ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: GÓRNICTWO z. 246 Nr kol. 1480

Krzysztof POLAK, Jerzy KLICH
Jacek MOTYKA, Mariusz CZOP
Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

WSTĘPNA CHARAKTERYSTYKA ZMIAN STOSUNKÓW WODNYCH W OBSZARZE WYPEŁNIANIA SIĘ LEJA DEPRESJI KWB „BEŁCHATÓW"[1]

Streszczenie. Przedstawiono główne czynniki kształtujące stosunki wodne w obszarze objętym wzniosem zwierciadła wód podziemnych w rejonie odkrywkowej Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów". Scharakteryzowano również zmiany w polu hydrodynamicznym powstałe w skutek wielkoobszarowych przekształceń geomorfologicznych. Omówiono także zmiany chemizmu wód zarówno w sąsiedztwie wewnętrznego, jak i zewnętrznego zwałowiska nadkładu kopalni.

PRELIMINARY DESCRIPTION OF CHANGES IN GROUNDWATER CONDITIONS IN THE AREA OF FILLING UP THE DEPRESSION CONE OF THE „BEŁCHATÓW" BROWN COAL MINE

Summary. The document presents main factors determining groundwater conditions in the area that used to be a part of the groundwater table rising (open pit Bełchatów lignite mine, central Poland). There is also a description of changes in hydrodynamic field caused by large-scale geomorphological transformations. Moreover, the chemistry of water in the vicinity of both inner and outer dumping ground has been delineated.

[1] Pracę zrealizowano w ramach badań własnych AGH nr 10.10.100.483

Wstęp

Działająca już od ponad 25 lat Kopalnia Węgla Brunatnego „Bełchatów" zaliczana jest do jednej z największych odkrywkowych kopalni w świecie. Wielkość odkrywki oraz intensywna eksploatacja powodują, że kopalnia w znaczący sposób ingeruje w poszczególne elementy środowiska naturalnego, w tym również w środowisko wodne. Ilość przemieszczanych mas sprawia, że przekształcone środowisko gruntowe jest zupełnie nowym w budowie i pod wieloma względami różnym od naturalnego, potencjalnym zbiornikiem wód podziemnych. Całkowita ilość przemieszczonych mas nadkładowych w kopalni przekroczyła już 2200 mln m^3. W początkowych latach istnienia Kopalni zdejmowany nadkład deponowano na zwałowisku zewnętrznym. Przyjęty jednofrontowy system eksploatacji umożliwił stosunkowo szybkie przejście na zwałowanie wewnętrzne nadkładu. W 1989 roku rozpoczęto depozycję nadkładu w wyrobisku, a jego sypanie na zwałowisku zewnętrznym zakończono całkowicie w 1993 roku. Łącznie zdeponowano tam ponad 1255 mln m^3 nadkładu. Natomiast w zwałowisku wewnętrznym do końca 1999 roku zdeponowano już ponad 900 mln m^3.

Jednofrontowy system eksploatacji stosowany w KWB "Bełchatów" powoduje przesunięcie frontu robót o ok. 400 m rocznie w kierunku zachodnim. W tym samym tempie przesuwane jest, z pewnym wyprzedzeniem, centrum drenażu górotworu. Na przedpolu kopalni wykonywane są sukcesywnie nowe studnie odwadniające, które włączane są do systemu odwodnienia kopalni. W podobnym tempie za postępem frontu zwałowania, realizowane jest wyłączenie studni barier zewnętrznych. Studnie barier wewnętrznych likwiduje się zazwyczaj przed frontem robót zwałowania. Od początku realizacji zwałowania wewnętrznego centrum odwadniania przesunęło się o około 4 km. Taka technologia odwadniania górotworu powoduje, że powierzchnia leja depresji kopalni nie zwiększa się, ale zmienia się jedynie położenie granic leja depresji. Odbudowa ciśnień hydrodynamicznych w części wschodniej kopalni powoduje nasycanie wodą utworów nasypowych zgromadzonych w zwałowiskach oraz jej przepływ przez te utwory.

Antropogeniczne czynniki kształtujące środowisko wód podziemnych

W warunkach KWB "Bełchatów" zagrożenie dla jakości wód w rejonie wypełniającego się leja depresji wynika z redukowania wydajności systemów odwadniających i odbudowy ciśnień hydrodynamicznych w utworach antropogenicznych następującym po okresie utrzymywania docelowego poziomu depresji, a także z migracją wód opadowych i podziemnych przez ulokowane w środowisku gruntowym odpady.

