awarii.

### Wyzwania wobec stawianych wymagań

Podsumowując, wyzwania w zakresie stawianych wymagań dla zapewnienia bezpieczeństwa w zakładach SEVESO, to m.in.:

- terminowe opracowanie obszernych dokumentów,
- zaangażowanie wielu osób w proces aktualizacji, przedkładania dokumentów, w oparciu o posiadane pełnomocnictwa, również przez firmy wykonawcze realizujące projekty inwestycyjne,
- czasochłonna procedura dokonywania zmian w przypadku uzgadniania dokumentów, zatwierdzania zmian dokumentów wcześniej przyjętych, w szczególności w przypadku zmian, których wdrożenia podzielone jest na etapy.

\*\*\*

Wyzwania z zakresu bezpieczeństwa funkcjonowania zakładów dotyczą nie tylko Grupy ORLEN, ale również organów administracji publicznej, w szczególności Państwowej Straży Pożarnej i Inspekcji Ochrony Środowiska, jako kompetentnych w zakresie przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym w Polsce. Dlatego kluczowym dla wymienionych obszarów jest ich stały rozwój oraz zdobywanie kompetencji w zakresie nowych technologii. Wszystko to ma wpływ na sprawny i działający w zgodzie z obowiązującymi przepisami przebieg procesu inwestycyjnego, szczególnie w zakładach sklasyfikowanych jako te o zwiększonym lub o dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii.

### Przypis

<sup>1</sup> W okresie ostatnich dwóch lat, oprócz zmiany nazwy spółki z Polskiego Koncernu Naftowego ORLEN S.A. na ORLEN S.A., nastąpiły również zmiany w strukturze Grupy ORLEN, poprzez przejście Grupy Lotos oraz Grupy PGNiG:

- z dniem 1 sierpnia 2022 roku podmiotu dawnej Grupy LOTOS,
- z dniem 2 listopada 2022 roku podmiotu dawnej oraz Grupy PGNiG.

Z dniem 3 lipca 2023 r., poza zmianą nazwy spółki z Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A. na ORLEN S.A., pozostałe dane identyfikacyjne spółki, w tym Numer Identyfikacji Podatkowej, REGON, nr KRS, adres siedziby i forma prawna, nie uległy zmianie.

Fot. ORLEN ■

REKLAMA



Z okazji zbliżających się Świąt Bożego Narodzenia oraz nadchodzącego Nowego Roku 2024 składamy najserdeczniejsze życzenia zdrowia, szczęścia oraz radosnej i świątecznej atmosfery, a na nadchodzący rok, realizacji wszystkich planów i zamierzeń oraz osiągnięcia wszystkich, nawet najambitniejszych celów.

Pracownicy oraz Zarząd  
REMZAP Sp. z o.o.

REMZAP Sp. z o.o.  
24-110 Puławy, ul. Ignacego Mościckiego 12  
tel: +48 81 473 11 00, info@remzap.pl

Odwiedź nas na [remzap.pl](http://remzap.pl)



