



PALIWA RFNBO

Charakterystyka, korzyści,
wyzwania, perspektywy rozwoju



PARTNERZY KONFERENCJI

PARTNER STRATEGICZNY



PARTNER GŁÓWNY



PATRONAT HONOROWY



Zastrzeżenia

Opracowany materiał nie może stanowić podstawy do świadczenia jakichkolwiek usług doradztwa profesjonalnego, dlatego przed podjęciem jakichkolwiek decyzji, które mogą wpłynąć na sytuację finansową lub działalność gospodarczą, należy skontaktować się z wykwalifikowanym, profesjonalnym doradcą. Informacje ujęte w opracowaniu nie stanowią informacji rekomendującej lub sugerującej strategię inwestycyjną w rozumieniu Rozporządzenia PE i Rady 596/2014 z dnia 16 kwietnia 2014 r. w sprawie nadużyć na rynku oraz uchylającego dyrektywę 2003/6/WE Parlamentu Europejskiego i Rady i dyrektywy Komisji 2003/124/WE, 2003/125/WE i 2004/72/WE. Przedstawione perspektywy są wizją kilku z bardzo wielu możliwych stanów przyszłej rzeczywistości. Z tego względu perspektywy na przyszłość są prezentowane bez żadnej gwarancji (wprost lub dorozumianej) co do ich pewności i materializacji oraz przydatności komercyjnej lub inwestycyjnej.

Ilustracja na okładce: Freepik



PALIWA RFNBO

Charakterystyka, korzyści, wyzwania,
perspektywy rozwoju



Autorzy raportu:

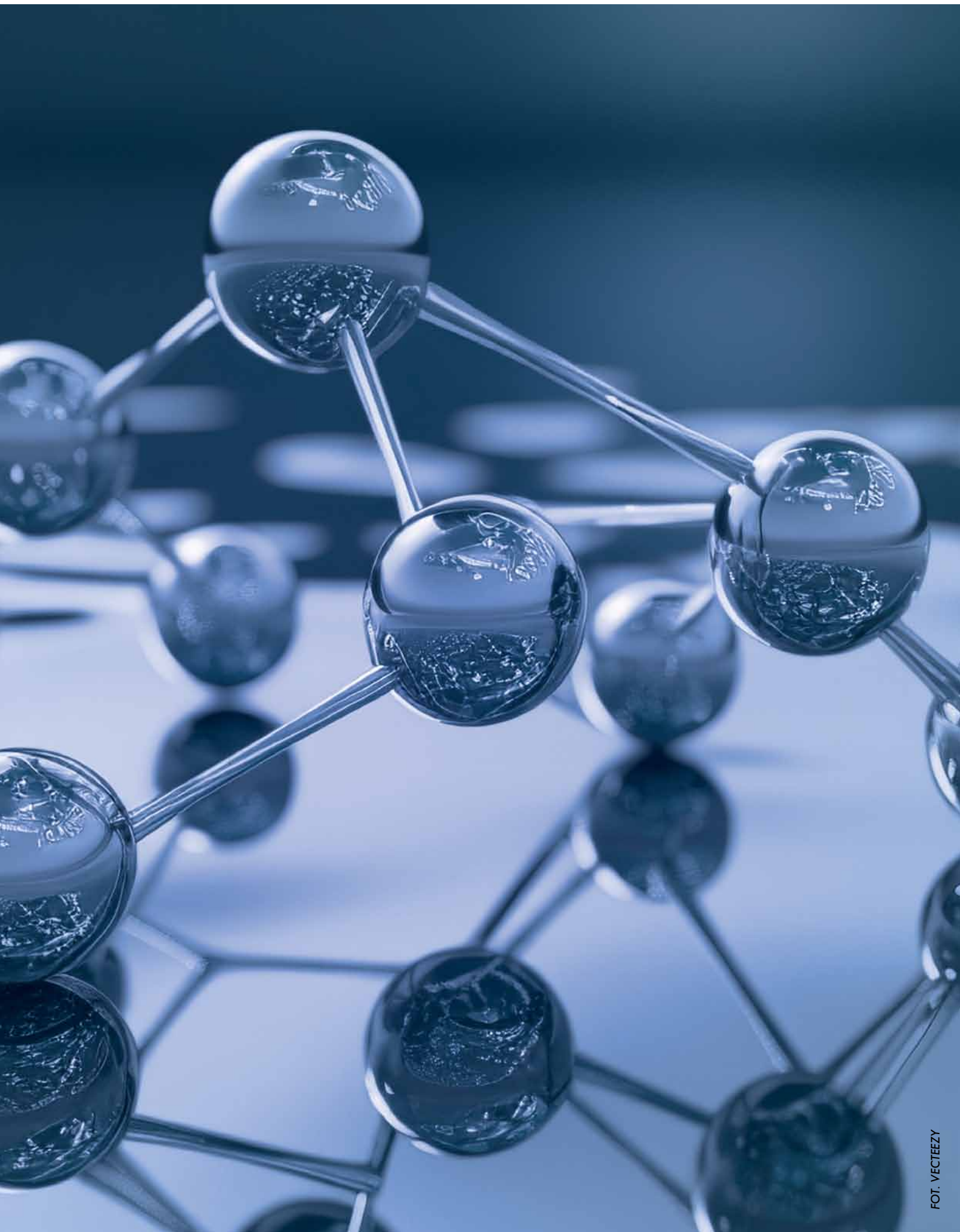
Szymon Wieczorek i Mateusz Brandt
Krajowy Instytut Doradztwa Energetycznego

Warszawa, listopad 2024

Spis treści

1. Podsumowanie zarządcze.....	s. 6
2. Charakterystyka paliw RFNBO.....	s. 10
2.1. Systematyka paliw RFNBO.....	s. 11
2.2. Porównanie paliw RFNBO względem odpowiedników konwencjonalnych.....	s. 14
2.3. Procesy pozyskania RFNBO.....	s. 16
3. Możliwości i obszary zastosowania paliw RFNBO.....	s. 18
3.1. Zastosowanie e-metanolu w transporcie.....	s. 20
4. Korzyści i wyzwania związane z rozwojem sektora paliw RFNBO.....	s. 22
4.1. Korzyści związane z rozwojem sektora paliw RFNBO.....	s. 23
4.2. Wyzwania związane z rozwojem sektora paliw RFNBO.....	s. 24
5. Paliwa RFNBO w polityce energetycznej UE oraz Polski.....	s. 28
5.1. Polityka unijna w zakresie RFNBO.....	s. 29
5.2. Paliwa RFNBO w polskiej polityce energetycznej.....	s. 30
6. Perspektywy rozwoju rynku paliw RFNBO.....	s. 34
6.1. Perspektywa rozwoju rynku paliw RFNBO w UE.....	s. 35
6.2. Perspektywa rozwoju rynku paliw RFNBO w Polsce.....	s. 36
7. Podsumowanie (analiza PEST).....	s. 40







1 Podsumowanie zarządcze

Paliwa RFNBO to paliwa ciekłe i gazowe, których wartość energetyczna pochodzi ze źródeł odnawialnych innych niż biomasa. Paliwa te – oparte o odnawialny wodór oraz wychwycony dwutlenek węgla lub azot – stanowią alternatywę dla paliw nieodnawialnych takich jak węglowodory kopalne (metan, ropa naftowa i jej pochodne), amoniak czy metanol uzyskiwane metodami konwencjonalnymi.

Dążąc do dekarbonizacji, neutralności emisyjnej oraz zwiększenia stopnia bezpieczeństwa energetycznego¹, Unia Europejska (UE) postrzega paliwa RFNBO (ang. renewable fuels of non-biological origin) jako jeden z istotnych elementów swojej polityki energetyczno-klimatycznej. Oprócz szeregu aktów kierunkowych (por. sekcję 5.1), wyrazem powyższego dążenia jest zwłaszcza tzw. Dyrektywa RED III² (ustanawiająca konkretne cele ilościowe do osiągnięcia w zakresie stosowania paliw RFNBO w określonych sektorach gospodarki) oraz szereg instrumentów i funduszy pozwalających finansować rozwój sektora paliw RFNBO.

Podstawową cechą i zaletą paliw RFNBO względem odpowiedników konwencjonalnych jest ich neutralność emisyjna (zerowa emisja netto, cyrkularność), co wynika z następujących właściwości:

- paliwa RFNBO są oparte o odnawialny/niskoemisyjny³ wodór uzyskany w procesie elektrolizy wody, zasilanym energią elektryczną z odnawialnych źródeł energii (OZE) takich jak lądowe elektrownie wiatrowe (LEW), morskie elektrownie wiatrowe (MEW), fotowoltaika (PV), czy energetyka wodna lub geotermalna, bądź źródeł niskoemisyjnych (elektrownie atomowe – por. sekcję 2.3 oraz tzw. rozporządzenia delegowane UE);
- o ile – podobnie jak spalanie odpowiedników konwencjonalnych – spalanie węglowodorów RFNBO czy metanolu RFNBO skutkuje emisją dwutlenku węgla (CO₂), o tyle produkcja tych paliw opiera się o wychwyt CO₂, co pozwala niejako „domknąć” bilans węgla. Jest to zasadnicza zaleta RFNBO względem paliw kopalnych, gdzie w przypadku spalania tych ostatnich zachodzi jedynie bezpowrotna emisja CO₂ do atmosfery.

Powyzsza cecha paliw RFNBO sprawia, że są one postrzegane w polityce energetyczno-klimatycznej UE jako droga do redukcji emisji CO₂ z sektorów trudnych do dekarbonizacji poprzez elektryfikację (lotnictwo, transport morski, transport drogowy, a zwłaszcza dalekobieżny transport towarowy, niektóre gałęzie przemysłu).

¹ Poprzez zmniejszenie zależności od importu nośników energii (zwłaszcza z Rosji) oraz zwiększenie wykorzystania lokalnych zasobów energetycznych, zwłaszcza energii Słońca i wiatru.

² Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652.

³ Na potrzeby niniejszego raportu wodór odnawialny, wodór niskoemisyjny oraz e-wodór stosowane są zamiennie.

Oprócz powyższego, paliwa RFNBO oferują również inne potencjalne korzyści, takie jak:

- Możliwość wykorzystania istniejącej struktury dystrybucyjno-magazynowej paliw konwencjonalnych oraz możliwość zastosowania RFNBO w istniejących silnikach spalinowych bez konieczności znaczących modyfikacji⁴, co przekłada się na niższy stopień eksploatacji tzw. minerałów krytycznych (kobalt, lit, magnez, nikiel) wykorzystywanych do produkcji samochodów elektrycznych;
- Brak konkurencji z produkcją żywności (w przeciwieństwie do paliw z biomasy);
- Stymulacja rozwoju inwestycji w OZE, sieci elektroenergetyczne oraz elektrolizę wodoru, a także wsparcie bilansowania systemu elektroenergetycznego z rosnącymi udziałami OZE;
- Stymulacja inwestycji, badań i innowacyjności, a przez to tworzenie nowych miejsc pracy i wzrostu gospodarczego.
- Wsparcie działań związanych z sector coupling, czyli integracją sektorów energii, transportu i przemysłu, co umożliwia efektywne wykorzystanie energii i redukcję emisji CO₂ w skali całej gospodarki; przykładowo, paliwa RFNBO mogą pozwolić na zagospodarowanie ciepła odpadowego lub wody odpadowej, a paliwa RFNBO produkowane z CO₂ pochodzenia biogenicznego (tj. z produkcji lub spalania biopaliw) mogą stanowić uzupełnienie cyklu biometanowni.

Pomimo powyższych potencjalnych korzyści, rozwój sektora RFNBO stoi przed szeregiem wyzwań natury technologicznej, ekonomicznej i środowiskowej, takich jak:

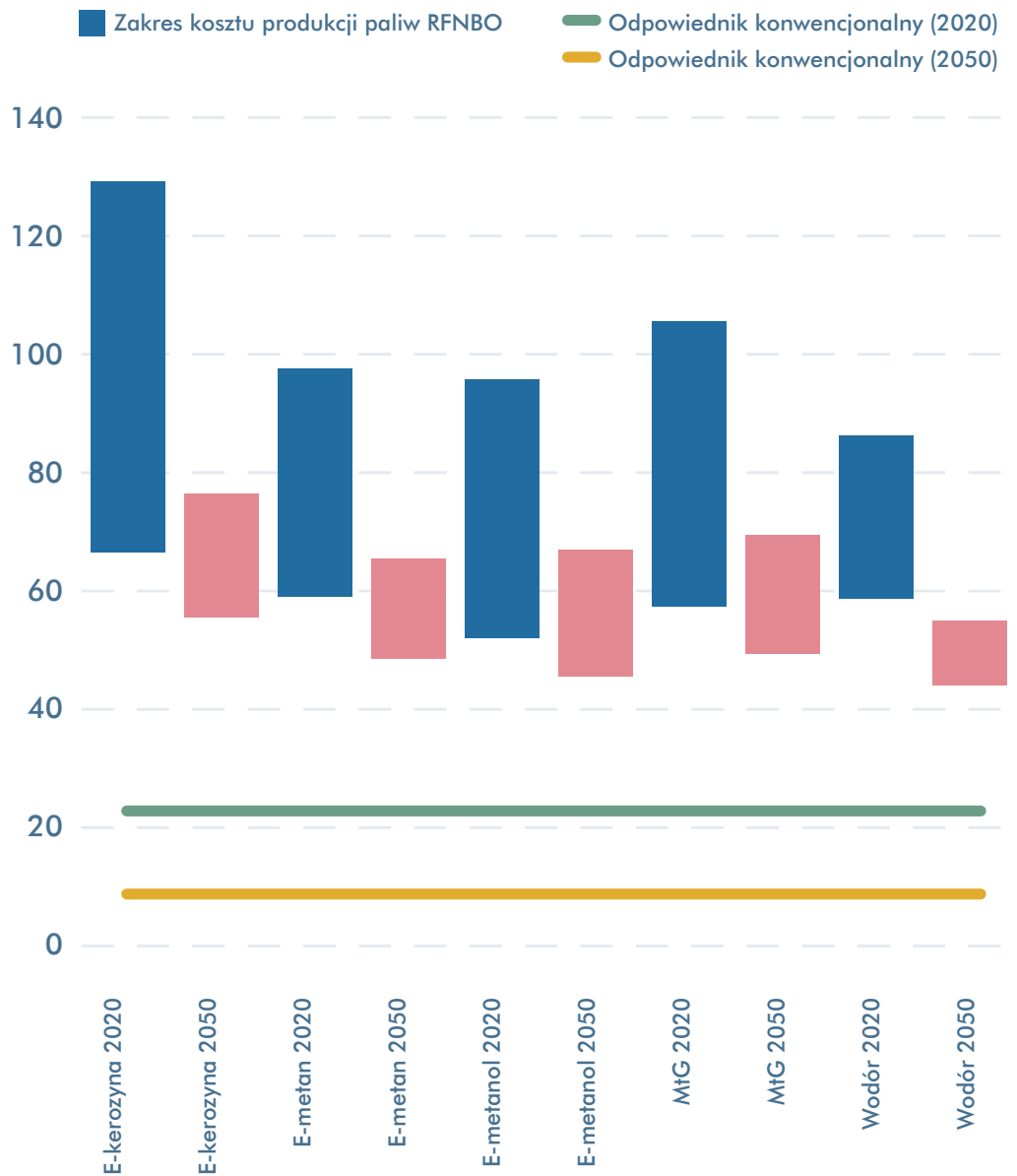
- niskie poziomy dojrzałości technologicznej (TRL, ang. technology readiness level), rynkowej (MRL, ang. market readiness level) oraz komercyjnej (CRL, ang. commercial readiness level) łącznego ciągu technologicznego⁵;
- obecne oraz prognozowane na 2050 rok koszty produkcji paliw RFNBO są wyższe niż odpowiedników konwencjonalnych (Rys. 1);
- konieczność budowy odpowiedniej infrastruktury (moce OZE, elektrolizery, moce do wychwytu CO₂, moce umożliwiające syntezę paliw) oraz związana z tym konieczność poniesienia wielomiliardowych nakładów inwestycyjnych:
 - w ujęciu średniorocznym w skali UE, szacowane nakłady inwestycyjne to 111,5 mld EUR/rok lub 234,6 mld EUR/rok (ponoszone corocznie do 2050 roku), w zależności od scenariusza
 - w ujęciu średniorocznym dla Polski, szacowane nakłady inwestycyjne to 4,5 mld EUR/rok lub 5,0 mld EUR/rok (ponoszone corocznie do 2030 roku), w zależności od scenariusza;
- zapotrzebowanie na teren pod inwestycje, które według szacunków dla całej UE może wynieść od 258.000 km² do 562.000 km² (porównania, powierzchnia Polski to ok. 323.000 km²)
- zapotrzebowanie na wodę⁶, które tylko dla potrzeb osiągnięcia 10% udziału paliw RFNBO w lotnictwie oraz transporcie morskim w horyzoncie 2030 roku to łącznie ok. 4,6 mln m³/dzień (dla porównania, średnie dzienne zużycie wody przez gospodarstwa domowe w Polsce to ok. 3,5 mln m³/d).

4 Wynika to z faktu, że paliwa RFNBO mają bardzo zbliżone właściwości fizykochemiczne do swoich odpowiedników konwencjonalnych (por. sekcję 2.2).

5 Mimo, iż pewne komponenty jak np. procesy syntezy paliw (Haber-Bosch, Fischer-Tropsch, synteza metanolu) czy elektroliza AEC są technologiami w pełni dojrzałymi.

6 W procesie elektrolizy możliwe jest także użycie wody morskiej, a proces odsalania nie powiększa znacząco nakładów inwestycyjnych głównego ciągu technologicznego.

Rys. 1 Koszty produkcji RFNBO oraz odpowiedników konwencjonalnych [EUR/GJ]



Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

Biorąc pod uwagę powyższe, sektor RFNBO należy ocenić jako sektor w początkowej fazie rozwoju (stymulowanego przez politykę energetyczno-klimatyczną UE a nie bodźce komercyjne), którego wzrost będzie zależny od rozwoju technologii, wzbudzenia popytu oraz dofinansowania ze środków publicznych.



2 Charakterystyka paliw

2.1. Systematyka paliw RFNBO

Zgodnie z tzw. Dyrektywą RED III, paliwa RFNBO to paliwa ciekłe i gazowe, których wartość energetyczna pochodzi ze źródeł odnawialnych innych niż biomasa. Paliwa te stanowią alternatywę dla paliw nieodnawialnych takich jak węglowodory kopalne (metan, ropa naftowa i jej pochodne), amoniak czy metanol uzyskiwane metodami konwencjonalnymi.

W świetle powyższego, z praktycznego punktu widzenia w zakres paliw RFNBO wpisuje się odnawialny wodór (H_2) oraz paliwa powstałe w procesach syntezy tego pierwiastka z azotem (N_2), dwutlenkiem węgla (CO_2) lub tlenkiem węgla (CO).

Oprócz odnawialnego wodoru, drugim kluczowym aspektem w przypadku paliw RFNBO jest ich neutralność w zakresie emisji CO_2 , co oznacza, że paliwa RFNBO powinny być produkowane z CO_2 wychwyconego z powietrza lub pochodzącego ze źródeł biogenicznych⁷ i nie przyczyniać się do zwiększania bilansu netto emisji CO_2 do atmosfery.

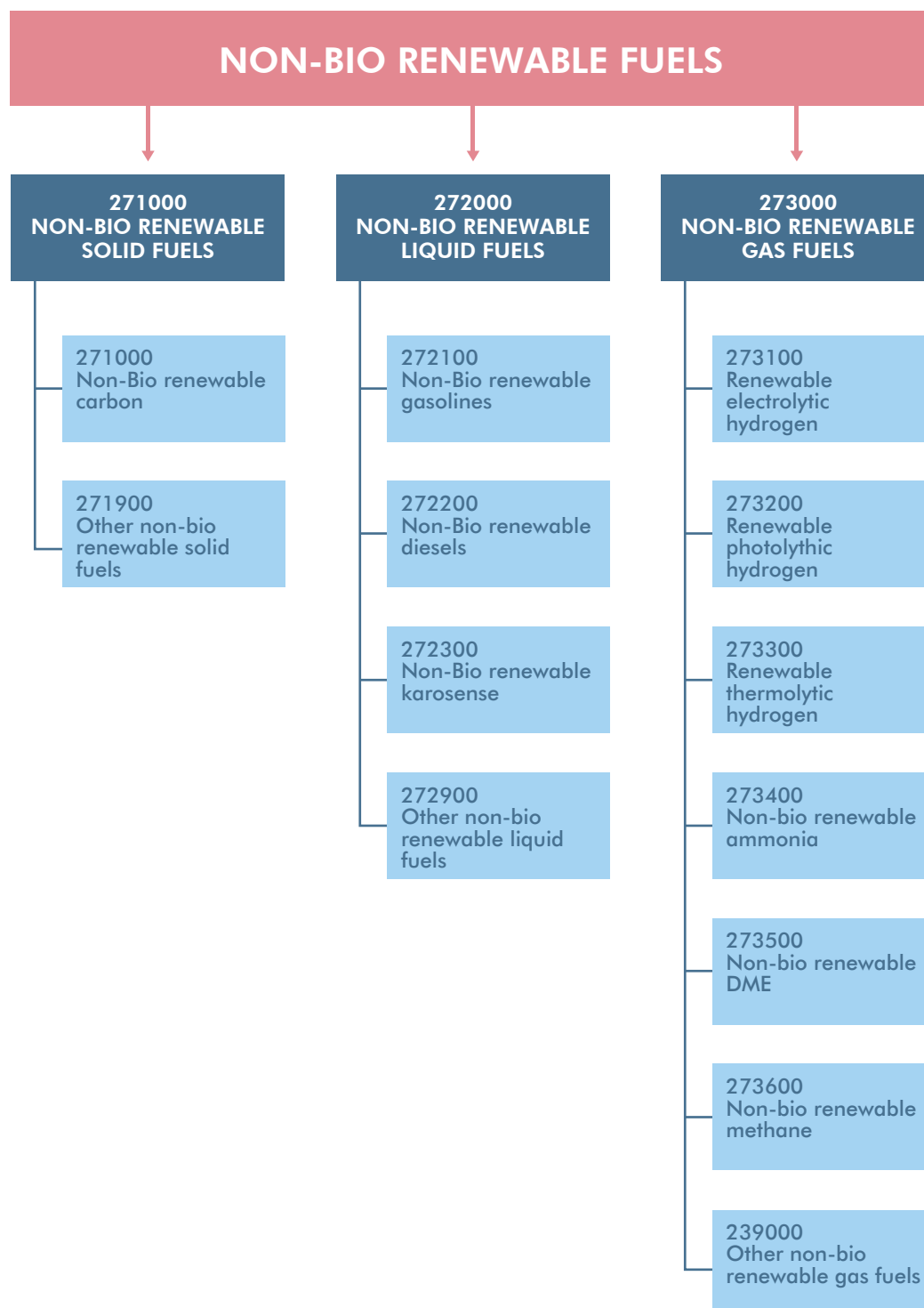
Odnawialny oraz oparte o niego paliwa RFNBO wpisują się w grupę 270 000 globalnej taksonomii stworzonej przez Międzynarodową Agencję Energii Odnawialnej (IRENA)⁸, jak przedstawiono na Rys. 2 oraz Rys. 3.

Z uwagi na fakt, iż prekursorem paliw RFNBO jest odnawialny wodór uzyskany w procesie elektrolizy z wykorzystaniem OZE, paliwa RFNBO znane są także jako elektropaliwa (e-paliwa) lub paliwa PtX (ang. power-to-X).

⁷ Źródła biogenicznego CO_2 to m.in. produkcja lub spalanie biopaliw lub oczyszczanie ścieków.

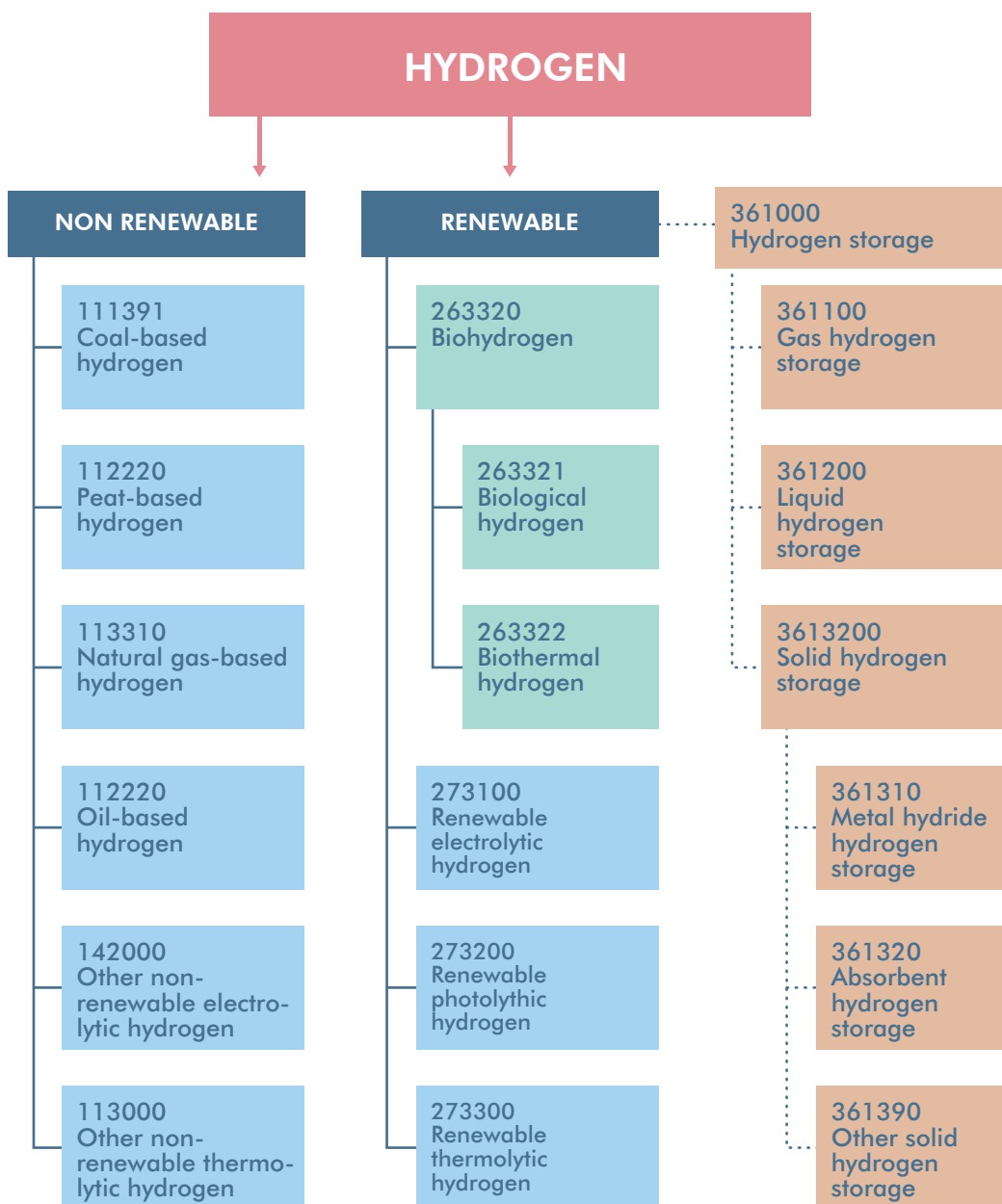
⁸ International Renewable Energy Agency, www.irena.org/Publications/2024/Mar/Energy-taxonomy-Classifications-for-the-energy-transition.