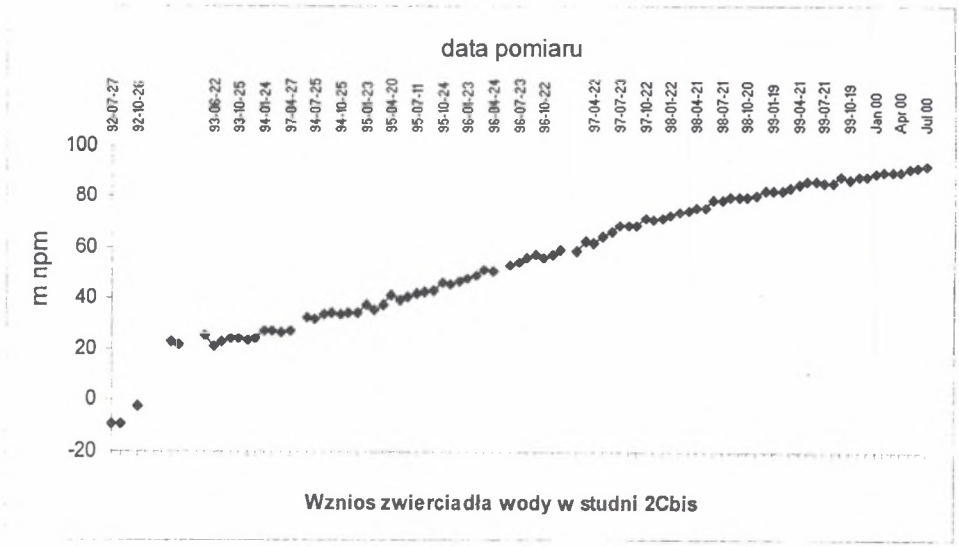
Obniżenie zwierciadła wody wokół centrum drenażu górotworu realizowane dla pozyskania kopaliny powoduje powstanie strefy aeracji o znacznej miąższości. Na skutek zwiększania się strefy natleniania w górotworze może dochodzić do złożonych procesów hydrochemicznych. Tlen i dwutlenek węgla pochodzący z powietrza atmosferycznego lub rozpuszczony w wodach opadowych są czynnikami wywołującymi występowanie określonych reakcji chemicznych. Charakter zachodzących reakcji zależy od składu chemicznego utworów odwodnionych. Podczas wzniosu zwierciadła wody strefa aeracji, powiększona na skutek prowadzony robót odwadniających, jest ponownie nasycana wodą, a produkty wietrzenia wypłukiwane z górotworu. Objawia się to najczęściej wzrostem stężeń siarczanów. W warunkach KWB "Bełchatów" całkowitą objętość utworów nadkładu mogących stanowić potencjalne źródło zanieczyszczeń wód podziemnych ocenia się na ok. 3%. Utwory te w warunkach naturalnych występują w warstwach nadwęglowych i mają charakter utworów kwaśnych (pH<3.0) [2].

Natomiast do potencjalnych, powstających w Bełchatowskim Okręgu Przemysłowym odpadów, składowanych później w środowisku gruntowym, zaliczyć należy przede wszystkim popiół paleniskowy oraz gips wytwarzany w procesie odsiarczania spalin w elektrowni. Na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego kopalni istnieje, użytkowane początkowo przez pobliską elektrownię, składowisko gipsów. Aktualnie jednak cały wytwarzany gips jest zagospodarowywany i wykorzystywany do produkcji prefabrykatów budowlanych. Natomiast popioły paleniskowe z elektrowni były dotychczas deponowane na składowisku popiołów "Bagno-Lubień". Jednakże wobec powolnego wyczerpywania przestrzeni tego składowiska rozpoczęto składowanie popiołów w zwałowisku wewnętrznym kopalni. Dotychczas składowano je w bryle zwałowiska wraz z nadkładem, przy czym sypanie popiołów odbywało się z górnych poziomów zwałowiska co najmniej 5 m poniżej pierwotnej powierzchni terenu. W ten sposób w bryle zwałowiska wewnętrznego kopalni do końca 1999 roku umieszczono ponad 14.166 tys. ton popiołów paleniskowych. Aktualnie Elektrownia "Bełchatów" przygo-

towuje na wierzchowinie zwałowiska wewnętrznego kwatery skoncentrowanego, nowego składowiska popiołów, które budowane jest zgodnie z obowiązującymi obecnie wymogami ochrony środowiska dla tego typu obiektów.