budujemy możliwości  
porozumienia

# MEDIA PLAN 2024

SYMPOZJA | KONFERENCJE

STYCZEŃ	<b>CHEMIA 2024</b>	XXX Sympozjum Naukowo-Techniczne <b>30-31 stycznia 2024 r.   Płock</b> Honorowy gospodarz: <b>ORLEN S.A.</b>	<b>CHEMIA, PETROCHEMIA   Uczestnicy:</b> przedstawiciele zakładów chemicznych: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, kadra zarządzająco-techniczna oraz specjaliści biur projektowych, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów
LUTY	<b>Zarządzanie Przedsiębiorstwem WOD-KAN</b>	X Konferencja Naukowo-Techniczna <b>8-9 lutego 2024 r.   Szczyrk</b>	<b>PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN   Uczestnicy:</b> prezesi i kadra zarządzająca przedsiębiorstw wod-kan oraz firmy doradcze, informatyczne, konsultingowe oferujące kompleksowe rozwiązania dla branży
	<b>Technologie Retencji Wody w Przemśle</b>	II Konferencja Naukowo-Techniczna <b>22-23 lutego 2024 r.   Warszawa</b>	<b>JEDNOSTKI TERYTORIALNE, PRZEMYSŁ, WOD-KAN   Uczestnicy:</b> przedstawiciele miast, spółek wod-kan, przemysłu, biur projektowych oraz firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe
MARZEC	<b>Utrzymanie Ruchu w Przemśle Spożywczym</b>	XVI Konferencja Naukowo-Techniczna <b>6-7 marca 2024 r.   Kraków</b> Honorowy gospodarz: <b>Bahlsen Polska</b>	<b>PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY   Uczestnicy:</b> kadra inżynieryjno-techniczna rozlewni wód i soków, zakładów spirytusowych, browarów, mleczarni, zakładów mięsnych i przetwórstwa owocowo-warzywnego, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych działów utrzymania ruchu
	<b>Efektywne Zarządzanie Energią w Przemśle</b>	XXII Konferencja Naukowo-Techniczna <b>14-15 marca 2024 r.   Czeladź</b>	<b>PRZEMYSŁ ENERGOCHŁONNY   Uczestnicy:</b> przedstawiciele zakładów przemysłowych: zakłady chemiczne, huty, kopalnie, zakłady przemysłowe, przetwórnictwo i inne; spółki dystrybucyjne i operatorskie działające na rynku energii oraz specjalistyczne firmy informatyczne, technologiczne, doradcze, finansowe i konsultingowe
	<b>Wiosenna Konferencja Farmaceutyczna</b>	XV Konferencja Naukowo-Techniczna <b>20-21 marca 2024 r.   Tarnowo Podgórne k/Poznań</b> Honorowy gospodarz: <b>Phytopharm Klęka S.A.</b>	<b>FARMACJA   Uczestnicy:</b> przedstawiciele zakładów farmaceutycznych, a w szczególności działy techniczne, utrzymanie ruchu, produkcji, pakowni, działy ds. inwestycji, firmy oferujące systemy oraz produkty związane z nowoczesnymi technologiami dla producentów leków
KWIECIEŃ	<b>Awarie. Monitoring. Budowa i Modernizacja Sieci WOD-KAN</b>	XV Konferencja Naukowo-Techniczna <b>9-10 kwietnia 2024 r.   Wisła</b> Honorowy gospodarz: <b>PWiK w Gliwicach</b>	<b>PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN   Uczestnicy:</b> przedstawiciele przedsiębiorstw wodociągowych odpowiedzialni za budowę, remonty i modernizację sieci wodociągowych i kanalizacyjnych oraz firmy proponujące rozwiązania techniczne w zakresie sieci
	<b>Wiosenne Spotkanie Ciepłowników</b>	XXXI Sympozjum Naukowo-Techniczne <b>23-25 kwietnia 2024 r.   Zakopane</b>	<b>ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO   Uczestnicy:</b> przedstawiciele ciepłowni i elektrociepłowni, biura projektowe współpracujące z sektorem, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnego ciepłownictwa
	<b>Kongres Użytkowników POMP</b>	XXX Kongres <b>7-8 maja 2024 r.   Legnica</b>	<b>CHEMIA, ENERGETYKA, PRZEMYSŁ, WOD-KAN   Uczestnicy:</b> kadra inżynieryjno-techniczna odpowiedzialna za zakup i użytkowanie pomp, napędów i armatury z zakładów przemysłowych, elektrowni, zakładów chemicznych, wod-kan, producenci i dystrybutorzy pomp, napędów, armatury oraz firmy remontowe i diagnostyczne oferujące nowoczesne rozwiązania dla branży
MAJ	<b>Nowoczesne Przetwórstwo Spożywcze. Wiosenne Spotkanie Cukrowników</b>	Konferencja Naukowo-Techniczna <b>9-10 maja 2024 r.   Zakopane</b>	<b>PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY   Uczestnicy:</b> przedstawiciele cukrowni a w szczególności dyrektorzy techniczni, dyrektorzy ds. surowców, kierownicy produkcji, kierownicy ds. utrzymania ruchu, automatycy, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe dla branży
	<b>Remonty i Utrzymanie Ruchu w Przemśle Chemicznym</b>	XVII Konferencja Naukowo-Techniczna <b>20-22 maja 2024 r.   Jastrzębia Góra</b> Honorowy gospodarz: <b>Rafineria Gdańska Sp. z o.o.</b>	<b>CHEMIA, PETROCHEMIA   Uczestnicy:</b> przedstawiciele zakładów chemicznych i rafinerii: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, główni specjaliści z zakresu utrzymania ruchu, główni mechanicy, energetycy, kadra zarządzająco-techniczna, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych działów utrzymania ruchu

**Zarządzanie Przedsiębiorstwem Ciepłowniczym****NOWOŚĆ**

Konferencja Naukowo-Techniczna  
4-5 czerwca 2024 r. | Łódź

**CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy:** prezesi, członkowie zarządu, dyrektorzy z elektrociepłowni, ciepłowni, a także firmy współpracujące z branżą energetyczną, oferujące nowoczesne technologie i urządzenia, systemy zarządzania, rozwiązania do zarządzania w nowoczesnym PEC-u

**Nowoczesne Kopalnie Żwiru i Piasku**

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna  
5-6 czerwca 2024 r. | Wrocław  
Honorowy gospodarz: Górażdże Kruszywa Sp. z o.o.