Rys. 2 Systematyka RFNBO w ramach taksonomii IRENA



Źródło: IRENA

Rys. 3 Wodór w ramach taksonomii IRENA



Oparte o odnawialny wodór paliwa RFNBO to przede wszystkim:

- odnawialny wodór sam w sobie (najprostsza forma RFNBO), IRENA 2731000
- odnawialny amoniak (e-amoniak), IRENA 2734000
- odnawialne węglowodory, takie jak:
 - odnawialny metan (e-metan), IRENA 2736000
 - odnawialna benzyna (e-benzyna), IRENA 2721000
 - odnawialny diesel (e-diesel), IRENA 2723000
 - odnawialna kerozyna (e-kerozyna), IRENA 2723000
- odnawialny alkohol metylowy (e-metanol), IRENA 2729000.

2.2. Porównanie paliw RFNBO względem odpowiedników konwencjonalnych

Z fizykochemicznego punktu widzenia, zawartość pierwiastków energetycznych (tj. wodoru i węgla) oraz stany skupienia paliw RFNBO są takie same jak ich odpowiedników konwencjonalnych. Powyższe podobieństwo paliw RFNBO przekłada się na:

- zbliżoną gęstość energii;
- możliwość zastosowania paliw RFNBO w silnikach spalinowych wykorzystujących paliwa konwencjonalne (z zastrzeżeniem odnośnie smarności – por. niżej);
- możliwość wykorzystania istniejącej infrastruktury dystrybucyjno-magazynowej, rozwiniętej historycznie dla paliw konwencjonalnych;
- zbliżoną emisyjność CO₂ w procesie spalania (która jednak w całym cyklu życia paliw RFNBO jest kompensowana pochłanianiem ekwiwalentnej ilości CO₂ na potrzeby procesu produkcji RFNBO – por. niżej).

Porównanie podstawowych cech fizykochemicznych paliw RFNBO i odpowiedników konwencjonalnych przedstawia **Tab. 1**.

Tab. 1 Porównanie podstawowych cech fizykochemicznych paliw RFNBO i odpowiedników konwencjonalnych

CECHA	J.M.	BENZYZNA KONW.	E-BENZYZNA (FT)	E-BENZYZNA (MTG)	DIESEL KONW.	E-DIESEL (FT)	METANOL KONW.	E-METANOL
Gęstość materii	kg/m ³	715-780	720-755	720-755	815-855	765-845	792,0	792,0
Gęstość energii	MJ/litr	31,2-32,2	30,0-33,0	30,0-33,0	35,3-36,0	33,1-34,3	15,8-15,9	15,4-15,6
Liczba oktanowa	-	90-95	do 85	do 85	-	-	110-114	110-112
Liczba cefanowa	-	-	-	-	45-53	70-81	3	5

Źródło: Dell'Aversano i in., *E-Fuels: A Comprehensive Review of the Most Promising Technological Alternatives towards an Energy Transition*

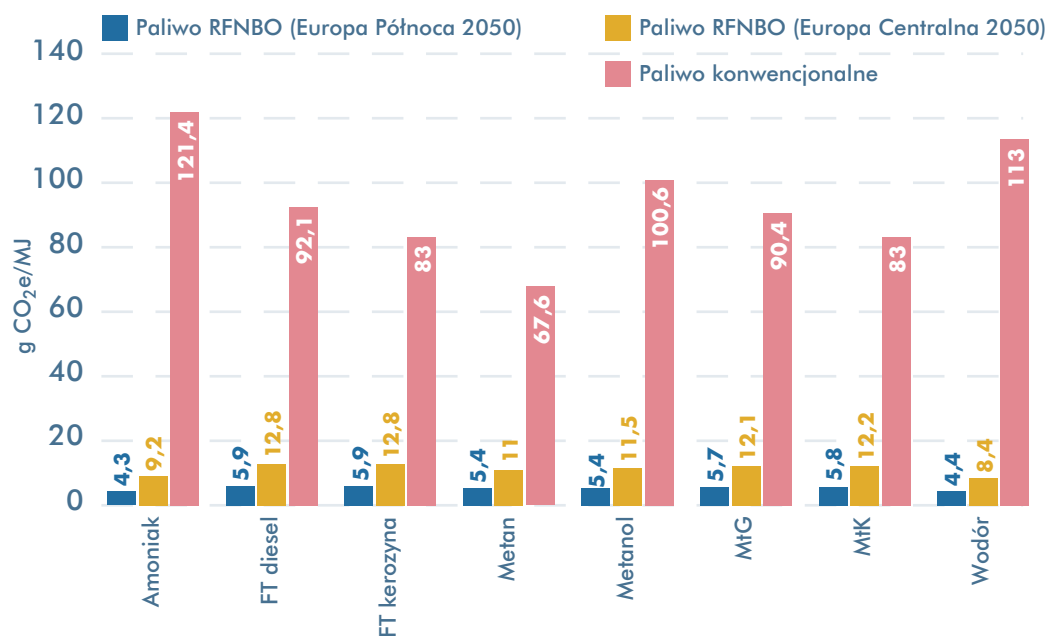
⁹ W odróżnieniu od stosowanego obecnie wodoru „szarego” produkowanego z gazu ziemnego w procesach SMR/ATR, cechujących się wysoką emisyjnością CO₂. SMR (ang. steam methane reforming) to reforming parowy metanu (reforming mokry). ATR (ang. autothermal reforming), czyli reforming autotermiczny to odmiana reformingu parowego. Jest on prowadzony w warunkach podobnych (temperatura, ciśnienie, katalizator) do procesu SMR, natomiast różnica tkwi w konstrukcji reaktora oraz sposobie wytwarzania ciepła do podtrzymania reakcji konwersji. Ogrzaną mieszaninę pary wodnej, gazu ziemnego oraz tlenu wprowadza się do konwertora, gdzie w górnej jego części zachodzi egzotermiczny proces częściowego spalania (utleniania) metanu w specjalnie skonstruowanym palniku. Istnieje także reforming suchy (DMR, ang. dry methane reforming) opisany reakcją CH₄ → ciepło C + 2H₂, ΔH 75 kJ/mol lecz jest on rzadko stosowany.

Cechy różniące paliwa RFNBO od paliw konwencjonalnych są następujące:

- w kontekście dekarbonizacji i gospodarki o obiegu zamkniętym – neutralność emisyjna, zerowa emisja netto, cyrkularność:
 - paliwa RFNBO oparte są o odnawialny wodór uzyskany w procesie elektrolizy wody, zasilanym energią elektryczną z OZE⁹;
 - o ile – podobnie jak spalanie odpowiedników konwencjonalnych – spalanie węglowodorów RFNBO czy metanolu RFNBO skutkuje emisją CO₂, o tyle produkcja tych paliw opiera się o wychwyt CO₂, co pozwala niejako „domknąć” bilans węgla. Jest to zasadnicza zaleta RFNBO względem paliw kopalnych, gdzie w przypadku spalania tych ostatnich zachodzi jedynie bezpowrotna emisja CO₂ do atmosfery;
- w kontekście składu chemicznego, paliwa RFNBO (np. e-diesel, e-kerozyna) są „czystsze” i cechują się np. niższą zawartością siarki, węglowodorów aromatycznych czy cząstek stałych (PM) niż paliwa konwencjonalne. Z jednej strony oznacza to niższą emisyjność szeregu zanieczyszczeń ze spalania RFNBO, ale również przekłada się na niższą smarność¹⁰, tj. zdolność paliwa do zapobiegania lub minimalizacji zużycia elementów silnika.

Emisyjność paliw RFNBO na tle odpowiedników konwencjonalnych w ujęciu całkowitego cyklu życia (cradle-to-grave) przedstawia Rys. 4. Jak wynika z przytoczonych danych, emisyjność paliwa RFNBO jest o ok. 84%-96% niższa niż odpowiedników konwencjonalnych.

Rys. 4 Emisyjność paliw RFNBO na tle odpowiedników konwencjonalnych w ujęciu całkowitego cyklu życia (cradle-to-grave) dla Europy Północnej oraz Europy Środkowej w 2050 roku



Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

¹⁰ Smarność jest pochodną zawartości siarki i węglowodorów aromatycznych. Por. np. dla smarności kerozyny i e-kerozyny: Enhancing the lubricity of gas-to-liquid (GTL) paraffinic kerosene: impact of the additives on the physicochemical properties | BMC Chemical Engineering | Full Text (biomedcentral.com) lub WPŁYW SYNTETYCZNYCH WĘGLOWODORÓW PARAFINOWYCH NA WŁASNOŚCI SMARNE PALIW DO (tribologia.eu).

2.3. Procesy pozyskania RFNBO

Paliwa RFNBO opierają się o odnawialny wodór uzyskiwany w procesie elektrolizy wody, zasilanym energią elektryczną z następujących źródeł:

- niebiomasowe OZE podłączone bezpośrednio do instalacji elektrolizera
- sieci elektroenergetycznej, pod warunkiem, że elektrolizer posiada kontrakt PPA¹¹ z niesubsydiowanym źródłem OZE lub przyczynia się do obniżenia wolumenów redukcji generacji OZE (tzw. curtailment)
- niskoemisyjnej sieci elektroenergetycznej, tj. sieci, w której > 90% energii elektrycznej pochodzi z OZE lub sieci, której emisyjność nie przekracza 18 g CO₂e/MJ (możliwość ta została zapisana w Dyrektywie RED III, aby wodór produkowany z sieci z udziałem elektroenergetyki jądrowej, która w UE nie jest uznawana za źródło OZE, mógł być uznany za wodór RFNBO).

Elektroliza wody oparta o energię elektryczną z OZE może przebiegać w następujących typach elektrolizerów:

- alkaliczne (AEL, ang. alkaline electrolysis)
- z membranami do wymiany protonów (PEM, ang. proton exchange membrane)
- stałotłenkowe wysokotemperaturowe (SOEC, ang. solid-oxide electrolysis)
- z membraną anionowymienną (AEM, ang. anion exchange membrane).

Wychwyt CO₂ może przebiegać w technologiach CCU (ang. carbon capture and utilisation, wychwyt CO₂ w trakcie procesów przemysłowych i wykorzystanie do innych procesów przemysłowych) lub DAC (ang. direct air capture, wychwyt i wykorzystanie CO₂ z powietrza).

W celu uzyskania innych paliw RFNBO, po procesie elektrolizy i wychwytu CO₂ stosuje się następujące procesy umożliwiające syntezę odnawialnego wodoru z azotem, dwutlenkiem węgla lub tlenkiem węgla:

- synteza Habera-Boscha (HB), skutkująca powstaniem amoniaku z wodoru i azotu;
- synteza Sabatiera (proces metanizacji katalitycznej), skutkująca powstaniem metanu (CH₄) z wodoru i dwutlenku węgla;
- synteza Fischera-Tropscha (FT), będąca szeregiem reakcji skutkujących powstaniem metanu oraz węglowodorów o dłuższym łańcuchu z wodoru i dwutlenku węgla (poddanego uprzednio redukcji do tlenku węgla);
- synteza metanolu z wodoru oraz dwutlenku węgla (poddanego uprzednio redukcji do tlenku węgla).

Reakcje HB, Sabatiera, FT oraz syntezy metanolu scharakteryzowano w [Tab. 2](#).

¹¹ Umowa PPA (ang. power purchase agreement) to długoterminowa umowa dostawy energii elektrycznej.

Tab. 2 Reakcje pozwalające na syntezę RFNBO

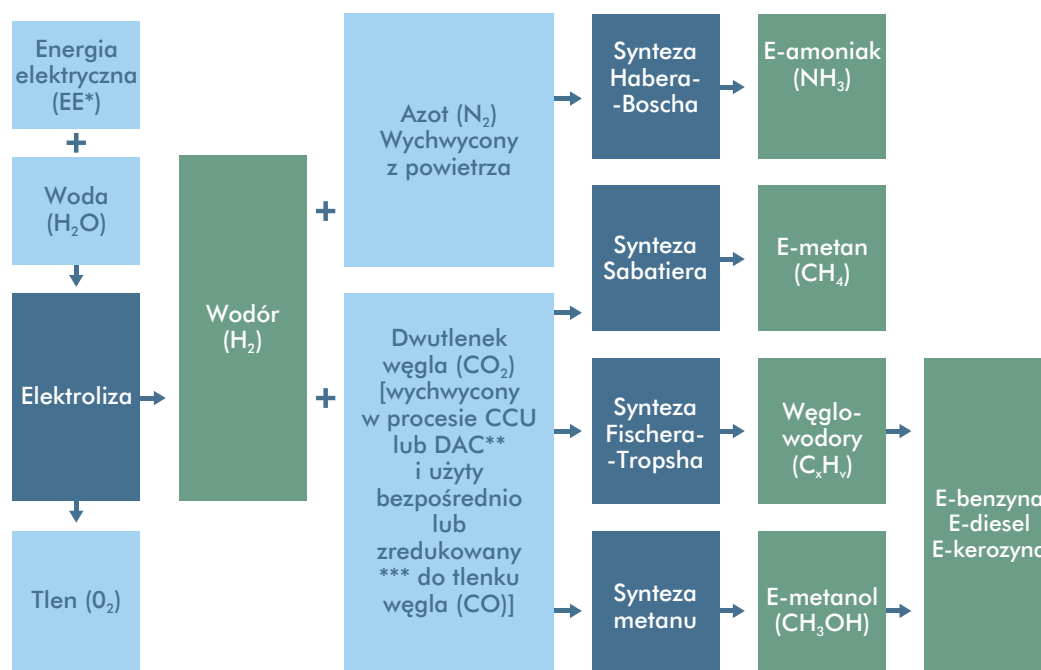
REAKCJA	TEMP.	CIŚNIENIE	KATALIZATOR*	RÓWNANIE
HB	400-500°C	100-400 bar	Żelazo	$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 + \text{ciepło}$ $\Delta H = -92 \text{ kJ/mol}$
Metanizacja (reakcja Sabatiera)	300-400°C	20-30 bar	Nikiel, ruten	$CO_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2O + \text{ciepło}$ $\Delta H = -165 \text{ kJ/mol}$
FT	150-300°C	20-45 bar	Żelazo, kobalt, nikiel, ruten	$nCO + (2n+1)H_2 \rightarrow C_nH_{(2n+2)} + nH_2O$ lub $nCO_2 + (3n+1)H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2} + 2nH_2O$ $\Delta H = -160 \text{ kJ/mol}$
Synteza metanolu	230-270°C	50-150 bar	Aluminium, cynk, miedź	$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH, \Delta H = -91 \text{ kJ/mol}$ lub $CO_2 + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O, \Delta H = -50 \text{ kJ/mol}$

*W przypadku procesu FT, nikiel jest promotorem formacji metanu (najprostszy węglowodor), co jest zjawiskiem niepożądanym z punktu widzenia formacji wyższych węglowodorów. Wysoki koszt rutenu skutkuje pogorszeniem rentowności procesu. Z tego powodu, dla procesu FT najbardziej korzystne jest stosowanie katalizatorów żelazowych lub niklowych.

