

**ANETA NOWAKOWSKA-KRYSTMAN \***

Akademia Sztuki Wojennej, Warszawa, Polska

**JACEK KAWUŁA \***

Kraków, Polska

**DOMINIK STAŚKO \***

Stowarzyszenie Naukowo-Techniczne Inżynierów i Techników Przemysłu Naftowego i Gazowniczego, Kraków, Polska

# ANALIZA TRENDÓW ROZWOJOWYCH SEKTORA ENERGETYCZNEGO I ICH WPŁYW NA SEKTOR GAZOWY

## ANALYSIS OF DEVELOPMENT TRENDS

### IN THE ENERGY SECTOR AND THEIR IMPACT ON THE GAS SECTOR



**ABSTRAKT:** Gospodarki wielu państw we współczesnym świecie przechodzą istotne przeobrażenia u podstaw których leżą megatrendy wynikające ze zmian o charakterze politycznym, ekologicznym, militarnym, społecznym, ekonomicznym czy technologicznym. Jednym z głównych sektorów, który zmienia się zasadniczo i wywiera wpływ na funkcjonowanie całej gospodarki jest sektor energetyczny.

Celem artykułu jest przedstawienie trendów rozwojowych determinujących zmiany w funkcjonowaniu sektora energetycznego, a w nim sektora gazowego. Na potrzeby badań wykorzystano metodę PESTL (ang. Political, Economic, Social, Technological, Legal). Czynniki przedstawiono w kontekście szans i zagrożeń w perspektywie czasowej: 2030, 2040 i 2050.

**SŁOWA KLUCZOWE:** sektor energetyczny, sektor gazowy, trendy

---

\* dr hab. Aneta Nowakowska-Krystman, War Studies University, Warsaw, Poland

 <https://orcid.org/0000-0001-7247-3243>  [a.krystman@akademia.mil.pl](mailto:a.krystman@akademia.mil.pl)

\* Jacek Kawuła, Cracow, Poland

\* dr inż. Dominik Staśko, Association of Scientific and Technical Engineers and Technicians of the Oil and Gas Industry, Cracow, Poland

Copyright (c) 2023 Aneta Nowakowska-Krystman & Jacek Kawuła & Dominik Staśko. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

**ABSTRACT:** The economies of many countries in the modern world are undergoing significant transformations underpinned by megatrends resulting from political, environmental, military, social, economic or technological changes. One of the main sectors that is fundamentally changing and affecting the functioning of the entire economy is the energy sector.

The purpose of this article is to present the development trends determining changes in the functioning of the energy sector and within it the gas sector. For the purpose of the study, the PESTL (Political, Economic, Social, Technological, Legal) analysis method was used. The factors were presented in the context of opportunities and threats in the time perspective: 2030, 2040 i 2050.

**KEYWORDS:** energy sector, gas sector, trends

## WPROWADZENIE

Obecnie gospodarki wielu państw przechodzą istotne przeobrażenia, u podstaw których leżą megatrendy, generowane z obszarów: społecznego, ekologicznego, ekonomicznego, technologicznego czy politycznego, prawnego, militarne<sup>1,2,3</sup>. Jednym z głównych sektorów, który zmienia się zasadniczo i wywiera wpływ na funkcjonowanie całej gospodarki jest sektor energetyczny. Świadomość występujących presji na określone działania i zachowania państw, a w nich przedsiębiorstw wymuszają potrzebę oceny koniecznych działań determinujących możliwość zaspokojenia potrzeb energetycznych. Potrzeby te mogą być zaspokajane przez różne źródła: gaz, węgiel, woda, słońce, wiatr.

Celem artykułu jest przedstawienie trendów rozwojowych determinujących zmiany w funkcjonowaniu sektorów energetycznych, odnosząc je na rozwój polskiego sektora gazowego. Adaptacja sektora energii do zmieniających się uwarunkowań zewnętrznych oraz aktywne podejście do transformacji rynku energetycznego, a także podejmowanie adekwatnych działań oraz wyprzedzających te zmiany będzie stanowić o pozycji konkurencyjnej branży gazowej w Polsce.

Koncepcję myślenia scenariuszowego przedstawił P. Schwartz, w której określił zasady i metodologię oceny sił kluczowych w makro-środowisku oparto na typologii STEPE (ang. Society, Technology, Economics, Politics, Environment)<sup>4</sup>. W podobny sposób kilka lat później dokonano

---

<sup>1</sup> *Global Megatrends 2050*, megatrends2050.com/, (dostęp: 1.02.2023)

<sup>2</sup> *Office of the Director of National Intelligence - Global Trends*, <https://www.dni.gov/index.php/gt2040-home/gt2040-media-and-downloads>, (dostęp: 1.02.2023)

<sup>3</sup> *Megatrends - Themes - PwC*, <https://www.pwc.nl/en/topics/megatrends.html>, (dostęp: 1.02.2023)

<sup>4</sup> P. Schwartz, *The Art of the Long view*, Currency Doubleday, New York, 1991, ss. 100-108, 122-134, 164-172.

tego wobec sektorów bezpieczeństwa w ramach Szkoły Kopenhaskiej<sup>5</sup>. Metoda ta jest stosowana w celu przeanalizowania wykonalności ogólnych rozwiązań w środowisku biznesowym<sup>6</sup>. Analizę wpływu otoczenia (szans i zagrożeń) na sektor gazowy egzemplifikowano poprzez przykładową firmę (F) przeprowadzono w oparciu o obszary analityczne PESTL (ang. Politics, Economics, Society, Technology, Law)<sup>7,8,9,10</sup>. Czynniki przedstawiono w kontekście szans i zagrożeń w perspektywie czasowej: 2030, 2040 i 2050.

## **TRENDY ROZWOJOWE**

### **WZROST EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ**

Efektywność energetyczna ma kluczowe znaczenie w odniesieniu do długoterminowego rozwoju zrównoważonego opartego tak po stronie procesu dostarczania energii do odbiorcy końcowego, jak i samego odbiorcy, w którym procesy użytkowania energii powinna cechować taka sama dbałość o efektywność jej wykorzystania. Udoskonalenia techniczne, lepiej izolowane budynki, inteligentne sieci, normy efektywności energetycznej, jak również racjonalne wykorzystanie energii, mogą przyczyniając się do wzrostu efektywności energetycznej.

W wymiarze energetycznym oznacza to spełnienie zasady, której wszystkie dostępne systemy zarówno na etapie wytwarzania, magazynowania, transportu i konwersji energii działają z najlepszą wydajnością, a sposób wykorzystania energii jest racjonalny i odpowiadający rzeczywistym potrzebom. Zasadę „efektywność energetyczna przede wszystkim” zdefiniowano w art. 2 pkt 18 rozporządzenia w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, które zawiera również wymóg uwzględniania tej zasady przez państwa członkowskie w zintegrowanych krajowych planach w dziedzinie energii i klimatu. Dyrektywa

---

<sup>5</sup> B. Buzan, O. Waeber, J. Wild, *Security. A New framework For Analysis*, Lynne Rienner: London, UK, 1998

<sup>6</sup> *Survey of Economic and Social Developments in the ESCA Region*, United Nations, Nowy Jork 2005

<sup>7</sup> T. Jałowicz, H. Wojtaszek, I. Miciuła, *Analysis of the Potential Management of the Low-Carbon Energy Transformation by 2050*, *Energies* 15(7), doi.org/10.3390/en15072351

<sup>8</sup> R. Wiśniewski, P. Daniluk, T. Kownacki, A. Nowakowska-Krystman, *Energy System Development Scenarios: Case of Poland*, *Energies* 15(8), doi.org/10.3390/en15082962

<sup>9</sup> M. Ruszel, *Rola surowców energetycznych w procesie produkcji energii elektrycznej w UE do 2050 roku*, *Polityka energetyczna*, 2017, 20(3), 6-8.