**KRUSZYWA | Uczestnicy:** kadra inżynieryjno-techniczna oraz zarządzająca kopalni żwiru i piasku, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów kruszywa

**ENERGETYKA BEŁCHATÓW 2024**

XXVI Sympozjum Naukowo-Techniczne  
2-4 września 2024 r. | Bełchatów

**ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy:** prezesi, członkowie zarządu, dyrektorzy techniczni i inwestycyjni z elektrowni, elektrociepłowni, ciepłowni, a także firmy współpracujące z branżą energetyczną oferujące nowoczesne technologie i urządzenia, systemy zarządzania, monitoringu i diagnostyki

**Oczyszczalnie Przyszłości**

III Konferencja Naukowo-Techniczna  
12-13 września 2024 r. | Warszawa  
Honorowy gospodarz: MPWiK w Warszawie

**PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy:** dyrektorzy, kierownicy, specjaliści z komunalnych oczyszczalni ścieków, osoby odpowiedzialne za inwestycje, kadra zarządzająca przedsiębiorstw wod-kan, firmy dostarczające rozwiązania, technologie, świadczące usługi związane z budową i eksploatacją oczyszczalni ścieków

**Bezpieczeństwo Instalacji Przemysłowych. Infrastruktura Krytyczna**

XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna  
24-26 września 2024 r. | Szczecin

**CHEMIA, PETROCHEMIA, ENERGETYKA | Uczestnicy:** przedstawiciele zakładów chemicznych odpowiedzialni za prewencję, bezpieczeństwo, a także specjaliści z zakresu automatyki i technologii oraz kadra zarządzająco-techniczna; firmy, które proponują urządzenia, technologie i nowoczesne systemy zarządzania bezpieczeństwem, niezbędne dla bezpiecznego funkcjonowania zakładu

**KRUSZYWA CEMENT WAPNO 2024**

XXXI Sympozjum Naukowo-Techniczne  
2-3 października 2024 r. | Kielce  
Honorowy gospodarz: Lafarge

**KRUSZYWA, CEMENT, WAPNO | Uczestnicy:** przedstawiciele kopalni kruszyw, cementowni, zakładów wapienniczych i gipsowych, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów

**Jesienne Spotkanie Browarników**

XXI Sympozjum Naukowo-Techniczne  
9-11 października | Poznań  
Honorowi gospodarze: Lech Browary Wielkopolski,  
Browar w Grodzisku Wielkopolskim sp. z o.o. sp. k.

**PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY | Uczestnicy:** kadra techniczno-technologiczna, menadżerska polskich zakładów piwowskich, firmy oferujące rozwiązania wykorzystywane w browarach

**XVIII Kongres Gospodarki Wodno-Ściekowej**

Konferencja Naukowo-Techniczna  
WODA I ŚCIEKI W PRZEMYŚLE SPOŻYWCZYM  
Konferencja Naukowo-Techniczna  
WODA I ŚCIEKI W PRZEMYŚLE  
15-16 października 2024 r. | Wrocław  
Honorowy gospodarz: Browar Namysłów

**PRZEMYSŁ SPOŻYWCZY, CHEMIA, ENERGETYKA, PRZEMYSŁ CIĘŻKI, FARMACJA | Uczestnicy:** przedstawiciele działów ochrony środowiska z: elektrowni, elektrociepłowni oraz ciepłowni komunalnych i przemysłowych, zakładów metalurgicznych, zakładów chemicznych, rafinerii, petrochemii, zakładów papierniczych, koksowni, zakładów spożywczych, farmacji; specjaliści z zakresu gospodarki wodno-ściekowej i gospodarki odpadami, specjaliści odpowiedzialni za jakość wody, specjaliści ds. ochrony środowiska, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe w zakresie gospodarki wodno-ściekowej

**Jesienne Sympozjum Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego 2024**

XX Sympozjum Naukowo-Techniczne  
23-24 października 2024 r. | Łódź  
Honorowi gospodarze: Zakłady Farmaceutyczne  
POLPHARMA S.A. Oddział Medana w Sieradzu,  
Laboratorium Kosmetyczne AVA

**FARMACJA I BRANŻA KOSMETYCZNA | Uczestnicy:** przedstawiciele zakładów farmaceutycznych i kosmetycznych: dyrektorzy ds. technicznych i inwestycyjnych, główni specjaliści z zakresu produkcji i jakości oraz kadra zarządzająco-techniczna; firmy oferujące maszyny, urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe dla obu branż

**WOD-KAN-EKO 2024**

XXVII Kongres Naukowo-Techniczny  
13-15 listopada 2024 r. | Łódź

**PRZEDSIĘBIORSTWA WOD-KAN | Uczestnicy:** przedstawiciele przedsiębiorstw wodociągowych, oczyszczalni ścieków, biur projektowych, zainteresowani wdrażaniem w swoich zakładach nowych technologii i urządzeń, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnych zakładów wod-kan

