

**THE PROSPECT OF SHALE GAS EXTRACTION ON POLISH
TERRITORY ON THE BASIS OF THE PRACTICE OF EUROPEAN
COUNTRIES AND USA**

**PERSPEKTYWA WYDOBYCIA GAZU ŁUPKOWEGO NA TERYTORIUM
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ NA PODSTAWIE PRAKTYKI
KRAJÓW EUROPEJSKICH I STANÓW ZJEDNOCZONYCH**

Wojciech Niklas

Wyższa Szkoła Gospodarki Euroregionalnej
im. Alcide De Gasperi w Józefowie
wojtekniklas@gmail.com

ABSTRACTS

Growing demand for the gas, and the depletion of conventional gas resources have contributed to the growing interest in unconventional gas, and the rapid development of modern technology has allowed access to such resources of gas, which was once a mining unprofitable. In the United States shale gas sector boomed, leading to an extremely profound changes taking place in the energy market . At the beginning of the twenty-first century gas from shale accounted for only one percent of the supply of gas, its share is now almost twenty percent and still growing. Many experts on the topic analyzed claims that shale boom may be on Polish territory, where, according to preliminary analyzes can be about 30% of European shale deposits. Polish government recognizes the extraction of gas from shale as a unique chance to boost the economy and increase the level of Polish energy security. Strategic decisions in this regard must, however, be preceded by performing accurate analyzes in terms of benefits and costs. Start the extraction of shale on a commercial scale requires, inter alia, the availability of adequate for this purpose land for drilling, significant water resources and energy that are necessary to conduct this kind of work, availability of infrastructure that will enable transportation of extracted raw materials, as well as the appropriate market outlets.

Rosnące zapotrzebowanie dotyczące gazu oraz wyczerpywania się zasobów gazu konwencjonalnego przyczyniły się do wzrostu zainteresowania niekonwencjonalnymi złożami gazu, natomiast szybki rozwój nowo-

czesnych technologii pozwolił na dostęp do takich zasobów gazu, których wydobywanie niegdyś było nieopłacalnym. W Stanach Zjednoczonych rozkwitł sektor gazu łupkowego, co doprowadziło do niezwykle głębokich przemian zachodzących na rynku energetycznym. Na początku dwudziestego pierwszego wieku gaz pochodzący z łupków stanowił zaledwie 1% podaży gazu, obecnie jego udział stanowi już niemal 20% i wciąż rośnie. Wielu ekspertów z zakresu analizowanego tematu twierdzi, że łupkowy boom może się potworzyć na terenie Polski, gdzie zgodnie z wstępnymi analizami znajdować się może około 30% europejskich złóż łupków. Polski rząd uznaje wydobywanie gazu pochodzącego z łupków jako swoistą szansę na zdynamizowanie gospodarki oraz podniesienie poziomu bezpieczeństwa energetycznego Polski. Strategiczne decyzje w tym zakresie muszą być jednakże poprzedzone wykonaniem rzetelnych analiz pod względem korzyści i kosztów. Rozpoczęcie wydobywania z łupków na skalę przemysłową wymaga między innymi udostępnienia odpowiednich do tego celu terenów pod odwierty, znaczne zasoby wody oraz energii, które są niezbędne do prowadzenia tego rodzaju prac, dostępności infrastruktury, która umożliwi transport wydobywanego surowca, a także odpowiedniego rynku zbytu.

KEY WORDS:

gas, geology, shale gas, technology, environment

gaz, geologia, gaz łupkowy, technologia, środowisko

GAZ ŁUPKOWY – ZAGADNIENIA WPROWADZAJĄCE

Gaz ziemny stanowi surowiec mineralny, który występuje w skorupie ziemskiej jak złoża. Stanowi ono naturalne paliwo, mieszaninę gazów oraz par. Jego głównym składnikiem jest metan, a także inne gazy palne oraz związki niepalne. Skład gazu zależy od miejsca jego występowania oraz technologii zgazowywania, w efekcie różnych procesów chemicznych, w tym (Lechtenbohmer, 2011, s. 12):

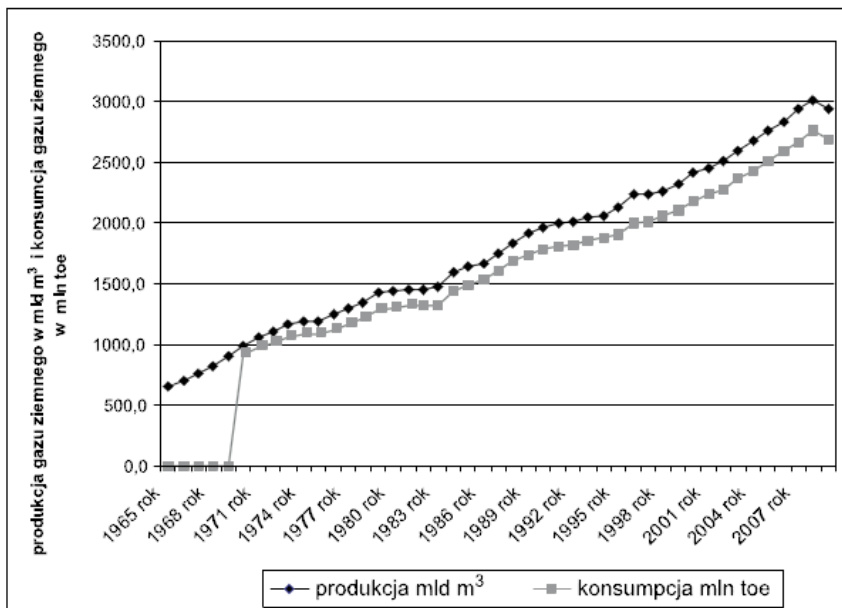
- technologicznego wzbogacenia gazu ziemnego, które polega na wyeliminowaniu z jego składu cząstek stałych, pary wodnej, związków siarki, a także innych substancji niepożądanych,
- procesu zamiany gazu w LNG.

