

**Krzysztof Brudnik\*, Jerzy Przybyło\*, Bogumiła Winid\*\***

## **ZAWODNIENIE ZŁOŻA SOLI WIELICZKA NA PODSTAWIE STANU WYCIEKÓW KOPALNIANYCH\*\*\***

### **1. WSTĘP**

Bardzo łatwa rozpuszczalność minerałów wchodzących w skład złóż soli sprawia, że warunkiem przetrwania tych złóż w trakcie procesów geologicznych i działalności górniczej jest ich izolacja od wód podziemnych a przede wszystkim od wód podlegających szybkiej wymianie. Dlatego istotą warunków hydrogeologicznych złóż soli jest fakt, że pozbawione są one obecności wody w takim sensie jak dotyczy to innych złóż [5], a potencjalne zagrożenie wodne związane z budową geologiczną złoża i warstw otaczających jest największym zagrożeniem dla złóż solnych [3]. Zjawiska wodne związane ze złożami soli są obserwowane w postaci zawilgoceń, wykropleń i wypływów solanki. Przejawami wodnymi w ciele solnym mogą być solanki genetycznie związane ze złożem (wewnątrzsolne, które dzielą się na sedimentacyjne i tektonogeniczne), a także pochodzenia kondensacyjnego [2]. Ponadto w kopalniach soli występują zjawiska hydrogeologiczne związane z dopływem wód spoza złoża, których przyczyną powstania są istniejące kontakty hydrauliczne powstałe na skutek długotrwałej eksploatacji, jak ma to miejsce w przypadku Kopalni Soli Wieliczka [4].

### **2. PRZEJAWY WODNE KOPALNI SOLI WIELICZKA – WYCIEKI KOPALNIANE**

Naczelną zasadą górnictwa soli jest niedopuszczanie do powstawania kontaktów hydraulicznych między wyrobiskami górnictwami a wodami zgromadzonymi w skałach otacza-

---

\* Kopalnia Soli Wieliczka  
\*\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków  
\*\*\* Praca zrealizowana w ramach badań własnych

jących złoża solne. Niemniej jednak kontakty hydrauliczne istnieją we wszystkich polskich kopalniach soli [4]. Do ich powstania przyczyniły się niedostateczna znajomość konturów i budowy wewnętrznej złoża jak i błędy w działalności górniczej, które trudno całkowicie wyeliminować zwłaszcza na przestrzeni siedem wieków trwającej eksploatacji jak ma to miejsce w przypadku Kopalni Soli Wieliczka. Konsekwencją krążenia wód w rejonie złoża są występujące w kopalni wycieki. W wyrobiskach kopalni soli Wieliczka zarejestrowane są 184 wycieki (stan na koniec 2005 roku), do tego dochodzą ponadto wycieki występujące w szybach kopalnianych. Wycieki stanowią grupę o zróżnicowanej wydajności od wykropień do wypływów o wydajności ponad kilkadziesiąt litrów na minutę, zawartość NaCl wynosi od poniżej 1 g/dm<sup>3</sup> do ponad 300 g/dm<sup>3</sup>, Zjawiska hydrogeologiczne obserwowane w złożu Wieliczka są naturalnymi dopływami do złoża lub krążącymi w obrębie złoża solankami o zawartości NaCl 300 g/dm<sup>3</sup> lub więcej nie zawsze sprecyzowanego pochodzenie. Mogą być to przecieki nieprecyzyjne ujętych wycieków z poziomów wyższych. W złożu nie stwierdzono obecności wód genetycznie związanych ze złożem.

Przestrzenne rozmieszczenie wycieków na poszczególnych poziomach widoczne na mapach kopalnianych [6] ukazuje:

- występowanie wycieków o najmniejszym (poniżej 35 g/dm<sup>3</sup>) zasoleniu w rejonie północnej granicy złoża;
- obecność wycieków nienasyconych w sąsiedztwie północnej granicy złoża oraz w rejonie występowania warstw podsolnych;
- lokalizację wycieków o największej wydajności blisko północnej granicy złoża;
- obecność w centralnej części złoża licznej grupy wycieków o zasoleniu powyżej 300 g/dm<sup>3</sup> i zróżnicowanej wydajności;
- nierównomierne występowanie wycieków na poszczególnych poziomach kopalni, które szczególnie dotyczy poziomów I–IV.

