



Dominik KRYZIA*, Lidia GAWLIK**

Perspektywy gazu z łupków w Polsce

Streszczenie: Polska jest obecnie postrzegana jako jeden z czołowych potentatów obszarów występowania niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego, w tym zwłaszcza gazu w łupkach (*ang. shale gas*). Według oszacowań amerykańskiej agencji EIA (*U.S. Energy Information Administration*) zasoby tego gazu stawiają Polskę na jedenastym miejscu światowego rankingu. Opublikowany w marcu 2012 r. raport Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG) nie jest tak optymistyczny, niemniej jednak w Polsce kontynuowane są prace poszukiwawczo-rozpoznawcze, które mają doprowadzić do udokumentowania faktycznych zasobów gazu ziemnego w tego typu formacjach.

Artykuł ma charakter przeglądowy i kompiluje najistotniejsze doniesienia naukowe mające istotny wpływ na perspektywy rozwoju gazu z łupków w Polsce.

Zwrócono uwagę na dynamiczny rozwój techniki i technologii eksploatacji, jaki obserwuje się w Ameryce Północnej, co już obecnie zmienia światowy rynek gazu. Omówiono szanse, jakie może dać przemysłowa eksploatacja tego surowca dla rozwoju gospodarki Polski. Wskazano, że wydobycie gazu z łupków może zmienić strukturę wytwarzania energii elektrycznej, a także podnieść bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Scharakteryzowano bariery utrudniające szybką realizację prac poszukiwawczych niezbędnych dla udokumentowania zasobów. Wysokie koszty wierceń – zarówno na etapie poszukiwania i rozpoznawania, jak również w fazie eksploatacji – stanowią jeden z najistotniejszych problemów rozwoju wydobycia gazu z łupków.

Rozważono kwestie dotyczące ekonomiki wydobycia gazu ziemnego z łupków. Przedyskutowano kierunki zagospodarowania możliwych do wydobycia ilości gazu, analizując m.in. możliwości jego eksportu. Poruszono problem braku odpowiedniej infrastruktury gazowej.

Omówiono najczęściej padające argumenty ze strony przeciwników eksploatacji gazu ziemnego ze złóż łupkowych: o charakterze ekologicznym, ekonomicznym, społecznym i prawnym, odnosząc się do niektórych z nich. W podsumowaniu podkreślono, że chociaż przyszły rozwój wydobycia gazu z łupków w Polsce stanowi szansę dla rozwoju kraju, to wciąż jego eksploatacja pozostaje niepewna i do momentu potwierdzenia faktycznych zasobów tego surowca – stanowi znak zapytania.

Słowa kluczowe: niekonwencjonalne złoża gazu, gaz ziemny, gaz z łupków, shale gas, rynek gazu

* Mgr inż., ** Dr hab. inż., Pracownia Zrównoważonego Rozwoju Gospodarki Surowcami i Energią, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków; e-mail: kryzia@min-pan.krakow.pl

Perspectives on shale gas in Poland

Abstract: Poland is now seen as one of the most promising areas where unconventional gas deposits occur, particularly shale gas. According to the U.S. agency EIA, the reserves of that gas rank Poland at eleventh place in the world. Recent Polish estimates are not as optimistic, but Poland has undertaken intensive geological and exploratory surveys that will lead to geological documentation of resources and reserves of this fuel.

This article presents a review of the situation and compiles the most relevant scientific reports with a significant impact on the prospects for shale gas development in Poland. It has been noted that the dramatic development of exploitation technology observed recently in the U.S. has already changed the world gas market. The opportunities which the industrial exploitation of shale gas may bring to the Polish economy are discussed. The article states that shale gas exploitation may change the structure of electricity production and increase the energy security of the country.

The authors characterize the barriers that hinder the rapid completion of exploration necessary to document the resources. The high cost of drilling at the stage of exploration and during the operational phase is one of the most important challenges of developing gas production from shale.

The article considers issues relating to the economics of natural gas from shale deposits. It shows the possible consumption channels of the exploited gas volumes, analyzing, among other things, the possibility of shale gas exports. The research also highlights the lack of proper infrastructure.

The arguments most frequently raised by the opponents of shale gas exploitation from the ecological, economic, social, and legal perspectives are cited with commentary.

The summary points out that while the future development of shale gas production in Poland is promising, it remains uncertain.

Key words: unconventional gas deposits, natural gas, shale gas, natural gas market

Wprowadzenie

Gaz ziemny – obok węgla i ropy naftowej – jest jednym z głównych surowców energetycznych, mających dla wielu państw znaczenie strategiczne. Uważany jest za najbardziej pożądany nośnik energii o wysokiej społecznej akceptacji. Kształtuje bezpieczeństwo energetyczne państwa oraz poziom jego rozwoju ekonomicznego (Rychlicki, Siemek 2008; Toś 2010).

Gaz ziemny posiada szereg zalet. Należy do nich łatwość transportu i użytkowania poprzez automatyzację jego wykorzystania przy zastosowaniu prostych mechanizmów regulacyjnych. Nie wymaga magazynowania u użytkowników finalnych. W porównaniu do paliw stałych, posiada wyższą sprawność procesu przetwarzania paliwa na energię (np. nowoczesne elektrownie gazowe – sprawność do 60%, elektrownie węglowe – sprawność 45%) oraz spala się bez dymu, popiołu i sadzy, co sprzyja poprawie czystości powietrza atmosferycznego. Ponadto cechuje się niższą emisją gazów cieplarnianych, dwutlenku siarki, rtęci i tlenków azotu w porównaniu z węglem kamiennym, brunatnym czy ropą naftową (Hadro 2010; Środowiskowe... 2011).

Pomimo zalet wymienionych powyżej, gaz ziemny w polskim bilansie paliwowo-energetycznym odgrywa stosunkowo niewielką rolę. Jednak w relatywnie nieodległej przyszłości może to ulec radykalnej zmianie z uwagi na perspektywy wydobycia w kraju gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych.

Niekonwencjonalne złoża gazu, znane od XIX wieku w różnych regionach świata, prawie do końca XX wieku nie były eksploatowane na szerszą skalę z powodu braku odpowiedniej technologii, umożliwiającej wydobywanie z nich gazu w większych ilościach

(Taras 2011). Dopiero wprowadzenie technologii szczelinowania hydraulicznego oraz wierceń horyzontalnych pozwoliło na ich efektywną eksploatację, rewolucjonizując przy tym rynek gazowy w Stanach Zjednoczonych. Konsekwencją wzrostu wydobycia gazu ze złóż niekonwencjonalnych w USA, w połączeniu ze wzrostem zdolności skraplania gazu ziemnego (LNG) na świecie oraz globalną recesją wywołaną przez kryzys finansowy były znaczne zmiany na światowych rynkach gazu (Goldthau, Hoxtell 2012).

Analitycy amerykańskiej agencji rządowej U.S. *Energy Information Administration* (EIA) biorąc pod uwagę efekty tych zmian szacują, że zużycie gazu ziemnego na świecie do roku 2035 wzrośnie o 44% do wartości 4,4 bln m³, a ceny gazu będą relatywnie niskie dzięki dywersyfikacji źródeł dostaw. Przewidują oni, że zdecydowanie wzrośnie rola gazu z łupków, którego wydobycie w 2035 roku będzie stanowić w USA 26% całkowitej eksploatacji gazu ziemnego. Wykorzystanie gazu przede wszystkim skupiać się będzie na przemyśle – 39% światowej podaży gazu będzie konsumowane w tym sektorze. Następną kluczową pozycją w zużyciu gazu będzie produkcja energii elektrycznej – jej udział w światowej konsumpcji wzrośnie z 33% w 2007 roku do 36% w 2035 roku.