Skład gazu podlega wówczas zmianom, a końcowy produkt stanowi

gaz ziemny, który jest przystosowany do transportu siecią gazociągów bądź tankowcami oraz użytkowania w różnorodnych urządzeniach oraz procesach przemysłowych. Złoża gazów ziemnych często znajdują się razem ze złożami ropy naftowej, taka forma gazu nazywana jest gazem mokrym. Gaz ziemny może także występować w złożach czysto gazowych, które są naturalnymi zbiornikami i wówczas określa się je mianem gazu suchego (Lechtenbohmer, 2011, s. 14).

Początków wykorzystywania gazu ziemnego upatrywać można w XIX wieku. Pierwotnie wykorzystywano go celem oświetlania pomieszczeń oraz ulic. Jego właściwości natomiast wpłynęły na jego zastosowanie jako paliwa energetycznego, po czym jako surowca w produkcji przemysłowej. Największy wzrost zainteresowania gazem tego rodzaju miały miejsce w drugiej połowie XX wieku, a razem z nim bardzo intensywny proces rozwoju gospodarczego państw leżących na terenie Europy Zachodniej oraz Stanów Zjednoczonych. Wzrost popytu na gaz ziemny miał miejsce również w czasie kryzysu energetycznego w latach 70. XX wieku.

Rysunek 1. Światowa produkcja i konsumpcja gazu ziemnego



Źródło: Opracowanie na podstawie danych BP: pozyskano (20.05.2012) z www.bp.com.

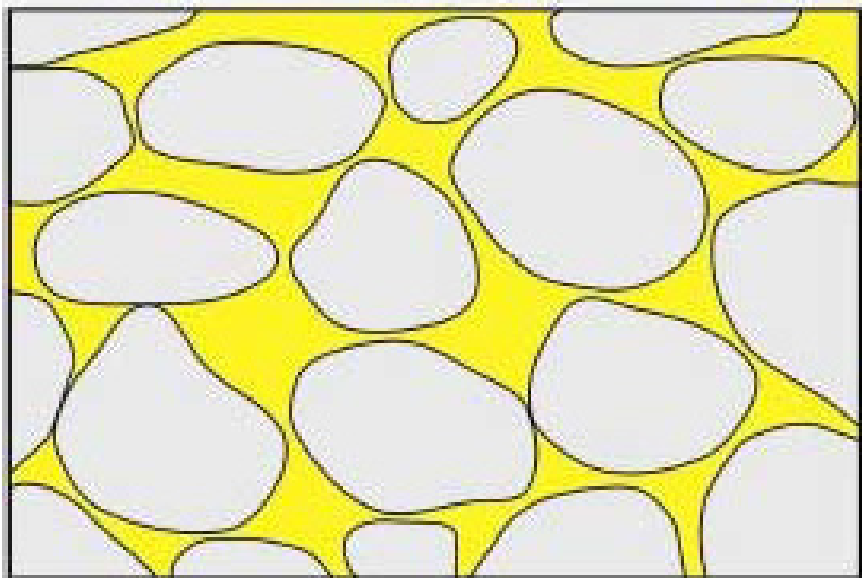
Dzisiaj gaz ziemny jest stosowany między innymi w (Niedziółka, 2010, s. 176):

- rolnictwie,
- ogrzewnictwie,
- klimatyzacji,
- energetyce,
- przemyśle chemicznym,
- przemyśle spożywczym,
- hutnictwie.

Przewiduje się, iż w najbliższych latach zapotrzebowanie na gaz ziemny będzie rosło.

Konwencjonalne złoża gazu ziemnego migrują w skałach oraz gromadzą się na obszarach relatywnie łatwo eksploatowanych, z kolei gaz łupkowy występuje w zamkniętych strukturach skalnych.

Rysunek 2. Konwencjonalne złożo gazu ziemnego



Źródło: (Lechtenbohmer, 2011, s. 15).

Geologiczne formacje węglowodorowe powstają z ograniczonych związków pochodzących z osadów morskich w ściśle określonych warunkach. Standardowa ropa oraz gaz powstały w efekcie termiczno-chemicznego rozkładu materii organicznej, która znajduje się w skałach osadowych, inaczej zwanych skałami macierzystymi. W miarę zapadania się pod innymi skałami formacje tego rodzaju ulegały stopniowemu ogrzewaniu, średnio około 30 stopni na jeden kilometr, materia organiczna rozkładała się na ropę wraz z osiągnięciem temperatury około 60 stopni C, następnie na gaz. Głębokość oraz temperatura, a także czas wystawiania na ekspozycję stanowiły o stopniu rozkładu (Lechtenbohmer, 2011, s. 15)

Zależnie od formacji geologicznej powstałe tam węglowodory płynne bądź gazowe były uwalniane ze skał macierzystych, po czym przesuwały się w górę do porowatej oraz przepuszczalnej warstwy, ta natomiast musiała znajdować się pod skałami nieprzepuszczalnymi, czyli uszczelnieniem, aby móc pozwolić im na nagromadzenie węglowodoru. Taki nagromadzony węglowodór tworzy następnie złoża konwencjonalnej ropy oraz konwencjonalnych gazów. Stosunkowo wysoka zawartość ropy, położenie w odpowiedniej odległości równej kilku kilometrów od powierzchni, a także stosunkowo łatwy dostęp na lądzie powodują, że łatwo jest je wydobywać metodą odwiertową.

Złoża węglowodorów, które znajdują się również w skałach zbiornikowych z niewielką porowatością oraz przepuszczalnością nazywa się je ropą zamkniętą bądź gazem zamkniętym. Węglowodory mogą być także zmagazynowane w znacznie większych ilościach w skałach niebędących skałami zbiornikowymi, natomiast są to łupki lub też inne bardzo drobnoziarniste skały oraz wyjątkowo małe pory.

