

Jaki wpływ na gospodarkę wodną może mieć wydobywanie gazu ze złóż niekonwencjonalnych?

Małgorzata Woźnicka¹



What could be the impact of unconventional gas exploitation on the water management? Prz. Geol., 61: 348–353.

Abstract. Developing intensively since the beginning of XXI century industry related to unconventional hydrocarbon deposits (shale gas, tight gas, shale oil) requires a comprehensive look on environmental issues arising from the commonly used technology. Because of the hydrauling fracturing process the groundwater management issues are the most important. The analysis requires both aspects of the project water needs, water circulation system in the process, define the sources of water, as well as issues related to the protection of surface and groundwater in the vicinity of the works. In light of the current currently at the European debate about the safe use of unconventional hydrocarbons need for integrated water management is particularly important.

Keywords: water management, unconventional gas, shale gas, groundwater resources, groundwater contamination

Przełom w zakresie możliwości pozyskania surowców energetycznych ze złóż niekonwencjonalnych (gaz z łupków, gaz zamknięty, ropa z łupków), jaki w ciągu ostatniej dekady nastąpił na świecie, sprawił, że przemysł wydobywczy nabrał nowego wymiaru. Zastosowanie na niespotykaną dotychczas skalę wierzeń kierunkowych oraz nowych metod zabiegów stymulacji złoża daje olbrzymie możliwości eksploatacji złóż do tej pory niedostępnych, ale też niesie ze sobą potrzebę odmiennego, kompleksowego spojrzenia na środowiskowe aspekty procesu wydobywczego. Obszar Ameryki Północnej, będący jedynym miejscem, gdzie od ponad 10 lat jest prowadzona eksploatacja gazu z łupków (*shale gas*) i gazu zamkniętego (*tight gas*), dostarcza wielu cennych doświadczeń, niemniej jednak charakteryzuje się zarówno innymi warunkami geologicznymi, jak i innymi uwarunkowaniami formalno-prawnymi niż obszar Europy. Transformacja rynku gazu w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie, a przede wszystkim znaczący spadek cen tego surowca, działają zachęcająco, dlatego też proces rozpoznawania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów oraz badania możliwości ich eksploatacji rozpoczął się w wielu miejscach na świecie, w tym także w Polsce. Dzięki informacji geologicznej z archiwalnych otworów badawczych w stosunkowo krótkim czasie wskazano obszar najbardziej perspektywiczny pod względem potencjalnego występowania gazu w łupkach dolnego paleozoiku (Poprawa, 2010) oraz udzielono koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż typu *shale gas*. W ten sposób Polska znalazła się w kręgu zainteresowania największych światowych koncernów wydobywczych i poniekąd stała się polem doświadczalnym dla prowadzenia tego typu działalności na obszarze Europy. Ta wyjątkowa sytuacja powoduje, że ze szczególną troską należy przyglądać się wszelkim aspektom stosowanej technologii, która podlega ciągłemu rozwojowi. Okres poszukiwania i rozpoznawania złóż, kiedy to skala prowadzonych prac nie jest duża, stanowi odpowiedni moment na wypracowanie procedur postępowania zarówno dla przedsiębiorców, jak i organów administracji publicznej, w tym także tych odpowiedzialnych za nadzór. To również okres, w którym należy w sposób odpowiedzialny i rzetelny rozważyć wszelkie potencjalne zagrożenia dla środowiska naturalnego wynikające ze stosowanej

technologii oraz znaleźć rozwiązania minimalizujące presję (Macuda, 2010; Woźnicka & Koniecznyńska, 2011).

GOSPODARKA WODNA PROCESU EKSPLOATACJI NIEKONWENCJONALNYCH ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW

Przegląd dotychczasowych doświadczeń z zakresu eksploatacji gazu z łupków na obszarze Ameryki Północnej oraz wyniki prac badawczo-rozpoznawczych prowadzonych przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w rejonie pierwszych odwiertów na terenie Polski, gdzie były wykonywane zabiegi szczelinowania hydraulicznego, pozwalają na postawienie tezy, że szeroko rozumiana gospodarka wodna w procesie eksploatacji gazu z łupków jest jednym z kluczowych aspektów całego przedsięwzięcia (PIG-PIB, 2011). Spowodowane jest to faktem, że z jednej strony woda jest niezbędna na każdym etapie prowadzonych prac, zaś z drugiej istnieje możliwość zanieczyszczenia wód podziemnych w miejscu prowadzonej działalności. Dlatego też problematyka gospodarowania wodami w procesie związanym z eksploatacją gazu ze złóż niekonwencjonalnych i ich ochrony jest często podnoszona zarówno przez organizacje ekologiczne, jak i lokalne społeczności, a także stanowi ważną kwestię podawaną dyskusji na forum europejskim. Debata na ten temat jest coraz bardziej ożywiona, czego efektami są liczne raporty i ekspertyzy powstające na zamówienie Komisji Europejskiej (AEA, 2012a, b). Pojawiają się również propozycje wskazań postępowania dla podmiotów prowadzących wydobywanie gazu (np. IEA, 2012; Musialski i in., 2013). W większości przypadków są to jednak teoretyczne rozważania, niepoparte jeszcze wynikami doświadczeń z terenu Europy. Działania na forum europejskim jednoznacznie wskazują, że będą wymagane systemowe rozwiązania gwarantujące bezpieczne wydobywanie gazu ze złóż niekonwencjonalnych.

