

## He<sup>3</sup> - surowiec strategiczny

**Autor: Jakub Niechciał**

**('Energia Gigawat' - nr 10-11/2014)**

Nikogo nie trzeba przekonywać, że najważniejszymi obecnie surowcami są ropa i gaz ziemny. Wynika to oczywiście z faktu wykorzystania ich w różnych dziedzinach przemysłu i nauki. Energetyka jest jednym z większych odbiorców tych surowców. Współczesna cywilizacja nie może poprawnie funkcjonować bez dostarczenia odpowiedniej ilości energii produkowanej przez elektrownie. W przypadku Polski zauważalna jest zmiana z energetyki węglowej na gazową, oczywiście w ograniczonym zakresie. Aktualnie spalany jest przede wszystkim węgiel kamienny i brunatny oraz okazjonalnie gaz ziemny.

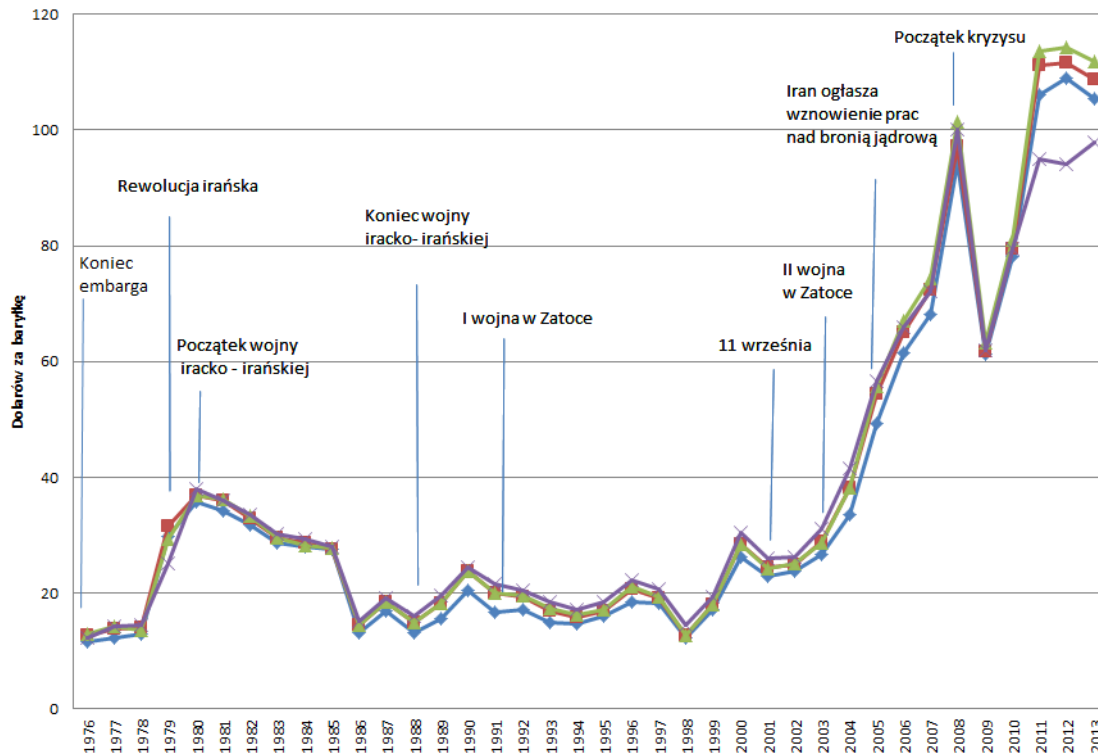
Do zasobów strategicznych zalicza się obecnie: ropę naftową, gaz ziemny, węgiel kamienny i brunatny. Największe złoża wymienionych surowców znajdują się przede wszystkim w Federacji Rosyjskiej, USA oraz Arabii Saudyjskiej. Kraje te borykają się jednak z problemami energetycznymi. Z danych archiwalnym wynika, że w ciągu ostatnich 20 lat średnie światowe zużycie energii przypadające na jedną osobę wzrosło o 40 proc., przy czym w samych tylko Chinach - o ponad 150 proc., w Indiach o 90 proc., w USA o 20 proc., zaś w krajach Unii Europejskiej zaledwie o 7 proc.<sup>1</sup> Jest to skutkiem niezwykłego wzrostu ekonomicznego występującego u tzw. azjatyckich tygrysów. Chiny od lat mają bardzo wysoki przyrost PKB, co w konsekwencji powoduje duże zużycie energii elektrycznej. I dlatego to właśnie ten obszar geograficzny najprawdopodobniej będzie zużywać najwięcej energii również w przyszłości. Międzynarodowa Agencja Energetyczna przewiduje, że do 2035 r. zapotrzebowanie na energię wzrośnie o około 35% w stosunku do czasów obecnych. Problem zużycia energii jest, więc olbrzymi i w głównej mierze dotyczy krajów rozwijających się, o dużej liczbie mieszkańców. Jednakże ciągły wzrost cen gazu i ropy naftowej (rys. 1) sprawia, że coraz bardziej wątpliwe jest aby surowce te były w dalszym ciągu opłacalne ekonomicznie. Stąd usilne szukanie nowych zasobów bądź źródeł energii, mogących zaspokoić wciąż wzrastające zapotrzebowanie na energię elektryczną. Na przykładzie rys. 1 widoczna jest wyraźna tendencja wzrostowa krzywej ceny ropy naftowej. Przez ostatnią dekadę cena tego surowca wzrosła niemal trzykrotnie. Było to spowodowane różnymi przyczynami polityczno-ekonomicznymi zaznaczonymi na wykresie. Przełom wieków zaskoczył wszystkich przede wszystkim atakami terrorystycznymi z 11 września. Pociągnęło to za sobą szereg konsekwencji politycznych m.in. inwazję na Afganistan i Irak. Obecność wojsk NATO na tych terenach wywołała reakcję ze strony innych państw m.in. Iranu, który wznowił pracę nad własną bronią jądrową. Koszty interwencji koalicji w rejonie Zatoki Perskiej liczone są w miliardach dolarów. Sam miesięczny koszt operacji wynosi około 7 miliardów dolarów

---

<sup>1</sup> Dane na podstawie Kaliski M., Siemek J., Wykorzystanie gazu ziemnego do wytwarzania energii elektrycznej w Polsce i UE – szanse i bariery, „Rynek Energii”, sierpień 2009, str. 1

amerykańskich. Wszystkie te wydarzenia wpłynęły oczywiście na cenę ropy, która od ponad dekady nieustannie zwiększa swoją cenę. Podobnie jest również z gazem ziemnym oraz węglem kamiennym.

**Rysunek 1.** Cena ropy na czterech rynkach: czerwony - Brent, zielony- Nigerian Farcados, niebieski - Dubai, fioletowy – West Texas Intermediate



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

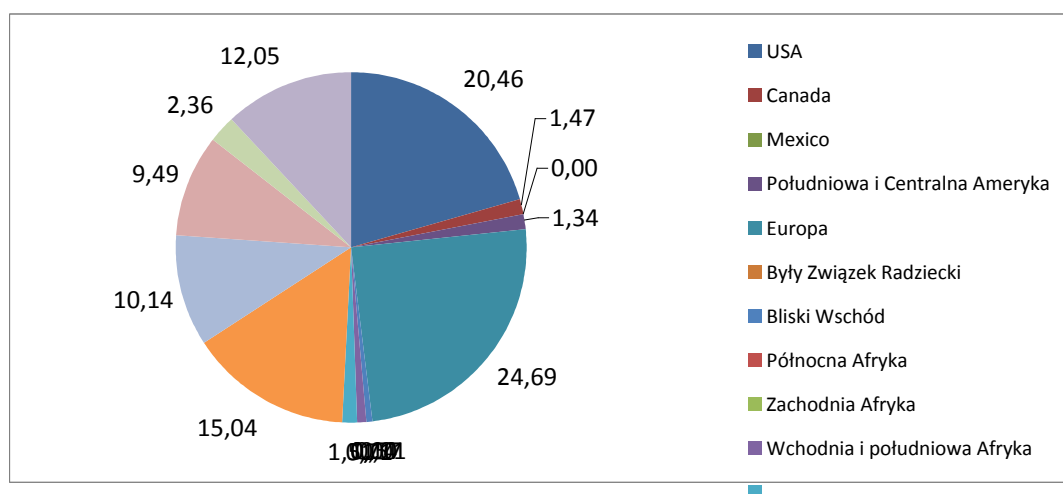
Obecny rynek ropy naftowej jest bardzo różnorodny. Nie ma jednolitego rynku tego surowca, ceny ropy i gazu ziemnego są rejestrowane na kilku giełdach. I tak dla poszczególnych rynków:

- Europejski - podstawowy gatunkiem ropy jest brytyjska Brent z Morza Północnego,
- Amerykański – ropa West Texax Intermediate,
- Afrykański – ropa Nigerian Farcados,
- Azjatycki - ropa Dubai z Zatoki Perskiej.

