

Proppanty – konwencjonalne i niekonwencjonalne



**baltic
ceramics**

Piotr Woźniak



LST CAPITAL

Dariusz Janus

Wstęp

Myśląc o zastosowaniu proppantów, mamy na myśli zastosowanie tych materiałów wyłącznie przy eksploatacji złóż niekonwencjonalnych – w tym przede wszystkim gazu łupkowego – złóż trudniejszych do wiercenia, szczelinowania, czyli o większych kosztach wydobycia surowców niż ze złóż konwencjonalnych.

Natomiast, przyglądając się tematowi głębiej i bardziej dokładnie, zauważamy, iż proppanty znajdują zastosowanie również przy wydobyciu węglowodorów ze złóż konwencjonalnych, w domyśle, tych łatwiejszych do wydobycia. Przy okazji, warto wspomnieć w niniejszym opracowaniu o pozostałych rodzajach złóż niekonwencjonalnych – obecnie mniej popularnych w Polsce, przy eksploatacji których proppanty także znajdują zastosowanie.

Zastosowanie materiałów podsadzkowych – proppantów – podczas wydobycia ropy i gazu, ma o wiele szersze zastosowanie niż mogłoby się wydawać.

Konwencjonalne a niekonwencjonalne – oto jest pytanie!

Niejednokrotnie w wielu opracowaniach, wymieniono i wyjaśniono zasadnicze różnice pomiędzy konwencjonalnymi i niekonwencjonalnymi złóżami węglowodorów. Na rysunku 1, dla przypomnienia, w sposób poglądowy i schematyczny przedstawiono owe różnice.

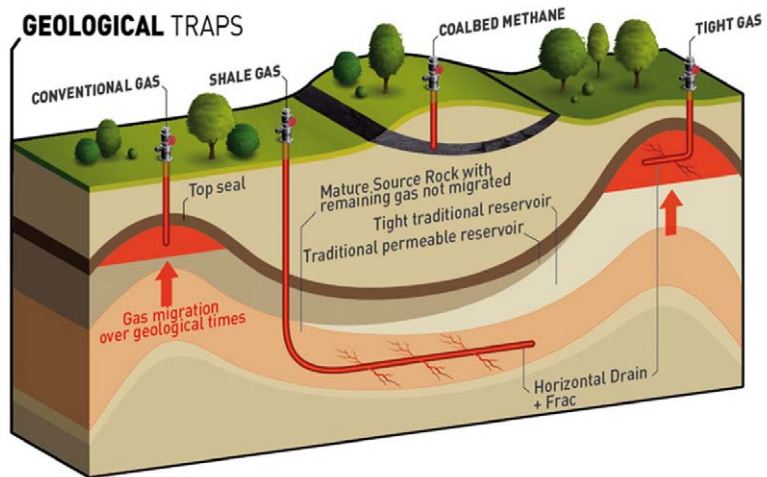
Pierwsze, co odróżnia te złoża, to rodzaj występującego w nich materiału geologicznego w oraz głębokość zalegania. Najgłębiej zalegają złoża gazu i ropy łupkowej, dlatego też oprócz standardowego odwiertu pionowego, dla wydobycia z nich gazu lub ropy, konieczne jest wykonanie długich odwiertów poziomych.

Odwierty poziome znacząco zwiększają dostęp do pokładów surowca, czyniąc proces pozyskiwania węglowodorów bardziej opłacalnym i efektywnym. Można stwierdzić, na podstawie dostępnych danych, że wykonanie 6 – 8 odwiertów poziomych – z jednego odwiertu pionowego w tej samej lokalizacji

mniejszych ilościach, występują także: etan, propan, butan oraz inne gazy.

W tym miejscu należy znów podkreślić fakt, iż pod względem chemicznym gaz konwencjonalny jak i niekonwencjonalny praktycznie niczym się nie różnią.