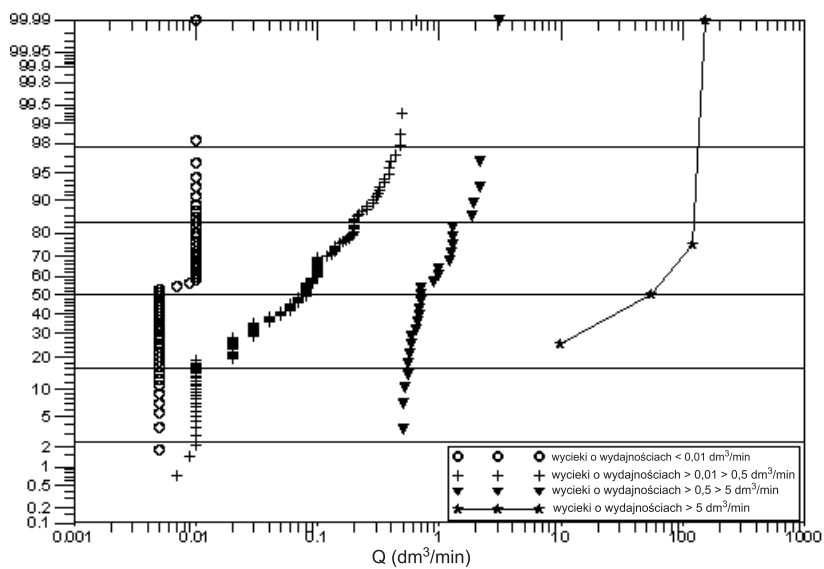
### **3. WYDAJNOŚCI WYCIEKÓW KOPALNIANYCH – STAN NA KONIEC 2005 ROKU**

Liczbę wycieków na poszczególnych poziomach przedstawiono w tabeli 1. Wydajność poszczególnych poziomów jest sumą średniej arytmetycznej wydajności wszystkich wycieków na danym poziomie, natomiast średnia zawartość NaCl jest to średnia ważona obliczana na podstawie pomiarów kontrolnych wszystkich dostępnych wycieków poszczególnych poziomów [1].

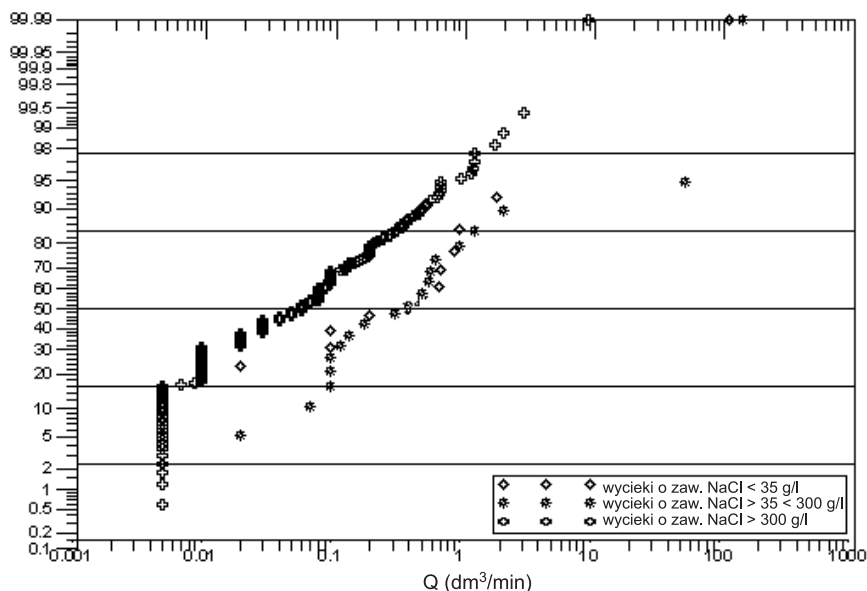
Wydajności wycieków kopalnianych zostały przedstawione na wykresach częstości skumulowanej (rys. 1, 2). Uwzględniono dopływy rejestrowane na poszczególnych poziomach kopalni i na różnych głębokościach szybów kopalnianych (zbiór informacji liczył w tym wypadku) 226 danych. Wycieki podzielono na klasy kierując się dotychczasową klasyfikacją stosowaną w kopalniach soli oraz rezultatami opracowania wykresów częstości skumulowanej (tab. 2).