Okazuje się, że w Stanach Zjednoczonych zasoby gazu w łupkach są tak znaczące i tak tanie w wydobyciu, że Stany Zjednoczone – dotychczas jeden z głównych importerów gazu – zaczynają obecnie myśleć nawet o jego eksporcie. Rozważa się także syntezę paliw płynnych z gazu z łupków (Helm 2011).

1. Perspektywy wydobycia gazu z łupków w Polsce

Polska jest obecnie postrzegana jako jeden z najbardziej obiecujących obszarów występowania gazu w łupkach (*ang. shale gas*). Według amerykańskich badań Polska posiada największe złoża w Europie i jedno z największych na świecie, plasując się na jedenastym miejscu (tab. 1). Według niektórych szacunków w Polsce może znajdować się około 30% europejskich złóż gazonośnych łupków. U.S. *Energy Information Administration* podaje, że Polska posiada około 5,3 bln m³ technicznie wydobywanych zasobów gazu ziemnego w złożach typu *shale gas*. Prognozy te zostały opracowane na podstawie analogicznej budowy geologicznej Polski i USA. Wielu ekspertów kalkulacje te uważa za przeszacowane (Gwiazdowicz i in. 2011; Jakóbiak i in. 2011).

W marcu 2012 r. Państwowy Instytut Geologiczny (PIG) przedstawił raport, według którego na terenie Polski i pod dnem morza u naszych wybrzeży może znajdować się 1,92 bln m³ gazu w łupkach. Jednak zasoby możliwe do eksploatacji przemysłowej są szacowane od 346 mld m³ do 768 mld m³ gazu. Ta prognoza uwzględnia wydobycie gazu spod dna morskiego, czego jak dotąd nikt nie robi z uwagi na wysokie koszty (Ocena... 2012).

Prognoza PIG jest znacząco niższa od prognozy amerykańskiej, pomimo że wszystkie ośrodki analityczne korzystały z tych samych informacji geologicznych dotyczących specyfiki podłoża skalnego w Polsce. Może to wynikać z odmiennej metodologii wykorzystywanej przez analityków.

Ośrodki amerykańskie szacowały całkowitą wielkość gazu łupkowego w poszczególnych basenach (złożach), natomiast Państwowy Instytut Geologiczny oszacował jedynie tę ilość gazu, którą przy obecnym rozwoju technologii można wydobyć na powierzchnię.

TABELA 1. Technicznie wydobywalne zasoby gazu w łupkach [mld m³]TABLE 1. Technically recoverable gas resources in shale [bln m³]

Lp.	Państwo	Zasoby
1	Chiny	36 104
2	Stany Zjednoczone	24 409
3	Argentyna	21 917
4	Meksyk	19 284
5	Republika Południowej Afryki	13 734
6	Australia	11 213
7	Kanada	10 987
8	Libia	8 212
9	Algieria	6 541
10	Brazylia	6 400
11	Polska	5 295
12	Francja	5 097
13	Norwegia	2 350
14	Chile	1 812
15	Indie	1 784
16	Paragwaj	1 756
17	Pakistan	1 444
18	Boliwia	1 359
19	Ukraina	1 189
20	Szwecja	1 161

Źródło: Energy Information Administration

Dostępne dziś technologie umożliwiają obecnie wydobycie około 25% gazu zalegającego w złożu. W przyszłości, w związku z ciągłym udoskonalaniem rozwiązań mających na celu zwiększenie szczypania złoża, będzie możliwe wydobycie większej ilości surowca. Zatem ocena polska może zostać z czasem podwyższona, również w miarę postępu prac poszukiwawczych (Turowski 2012).

Żadna z opublikowanych prognoz nie wykorzystuje danych uzyskanych podczas prac wiertniczych i serwisowych, np. szczelinowań przeprowadzonych przez koncerny poszukujące gazu na terenie Polski. Jak twierdzą specjaliści, dopiero po przeprowadzeniu ponad 100 odwiertów będzie można bardziej precyzyjnie oszacować wielkość zasobów gazu możliwego do wydobycia z łupków w Polsce, a w przypadku działalności wydobywczej dopiero testy produkcyjne pozwalają na w miarę precyzyjne oszacowanie zasobów (Gwiazdowicz i in. 2011; Turowski 2012).

Możliwość występowania złóż gazu w złożach niekonwencjonalnych w Polsce, w tym gazu w łupkach, rozważana była już od dawna. Próbne odwierty były prowadzone przez PGNiG m.in. w latach osiemdziesiątych XX wieku. Jednak ze względu na brak odpowiedniej technologii tego typu złoża nie były badane i eksploatowane w Polsce. Do tej pory nie

udokumentowano jeszcze żadnego złoża gazu w łupkach i nie prowadzi się ich eksploatacji (Taras 2011).

Obecnie prowadzone są prace poszukiwawcze. Według stanu na 1 maja 2012 r. Ministerstwo Środowiska wydało 111 koncesji dotyczących poszukiwania i rozpoznawania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów typu *shale gas*. Poszukiwania koncentrują się na obszarze Lubelszczyzny, Mazowsza, Pomorza i Monokliny Przesudeckiej. Planowane jest wykonanie 233 otworów poszukiwawczych do 2017 roku (123 obligatoryjnie, 110 opcjonalnie, w zależności od możliwości i wyników prowadzenia prac przez inwestorów). Do kwietnia 2012 r. wywiercono 18 otworów poszukiwawczych, a 14 jest w trakcie realizacji. Przewiduje się, że do końca roku liczba wykonanych lub realizowanych odwiertów będzie równa 71 (Furman 2012; PIG).

Firma BNK Petroleum Inc. w lutym 2011 roku ogłosiła wstępne wyniki badań otworu wiertniczego Wytowno S-1 zlokalizowanego pomiędzy Słupskiem i Ustką (woj. pomorskie). W otworze o głębokości 3580 m stwierdzono obecność gazu ziemnego w łupkach dolnego syluru i ordowiku na głębokości 2,5–3,5 km. Zidentyfikowany gaz ma dobrą jakość, składa się głównie z metanu z niewielką domieszką etanu i propanu (Gwiazdowicz i in. 2011).

Pod koniec sierpnia 2011 roku jedna z firm posiadających koncesje na Pomorzu zakończyła trzynastoetapowy zabieg szczelinowania hydraulicznego na otworze Łebień LE-2H – pierwszym horyzontalnym odwiercie poszukiwawczym w złożu łupków w Polsce. Efekty zabiegu szczelinowania były nadzwyczaj dobre. Po kilku dniach możliwe było zapalenie flary, która potwierdza przepływ gazu do odwiertu. Świadczy to o tym, że gaz ziemny występuje w polskich łupkach, jednakże na obecnym etapie rozpoznania niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego w Polsce nie jest możliwe dokładne oszacowanie rzeczywistych zasobów (Siemek i in. 2011).

