

Ludwik Zawisza\*, Justyna Sowińska-Botor\*

## ZMIANY JAKOŚCIOWE WÓD PODZIEMNYCH W ZLIKWIDOWANEJ KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO „GRODZIEC”\*\*

### 1. WSTĘP

W trakcie likwidacji kopalń węgla kamiennego i zatapiania wyrobisk górniczych dochodzi do zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w karbońskim piętrze wodonośnym.

W trakcie likwidacji kopalń zmienia się także jakość wód podziemnych wypływających z nieczynnych wyrobisk. Szczególnie intensywne zmiany zachodzą w wodach kopalnianych po zatopieniu wyrobisk dołowych. Ich skład chemiczny zmienia się znacznie w porównaniu ze składem sprzed likwidacji kopalni.

W pracy przedstawiono prognozę zmian jakościowych i ilościowych wód podziemnych na przykładzie zlikwidowanej kopalni „Grodziec”.

### 2. BUDOWA GEOLOGICZNA ORAZ WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE REJONU BYŁEJ KOPALNI „GRODZIEC”

#### 2.1. Budowa geologiczna

Obszar byłej kopalni „Grodziec” znajduje się w północno-wschodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Utwory geologiczne występujące w rejonie KWK „Grodziec” reprezentowane są przez karbon, trias oraz czwartorzęd [1, 3].

**Utwory karbonu** zalegają na głębokości od 100 do 1000 metrów. Pod względem litologicznym karbon stanowi kompleks dość monotonnych, naprzemianległych warstw piaskowców i ilowców z występującymi pomiędzy nimi pokładami węgla.

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań własnych Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH

**Utwory triasu** zalegają niezgodnie na zerodowanej powierzchni karbonu. Miąższość utworów triasu wynosi do 180 metrów. Wśród utworów triasu można wyróżnić ility, iłolupki i piaski pstrego piaskowca, a także wapienie, wapienie margliste oraz margle należące do wapienia muszlowego i retu.

**Utwory czwartorzędu** charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem litologii i miąższości. Są to piaski, żwiry, mułki, gliny zwałowe i zwietrzelinowe. W dolinach rzecznych, zwłaszcza w dolinie Krynicy, miąższość utworów czwartorzędowych dochodzi do 40 metrów. Na wyniesieniach terenu zwykle brak czwartorzędu lub jego miąższość jest niewielka.

Wśród licznych uskoków o zrzućce wynoszącym od kilkudziesięciu do kilkuset metrów można wyróżnić dwie zasadnicze grupy:

- 1) uskoki o przebiegu południkowym (Przelajka, grodziecki, Tadeusz, grodkowski, nordmanowski, koszelewski i wschodni);
- 2) uskoki o przebiegu równoleżnikowym (będzińsko-wojkowicki, aleksandrowski, skrzynowski, Antoni).

Na obszarze byłej kopalni „Grodziec” występują ponadto liczne zaburzenia tektoniczne o zrzutach dochodzących do kilkunastu metrów.

## 2.2. Warunki hydrogeologiczne

Na obszarze byłej kopalni „Grodziec” można wyróżnić trzy główne piętra wodonośne [1, 3, 6, 7]:

- 1) piętro czwartorzędowe,
- 2) piętro triasowe,
- 3) piętro karbońskie.

**Czwartorzędowe piętro wodonośne** występuje lokalnie w dolinach rzecznych, zwłaszcza w dolinie rzeki Brynica. Wodonośność utworów czwartorzędowych ograniczona jest do stref znajdujących się poza zasięgiem drenażu górniczego oraz rejonów występowania osadów nieprzepuszczalnych w spągu czwartorzędu, co warunkuje powstawanie lokalnych poziomów zawieszonych.

**Triasowe piętro wodonośne** dzieli się na trzy zasadnicze poziomy wodonośne:

- Poziom I, związany ze szczelinami, spękaniem i kawernami wapieni i dolomitów wapienia muszlowego. Poziom ten jest podścielony lokalnie ıtem wıtrıolowym oraz marglami warstw gogolińskich.
- Poziom II, związany ze szczelinami i kawernami wapieni dolnych ogniw warstw gogolińskich oraz wapieni dolomitycznych górnego pstrego piaskowca (retu). W spągu poziomemu zalegają ıły dolnych ogniw retu.
- Poziom III, związany z piaskowcami i piaskami środkowego i dolnego pstrego piaskowca.

Zasilanie triasowego poziomu wodonośnego odbywa się głównie na jego wychodniach, poprzez przepuszczalne utwory czwartorzędowe. W obrębie triasowego piętra wodonośnego na obszarze byłej kopalni „Grodziec” znajduje się Główny Zbiornik Wód Podziemnych T/3-Bytom związany z poziomem wapienia muszlowego i retu.

**Karbońskie piętro wodonośne** budują piaskowce należące do warstw siódłowych, porębskich, jakłowieckich i gruszowskich. Najlepsze warunki migracji wód podziemnych występują w płytkich partiach warstw siódłowych leżących bezpośrednio pod wodonośnymi utworami triasowymi. Dopływ do starych wyrobisk górniczych byłej kopalni „Grodzic” wynosi około 3,5 m<sup>3</sup>/min. Wraz z głębokością warunki migracji wód pogarszają się.

