



„NIEKONWENCJONALNE ŹŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W POLSCE. GAZ W ŁUPKACH (SHALE GAS) I GAZ ZAMKNIĘTY (TIGHT GAS)”



**Instytut
Studiów Energetycznych**

**adventure
consulting**

31 marzec 2010 roku, Hotel SOFITEL Victoria, Warszawa

„Poszukiwanie gazu ziemnego ze źróź niekonwencjonalnych na terenie Polski. Uwarunkowania technologiczne i strategiczne”

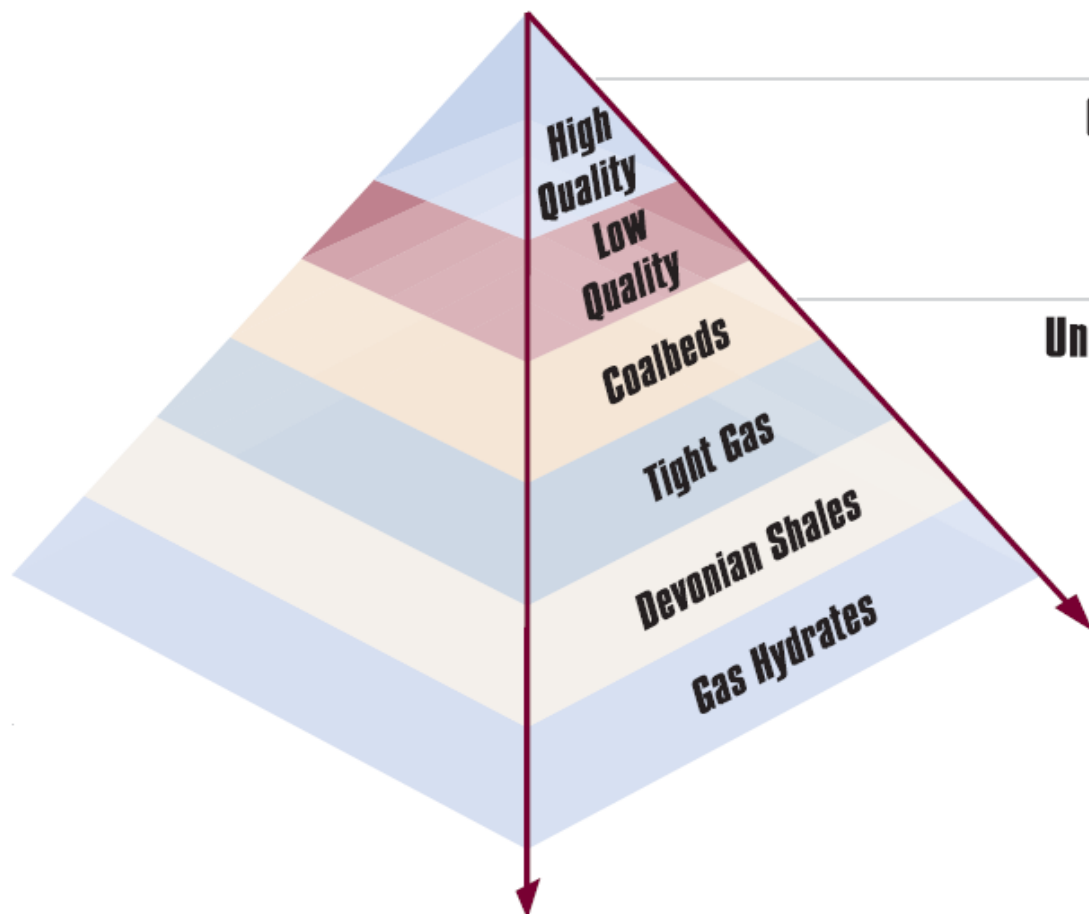


**Instytut
Studiów Energetycznych**



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

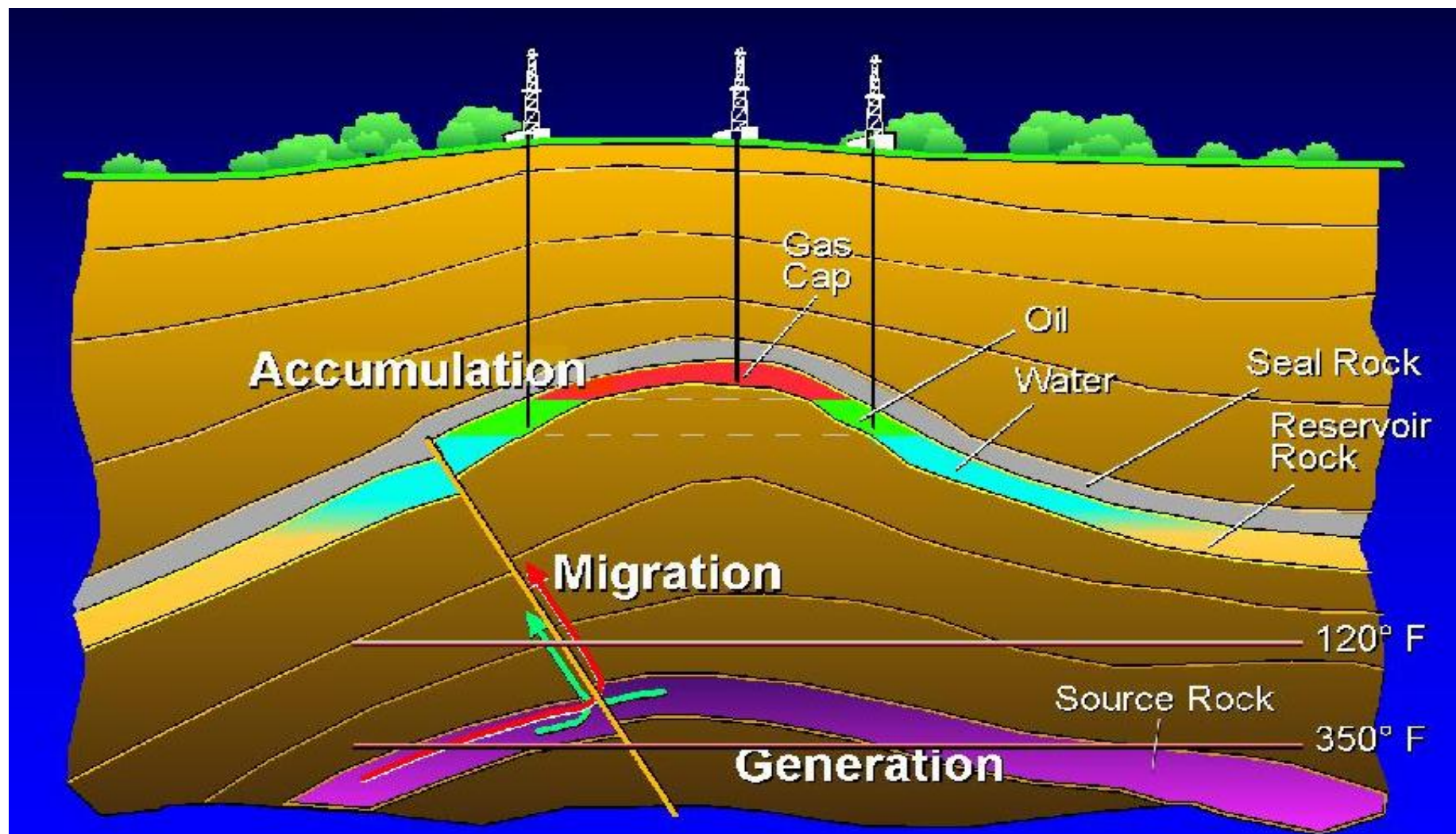
- **Gaz niekonwencjonalny*** to rezerwy węglowodorów poza jasno zdefiniowanymi i opisanymi strukturami w postaci pułapek o przepuszczalności rezerwuaru poniżej 0,1 mD (miliDarcy)** wymagających technik wiercenia poziomego i szczelinowania hydraulicznego (kwas? benzen?) oraz wielkiej liczby otworów produkcyjnych...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