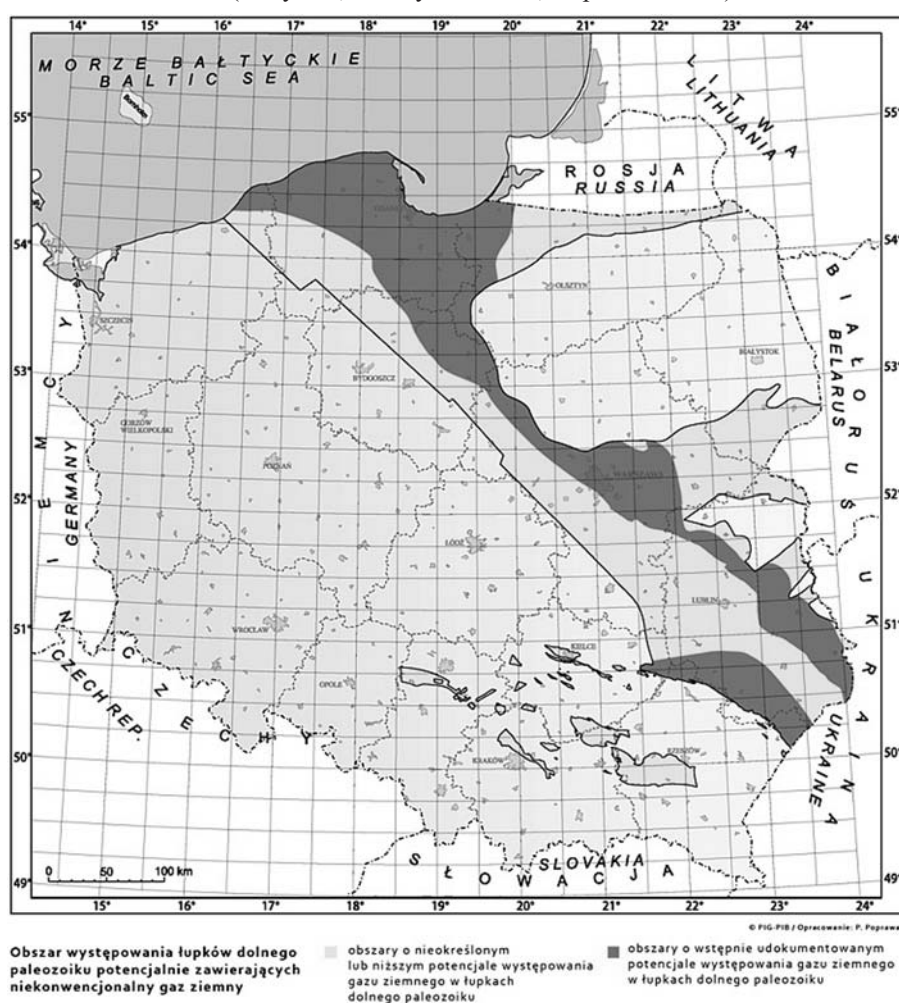
Aby ocenić wielkość zasobów gazu w złożach niekonwencjonalnych na obszarach objętych koncesjami i opłacalność ekonomiczną ich eksploatacji, potrzebne są liczne specjalistyczne analizy geofizyczne, fizykochemiczne i geochemiczne, a przede wszystkim kolejne odwierty. Konieczne jest też wykonanie odpowiedniej liczby wierceń poziomych (Gwiazdowicz i in. 2011).

Przyjmuje się szacunkowo, że złoża gazu w łupkach są rozłożone w Polsce na powierzchni 113,6 tys. ha. Polskie czarne łupki są znacznie starsze od amerykańskich, co może mieć pewne znaczenie złożowe, ale poza tym niewiele się od nich różnią – zawierają sporo materii organicznej, mają dużą zawartość krzemionki, przez co są podatne na kruszenie. Problemem jest duża głębokość zalegania od 0,5 do 4,5 tysiąca metrów w basenach sedymentacyjnych. Najbardziej obiecująca jest strefa ciągnąca się skośnym pasem przez Polskę, od środkowego Pomorza po Lubelszczyznę, oraz obszar leżący na przedpolu Sudetów. Największe możliwości występowania gazu ziemnego stwierdzono w łupkach dolnego paleozoiku na kratonie wschodnioeuropejskim. Są to łupki dolnego syluru i górnego ordowiku (basen bałtycki i lubelsko-podlaski) oraz górnokambryjskie lub też tremadockie łupki ałunowe w basenie bałtyckim. Te właśnie utwory są celem prac poszukiwawczych większości firm, które uzyskały już w Polsce koncesje na poszukiwania gazu ziemnego w łupkach (Poprawa 2010; Rutkowski 2012; Trzaska 2011).

Obiecujące są zwłaszcza bogate w gazotwórczy kerogen typu III, silniej zdiagenezowane mułowce i margle z pogranicza franu i famenu, a także górnego karbonu. Podrzednym, choć obiecującym obiektem poszukiwań na terenie naszego kraju mogą być także czarne mułowce

(*hot shales*) dolnego syluru i cechsztynu, zawierające bituminy i morski kerogen typu I i II (Zarebska, Baran 2010).

Łupki dolnego paleozoiku na kratonie wschodnioeuropejskim wykazują oboczną zmienność potencjału dla występowania w nich gazu ziemnego. Zlokalizować można zarówno strefy perspektywiczne, jak i strefy o podwyższonym ryzyku poszukiwawczym. W porównaniu do najlepszych łupkowych formacji na świecie (np.: *Barnett Shale*) łupki te cechują nieco gorsze parametry geologiczne i geochemiczne. Najistotniejsze źródła ryzyka poszukiwawczego stanowią słabo rozpoznana zawartość pierwotnej materii organicznej (TOC) i niska dojrzałość termiczna skał determinująca skład (jakość) gazu. Możliwa jest również lokalna obecność azotu (Matyasik, Słoczyński 2010; Poprawa 2010a).



Rys. 1. Obszar występowania łupków dolnego paleozoiku potencjalnie zawierających niekonwencjonalny gaz ziemny

Źródło: Państwowy Instytut Geologiczny

Fig. 1. Area of distribution of lower palaeozoic shales potentially containing unconventional natural gas

PGNiG wskazuje na możliwość uruchomienia pierwszego wydobycia w 2014 roku. Jednak wydobycie gazu z łupków w Polsce na skalę przemysłową, w przypadku potwierdzenia jego istnienia, będzie możliwe za około 8–10 lat. Mimo to dziś należy rozpocząć dyskusję o sposobie jego wykorzystania. Jej przedmiotem powinny być kwestie związane z zagospodarowaniem gazu przez gospodarkę kraju oraz ewentualny jego eksport (Gaz... 2011; Gwiazdowicz i in. 2011; Niedziółka 2010).

Niektóre z koncernów przewidują, że w Polsce możliwe będzie uzyskanie wydobycia na poziomie 10 mld m³ gazu rocznie z posiadanych koncesji i zakładają, że w całej Polsce realnie może być wydobycie na poziomie 20–100 mld m³ gazu rocznie. Z kolei szacunki środowisk geologicznych są bardziej wstrzemięźliwe i wskazują, że sukcesem będzie produkcja na poziomie około 10 mld m³ gazu rocznie (Kaliski i in. 2011b; Taras, Turowski 2011).

