



„Zarządzanie zasobami informacyjnymi w warunkach kryzysu gospodarczego”

VIII Sympozjum Naukowe.

„Możliwy wpływ niekonwencjonalnych źródeł gazu ziemnego na bieżące prognozy podaży i popytu LNG w Europie”.

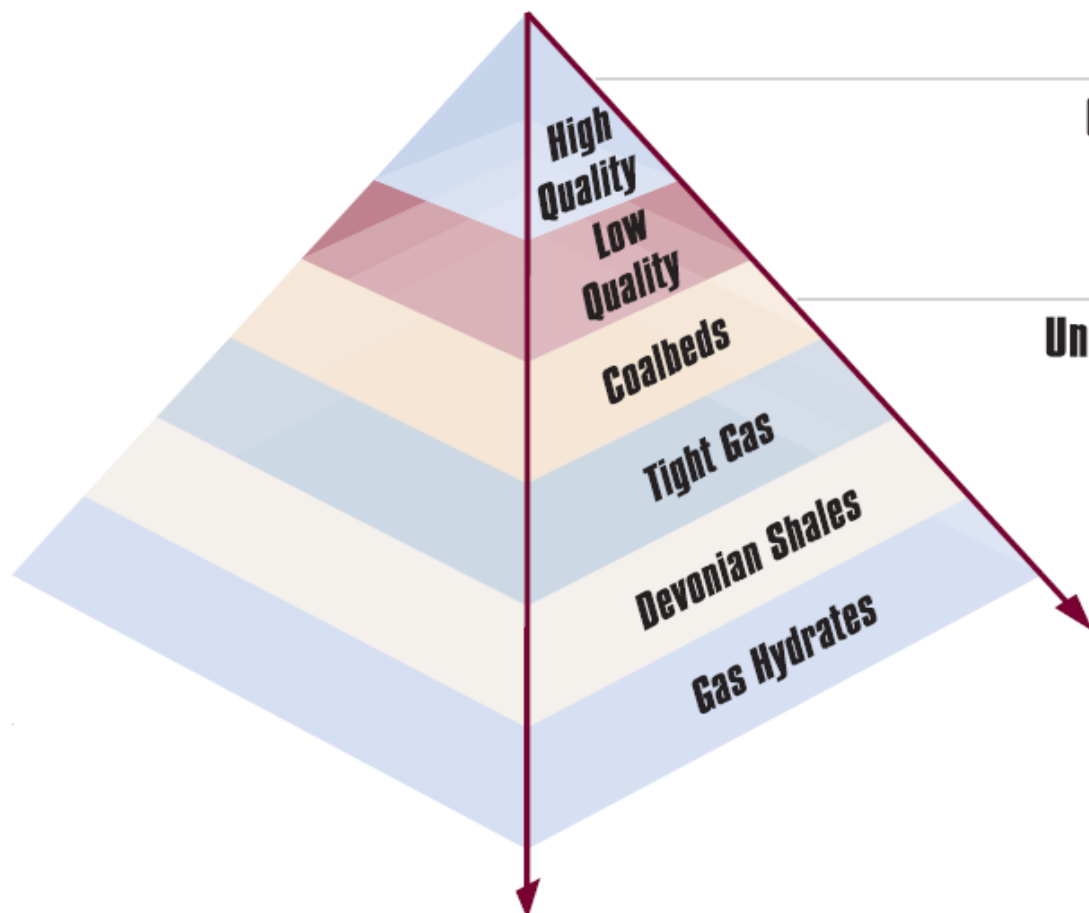
MINISTERSTWO GOSPODARKI
Departament Ropy i Gazu

 **Instytut
Studiów Energetycznych**

Maciej Kaliski, Adam Szurlej

Marcin Krupa, Andrzej Sikora

Niekonwencjonalne źródła gazu



- Conventional**
- Suchy, słodki gaz z dużą zawartością metanu
 - Mokry, kwaśny gaz
 - Kondensat
- Unconventional**
- Gaz ze stref z ekstremalnym ciśnieniem
 - Gaz z pokładów węgla (coalbeds)
 - Gaz ze złóż szczelnych (tight gas)
 - Gaz z łupków bitumicznych (devonian shales)
 - Hydraty gazu.