Źródło: opracowanie własne

Schemat procesów pozyskania RFNBO przedstawiono na Rys. 5.

Rys. 5 Procesy pozyskania RFNBO



*Spełniająca określone warunki do uznania za odnawialną (tzw. unijne rozporządzenia delegowane)

**CCU (ang. carbon capture and utilisation), DAC (ang. direct air capture)

***Ko-elektroliza lub odwrócona konwersja tlenku węgla z parą wodną (RWGS, ang. reverse water-gas shift)

Źródło: opracowanie własne



3

Możliwości i obszary zastosowania paliw RFNBO

Jak wskazano w sekcji 2.1, właściwości fizykochemiczne paliw RFNBO sprawiają, że mogą być one stosowane analogicznie jak ich odpowiedniki konwencjonalne, bez konieczności znaczącej przebudowy silników czy infrastruktury dystrybucyjno-magazynowej, a jednocześnie z korzyścią dla środowiska z punktu widzenia redukcji emisji zanieczyszczeń oraz zmniejszenia stopnia wydobycia paliw kopalnych.

Patrząc przez pryzmat kwestii środowiskowych, paliwa RFNBO mogą przyczynić się do spowolnienia emisji CO₂ z trudnych do zdekarbonizowania sektorów takich jak:

- produkcja nawozów (e-amoniak);
- lotnictwo (e-kerozyna);
- transport morski (e-amoniak, e-diesel, e-metanol);
- transport drogowy (e-diesel, e-benzyna), w tym zwłaszcza dalekobieżny transport towarowy.

W dłuższej perspektywie, paliwa RFNBO mogą pozwolić na zmniejszenie emisji z tych sektorów oraz przybliżenie ich do osiągnięcia neutralności emisyjnej (zerowa emisja netto) poprzez zbilansowanie emisji CO₂ oraz jego pochłaniania. Dodatkowo, zastosowanie RFNBO w transporcie samochodowym może stanowić alternatywę dla wykorzystania samochodów elektrycznych.

Poza powyższymi, paliwa RFNBO mogą także znaleźć zastosowanie w następujących obszarach:

- elektroenergetyka, gdzie:
 - e-metan może być stosowany w turbinach gazowych do produkcji energii elektrycznej;
 - nadmiarowa energia elektryczna z pogodozależnych OZE może być magazynowana pod postacią e-wodoru (wodoru produkowanego w procesie elektrolizy wody);
- przemysł chemiczny, w którym RFNBO mogą służyć jako surowce do produkcji tworzyw sztucznych czy rozpuszczalników;
- ciepłownictwo i ogrzewnictwo, w którym e-metan może być stosowany w systemach grzewczych.

3.1. Zastosowanie e-metanolu w transporcie

Spośród omawianych dotychczas paliw, paliwem szczególnie zyskującym na uwadze w ostatnich latach jest metanol (najprostszy alkohol, pochodna metanu) oraz jego syntetyczna odmiana, e-metanol.

Zaletami metanolu w porównaniu do metanu są m.in.:

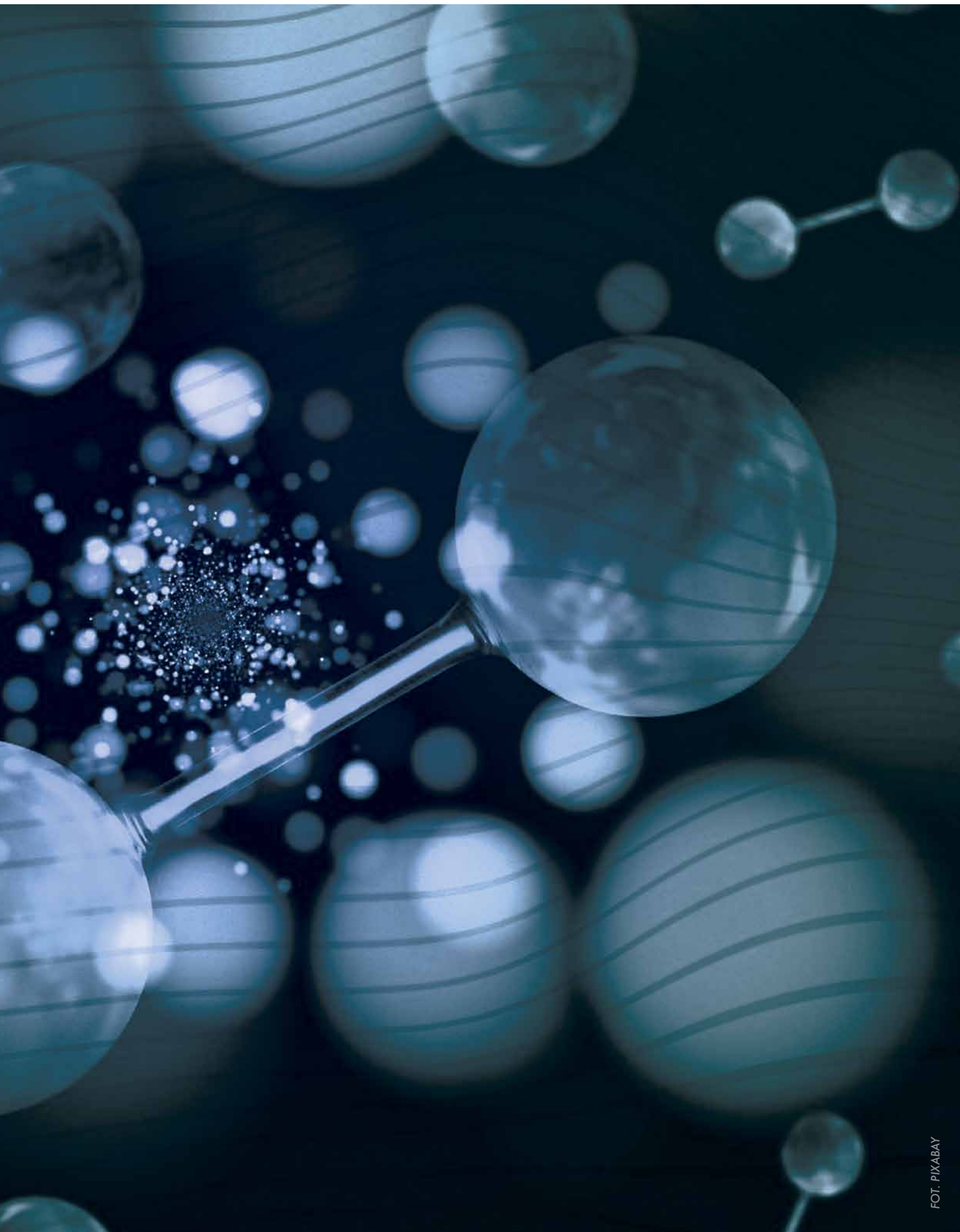
- stan ciekły w warunkach normalnych (temperatura pokojowa, ciśnienie atmosferyczne) oraz wyższa gęstość energetyczna na jednostkę objętości (20 MJ/l) niż metan (3,5 MJ/l), co ułatwia jego transport i magazynowanie, obniżając przy tym koszt tych procesów;
- możliwość zastosowania jako paliwo o mniejszej wybuchowości, co ma znaczenie z punktu widzenia sytuacji awaryjnych związanych z wyciekami;
- szersze niż metan spektrum zastosowań przemysłowych – jako surowiec w produkcji chemikaliów (formaldehyd, kwas octowy) oraz e-benzyny, e-diesla i
- e-kerozyny, a także jako uniwersalny rozpuszczalnik,
- brak właściwości cieplarnianych w warunkach normalnych, podczas gdy potencjał cieplarniany metanu jest 28 razy wyższy niż w przypadku CO₂.

Oprócz powyższego, w odróżnieniu od paliw konwencjonalnych (benzyna, diesel) metanol nie zawiera siarki oraz cząstek stałych, a jego spalanie nie prowadzi do emisji innych produktów niż woda oraz CO₂, przy czym w przypadku e-metanolu CO₂ podlega wychwytowi i ponownemu wykorzystaniu. Z kolei w porównaniu do amoniaku, spalanie metanolu nie prowadzi do emisji tlenków azotu (NO_x).

Powyższe cechy, w porównaniu do metanu, benzyny, diesla oraz amoniaku pozycjonują metanol jako obiecujące paliwo do zastosowania w transporcie morskim, lotniczym lub drogowym.

Główną wadą metanolu jest wysoka toksyczność, stanowiąca zagrożenie dla człowieka w przypadku spożycia.







4 Korzyści i wyzwania związane z rozwojem sektora paliw RFNBO



4.1. Korzyści związane z rozwojem sektora paliw RFNBO

Przedstawiona w poprzednich sekcjach charakterystyka paliw RFNBO pozwala na identyfikację następujących potencjalnych korzyści związanych z ich użytkowaniem:

- Możliwość „recyklingu” CO₂ (zamknięcie cyklu CO₂) poprzez wykorzystanie go do produkcji paliw RFNBO;
- Wsparcie dekarbonizacji (a docelowo perspektywa osiągnięcia neutralności emisyjnej) następujących sektorów gospodarki:
 - lotnictwa,
 - transportu morskiego,
 - transportu drogowego (zwłaszcza dalekobieżnego transportu towarowego),
 - a także wielu gałęzi przemysłu (np. produkcja nawozów) oraz elektroenergetyki, ciepłownictwa i ogrzewnictwa;
- Poprawa bezpieczeństwa energetycznego krajów UE i zmniejszenie stopnia zależności Wspólnoty od importu paliw z Rosji lub innych rejonów świata (paliwa RFNBO mogą być produkowane w oparciu o lokalne zasoby OZE oraz CO₂);
- Możliwość wykorzystania istniejącej struktury dystrybucyjno-magazynowej paliw konwencjonalnych, co oznacza znikome nakłady inwestycyjne w tym obszarze;
- Możliwość zastosowania RFNBO w istniejących silnikach spalinowych bez konieczności znaczących modyfikacji, co przekłada się na niższy stopień eksploatacji tzw. minerałów krytycznych (kobalt, lit, magnez, nikiel) wykorzystywanych do produkcji samochodów elektrycznych;
- Brak konkurencji z produkcją żywności (w przeciwieństwie do paliw uzyskiwanych z biomasy);
- Produkcja paliw RFNBO skutkuje wytworzeniem wartościowych produktów „ubocznych” takich jak tlen (O₂) oraz ciepło, które są szeroko wykorzystywane w przemyśle i mogą stanowić dodatkowy strumień przychodów;
- Rozwój sektora RFNBO będzie stymulował rozwój inwestycji w OZE, sieci elektroenergetyczne oraz elektrolizę wodoru. Produkcja RFNBO pozwoli jednocześnie wspierać bilansowanie systemu elektroenergetycznego z rosnącymi udziałami OZE poprzez:
 - możliwość wykorzystania nadwyżek energii elektrycznej z pogodozależnych OZE do produkcji RFNBO;
 - dostawę zrównoważonych paliw gazowych (e-metan, e-metanol, e-amoniak), wspierając tym samym rozwój energetyki gazowej bilansującej OZE w okresach Dunkelflaute¹²;
- Oprócz stymulacji inwestycji w elektroenergetykę, rozwój sektora RFNBO będzie wymagał wielomiliardowych inwestycji w infrastrukturę umożliwiającą wychwyt CO₂ oraz syntezę paliw. O ile jest to z jednej strony potencjalna korzyść (nakłady inwestycyjne przełożą się na stymulację badań i innowacyjności, a przez to tworzenie nowych miejsc pracy i stymulacja wzrostu gospodarczego), jest to z drugiej strony jedno z kluczowych wyzwań rozwoju sektora paliw RFNBO (por. szerzej w sekcji 4.2).

¹² Dunkelflaute (niem.) oznacza wielogodzinne lub wielodniowe okresy „suszy” OZE, tj. okresy o niskiej lub zerowej wietrzności i nasłonecznieniu. Okresy Dunkelflaute są jednym z najważniejszych wyzwań związanych z bilansowaniem systemu elektroenergetycznego opartego o wysokie udziały pogodozależnych OZE.

4.2. Wyzwania związane z rozwojem sektora paliw RFNBO

Pomimo szeregu potencjalnych zalet zidentyfikowanych w sekcji 4.1, rozwój sektora paliw RFNBO zależy od sprostania wyzwaniom natury technologiczno-ekonomicznej, a także natury środowiskowej.