Należy pamiętać, że aby móc wydobywać około 14 mld m³ gazu rocznie – co jest równoznaczne z eliminacją jego importu – konieczne jest wykonanie ponad 5 tysięcy odwiertów. Oczywiście, będą również niezbędne nakłady na infrastrukturę pozwalającą na przesył i energetyczne wykorzystanie gazu. Aby proces ten nie rozciągnął się na lata oraz z uwagi na wysokie koszty poszukiwania gazu w złożach niekonwencjonalnych, wysokie ryzyko niepowodzenia oraz ograniczony zasięg technologicznego *know-how*, obok polskich przedsiębiorstw sektora paliwowo-energetycznego koncesje poszukiwawcze posiada wiele inwestorów zagranicznych, w tym czołowe koncerny naftowe świata (Kulczycka, Staniewska 2011).

Tym samym Polska przyjęła optymalną politykę, zgodnie z którą koncesje na poszukiwanie gazu są relatywnie tanie, aby zachęcić inwestorów do działania i samodzielnego ponoszenia ryzyka. Zwiększenie wpływów budżetowych ma następować na etapie eksploatacji. Wybór odpowiedniej stawki opodatkowania powinien być przedmiotem debaty, ale z punktu widzenia firm wydobywczych równie ważne jak wysokość stawek jest zapewnienie stabilności systemu fiskalnego w trakcie trwania koncesji (Kulczycka, Staniewska 2011).

2. Perspektywy wykorzystania gazu z łupków w Polsce

Gdyby potwierdziły się obecne optymistyczne oczekiwania formułowane w sprawie zasobów gazu w łupkach w Polsce, miałyby to olbrzymie znaczenie nie tylko dla sektora gazowego, ale także dla energetyki i sektora chemicznego. Potencjalne wydobycie gazu z łupków na skalę przemysłową może utworzyć znaczącą nadwyżkę tego surowca na rynku krajowym, co może spowodować poważne zmiany w sektorze naftowo-gazowym. Nadwyżka podaży uruchomi presję na zwiększenie krajowego popytu. Surowiec może trafić do odbiorców indywidualnych i przemysłowych, w tym producentów energii elektrycznej. W konsekwencji może wystąpić bardzo szybki rozwój infrastruktury, technologii, a także wysoki popyt na to paliwo (Gaz... 2011; Taras, Turowski 2011).

Kluczowe znaczenie będą miały szczegółowe dane o całkowitych zasobach przemysłowych gazu, wydajności pojedynczych otworów oraz kosztach operacyjnych, przede wszystkim kosztach wierceń eksploatacyjnych (Gwiazdowicz i in. 2011).

Wykorzystanie gazu ziemnego w Polsce w sektorze wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, w ciągu najbliższych dziesięciu lat, będzie zaliczać się do najbardziej perspektywicznych segmentów rynku gazu w Polsce. Relatywnie niskie nakłady inwestycyjne

i krótki okres budowy gazowych źródeł wytwarzania energii elektrycznej, wysoka sprawność (do 60% przy wytwarzaniu energii elektrycznej oraz około 90% przy wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła w skojarzeniu) oraz fakt, że polskie aktywa wytwórcze w sektorze energii są przestarzałe (bloków energetycznych 30-letnich i starszych jest ponad 70%) to dodatkowe argumenty przemawiające za rozwojem energetyki gazowej. Obecne plany i zamierzenia przedsiębiorstw energetycznych zakładają znaczący postęp rozwoju wykorzystania gazu w sektorze wytwarzania energii elektrycznej. Warto podkreślić, że wiele czołowych przedsiębiorstw energetycznych jest zainteresowanych rozwijaniem mocy bazującej na gazie (tab. 2). Może to pomóc w realizacji strategicznego celu polskiej oraz unijnej polityki energetycznej i klimatycznej, którym jest przede wszystkim zmiana bilansu energetycznego, wzrost udziału bardziej ekologicznego niż węgiel surowca energetycznego w strukturze nośników energii.

TABELA 2. Planowane moce wytwórcze w energetyce zawodowej oparte na gazie ziemnym

TABLE 2. Planned production capacities in the power industry based on natural gas

Nazwa projektu	Inwestor	Moc [MW]	Termin realizacji [rok]	Prognozowane roczne zużycie gazu ziemnego [mln m ³]
Wierzchowice	PGNiG	40	2013	40–60
Stalowa Wola	Tauron, PGNiG	400	2014	580
Progaz Gdańsk	Lotos, Energa, PGNiG	230	2014	300–350
Głogów/Polkowice	KGHM	2 × 45	2014	100
Skawina	CEZ	400	2014	400–500
EC Katowice	Tauron	400	2014	400–500
Kędzierzyn	ZAK	400	2016	450–540
Gorzów	PGE	100	2016	100–150
Wrocław	Fortum	400	2016	450–540
Włocławek	Orlen	450	2015	450–600
Błachownia	Tauron/KGHM	900	2016/2017	1000
Grudziądz	ESBI/Energa	800	2016/2017	800
Adamów lub Konin	PAK	100–400	2017	100–500
EC Warszawskie	Vattenfall	400–800	2017	500–1000
Dolna Odra	PGE	2 × 800	min 2017	1500–2000
Puławy	PGE	800	min 2017	800–1000

Źródło: Markowola... 2011

W 2010 roku z gazu ziemnego wytworzono 5 TW·h, co odpowiada 3,2% całości wytwarzania energii elektrycznej i zapotrzebowaniu na paliwo – 1,039 mld m³. Dla porównania udział gazu ziemnego w bilansie paliwowym dla elektroenergetyki UE wynosi 20% i w ostatnich latach obserwuje się znaczący przyrost mocy w gazowych źródłach wytwórczych. Przy ostrożnych szacunkach zakłada się, że popyt sektora energetycznego na

gaz ziemny wzrośnie do 3–4 mld m³ gazu rocznie do roku 2020. W kolejnych latach, w przypadku postępów w rozwoju wydobycia gazu ze źródeł niekonwencjonalnych, istniałaby możliwość zwiększenia zapotrzebowania do ponad 9 mld m³ gazu (Kulczycka, Staniewska 2011; Siemek i in. 2011).

Trzeba jednak mieć na uwadze, że przedsiębiorcy, którzy dziś podejmują decyzje o inwestycjach w sektorze energetycznym, bez gwarancji rozważenia przez rząd scenariusza sukcesu wydobycia gazu z łupków, w bardzo niewielkim stopniu zdecydują się na podejmowanie inwestycji opierających się na gazie. Niezwykle ważna jest również liberalizacja rynku gazu, która jest warunkiem rozwoju energetyki gazowej. Bez niej nie będzie odbiorców gazu łupkowego w ilości uzasadniającej ekonomiczny sens wydobycia (Kulczycka, Staniewska 2011; Siemek i in. 2011).

Gaz z łupków jest również szansą na poprawę struktury pierwotnych nośników energii i może zostać wykorzystany w okresie przejściowym jako pomost między technologiami węglowymi, a technologiami wykorzystującymi odnawialne źródła energii. Korzyści ekonomiczne z wykorzystania gazu jako sposobu odejścia od energii pozyskiwanej z węgla, w odróżnieniu od odnawialnych źródeł energii, są na tyle duże, że znacznie taniej będzie przejść w pierwszej kolejności na gaz, a następnie po prostu zamknąć elektrownie gazowe zwiększając systematycznie udział odnawialnych źródeł energii, które z uwagi na strome krzywe uczenia z biegiem lat będą coraz atrakcyjniejsze ekonomicznie (Helm 2011).