**Tabela 1**  
Wyniki Kopalni Soli Wieliczka

Poziom	Nazwa	Liczba wycieków	Wydajność (dm <sup>3</sup> /min)	Średnie nasycenie NaCl (g/dm <sup>3</sup> )
I	Bono	30	3,50	162,39
IIw	Braci Markowskich	17	1,77	308,58
IIn	Mickiewicz	20	1,70	282,57
III	Słowacki	27	3,49	221,81
IV	Grunwald	22	126,34	18,80
V	Lenino	30	6,00	301,72
VI	Stalingrad	20	74,13	252,51
VII	Warszawa	13	154,57	67,99
VIII	Przodowników Pracy	4	0,36	309,54
IX		1		
	Szyby czynne 6 Szyby nieczynne 3		9,33	115,84
	Cała kopalnia	184	381,19	97,00



Rys. 1. Wydajność wycieków KS Wieliczka



Rys. 2. Wydajność wycieków o różnym zasoleniu

Tabela 2

Klasyfikacja wydajności wycieków KS Wieliczka

	$Q$ (dm <sup>3</sup> /min)	Klasa
1	do 0,01	wykroplenia
2	$0,01 < i < 0,05$	wycieki o małej wydajności
3	$0,05 < i < 5,0$	wycieki o średniej wydajności
4	$> 5,0$	wycieki o dużej wydajności

Granica 5 dm<sup>3</sup>/min wynika z faktu, że wśród wód krążących w złożu nie ma praktycznie wycieków o wydajności powyżej 5 dm<sup>3</sup>/min oraz że wśród wycieków o zasoleniu zbliżonym do nasycenia względem halitu (NaCl > 300 g/dm<sup>3</sup>) nie ma wycieków o wydajności > 5 dm<sup>3</sup>/min (rys. 2). Granica 0,5 dm<sup>3</sup>/min została przyjęta jako mediana dla wycieków nie nasyconych względem halitu (klasy NaCl < 35 g/dm<sup>3</sup> i 35÷300 g/dm<sup>3</sup>). Rysunek 1 przedstawia wykres wydajności dopływów rejestrowanych na poszczególnych poziomach kopalni i w szybach kopalnianych (226 danych) i podzielonych zgodnie z wydzielonymi klasami. Najliczniejszą grupę stanowią wycieki o wydajnościach od 0,01 do 0,05 dm<sup>3</sup>/min. Wydatki są generalnie mniejsze na poziomach wyższych, a mniejsze na poziomach niższych. Wydajności wycieków I poziomu są stosunkowo niewielkie. Wycieki o największych wydajnościach są rejestrowane na poziomach IV, VI i jeden wyciek na poziomie VII (tab. 1). Wydajności dopływów zewnętrznych są znacznie większe od wydajności wycieków krążących w złożu.