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

***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)*

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

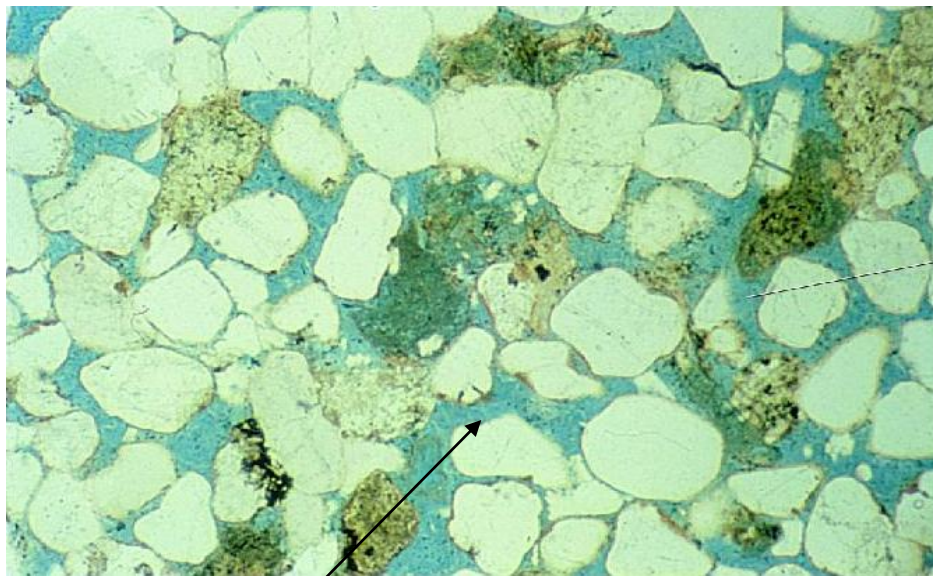
Geologia ropy i gazu – podsumowanie



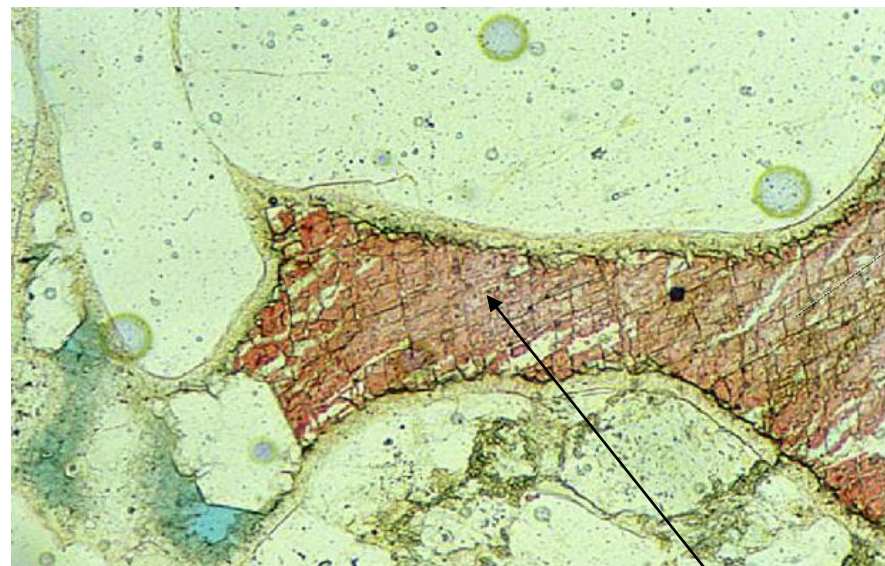
Źródło: Exxon Mobil: „Quest for Energy”