2.1. Korzyści wynikające z eksploatacji gazu z łupków w Polsce

Realizacja projektów poszukiwania, rozpoznawania i przyszłej eksploatacji gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych jest ważna nie tylko dla energetyki, ale również dla geopolityki i gospodarki kraju. Zapewnienie dostaw gazu ziemnego na krajowy rynek należy do priorytetowych projektów dywersyfikacyjnych, warunkujących wzrost bezpieczeństwa energetycznego. Rola gazu z łupków będzie w tym obszarze systematycznie rosła (Siemek i in. 2011). Poza wzrostem bezpieczeństwa energetycznego kraju, wynikającym z eksploatacji gazu z łupków, spodziewane są również następujące korzyści dla gospodarki krajowej (Cios 2011):

- wzrost zatrudnienia,
- wzrost dochodów z podatków dla gmin i regionu,
- poprawa bilansu płatniczego,
- przyspieszenie rozwoju nowych technologii,
- łatwiejsze osiągnięcie celów polityki klimatycznej,
- niższe ceny gazu,
- dostępność gazu w większej liczbie miejscowości (rozwój infrastruktury przesyłowej),
- możliwość zaspokojenia popytu konsumentów na opał,
- wzrost popytu na różne towary i usługi lokalne,
- dochody dla właścicieli ziemi (umowy dzierżawne),
- wzrost konkurencji na rynku energetycznym (wzrost liczby firm w sektorze i wzrost podaży gazu),
- transformacja całego sektora energetycznego (odchodzenie od węgla na rzecz gazu),

- niwelowanie różnic w poziomie rozwoju regionów (złoża w dużej mierze zlokalizowane na terenach słabiej rozwiniętych),
- stworzenie dużej grupy specjalistów, aktywnych również za granicą,
- stworzenie silnego sektora usługowego związanego z węglowodorami,
- wzrost konkurencyjności regionów i całej gospodarki,
- przyspieszenie rozwoju gospodarczego i cywilizacyjnego,
- zmiany w polityce zagranicznej i w relacjach z niektórymi krajami,
- wzmocnienie współpracy z krajami – dostawcami technologii oraz odbiorcami gazu, zwłaszcza sąsiedzkimi,
- wzrost pozycji kraju na arenie międzynarodowej,
- wzrost konkurencyjności gospodarki na arenie międzynarodowej,
- skuteczna realizacja zobowiązań międzynarodowych (polityka klimatyczna, liberalizacja rynku).

2.2. Bariery rozwoju gazu z łupków w Polsce

Największym problem poszukiwania, rozpoznawania i wydobywania gazu łupkowego są koszty wierceń i zabiegów intensyfikujących eksploatację złóż węglowodorów. Wiercenia horyzontalne, wykorzystywane w przypadku złóż niekonwencjonalnych, są dużo kosztowniejsze niż wiercenie wertykalne, stosowane w złożach konwencjonalnych. Niska intensywność tych prac jest czynnikiem kluczowym, powodującym że średni koszt usługi wydobywania gazu w Polsce jest 3–4 razy wyższy niż w USA. Jest to związane nie tyle z poziomem konkurencyjności, ale wynika z faktu, iż nadal następuje szybka ewolucja technologii, związanych z eksploatacją gazu z łupków, a zmiany te obserwowane są głównie w Ameryce Północnej. Doświadczenia USA i Kanady nie mogą być bezpośrednio wykorzystywane i przenoszone do Polski, ze względu na specyfikę warunków geologicznych. Rozwiązania technologiczne muszą być adaptowane starannie do indywidualnych lokalizacji i uwarunkowań (Malko 2012).

Według szacunków koszt wiercenia wertykalnego w USA wynosi 0,8–1,3 mln USD za odwiert, podczas gdy wiercenie horyzontalne, wykorzystywane przy złożach łupkowych, to koszt 3–4 mln USD. W Polsce koszty wiercenia według różnych źródeł wynoszą od 4 aż do 25 mln USD za odwiert (najczęściej 15–20 mln USD).

Trudno jest oszacować opłacalność wydobywania gazu z łupków w warunkach polskich, gdyż może ona różnić się nawet w obrębie tego samego złoża. W dużym uproszczeniu, opłacalność eksploatacji złoża gazu zależy od trzech czynników: całkowitych zasobów przemysłowych gazu, wydajności, z jaką możemy produkować gaz z pojedynczych otworów, oraz kosztów operacyjnych (głównie wierceń eksploatacyjnych) (Hadro 2010; Rychlicki, Siemek 2011).

Minimalna miąższość kompleksu łupków, umożliwiająca ekonomicznie uzasadnioną produkcję z nich gazu ziemnego, zależy od zawartości węgla organicznego (TOC). Im wyższa zawartość TOC, tym niższa dopuszczalna miąższość kompleksu. Niemniej jednak zazwyczaj jako minimalną miąższość kompleksu o średnim TOC około 2% wagowe przyjmuje się 50–70 m. Wskaźnik wydobywalności gazu ze złoża łupkowego jest niższy niż z konwencjonalnych złóż, jak również niższa jest wydajność z pojedynczego otworu.

Natomiast okres produkcji pojedynczego otworu jest dłuższy niż w przypadku złóż konwencjonalnych i wynosić może do 30 lat. Również, ponieważ koszty wiercenia oraz zabiegów na otworze rosną znacząco wraz z głębokością, ekonomicznie uzasadniona produkcja gazu z łupków napotyka limit maksymalnej głębokości. Jej bezwzględna wartość jest zależna od lokalnych uwarunkowań ekonomicznych, a w mniejszym stopniu również geologicznych, zazwyczaj jednak przy obecnym stanie technologii wydobywczych oraz cen gazu wynosi ona około 3500–4500 m (Górecki 2012).

Ustalenie kosztów wydobycia gazu z łupków w naszym kraju jest trudne do oszacowania. Istotnym elementem analizy ekonomicznej każdego przedsięwzięcia eksploatacyjnego są koszty wiercenia i udostępnienia gazu ze złoża. W 2009 r. Credit Suisse oszacowało próg rentowności wydobycia gazu łupkowego między 0,12 USD a 0,37 USD za 1 m³, co daje średnią na poziomie 0,28 USD za 1 m³. Zdaniem ekspertów, koszty eksploatacji złóż w Polsce będą przynajmniej o 30–50% wyższe, co wynika w głównej mierze z warunków geologicznych (w Polsce złoża typu *shale gas* są mniej zasobne od amerykańskich i znajdują się na głębokości około 3000 metrów, czyli głębiej niż w USA), systemu regulacji, kosztów usług i kosztów budowy odpowiedniej infrastruktury. Ponadto należy pamiętać, że każde złożo łupkowe jest inne i wymaga indywidualnego podejścia, stąd też trudno jest dziś ocenić zyskowność odwiertów (Gwiazdowicz i in. 2011; Hydro 2010; Kaliski i in. 2011b; Kołaczkowski 2011; Zarębska, Baran 2010).

