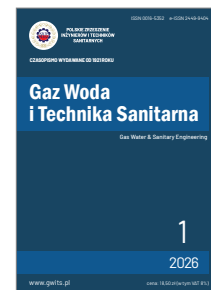




Gaz Woda i Technika Sanitarna

Gas Water & Sanitary Engineering



Artykuł dostępny / Open Access: www.gwits.pl

Sieci gazowe – odrzucona czy niedoceniona wartość dodana transformacji energetycznej

Gas grid – rejected or underestimated added value of the energy transformation

Andrzej Żero^{1*}, Wojciech Grządzielski²

¹ Państwowa Akademia Nauk Stosowanych im. I. Mościckiego w Ciechanowie, Wydział Inżynierii i Ekonomii, Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.

² Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.

* Kontakt / Correspondence: andrzej.zero@pansim.edu.pl

Streszczenie:

Artykuł podejmuje problematykę roli i znaczenia sieci gazowych w kontekście transformacji energetycznej oraz realizacji krajowych strategii klimatyczno-energetycznych – Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku, Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu oraz Krajowego Planu Renowacji Budynków. Autorzy wskazują, że infrastruktura gazowa, mimo postępującej elektryfikacji i dominacji odnawialnych źródeł energii, stanowi istotny i wciąż niedoceniany element systemu energetycznego, umożliwiający stabilizację pracy sieci elektroenergetycznych oraz efektywne wykorzystanie odnawialnych i niskoemisyjnych gazów. Analiza danych krajowych strategii klimatyczno-energetycznych wskazuje na docelowy spadek zużycia gazu ziemnego do 2040 r., przy równoczesnym wzroście udziału biometanu. Tym samym prognozy dla sektora dystrybucji gazu pokazują zmiany w strukturze wolumenu dystrybucji paliw gazowych. Oznacza to możliwość pokrycia krajowego zapotrzebowania na paliwa gazowe z zasobów krajowych, co znacząco zwiększa bezpieczeństwo energetyczne. W dalszej części pracy przedstawiono analizę stabilności pracy biometanowni w Europie oraz biogazowni w Polsce. Porównanie wskazuje główne czynniki wpływające na ich dostępność, do których zaliczyć można regulacyjne, finansowe oraz techniczne. Autorzy podkreślają, że biometanownie, jako stabilne źródła energii, mogą stanowić istotny element bilansowania systemu energetycznego oraz przyczynić się do dekarbonizacji gospodarki. Wnioski wskazują, że sieci gazowe i technologie gazowe nie powinny być marginalizowane w procesie transformacji energetycznej. Ich integracja z sektorem odnawialnych źródeł energii oraz rozwój produkcji biometanu mogą stanowić kluczowy czynnik wspierający dekarbonizację, bezpieczeństwo energetyczne i wykorzystanie lokalnych zasobów energetycznych.

Słowa kluczowe: transformacja energetyczna, sieci gazowe, biometan, dekarbonizacja, bezpieczeństwo energetyczne

Abstract:

This article addresses the role and importance of gas networks in the context of energy transition and the implementation of national climate and energy strategies – Poland's Energy Policy until 2040, the National Energy and Climate Plan, and the National Building Renovation Plan. The authors point out that gas infrastructure, despite ongoing electrification and the dominance of renewable energy sources, is a crucial and still underestimated element of the energy system, enabling the stabilization of power grids and the efficient use of renewable and low-carbon gases. Analysis of data from national climate and energy strategies indicates decrease of a target natural gas consumption by 2040, with a simultaneous increase share of biomethane. Consequently, forecasts for the gas distribution sector show changes in the structure of gaseous fuel distribution volumes. This means that domestic demand for gaseous fuels can be met from domestic resources, significantly increasing energy security. The paper then presents an analysis of the stability of biomethane plants in Europe and biogas plants in Poland. The comparison identifies the main factors influencing their availability, including regulatory, financial, and technical factors. The authors emphasize that biomethane plants, as stable energy sources, can be a crucial element in balancing the energy system and contribute to the decarbonization of the economy. Their conclusions indicate that gas networks and gas technologies should not be marginalized in the energy transition process. Their integration with the renewable energy sector and the development of biomethane production can be a key factor supporting decarbonization, energy security, and the use of local energy resources.