Kompleksowe spojrzenie na proces eksploatacji gazu z łupków wymaga zdefiniowania elementów wewnętrznych gospodarowania wodą w procesie wydobywczym wynikających bezpośrednio ze stosowanej technologii (ryc. 1) oraz oddziaływań zewnętrznych prowadzonej działalności na gospodarkę wodną regionu (ryc. 2).

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Państwowa Służba Hydrogeologiczna, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; malgorzata.woznicka@pgi.gov.pl.

W przypadku elementów wewnętrznych, od których w dużej mierze zależy efektywność procesu, kluczowe jest określenie potrzeb wodnych przedsięwzięcia na każdym jego etapie, w tym także zdefiniowanie jakości wody potrzebnej do różnych celów. Stworzenie systemu obiegu wody umożliwiającego jednocześnie monitorowanie używanej wody w aspekcie ilościowym i jakościowym pozwala na jej racjonalne wykorzystanie.

Oddziaływania zewnętrzne należy rozumieć jako wpływ działalności wydobywczej na dostępne do zagospodarowania zasoby wód oraz potencjalne zanieczyszczenie środowiska wodnego w rejonie prowadzonych prac. Dotyczy to także oddziaływań długookresowych, które w szerszym rozumieniu mają przełożenie na ocenę stanu części wód powierzchniowych i podziemnych („Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej”, czyli tzw. Ramowa Dyrektywa Wodna). Jest to o tyle istotne, że w cyklu związanym z opracowaniem planów gospodarowania wodami w dorzeczu jest wymagane przeprowadzenie analizy presji i ich oddziaływań na wody, w tym także wykonywana jest prognoza rozwoju głównych sektorów gospodarki w określonej perspektywie czasowej. Stojąc przed możliwością eksploatacji gazu z łupków na skalę przemysłową, nie można pominąć tego elementu w kolejnym cyklu planistycznym.

WODA W PROCESIE TECHNOLOGICZNYM STOSOWANYM PRZY WYDOBYCIU GAZU ZE ZŁOŻ NIEKONWENCJONALNYCH

Prace związane z eksploatacją gazu ze złóż niekonwencjonalnych są prowadzone etapowo, w szeroko zakrojonym zakresie i zazwyczaj decyzje o przeprowadzeniu kolejnego etapu zależą w dużej mierze od wyników poprzedniego. Wyróżnia się pięć etapów prac, zróżnicowanych pod względem zapotrzebowania na wodę i oddziaływania na wody podziemne:

1 – prace przygotowawcze – budowa zakładu górniczego, w tym infrastruktury przesyłowej, ciągów komunikacyjnych, zbiorników na wodę, zaplecza socjalnego i technicznego;

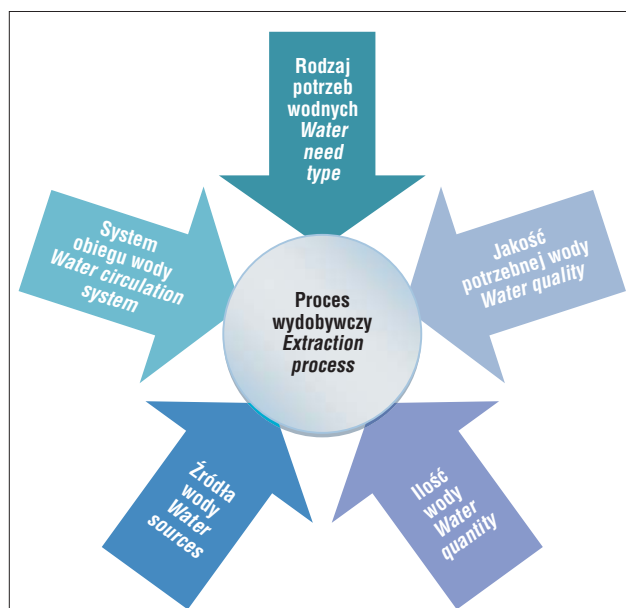
2 – wiercenie otworów;

3 – wielokrotne szczelinowanie hydrauliczne;

4 – odbiór gazu (eksploatacja);

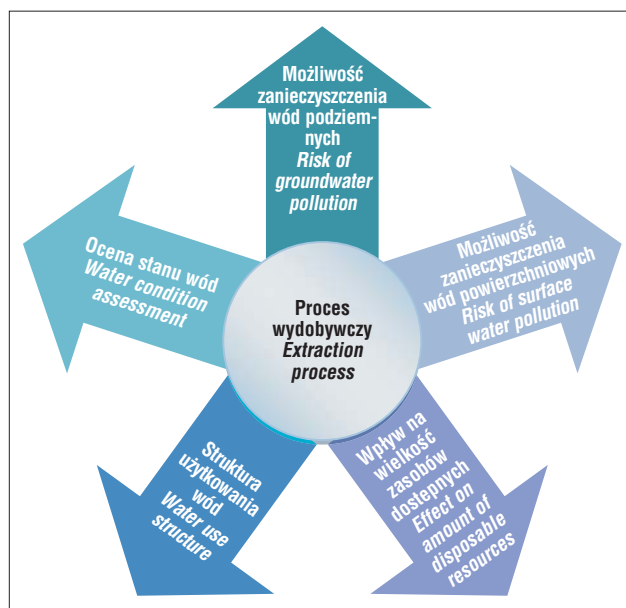
5 – likwidacja kopalni i rekultywacja terenu.

