

**Jan Macuda\*, Piotr Marchel\*\***

## **ODDZIAŁYWANIE PRAC WIERTNICZYCH NA ŚRODOWISKO PRZY POSZUKIWANIU GAZU ŁUPKOWEGO W POLSCE**

### **1. WSTĘP**

Udostępnianie złóż gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych (*Shale gas*) prowadzi się wielodennymi otworami wiertniczymi o głębokości kilku tysięcy metrów, rozmieszczonymi najczęściej w siatce o boku kilkuset metrów. Wiercenie tych otworów ze względu na rodzaj i zakres prac stanowi potencjalne zagrożenie dla wszystkich elementów środowiska naturalnego, a stopień oddziaływania prac wiertniczych uzależniony jest od wielu czynników. Do najważniejszych z nich można zaliczyć [3]:

- usytuowanie wiertni w terenie,
- wrażliwość poszczególnych elementów środowiska na zanieczyszczenie,
- typ urządzenia wiertniczego,
- głębokość wierconego otworu,
- rodzaj przewiercanych skał,
- technologie udostępniania gazu.

Charakterystyczną cechą wierceń realizowanych dla celów udostępniania „gazu łupkowego” jest bardzo duża ilość zabiegów szczelinowania skał w poziomym odcinku każdego z otworów. Stosowana technologia udostępniania tego gazu wymaga użycia bardzo dużych ilości wody oraz środków chemicznych, niezbędnych do przygotowania cieczy szczelinujących. Podczas realizacji tych zabiegów powstają również duże ilości odpadów wiertniczych, które muszą być poddane zabiegom utylizacji.

Środowiskowe uwarunkowania wiercenia takich otworów będą szczególnie istotne przy konieczności ich realizacji w terenach o wysokim stopniu zurbanizowania oraz na terenach objętych różnymi formami ochrony.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Poszukiwania Nafty i Gazu NAFTA Sp. z o.o. w Pile

Zagrożenia środowiska naturalnego występujące przy organizacji i prowadzeniu prac wiertniczych za „gazem łupkowym” związane są głównie z [3,4,5,6]:

- czasowym pozbawieniem terenów zajętych pod wiertnię i drogi dojazdowe możliwości pełnienia normalnych funkcji,
- możliwością zanieczyszczenia w obrębie wiertni powierzchni ziemi oraz wód podziemnych środkami technologicznymi, stosowanymi do przygotowania płuczek i cieczy szczelinujących oraz materiałami pędnymi,
- nadmiernymi poborami wody z ujęć lokalnych i użytkowych poziomów wodonośnych,
- emisją hałasu z urządzeń wiertniczych,
- emisją zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego,
- awaryjnymi zrzutami do środowiska płuczek lub płynów złożowych,
- migracją gazu ziemnego do zalegających w nadkładzie utworów przepuszczalnych.

## 2. ZAGROŻENIA DLA GLEB I GRUNTÓW

Podczas wiercenia otworów eksploatacyjnych za złożami konwencjonalnymi o głębokości 3000–4000 m wielkość terenu zajmowanego pod wiertnię i drogi dojazdowe zawiera się najczęściej w przedziale od 80000 do 10000 m<sup>2</sup>. Przy realizacji otworów udostępniających „gaz łupkowy” wymagane jest jednak zajęcie większej powierzchni terenu. Wynika to z konieczności odwiercenia z jednego placu wiertni kilku otworów oddalonych od siebie na niewielką odległość oraz budowy zbiornika wody technologicznej do procesu szczelinowania skał łupkowych. W każdym przypadku, na wielkość zajmowanej powierzchni istotny wpływ ma długość drogi dojazdowej, wielkość urządzenia wiertniczego, ilość planowanych otworów oraz pojemność zbiornika na wodę. Obecnie w trakcie wykonywania w Polsce otworów badawczych za „gazem łupkowym” wykonuje się najczęściej zbiorniki o pojemności od 6000 do 8000 m<sup>3</sup>, a ich powierzchnia zależy od warunków posadowienia i może wynosić od 2000 do 4000 m<sup>2</sup>. Budowanie zbiornika wody technologicznej uzasadnione jest ekonomicznie tylko w przypadku prowadzenia zabiegów szczelinowania w kilku otworach znajdujących się w jego pobliżu. Natomiast zabiegi szczelinowania w jednym otworze można przeprowadzić przy wykorzystaniu kilkudziesięciu zbiorników o pojemności od 40 do 80 m<sup>3</sup>, ustawionych na placu wiertni po zdemontowaniu urządzenia wiertniczego.