### 3. ANALIZA ZMIAN ŚRODOWISKA HYDROGEOCHEMICZNEGO W ZATAPIANEJ KOPALNI „GRODZIEC”

Eksploatacja górnicza węgla kamiennego na obszarze byłej kopalni „Grodzic” prowadzona była od prawie dwustu lat. Początek górnictwa w tym rejonie związany jest z zatopionymi obecnie kopalniami „Maria”, „Bory”, „Wanda”, „Barbara”, „Tadeusz”, „Strzyżowice”, „Stara Wieś” i „Antoni” [3, 6, 7].

Kopalnia „Grodzic” prowadziła eksploatację węgla w ośmiu pokładach: 501, 504, 510, 612, 615, 616, 620 i 816. Podstawową bazę zasobową kopalni stanowił pokład 816 o średniej miąższości około 2,0 m, który był eksploatowany prawie w całym obszarze górniczym kopalni. W ostatnim okresie funkcjonowania kopalni złożo udostępnione było trzema szybami (I, II i VII) o głębokościach od 136,1÷517 m, głównymi poziomami 300 m i 500 m oraz poziomami pomocniczymi 150 m i 240 m [3].

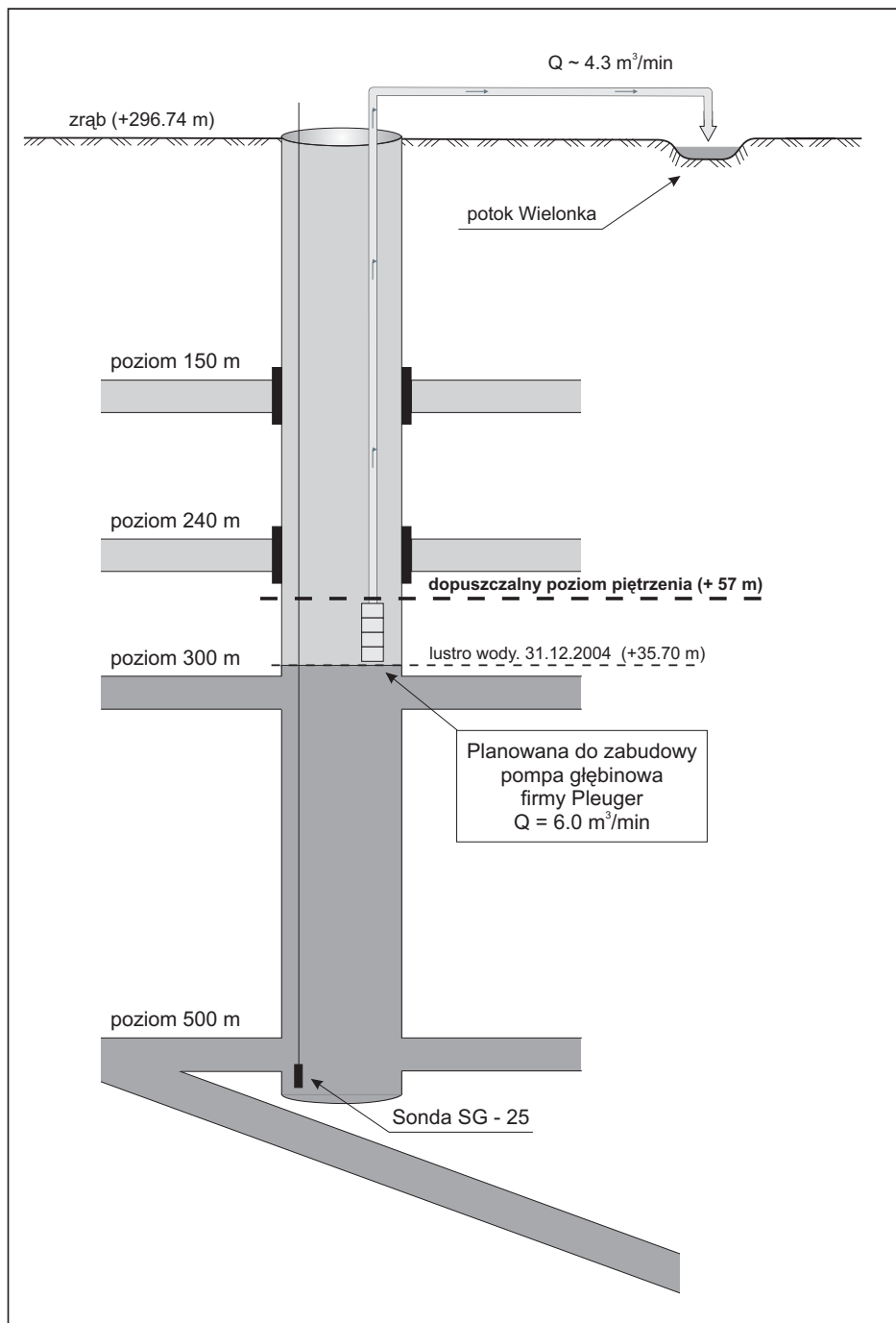
Przed likwidacją kopalni główne odwadnianie zlokalizowane było na poziomach 300 m (rzędna około +1,0 m) i 500 m (rzędna około -191,0 m). Dopływ wód do wyrobisk kopalni „Grodzic” w latach 1991–1998 wynosił od 4,3 do 6,4 m<sup>3</sup>/min. W roku 2000, tuż przed wyłączeniem pompowni stacjonarnych, dopływ wód wynosił około 4,8 m<sup>3</sup>/min, w tym około 3,0 m<sup>3</sup>/min do poziomu 300 m i około 1,8 m<sup>3</sup>/min do poziomu 500 m.