Główną – nie chemiczną – różnicą jest sposób pozyskania surowca, w przypadku złoża niekonwencjonalnego trudniejszy, a w przypadku złoża konwencjonalnego w sposób łatwiejszy. Jest to związane z tym, iż poszczególne typy złóż zasadniczo różnią się budową, a tym samym skały macierzyste wykazują odmienną



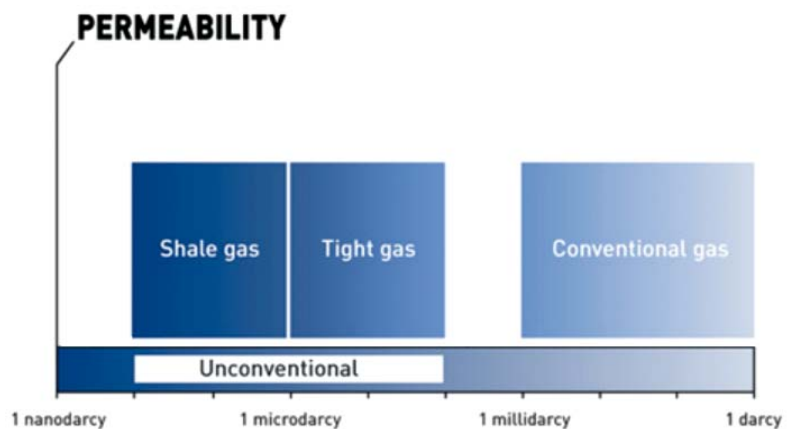
Rys. 1. Porównanie różnych źródeł gazu konwencjonalnego i niekonwencjonalnego [źródło: total.com]

wiertni niekonwencjonalnej – zapewnia dostęp do tej samej ilości surowca, co wykonanie odwiertów pionowych w 16 wiertniach konwencjonalnych. Dzięki technologii wierceń horyzontalnych, możliwe jest znaczne ograniczenie powierzchni terenów przeznaczonych pod inwestycje związane z eksploatacją gazu ziemnego.

Gaz ziemny jest surowcem mineralnym występujących w skorupie ziemskiej w postaci złóż. Naturalny gaz ziemny jest mieszaniną gazów wydobywanych z głębi ziemi, której głównym składnikiem jest metan, a prócz niego, w dużo

geologię, która wpływa na stopień trudności pozyskania surowca zalegającego w złożu.

Było już o gazie, a gdzie w tym wszystkim jest miejsce na równie popularną ostatnio ropę naftową? Otóż złoża ropy naftowej często towarzyszą złożom gazu ziemnego. I czasem bywa tak, iż szukając jednego rodzaju surowca, natrafia się na drugi. Tematyce wydobycia ropy naftowej ze złóż niekonwencjonalnych, zostanie poświęcony kolejny artykuł. Biorąc pod uwagę historię i zdarzenia z nią związane, ropa naftowa była i w dalszym ciągu jest surowcem bardziej pożądanym, głównie dzięki względnie



Rys. 2. Porównanie przepuszczalności dla różnych typów źródeł gazu konwencjonalnego i niekonwencjonalnego [źródło: total.com]

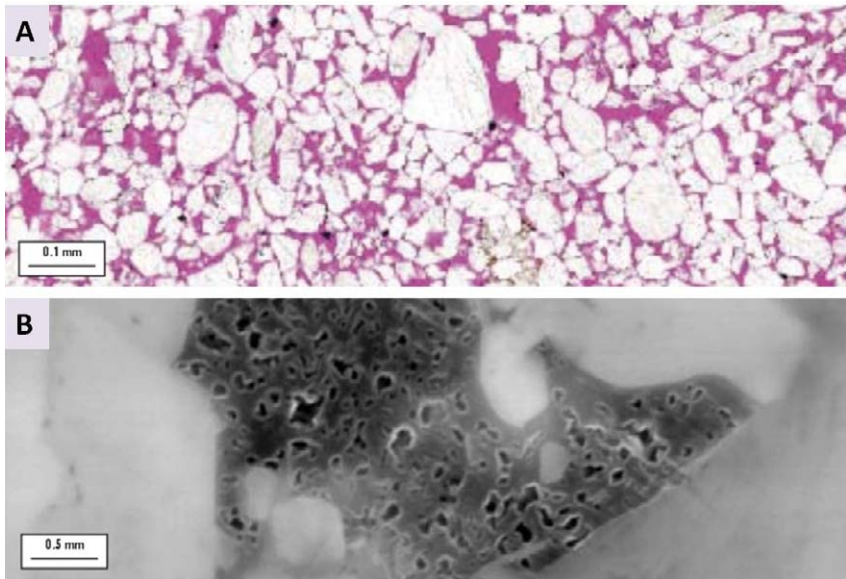
wysokiej cenie 1 m³ wydobytego węgłowodoru.

Węglowodory uwięzione są w podziemnych formacjach (z ang. *reservoir rock*), tzw. basenach. W rzeczywistości zamiast owych basenów mamy do czynienia z porami skalnymi pomiędzy ziarnami, które tworzą macierz skalną. Wyzwanie technologiczne polega na wydobyciu węglowodorów z tych maleńkich i ukrytych porów – co wcale nie jest łatwe i wymaga wielu czynności przygotowawczych, trwających nawet 8 lat.