<sup>10</sup> R. Wiśniewski, P. Daniluk, A. Nowakowska-Krystman, T. Kownacki, *Critical Success Factors of the Energy Sector Security Strategy: Case of Poland*, *Energies* 2022, 15(17), 6270, doi.org/10.3390/en15176270

w sprawie efektywności energetycznej przyczynia się do wdrożenia tej zasady, lecz nie zawiera żadnych konkretnych wymogów co do sposobu jej stosowania.<sup>11</sup>

## **PROEKOLOGICZNE OCZEKIWANIA SPOŁECZNE**

Dążenie do życia w zdrowym środowisku oraz wysokie ceny energii wzmacniają presję na realizację inwestycji w aktywa odnawialne oraz na zwiększenie efektywności energetycznej. Protesty i naciski środowisk wskazujących na konieczność większej redukcji różnego rodzaju zanieczyszczeń, potwierdzone opracowaniami naukowymi dodatkowo wzmacniają tą presję. Społeczne naciski na podjęcie skutecznych działań ograniczających zakres zmian klimatycznych są coraz powszechniejsze i mogą mieć wpływ na przekonanie o słuszności wyznaczania coraz ambitniejszych celów redukcji emisji gazów cieplarnianych i wprowadzania proekologicznego prawodawstwa.

Rosnącą tendencją wśród odbiorców będzie chęć zaspokojenia potrzeb energetycznych energią, której straty będą minimalizowane, a produkcja i wykorzystanie, której będzie ograniczać wpływ na środowisko naturalne. Będzie to wymagać od producentów i dystrybutorów energii oparcia się o takie nośniki i technologie, które zapewnią wymaganą usługę dla Klientów.

W miarę jak te czynniki przybierają na sile, wiele wiodących globalnie firm energetycznych i wydobywczych ogłasza przyjęcie strategii zmierzających do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>, wykorzystując energię odnawialną i podejmując kwestie zagrożeń klimatycznych. Część z nich robi to w odpowiedzi na wytyczne legislacyjne, część jednak dostrzega zmiany energetyczne jako szanse rozwojową firmy.<sup>12</sup> Zmiana nastawienia państw, instytucji, firm oraz społeczeństw w zakresie dekarbonizacji może mieć poważne długofalowe konsekwencje. Z jednej strony państwa stwarzają warunki dla rozwoju tego typu inwestycji, z drugiej zaś poddawane są ciągłej presji wywieranej przez konsumentów i instytucje międzynarodowe.

---

<sup>11</sup> ZALECENIE KOMISJI (UE) 2021/1749 z dnia 28 września 2021 r. w sprawie zasady „efektywność energetyczna przede wszystkim”: od zasad do praktyki – Wytyczne i przykłady dotyczące jej wdrażania w procesie podejmowania decyzji w sektorze energetycznym i w innych sektorach, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021H1749&from=EN>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>12</sup> Dekarbonizacja najszybsza w sektorze energetycznym, <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/press-releases/articles/dekarbonizacja-najszybsza-w-sektorze-energetycznym.html>, (dostęp: 3.02.2023)

## KONKRETYZACJA RAM POLITYCZNYCH I PRAWNYCH GOSPODARKI NISKOEMISYJNEJ

Zmiany legislacyjne uwarunkowane politycznymi decyzjami oraz intensyfikacją postępu technologicznego stwarzają nowe warunki funkcjonowania przedsiębiorstw, inwestorów oraz odbiorców energii. Szczególnie istotna jest dostępność do infrastruktury i środków na jej finansowanie, a także stworzenie warunków do właściwego operatorstwa zarówno w zakresie wytwarzania przesyłu i dystrybucji energii. Wobec rosnącej ceny emisji CO<sub>2</sub>, prawne i kierunkowe wsparcie OZE jest niezmiernie istotnym warunkiem dla stworzenia modelu inwestycyjnego dla infrastruktury transportu i magazynowania CO<sub>2</sub>.

Specyfikę funkcjonowania sektora energetycznego, w tym branży gazowej postrzegać należy na kilku poziomach decyzyjnych, których łączne wzajemne oddziaływanie wpływa na warunki rozwoju branży i całego sektora energii. Dla potrzeb analizy autorzy proponują następującą klasyfikację poziomów decyzyjnych:

- Poziom 1 – organy europejskie nadające kierunek legislacyjny zmianom w sektorze energii;
- Poziom 2 – organy państwowe, odpowiedzialne za regulacje prawne na poziomie krajowym w tym za opracowywanie i realizację założeń polityki energetycznej;
- Poziom 3 – operatorzy systemów energetycznych odpowiedzialni za bezpieczeństwo i pewność dostaw do odbiorców w tym za realizację polityki modernizacyjnej i inwestycyjnej;
- Poziom 4 – inwestorzy (w tym prosumenci) – inwestujący w nowe moce wytwórcze będące potencjalnym źródłem zasilania;
- Poziom 5 – lokalne władze samorządowe realizujące politykę w zakresie planów zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną, paliwa gazowe;
- Poziom 6 - odbiorcy energii decydujący finalnie o sposobie zaspokojenia potrzeb energetycznych.

Skonkretyzowanie dla poziomów 3-5 właściwych ram prawnych funkcjonowania gospodarki niskoemisyjnej obejmującej trwałe i czytelne przepisy oraz źródła finansowania i wsparcia, będzie czynnikiem wzrostu efektywności takich działań.

## **ISTOTNY WZROST UDZIAŁU OZE W PRODUKCJI ENERGII**

Pojawienie się nowego paradygmatu – presji na budowę nowych mocy z OZE, związany jest z założeniem relatywnego spadku kosztów technologii proekologicznych wynikający z rozwoju technologii, jak i kształtu polityki klimatycznej i energetycznej państw. Rozwój technologiczny, a przede wszystkim znaczące spadki kosztów wprowadzania najnowszych rozwiązań, mają ułatwiać przyjmowanie efektywnych strategii dekarbonizacyjnych. Dodatkowo wzrost cen energii ze źródeł kopalnych ma być impulsem rozwoju technologii ekologicznych, który zrównoważy konieczność poniesienia dodatkowych nakładów inwestycyjnych na rozbudowę nowych mocy OZE. Do czynników zwiększonego ryzyka zalicza się zagrożenia łańcucha dostaw w inwestycjach OZE oraz konieczność zapewnienia stabilności produkcji energii z tych systemów, co wymaga budowy i rozwoju technologii magazynowania energii.

W sytuacji, w której dojrzałość technologiczna i koszty systemów OZE nie zapewniają stabilnego i elastycznego zasilania systemu energetycznego to paliwa kopalne takie jak: gaz ziemny, a także energia jądrowa, mogą stanowić nadal istotne uzupełnienie bilansu energetycznego kraju. Różnice w siatce możliwości wykorzystania źródeł odnawialnych z siatką popytu na energię w połączeniu z trudnościami, kosztami i czasochłonnością budowy nowej infrastruktury energetycznej (sieci elektroenergetyczne) każe spojrzeć na możliwość wykorzystania dostępnej infrastruktury gazowej, nawet jeśli jej wykorzystanie wiązać się będzie z emisją gazów cieplarnianych.

## **ROZWÓJ SYSTEMÓW MAGAZYNOWANIA ENERGII**

Przyszłemu rozwojowi systemów magazynowania energii, ma towarzyszyć postęp technologiczny i związany z tym relatywny spadek kosztów wytwarzania. Przeszkodą w obniżeniu kosztów magazynowania energii mogą być związane ze wzrostem cen surowców wykorzystywanych do produkcji magazynów i geograficzne zróżnicowanie koncentracji tych surowców. Wszystko to może istotnie wpływać na kształt i ciągłość łańcucha dostaw. Systemy gazowe, w tym gazów odnawialnych, mogą stanowić istotny element w budowaniu chemicznych magazynów energii, których łatwość wykorzystania, wielkość zgromadzonej energii oraz dostępna infrastruktura będzie elementem kreowania wartości łańcucha dostaw energii decydując równocześnie o bezpieczeństwie i ciągłości dostaw.

## WZRASTAJĄCE ZNACZENIE GENERACJI ROZPROSZONEJ I PROSUMENTÓW ENERGII

Generacja rozproszona staje się coraz bardziej zauważalna nie jako alternatywa dla centralnych źródeł mocy ale jako pożądane uzupełnienie systemu.<sup>13</sup> Wpływ na to mają również wzrastające ceny energii elektrycznej, które napędzają koniunkturę na lokalną strukturę wytwarzania energii. Wielkość w ten sposób generowanej energii uzależniona będzie od dostępnych i ekonomicznie uzasadnionych (w relacji nakładów inwestycyjnych i osiągniętych rezultatów) nośników energii (woda, wiatr, słońce). Budowa rozproszonej energetyki (głównie fotowoltaiki) pomimo wysokich kosztów inwestycyjnych wykazała się dotąd stosunkowo dużą odpornością na skutki pandemii covid z uwagi na politykę wsparcia państw promujących tego typu rozwiązania. Polityka zachęt dodatkowo wpływać będzie pozytywnie na budowę tego typu aktywów, gdzie część lub całość koniecznej produkcji, magazynowania i wykorzystywania energii będzie się odbywała w lokalizacjach własnych odbiorców.