Etap przygotowawczy obejmuje rozmaite prace związane z budową zakładu górniczego, przy czym z punktu widzenia gospodarowania wodami najistotniejszą kwestią jest zdefiniowanie źródła pozyskania wody. Często praktyką jest budowa ujęcia, z którego będzie dostarczana woda na bieżące potrzeby funkcjonowania zakładu górniczego, wiercenia, a także szczelinowania hydraulicznego. Na tym etapie następuje też budowa i napełnienie zbiorników na wodę lub wskazuje się inne sposoby gromadzenia odpowiedniej ilości wody (np. poduszki wodne). Podejmuje się także działania prowadzące do zabezpieczenia wód podziemnych przed zanieczyszczeniem z powierzchni terenu. Odbywa się to poprzez uszczelnienie powierzchni terenu (płytami betonowymi, folią, pospółką itp.) na obszarze tzw. strefy brudnej, czyli miejsca przechowywania substancji chemicznych, paliwa oraz bezpośredniego sąsiedztwa otworu. Zarówno zakres, jak i sposób wykonania prac na etapie przygotowawczym mają zasadnicze znaczenie z punktu widzenia bezpieczeństwa wód podziemnych.



Ryc. 1. Elementy wewnętrzne gospodarki wodnej procesu eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów

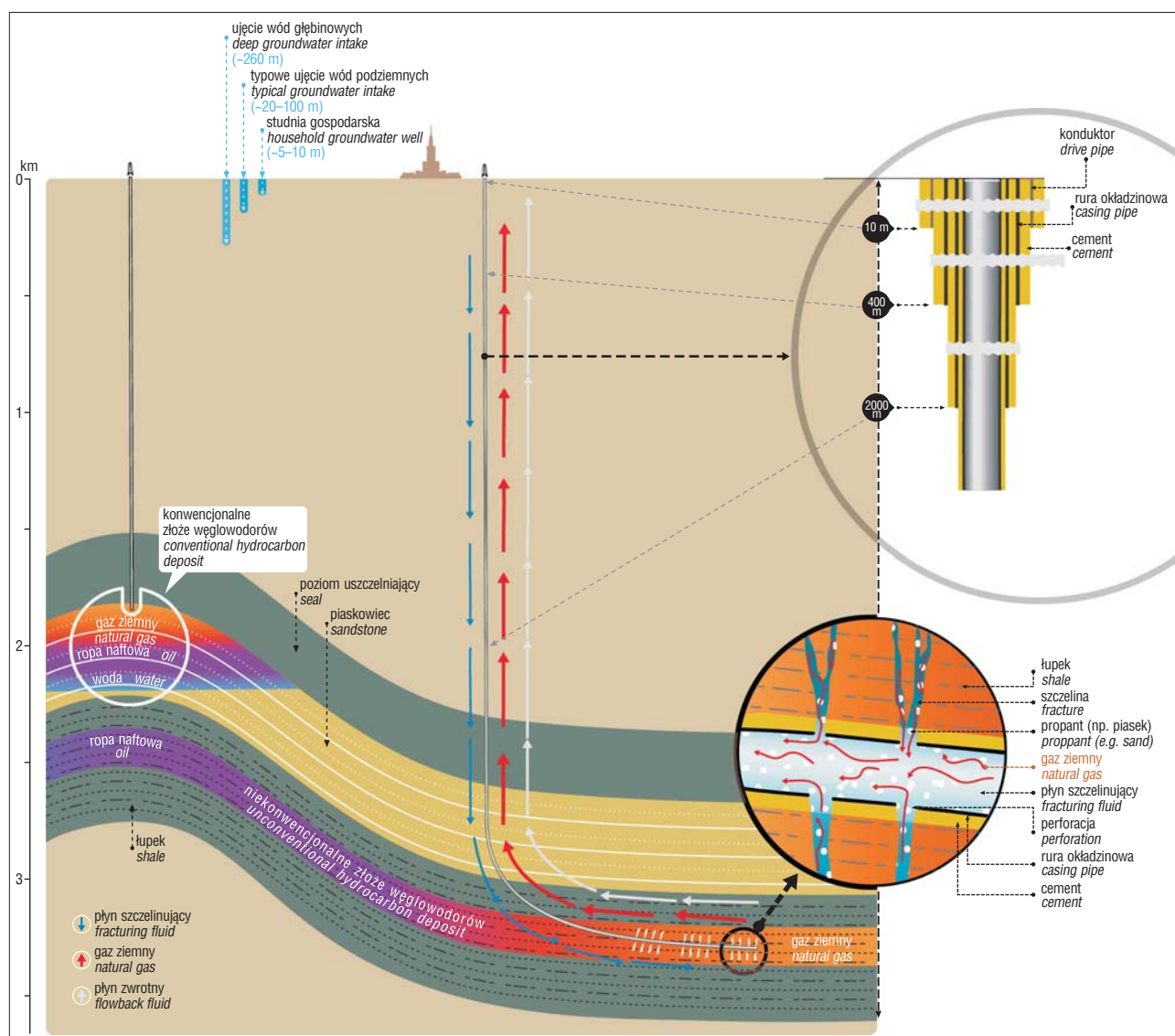
Fig. 1. The internal components of groundwater management in the exploitation of unconventional hydrocarbon deposits



