

WPLYW EKSPLOATACJI ZAWODNIONYCH ZŁÓŻ KRUSZYWA NATURALNEGO NA MIEJSCOWE WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

IMPACT OF THE UNDERWATER EXTRACTION OF NATURAL AGGREGATE DEPOSITS ON LOCAL HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS

Leszek Jurys - Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Oddział Geologii Morza, Gdańsk

W artykule przedstawiono wpływ wydobycia kruszywa naturalnego z zawodnionych złóż na wody powierzchniowe i podziemne. Podstawą opisu i oceny oddziaływania są dane hydrogeologiczne zawarte w dokumentacjach geologicznych oraz wieloletnie pomiary i obserwacje wód wypełniających wyrobiska oraz monitorowanych w studniach obserwacyjnych – piezometrach. Stwierdzono brak niekorzystnego oddziaływania wydobycia spod wody kruszywa naturalnego na okoliczne wody gruntowe i powierzchniowe, jeśli wyrobiska nie są odwadniane i nie są połączone z wodami powierzchniowymi. Dotyczy to złóż o stabilnych warunkach hydrogeologicznych. Występujące w wyrobiskach i ich otoczeniu zmiany poziomu wód gruntowych są głównie skutkiem naturalnej zmienności infiltracji do gruntu wód opadowych. W złożach posiadających niestabilne warunki hydrogeologiczne wpływ eksploatacji kruszywa spod wody musi być indywidualnie analizowany. W większości przypadków wpływ ten nie wystąpi, lub będzie bez znaczenia, ale należy się także liczyć z brakiem możliwości oceny.

Słowa kluczowe: złoża kruszywa naturalnego, eksploatacja kruszywa spod wody, warunki hydrogeologiczne, wahania zwierciadła wody, oddziaływania wydobycia

The article presents the impact of underwater extraction of natural aggregates on surrounding surface and underground water. The description and impact assessment was based on hydrogeological data included in the geological documentations, long-term measurements, observations of water filling the excavations and water table fluctuations monitored in observation wells - piezometers. It was assessed that if during extraction there is no quarry dewatering or connection to surface waters, there is no adverse impact of underwater extraction of natural aggregates on the surrounding groundwater and surface water. That applies to deposits with stable hydrogeological conditions. The changes in the groundwater level in the excavations and their surroundings are mainly due to the natural variability of the infiltration of the precipitation water. In deposits with unstable hydrogeological conditions, the impact of underwater extraction of aggregates must be analyzed individually. Although in most cases hydraulic impact will not occur, or it will be negligible, or will be problematic to evaluate.

Keywords: natural aggregate deposits, underwater exploitation of aggregates, hydrogeological conditions, fluctuations of the water table, hydraulic impact

Wstęp

Najbardziej wyraziste skutki odkrywkowej eksploatacji piasku czy żwiru w postaci wyrobiska i hałd widoczne są gołym okiem. Sprawia to, że oczywista wydaje się konieczność skutecznej rekultywacji terenów poeksploatacyjnych, najlepiej poprzez całkowite zatarcie śladów górniczej aktywności. Inaczej jest z oddziaływaniem eksploatacji, którego nie widać. Jeśli występuje, może wymagać przeprowadzenia specjalistycznych obserwacji i badań. Gorzej, jeśli takiego oddziaływania brak a teoretycznie może mieć ono miejsce. Udowodnienie braku oddziaływania jest prawie zawsze trudniejsze. Szczególnie dotyczy to wpływu wydobycia kopaliny na wody powierzchniowe i podziemne. Standardowymi są obawy o okoliczną szatę roślinną, a szczególnie o obniżenie poziomu wód gruntowych i ich zanieczyszczenie.

Szeroka wiedza na temat wpływu wydobycia kopaliny z zawodnionych złóż na środowisko, oparta na specjalistycz-

nych badaniach, dotyczy głównie przypadków eksploatacji podziemnej oraz odkrywkowej połączonej z odwadnianiem górotworu. W kopalniach odkrywkowych celem odwadniania jest lokalne obniżenie zwierciadła wód podziemnych mogące niekorzystnie wpłynąć na okoliczne studnie, a nawet wody powierzchniowe. Świadomość takich oddziaływań i wręcz pewność ich wystąpienia stała się częścią powszechnej opinii o skutkach działalności górniczej w ogóle, w tym także eksploatacji kopaliny o znaczeniu lokalnym. Niestety, bardzo często takie poglądy posiadają również przedstawiciele instytucji i organizacji włączonych w formalny proces oceny oddziaływania na środowisko planowanego, lokalnego wydobycia kopaliny. Prawie zawsze z takimi poglądami trzeba się zmierzyć podczas procedury oceny oddziaływania na środowisko i opracowania raportów oddziaływania na środowisko wydobycia spod wody kruszywa naturalnego.

W niniejszej pracy przedstawiono skrótowo najczęściej występujące w złożach kruszywa naturalnego (piasku i żwiru)

warunki hydrogeologiczne, a w tym możliwości ich zmiany podczas eksploatacji oraz potencjalne oddziaływanie tych zmian na wody gruntowe i powierzchniowe.

Podstawą są dane pochodzące z dokumentacji geologicznych, projektów zagospodarowania złóż, specjalistycznych opracowań hydrogeologicznych oraz wykonywanych corocznie podczas eksploatacji map wyrobisk, potrzebnych dla sporządzenia operatów ewidencyjnych zasobów. Ważnymi były także prowadzone przez wiele lat obserwacje eksploatacji złóż i związanych z tym problemów środowiskowych oraz społecznych. Uzyskane dane i obserwacje są zwykle niestety niepełne. Pochodzą głównie z obszaru województwa pomorskiego oraz częściowo województw ościennych. Obejmują one zdecydowaną większość dużych złóż kruszywa znajdujących się na wskazanym terenie, eksploatowanych w okresie ostatnich trzydziestu lat.