Aby ograniczyć możliwość wystąpienia zanieczyszczeń gleb i wód podziemnych w obrębie wiertni, cały jej teren i zbiornik na wodę uszczelniane są geomembraną. Na rysunku 1 przedstawiono widok zagospodarowania wiertni w trakcie realizacji pierwszego w Polsce otworu poszukiwawczego za „gazem łupkowym” przy wykorzystaniu urządzenia MASSARENTI model MAS 5000 E.



**Rys. 1.** Widok zagospodarowania wiertni podczas wiercenia otworu za „gazem łupkowym” urządzeniem MASSARENTI model MAS 5000 E [8]

### **3. ZAGROŻENIA DLA WÓD POWIERZCHNIOWYCH I PODZIEMNYCH**

Do zabiegów hydraulicznego szczelinowania skał łupkowych niezbędne są duże ilości wody technologicznej, a przygotowana ciecz szczelinująca i powstające po zabiegach odpady płynne zawierają substancje w postaci: środków powierzchniowo czynnych, biocydów, inhibitorów korozji, kwasu solnego oraz innych, niezbędnych do właściwego przeprowadzenia procesu szczelinowania. Substancje zawarte w cieczy szczelinującej i powstałych odpadach mogą być niebezpieczne dla środowiska, zwłaszcza w tych sytuacjach kiedy gospodarkę odpadami prowadzi się w sposób nieodpowiedni. Dlatego, dla ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko wodne niezwykle istotna jest identyfikacja substancji stosowanych do przygotowania cieczy szczelinującej na podstawie kart charakterystyki oraz określenie stopnia ich toksyczności dla środowiska wodnego. W praktyce przemysłowej bardzo często mamy jednak do czynienia z sytuacjami, kiedy receptura i skład cieczy szczelinującej są objęte tajemnicą handlową i wtedy nie jest możliwa właściwa ocena potencjalnego zagrożenia. Jest to bardzo istotny czynnik determinujący podjęcie właściwych kroków w przypadku ewentualnego zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych.

#### **4. EMISJA DO POWIETRZA**

W trakcie wiercenia otworów za „gazem łupkowym” emisja zanieczyszczeń do atmosfery jest porównywalna z prowadzeniem prac wiertniczych przy udostępnianiu złóż konwencjonalnych. Różnica może wynikać jedynie z czasu prowadzenia prac, który przy rozwiercaniu złóż gazu łupkowego jest dłuższy z powodu realizacji kilku otworów z terenu jednej wiertni.

#### **5. EMISJA HAŁASU DO ŚRODOWISKA**

Podczas wiercenia głębokich otworów eksploatacyjnych istotny wpływ na środowisko ma również emisja hałasu [1, 2]. W przypadku lokalizacji wiertni w rejonach o wysokim stopniu zurbanizowania lub na terenach wymagających szczególnej ochrony, niezbędne jest prowadzenie prac wiertniczych przy wykorzystaniu urządzeń z dobrze wyciszonymi podzespołami i zainstalowanymi ekranami akustycznymi.