Rosnące znaczenie prosumentów z jednej strony utrudnia planowanie i wpływa na stabilność systemu, z drugiej pozwalając odbiorcom aktywnie uczestniczyć w rynku, a w skrajnych przypadkach nawet całkowicie uniezależnić się od dostawcy energii.<sup>14</sup>

## RE-ELEKTRYFIKACJA GOSPODAREK

Z uwagi na fakt, że energia elektryczna jest najpowszechniejszym sposobem wykorzystania czystej energii, kluczem do budowy nowoczesnego systemu energetycznego ma być re-elektryfikacja gospodarek.

Założenia Fit for 55 wiążą się ze wzrostem zużycia energii elektrycznej przez samochody osobowe, pompy ciepła, elektrolizery i instalacje przemysłowe.<sup>15</sup> Zgodnie z opublikowanym przez Eurelectric raportem „Decarbonisation Pathways”, w roku 2050 energia elektryczna będzie odgrywała wiodącą rolę w sektorze transportowym, stanowiąc 63% łącznego

---

<sup>13</sup> I. Horzela, A. Nowakowska-Krystman, M. Piotrowska-Trybull, J. Gryz, T. Kownacki, R. Wiśniewski, S. Gromadzki, *Energy Portfolio of the Eastern Poland Macroeconomic Region in the European Union*, *Energies* 2021, 14, doi.org/10.3390/en14248426

<sup>14</sup> T. Olkusiński, K. Stala-Szlugaj, *Tendencje zmian występujących w światowej energetyce*, [https://se.min-pan.krakow.pl/pelne\\_teksty31/k31\\_zn\\_z/k31zn98\\_olkuski-stala-szlugaj\\_z.pdf](https://se.min-pan.krakow.pl/pelne_teksty31/k31_zn_z/k31zn98_olkuski-stala-szlugaj_z.pdf), (dostęp: 3.02.2023)

<sup>15</sup> *Goldman Sachs: Najlepsza droga do Fit for 55 to masowa elektryfikacja*, <https://www.bankier.pl/wiadomosc/Goldman-Sachs-najlepsza-droga-do-Fit-for-55-to-masowa-elektryfikacja-8267456.html>, (dostęp: 3.02.2023)

końcowego zużycia energii, a nawet połowa procesów przemysłowych zostanie bezpośrednio zelektryfikowanych.<sup>16</sup>

## DIGITALIZACJA SEKTORA ENERGII

Re-elektryfikacja gospodarek z dominującą rolą produkcji energii opartej na źródłach odnawialnych (energia wiatrowa, słoneczna) wymaga inteligentnych urządzeń i technologii informatycznych, oferujących usługę „uelastycznienia” popytu i podaży energii elektrycznej. Digitalizacja sektora energii poprzez integrację inteligentnych urządzeń z cyfrową analizą danych zwiększa świadomość konsekwencji prowadzonych działań, minimalizując możliwe zdarzenia negatywnie wpływające na system energetyczny. Jest o szczególnie istotne w sytuacji złożonych infrastrukturalnych wymagających szybkiego podejmowania decyzji w czasie rzeczywistym, co umożliwiają algorytmy Big Data i AI. Poza analizą i zarządzaniem siecią, zastosowania sztucznej inteligencji w sektorze odnawialnych źródeł energii obejmują prognozowanie zużycia energii i konserwację predykcyjną odnawialnych źródeł energii. Ponadto zastosowanie Internetu energii w aplikacjach, które są zdolne przewidywać poziomy przepustowości sieci umożliwiają autonomiczny handel i ustalanie cen w funkcji czasu.<sup>17</sup>

## GOSPODARKA OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

Kluczowym pojęciem w gospodarce o obiegu zamkniętym (ang. circular economy) jest minimalizowanie zużycia surowców i energii poprzez tworzenie zamkniętych procesów.<sup>18</sup> Odpady pochodzące z niektórych procesów stawałaby się surowcami w innych, co zapewnia po pierwsze jak najmniejsze zużycie zasobów, po drugie – ograniczenie produkcji odpadów.<sup>19</sup> W przejściu do gospodarki o obiegu zamkniętym dużą rolę do odegrania ma transformacja energetyczna, której cele w dużej mierze są zgodne z ideą gospodarki obiegu zamkniętego. Wiele rządów i prawodawców już dziś dostrzega, że powstanie niskoemisyjnej gospodarki

---

<sup>16</sup> PKEE: *Elektryfikacja powinna być kołem zamachowym transformacji energetycznej*, Biznes Alert 15 czerwca 2020, <https://biznesalert.pl/pkee-elektryfikacja-transformacja-energetyczna/>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>17</sup> *Top 10 Renewable Energy Trends & Innovations in 2023*, <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>18</sup> *Deloitte: 6 megatrendów, które będą miały wpływ na gospodarkę*, <https://goldenmark.com/pl/mysaver/6-megatrendow>, (dostęp: 1.02.2023)

<sup>19</sup> *Idea gospodarki o obiegu zamkniętym a energetyka*, Po prostu energia, 7 grudnia 2020, <https://poprostuenergia.pl/blog/idea-gospodarki-o-obiegu-zamknietym-a-energetyka/>, (dostęp: 6.02.2023)

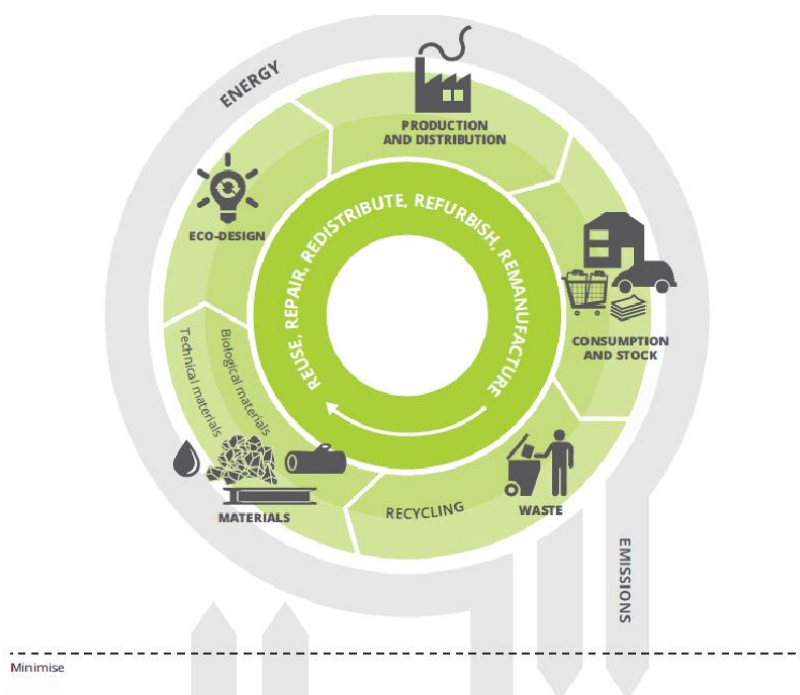


obiegu zamkniętego nie jest już tak nieosiągalne jak kiedyś i że popieranie tego typu rozwiązań może przynosić korzyść finansową. Możliwość włączenia odpadów i CO<sub>2</sub> do tworzenia nowych produktów i usług staje się dostrzegalną wartością biznesową. Emisje, przez lata wymagające kosztownych zabiegów utylizacyjnych, mogą stać się produktami poszukiwanymi przez nabywców, prowadząc do powstania nowej, czystszej gospodarki obiegu zamkniętego.<sup>20</sup> (Rysunek 1)

Rozwój sektora wychwytywania i utylizacji dwutlenku węgla (CCUS), jako globalnego trendu w kierunku bardziej ambitnych celów klimatycznych wiąże się zatem z modelem obiegu zamkniętego jako elementu szerszej koncepcji zagospodarowania CO<sub>2</sub>. Zagospodarowanie nadmiarowego CO<sub>2</sub>, może przemodelować wykorzystanie gazu ziemnego i wodoru do produkcji gazów syntetycznych.<sup>21</sup>

Rys. 1.