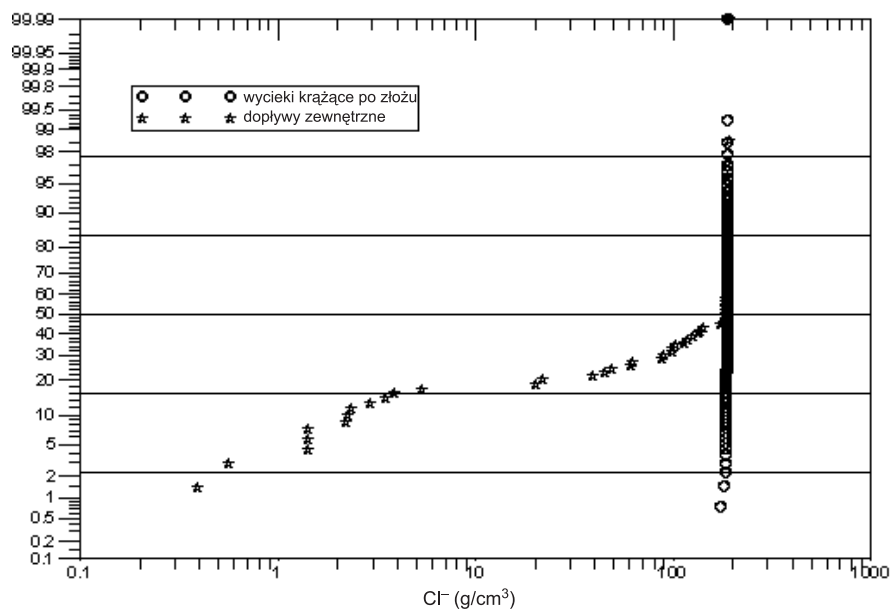
#### 4. PARAMETRY CHEMICZNE WYCIĘKÓW KS WIELICZKA – STAN NA KONIEC 2005 ROKU

W bilansie wycieków kopalnianych wykonywanym przez Kopalnię Soli Wieliczka oprócz wielkości dopływów uwzględniane są informacje o chemizmie. Dotyczą one zawartości NaCl przeliczanej w oparciu o oznaczane jony  $\text{Cl}^-$  i zawartości jonów siarczanowych. Wykresy częstości skumulowanej parametrów chemicznych zostały przedstawione na rysunkach 3–8. Zawartość jonów  $\text{Cl}^-$  została przedstawiona w grupach wycieków: krążących po złożu i dopływających ze skał otaczających złożo (rys. 3) i w grupach o różnej wydajności (rys. 4). Na rysunku 7 została przedstawiona zawartość jonów  $\text{SO}_4^{2-}$  dla wycieków krążących po złożu i dopływających ze skał otaczających złożo, na rysunku 5. dla grup o różnym zasoleniu.

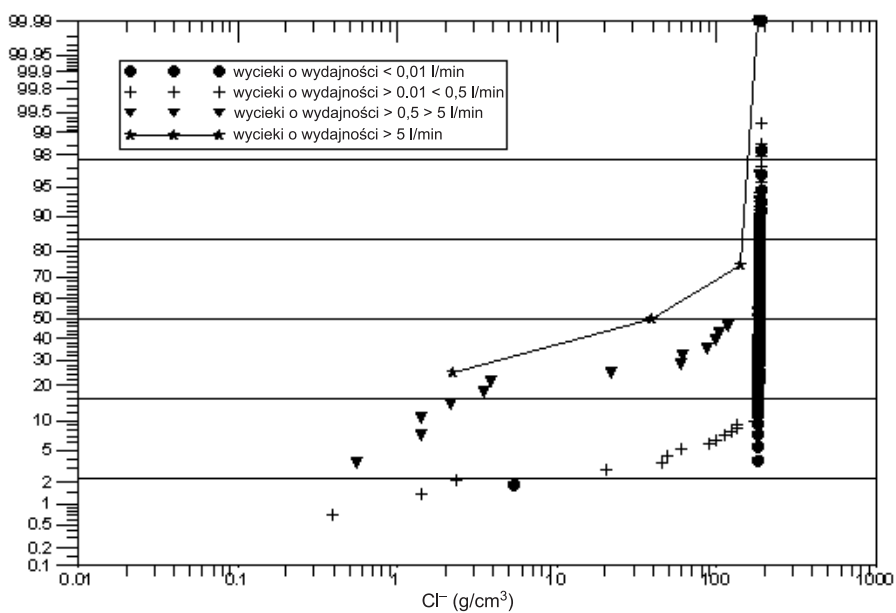
W oparciu o informacje chemiczne zamieszczone w bilansie obliczono dla wycieków wartości wskaźnika siarczanowości  $\frac{r\text{SO}_4^{2-} \cdot 100}{r\text{Cl}^-}$  i badano zmienność tego parametru w grupach różniących się zasoleniem (rys. 6).