Jakość źródła węglowodorów zależy od porowatości i przepuszczalności skały. Porowatość mówi nam o pustej przestrzeni występującej pomiędzy ziarnami – czyli o przestrzeni, która zawiera wydobywane węglowodory. Idąc dalej tym tropem – bardzo porowate skały mogą zawierać dużą ilość ukrytego gazu czy ropy. Jednak to nie wystarczy, aby efektywnie wydobyć surowiec. Węglowodory muszą być w stanie umożliwiającym ich przepływ – to znaczy, muszą mieć udrożnione połączenie z otworem odwiertu na powierzchni ziemi. Własność ta nazywana jest przepuszczalnością i jest określania jako zdolność skały do przesyłania lub przepływu gazu czy ropy.

Patrząc na rysunek 2, można zauważyć, iż wspólną cechą gazu łupkowego i gazu zamkniętego, uwięzionych w złożach niekonwencjonalnych, jest to, że oba typy złóż mają niską przepuszczalność.

Biorąc pod uwagę skalę, to różnica w przepuszczalnościach skał będących budulcem złóż konwencjonalnego gazu – rząd wielkości jeden Darcy, a biorąc pod uwagę łupki – rząd wielkości nawet nano Darcy, to różnica wynosi 10⁹, co daje nam 1 000 000 000 – miliard! – razy większą przepuszczalność skał charakterystycznych dla gazu konwencjonalnego. Może się



Rys. 3. Porównanie skał w powiększeniu: A) piaskowca konwencjonalnego i B) niekonwencjonalnej skały łupkowej [źródło: 2]

wydawać, że wystarczy tylko zrobić odwiert pionowy i gaz sam powinien się wydobywać. Czasem się tak dzieje, ale w celu jeszcze lepszego i efektywniejszego procesu stymuluje się odwiert konwencjonalny w podobny sposób, jak w przypadku np. gazu łupkowego.

Analizując parametry petrofizyczne złóż niekonwencjonalnych, z założenia wymagają one zabiegów intensyfikacyjnych. Wizualną różnicę w budowie skał macierzystych złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych przedstawiono na rysunku 3.

Na rysunku 3, część A, można zauważyć liczne przestrzenie – oznaczone kolorem różowym – w których mogą się znajdować, lub też przemieszczać węglowodory. Natomiast w części B, mamy powiększenie niekonwencjonalnej skały łupkowej, w której węglowodory uwięzione są w porowatej przestrzeni materii organicznej. Dla-

tego też w pełni uzasadnione są procesy stymulacji skał w celu efektywnego wydobycia uwięzionych w niej węglowodorów.

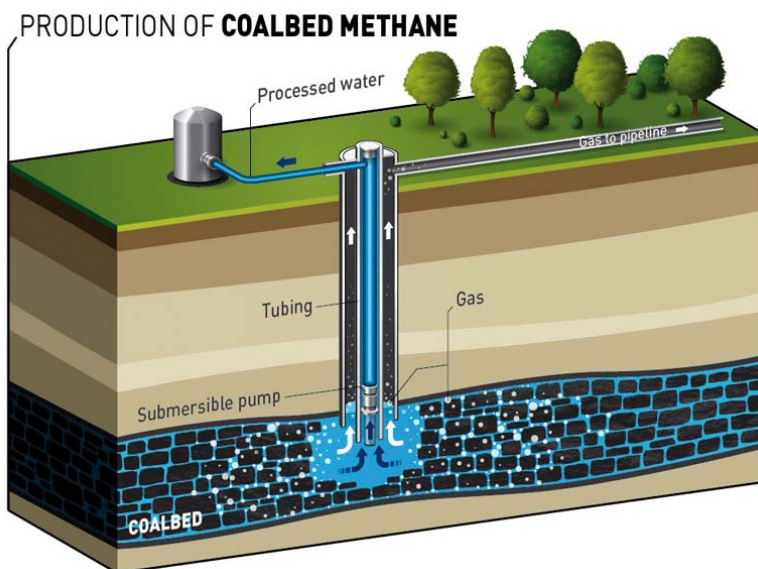
Najczęściej stosowanym obecnie zabiegiem stymulującym złożo jest szczelinowanie hydrauliczne – które szerzej opisano w poprzednich częściach artykułu – z użyciem materiałów podsadzkowych tj. proppantów. Stosowanie proppantów pozwala na uzyskanie wysokich wydajności złoża, a co za tym idzie zwiększa i/lub przyspiesza wydobycie węglowodorów. Proppanty spełniają bardzo istotną rolę podczas procesu stymulacji, a mianowicie utrzymują otwartość szczelin oraz zwiększają ich szerokość, zwiększając przewodność złoża, co pozwala na swobodny przepływ wydobywanego surowca.