Ryc. 2. Oddziaływania zewnętrzne procesu eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na gospodarke wodną regionu

Fig. 2. The influence of exploitation of unconventional hydrocarbons deposits on groundwater management

Podczas prac wiertniczych najistotniejszą kwestią wydaje się być prawidłowa konstrukcja i wykonanie otworów, co jest gwarancją przyszłej bezpiecznej eksploatacji. Każdy poziom wodonośny powinien być odizolowany oddzielną kolumną rur okładzinowych oraz warstwą cementu, przy czym szczelność cementowania powinno się sprawdzać (ryc. 3). Ma to szczególne znaczenie, gdyż potencjalnie migrujący w przestrzeni międzyrurowej gaz lub płyn zwrotny po natrafieniu na przepuszczalną warstwę, jaką jest poziom wodonośny, może się przedostać do wód podziemnych. Jedyne stwierdzone zanieczyszczenie wód podziemnych w rejonie prac prowadzonych na terenie Stanów Zjednoczo-



Ryc. 3. Schemat przedstawiający zabieg szczelinowania hydraulicznego (źródło: archiwum PIG-PIB)
Fig. 3. A scheme of hydraulic fracturing process (source: PGI-NRI archive)

nych było spowodowane nieprawidłowym wykonaniem otworu na wczesnym etapie prac wydobywczych.

Po odwierceniu otworu lub otworów następuje zasadniczy etap prac, związany z przeprowadzeniem szczelinowania hydraulicznego. Zabieg ten polega na zatłoczeniu pod dużym ciśnieniem poprzez otwór kierunkowy cieczy szczelinującej z propantem (zazwyczaj piaskiem), która powoduje wytworzenie w skale sieci drobnych i gęstych spękań, czyli tzw. sztucznej porowatości (ryc. 3). Konieczność wykonywania zabiegów stymulacji złoża wynika z niskiej przepuszczalności formacji gazonośnych, będących jednocześnie skałą macierzystą i zbiornikową. Szczerpanie gazu następuje jedynie ze strefy pozostającej w zasięgu wytworzonych spękań, stanowiących drogi dla migracji gazu, co powoduje potrzebę prowadzenia zabiegów szczelinowania hydraulicznego w możliwie długich odcinkach poziomych otworu (do 3 km). Na etapie poszukiwania i rozpoznawania złóż są wykonywane pojedyncze otwory, zaś na etapie eksploatacji z jednej lokalizacji takich otworów jest zazwyczaj kilkanaście, co umożliwia drenaż gazu z dużego obszaru przy jednoczesnym zajęciu niewielkiej powierzchni terenu (Ground Water Protection Council and ALL Consulting, 2009).

Zarówno w dziedzinie wierceń kierunkowych, jak i technik zabiegów stymulacji złoża obserwuje się intensywny rozwój, spowodowany w dużej mierze wymaganiami środowiskowymi. Prowadzone są m.in. badania i próby mające na celu opracowanie technologii szczelinowania bez wykorzystywania wody. Jeśli jednak wziąć pod uwagę fakt, że w aktualnie powszechnie stosowanej technologii woda jest podstawowym medium wykorzystywanym do wykonania zabiegu szczelinowania hydraulicznego, to dostępność odpowiedniej ilości wody jest warunkiem niezbędnym do prowadzenia prac. Na wykonanie zabiegu szczelinowania na odcinku o długości ok 1 km potrzeba kilkanaście tysięcy metrów sześciennych wody (tab. 1), z czego od 15% do 30% wraca na powierzchnię jako płyn zwrotny, który po podczyszczeniu może być ponownie wykorzystany.

Pomimo dużej strefy perspektywicznej wskazanej na obszarze Polski ewentualna eksploatacja gazu będzie mogła odbywać się jedynie w miejscach o najlepszych parametrach złożowych (tzw. *sweet spots*). Mogą to być niewielkie obszary, które w momencie podjęcia decyzji o eksploatacji będą maksymalnie zagospodarowane. W tym celu projektuje się siatkę wierceń kierunkowych umożliwiających szczerpanie gazu z całego obszaru. Na potrzeby analizy

wykorzystania wody podczas eksploatacji gazu można przyjąć założenie, że na obszarze o powierzchni 100 km² (10×10 km) zlokalizowane mogą być cztery zakłady górnicze, a na każdym z nich można odwiercić 16 otworów kierunkowych. Przyjmując średnie wykorzystanie wody w jednym otworze w ilości 14 tys. m³ (przy założeniu ponownego wykorzystania 15% płynu zwrotnego), uzyskujemy szacunkową ilość potrzebnej wody na poziomie prawie 900 tys. m³. Jest to szacunek hipotetyczny, ale pozwalający na przedstawienie skali zjawiska i odniesienie się do wielkości dostępnych do zagospodarowania zasobów wód (ryc. 4). Lokalizacja obszarów eksploatacji będzie zależeć od długości poziomych odcinków otworów i zasięgu propagacji szczelin, a w tym względzie obserwuje się duży postęp technologiczny.