**Remonty i Utrzymanie Ruchu w Energetyce**

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna  
27-28 listopada 2024 r. | Licheń

**ENERGETYKA, CIEPŁOWNICTWO | Uczestnicy:** dyrektorzy techniczni i zarządzający majątkiem produkcyjnym, szefowie utrzymania ruchu, główni mechanicy, energetycy, automatycy reprezentujący elektrownie, elektrociepłownie i duże zakłady przemysłowe posiadające własne źródła wytwarzające energię, a także przedstawiciele biur projektowych, uczelni i instytucji związani z tą gałęzią gospodarki, firmy proponujące nowoczesne urządzenia, technologie i rozwiązania systemowe, niezbędne do funkcjonowania nowoczesnego działu utrzymania ruchu



Fot. 123rf

# ROLA PRZYWÓDZTWA DLA BEZPIECZEŃSTWA PROCESOWEGO

na przykładzie japońskiej elektrowni Onagawa

**Dariusz Chmielewski**

dyrektor biura – pełnomocnik zarządu ds. polityki BHP, PGE Polska Grupa Energetyczna S.A.

11 marca 2011 roku doszło do jednego z najpoważniejszych trzęsień ziemi w Japonii<sup>1</sup>, o sile 9,0 w skali Richtera. Ta katastrofa naturalna przetestowała gotowość kilku elektrowni jądrowych do reagowania na takie zagrożenia. Jedna egzaminu nie zdała, czego konsekwencją była potężna awaria przemysłowa. Inna elektrownia jednak przeszła przez tę trudną próbę wzorowo. Kluczowym elementem okazała się tu kwestia przywództwa w bezpieczeństwie.

**G**dy 11 marca 2011 roku o godzinie 14:46 lokalnego czasu, 130 km od wybrzeża regionu Tohoku na wyspie Honsiu, na głębokości 24 km zaczęła się trzęść ziemia, zaczęła się również

pisać jedna z najtragiczniejszych kart w historii przemysłu. Równocześnie jednak – jedna z najciekawszych z punktu widzenia bezpieczeństwa procesów przemysłowych.

W rejonie istotnego oddziaływania tego trzęsienia ziemi, a później fali tsunami, było 5 elektrowni jądrowych, w których znajdowało się 15 czynnych reaktorów<sup>2</sup>. Elektrownie jądrowe są wyposażone w zabezpieczenia sejsmiczne, które błyskawicznie uruchomiły procedurę ich awaryjnego odstawienia SCRAM. Procedura ta polega na wsunięciu do rdzenia reaktora wszystkich prętów, tj. kontrolnych i awaryjnych, które pochłaniają neutrony oraz powodują natychmiastowe wygaszenie reakcji łańcuchowej. Po tej czynności moc reaktorów spada do ok. 6-7% nominalnej mocy cieplnej, co oznacza, że produkują one nadal kilka, kilkadziesiąt MWt. Dlatego też takie jednostki trzeba chłodzić jeszcze przez jakiś czas po wyłączeniu, ze względu na tzw. ciepło powyłłączeniowe<sup>3</sup>.

Elektrownie mają wiele zabezpieczeń dla zapewnienia ciągłości chłodzenia. Do podstawowych zalicza się zasilanie z zewnątrz oraz awaryjne generatory (przeważnie zasilane olejem lekkim).

Po trzęsieniu ziemi w 2011 wszystkie wskazane wcześniej elektrownie utraciły zasilanie zewnętrzne i musiały polegać na generatorach awaryjnych. W dwóch obiektach doszło do ich zalania w wyniku wdarcia się fali tsunami i w konsekwencji – do trwałego unieruchomienia. W jednej z nich, Fukushima Daiichi, w ramach zarządzania kryzysowego położono 9 km nowego kabla i przywrócono zasilanie, dzięki czemu uniknięto poważnej awarii. Natomiast, jak wszyscy pamiętamy, działania kryzysowe w elektrowni Fukushima Daiichi nie przyniosły rezultatu, co w konsekwencji doprowadziło do katastrofy spowodowanej utratą chłodzenia i następnie przegrzania rdzenia reaktora.

### Elektrownia w Onagawie – dlaczego przetrwała?

Jedna z trzech elektrowni, w których nie doszło do zalania awaryjnych generatorów, znajdowała się w mieście Onagawa – najbliższym epicentrum. Obiekt ten był o 60 km bliżej epicentrum trzęsienia ziemi niż Elektrownia Fukushima Daiichi; w tę elektrownię uderzyła o ponad 1 metr wyższa fala tsunami, a jednak nic większego się tu nie stało. Miasto Onagawa zostało zniszczone w 70%, a elektrownia służyła jako schronienie dla setek ewakuowanych mieszkańców przez trzy miesiące.