Rodzaje złóż gazu niekonwencjonalnego i sposób wydobycia

W zasadzie myśląc o gazie niekonwencjonalnym, możemy wyróżnić trzy źródła jego zasobów. Są to: łupki (z ang. shale gas, SG), gaz zamknięty (z ang. tight gas, TG) oraz metan z pokładów węgla (z ang. coalbed methane, CBM) oraz hydraty gazowe, które nazywane są paliwem XXI wieku, czy też paliwem przyszłości. Według dostępnych informacji ilość węglowodorów znajdujących się w pokładach HG, znacznie przewyższa wszystkie pozostałe zasoby. Wyżej wymienione źródła węglowodorów występują zarówno pod ziemią lądów stałych, jak i pod dnem mórz i oceanów.

O gazie łupkowym było już wiele, a w jaki sposób wydobywa się metan z pokładów węgla, CBM? Uproszczony proces, schematycznie został przedstawiony na rysunku 4.

Zauważyć można, iż w porównaniu do wydobycia gazu łupkowego jest to proces o mniej



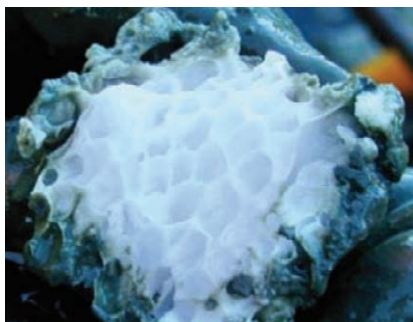
Rys. 4. Uproszczony schemat wydobycia metanu z pokładów węgla [źródło: total.com]

skomplikowanym przebiegu. Według znanych wyników badań, złoża CBM, są w stanie zmagazynować 2, czasem nawet ponad 3, razy więcej surowca w tej samej jednostce objętości w porównaniu z pozostałymi rodzajami złóż. Proppanty włączane z płynem szczelinującym w głąb odwiertu generują powstawanie szczelin w pokładach węgla, a tym samym ułatwiają i umożliwiają uwolnienie zgromadzonego w nich metanu, podobnie jak w skałach łupkowych.

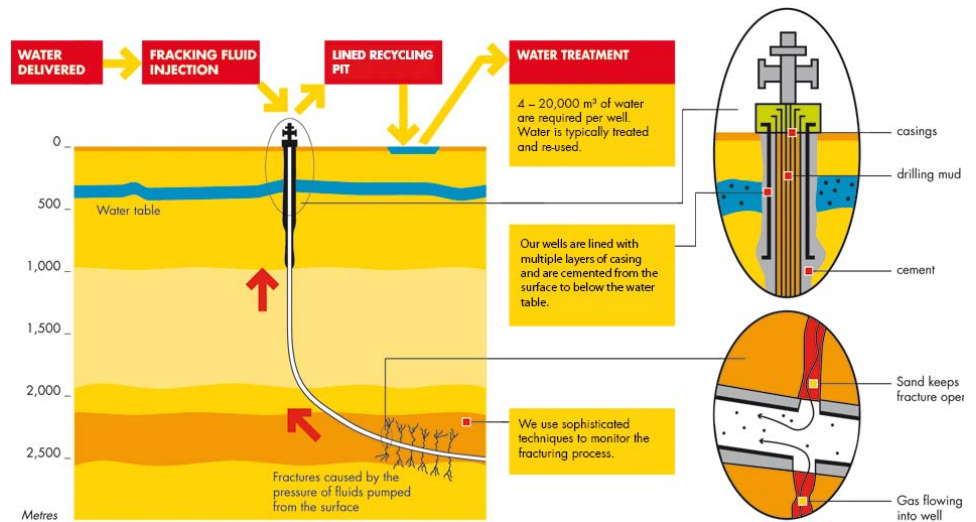
Omówiony został shale gas, coalbed methane, więc trochę miejsca należy poświęcić dla tight gas i hydratów gazowych. Zaczynając od tego pierwszego, mamy do czynienia z gazem uwieczonym w porach skalnych, inaczej mówiąc z gazem ściśniętym lub zaciśniętym. Trudność wydobycia tight gas polega na tym, iż nie wypłynie on sam na powierzchnię – tak jak ma to miejsce podczas wydobycia konwencjonalnego surowca. Zamknięty w drobnych kanalikach gaz, znajduje się pod pewnym ciśnieniem, które podczas dowieńczenia się przez warstwę nieprzepuszczalną powoduje, iż gaz „ucieka” w niekontrolowany sposób. Dopiero odpowiednia stymulacja złoża z użyciem proppantów, stwarza optymalne warunki, aby wydobycie gazu było komercyjnie opłacalne.