Keywords: energy transformation, gas networks, biomethane, decarbonization, energy security

1. Wprowadzenie

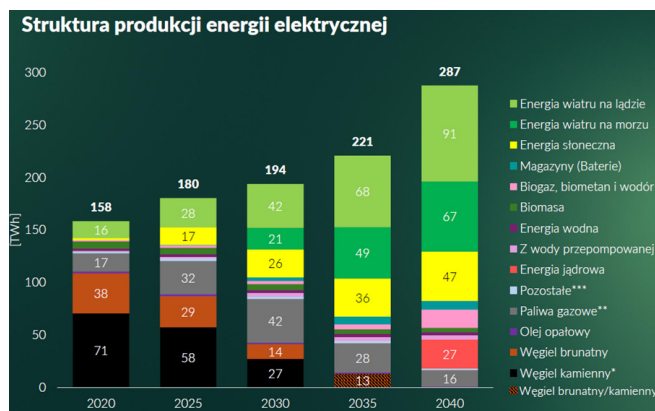
Transformacja energetyczna opiera się na trzech głównych filarach: (i) zapewnieniu przystępnych cenowo i bezpiecznych dostaw energii, (ii) stworzeniu w pełni zintegrowanego, wzajemnie połączonego i cyfrowego rynku energii oraz (iii) nadaniu priorytetu efektywności energetycznej, w tym poprawieniu charakterystyki energetycznej budynków oraz rozwojowi sektora energetycznego opartego głównie na źródłach odnawialnych [1]. Uzupełnieniem i niejako rozwinięciem na obszarze krajowym wskazanych filarów jest Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (PEP2040) [2], która również wskazuje trzy główne filary polskiej polityki energetycznej (i) sprawiedliwa transformacja, (ii) zeroemisyjny system energetyczny oraz (iii) dobra jakość powietrza.

Równolegle używany zwrot zrównoważony rozwój systemów energetycznych czy zrównoważone planowanie tych systemów obejmuje tematycznie transformację energetyczną, w której szczególnie istotny jest aspekt poprawy efektywności energetycznej, poprawy zarządzania zapotrzebowaniem na energię czy integracji sektorów. Zauważyć można podejmowane na szeroką skalę działania w zakresie wzrostu wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w szczególności w zakresie elektryfikacji, przy jednocześnie dość marginalnym wykorzystaniu szans jakie mogą dać sieci gazowe. Wśród unijnych kierunków energii i Zielonego Ładu zidentyfikowane są działania w zakresie: (i) strategii dotyczącej integracji systemu energetycznego, (ii) strategii dotyczącej wodoru, (iii) strategii na rzecz energii z morskich źródeł odnawialnych, (iv) fali renowacji, (v) strategii dotyczącej metanu, (vi) transeuropejskich sieci energetycznych [1].

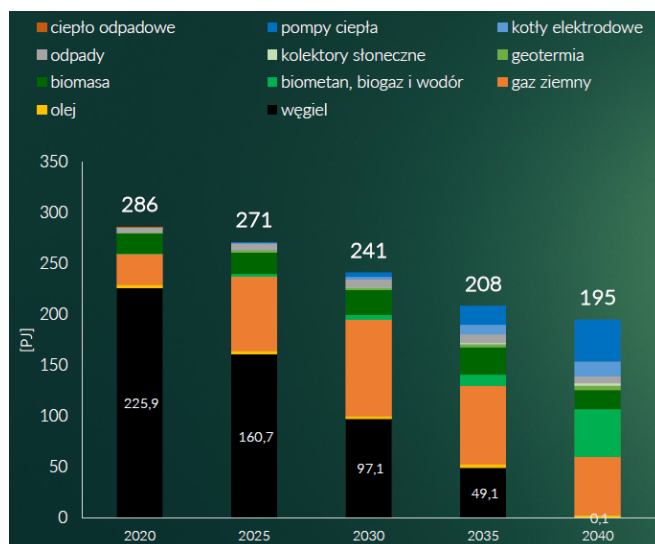
Można odnieść wrażenie, że sieci gazowe wraz z instalacjami i technologiami energetycznego wykorzystania paliw gazowych są odrzucane bądź niedocenione w wymienionych wcześniej działaniach transformacji energetycznej. Przecież zwiększenie wykorzystania czystych źródeł energii, to również szerokie wykorzystanie odnawialnych i niskoemisyjnych gazów. Zarówno sieci gazowe, instalacje i technologie gazowe, to narzędzia w transporcie odnawialnych i niskoemisyjnych gazów jak również narzędzia umożliwiające redukcję emisji gazów cieplarnianych oraz narzędzia do stabilizacji pracy sieci elektroenergetycznych i szerszego wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Wszystko to ma na celu ogólnie ograniczenie negatywnego wpływu działalności człowieka na klimat i środowisko.