Dla naszego regionu geograficznego najważniejsze są oczywiście ceny ropy Brent, jednakże jak można wnioskować po analizie wykresu przedstawionego na rys. 1, różnica pomiędzy poszczególnymi rynkami jest niewielka. Wszystkie zachowują podobnie rosnący trend. Jest to związane z powiązaniem poszczególnych regionów świata ze sobą. To co się

dzieje w Zatoce Perskiej ma odzwierciedlenie na rynku amerykańskim i *vice versa*. Kto jednak jest najbardziej zainteresowany cenami ropy i dlaczego? Na to pytanie odpowiadają schematy kołowe przedstawione na rys. 2 oraz rys.3. Zauważalny jest fakt, że USA, Chiny, Europa oraz kraje byłego ZSRR stanowią większość w imporcie ropy naftowej. Widać także wyraźnie, że ropę importują głównie kraje rozwijające się. Dodatkowo, bardzo prawdopodobne jest, że w przyszłości będą importować jej coraz więcej. Jeśli chodzi o import ropy, Stany Zjednoczone, w ciągu 13 lat, przesunęły się z 1 miejsca (2000r.) na drugie (2013). Nie zmienia to jednak faktu, że wciąż mowa jest o ogromnych ilościach tego surowca. Według prognoz popyt na ropę naftową będzie rósł do 2020 r. Po tym czasie może nastąpić załamanie i spadek zapotrzebowania.

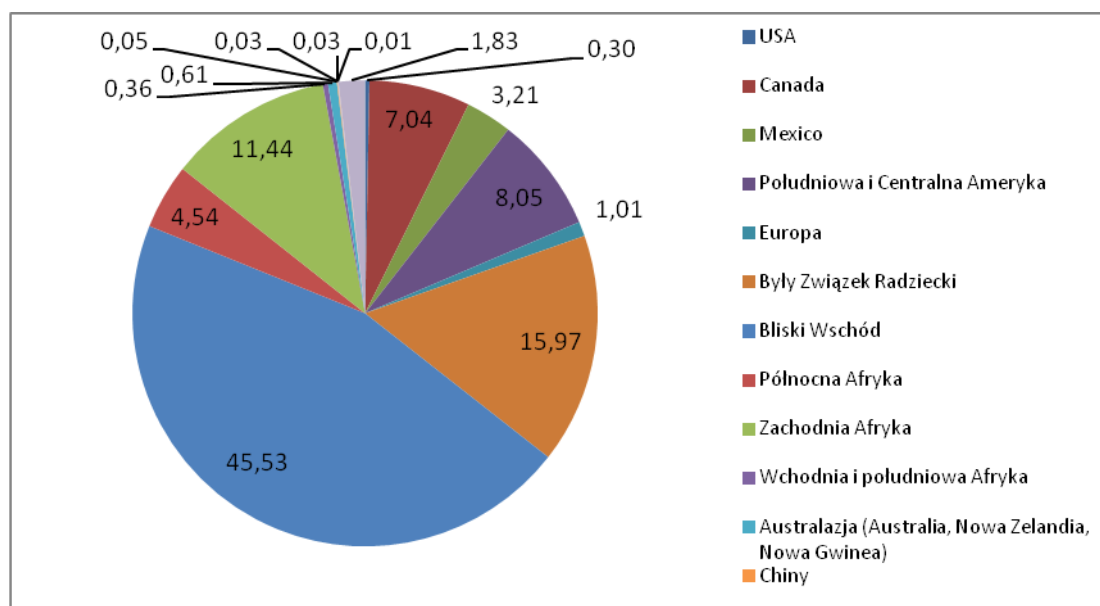
**Rysunek 2.** Import ropy naftowej w procentach



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

Stąd też usilne próby poszukiwania nowych źródeł. Coraz częściej szuka się więc, całkowicie nowych rodzajów źródeł energii, które, aby mogły mieć znaczące znaczenie dla gospodarki, powinny być ekonomicznie wydobywcze. Jedną z koncepcji jest przejęcie złóż w rejonie Morza Arktycznego (istnieją szacunki, że może się tam znajdować około jedna trzecia nieodkrytych jeszcze złóż gazu ziemnego oraz co najmniej 10 proc. ropy naftowej). Tutaj rywalizacja przebiega pomiędzy czterema krajami: Federacją Rosyjską, Norwegią, Danią oraz Stanami Zjednoczonymi. Złoża te stają się opłacalne ze względu na proces cyklicznego globalnego ocieplenia. Na skutek jego działania odsłaniają się kolejne powierzchnie przykryte wcześniej pokrywą lodową. Pojawia się problem związany ze statusem Arktyki w sensie prawnym, co może powodować konflikty między wymienionymi wyżej państwami.

**Rysunek 3.** Eksport ropy naftowej w procentach



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

Inną alternatywą jest pozyskiwanie He-3 (helu -3). Jest to izotop naturalnego pierwiastka He-4. Izotop ten jest stabilny co umożliwia magazynowanie go przez dłuższy okres czasu. To co jednak czyni go wyjątkowym to jego zdolność do fuzji jądrowej. He-3 jest, więc idealnym paliwem do przyszłościowych reaktorów fuzyjnych. Energia wytwarzana w procesie syntezy termojądrowej jest największa ze wszystkich znanych obecnie sposobów przeprowadzenia takiej reakcji. Reaktor termojądrowy mimo, że jest jeszcze w fazach budowy i testów (projekt ITER<sup>2</sup> oraz DEMO<sup>3</sup>) stanowi odpowiedź na potrzeby energetyczne dzisiejszego społeczeństwa. W przypadku konwencjonalnych elektrowni na węgiel, ropę czy gaz konieczne jest zużywanie bardzo dużych ilości paliwa (liczonych w tonach na godzinę). W przypadku fuzji termojądrowej, podobnie jak ma to miejsce w przypadku rozszczepienia atomów w elektrowniach jądrowych, nie wymaga się tak wielkich ilości paliwa.