Gospodarka obiegu zamkniętego



Źródło: S. Kalambura, A. Racz, *Hazardous waste in new trends of circular economy*,

[https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-model-of-the-circular-economy-for-materials-and-energy-Source-EEA-based-on\\_fig1\\_308993935](https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-model-of-the-circular-economy-for-materials-and-energy-Source-EEA-based-on_fig1_308993935), (dostęp: 3.02.2023)

<sup>20</sup> *Fostering Effective Energy Transition 2021 edition*, World Economic Forum, 20 April 2021, <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021/in-full/appendix-methodology/>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>21</sup> *HIS Markit Top 10 Cleantech Trends 2022*, <https://cdn.ihsmarkit.com/www/pdf/0222/IHS-Markit...> (dostęp: 6.02.2023)

Niezależnie od powyższych uwarunkowań należy spodziewać się, iż w przewidywalnej perspektywie w coraz większym stopniu wprowadzane będą dla różnych gałęzi przemysłu restrykcje i ograniczenia związane z emisją CO<sub>2</sub>. Brak możliwości wykazania „czystego” łańcucha produkcji przez polskie przedsiębiorstwa może, już niedługo, w istotny sposób ograniczać ich konkurencyjność na rynku międzynarodowym, ograniczając ich potencjał rozwojowy. Te uwarunkowania w naturalny sposób będą przekładać się na brak konkurencyjności polskiej gospodarki jako takiej i brak możliwości kreowania nowych miejsc pracy.

Produkcja i wykorzystanie gazów odnawialnych poprzez ujęcie ich w bilansie energetycznym gmin i regionów umożliwi stworzenie zintegrowanej koncepcji rozwojowej optymalnie wykorzystującej posiadane zasoby własne. Jest to niezbędny warunek tworzenia zrównoważonej gospodarki nastawionej na ochronę środowiska i rozwój lokalnych gospodarek. W zależności od zastosowanej technologii udział w gospodarce obiegu zamkniętego mogą mieć zarówno gaz ziemny, biogaz i biometan, gaz syntetyczny oraz wodór.

W przypadku gazu ziemnego jego wpisanie się w cykl obiegu zamkniętego warunkowane jest zagospodarowaniem głównie dwutlenku węgla pochodzącego z jego spalania. Dostępne dziś i rozwiane nadal technologie wskazują na możliwość zagospodarowania wytworzonego w ten sposób CO<sub>2</sub> do produkcji węgla.

Produkcja biogazu i biometanu jest przykładem wykorzystania gazów w gospodarce obiegu zamkniętego poprzez recyklingu lokalnych strumieni bioodpadów wykorzystywanych do produkcji energii zawartej w paliwie gazowym. Zagospodarowanie odpadów przy jednoczesnej produkcji energii chemicznej zawartej w pofermencie będącym nawozem organicznym czynią biogaz i biometan zasadniczym elementem części prawdziwie zrównoważonego podejścia opartego na obiegu zamkniętym.

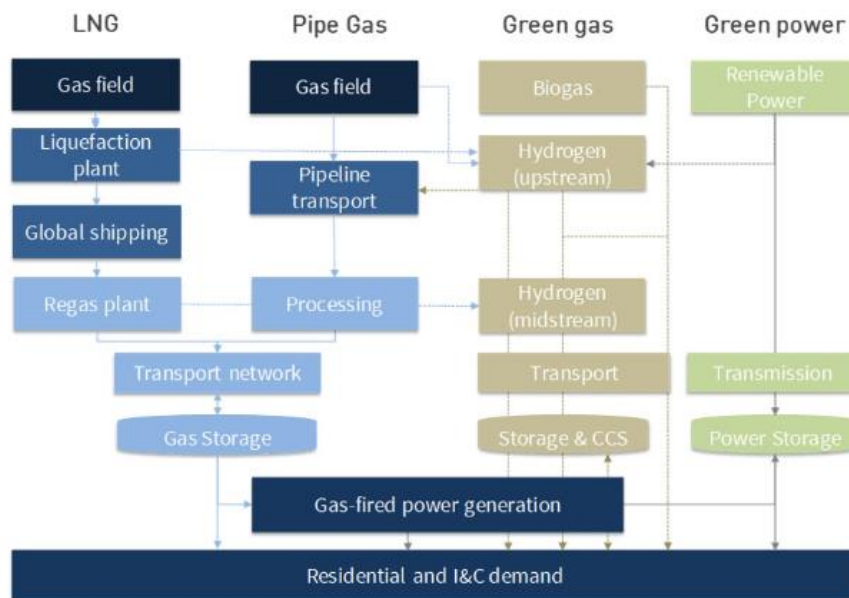
W zakresie wodoru jego udział w gospodarce obiegu zamkniętego wiąże się w głównej mierze z brakiem emisji szkodliwych substancji przy jego wykorzystaniu. Pozyskanie wodoru wymaga jednak nakładu energii i w zależności od technologii pozyskania wiązać się może z wytworzeniem gazów cieplarnianych. Uwarunkowania te decydują finalnie o możliwości wykorzystania wodoru w obiegu gospodarki zamkniętej.

## ŁĄCZENIE SEKTORÓW

Konieczność holistycznej analizy rynku energii w Polsce wynika z często nieuświadomionego a w praktyce występującego związku i zależności pomiędzy sektorami energetycznymi. Idea integracji sektorów i związane z tym postrzeganie całej gospodarki jako elastycznego współdziałania procesów wytwarzania, zużycia i magazynowania energii kładzie nacisk na postrzeganie całej gospodarki energetycznej jako elastycznego zbioru procesów wytwarzania, zużycia i magazynowania energii.<sup>22,23</sup> (Rysunek 2)

Rys. 2.

Sieć integracji sektorów



Źródło: <https://www.westernpower.co.uk/downloads-view-reciteme/2650>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>22</sup> Na czym polega integracja sektorów (sector coupling)?, <https://www.next-kraftwerke.pl/leksykon/integracja-sektorow-sector-coupling>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>23</sup> P. Kacejko (red.), *Łączenie sektorów zielonej energii. Co to oznacza dla Polski? Elektryfikacja, decentralizacja, digitalizacja*, Instytut Jagielloński, Warszawa czerwiec 2020, [https://jagiellonski.pl/news/722/laczenie\\_sektorow](https://jagiellonski.pl/news/722/laczenie_sektorow), (dostęp: 6.02.2023)

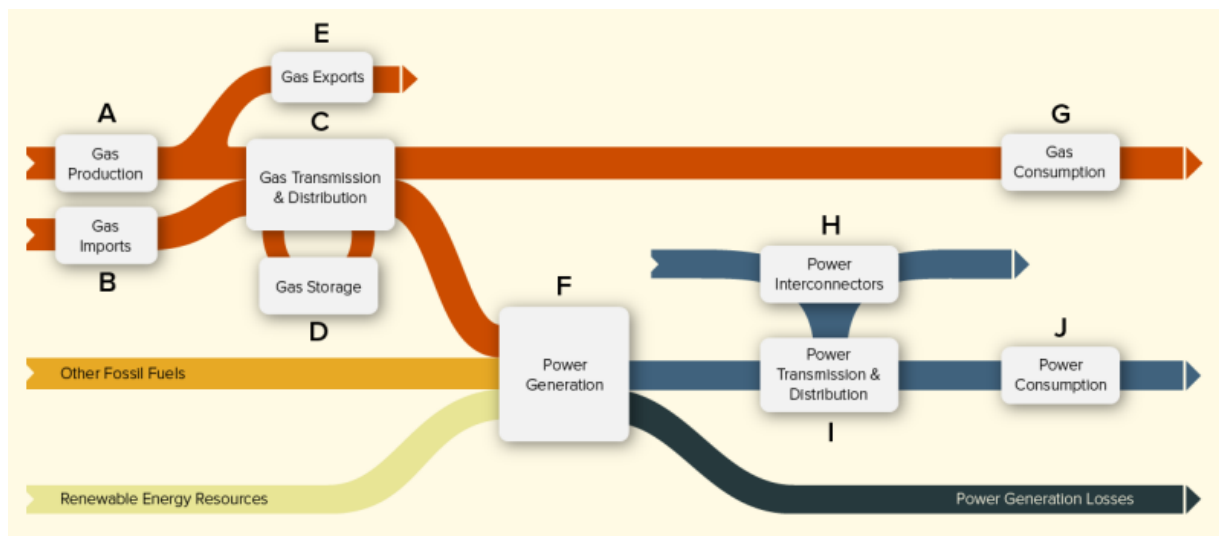
Gazownictwo w wielu wymiarach transportowanych gazów jako „gazowa forma energii elektrycznej” umożliwia integrację sektorową<sup>24</sup>. W przypadku sektora elektroenergetycznego i sektora gazowego analiza takiej zależności wiąże się z kilkoma aspektami:

- zależnością zmienności obciążenia systemów (elektroenergetycznego, gazowego) od ciągłości działania jednego z nich;
- konieczności budowy kompleksowego i wspólnego modelu branży elektroenergetycznej i gazowniczej opisującego łańcuch dostaw gaz-energia elektryczna. (Rysunek 3)

Jakkolwiek stopień współzależności sektora gazowniczego i elektroenergetycznego będzie zróżnicowany w zależności od kraju, to znaczenie sektora elektroenergetycznego dla rynku gazu ziemnego posiada tendencje rosnącą.