Niektóre nazwy złóż wymieniane w dalszej części artykułu nie mają znaczenia formalnego. Mogą one dotyczyć pierwotnej nazwy złoża już nie istniejącego, bo na przykład podzielonego na złoża mniejsze.

W artykule nie podjęto oceny wpływu rekultywacji wyrobisk, niekiedy prawdopodobnie istotnego.

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych złoża

Właściwa ocena wpływu eksploatacji na wody podziemne i powierzchniowe jest możliwa tylko na podstawie dobrego rozpoznania warunków hydrogeologicznych w złożu i jego okolicy. Podstawowa część rozpoznania ma miejsce podczas dokumentowania złoża. Dalsze rozpoznanie ma miejsce podczas eksploatacji i rzadziej w ramach specjalnych prac.

Rozpoznanie przed eksploatacją

Powstanie dokumentacji geologicznej złoża jest wynikiem prac i robót poszukiwawczych i rozpoznawczych, których zakres jest projektowany przez uprawnionych geologów. Zawsze celem projektowanych prac i robót jest odpowiednio dokładne rozpoznanie parametrów złoża, wielkości zasobów i jakości kopaliny. Drugim, równie ważnym celem jest rozpoznanie warunków geologiczno-górnictwowych oraz hydrogeologicznych. W przypadku większości złóż kruszywa naturalnego obserwacje i badania hydrogeologiczne wykonuje się w ramach rozpoznania złoża. Jednak pierwsze informacje o wodach podziemnych w rejonie badań zbierane są na etapie projektowania robót wiertniczych. Pochodzą one ze starszych wierceń (tzw. dane archiwalne), map topograficznych oraz specjalistycznych map zwłaszcza hydrogeologicznych. Podczas opracowania dokumentacji geologicznych wszystkie te informacje są porównywane i analizowane, a ich omówienie i wnioski przedstawione w odrębnym rozdziale części tekstowej dokumentacji geologicznej. Prawidłowość rozpoznania hydrogeologicznego złoża jest oceniana na etapie zatwierdzania dokumentacji geologicznej.

W projekcie zagospodarowania złoża warunki hydrogeologiczne są analizowane jeszcze raz, także pod kątem możliwości ich zmiany podczas eksploatacji złoża i późniejszej rekultywacji.

Kolejny raz analizy warunków hydrogeologicznych dokonywane są na etapie rozpoznania wpływu eksploatacji na środowisko. Na etapie tym prawidłowość analiz i wniosków jest oceniana przez instytucje do tego powołane, ale także przez

pro środowiskowe organizacje społeczne. Zwykle ocen tych nie dokonują geolodzy (hydrogeolodzy) lecz przedstawiciele innych specjalności, związanych z szeroko rozumianą ochroną środowiska, co prowadzi do wspomnianych we wstępie kontrowersji.

Rozpoznanie podczas eksploatacji

Rozpoczynając eksploatację zachodzi potrzeba praktycznego ustalenia rzędnej poziomu transportowo-wydobywczego na wysokości około 0,5 do 1 m nad zwierciadłem wody. Wstępnie jest ona ustalona na podstawie danych z rozpoznania złoża, a dokładniej przez wykonanie wkopu. Wydobywając kopalinę spod wody zwykle nie prowadzi się obserwacji hydrogeologicznych innych niż zamierzenie rzędnej zwierciadła wody w wyrobisku podczas standardowych, corocznych pomiarów dla sporządzenia operatu ewidencyjnego zasobów. Nieliczne, znane autorowi przypadki szerszego zakresu badań związane były z pojawieniem się konkretnych problemów spowodowanych próbami odwadniania wyrobisk, lub składowaniem w wyrobisku odpadów oraz na wyraźne żądanie służb ochrony środowiska, najczęściej inspirowanych społecznymi interwencjami.

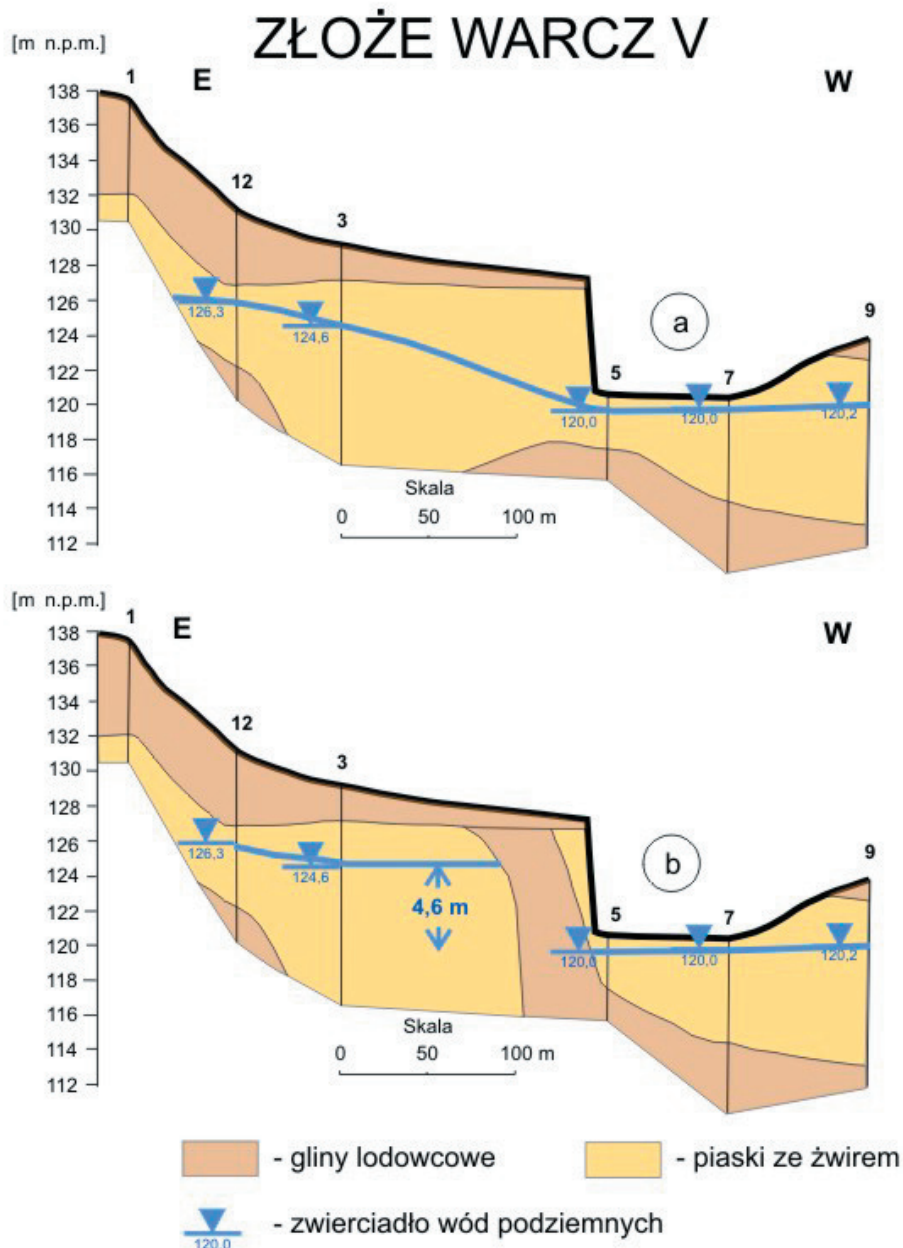
Zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych złóż