Gaz niekonwencjonalny- definicja

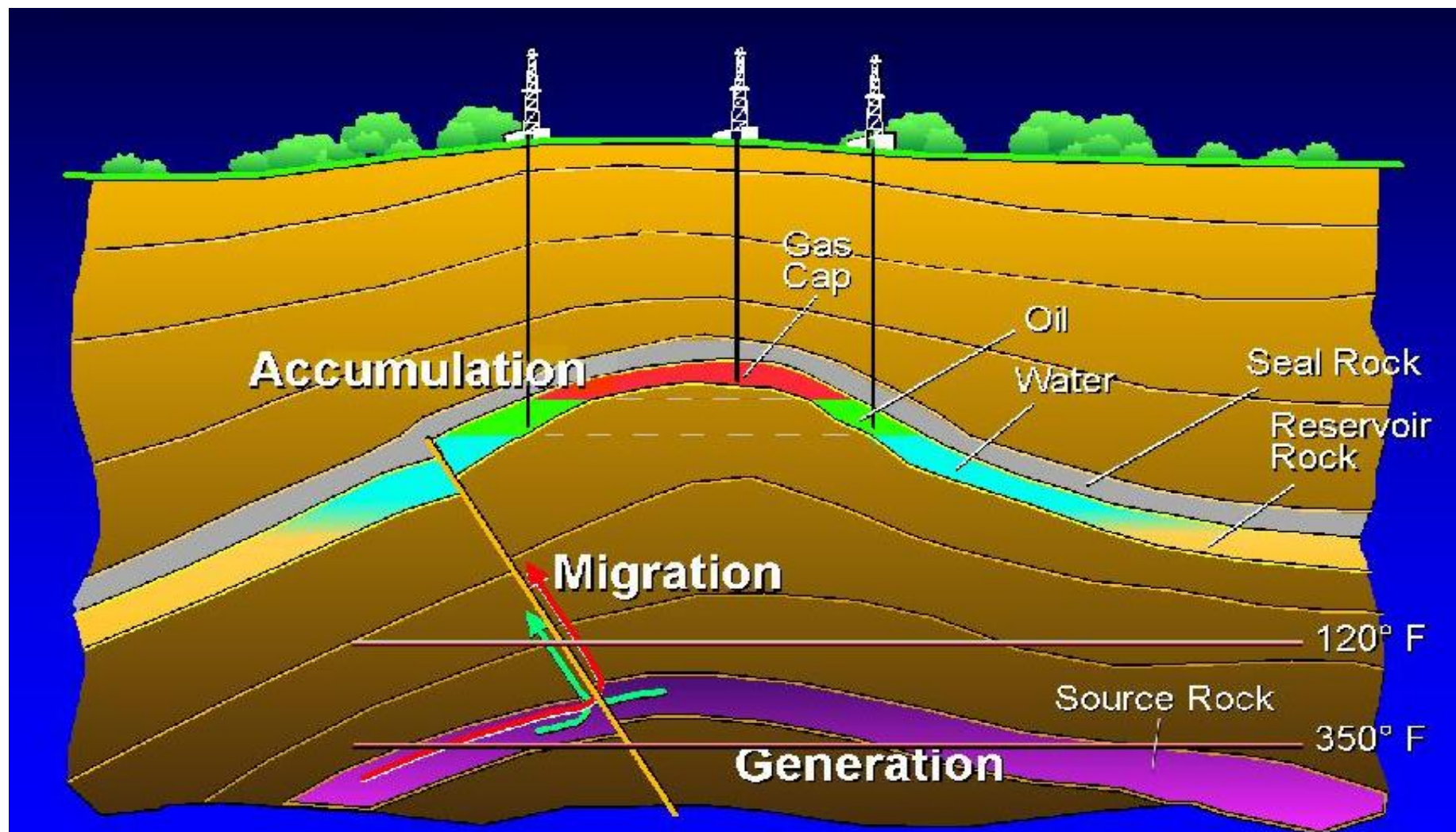
- **Gaz niekonwencjonalny*** to rezerwy węglowodorów poza jasno zdefiniowanymi i opisanymi strukturami w postaci pułapek o przepuszczalności rezerwuaru poniżej 0,1 mD (miliDarcy)** wymagających technik wiercenia poziomego i szczelinowania hydraulicznego (kwas? benzen?) oraz wielkiej liczby otworów produkcyjnych...
- ...w tym w metan pokładów węgla, gaz z łupków bitumicznych, gaz ze złóż szczelnych (zamkniętych)...
- często wspólnie nazywanych gazem nieruchomym (przylgniętym) - **Immobile Gas**

**Przepuszczalność skał roponośnych wynosi od kilku do kilkuset miliiDarcy.*

***Przepuszczalność (ang. permeability) w hydrodynamice - zdolność ciała stałego do przeciekania przez niego płynów (cieczy i gazów) sformułowana jest w hydrodynamice podziemnej w oparciu o prawo Darcy'ego. Przepuszczalność stanowi podstawową miarę zdolności ośrodka porowatego do transportu zawartych w nim płynów. Przepuszczalność jest parametrem oznaczonym zwykle symbolem K , wyrażającym podzielony przez lepkość płynu μ współczynnik proporcjonalności między wektorem prędkości filtracji płynu w ośrodku porowatym a występującym w płynie gradientem ciśnienia wziętym ze znakiem ujemnym, zgodnie z prawem Darcy'ego: (źródło: wikipedia)*