Rys. 3.

Gaz ziemny w łańcuchu dostaw energii



Źródło: *A holistic framework for the study of interdependence between electricity and gas sectors*, The Offord Institute for Energy Studies, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2015/11/EL-16.pdf>, (dostęp: 6.02.2023)

<sup>24</sup> *Hydrogen europe vision on the role of hydrogen and gas infrastructure*, [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/hydrogen\\_europe\\_vision\\_on\\_the\\_role\\_of\\_hydrogen\\_and\\_gas\\_infrastructure.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/hydrogen_europe_vision_on_the_role_of_hydrogen_and_gas_infrastructure.pdf), (dostęp: 6.02.2023)

Przedstawiony na rysunku diagram bilansu energetycznego służy do zilustrowania segmentów łańcucha dostaw energii. Bloki na diagramach rozszerzonego łańcucha dostaw reprezentują infrastrukturę niezbędną do umożliwienia przepływu energii od strony podaży do strony popytu.

Zarówno infrastrukturę elektroenergetyczną oraz gazową łączy duża kapitałochłonność i czas wymagany do jej stworzenia. W zależności od konfiguracji bilansu energetycznego gaz bezpośrednio jest konsumowany przez odbiorców końcowych lub też stanowi element łańcucha dostaw energii elektrycznej.<sup>25</sup>

Niezalenie od aktualnie funkcjonującego rynku gazu ziemnego jego integracja z systemami innych gazów odnawialnych wydaje się nieunikniona. W listopadzie 2019 r. opublikowana została rekomendacja Agencji ds. Współpracy Organów Regulacji Energetyki (ACER) w zakresie zmian na unijnym rynku gazu, w tym w kontekście celów środowiskowych i klimatycznych Unii. W rekomendacji tej wskazuje się na potrzebę opracowania wspólnej siatki pojęciowej i standardów technicznych dla gazów odnawialnych na potrzeby transgranicznego obrotu gwarancjami pochodzenia gazu, ale też na konieczność opracowania odpowiednich rozwiązań, zwiększających integrację instalacji wytwarzających biogaz z siecią gazową. W szczególności, wskazuje się, że: *„Tam, gdzie rynek rozwija nową infrastrukturę, taką jak instalacje power-to-gas lub biogazownie, istnieje potrzeba koordynacji z dostępnością i rozwojem sieci. Rozpoczyna się ona od zobowiązania OSD do publikowania informacji o względnej łatwości zintegrowania nowych aktywów. Efektywność ekonomiczna będzie prawdopodobnie najlepiej zapewniona, jeśli zostanie to poparte sygnałem cenowym, takim jak opłaty za przyłączenie, ale w każdym razie konieczne będzie wdrożenie odpowiednich procesów w celu zapewnienia równych warunków działania [level playing field]. Choć jest oczywiste, że operatorzy sieci nie mogą inwestować w same aktywa, powinna istnieć możliwość skutecznej koordynacji, tak aby sieci mogły przyjmować rozwiązania oferowane przez rynek.”*<sup>26</sup>

Kolejnym kierunkiem rozwoju szeroko pojętej energetyki ma być elektro-mobilność poprzez wprowadzenie pojazdów eklektycznych, w tym autonomicznych co będzie bodźcem do

---

<sup>25</sup> *A holistic framework for the study of interdependence between electricity and gas sectors*, The Offord Institute for Energy Studies, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2015/11/EL-16.pdf>, (dostęp: 6.02.2023)

<sup>26</sup> *A holistic framework for the study of interdependence between electricity and gas sectors*, The Offord Institute for Energy Studies, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2015/11/EL-16.pdf>, (dostęp: 6.02.2023)

tworzenia się nowych rodzajów działalności i zwiększy zapotrzebowanie na energię elektryczną i wodór jako nośnik energii do produkcji energii w ogniowach paliwowych.<sup>27</sup>

## CZWARTA REWOLUCJA PRZEMYSŁOWA

Postęp technologiczny i zamiany społeczne dały impuls do zjawiska określanego jako czwarta rewolucja przemysłowa, u progu której jesteśmy. Nowa rewolucja przemysłowa łączy istniejące technologie, jednocześnie zacierając granice między sferami fizyczną, cyfrową. Umiejętności spożytkowania strumienia informacji płynącego z połączonych zasobów, a także podejmowanie na ich podstawie świadomych decyzji, są ważne z perspektywy pełnego urzeczywistnienia potencjału Przemysłu 4.0<sup>28</sup> Idea Przemysłu 4.0 integrując dostępne rozwiązania łączy je w inteligentną sieć która na podstawie wzajemnych oddziaływań komponentów ją tworzących proponuje możliwe optymalne rozwiązania. W zakresie szeroko pojętej energetyki dotyczy to zarówno aspektów związanych z łączeniem sektorów, digitalizacją sektora energii czy gospodarką obiegu zamkniętego.

Pomyślnie wdrożenie nowej gospodarki opartej o założenia rewolucji przemysłowej 4.0. wymaga zwiększenia udziału technologii opartych o gazy niskoemisyjne, w tym technologii wodorowych, gazów syntetycznych i biogazów w szczególności biometanu. Do realizacji pożądanej skali zwiększenia nowoczesnych technologii opartych o źródła nisko i zeroemisyjne konieczna jest sprecyzowana wizja mająca swoje oparcie na szczegółowych założeniach dotyczących analizy potrzeb, kierunków rozwoju, środków na nie przeznaczonych i harmonogramu ich odciągnięcia. Powyższe musi uwzględniać uwarunkowania społeczno-gospodarcze, w tym konieczność pozyskania i budowy nowych kompetencji. Jasno sprecyzowaną i gwarantowaną przez Państwo długofalową politykę obejmującą system subsydiowania nowych technologii (dotacje) i zachęt zmian technologicznych (akcyza, podatek energetyczny). Zintensyfikowanie przemysłanych i kierunkowych prac w zakresie B+R, zmiany legislacyjne obejmujące kwestie regulacji i zezwoleń bezpieczeństwa oraz dostępności i gwarancji finansowania<sup>29</sup>.

---

<sup>27</sup> Deloitte: *6 megatrendów, które będą miały wpływ na gospodarkę*, op. cit.

<sup>28</sup> *Raport: Paradoksy Przemysłu 4.0*, <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/technology/articles/4-rewolucja-przemyslowa-raport.html>, (dostęp: 3.02.2023)

<sup>29</sup> J. Gigler, M. Weeda, R. Hoogma, J. de Boer, *A programmatic approach for Hydrogen innovations in the Netherlands for the 2020-2030 period* Hydrogen for the energy transition. TKI NIEUW GAS Topsector Energie, <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files...>, (dostęp: 6.02.2023)

Identyfikacja i eliminacja wąskich gardeł technologicznych, prawnych, finansowych koniecznych do udroźnienia jako element umożliwiający szybki start technologii niskoemisyjnych. Silny bodziec rozwojowy mogą stanowić tworzące się klastry technologiczne skupiające zasoby finansowanie, technologiczne i surowcowe oraz know-how konieczne do osiągnięcia zamierzonego celu.