Na podstawie przedstawionych wykresów można zauważyć wiele prawidłowości.

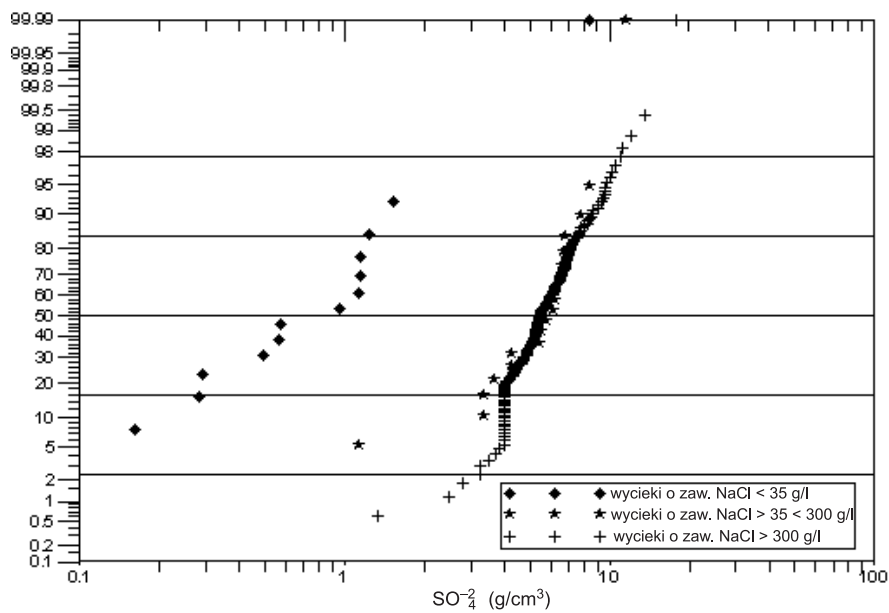
- Dopływy zewnętrzne charakteryzują się w większości przypadków niższym stężeniem  $\text{Cl}^-$  niż wody krążące w złożu (rys. 3).
- Zmienność zawartości  $\text{Cl}^-$  jest w wyciekach zewnętrznych bardzo duża obejmuje trzy rzędy wielkości (rys. 3).
- Niemal wszystkie wody krążące w złożu posiadają zawartość chlorków odpowiadającą stanowi bliskiemu nasycenia względem halitu, a zmienność ich zawartości jest niewielka.
- Zróżnicowanie zawartości jonów chlorkowych nie zależy od wydajności wycieków, ale wody o zawartości  $< 1 \text{ g/dm}^3$  są dopływami o wydajnościach  $< 0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$ . Niskie zawartości chlorków pojawiają się w wyciekach o wydajności  $Q > 0,01 \text{ dm}^3/\text{min}$ . Udział wycieków o zasoleniu poniżej  $300 \text{ g/dm}^3 \text{ NaCl}$  rośnie w miarę rosnącej wydajności wycieków (rys. 4).
- Zawartość jonów siarczanowych jest generalnie wyższa w wodach krążących w złożu niż w dopływach zewnętrznych (rys. 7).
- Zmienność zawartości  $\text{SO}_4^{2-}$  w wodach krążących w złożu jest zdecydowanie wyższa od zmienności zawartości chlorków (nachylenie krzywych na rys. 3 i 7). Może być to związane z brakiem w większości wycieków, a różnym udziałem w przypadku innych składowej solanki technologicznej charakteryzującej się dużym udziałem siarczanów oraz z dużą zmiennością minerałów siarczanowych w złożu.
- Wycieki o zasoleniu poniżej  $35 \text{ g/dm}^3$  charakteryzują się znacznie szerszym przedziałem zawartości jonów siarczanowych. Natomiast najmniejsze zróżnicowanie zawartości tego jonu występuje w grupie wycieków o zawartości powyżej  $35 \text{ g/dm}^3$  i poniżej  $300 \text{ g/dm}^3$  (rys. 5).
- Wartości wskaźnika siarczanowości dla dopływów o zasoleniu poniżej  $35 \text{ g/dm}^3$  (NaCl) przekraczają co najmniej o rząd wielkości wartości wskaźnika dla wycieków o zasoleniu większym niż  $35 \text{ g/dm}^3$  (rys. 6).