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

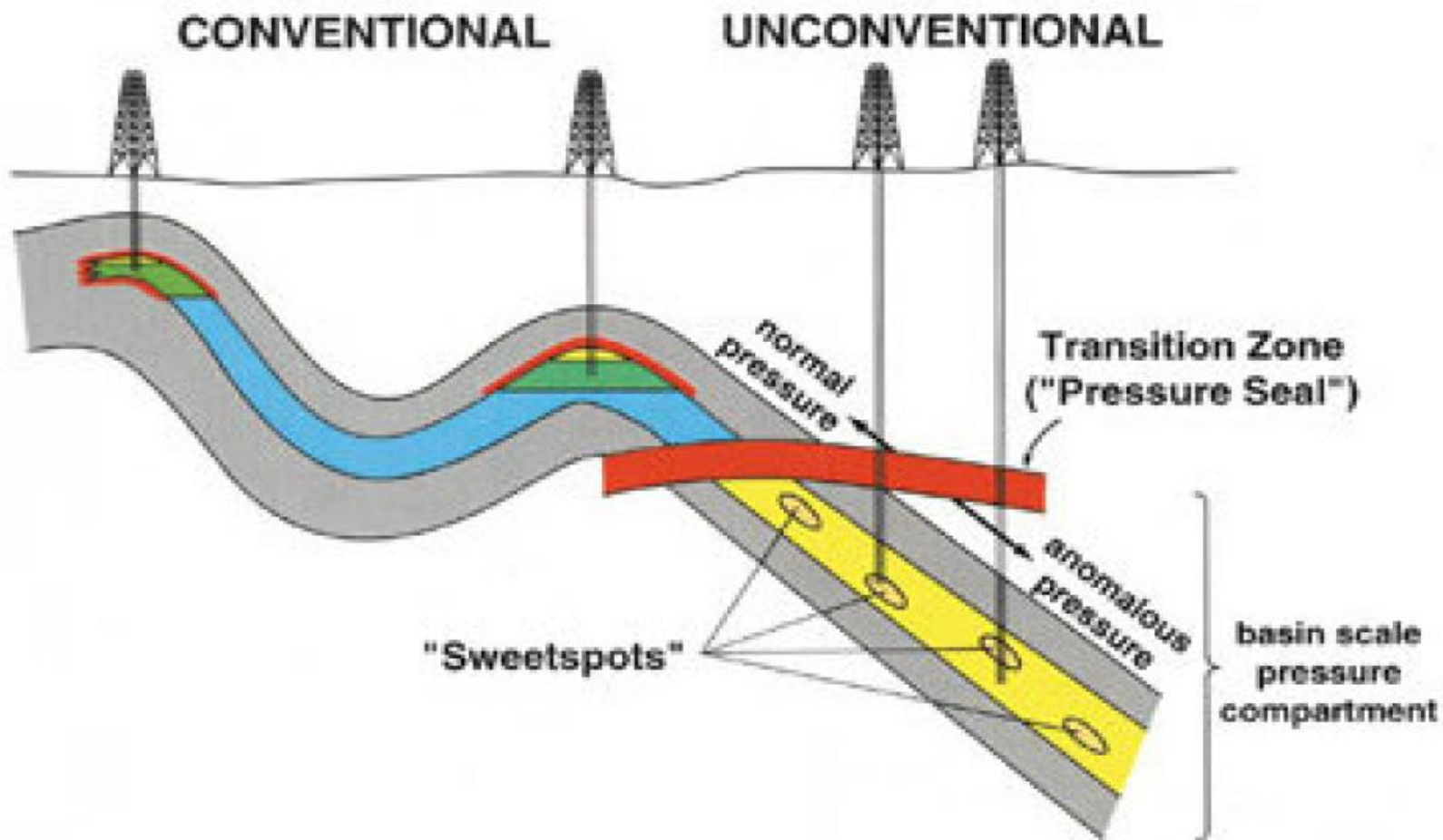


niska przepuszczalność - wiele porów zaklejonych

Gaz ze stref z ekstremalnym ciśnieniem górotworu

- Strefy z ekstremalnym ciśnieniem górotworu to podziemne formacje skalne, które są poddane wyższemu niż występujące na danej głębokości ciśnieniu górotworu. Obszary te są formowane przez warstwy gliny które zostały naniesione i szybko (w sensie geologicznym) zagęszczone na złożach bardziej porowatych i chłonnych materiałów takich jak piasek czy muł.
- Woda i gaz ziemny, które występują w glinie są zgniecione przez gwałtowną kompresję gliny i „wciśnięte” w bardziej porowaty piasek lub muł. Stąd gaz, z uwagi na nacisk gliny jest umieszczony w piasku lub mule pod bardzo wysokim ciśnieniem.
- Dodatkowo strefy z ekstremalnym ciśnieniem górotworu są z reguły ulokowane na dużych głębokościach od 3 do 7,5 km poniżej powierzchni ziemi, co dodatkowo komplikuje wydobywanie z tych rezerwuarów.
- Ilość gazu ze stref z ekstremalnym ciśnieniem górotworu jest nieznana. Dla złóż amerykańskich szacunki wynoszą od 140 do 1 400 mld m³, z czego około 50 mld m³ jest dziś technicznie wydobywalne.