$$\mathbf{u} = -\frac{K}{\mu} \text{grad } P$$

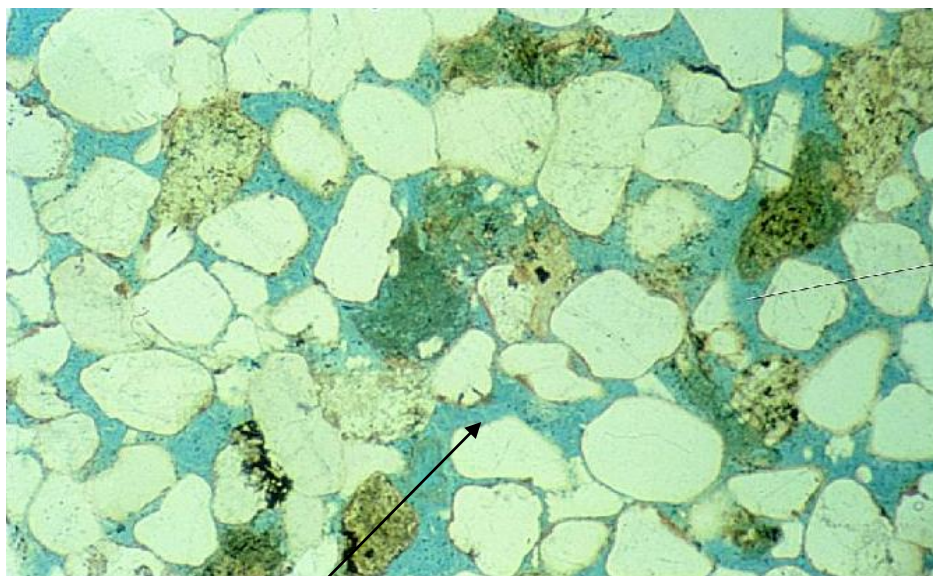
Geologia ropy i gazu – podsumowanie



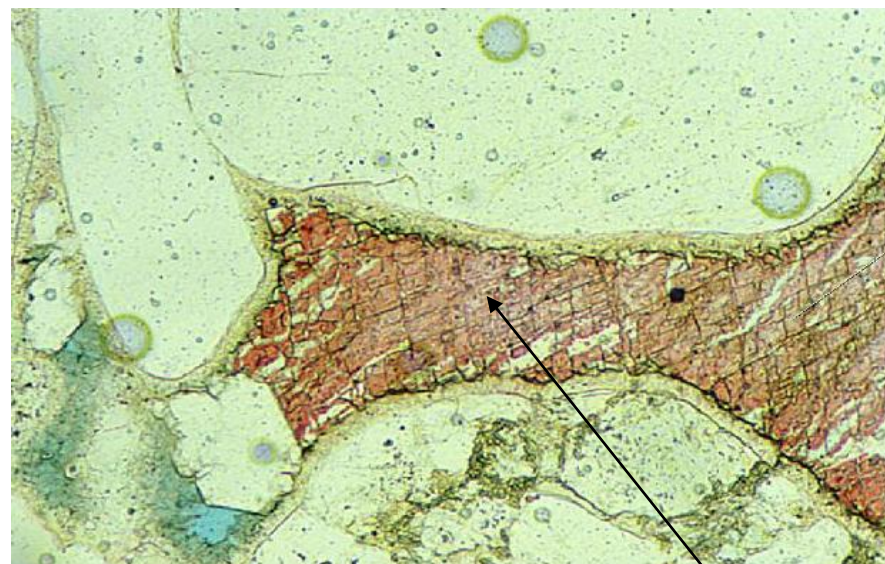
Źródło: Exxon Mobil: „Quest for Energy”

Co determinuje wolumen ropy i gazu?

- Φ : Porowatość (porosity) skały: proporcja wolnych przestrzeni (porów) pomiędzy ziarnami skały (teoretyczne maksimum 48%, przeciętnie poniżej 10%). Wyróżniamy porowatość całkowitą i efektywną (liczoną tylko dla połączonych przestrzeni).
- Rodzaje porowatości:
 - między ziarnowa (inter granular) – typowa dla piaskowców
 - druzyjna (vugular) – typowa dla wapieni
 - z pęknięć (fractural)
- Przepuszczalność (permeability) skały: zdolność do przemieszczania się cieczy i gazu wewnątrz skały



duża porowatość - oznaczona na niebiesko



niska przepuszczalność - wiele porów zaklejonych

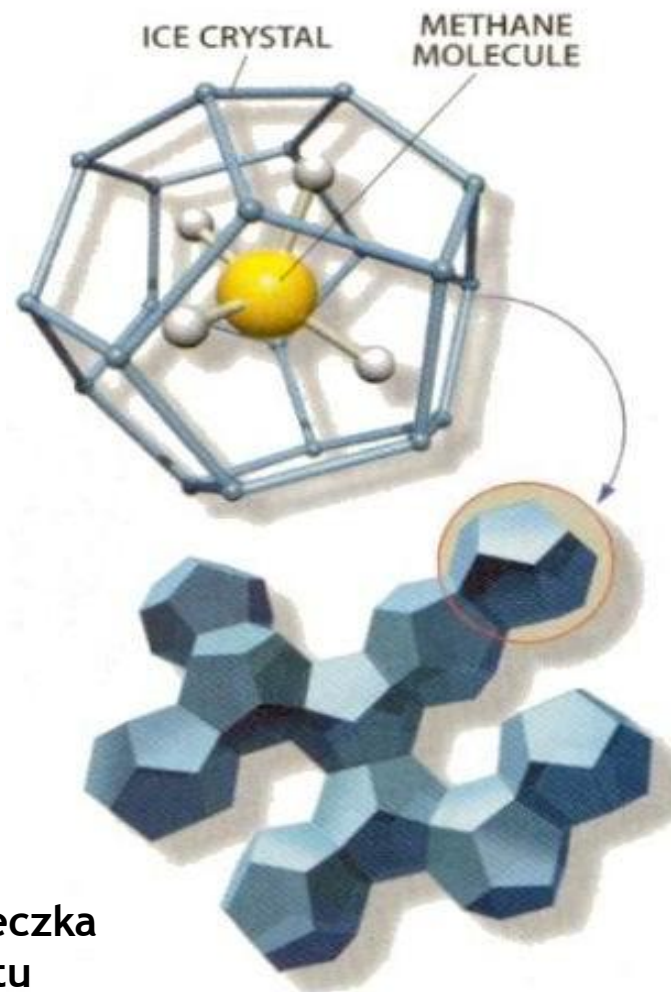
Gaz w łupkach bitumicznych (shale gas)

- Łupki to ziarniste skały osadowe, która można łatwo łamać w cienkie równoległe płytki. Łupki są bardzo miękką skałą, która jednakże nie ulega dezintegracji, kiedy staje się mokra. Gaz w łupkach występuje z reguły w cienkich przestrzeniach pomiędzy warstwami skalnymi.
- Z uwagi na niektóre właściwości łupków, wydobycie gazu z tych formacji skalnych jest znacznie trudniejsze i droższe niż z „konwencjonalnych” złóż.
- Szacunki ilości gazu występującego w łupkach są duże, ale tylko około 10% tego gazu jest w dzisiejszych warunkach technicznie wydobywalne.
- Przy rozwoju technologii i większych zachętach ekonomicznych potencjał ten może się znacząco zwiększyć.
- EIA szacuje technicznie wydobywane rezerwy gazu z łupków bitumicznych w Stanach Zjednoczonych na około 1 570 mld m³ co stanowi około 5% całkowitych wydobywalnych rezerw gazu naturalnego w USA.