W czasie od października 2009 roku do czerwca 2011 roku ceny gazu na NYMEX zawierały się w przedziale 3,73–6,01 USD/mBtu, przy czym generalnie oscylowały wokół 4,5 USD/mBtu. Oznacza to, iż w badanym okresie w przeliczeniu na metry sześciennie, w USA cena rynkowa gazu przy koszcie wydobycia na poziomie 100–150 dolarów, w zależności od specyfiki geologicznej złoża, zawierała się w przedziale od 133 USD/1000 m³ do 214 USD/1000 m³, z cenami przeciętnie oscylującymi wokół 161 USD/1000 m³. Zakładając koszt produkcji gazu niekonwencjonalnego w Polsce na poziomie 50% wyższym niż w USA oraz przyjmując, iż cena na NYMEX jest odzwierciedleniem kosztu produkcji gazu niekonwencjonalnego (a przynajmniej ceny, po jakiej jest on oferowany odbiorcom na rynku) można przyjąć, iż cena w Polsce kształtowałaby się od 200 USD/1000 m³ do 321 USD/1000 m³, przy średniej cenie około 240 USD/1000 m³. PGNiG natomiast szacuje koszt pozyskiwania tysiąca metrów sześciennych gazu na poziomie 150–350 USD. Specjaliści branżowi zakładają, że wraz z rozwojem rynku koszty wydobycia w Polsce będą spadać (Kołaczkowski 2011; Rynek... 2010; Turowski 2012).

Alan Rile z City University w Londynie wyliczył, że w przyszłości gaz łupkowy z Polski może być tańszy od rosyjskiego nawet o 100 USD/1000 m³, ponieważ Rosjanie muszą sięgać do coraz głębszych złóż (wzrost kosztów pozyskania) i coraz bardziej oddalonych od rynków zbytu (wzrost kosztów przesyłu i strat ponoszonych w wyniku wycieku gazu w trakcie przesyłu gazociągiem).

Przyszłość gazu ze złóż niekonwencjonalnych w Polsce będzie zależała w dużej mierze od kształtowania się kosztów jego wydobycia, ale także od kosztów transportu. Rozpoczęcie wydobycia gazu z łupków na skalę przemysłową będzie wymagało spełnienia wielu warunków, między innymi: dostępności terenów pod odwierty, dostępu do wody i infrastruktury, sprzyjającego otoczenia regulacyjnego, w szczególności dotyczącego przyznawania koncesji, ochrony środowiska i zarządzania zasobami wodnymi, wreszcie akceptacji społeczności lokalnych (Rychlicki, Siemek 2011; Wyciszkievicz i in. 2011).

Potencjalne bariery dla poszukiwań polskiego gazu ze złóż niekonwencjonalnych to (Kaliski i in. 2011a):

- występowanie zasobów obok obszarów „Natura 2000”,
- obecność w kraju silnych organizacji proekologicznych,
- zmiany i niejednorodność przepisów związanych z ochroną środowiska,
- silne zaludnienie obszarów eksploatacyjnych,
- protekcjonizm krajowego rynku firm serwisowych (zwłaszcza wiertniczych),
- utrudnienia dla wejścia zagranicznych firm wiertniczych,
- trudne i długie procedury sprowadzania sprzętu wiertniczego spoza Unii Europejskiej,
- przetargi (czas/cena) na wykonanie wierceń,
- niepewność co do ceny gazu, wynikająca z niedostatecznej liberalizacji krajowego rynku gazu,
- niejasne (trudne) przepisy dotyczące prawa do informacji geologicznej oraz często wysoka jej cena,
- brak zachęt podatkowych i finansowych,
- brak polskiej myśli technicznej (konieczność zakupu technologii),
- brak konkurencji na rynku firm serwisowych,
- brak specjalistów wiertników w kraju,
- polityka energetyczna Polski do 2030, która nie promuje gazu jako źródła energii.

Jeśli prace poszukiwawcze zakończą się sukcesem, to przemysłowa eksploatacja gazu z łupków musi być poprzedzona znaczącymi inwestycjami w infrastrukturę – gazociągi, systemy zaopatrzenia w wodę, utylizację ścieków.

Złóża gazu łupkowego znajdują się w pasie między Pomorzem a Lubelszczyzną, tam gdzie infrastruktura gazowa jest słabo rozwinięta. Ponadto trzeba będzie rozbudować gazociągi kopalniane, łączące złoża z systemem przesyłowym. Budowa odpowiedniej infrastruktury potrwa około 10 lat (Turowski 2012).

Na podstawie dostępnych informacji można wnioskować, iż obecnie rezerwy mocy przesyłowej wynoszą około 2–2,5 mld m³ rocznie w obszarach oddziałów: tarnowskiego (około 0,8–1 mld m³), lubelszczyzny (około 1–1,2 mld m³) i gdańskiego (0,2–0,3 mld m³). Bardziej precyzyjna prognoza byłaby możliwa dopiero po przygotowaniu nowego planu rozptyłu sieci, uwzględniającego pojawiające się wolumeny gazu niekonwencjonalnego. Biorąc to pod uwagę należy stwierdzić, iż system przesyłowy w obecnym kształcie nie jest w stanie zapewnić efektywnego transportu nawet dodatkowych 5 mld m³ gazu/rok, o eksporcie nie wspominając (Jakóbiak i in. 2011; Kaliski i in. 2011c).

Alternatywą dla rozbudowy sieci przesyłowych może też być całkowite zastąpienie dotychczasowego importu – wówczas dostępna przepustowość sieci sięga 13–15 mld m³ rocznie, ale w świetle zobowiązań wynikających z zawartych już kontraktów z Gazpromem jest to scenariusz mało prawdopodobny (Kaliski i in. 2011c).

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania, istotnym zagadnieniem jest rozbudowa istniejącego systemu przesyłowego oraz określenie kierunków eksportu potencjalnych nadwyżek gazu z łupków. Możliwe są następujące rozwiązania (Turowski 2012):

- w celu wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego Unii Europejskiej możliwa jest rozbudowa połączeń w kierunku Europy Południowej, umożliwiającą eksport ewentualnych nadwyżek gazu m.in. do Czech, na Węgry i Słowację;

- brak sieci przesyłowej w regionie północno-wschodniej Polski znacznie ogranicza potencjalny eksport gazu do krajów bałtyckich (Litwy, Łotwy, Estonii). Ewentualna pomoc finansowa ze środków Unii Europejskiej mogłaby ułatwić realizację tego typu inwestycji;
- eksport ewentualnych nadwyżek gazu z łupków do Niemiec rozbudowanym gazociągiem jamalskim mógłby osłabić znaczenie Polski na arenie międzynarodowej, nie wzmacniając bezpieczeństwa energetycznego UE. Wynika to z tego, że Niemcy posiadają najlepiej zdywersyfikowany rynek gazowy w Europie i same aspirują do roli centrum dystrybucyjnego surowca dla krajów sąsiadujących;
- interesującym kierunkiem eksportu surowca są kraje Unii Europejskiej, posiadające gazoport. Eksport gazu można byłoby realizować w formie skroplonej poprzez rozbudowany o instalację skraplającą terminal LNG w Świnoujściu;
- potencjalnymi odbiorcami gazu z łupków, z racji położenia geograficznego i istniejącej infrastruktury przesyłowej, może stać się Ukraina i Białoruś. Obecnie jednak z wielu względów trudna jest ocena prawdopodobieństwa realizacji eksportu w tych kierunkach.

Mając na uwadze długi cykl realizacji inwestycji, sięgający 10 lat, plany przesyłu gazu za granicę powinny być konstruowane już teraz. Dotyczy to również budowy elektrowni gazowych. Zwleknięcie z decyzjami kreującymi przyszły popyt na gaz z łupków do czasu, gdy pojawi się produkcja gazu, generuje ryzyko niedostatecznego popytu i grozi, że wydobycie surowca nie będzie opłacalne (Czyżewski, Świeboda 2010).