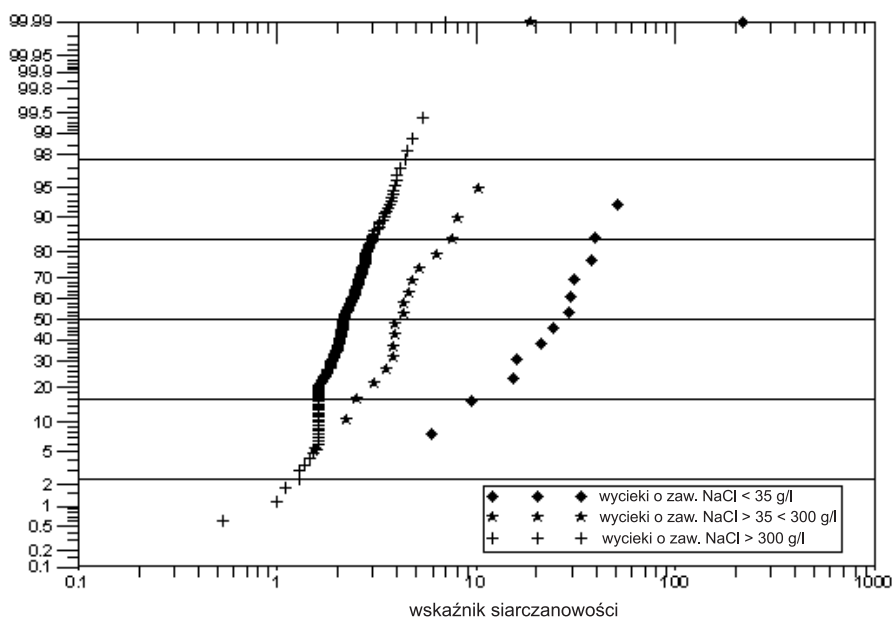
Rys. 3. Zawartość  $\text{Cl}^-$  dla wycieków o różnym pochodzeniu



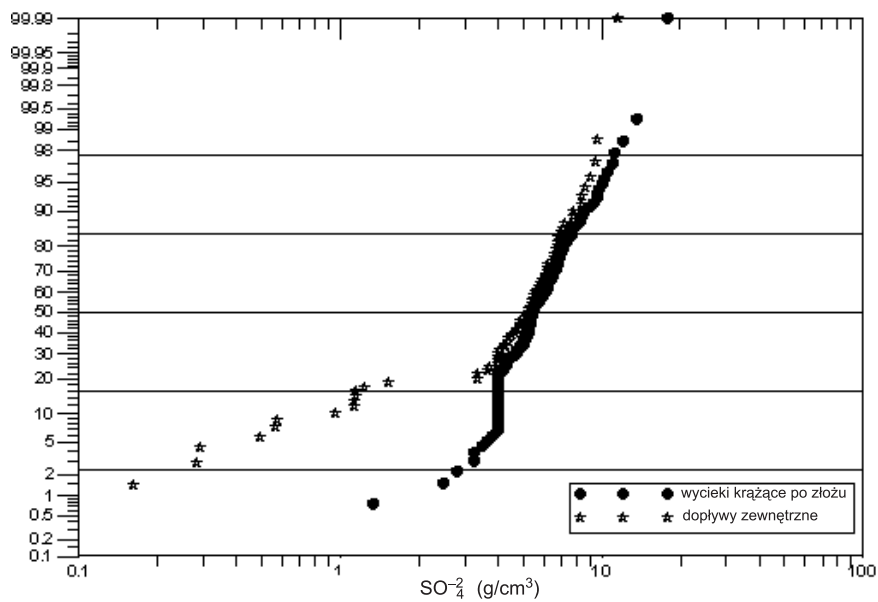
Rys. 4. Zawartość  $\text{Cl}^-$  dla wycieków o różnej wydajności



