

Poszukiwanie, rozpoznawanie i eksploatacja złóż gazu łupkowego na obszarze koncesyjnym Nowa Sól, a oddziaływanie na zasoby wód podziemnych i powierzchniowych.

Charakterystyka obszaru

Obszar koncesyjny Nowa Sól położony jest w obrębie następujących jednostek fizyczno-geograficznych: Pojezierze Lubuskie, Pradolina Warciańsko-Odrzańska, Wzniesienia Zielonogórskie, Pojezierze Leszczyńskie, Obniżenie Milicko-Głogowskie i Wał Trzebnicki.

Omawiany obszar w całości położony jest na obszarze monokliny przedsudeckiej przykrytej luźnymi utworami kenozoiku.

Budowa geologiczna

Najstarszymi utworami nawierconymi są sfałdowane karbońskie zlepience, piaskowce, mułowce, iłowce i tufity. Na nich zalegają utwory dolnego permu (czerwonego spągowca): piaskowce, zlepience, iłowce oraz skały wylewne: dacyty, trachity i trachybazalty o łącznej miąższości do 437 m. Można w nich wyróżnić trzy cykle sedymentacyjno-diastraficzne: pierwszy (najstarszy), zbudowany z piaskowców i zlepieńców oraz iłowce z wkładkami piaskowców, drugi, zbudowany ze skał wylewnych wymienionych powyżej oraz trzeci zbudowany z piaskowców i zlepieńców.

Utwory permu górnego (cechsztynu) zalegają na wyżej opisanych utworach i zbudowane są z soli kamiennych, anhydrytów, wapieni, dolomitów, margli i iłowców o łącznej miąższości od kilkudziesięciu do ponad 600 metrów. Wydzielono wśród nich następujące cyklotemy: PZ1 (Werra), PZ2 (Stassfurt), PZ3 (Leine) i PZ4 (Aller). Cyklotem Werra rozpoczynają wapienie dolomityczne, a na nich sole kamienne i anhydryty. Cyklotem Stassfurt to dolomity, wapienie dolomityczne, a podrzędnie margle, anhydryty i sole kamienne. Cyklotem Leine zbudowany jest z soli i anhydrytów, a cyklotem Aller to iłowce z przerostami anhydrytów. Opisane powyżej skały trzeciego cyklu czerwonego spągowca oraz skały cyklotemów Werra i Stassfurt są utworami w których stwierdzono występowanie złóż gazu ziemnego i ropy naftowej. Są one głównym obiektem zainteresowania inwestora w poszukiwaniu i rozpoznawaniu nowych złóż węglowodorów.

Na utworach permu zalegają utwory triasu o łącznej miąższości od parudziesięciu do ponad 1000 metrów. Wydzielono wśród nich trzy piętra: pstrego piaskowca (najstarsze), wapienia muszlowego i kajpru. Utwory pstrego piaskowca to występujące na przemian iłowce, mułowce, piaskowce i

wapienie. Piętro wapienia muszlowego zbudowane jest z iłowców, wapieni dolomitów i anhydrytów. Kajper to piaskowce, mułowce i iłowce, a najmłodsza część tego piętra zwana retykiem zbudowana jest z iłowców.

Wszystkie opisane dotąd utwory budują monoklinę przedsudecką, która jest kompleksem warstw skalnych nachylonych pod kątem 3-4 stopni w kierunku północno-wschodnim. Jej południowo-zachodnią granicą jest strefa uskokowa środkowej Odry biegnąca wzdłuż rzeki Odry na odcinku między Oławą, a Ścinawą, a następnie na południe od Lubina i dalej na północny zachód. Południowo-zachodni kraniec obszaru koncesyjnego Nowa Sól znajduje się w odległości 3,5 km od tej strefy. W kierunku północno-wschodnim głębokość zalegania poszczególnych warstw skalnych rośnie, natomiast im bliżej uskoku, tym mniejsza jest miąższość utworów triasu, które w południowo-zachodnim krańcu obszaru koncesyjnego zanikają zupełnie i pod luźnymi utworami kenozoiku pojawiają się utwory cechszynu. W południowo-zachodniej części obszaru koncesyjnego utwory permskie przykryte są jedynie utworami pstrego piaskowca. Utwory wapienia muszlowego pojawiają się dopiero w odległości 11-15 km, a kajpru w odległości 20-30 km od uskoku środkowej Odry. W żadnym punkcie obszaru koncesyjnego Nowa Sól nie ma pełnego profilu utworów triasu. Od uskoku środkowej Odry wybiegają poprzecznie do niego w kierunku północno-wschodnim krótsze uskoki sięgające na odległość kilkudziesięciu kilometrów. W południowej części omawianego obszaru występują 3 takie uskoki sięgające wychodni wapienia muszlowego o długości 20-30 km i przecinające utwory triasu, permu, karbonu i częściowo skały krystaliczne bloku przedsudeckiego graniczącego z monokliną przedsudecką.

Utwory monokliny przedsudeckiej na opisywanym obszarze koncesyjnym są całkowicie przykryte przez luźne utwory kenozoiku. Najstarsze są piaski i mułki z węglem brunatnym oligocenu występujące lokalnie na tym obszarze. Na nich zalega kompleks utworów miocenu zbudowanych z iłów przewarstwionych mułkami, piaskami oraz pokładami węgla brunatnego. Utwory miocenijskie występują na całym obszarze koncesyjnym, a ich miąższość przekracza miejscami 150 m. Utwory pliocenu to piaski i żwiry oraz ily kaolinowe występujące lokalnie.