Nie można wyraźnie odróżnić konwencjonalnych oraz niekonwencjonalnych złóż gazu bądź ropy. Trudno jest również wyznaczyć granice pomiędzy produkcją gazu konwencjonalnego bądź ropy konwencjonalnej, pochodzącej ze złóż mających wysoką zawartość gazu zamkniętego, dużej porowatości oraz przepuszczalności (Lechtenbohmer, 2011, s. 16).

ZASOBY GAZU ŁUPKOWEGO W POLSCE I W EUROPIE

Wielkość złóż gazu łupkowego na terenie Polski szacuje się na 1,5 bln m³ do 3 bln m³. Taka ocena została dokonana przez amerykańskie formy konsultingowe na podstawie przeprowadzonego porównania warunków geologicznych polskich oraz amerykańskich. Jest to bardzo dużo przede

wszystkim z uwagi na polskie zasoby gazu konwencjonalnego.

Takie wielkości będą mogły być potwierdzone, natomiast najwcześniej dopiero za kilka lat, gdy zostaną przeprowadzone liczne odwierty oraz badania geologiczne. Obecnie Polska znajduje się w grupie najbardziej perspektywicznych państw świata, dlatego też można odczuć silne zainteresowanie firm amerykańskich poszukiwaniami tutaj gazu łupkowego.

Rysunek 3. Obszary poszukiwań w Polsce gazu konwencjonalnego i niekonwencjonalnego



Źródło: (Grzeszczak, 2010, 22 maja).

W Polsce na razie za pośrednictwem Ministra Środowiska wydanych zostało 58 koncesji na poszukiwanie takiego rodzaju złóż. Poza Lane Energy koncesje przyznano (Niedziółka, 2010, s. 176):

- Exxon Mobil,
- Chevron,
- Maraton,
- PGNiG,
- PKN Orlen.

Pierwsze odwierty w Polsce wykonane przez Lane Energy, kanadyjską firmę poszukiwawczo-wydobywczą miały miejsce w czerwcu 2010 roku w okolicach wsi Łebie. Z kolei amerykański koncern Conoco Phillips zamierzał w 2010 roku rozpocząć odwierty pod Gdańskiem, które miały być wykonywane w zakresie programu wydobywania gazu łupkowego. Jesienią tego samego roku PGNiG podjęło prace przede wszystkim w rejonie Lubelszczyzny, Mazowsza, Pomorza oraz na Dolnym Śląsku (Łakoma, 2010, 10 czerwca, s. 2-5).

Z uwagi na bardzo wysokie koszty prowadzenia odwiertów oraz konieczność wykorzystywania odpowiednich technologii rodzime firmy są zmuszone wchodzić w alianse strategiczne z ogromnymi koncernami naftowo-gazowymi, celem wspólnego inwestowania w poszukiwanie oraz wydobywanie surowca na terenie Polski.

Tabela 1. Technicznie wydobywane zasoby gazu łupkowego w Europie według oceny EIA

	Technicznie wydobywalne zasoby gazu łupkowego (bln m ³)
Dania	0,65
Francja	5,09
Holandia	0,48
Litwa	011
Niemcy	0,23
Norwegia	2,35
Polska	5,29
Szwecja	1,16
Turcja	0,42
Ukraina	1,19
Wielka Brytania	0,57
Inne	0,54

Źródło: (EIA, 2012, s. 1) *U.S. Energy Information Administration Report on World Gas Resources*, Pozyskano (28.02.2014) z www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas.

Choć wstępne sygnały są pozytywne, jest jeszcze za wcześnie na to, by mówić o udokumentowanych złożach gazu łupkowego. Dlatego Ministerstwo Środowiska wstrzymuje się z przedstawieniem własnych szacunków tych zasobów, zaznaczając, że na wiarygodne dane trzeba poczekać do czasu wykonania wierceń przewidzianych udzielonymi koncesjami poszukiwawczymi. Proces zbierania tych danych może potrwać kilka lat. Natomiast do końca bieżącego roku studium poświęcone oszacowaniu potencjalnych krajowych zasobów gazu łupkowego ma przygotować Państwowy Instytut Geologiczny. Na razie jedynie w przybliżeniu można zidentyfikować strefę występowania paleozoicznych łupków, w których mogą znajdować się złoża gazu. Trzy najważniejsze regiony gazonośne to: bałtycki (sięgający aż do Warszawy), lubelski i podlaski (Niedziółka, 2010, s. 179).

Rysunek 4. Rozmieszczenie zasobów gazu łupkowego na terenie Europy



Źródło: *(Zasoby gazu i ropy ze złóż niekonwencjonalnych – Zarys stanu prac poszukiwawczo-wydobywczych, perspektywy rozwoju i możliwe implikacje międzynarodowe, sierpień/wrzesień 2012, s. 5, Pozyskano (28.02.2014) <http://www.msz.gov.pl/resource/feec2fc6-b64d-4a16-8104-020f23765052>:JCR).*

Prawdopodobny wzrost wielkości wydobycia gazu pochodzącego z globalnych niekonwencjonalnych źródeł może w sposób bezpośredni oraz pośredni wpłynąć na europejski rynek gazu. Prawdopodobne rozpoczęcie wydobywania europejskich zasobów gazu pochodzących z łupków na skalę przemysłową może niemal całkowicie zmienić ramy dla polityki energetycznej zarówno całej Europy, jak i poszczególnych krajów (*Zasoby gazu i ropy ze złóż niekonwencjonalnych*, sierpień/wrzesień 2012, s. 5, Pozyskano (28.02.2014) <http://www.msz.gov.pl>).