Do 26.10.2000 r. kopalnia utrzymywała stacjonarne systemy odwadniania na poziomach 300 m i 500 m oraz związaną z nimi sieć wyrobisk dołowych, szyby i infrastrukturę energomaszynową. W trakcie likwidacji kopalni zlikwidowano wyrobiska korytarzowe, zasypano szyby I, VII, pompownie na poziomie 300 m i 500 m oraz przystosowano szyb II do pełnienia funkcji studni głębinowej [3].

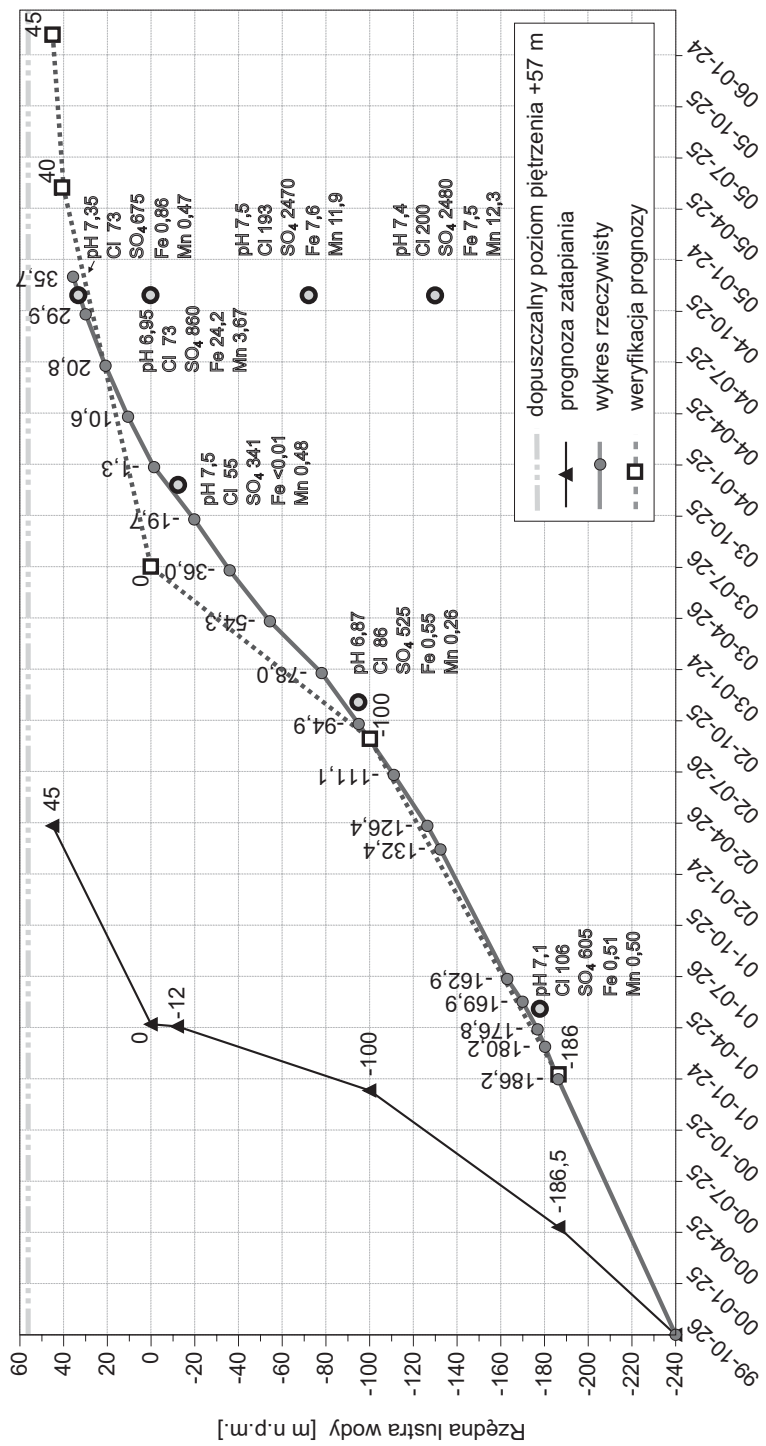
Eksploatacja węgla w byłym obszarze „Grodzic I” została zakończona z dniem 31.12.1998 r. Zatapanie wyrobisk podpoziomowych (poniżej poziomu 500 m) w pokładzie 816 rozpoczęto w sierpniu 1999 roku, natomiast cały dopływ do wyrobisk górniczych jest retencjonowany od 26.10.2000 roku po likwidacji obu pompowni na poziomach 300 i 500 m. Szyb II byłej kopalni „Grodzic” został przystosowany do pełnienia funkcji pompowni głębinowej (rys. 1).

Monitoring zwierciadła wody prowadzony jest w szybie II w sposób ciągły za pomocą sondy ciśnieniowej SG-25/100 zapuszczonej na głębokość około 480 m poniżej zrębu szybu. Okresowo poziom zwierciadła wody jest kontrolowany za pomocą wskaźnika poziomu wody typu KLL firmy SEBA-Electronic. Zwierciadło wody w zrobach rejonu „Grodzic” w dniu 31.12.2004 r. znajdowało się na rzędnej +35,70 m.

Prognozę procesu zatapiania byłej kopalni „Grodzic” przedstawiono na rysunku 2. Prawdopodobnie założony poziom odwadniania +57 m zostanie osiągnięty pod koniec roku 2005 [3].