Jak to możliwe, że elektrownia poddana dużo bardziej destrukcyjnemu oddziaływaniu przetrwała zasadniczo bez szwanku? Sekret tkwi w silnej kulturze bezpieczeństwa, ale zbudowanej na podwalinach mocnego przywództwa w bezpieczeństwie. Kluczem są przedstawiciele najwyższego kierownictwa zaangażowani w bezpieczeństwo na wszystkich szczeblach cyklu życia instalacji: koncepcja, projekt, budowa, rozruch, eksploatacja, wyłączenie i rozbiora. Na każdym z nich, szczególnie przy instalacjach, o których mowa w niniejszym artykule, absolutnym

	Elektrownia Onagawa	Elektrownia Fukushima Daiichi
Typ reaktora	Reaktor wodny wrzący	Reaktor wodny wrzący
Odległość od epicentrum	123 km	183 km
Wysokość fali tsunami	14,3 m	13,1 m
Skutki wg skali INES	2 (Incydent)	7 (Wielka awaria)

TAB. 1  
Elektrownia Onagawa i Fukushima Daiichi wobec fali tsunami

priorytetem musi być bezpieczeństwo, a najwyższe kierownictwo musi to nieustannie wzmacniać.

Ojcem historii sukcesu elektrowni Onagawa był inż. Yanosuke Hirai (1902 – 1986), człowiek bardzo stanowczy i bezkompromisowy w zakresie bezpieczeństwa jądrowego. W 1968 roku firma Tohoku Electric Power powołała zespół projektowy w celu budowy elektrowni jądrowej Onagawa. W latach 1960 – 1975 inż. Hirai był wiceprezesem tej spółki, ale również członkiem zespołu. Nalegał, aby elektrownia została zaprojektowana tak, by wytrzymać uderzenie fali tsunami o wysokości 14,8 m. Chociaż wysokość zaproponowana przez Hirai była pięć razy większa niż wówczas ogólnie zakładana wysokość tsunami w tym miejscu, kierownictwo Tohoku Electric Power zgodziło się na jego propozycję. Inż. Hirai swoje stanowisko w zakresie tej liczby uargumentował, odwołując się do bardzo starych trzęsień ziemi, m.in. z roku 869 i z roku 1611.

Jego zaangażowanie w bezpieczeństwo na etapie projektowania nie skończyło się tylko na tym. M.in. opracował środek bezpieczeństwa dla wycofania się tsunami: kanał wlotowy i zbiornik zawierający wystarczającą ilość wody morskiej do chłodzenia reaktorów jądrowych przez 40 minut.

#### Jeden z byłych pracowników inż. Hirai powiedział:

„Hirai był człowiekiem ze ścisłym poczuciem odpowiedzialności. Był głęboko przekonany, że inżynier musi wziąć odpowiedzialność za cały łańcuch konsekwencji swoich decyzji i że samo przestrzeganie litery prawa lub przepisów nie dostarczy mu rozsądnej wymówki<sup>57</sup>”.

Mentalność i kultura bezpieczeństwa w firmie Tohoku EPCo przez cały okres eksploatacji elektrowni Onagawa były silnie inspirowane przez inż. Yanosuke Hirai, a później przez jego następców, dla których dziedzictwo Hirai było bardzo ważne. W zakładzie nie tylko spełniano wszystkie wymagania prawne, ale cały czas poddawano dyskusji aktualną sytuację i podejmowano dodatkowe, ponadnormatywne działania w zakresie bezpieczeństwa. Nieustannie testowano różne scenariusze. Po materializacji ryzyka efektyw-

MIASTO  
FUKUSHIMA  
po uderzeniu  
tsunami w 2011  
roku



na komunikacja kryzysowa na wszystkich szczeblach i zarządzanie kryzysowe działały wzorowo. To wszystko złożyło się na sukces elektrowni Onagawa w dniu tej strasznej próby.