Podstawowym wyzwaniem obecnego stadium rozwoju sektora paliw RFNBO jest uzyskanie odpowiedniego poziomu dojrzałości technologicznej (TRL, ang. technology readiness level)¹³, rynkowej (MRL, ang. market readiness level)¹⁴ oraz komercyjnej (CRL, ang. commercial readiness level)¹⁵ w przypadku łącznego, zintegrowanego ciągu technologicznego, tj. od pozyskania energii elektrycznej przez proces elektrolizy i wychwytu CO₂ aż do procesów syntezy paliw (HB, FT, Sabatiera, synteza metanolu).

Dla większości paliw RFNBO, wskaźniki TRL, MRL oraz CRL kształtują się obecnie na niskich poziomach, jak przedstawiono w Tab. 3.

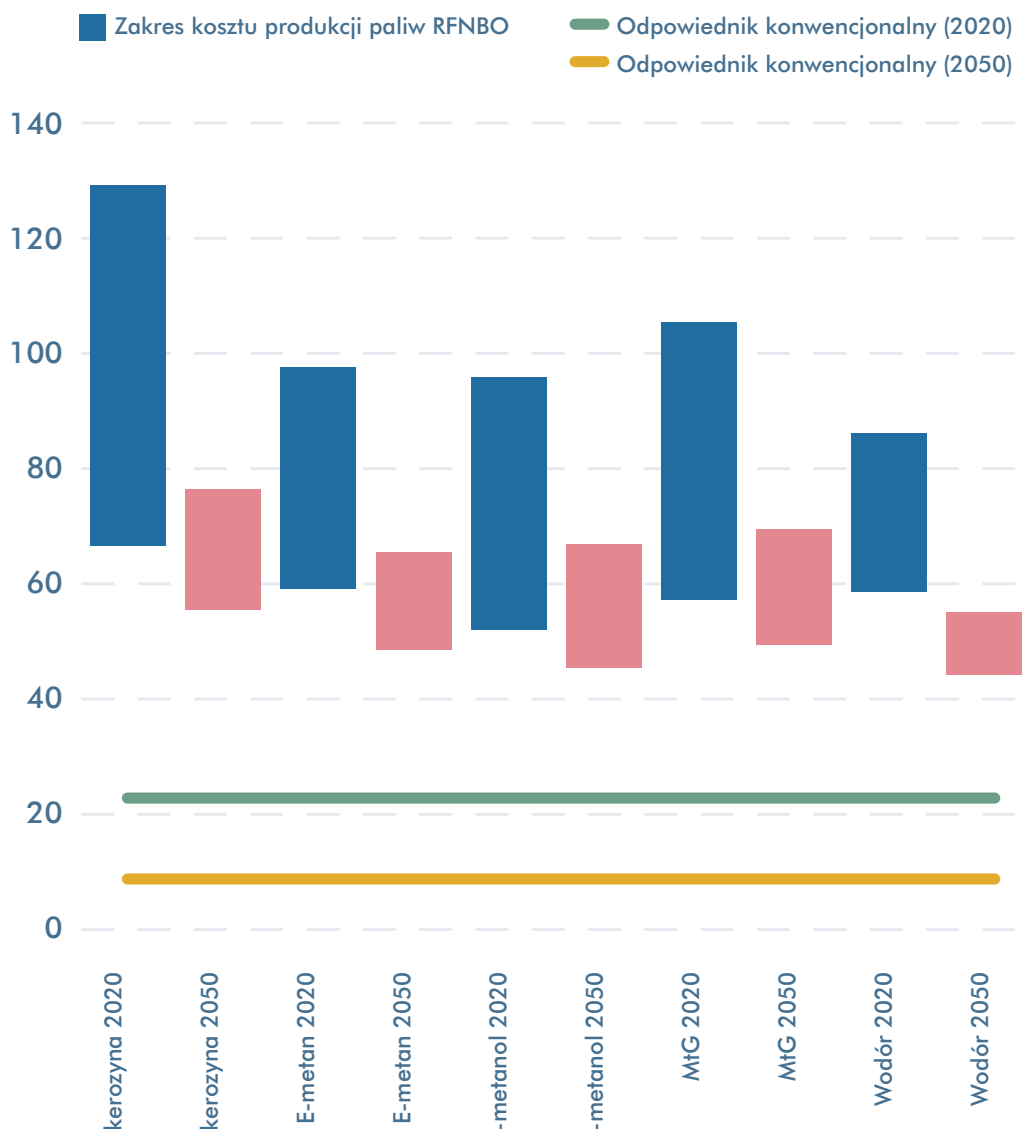
Tab. 3 Poziomy TRL, MRL oraz CRL dla paliw RFNBO

KROK PROCESU	TECHNOLOGIA	TRL (1-9)	MRL (1-6)	CRL (1-6)
E-wodór	AEL	9	6	3
	PEM	5-7	2-4	1
	SOEC	3-5	1-2	-
Wychwyt CO ₂	CCU po spalaniu	9	6	3
	CCU przed spalaniem	7	4	1
	DAC	4-6	1-3	-
E-metan	Metanizacja katalityczna z elektrolizą niskotemperaturową	6-9	5	2
	Metanizacja katalityczna z elektrolizą wysokotemperaturową	6	3	1
E-metanol	Synteza metanolu z elektrolizą niskotemperaturową	6-9	5	2
	Synteza metanolu z elektrolizą wysokotemperaturową	6	3	1
E-benzyna, e-diesel, e-kerozyna	FT z elektrolizą niskotemperaturową	6	3	1
	FT z elektrolizą wysokotemperaturową	6	3	1
	Synteza na bazie metanolu z elektrolizą niskotemperaturową	6-9	5	2
	Synteza na bazie metanolu z elektrolizą wysokotemperaturową	6	3	1

Źródło: opracowanie własne na podstawie Dell'Aversano i in., *E-Fuels: A Comprehensive Review of the Most Promising Technological Alternatives towards an Energy Transition*

Oprócz niskich poziomów dojrzałości technologicznej, rynkowej oraz komercyjnej paliw RFNBO, kolejnym oraz niejako powiązaniem wyzwaniem są obecnie wysokie koszty produkcji tych paliw w porównaniu z odpowiednikami konwencjonalnymi. Co więcej, o ile aktualne prognozy rozwoju kosztów produkcji RFNBO wskazują na ich spadek w horyzoncie 2050 roku, o tyle poziomy prognozowane na 2050 rok nadal pozostają znacznie powyżej kosztów produkcji odpowiedników konwencjonalnych (Rys. 6).

Rys. 1 Koszty produkcji RFNBO oraz odpowiedników konwencjonalnych [EUR/GJ]



Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

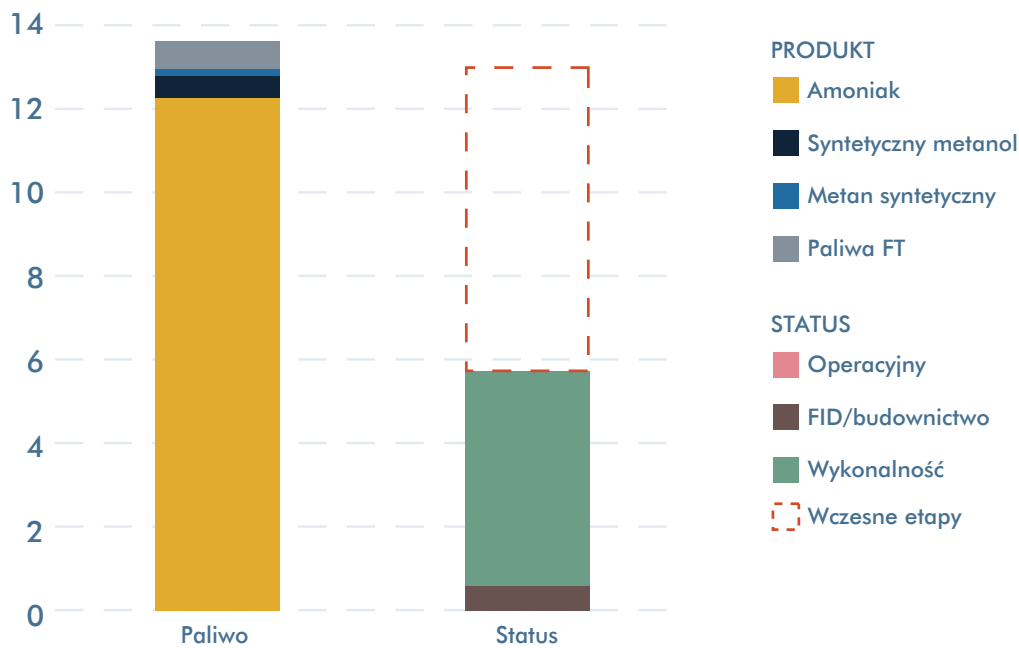
13 Poziomy TRL kształtują się od 1 (koncepcja i pryncypia technologii oraz rozpoczęcie badań naukowych) do 9 (technologia gotowa do wdrożenia).

14 Poziomy MRL kształtują się od 1 (co odpowiada poziomowi TRL 4, tj. weryfikacja laboratoryjna technologii) do 6, co odpowiada poziomowi TRL 9.

15 Poziomy CRL kształtują się od 1 (co odpowiada poziomowi TRL 7 i MRL 4, tj. testy prototypu w warunkach operacyjnych) do 6, który oznacza technologię będącą w stanie uzyskać „bankowalność”, czyli wymagane wskaźniki ekonomiki (NPV i IRR) oraz pozyskać finansowanie na dany projekt.

Trzecim wyzwaniem stojącym przed sektorem paliw RFNBO jest budowa koniecznej infrastruktury. Według danych Międzynarodowej Agencji Energii (IEA, ang. International Energy Agency) z grudnia 2023 roku, globalna produkcja e-wodoru, który mógłby zostać wykorzystany na produkcję e-paliw w horyzoncie to ok. 14 Mt, z czego jednak jedynie 4% projektów osiągnęło status finalnej decyzji inwestycyjnej (FID, ang. final investment decision), podczas gdy ok. 57% (ok. 8 Mt) to projekty we wczesnej fazie rozwoju, a pozostałe 39% to projekty w fazie oceny wykonalności (ang. feasibility).

Rys. 7 Status projektów związanych z produkcją e-wodoru na potrzeby produkcji e-paliw do 2030 roku [Mt H₂]



Źródło: IEA, *The role of e-fuels in decarbonising transport*

W świetle powyższych uwarunkowań, kolejnym wyzwaniem związanym z rozwojem sektora paliw RFNBO jest konieczność poniesienia (oraz zapewnienia finansowania) wielomiliardowych nakładów w celu rozwoju technologii oraz jej komercjalizacji, a następnie budowy niezbędnej infrastruktury do produkcji e-wodoru (źródła OZE¹⁶ i elektrolizery), wychwytu CO₂, a następnie syntezy paliw.

Według szacunków Concawe, w horyzoncie 2050 roku zapotrzebowanie na paliwa RFNBO w UE dla scenariusza niskiego wyniesie 63 Mtoe (czyli 2.638 PJ) oraz 115 Mtoe (czyli 4.815 PJ) dla scenariusza wysokiego (por. szerzej w sekcji 6.1). Aby sprostać temu zapotrzebowaniu, w ramach UE powinno powstać odpowiednio 63 lub 115 fabryk e-paliw (Tab. 4).

¹⁶ Według prognoz Concawe, zapotrzebowanie na energię elektryczną do produkcji e-paliw w UE w horyzoncie 2050 roku może wynieść 1.319 TWh (scenariusz niski) lub 2.805 TWh (scenariusz wysoki). W ujęciu rocznym jest to odpowiednio 51 TWh lub 108 TWh. Roczne zużycie energii elektrycznej (netto) w Polsce to ok. 155-165 TWh.

¹⁷ Według IEA, chłodzenie elektrolizerów skutkuje podniesieniem temperatury wody o ok. 10°C.

Tab. 4 Liczba fabryk e-paliw w skali UE (w horyzoncie 2050 roku) konieczna do pokrycia zapotrzebowania w dwóch scenariuszach rozwoju

SCENARIUSZ	E-PALIWA PŁYNNNE	E-METAN	E-WODÓR	RAZEM
Scenariusz niski	23	0	40	63
Scenariusz wysoki	72	3	40	115

Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

Szacowane przez Concawe nakłady inwestycyjne (capex) na rozwój sektora RFNBO w horyzoncie 2050 roku to odpowiednio 2.900 mld EUR dla scenariusza niskiego oraz 6.100 mld EUR dla scenariusza wysokiego. W ujęciu średniorocznym, jest to odpowiednio 111,5 mld EUR/rok oraz 234,6 mld EUR/rok (Tab. 5).

Tab. 5 Szacowane poziomy nakładów inwestycyjnych (capex) na rozwój sektora paliw RFNBO w horyzoncie roku 2050 [mld EUR]

SCENARIUSZ	EUROPA PÓŁNOCNA	EUROPA CENTRALNA	EUROPA POŁUDNIOWA	RAZEM	ŚREDNIOROCZNIE DO 2050 ROKU
Scenariusz niski	1.100	900	900	2.900	111,5 mld EUR/rok
Scenariusz wysoki	2.300	2.000	1.800	6.100	234,6 mld EUR/rok

Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

W wymiarze środowiskowym, wyzwania rozwoju sektora paliw RFNBO to przede wszystkim:

- dostępność terenu pod rozwój instalacji OZE (LEW, MEW, PV), a także elektrolizerów, instalacji wychwytu CO₂ oraz syntezy paliw,
- dostępność wody na potrzeby procesu elektrolizy.

Szacunki Concawe wskazują na następujące zapotrzebowanie na teren w celu rozwoju sektora paliw RFNBO (Tab. 6).