2. Plany w zakresie dekarbonizacji

W związku z opublikowaną aktualizacją Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu z perspektywą do 2040, tj. aKPEiK wersja 07.2025 r. [3] w artykule przedstawiono analizę danych zawartych w projekcie aktualizacji. Celem analizy nie była ocena tego dokumentu a analiza przedstawionych wyników i skutków na sektor gazowy – w szczególności działalność gazowych operatorów sys-



Rys. 1. Struktura paliw do produkcji energii elektrycznej [4]
Fig. 1. The structure of fuels for electricity production [4]



Rys. 2. Struktura paliw do produkcji energii cieplnej [4]
Fig. 2. The structure of fuels for heating production [4]

temu dystrybucyjnego (OSD). W planach tego dokumentu przedstawiono strukturę zapotrzebowania na energię pierwotną dla produkcji energii elektrycznej i ciepła, co przedstawiono na Rysunku 1 i 2 [4].

Zauważyć można wyraźny spadek udziału paliw kopalnych w miksie energetycznym w produkcji energii elektrycznej i ciepła. W scenariuszu WAM¹ odpowiednio udział OZE w produkcji energii elektrycznej w roku 2040 ma wynosić około 80% a w przypadku produkcji ciepła około 68%.

Z perspektywy sieci gazowych najważniejsze wydają się plany w zakresie wykorzystania gazu ziemnego, biometanu czy wodoru. Skupiając się jedynie na zakresie dotyczącym gazu ziemnego i biometanu widać, że aKPEiK zakłada znaczący spadek zużycia paliwa gazowego w stosunku do prognozowanego szczytu z lat 2025–2030. Analizując scenariusz WAM na podstawie załącznika nr 1 prognozę zapotrzebowania na paliwa gazowe w zakresie gazu ziemnego i biometanu przedstawia Tabela 1. Widać wyraźnie, że w perspektywie roku 2040 udział paliw odnawialnych, czyli biometanu rośnie do około 26%.

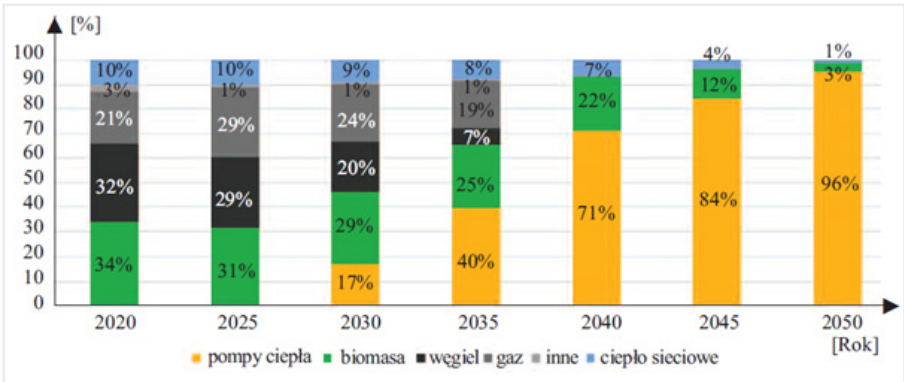
¹ WAM (ang. with additional measures) – scenariusz aktywnej transformacji

Tabela 1. Prognoza zapotrzebowania paliwa gazowego w zakresie gazu ziemnego i biometanu, opracowanie własne na podstawie [3]
Table 1. Forecast of gas fuel demand in the field of cold gas and biomethane, own study based on [3], data in billion m³

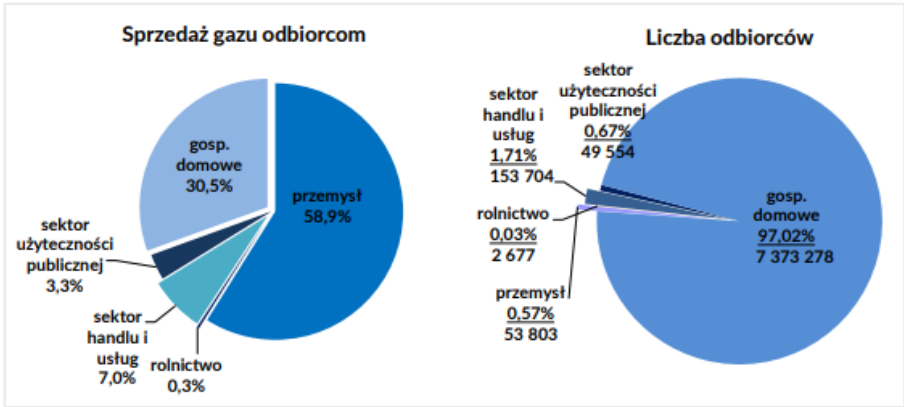
Rodzaj paliwa	2025	2030	2035	2040
Biometan [mld m ³]	0,06	1,39	2,75	3,66
Gaz ziemny [mld m ³]	21,35	20,76	15,00	10,36
Razem [mld m ³]	21,41	22,11	17,75	14,02
Udział biometanu	0,28%	6,31%	15,47%	26,19%