Na etapie eksploatacji otworu, czyli odbioru gazu ze złoża, należy rozpatrywać dwa aspekty związane z gospodarowaniem wodami. Pierwszą kwestią jest odbiór płynu zwrotnego i jego zagospodarowanie, zaś drugą bezpieczeństwo eksploatacji. Należy mieć na uwadze fakt, że system otworów zlokalizowanych na niewielkim obszarze może pracować (oddawać gaz) przez długi czas (kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt lat). Podczas tego okresu zazwyczaj równoległe z gazem z otworu jest odbierana pewna ilość wody produkcyjnej, która musi być zagospodarowana w odpowiedni sposób.

Po zakończeniu eksploatacji następuje likwidacja kopalni oraz rekultywacja terenu, na którym była prowadzona działalność wydobywcza. Na tym etapie w oczywisty sposób istotne jest określenie zakresu ewentualnych zmian w środowisku wodno-gruntowym, jakie mogły zająć na skutek prowadzonej działalności, co może być spełnione po przeprowadzeniu oceny stanu środowiska. Biorąc pod uwagę zarówno możliwość oddziaływań skumulowanych, jak również okres oddziaływania, zasadne wydaje się prowadzenie długookresowych badań monitoringowych.

POTENCJALNE ŹRÓDŁA WODY

Analizując problematykę potrzeb wodnych procesu, należy zwrócić uwagę na dwie istotne kwestie. Po pierwsze w przypadku eksploatacji może zaistnieć potrzeba znacznego poboru wody na niewielkim obszarze (tzw. pobór skumulowany), przy czym na obecnym, wczesnym etapie poszukiwania i rozpoznawania złóż nie można jeszcze nawet przypuszczać, w których rejonach będzie prowadzona eksploatacja i których obszarów to będzie dotyczyło. Drugą kwestię, wynikającą z konieczności zgromadzenia pełnej ilości wody na terenie zakładu górniczego przed przystąpieniem do zabiegu szczelinowania, stanowi potrzeba poboru dużych ilości wody w stosunkowo krótkim czasie. W przypadku eksploatacji na pojedynczym terenie zakładu górniczego o powierzchni kilku hektarów zlokalizowanych może być kilkanaście odwiertów podlegających szczelinowaniu hydraulicznemu bezpośrednio jeden po drugim. Warunek ten wymaga wskazania konkretnych źródeł, z których możliwe będzie pozyskanie wody, przy czym wody podziemne nie stanowią, i nie powinny stanowić, jedyne źródła zaopatrzenia w wodę.

Sumaryczna ilość zasobów zwykłych wód podziemnych możliwych do zagospodarowania według stanu rozpoznania na 31 grudnia 2012 r. wynosi w Polsce ok. 36 mln m³ na dobę, w tym 18,7 mln m³ na dobę ustalonych jako zasoby dyspozycyjne w trybie dokumentacji hydrogeologicznej dla obszarów stanowiących 56% powierzchni kraju

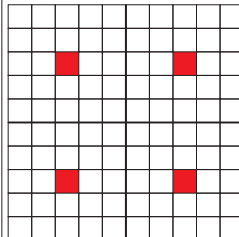
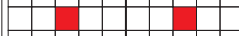



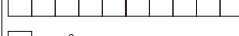
Tab. 1. Zestawienie średniej ilości wody wykorzystywanej podczas zabiegu szczelinowania

Table 1. Average quantities of water needed for the hydraulic fracturing process

Obszar prac <i>Production area</i>	Ilość wody wykorzystywanej na jeden otwór z pełnym szczelinowaniem [m ³] <i>Water quantity per one well needed for full fracturing process [m³]</i>
Barnett (USA)*	8700
Marcellus (USA)*	14 300
Fayetteville (USA)*	10 900
Haynesville (USA)*	10 200
Łebień (Polska)** <i>Łebień (Poland)**</i>	17 300

*Źródło: Ground Water Protection Council and ALL Consulting (2009), wartości uśrednione z wielu wierceń / *Source: Ground Water Protection Council and ALL Consulting (2009), averaged values from many wells.*

