

Dominik Kryzia*, Katarzyna Kryzia**

GAZ ZIEMNY A BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

1. WSTĘP

Rosnąca liczba ludności, postępująca industrializacja oraz poprawa jakości życia powodują, że zużycie energii systematycznie wzrasta. Przekłada się to na wzrost zużycia kopalnych surowców energetycznych, które są podstawowymi nośnikami energii. Obecnie najbardziej pożądanym na świecie surowcem energetycznym jest gaz ziemny. Wynika to z jego licznych zalet, takich jak: czystość spalin, redukcja poziomu emisji dwutlenku węgla, łatwość przesyłu i transportu oraz wysoka sprawność energetyczna [12, 13].

Obecnie zmienia się struktura transportu gazu ziemnego. Wzrasta sprzedaż surowca w formie skroplonej. Rozwój technologii LNG sprawia, że dotychczasowy regionalny handel gazem zaczyna przyjmować charakter globalny. Prognozuje się, że w roku 2030 połowa światowego handlu gazem będzie przypadająca na łańcuch LNG. Powody takiego stanu rzeczy są następujące [12]:

- łatwość transportu LNG przy zróżnicowanym usytuowaniu złóż gazu w stosunku do odbiorców surowca,
- konsekwentne obniżanie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych poszczególnych ogniw łańcucha LNG,
- elastyczne dostosowywanie się handlu LNG do wymogów i warunków rynkowych.

Wszystko to sprawia, że gaz ziemny stanie się bardzo ważnym elementem polityki wielu krajów, zmierzającej do zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa energetycznego.

Celem autorów stało się określenie poziomu, w jakim ten nośnik energii zapewnia bezpieczeństwo energetyczne w wymiarze globalnym oraz krajowym.

* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków, Zakład Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i Energią, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN

** Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, AGH, Kraków

2. BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE

Bezpieczeństwo energetyczne jest jednym z najbardziej nieprecyzyjnych pojęć funkcjonujących w energetyce. Istnieje kilka jego definicji, najważniejsze z nich podano w następujących dokumentach:

- Doktryna zarządzania bezpieczeństwem energetycznym [4]
Bezpieczeństwo energetyczne to zdolność do zaspokojenia w warunkach rynkowych popytu na energię pod względem ilościowym i jakościowym, po cenie wynikającej z równowagi popytu i podaży, przy zachowaniu warunków ochrony środowiska
- Prawo energetyczne [10]
Bezpieczeństwo energetyczne – stan gospodarki umożliwiający pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania odbiorców na paliwa i energię w sposób technicznie i ekonomicznie uzasadniony, przy zachowaniu wymagań ochrony środowiska
- Polityka Energetyczna Polski do roku 2030 [9]
Przez bezpieczeństwo energetyczne rozumie się zapewnienie stabilnych dostaw paliw i energii na poziomie gwarantującym zaspokojenie potrzeb krajowych i po akceptowalnych przez gospodarkę i społeczeństwo cenach, przy założeniu optymalnego wykorzystania krajowych zasobów surowców energetycznych oraz poprzez dywersyfikację źródeł i kierunków dostaw ropy naftowej, paliw ciekłych i gazowych.

Na podstawie tych definicji można wyróżnić cztery wymiary bezpieczeństwa energetycznego, to jest: fizyczny, ekonomiczny, ekologiczny i społeczny.

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze fizycznym można rozumieć jako zapewnienie stabilnych warunków, umożliwiających pokrycie bieżącego i perspektywicznego zapotrzebowania gospodarki i społeczeństwa na energię odpowiedniego rodzaju i wymaganej jakości, realizowanych przez dywersyfikację kierunków dostaw oraz rodzajów nośników energii pozwalającej na ich wzajemną substytucję. Aspekt fizyczny obejmuje również zagadnienia związane ze stanem i niezawodnością infrastruktury technicznej i jej zarządzaniem [3, 4, 6].

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze ekonomicznym to inaczej zapewnienie wszystkim uczestnikom rynku energii jednakowych warunków działalności, zwłaszcza stworzenie warunków zapewniających wiarygodność oraz przejrzystość cen i kosztów oraz eliminację wykorzystywania systemu kreowania cen dla realizacji polityki socjalnej lub jako instrumentu ekonomicznego wspierania określonego nośnika energii. Ma to na celu zapewnienie odbiorcom końcowym akceptowalnych cen nośników energii, opartych na kosztach i określanych przez rynek na podstawie podaży i popytu [1, 3, 4, 6].