Na nich zalegają utwory czwartorzędu zbudowane z glin zwałowych, piasków wodnolodowcowych, iłów i mułków zastoiskowych oraz piasków wydmowych reprezentujące utwory pięciu zlodowaceń: Nidy, Sanu I, Odry, Warty i Wisły. Miąższość utworów czwartorzędowych miejscami przekracza 200 metrów, ale w obrębie zaburzeń glacytektonicznych utwory miocenu odsłaniają się na powierzchni. Łączna miąższość utworów kenozoiku na badanym obszarze wynosi od około 200 do ponad 400 metrów.

Wody podziemne

Na obszarze koncesyjnym Nowa Sól wody podziemne znajdują się głównie w utworach kenozoicznych. Użytkowe piętra wodonośne znajdują się głównie w utworach czwartorzędu, w których wyróżnia się następujące poziomy wodonośne:

- Gruntowy - w warstwach wodnolodowcowych piasków i żwirów o miąższości 10-20 metrów. Na znacznym obszarze stanowi on główny użytkowy poziom wodonośny z wodami o zwierciadle swobodnym występującym zwykle na głębokości paru metrów.
- Międzyglinowy - występuje na znacznej części opisywanego obszaru, ale jedynie w niektórych miejscach jest głównym użytkowym poziomem wodonośnym. Stanowią go warstwy żwirów i piasków wodnolodowcowych, w których występują wody o zwierciadle naporowym, odizolowane od powierzchni terenu warstwą glin zwałowych. Miąższość poszczególnych warstw waha się od kilku do kilkudziesięciu metrów.

Wody w utworach mioceńskich występują w warstwach piasków drobnoziarnistych, występujących w 3 horyzontach wodonośnych: podwęglowym - poniżej serii węgla brunatnego, między węglowym pomiędzy poszczególnymi seriami węglonośnymi i nadwęglowym. Mają one zróżnicowaną miąższość i głębokość zalegania, a wody mają charakter naporowy. Ujmowane są rzadziej ponieważ znajdują się na większych głębokościach i są słabiej rozpoznane. Czasem ich wody są zabarwione zawiesiną pochodzącą z warstw węgla brunatnego. Oligoceński poziom wodonośny to warstwy o niewielkiej miąższości na znacznych głębokościach. Ponieważ jednak wody te są w kontakcie z utworami triasu mają one charakter wód mineralnych o podwyższonej mineralizacji i odmiennym składzie chemicznym, zbliżonym do wód utworów monokliny przedsudeckiej. Wody tego piętra ujmowane są przez rozlewnię wód mineralnych w Nowej Soli na głębokości 234 m.

Na podstawie informacji z obszarów sąsiednich można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że w utworach monokliny przedsudeckiej występują wody w piętrze triasowym i permskim. Są to solanki o mineralizacjach od kilku do ponad 300 g/dm³ o typie wód chlorkowo-sodowym lub chlorkowo-wapniowym, czasami w utworach permskich o charakterze ługów solnych. Są to również wody termalne o temperaturze od +30°C do +80°C. Wydajność z typowego otworu studziennego waha się od kilku do kilkunastu m³/h. Nie ma informacji na temat wód w utworach karbonu.

Podobnie jak główny użytkowy poziom wodonośny również Główne Zbiorniki Wód Podziemnych znajdują się w utworach czwartorzędowych. Są to następujące GZWP: 150 Pradolina Warszawa – Berlin, 301 Pradolina Zasieki – Nowa Sól, 302 Pradolina Barycz – Głogów oraz 306 Zbiornik Wschowa. Łącznie zajmują one większość powierzchni obszaru koncesyjnego.

Wody pierwszego poziomu wodonośnego są bardzo podatne lub podatne na zanieczyszczenie na obszarze koncesyjnym. Obszary o wysokiej podatności dominują w południowo-zachodniej i

północno-wschodniej części opisywanego obszaru, co oznacza że większość typów zanieczyszczeń jest w stanie w krótkim czasie dotrzeć do wód podziemnych. Obszary podatne są wrażliwe na większość typów zanieczyszczeń oprócz tych silnie sorbowanych (metale ciężkie lub niektóre substancje organiczne).

Główne użytkowe poziomy wodonośne są podatne w różnym stopniu na zanieczyszczenia w zależności od obecności warstwy izolującej od powierzchni. O ile poziom międzyglinowy jest dość dobrze odizolowany od powierzchni terenu, o tyle poziom gruntowy nie ma izolacji i jest on pierwszym poziomem wodonośnym dlatego ma on wrażliwość opisywaną powyżej dla pierwszego poziomu wodonośnego. Wody utworów neogenu są niemal całkowicie odizolowane od powierzchni terenu dlatego ich podatność na zanieczyszczenia jest najniższa.

W związku ze zróżnicowaną podatnością wód podziemnych na zanieczyszczenia ustalono dla Głównych Zbiorników Wód Podziemnych Obszary Wysokiej Ochrony (OWO) i Obszary Najwyższej Ochrony (ONO). Na opisywanym obszarze większość powierzchni, która jest zajęta przez GZWP jest jednocześnie ONO, a jedynie wschodnia część GZWP nr 150 jest OWO.