Jak już wspomniano, na podstawie danych pochodzących głównie z dokumentacji geologicznych oraz własnych obserwacji warunki hydrogeologiczne w obrębie złóż kruszywa w północnej Polsce można podzielić na dwie grupy: warunki proste i stabilne, podobne w wielu złożach oraz warunki indywidualnie zróżnicowane, niestabilne.

Złoża stabilnie zawodnione są częścią serii piaszczysto żwirowej występującej na większym obszarze, będącej warstwą wodonośną pierwszego poziomu wód podziemnych. Klasycznym przykładem są złoża na obszarach sandrowych, także w pradolinach, takie jak Rybaki i Grzybowo koło Kościerzyny, Nielbark i Kurzętnik w Pradolinie Drwęcy. Są to zwykle złoża pokładowe i dają się łatwo zidentyfikować na podstawie mało zróżnicowanego, nie przekraczającego 2,5 m, położenia zwierciadła wody w gruncie oraz prostej budowy geologicznej złoża i jego okolic. Podobne zawodnienie występuje w złożach będących częścią kopalnych serii sandrowych (złożo Borowiec) i niektórych osadów wodnolodowcowych akumulowanych w szczelinach (złożo Warcz VI). Na ogół powierzchnia takich złóż wynosi co najmniej kilkanaście hektarów.

W przypadku złóż powstałych w drodze podziału złoża większego, analizę warunków hydrogeologicznych winno się w miarę możliwości oprzeć o całość danych i obserwacje zawodnienia starszych wyrobisk. Przykładowo złożo „Mirowo” ma zmienne warunki hydrogeologiczne, ale wydzielone z niego złożo „Mirowo I” było stabilnie zawodnione pod warunkiem nie łączenia wyrobisk z wyrobiskiem w przyległym złożu „Mirowo II”.

Złoża zawodnione w sposób indywidualnie zróżnicowany, niestabilny (skomplikowany) charakteryzuje zmienne, także w czasie, położenie ustabilizowanego zwierciadła wód gruntowych, a nawet niekiedy występowanie suchej warstwy złożowej na głębokości, na której teoretycznie woda być powinna. Przyczyną tego jest zwykle skomplikowana budowa geologiczna jak w złożu „Warcz V” (rys. 1) i „Mirowo II”. Inną przyczyną jest występowanie w złożu przewarstwień osadów spoiwych, na których mogą się gromadzić okresowo wody zawieszane, lub też położenie spągu złoża na bardzo



Rys. 1. Złoże Warcz V - przekroje geologiczne, a - z dokumentacji geologicznej, b - na podstawie danych z eksploatacji
 Fig. 1. Warcz V deposit - geological cross sections, a - from the geological documentation, b - data obtained during the exploitation

nierównej powierzchni glin i innych osadów opóźniających infiltrację wód w głąb górotworu. Wody gromadzą się wówczas w zagłębieniach powierzchni gliniastej na różnej wysokości – złoże „Kościernica” (rys. 2).

W każdym przypadku, gdy różnica położenia ustabilizowanego zwierciadła wody w sąsiednich otworach przekracza 2,5 m należy to szczegółowo rozpoznać. Takie i większe różnice położenia zwierciadła wody występowały w złożach tej grupy.

Potencjalne oddziaływanie wydobycia kruszywa naturalnego na wody powierzchniowe i podziemne

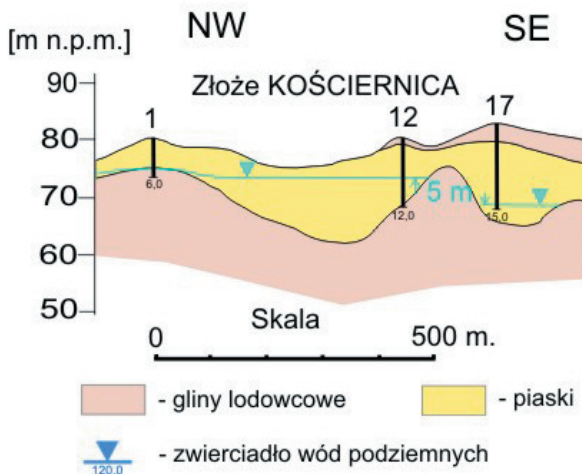
Jak już wspomniano rozpatrywane jest oddziaływanie eksploatacji zawodnionych złożeń kruszywa naturalnego bez odwadniania wyrobisk.

