

Sławomir BEDNARCZYK
Krzysztof LABUS

WPŁYW ODPADÓW KOPALNIANYCH I POPIOŁÓW ENERGETYCZNYCH DEPONOWANYCH W WYROBISKU KOPALNI PIASKU „SZCZAKOWA” NA JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH POZIOMU CZWARTORZĘDOWEGO

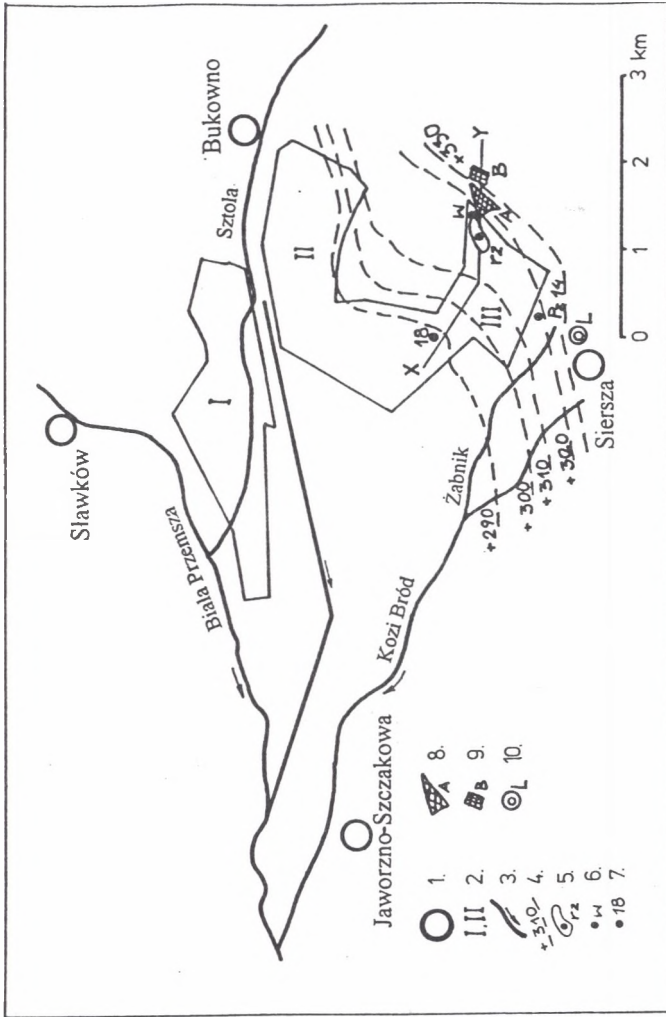
Streszczenie. Na podstawie wykonanych w latach 1994-95 analiz jakości wód podziemnych, wód opadowych oraz odcieków w otoczeniu składowiska odpadów kopalnianych i popiołów energetycznych w wyrobisku Kopalni Piasku „Szczakowa” przeprowadzono ocenę wpływu deponowanego materiału na jakość wód poziomu czwartorzędowego. Stwierdzono ograniczone oddziaływanie wód opadowych ze składowanymi odpadami. Rozkład siarczków zawartych w odpadach jest przyczyną zanieczyszczenia wód. Wysokie stężenia Zn w wodach zbadanych w piezometrze Pz 14 mogą wpłynąć na jakość wód eksploatowanych ujęciem „Lech” w przypadku rozszerzenia się związanego z nim lejki depresji. Stężenia jonów Ca^{2+} i SO_4^{2-} sugerują wpływ składowiska na chemizm wód poziomu czwartorzędowego.

THE INFLUENCE OF MINING-WASTE AND FLY-ASH DUMPED IN SAND PIT „SZCZAKOWA” (UPPER SILESIA REGION) ON QUALITY OF QUATERNARY GROUND WATER HORIZON

Summary. The paper presents an assesement of the influence of mining-waste and fly-ash dump localised in sand pit „Szczakowa” on quality of Qaternary water horizon. The precipitation influence on the dumped waste only to a constrained extent. The decomposition of sulfides contained in waste material results in contamination of analysed water with sulfates. There may arise a danger of exploited water contamination with zinc in case the „Lech” underground water intake depression cone extents. Ca^{2+} and SO_4^{2-} contents suggest also dump’s influence on water of Quaternary horizon of the area.