Kolejnym istotnym dokumentem mogącym mieć duży wpływ na rynek paliw gazowych jest projekt Krajowego Planu Renowacji Budynków tj. KPRB [5]. Analizę tego dokumentu i skutków przedstawia [8]. Według KPRB prognoza zapotrzebowania na ciepło z gazu dla budynków jednorodzinnych wskazuje na wycofanie tego paliwa w perspektywie 2040 roku (Rysunek 3).

Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku budynków wielorodzinnych czy użyteczności publicznej. Pomijając czy taki plan jest realny w zakładanej perspektywie to jego materializacja, nawet w dużej części, może przynieść istotne skutki dla operatorów systemów gazowych. Oczywiście jest również, że w tym zakresie wpływ zmian na Operatora Systemu Przesyłowego (OSP) będzie diametralnie inny niż w przypadku OSD. Bazując na strukturze sprzedaży paliw gazowych przedstawionych w Sprawozdaniu z monitorowania paliw gazowych za okres od dnia



Rys. 3. Źródła ciepła budynków jednorodzinnych wg KPRB [6]
Fig. 3. Heat sources for single-family buildings [6]



Rys. 4. Struktura sprzedaży paliw gazowych w 2023 r. [7]
Fig. 4. Gas fuel sales structure in 2023 [7]

1 stycznia 2023 do dnia 31 grudnia 2023 r. [9] można by założyć, że wolumeny do odbiorców z sektora gospodarstw domowych czy też użyteczności publicznej w perspektywie roku 2040 w scenariuszu, w którym renowacja budynków materializuje się zgodnie z planem, mogą się zmniejszyć nawet o około 100%. Strukturę sprzedaży paliw gazowych za rok 2023 przedstawia Rysunek 4.

Skupiając się zatem na sektorze gazowym działalności OSD, w celu określenia potencjalnego wpływu planów wynikających aKPEiK [3] i Krajowego Planu Renowacji Budynków [5], przyjęto następujące założenia:

- na podstawie raportu przygotowanego przez European Biogas Association (EBA) Statistical Report 2024 [8] (European Biogas Association 2024) w zakresie przyłączeń biometanowi do sieci gazowej przyjęto założenie, że 20% wolumenu biometanu zostanie wtłoczone do sieci przesyłowej a od 70%–80% do sieci dystrybucyjnej,
- na podstawie wolumenu dystrybucji gazu Polskiej Spółki Gazownictwa za 2024, który według [9] wynosił 11,94 mld m³, oraz informacji, że PSG zarządza około 95,1% sieci dystrybucyjnej w kraju [7], przyjęto proste założenie, że krajowy wolumen dystrybucji to około 13 mld m³, co według szacunków stanowi około 65%–70% wolumenu paliwa gazowego w Polsce,
- założyć również można, że spadek zapotrzebowania na paliwo gazowe w sektorze odbiorców indywidualnych, wielorodzinnych czy użyteczności publicznej w perspektywie 2040 może sięgnąć 100% wolumenu,

- wg aKPEiK [3] źródła wytwórcze ciepła i energii elektrycznej będą wykorzystywały odnawialne źródła energii od około 80% – 70%, co w przełożeniu na paliwa gazowe (w szczególności na gaz ziemny) oznacza, że będą one wykorzystywane, jako stabilizator systemu lub źródła szczytowe.