W przebiegu procedury i w raporcie oddziaływania na środowisko eksploatacji złożeń, niekiedy także w karcie in-

formacyjnej przedsięwzięcia należy przedstawić, czy istnieje możliwość zaburzenia stosunków wodnych w gruncie i na powierzchni terenu oraz możliwość zanieczyszczenia wód. Oddziaływania te, z założenia negatywne, należy przewidzieć w okresie funkcjonowania kopalni i po jej zakończeniu.

Obszerne teoretyczne pojęcie zaburzeń stosunków wodnych w gruncie w praktyce sprowadza się do wpływu eksploatacji na zmiany położenia zwierciadła wody w złożu i okolicy. Jeśli eksploatacja istotnie wpłynie na położenie zwierciadła wody może również spowodować zmiany wielkości i kierunku przepływu wód. Z natury rzeczy zaburzenie dotyczyć może tylko stabilnych warunków hydrogeologicznych. Zaburzenie niestabilnych warunków hydrogeologicznych wydaje się logicznie sprzeczne i może okazać się niemożliwe do stwierdzenia.

Oddziaływanie eksploatacji na wody powierzchniowe może mieć miejsce podczas odwadniania wyrobisk, lub



Rys. 2. Złoże Kościernica - przekrój geologiczny
Fig. 2. Kościernica deposit - geological cross section

wpuszczenia wód ciekłu powierzchniowego do wyrobiska oraz drastycznego obniżenia poziomu wód gruntowych zasilających ciek. W innych przypadkach jest mało prawdopodobne

Zanieczyszczenie wód podczas eksploatacji mogłoby się wiązać z wprowadzeniem do nich niepożądanych składników, a takich na kopalni się nie używa.

Cechy i sposoby eksploatacji mogące wpłynąć na wody gruntowe

W praktyce stosowane są dwa sposoby wydobycia kruszywa spod wody: przy użyciu koparek naczyniowych i pogłębiarek. Koparki mogą urabiać złoże stojąc na brzegu zawodnionego wyrobiska lub pływając. Urobek koparek stojących na brzegu jest zawsze składowany za koparką do czasu, aż wypłynie zeń woda. Z koparek pływających mokry urobek transportowany jest na brzeg zbiornika przenośnikami taśmowymi. Podczas transportu większość wody wycieka do wyrobiska.

Inaczej jest w przypadku eksploatacji złoża przy użyciu pogłębiarek, które do urabiania i transportu kopaliny używa wody. W tym przypadku urobek jest odwadniany w odwadniaczach, lub grawitacyjnie w basenach refulacyjnych przy wyrobisku. W obydwu przypadkach woda wraca do zawodnionego wyrobiska.

Ze względów ekonomicznych i technologicznych do dalszego transportu, np. do zakładu przerobczego, kwalifikuje się tylko urobek odwodniony.

Pazdro Z. i Kozerski B. [3] podają, że współczynnik porowatości (porowatość) piasków wynosi od 20 do 48 %, a dla żwirów od 20 do 55 %. Autorzy ci podają również, że „Dobrą defiltracją (odsączalnością – przyp. aut.) charakteryzują się skały gruboziarniste, w których odsączalność jest duża, nieraz objętościowo równa porowatości” co oznacza, że straty wody podczas eksploatacji są bardzo małe i ograniczają się do wilgotności molekularnej. W podanym przykładzie, w postaci wykresu, dla piasku o średnicy ziaren 1 mm i porowatości 30 % straty wynoszą 5 %, a dla żwiru o średnicy ziaren 5 mm 1 % objętości skały. Przy dziennym wydobyciu np. około 1000 ton (530 m³) kruszywa piaskowo-żwirowego wydobydzie się od 5 do 26 m³ wody w postaci wilgotności, tej, która nie wróci do wyrobiska. W przypadku wyrobiska o powierzchni 0,5 ha mogłoby to spowodować obniżenie lustra wody maksymalnie o około 5 mm, przy wyłącznie teoretycznym założeniu braku

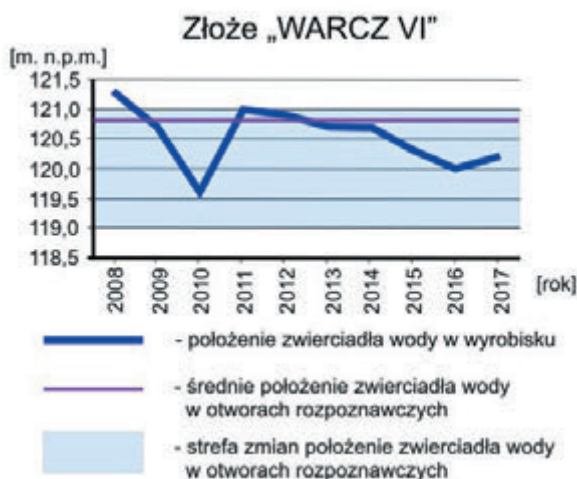
dopływu wód do wyrobiska. Trudno sobie wyobrazić powstanie z tej przyczyny wokół wyrobiska, dającego się zmierzyć leja depresyjnego. Wahania poziomu wody (nie wynikające z odwadniania) mają jednak miejsce i są wyraźnie skorelowane z wielkością opadów atmosferycznych.