Rys. 1. Schemat odwadniania byłej kopalni „Grodziec”, według [3]



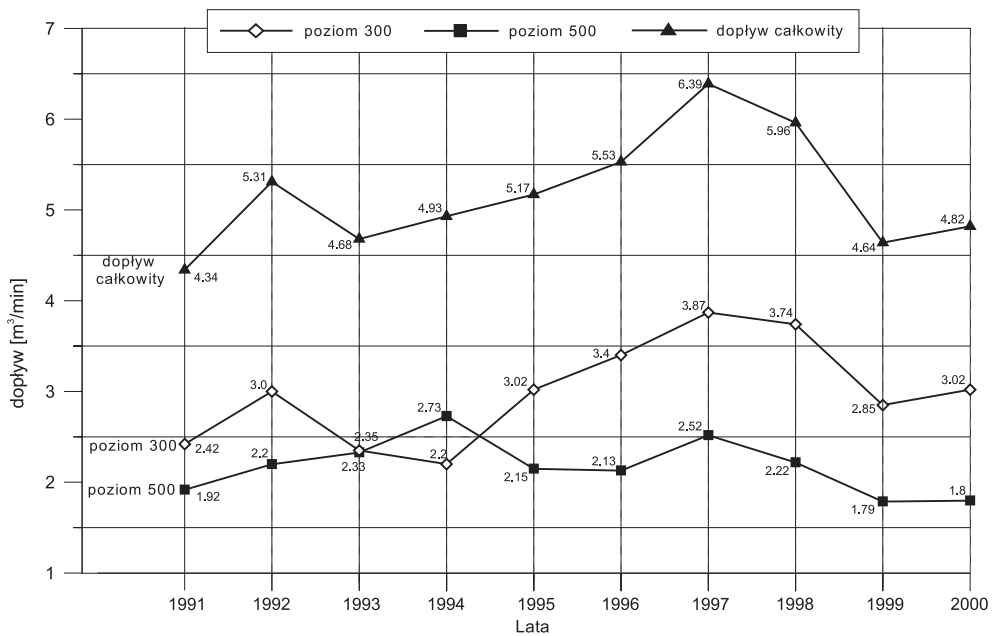
Rys. 2. Przebieg procesu zatapiania byłej kopalni „Grodziec”, według [3]

Na rysunku 3 zestawiono dopływy wód do byłej kopalni „Grodziec” na poziomach 300 m i 500 m. Z przedstawionych danych wynika, że dopływy wód do wyrobisk byłej kopalni „Grodziec” wynosiły w ostatnich dziesięciu latach średnio 5,17 m<sup>3</sup>/min, z czego do poziomu 300 m – 2,99 m<sup>3</sup>/min i do poziomu 500 m – 2,18 m<sup>3</sup>/min. Dopływy wód do poziomu 300 m stanowiły zatem około 60% całkowitych dopływów do kopalni [3, 6]. Wielkość dopływów zależna jest od ilości opadów atmosferycznych infiltrujących do wyrobisk, głównie na poziomie 300 m (rys. 3).

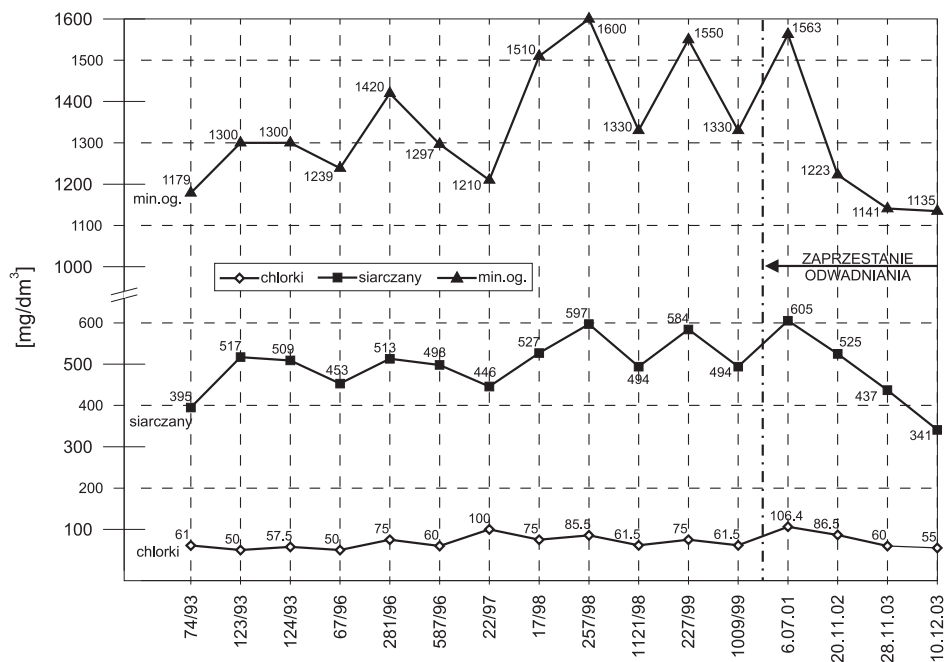
Skład chemiczny wód kopalnianych dopływających do poziomu 300 m przedstawiono na rysunku 4. W 1998 roku mineralizacja ogólna wód dopływających do chodników wodnych na poziomie 300 m (analiza nr 1121/98) wynosiła 1330 mg/dm<sup>3</sup>, przy zawartości chlorków 61,5 mg/dm<sup>3</sup> oraz siarczanów 494,0 mg/dm<sup>3</sup>. W latach 1993–1999 w wodach tych stwierdzano podwyższone stężenia jonów SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, wynoszące średnio 475 mg/dm<sup>3</sup>. Były to wody bardzo twarde, o odczynie obojętnym i słabo zasadowym, typu SO<sub>4</sub>-Ca. Do poziomu 300 m dopływają głównie wody pochodzące z zasilania z wyżej zalegającego piętra wodonośnego czwartorzędu oraz z zasobnego piętra triasowego [3].