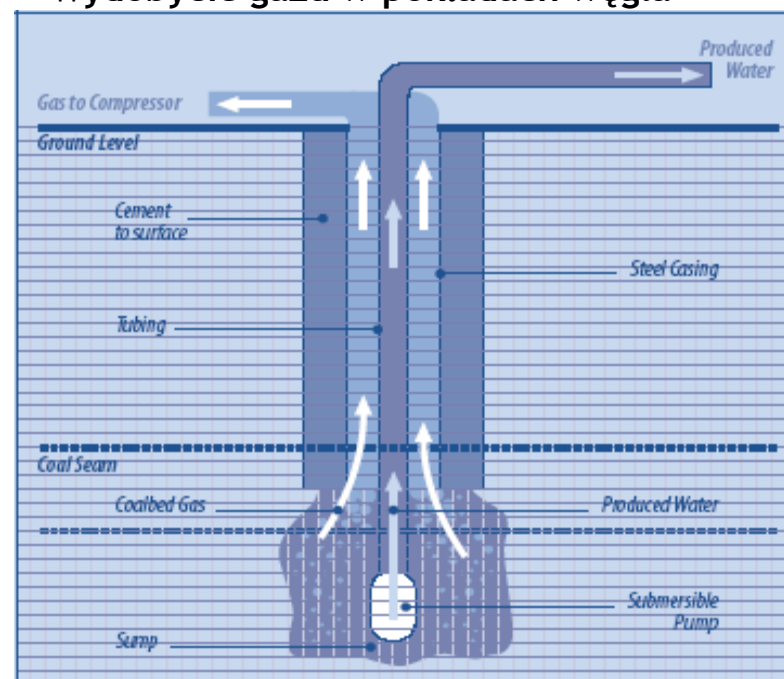
Gaz ze stref z ekstremalnym ciśnieniem górotworu



Gaz z pokładów węgla (coalbeds methane)

- Gaz z pokładów węgla (coalbed methane CBM) to gaz ziemny (prawie 100% metan) znajdujący się w złożach węgla pod powierzchnią ziemi. Cząsteczki metanu są na poziomie molekularnym połączone do węgla i uwalniane w procesie nazywanym desorpcją.
- Cząsteczki metanu, w niemal płynnym stanie znajdują się wewnątrz porów węgla (nazywanego matriksem). Także otwarte szczeliny w węglu mogą zawierać gaz lub wodę.
- Całkowite rezerwy gazu z pokładów węgla w Stanach Zjednoczonych są oceniane na ok. 19 800 mld m³, ale wydobycie mniej niż 2 800 mld m³ jest opłacane ekonomicznie, udowodnione rezerwy gazu kopalnianego w USA to (2009) 620 mld m³.
- Całkowite światowe rezerwy gazu z pokładów węgla są oceniane na ok. 212 500 mld m³ (dla porównania całkowite udowodnione rezerwy gazu wynoszą obecnie ok. 171 000 mld m³), ale liczba ta jest obciążona dość dużym ryzykiem błędu z uwagi na niską dostępność danych odnośnie pokładów węgla i zawartości metanu w tych złożach.

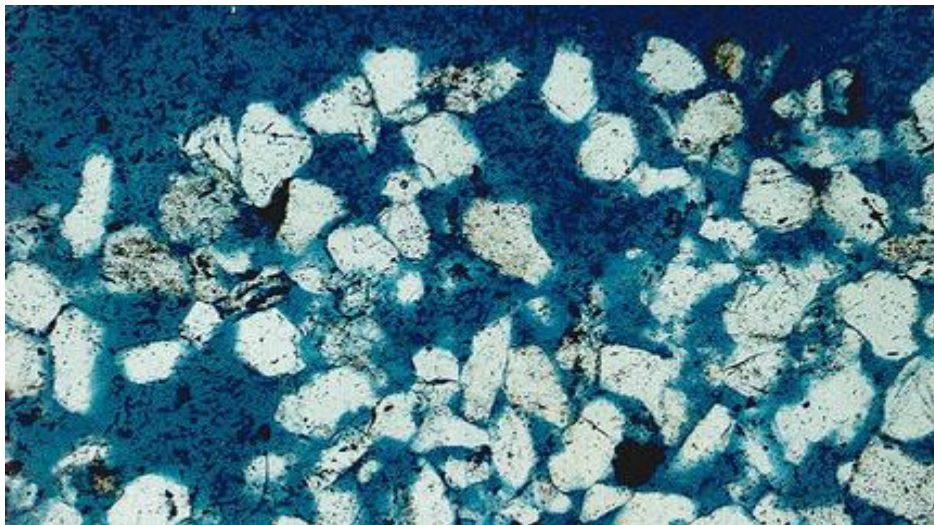
Wydobycie gazu w pokładach węgla



Gaz ze złóż szczelnych (tight gas)