Rozpatrując wielkość „wydobycia wody” wraz z kopaliną należy pamiętać, że wyrobiska w osadach piaszczysto-żwirowych są miejscem zwiększonego zasilania wód gruntowych wodami opadowymi. Powierzchnia wyrobiska bez nadkładu, pozbawiona roślinności - brak transpiracji, jest miejscem zwiększonej infiltracji wód opadowych, które łatwo wsiąkają w piaszczysto-żwirową kopalinę, lub zasilają otwarty zbiornik wodny. Na Long Island (USA) fakt ten jest wykorzystywany dla sztucznego zasilania wód podziemnych [1] gdzie specjalnymi wyrobiskami – basenami infiltracyjnymi odsłania się warstwę wodonośną.

W polskich warunkach zasilanie wód gruntowych poprzez zawodnione wyrobiska będzie mniejsze, głównie ze względu na parowanie z otwartej powierzchni wody wypełniającej wyrobiska. Badania parowania z powierzchni Jeziora Raduńskiego na Kaszubach prowadzone przez E. Wałkusza i J. Jańczaka z Uniwersytetu Gdańskiego [4] wskazały na przewagę parowania (546,4 mm) nad opadem atmosferycznym (377,5 mm) w miesiącach od maja do października w latach 2005-2008. W pozostałych miesiącach, w tym zimowych, badań ze względu na klimatycznych nie prowadzono. Można jednak przypuszczać, że w okresie tym parowanie będzie niewielkie i mniejsze od opadów. Autorzy ci w omówieniu wcześniejszych badań wskazują na powszechność wśród badaczy jezior poglądu, że opady i parowanie w większości jezior w wieloletnim okresie się równoważą.

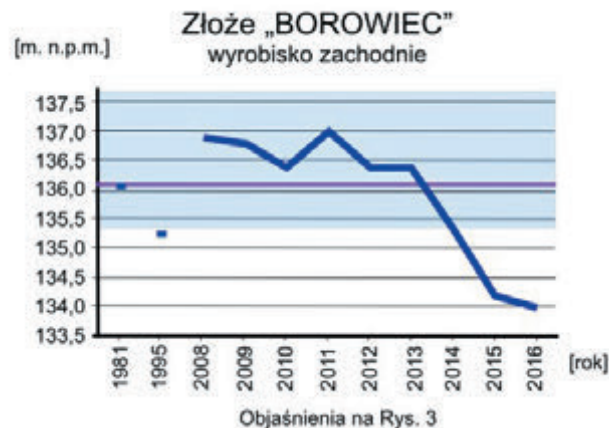
Eksploatacja kopaliny prowadzona zgodnie z przepisami na podstawie planu ruchu zakładu górniczego, lub projektu technicznego eksploatacji nie powoduje zanieczyszczeń wód gruntowych. Nawet potencjalnie możliwe zanieczyszczenie wód substancjami ropopochodnymi w przypadkach awarii maszyn miałyby znikomą wielkość, łatwą do usunięcia na miejscu. Podczas eksploatacji nie używa się żadnych środków mogących zanieczyścić bezpośrednio lub pośrednio wodę. Wody w wyrobiskach mają czystość dopływających do nich wód gruntowych [5] i opadowych. Potwierdziły to pojedyncze przypadki badań laboratoryjnych.

Oddziaływanie eksploatacji na jakość wód gruntowych ma jednak miejsce, ale jest to oddziaływanie pozytywne [2]. Wody opadowe infiltrujące do gruntu na terenach wyrobisk pozbawionych pokrywy roślinnej i gleby nie wymywają i nie rozpuszczają różnych składników glebowych przez co do wód gruntowych trafiają czyste wody opadowe. Prawie zawsze, zaraz po powstaniu zawodnionego wyrobiska, w wodzie rozwijają się masowo glony. Przyczyną jest powszechne występowanie zanieczyszczeń porolnych (nawozów itd.) w górnej warstwie wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego, z tego powodu uznawanego za „poziom nieużytkowy”. W krótkim okresie czasu, po upływie 2 - 3 lat, w zawodnionym wyrobisku i na jego piaszczysto-żwirowych brzegach powstaje ekosystem wykorzystujący porolne zanieczyszczenia, pełniący funkcję swoistej oczyszczalni biologicznej [2]. Płynące w warstwie wodonośnej wody gruntowe przepływają także przez zawodnione wyrobiska. Wówczas do wyrobisk dopływa woda zanieczyszczona, a do gruntu trafia woda przynajmniej częściowo oczyszczona.



Rys. 3. Kopalnia Warcz VI - wykres zmian poziomu zwierciadła wody w wyrobisku

Fig. 3. Warcz VI mine - a graph of changes of water table in the excavation



Rys. 4. Kopalnia Borowiec - wykres zmian poziomu zwierciadła wody w wyrobisku zachodnim

Fig. 4. Borowiec Mine - a graph of changes of water table in the western excavation

Oddziaływanie eksploatacji na wody gruntowe – stan rzeczywisty

Przedstawiony powyżej ogólny opis oddziaływania eksploatacji kruszywa ze złóż zawodnionych zweryfikowano przykładami ponad dwudziestu złóż z terenu województw pomorskiego, zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego. W kilku przypadkach podstawą weryfikacji były wiarygodne i w miarę obszerne dane liczbowe o zachowaniu się wód w wyrobiskach.