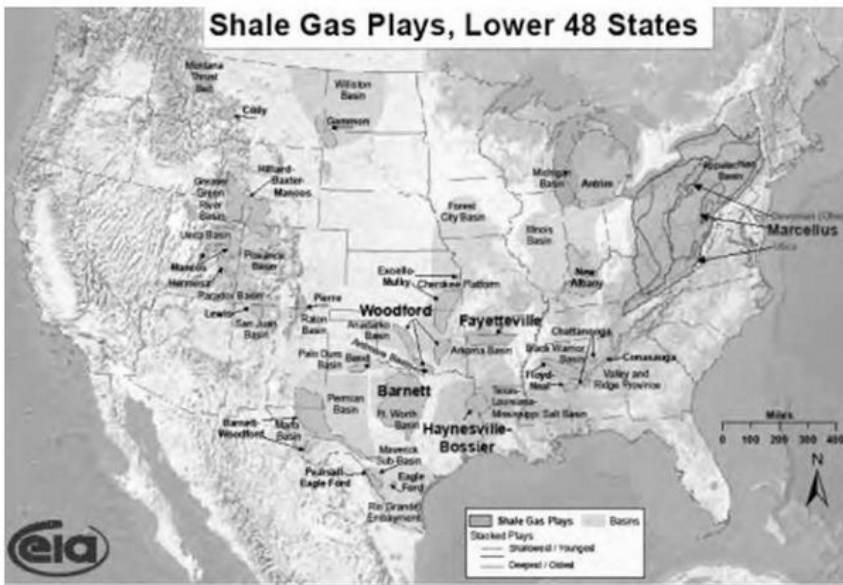
Niedawno opublikowany raport Cambridge Energy Research Associate szacuje złoża gazu łupkowego na poziomie 173 bilionów metrów sześciennych. Łatwo zatem stwierdzić, że dzięki temu zostałyby rozwiązane problemy w zakresie bezpieczeństwa energetycznego starego kontynentu. Potrzebnym jest jedynie rozwinąć proces wydobywania własnych złóż, aby członkowie UE mogli cieszyć się niekończącymi się dostawami gazu. Problemy dotyczące zależności energetycznej od Gazpromu, przerwy w zakresie dostaw gazu, a także jego wysokie ceny przestaną stanowić zmartwienie. W rzeczywistości natomiast trzeba pohamować ogromny entuzjazm. Głównie dlatego, że wysokie dane związane z wydobyciem i zasobami gazu dotyczą „zasobów łupków, niegotowych już komercyjnych złóż, które można szacować na dużo mniejsze. Jednakże możliwość wydobywania zaledwie jednej dziesiątej szacowanych zasobów stanowiłaby dla Unii ogromny wkład w proces zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego. Po drugie wymienić należy znaczącą ilość przeszkód, o naturze innej niż geologiczna, które związane są ze skalą usług w zakresie sektora budowlanego, a które są niezbędne do rozwijania wydobywania gazu łupkowego, aż po licencjonowanie wydobycia, jego koszty, a także zagadnienia związane z ochroną środowiska (Riley, 2011, s. 89).

WYDOBYCIE GAZU ŁUPKOWEGO W USA

Stany Zjednoczone stały się liderem w produkcji alternatywnych źródeł energii, a gaz z łupków całkowicie zrewolucjonizował rynek gazowy w Stanach Zjednoczonych i na świecie. W roku 2009 Stany Zjednoczone stały się największym światowym producentem gazu ziemnego, stanowiąc około 50% produkcji, przy czym tightgas stanowi około 27%, shalegas około 10%, a coalbedmethane 9% całkowitej produkcji gazu ziemnego. Do 2020 roku udział gazu niekonwencjonalnego ma wzrosnąć do 64% (ENERDY-NAMICS, 2007, s. 1). W 1996 roku udział gazu łupkowego wynosił zaledwie 1,6% całkowitej produkcji gazu, a w 2006 roku już 5,9% (APG, 2008, s. 1).

W 2009 roku produkcja ze źródeł shalegas wynosiła 57,25mld m³, co dało wprost o ponad 70% w stosunku do roku poprzedniego. Stany Zjednoczone stały się w pełni samowystarczalne w zakresie zaspokojenia zapotrzebowania na gaz ziemny, jednak dzięki technologii shalegas znacznie ograniczyły import LNG. Amerykańskie zasoby gazu z łupków przy bieżącym poziomie konsumpcji wystarczą na najbliższe 116 lat. Największe wydobycie gazu niekonwencjonalnego odbywa się w Teksasie, ale także w Oklahomie, Alabamie, Kolorado i Arkansas (Olechowski, 2010, s. 1-5).

Rysunek 5. Produkcja gazu ziemnego ze źródeł, USA



Źródło: (ENERDYNAMICS, 2007, s. 1-10).

Zmiany te niosą istotne implikacje o zasięgu globalnym dla światowych producentów gazu ziemnego. W przyszłości zwiększone udziały gazu ziemnego kosztem ropy naftowej w światowej gospodarce mogą osłabić zyski i pozycje krajów OPEC na arenie międzynarodowej.

Obawy wśród czołowych producentów i eksporterów już rosną. Na przykład rosyjski GAZPROM przyznał, że wzrost wydobycia gazu z niekonwencjonalnych złóż w Stanach Zjednoczonych może radykalnie zmie-

nić cały światowy rynek gazowy. Tym bardziej, że podobną do amerykańskiej budowę geologiczną, umożliwiającą produkcję gazu łupkowego mają inne państwa, takie jak Chiny czy Australia. Stany Zjednoczone i Chiny już w listopadzie 2009 roku ogłosiły pakiet wspólnych działań w tym zakresie. Prezydent Barack Obama zgodził się udostępnić technologię wydobywania gazu łupkowego. Stany Zjednoczone zwróciły się także do kilkunastu krajów z propozycją oszacowania ich zasobów gazu łupkowego (CIEA, 2010, s. 1). W ten sposób Amerykanie zabezpieczyliby interesy krajowych koncernów, które dysponują odpowiednią technologią pozwalającą na wydobycie gazu łupkowego na skalę przemysłową (FORSAL, 2010, 3 lipca, s. 1).

