

Badanie związku eksploatacji i likwidacji wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego z mineralizacją wód leczniczych Szczawna Zdroju

Władysław Czabaj*, Jerzy Klich**



W. Czabaj



J. Klich

The investigation on relations between exploitation and liquidation of Wałbrzych coal mines and the mineralization of curative waters of Szczawno Zdrój. *Prz. Geol.*, 53:230–236.

S u m m a r y. In the Wałbrzych area there existed coal deposits and nearby springs with natural mineral waters of oxalate type. Many years of underground coal mining resulted in the disappearance or demineralization of most springs. Only the springs of Szczawno Zdrój curative waters remained. Regression analysis demonstrated a statistically significant decrease in their mineralization in the 1963–1993 period. It was assumed that the reason was an intense exploitation of coal in the “Thorez” mine. The use of Fourier harmonic analysis for time series from 1982 to 1998 has shown a strong correlation between the amount of CO₂ vented from the “Thorez” mine and the content of typical ions and free CO₂ in curative waters of Szczawno Zdrój. The liquidation of mines, and especially, the end of ventilation in August 1998, should

increase the migration of endogenous CO₂ to the region of curative waters formation. A reversal of the trend towards their demineralization is expected, as confirmed by the increasing trend of the content of typical ions in Szczawno Zdrój curative waters between 1990 and 1999.

Key words: curative water, mining waters, ventilation, carbon dioxide, harmonic analysis

Wałbrzyskie złoża węgla kamiennego są zlokalizowane w necie morfologicznej, otoczonej wzgórzami pochodzenia wulkanicznego (najwyższy Chełmiec), gęsto porośniętymi lasami. W bezpośrednim sąsiedztwie złóż węgla występowały liczne źródła wód mineralnych typu szczaw (ryc. 1). Przed przemysłową eksploatacją węgla rejon ten musiały cechować wyjątkowe walory turystyczno-lecznicze. Górnicza eksploatacja węgla jeszcze w czasach przedwojennych spowodowała zanik lub wysłodzenie większości okolicznych źródeł wód mineralnych, np. Stary Zdrój i Jedlina Zdrój. Do czasów powojennych zachowały się jedynie źródła wód leczniczych Szczawna Zdroju. W oparciu o nie funkcjonuje obecnie Uzdrawisko „Szczawno–Jedlina”. Wzrost wydobywania węgla w czasach powojennych, w tym szczególnie w latach 70. i 80., zagroził również tym wodom. Badaniami hydrochemicznymi i statystycznymi stwierdzono ich powolną demineralizację (Czabaj & Jarodzki, 1997). Otwartym pozostało pytanie, co było jej przyczyną.

Długoletnie wypływy wód leczniczych w bardzo bliskim sąsiedztwie podziemnych wyrobisk górniczych wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego są zjawiskiem unikalnym. Duża różnica wysokości pomiędzy wypływami wód leczniczych (od +402,66 m n.p.m. do +404,96 m n.p.m.) i poziomem drenażu wód w kopalniach (min. –400 m p.p.m.) przemawia za brakiem kontaktu hydraulicznego między nimi. W badaniach hydrodynamicznych na modelu matematycznym (Fischer, 1994) warunki brzegowe zewnętrzne postawiono na wychodniach warstw wałbrzyskich. Obszar źródłkowy wód leczniczych Szczawna Zdroju (łupki ilaste i mułowce dolnego karbonu) pozostał poza granicami zewnętrznymi modelu.

Wyniki tych badań są więc nieużyteczne do określania wpływu kopalń węgla na mineralizację wód leczniczych. Schemat obliczeniowy modelu matematycznego wykorzystano do poszukiwania innego niż hydrauliczny związku pomiędzy wodami kopalnianymi i leczniczymi Szczawna Zdroju. Po wszechstronnej analizie postawiono tezę o związku eksploatacji górniczej w kopalni „Thorez”, w tym szczególnie wentylacji CO₂, z mineralizacją wód leczniczych Szczawna. W dowodzeniu tezy wykorzystano analizę harmoniczną Fouriera, która służy do badania okresowej zmienności odchyleń resztowych od trendu.