Hydraty metanu

- Hydraty gazu to nie stechiometryczne krystaliczne związki włączeniowe zaliczane do tzw. klatratów. Hydraty powstają wtedy gdy cząsteczki wody łączą się wzajemnie poprzez wiązania wodorowe i formują wnęki zajmowane przez pojedyncze cząstki gazu lub aktywnej cieczy zwane „gośćmi”. Jeżeli „uwięzioną” cząsteczką jest cząsteczka metanu mamy do czynienia z hydratami metanu.
- Średnio struktura hydratu metanu zawiera 1 mol metanu na każde 5,75 mola wody, jakkolwiek jest to zależne od tego jak wiele cząstek metanu „pasuje” do różnych struktur wnęki utworzonej przez wodę.
- Obserwowana gęstość hydratów metanu wynosi ok. $0,9 \text{ g/cm}^3$. Jeden litr hydratu metanu w stanie stałym zawiera średnio ok. 168 litrów metanu.

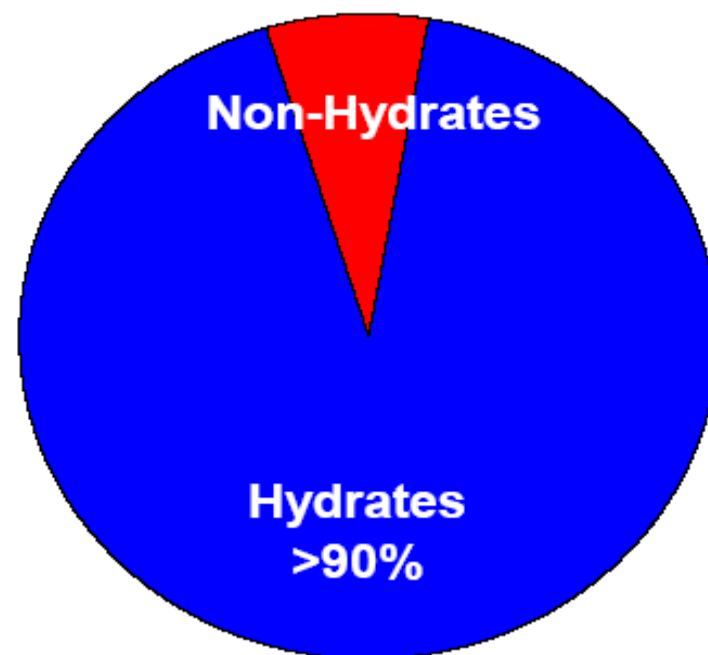


Cząsteczka
hydratu

Hydraty metanu – rezerwy

- Hydraty metanu występują w płytkiej litosferze (do 2000 m głębokości).
- Odpowiednie warunki do formowania się hydratów występują w skałach osadowych usytuowanych w obszarach polarnych, gdzie temperatury na powierzchni są poniżej 0°C, albo w oceanicznych skałach osadowych na głębokościach powyżej 300 m, gdzie temperatura wody wynosi ok. 2°C.
- Kontynentalne depozyty hydratów ulokowane są na Syberii i Alasce w złożach piaskowców na głębokościach do 800 metrów.
- Depozyty oceaniczne występują w kontynentalnym szelfie w skałach osadowych albo na styku skał i wody.
- Rezerwy hydratów metanu zawarte w skałach osadowych (zarówno oceanicznych jak i kontynentalnych) zawierają według różnych szacunków od 2 do 10 razy więcej gazu niż obecnie znane rezerwy konwencjonalnego gazu naturalnego (ostatnie estymacje od 1 000 000 do 5 000 000 mld m³).

Global Gas Resource



Thomas J. Woods,, Paul Wilkinson „Meeting the Gas Supply Challenge of the Next 20 Years Non-Traditional Gas Sources”