1. Wstęp

W 1982 roku opracowano koncepcję składowania odpadów kopalnianych KWK „Siersza” oraz popiołów elektrowni „Siersza” w południowo-wschodniej części Kopalni Piasku „Szczakowa” w Jaworznie. Na miejsce zwałowania wybrano poeksploatacyjne wyrobisko piasku podsadzkiego na Polu Siersza-Misiury (rys.1). Zwa-



Rys. 1. Mapa przeglądowa rejonu badań

Objaśnienia: 1 - miasto; 2 - wyrobiska piasku; 3 - cieki wodne; 4 - hydrozhips; punkty opróbowania; 5 - rzapie, 6 - wyciek spod składowiska, 7 - wyciek ze skarpy 18; 8 - składowisko odpadów pogórnictwa; 9 - składowisko popiołów; 10 - ujęcie „Lech”

Fig. 1. The sketch map of studied area

Legend: 1 - towns; 2 - sand pits; 3 - water courses; 4 - hydrozhips; 5 - the sump, 6 - effluents from the dump, 7 - water from exploitation slope 18; 8 - mining waste dump; 9 - fly-ash dump; 10 - underground water intake the „Lech”

łowisko ma kształt zbliżony do trójkąta wierzchołkiem zwróconego ku zachodowi. Odpady kopalniane (głównie skała płonna z robót przygotowawczych i odpady popielczkowe) składowano metodą suchą w części południowo-zachodniej wyrobiska na powierzchni około 25,5 ha, natomiast popioły energetyczne hydrotransportem na osadniku mokrym o pow. 52 ha i metodą suchą na pow. 9,5 ha w części północno-wschodniej [1]. Zdeponowane odpady stanowią zagrożenie dla jakości wód podziemnych i powierzchniowych.

2. Warunki hydrogeologiczne

Wyrobisko, w którym następuje składowanie, leży na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, wchodzącej w skład Monokliny Śląsko-Krakowskiej, utworzonej z utworów staropaleozoicznych oraz leżących nad nimi młodszych skał osadowych. Na analizowanym obszarze wydzielono następujące pietra wodonośne: karbońskie, permski poziom wodonośny, triasowe i czwartorzędowe.

W piętrze karbońskim wyróżnić można kilka horyzontów wodonośnych, z których najistotniejsze znaczenie ma związany ze słabo związłymi piaskowcami horyzont występujący do głębokości 150 m, ujmowany przez ujęcie „Lech”. Wyznaczony próbnymi pompowaniami współczynnik filtracji tych utworów wynosi $4.05 \cdot 10^{-4}$ m/s. Zwierciadło wody ma charakter napięty, a na wychodniach karbonu - swobodny. Poziom ten jest zasilany na wychodniach przez infiltrację z utworów czwartorzędowych, z którymi pozostaje w łączności hydraulicznej. Drenaż poziomu karbońskiego następuje przez ujęcie „Lech” oraz wyrobiska kopalń węgla kamiennego. Lej depresji powstający pod wpływem ujęcia „Lech” rozwija się w kierunku wyrobisk Pola Siersza-Misiury KP „Szczakowa” oraz doliny potoku Żabnik.