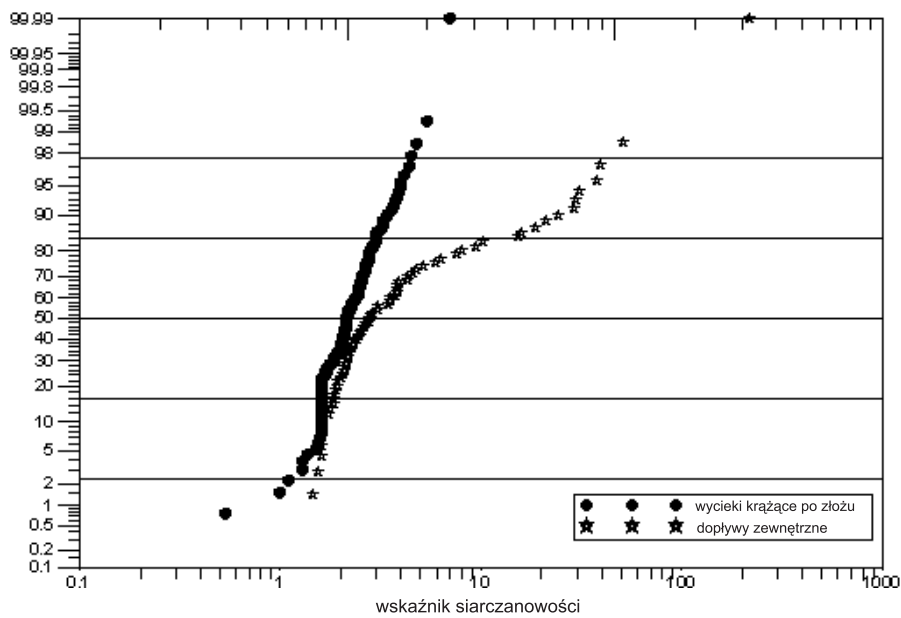
Rys. 5. Zawartość  $\text{SO}_4^{2-}$  dla wycieków o różnym zasoleniu



Rys. 6. Wartość wskaźnika siarczanowości dla wycieków o różnym zasoleniu



Rys. 7. Zawartość  $\text{SO}_4^{2-}$  dla wycieków o różnym pochodzeniu



Rys. 8. Wartość wskaźnika siarczanowości dla wycieków o różnym pochodzeniu



## 5. PODSUMOWANIE

Zawodnienie złoża soli objawia się dużą ilością zróżnicowanych przejawów wodnych, największą ilość stanowią wycieki o niewielkich wydajnościach i pełnym zasoleniu natomiast największe wydajności mają dopływy o zawartości NaCl poniżej  $300 \text{ g/dm}^3$ , rejestrowane na poziomach IV, VI i VII, w rejonie północnej granicy złoża. Przeważającą większość wśród rejestrowanych przejawów wodnych stanowią wycieki kroplowe, ale cztery wycieki o dużej wydajności (tab. 2) dostarczają 87,9% wszystkich odbieranych wód w złożu.

## LITERATURA

- [1] *Bilans wycieków KS Wieliczka za 2005 rok*. Wieliczka, Arch. Dział. Geol.
- [2] Koriń S., Sadovyi Y.: *Przejawy solanek w kopalniach soli i natura ich powstawania*. Przegląd Geologiczny, vol. 46, nr 2, 1998, 155–158
- [3] Ślizowski K.: *Zagrożenie wodne w kopalniach soli*. Zeszyty Naukowe AGH, nr 1, 1980
- [4] Wilk Z., Kulma R. (red.): *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa 3*. Kraków, UWND AGH 2004
- [5] Wilk Z., Adamczyk A.F., Nałęczki T.: *Wpływ działalności górnictwa na środowisko wodne w Polsce*. Warszawa, Wydawnictwo SGGW-AR 1990
- [6] Winid B.: *Wycieki solanek związane ze złożami soli kamiennej i znaczenie analizy ich parametrów w obserwacji warunków hydrogeologicznych na przykładzie Kopalni Soli Wieliczka*. Kraków, Wydział WNiG AGH 2003 (praca doktorska)