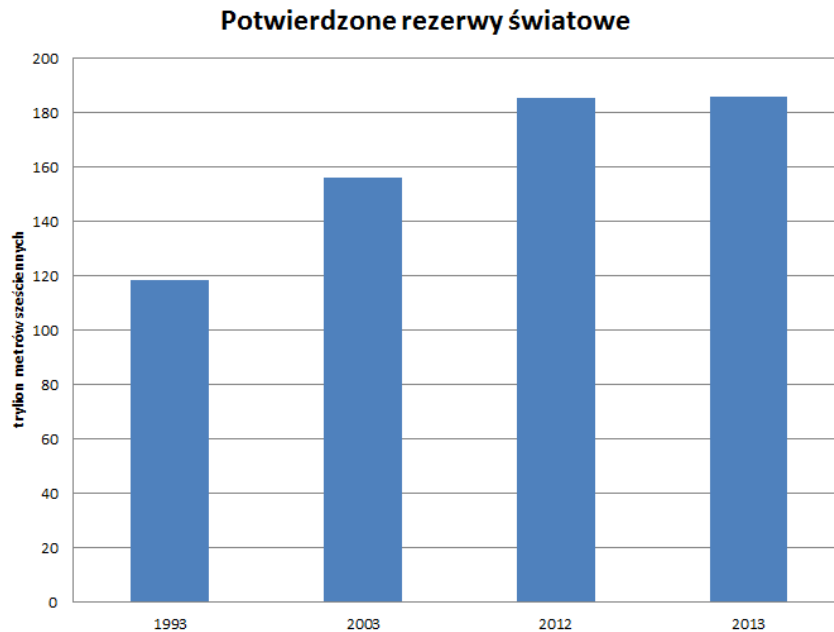
Niestety He-3, w odróżnieniu od poprzednio omawianych substancji, nie jest surowcem rynkowym. Jego dotychczasowe pozyskiwanie odbywało się poprzez oczyszczanie głowic termonuklearnych z trytu. Głównymi dystrybutorami były Stany Zjednoczone oraz Federacja Rosyjska. Na skutek polityki Federacji Rosyjskiej dostawy z tego kraju zostały jednak zatrzymane. Spowodowało to gwałtowny skok ceny He-3 - ze 100 dolarów do ponad

<sup>2</sup> International Thermonuclear Experimental Reactor – Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termonuklearny, pierwsze uruchomienie przewidywane jest w 2019 r.

<sup>3</sup> Demonstration Power Plant – demonstracyjna elektrownia, przewiduje się, że pierwsza elektrownia fuzyjna zostanie wybudowana koło 2033r.

2100 za jeden litr<sup>4</sup>. Dlaczego jednak, pomimo tak wygórowanych cen oraz problemów z wydobyciem, można go zaliczyć do przyszłościowego surowca strategicznego?

**Rysunek 4.** Potwierdzone rezerwy światowe gazu ziemnego



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

Na to pytanie można odpowiedzieć na kilka sposobów. Po pierwsze, jak już zostało wykazane, izotop ten może mieć zastosowanie jako paliwo do reaktorów termojądrowych. Ten kto będzie, więc posiadał jego największe zasoby lub będzie w stanie pobierać go z innych źródeł (np. z gazu ziemnego), będzie miał przewagę energetyczną, a prawdopodobnie również polityczną. Obecne naciski polityczne opierają się na manipulacji stroną energetyczną. Stąd m.in. Polska chce dywersyfikować swoje źródła paliw. Po drugie: wbrew pozorom izotop ten można znaleźć wszędzie, albo inaczej – pozyskiwać go z różnych źródeł. Do najciekawszych i zarazem najbardziej obiecujących planów pozyskiwania He-3 należą:

- a) Separacja z wody morskiej,
- b) Pozyskiwanie z gazu ziemnego bogatego w domieszki helu,
- c) Separacja z powietrza,
- d) Pozyskiwanie z Księżyca.

<sup>4</sup> <http://spectrum.ieee.org/biomedical/diagnostics/physics-projects-deflate-for-lack-of-helium3> (dostęp 14 lipca 2014r.)

Ostatnia z wymienionych koncepcji jest jeszcze nieosiągalna, aczkolwiek wyścig o zasoby He<sup>3</sup> już trwa. Do tego wyścigu startują również Chińczycy, którzy przez ostatnią dekadę wysłali kilka łazików księżycowych. Jednak z punktu widzenia Polski, ciekawsza wydaje się separacja helu z gazu ziemnego. Zanim jednak nastąpi analiza sytuacji Polski, warto przestudiować sytuację na świecie w kontekście rozwoju źródeł gazu ziemnego.

### **Zasoby i konsumpcja gazu ziemnego**

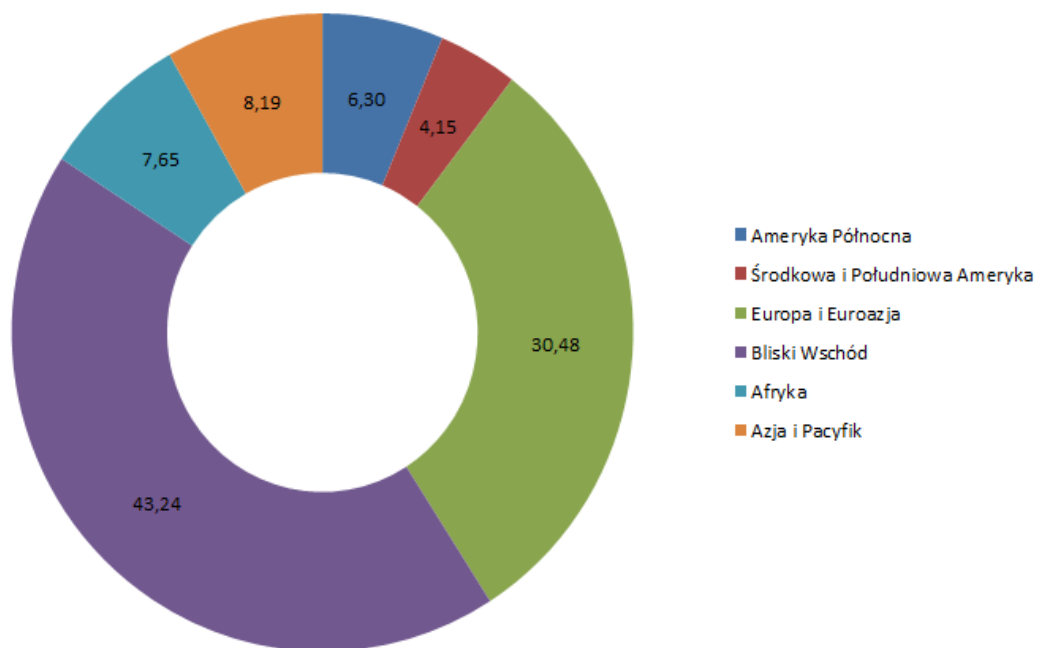
Gaz ziemny składa się w przeważającej części z metanu oraz kilku- kilkunasto procentowej domieszki azotu. Pozostałe domieszki mają zawartość do 6% (jak np. hel). Gaz ziemny towarzyszy zazwyczaj innym złożom surowcom, w szczególności ropie naftowej, nie powinno więc nikogo dziwić, że największe rezerwy znajdują się są na Bliskim Wschodzie (rys. 5). Drugim pod względem wielkości regionem obfitującym w ten surowiec jest obszar Europy i Euroazji. Należy jednak wspomnieć, że większość tego gazu znajduje się na obszarze Federacji Rosyjskiej (której udział w światowej produkcji jest na poziomie 12,9 proc.<sup>5</sup>). Dwa wymienione wcześniej obszary są w posiadaniu prawie trzech czwartych rezerw. Mimo, że w porównaniu do poprzednich obszarów, w Ameryce Północnej zasoby tego gazu są znacznie mniejsze, to jednak właśnie ten kraj ma największy udział w produkcji gazu ziemnego. Na drugim miejscu znajduje się Europa z Euroazją. Kontynent europejski ma więc dwa zasadnicze atuty: duże rezerwy oraz produkcję. Największymi zaś konsumentami gazu ziemnego są kraje Europy oraz państwa Ameryki Północnej. Oba obszary zużywają obecnie ponad 50% całej produkcji gazu ziemnego. Wynika to przede wszystkim, jak już wcześniej zostało wspomniane, z dużej energochłonności krajów rozwijających się (Chiny, Indie). Chiny zwiększyły zapotrzebowanie na gaz ziemny w ciągu dziesięciu lat o około 330%.

Tak przedstawione dane wskazują również, że gaz ziemny jest wciąż atrakcyjnym surowcem energetycznym. Napędza on coraz więcej gałęzi przemysłu, nie emitując przy tym szkodliwych pyłów, jak w wypadku paliwa węglowego. Według prognoz gaz ziemny do 2030r. stanie się drugim, zaraz po ropie naftowej najchętniej wykorzystywanym surowcem energetycznym (obecnie jest na trzecim miejscu, zaraz za węglem). Należy jednak pamiętać, że gaz ziemny jest złożonym paliwem. Jak już wcześniej zostało wspomniane, gaz ziemny zawiera w sobie różne rodzaje domieszek, które jednak także mogą być wykorzystywane. Przykładowo, duża zawartość azotu w paliwie może posłużyć do jego ekstrakcji i skroplenia w późniejszym etapie. Do takiego rodzaju przedsięwzięcia nadaje się gaz ziemny o zawartości azotu powyżej 70 proc. W Polsce znajdują się dwa takie złoża o zawartości około 90 proc.