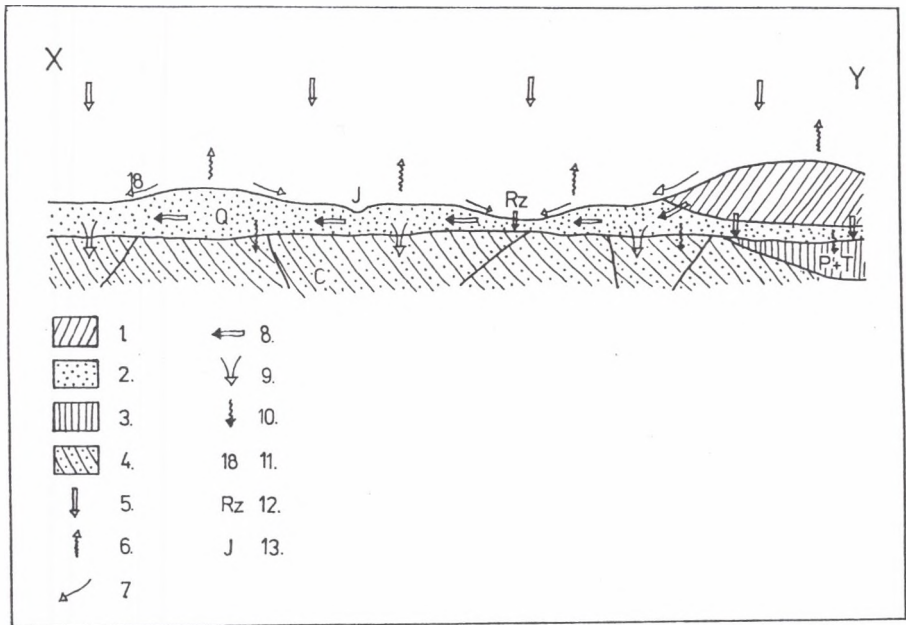
Permski poziom wodonośny obejmujący zlepieńce oraz piaski i piaskowce jest w sąsiedztwie wyrobisk KP „Szczakowa” ujęty przez studnie w Podlesiu i Biskupim Borze.

W triasie omawianego obszaru nie wyodrębnia się oddzielnych poziomów wodonośnych, uznając, iż spękane i kawerniste wapienie i dolomity retu, utwory warstw karchowickich, terebratulowych, górażdżańskich i gogolińskich oraz skrasowale i spękane dolomity wapienia muszlowego połączone są w jedno piętro wodo-

nośne. Wartość współczynnika filtracji utworów triasu w rejonie olkuskim waha się od $1.7 \cdot 10^{-7}$ m/s do $4.7 \cdot 10^{-3}$ m/s wynosząc najczęściej około $6.9 \cdot 10^{-5}$ m/s. Triasowe piętro wodonośne zasilane jest bezpośrednio na wychodniach lub poprzez czwartorzędowy poziom wodonośny. Drenaż, który w warunkach naturalnych następował za pośrednictwem rzek Białej Przemszy i Sztoły oraz źródeł, jest obecnie silnie zaburzony i odbywa się przez wyrobiska kopalń rud cynku i ołowiu.

Czwartorzędowe piętro wodonośne budują głównie piaski różnoziarniste z wkładkami żwirów i rumoszy oraz z wystąpieniami słabo przepuszczalnych utworów pylastych i ilastych, mogących sprzyjać utrzymywaniu się lokalnych zawieszonych poziomów wodonośnych. Średnia arytmetyczna obliczonego na podstawie próbnych pompowań współczynnika filtracji wynosi około $2.5 \cdot 10^{-4}$ m/s. W warunkach naturalnych czwartorzędowe piętro wodonośne zasilane było głównie przez bezpośrednią infiltrację opadów; znaczną rolę odgrywały również wody pochodzące z utworów triasowych i jurajskich. W reżimie naturalnym drenaż odbywał się przez cieki: Żabnik, Kozi Bród, Jaworznik, Babę, Sztołę i Białą Przemszę [2]. Obecnie pod wpływem odwadniania kopalń rud cynku i ołowiu oraz KP „Szcakowa” oraz eksploatacji ujęcia „Lech” część poziomu czwartorzędowego została zdrenowana. Źródłowe odcinki Sztoły i Żabnika są suche.

Pole Siersza-Misiury, w obrębie którego znajduje się analizowane zwałowisko, budują piaski plejstoceńskie o średniej miąższości 19,8 m. Przez opisywany rejon przepływają cieki Żabnik i Jaworznik. Reżim przepływu wód ulega często zmianom (koryto Jaworznika było dwukrotnie przekładane). Woda gruntowa gromadzi się w wyrobiskach, natomiast na terenach przyległych obserwowane jest postępujące przesuszenie gleby. Niekorzystne warunki wilgotnościowe występują także w obrębie samego zwałowiska, gdyż skład mechaniczny deponowanego tam materiału nie sprzyja retencji wody, jak i jej przesiąkaniu. Schemat krążenia wód podziemnych i kierunki migracji zanieczyszczeń w opisywanym rejonie przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat krążenia wód podziemnych i kierunki migracji zanieczyszczeń w rejonie badań
 Objaśnienia: 1. - składowisko; 2 - czwartorzęd; 3 - perm i trias; 4 - karbon; 5 - opady atmosferyczne; 6 - parowanie; 7 - spływ powierzchniowy; 8 - migracja zanieczyszczeń; 9 - infiltracja; 10 - infiltracja przez słabo przepuszczalne podłoże; 11 - skarpa 18; 12 - rzapie; 13 - „suche” koryto Jaworzniczka