Podobnie jak w przypadku pozostałych złóż niekonwencjonalnych – jedynym rozwiązaniem jest więc szczelinowanie z zastosowaniem proppantów, które podpierają wytworzone szczeliny, stwarzając drogę ucieczki dla wydobywanego surowca. Na rysunku 5 przedstawiono proces pozyskiwania tight gas, który został opisany przez jedną z firm zajmujących się pozyskiwaniem tego surowca.

Zainteresowanie związane z hydratami metanu i osiągnięcia z niego wynikające są stosunkowo nowym zagadnieniem w technologicznym świecie. Pierwsze doniesienie na temat udanego pozyskania gazu z hydratów metanu pochodzi z 2011. Węglowodór – w postaci kry-



Rys. 6. Hydrat metanu – paliwo przyszłości [źródło: 3]



Rys. 5. Uproszczony schemat wydobycia tight gas [źródło: shell.com]

stalicznego metanu – uwieczony jest w lodowej strukturze wody, dzięki takiej budowie z wyglądu przypominają lód, a w strukturze styropian. Na rysunku 6 przedstawiono zdjęcie hydratu metanu – paliwa przyszłości.

Problematicznym przy wydobyciu jest fakt, iż węglowodór jest stabilny w warunkach wysokiego ciśnienia – takiego, jakie panuje na dnie oceanów, gdzie występują naturalne złoża tego surowca – oraz w temperaturze nieprzekraczającej +18°C. W wyższej temperaturze następuje destabilizacja struktury, która w efekcie może doprowadzić do nieodwracalnych negatywnych zmian w środowisku wodnym i nie tylko. Destabilizacja złóż będzie powodowała wydostawanie się metanu i przenikanie go do oceanu. Metan jest gazem ponad 20 razy silniejszym – w zestawieniu gazów cieplarnianych – od dwutlenku węgla, więc jego obecność w atmosferze przyspieszyłaby postępowanie efektu cieplarnianego. Zanim jednak by do tego doszło, wydzielający się metan zacznie trafiać do wody, powodując jej odtlenianie co w efekcie doprowadzi do powstawania bakterii siarkowych, przyczyniając się do wymierania organizmów żyjących w morzach i oceanach.

Opracowanie i przyswojenie technologii, która pozwoliłaby na bezpieczne wydobycie metanu z hydratów jest obecnie jednym z najnowszych kierunków badań nad niekonwencjonalnymi źródłami węglowodorów.

Zastosowanie proppantów przy eksploatacji złóż konwencjonalnych

To, że proppanty stosowane są przy wydobyciu węglowodorów ze złóż konwencjonalnych już wiemy, ale czym w zasadzie różni się pozyskiwanie węglowodorów ze złóż konwencjonalnych od pozyskiwania surowców ze złóż niekonwencjonalnych?

Punktem odniesienia będą złoża gazu łupkowego (SG), gdyż można je uznać za grupę najlepiej reprezentującą złoża niekonwencjonalne.

Po pierwsze, szczelinowanie hydrauliczne. Tutaj występują największe różnice w przypadku porównywania obu typów złóż. Otóż, zarówno w jednym, jak i w drugim przypadku szczelinowanie hydrauliczne jest wykorzystywane w celu stymulacji złoża. Jednak, w przypadku złóż konwencjonalnych nie jest to proces stosowany na tak szeroką skalę. Biorąc pod uwagę znaczne różnice w budowie geologicznej złóż, z jednej strony mamy do czynienia z luźnymi piaskowcami, a z drugiej ze zbitymi i trudno przepuszczalnymi łupkami.

Znacząca różnica dotyczy także ilości wody, która jest zużywana podczas szczelinowań – znacznie większa jej ilość potrzebna jest przy stymulacji złóż SG. Podobne różnice dotyczą ilości stosowanych składników płynu szczelinującego – większe ilości proppantów i związków chemicznych, stosowane są przy szczelinowaniu złóż SG. Gospodarka wodą jest istotnym zagadnieniem w wydobyciu, zarówno ze złóż konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych.