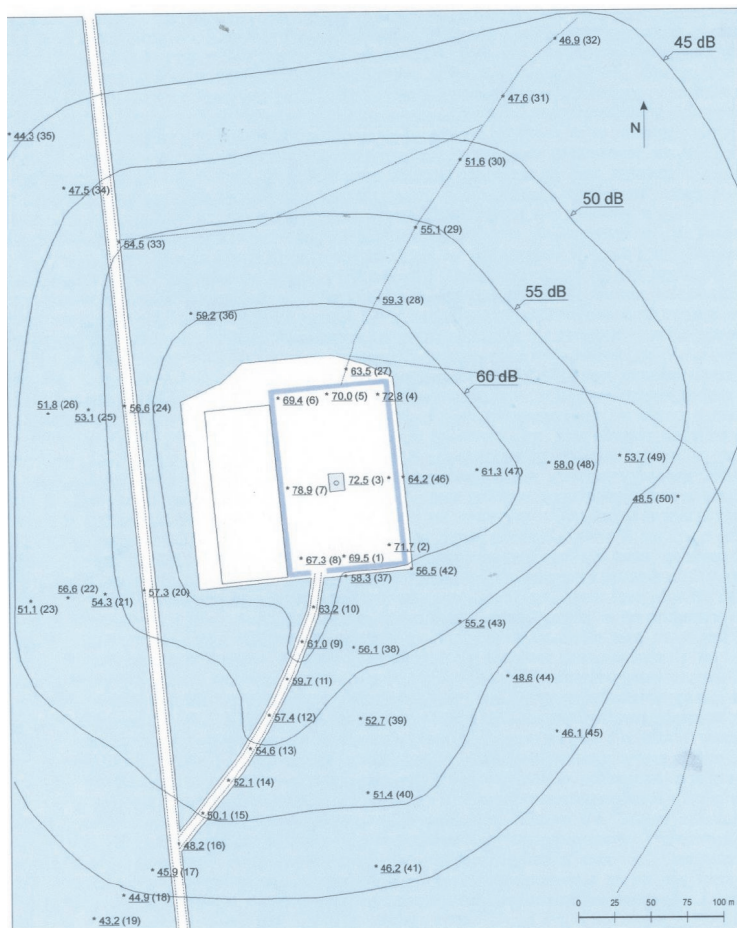
Do głównych źródeł hałasu na terenie wiertni należą: agregaty prądotwórcze, silniki napędowe urządzenia wiertniczego i pomp płuczkowych, pompy płuczkowe oraz sita wibracyjne. Agregaty prądotwórcze najczęściej znajdują się w pomieszczeniach zamkniętych, ze ściankami o niewielkiej izolacyjności akustycznej, natomiast silniki napędowe i pompy płuczkowe są całkowicie lub częściowo osłonięte wiatą lub też częściowo zabudowane. Sita wibracyjne są na ogół całkowicie odsłonięte.

Do realizacji pierwszego w Polsce otworu poszukiwawczego za „gazem łupkowym” wykorzystano urządzenie wiertnicze MASSARENTI model MAS 5000 E, które posiadało napęd wyciągu wiertniczego w postaci 2 silników prądu stałego 5GE 752 AR o mocy ciągłej 1500 KM, napęd pomp płuczkowych w postaci 2 silników elektrycznych 5GE 752 AR każda oraz 4 silników spalinowych Caterpillar 3512 C4 do napędu generatorów prądu o mocy 1400 KM. Na rysunku 2 przedstawiono rozkład poziomy hałasu w otoczeniu urządzenia wiertniczego MASSARENTI model MAS 5000 E podczas wiercenia otworu poszukiwawczego za gazem łupkowym na głębokości 2700 m.

#### **6. TOKSYCZNOŚĆ ODPADÓW PLYNNYCH**

Aktualnie używane ciecze szczelinujące są mieszaniną wody zawierającej pewne ilości substancji o określonym działaniu, wspomagających proces szczelinowania. Do substancji tych należą:

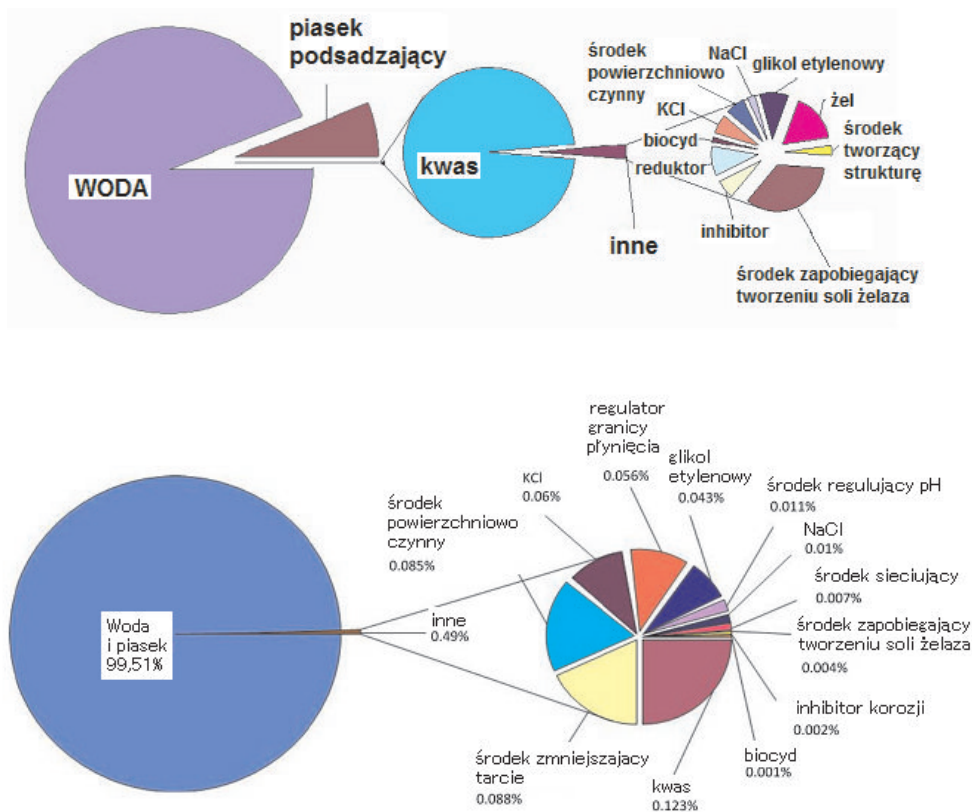
- środki zmniejszające tarcie, w wyniku których ciecz szczelinująca może być zatłaczana z większym wydatkiem i przy mniejszym ciśnieniu,
- biocydy zapobiegające rozwojowi mikroorganizmów,
- środki zapobiegające korozji przewodu wiertniczego, rur okładzinowych i wewnętrznego uzbrojenia otworu,
- kwas solny do oczyszczenia strefy przyodwiertowej z osadu płuczki wiertniczej.



**Rys. 2.** Rozkład poziomu hałasu w otoczeniu urządzenia wiertniczego MASSARENTI model MAS 5000 E [8]

Na rysunku 3 przedstawiono diagram ukazujący ilościowy i jakościowy skład cieczy szczelinującej, a w tabeli 1 zestawiono główne substancje wraz z ich zastosowaniem w innych gałęziach przemysłu. Na podstawie analizy diagramu (rys. 3) można stwierdzić, że głównym składnikiem cieczy szczelinujących jest woda, a z substancjami użytymi do jej przygotowania stykamy się w życiu codziennym. Dostępność dodatków chemicznych do cieczy szczelinujących i powszechność ich wykorzystania w życiu codziennym daje większe możliwości ich utylizacji.

Po wykonaniu zabiegu szczelinowania skał łupkowych i obniżeniu ciśnienia na głowicy ciecz szczelinująca, powracająca do otworu znacznie zmienia swój skład chemiczny w wyniku mieszania się z wodami złożowymi oraz kontaktu ze skałą macierzystą. W cieczy powracającej do otworu najczęściej wzrasta ilość rozpuszczonych soli oraz koncentracja węglowodorów.