Wody dopływające do poziomu 500 m były wodami twardymi i bardzo twardymi, o odczynie słabo zasadowym, reprezentującymi typ Cl-SO<sub>4</sub>-Na, klasy IIB1. Lokalnie mineralizacja sięgała 47 g/dm<sup>3</sup>, a nawet 65 g/dm<sup>3</sup>. Ogólnie do poziomu 500 m dopływały wody o nieco wyższej zawartości siarczanów niż do poziomu 300 m, wynoszącej średnio 688 mg/dm<sup>3</sup>. Mineralizacja wód zbiorczych z poziomu 500 m określona w 1998 roku, to jest w okresie poprzedzającym zatapianie wyrobisk, w chodnikach wodnych wyniosła 8464 mg/dm<sup>3</sup>, przy zawartości chlorków 1647 mg/dm<sup>3</sup> i siarczanów 474 mg/dm<sup>3</sup>. Wody te na ogół nie wykazywały podwyższonych stężeń metali ciężkich, takich jak: chrom, nikiel, kadm, ołów i miedź [3].

Analizy wód pobranych z szybu II zlikwidowanej kopalni „Grodziec” dostarczają istotnych informacji dotyczących kształtowania się składu chemicznego wód w trakcie zatapiania kopalni. W końcowej fazie likwidacji kopalni, w wodach dopływających do poziomu 300 m następował przyrost zawartości siarczanów z 446 do 605 mg/dm<sup>3</sup> (rys. 4), miało to związek z procesami likwidacyjnymi tej kopalni. Badania fizykochemiczne wód wykonane w początkowym okresie zatapiania kopalni, analiza z lipca 2001 roku (początek zatapiania 1.02.2001 r.), wykazywały mineralizację około 1,5 g/dm<sup>3</sup>, przy zawartości chlorków i siarczanów odpowiednio 106 i 605 mg/dm<sup>3</sup>. Już wówczas wody dopływające do szybu II swoim składem chemicznym nie różniły w zasadzie od wód dopływających do poziomu 300 m, niewielki wzrost mineralizacji związany był ze wzrostem zawartości siarczanów. Należy sądzić, że po wyłączeniu pomp do szybu zaczęły dopływać głównie wysłodzone wody z poziomu 300 m, a bardziej zasolone wody dopływające do poziomu 500 m zostały odcięte poprzez wody wysłodzone dopływające z wyższych poziomów. W wyniku tych procesów następowało szybkie wysłodzenie wód dopływających do szybu II; pod koniec 2003 roku wody pobrane z szybu II zawierały niewiele ponad 300 mg/dm<sup>3</sup> jonu SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Następne analizy wykazują już spadek zawartości siarczanów i ogólnej mineralizacji wody. Zawartość siarczanów w wodzie pobranej z szybu II w grudniu 2003 roku obniżyła się do 341 mg/dm<sup>3</sup>, a mineralizacja do 1135 mg/dm<sup>3</sup> [3, 6].



Rys. 3. Dopływy wody do byłej kopalni „Grodzic”, według [3]



Rys. 4. Zmiany składu chemicznego wód na poziomie 300 m w byłej kopalni „Grodzic”, według [3]

Na początku roku 2004 zwierciadło wody osiągnęło rzędną poziomu 300 m. Zatopienie wyrobisk poziomowych spowodowało wzrost stężenia siarczanów. W wodach pobranych z głębokości około 270÷290 m zawartość jonu  $\text{SO}_4^{2-}$  wynosiła 675÷850 mg/dm<sup>3</sup>. Natomiast w wodach pobranych z głębokości 370÷430 m zawartość jonu  $\text{SO}_4^{2-}$  wynosiła blisko 2500 mg/dm<sup>3</sup>. Ten skokowy wzrost siarczanów jest wynikiem pierwszego przepłukania wyrobisk poziomu 300 m [3].

#### **4. PROGNOZA ZMIAN JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE BYŁEJ KOPALNI „GRODZIEC” NA PODSTAWIE BADAŃ MODELOWYCH**

Zmienność chemizmu wód podziemnych w rejonie byłej kopalni „Grodziec” badano przy wykorzystaniu programu SOLMINEQ88 [5, 6]. Jest to uniwersalny program do badań geochemicznych, używany w różnych warunkach zmienności temperatur, ciśnień oraz składów wód – włącznie z zawartością rozpuszczonych w nich gazów. Program umożliwia obliczanie chemizmu mieszających się wód, a ponadto zmiany chemizmu na skutek wymiany masy oraz na skutek reakcji chemicznych wynikających z dodatkowych kontaktów roztworu ze skałą. Umożliwia on również określenie indeksów rozpuszczalności SI (*saturation index*) minerałów rozpuszczonych w wodzie. Program umożliwia ponadto obliczanie równowagi chemicznej rozpuszczonych gazów CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S.