Po drugie, wiercenia. Wiercenia wykonywane przy złożach gazu konwencjonalnego i SG są wykonywane w bardzo podobny sposób. Podobnie sprawa wygląda z orurowaniem i ocementowaniem w celu zabezpieczenia odwiertu – takie same prace wykonuje się przy odwiertach konwencjonalnych jak i niekonwencjonalnych. Obecnie, wykonywanie odwiertów horyzontalnych jest tak samo powszechne przy eksploatacji złóż SG, jak w przypadku złóż konwencjonalnych. Dodatkowo, warto wspomnieć o tym, iż ryzyko związane z wykonywaniem odwiertów pionowych czy poziomych tj. dotyczące np. wycieku gazu jest w obu przypadkach bardzo podobne.

Po trzecie, materiały podsadzkowe. Zarówno w przypadku złóż niekonwencjonalnych jak i konwencjonalnych stosowane są proppanty, które zwiększają przewodność złoża i poprawiają ekonomikę wydobycia z niego ropy naftowej i gazu.

Wymienione wyżej zagadnienia należą do tych najważniejszych, które zbliżają do siebie shale gas i gaz konwencjonalny. Doskonale widać, iż oba rodzaje złóż są do siebie bardzo podobne w eksploatacji. I patrząc na to porównanie, można pokusić się o dosyć odważne stwierdzenie, że jeśli mamy zagorzałych przeciwników wydobycia gazu łupkowego, to powinni oni także być przeciwni wydobyciu gazu ze złóż konwencjonalnych.

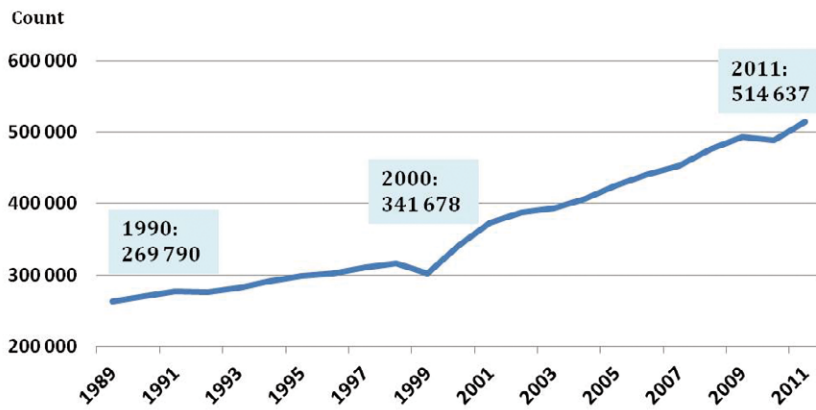
Proppantowa rzeczywistość – zużycie proppantów podczas komercyjnych odwiertów

Ile zużywa się proppantów podczas procesu szczelinowania i jaki jest rzeczywisty skład płynu szczelinującego, można się dowiedzieć z takich serwisów jak: <http://www.ngsfacts.org/> czy bardziej znany <http://fracfocus.org/>. Zainteresowani mogą w miarę na bieżąco śledzić to co się dzieje w świecie odwiertów poszukiwawczych.

W amerykańskiej bazie znajduje się informacja na temat ponad 50 tys. odwiertów. Analiza tak dużej liczby odwiertów w bazie daje bardzo dobry pogląd na to, co dzieje się w głębi ziemi i pozwala śledzić rozwój technologiczny.

Na rysunku 7 przedstawiono wzrost liczby odwiertów gazowych wykonywanych w USA na przestrzeni kilkudziesięciu lat. Wykres przedstawia całkowitą liczbę odwiertów dla gazu konwencjonalnego oraz kondensatów gazowych, wykonanych w USA w latach 1989 – 2011. Zauważyć można, iż w miarę poznania technologii i umiejętności w jej zastosowaniu liczba

Number of Producing Gas Wells



Rys. 7. Ilość odwiertów gazu konwencjonalnego oraz kondensatów gazowych wykonana w USA w latach 1989 - 2011 [źródło: eia.gov]

odwiertów znacznie wzrasta. Porównując liczbę odwiertów z ilością wydobywanego gazu, zauważyć można, iż w pewnym momencie, przy odpowiednim rozpoznaniu złóż i technologii, liczba odwiertów przestaje rosnąć, a zaczyna wzrastać ilość pozyskiwanych węglowodorów.