**Źródło: PIG-PIB (2011), wartość rzeczywista z jednego otworu / *Source: PIG-PIB (2011), actual amount for one well.*

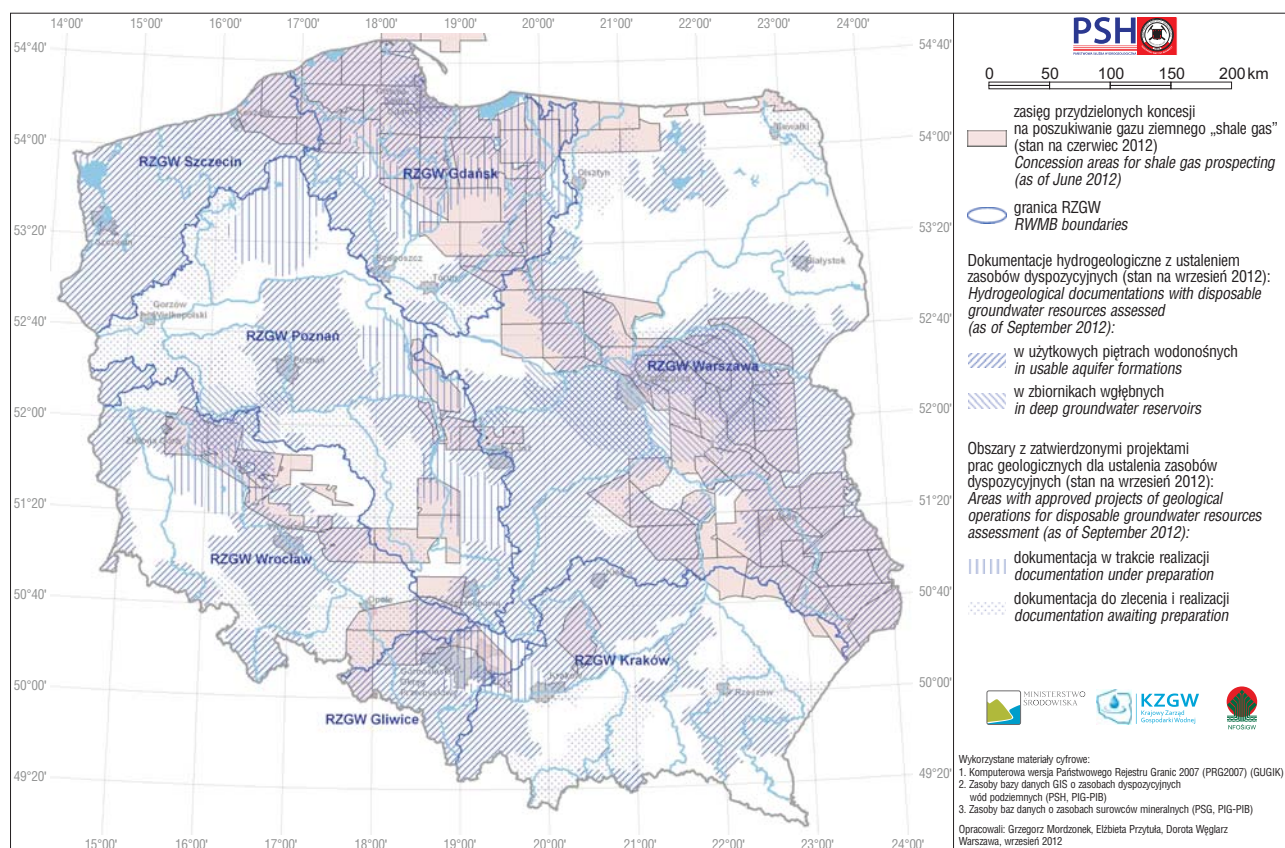
	Powierzchnia obszaru eksploatacyjnego <i>Production field acreage</i>	100 km ²
	Liczba obszarów eksploatacji <i>Number of production fields</i>	4
	Liczba otworów w pojedynczej lokalizacji <i>Number of wells in a single location</i>	16
	Ilość wody na pojedynczy otwór <i>Amount of water per 1 well</i>	17 000 m ³
	Ilość wody przy założeniu powtórnego wykorzystania 15% wody <i>Amount of water in case of 15% water recycling</i>	14 000 m ³
	Ilość wody potrzebna do eksploatacji gazu z obszaru o powierzchni 100 km ² <i>Amount of water needed for gas production from a 100 km² field</i>	896 000 m ³

Ryc. 4. Schemat zagospodarowania obszaru o powierzchni 100 km² oraz oszacowanie ilości wody potrzebnej do eksploatacji gazu na tym obszarze

Fig. 4. Schematic development of an area of 100 km² and an estimate of the amount of water needed for shale gas production in this area

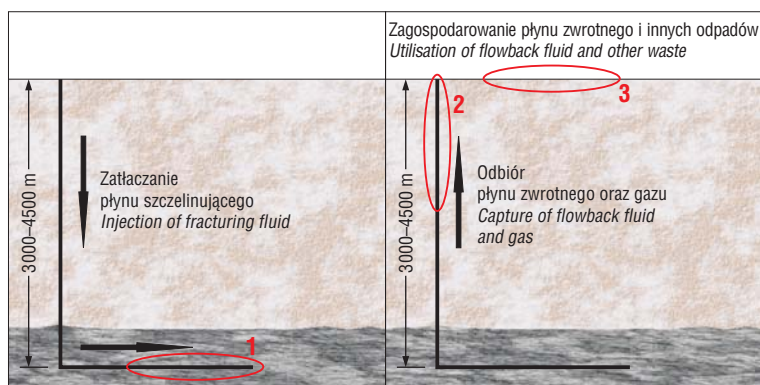
(ryc. 5). Roczny rejestrowany pobór wód podziemnych na cele komunalne i przemysłowe kształtuje się na poziomie 1,58 mld m³, zaś pobór prowadzony na potrzeby odwadniania kopalń wynosi rocznie ok. 900 mln m³. Aktualne wykorzystanie dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych wynosi ok. 19%, a więc rezerwy są bardzo wysokie (PSH, 2013). Określona wielkość zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych na obszarze bilansowym jest podstawową informacją niezbędną do przeprowadzenia bilansu wodno-gospodarczego, ustalenia warunków korzystania z wód zlewni, a także wydawania pozwoleń wodno-prawnych na pobór wód. Jest więc narzędziem gwarantującym, że nie dojdzie do nadmiernego szczypania zasobów wód podziemnych.