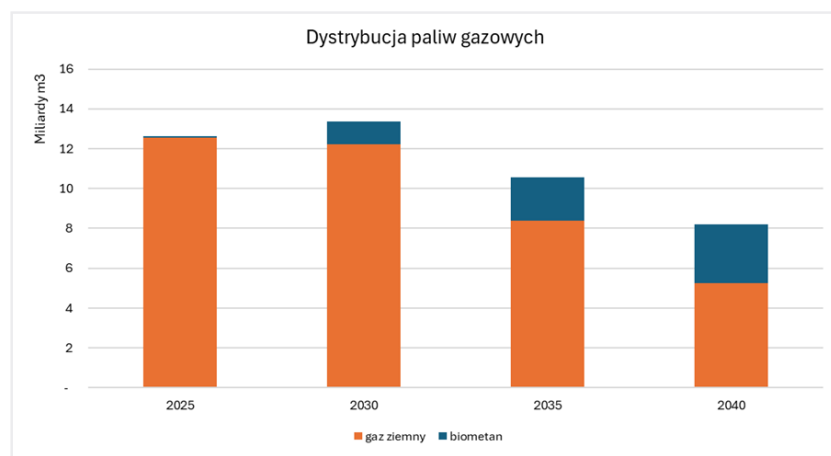
Biorąc powyższe pod uwagę można zaprognozować zmianę struktury dystrybucji gazu ziemnego w perspektywie roku 2040, która może wynieść od 8,18–9,04 mld m³ w stosunku do około 12,6 mld m³ obecnie. Należy przy tym zwrócić uwagę, że przy przyjętych założeniach udział biometanu w sieciach dystrybucyjnych może docelowo stanowić około 3 mld m³ co oznacza, że jego udział będzie zawierać się w przedziale około 33%–36% wolumenu dystrybucji paliw gazowego.

W perspektywie lat 2025-2040 zmiany w sektorze dystrybucji w oparciu o maksymalną materializację założeń [3] [5] przedstawia Rysunek 5.

Reasumując, z powyższych wyliczeń wynika, że dla OSD obecność biometanu w sieci dystrybucyjnej stanowić może „poduszkę bezpieczeństwa”

zmniejszającą ryzyko zmniejszenia poziomu wolumenu dystrybucji paliw gazowych. Dodatkowo obecność biometanu w sieci gazowej to również zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju w ujęciu makroregionalnym czy lokalnym. Uwzględniając prognozy na 2040 r. poziom dystrybucji paliw gazowych w kraju może wynieść na poziomie 8,18–9,04 mld m³, z czego biometanu około 3 mld m³ a krajowego wydobycia gazu ziemnego na poziomie 1,8 mld m³ [10]. Daje to finalnie około 53–59% pokrycia zapotrzebowania na paliwa gazowe w segmencie dystrybucji polegając na zasobach własnych krajowych, czyli bez konieczności importu.

Natomiast prognozowany wolumen biometanu stanowi na tyle duży udział w systemie dystrybucyjnym, że wiedza o ciągłości i stabilności pracy biometanowni dostarczających biometan do sieci gazowych będzie istotną kwestią w zarządzaniu bezpieczeństwem dostaw paliwa gazowego do odbiorców.



Rys. 5. Prognozowane zmiany wolumenów dystrybucji paliwa gazowego w okresie 2025–2040, opracowanie własne

Fig. 5. Forecasted changes in the volume of gas fuel distribution in the period 2025–2040, own study

3. Stabilność pracy biogazowni/biometanowni

Z przykładów pracy obecnie funkcjonujących biometanowni w Europie, instalacje zatłaczania biometanu traktowane są jako stabilne źródła dostaw energii. Zwyczajowo, jako założenie planistyczne, przyjmowana w analizach jest wartość ok. 8000 h/rok [8], co inaczej ujmując oznacza że, łączny czas niedyspozycyjności odpowiada ok. 1 miesiąca.

Analizując dane o wielkości rocznej produkcji i mocach zainstalowanych biometanowni w wybranych krajach (Tabela 2), wynika że czas ich pracy zawiera się pomiędzy 4168–8087 h/rok, co charakteryzuje ich dostępność na poziomie 48–92%.

Nasuwa się pytanie skąd takie rozstęp w czasie pracy biometanowni? Wpływają na to czynniki [18–21], które można pogrupować na:

- techniczno-organizacyjne, m.in. dostępność i logistyka dostawy substratów (sezonowość i magazynowanie), wymagania związane z wykonywaniem prac modernizacyjnych i serwisowych (planowane przestoje na potrzeby przeglądów, kontroli i prac serwisowych), utrzymanie parametrów jakościowych biometanu względem parametrów gazu w sieci gazowej, przyjęte przez operatorów sieci zasady przyłączenia i działania związane z dostosowaniem sieci do ciągłego odbioru wytwarzanego biometanu z instalacji,
- finansowo-regulacyjne, m.in. krajowe systemy wsparcia (świadczenia pochodzenia, taryfy gwarantowane FiT (ang. Feed-in Tariff) i dopłaty do ceny rynkowej FiP (ang. Feed-in Premium), krajowe programy dotacji i pożyczek oraz zachęty podatkowych dla producentów biogazu/biome-