”

Przedstawiciel najwyższego kierownictwa musi zadawać trudne pytania dotyczące gotowości systemu do zmaterializowania się różnych zagrożeń, w szczególności tych o małym prawdopodobieństwie, lecz katastrofalnych skutkach

#### **Cechy przywództwa w bezpieczeństwie: bycie ewidentnym pozytywnym przykładem**

Menagerowie czy inne osoby – autorytety łamiące zasady bezpieczeństwa, powodują poważny uszczerbek w kulturze bezpieczeństwa. Dlatego powinni oni w sposób często demonstracyjny i nawet lekko przesadzony przestrzegać wszelkich zasad. Wizyta na obiekcie przemysłowym, która powinna być natu-

ralną częścią codziennej pracy przedstawiciela wyższej kadry kierowniczej, może być przeprowadzona wyłącznie w pełnym wyposażeniu, w jakim pracują pracownicy na danym stanowisku. Jeśli rozpoczyna spotkanie w nowym miejscu lub z nowymi osobami, nawet niezwiązane z tematami bezpieczeństwa, wyraża troskę o specjalistów, z którymi pracuje. Upewnia się także, że zasady alarmowania o niebezpieczeństwach i zasady ewakuacji są wszystkim znane. Warto, aby manager rozpoczynał spotkania zarządcze od omówienia zagadnień bezpieczeństwa. Artefaktów wspierających kulturę bezpieczeństwa przez kierownictwa może być naprawdę wiele.

#### **Kwestionowanie**

Przedstawiciel najwyższego kierownictwa musi zadawać trudne pytania dotyczące gotowości systemu do zmaterializowania się różnych zagrożeń, w szczególności tych o małym prawdopodobieństwie, lecz katastroficznych skutkach. W punkcie 2.2.6 Raportu dotyczącym katastrofy Elektrowni Fukushima Daiichi, wydanym przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej, wspomniano: „Ze względu na podstawowe założenie, że elektrownie jądrowe w Japonii są bezpieczne, organizacje i ich personel nie mają tendencji do kwestionowania poziomu bezpieczeństwa. Wzmocnione podstawowe założenie wśród zainteresowanych stron dotyczące



solidności projektu technicznego elektrowni jądrowych spowodowało, że ulepszenia w zakresie bezpieczeństwa nie zostały szybko wprowadzone”.

Właśnie najwyższe kierownictwo powinno katalizować refleksję ekspertów, inżynierów czy innych specjalistów nad warstwami zabezpieczeń chroniących organizację przed zmaterializowaniem się poważnego zagrożenia.

### Relacje z zespołem bazujące na zaufaniu

Oznacza to, że przywódca musi tworzyć taki klimat zaufania w szeroko rozumianym zespole, że można się z nim podzielić dobrą i złą informacją. Nie może to powodować negatywnych konsekwencji dla zgłaszającego, tylko pozytywny komunikat zwrotny. Nawet jeżeli zgłaszane problemy mogą się wydawać błahę, nie wolno nam zniechęcać zgłaszających je. Rola managera to odpowiednie postępowanie ze zgłaszanymi problemami w zależności od skali, ale nigdy pracownik nie może otrzymać informacji zwrotnej, że zgłaszany problem nie jest istotny. Nawet jeśli tak jest, zlekceważenie może go zniechęcić do zareagowania przy bardzo poważnym problemie, np. pojawieniu się prekursora poważnej katastrofy. Wiedza o trudnościach to możliwość zareagowania zanim trudności przerodzą się w poważny problem.

### Wzmacnianie priorytetu bezpieczeństwa

W sposób niebudzący wątpliwości, zarządzający powinni wskazywać, że bezpieczeństwo jest dla organizacji absolutnym priorytetem. Jednocześnie managerowie obszarów technicznych czy ludzkich, mający styczność z przedstawicielami obszarów trochę oddalonych od zagrożeń procesowych czy zawodowych generowanych przez ruch przedsiębiorstwa, powinni wobec tych drugich nie ustawać w podkreślaniu znaczenia bezpieczeństwa. Jest to szczególnie istotne dla zagrożeń, których materializacja jest bardzo mało prawdopodobna, niemniej skutki mogłyby być katastroficzne. Może się pojawiać pokusa, by ograniczać wydatki na dodatkowe bariery czy doskonalenie istniejących. Bezpieczeństwo w sposób oczywisty nie może istnieć bez biznesu, którego dotyczy, ale urzeczywistnienie się niektórych zagrożeń może biznes wyeliminować. Na co dzień sprawy związane bezpośrednio z główną działalnością przedsiębiorstwa angażują nas bardziej i w sposób naturalny bezpieczeństwo schodzi na dalszy plan. Dlatego liderzy muszą wskazywać na priorytet bezpieczeństwa na równi z celami biznesowymi powstrzymując ten dryf. Najlepiej, w szczególności dla przedsiębiorstw mających potencjał spowodowania katastrofy, wskazywać jednoznacznie bezpieczeństwo jako najwyższy priorytet.