Rys. 3. Ilościowy i jakościowy skład cieczy szczelinującej [8]

Tabela 1

Zestawie substancji wykorzystywanych do przygotowania cieczy szczelinujących wraz z ich zastosowaniem w innych gałęziach przemysłu [5]

Rodzaj dodatku	Główne składniki cieczy kwasującej	Powszechne zastosowanie
Kwas	HCL	środki chemiczne do czyszczenia łazienek
Biocyd	glutaraaldehyd	przemysł farmaceutyczny
Środek rozkładający polimery	chloran sodu	konserwanty żywności
inhibitory korozji	n.N dimetyl formamidy	używany do krystalizacji medium w przemyśle farmaceutycznym
Środki zmniejszające tarcie	produkty destylacji ropy naftowej	przemysł kosmetyczny, kremy, szampony do włosów

**Tabela 1 cd.**

Regulator granicy płynięcia	guara gum hydroxyethyl cellulose	przemysł kosmetyczny, przyprawy
Środek zapobiegający powstawaniu soli żelaza	2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic kwas	kwasek cytrynowy używany do usuwania osadów
Przeciwutleniacze	ammonium bisulfite	przemysł kosmetyczny
Materiał podpierający szczeliny	krzemionka, piasek kwarcowy	Zwykły piasek np. na plaży
Inhibitor zapobiegający powstawaniu soli wapnia i magnezu	ethylene glycol	środek zapobiegający zamarzaniu, płyn do spryskiwaczy
Środek powierzchniowo-czynny	izopropanol	przemysł kosmetyczny, dezodoranty, farby do włosów
Regulator pH	soda, węglan potasu	detergenty, mydło

Po zabiegu szczelinowania ciecz szczelinująca nie powraca natychmiast w całości do otworu. Proces ten trwa czasem do kilku dni, co znacznie zwiększa czas reakcji cieczy ze skałą zbiornikową. Z literatury [6, 10] wynika, że przy wykonywaniu zabiegów szczelinowania skał łupkowych w wielu przypadkach różnica w objętości zatłoczonej cieczy szczelinującej do odebranej może wynosić od 30 do nawet 70%. Ciecz ta w późniejszej fazie może być wydobywana na powierzchnię razem z eksploatowanym gazem. Część cieczy szczelinującej jest jednak tracona bezpowrotnie, gdyż pozostaje ona w mikroszczelinach, sorbuje się na minerałach skały macierzystej i nie stanowi żadnego zagrożenia dla środowiska.

## **7. ZARZĄDZANIE ODPADAMI PŁYNNYMI PO SZCZELINOWANIU SKAŁ ŁUPKOWYCH**

Powstawanie dużych ilości odpadów płynnych w procesie szczelinowania skał łupkowych jest nieuniknione i dlatego należy podjąć wszelkie możliwe działania organizacyjne i technologiczne, aby je właściwie zagospodarować lub zutylizować.

Znając skład cieczy szczelinującej oraz przeprowadzając na bieżąco badania fizykochemiczne powstałych odpadów, można określić stopień ich toksyczności dla środowiska wodnego oraz opracować odpowiednie działania prewencyjne w celu ograniczenia możliwości zanieczyszczenia horyzontów wód pitnych.

Na podstawie doświadczeń zdobytych w Stanach Zjednoczonych, w trakcie prowadzenia prac wiertniczych za „gazem łupkowym” można stwierdzić, że większość postających odpadów płynnych może być utylizowana w oczyszczalniach komunalnych lub przemysłowych.

Biorąc jednak pod uwagę duże koszty przygotowania cieczy szczelinującej, należy dążyć do wielokrotnego jej użycia, a to pociąga za sobą konieczność jej magazynowania. Taki sposób gospodarowania odpadami wiertniczymi zwiększa jednak ryzyko wystąpienia zanieczyszczenia wód podziemnych i powierzchniowych oraz gleb. Aby zminimalizować to ryzyko, należy w odpowiedni sposób uszczelniać zbiorniki magazynowe i nie dopuścić do przedostania się odpadów płynnych do środowiska.