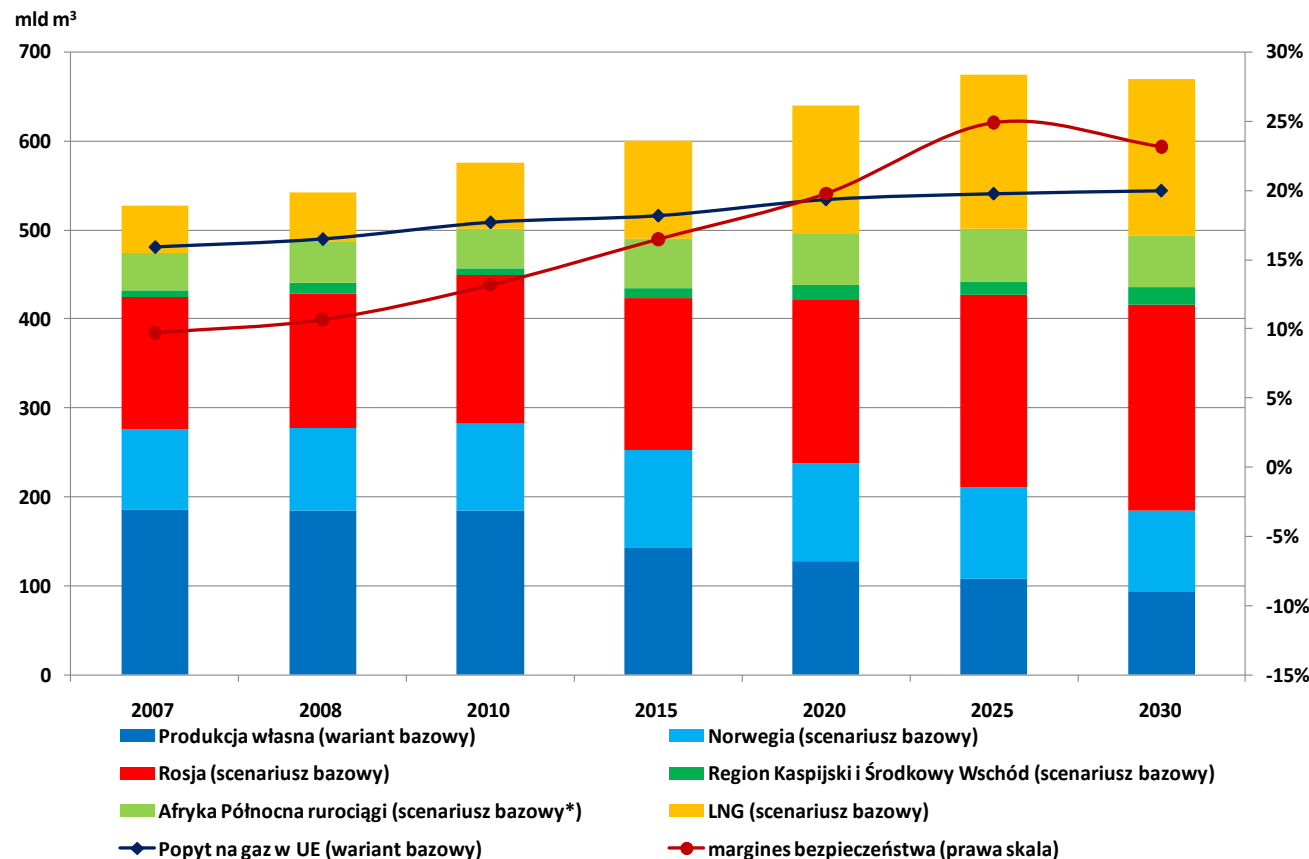
Potencjalne źródła podaży gazu dla Europy

w mld m ³	2007	2008	2010	2015	2020	2025	2030
Wydobycie własne (wariant niski)	186,0	184,6	184,2	142,5	127,9	108,1	93,3
Wydobycie własne (wariant bazowy)	186,0	184,6	184,2	142,5	127,9	108,1	93,3
Import:							
Norwegia (scenariusz niski)	90,6	92,8	96,8	102,5	101,1	97,7	90,6
Norwegia (scenariusz bazowy)	90,6	92,8	98,2	110,7	110,1	103,2	91,7
Rosja (scenariusz niski)	148,0	151,4	163,0	132,3	121,1	125,1	122,7
Rosja (scenariusz bazowy)	148,0	151,4	167,2	170,8	183,8	216,0	231,6
Region Kaspijski i Środkowy Wschód (scenariusz niski)	7,4	12,2	7,0	10,0	10,0	10,0	13,6
Region Kaspijski i Środkowy Wschód (scenariusz bazowy)	7,4	12,2	7,0	10,3	16,4	15,2	19,1
Afryka Północna rurociągi (scenariusz niski)	41,9	45,2	46,8	55,7	54,6	54,3	56,6
Afryka Północna rurociągi (scenariusz bazowy)	41,9	45,2	45,4	55,5	58,4	58,4	58,5
LNG (scenariusz niski)	53,3	55,5	79,6	105,1	118,0	141,6	137,0
LNG (scenariusz bazowy)	53,3	55,5	73,1	110,9	142,7	173,9	175,4
łącznie scenariusz niski	527,2	541,7	577,5	548,1	532,8	536,8	513,8
łącznie scenariusz bazowy	527,2	541,7	575,2	600,7	639,4	674,8	669,6

Źródło: Obliczenia własne na podstawie Modeli PRIMES Baseline 2009, prognoz CERA oraz
 danych BP Statistical Review of World Energy (dane za rok 2007 i 2008)