---

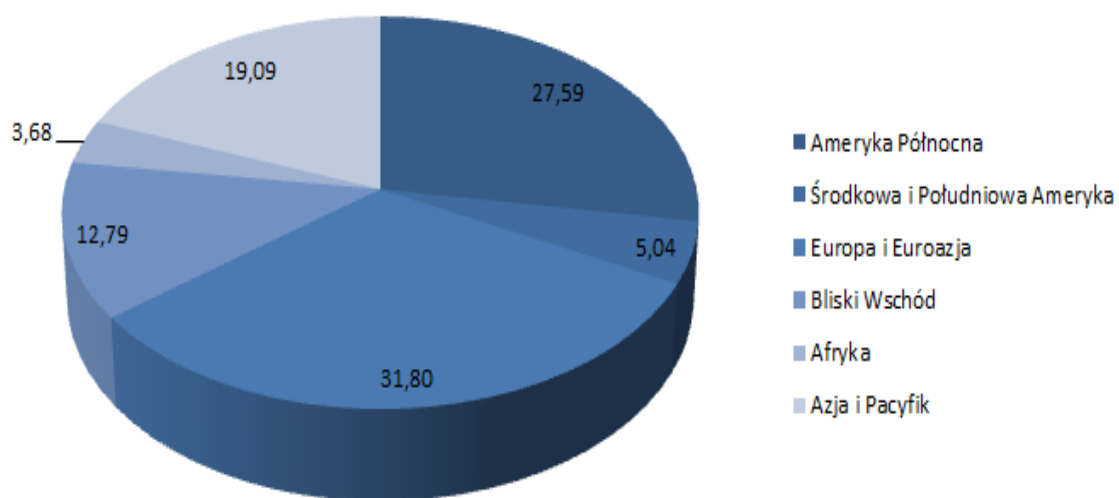
<sup>5</sup> Stala – Szlugaj K., Lorenz U., Rynek surowców energetycznych w Rosji – cz. II: ropa naftowa i gaz ziemny, „ Przegląd Górniczy”, 2010, str. 32-38.

**Rysunek 5.** Procentowy udział rezerw poszczególnych regionów świata w procentach



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

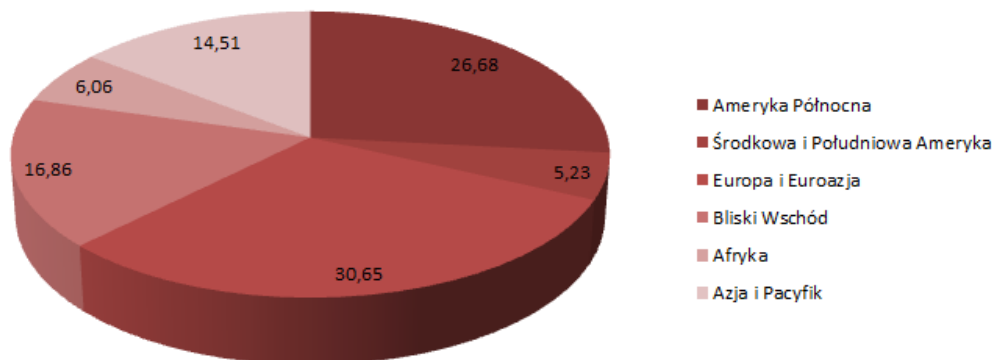
**Rysunek 6.** Konsumpcja gazu ziemnego



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

Sam gaz ziemny można transportować na wiele sposobów (morską, lądową czy specjalnymi rurociągami), jednakże prawie zawsze odbywa się to w postaci skroplonej. Pod uwagę należy brać oczywiście różne warunki polityczno-krajobrazowe. Transport rurociągami kriogenicznymi pociąga za sobą duże koszty, a w przeszłości na skutek niedostatecznej wiedzy na temat zachowania cieczy kriogenicznych i wytrzymałości materiałów, zdarzały się również ofiary śmiertelne. Obecnie jednak dobrze zaprojektowany rurociąg nie wywołuje tak tragicznych efektów, a wycieki kriogenicznej substancji nie są zagrożeniem dla życia ludzi. Według rozważań w publikacji [2] możliwy jest transport na odległość do 650 km bez użycia dodatkowej stacji schładzającej. Alternatywą jest transport morski, który w wielu przypadkach może być tańszy od lądowego.

**Rysunek 7.** Produkcja gazu ziemnego na poszczególnych kontynentach w procentach



Źródło: opracowanie własne na podstawie BP statistical Review of World Energy, June 2013.

Według przeprowadzonych badań, przy obecnym poziomie wydobycia, gaz ziemny wystarczy na około 60 lat. Dodatkowo uważa się, że 10 głównych koncernów posiada w swojej dyspozycji 60% światowych zasobów gazu ziemnego, rozpatrując zaś 30 firm stanowi to około 80%. Są to przede wszystkim: Gazprom, Qatar Petroleum, NIOC, ExxonMobil, Saudi Aramco, Shell, BP, Iraqi Oil Ministry, Sonatrach, NNPC i inne. Ciekawe jest także, że pierwsze trzy firmy mogą poszczycić się największymi zasobami handlowymi i technicznymi.

Warto w tym miejscu wspomnieć o gazie łupkowym. Dotychczasowe dane na temat gazu ziemnego opierały się na tzw. złożach konwencjonalnych. Jak jednak wygląda takie złożo? W uproszczeniu gaz znajduje się w tzw. warstwie skał porowatych. Nad tą warstwą umieszczone są skały nieprzepuszczalne, uniemożliwiające przepływ gazu w kierunku powierzchni ziemi. Taki schemat skalny doskonale zachowuje i izoluje gaz ziemny pod powierzchnią. Tak w uproszczeniu wygląda właśnie typowe złożo konwencjonalne. Niekonwencjonalne złoża są jednak bardziej różnorodne.



Wśród nich można wyróżnić następujące kategorie: gaz w łupkach, gaz zamknięty, metan pokładów węgla oraz hydraty gazowe.

Najwięcej gazu ziemnego jest w jeszcze nie do końca odkrytych zasobach gazu łupkowego. Do krajów o zasobach bardzo dużych pod tym względem należą: USA, Meksyk, Argentyna, Brazylia, RPA, Libia, Algieria, Australia. W Europie zaś państwami o największym potencjale są dwa kraje: Francja oraz Polska. Wydobycie gazu ziemnego z łupków w najbliższej przyszłości będzie rosnąć, co pokazuje przykład Stanów Zjednoczonych, gdzie jeszcze niedawno ten sposób pozyskiwania surowca był marginalny, a szacuje się, że w roku 2040 będzie sięgał 50 proc. (tab. 1).

**Tabela 1.** Gaz łupkowy w USA

Rok	Udział łupków w wydobyciu gazu ziemnego
2000	1%
2010	23%
2012	34%
2040	50%

Źródło: opracowanie własne na podstawie Gawlik L., *Gaz ziemny z łupków w Polsce – raport*, wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2013 str. 1-70.

Jak jednak pozyskiwać  $\text{He}^3$  z gazu ziemnego? Tak postawione pytanie wymaga szerszego omówienia w osobnym rozdziale.