##### **4.1. Dane do obliczeń modelowych**

Z danych zestawionych na rysunku 3 wynika, że dopływy wód do wyrobisk byłej kopalni „Grodziec” wynosiły w ostatnich dziesięciu latach średnio 5,17 m<sup>3</sup>/min, z czego do poziomu 300 m – 2,99 m<sup>3</sup>/min i do poziomu 500 m – 2,18 m<sup>3</sup>/min. Dopływy do poziomu 300 m stanowiły zatem około 60% całkowitych dopływów do kopalni.

Planuje się, że założony poziom odwadniania +57 m zostanie osiągnięty pod koniec roku 2005. Założono, że w okresie likwidacji kopalni „Grodziec” średni dopływ wody do kopalni będzie wynosił 4,4 m<sup>3</sup>/min. W trakcie procesu likwidacji kopalni będzie wzrastać procentowy udział wielkości dopływu wód z poziomu 300, w stosunku do wód dopływających z poziomu 500 m (tab. 1). W trakcie zatapiania kopalni dopływy wody do wyrobisk usytuowanych powyżej zwierciadła wody pozostają bowiem niezmienione, natomiast dopływy do wyrobisk zatopionych ulegają zmniejszeniu proporcjonalnie do zmniejszenia depresji wytworzonej przez wyrobiska górnicze w zasilającym je poziomie wodonośnym.

Na rysunku 5 przedstawiono zmiany składu chemicznego wód z głębokością. Wykres został skonstruowany na podstawie analiz wód pobranych z szybu II w roku 2004 (2.12.2004 r.).

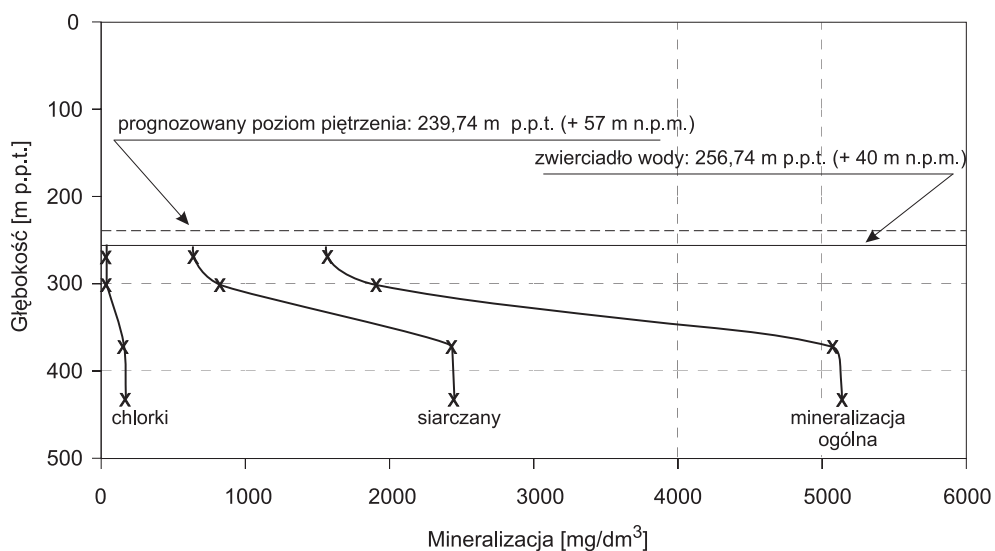
Do obliczeń modelowych wykorzystano dane dotyczące składu chemicznego wód kopalnianych dopływających do poziomu 300 m i 500 m w roku 1999, tzn. w okresie poprzedzającym zatapianie wyrobisk, a więc przed rozpoczęciem procesu mieszania się wód (tab. 1).



**Tabela 1**

Wyniki badań modelowych mieszania się wód z poziomu 300 m oraz poziomu 500 m (kopalnia „Grodzic”)

Składniki	Skład chemiczny wód z poziomu		Obliczony skład chemiczny mieszanki wód z poziomów 300/500 m w stosunku [%]		
	300 m	500 m	60/40	70/30	80/20
Na <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	100,00	2850,00	1200,96	925,84	650,64
K <sup>+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	11,14	350,00	146,80	112,90	78,99
Ca <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	218,00	100,00	204,79	208,09	211,39
Mg <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	53,90	185,00	72,36	67,74	63,13
Cl <sup>-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	61,50	1647,00	696,25	537,63	378,97
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ]	494,00	474,00	485,99	487,99	490,00
Min. og. [mg/dm <sup>3</sup> ]	1330,00	8464,00	2816,98	2351,67	1886,23
pH	8,0	7,5			
Temp. wody [°C]	12	15			
Ciśnienie [MPa]	0,41	2,43			