Odbudowa stosunków wodnych w rejonie zwałowiska wewnętrznego

W rejonie zwałowiska wewnętrznego zwierciadło wody odbudowało się w rejonie bariery wschodniej, od momentu rozpoczęcia zwałowania wewnętrznego nadkładu, w granicach od 60 do 100 m. Wznios zwierciadła wody zobrazować można wynikami pomiarów poziomu zwierciadła wykonywanych w studni *2Cbis* (rys. 1). Studnia ta nadbudowana została z poziomu wyrobiska (rzędna 153,7 m npm.) na wierzchowinę zwałowiska (rzędna 224,3 m nmp.). Znajduje się ona w bezpośrednim sąsiedztwie studni utrzymywanych po wschodniej stronie zwałowiska, pracujących dla potrzeb ujęcia wód w miejscowości Piaski. Studnie te są zafiltrowane na głębokości przekraczającej 160 m ppt (ok. +40 m npm.), a woda odbierana z nich spełnia wymogi jakości stawiane wodom pitnym. Praca tego ujęcia wyraźnie hamuje wznios zwierciadła w tym rejonie leja depresji.



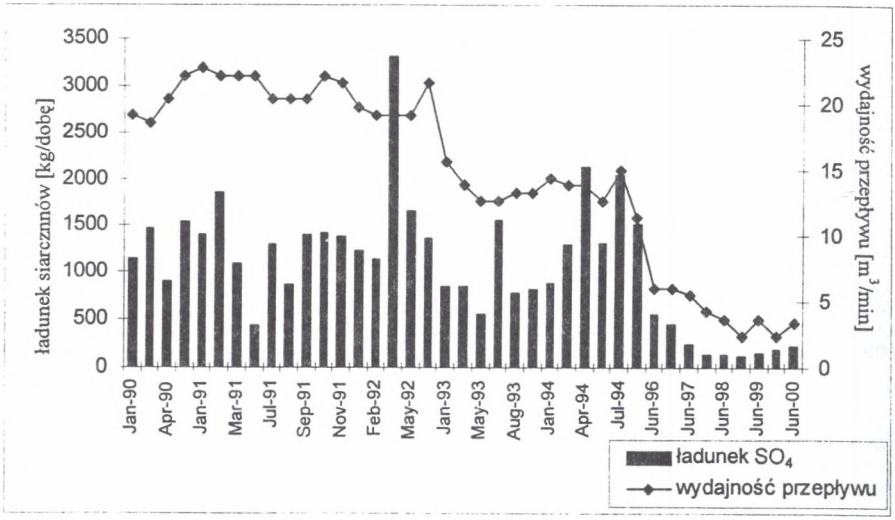
Rys. 1. Wykres wzniosu zwierciadła wody w studni *2Cbis* [4]
Fig. 1. A chart presenting the raise of the water table in *2Cbis* well [4]

W stosowanej technologii odwadniania kopalni „Bełchatów" jako podstawową zasadę, obowiązującą przy podejmowanych decyzjach dotyczących wyłączeń studni po wschodniej stronie odkrywki, przyjmuje się ocenę stanu odwodnienia wyrobiska oraz stawia się duże wymagania co do jakości wód powierzchniowych w co najmniej II klasie jakości. Dlatego też przy podejmowanych decyzjach o wyłączeniach studni nie bez znaczenia jest jakość zrzucanej do cieków powierzchniowych wody ze studni głębinowych. Dla przykładu, średnie stężenie siarczanów wód w czasie odwadniania złoża węgla brunatnego prognozowano średnio na 20 mg SO_4/dm^3 przy zamianach w granicach 15 - 55 mg SO_4/dm^3 [7]. W rzeczywistości, w 1995 roku średnie stężenie SO_4^{-2} w wodach kopalnianych określono na 38 mg/dm^3 [6]. Natomiast maksymalne stężenie jonów siarczanowych, w studniach rejonu zwałowiska wewnętrznego, stwierdzone w wodach odprowadzanych wspólnym kolektorem ze studni *14G-1* i *15G-1*, dochodziło do 340 mg SO_4/dm^3. Z powodu osiągnięcia takiego poziomu siarczanów w pompowanej wodzie studnie zostały wyłączone. Innym przykładem mogą być wyniki analiz ze studni *14Ebis* [1]. Woda pompowana z tej studni charakteryzowała się systematycznym wzrostem zawartości siarczanów, od 10 mg/dm^3 w styczniu 1989 roku, do ponad 120 mg/dm^3 w listopadzie 1995 roku. Tendencja ta miała najprawdopodobniej ścisły związek z realizowaną redukcją wydajności systemu odwadniania we wschodniej części odkrywki.