Płyn szczelinujący

Do przeprowadzenia zabiegu szczelinowania hydraulicznego wykorzystuje się płyn szczelinujący w ilości od kilku do 20 000 m³, na pojedynczy zabieg. Napełnianie zbiornika taką ilością wody z ujęcia wód podziemnych trwałoby w zależności od zapotrzebowania na wodę i wydajności ujęcia od około tygodnia do kilku miesięcy. Lokalnie, w obszarach mało zasobnych w wodę może to wymagać transportu części potrzebnej ilości wody z sąsiednich obszarów.

Płyn szczelinujący składa się głównie z wody (90%), piasku (9%) oraz substancji chemicznych wspomagających proces szczelinowania (około 1%). Piasek (propant) ma na celu podparcie rozwartych szczelin i zapobiegnięcie ich ponownemu zamknięciu się po zakończeniu szczelinowania. Z kolei substancje chemiczne stosowane w płynie szczelinującym można podzielić na kilka grup w zależności od ich funkcji w procesie szczelinowania:

- rozcieńczony kwas solny (do 15%) - służy usunięciu okruchów skał węglanowych ze strefy otworowej
- środki obniżające napięcie powierzchniowe wody – służą do obniżenia tarcia w przepływie cieczy
- środki żelujące – służące do utrzymania propantu (piasku) w całej objętości cieczy
- odczynniki sieciujące – przeciwdziałają zmianom lepkości płynu szczelinującego
- łamacze (breakers) – substancje przywracające konsystencję płynną po szczelinowaniu w celu umożliwienia przepływu gazu do odwiertu

- biocydy – substancje zapobiegające rozmnażaniu się bakterii w odwiercie
- sole – zapobiegają pęcznieniu ilów podczas szczelinowania
- inhibitor korozji – zapobiega korozji rur okładzinowych
- regulator zawartości żelaza – zapobiega wytacaniu się tlenów i wodorotlenków żelaza
- regulator pH – stabilizacja odczynu w płynie szczelinującym
- substancje wiążące tlen – przeciwdziałanie korozji rur okładzinowych
- inhibitor kamienia – zapobiega tworzeniu się kamienia kotłowego

Na podstawie danych z dotychczas przeprowadzonych zabiegów szczelinowania można wysnuć wniosek, że w płynie używanym do szczelinowania wśród substancji chemicznych przeważają proste związki nieorganiczne takie jak wodorotlenki sodu, potasu, chlorek potasu, dwutlenek węgla, jodek potasu czy bromek sodu. Niemniej jednak do każdego zabiegu szczelinowania użyto również szeregu związków organicznych, spośród których obawy mogą wzbudzać min. takie substancje jak ciężka benzyna aromatyczna (bogata w benzen i jego pochodne), formaldehyd czy trimetylobenzen. Dopuszczalny poziom stężenia w wodach pitnych takich substancji jest rzędu 1-100 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, a w płynie szczelinującym substancje te występują w stężeniu wyższym o kilkaset razy.

Po szczelinowaniu część płynu szczelinującego powraca na powierzchnię terenu. Zwykle przy szczelinowaniu skał łupkowych powraca 10-50% zatłoczonego płynu, ale w przypadku szczelinowania złóż typu "tight gas" w piaskowcach na powierzchnię może powracać większość zatłoczonego płynu, w skrajnych przypadkach nawet blisko 100%. W zużytym płynie szczelinującym oprócz składników używanych do szczelinowania znajdują się również substancje wypłukane z warstw skalnych w strefie szczelinowania. Do takich należą przede wszystkim składniki wysoko zmineralizowanych wód podziemnych. Są to przede wszystkim jony: chlorkowy, sodowy, czy wapniowy, ale pojawiają się również toksyczne metale ciężkie takie jak ołów czy bar. Skład chemiczny zużytego płynu szczelinującego z formacji Marcellus shale prezentowany jest w tabeli 1.

Z tabeli 1 wynika, że ewentualne przeniknięcie zużytego płynu szczelinującego do zwykłych wód podziemnych zmieniłoby przede wszystkim mineralizację ogólną podwyższając ją nawet kilkaset razy, podobnie jak przewodnictwo elektrolityczne. Wynika to ze wzrostu stężeń poszczególnych jonów głównych w tych wodach, a w szczególności chlorków (kilka tysięcy razy), sodu (kilka tysięcy razy). Powyższeniu uległyby również stężenia pozostałych jonów: bromki (o 100 000 razy), stront (o 10 000 razy), żelazo i mangan (kilkadziesiąt razy). Mogą również wzrosnąć stężenia metali ciężkich: baru (do kilkuset razy) i ołowiu (do kilkudziesięciu razy). Wzrosłaby również radoczynność wód spowodowana obecnością radionuklidów naturalnie występujących w skałach. W zbliżonych warunkach geologicznych monokliny przedsudeckiej wody złóż miedzi LGOM wykazują radoczynność na poziomie 1-57 kBq/m^3 , a z kolei w wodach zwykłych podziemnych i

powierzchniowych wartość ta nie przekracza zwykle 0,1 kBq/m³. Z tego wynika, że można się spodziewać podwyższenia radioaktywności wód podziemnych nawet o kilkaset razy.