Dane uzyskane z eksploatacji dziesięciu złóż o niestabilnych, indywidualnie zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych z natury rzeczy nie nadawały się do uogólnienia. Były to złoża: Mirowo II, Wolny Dwór III, Kościernica, Warcz V, Warnino, Dzierżoń, Gołębiewo wielkie, Elganowo, Janowiec, Pręgowo i Sianów. Po analizie przebiegu ich eksploatacji można stwierdzić, że oddziaływanie na wody gruntowe pojawiło się jedynie w jednym przypadku. W złożu Warcz V na skutek krótkotrwałego odwadniania wyrobisk obniżono poziom wód gruntowych w okolicy, co doprowadziło do zaniku wody w najbliższych studniach. Po zakończeniu odwadniania warunki hydrogeologiczne wróciły do pierwotnego stanu. W złożu Elganowo w wyrobisku zostały złożone zanieczyszczone masy ziemne i aktualnie prowadzony jest monitoring wód dla stwierdzenia czy wystąpią w nich przewidywane zanieczyszczenia. W pozostałych złożach nie występowały niekorzystne oddziaływania eksploatacji na wody powierzchniowe i podziemne.

Z jedenastu eksploatowanych złóż stabilnie zawodnionych (Rybaki, Warcz VI, Borowiec, Kurzętnik, Nielbark, Delowo, Barkoczyn, Niedamowo, Pszczółki, Lubiana i Owśnica) dla dwóch uzyskano dane umożliwiające przedstawienie zmian położenia zwierciadła wody w wyrobiskach w dłuższym okresie czasu i porównanie ich z obserwacjami pochodzącymi z monitoringu wód podziemnych prowadzonego przez Państwową Służbę Hydrogeologiczną. Eksploatacja kruszywa naturalnego z pozostałych złóż była przedmiotem wielokrotnych obserwacji terenowej autora, zwykle udokumentowanej fotograficznie. Zebrano także dostępne dane, najczęściej przedstawione w różnych opracowaniach geologicznych.

Złoże „Warcz VI” znajduje się około 17 km na południowy wschód od Gdańska. Stanowi ono część piaszczysto-zwirowej,

kopalnej serii wodnolodowcowej przykrytej glinami zwałowymi. Górna część złoża jest sucha. Eksploatację złoża rozpoczęto w 2008 r. Do 2010 r. wydobywanie prowadzono tylko w piętrze suchym z poziomu transportowo-wydobyczego położonego w dnie wyrobiska, co najmniej 0,5 m powyżej zwierciadła wody. W okresie tym znajdowało się ono najniższe, bo na wysokości co najwyżej 119,6 m n.p.m. W latach 2011 – 2017 odsłonięte w wyrobisku zwierciadło wody mierzone na przełomie grudnia i stycznia, znajdowało się na rzędnych od 120,0 do 121,0 m n.p.m. (rys. 3) Jednak w latach tych, zdarzyło się co najmniej dwukrotnie, późną wiosną, także w kwietniu tego roku (fot.1), że pomimo intensywnej eksploatacji poziom wód podniósł się na tyle, by zalać część wyrobiska.

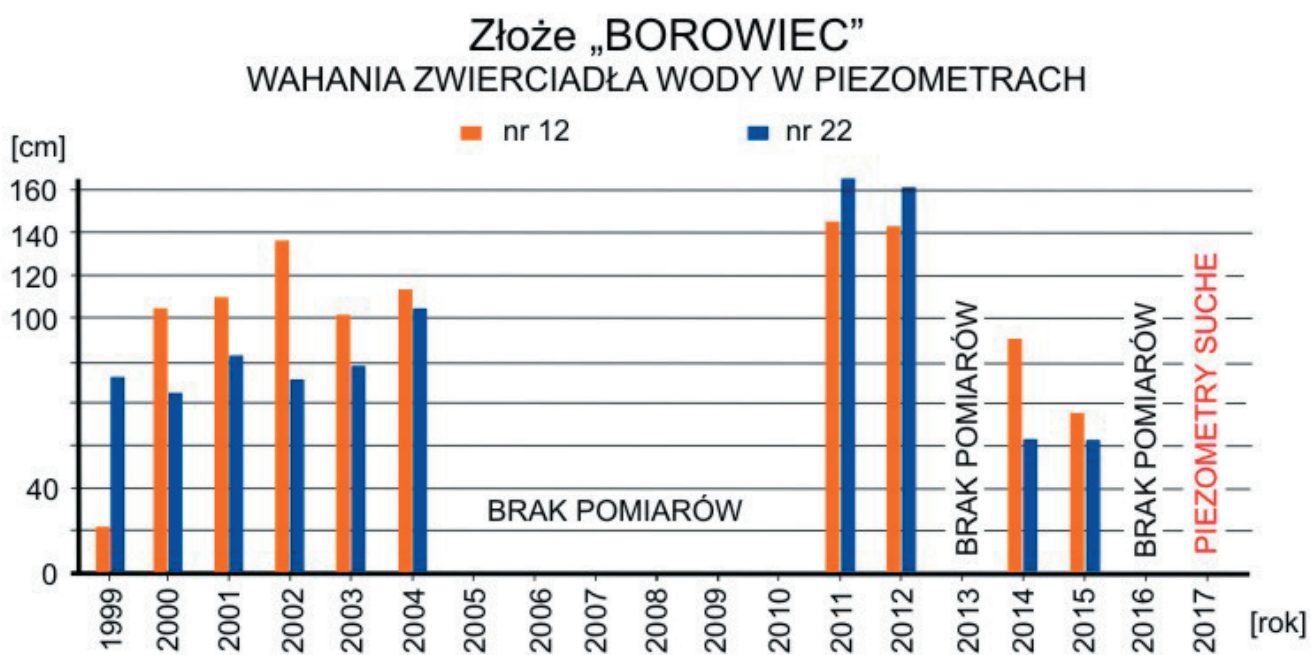
W otworach rozpoznawczych złoża ustabilizowane zwierciadło wody znajdowało się na wysokości od 119,0 do 121,2 m n.p.m., średnio 120,8 m n.p.m., takiej samej jak średnio w wyrobisku, w całym, dotychczasowym okresie eksploatacji. Podobne są także amplitudy wahań położenia zwierciadła wody w otworach badawczych i w wyrobisku. Obserwacje zmian poziomu zwierciadła wody w wyrobisku wskazują na ich ścisły związek z wielkością opadów atmosferycznych. Jeśli eksploatacja kruszywa wpływa, to w zbyt małym, nie dającym się zmierzyć zakresie, na poziom wód w wyrobisku, a tym samym także na poziom wód gruntowych.