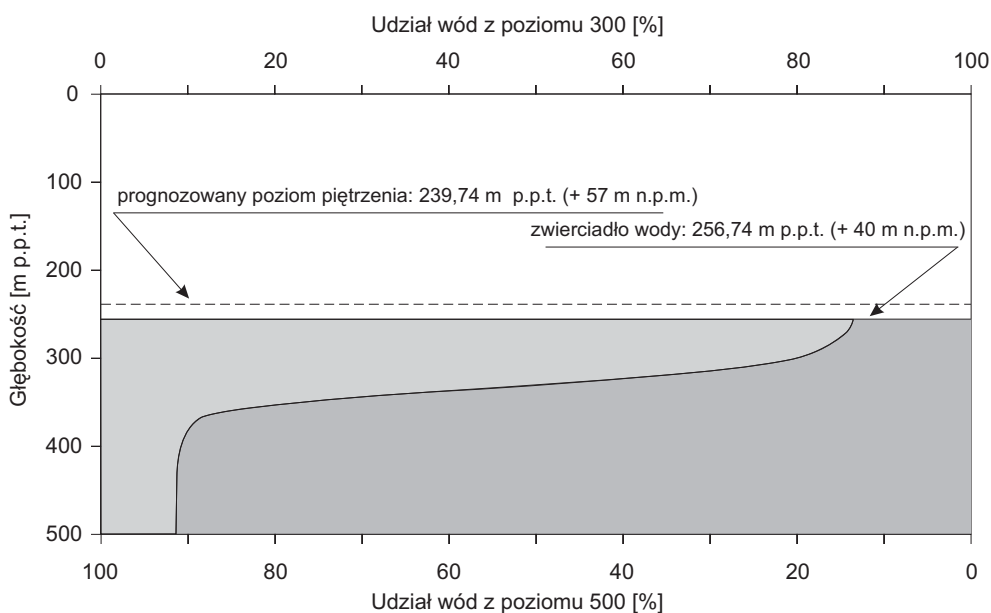
**Rys. 5.** Zmiany składu chemicznego wód z głębokością w byłej kopalni „Grodzic”

#### 4.2. Badania modelowe mieszania się wód z poziomu 300 m i 500 m

Obliczenia zmiany chemizmu wód w odniesieniu do mieszania się wód kopalnianych z poziomu 300 m oraz z poziomu 500 m wykonano przy wykorzystaniu programu SOLMI-NEQ88. W tabeli 1 przedstawiono przykładowo średni skład mieszaniny powstałej w wyniku zmieszania się wód w proporcji 60/40, 70/30 i 80/20.

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że w miarę upływu czasu, tzn. w miarę wydławiania wód, obserwuje się spadek mineralizacji, spadek zawartości jonów chlorkowych oraz wzrost jonów siarczanowych.

Na rysunku 6 przedstawiono wyniki badań modelowych mieszania się wód z poziomu 300 m oraz z poziomu 500 m w funkcji głębokości. Z danych przedstawionych na rysunku 6 wynika, że mineralizacja i skład jonowy wód zmienia się z głębokością. Proces mieszania jest długotrwały. Front mieszania się wód występuje na głębokości około 370 m. W procesie modelowania uwzględniono także wielkość ciśnienia panującego w poszczególnych punktach układu mieszaniny. Okazało się jednak, że nie ma ono zauważalnego wpływu na wielkość mineralizacji i skład jonowy wód.



Rys. 6. Wyniki badań modelowych procesu mieszania się wód z poziomu 300 m oraz poziomu 500 m w funkcji głębokości w byłej kopalni „Grodzic”

Sam proces mieszania się wód nie wyjaśnia wysokiego wzrostu zawartości siarczanów w wodach kopalnianych. Głównym procesem powodującym zmiany chemizmu wód (m.in. wzrost zawartości siarczanów) jest rozpuszczanie produktów utleniania pirytów przez wody przepływające przez zroby poeksploatacyjne lub w nich stagnujące (przepłukiwanie wyrobisk) [2, 3, 4, 6].

### 4.3. Analiza rozpuszczalności minerałów

W solankach kopalnianych najważniejszymi jonami są aniony chlorkowe i siarczane oraz kationy sodowe i wapniowe. Krzemionka jest najważniejszym składnikiem niejonowym, wynika to z rozpuszczalności wielu minerałów, włącznie z kwarcem.

Do obliczeń wielkości niedosycenia i przesylenia minerałów w roztworze stosuje się stałe dysocjacji oraz tzw. wskaźnik nasycenia SI (*saturation index*). Stałe dysocjacji są funkcją temperatury i aktywności składników roztworu. Aktywność jonów, wzięwszy pod uwagę jedynie oddziaływania pomiędzy jonami, jest równa stężeniom analitycznym jedynie dla roztworu idealnego. W roztworach rzeczywistych aktywność  $i$ -tego składnika  $a_i$  związana jest z jego koncentracją w roztworze  $c_i$  za pośrednictwem współczynnika aktywności  $f_i$ , który zależy od siły jonowej  $I$ .

Dla jonowo silnych roztworów stosuje się prawo Debye'a–Hückela [2, 4]:

$$a_i = f_i c_i \quad (1)$$

$$\log(f_i) = -Az_i^2 \left( \frac{\sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}} - 0,3I \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $a_i$  – aktywność  $i$ -tego składnika roztworu,
- $c_i$  – koncentracja  $i$ -tego składnika roztworu,
- $f_i$  – współczynnik aktywności  $i$ -tego składnika roztworu,
- $A$  – stała zależna od temperatury,
- $z_i$  – ładunek  $i$ -tego składnika roztworu,
- $I$  – siła jonowa roztworu.

Siła jonowa jest określona równaniem

$$I = \frac{1}{2} \sum_i M_i z_i^2 \quad (3)$$

gdzie  $M_i$  – molarność (stężenie molowe)  $i$ -tego jonu roztworu.

Stabilność siły jonowej zwykle oznacza ustabilizowane warunki rozpuszczania minerałów, wzrost siły jonowej powoduje zwykle zwiększenie możliwości rozpuszczania się minerałów.