Tabela 1. Porównanie składu chemicznego zużytego płynu szczelinującego ze złoża Marcellus shale ze składem chemicznym zwykłych wód podziemnych w Polsce.		
Oznaczany składnik	Zakres stężeń w płynie zwrotnym z formacji Marcellus shale	Tło hydrogeochemiczne wód użytkowanych w Polsce
Zawiesiny ogólne	10,8-3220 mg/dm ³	-
Mętność	2,3-1540 NTU	-
Mineralizacja ogólna	3010-261 000 mg/dm ³	200-600 mg/dm ³
Przewodność elektrolityczna	6800-710 000 µS/cm	200-700 µS/cm
Ogólny węgiel organiczny	1,2-509 mg/dm ³	-
Rozpuszczony węgiel organiczny	5-695 mg/dm ³	-
Chemiczne zapotrzebowanie w tlen	195-21 900 mg/dm ³	<5 mg/dm ³
Biochemiczne zapotrzebowanie w tlen	2,8-2070 mg/dm ³	<4 mg/dm ³
Zasadowość	26,1-327 mg/dm ³	1-6 mg/dm ³
Kwasowość	<5-473 mg/dm ³	0,2-15 mg/dm ³
Twardość ogólna	630-95 000 mg CaCO ₃ /dm ³	100-400 mg CaCO ₃ /dm ³
Całkowity azot Kjeldahla	5,6-261 mg/dm ³	<0,7 mg/dm ³
Azot amonowy	3,7-359 mg/dm ³	<0,5 mg/dm ³
Azot azotanowy	<0,1-1,2 mg/dm ³	<0,22 mg/dm ³
Chlorki	1670-181 000 mg/dm ³	2-60 mg/dm ³
Bromki	15,8-1600 mg/dm ³	<0,01 mg/dm ³
Sód	10 700-95 500 mg/dm ³	1-60 mg/dm ³
Siarczany	2,4-106 mg/dm ³	5-60 mg/dm ³
Oleje i smary	<4,6-655 mg/dm ³	-
BTEX (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny)	nw-5460 µg/dm ³	<81 µg/dm ³ liczone jako suma stężeń maksymalnych dla wszystkich substancji
Lotne związki organiczne	nw-7260 µg/dm ³	-
Substancje radioaktywne	nw-18 000 pCi/dm ³	<2,7 pCi/dm ³
Bar	21,4-13 900 mg/dm ³	2-50 mg/dm ³

Stront	163-4830 mg/dm ³	<0,25 mg/dm ³
Ołów	nw-0,606 mg/dm ³	0,001-0,01 mg/dm ³
Żelazo	13,8-242 mg/dm ³	0,02-5 mg/dm ³
Mangan	0,881-18,6 mg/dm ³	0,01-0,4 mg/dm ³

Oddziaływanie na zasoby wodne

Obszar koncesyjny Nowa Sól ze względu na swoje uwarunkowania geologiczne i hydrogeologiczne jest wysoce podatny na negatywne oddziaływania szczelinowania hydraulicznego na wody podziemne i powierzchniowe. Najbardziej perspektywiczne utwory permskie znajdują się tutaj znacznie płycej, bo zaledwie na głębokości 1000-2500 metrów od powierzchni terenu. Ponadto, w południowo-zachodniej części obszaru koncesyjnego utwory te mogą znajdować się jeszcze płycej, na głębokościach rzędu 500-1000 metrów. Na takiej głębokości zatem mogą być one szczelinowane w trakcie rozpoznawania i ewentualnej dalszej eksploatacji złoża. Skały nadkładu (utwory stropowej części cechszynu i triasu) są skałami częściowo skrasowiałymi, a ze względu na bliskie sąsiedztwo strefy uskokowej środkowej Odry, pocięte usokami poprzecznymi. Nie jest zatem niespodzianką, że takie utwory są zawodnione i jako takie są zdolne do przewodzenia wód podziemnych oraz zanieczyszczeń, które mogą się do nich dostać wraz z płynem szczelinującym. Ich niewielka miąższość, w południowo-zachodniej części obszaru zmniejszająca się zaledwie do paruset metrów nie stanowi dostatecznej ochrony przed migracją zanieczyszczeń do wód podziemnych w warstwach oligocenu i miocenu. Podobne wykształcenie mają utwory permu, triasu i kenozoiku w rejonie Lubina, gdzie stwierdzono kontakt hydrauliczny pomiędzy wodami piętra miocęńskiego, a najstarszymi utworami cechszynu, w których eksploatowany jest łupek miedzionośny. Przejawia się to jako zagrożenie kurzawkami, czyli niekontrolowanym napływem do wyrobiska mieszaniny wody i piasku pod ciśnieniem oraz zwiększony dopływ wód do wyrobisk kopalnianych w rejonie Lubina, sięgający nawet kilkudziesięciu m³/min w przeciwieństwie do kopalń w północnej części zagłębia np. w Rudnej, gdzie ten dopływ nie przekracza 10 m³/min.

W świetle powyższych faktów jako pierwsze zagrożone są zasoby wód w tych warstwach ujmowane min. przez rozlewnię wód mineralnych w Nowej Soli. Spodziewany czas migracji zanieczyszczeń tą drogą to lata lub dziesięciolecia w zależności od układu spękań i uskoków, stopnia skrasowienia skał nadkładu złoża gazu oraz ich miąższości.