Fig. 2. The scheme of ground water circulation and directions of contaminants migration within the studied area

Legend: 1 - the dump; 2 - Quaternary; 3 - Permian and Triassic; 4 - Carboniferous; 5 - precipitation; 6 - evaporation; 7 - surface runoff; 8 - contaminants migration; 9 - infiltration; 10 - infiltration through low permeable subsoil; 11 - exploitation slope 18; 12 - the sump; 13 - „dry” bed of the Jaworzniczka creek

3. Charakterystyka deponowanych odpadów

3.1. Popioły energetyczne

Metodą suchą zdeponowano od 1982 roku około 2 mln m³ popiołów, masa popiołów w osadniku suchym wynosi około 6,2 mln t. Przy północno-zachodniej granicy zwalowiska powstało rzapie wody odsączającej się z obiektu i terenów przyległych do wyrobisk piasku. Woda odprowadzana jest pompami do sztucznego koryta Jaworzniczka. Ponadto część wody migruje w kierunku NW i W, gdzie obecnie prowa-

dzona jest eksploatacja piasków. Z tych rejonów odprowadzana jest systemem rowów i głównym kanałem odwadniającym KP „Szczakowa” (Kan. Główny) do ujęcia wody pitnej w Maczkach. W latach 1994 i 1995 realizowany był program lokalnego monitoringu wód podziemnych. Analiza prób popiołów pobranych z osadnika pozwoliła na zaliczenie ich do grupy krzemianowych [2], zawartości wybranych pierwiastków w odpadach oraz wykonanych z nich wyciągach wodnych przedstawiają tabele.

Tabela 1

Zawartość wybranych składników w popiele elektrowni „Siersza”

Składnik	Zawartość wag.
Fe	8.14%
Al	13.25%
Ca	2.41%
K	1.19%
Mg	0.98%
Zn	994 ppm
Pb	291 ppm
Cd	3.3 ppm

Tabela 2

Zawartości wybranych substancji obliczone na podstawie analiz wyciągów wodnych z popiołów energetycznych elektrowni „Siersza”

Substancja	Zawartość	
SO ₄ ²⁻	635.1 mg/100g odpadów [3] 422.1 mg/100g odpadów [2]	
Zn	0.018 mg/dm ³	wyciąg wodny
Pb	0.027 mg/dm ³	1:10, po 24h,
Cd	0.017 mg/dm ³	bez mieszania

3.2. Odpady górnicze

Skąła płonna zwałowana w wyrobisku popiaskowym zawiera głównie okruchy ilowców, piaskowców i mułowców pochodzących z krakowskiej serii piaskowcowej oraz części palne w ilościach od 10.43 do 19.9 %. Skąły te zawierają niewiele chlor-

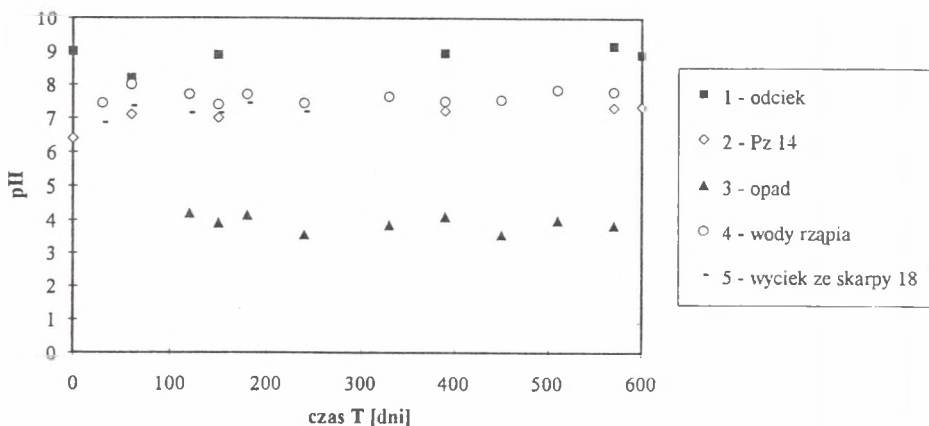
ków - w odpadach świeżych do 300 mg/dm^3 , duża jest w nich natomiast zawartość siarczków żelaza - około 1.5%, których produkty rozkładu stanowią główne zagrożenie dla jakości wód podziemnych analizowanego rejonu [4]. Średni współczynnik filtracji odpadów wyznaczony połowo, met. Giryńskiego wynosi $7.5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ [5]. Odpady spoczywają na przepuszczalnym podłożu (rzędna spągu wyrobiska popiaskowego sięga 310 do 320.2 m n.p.m.), powyżej zwierciadła wód gruntowych [6]. Od 1993 roku trwa rekultywacja tego fragmentu składowiska