O ile do niedawna przeciwnicy wydobycia gazu łupkowego koncentrowali się wyłącznie na jego ekologicznym aspekcie, o tyle w ostatnim czasie ich argumentacja zyskała nowe wymiary. Argumenty przeciwników łupków można podzielić na cztery grupy: ekologiczne, ekonomiczne, społeczne i prawne (Jakóbiak i in. 2011).

Najpopularniejszą grupę argumentów osób nieprzychylnie nastawionych do łupków stanowią argumenty ekologiczne, które wpłynęły już na decyzje poszczególnych rządów (Bułgaria, Francja czy ostatnio Czechy). Po publikacji amerykańskiego raportu na temat łupków rozmaite grupy zaczęły wysuwać argumenty ekonomiczne, poddające w wątpliwość opłacalność wydobycia gazu z łupków. Część argumentów ekonomicznych opiera się na fałszywych przesłankach ekologicznych – według nich pokrycie strat związanych ze zniszczeniem krajobrazu, zanieczyszczeniem gruntu i wód gruntowych w efekcie wymaga nakładów finansowych przewyższających zyski ze sprzedaży wydobytego gazu. Coraz większe znaczenie zyskują również argumenty o charakterze społecznym – wskazuje się na niechętny stosunek lokalnych społeczności do eksploatacji gazu z łupków, których argumentami są zachwianie równowagi krajobrazowej i destrukcja fauny i flory w regionach eksploatacji. Istnieje niebezpieczeństwo rozniecania niepokojów społecznych i lokalnych przeciw wydobyciu gazu w miejscowościach, w których znajdują się złoża. W debacie o wykorzystaniu złóż gazu łupkowego mogą także zostać wykorzystane argumenty prawne. Prawa własności w Europie znacznie różnią się od praw własności w Stanach Zjednoczonych, gdzie właściciele gruntów mają prawo własności do wszystkiego, co znajduje się pod powierzchnią ich gruntów, co jest zachętą do eksploatacji zasobów kryjących się pod ziemią. Ponadto Europa jest gęsto zaludniona, a własność gruntów jest rozproszona. W rezultacie negocjacje z właścicielami gruntów będą bardziej skomplikowane, a rola państwa jako pośrednika w tych negocjacjach będzie miała kluczowe znaczenie (Helm 2011; Jakóbiak i in. 2011).

Podsumowanie

Przyszły rozwój wydobycia gazu z łupków w Polsce pozostaje niepewny, aczkolwiek obiecujący. Jeżeli nie zostanie zaprzepaszczona szansa, jaką dają niekonwencjonalne złoża gazu, to ten surowiec zamiast pozostać na obrzeżach sektora energii, uzupełniając regionalny bilans paliw, może stać się ważnym źródłem zapewnienia energii krajom Unii Europejskiej, jak to ma miejsce dziś w Ameryce Północnej. Taki scenariusz spowoduje poważne zmiany na gazowym rynku Eurazji oraz będzie miał wpływ na poprawę europejskiego bezpieczeństwa energetycznego. Rosja, wciąż dominujący dostawca w Eurazji, straci część udziałów w europejskim rynku gazu i chociaż gaz z łupków nie uniezależni UE od Rosji, to prawdopodobnie może znacznie zwiększyć elastyczność negocjacji cenowych (Goldthau, Hoxtell 2012; Młynarski 2012; Malko 2012).

Złoża gazu niekonwencjonalnego charakteryzują się najniższym współczynnikiem koncentracji wśród surowców energetycznych (złoża gazu w łupkach są najbardziej równomiernie rozmieszczone na kuli ziemskiej spośród wszystkich surowców energetycznych – wysoka wartość współczynnika dyspersji). Ocenia się, że znaczące zasoby gazu w łupkach znajdują się nie tylko na terenie Europy Środkowej i Wschodniej, ale także Azji Południowej i Wschodniej. Szczególnie istotne znaczenie ma potencjał wydobycia tego gazu w Chinach i Indiach, z uwagi na ich szybko rosnące zapotrzebowanie na energię oraz skalę wykorzystania węgla w elektroenergetyce (Czyżewski, Świeboda 2010).

Dzisiejsza sytuacja rynkowa jest korzystna dla wzrostu roli gazu, z uwagi na układ cen powstały po ekspansji wydobycia gazu z łupków w Stanach Zjednoczonych. Ponadto, ceny ropy nie rosną tak, jak się tego spodziewano w teorii *peak oil*, a poza tym ceny gazu oderwały się od cen ropy w USA, a także częściowo w Europie (w 2011 r. odnotowany znaczny wzrost obrotu gazem ziemnym w ramach kontraktów *spot*; cena gazu w ramach tych kontraktów była konkurencyjna wobec ceny gazu w kontraktach długoterminowych). Wzrosła tym samym opłacalność budowy elektrowni gazowych w takich krajach jak Polska, czego nie uwzględniono w założeniach pakietu 20-20-20, który wytypował jako preferowane rozwiązania technologiczne w postaci użytkowania biopaliw i energii wiatrowej, do których następnie dołączono technologię CCS. Mimo to, wydobycie gazu z łupków stwarza możliwość szybszego przejścia z węgla na gaz, bez znacznego wzrostu kosztów i bez ograniczania bezpieczeństwa. Co więcej, ponieważ większość elektrowni węglowych w Polsce to elektrownie przestarzałe, przejście z węgla na gaz zbiega się z cyklem odtwarzania zdolności produkcyjnych (Czyżewski, Świeboda 2010; Helm 2011).

Firmy posiadające obecnie koncesje w Polsce na poszukiwanie niekonwencjonalnych złóż gazu raczej dobrze oceniają sytuację na rynku pod kątem swoich przyszłych planów. Przede wszystkim podkreślają, że ciągle zwiększa się popyt na gaz oraz twierdzą, że zasoby gazu w Polsce są bogate. Wśród największych barier wszyscy przedsiębiorcy postrzegają kwestie związane z brakiem uregulowań prawnych, niejasne, trudne regulacje i przepisy związane z ochroną środowiska, ocenami oddziaływania na środowisko oraz niepewność cen gazu związana z niedostateczną liberalizacją krajowego rynku gazu. Dzięki rozwojowi wydobycia gazu ze złóż niekonwencjonalnych, nastąpi rozwój infrastruktury transportowej oraz przesyłowej praktycznie w całym kraju (Rynek... 2010).