Potencjalną drogą migracji wprost do warstw wodonośnych jest także sam odwiert. Niepełna lub niedokładna cementacja kolumny rur w strefie przewiercanych poziomów wodonośnych lub poniżej

nich stanowi dogodną drogę migracji zanieczyszczeń. Do podobnych skutków może doprowadzić również rozszczelnienie kolumny rur, szczególnie na połączeniach ich poszczególnych segmentów w trakcie szczelinowania hydraulicznego kiedy płyn szczelinujący zatłaczany jest do złoża pod ciśnieniem kilkuset atmosfer. Do migracji zanieczyszczeń może dojść również przez odwiert zlikwidowany po zaprzestaniu eksploatacji. Złoże gazu z pojedynczego otworu jest eksploatowane dopóki ilość gazu uzasadnia jego eksploatację, ale po obniżeniu się wydajności otwór jest likwidowany poprzez czopowanie korkiem cementowym. Powoduje to sukcesywny wzrost ciśnienia w złożu, a w połączeniu z korozyjnym oddziaływaniem solanek złożowych na kolumnę rur może po pewnym czasie doprowadzić do rozszczelnienia cementacji lub kolumny rur, erupcji gazu i migracji zanieczyszczonych wód.

Osobnym zagadnieniem jest migracja zanieczyszczeń ze zbiorników powierzchniowych. Powszechnie stosowaną praktyką jest przygotowywanie płynu szczelinującego jak i magazynowanie płynu zwrotnego w zbiornikach ziemnych wyłożonych folią HDPE. To stwarza kolejne zagrożenie migracji zanieczyszczeń w przypadku rozszczelnienia takiego zbiornika oraz infiltracji cieczy do wód podziemnych lub w razie uszkodzenia tamy i wylania zawartości, spływu zanieczyszczeń wprost do wód powierzchniowych. Osobnym zagrożeniem dla takich zbiorników są ulewne deszcze które mogą doprowadzić do przepelnienia się zbiornika. Znacznie powszechniejszym może się jednak okazać zanieczyszczenie wód gruntowych płynem szczelinującym lub zwrotnym na skutek punkcji i przerwania ciągłości folii HDPE. W takiej sytuacji cieczy te będą się wydobywały ze zbiornika powoli, ale w dłuższym okresie czasu tj. przez cały czas funkcjonowania zbiornika. To może doprowadzić do infiltracji znacznych ilości zanieczyszczeń do warstw wodonośnych zanim zbiornik zostanie zlikwidowany i przeprowadzone zostaną ewentualne badania monitoringowe potwierdzające to zdarzenie.

Analogie z USA

Formacja Marcellus shale w stanie Pensylwania jest monitorowana pod względem ilości odwiertów, a także naruszeń jakie stwierdzono w związku z eksploatacją gazu łupkowego. Od stycznia 2009 r. na tym obszarze wykonano 8982 odwierty, z czego w 6613 prowadzona jest eksploatacja gazu. Stwierdzono w tym czasie 3331 przypadków naruszenia obowiązujących norm, w tym 1605 przypadków dotyczących ochrony środowiska i zdrowia ludności. Wybrane rodzaje naruszeń podano w Tabeli 2.

Z mapy podanej na stronie StateImpact wynika, że eksploatacja gazu łupkowego wiąże się z jednoczesnym wykonaniem znacznej ilości odwiertów produkcyjnych. Często ułożone są one w pasy biegnące równolegle do siebie w odległości 2-4 km, natomiast w pojedynczym pasie odległość

między odwiertami zwykle waha się w granicach 500-1500 m. Są jednak miejsca w których zagęszczenie odwiertów jest znacznie wyższe, jak na przykład w okolicach miasta Springville gdzie poszczególne odwierty znajdują się w odległości nawet 150-300 m od siebie. Zagęszczenie odwiertów zwykle waha się w granicach od 1 do 15 na 10 km².

Tabela 2. Wybrane rodzaje naruszeń standardów ochrony środowiska i zdrowia ludności przez firmy eksploatujące gaz łupkowy w formacji Marcellus shale w Pensylwanii.

Rodzaj naruszenia	Ilość naruszeń	Ilość odwiertów w których stwierdzono naruszenia
Nieprawidłowe składowanie, przetwarzanie lub transport odpadów stałych	316	253
Nieprawidłowe lub niewystarczające zabiegi w celu minimalizacji erozji	301	241
Nieprawidłowe stosowanie zabiegów zapobiegających emisji zanieczyszczeń	190	154
Zrzut zanieczyszczeń do zasobów wodnych	174	142
Zrzut do wód płynących zwiercin, substancji ropopochodnych, solanki lub szlamu z wiercenia	43	36
Utylizacja odpadów przemysłowych odbywała się bez pozwolenia	34	29
Niewłaściwa lub niewystarczająca cementacja odwiertu	20	17
Niewłaściwa cementacja niezapobiegająca migracji zanieczyszczeń do warstw wodonośnych	13	11
Emisja zanieczyszczeń nie została zgłoszona do stanowego departamentu ochrony środowiska	5	4