4. Jakość wód podziemnych, opadów atmosferycznych i odcieków w otoczeniu składowiska

Do oceny potencjalnego wpływu zwałowiska na zanieczyszczenie hydrosfery w jego otoczeniu wykorzystano analizy wód opadowych, wód podziemnych pobranych w piezometrze Pz 14 i z wypływu spod skarpy eksploatacyjnej 18 oraz odcieku spod składowiska i wód rzapia znajdującego się u podnóża zwałowiska [1, 7, 8]. Naturalny, północny kierunek migracji wód w utworach czwartorzędowych jest obecnie modyfikowany istnieniem w obrębie wyrobisk popiaskowych rowów i przegłębień wymuszających odpływ ku NW. Można zatem wnioskować, iż badane w piezometrze Pz 14 i wypływające spod skarpy 18 wody znajdują się pod wpływem odcieków ze zwałowiska lub infiltracji z rzapia. Analizowano odczyn oraz zawartości Zn i głównych jonów wynoszonych ze składowisk do wód podziemnych: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} .

Odczyn badanych wód najwyższy był w odciekach spod składowiska i wynosił od 8.2 do 9.8 pH, dla rzapia wynosił on 7.45 do 8.0 pH, dla skarpy 18 - 6.85 do 7.45 pH, dla piezometru Pz 14 - 6.4 do 7.36 pH, a dla wody opadowej 3.55 do 4.2 pH, (rys.3.)

Stężenia jonów Cl^- i SO_4^{2-} najwyższe były w odciekach ze składowiska i wynosiły: dla Cl^- od 37.4 do 69.0 mg/dm^3 , a dla SO_4^{2-} od 585.4 do 981.8 mg/dm^3 , (rys. 4.). W pozostałych punktach były następujące:



Rys. 3. Zmienność pH wód podziemnych, opadów atmosferycznych i odcieków ze składowiska

Fig. 3. The variability of reaction of ground water, precipitation and effluents

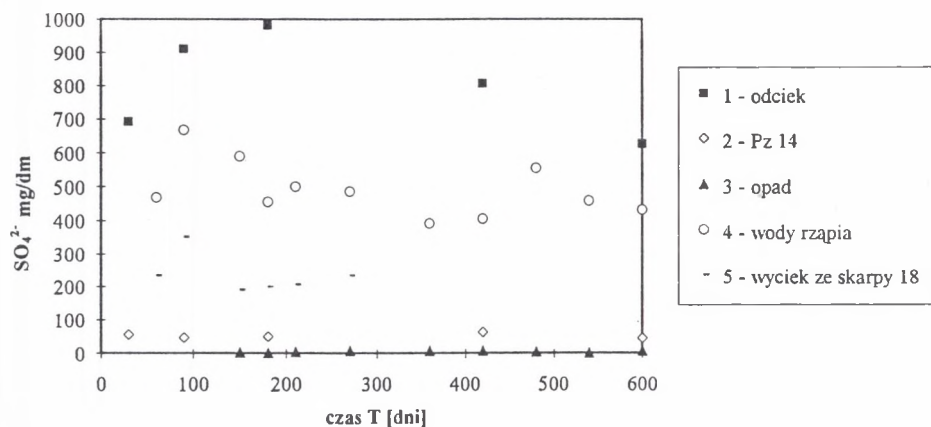
Legend: 1 - effluents; 2 - piezometer; 3 - precipitation; 4 - the sump; 5 - the exploitation slope 18