Tab. 6 Szacowane zapotrzebowanie na teren w związku z rozwojem sektora paliw RFNBO w horyzoncie roku 2050 [km₂]

SCENARIUSZ	EUROPA PÓŁNOCNA	EUROPA CENTRALNA	EUROPA POŁUDNIOWA	RAZEM
Scenariusz niski	74.000	110.000	74.000	258.000
Scenariusz wysoki	156.000	238.000	168.000	562.000

*Dla porównania, powierzchnia Polski to ok. 323.000 km².

Źródło: Concawe, *E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update*

Według szacunków IEA, wolumen wody konieczny do osiągnięcia 10% udziału paliw RFNBO w lotnictwie oraz transporcie morskim w horyzoncie 2030 roku to łącznie ok. 4,6 mln m³/dzień, z czego ok. 75% wody potrzebne jest na chłodzenie elektrolizerów¹⁷, a pozostałe 25% stanowi surowiec do produkcji wodoru. Dla porównania, średnie dzienne zużycie wody przez gospodarstwa domowe w Polsce to ok. 3,5 mln m³/d.



5 Paliwa RFNBO w polityce energetycznej UE oraz Polski



5.1. Polityka unijna w zakresie RFNBO

Dążenia do dekarbonizacji oraz neutralności emisyjnej UE są wyrażane w szeregu dokumentów, z których najnowsze obejmują:

- strategiczną mapę drogową Europejski Zielony Ład (ang. European Green Deal) z grudnia 2019 roku;
- Europejskie Prawo Klimatyczne (czerwiec 2021 roku) ustanawiające cel 55% redukcji emisji¹⁸;
- Pakiet Gotowi na 55 (ang. Fit for 55) z lipca 2021 roku, wraz z rozporządzeniem FuelEU Maritime na temat dekarbonizacji transportu morskiego
- Plan REPowerEU (maj 2022) mający na celu szybką redukcję zależności od paliw kopalnych z Rosji i przyspieszenie transformacji energetycznej UE;
- Pakiet legislacyjny Zielonego Ładu (ang. Green Deal Industrial Plan) z lutego 2023 roku, zawierający m.in. tzw. Akt UE w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (ang. Net-Zero Industry Act¹⁹);
- Dyrektywa RED III, tj. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652;
- rozporządzenie REFuelEU Aviation z dnia 18 października 2023 r. na temat dekarbonizacji transportu lotniczego;
- odpowiednia rozporządzenia delegowane, określające m.in. zasady uznawania energii elektrycznej za odnawialną do produkcji RFNBO oraz inne kryteria w zakresie produkcji RFNBO.

Jako strategiczna mapa drogową, Europejski Zielony Ład podkreśla znaczenie paliw RFNBO w dążeniu do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Według powyższego dokumentu, paliwa RFNBO odgrywają kluczową rolę w dekarbonizacji sektorów trudnych do elektryfikacji, takich jak przemysł ciężki i transport. W Europejskim Zielonym Ładzie przewidziano działania wspierające produkcję i wykorzystanie RFNBO, takie jak inwestycje w infrastrukturę, badania oraz innowacje, a także stworzenie regulacji sprzyjających ich wdrożeniu. Celem powyższych działań jest wspieranie jednego z celów nadrzędnych UE, tj. stworzenia zrównoważonego systemu energetycznego, który zmniejsza emisję gazów cieplarnianych, zwiększa bezpieczeństwo energetyczne i promuje wzrost gospodarczy.

W świetle powyższego, paliwa RFNBO są pożądaną ścieżką rozwoju, kierunkowo wspieraną przez pakiet Fit for 55, plan REPowerEU, Green Deal Industrial Plan oraz Net-Zero Industry Act. Konkretny cele w zakresie paliw RFNBO określa natomiast Dyrektywa RED III oraz rozporządzenia REFuelEU Aviation i FuelEU Maritime.

¹⁸ 55% redukcja emisji CO₂ w UE do 2030 roku w porównaniu do emisji z roku 1990.

¹⁹ Akt UE w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie jest inicjatywą wywodzącą się z planu przemysłowego Zielonego Ładu, której celem jest zwiększenie skali produkcji czystych technologii w UE. Oznacza to podniesienie zdolności produkcyjnych UE w zakresie technologii, które wspierają przejście na czystą energię i które podczas stosowania emitują bardzo niskie, zerowe lub ujemne ilości gazów cieplarnianych.

RED III ustala nowy ogólny cel UE w zakresie udziału OZE w łącznym zużyciu energii na 42,5% do 2030 roku, co oznacza wzrost względem poprzedniego celu na poziomie 32%.

Według art. 22a Dyrektywy RED III, udział RFNBO w wykorzystywanym przez UE wodorze powinien wynieść co najmniej 42% w 2030 roku. W zakresie transportu (art. 25 RED III), udział RFNBO w końcowym zużyciu energii w transporcie w 2030 roku powinien osiągnąć 1%, natomiast w zakresie transportu morskiego cel wynosi 1,2%. W zakresie transportu morskiego, Dyrektywa RED III zakłada cel dobrowolny do 2030 r. w państwach z dostępem do portów, natomiast rozporządzenie FuelEU Maritime zakłada obowiązkowy cel 2% RFNBO na 2034 rok (jeżeli w latach 2030 i 2031 udział RFNBO w miksie paliwowym w transporcie morskim będzie wynosił mniej niż 1%).

Dodatkowo, wykorzystanie paliw RFNBO w lotnictwie jest promowane przez rozporządzenie REFuelEU Aviation, które zakłada 0,7% cel udziału syntetycznych paliw lotniczych w końcowym zużyciu paliw w tym sektorze w 2030 roku. REFuelEU Aviation zakłada średni udział lotniczych paliw syntetycznych na poziomie 1,2% w miksie paliwowym w latach 2030-2032, z czego w poszczególnych latach z tego okresu udział ten nie może być niższy niż 0,7%. Docelowo, udział RFNBO ma wynieść 35% w 2050 roku.

5.2. Paliwa RFNBO w polskiej polityce energetycznej

W porównaniu do stanu zaawansowania kierunków strategicznych oraz działań regulacyjnych wspierających rozwój sektora paliw RFNBO na poziomie UE, stan polityki energetycznej Polski jest w przedmiotowym zakresie mniej zaawansowany.

Opublikowana w marcu 2021 roku Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP 2040) zauważa trendy oraz konieczność rozwoju rynku wodoru w Polsce. Według PEP 2040, część popytu na ropę i gaz ziemny zostanie zmniejszona przez wzrost znaczenia biopaliw i paliw alternatywnych (m.in. energia elektryczna, LNG, CNG, biometan, wodór). Rynek wodoru będzie według PEP 2040 podlegał rozwojowi, wspieranemu przez sukcesywne prace regulacyjne oraz dostosowanie systemów wsparcia dla działań inwestycyjnych, badawczo-rozwojowych oraz budowy krajowego zaplecza technologicznego.

W październiku 2021 roku opublikowana została Polska Strategia Wodorowa (PSW). Określa ona główne cele rozwoju gospodarki wodorowej w Polsce i kierunki działań niezbędnych do ich osiągnięcia.

PSW określa sześć następujących celów:

- Cel 1 - wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie;
- Cel 2 - wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie;
- Cel 3 - wsparcie dekarbonizacji przemysłu;
- Cel 4 - produkcja wodoru w nowych instalacjach;
- Cel 5 - sprawny i bezpieczny przesył, dystrybucja i magazynowanie wodoru;
- Cel 6 - stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

PSW zauważa, że amoniak i paliwa syntetyczne powstałe przy wykorzystaniu wodoru (np. w procesie jego metanizacji) mogą być wykorzystywane w transporcie ciężkim kołowym, morskim i lotniczym, umożliwiając w dłuższej perspektywie ich dekarbonizację.

Według PSW, w celu rozwoju przemysłowych zastosowań wodoru przewiduje się wsparcie dla powstawania dolin wodorowych czyli ekosystemów, które pozwolą zbudować łańcuch wartości związanych z gospodarką wodorową takich jak produkcja, transport, magazynowanie i końcowe zastosowanie wodoru w przemyśle. W dolinach wodorowych będą prowadzone projekty badawczo-rozwojowo-innowacyjne oraz projekty inwestycyjne, które przyczynią się do współpracy pomiędzy lokalnymi, krajowymi i zagranicznymi interesariuszami. Wspólne cele umożliwią wymianę informacji i doświadczeń pomiędzy uczestnikami wchodzącymi w skład dolin wodorowych.

Zważywszy na kierunek wyznaczony przez Europejski Zielony Ład i Strategię wodorową UE, celem strategicznym Polski do 2030 r. w zakresie produkcji wodoru jest zapewnienie warunków dla uruchomienia instalacji do produkcji wodoru ze źródeł nisko- i zeroemisyjnych. Rząd Polski zamierza objąć wsparciem wyłącznie wodór niskoemisyjny, tj. ze źródeł odnawialnych oraz powstały przy wykorzystaniu technologii bezemisyjnych. Uzyskanie wsparcia dla produkcji wodoru z paliw kopalnych możliwe będzie wyłącznie pod warunkiem zastosowania technologii wychwytywania CO₂ (np. CCS/CCU).

PSW zauważa także, że paliwa syntetyczne będą odgrywać ważną rolę w dekarbonizacji sektora chemicznego, przemysłowego i części sektora transportu. Niskoemisyjny wodór może posłużyć do produkcji amoniaku, wykorzystywanego np. do produkcji nawozów, jako paliwa do statków, spalany wraz z węglem w istniejących elektrowniach węglowych a także bezpośrednio wykorzystany w ogniwach paliwowych do wytwarzania energii elektrycznej. W horyzoncie najbliższych 5 lat (od 2021 roku, tj. daty publikacji PSW) planowane jest wsparcie badań i rozwoju niskoemisyjnych procesów i technologii pozyskiwania wodoru. Na 2030 rok przewidziano dążenie do osiągnięcia mocy zainstalowanej z niskoemisyjnych źródeł i procesów na poziomie 2 GW, która umożliwi produkcję 193.634 ton wodoru rocznie, co pokryje 99,4% zapotrzebowania na wodór w gospodarce narodowej.

Według PSW, do 2025 roku realizacja celów związanych z wdrożeniem technologii wodorowych w transporcie publicznym wraz z infrastrukturą tankowania wodoru oraz zapewnienie planowanej produkcji (uruchomienie instalacji do produkcji wodoru ze niskoemisyjnych źródeł) wymagać będzie inwestycji rzędu ok. 930 mln PLN.

W perspektywie 2030 roku dostępna wiedza pozwala szacować tylko koszty związane z inwestycjami w elektrolizery, które przekroczą 9 mld PLN, zależnie od wybranej technologii (alkaliczne/PEM/SOEC) oraz zakupem kolejnych autobusów, które wyniosą ok. 1,8 mld PLN. Łącznie w okresie 2021-2030 niezbędne nakłady inwestycyjne związane z wdrażaniem technologii wodorowych w transporcie publicznym wraz z niezbędną infrastrukturą oraz osiągnięcie zakładanej mocy instalacji ze źródeł niskoemisyjnych na poziomie 2 GW wyniosą ok. 11 mld PLN.

PSW podaje także wskaźniki realizacji strategii, scharakteryzowane w [Tab. 7](#).


Tab. 7 Lista kluczowych wskaźników realizacji PSW

WSKAŹNIK	J.M.	WARTOŚĆ DOCELOWA (2030 ROK)
Zainstalowana moc instalacji produkcji niskoemisyjnego wodoru	MW	2.000
Liczba dolin wodorowych	szt.	5
Liczba będących w użyciu autobusów wodorowych	szt.	1.000
Liczba stacji wodoru	szt.	>32
Zawarcie porozumienia na rzecz budowy gospodarki wodorowej	szt.	1
Stworzenie Ekosystemu Innowacji Dolin Wodorowych	szt.	1
Utworzenie Centrum Technologii Wodorowych	szt.	1


Źródło: PSW







6 Perspektywy rozwoju rynku paliw RFNBO



6.1. Perspektywa rozwoju rynku paliw RFNBO w UE

Biorąc pod uwagę dążenia i cele polityki energetyczno-klimatycznej UE (por. sekcję 5.1) należy oczekiwać, iż rynek paliw RFNBO w UE będzie stymulowany zwłaszcza przez cele Dyrektywy RED III oraz rozporządzeń REFuelEU Aviation i FuelEU Maritime.

Jednocześnie, z uwagi na szereg wyzwań natury ekonomicznej (por. sekcję 4.2), należy oczekiwać, iż sektor ten będzie cechował się znaczną luką w finansowaniu wymagającą dofinansowania ze środków publicznych.

Według szacunków Concawe, w horyzoncie 2050 roku zapotrzebowanie na paliwa RFNBO w UE dla scenariusza niskiego wyniesie 63 Mtoe (czyli 2.638 PJ) oraz 115 Mtoe (czyli 4.815 PJ) dla scenariusza wysokiego (Tab. 8)

Tab. 8 Szacowane zapotrzebowanie na paliwa RFNBO w ramach UE w horyzoncie roku 2050 [Mtoe]

PALIWO	SCENARIUSZ NISKI	SCENARIUSZ WYSOKI
E-paliwa płynne	23,0	72,0
E-metan	0,0	3,0
E-wodór	40,0	40,0
RAZEM	63,0	115,0

Źródło: Concawe, E-fuels: A techno-economic assessment of European domestic production and imports towards 2050 – Update

Jak wskazano w sekcji 4.2, szacowane przez Concawe nakłady inwestycyjne (capex) na rozwój sektora RFNBO w horyzoncie 2050 roku to odpowiednio 2.900 mld EUR dla scenariusza niskiego oraz 6.100 mld EUR dla scenariusza wysokiego. W ujęciu średniorocznym, jest to odpowiednio 111,5 mld EUR/rok oraz 234,6 mld EUR/rok.