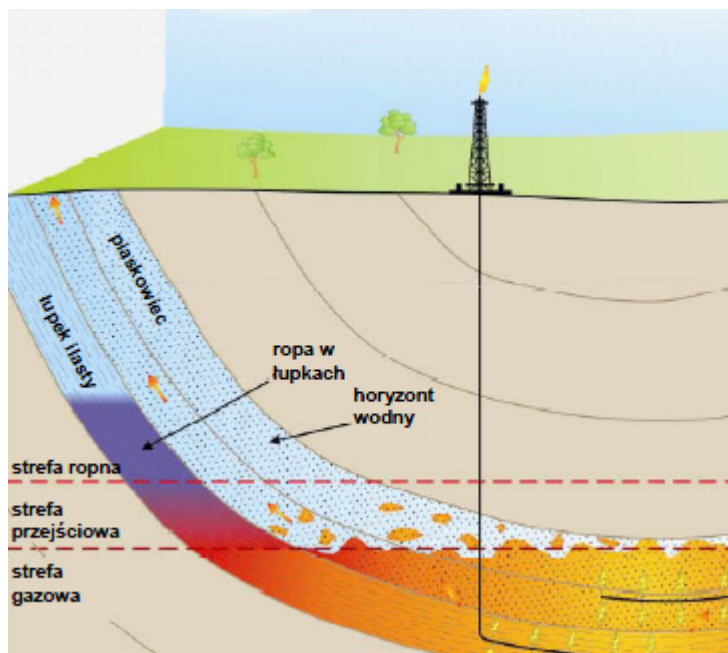
WYDOBYCIE GAZU ŁUPKOWEGO W POLSCE

Rozwój form wydobywania gazu łupkowego jest możliwy dzięki bardzo innowacyjnym technologiom eksploatacyjnym. Wykorzystanie na szerszą skalę odwiertów poziomych, a także udoskonalenie technologii z zakresu szczelinowania hydraulicznego pozwoliły na udostępnienie na skalę przemysłową złóż surowca, który jest uwieczony w skałach macierzystych.

Wymienić można kilka technologii wydobywania gazu łupkowego, w tym (Krawiec, J., 2010, s. 17):

- wykonywania odwiertów poziomych,
- szczelinowania hydraulicznego.

Rysunek 6. Schemat odwiertu poziomego



Źródło: (Krawiec, 2010, s. 17).

Pierwsze z nich jeszcze dwadzieścia lat temu uznawano za bardzo duży wyczyn techniczny. W połowie lat dziewięćdziesiątych zaczęto je stosować, celem zwiększenia wydobycia z standardowych złóż gazu oraz ropy, co miało wpływ na masowe rozpowszechnienie oraz udoskonalenie tego rodzaju technologii.

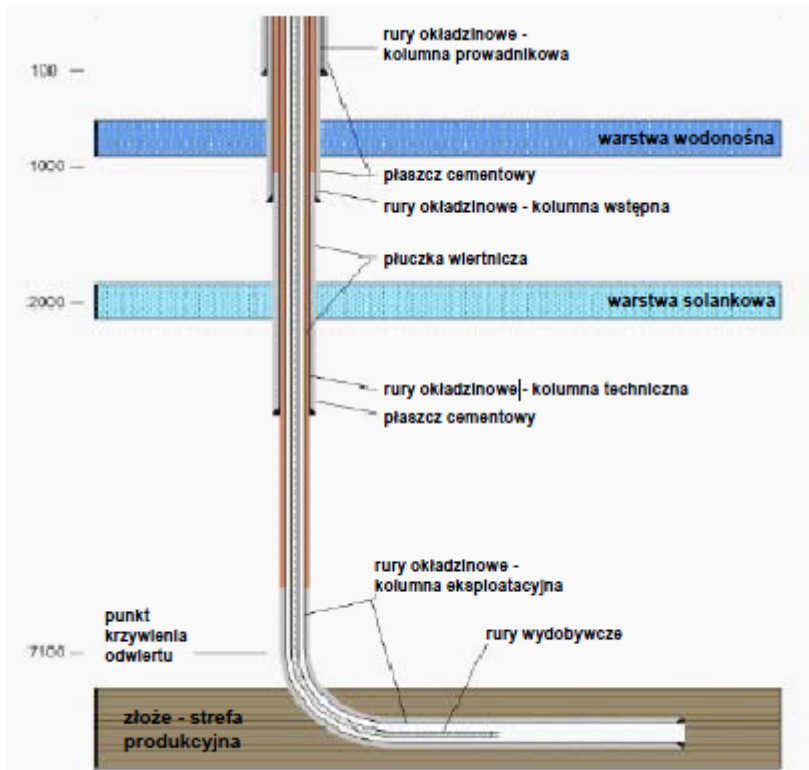
Technika odwiertu poziomego polega przede wszystkim na początkowym odwierceniu pionowych otworów wiertniczych, po czym po osiągnięciu odpowiedniego poziomu głębokości, skrzywieniu oraz stopniowym przejściu do odcinków poziomych, aby przewiercić się do docelowej warstwy skalnej także na odległość od jednego aż do więcej niż trzech kilometrów od pionowego szybu. Ściany otworów zostają następnie zamurowywane, natomiast rury cementowane w przestrzeniach pomiędzy rurami a przewiercanymi skałami, aby uzyskać stabilność i wytrzymałość otworów, a także po to, aby móc odizolować otwór od kontaktami wodonośnymi czy też warstwami, które zawierają inne niepożądane

kopaliny (Krawiec, 2010, s. 19).

Środowisko przedmiotowe natomiast bardzo szybko zorientowało się, iż odwierty poziome, dzięki możliwościom czerpania z o wiele większych przestrzeni złoża w stosunku do tradycyjnych odwiertów pionowych - możliwe są także w zastosowaniu do eksploatawania ciemnych łupków, których eksploatację uważano wcześniej za zupełnie nieopłacalną. Dziś technologia pozwala na pionowe wiercenie na głębokość większą niż siedem kilometrów, a także odcinków poziomych, które przekraczają trzy kilometry. Rekord w tym zakresie pobił MaerskOil, wynosił on około 11 kilometrów (Krawiec, 2010, s. 20).