Wskaźnik nasycenia SI określa się wg wzoru

$$SI = \log(IAP/KT) \quad (4)$$

gdzie:

- IAP – iloczyn aktywności form (*ion activity product*) obliczony na podstawie rzeczywistych aktywności w wodzie substancji biorących udział w reakcji,
- KT – stała równowagi reakcji w danej temperaturze.

Ocena stanu równowagi pomiędzy solanką i rozpuszczoną fazą aktywności polega na porównaniu iloczynu aktywności tych samych form w warunkach równowagi. W przypadku

rówowagi wskaźnik nasycenia  $SI = 0$ . Przy niedosyceniu  $SI < 0$ , przy przesyleniu  $SI > 0$ . Wyniki obliczeń stanu nasycenia niektórych minerałów z wód kopalni „Grodziec” przedstawiono w tabeli 2. Do obliczeń SI wykorzystano program SOLMINEQ88.

**Tabela 2**  
Wybrane wskaźniki nasycenia niektórych minerałów z wód kopalni „Grodziec”

Minerał	log (AP)	log (KT)	SI
Akermanit	32,311	47,251	-14,940
Anhydryt	-5,362	-4,221	-1,141
Brucyt	-15,796	-11,478	-4,318
Chalcedon	-3,518	-3,903	0,385
Cryzotyl	31,62	33,42	-1,800
C-enstatyt	9,368	11,809	-2,442
Cristobalit- $\alpha$	-3,518	-3,646	0,129
Cristobalit- $\beta$	-3,518	-3,015	-0,503
Diopsyd	19,08	20,429	-1,349
Enstatyt	9,368	11,993	-2,625
Forsteryt	22,253	30,378	-8,125
Gips	-5,362	-4,596	-0,766
Halit	-4,151	1,563	-5,714
Cyanit	-32,647	-25	-7,647
Larnit	22,943	40,292	-17,349
Wapień	-18,447	33,837	-52,285
Magadyt	-18,575	-14,34	-4,235

## 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

1. W wyniku likwidacji kopalń i zatapiania wyrobisk górniczych dochodzi do zmian położenia zwierciadła wód podziemnych w karbońskim piętrze wodonośnym. W trakcie likwidacji kopalń zmienia się także jakość wód podziemnych wypływających z nieczynnych wyrobisk. Szczególnie intensywne zmiany zachodzą w wodach kopalnianych po zatopieniu wyrobisk dołowych.

2. W pracy przedstawiono prognozę zmian ilościowych i jakościowych wód kopalnianych, przeprowadzoną na podstawie badań modelowych, dla kopalni „Grodziec”. Wykonano obliczenia zmiany chemizmu wód w odniesieniu do mieszania się wód kopalnianych z poziomu 300 m oraz z poziomu 500 m. Z uzyskanych danych wynika, że w miarę upływu czasu, tzn. w miarę wydobywania się wód, obserwuje się spadek mineralizacji, spadek ilości jonów chlorkowych oraz wzrost ilości jonów siarczanowych.
3. Mineralizacja i skład jonowy wód zmienia się z głębokością. Proces mieszania jest bowiem długotrwały. Front mieszania się wód występuje na głębokości około 370 m.
4. W procesie modelowania uwzględniono także wpływ ciśnienia panującego na poszczególnych głębokościach. Okazało się jednak, że nie ma ono istotnego wpływu na wielkość mineralizacji i skład jonowy wód.
5. Sam proces mieszania się wód nie wyjaśnia wysokiego wzrostu zawartości siarczanów w wodach kopalnianych. Głównym procesem powodującym zmiany chemizmu wód (m.in. wzrost ilości siarczanów) jest rozpuszczanie produktów utleniania piritów przez wody przepływające przez wyrobiska poeksploatacyjne lub w nich stagnujące.
6. Do obliczeń wielkości niedosycenia i przesylenia minerałów w roztworze wodnym zastosowano wskaźnik nasycenia SI (*saturation index*). Z otrzymanych danych wynika, że większość minerałów rozpuszczonych w wodach kopalni „Grodziec” wykazuje znaczne niedosycenie.

## LITERATURA

- [1] Bielewicz R.: *Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w związku z likwidacją KWK „Grodziec” w Będzinie wg stanu na 1.07.1999 r.* Katowice, „Kon-sultant” Sp. z o.o. 1999
- [2] Domenico P.A., Schwartz F.W.: *Physical and Chemical Hydrogeology*. New York, John Wiley & Sons Inc. 1990
- [3] Frolik A. *et al.*: *Zmiany dopływów i jakości wód kopalnianych po zaprzestaniu od-wadniania lub zmianie poziomu odwadniania*. Katowice, Dokumentacja Głównego Instytutu Górnictwa, 2005
- [4] Macioszczyk A., Dobrzyński D.: *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód*. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN 2002
- [5] SOLMINEQ88: *A Computer Program for Geochemical Modelling of Water-Rock Reactions*. USA
- [6] Zawisza L., Macuda J.: *Modelowanie zmian jakościowych wód podziemnych w zlikwi-dowanej kopalni węgla kamiennego „Grodziec”*. VI Międzynarodowa Konferencja Techniki Urabiania, Kraków – Krynica, wrzesień 2005
- [7] Zawisza L., Nagy S.: *Modelowanie zmian jakościowych wód podziemnych w zlikwi-dowanej kopalni „Grodziec”*. Katowice, Dokumentacja Głównego Instytutu Górni-ctwa, 2005