W ramach EU finansowanie inicjatyw związanych z e-wodorem oraz paliwami RFNBO ma być oparte o następujące źródła²⁰:

- Connecting Europe Facility – Energy oraz Connecting Europe Facility – Transport
- Important Projects of Common European Interest
- Innovation Fund
- Horizon Europe
- The Clean Energy Transition Partnership
- European Clean Hydrogen Alliance
- European Regional Development, Cohesion Fund, REACT-EU
- European Investment Bank (EIB)
- InvestEU
- Just Transition Fund
- LIFE programme
- Modernisation Fund
- Recovery and Resilience Fund
- Europejski Bank Wodorowy (ang. European Hydrogen Bank).

6.2. Perspektywa rozwoju rynku paliw RFNBO w Polsce

Podobnie jak w przypadku UE, tak i w Polsce należy oczekiwać, iż rynek paliw RFNBO będzie stymulowany przez regulacje oraz cele polityki energetyczno-klimatycznej UE oraz będzie charakteryzował się luką w finansowaniu.

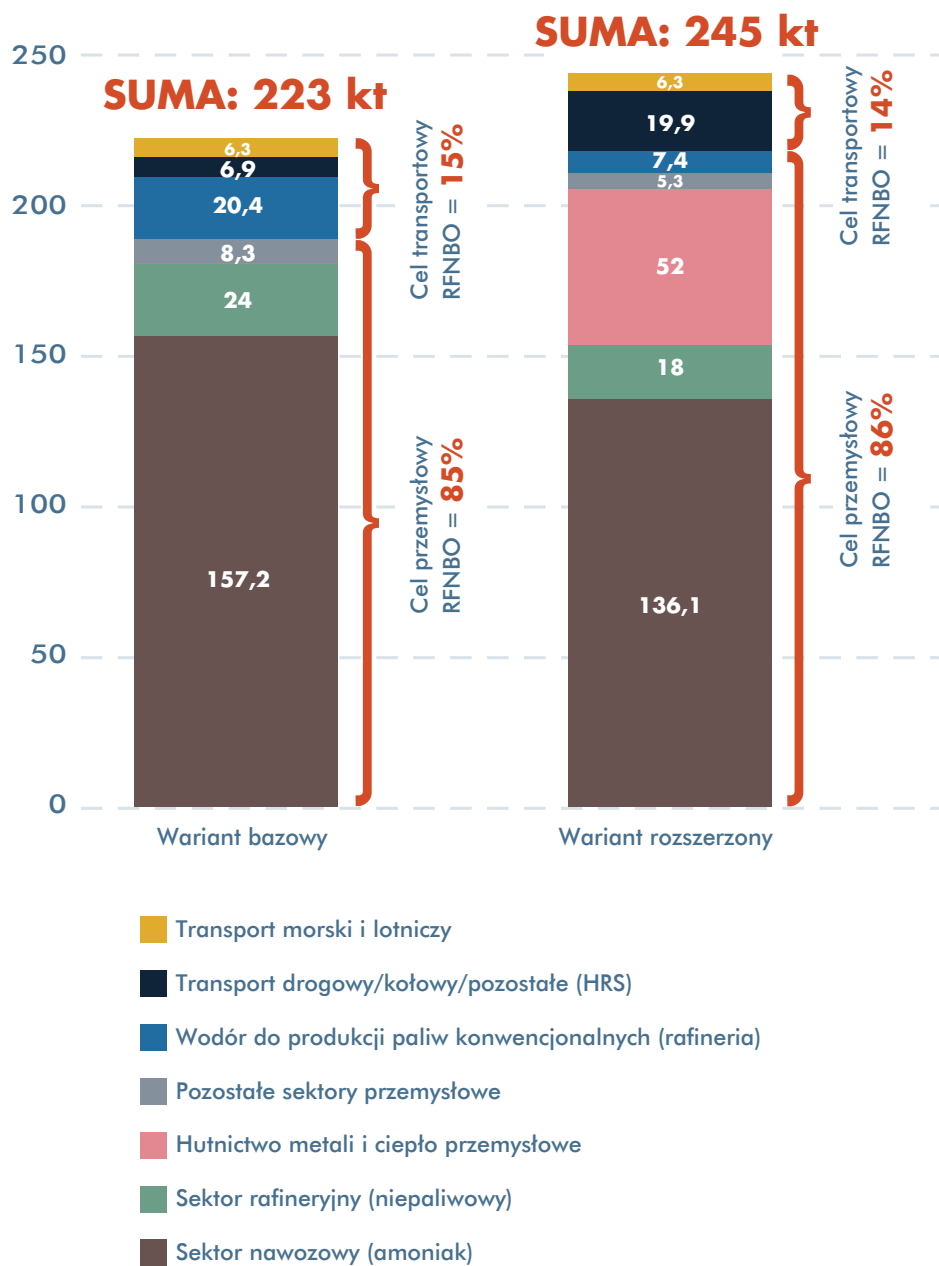
W oparciu o powyższe dokumenty, szacunkowy popyt całkowity na wodór RFNBO w Polsce w 2030 roku to ok. 223-245 tysięcy ton²¹. Przewiduje się, że największym konsumentem wodoru RFNBO w Polsce (55-70%) będzie sektor nawozowy (konsumpcja e-amoniaku). W dalszej kolejności wodór RFNBO i pochodzące z niego inne paliwa RFNBO będą zużywane w sektorze rafineryjnym, hutniczym oraz w transporcie (14-15% całego popytu). Szczegóły przedstawiono na **Rys. 8**.

Według innych szacunków¹, zapotrzebowanie na wodór RFNBO w Polsce może wynieść ok. 270 tysięcy ton w roku 2030, ok. 515 tysięcy ton w roku 2035 i ok. 934 tysięcy ton w roku 2040.

²⁰ Financial Tools and Incentives | European Hydrogen Observatory (europa.eu)

²¹ Tchorek i in., Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2030 roku, Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2023 r. (ien.com.pl)

Rys. 8 Prognoza popytu na wodór RFNBO w Polsce w 2030 roku w oparciu o cele RED III [kt H2]



*HRS – stacja tankowania wodorem (ang. hydrogen refuelling station)

Źródło: Tchorek i in., Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2030 roku

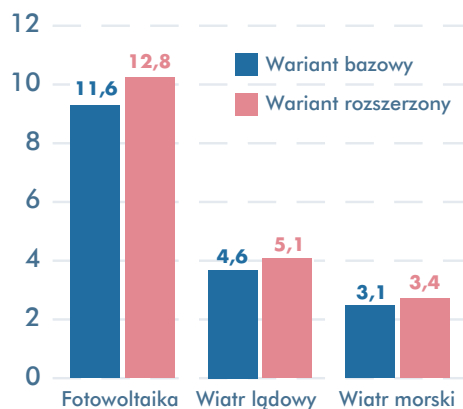
W przypadku sektora transportu w Polsce, szacuje się, że 1% cel RFNBO przełoży się na ok. 8,8-9,9 PJ zapotrzebowania na energię e-paliw w 2030 roku¹⁸.

Według cytowanej wcześniej PSW, w horyzoncie do 5 lat (od roku 2021, tj. publikacji PSW) zapotrzebowanie na wodór w sektorze transportu w Polsce wyniesie ok. 2.934 ton, z czego aż 1,764 tony na potrzeby tankowania autobusów zeroemisyjnych. Obsługa takiego popytu zakłada budowę 32 stacji tankowania wodoru pod ciśnieniem 350 i 700 bar. W perspektywie 10 lat zapotrzebowanie na wodór w sektorze transportu wzrośnie do 22,511 ton rocznie.

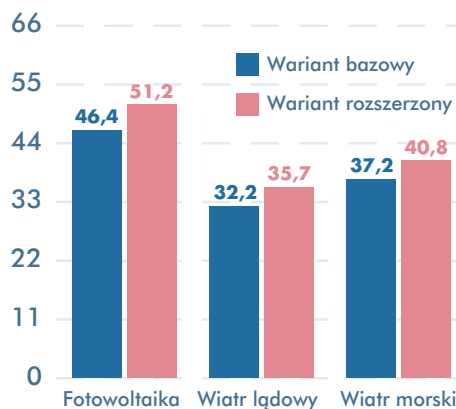
Zapotrzebowanie na energię elektryczną z OZE w celu produkcji paliw RFNBO w Polsce w 2030 roku szacuje się na 12,3-13,5 TWh oraz ok. 25,5 TWh w roku 2035. Konieczne moce wytwórcze energii elektrycznej w LEW, MEW oraz PV, a także nakłady inwestycyjne na budowę tych mocy przedstawia Rys. 9.

Rys. 9 Prognoza mocy wytwórczych energii elektrycznej (OZE) oraz nakłady inwestycyjne na ich budowę w Polsce w 2030 roku w celu realizacji celów produkcji paliw RFNBO

Wymagane moce OZE dla realizacji celów RFNBO w 2030 r. (GW)



Wymagane nakłady inwestycyjne na źródła OZE (mld PLN)



Źródło: Tchorek i in., Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2030 roku

W ujęciu średniorocznym dla Polski, przedstawione na Rys. 9 nakłady inwestycyjne to ok. 19,3 mld PLN/rok (4,5 mld EUR/rok) dla wariantu bazowego oraz 21,3 mld PLN/rok (5,0 mld EUR/rok) dla wariantu rozszerzonego, ponoszone corocznie do 2030 roku.

Jednocześnie, należy wskazać, że rozwój sektora RFNBO w Polsce cechować się będzie luką w finansowaniu. Jak wskazuje Grzegorz Tchorek i in., przy założeniu 10-letniego okresu wsparcia (2027-2037) dla projektów realizujących cele RFNBO na 2030 roku, wymagany poziom pomocy publicznej może wynieść 31-34 mld PLN, a dla realizacji kolejnych celów RFNBO na 2035 rok i dalej wymagane będzie prawdopodobnie zabezpieczenie kolejnych środków budżetowych (niemniej luka finansowa powinna się zmniejszać). Luka ta w wysokości 31–34 mld PLN nie uwzględnia szeregu kluczowych inwestycji systemowych np. nakładów niezbędnych na sieci energetyczne (wodorowe, gazowe i elektroenergetyczne), infrastrukturę magazynową, rozbudowę oraz dostosowanie infrastruktury odbiorczej. Tym samym ostateczny poziom nakładów na rozwój gospodarki wodorowej w Polsce może być kilkukrotnie wyższy.

¹⁸ Tchorek i in., Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2030 roku, Prognoza zapotrzebowania na wodór odnawialny RFNBO w Polsce do 2023 r. (ien.com.pl)





7 Podsumowanie (analiza PEST)



W oparciu o przedstawioną w poprzednich sekcjach analizę paliw RFNBO, podsumowanie perspektyw ich rozwoju w formie macierzy PEST (czynniki polityczne, ekonomiczne, społeczno-środowiskowe i technologiczne) prezentuje Tab. 9.

Tab. 9 Ocena sektora RFNBO w konwencji macierzy PEST

CZYNNIKI POLITYCZNE	CZYNNIKI EKONOMICZNE
<ul style="list-style-type: none"> → Wyższy stopień zaawansowania strategii energetycznej nakierowanej na promocję oraz wsparcie paliw RFNBO na poziomie UE niż na poziomie krajowym, → Konieczność rozwoju przejrzystych i spójnych regulacji oraz rozwiązań legislacyjnych wspierających wzrost sektora RFNBO (ujednolicenie wymagań jakościowych, ustanowienie systemów wsparcia i finansowania), → Konieczność ustanowienia ram wsparcia rozwoju technologii w kierunku zapewnienia dojrzałości technologicznej, rynkowej i komercyjnej, → Poprawa bezpieczeństwa energetycznego krajów UE i zmniejszenie stopnia zależności Wspólnoty od importu paliw z Rosji lub innych rejonów świata (paliwa RFNBO mogą być produkowane w oparciu o lokalne zasoby OZE oraz CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> → Brak konkurencyjności kosztowej względem odpowiedników konwencjonalnych na chwilę obecną, ryzyko braku konkurencyjności w horyzoncie 2050 roku, → Konieczność poniesienia wysokich nakładów inwestycyjnych na budowę infrastruktury (moce OZE, elektrolizery, moce do wychwytu CO₂, moce do syntezy). Niemniej jednak, rozwój sektora RFNBO będzie stymulował rozwój inwestycji w OZE, sieci elektroenergetyczne, elektrolizę wodoru, wychwyty CO₂ oraz infrastrukturę do syntezy paliw, tworząc miejsca pracy oraz stymulując wzrost gospodarczy, → Produkcja paliw RFNBO skutkuje wytworzeniem wartościowych produktów „ubocznych” takich jak tlen oraz ciepło, które są szeroko wykorzystywane w przemyśle i mogą stanowić dodatkowy strumień przychodów.
CZYNNIKI SPOŁECZNO-ŚRODOWISKOWE	CZYNNIKI TECHNOLOGICZNE
<ul style="list-style-type: none"> → Bardzo niska (<10% emisyjności odpowiedników konwencjonalnych) emisyjność CO₂ przez paliwa RFNBO z perspektywy całkowitego cyklu życia (cradle-to-grave), dająca perspektywę spowolnienia (a docelowo redukcję) emisji z sektora lotnictwa, transportu czy produkcji amoniaku, → Niższy stopień eksploatacji tzw. minerałów krytycznych (kobalt, lit, magnez, nikiel) wykorzystywanych do produkcji samochodów elektrycznych, → Brak konkurencji z produkcją żywności (co stanowi wyzwanie w przypadku produkcji paliw z biomasy), → Wysokie zapotrzebowanie na dostępność terenu pod rozwój instalacji OZE (LEW, MEW, PV), a także elektrolizerów, instalacji wychwytu CO₂ oraz syntezy paliw, → Wysoki stopień zapotrzebowania na wodę na potrzeby procesu elektrolizy, 	<ul style="list-style-type: none"> → Parametry fizykochemiczne paliw RFNBO zbliżone z parametrami odpowiedników konwencjonalnych, co pozwala na wykorzystanie istniejącej struktury dystrybucyjno-magazynowej odpowiedników konwencjonalnych oraz zastosowanie RFNBO w istniejących silnikach spalinowych bez konieczności znaczących modyfikacji, → Niskie poziomy gotowości technologicznej, rynkowej i komercyjnej stwarzają konieczność poniesienia znaczących nakładów inwestycyjnych na dalsze badania, rozwój i komercjalizację i zapewnienia finansowania, → Niski (4%) odsetek zaawansowanych (status FID) projektów związanych z produkcją e-wodoru na potrzeby produkcji e-paliw w perspektywie 2030 roku, → Produkcja RFNBO pozwoli wspierać bilansowanie systemu elektroenergetycznego z rosnącymi udziałami OZE.