Odwierty poziomie pozwalają na znacznie bardziej efektywne eksploatawanie udokumentowanych zasobów poza otworem pionowym. Osiem otworów poziomych, które rozchodzą się z jednej lokalizacji umożliwiających dostęp do złoża w zakresie klasycznej eksploatacji, wymagałoby odwiercenia szesnastu otworach pionowych. Należy natomiast w tym miejscu zauważyć, iż z uwagi na bardzo niską przepuszczalność skał ilaro-łupkowych odwierty tego rodzaju muszą być wykonywane ze znacznie większym zagęszczeniem na powierzchni niż w zakresie eksploatacji złóż gazu konwencjonalnego. Standardowe rozmieszczenie otworów tego rodzaju na jednostkę powierzchni kształtuje się w zakresie 4-8 na 2,6 km (NETL, 2009, kwiecień, s. 2-20).

Rysunek 7. Schemat zarurowania otworu wiertniczego

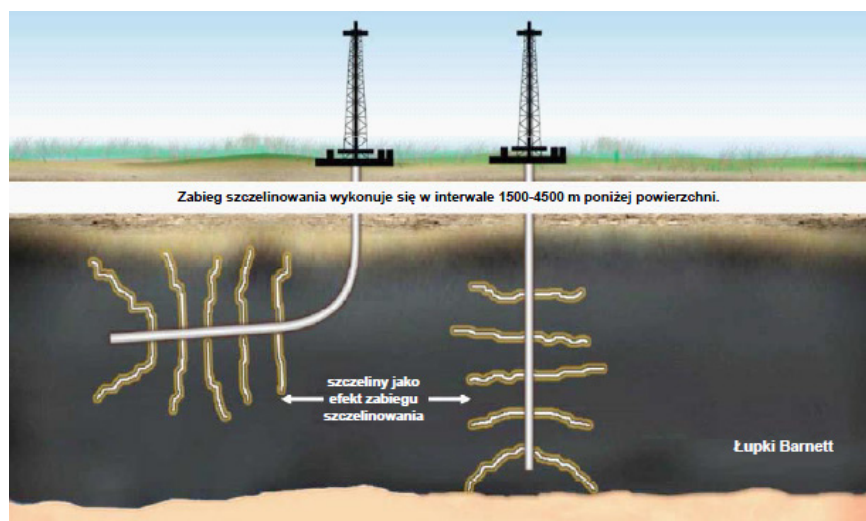


Źródło: (Krawiec, 2010, s. 5-7).

Średnie koszty wykonania jednego otworu pionowego na głębokość jednego kilometra razem z uzbrojeniem na rynku USA kształtuje się na poziomie około 0,8 mln dolarów, z kolei wiercenie otworu poziomego do jednego kilometra to koszt rzędu 2,5 miliona dolarów. Sama omawiana technologia nie jest wystarczająca do efektywnej eksploatacji niekonwencjonalnych złóż gazu. Celem umożliwienia wydobycia surowca na znacznie większą skalę powinna być wykonana w odcinku poziomym otworu wiertniczego sieć sztucznych szczelin, następnym krokiem jest wypełnienie ich piaskiem z odpowiednią granulacją, w ten sposób zostaną stworzone nowe drogi komunikacji. Taki efekt jest możliwy dzięki wykorzystaniu technologii szczelinowania hydraulicznego (NETL, 2009, kwiecień, s. 2-20).

W 1981 roku inżynier G. T. Mitchell eksperymentował z różnorodnymi metodami związanymi z pozyskiwaniem gazu ziemnego z łupków. On jako pierwszy postanowił wykorzystać omawianą metodę, która polegała na wtłoczeniu pod wysokim ciśnieniem płynu szczelinującego do zdefiniowanych odcinków otworów wiertniczych celem tworzenia oraz powiększania istniejących już szczelin w strukturach skał łupkowych. Powyższa technologia była opatentowana przez jego firmę Mitchell Energy-&Development z końcem lat dziewięćdziesiątych, która w roku 2002 roku została przejęta przez Devon Energy (Pozyskano (28.02.2014), z www.devonenergy.com).

Rysunek 8. Schemat szczelinowania hydraulicznego



Źródło: Krawiec, 2010, s. 22).

Nowoczesna metoda szczelinowania hydraulicznego stanowi całkowicie kontrolowany proces, przetestowany w laboratoriach oraz na dziesiątkach tysięcy otworów, który jest oparty o wiedzę naukowców oraz praktyków. Stanowi on dosyć kosztowny zabieg – może opiewać na $\frac{1}{4}$ kosztów wykonywania odwiertu. W podstawowych wersjach do otworów tłoczony jest tak zwany płyn szczelinujący wprowadzany pod ciśnieniem, które sięga nawet 600 barów. Gdy w danej strefie wytworzona jest już odpowiednia

ilość szczelin, tłoczy się razem z wodą piasek o odpowiednim poziomie granulacji, wciskany w wytworzone wcześniej szczeliny oraz uniemożliwia się ich zamknięcie, tworząc tym samym drogi komunikacji dla gazów dopływających do otworu. Rozróżnić można bardzo dużą liczbę wariantów zabiegów szczelinowania. Do płynów szczelinujących, które charakteryzują się regulowanymi parametrami lepkości, wilgotności, ciężaru właściwego, dodawane są w niewielkich ilościach substancje chemiczne, które umożliwiają poprawne wykonanie danego zabiegu. Materiałem podszadzkowym zamiast piasku są także materiały pochodzenia (Krawiec, 2010, s. 20):

- ceramicznego,
- metalowego,
- a także plastikowe kulki,
- płyny polimerowe.

Jakość wykonywania szczelin kontrolowana jest poprzez metody mikrosejsmiki otworowej. Jednak przed podejmowaniem kosztownych prac badane są próbki skał, celem określenia ich własności geomechanicznych oraz naprężeń w górotworze. Pod takim kątem dobierane są płyny, ciśnienie oraz czas trwania konkretnych etapów zabiegu szczelinowania, natomiast cały zabieg jest wcześniej symulowany cyfrowo. Etapy laboratoryjne są niestety bardzo żmudne oraz kosztowne, jednakże przynoszą efekty – w łupkach uzyskuje się precyzyjnie rozłożenie, koncentryczne strefy poszczególnych spękań o promieniu aż 900 metrów (Rutkowski, 2009, s. 1).