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze ekologicznym można postrzegać jako minimalizację negatywnego oddziaływania sektora energii na środowisko przyrodnicze. Związane jest to z troską o zachowanie w należyтым stanie środowiska przyrodniczego dla przyszłych pokoleń, co wymaga spełnienia odpowiednich standardów i zobowiązań ekologicznych. [3, 4, 6].

Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze społecznym można interpretować jako minimalizację negatywnego oddziaływania sektora energii na warunki życia społeczeństwa [6].

Reasumując powyższe rozważania, można stwierdzić, że głównym celem kreowania bezpieczeństwa energetycznego jest:

- w wymiarze fizycznym: zapewnienie odbiorcom końcowym ciągłości dostaw energii o określonej jakości zapewniającej pokrycie zapotrzebowania na nią;
- w wymiarze ekonomicznym: zapewnienie konkurencyjnych i stabilnych cen dla odbiorców końcowych;
- w wymiarze ekologicznym: zapewnienie określonego poziomu oddziaływania sektora energetycznego na środowisko przyrodnicze;
- w wymiarze społecznym: zapewnienie określonego poziomu oddziaływania sektora energetycznego na życie społeczne.

Podejście klasyczne do bezpieczeństwa energetycznego charakteryzowało się postrzeganiem tego pojęcia jedynie w wymiarze fizycznym, ignorując pozostałe jego aspekty. Według tego podejścia podstawowym mechanizmem zmniejszającym ryzyko energetycznych zawirowań jest produkcja krajowa. Wynika z tego, że im większy udział własnych surowców w bilansie energetycznym, tym większe bezpieczeństwo [5, 15].

Dzisiaj podejście klasyczne traci na znaczeniu, wynika to z postępujących zmian globalizacyjnych i liberalizacji sektora energetycznego. Tworzone są liczne powiązania międzynarodowe, zwiększa się dostęp do nowoczesnej techniki i technologii umożliwiającej swobodniejszy wybór dostawców. W efekcie sektor energetyczny polega w znacznie większym stopniu na współzależności i współpracy, przez co większego znaczenia nabiera aspekt ekonomiczny [8, 15].

3. OCENA BEZPIECZEŃSTWA ENERGETYCZNEGO

Przytoczone definicje stanowią punkt wyjścia do rozważań dotyczących określania poziomu bezpieczeństwa energetycznego, jaki zapewnia gaz ziemny. W pracy wykorzystano wielowymiarową analizę danych w celu wyznaczenia wartości zagregowanego wskaźnika oceny bezpieczeństwa energetyczne.

Nieprecyzyjność i wieloaspektowość pojęcia bezpieczeństwa energetycznego powoduje, że można go rozpatrywać w oparciu o szereg kryteriów o przeciwstawnym charakterze. W konsekwencji istnieje cały zestaw atrybutów (cech), spośród których każdy dotyczy innego wymiaru bezpieczeństwa energetycznego. Samodzielnie żaden z nich nie pozwala w pełni ocenić bezpieczeństwa energetycznego. W związku z tym pojawia się trudność w ustaleniu odpowiedniego zestawu cech opisujących stan bezpieczeństwa energetyczne. W zależności czy mamy na myśli bezpieczeństwo energetyczne w perspektywie krótkookresowej czy długookresowej, jego wymiar zewnętrzny lub wewnętrzny, mówimy o innym zestawie cech [11, 14].

W efekcie analiza bezpieczeństwa energetycznego obarczona jest czynnikiem subiektywności oceny. Dobór komponentów bezpieczeństwa energetycznego oraz określenie ich istotności realizowane jest zazwyczaj w sposób autorytatywny na bazie dostępnych przesłanek przez decydenta lub decydentów. Sprowadza się to zazwyczaj do określenia wybranych cech oceny cząstkowej na bazie, z których w sposób intuicyjny formułuje się ogólną ocenę bezpieczeństwa energetycznego [14].

W artykule z uwagi na brak możliwości mierzenia wszystkich elementów charakteryzujących szeroko pojęte bezpieczeństwo energetyczne, przyjęto listę atrybutów oceny cząstkowej, wśród których są wskaźniki o charakterze ilościowym i jakościowym. Wybrane cechy mają na celu zobrazować stopień realizacji przyjętych celów zawartych w definicjach bezpieczeństwa energetycznego. Tabela 1 zawiera zaproponowany zestaw cech oceny cząstkowej bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze globalnym wynikającego z użytkowania gazu ziemnego. W artykule określono także stopień, w jakim gaz ziemny zapewnia bezpieczeństwo energetyczne w wymiarze krajowym. Z uwagi na to, że istnieją zasadnicze różnice w postrzeganiu bezpieczeństwa energetycznego zapewnianego przez użytkownika gazu ziemnego w wymiarze krajowym i w wymiarze globalnym, w tabeli 2 zamieszczono zaproponowany zestaw atrybutów oceny cząstkowej bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze krajowym. Zaproponowane w tabelach 1 i 2 zestawy atrybutów powstały na podstawie analizy literatury [2, 6, 7, 8, 11, 14, 16].