- Jest to gaz uwięziony w szczelnych, zwartych formacjach geologicznych składających się z nieprzepuszczalnych, twardych skał (piaskowców lub wapieni) o bardzo niskich wskaźnikach przepuszczalności i porowatości (tight sand).
- W konwencjonalnych złożach gazu ziemnego, po wykonaniu odpowiednich odwiertów gaz z reguły może być wydobywany dość szybko i łatwo.
- Wydobywanie z formacji szczelnych wymaga znacznie więcej wysiłku i nakładów finansowych. Różne technologie, w tym: szczelinowanie piaskiem czy szczelinowanie kwasem są potrzebne do „rozszerzenia” i efektywnej produkcji z tych złóż – stąd konieczność ekonomicznych zachęt (ceny, preferencje podatkowe, itp.) do intensyfikacji produkcji z tego typu rezerwuarów.
- Gaz w złożach szczelnych stanowi bardzo istotną część rezerw gazu. Według estymacji Energy Information Administration (EIA) na początku XXI wieku blisko 7 200 mld m³ gazu ze złóż szczelnych w USA jest technicznie wydobywalne – co stanowi ponad 21% całkowitych wydobywalnych rezerw gazu naturalnego w USA.

Pozostałe rodzaje gazu – gaz ze źródeł szczelnych



- Przekrój przez „konwencjonalne” złożę w piaskowcu. Niebieskie zabarwienia wskazują na przestrzenie (pory) w skale zawierające gaz.
- Pory w skale są wzajemnie połączone (duża przepuszczalność) tak, iż gaz może łatwo „przepływać” ze skały.



- Przekrój przez złożę szczelne.
- Niebieskie zabarwienia wskazują na przestrzenie (pory) – nieregularnie rozmieszczone i nieliczne, które wskazują na niską porowatość i przepuszczalność tego rezerwuaru.

Źródło: U.S. Geological Survey „Energy Resource Surveys Program”

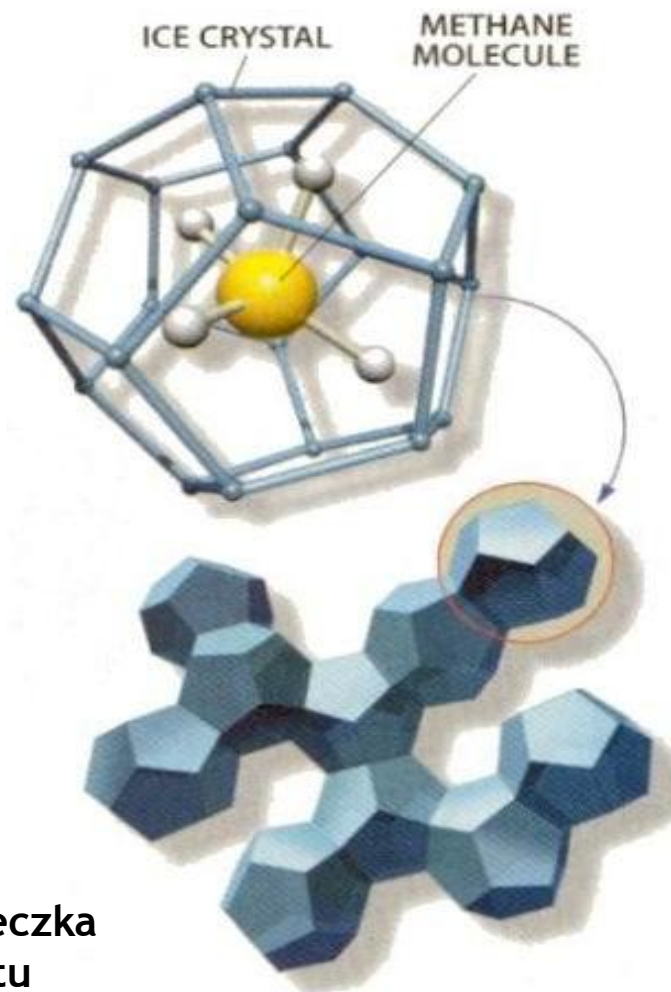
Gaz w łupkach bitumicznych (shale gas)

- 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.