Woda pompowana przez studnie głębinowe bariery wschodniej *E* była odprowadzana do kanału nr 1. Na rys 2. przedstawiono zmiany wydajności przepływów w tym kanale wynikające ze zmniejszenia intensywności odwadniania górotworu w omawianym rejonie kopalni. Dla pełnego przedstawienia skutków prowadzonego odwadniania na wykres naniesiono również obliczoną wielkość ładunku SO_4 zrzucanego do kanału. Z analizy przedstawionych danych wynika, że początkowo po zmniejszeniu dynamiki odwadniania rejonu w 1993 roku zmniejszył się również ładunek siarczanów. Następnie pomimo utrzymywania prawie stałego wydatku odwodnienia powoli wzrasta w kanale 1 odprowadzany ładunek siarczanów, aż do połowy 1994 roku, kiedy to następuje ponowna redukcja wydajności systemu, a wraz z nim gwałtowne zmniejszenie ładunku siarczanów. Od tej pory po wschodniej stronie zwału wewnętrznego pracują jedynie studnie ujęciowe *5Nbis*, *6Nbis* oraz *1A-1* i *2E-2*.

Z przebiegu wykresów wnioskować można o istotnym związku pomiędzy redukcją wydajności systemu odwadniającego a zwiększeniem ilości wymywanych jonów siarczanowych z utworów powtórnie nawadnianych. Utrzymujący się niski poziom jonów siarczanowych w pozostałych pracujących czterech studniach, ujmujących wodę również dla potrzeb gospodarczych, wynika z ujmowania wody z głębszej partii warstw wodonośnych, znajdującej się

znacznie poniżej strefy powtórnie nawadnianej. Ma to ścisły związek z warunkami konstrukcyjnymi tych studni.



Rys.2. Zmiany wydajności systemu oraz ładunku jonów SO_4^{-2} w wodach odprowadzanych z bariery *E* O. Bełchatów

Fig. 2. Changes in the discharge of drainage system and in the amount of SO_4^{-2} ions in the water piped off the *E* barrier Bełchatów mine

Kształtowanie się stosunków wodnych w rejonie zwałowiska zewnętrznego

W 1993 roku wykonano na wierzchowinie zwałowiska zewnętrznego Kopalni „Bełchatów" otwór piezometryczny PG-2. Kryza piezometru położona jest na rzędnej 380,2 m npm. Otwór o długości 202 m przewierca utwory zwałowe o miąższości 160 m. Otwór ten jest jednym z piezometrów sieci monitoringu wpływu składowania popiołów i gipsów Elektrowni „Bełchatów" na jakość wód podziemnych. Do sieci tej należą również inne piezometry kopalni zlokalizowane w sąsiedztwie zwałowiska.

Pomiary zwierciadła wody wykonywane w piezometrze PG-2 wskazują na dość wysokie położenie zwierciadła wody; średni poziom zwierciadła oscyluje bowiem wokół 215-217 m n p m. Oznacza to, że zwierciadło wody sięgnęło pierwotnego poziomu terenu. Tak wysokie położenie zwierciadła wody, a także budowa geologiczna podłoża zwału wskazuje, że wody podziemne mogą być lokalnie zawieszone na granicy zwału i jego podłoża[2].

W części południowo-wschodniej zwałowiska nastąpiła już całkowita odbudowa ciśnień, natomiast jego część północno-zachodnia znajduje się jeszcze pod drenującym wpływem systemu odwadniania kopalni.