Wartości dla części atrybutów oceny cząstkowej bezpieczeństwa energetycznego zostały określone na podstawie cech statystycznych, dostępnych do obserwacji i pomiaru. Dla pozostałych cech oceny cząstkowej bezpieczeństwa energetycznego wartości zostały określone przez ekspertów w trakcie przeprowadzonych badań ankietowych.

Część cech statystycznych wyrażona jest w różnych jednostkach miary, dlatego konieczne było doprowadzenie ich do wartości porównywalnych (przejścia na wielkości niemianowane). W tym celu dokonano standaryzacji, normalizacji i przekształcenia ilorazowego tak, aby przekształcić wszystkie cechy na stymulanty.

Trudnym etapem budowania wskaźnika agregatowego odzwierciedlającego wielowymiarowy stan bezpieczeństwa energetycznego jest ustalenie ważności atrybutów, czyli ustalenie wag. Wagi przypisywane poszczególnym cechom odgrywają ważną rolę w ogólnej ocenie analizowanego zjawiska, ponieważ często znacząco wpływają na wynik końcowy analizy. Dla poszczególnych atrybutów będących komponentami danego wymiaru bezpieczeństwa energetycznego przyjęto równe wagi, przez co wszystkie cechy w ramach danego wymiaru są tak samo istotne. Natomiast wagi charakteryzujące istotność danego wymiaru w ocenie zagregowanego bezpieczeństwa energetycznego określono na podstawie opinii ekspertów [14, 16].

Do konstrukcji wskaźnika oceny bezpieczeństwa energetycznego przyjęto addytywną formułę agregacji.

Aby wskaźnik agregatowy miał charakter względny, dzięki czemu mógł być w łatwy sposób porównywany, wskaźniki cząstkowe charakteryzujące bezpieczeństwo energetyczne w danym wymiarze zestandaryzowano do przedziału $\langle 1, 10 \rangle$, przy czym im wyższa wartość wskaźnika, tym w wyższym stopniu gaz ziemny zapewnia bezpieczeństwo energetyczne.

Tabela 1

Atrybuty charakteryzujące stan bezpieczeństwa energetycznego wynikającego z użytkowania gazu ziemnego w wymiarze globalnym

Wymiar bezpieczeństwa energetycznego	Wyszczególnienie	Wagi	Wartość	Wartość skorygowana
FIZYCZNY	Poziom koncentracji zasobów gazu ziemnego wyznaczony dla państw będących eksporterami tego surowca	1/8	8,5	1,06
	Wystarczalność zasobów gazu ziemnego w państwach będących eksporterami tego surowca	1/8	5,3	0,66
	Perspektywy odkrycia nowych złóż gazu ziemnego w państwach będących jego światowymi eksporterami	1/8	5,8	0,73
	Poziom koncentracji światowego eksportu gazu ziemnego realizowanego przez państwa	1/8	9,1	1,14
	Możliwość pojawienia się nowych światowych eksporterów gazu ziemnego	1/8	5,7	0,71
	Sytuacja polityczna państw eksportujących gaz ziemny	1/8	5,7	0,71
	Możliwość substytucji gazu ziemnego	1/8	5,2	0,65
	Technologiczna łatwość transportu i magazynowania gazu ziemnego	1/8	5,1	0,64
	Suma			6,30
EKONOMICZNY	Cena gazu ziemnego	1/4	1,0	0,25
	Zmienność ceny gazu ziemnego	1/4	2,4	0,60
	Średnia sprawność przetworzenia gazu ziemnego na energię elektryczną	1/4	5,0	1,25
	Poziom wymaganych inwestycji w światowym gazownictwie	1/4	6,6	1,65
	Suma			3,75
EKOLOGICZNY	Emisja CO ₂ w procesie użytkowania gazu ziemnego	1/4	5,8	1,45
	Emisja odpadów w procesie użytkowania gazu ziemnego (z wyłączeniem emisji CO ₂)	1/4	7,3	1,83
	Oddziaływanie odpadów powstałych w procesie użytkowania gazu ziemnego (z wyłączeniem CO ₂) na środowisko przyrodnicze	1/4	8,4	2,10
	Oddziaływanie procesu pozyskania gazu ziemnego na środowisko przyrodnicze	1/4	6,4	1,60
	Suma			6,98
SPOŁECZNY	Akceptacja społeczna świata dla gazu ziemnego	1/2	8,9	4,45
	Koszty społeczne związane z użytkowaniem gazu ziemnego	1/2	7,5	3,75
	Suma			8,20