Tabela 2. Charakterystyka produkcji biometanu w wybranych krajach w latach 2022 i 2024, opracowanie własne na podstawie [8, 11–17]

Table 2. Characteristics of biomethane production in selected countries in 2022 and 2024, own study based on [8, 11–17]

2022 r.	Francja	Niemcy	Dania	Wielka Brytania	Szwecja	Jednostka
liczba biometanowni	514	252	53	97	71	[szt]
moc zainstalowana	87 691	147 711	70 105	107 029	45 421	[m ³ /h]
średnia moc biometanowni	171	586	1 323	1 103	640	[m ³ /h]
wielkość produkcji biometanu	6,9	12,8	5,6	6,5	2,7	[TWh]
	0,64	1,19	0,52	0,60	0,25	[mld m ³ /rok]
czas pracy	7 286	8 024	7 396	5 623	5 504	[h/rok]
2024 r.	Francja	Niemcy	Dania	Wielka Brytania	Szwecja	Jednostka
liczba biometanowni	731	255	58	116	135	[szt]
moc zainstalowana	132 818	147 749	85 117	114 358	97 757	[m ³ /h]
średnia moc biometanowni	182	579	1 468	986	724	[m ³ /h]
wielkość produkcji biometanu	11,6	12,753	7,26	8	4,4	[TWh]
	1,07	1,18	0,67	0,74	0,41	[mld m ³ /rok]
czas pracy	8 087	7 992	7 898	6 477	4 168	[h/rok]

tanu oraz operatorów sieci na dostosowanie sieci do ciągłego odbioru wytwarzanego biometanu z instalacji, skala działalności przedsiębiorstwa zajmującego się wytwarzaniem biogazu/biometanu (np. funkcjonowanie dużych przedsiębiorstw charakteryzuje się niską wrażliwością na zmiany czynników w otoczeniu biznesowym aniżeli małych przedsiębiorstw), krajowa polityka energetyczna i kierunki wykorzystania biometanu w sektorach gospodarki,

Dania obecnie posiada największy udział biometanu w sieci gazowej, stąd w sesji pytań i odpowiedzi [21] wskazano pytanie dotyczące skali przypadków braku utrzymania parametrów jakościowych biometanu względem parametrów gazu w sieci gazowej oraz wpływu na pracę sieci gazowej. W ocenie Evida (operatora sieci dystrybucyjnej) przypadki są częste, ale trwają krótko (kilka minut), w którym to czasie automatyka zamyka możliwość wprowadzenia biometanu do sieci i następuje poprawa parametrów jakościowych umożliwiając dalsze jego wprowadzanie. Natomiast przypadki te nie mają znaczącego wpływu na funkcjonowanie sieci gazowej powodując negatywne skutki dla operatora czy odbiorców końcowych.

Analizując rynek biogazu w Polsce [22] wynika, że w 2024 r. 197 instalacji biogazowych o łącznej mocy zainstalowanej 85,706 MW wyprodukowało 272,9 GWh energii elektrycznej, co w odniesieniu do skali roku pozycjonuje ich dostępność na poziomie 3184 h/rok (36%). W odniesieniu do ilości 125,33 GWh sprzedanej i wprowadzonej energii elektrycznej do sieci dystrybucyjnej wygląda to jeszcze gorzej, tzn. 1462 h/rok. Wynik ten jest porównywalny do wyników uzyskiwanych w tzw. „niestabilnych pogodozależnych” farm wiatrowych 1215–1397 h/rok czy fotowoltaicznych 575–804 h/rok. Wśród przyczyn tak niskich czasów wymienić można [23, 24]:

- przymusowe wyłączenia jednostek OZE podlegającym nierynkowemu redysponowaniu mocy, a zaktualizowana Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (IRiESP) jednoznacznie ujmuje biogazownie wytwarzające energię elektryczną w tej grupie jednostek pomimo powszechnej tezy wykorzystania biogazu do bilansowania pogodozależnych instalacji i tym samym wywołuje liczne pytania o rentowność tych instalacji,
- niepewność systemu wsparcia, tzn. kończące się w 2025 r. systemy FiT i FiP oraz ich dalsza dostępność tylko dla mniejszych instalacji, wygaszony system świadectw certyfikatów (zielone certyfikaty), zmiana progów mocy i zasad kwalifikacji biogazowni pod wsparcie oraz preferencji w kierunku wytwarzania biometanu, powodując ryzyko inwestycyjne na rynku biogazu.