Po odwierceniu piezometru PG-2 stwierdzono podwyższoną mineralizację wód pod zwałowiskiem, a także ponadnormatywne w stosunku do tła stężenie chlorków, co wiązano z zanieczyszczeniem płuczką podczas wiercenia otworu [3]. Kolejne badania jakości wód podziemnych z piezometru *PG-2* wykazały bowiem systematyczne zmniejszanie się mineralizacji w próbach wody i zmniejszenie zawartości jonów chlorkowych. Jednocześnie następował wzrost stężeń jonów siarczanowych, co można wiązać na tym etapie badań zarówno z wymywaniem siarczanów z gruntów nasypowych przez wody opadowe, jak i z wpływem składowanych na zwałowisku gipsów (tabela 1). Średni współczynnik filtracji dla zwału zewnętrznego określono na poziomie 1.32 m/d [5]. Prawdopodobny czas przepływu od wierzchowiny do stopy zwału wód opadowych może zatem wynosić około 210 dni, co wskazuje na słuszność tezy o ewentualnym wpływie odpadów składowanych na zwałowisku na wody podziemne.

Tabela 1

Zmiany wybranych wskaźników jakości wód podziemnych
z podłoża zwałowiska zewnętrznego KWB "Bełchatów"

Rok	Średnia wartość [mg/dm^3]		
	mineralizacja ogólna	chlorki	siarczany
1993	1880	383.0	26.5
1996	1037	90.8	178.3
1997	966	52.3	220.0
1988	b. d.	55.0	268.0

Tendencję wzrostową stężeń jonów siarczanowych stwierdzono również w piezomerach usytuowanych przy stopie zwału. Charakterystyczne jest również to, że wzrost ten zaznacza się w piezometrach, gdzie zwierciadło zalega dość wysoko, zafiltrowanych w utworach czwartorzędowych (*PIV-3A, PIV-1, P-III*). W piezometrze *PIV-3A* położonym na tym samym kierunku przepływu wód podziemnych, jednakże zafiltrowanym głębiej w utworach mezozoicznych, wzrost stężenia siarczanów nie jest już tak znaczący. Podobnie w *PIII-1bis* - piezometrze zafiltrowanym w utworach czwartorzędowych, gdzie zwierciadło wody jest położone

znacznie niżej, w strefie bezpośredniego oddziaływania odwodnienia odkrywki. W piezometrach położonych niezgodnie z wyznaczonym kierunkiem przepływu wód z rejonu zwałowiska, wahania stężeń jonów siarczanowych nie wykazują wyraźnych tendencji wzrostowych i mają charakter losowy w całym okresie badań. Jedynie w piezometrze *PG-1*, położonym przy stopie zwału po jego stronie południowo-wschodniej, odnotowano znaczne zmniejszenie się stężeń jonów siarczanowych. Potwierdza to zmianę kierunku zasilania tego rejonu w ostatnich kilku latach. Na skutek całkowitego odbudowania się ciśnienia wód podziemnych rejon ten nie jest już zasilany dopływem z zawieszonych wód zwałowiska, lecz z kierunku południowo-wschodniego.

Podsumowanie

Głębokie przeobrażenia geomorfologiczne związane z eksploatacją złoża węgla brunatnego w rejonie Bełchatowskiego Okręgu Przemysłowego, a także powstawanie znacznych ilości odpadów wpływają na naturalne środowisko wodne całego rejonu. W skali regionalnej zmianie ulega zarówno układ hydrodynamiczny, jak i naturalne tło hydrochemiczne. Stosowana technologia odwodniania powoduje wznios zwierciadła wody w bryle zwałowiska wewnętrznego oraz przebudowę stosunków wodnych w obrębie zewnętrznego zwałowiska kopalni. Następstwem tego jest, między innymi, ługowanie z utworów odwodnionych i nasypowych produktów wietrzenia chemicznego. Dodatkowo na proces ten nakłada się oddziaływanie składowanych odpadów. Generalnie stwierdzić jednak należy, że jakość wód podziemnych w rejonie kopalni pomimo zachodzących zmian nadal jest bardzo dobra. Aktualnie jednak brak jest pewności co do kształtowania się chemizmu wód w zwale wewnętrznym. Likwidacja studni w wyrobisku, a także wyłączenia studni za frontem robót zwałowania powodują odbudowę ciśnień hydrodynamicznych, lecz równocześnie ograniczają możliwości monitorowania faktycznego stanu wód w zawodnionych utworach nasypowych. Wstępne wyniki analiz chemicznych wód z podłoża zwału zewnętrznego mogą wskazywać, że zmiany w tym zakresie są głębsze, niż wykazują to analizy wód z działających studni w rejonie odkrywki. Zmiany chemizmu wód w zwałowisku wewnętrznym mogą być znacznie głębsze, bowiem w odróżnieniu od zwałowiska zewnętrznego większość utworów zwałowych z czasem zostanie tu całkowicie nasycona wodą.