### **Ekstrakcja $\text{He}^3$ z gazu ziemnego**

Proces uzyskiwania  $\text{He}^3$  jest dwustopniowy: najpierw następuje separacja z gazu ziemnego podstawowego helu (który jest mieszaniną dwóch izotopów), a następnie z takiej mieszaniny helowej filtrowany jest izotop  $\text{He}^3$ . Proces przebiega zgodnie z opisem w tab. 2. Został on przedstawiony na przykładzie procedur wykorzystywanych przez PGNiG w Odolanowie. Jako, że gaz ziemny zawiera niekiedy całkiem sporo różnego rodzaju domieszek, konieczne jest jego oczyszczanie za pomocą zaprojektowanych specjalnie do tego celu urządzeń. Na początek gaz ziemny oczyszczany jest z zanieczyszczenia gazowego (dwutlenku węgla). Wykonuje się to metodą absorpcji z użyciem wodnego roztworu (10-15 proc.) monoetanolaminy. Tak przygotowany gaz trafia następnie do urządzenia oczyszczającego go z wilgoci. Tym razem odbywa się to poprzez adsorpcję na sitach molekularnych. Końcowym procesem oczyszczania jest usuwanie węglowodorów ciężkich, z wykorzystaniem adsorpcji na węglu aktywnym.

**Tabela 2.** Proces ekstrakcji helu z gazu ziemnego

Poszczególne etapy	Główny proces	Opis działania
1	Oczyszczanie gazu	Oczyszczanie z CO <sub>2</sub> , wilgoci oraz węglowodorów ciężkich
2	Niskotemperaturowa destylacja gazu ziemnego	W kolumnach destylacyjnych następuje rozdział na ciekły metan (>96%), ciekły azot i gazowy koncentrat helowy
3	Sprężanie gazu wysokometanowego	Następuje sprężenie gazu wysokometanowego
4	Oczyszczanie helu	Gazowy koncentrat helowy (ok. 80%) jest oczyszczany w kolejnych etapach
5	Skraplanie helu	Skraplanie oczyszczonego strumienia helu odbywa się w obiegowym cyklu sprężanie - rozprężanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.odolanow.pgnig.pl/odolanow/technolog> (dostęp 14 lipca 2014r.).

Tak spreparowany i przygotowany gaz trafia w końcu do specjalnych wymienników płytowych, gdzie jest chłodzony, a następnie rozprężany na turbinach ekspansyjnych i zaworach Joule'a - Thomson'a. W kolumnach destylacyjnych, w wyniku różnicy temperatur wrzenia następuje rozdział strumienia gazu ziemnego na ciekły metan (o zawartości powyżej 96 proc.), ciekły azot i gazowy koncentrat helowy. Ciekły metan jest następnie regazyfikowany w wymiennikach ciepła i przesyłany do tłoczni gazu. Niewielka jego część jest pozostawiana w formie ciekłej i magazynowana jako skroplony gaz ziemny (tzw. LNG). Motosprężarki sprężają gaz wysokometanowy będący produktem instalacji odazotowania. Gazowy koncentrat (ostatni ze składników rozdziału gazu ziemnego) jest oczyszczany w kolejnych etapach, w których trzeba usunąć: wodór, pozostałości azotu, tlenu oraz neonu. Ostatecznym punktem jest skroplenie oczyszczonego strumienia helu. Proces ten odbywa się w cyklu sprężanie - rozprężanie, przy jednoczesnej wymianie ciepła w wymiennikach. Odbywa się to w układzie temperatur bliskich zeru absolutnemu, co jest możliwe dzięki użyciu pomp próżniowych ustalających ciśnienie na poziomie porównywalnym z próżnią.

Tak otrzymany gaz lub skroplony substrat jest nazywany helem – 4. W przyrodzie istnieją pierwiastki stabilne, które mogą posiadać swoje izotopy (niekonieczne stabilne i trwałe). Izotopy są to odmiany tego samego pierwiastka, różniące się liczbą neutronów w jądrze atomowym. W przypadku He-4 istnieje jeden stabilny pierwiastek o liczbie neutronów wynoszących trzy. Mowa tutaj o He-3 (lub He<sup>3</sup>). Izotop ten nie jest rozpowszechniony w przyrodzie. Jego stężenie w naturalnej gazowej mieszaninie helu jest niewielkie (wynosi ok. 0,000137%). Jak, więc uzyskać interesujący nas izotop He<sup>3</sup>?

Sposobów na to jest kilka, aczkolwiek nie wszystkie są ekonomiczne i opłacalne. Jednym ze sposobów jest separacja mieszaniny helowej przy użyciu tzw. filtru entropowego. Warto tu zaznaczyć pewną istotną właściwość wyróżniającą oba pierwiastki, dzięki której możliwa ich separacja. Otóż w niskich temperaturach (poniżej 2,17K przy ciśnieniu atmosferycznym) He<sup>4</sup> staje się cieczą kwantową (lub inaczej nacieklą). Objawia się to zmianą właściwości fizycznych m.in. lepkości. He<sup>4</sup> jest w stanie „przepląnąć” przez filtr porowaty podczas, gdy He<sup>3</sup> nie. Po co jednak separować taką mieszaninę? Czy He<sup>3</sup> jest w istocie tak ważnym i cennym izotopem? Jego implementacja, oprócz omawianych wcześniej możliwości zastosowania w przemyśle, możliwa jest również w innej ważnej gałęzi nauki, a mianowicie w medycynie. Izotop ten ma tam szerokie zastosowanie w badaniach rentgenowskich płuc i innych chorób układu oddechowego.

Ekstrakcja helu z gazu ziemnego, a następnie separacja jego izotopów jest dziś technicznie możliwa i osiągalna. Nieporównywalnie większe zasoby istnieją jednak poza Ziemią (hel jest drugim pod względem występowania we Wszechświecie pierwiastkiem po wodorze). Najbliższym znanym nam miejscem, gdzie zasoby He<sup>3</sup> są ogromne jest Księżyc, jednakże jego eksploatacja z jego powierzchni pozostaje aktualnie poza zasięgiem, choć podejmowane są już różnorakie próby techniczne. W wyścigu tym uczestniczą przede wszystkim takie kraje jak: Chiny, USA, Indie oraz Rosja. Harmonogram „podboju” Księżyca został przedstawiony w tab. 3.

**Tabela 3.** Planowane loty

Rok	Nazwa misji (narodowość)	Cel
2015	Chang'e 4 (Chiny)	Lądowanie pojazdu samobieżnego na powierzchni Księżyca
2016	Chandrayaan - 2 (Indie)	Wysłanie pojazdu samobieżnego
Prawdopodobnie 2016	Łuna-Glob 1 (Rosja)	Lądownik stacjonarny na powierzchni Księżyca
Prawdopodobnie 2017	Chang'e 5 (Chiny)	Lądowanie na powierzchni Księżyca i powrót z próbką gruntu na Ziemię
2017	EM- 1 (USA)	Test bezzałogowy
Prawdopodobnie 2018	Łuna Glob 2 (Rosja)	Sztuczny satelita Księżyca
Prawdopodobnie 2019	Łuna- Resurs (Rosja)	Lądownik na powierzchni Księżyca
Jeszcze nie ustalona data	EM-2 (USA)	Lot załogowy na orbitę wokółksiężycową

Źródło: opracowanie własne na podstawie

[http://pl.wikipedia.org/wiki/Lista\\_lot%C3%B3w\\_ksi%C4%99%C5%BCycowych](http://pl.wikipedia.org/wiki/Lista_lot%C3%B3w_ksi%C4%99%C5%BCycowych) (dostęp 14 lipca 2014r.).

Jak można zauważyć w tab. 3 potencjał księżycowy interesuje największe państwa na świecie, właśnie ze względu na hipotetyczne zasoby energetyczne He<sup>3</sup> na Księżycu. Ostatnimi

czasu można spostrzec coraz większą aktywność, zwłaszcza strony chińskiej, która między 2007 a 2013 r. wysłała aż 3 sztuczne satelity badawcze. W porównywalnym okresie NASA wysłała 4 pojazdy kosmiczne, zaś Federacja Rosyjska nie wystrzeliła ani jednego sztucznego satelity. Można, więc domniemywać, że główna rywalizacja o zasoby He<sup>3</sup> rozegra się pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, a Chińską Republiką Ludową. Może to doprowadzić do rewizji traktatu o niezawłaszczalności kosmosu – Traktatu o Przestrzeni Kosmicznej podpisanego 27 stycznia 1967 r. Wydaje się jednak, że do czasu eksploatacji źródeł księżycowych, hel będzie pozyskiwany głównie z gazu ziemnego.