Prawdopodobnie wody złożowe zasilają płynącą około 150 m na wschód od kopalni rzeczkę Kłodawę, w której zwierciadło wody znajduje się na wysokości około 117,5 m n.p.m. Należy zatem przyjąć, że eksploatacja kruszywa spod wody także nie mogła zauważalnie zmienić wielkości przepływu wody w Kłodawie.

Złoże Borowiec znajduje się około 10 km na zachód od Oliwy, dzielnicy Gdańska. Jest eksploatowane od lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku. Dane uzyskane dzięki uprzejmości Zarządu firmy Polgravel z Gdańska dotyczą jednak okresu od 1995 r. i są to wyniki pomiarów zwierciadła wody w wyrobiskach oraz w sieci piezometrów rozmieszczonych na złożu i w jego okolicy. Pomiarzy nie są kompletne, a w piezometrach dodatkowo robione nieregularnie, tym niemniej dość dobrze ilustrują zmiany położenia zwierciadła wody i dają się porównać z obserwacjami pochodzącymi z monitoringu wód podziemnych prowadzonego przez Państwową Służbę Hydrogeologiczną.



Fot. 1. Kopalnia Warcz VI podniesiony poziom wody w wyrobisku
 Fot. 1. Warcz VI mine - raised water level in the excavation



Rys. 5. Kopalnia Borowiec - wykresy zmian poziomu zwierciadła wody w piezometrach nr 12 i 22
 Fig. 5. Borowiec Mine - graphs of changes in water level in piezometers 12 and 22

Serię złożową stanowi seria wodnolodowcowych piasków i żwirów, suchych jedynie w części przystropowej. Nad złożem zalegają gliny zwałowe. Na powierzchni złoża znajdują się ciekłe powierzchniowe nie posiadające więzi hydraulicznej z wodami złożowymi. Główny ciek Strzelenka jest dopływem Raduni, przez co był włączony do strefy ochronnej ujęcia wód pitnych z Raduni w Straszynie. Dodatkowo około 3 km na północny wschód od złoża znajduje się ujęcie wód głębinowych w Osowej. Powyższe uwarunkowania sprawiły, że na użytkownika złoża nałożony został obowiązek monitoringu wód złożowych.

Już pierwsze dane o wodach złożowych wskazują na typową dla wód pierwszego poziomu wodonośnego zmienność wysokości występowania swobodnego lustra wody. W otworach poszukiwawczych i rozpoznawczych wykonanych w latach 1972 - 1976 ustabilizowane zwierciadło wody występuje na różnych wysokościach, najwyższej w roku 1972 (137,7 m n.p.m.) a najniższej w roku 1974 (135,9 m n.p.m.) – średnia 136,1 m n.p.m.

Położenie zwierciadła wody mierzono w dwóch wyrobiskach rozdzielonych filarem ochronnym rzeki Strzelenki. W wyrobisku wschodnim w latach od 1981 do 2016, a w zachodnim w latach od 2008 do 2016. Niestety, jak już wspomniano dane nie są kompletne. Coroczny pomiar obejmuje okres ostatnich 8 lat.

W wyrobisku wschodnim w okresie 35 lat zwierciadło wody znajdowało się na wysokości od 134,0 do 136,9 m n.p.m., najwyżej w roku 2008 a najniższej w 2016.

Położenie zwierciadła w wyrobisku zachodnim w latach 2008 – 2016 wahało się od 134,0 do 136,7 m n.p.m. Najniższej w roku 2016, a najwyżej w latach 2008 i 2009 (rys. 4).

W pięciu miejscach wokół kopalni wykonano płytkie (od 4 do 8 m) piezometry. Piezometry o nr 11, 12 i 13 znajdują się około 1,5 km na północny zachód od kopalni i pozwalały rejestrować zmiany położenia zwierciadła wody poza przypuszczalnym zasięgiem oddziaływania eksploatacji. Pozostałe cztery grupy piezometrów znajdują się w pobliżu wyrobisk. Pomiędzy dwoma czynnymi wyrobiskami znajdują się piezometry o nr 21, 22 i 23. Pomiarów rozpoczęto w 1999 r. Mierzono położenie zwierciadła wody poniżej powierzchni terenu o nieznaną rzędną. Z tego powodu bezpośrednie porównanie tych pomiarów ze pomiarami wody w wyrobiskach nie jest możliwe. Można jednak porównać wieloletnie tendencje zmian. Są one następujące: do roku 2013 zwierciadło wody w wyrobiskach znajdowało się na wysokości średnio nieco wyższej niż w otworach badawczych (przed eksploatacją), a w jego zmianach nie rysuje się żadna tendencja. Dopiero po roku 2013 następuje stałe obniżenie się położenia zwierciadła wody w wyrobiskach o około 2,3 m do końca 2016 r. Bardzo podobne zmiany były obserwowane w piezometrach kopalnianych. Do roku 2012 (w 2013 r. brak pomiarów) zmiany położenia zwierciadła wody w piezometrach nie wykazują żadnej tendencji. Od roku 2014 poziom wody szybko spada o ponad 2,5 m i na początku 2017 r. w piezometrach stwierdzono brak wody. Dotyczyło to zarówno piezometrów nr 11, 12 i 13 położonych około 1,5 km na NW od czynnych wyrobisk jak i położonych pomiędzy wyrobiskami (nr 21, 22 i 23) (rys.5).