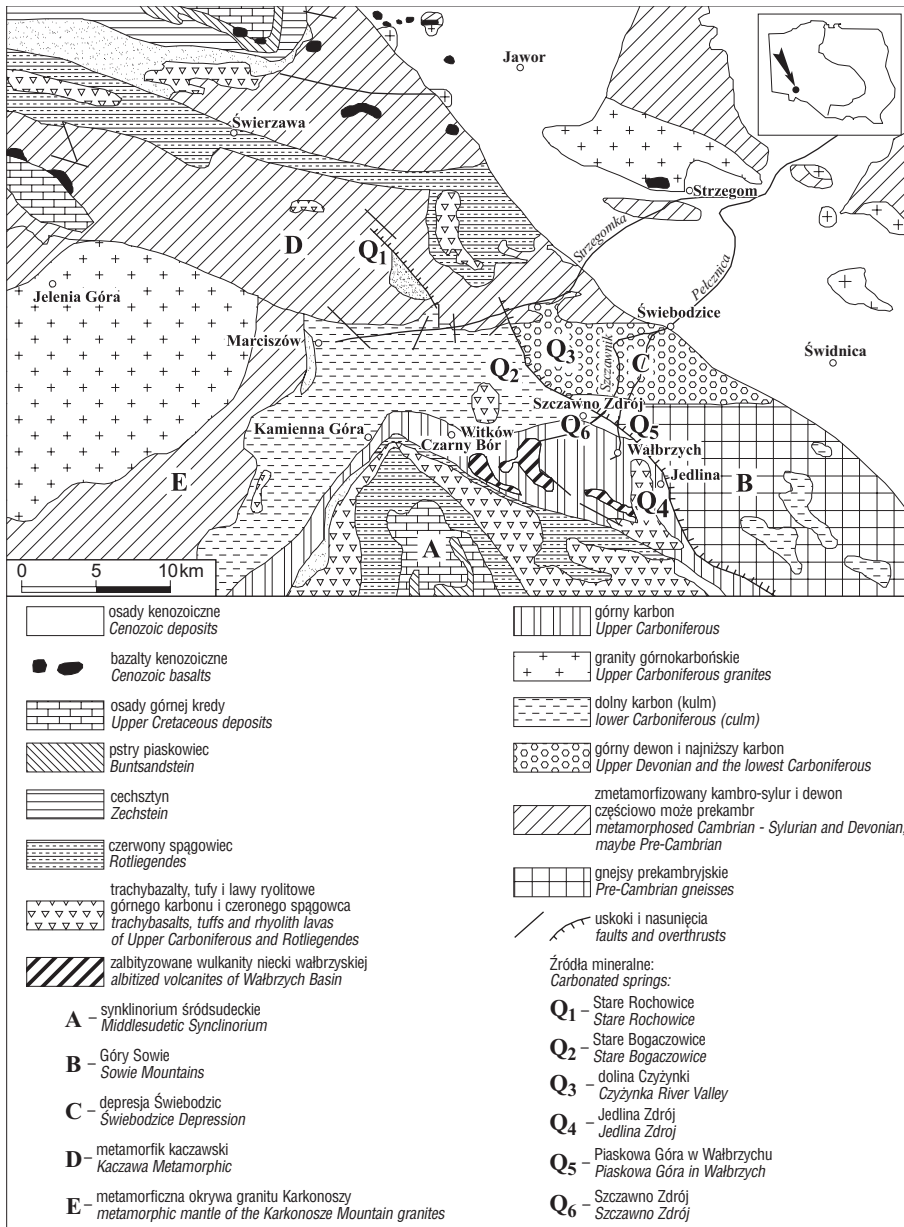
Charakterystyka wód leczniczych Szczawna Zdroju

Wałbrzyski obszar źródłkowy jest częścią wydłużonego pasa o przebiegu NW–SE i długości ok. 45 km, rozciągającego się wzdłuż północno-wschodniego obrzeża niecki śródsudeckiej. Położony jest między miejscowościami Stare Bogaczowice na NW i Jedliną Zdrojem na SE od miasta Wałbrzycha (ryc. 1). Źródła Szczawna Zdroju leżą w środku tego obszaru, w pasie o długości 200 m i szerokości 80 m wzdłuż biegu potoku Szczawnik. Przyjmuje się, że Szczawnik wykorzystuje uskoki w podłożu jego doliny i ma wpływ na krążenie wód mineralnych (Fistek i in., 1975). Źródła Szczawna Zdroju są jedynymi na tym obszarze, które nie uległy dewastacji lub wysłodzeniu, zachowując: wydajność i walory lecznicze. Pierwsze historyczne wiadomości o istnieniu źródeł w Szczawnie Zdroju pochodzą z XIII w. Regularna eksploatacja rozpoczęła się pod koniec XVIII w. W latach 1908–1912 wykonano obecnie istniejące ujęcia. Są to ujęcia typu dzwonowego i bazują na kilkudziesięciu samoczynnych naturalnych wypływach ze skał dolnego karbonu. Obecnie eksploatowane są 4 zespoły określane mianem źródeł: „Mieszko”, „Dąbrówka”, „Młynarz” i „Marta” oraz pojedyncze ujęcie „Mieszko 14” z grupy źródła „Mieszko”.

Generalnie wody lecznicze Szczawna Zdroju są szczawami o składzie HCO₃–Na–Ca–Mg; sporadycznie zawierają radon. Każde z czynnych obecnie ujęć charakteryzuje się jednak pewną odrębnością składu:

*Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor – Instytut, ul. Parkowa 25, 51-616 Wrocław; wladyslaw.czabaj@igo.wroc.pl

**Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górniczy, al. Mickiewicza, 30-059 Kraków



Ryc. 1. Szkic geologiczny Sudetów Środkowych i Zachodnich na podstawie mapy Teisseyre'a (1958) — zmodyfikowanej, z miejscami wystąpień wód mineralnych **Fig. 1.** Geological sketch of Middle and West Sudetes Mountains on the basis of map by H. Teisseyre (1958) — modification, with indicated occurrences of mineral waters

- „Mieszko” i „Marta” typ $\text{HCO}_3\text{-Na}$,
- „Dąbrówka” typ $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$,
- „Młynarz” typ $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg-Ca}$.