- wody rzepia - Cl⁻ od 28.0 do 47.0 mg/dm³, SO₄²⁻ od 392.5 do 668.5 mg/dm³,
- odpływ ze skarpy 18 - Cl⁻ od 10.0 do 14.4 mg/dm³, SO₄²⁻ od 191.6 do 352.6 mg/dm³,
- piezometr Pz 14 - Cl⁻ od 5.9 do 23.6 mg/dm³, SO₄²⁻ od 45.3 do 63.4 mg/dm³,
- wody opadowe - Cl⁻ od 6.0 do 16 mg/dm³, SO₄²⁻ od 1.9 do 8.3 mg/dm³.

Należy zaznaczyć, że stężenia jonów SO₄²⁻ w wodach wypływających ze skarpy 18 były większe od dopuszczalnych dla wód podziemnych najwyższej (60 mg/dm³), a sporadycznie nawet średniej jakości (250 mg/dm³) [9]. Analizy wykonane dla wód pobranych w piezometrze Pz 14 wykazywały często niewielkie przekroczenie stężenia dopuszczalnego siarczanów dla wód podziemnych najwyższej jakości.

W przypadku stężeń jonów Ca²⁺ (rys. 5.) i Mg²⁺ zanotowano następujące wartości:

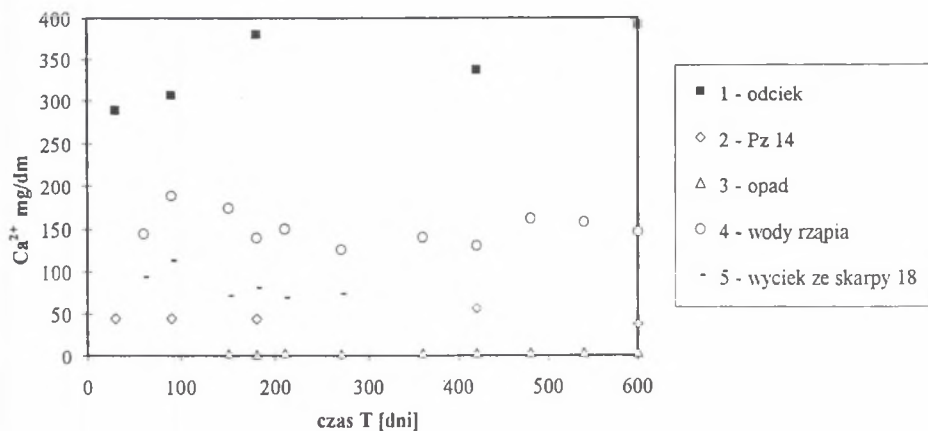
- wody spod składowiska - Ca²⁺ od 249.2 do 392.5 mg/dm³, Mg²⁺ od 8.4 do 59.1 mg/dm³,
- wody rzepia - Ca²⁺ od 126.0 do 188.2 mg/dm³, Mg²⁺ od 25.0 do 37.6 mg/dm³,
- odpływ ze skarpy 18 - Ca²⁺ od 70.0 do 113.0 mg/dm³, Mg²⁺ od 9.2 do 29.7 mg/dm³,
- piezometr Pz 14 - Ca²⁺ od 26.8 do 56.8 mg/dm³, Mg²⁺ od 1.3 do 9.0 mg/dm³,
- wody opadowe - Ca²⁺ od 2.1 do 4.6 mg/dm³, Mg²⁺ od 0.2 do 0.7 mg/dm³.