### Budowanie klimatu współpracy ponad organizacjami

To, że najlepsza jest nauka na cudzych błędach, jest truizmem. Realizacja tej zasady wymaga

koniunkcji co najmniej dwóch elementów: chęci dzielenia się swoimi doświadczeniami oraz woli przyjmowania i analizowania doświadczeń innych, jak i wdrażania często kosztownych rozwiązań zapobiegawczych, dotyczących materializacji zagrożeń, które naszego zakładu jeszcze nie dotknęły. Organizacje są różne i są testowane przez odmienne czynniki zewnętrzne i wewnętrzne. Z tego powodu pewne problemy mogą się zmaterializować, czy poważne ryzyko ich urzeczywistnienia może wystąpić, w różnych organizacjach w innym czasie. Otwartość na doświadczenia innych pozwala zbudować znacznie skuteczniejszy system antycypacji zagrożeń.

„Trzęsienie ziemi i tsunami z 11 marca 2011 r. były klęskami żywiołowymi o ogromnej skali, które wstrząsnęły całym światem. Wywołane przez ten kataklizm późniejsze wydarzenia w elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi nie można uznać za klęskę żywiołową. Była to katastrofa głęboko spowodowana przez człowieka, której można było i należało było przewidzieć i zapobiec”.

**Dr. Kiyoshi Kurokawa, przewodniczący niezależnej komisji badającej katastrofę elektrowni Fukushima Daiichi**

\*\*\*

Niestety większość ludzi woli słuchać o katastrofach i historiach porażek. Taką niewątpliwie była historia elektrowni Fukushima Daiichi. Oczywiście, musimy wyciągać z nich lekcję, ale chciałbym, abyśmy bardziej skupili się i docenili ludzi, którzy stworzyli organizację, która oparła się tej straszliwej próbie. Pokazuje to bowiem, że dobry system bezpieczeństwa procesów przemysłowych, zanurzony w organizacji o silnej kulturze bezpieczeństwa, utrzymywanej przez silne przywództwo w bezpieczeństwie, jest w stanie skutecznie zapobiegać krytycznym awariom, nawet przy katastroficznych okolicznościach przyrody.

### Przypisy

- 1 [https://www.jma.go.jp/jma/en/News/2011\\_Earthquake\\_01.html](https://www.jma.go.jp/jma/en/News/2011_Earthquake_01.html)
- 2 Michaela Ibrion, Nicola Paltrinieri, Amir R. Nejad “Learning from non-failure of Onagawa nuclear power station: an accident investigation over its life cycle”, Results in Engineering 8 (2020).
- 3 Podstawy zapewnienia bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. W: Andrzej Strupczewski: Awaryjne reaktory a bezpieczeństwo energetyki jądrowej. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1990, s. 17, 160. (pol.).
- 4 Kingston, Jeff (13 March 2016). „Onagawa is on the rebound from devastation”. The Japan Times. Retrieved 13 August 2016.
- 5 [https://en.wikipedia.org/wiki/Yanosuke\\_Hirai](https://en.wikipedia.org/wiki/Yanosuke_Hirai)
- 6 „Fukushima nuclear accident ‘man-made’, not natural disaster”. Bloomberg. The Sydney Morning Herald. 5 July 2012. Retrieved 9 July 2012. ■



**Andrzej Szczęśniak**  
niezależny ekspert rynku gazu i paliw

## Klimatyczna Chimeryka

Niedawno w San Francisco doszło do spotkania dwóch supermocarstw, najważniejszych graczy Wielkiej Globalnej Transformacji Energetycznej. Mogliśmy zobaczyć tam dwóch demiurgów tego fenomenu.

USA i Chiny omówiły strategię walki z klimatem i zobowiązały się do potrojenia potencjału odnawialnych źródeł energii do 2030 r. Żeby nie było złudzeń, porozumienie to nie zobowiązuje Chin do wyrzeczenia się węgla czy zakazu budowy nowych elektrowni węglowych (takie zobowiązania, które może sobie podejmować i realizować Polska). Pekin jasno mówi: taki cel jest „nierealistyczny”. Jakżeby bowiem Chiny miałyby produkować wszystkie te instalacje czystej energii, którymi zalewają świat?

Dlatego też nowe kopalnie są wciąż tam budowane, węgla wydobywa się coraz więcej i coraz więcej produkuje z niego energii. Ale oczywiście, wg oficjalnych deklaracji, przyświeca temu jasny cel – eliminacja paliw kopalnych. Oczywiście w ramach tej eliminacji Chiny w samym tylko ubiegłym roku rozpoczęły budowę 106 tysięcy megawatów mocy węglowych (4 razy więcej niż działa w Polsce). USA zaś stały się w ciągu kilku lat także największym światowym producentem ropy naftowej i gazu ziemnego.