Z danych dostępnych w wyżej wymienionej bazie, wybrano losowo kilka odwiertów i zestawiono w tabeli 1. Dane zawarte w tabeli dotyczą zarówno odwiertów gazowych oraz odwiertów ropy naftowej.

Z danych w powyższej tabeli wynika, iż średnia głębokość odwiertu (TVD, z ang. true vertical depth) z którego pozyskiwana jest ropa wynosi około 7700 stóp tj. około 2350 m i podczas szczelinowania zużywanych jest średnio 970 ton proppantów. Z danych nie wynika także żadna tendencja, która pozwoliłaby skorelować głębokość wykonywanego odwiertu z ilością proppantów, które należy zużyć w celu ekonomicznie opłacalnego wydobycia ropy. Z całą pewnością wy-

nika to z budowy geologicznej poszczególnych złóż, która jest charakterystyczna dla każdego ze złóż z osobna.

W tabeli 2 przedstawiono zestawienie kilkunastu, przykładowych amerykańskich odwiertów gazowych.

Na podstawie tabeli 2 można stwierdzić, iż średnia głębokość (TVD) wykonywanych amerykańskich odwiertów wynosi około 8300 stóp tj. około 2550 m i podczas szczelinowania zużywane jest średnio 1560 ton proppantów. Podobnie, jak w przypadku odwiertów ropy, nie ma ogólnej korelacji pomiędzy głębokością odwiertu, a ilością stosowanych proppantów. Porównując średnie wartości, można stwierdzić, iż w przypadku odwiertów gazowych zużywanych jest ponad 60% proppantów więcej, niż przy odwiertach ropy. W celu wyciągnięcia bardziej miarodajnych wniosków, należałoby

Tabela 1. Przykłady wybranych amerykańskich odwiertów ropy, w których zastosowano szczelinowanie hydrauliczne (źródło: fracfocus.org)

Miejsce wydobycia	Głębokość odwiertu [ft]	Ilość proppantów [t]
Tennessee	10172	1541
North Dakota	9921	1180
Minnesota	9575	1187
Nevada	9087	1440
South Dakota	8678	1237
Oklahoma	8394	684
California	2890	243
California	2849	245
Średnia	7701,4	969,6

Tabela 2. Przykłady wybranych amerykańskich odwiertów gazu, w których zastosowano szczelinowanie hydrauliczne (źródło: fracfocus.org)

Miejsce wydobycia	Głębokość odwiertu [ft]	Ilość proppantów [t]
Wyoming	12909	1128
Louisiana	12554	2765
Texas	12329	2204
Texas	10456	2782
Utah	9829	148
Nebraska	8000	111
Ohio	7659	3525
West Virginia	7500	1601
Colorado	6791	370
Pennsylvania	5770	1986
Arkansas	3199	1960
Kansas	3054	161
Średnia	8337,5	1561,8

przeanalizować każdy z odwiertów z osobna pod względem nie tylko ilości zużytych proppantów, ale także pod względem charakterystyki geologicznej.

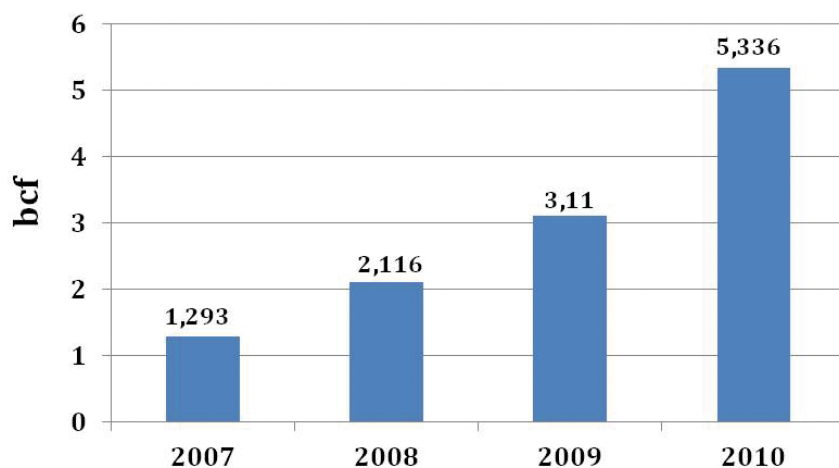
W drugiej bazie, zawierającej jak na razie jedynie dane dotyczące polskich odwiertów, w których zastosowano szczelinowanie hydrauliczne. Analizę danych dotyczących wymienionych wyżej odwiertów i zastosowanych ilości proppantów przedstawiono w tabeli 3:

Na podstawie, wciąż niestety zbyt małej ilości wykonanych w Polsce odwiertów ze szczelinowaniem, można stwierdzić, że zapotrzebowanie na proppanty jest bardzo różne – w zależności od głębokości wykonanego odwiertu, od operatora, od jakości zastosowanego materiału itd. Analizując powyższe dane można stwierdzić, iż zużycie proppantów przy odwiertach horyzontalnych – w tabeli 3 oznaczone indeksem H – jest około 12 razy większe niż przy odwiertach pionowych.