Rys. 4. Zmienność zawartości jonów SO_4^{2-} w wodach podziemnych, opadach atmosferycznych i odciekach ze składowiska

Fig. 4. The variability of SO_4^{2-} contents of ground water, precipitation and effluents

Legend: 1 - effluents; 2 - piezometer; 3 - precipitation; 4 - the sump; 5 - the exploitation slope 18



Rys. 5. Zmienność zawartości jonów Ca^{2+} w wodach podziemnych, opadach atmosferycznych i odciekach ze składowiska

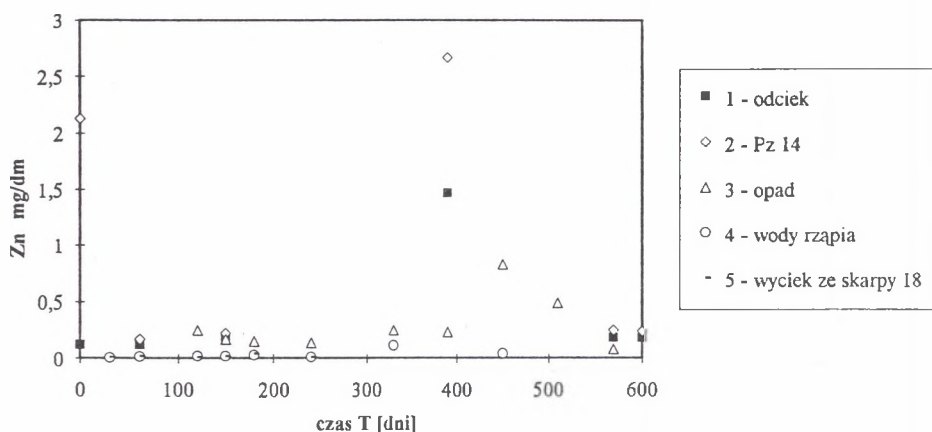
Fig. 5. The variability of Ca^{2+} contents of ground water, precipitation and effluents

Legend: 1 - effluents; 2 - piezometer; 3 - precipitation; 4 - the sump; 5 - the exploitation slope 18

W wodach wypływających ze skarpy 18 jednokrotnie stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego stężenia jonów wapniowych dla wód podziemnych najwyższej jakości - 100 mg/dm^3 .

Najwyższe zawartości cynku od 0.22 mg/dm^3 do 2.67 mg/dm^3 stwierdzono w piezometrze Pz 14. Przekroczenie stężenia cynku, dopuszczalnego dla Ia klasy jakości wód podziemnych - 0.5 mg/dm^3 - stwierdzono tylko jednokrotnie. W pozostałych punktach minimalne i maksymalne stężenia Zn były następujące, (rys.6.):

- odciek spod składowiska od 0.12 do 1.47 mg/dm^3 ,
- woda opadowa od 0.082 do 0.83 mg/dm^3 ,
- wody rząpia od 0.008 do 0.11 mg/dm^3 ,
- odpływ ze skarpy 18 od 0.01 do 0.04 mg/dm^3 .



Rys. 6. Zmienność zawartości Zn w wodach podziemnych, opadach atmosferycznych i odciekach ze składowiska

Fig. 6. The variability of Zn contents of ground water, precipitation and effluents

Legend: 1 - effluents; 2 - piezometer; 3 - precipitation; 4- the sump; 5- the exploitation slope 18

5. Wnioski

Wody opadowe zbadane w rejonie zwalowiska charakteryzują się niskim odczynem i relatywnie wysokimi stężeniami cynku (także i innych metali ciężkich). Ich oddziaływanie na zwalowane odpady górnictwa jest jednak ograniczone na skutek

silnego uszczelnienia bryły składowiska wynikającego z podatności deponowanego materiału na wietrzenie fizyczne - zjawisko autokolmatacji.

Proces rozkładu siarczków wywołuje pewien wzrost zakwaszenia odpadów buforowany jednak obecnością mineralów zawierających Ca^{2+} i Mg^{2+} . Tym samym proces uruchomienia metali ciężkich, które mogłyby migrować do wód podziemnych, jest znacznie ograniczony.

Rozkład siarczków zawartych w deponowanym materiale jest przyczyną wzrostu stężenia jonów SO_4^{2-} w migrujących przez bryłę składowiska roztworach. Wysokie stężenia siarczanów w odciekach spod składowiska i w wodach rzepia dowodzą ich roli jako lokalnych ognisk zanieczyszczenia tymi jonami. Kierunek migracji wód znajdujących się pod wpływem składowiska sprzyja zanieczyszczeniu obserwowanemu w wypływach spod skarpy 18. Wody zbadane w piezometrze Pz 14 nie wykazują ponadnormatywnego zanieczyszczenia jonami siarczanowymi.