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 2

Atrybuty charakteryzujące stan bezpieczeństwa energetycznego wynikającego z użytkowania gazu ziemnego w wymiarze krajowym

Wymiar bezpieczeństwa energetycznego	Wyszczególnienie	Waga	Wartość	Wartość skorygowana
FIZYCZNY	Poziom koncentracji zasobów gazu ziemnego wyznaczony dla państw eksportujących ten surowiec na rynek polski	1/11	3,7	0,34
	Wystarczalność zasobów gazu ziemnego wyznaczona dla państw eksportujących ten surowca na rynek polski	1/11	2,0	0,18
	Perspektywy odkrycia nowych złóż gazu ziemnego w państwach eksportujących ten surowiec na rynek polski	1/11	5,2	0,47
	Poziom koncentracji eksportu gazu ziemnego na rynek polski realizowanego przez państwa	1/11	6,7	0,61
	Sytuacja polityczna państw dostarczających gaz ziemny na rynek polski	1/11	4,0	0,36
	Możliwość zmiany dostawcy (państwa) gazu ziemnego na rynek polski	1/11	4,1	0,37
	Stan techniczny infrastruktury transportowej i magazynowej dla gazu ziemnego dostarczanego na rynek polski	1/11	5,4	0,49
	Obecność infrastruktury transportowej i magazynowej dla gazu ziemnego dostarczanego na rynek polski	1/11	5,7	0,52
	Zróżnicowanie dróg transportu danego surowca energetycznego na rynek polski	1/11	3,1	0,28
	Możliwość substytucji gazu ziemnego	1/11	5,2	0,47
	Technologiczna łatwość transportu i magazynowania gazu ziemnego	1/11	5,1	0,46
	Suma			
EKONOMICZNY	Cena gazu ziemnego	1/4	1,0	0,25
	Zmienność ceny gazu ziemnego	1/4	2,4	0,60
	Średnia sprawność przetworzenia gazu ziemnego na energię elektryczną	1/4	5,0	1,25
	Poziom wymaganych inwestycji w polskiej branży gazowniczej	1/4	2,9	0,73
	Suma			

Tabela 2 cd.

EKOLOGICZNY	Emisja CO ₂ w procesie użytkowania gazu ziemnego	1/4	5,8	1,45
	Emisja odpadów w procesie użytkowania gazu ziemnego (z wyłączeniem emisji CO ₂)	1/4	7,3	1,83
	Oddziaływanie odpadów powstałych w procesie użytkowania gazu ziemnego (z wyłączeniem CO ₂) na środowisko przyrodnicze	1/4	8,4	2,10
	Oddziaływanie procesu pozyskania gazu ziemnego na środowisko przyrodnicze	1/4	6,4	1,60
	Suma			6,98
SPOŁECZNY	Akceptacja społeczna w Polsce dla gazu ziemnego	1/2	9,0	4,50
	Koszty społeczne związane z użytkowaniem gazu ziemnego	1/2	7,5	3,75
	Suma			8,25

Źródło: Opracowanie własne

4. PODSUMOWANIE

Przedstawiony model analizy atrybutów ocenia poziom bezpieczeństwa energetycznego, jaki zapewnia gaz ziemny w ujęciu globalnym i krajowym, w wymiarze fizyczny, ekonomiczny, ekologiczny oraz społeczny. Wyniki analizy zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Charakterystyka stanu bezpieczeństwa energetycznego wynikającego z użytkowania gazu ziemnego

Wymiar bezpieczeństwa energetycznego	Waga	Wartości bezpieczeństwa w ujęciu globalnym	Wartości skorygowana bezpieczeństwa w ujęciu globalnym	Wartości bezpieczeństwa w ujęciu krajowym	Wartości skorygowana bezpieczeństwa w ujęciu krajowym
Fizyczny	0,32	6,30	1,98	4,56	1,43
Ekonomiczny	0,32	3,75	1,22	2,83	0,92
Ekologiczny	0,13	6,98	0,90	6,98	0,90
Społeczny	0,23	8,20	1,90	8,25	1,91
Suma			6,00		5,17

Źródło: Opracowanie własne

Sześcioosobowa grupa ekspertów oceniła istotność poszczególnych wymiarów bezpieczeństwa energetycznego, nadając im wagi. Najwyższe wagi otrzymały wymiary ekonomiczny i fizyczny – 0,32. Najmniej istotnym wymiarem bezpieczeństwa energetycznego według ekspertów jest wymiar ekologiczny, któremu nadano wagę równą 0,13.