Gdyby przenieść powyższe analogie na obszar koncesyjny Nowa Sól, to w przypadku podjęcia eksploatacji należy spodziewać się kilkuset jednocześnie funkcjonujących odwiertów produkujących gaz łupkowy i ropę łupkową. Jednocześnie przy takiej częstotliwości występowania naruszeń standardów ochrony środowiska należy się spodziewać nawet kilkunastu przypadków zanieczyszczenia zasobów wodnych, w tym pojedynczych przypadków wynikających z nieprawidłowej cementacji odwiertu. Należy również spodziewać się podobnej ilości przypadków nieprawidłowego składowania przetwarzania bądź transportu odpadów stałych zawierających zwiercinę, substancje ropopochodne lub solanki. W sytuacji gdy wody Głównych Zbiorników Wód

Podziemnych znajdujących się na obszarze koncesyjnym są tak bardzo wrażliwe na zanieczyszczenie eksploatacja gazu łupkowego na tym obszarze jest dla ich jakości poważnym zagrożeniem.

W miejscowości Pavillion w stanie Wyoming doszło do pogorszenia się jakości wód podziemnych po rozpoczęciu eksploatacji gazu łupkowego. Badania przeprowadzone przez US EPA (Environmental Protection Agency) wykazały podwyższone stężenia potasu i chlorków, zasadowe pH (11,2-12), syntetycznych substancji organicznych takich jak: izopropanol, glikol tri- i dietylenowy, alkohol tert-butyłowy, glikole tetraetylenowe, substancje ropopochodne, BTEX, naftalen, olej napędowy, guma guar i inne. Są to substancje stosowane jako dodatki chemiczne w procesie szczelinowania hydraulicznego również w Polsce. Jako przyczynę zanieczyszczenia wód podziemnych wskazano dwa źródła: migrację płynu szczelinującego ze szczelinowanych warstw do głębokich poziomów wodonośnych oraz migrację zanieczyszczeń ze zbiorników w których przechowywano i częściowo utylizowano zużyty płyn szczelinujący do płytkich warstw wodonośnych. Jako jedną z przyczyn podaje się niepełną lub wadliwą cementację odwiertów gazowych. Podobnie jest na obszarze koncesyjnym Nowa Sól, gdzie w jego południowej części skały nadkładu złoża mają niewielkie miąższości rzędu kilkuset metrów, są skrasowiałe i znajdują się w nich liczne uskoki i spękania. Przechowywanie płynu szczelinującego jak i płynu zwrotnego w zbiornikach ziemnych wyscielonych folią zostało również wybrane przez inwestora na obszarze koncesyjnym. Mając na uwadze powyższe analogie należy się spodziewać, że w związku ze szczelinowaniem hydraulicznym najbardziej zagrożone są płytkie wody podziemne min. w GZWP oraz wody w utworach oligocenu, które są w kontakcie z utworami triasowymi.

Szczegółowe uwagi do raportu o oddziaływaniu na środowisko

W nawiązaniu do powyższych informacji o specyficznych zagrożeniach związanych ze szczelinowaniem hydraulicznym powstaje szereg wątpliwości oraz uwag odnośnie procesu szczelinowania na obszarze koncesyjnym Nowa Sól.

1. Brak informacji na temat profili wykonanych odwiertów. Profile litologiczne odwiertów Czaśław SL-1 oraz Lelechów SL-1 z podanymi głębokościami zalegania poszczególnych wydzieleni pozwoliłyby stwierdzić na jakich głębokościach natrafiono na strop utworów triasowych oraz permskich. Pozwoliłoby to również określić głębokość na jakiej zalegają formacje gazonośne w utworach permskich, a także głębokość zalegania poszczególnych pięter wodonośnych kenozoiku, triasu oraz permu.
2. Konieczne jest podanie pełnego składu chemicznego cieczy szczelinującej przed rozpoczęciem zabiegu szczelinowania. Należy wymagać pełnej listy substancji przed ich

zastosowaniem, aby móc ocenić ich zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludności. Należy także podać skład chemiczny płynu zwrotnego po szczelinowaniu. W praktyce nierzadko w procesach szczelinowania hydraulicznego wykorzystywano substancje rakotwórcze, teratogenne oraz zaburzające gospodarkę hormonalną. Ponadto, w tabeli 13 na stronie 73 jako odczynnik sieciujący podano sole kwasu borowego nie precyzując jakie to sole.

3. Skąd w przewidywanym składzie płynu zwrotnego (Str. 74-75, 263) pojawiają się takie substancje organiczne jak BTEX (benzen, toluen, etylobenzen i ksyleny), AOX (adsorbowalne organicznie związane chlorowce) i insektycydy z grupy węglowodorów chlorowanych? Inwestor na str. 72 twierdzi, że obecnie nie stosuje się już benzenu. W spisie substancji przewidywanych do użycia (Tabela 13 str. 73) takich substancji nie wymieniano.

4. Brak szczegółowych informacji o kwasowaniu. Czy w kwasowaniu będzie wykorzystywany również kwas fluorowodorowy lub kwas mrówkowy? Jak będzie przechowywana i utylizowana ciecz zwrotna po kwasowaniu? Na skutek kwasowania wymywanych jest bardzo wiele niebezpiecznych substancji z kwasowanych skał, w tym min. metale ciężkie oraz radionuklidy, które często w środowisku kwaśnym mogą migrować swobodniej niż w obojętnym. Należy podać skład cieczy kwasującej przed rozpoczęciem tego zabiegu oraz cieczy zwrotnej po kwasowaniu.