To w rzeczywistości, a na papierze giganci zobowiązali się, że będą wspólnie walczyć już nie tylko z ditlenkiem węgla, ale także z pozostałymi gazami cieplarnianymi, jak metan, tlenek azotu czy wiele innych. Także z plastikami, tworzywami sztucznymi, gdyż wszystkie one ponoć grożą przyszłości naszej ukochanej planety. Walka z metanem ma ograniczyć wydobycie węgla, ropy i gazu. Jak widać – nie u potentatów, decydujących o strategii walki ze zmianami klimatu. Ograniczanie wydobycia paliw kopalnych będzie u nas, na razie bowiem tylko Europa z ochotą rzuca się głową w dół do tej klimatycznej studni, w której nie ma wody.

Co trzeba przyznać, to fakt, że wielcy rozwijają nowe źródła. Chiny są tu niekwestionowanym liderem – w ubiegłym roku zainwestowały w nie aż 546 miliardów dolarów (blisko PKB Polski), gdy USA – zaledwie 141 mld. W ciągu dekady Chiny zwiększyły ich moce 4-krotnie i przekroczyły 1000 megawatów mocy. Tu trzeba przypomnieć, że największym źródłem energii odnawialnej w tym kraju jest hydroenergetyka, wiatr i słońce po 300 tysięcy MW każde.

Tak więc porozumienie zawarły dwie globalne potęgi zielonych technologii, ale i jednocześnie dwaj największy „zatruwacze” planety, emitujący najwięcej CO<sub>2</sub>. Co prawda, tak pod względem wielkości emisji, jak i technologii Stany są dzisiaj daleko z tyłu. Chiny rocznie emitują 15,7 miliardów ton gazów cieplarnianych (nie tylko CO<sub>2</sub>), czyli prawie 30% światowych emisji. USA przy takim gigancie to „zaledwie” 5,9 miliarda ton, czyli 11%, EU daleko z tyłu (3,6 mld), a Polska z 0,4 mld ton nie liczy się wśród potentatów.

Ale historycznie wyglądało to dokładnie odwrotnie: Chiny (dzisiaj 1,4 miliarda ludności) od 1850 roku wyemitowały 284 miliardy ton CO<sub>2</sub>, gdy USA (dzisiaj 330 milionów) – 509 mld. Prawie dwa razy więcej. Podobnie jak przy wyliczeniu dzisiejszych emisji CO<sub>2</sub> na mieszkańca (USA – 17,6 a Chiny 10,1 ton/osobę). Ameryka powinna więc co najmniej mocno się rumienić, a najlepiej wypłacać biedniejszym odszkodowanie za zniszczenie naszej pięknej planety. Ale nie, to ona właśnie jest kreatorem globalnej polityki, która ma uniemożliwić innym popełnienie tego samego „błędu”. Ale ci biedniejsi aż tak w ciemną bici to nie są, za historyczne emisje od Zachodu żądają odszkodowania – i to aż 100 miliardów dolarów rocznie. A na dodatek prawa do zwiększania emisji, by móc się rozwijać.

COP 28 w Dubaju to rzeczywiście idealne miejsce na Światowy Szczyt Klimatyczny. Niewiarygodnie bogate emiry, które zarobiły kosmiczne pieniądze na eksporcie ropy, a dzisiaj stały się nową finansową Szwajcarią dla całego świata (nawet dla Rosji).

Chiny nie są w tym duecie równorzędnym partnerem dla Ameryki. Raczej co najwyżej „junior partnerem”. Ale cenią się wysoko i domagają coraz więcej. Dlatego prezydent Xi niedawno zapowiedział, że „Chiny nigdy nie będą rządzone przez innych” przy wprowadzaniu klimatycznych strategii. I doskonale wiedzą, co jest grane. Jeden z najważniejszych chińskich naukowców – inżynierów powiedział ostatnio: „Neutralność klimatyczna to nie jakieś tam podpisywanie i wypełnianie porozumień. To coś dużo ważniejszego – nowa runda globalnej konkurencji przemysłowej”.



WIĘCEJ FELIETONÓW  
Andrzeja Szczęśniaka  
na [www.kierunekCHEMIA.pl](http://www.kierunekCHEMIA.pl)

Czy istnieje wzór

**NA CHEMIĘ**



**PRZYSZŁOŚCI?**

**30-31**  
**STYCZNIA**

2024 r., PŁOCK

**XXX**

Symposium Naukowo-Techniczne

**CHEMIA 2024**



budujemy możliwości  
porozumienia

#sercechemiibijewplocku

ORGANIZATOR



budujemy możliwości  
porozumienia

HONOROWY GOSPODARZ



HONOROWY PATRONAT



NCBR

SPONSOR



PATRONAT MERYTORYCZNY



Lukasiewicz  
Instytut Nowych Syntez  
Chemicznych



Politechnika Warszawska  
Właściwości

POPIHN



Lukasiewicz  
Instytut Chemii Przemysłowej



Oddział Płock

PATRONAT MEDIALNY

CHEMIA

kierunki chemia.pl



*Wesołych Świąt!*



ecol.eu