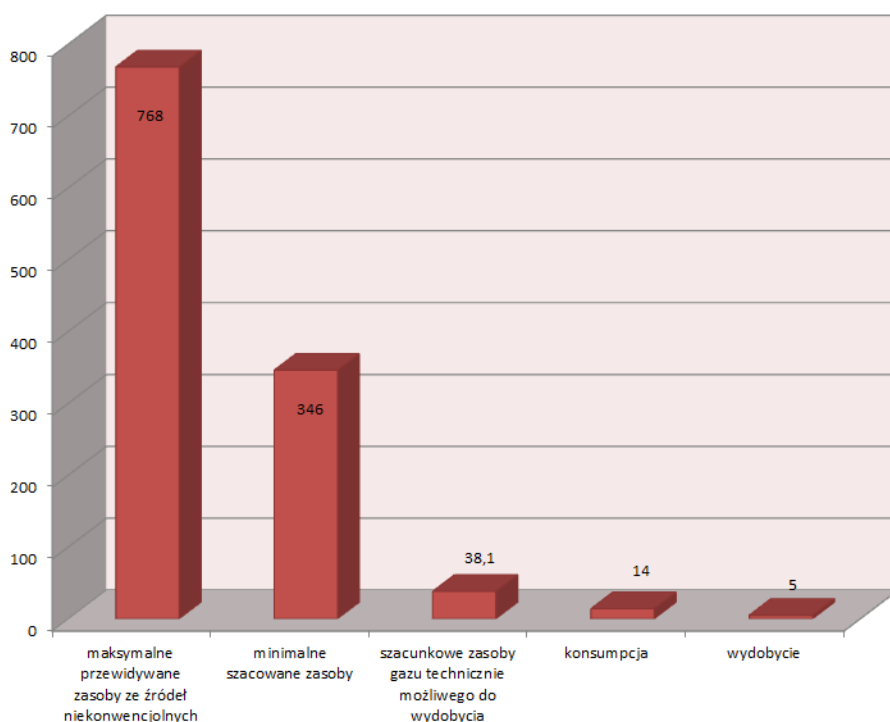
Oczywiście istnieją także inne metody separacji helu np. z powietrza czy wody morskiej, jednakże aktualnie są to opcje ekonomicznie wątpliwe, ze względu na duże koszty produkcji i oczyszczania gazu (zwłaszcza przy sposobie wykorzystującym wodę morską). Ze względu na stosunkowo duże zasoby gazu w dalszej części artykułu rozpatrywane będą potencjalne korzyści dla Polski płynące z wydobycia gazu ziemnego. Co stawia zasadnicze pytanie, czy Polska będzie mogła z tego faktu skorzystać?

### **Czy Polska może na tym skorzystać?**

Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. (PGNiG) rozpoczęło wiercenie otworu badawczego Fredropol-1 w Karpatach. To jeden z najgłębszych odwiertów w Polsce, którego głębokość zaplanowana jest na 6000 metrów. Dotyczy to złóż tzw. gazu łupkowego. Celem planowanego otworu Fredropol-1 jest rozpoznanie podsolnych formacji skalnych oraz sprawdzenie ewentualnego nagromadzenia ropy naftowej i gazu ziemnego. Uzyskane dane pozwolą określić potencjał zasobowy obszaru badań i zaplanować dalsze prace, których celem będzie odkrycie i udostępnienie złóż węglowodorów. Szacunki kosztów przyszłego wydobycia są w Polsce wyższe niż w USA. Wynika to z kilku powodów: w Stanach Zjednoczonych wiercenia wykonuje się pionowo, w Polsce zaś istnieje potrzeba nawierceń horyzontalnych. Głębokość odwiertu w tym przypadku również jest znacząca, i tak w USA maksymalna głębokość odwiertu to 800 – 2800 m, podczas gdy w rodzimym kraju złoża łupków zaczynają się od 2500 m i sięgają nawet 4000 m.

Podłoże geologiczne w Polsce również odgrywa zasadnicze znaczenie w sprawie opłacalności ekonomicznej, w tym przypadku znowu na niekorzyść Polski (twardsze podłoże skalne). Inną przyczyną wyższych kosztów są prace poszukiwawcze, a w szczególności wpisane w nie koszty sejsmiczne.

**Rysunek 8.** Gaz ziemny w Polsce

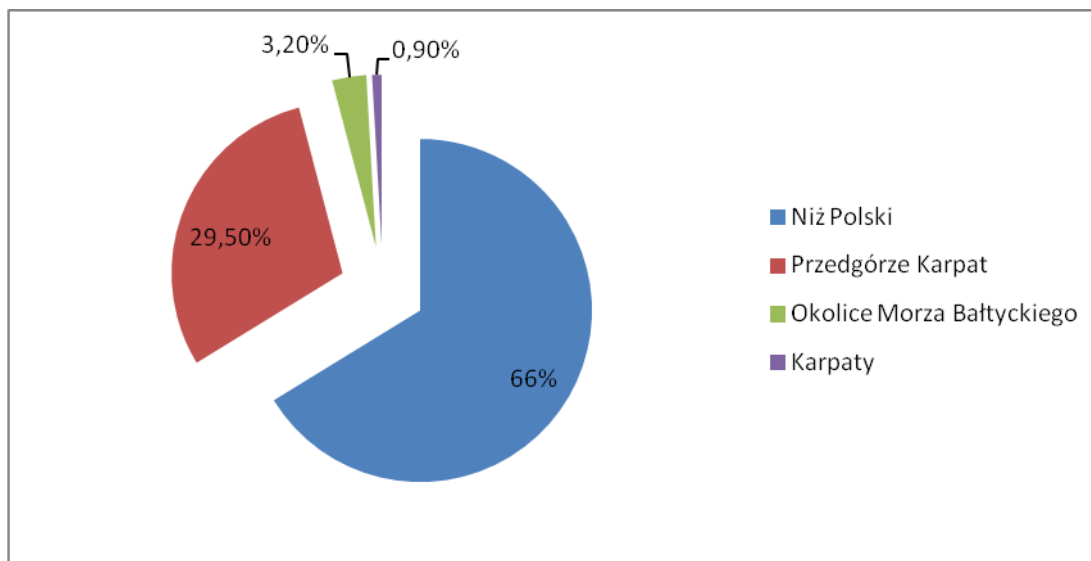


Źródło: opracowanie własne na podstawie Rutkowski M., *Gaz pojawia się i znika, czyli krótka historia szacowania zasobów węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce*, „Przegląd Górniczy”, vol 61, nr 6, 2013, str. 331 – 333.

Tak przedstawione problemy powodują, że koszt wydobycia z jednego odwiertu w warunkach Polskich kształtuje się w przedziale od 6 do 20 mln dolarów, podczas gdy w USA jest to tylko 5 mln. Warto również zaznaczyć, że zasoby opisane w niniejszym artykule jako minimalne oraz maksymalne są na obecnym etapie nieodkryte (są to jedynie szacunki). Obecnie jedynym ekonomicznie opłacalnym źródłem helu są złoża gazu ziemnego o przeciętnej zawartości helu na poziomie ok. 0,1%. Helonośne złoża, w zdecydowanej większości znajdują się w USA - głównie w środkowych stanach i regionie Gór Skalistych. Poza Stanami Zjednoczonymi hel produkowany jest także w Algierii, Katarze, Rosji i Polsce.

Hel występuje w wielu złożach gazu ziemnego na Niziu Polskim (rys. 9), gdzie jego zawartość waha się od 0,02 do 0,45%. Udokumentowano zasoby helu tylko w 15-stu złożach, gdzie średnia koncentracja helu w gazie waha się od 0,22 do 0,42% (obszar Zielona Góra-Rawicz- Odolanów). W 2010 odzysk helu wynosił około 1 mln m<sup>3</sup>, co daje około 1,37 m<sup>3</sup> He<sup>3</sup>. Przy gęstości 0,1650 kg/m<sup>3</sup> pozwala to uzyskać około 8 kg tego izotopu.