Niemniej jednak, mimo znacznych rezerw zasobowych, zgodnie z zapisami ustawy „Prawo wodne” wody podziemne, jako te o najlepszej jakości, powinny przede wszystkim służyć zaspokojeniu potrzeb konsumpcyjnych ludności. W związku z tym ocena możliwości wykorzystania alternatywnych źródeł pozyskania wody na potrzeby eksploatacji gazu z łupków stanowi aktualnie duże wyzwanie. Biorąc pod uwagę, że woda wykorzystywana do przygotowania płynu szczelinującego nie musi spełniać wygórowanych norm jakościowych, można wskazać kilka możliwości jej pozyskania. Najbardziej właściwą ścieżką postępowania wydaje się przede wszystkim oczyszczanie płynu powracającego z otworu i jego ponowne wykorzystanie w kolejnym



Ryc. 5. Stan udokumentowania zasobów wód podziemnych w Polsce na tle obszarów koncesyjnych na poszukiwanie i rozpoznawanie gazu typu *shale gas* (Mordzonek i in., 2012)

Fig. 5. The state of documenting groundwater resources in Poland in concession areas for shale gas prospecting and exploration (Mordzonek et al., 2012)



Ryc. 6. Schemat potencjalnych dróg migracji zanieczyszczeń w rejonie prowadzonych prac (1 – z poziomego odcinka otworu, 2 – ze strefy przyotworowej pionowego odcinka otworu, 3 – z powierzchni terenu)

Fig. 6. A scheme of theoretical routes of pollutants migration (1 – from the horizontal section of well, 2 – from the near-well zone of its vertical section, 3 – from the surface)

zabiegu szczelinowania w innym otworze. Takie rozwiązanie zmniejsza potrzeby wodne procesu i ogranicza ilość wytwarzanych odpadów.

Jednak nie tylko płyn zwrotny może być wykorzystywany w zabiegach szczelinowania hydraulicznego, gdyż z powodzeniem można stosować także różnego rodzaju wody technologiczne, jak np. wody chłodnicze, wody z biogazowni itp. Innym zagadnieniem wartym rozważenia jest możliwość wykorzystania oczyszczonych ścieków lub tzw. wody miejskiej, czyli wody z kanalizacji deszczowej. W przypadku korzystnej lokalizacji można również sięgać

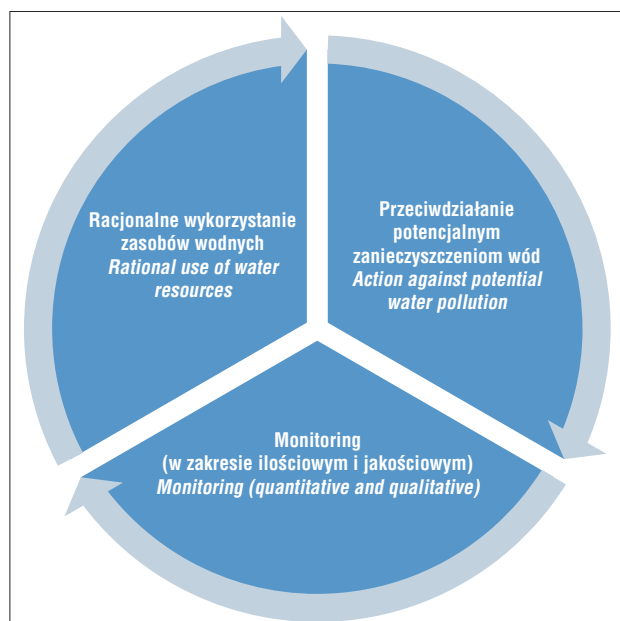
po wody pochodzące z systemów odwodnień wyrobisk górniczych, zaś w odniesieniu do strefy przybrzeżnej rozpatrywana jest możliwość wykorzystania wody morskiej. Duże nadzieje wiąże się także z solankami, występującymi powszechnie w poziomach jurajskich.

Wydaje się więc, że alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę na potrzeby eksploatacji gazu z łupków jest wiele, lecz wymagają rozważenia ich uwarunkowań formalno-prawnych, technologicznych oraz regionalnych, ponieważ transport wody na duże odległości nie jest wskazany. Na etapie podejmowania decyzji dotyczącej lokalizacji prac wydobywczych zalecane jest wykonanie studium możliwości pozyskania wody na potrzeby planowanej działalności, a także określenie możliwości dywersyfikacji źródeł wody.

MOŻLIWOŚĆ ZANIECZYSZCZENIA WÓD PODZIEMNYCH

Odrębną problematykę, nie mniej istotną niż kwestie potrzeb wodnych przedsięwzięcia, stanowi możliwość zanieczyszczenia środowiska gruntowo-wodnego w rejonie prowadzonych prac wydobywczych. Można wyróżnić trzy potencjalne drogi migracji zanieczyszczeń do wód podziemnych (ryc. 6):

- 1 – z poziomego odcinka otworu,
- 2 – ze strefy przyotworowej pionowego odcinka otworu,
- 3 – z powierzchni terenu.