Literatura

- Cios S., 2011 – Znaczenie gazu łupkowego dla Polski i Lubelszczyzny. Aspekty ekonomiczne i społeczne. Ministerstwo Spraw Zagranicznych.
- Czyżewski A., Świeboda P., 2010 – Jak zbudować sektor gazu łupkowego w Polsce? demosEUROPA Centrum Strategii Europejskiej, Warszawa.
- Energy Information Administration. www.eia.gov
- Frączek P., 2010 – Rola gazu ziemnego w polityce energetycznej Polski: stan obecny i perspektywy. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 1, s. 43–65.
- Furman T., 2012 – Przybywa łupkowych odwiertów. Rzeczpospolita z dnia 10.04.2012.
- Gaz... 2011 – Gaz łupkowy w Polsce. Co by było gdyby... Raport Analityczny. BRE Dom Inwestycyjny, 26 września.
- Goldthau A., Hoxtell W., 2012 – The impact of shale gas on European energy security. Global Public Policy Institute (GPPi) nr 14, Berlin.
- Górecki W., 2012 – Wstępne rozpoznanie zasobów perspektywicznych niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Konferencja Niekonwencjonalne Złóża Węglowodorów – Szanse i Zagrożenia, 24 stycznia, Warszawa.
- Gwiazdowicz i in. 2011 – Gwiazdowicz M., Krzak J., Pyzder B., Sobolewski M., Stachurska-Waga M., 2011 – Perspektywy wydobycia gazu łupkowego w Polsce. Biuro Analiz Sejmowych, Analizy nr 17 (61).
- Helm D., 2011 – Gaz łupkowy a niskoemisyjna transformacja w Europie. [W:] *Era gazu. Jak wykorzystać nowy potencjał? Future Fuelled by Knowledge*, zeszyt 2, s. 9–14.
- Hadro J., 2010 – Strategia poszukiwań złóż gazu ziemnego w łupkach. *Przegląd Geologiczny* vol. 58, nr 3, s. 250–258.
- Jakóbiak i in. 2011 – Jakóbiak W., Kowal P., Marcinkowski M., Rapkowski P., Zajac K., 2011 – Lobbying przeciw wydobyciu gazu łupkowego w UE – wnioski dla Polski. Raport EBE.
- Kaliski i in. 2010 – Kaliski M., Nagy S., Rychlicki S., Siemek J., Szurlej A., 2010 – Gaz ziemny w Polsce – wydobycie, zużycie i import do 2030 roku. *Górnictwo i Geologia* t. 5, z. 3, s. 27–40.
- Kaliski i in. 2011a – Kaliski M., Krupa M., Sikora A., 2011a – Ograniczenia i bariery polskiego rynku oraz infrastruktury gazowej w kontekście możliwego rozwoju wydobycia gazu łupkowego w Polsce. www.ise.com.pl
- Kaliski i in., 2011b – Kaliski M., Krupa M., Sikora A., 2011b – Perspektywy wykorzystania gazu niekonwencjonalnego w Polsce. Potencjał wzrostu konsumpcji gazu ziemnego w sektorze elektroenergetycznym. Gaz niekonwencjonalny – szansa dla Polski i Europy? Analiza i rekomendacje. Instytut Kościuszki.
- Kaliski i in. 2011c – Kaliski M., Krupa M., Sikora A., 2011c – Perspektywy wykorzystania gazu niekonwencjonalnego w Polsce. Potencjał wzrostu konsumpcji gazu ziemnego w sektorach pozaenergetycznych oraz główne bariery dla rozwoju sektora gazu niekonwencjonalnego. Gaz niekonwencjonalny – szansa dla Polski i Europy? Analiza i rekomendacje. Instytut Kościuszki.
- Kołaczkowski M., 2011 – Liberalizacja rynku gazu i wzrost bezpieczeństwa energetycznego w kontekście rozwoju sektora gazu niekonwencjonalnego w Polsce. Gaz niekonwencjonalny – szansa dla Polski i Europy? Analiza i rekomendacje. Instytut Kościuszki.
- Kulczycka D., Staniewska A., 2011 – Gaz łupkowy w Polsce a krajowy bilans energetyczny. [W:] *Era gazu. Jak wykorzystać nowy potencjał? Future Fuelled by Knowledge*, z. 2, s. 29–37.
- Malko J., 2012 – Ekonomia polityczna przemysłu gazu łupkowego w Europie Wschodniej. *Energetyka*, nr 3–4 (65), s. 155–160.
- Markowola... 2011 – Gaz z łupków wyzwania i szanse. Markowola – rok po zabiegu hydraulicznego szczelinowania. PGNiG SA, 18 lipca.
- Matyasik I., Słoczyński T., 2010 – Niekonwencjonalne złoża gazu – shale gas. *Nafta-Gaz*, nr 3, s. 167–177.
- Młynarski T., 2012 – Geopolityczne implikacje rozwoju shale gas w Europie. *Polityka Energetyczna* t. 15, z. 1, s. 5–20.
- Niedziółka D., 2010 – Znaczenie gazu łupkowego. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk*, nr 78, s. 175–185.
- Ocena... 2012 – Ocena zasobów wydobywalnych gazu ziemnego i ropy naftowej w formacjach łupkowych dolnego paleozoiku w Polsce (basen bałtycko-podlasko-lubelski). Raport pierwszy. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, www.pgi.gov.pl

- Poprawa P., 2010a – Potencjał dla poszukiwań złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku (*shale gas*) w Polsce. Niekonwencjonalne złoża gazu ziemnego w Polsce – gaz w łupkach (*shale gas*) i gaz zamknięty (*tight gas*). Warszawa, 27 stycznia.
- Poprawa P., 2010b – System węglowodorowy z gazem ziemnym w łupkach – północnoamerykańskie doświadczenia i europejskie perspektywy. Przegląd Geologiczny vol. 58, nr 3, s. 216–225.
- Rutkowski M., 2012 – Gaz łupkowy. Błękitne paliwo przyszłości. Magazyn Instalatora, nr 3 (163), s. 50–51.
- Rychlicki S., Siemek J., 2008 – Gaz ziemny w polityce energetycznej Polski i Unii Europejskiej. Polityka Energetyczna t. 11, z. 1, s. 409–429.
- Rychlicki S., Siemek J., 2011 – Gaz łupkowy zasoby i technologia. Rynek Energii, nr 3, s. 3–8.
- Rynek... 2010 – Rynek paliwowy i energetyczny w Polsce. Instytut MillwardBrown SMG/KRC. Warszawa.
- Siemek J. i in., 2011 – Siemek J., Kaliski M., Rychlicki S., Janusz P., Sikora S., Szurlej A., 2011 – Wpływ *shale gas* na rynek gazu ziemnego w Polsce. Rynek Energii nr 10.
- Środowiskowe... 2011 – Środowiskowe aspekty poszukiwań i produkcji gazu ziemnego łupkowego i ropy naftowej łupkowej. Ministerstwo Środowiska oraz Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa.
- Taras A., 2011 – Informacja w sprawie poszukiwań gazu łupkowego w Polsce z uwzględnieniem zaangażowania w tę działalność Stanów Zjednoczonych. Biuro Bezpieczeństwa Narodowego, Warszawa.
- Taras A., Turowski P., 2011 – Nowe szanse dla polskiej energetyki: od węgla ku gazowi z łupków i atomowi. Bezpieczeństwo Narodowe, nr II–2011/18, s. 161–177.
- Toś A., 2010 – Polityka Polski w zakresie dywersyfikacji dostaw gazu ziemnego – ocena rozwiązań alternatywnych. Fundacja Amicus Europae. www.stosunkimiedzynarodowe.info.
- Trzaska Z., 2011 – Dynamika zaspokajania potrzeb energetycznych odbiorców krajowych z uwzględnieniem eksploatacji złóż gazu łupkowego. Energetyka nr 9, s. 545–550.
- Turowski P., 2012 – Gaz łupkowy w Polsce – szanse, wyzwania i zagrożenia. Bezpieczeństwo Narodowe, nr 21(I), s. 123–140.
- Wyciszkievicz E. i in., 2011 – Gaz łupkowy – szanse i wyzwania dla Polski i Unii Europejskiej w świetle doświadczeń amerykańskich i rozwoju międzynarodowego rynku gazu. Raport Polskiego Instytutu Spraw Międzynarodowych, Warszawa.
- Zarębska K., Baran P., 2010 – Gaz łupkowy – niekonwencjonalne źródło energii. Materiały V Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych. Kraków, s. 175–180.