5. Należy podać pełny skład płuczek wiertniczych stosowanych w szczególności do przewiercania pierwszych 500 metrów utworów skalnych (skały luźne kenozoiku i stropowa partia utworów triasowych).

6. Jakich środków zapobiegawczych inwestor zamierza użyć w razie wycieku niebezpiecznych substancji na powierzchnię terenu? Jest to szczególnie istotna kwestia z punktu ochrony wód podziemnych, ponieważ większość obszaru koncesyjnego jest zaliczana do bardzo podatnych oraz podatnych na zanieczyszczenia wód podziemnych, które pochodzą z powierzchni terenu. Znajduje się tutaj również wiele ekosystemów związanych z płytko występującymi wodami (siedliska podmokłe).

7. Czy zbiorniki na płyny wykorzystywane w eksploatacji mają system odprowadzania odcieków? Uzasadnienie jest analogiczne jak w pkt. 6.

8. Nie można zignorować promieniotwórczości skał ani tym bardziej wód złożowych. Radoczynność wód złożowych z formacji permskich jest znana z terenu kopalń rud miedzi w LGOM i czasami przewyższa ona tą w wodach powierzchniowych od kilkudziesięciu do kilkuset razy. Należy wykonywać regularnie pomiary promieniotwórczości zużytych płynów wykorzystanych do zabiegów szczelinowania i kwasowania i dobierać do nich metody utylizacji.

9. Należy do "terenów występowania wód śródlądowych wraz z obszarami ochronnymi" – str. 36 zaliczyć również Obszary Wysokiej Ochrony i Obszary Najwyższej Ochrony dla Głównych

Zbiorników Wód Podziemnych. Ze względu na konieczność przechowywania cieczy szczelinującej i kwasującej oraz wód zużytych po tych procesach na powierzchni terenu, a także ze względu na fakt wytwarzania innych odpadów niebezpiecznych, zagrożenie dla jakości zasobów wodnych jest wysokie. W takiej sytuacji powinna obowiązywać zasada przezorności, zwłaszcza ze względu na skład chemiczny tych cieczy oraz zdarzające się w praktyce wypadki rozszczelniania się takich zbiorników oraz wycieku zanieczyszczeń do gruntu i wód podziemnych.

10. Mimo, że GZWP nie mają ustanowionego obszaru ochronnego, jest to obszar najwyższego ryzyka zanieczyszczenia najcenniejszych zasobów wód podziemnych w skali kraju. W myśl zasady przezorności należałoby 1-2 planowane otwory zlokalizować poza Obszarami Wysokiej Ochrony i Obszarami Najwyższej Ochrony dla Głównych Zbiorników Wód Podziemnych.

11. Na stronie 292 opracowania podano informację o dążeniu do zmiany przepisów szczegółowych mających na celu ochronę zasobów wodnych w strefach ochrony pośredniej ujęć wód. W kontekście punktów 9 i 10 świadczy to o wyjątkowej niefrasobliwości inwestora w kwestii ochrony jakości i ilości zasobów wodnych, które w pierwszej kolejności mają służyć do zaopatrywania ludności w wodę odpowiedniej jakości.

12. Na stronie 290 jako jedną z przyczyn wycieku zanieczyszczeń do wód podziemnych podano niedokładną cementację odwiertu w szczególności pomiędzy rurami okładzinowymi. Dokładność cementacji jest jednak sprawdzana testami szczelności cementacji. Jakie czynności są podejmowane w razie wykrycia nieszczelności?

13. Na stronie 290 nie przeanalizowano możliwości migracji zanieczyszczeń z nieszczelnych zbiorników na płyny do gruntu i wód podziemnych z powierzchni terenu. Mimo, że w Pensylwanii w latach 2009-2013 częstotliwość takich zdarzeń jest ponad 10-krotnie wyższa (174 przypadki) niż wycieki przez nieszczelną cementację (13 przypadków).

14. Czy w ramach monitoringu badane są wody gruntowe i gleby pod kątem składu chemicznego i obecności substancji chemicznych stosowanych przy danym zabiegu szczelinowania i kwasowania? Jest to niezbędne, aby ocenić wpływ działalności górniczej na wody podziemne oraz gleby.

Wnioski

W świetle powyższych informacji należy ponownie rozpatrzyć, czy zezwolić na wydobycie gazu łupkowego metodą szczelinowania hydraulicznego na tym obszarze koncesyjnym. W razie podjęcia takiej decyzji, należy wziąć pod uwagę następujące zagrożenia dla zasobów wód podziemnych oraz powierzchniowych:

1. Płyn szczelinujący to mieszanina wody, piasku oraz dodatków chemicznych, wśród których

mocne kwasy i wodorotlenki oraz sole, a także syntetyczne związki organiczne. Z kolei w płynie powracającym na powierzchnię terenu po szczelinowaniu znajdują się dodatkowo solanki z głębokich poziomów wodonośnych, metale ciężkie oraz substancje promieniotwórcze. Ewentualne przeniknięcie tych płynów do wód podziemnych lub powierzchniowych oznacza zanieczyszczenie zasobów wodnych o objętości nawet kilka tysięcy razy większej niż objętość płynu który do nich dotarł.