## 8. WPLYW PRAC WIERTNICZYCH NA CZŁOWIEKA

Z literatury [3, 10] wynika, że skały łupkowe w Polsce występują w znacznej części na terenach obszarów wiejskich, ale w wielu przypadkach mamy również zabudowę miejską i tereny wymagające podwyższonej ochrony. Podjęcie prac wiertniczych za „gazem łupkowym” na takich terenach będzie powodowało pewne obawy społeczności lokalnej o swoje bezpieczeństwo, a w szczególności będzie wpływało na pogorszenie klimatu akustycznego i chwilową zmianę krajobrazu. Duża intensywność prac wiertniczych może również wpływać na pogorszenie jakości wód użytkowych poziomów wodośnych w wyniku ucieczki nawet niewielkich ilości płuczki do przewiercanych skał wodonośnych.

## 9. WNIOSKI

1. Wpływ prac wiertniczych na środowisko, realizowanych w Polsce za „gazem łupkowym”, będzie bardzo zróżnicowany i w istotnym stopniu uzależniony od stopnia zurbanizowania terenu, wrażliwości poszczególnych elementów środowiska oraz zastosowanej organizacji prowadzenia prac wiertniczych.
2. W celu ograniczenia negatywnego wpływu prac wiertniczych na środowisko należy podjąć odpowiednie działania już na etapie projektowania i lokalizacji otworów eksploatacyjnych.
3. Ważnym czynnikiem, determinującym bezpieczeństwo środowiska gruntowo-wodnego jest prawidłowe wykonanie otworu wiertniczego, monitoring procesu szczelinowania skał łupkowych oraz monitoring nadległych poziomów wodośnych.
4. Aby zmniejszyć negatywny wpływ cieczy szczelinujących na środowisko wodne należy udoskonalić ich receptury przez szersze wykorzystanie substancji nietoksycznych lub o bardzo niskiej toksyczności.
5. W celu ograniczenia emisji hałasu do środowiska wszystkie urządzenia powinny być odpowiednio wyciszone i mieć skuteczne ekrany akustyczne.

## LITERATURA

- [1] Engel Z.: *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*. WNT, Warszawa 2001
- [2] Dubiel S., Macuda J., Jamrozik A.: *Ocena wpływu technologii stosowanych w wiertnictwie naftowym na środowisko gruntowo-wodne*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), r. 20/2, 2003



- [3] Macuda J.: *Środowiskowe aspekty potencjalnej produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż*. Przeg. Geolog., nr 1/2010
- [4] Macuda J., Łukańko Ł.: *Pomiary hałasu środowiskowego w przemyśle naftowym i gazowniczym*. Wiertnictwo Nafta Gaz (półrocznik AGH), t. 25 z. 1, 2008
- [5] Macuda J., Nagy S., Zawisza L.: *Prognozowanie wpływu odpadów wiertniczych deponowanych w zbiorczym dole urobkowym na wody podziemne*. X Konferencja Naukowo-Techniczna – Nowe metody i technologie w geologii naftowej, wiertnictwie, eksploatacji otworowej i gazownictwie. Kraków, AGH, 1999
- [6] Macuda J., Zawisza L.: *Techniczne uwarunkowania składowania odpadów płynnych w górotworze metodą otworową*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), 23/1, 2006
- [7] Macuda J., Lewkiewicz-Małyś A.: *Toxic chemical waste deposition in deep post-extraction Wells*. Netradiční metody využití lozisek. II. Mezinárodní konference, Ostrava 17–18 listopad 1999
- [8] Materiały archiwalne, (2010) *Poszukiwania Nafty i Gazu NAFTA Sp. z o.o. w Pile*
- [9] Wszolek T., Macuda J., Wszolek W., Stryniwicz L.: *Analiza wpływu urządzeń wiertniczych na klimat wibroakustyczny środowiska*. Wiertnictwo Nafta Gaz (rocznik AGH), r. 19/2, 2002
- [10] Zawisza L., Macuda J. et al.: *Ocena zagrożeń dla środowiska naturalnego występujących przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu oraz podczas eksploatacji złóż węglowodorów*. MŚZNiL, Warszawa 2007 (praca niepublikowana)