Zielone paliwa jako klucz

do transformacji sektora transportowego i chemicznego

W Europie powstają już pierwsze instalacje produkujące zielony metanol. Jedną z pierwszych na świecie i w Europie budowana jest w Kassø, w małym miasteczku w Danii.

Pierwszy w Europie zakład Power-to-X (PtX) w Kassø, należący do European Energy, stanie się największym na świecie obiektem produkującym e-metanol. European Energy ogłosiła porozumienie między innymi z Maersk, Novo Nordisk oraz Grupą LEGO. Współpraca ta ma na celu zastąpienie tworzyw sztucznych opartych na paliwach kopalnych materiałami o niższej emisji dwutlenku węgla. Produkcja zielonego metanolu będzie zasilana energią z własnej farmy fotowoltaicznej o mocy 304 MW, a także z sieci energetycznej, co zapewni stabilność dostaw energii. Nadmiar ciepła z produkcji metanolu będzie dostarczany do sieci ciepłowniczej, ogrzewając około 2500 gospodarstw domowych.

Maersk, światowy lider w branży żeglownej, wprowadza e-metanol do swojej floty w ramach ambitnego celu, jakim jest osiągnięcie zerowej emisji netto do 2040 roku. Inwestycja Maersk w e-metanol nie tylko przyczynia się do realizacji programu zrównoważonego rozwoju, ale także wspiera rozwój zrównoważonego łańcucha dostaw paliw ekologicznych.

W sierpniu 2021 roku European Energy zawarło przełomowe porozumienie z firmą Maersk, jednym z liderów w branży transportu morskiego, na dostawę 10 000 ton neutralnego pod względem emisji CO₂ e-metanolu rocznie. Paliwo to zasilą pierwszy statek Maerska zdolny do pracy na zielonym e-metanolu, co stanowi znaczący krok w kierunku dekarbonizacji żeglugi morskiej. Kolejnym krokiem było podpisanie listu intencyjnego w 2022 roku dotyczącego rozwoju zakładów produkcyjnych e-metanolu o łącznej zdolności produkcyjnej do 300 000 ton rocznie. W ramach tej współpracy European Energy zaprojektuje i zbuduje wielkoskalowe zakłady produkcyjne e-metanolu w Ameryce Północnej i Południowej, a produkcja ma rozpocząć się w latach 2025/26.

Podobnie Lego włącza e-metanol do swojej działalności, aby zrealizować cel, jakim jest osiągnięcie zerowego śladu węglowego netto do 2025 roku. Wdrażając e-metanol, Lego zwiększa swoje zaangażowanie w redukcję emisji gazów cieplarnianych i promowanie zrównoważonych praktyk w swoich procesach produkcyjnych. Inicjatywa ta podkreśla wiodącą pozycję Lego w napędzaniu innowacji i stanowi precedens dla branży zabawek w zakresie wdrażania zielonych technologii w celu osiągnięcia znaczącego wpływu na środowisko.

Novo Nordisk, główny gracz w sektorze farmaceutycznym, również wykorzystuje e-metanol, aby wesprzeć swój cel, jakim jest neutralność węglowa do 2030 roku. Włączając e-metanol do swojej strategii energetycznej Novo Nordisk zmniejsza emisję gazów cieplarnianych i zwiększa ogólny zrównoważony rozwój. To praktyczne podejście nie tylko jest zgodne z celami firmy w zakresie zarządzania środowiskiem, ale także stanowi przykład integracji zielonych technologii w przemyśle farmaceutycznym, wzmacniając jej zaangażowanie w niskoemisyjną przyszłość.

Maersk, Lego i Novo Nordisk są liderami w dziedzinie zrównoważonego rozwoju, przyjmując e-metanol jako kluczowy element swoich strategii środowiskowych. Razem firmy te stanowią potężny przykład tego, w jaki sposób to syntetyczne paliwo może przyczynić się do znacznego postępu w zakresie zrównoważonego rozwoju w różnych branżach, od transportu i produkcji po farmaceutykę. Ich wysiłki podkreślają potencjał paliw ekologicznych w przekształcaniu praktyk biznesowych i przyczynianiu się do bardziej zrównoważonej gospodarki światowej.

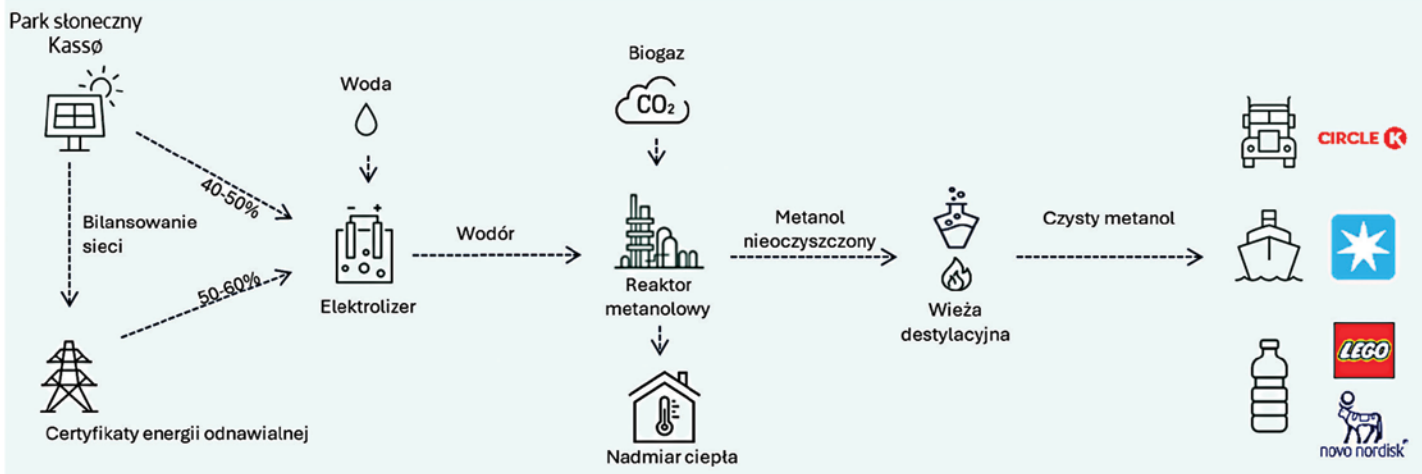
Kolejnym strategicznym krokiem dla European Energy jest przejście do produkcji eSAF (zrównoważonego paliwa lotniczego). Ponieważ światowe lotnictwo coraz częściej poszukuje zrównoważonych alternatyw w celu zmniejszenia swojego śladu węglowego, eSAF staje się kluczowym rozwiązaniem. Wykorzystując istniejące doświadczenie European Energy w zakresie produkcji energii odnawialnej,

takiej jak energia wiatrowa i słoneczna, oraz integrując najnowocześniejszą technologię elektrolizy w celu produkcji zielonego wodoru, firma jest dobrze przygotowana do bycia liderem w tym sektorze. eSAF, który pochodzi z odnawialnej energii elektrycznej i CO₂, oferuje opcję paliwa neutralnego pod względem emisji dwutlenku węgla, dostosowując się do ambitnych celów klimatycznych Europy i rosnącego zapotrzebowania branży lotniczej na zrównoważone alternatywy paliwowe. Posunięcie to nie tylko zdysfetykowałoby portfel europejskiej energetyki, ale także wzmocniłoby jej rolę jako kluczowego gracza w globalnej transformacji energetycznej.

Wielkoskalowa produkcja zielonego metanolu

Metanol (CH₃OH) to ciekła substancja chemiczna stosowana w tysiącach produktów codziennego użytku, w tym w tworzywach sztucznych, farbach, kosmetykach i paliwach. Metanol jest wytwarzany z gazu syntezowego, mieszaniny wodoru, dwutlenku węgla i tlenku węgla. Te proste składniki mogą pochodzić z szerokiej gamy surowców i przy użyciu różnych podejść technologicznych. Metanol jest jedną z czterech podstawowych substancji chemicznych o kluczowym znaczeniu – obok etylenu, propylenu i amoniaku – wykorzystywanych do produkcji wszystkich innych produktów chemicznych. Około dwóch trzecich metanolu jest wykorzystywane do produkcji innych chemikaliów, takich jak formaldehyd, kwas octowy i tworzywa sztuczne.

E-metanol i biometanol są zrównoważonymi formami metanolu, ale różnią się metodami produkcji. E-metanol jest wytwarzany przez połączenie biogenicznego dwutlenku węgla (CO₂) z wodorem wytwarzanym w procesie elektrolizy wody przy użyciu energii odnawialnej. Proces ten jest neutralny pod względem emisji dwutlenku węgla, ponieważ CO₂ uwalniany podczas spalania może być ponownie wychwytywany i ponownie wykorzystywany w produkcji. Natomiast



źródeł zewnętrznych. Zwiększając swoje zdolności produkcyjne metanolu przy jednoczesnym utrzymaniu zdywersyfikowanej strategii importu, Polska może lepiej zabezpieczyć się przed zakłóceniami w dostawach i zapewnić bardziej odporną i stabilną przyszłość energetyczną.

W szczególności biometanol ma w Polsce duży potencjał ze względu na duży potencjał produkcji biometanolu oraz dostępność biomasy w tym kraju. Ze względu na duże sektory rolnictwa i leśnictwa, Polska wytwarza znaczne ilości odpadów organicznych i pozostałości, które można przekształcić w biometanol.

komponenty niezbędne do produkcji biometanolu są pozyskiwane z biomasy organicznej, takiej jak pozostałości rolnicze lub odpady leśne, w procesach takich jak gazyfikacja lub fermentacja.

Według najnowszych danych, rocznie produkuje się mniej niż 0,2 mln ton odnawialnego metanolu, głównie w postaci biometanolu. Metanol wytwarzany którąkolwiek z tych dróg jest chemicznie identyczny z metanolem produkowanym ze źródeł paliw kopalnych.

Globalny popyt na e-metanol odnotowuje znaczny wzrost, napędzany rosnącymi obawami o środowisko i zapotrzebowaniem na zrównoważone źródła energii. W porównaniu z paliwami konwencjonalnymi, metanol odnawialny zmniejsza emisję dwutlenku węgla nawet o 95%, a tlenków azotu nawet o 80% i całkowicie eliminuje emisję tlenków siarki i cząstek stałych.

Obecnie ceny e-metanolu są wyższe niż ceny konwencjonalnego metanolu. Jednak wraz z postępem technologicznym, ekonomią skali i wspierającymi ramami regulacyjnymi oczekuje się, że

koszty produkcji e-metanolu będą się zmniejszać. Niższe koszty technologii i zwiększona wielkość produkcji przyczynią się do zmniejszenia różnicy cenowej, dzięki czemu e-metanol stanie się w niedalekiej przyszłości bardziej konkurencyjną i dostępną alternatywą dla tradycyjnego metanolu. Wraz z dojrzewaniem branży i rozwojem infrastruktury czynniki te obniżą koszty, ułatwiając szersze zastosowanie i przyspieszając przejście na bardziej ekologiczne paliwa.

Szansa i wyzwania dla Polski

Obecnie Polska importuje całość swojego zapotrzebowania. Biorąc jednak pod uwagę obecną sytuację geopolityczną i niepewność związaną z globalnymi łańcuchami dostaw, całkowite poleganie na imporcie wiąże się ze znacznym ryzykiem. Zmienność w handlu międzynarodowym i napięcia geopolityczne wskazują na konieczność wzmocnienia przez Polskę krajowych zdolności produkcyjnych w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i zmniejszenia zależności od potencjalnie niestabilnych

Produkcja paliw ekologicznych pomaga rozwiązać problem ograniczeń energetycznych, ponieważ jest alternatywą dla bateryjnych systemów magazynowania energii (BESS), które wykorzystywane są do gromadzenia nadmiaru energii. Biorąc pod uwagę, że BESS nie jest w stanie wychwytywać i przechowywać 100% nadwyżki energii odnawialnej, przekształcanie nadmiaru energii w zielone paliwa, takie jak e-metanol, oferuje praktyczny i skalowalny sposób wykorzystania tej energii. Takie podejście nie tylko zwiększa wydajność systemów energii odnawialnej poprzez zapobieganie powstawaniu odpadów, ale także tworzy zrównoważone źródło paliwa, które można wykorzystać w różnych sektorach. Włączając produkcję paliw ekologicznych do koszyka energetycznego, możemy lepiej zarządzać wahaniami podaży i popytu na energię, wspierając bardziej stabilną i odporną infrastrukturę energetyczną.

Michał Sobczyk
Senior Technology
Development Manager
w European Energy Polska



Grupa PKP

KOLEJ PRZYSZŁOŚCI



wspieramy inicjatywy na rzecz rozwoju infrastruktury wodorowej w Polsce



uczestniczymy w projektach badawczo-rozwojowych związanych z technologiami wodorowymi



wspieramy działania edukacyjne na temat korzyści płynących z zastosowania wodoru