Gdy proces zostaje zakończony, z otworu odbierany jest płyn szczelinujący oraz wykonywany zostaje test produkcyjny. Poza gazem ziemnym, przez jakiś czas, z odwiertu odbiera się także płyn poreakcyjny, który jest wynikiem zabiegu szczelinowania. Kolejnym aspektem jest wykorzystywanie wody do procesu szczelinowania hydraulicznego. Do jednego z otworów w czasie szczelinowania wtłaczane jest od 7,5 do 11m³ mln litrów wody, a także około 450-680 ton piasku (Arthur, Bohm, Coughlin i Layne, 2010, s. 1-10).

Zasoby wody, jakie są niezbędne w czasie pozyskiwania gazu łupkowego, przechowuje się przeważnie w sztucznie stworzonych zbiornikach bądź w zbiornikach mobilnych, które są zlokalizowane blisko otworu wiertniczego, z którymi to są one połączone w czasie zabiegu. W celu wcześniejszego pozyskania wody, drąży się miejscowo studnie bądź woda jest dowożona ze źródła. Całość takiej instalacji tworzy obieg zamknięty, w zakresie którego woda na bieżąco poddawana jest odpowiednim procesom oczysz-

czenia oraz wykorzystywana do różnych funkcji w czasie wiercenia otworów oraz szczelinowania hydraulicznego w zakresie otworów wykonywanych w takiej samej oraz innej lokalizacji. Część może także być używana w innych rodzajach procesów wydobywczych (Arthur, Bohm, Coughlin i Layne, 2010, s. 12-19).

KOSZTY ODWIERCANIA I EKSPLOATACJI ORAZ MOŻLIWOŚCI ICH OPTYMALIZACJI

Dotychczas przeprowadzone ilościowe doświadczenia, jakie płyną z pozyskiwania gazu ziemnego z amerykańskich basenów łupkowych, pozwalają stwierdzić i opowiedzieć się za przyjęciem średniej wartości szacowanych całkowitych kosztów wydobycia z pojedynczych odwiertów w warunkach polskich basenów wielkości kilkunastu milionów metrów sześciennych gazu w czasie jego całkowitego życia. Stanowi to wartość ponad 10 razy niższą niż ogólne wydobycie z pojedynczych odwiertów pochodzących ze złóż typu konwencjonalnego w polskich warunkach. Jako porównanie należy podać, iż całościowe wydobycie z otworu dla złóż konwencjonalnych na terenie Polski zazwyczaj przekracza wielkości rzędu 100-150 mln m³ gazu (Raport na temat uwarunkowania rozwoju wydobycia gazu z polskich formacji łupkowych (FE, 2012, 29 listopada, s. 1).

Przyjmowanie jak najbardziej prawdopodobnych wartości SCW na poziomie ponad 11,3 miliona metrów sześciennych oznacza, iż z jednego odwiertu (jego koszt celem przypomnienia kształtuje się na poziomie około 30-50 mln) można uzyskać 11,3 miliona metrów sześciennych gazu. Koszty jednostkowe wydobywania gazu mogą przekroczyć w związku z powyższym wartość rzędu 2,6 - 4,4/m³, nie uwzględniając kosztów infrastruktury powierzchniowej oraz przesyłowej. W związku z tym warunek konieczny dla zapewnienia jak największej konkurencyjności wydobywanego gazu z formacji łupkowych w zakresie importu może zostać radykalnie obniżona za pomocą zmniejszenia kosztów odwiertów. Powyższe zagadnienie jest trudne z uwagi na znaczną głębokość zalegania łupów na terenie Polski, rzędu 1-3,5 km, niemniej technicznie są możliwymi do wykonania. Bardzo ważne w zakresie optymalizowania kosztów odwiertów, co trzeba podkreślić (NETL, 2009, kwiecień, s. 1) są:

- możliwość wykonywania większej ilości odwiertów z jednej platformy, wykorzystując przy tym jedno urządzenie wiertnicze oraz tworzenie klastrów,

- uproszczenie, w zależności od panujących dookoła warunków geologicznych, konstrukcji odwiertów z ewentualnymi możliwościami ograniczania interwałów cementowania,
- optymalizowanie kosztów udostępniania z zastosowaniem odpowiednio dobranych cieczy zabiegowych.

Powinno się także wykorzystywać doświadczenia Stanów Zjednoczonych w zakresie zagospodarowania powierzchniowego z wykorzystaniem modułów technologicznych, które są łatwe do ponownego wykorzystania ich w zakresie innych lokalizacji.

W stosunku do kolejnych założeń, dla wydobywania określonych w Raporcie PIG zasobów 767 mld metrów sześciennych gazu, z założeniem 11,3 mln m³ z jednego odwiertu, należy wykonać blisko 68 tysięcy odwiertów, natomiast ich gęstość dla rozpatrywanego przez PIG obszaru 41 135 kilometrów kwadratowych wynosiłaby średnio jeden odwiert na powierzchni 0,6 kilometra kwadratowego, uwzględniając w tym obszary zabudowane. Przy założeniu odwiercenia od sześciu do siedmiu odwiertów eksploatacyjnych z jednej platformy, liczba tego rodzaju miejsc koncentracji otworów wynosi wówczas około 10 tysięcy ze średnią gęstością 1 na powierzchni około czterech metrów kwadratowych. Powyższe wartości mogą się okazać znacznie korzystniejszymi, pod warunkiem, że odkryte zostaną tzw. sweetspot's, czyli miejsca o znacznie większym nasyceniu łupków gazem w stosunku do wartości średnich. Odkrywanie możliwie dużej ilości tego rodzaju zwiększonych koncentracji gazu może być jednym z podstawowych czynników, które będą decydować o sukcesie polskiego programu poszukiwania gazu w formacjach łupków (NETL, 2009, kwiecień, s. 1).