2. W południowej części obszaru koncesyjnego na powierzchni około 300 km² skały nadkładu mają niewielką miąższość, są silnie spękane, skrasowiałe i zawodnione. W związku z tym nie będą skutecznie zapobiegały migracji płynu szczelinującego do wód zwykłych w skałach luźnych.

3. Na podstawie analogii w budowie geologicznej monokliny przedsudeckiej należy spodziewać się podobnego zagrożenia jak w pkt. 2 na następujących obszarach koncesyjnych: Wschowa, Rawicz, Prusice, Oleśnica oraz Praszka.

4. Na większości powierzchni obszaru koncesyjnego znajdują się Główne Zbiorniki Wód Podziemnych, które są najcenniejszymi zasobami wód podziemnych w Polsce. Są one jednak bardzo podatne na zanieczyszczenia migrujące z powierzchni terenu. Dlatego też ich zasięg to jednocześnie Obszar Najwyższej Ochrony, a w okolicach Kargowej Obszar Wysokiej Ochrony. Szczelinowanie hydrauliczne na tych obszarach stwarza zagrożenie wycieku lub rozlania płynu szczelinującego lub zwrotnego, co w praktyce zdarza się na obszarach na których obecnie prowadzona jest eksploatacja.

5. Sam odwiert również stanowi zagrożenie migracji zanieczyszczeń do warstw wodonośnych. Dzieje się tak w przypadku nieodpowiedniej lub wadliwej cementacji odwiertu.

6. W podobnym zagrożeniu znajdują się również główne użytkowe poziomy wodonośne, które również na znacznych obszarach znajdują się w warstwach o wysokiej podatności na zanieczyszczenie z powierzchni terenu.

7. W razie podjęcia eksploatacji gazu łupkowego na obszarze koncesyjnym Nowa Sól należy spodziewać się jednoczesnego funkcjonowania kilkuset wiertni. Mając na uwadze częstotliwość z jaką obecnie dochodzi do naruszeń standardów ochrony środowiska oraz zdrowia ludności można spodziewać się nawet kilkunastu przypadków wycieku zanieczyszczeń płynnych do wód podziemnych lub powierzchniowych oraz podobnej ilości przypadków nieprawidłowego przetwarzania, składowania lub transportu odpadów stałych zawierających min. zwierciny, substancje ropopochodne oraz solanki.

Bibliografia

1. Amico Ch., DeBelius D., Detrow S., Stiles M., 2014, Shale Play. Natural Gas Drilling

in Pennsylvania. StateImpact. Adres URL (stan na dzień 25-02-2014 r.):

<http://stateimpact.npr.org/pennsylvania/drilling/>

2. Bońda R., Siekiera D., Szuflicki M., 2014, Mapa koncesji na poszukiwanie gazu ziemnego "shale gas" wg stanu na 31-01-2014 r. Ministertwo Środowiska, adres URL (stan na dzień 26-02-2014 r.): https://www.mos.gov.pl/kategoria/260_mapy/
3. Brodziński I., Zembal M., Formowicz R., Michniewicz M., 2004, Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50000. Arkusz Sulechów (0538), PIG, Warszawa.
4. Chmura A., Michniewicz M., 2004, Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50000. Arkusz Kargowa (0539), PIG, Warszawa.
5. Chmura A., Michniewicz M., 2004, Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50000. Arkusz Klenica (0576), PIG, Warszawa.
6. Czerski M., Pacholewski A., 2004, Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50000. Arkusz Nowa Sól (0612), PIG, Warszawa.
7. DiGiulio D., Wilkin R., Miller C., Oberley G., 2011, Investigation of Ground Water Contamination near Pavillion, Wyoming. US Environmental Protection Agency, Adres URL (stan na dzień 12-01-2013 r.): <http://www2.epa.gov/region8/draft-investigation-ground-water-contamination-near-pavillion-wyoming>
8. Hammer R., VanBriesen J., Levine L., 2012, In Fracking's Wake: New Rules are Needed to Protect Our Health and Environment from Contaminated Wastewater. NRDC Document May 2012 d:12-05-A. Natural Resources Defence Council. Adres URL (stan na dzień 12-02-2014 r.): <http://www.nrdc.org/energy/files/fracking-wastewater-fullreport.pdf>
9. Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002, Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa.
10. Multan M., 2003, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Kargowa (539), PIG, Warszawa.
11. Nowak J., 2003, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Sulechów (538), PIG, Warszawa.
12. Rogoż M., 2004, Hydrogeologia kopalniana z elementami hydrogeologii ogólnej. Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
13. Szałajdewicz J., 1995, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Konotop (576), PIG, Warszawa.
14. Sztromwasser E., 2003, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Nowa Sól (612), PIG, Warszawa.
15. Ścisłowicz W., Bogacz B., Dziubek K., Rychlewski Ł., Szwedo R., Tott M., Urbańczyk M., 2013, Raport o oddziaływaniu na środowisko przedsięwzięcia: Poszukiwanie i rozpoznawanie złóż

ropy naftowej i gazu ziemnego w obszarze „Nowa Sól” (część bloków koncesyjnych nr 224,244 i 245). GEOKRAK Sp. z o. o., Kraków.

16. Urbański K, 2003, Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski 1:50000. Arkusz Zielona Góra (575), PIG, Warszawa.

17. Wagner J., Sadurski A., Michniewicz M., 2004, Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50000. Arkusz Zielona Góra (0575), PIG, Warszawa.