Porównując odwierty wykonywane do wydobycia gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych, przy szczelinowaniu proppanty są elementem niezbędnym, a nie jak w przypadku złóż konwencjonalnych dodatkowym „bonusem”, który po prostu znacząco poprawia efektywność odwiertu poprzez większe wydobycie surowca.

Na rysunku 8 przedstawiono wykres pokazujący jak dynamicznie od roku 2007 do roku 2010 w USA systematycznie wzrastała produkcja gazu shale gas. Jednostka bcf oznacza miliard stóp sześciennych.

Analizując przedstawione tabele, doskonale widać, że nie można dokonywać bezpośredniego przełożenia liczb na polskie warunki, chociażby ze względu na odmienne warunki geologiczne. Dane te dają wstępny pogląd na wielkość zapotrzebowania na proppanty podczas wydobycia gazu i ropy ze złóż.



Rys. 8. Produkcja gazu shale gaz w USA w latach 2007 - 2010 [źródło: eia.gov]

Tabela 3. Przykłady polskich odwiertów shale gas, w których zastosowano szczelinowanie hydrauliczne (źródło: ngsfacts.org)

Miejsce wydobycia	Głębokość odwiertu [m]	Ilość proppantów [t]
Lebien LE-2H	3 052,0	1292
Strzeszewo LE-1	3 063,0	57
Lebien LE-1	3 092,0	86
Warblino LE-1H	3 149,0	604
Zwierzyniec 1	3 200,0	49,8
Krupe-1	3 799,8	224
Siennica-1	3 846,1	184

Jakie są prognozy na temat udziału gazu łupkowego ze złóż niekonwencjonalnych w kolejnych latach? Według licznych raportów poświęconych tematyce energetycznej udział shale gasu w ogólnej ilości gazu ziemnego, będzie systematycznie wzrastał.

Podsumowanie

Celem niniejszego opracowania, było przedstawienie wykorzystania proppantów zarówno przy eksploatacji złóż niekonwencjonalnych, jak i konwencjonalnych.

Za tym, że warto inwestować czas i pieniądze na opracowanie i przystosowanie technologii pomocnych przy wydobyciu węglowodorów ze złóż, nie tylko konwencjonalnych, przemawia jeden z głównych faktów: pod względem ekologicznym jest to najczystsze źródło energii. Dodatkowo, za jakiś czas, stanie się to co jest nieuniknione – surowce pozyskiwane ze złóż tradycyjnych kiedyś się po prostu wyczerpią i trzeba będzie znaleźć inne źródło surowców.

Dokładając do tego, iż światowa konsumpcja energii wzrasta w bardzo szybkim tempie, to dodatkowe możliwości są jak najbardziej potrzebne, a nawet wymagane.

Zastosowanie proppantów przy pozyskiwaniu węglowodorów zarówno ze złóż konwencjonalnych jak i niekonwencjonalnych, pozwala zwiększyć efektywność pozyskania gazu i ropy. Bez wątplenia można stwierdzić, iż rozwój procesu szczelinowania w dużej mierze zależy od postępu technologicznego także jego części składowych. Bardzo istotne są coraz bardziej zaawansowane technologie wiertnicze, ale także elementy dotyczące samego procesu szczelinowania hydraulicznego.

Podsumowując, bez proppantów nie jest możliwe efektywne wydobycie węglowodorów ze złóż, a co za tym idzie ważny jest rozwój technologiczny produktu. Istotne jest, aby produkt dostosowany był do wymogów panujących na danym rynku.

Bibliografia

1. API, American Petroleum Institute, www.api.org
2. Gaz ziemny i ropa w Polsce, Podstawowe fakty, Marathon Oil, 2012
3. Сланцевый газ, который изменит Россию, ЭХО ПЛАНЕТЫ № 17. Май, 2013

Piotr Woźniak
Prezes Zarządu BALTIC CERAMICS S.A.

Dariusz Janus
Prezes Zarządu LST CAPITAL S.A.