Bilans gazu dla UE – wariant bazowy popytu i bazowe scenariusze podaży

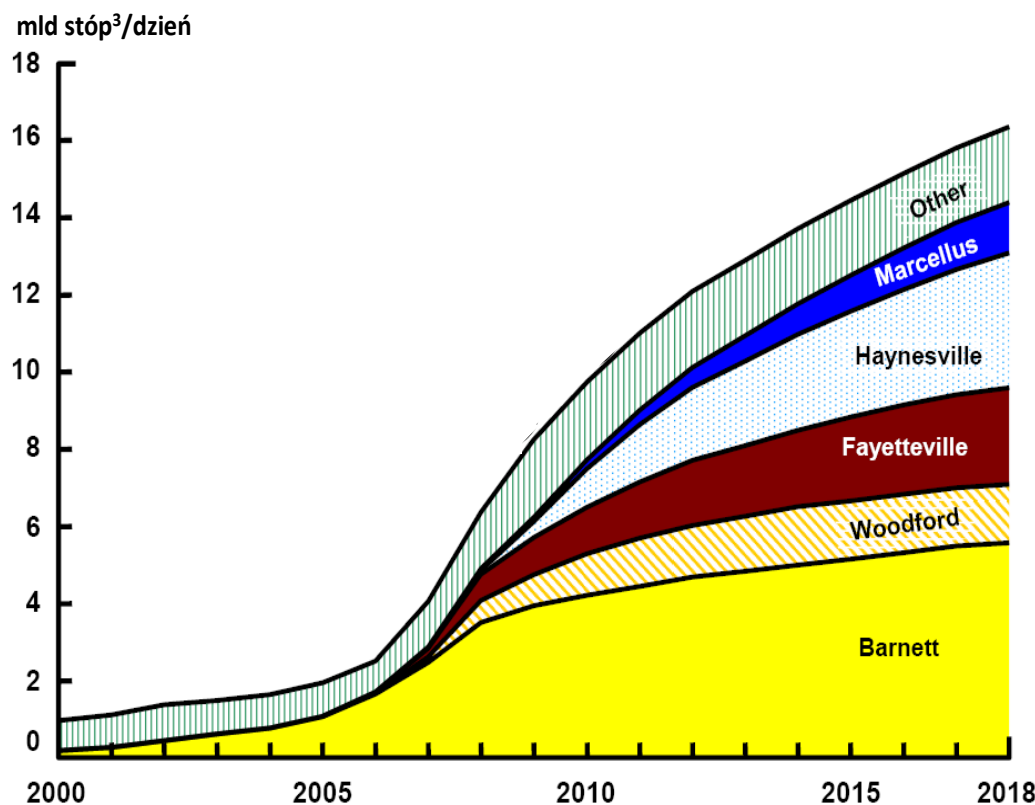
najbardziej prawdopodobny układ
scenariuszy rozwoju sytuacji na rynku
gazowym - nadwyżka podaży nad
popytem w trzecim dziesięcioleciu
obecnego wieku wynosi od 80 do 110
mld m³ rocznie i zapewnia dość duży
komfort dla europejskich krajów
importujących gaz (pod warunkiem że
istnieje i prawidłowo funkcjonuje
adekwatna infrastruktura przesyłowa).



GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit czy rzeczywistość ?

- Jednakże w ciągu ostatnich 18 miesięcy szacunki analityków odnośnie wydobycia gazu ziemnego w Stanach Zjednoczonych z tzw. niekonwencjonalnych źródeł gazu wzrosły kilkunastokrotnie, w miarę spadku kosztów produkcji*.
- Obecne estymacje produkcji wskazują, iż od 2008 do 2030 roczne wydobycie gazu w USA wzrośnie o ponad 70 mld m³/rok (o 12,5%) w stosunku do obecnego poziomu, podczas gdy prognozowany import spadnie o podobną wielkość – 75 mld m³. W związku z powyższym prognozowany import LNG wzrośnie z obecnego poziomu (ca. 10 mld m³) do około 40 mld m³ w 2020 by pod koniec okresu prognozy spaść do 23-25 mld m³.
- Niekonwencjonalne źródła gazu obejmują gaz z rezerwuarów o niskiej przepuszczalności (tight gas), gaz kopalniany (coalbed methane) oraz gaz z łupków bitumicznych (shale gas)

*Wydobycie z niekonwencjonalnych źródeł jest opłacalne już przy cenie na poziomie 5-7,5 USD za mln BTU (180-270 USD za tys. m³).



Prognoza wydobycia gazu z największych złóż gazu niekonwencjonalnego w USA.
Źródło: CERA.

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit czy rzeczywistość ?



Źródło: www.srb.com

Independent Oil and Gas Association of Pennsylvania's, Drilling & Developing the Marcellus Shale

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit czy rzeczywistość ?

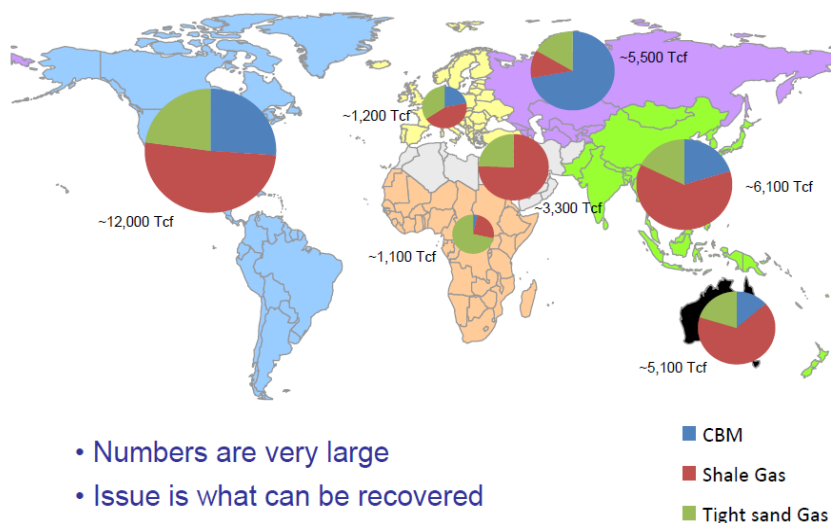


Źródło: www.srbc.com

Independent Oil and Gas Association of Pennsylvania's, Drilling & Developing the Marcellus Shale

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit czy rzeczywistość ?