Stężenia Zn stwierdzone w piezometrze Pz 14 są znacznie wyższe niż w wodach wypływających ze skarpy 18, wodach rzepia, odciekach spod składowiska i wodach opadowych. Sugerować to może wpływ tzw. suchego opadu metali na odstoniętą powierzchnię w otoczeniu piezometru lub istnienie innego, niezidentyfikowanego dotychczas ogniska zanieczyszczeń. Wydaje się, że w przypadku znacznego rozszerzenia się leja depresji ujęcia „Lech” może nastąpić kaptaż części odpływu podziemnego w jego kierunku i tym samym wzrost stężenia metali w eksploatawanych tam wodach.

Ze składowiska wnoszone są jedynie niewielkie ilości jonów chlorkowych, jest to związane z niskim zasoleniem odpadów - fragmentów skał pochodzących z krakowskiej serii piaskowcowej oraz z obniżeniem przepuszczalności deponowanego materiału pod wpływem wietrzenia fizycznego.

Stężenia jonów Ca^{2+} i SO_4^{2-} stwierdzone w wodach analizowanego obszaru sugerują znaczący wpływ składowiska na jakość wód poziomu czwartorzędowego w rejonie skarpy 18 i piezometru Pz 14.

LITERATURA

1. Strzyszczyński Z., et al.: Ocena jakości wód wyrobiska Pola „Siersza” pod kątem ich wykorzystania dla celów wodociągowych. IPIŚ-PAN, Zabrze 1995.
2. Kompleksowa ocena oddziaływania Kopalni Piasku „Szczakowa” na środowisko. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska. Warszawa 1992.
3. Twardowska I.: Suche składowanie popiołów elektrownianych jako źródło zanieczyszczenia środowiska wodnego. Mat. Konf. Problemy Ochrony Środowiska przy Wytwarzaniu Energii Elektrycznej i Ciepłej, Bielsko-Biała 1989.
4. Szczepańska J., Szczepański A., Wolski P.: Zmienność składu chemicznego roztworów porowych odpadów górnictwa węglowego w aspekcie prognozowania ich wpływu na środowisko wodne. Gosp. Sur. Min. T.9, z.1, Kraków 1993.
5. Szczepańska J.: Ocena zmienności parametrów hydrogeologicznych odpadów górnictwa węgla kamiennego w Górnśląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Gosp. Sur. Min. T.9, z.1, Kraków 1993.
6. Drozdowicz Z., et al.: Zwałowanie, rekultywacja i zagospodarowanie skały płonnej KWK „Siersza” w wyrobisku popiaskowym. Poltegor, Wrocław 1978.
7. Strzyszczyński Z., et al.: Monitoring ilości i jakości wód z rejonu Pola Siersza i Sektora 18 Pola II Kopalni Piasku Szczakowa. IPIŚ-PAN, Zabrze 1996.
8. Kisiel K.: Sprawozdanie z pomiarów hydrogeologicznych, hydrologicznych i hydrochemicznych na obszarze Kopalni Piasku „Szczakowa” wykonanych w 1995 roku. Morion, Gliwice 1996.
9. „Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych (wyd. II)”. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Jadwiga Szczepańska

Wpłynęło do Redakcji 5.06.1996 r.

Abstract

The paper presents an assessment of the influence of mining-waste and fly-ash dump localised in sand pit „Szczakowa” on quality of Quaternary water horizon. Analyses of water sampled in the vicinity of the dumping ground as well as in some remote points were studied.

Acid and contaminated with zinc precipitation influence on the dumped waste only to a constrained extent. The phenomenon is caused by silting-up the dump's body by the products of weathering.

The decomposition of sulfides contained in waste material results in contamination of waters emerging the exploitation slope 18. Low and natural content of chlorides in wastes does not cause any hazard to subsurface water.

High contents of zinc, in samples from Pz 14 piezometer are possibly connected with "dry precipitation" of metals or an unidentified source of contamination. There may arise a danger of exploited water contamination with zinc in case the „Lech” deep water intake depression cone extends.

Ca^{2+} and SO_4^{2-} contents suggest also a significant dump's influence on water of Quaternary horizon in the proximity of exploitation slope 18 and Pz 14 piezometer.