W związku z powyższym, wybrana technologia oraz zrozumienie, czym jest złoż łupków, stanowi klucz do jak najbardziej opłacalnej eksploatacji. Wiąże się to z prowadzeniem kompleksowych badań złóż oraz planowaniem i optymalizacją rozwiązań technologicznych z udostępnieniem oraz eksploatacją, przy czym te technologiczne muszą być odpowiednio tanie i równocześnie skuteczne, natomiast nie super nowoczesne oraz drogie.

Wynikiem wszelkich badań, tak samo odwiertowych, jak i laboratoryjnych, może być opracowanie modelu złoża, na podstawie którego powinno się (Niedziółka, 2010, s. 180):

- zoptymalizować ilość niezbędnych do odwiercenia otworów, następnie ustalić się na jakich poziomach oraz w jakich kierunkach prowadzi

się otwory horyzontalne, wyznaczyć się także interwały do szczelinowania;

- ograniczyć liczbę badań, jakie są konieczne do przeprowadzania na otworach eksploatacyjnych;
- oszacować w miarę dokładnie koszty operacji, potencjalny poziom produkcji, przeprowadzić rachunek ekonomiczny.

Należy także wspomnieć o aspektach ochrony środowiska naturalnego oraz jego remediacji po procesie wiercenia. Taka ochrona jest niezwykle krytycznym elementem wierceń, z uwagi na liczbę odwiertów, jakie są niezbędne do osiągnięcia odpowiedniej wielkości produkcji, która jest o wiele większa niż w przypadku złóż konwencjonalnych.

REFERENCES:

WYDAWNICTWA ZWARTE

Arthur, D. i Bohm, B. i Coughlin, B. i Layne, M. (2011). *Hydraulic Fracturing Considerations for Natural Gas*. USA: All Consulting.

Adamczyk, M. i Zaręba, Z. (2010). *Zarządzanie zasobami ludzkimi organizacji w okresie transformacji*. Bielsko-Biała: Wydawnictwo Nowa Nauka Polska.

Krawiec, J. (2010). *Gaz łupkowy. Podstawowe informacje*. Warszawa: Orlen.

Lechtenbohrer, S., Altman, M., Sofia, C., Matra, Z., Weindorf, W. i Zittel, W. (2011). *Wpływ wydobycia gazu łupkowego i ropy łupkowej na środowisko naturalne i zdrowie ludzi. Ekspertyza*. Bruksela: Dyrekcja Generalna ds. polityki wewnętrznej Unii Europejskiej.

NETL (2009, kwiecień). *Shale Gas Development in the United States: A primer*. US Department of Energy.

FE (2012, 29 listopada). *Raport na temat uwarunkowania rozwoju wydobycia gazu z polskich formacji łupkowych*. Sopot: Forum Energetyczne.

Riley, A. (2011). *Europejskie złoża gazu konwencjonalnego jako alternatywa wobec gazowej zależności od Rosji, [w:] Gaz niekonwencjonalny – szansa dla Polski i Europy? Analiza i rekomendacje*. Kraków: Instytut Kościuszki.

WYDAWNICTWA CIĄGŁE

Grzeszczak, A. (2010, 22 maja). *Łupanie gazu*. „Polityka”.

- Niedziółka, D. (2010). *Znaczenie gazu łupkowego*. „Zeszyty Naukowe”. Warszawa: Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk.
- Łakoma A., (2010, 10 czerwca). *PGNiG bardziej zaangażuje się w łupki*. „Rzeczpospolita”.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE

- APG (2008). *Prices, Technology Make Shales Hot*, American Association of Petroleum Geologists, Pozyskano (28.02.2014) z www.apg.org/explorer/2008/07jul/shales.cfm.
- Forsal (2010, 3 lipca). *Gaz łupkowy: Polska przystąpiła do globalnej inicjatywy ws. Wydobywania gazu łupkowego*, Pozyskano (28.02.2014), z www.forsal.pl/artykuly/433628.
- CIEA (2010). *Global Shale Gas Initiative*. US, Pozyskano (28.02.2014) z www.State.gov/s/ciea/gsgi/index.htm.
- Olechowski, J. (2010, 9 kwietnia). *Dorwać gaz*, Newsweek, Pozyskano (28.02.2014), z www.Newsweek.pl/artykuly/sekcje/biznes/dorwac-gaz,54629,2.
- Rutkowski, M. (2009, 24 lutego). *Wyciskanie gazu*. Polityka.pl.
- ENERDYNAMICS (2007). *The Rise of Unconventional Gas*, Pozyskano (28.02.2014) z www.enerdynamics.com/documents/Insider91807_000.pdf.
- EIA (2013) *U.S. Energy Information Administration Report on World Gas Resources*, Pozyskano (28.02.2014) z www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas.
- MSZ (2012, sierpień i wrzesień). *Zasoby gazu i ropy ze złóż niekonwencjonalnych – Zarys stanu prac poszukiwawczo-wydobywczych, perspektywy rozwoju i możliwe implikacje międzynarodowe*, s. 5, Pozyskano (28.02.2014) <http://www.msz.gov.pl/resource/feec2fc6-b64d-4a16-8104-020f23765052:JCR>.
- Pozyskano (28.02.2014), z www.devonenergy.com.

SPIS TABEL I RYSUNKÓW

Tabela 1. Technicznie wydobywane zasoby gazu łupkowego w Europie według oceny EIA

Rysunek 1. Światowa produkcja i konsumpcja gazu ziemnego

Rysunek 2. Konwencjonalne złoża gazu ziemnego

Rysunek 3. Obszary poszukiwań w Polsce gazu konwencjonalnego i niekonwencjonalnego

Rysunek 4. Rozmieszczenie zasobów gazu łupkowego na terenie Europy

Rysunek 5. Produkcja gazu ziemnego ze źródeł, USA

Rysunek 6. Schemat odwiertu poziomego

Rysunek 7. Schemat zarurowania otworu wiertniczego

Rysunek 8. Schemat szczelinowania hydraulicznego