- Europa jest ciągle we wstępnej, „niemowlęcej” fazie poszukiwań.
- Mała wiedza na temat zasobów wydobywalnych.
- Nikt jeszcze nie jest na etapie komercjalizacji produkcji.



- Numbers are very large
- Issue is what can be recovered



Tight gas in TEXAS - jedno z największych złóż gazu niekonwencjonalnego w USA.
Źródło: Unconventional Gas. Dave Rimmer. Berlin Forum 17 wrzesień 2009 r. www.shell.com

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mīt czy rzeczywistość ?

- „[...]Gaz z łupków ma bardzo długą historię. Jak podaje Shirley [13] pierwszy komercyjny odwiert na głębokość 8 metrów został wykonany w Nowym Jorku w 1820 r. , a początek dwudziestego wieku to odkrycia dewońskich pól gazu z łupków bitumicznych w Basenie Appalachów. W łupkach bitumicznych gaz ziemny jest absorbowany dzięki bardzo zróżnicowanym mechanizmom geofizycznym. Komercyjne uwolnienie gazu ziemnego z takich struktur wymaga posługiwania się najnowszą techniką i technologią wierceń kierunkowych, perfekcyjnego szczelinowania hydraulicznego. W konsekwencji handlowe wykorzystanie zasobów gazu łupkowego zależne jest od dostępu do dużych objętości wody, oraz od spełnienia ekologicznych wymogów formalnych, ale także czysto ludzkich (np. zabudowa, istniejąca infrastruktura dodatkowo obciążona ruchem samochodowym, hałas itp.)
- Ma to olbrzymie znaczenie, gdyż przykładowo z najlepiej znanego i rozpracowanego złoża gazu łupkowego Newark East w Teksasie (północno – wschodnia część stanu) wyeksploatowano w 2008 r. ponad 44 mld m³ z 12000 otworów produkcyjnych, z czego 3000 zostały wywiercone tylko w ciągu jednego roku [21]. Wiele z nich odwierconych zostało w bliskim sąsiedztwie siedzib ludzkich. Na tym polu eksploatacyjnym działa 200 firm wiertniczych, a 80% wydobycia pochodzi od 6 największych operatorów. Obszar górniczy liczy 13 000 km². Oznacza to średnio jedną wiertnicę na jeden kilometr kwadratowy powierzchni, ale są obszary efektywnego wydobycia, gdzie znajduje się nawet 16 odwiertów na km². Istotą jest również produktywność odwiertów, która jest znacząco większa niż dla gazu ziemnego eksploatowanego w sposób konwencjonalny, ale jednocześnie brak jest większej przewidywalności dla krzywych szczypania, które mogą różnić się diametralnie, nawet dla odwiertów będących w swoim sąsiedztwie.
- Zasoby gazu niekonwencjonalnego na świecie są olbrzymie, ale trudno jest w tej chwili ocenić, czy zasoby te będą mogły być efektywnie eksploatowane. Złoża gazu niekonwencjonalnego w OECD mogłyby zastąpić 40 letni import tego surowca, biorąc pod uwagę obecny poziom importu [19] i [21].
- W Europie Zachodniej pojawiły się nowe programy badawcze dotyczące niekonwencjonalnych źródeł gazu. Jedną z grup badawczych jest komercyjny zespół (“GASH”), koordynowany przez niemieckie laboratorium nauk o Ziemi [GeoForschungsZentrum](#) (“GFZ”) z Poczdamu. Udział w programie biorą francuski [Institut Français du Pétrole](#) i kilkanaście europejskich szkół wyższych, a sam projekt przewidywany obecnie na trzy lata jest finansowany przez przemysł. GASH ma między innymi za zadanie zdefiniować potencjał kontynentalnego wydobycia gazu niekonwencjonalnego. Także w jednym ze swoich programów badawczych zaplanowanych na okres 6 lat i sponsorowanych przez rząd Republiki Federalnej Niemiec GeoEnergie zajmuje się podobną problematyką.”

WNIOSKI

- Kryzys spowodował znaczne zmiany w postrzeganiu przyszłościowego zapotrzebowania na energię dla krajów UE (dwa ostatnie modele PRIMES 2007 i 2009). Pytanie tylko, czy znacząca zmiana w postrzeganiu roli niekonwencjonalnych źródeł energii (wzrost udziału OZE i energii nuklearnej, z 22% do 29% w roku 2030 w konsumpcji energii pierwotnej) nie wynika z „modnego” ostatnio postrzegania malejącej roli węgla kamiennego i ropy naftowej, czy też z rzeczywistych zmian, jakie nastąpiły w postawie poszczególnych krajów UE. Ponadto, czy kraje UE udźwigną ciężar niezbędnych inwestycji, szczególnie w związku z potężnym wzrostem zadłużenia, wynikającego z prób powstrzymania spowolnienia gospodarczego.
- Prognozy wielkości importu gazu ziemnego do krajów UE (Primes Baseline 2009) zakładają - optymistycznie – pełne wdrożenie pakietu 3x20, ogromne inwestycje w energetykę niekonwencjonalną i wdrożenie nowych technologii, znajdujących się obecnie w fazie „raczkującej”. Załamanie się któregośkolwiek z tych trzech filarów prognozy, doprowadzi do wzrostu zapotrzebowania na import gazu nawet o 200 mld m³ w roku 2030 (z ok. 300 do 500 mld m³). Jeżeli skala potencjalnych inwestycji w energetykę jądrową i odnawialne źródła energii przekroczy możliwości finansowe UE (co przy skali inwestycji sięgających ponad 0,6 bln. € jest nader prawdopodobne), to wolumen importu gazu w 2030 wzrośnie do wielkości 445-465 mld m³/rok, co oznacza konieczność sprowadzenia dodatkowych wolumenów rzędu 155-175 mld m³/rok.
W chwili obecnej, naszym zdaniem jest to najbardziej prawdopodobny scenariusz.
- Gaz ziemny z krajów azjatyckich będzie przedmiotem konkurencji pomiędzy Rosją a Europą. Nie ma twardych przesłanek, że UE będzie w stanie pozyskać ilości gazu zaspokajające wszystkie obecnie planowane projekty przesyłowe. Natomiast gaz z Afryki jest we wciąż rosnącym stopniu pozyskiwany przez Chiny i Indie, co również stwarza problemy dla ewentualnego zaopatrywania UE.
- Obecne prognozy podaży i popytu na LNG na rynkach światowych **wskazują na możliwość zaspokojenia popytu na ten produkt ze strony krajów UE jednak znacząco LNG nie podnosi bezpieczeństwa energetycznego UE.**