LITERATURA

1. Klich J., Polak K.: Problemy związane z odbudowa stosunków wodnych na obszarach przekształconych przez kopalnie węgla brunatnego, Górnictwo odkrywkowe a ochrona środowiska, fakty i mity. AGH, Kraków 1997.
2. Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J.: Wpływ różnych rodzajów i dawek substancji neutralizujących na plon i skład chemiczny życicy trwałej w uprawie na silnie kwaśnych utworach zwałowiska KWB Bełchatów. Inżynieria Środowiska, tom 4, zeszyt 1, 1999.
3. Paszkiewicz E., Tarnowski R.: Odwodnienie wgłębne. Analiza zmian jakości wód podziemnych w okresie regresji leja depresyjnego. Poltegor Projekt, Wrocław 1999 (nie publ.).
4. Polak K.: Badanie kształtowania stosunków wodnych w utworach antropogenicznych kopalń węgla brunatnego. Sprawozdanie z badań własnych AGH nr 10.10.100.483, maszynopis, Kraków 1999.
5. Rybicki S., Woźniak H.: Budowa i cechy geofiltracyjne zwałowiska KWB Bełchatów. Górnictwo Odkrywkowe, XXX, 2-3, 1988.
6. Siciński W., Kuszneruk J.: Chemizm wód podziemnych w rejonie Kopalni Węgla Brunatnego Bełchatów po 20 latach eksploatacji metodą odkrywkową. Przegląd Geologiczny, vol. 45, nr 5 , 1997, s. 518-522.
7. Turek S.: Warunki hydrogeochemiczne na obszarze objętym wpływem odwodnienia złóż węgli brunatnych w rejonie bełchatowskim. Przegląd Geologiczny, vol. 7 (327), 1980, s. 397-401.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pozzi

Abstract

The Bełchatów Brown Coal Mine has existed for 25 years. The total overburden within this time amounts to more than 2.2 billion. 1.3 billion m^3 has been dumped over the ground surface in mine dump. The same place serves as a dump of gypsum, which is the product of

flue gas desulphurization in the nearby thermal power station. An inner dumping ground has been filled with over 900 million m^3 of overburden since 1989. This mining dump also contains around 14 thousand m^3 incineration ashes from the power station. The pace of face excavation and the reduction of the drainage system discharge in the back area of a mine make hydrodynamic pressure build up again, also in the mining dump area. The groundwater level raise into dehydrated deposit cause the leaching of products of rocks chemical weathering. This causes increased sulphate concentration. The maximum concentration of sulphates was observed in the water pumped from the wells 14G-1 and 15G-1 in the inner dumping ground and reached 340 mg/dm^3. It's worthwhile to observe that the sulphate level in natural conditions, just before the introduction of mine dewatering system, equalled around 20 mg/dm^3. To compare, the analysis of the water pumped from the well 14Ebis indicates a steady increase in the concentration of sulphates with the raise of water table from 15 mg/dm^3 in 1989 to 120 mg/dm^3 in 1995. Chart 1 presents changes in the amount of sulphates and changes in well discharge the eastern barrier of the mine dewatering system. One can notice here that decreasing well discharge brings about a raise in sulphates level.

In the outer dumping ground area located in rims of depression cone, sulphates from dumping ground are leached by rainwater infiltrating into the ground. In observation well drilled in the outer dumping ground a slow increase of sulphate concentration in water of dump basement was noticed (fig. 1). The same process is also present in quaternary aquifer in the nearest observation wells, surrounding the mining dump and settled according to the direction of water flow. What is more, there has been a complete transformation in the hydrodynamic system of the outer dumping ground vicinity. A creation of water conditions in the dump area is going to be a subject of detailed examination in the Department of Opencast Mining, University of Mining and Metallurgy.

The excavation of lignite and dumping overburden has considerably transformed the environment. Production of rather a big amount of waste also influenced natural water conditions in the whole area. Despite that the quality of water remains very good. However, it's hard to predict how it will change in inner dumping ground, wich is located under the natural ground water table. The reason is the fact that parts of dewatering system are detached gradually. It brings about the raise of water table and at the same time decreases the ability to monitor the quality of groundwater.