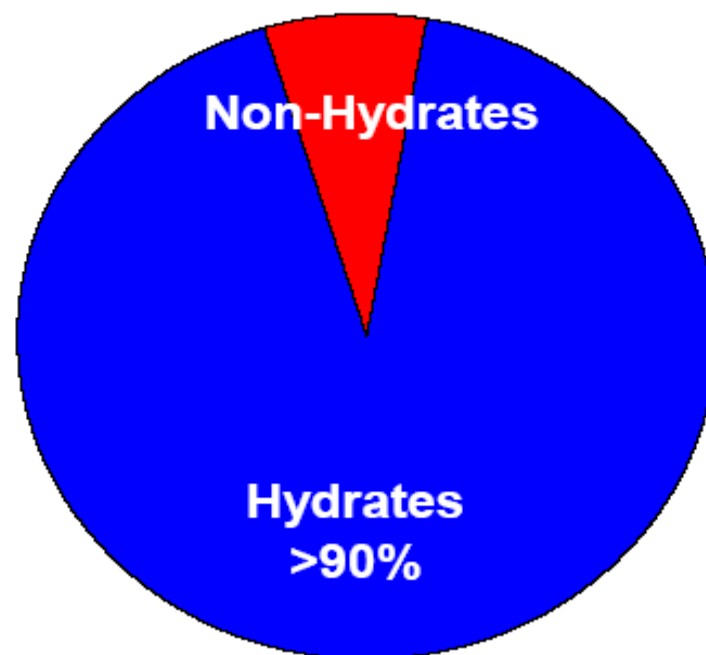


Cząsteczka
hydratu

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

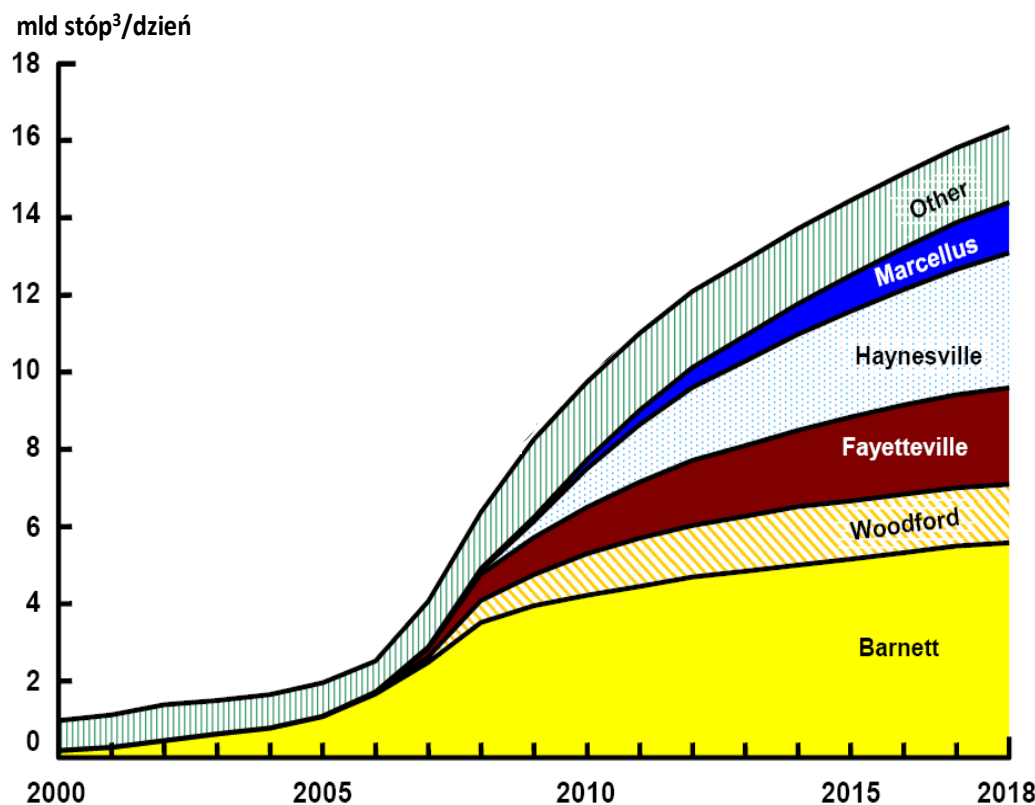


Thomas J. Woods,, Paul Wilkinson „Meeting the Gas Supply Challenge of the Next 20 Years Non-Traditional Gas Sources”

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 ?