WNIOSKI

- Wstępne szacunki mówią o wydobywanych zasobach gazu z łupków w Polsce na poziomie od 1,4 bln m³ (Wood MacKenzie) do nawet 3 bln m³ (Advanced Resources Int.). Obecnie wydobywane zasoby gazu ze złóż konwencjonalnych wynoszą około 140 mld m³ (dane Państwowego Instytutu Geologicznego), zaś wydobycie wynosi nieco ponad 4 mld m³ rocznie, co daje współczynnik zasobów do wydobycia (R/P) na poziomie około 34,6 – jeden z najwyższych w krajach europejskich.
 - Przyjmując ów współczynnik do wyliczenia potencjalnego wydobycia z wcześniejszych podawanych szacunków zasobów gazu niekonwencjonalnego uzyskujemy gigantyczne, jak na skalę Polski, wolumeny: od 40,5 mld m³ (dolna granica przedziału) do 86,8 mld m³ (górna granica oszacowania) gazu ziemnego rocznie. A mając na uwadze specyfikę profilu wydobycia gazu z łupków, z ogromnym wzrostem produktywności danego złoża w pierwszych okresach i późniejszym silnym spadkiem oraz słabe wykorzystanie własnych zasobów przez polskie koncerny wydobywcze (głównie PGNiG) odzwierciedlone w bardzo wysokim współczynniku R/P, możemy się spodziewać wydobycia nawet na poziomie 100 mld m³ gazu na rok – i to w perspektywie najbliższych 10 – 15 lat.
-
- Por. Wood MacKenzie Unconventional Gas Service Analysis „Poland/Silurian Shales”, sierpień 2009
 - Por. Vello A. Kuuskraa, Scott H. Stevens „Worldwide Gas Shales and Unconventional Gas: A Status Report, grudzień 2009
 - Por. Jerzy Nawrocki „Bilans zasobów gazu ziemnego w Polsce”, styczeń 2010



Pytania ?

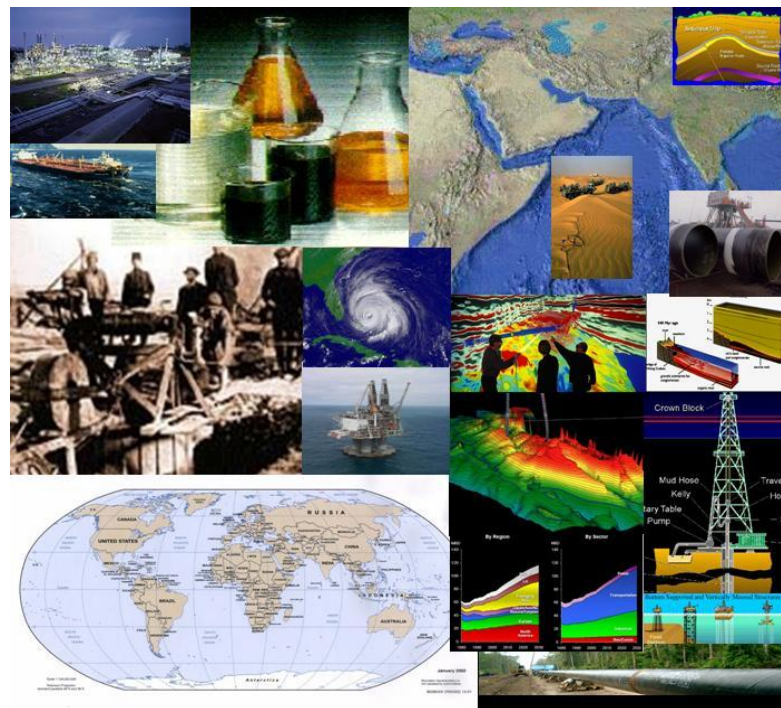
O Instytucie Studiów Energetycznych



Instytut Studiów Energetycznych (ISE)
jest polską firmą konsultingową
wyspecjalizowaną w doradztwie
dla sektora
naftowo-gazowego-energetycznego
oraz ciężkiej chemii.

Oferta na:
www.ise.com.pl

ul. Śniadeckich 17
00-654 Warszawa
tel.: +48 (22) 629.97.46
fax/tel: +48 (22) 621.74.88



Dziękuję za uwagę 😊



andrzej.sikora@ise.com.pl