Podsumowując czasy pracy i dyspozycyjność wytwarzania energii elektrycznej z biogazu a wytwarzania biometanu w biometanowniach, te drugie można zaliczyć do stabilnych źródeł energii. Natomiast w obu przypadkach czynniki finansowo-regulacyjne są główną determinantą dla ich ciągłej pracy oraz możliwości wykorzystania wytworzonej energii dla dekarbonizacji gospodarki.

4. Wnioski

Przedmiotowa praca to próba odpowiedzi na pytanie czy sieci gazowe są odrzuconą czy niedocenioną wartością dodaną transformacji energetycznej zważając na zachodzące zmiany na rynku i kierunki, jakie zostały określone w krajowych dokumentach planistycznych, tj. PEP2040, aKPEiK, KPRB. Ocena wyników przedstawionych w tych dokumentach wraz ze możliwymi skutkami oddziaływania na sektor gazowy była celem tej pracy. Ich diagnoza może być przydatna w diagnozie możliwych działań zarówno ze strony ustawodawcy, regulatora czy przedsiębiorstw energetycznych. Krajowe dokumenty planistyczne zakładają stabilny wzrost udziału biometanu w sieci gazowej przy jednoczesnym spadku zapotrzebowania na paliwa gazowe w ogrzewaniu budynków. Z tego względu wzrost znaczenia biometanu w sieci gazowej wpływać będzie zarówno na zmniejszenie skali redukcji poziomu dystrybucji paliw gazowych oraz na wzrost bezpieczeństwa energetycznego poprzez energetyczne wykorzystanie lokalnych zasobów gazu ziemnego i potencjału produkcji biometanu. W odniesieniu do tych drugich, kluczowym jest znajomość uwarunkowań stabilności pracy biogazowni i biometanowni. Wiedza o pracy biogazowni, ograniczeniach systemowych sieci gazowej czy sieci elektroenergetycznej oraz czynników finansowo-regulacyjnych wspierać może kształtowanie dla utrzymania ciągłości pracy tych obiektów oraz możliwości wykorzystania wytworzonej energii z biogazu i biometanu dla dekarbonizacji równych sektorów gospodarki.

Literatura

- [1] Komisja Europejska. *Energy and the European Green Deal*, Dostępne online: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_pl (dostęp: 11 października 2025).
- [2] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. *Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040)*. Dostęp online: <https://www.gov.pl/web/polski-atom/uchwala-w-sprawie-polityki-energetycznej-polski-do-2040-r> (dostęp: 11 października 2025).
- [3] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. *Projekt Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r. z perspektywą do 2040 roku*. Dostęp online: <https://www.gov.pl/web/klimat/krajowy-plan-na-rzecz-energii-i-klimatu> (dostęp: 11 października 2025).
- [4] Ministerstwo Klimatu i Środowiska. *Plan na aktywną transformację energetyczno-klimatyczną. Bezpieczeństwo energetyczne, obniżenie cen energii i rozwój gospodarczy w Polsce*. Dostęp online: <https://www.gov.pl/web/klimat/plan-na-aktywna-transformacje-energetyczno-klimatyczna-bezpieczenstwo-energetyczne-obnizenie-cen-energii-i-rozwoj-gospodarczy-w-polsce> (dostęp: 11 października 2025).
- [5] Krajowa Agencja Poszanowania Energii (KAPE S.A.). *Projekt Krajowego Planu Renowacji Budynków 2024*. Dostęp online: <https://www.kape.gov.pl> (dostęp: 11 października 2025).