Ryc. 7. Zasady racjonalnej gospodarki wodnej przedsięwzięcia
Fig. 7. The principles of rational water management in the shale

Jeśli wziąć pod uwagę głębokość, na jakiej w warunkach polskich są prowadzone zabiegi stymulacji złoża (ok. 3–4 tys. m), a także znacznej miąższości utwory izolujące występujące w nadkładzie, w tym pokłady soli na dużym obszarze, przedostanie się zanieczyszczenia z poziomego odcinka otworu wydaje się praktycznie niemożliwe. Taki przypadek można rozpatrywać jedynie w kategoriach obecności dużych drożnych stref dyslokacyjnych, które mogłyby stanowić drogi migracji gazu i cieczy szczelinującej. Zasięg wytwarzanych podczas szczelinowania hydraulicznego spękań zazwyczaj nie wynosi więcej niż 100–200 m, a więc jest dość ograniczony i co ważne – przed podjęciem decyzji o lokalizacji prac jest prowadzona szczegółowa analiza zaangażowania tektonicznego górotworu, tak aby projektowane otwory nie natrafiały na strefy dyslokacyjne.

Drugą możliwością migracji zanieczyszczeń do wód podziemnych należy rozpatrywać w kategoriach nieprawidłowej konstrukcji lub wykonania otworu. Strefa przyotworowa, podobnie jak przy każdym wierceniu, niezależnie od jego celu, może w tym przypadku stanowić potencjalną drogę migracji płynów technologicznych, ale odpowiednie wykonanie otworu z zachowaniem zasad kontroli szczelności gwarantuje bezpieczeństwo eksploatacji.

Płytko występujące poziomy wodonośne w rejonie prowadzonych prac mogą być narażone na zanieczyszczenie z powierzchni terenu. Może się to zdarzyć w sytuacji awaryjnej następującej na terenie zakładu górniczego lub jeśli zabezpieczenie powierzchni terenu jest niewystarczające. Istnieją jednak procedury postępowania na wypadek takiej sytuacji, a podstawową kwestią jest prowadzenie monitoringu w rejonie wykonywanych prac. Kontrolne oznaczenia wybranych wskaźników jakości wód i środowiska gruntowego pozwalają na wychwycenie ewentualnych zmian

i podjęcie działań prewencyjnych lub – w razie konieczności – interwencyjnych.

PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę specyfikę przedsięwzięć związanych z poszukiwaniem, rozpoznawaniem i możliwą eksploatacją gazu ze złóż niekonwencjonalnych oraz aktualnie stosowaną technologią, można uznać, że gospodarowanie wodami w procesie wydobywczym jest jednym z kluczowych zagadnień. Zarówno efektywność prowadzonej działalności, jak i jej bezpieczeństwo w dużej mierze zależą od zasad racjonalnej gospodarki wodnej przedsięwzięcia, która obejmuje zarówno aspekty ilościowe (potrzeby wodne), jak i jakościowe. Skutecznym narzędziem gwarantującym bezpieczną eksploatację jest podejmowanie działań zapobiegających potencjalnym zanieczyszczeniom oraz dedykowany monitoring badawczy (ryc. 7). Tylko kompleksowy system zarządzania wodą w procesie na każdym jego etapie, od prac przygotowawczych poprzez wiercenie, szczelinowanie, eksploatację aż po zakończenie produkcji i likwidację kopalni, umożliwi bezpieczne prowadzenie działalności wydobywczej na skalę ekonomicznie opłacalną bez konsekwencji w postaci pogorszenia stanu wód.

LITERATURA

- AEA 2012a – Climate impact of potential shale gas production in the EU. Final report. Report for European Commission DG CLIMA.
 AEA 2012b – Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. Report for European Commission DG Environment.
 Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
 Ground Water Protection Council and ALL Consulting 2009 – Modern shale gas development in the United States: a primer, U.S. Department of Energy, s. 96.
 IEA 2012 – Golden rules for golden age on gas. World energy outlook special report on unconventional gas.
 MACUDA J. 2010 – Środowiskowe aspekty produkcji gazu ziemnego z niekonwencjonalnych złóż. *Prz. Geol.*, 58: 266–270.
 MORDZONEK, PRZYTUŁA, WĘGLARZ 2012 – Stan udokumentowania zasobów wód podziemnych w Polsce na tle obszarów koncesyjnych na poszukiwanie i rozpoznawanie gazu typu „shale gas”. PSH, Warszawa.
 MUSIALSKI C., ZITTEL W., LECHTENBOHMER S. & ALTMANN M. (red.) 2013 – Shale gas in Europe. Opportunities, risks, challenges: a multidisciplinary analysis with a focus on european specificities. *European Energy Studies*, vol. V. Claeys & Casteels, s. 350.
 PIG-PIB 2011 – Badania aspektów środowiskowych procesu szczelinowania hydraulicznego wykonanego w otworze Łebień LE-2H – Raport końcowy [<http://www.pgi.gov.pl/pl/instytut-geologiczny-informacje-prasowe/4091-raport-z-lebienia-materia-prasowe.html>].
 POPRAWA P. 2010 – Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim. *Prz. Geol.*, 58: 226–249.
 PSH 2013 – Biuletyn państwowej służby hydrogeologicznej. Synteza z realizacji prac w roku 2012.
 Ustawa z dnia 18 lipca 2001 r. – Prawo wodne z późn. zm. (Dz.U. Nr 0, poz. 145 z 09.02.2012).
 WOŹNICKA M. & KONIECZYŃSKA M. 2011 – Hydrogeologiczne uwarunkowania procesu poszukiwania, rozpoznawania i eksploatacji gazu łupkowego i gazu zamkniętego w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 445: 717–724.