Vertical vs. Horizontal Drilling

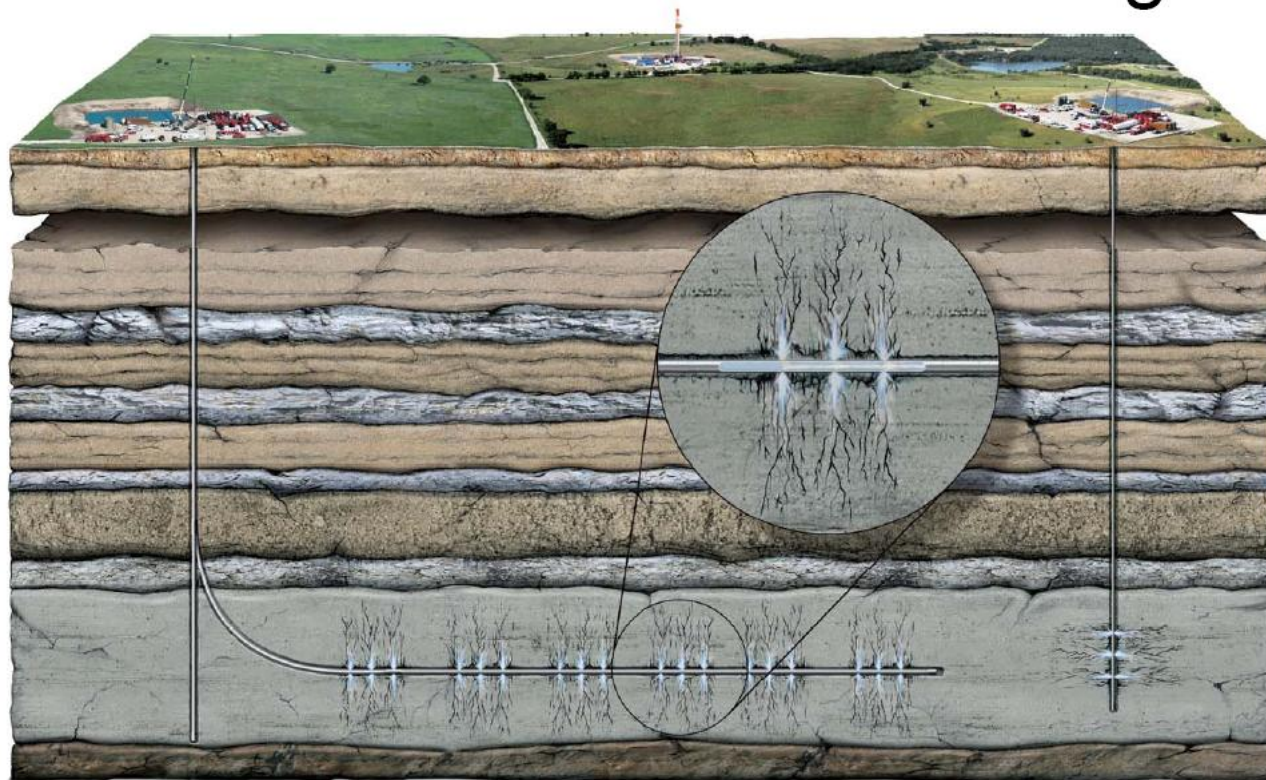


Illustration retrieved from: Independent Oil and Gas Association of Pennsylvania's *Drilling & Developing the Marcellus Shale*

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 ?