**Rysunek 9.** Obszary występowania gazu ziemnego w Polsce i ich udział procentowy



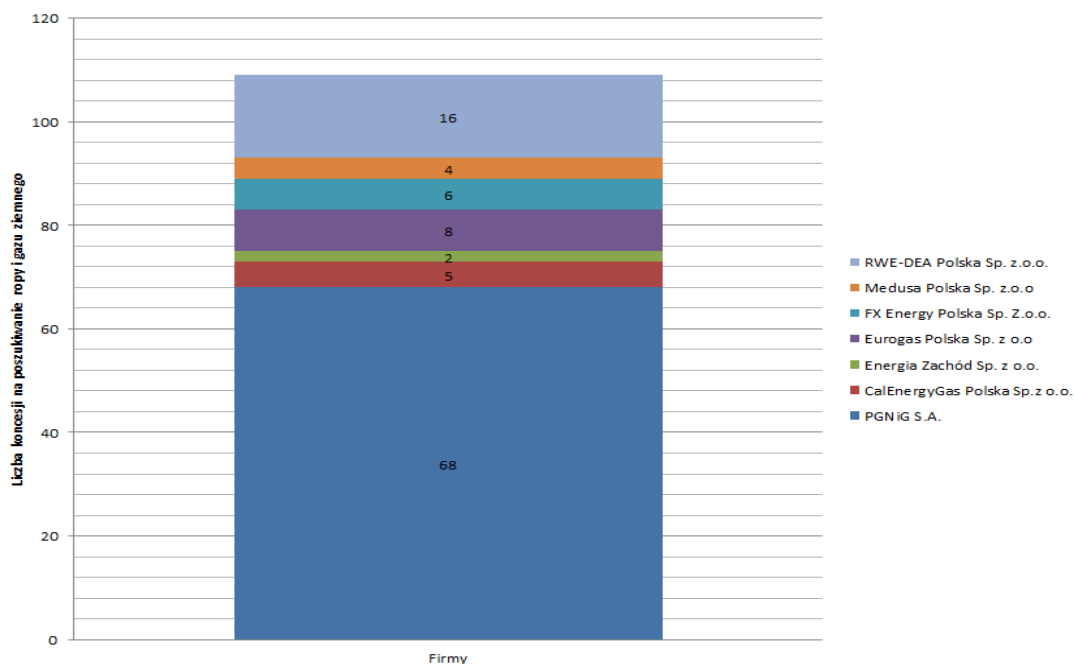
Źródło: opracowanie własne na podstawie Kaliski M., Nagy Stanisław., *Gaz ziemny w Polsce – wydobycia, zużycie i import do 2030 roku*, „Górnictwo i Geologia”, Tom 5, zeszyt 3, 2010, str. 27-40.

Szacuje się, że 25-40 ton helu-3 może zaspokoić zapotrzebowanie energetyczne Stanów Zjednoczonych na rok. Obecnie poszukiwaniem złóż ropy naftowej i gazu ziemnego zajmują się następujące firmy:

- a) PGNiG S.A.,
- b) CalEnergyGas Polska Sp. Z o.o.,
- c) Energia Zachód,
- d) Eurogas Polska,
- e) FX Energy Polska,
- f) Medusa Polska,
- g) RWE-DEA Polska.

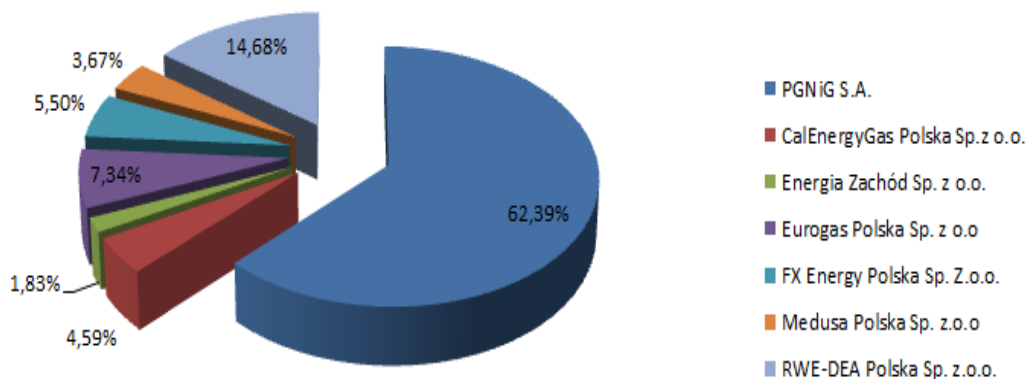
Udział poszczególnych firm oraz liczbę koncesji pokazano na rys. 10 oraz rys. 11. Niewielka ilość pozwoleń wynika z faktu, że proces autoryzacji i otrzymywania jest złożony i czasochłonny. Największą ilość pozwoleń otrzymało PGNiG. Sprawę gazu ziemnego badano wielokrotnie, zwłaszcza w kontekście pozyskiwania gazu z łupków. Przykład amerykański napawał optymizmem, jednakże po gruntownych badaniach okazało się, że zasoby gazu łupkowego mogą nie być tak duże jak przewidywano (w tamtym okresie media mówiły o polskich zasobach jako „drugiej Norwegii” lub „Kuwejcie Europy Środkowej”).

**Rysunek 10.** Liczba koncesji dla poszczególnych firm



Źródło: własne na podstawie Zawisza L., Nagy S., *Zasoby węgłowodorów w Polsce oraz perspektywy odkrycia nowych złóż*, „Wiertnictwo Nafta Gaz”, tom 24, zeszyt 2, 2007 str. 965- 983.

**Rysunek 11.** Procentowy udział poszczególnych firm w koncesjach



Źródło: własne na podstawie Zawisza L., Nagy S., *Zasoby węgłowodorów w Polsce oraz perspektywy odkrycia nowych złóż*, „Wiertnictwo Nafta Gaz”, tom 24, zeszyt 2, 2007 str. 965- 983.

Szacuje się, że koszty pozyskiwania gazu z łupków mogą być jeszcze wyższe. Poszczególne elementy technologii wydobywania gazu ziemnego z łupków są dość dobrze znane, a to za sprawą doświadczeń amerykańskich. Aby jednak uzyskać sukces w Polsce

niezbędne jest precyzyjne dostosowanie zdobytej wiedzy do lokalnych warunków geologicznych. Zastosowanie technologii wiertniczej gazu łupkowego w polskich złożach będzie wymagało wielu prób mających na celu uzyskanie najlepszych warunków przepływu gazu w otworach wydobywczych. Podsumowując niniejszy rozdział w jednym zdaniu, można napisać, że rozwój wydobycia gazu z łupków pozostaje niepewny.

### **Scenariusz na przyszłość**

Według przyjętego przez Radę Ministrów 10 listopada 2009, polityka energetyczna Polski ma się opierać na następujących filarach:

- a) Wzroście bezpieczeństwa dostaw paliw i energii,
- b) Poprawie efektywności energetycznej,
- c) Ograniczeniu oddziaływania energetyki na środowisko,
- d) Rozwoju wykorzystanych odnawialnych źródeł energii w tym biopaliw,
- e) Rozwoju konkurencyjnych rynków paliw i energii,
- f) Dywersyfikacji struktury wytwarzania energii elektrycznej poprzez wprowadzenie energetyki jądrowej.