- [6] Gilewski, P.; Węglarz, A.; Janik, K.; Śniegocki, A.; Kwiatkowski, J.; Rajkiewicz, A.; Pilzak, H.; Junak, K.; Zdanowski, P. *Krajowy Plan renowacji Budynków w Polsce*. Materiały Budowlane 2025, 1 (629).
- [7] Ministerstwo Przemysłu. *Sprawozdanie z wyników monitorowania bezpieczeństwa dostaw paliw gazowych za okres od 1 stycznia 2023 r. do 31 grudnia 2023 r.* Warszawa, 2024.
- [8] European Biogas Association. *EBA Statistical Report 2024*. Dostęp online: https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2024/12/EBA_stats_report_comple-te_241204_preview.pdf (dostęp: 11 października 2025).
- [9] Polska Spółka Gazownictwa. *Projekt planu rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na paliwa gazowe na lata 2024–2028*. Dostęp online: <https://www.psgaz.pl> (dostęp: 11 października 2025).
- [10] Filar, Bogdan, Mariusz Miziołek, Renata Cicha-Szot, Agnieszka Moska, Tadeusz Kwilosz i Tadeusz Szpunar. *Analiza możliwości zwiększenia pojemności czynnej podziemnych magazynów gazu w Polsce*. Nafta-Gaz, nr 9 (2024): 571–580. <https://doi.org/10.18668/NG.2024.09.05>.
- [11] Sia Partners. *Benchmark Europe Biomethane*. Dostęp online: https://www.sia-partners.com/system/files/document_download/file/2023-12/Sia%20Partners_Benchmark_Europe_Biomethane.pdf (dostęp: 11 października 2025).
- [12] Biogas Community. *European Biomethane Capacity Hits 7 Bcm*. Dostęp online: <https://biogascommunity.com/2025/06/30/european-biomethane-capacity-hits-7-bcm> (dostęp: 11 października 2025).
- [13] European Biogas Association. *European Biomethane Map 2025*. Association. Dostęp online: <https://www.european-biogas.eu/european-biomethane-map-2025/> (dostęp: 11 października 2025).
- [14] NATRA Group. *Gas Markets Press Release 2024*. Dostęp online: <https://www.natrangroupe.com/sites/default/files/pr/press-release-2024-gas-markets-04032025.pdf> (dostęp: 11 października 2025).
- [15] Bioenergy News. *UK Biomethane Is Valuable but Too Limited for Widespread Heating*. Dostęp online: [https://www.bioenergy-news.com/news/uk-biomethane-is-valuable-](https://www.bioenergy-news.com/news/uk-biomethane-is-valuable-but-too-limited-for-widespread-heating-new-report-says/)
- [but-too-limited-for-widespread-heating-new-report-says/](https://www.bioenergy-news.com/news/uk-biomethane-is-valuable-but-too-limited-for-widespread-heating-new-report-says/) (dostęp: 11 października 2025).
- [16] Forsyningstilsynet. *National Report 2025*. Dostęp online: <https://forsyningstilsynet.dk/Media/638924853153921019/2025%20National%20Report%20.pdf> (dostęp: 11 października 2025).
- [17] PwC. *Evoluzione del ruolo del biometano*. Dostęp online: <https://www.pwc.com/it/en/industries/energy-utilities1/evoluzione-ruolo-biometano.html> (dostęp: 11 października 2025).
- [18] IEA Bioenergy Task 37. *Biomethane Status 2014*. Dostęp online: <https://task37.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/32/2022/02/biomethane-status-2014.pdf> (dostęp: 11 października 2025).
- [19] Ó Céileachair, D., O'Shea, R., Murphy, J. D., & Wall, D. M. (2022). The effect of seasonal biomass availability and energy demand on the operation of an on-farm biomethane plant. *Journal of Cleaner Production*, 133129. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133129>
- [20] International Energy Agency. *Outlook for Biogas and Biomethane*. Dostęp online: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/5b757571-c8d0-464f-baad-bc30ec5ff46e/OutlookforBiogasandBiomethane.pdf> (dostęp: 11 października 2025).
- [21] Juran Benchmarking. *Implementing biomethane in transmission and distribution networks*. Dostęp online: <https://juranbenchmarking.com/implementing-biomethane-in-transmission-and-distribution-networks/> (dostęp: 11 października 2025).
- [22] Urząd Regulacji Energetyki. *Raport art. 17 za 2024 r.* Dostęp online: <https://bip.ure.gov.pl/download/3/19585/RAPORTart17za2024.pdf> (dostęp: 11 października 2025).
- [23] Magazyn Biomasa. *Operator sieci będzie mógł wyłączyć biogazownię*. Dostęp online: <https://magazynbiomasa.pl/operator-sieci-bedzie-mogl-wylaczyc-biogazownie/> (dostęp: 11 października 2025).
- [24] Najwyższa Izba Kontroli. *Biomasa w produkcji energii elektrycznej*. Dostęp online: <https://www.nik.gov.pl/najnowsze-informacje-o-wynikach-kontroli/biomasa-w-produkcji-energii-elektrycznej.html> (dostęp: 11 października 2025).