## PODSUMOWANIE

Odnosząc opisane trendy zmian w sektorze energetycznym do możliwości rozwojowych przykładowej firmy (F) można wskazać na czynniki zamieszczone w poniżej tabeli stanowiące „obraz” aktualnych szans, zagrożeń i wyzwań (Tabela 1).

Tabela 1.

Zestawienie szans, wyzwań i zagrożeń dla przykładowej firmy (F)

SZANSE:	WYZWANIA:	ZAGROŻENIA:
<p>1. Rola gaz ziemnego jako paliwa pomostowego w transformacji energetycznej.</p> <p>2. Trend rosnącego zapotrzebowania na paliwo gazowe ze strony dużych i średnich odbiorców i elektroenergetyki na przestrzeni kolejnych kilku lat. (trend przeciwny malejącego zapotrzebowania na gaz w gospodarstwach domowych)</p> <p>3. Potencjał sieci dystrybucyjnej OSD w ilości ponad 203 tys. kilometrów umożliwiający jej wykorzystania do transportu OZE (biometanu, wodór, gaz syntezowy).</p> <p>4. Rosnące znaczenie biometanu, wodoru i gazów syntezowych, jako alternatywnych źródeł paliwa gazowego przy jednoczesnym ograniczaniu emisji CO<sub>2</sub> uruchomienie prac w nakreśleniu transformacji F.</p> <p>5. Posiadanie potencjalnych punktów wejścia niskoemisyjnych paliw do dystrybucyjnej sieci gazowej F z sieci OGP GAZ-SYSTEM S.A.</p>	<p>1. Analiza wpływu domieszek wodoru na funkcjonowanie sieci gazowej a także stworzenie wytycznych dotyczących sieci i instalacji gazowych określających zasady bezpiecznej dystrybucji.</p> <p>2. Konieczność poniesienia dodatkowych wysokich nakładów finansowych na budowę nowej oraz rozbudowę istniejącej infrastruktury w celu przygotowania systemu dystrybucyjnego na planowany miks gazów związany z transformacją energetyczną (przepustowość, szczelność, wytrzymałość itp.)</p> <p>3. Stworzenie warunków dla zwiększenia udziału odnawialnych paliw gazowych w sieci dystrybucyjnej poprzez przyłączenie „źródeł wytwórczych” odnawialnego paliwa gazowego i zwiększenie udziału odnawialnych paliw gazowych w sieci dystrybucyjnej.</p> <p>4. Konieczna zmiana przepisów odnosząc się bezpośrednio do składu mieszaniny gazów odnawialnych z gazem ziemnym jaki możliwy jest w dystrybucji sieciami dystrybucyjnymi (F) i</p>	<p>1. Konflikt zbrojny związany z napaścią Rosji na Ukrainę i związana z tym sytuacja geopolityczna w Europie.</p> <p>2. Ryzyko ograniczenia lub całkowitego wstrzymania dostaw paliwa gazowego Rosji do krajów UE. Niepewna sytuacja energetyczna ma bezpośrednie przełożenie na wzrost cen gazu.</p> <p>3. Poziom inflacji, a tym samym rosnące nakłady i koszty związane z budową nowej i eksploatacją istniejącej sieci gazowej, stanowi poważne ograniczenie do dostępu do gazu ziemnego.</p> <p>4. Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie określa od 1 stycznia 2021 roku nowy wskaźnik (EP) dopuszczalnego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną pomniejszony do poziomu poniżej 70 kWh/m<sup>2</sup>/rok, co znacząco umniejsza rolę gazu ziemnego jako paliwa przejściowego na rzecz OZE i energii atomowej, ponieważ nie jest możliwe spełnienie nowych, zaostrzonych wymagań tylko za pomocą wykorzystania gazu ziemnego.</p>

<p>6. Rozwój infrastruktury produkcji wodoru oraz dedykowanej sieci wodorowej.</p> <p>7. Podjęcie działań przedstawiciela F do Rady Koordynacyjnej do spraw rozwoju sektora biogazu i biometanu utworzonej w oparciu o „Porozumienie biogazowe”.</p> <p>8. Po zakończeniu konfliktu zbrojnego możliwy udział w procesie odbudowy i kształtowania infrastruktury gazowej w Ukrainie tym wykorzystanie możliwości podziemnych magazynów gazu jako elementu zabezpieczenia potrzeb magazynowych Polski.</p> <p>9. Stworzenie multienergetycznego koncernu z PKN ORLEN S.A. umożliwiającego wykorzystanie pełnego wachlarza portfela zasobu energetycznego.</p> <p>10. Możliwa dywersyfikacja portfela dystrybuowanych gazów. W zakresie biometanu w praktyce bez ograniczeń, ale nie mniej niż 10% do 2030r. W przypadku wodoru wymagana konwersacja sieci gazowej lub jej części umożliwiająca przesyłanie zwiększonego domieszkania tego gazu lub budowa dedykowanych sieci wodorowych (do 100% H<sub>2</sub>).</p> <p>11. Rosnąca świadomość ekologiczną, skutkująca akceptacją społeczną transformacji energetycznej.</p> <p>12. Deklarowana współpraca instytucji międzynarodowych dająca możliwość wypracowania zasad przesyłu i dystrybucji gazów niskoemisyjnych.</p> <p>13. Udział gazu ziemnego w ramach programu NFOŚ dotyczącego wymian źródeł ciepła.</p> <p>14. Przewidziane w PEP 2040 zapewnienie możliwości zwiększenia wykorzystania gazu ziemnego w nowych segmentach rynku przez dalsze zwiększanie stopnia gazyfikacji kraju. Upowszechnienie wykorzystania</p>	<p>zmiany przepisów w kontekście zapisów Rozporządzenia „Warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie..”, nowy wskaźnik (EP) dopuszczalnego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną pomniejszony do poziomu poniżej 70 kWh/m<sup>2</sup>/rok winien być zależny od możliwych składów procentowych udziału OZE.</p> <p>5. Stworzenie centrów zarządzania energią (Centralna Dyspozycja Energii) na poziomach regionalnych i centralnym która w swoim portfelu dyspozycji zarządzania energią miałaby nie tylko energię elektryczną (elektrownie węglowe, wodno-szczytowe, wiatrowe w przyszłości kinetyczne czy atomowe), ale również energię z gazu (gaz ziemny, H<sub>2</sub>, biometan) czy energię z ciepła itp., które zarządzane byłyby ze wspomaganiami tzw. „silnika” płynnie zaciągając możliwe dostępne jednostki energii w danej jednostce czasu uwzględniając aktualne ceny na giełdzie i potrzeby rynku.</p> <p>6. Uruchomienie prac w temacie adsorpcyjnego magazynowania metanu na węglach aktywnych w systemie dystrybucji gazu ziemnego. Uwzględniając badania możliwym jest magazynowanie na ogromną skalę okresowego nadmiaru gazu ziemnego związanego z sezonowymi lub dobowymi wahaniami zapotrzebowania ze strony odbiorców. Symulacje wskazują, że w tym przypadku można prowadzić adsorpcję przy ciśnieniu nie przekraczającym 1 MPa, stosując typowy stosunkowo tani adsorbent a w tych warunkach proces jest ekonomicznie konkurencyjny w stosunku do sprężania gazu.<sup>30</sup></p> <p>7. Stworzenie rozwiązań taryfowych pozwalających na</p>	<p>5. Sytuacja ekonomiczna związana ze wzrostem inflacji i stóp procentowych kredytów hipotecznych przy wzroście średniorocznego wskaźnika cen konsumpcyjnych nośników energii i nowych uwarunkowaniach prawnych (EP) w sposób znaczący pomniejsza potencjalny portfel Klientów F.</p> <p>6. Polityka OGP związana z maksymalnym przeniesieniem kosztów związanych z przyłączeniem do przesyłowej sieci gazowej na rzecz F.</p> <p>7. Wzrost poziomu nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacji powodujący zauważalne problemy z uzyskaniem opłacalności inwestycji zwłaszcza dla nowych wniosków przy niższym zapotrzebowaniu na paliwo gazowe.</p> <p>8. Rosnące ceny gazu ziemnego zwłaszcza w sektorze pozataryfowym sięgające nawet kilkuset %.</p> <p>9. Odczuwalne ocieplenie klimatu, rosnący udział pomp ciepła w połączeniu z kolektorami słonecznymi stanowi alternatywę dla ogrzewania i może mieć ogromne znaczenie tym samym spowodować stopniowe odejście odbiorców końcowych od gazu ziemnego.</p> <p>10. Konstrukcja sieci gazowej w której przepustowości spadają wraz z odległością od źródła (stacja gazowa) rodząca problemy z przyłączaniem nowych źródeł gazu (produkcja biometanu, wodoru) na końcówkach sieci</p> <p>11. Brak właściwej przepustowości sieci gazowej godzinowej (zwłaszcza w okresie letnim i godzinach nocnych) skutkuje ogromnymi problemami zwłaszcza dla dużych (pow. 250 m<sup>3</sup>/h) wytwórców biopaliw oraz problemy z gwarantowanymi ciśnieniami w punktach wyjścia z sieci przesyłowej, będących</p>
---	---	---