Podobne obniżenie się położenia zwierciadła wody stwierdzono w punkcie monitoringu wód podziemnych prowadzonego od 2014 r. przez Państwową Służbę Hydrogeologiczną (PSH) w Chwaszczynie, około 0,8 km na NW od czynnych wyrobisk.

W okresie od kwietnia 2014 r. do czerwca 2016 r. zwierciadło wody obniżyło się w sposób ciągły o 1 m. Zjawisko obniżenia się zwierciadła wód w gruncie i wyrobiskach ma charakter regionalny i stało się podstawą wydania przez PSH ostrzeżenia o „występowaniu stanu zagrożenia hydrogeologicznego w postaci niżówki hydrogeologicznej w płytkich poziomach wodonośnych o zwierciadle swobodnym”.

Obserwowany spadek poziomu wód gruntowych w piezometrach i w wyrobiskach kopalni Borowiec należy wiązać z niżówką hydrogeologiczną, zwłaszcza, że w ostatnich kilku latach nie zmieniono istotnie sposobu i wielkości wydobywania. W latach wcześniejszych poziom wód w wyrobiskach znajdował się na wysokości identycznej jak przed eksploatacją, a jego wahania nie wykazywały tendencji.

Podsumowanie

Wieloletnie pomiary i obserwacje wydobywania spod wody piasków i żwirów ze złóż o stabilnych warunkach hydrogeologicznych, nie wykazały niekorzystnego wpływu eksploatacji na położenie zwierciadła wód gruntowych. Jednak pod warunkiem braku odwadniania wyrobisk. Konsekwencją tego faktu jest brak oddziaływania na kierunki i wielkość przepływu wód w gruncie oraz na związane z wodami podziemnymi, wody powierzchniowe.

Tak jednoznacznej i korzystnej opinii nie można odnieść do eksploatacji piasku i żwiru ze złóż o skomplikowanych, indywidualnie zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych. Jak już wspomniano koniecznym jest rozpoznanie przyczyn zróżnicowania, najlepiej jeszcze przed eksploatacją. W przypadkach, gdy przyczyną jest lokalne, zmienne gromadzenie się infiltrujących do gruntu wód opadowych nie powinny mieć miejsce niekorzystne oddziaływania eksploatacji na wody powierzchniowe i podziemne. W pozostałych przypadkach konieczna jest każdorazowo indywidualna ocena i prowadzenie przez służbę geologiczną zakładu górniczego starannych obserwacji.

Niekorzystny wpływ prawidłowo prowadzonej eksploatacji kruszywa naturalnego na jakość wód gruntowych i w wyrobisku nie występuje. Nawet największe awarie maszyn pracujących w takich kopalniach tego stanu istotnie nie zmieniają. Bardziej możliwe zagrożenia pojawiają się na etapie rekultywacji, lub w przypadku zaniechania eksploatacji. Wówczas suche, lub częściowo zawodnione wyrobiska są często wykorzystywane na składowiska odpadów.

W większości przypadków powstanie podczas eksploatacji piasków i żwirów wyrobisk, w tym zawodnionych ma także niewielkie, ale dobre strony. Są nimi zwiększenie zasilania poziomów wodonośnych względnie czystymi wodami opadowymi oraz biologiczne oczyszczanie wód gruntowych. Innym niebagatelnym plusem jest wzbogacenie wód powierzchniowych o zbiorniki wodne wraz ze związanym z nimi ekosystemami, czego przykładem jest wspomniany „Obszar natura 2000 Żwirownia Skoki”.

Nasuwać się także wnioski dotyczące rozpoznawania warunków hydrogeologicznych w złożach oraz prowadzenia obserwacji i badań podczas eksploatacji.

Jeśli rozpoznając złożo stwierdzi się w sąsiadujących otworach badawczych różnicę w położeniu ustabilizowanego zwierciadła wody przekraczającą 2,5 m koniecznym jest wyjaśnienie tego faktu, w opisie szerszym niż standardowy, a nawet poprzez wykonanie dodatkowych otworów.

Podczas eksploatacji wskazane byłoby częstsze rejestrowanie zmian położenia zwierciadła wody w wyrobiskach, w tym stanów najwyższych i najniższych. Dane te wpłyną korzystnie na bezpieczeństwo ruchu zakładu górniczego i będą przydatne na etapie projektowania rekultywacji.

Monitoring wód winien być także prowadzony podczas eksploatacji złóż o niestabilnych (skomplikowanych) warunkach hydrogeologicznych położonych w sąsiedztwie obszarów chronionych ze względu na walory przyrodnicze.

Literatura

- [1] Chełmicki W., *Woda Zasoby, degradacja ochrona*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2001
- [2] Jurys L., *Ekosystemy zwałowisk i wyrobisk po eksploatacji złóż kruszywa naturalnego, torfu i kredy jeziornej oraz ich znaczenie dla rekultywacji*. *Górnictwo Odkrywkowe* 1-2. 2011
- [3] Pazdro Z., Kozerski B., *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwa Geologiczne. 1990
- [4] Walkusz E., Jańczak J., *Zmienność udziału parowania w bilansie wodnym półrocza letniego Jeziora Raduńskiego Górnego w latach 2005-2008* : Polish Limnological Society, 2009
- [5] Wróbel I., *Hydrologia złóż kredy i Gytii Jeziornych oraz kierunki zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych*. Materiały na II Konferencję naukowo-techniczną „perspektywy zagospodarowania złóż kredy i gytii jeziornych oraz kopalni towarzyszących w Polsce. Zielona Góra 1987



Fot. Jacek Koźma

Krajobraz pokopalniany dawnego odkrywkowego wyrobiska węgla brunatnego „Czaple II”, w okolicy Bronowic w obszarze Łuku Mużakowa