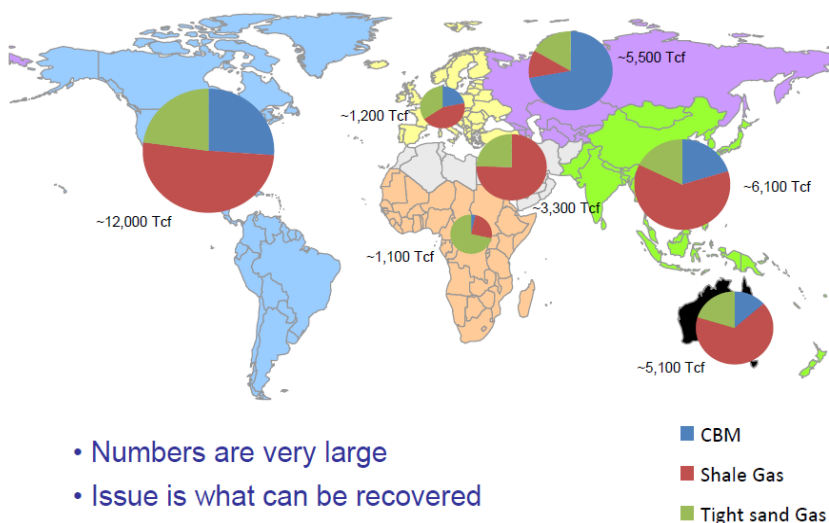


Źródło: www.srb.com

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

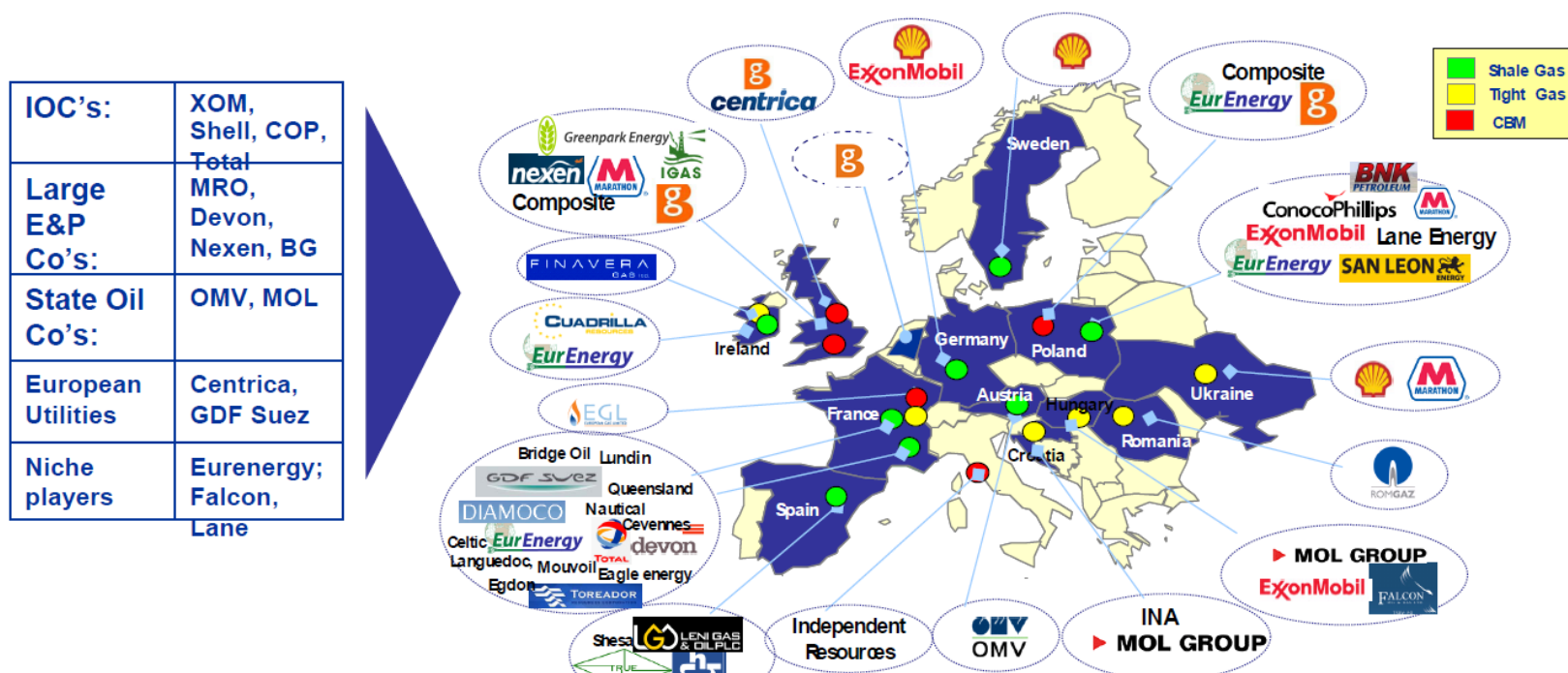


Tight gas in TEXAS - jedno z największych złóż gazu niekonwencjonalnego w USA.
 Źródło: Unconventional Gas. Dave Rimmer. Berlin Forum 17 wrzesień 2009 r. www.shell.com

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit czy rzeczywistość ?



Current overview of known companies with European unconventional gas positions



Źródło: Unconventional Gas. Dave Rimmer. Berlin Forum 17 wrzesień 2009 r. www.shell.com

GAZ NIEKONWENCJONALNY– mit 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.”

Potencjalne bariery w realizacji poszukiwań gazu z łupków w Polsce

- Natura 2000 – silne organizacje ekologiczna oraz zmiany i niejednorodność przepisów związanych z ochroną środowiska (hałas, brak wody)
- Silne zaludnienie obszarów eksploatacyjnych
- Protekcjonizm krajowego rynku firm serwisowych (zwłaszcza wiertniczych)
- Utrudnienia dla wejście zagranicznych firm wiertniczych (np. polskie/unijne uprawnienia dla operatorów urządzeń wiertniczych)
- Trudne i długie procedury sprowadzania sprzętu wiertniczego spoza Unii Europejskiej
- Przetargi (czas/cena) na wykonanie wierceń
- Brak liberalizacji rynku i niepewność co do ceny gazu wynikająca z niedostatecznej liberalizacji krajowego rynku gazu (cena krajowa z wydobywania?)
- Niejasne (trudne) przepisy dotyczące prawa do informacji geologicznej oraz wysoka cena informacji geologicznej
- Brak zachęt podatkowych i finansowych
- Brak polskiej myśli technicznej (konieczność zakupu technologii)
- Brak konkurencji na rynku firm serwisowych
- Przerwa pokoleniowa wśród wiertników polskich (brak specjalistów w kraju)
- **Polityka energetyczna PEP2030 nie forsuje gazu jako źródła energii**



Pytania ?

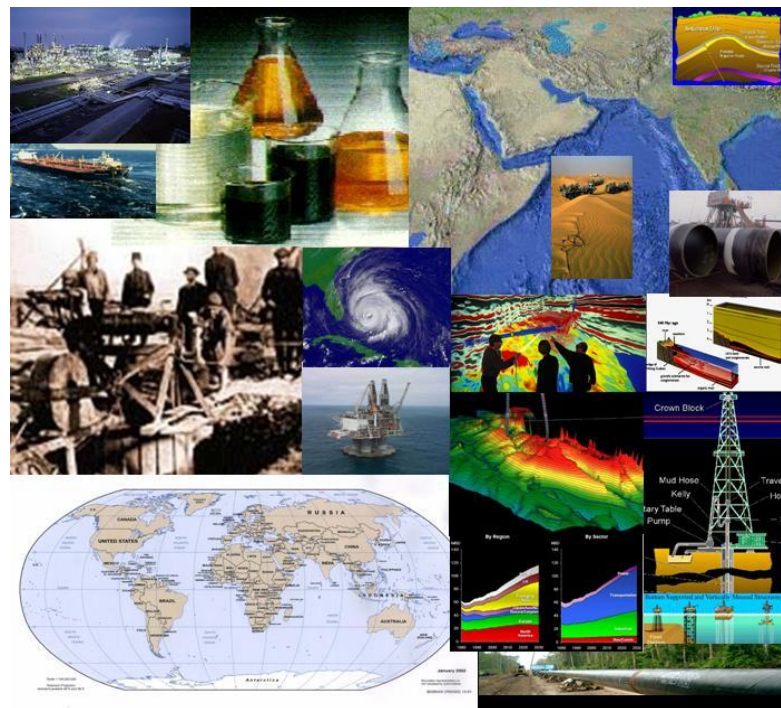
O Instytucie Studiów Energetycznych



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