<sup>30</sup> *Magazynowanie metanu*, <https://9lib.org/article/magazynowanie-metanu-perspektywiczne-kierunki-zastosowania-materia%C5%82%C3%B3w-w%C4%99glowych-aktywowanych.6zkwj1ez>, (dostęp: 6.02.2023)



<p>gazu w postaci LNG i CNG, a przede wszystkim wsparcie rozwoju i modernizacji sektorów elektroenergetyki i ciepłownictwa w oparciu o paliwo gazowe.</p> <p>15. Program „Czyste Powietrze” NFOŚiGW dotyczący dofinansowania na wymianę ogrzewania na gazowe wymian źródeł ciepła domów jednorodzinnych dla ograniczenia emisji pyłów i innych zanieczyszczeń (likwidacja tzw. kopciuchów).</p> <p>16. Przyłączenie dużych obiektów z bazy KOBiZE znacząco oddziałujących na środowisko z segmentu elektroenergetyki i ciepłownictwa stanowi poważne wyzwanie ale również ogromna szansa dla F.</p>	<p>zwiększenie chłonności sieci w okresach mniejszych poborów. Dopasowanie taryf (rabaty) do chłonności godzinowej sieci gazowej (lato, noc), co w dobie kryzysu energetycznego i wysokich cen nośników skutkować może zmianą godzin pracy przemysłu (np. w nocy) co tym samym pozwoliłoby uzyskać większą chłonność i możliwość bez magazynowania biometanu podłączenie do sieci biogazowni.</p> <p>8. Wprowadzanie mechanizmów pozwalających na sterowanie ruchem gazu (pracą stacji gazowych) Gaz System- F optymalizujących możliwość przyjęcia gazów odnawialnych w punktach o ograniczonej chłonności sieci gazowej.</p>	<p>jednocześnie punktami wyjścia do systemu dystrybucyjnego.</p> <p>12. Krajowy Dziesięcioletni Plan Rozwoju Systemu Przesyłowego 2020-2029 (Gaz-System) nie przewiduje założeń osiągnięcia neutralności klimatycznej z udziałem gospodarki obiegu zamkniętego, co niewątpliwie stwarza element niepewności we współpracy w dystrybucji paliwa gazowego z udawałem F.</p> <p>13. Brak uwarunkowań prawnych, standardu oraz wytycznych, co do przyszłych założeń dotyczących zakresu, udziału procentowej domieszki do gazu ziemnego w ramach realizacji usługi związanej z dystrybucją siecią OSD oraz brak praz ukierunkowanych na transport 100% wodoru sieciami F.</p> <p>14. Wydłużający się proces przyłączeniowy z OSP Gaz-System, przyjęty bardzo wysoki standard realizacji inwestycji, coraz wyższe koszty przyłączania cedowane na F stanowią coraz wyższy odczuwalny koszt.</p> <p>15. Ograniczona ilość źródeł finansowania projektów dotyczących infrastruktury gazowej zarówno w zakresie możliwości pozyskania środków finansowych z tytułu posiadanej taryfy gazowej jak i środków zewnętrznych związanych tak z polityką unijną jak i wsparciem krajowym (np. KPO, Program FEnIKS, FTE - Fundusz Transformacji Energetycznej, Fundusz Modernizacyjny).</p> <p>16. Brak alternatywy szybkiego zastąpienia paliw kopalnych cechujących się wysoką emisją CO2 na bezemisyjne (wodór, metan, gazy syntetyczne). Szansa w perspektywie krótko i średniookresowej.</p> <p>17. Konieczność uspoźnienia i korelacji programów wsparcia związanych np. z czystym powietrzem z polityką i możliwościami finansowymi F. Co przekładać się może na konieczność uwzględnienia w programach pomocowych dodatkowych środków na</p>
---	--	--

		inwestycje infrastrukturalne w gazownictwie.
--	--	--

Reasumując, że rozwój portfela dystrybucji niskoemisyjnych paliw gazowych w Polsce jest wypadkową wielu zmiennych, w tym szybkości przebiegu procesów globalnych, regionalnych oraz krajowych. W celu ich zwymiarowania wykorzystano założenia metody PEST<sup>31</sup>, przyjmując na potrzeby artykułu jej rozszerzenie do zakresu PESTL<sup>32</sup> odnosząc szanse i zagrożenia do założonych perspektyw czasowych roku 2030, 2040 i 2050. (Tabela 2, 3, 4)

Tabela 2.

Analiza szans i zagrożeń dla F w kontekście portfela dystrybucji paliw gazowych do roku 2030

Lp.	Czynniki	PESTEL	Szansa	Zagrożenia	Waga	Ocena	Wartość ważona
						2030	
1	Polityka klimatyczna i transformacja energetyczna	P		x	0,2	5	1
2	Wysokie i niestabilne ceny energii	E		x	0,2	5	1
3	Proekologiczne oczekiwania społeczne, realizacja idei gospodarki obiegu zamkniętego	S		x	0,1	4	0,4
4	Bezpieczeństwo energetyczne, zależność importowa i uwarunkowania infrastrukturalne	T		x	0,2	4	0,8
5	Czwarta rewolucja przemysłowa - łączenie sektorów (e-elektryfikacja, digitalizacja, wzrost efektywności energetycznej)	T		x	0,1	1	0,1
6	Wzrost udziału OZE w produkcji energii, rozwój systemów magazynowania energii, kogeneracji rozproszonej oraz wzrost ilości prosumentów	E	x		0,1	2	0,2
7	Znaczenie uwarunkowań prawnych (legislacja i jej wpływ na zakres zmian w energetyce)	L		x	0,1	1	0,1
					1	22	3,6

Tabela 3.

Analiza szans i zagrożeń dla F w kontekście portfela dystrybucji paliw gazowych do roku 2040

Lp.	Czynniki	PESTEL	Szansa	Zagrożenia	Waga	Ocena	Wartość ważona
						2040	
1	Polityka klimatyczna i transformacja energetyczna	P	x		0,2	1	0,2
2	Wysokie i niestabilne ceny energii	E		x	0,2	4	0,8

<sup>31</sup> R. Wiśniewski, T. Kownacki, P. Daniluk, A. Nowakowska-Krystman, *Energy system development op. cit.*

<sup>32</sup> R. Wiśniewski, P. Daniluk, A. Nowakowska-Krystman, T. Kownacki, *Critical Success Factors of the Energy Sector op. cit.*

3	Proekologiczne oczekiwania społeczne, realizacja idei gospodarki obiegu zamkniętego	S		x	0,1	2	0,2
4	Bezpieczeństwo energetyczne, zależność importowa i uwarunkowania infrastrukturalne	T		x	0,2	2	0,4
5	Czwarta rewolucja przemysłowa - łączenie sektorów (e-elektryfikacja, digitalizacja, wzrost efektywności energetycznej)	T		x	0,1	2	0,2
6	Wzrost udziału OZE w produkcji energii, rozwój systemów magazynowania energii, kogeneracji rozproszonej oraz wzrost ilości prosumentów	E		x	0,1	3	0,3
7	Znaczenie uwarunkowań prawnych (legislacja i jej wpływ na zakres zmian w energetyce)	L		x	0,1	2	0,2
					1	16	2,3

Tabela 4.