Zagregowana wartość bezpieczeństwa, jakie zapewni gaz ziemny w ujęciu globalnym, jest równa 6,00. Ta sama wartość wyliczona dla węgla kamiennego wynosi 5,81, a dla ropy naftowej 5,42. Natomiast zagregowana wartość bezpieczeństwa, jakie zapewni gaz ziemny w ujęciu krajowym, jest równa 5,17. Dla węgla kamiennego wartość ta wynosi 6,00, a dla ropy naftowej 4,82.

Spośród wymienionych nośników energii gaz ziemny dla warunków globalnych wydaje się najatrakcyjniejszym surowcem energetycznym w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. W ujęciu krajowym gaz ziemny klasyfikuje się na drugiej pozycji za węglem kamiennym. Wynika to z jego stosunkowo niewielkich możliwości zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze ekonomicznym i fizycznym. Natomiast atutem tego nośnika energii jest stosunkowo wysoki stopień zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego w wymiarze ekologicznym i społecznym.

LITERATURA

- [1] Bielecki J.: *Energy security: is the wolf on the door?* Quart Rev Econ Finance, nr 42, 2002, 235–250
- [2] Bojarski W.: *Bezpieczeństwo energetyczne*. Wokół Energetyki, nr 3, 2004
- [3] Borgosz-Koczwara M., Herlender K.: *Bezpieczeństwo energetyczne a rozwój odnawialnych źródeł energii*. Energetyka, nr 3, 2008, 194–197
- [4] *Doktryna zarządzania bezpieczeństwem energetycznym*. Ministerstwo Gospodarki i Pracy. Warszawa, maj 2004
- [5] Eunju J., Wonjoon K., Soon Heung C.: *The analysis of security cost for different energy sources*. Applied Energy, nr 86/10, 2009, 1894–1901
- [6] *Informacja o stanie bezpieczeństwa energetycznego państwa oraz działaniach podejmowanych przez rząd w tym zakresie*, Zał. nr 4 do dokumentu pt. „Ocena realizacji i korekta założeń polityki energetycznej Polski do 2002 r. wraz z załącznikami”. Rada Ministrów. Warszawa, kwiecień 2002
- [7] Janusz P.: *Zasoby gazu ziemnego w Polsce jako czynnik poprawiający bezpieczeństwo energetyczne, na tle wybranych państw UE*. Polityka Energetyczna, t. 13, z. 1, 2010, 23–41
- [8] Mazurkiewicz J.: *Bezpieczeństwo energetyczne Polski*. Polityka Energetyczna, t. 11, z. 1, 2008, 313–322
- [9] *Polityka Energetyczna Polski do roku 2030*. Ministerstwo Gospodarki, listopad 2009.
- [10] *Prawo energetyczne wraz z późniejszymi zmianami*. Ustawa z dnia 10.04.1997 r., Dz. U. nr 153, poz. 1504
- [11] Riedel R.: *Supranacjonalizacja bezpieczeństwa energetycznego w Europie: Podejścia teoretyczne*. Centrum europejskie Natolin, Warszawa, 2010
- [12] Rychlicki S., Siemek J.: *Gaz ziemny w świecie, Europie i Polsce*. Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, nr 3–4, 2007, 32–38

- [13] Rychlicki S., Siemek J.: *Gaz ziemny w polityce energetycznej Polski i Unii Europejskiej*. *Polityka Energetyczna*, t. 11, z. 1, 2008, 409–430
- [14] Staśko D., Kaliski M.: *Model oceny bezpieczeństwa energetycznego Polski w aspekcie prognoz energetycznych na lata 2005–2020*. *Archives of Mining Sciences*, nr 51/3, 2006, 311–346
- [15] Szczęśniak A.: *Bezpieczeństwo energetyczne: Część 1. Globalne wyzwania*. 2007. http://szczesniak.pl/webfm_send/5
- [16] Szlagowski P.: *Bezpieczeństwo Energetyczne Polski 2010 – raport otwarcia*. Instytutu Kościuszki, Kraków 2010