Jak można zauważyć w omawianych podpunktach głównym celem polityki energetycznej Państwa jest dywersyfikacja dostaw źródeł energii oraz budowa elektrowni jądrowej. Odnawialne źródła energii mają ograniczone zastosowanie w naszej szerokości geograficznej. Energetyka słoneczna może być wykorzystana na niewielkim obszarze i to głównie do celów ciepłowniczych w domkach jednorodzinnych. Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu energetycznego powinno się budować elektrownie wodne typu szczytowo-pompowego, które mogłyby odciążać elektrownie konwencjonalne w godzinach szczytu rannego i wieczornego. Nie zmienia to jednak faktu, że energetyka jądrowa bądź termojądrowa jest niezbędnym składnikiem dywersyfikacji dostaw energetycznych. Posiada ona kilka istotnych cech takich jak np. mniejsza ilość paliwa potrzebnego do wytworzenia mocy czy też ze względu na swoją specyfikę lepsze zabezpieczenia. Paliwa gazowe również wydają się dobrym kierunkiem rozwoju zwłaszcza, jeśli brać pod uwagę możliwość separacji, a następnie filtracji helu, przy użyciu filtrów entropowych, umożliwiających uzyskanie tak cennego He-3.

Prezes Urzędu Regulacji Energetyki (URE), 8 kwietnia 2013 wysłał przypomnienie o konieczności opracowania planów rozwoju w zakresie zaspokojenia obecnego i przyszłego zapotrzebowania na paliwa gazowe<sup>6</sup>. Na podstawie rys. 12 można zauważyć, że duża część gazu ziemnego jest przeznaczana na gospodarstwa domowe, zaś stosunkowo niewielka część jest konsumowana przez elektrownie i elektrociepłownie. Odsetek ten będzie prawdopodobnie coraz większy. Państwo Polskie, w jakimś zakresie stara się więc ten gaz

---

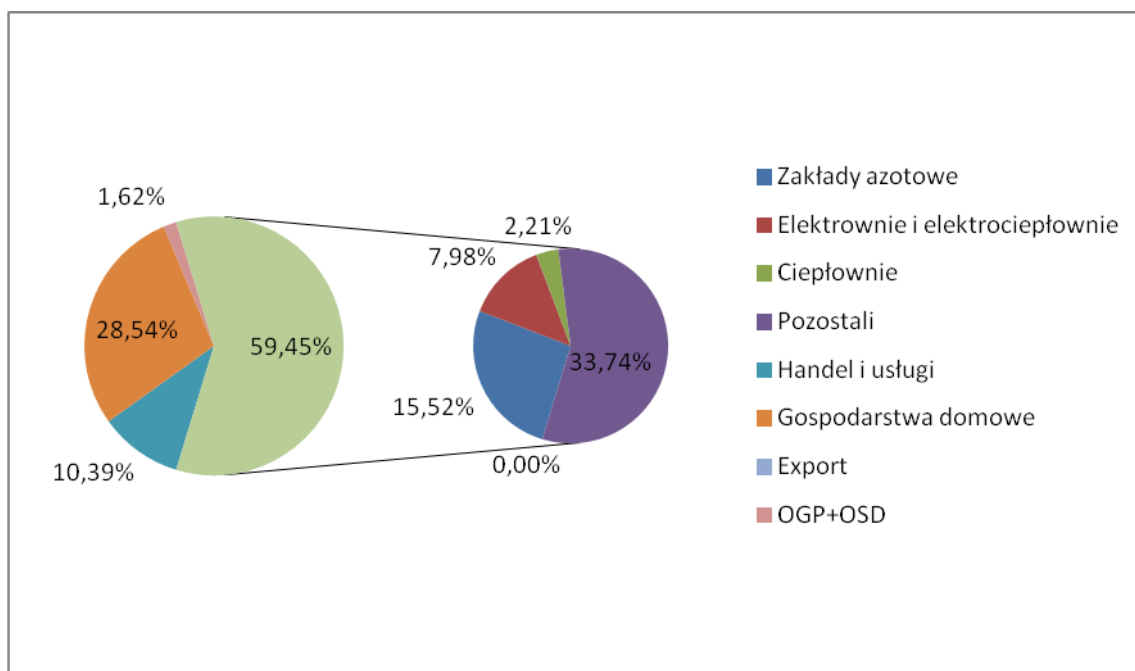
<sup>6</sup> <http://www.mg.gov.pl/Bezpieczenstwo+gospodarcze> (dostęp 14 lipca 2014r.).



ziemny regulować i wydobywać. Niestety proces ten jest powolny. Spowodowane jest to zwłaszcza przez biurokratyczne procedury, które hamują i powstrzymują dalsze badania, zwłaszcza w zakresie gazu łupkowego. W skrajnych przypadkach założenia sięgają 20 – 30 mld m<sup>3</sup> gazu rocznie. Są to najbardziej optymistyczne założenia przeprowadzone do tej pory.

Jeśli chodzi o sytuację na świecie, to szczególnie w rejonie Azji, jest ona niepewna. Przeprowadzone przez chiński rząd teoretyczne obliczenia sugerują, że w strefie morza Wschodniochińskiego mogą istnieć duże zasoby ropy naftowej, a co za tym idzie również gazu. Stąd w 2012 r. zaostrzenie konfliktu o wyspy Senkaku pomiędzy Japonią i Chinami. Dodatkowo na tym obszarze Filipiny i Indonezja posiadają naturalne zasoby ropy naftowej. Dlatego też amerykańska strona rządowa szuka politycznych sposobów umożliwiających kontrolę lub intensywną współpracę w tym regionie. Podobna sytuacja dotyczy wysp Spratly, które potencjalnie otoczone są przez złoża bogate w ropę i gaz ziemny. W tym obszarze konflikt przebiega pomiędzy kilkoma krajami m.in. Chinami, Wietnamem, Tajwanem, Filipinami oraz Malezją i Brunei.

**Rysunek 12.** Wykorzystanie gazu ziemnego, OGP- Operator Gazociągów Przesyłowych, OSD- Operator Systemu Dystrybucyjnego



Źródło: opracowanie własne na podstawie Kaliski M., Sikora S., Szurlej A., *Wykorzystanie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych*, „Nafta – Gaz”, nr 2, 2011 str. 125 -134.

Stąd nie bez przyczyny USA są zainteresowane wzmocnieniem tego obszaru poprzez swoje siły zbrojne, które co roku razem z filipińskimi oddziałami przeprowadzają tam regularne ćwiczenia. Według artykułu ze źródła [13] władze filipińskie prowadzą rozmowy z USA na temat zwiększonej obecności wojsk amerykańskich na terytorium Filipin.

Warto zauważyć, że mimo, że produkcja  $\text{He}^3$  stoi aktualnie na niewielkim poziomie to w najbliższej przyszłości może odegrać zasadnicze znaczenie, zwłaszcza w energetyce. Oznacza to, że będzie strategicznym pierwiastkiem, a państwa produkujące go z gazu ziemnego będą miały przewagę polityczno – ekonomiczną. Polska na tym tle również może stać się co prawda nie najważniejszym, jednakże znaczącym graczem, zwłaszcza jeśli chodzi o rynek europejski. Aczkolwiek do tego jeszcze daleka droga. Państwo Polskie nadal nie ma ustawy o gazie łupkowym, a sformułowane przez Radę Ministrów cele są dosyć ogólne i nieprecyzyjne. Po ukończeniu projektów ITER oraz DEMO,  $\text{He}^3$  stanie się surowcem zapewniającym niezależność energetyczną. Mimo, że paradoksalnie największe jego zasoby znajdują się poza Ziemią, to będzie miał wpływ na politykę ekonomiczną i energetyczną krajów na naszej planecie. Tą tezę potwierdzają poczynania wielkich mocarstw, zainteresowanych poszerzeniem granic biegunowych, gdzie przewiduje się, że znajdują się duże zasoby jeszcze nieodkrytych złóż ropy i gazu ziemnego. Sytuacja na Bliskim Wschodzie oraz w Azji, gdzie również znajdować się mogą nieodkryte złoża ropy i gazu ziemnego jest także pod permanentną wojną nerwów. Wydaje się więc, że wyścig o gaz ziemny, a w konsekwencji także o  $\text{He}^3$  dopiero się rozpoczyna, a jego skutki będą zauważalne za kilka lat. Państwa, które dostatecznie wcześniej zauważą tą szansę mogą stać się nowymi graczami na rynku surowców energetycznych. Polska pod tym względem również może skorzystać, konieczne są jednak konkretne działania.