Analiza szans i zagrożeń dla F w kontekście portfela dystrybucji paliw gazowych do roku 2050

Lp.	Czynniki	PESTEL	Szansa	Zagrożenia	Waga	Ocena	Wartość ważona
						2050	
1	Polityka klimatyczna i transformacja energetyczna	P	x		0,2	3	0,6
2	Wysokie i niestabilne ceny energii	E		x	0,2	3	0,6
3	Proekologiczne oczekiwania społeczne, realizacja idei gospodarki obiegu zamkniętego	S		x	0,1	4	0,4
4	Bezpieczeństwo energetyczne, zależność importowa i uwarunkowania infrastrukturalne	T		x	0,2	1	0,2
5	Czwarta rewolucja przemysłowa - łączenie sektorów (e-elektryfikacja, digitalizacja, wzrost efektywności energetycznej)	T		x	0,1	3	0,3
6	Wzrost udziału OZE w produkcji energii, rozwój systemów magazynowania energii, kogeneracji rozproszonej oraz wzrost ilości prosumentów	E	x		0,1	4	0,4
7	Znaczenie uwarunkowań prawnych (legislacja i jej wpływ na zakres zmian w energetyce)	L		x	0,1	2	0,2
					1	20	2,7

Z otrzymanych zestawień wynika istotne znaczenie czynników zewnętrznych wpływających i kreujących sektor gazowy, jako sektor paliw zdekarbonizowanych. Wraz z upływem czasu dekarbonizacja sektora będzie posiadała charakter silnie rosnący, skutkując ograniczeniem zużycia gazu ziemnego na rzecz innych paliw niskoemisyjnych. Stopień zastępowalności gazu ziemnego przez inne nośniki gazowe uzależniony będzie tak od uwarunkowań politycznych i

prawnych, stymulowanych przez politykę Unii Europejskiej jak i od rozwoju technologicznego warunkującego dostępność i akceptowalność kosztową nowych rozwiązań.

## **BIBLIOGRAFIA** **REFERENCES LIST**

### **PIŚMIENNICTWO** **LITERATURE**

*A holistic framework for the study of interdependence between electricity and gas sectors*, The Offord Institute for Energy Studies, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2015/11/EL-16.pdf>

Buzan B., Waeber O., Wild J., *Security. A New framework For Analysis*, Lynne Rienner: London, UK, 1998

*Dekarbonizacja najszybsza w sektorze energetycznym*, <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/press-releases/articles/dekarbonizacja-najszybsza-w-sektorze-energetycznym.html>

*Deloitte: 6 megatrendów, które będą miały wpływ na gospodarkę*, <https://goldenmark.com/pl/mysaver/6-megatrendow>

*Fostering Effective Energy Transition 2021 edition*, World Economic Forum, 20 April 2021,

<https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2021/in-full/appendix-methodology/>

Gigler J., Weeda M., Hoogma R., de Boer J., *A programmatic approach for Hydrogen innovations in the Netherlands for the 2020-2030 period* *Hydrogen for the energy transition*. TKI NIEUW GAS Topsector Energie, <https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files...>

*Global Megatrends 2050*, [megatrends2050.com/](http://megatrends2050.com/)

*Goldman Sachs: Najlepsza droga do Fit for 55 to masowa elektryfikacja*,

<https://www.bankier.pl/wiadomosc/Goldman-Sachs-najlepsza-droga-do-Fit-for-55-to-masowa-elektryfikacja-8267456.html>

*IHS Markit Top 10 Cleantech Trends 2022*, <https://cdn.ihsmarkit.com/www/pdf/0222/IHS-Markit..>

Horzela I., Nowakowska-Krystman A., Piotrowska-Trybull M., Gryz J., Kownacki K., Wiśniewski R., Gromadzki S., *Energy Portfolio of the Eastern Poland Macroeconomy in the European Union*, *Energies* 2021, 14, [doi.org/10.3390/en14248426](https://doi.org/10.3390/en14248426)

*Hydrogen Europe vision on the role of hydrogen and gas infrastructure*,

[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/hydrogen\\_europe\\_vision\\_on\\_the\\_role\\_of\\_hydrogen\\_and\\_gas\\_infrastructure.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/hydrogen_europe_vision_on_the_role_of_hydrogen_and_gas_infrastructure.pdf)

*Idea gospodarki o obiegu zamkniętym a energetyka*, *Po prostu energia*, 7 grudnia 2020,

<https://poprostuenergia.pl/blog/idea-gospodarki-o-obiegu-zamknietym-a-energetyka/>

Jałowiec T., Wojtaszek H., Miciuła I., *Analysis of the Potential Management of the Low-Carbon Energy Transformation by 2050*, *Energies* 15(7), [doi.org/10.3390/en15072351](https://doi.org/10.3390/en15072351)

Kalambura S., Racz A., *Hazardous waste in new trends of circular economy*,  
[https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-model-of-the-circular-economy-for-materials-and-energy-Source-EEA-based-on\\_fig1\\_308993935](https://www.researchgate.net/figure/A-simplified-model-of-the-circular-economy-for-materials-and-energy-Source-EEA-based-on_fig1_308993935)

Kacejko P. (red.), *Łączenie sektorów zielonej energii. Co to oznacza dla Polski? Elektryfikacja, decentralizacja, digitalizacja*, Instytut Jagielloński, Warszawa czerwiec 2020, [https://jagiellonski.pl/news/722/laczenie\\_sektorow](https://jagiellonski.pl/news/722/laczenie_sektorow)

*Magazynowanie metanu*, <https://9lib.org/article/magazynowanie-metanu-perspektywiczne-kierunki-zastosowania-materia%C5%82%C3%B3w-w%C4%99glowych-aktywowanych.6zkwj1ez>

*Megatrends - Themes - PwC*, <https://www.pwc.nl/en/topics/megatrends.html>

*Na czym polega integracja sektorów (sector coupling)?*, <https://www.next-kraftwerke.pl/leksykon/integracja-sektorow-sector-coupling>

*Office of the Director of National Intelligence - Global Trends*, <https://www.dni.gov/index.php/gt2040-home/gt2040-media-and-downloads>

Olkuski T., Stala-Szlugaj K., *Tendencje zmian występujących w światowej energetyce*, [https://se.min-pan.krakow.pl/pelne\\_teksty31/k31\\_zn\\_z/k31zn98\\_olkuski-stala-szlugaj\\_z.pdf](https://se.min-pan.krakow.pl/pelne_teksty31/k31_zn_z/k31zn98_olkuski-stala-szlugaj_z.pdf)

*PKEE: Elektryfikacja powinna być kołem zamachowym transformacji energetycznej*, *Biznes Alert* 15 czerwca 2020, <https://biznesalert.pl/pkee-elektryfikacja-transformacja-energetyczna/>

*Raport: Paradoksy Przemysłu 4.0*, <https://www2.deloitte.com/pl/pl/pages/technology/articles/4-rewolucja-przemyslowa-raport.html>

Ruszel M., *Rola surowców energetycznych w procesie produkcji energii elektrycznej w UE do 2050 roku*, *Polityka energetyczna*, 2017, 20(3), 6-8.

Schwartz P., *The Art of the Long view*, Currency Doubleday, New York, 1991

*Survey of Economic and Social Developments in the ESCA Region*, United Nations, Nowy Jork 2005

*Top 10 Renewable Energy Trends & Innovations in 2023*, <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/>

Wiśniewski R., Daniluk P., Kownacki T., Nowakowska-Krystman A., *Critical Success Factors of the Energy Sector Security Strategy: Case of Poland*, *Energies* 2022, 15(17), 6270, [doi.org/10.3390/en15176270](https://doi.org/10.3390/en15176270)

Wiśniewski R., Daniluk P., Kownacki T., Nowakowska-Krystman A., *Energy System Development Scenarios: Case of Poland*, *Energies* 15(8), [doi.org/10.3390/en15082962](https://doi.org/10.3390/en15082962)

## **ŹRÓDŁA SOURCES**

ZALECENIE KOMISJI (UE) 2021/1749 z dnia 28 września 2021 r. w sprawie zasady „efektywność energetyczna przede wszystkim”: od zasad do praktyki – Wytyczne i przykłady dotyczące jej wdrażania w procesie podejmowania decyzji w sektorze energetycznym i w innych sektorach, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/HTML/?uri=CELEX:32021H1749&from=EN>

**Wkład w powstanie artykułu: kierowanie pracami, redakcja naukowa – ANK; Wprowadzenie, Podejście teoretyczne, Badanie, Podsumowanie – JK, DS.**

---



Copyright (c) 2023 Aneta Nowakowska-Krystman, Jacek Kawuła, Dominik Staśko



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.