Wody wszystkich ujęć zawierają jako dominujący zestaw dwóch jonów $\text{HCO}_3\text{-Na}$. W przypadku ujęcia „Mieszko” jest to zestaw stały, niezmienny w czasie. W pozostałych ujęciach o typie wód decydują również okresowo kationy Ca i Mg. Zmiany typu wód leczniczych Szczawna Zdrój w okresie realizowanych badań hydrochemicznych 1993–1996 przedstawiono w (tab. 1).

Wszystkie wody lecznicze Szczawna Zdrój mają wysoką zawartość wolnego CO_2 , który jest ich swoistym (specyficznym) składnikiem decydującym o walorach leczniczych. Największą jego ilość stwierdzano w wodach źródła „Mieszko” i „Dąbrówka” — średnio 1900 mg/dm^3 . Wody lecznicze Szczawna Zdrój są młodymi wodami infiltracyjnymi. Świadczą o tym badania zawartości stabilnych

izotopów tlenu ^{18}O i wodoru D szczaw sudeckich, które objęły również wody lecznicze Szczawna Zdroju (Ciężkowski, 1990). Według wspomnianych badań wody Szczawna Zdroju zawierają ok. 25 TU, co jest typowe dla współczesnych wód opadowych. Pomimo młodego wieku wody Szczawna Zdroju mają bardzo wysoką mineralizację ogólną przekraczającą w niektórych ujęciach 4000 mg/dm^3 . Środowiskiem mineralizowania wód Szczawna Zdroju jest kompleks okruchowych skał dolnego karbonu z różnorodnością petrograficzną tworzących je otoczków (Teisseyre, 1958). Wzrostowi mineralizacji sprzyja rów-

Tab. 1. Zmiany typów wód leczniczych Szczawna Zdroju w poszczególnych ujęciach
Table 1. Changes in curative water types in particular intakes of Szczawno Zdrój

Rok Year	Ujęcie Intake			
	„Mieszko”	„Marta”	„Młynarz”	„Dąbrówka”
1993	$\text{HCO}_3\text{-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca-Mg}$
1994	$\text{HCO}_3\text{-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca-Mg}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$
1995	$\text{HCO}_3\text{-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Mg-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Mg-Ca}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca-Mg}$
1996	$\text{HCO}_3\text{-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-Na}$	$\text{HCO}_3\text{-N-Mg}$	$\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$

niez endogeniczny CO₂ migrujący z głębi ziemi. Wody nasycone dwutlenkiem węgla mają zdolność hydrolitycznego rozkładu glinokrzemianów (plagioklasy i ortoklaz). Pochodzą stąd główne kationy wód Szczawna takie jak: Na⁺, K⁺, Ca⁺. Anion HCO₃⁻ pochodzi z reakcji hydrolitycznej wody z dwutlenkiem węgla.

Na podstawie zależności pomiędzy zawartością stabilnych izotopów tlenu ¹⁸O i wodoru D w zwykłych wodach podziemnych a wysokością nad poziom morza, zostały określone obszary zasilania dla ujęć wód leczniczych Szczawna Zdroju (Ciężkowski, 1990). Badano wody typu HCO₃-Na z ujęcia „Mieszko” i typu HCO₃-Na-Ca z ujęcia „Dąbrówka”. Według tych badań wody z ujęcia „Mieszko” pochodzą z wysokości 620–690 m n.p.m., co wskazuje na górę Chełmiec położoną na SW od Szczawna. Z jej stoków wypływa potok Szczawnik, który przepływa w bezpośrednim sąsiedztwie ujęć (ryc. 1). Wody z ujęcia „Dąbrówka”, podobnie jak z pozostałych ujęć pochodzą z wysokości 410–480 m n.p.m., co wskazuje na najbliższe sąsiedztwo ujęć.

Badania chemizmu wód leczniczych Szczawna Zdroju są wykonywane regularnie jako analizy kontrolne 1 raz w roku (jesień) dla każdego z pięciu ujęć oddzielnie. Zawartość anionu HCO₃⁻ w wodach jest oznaczana codziennie, z wyjątkiem dni świątecznych, a wolnego CO₂ raz w tygodniu. Wykonana analiza regresji dla typowych jonów wód leczniczych z okresu 1963–1993 wykazała ich trend malejący, często istotny statystycznie (Czabaj & Jarodzki, 1997). Wskazuje to na powolną demineralizację wód leczniczych Szczawna Zdroju. Może to być proces naturalny, ale może też oznaczać wpływ działalności ludzkiej, np. górniczej.

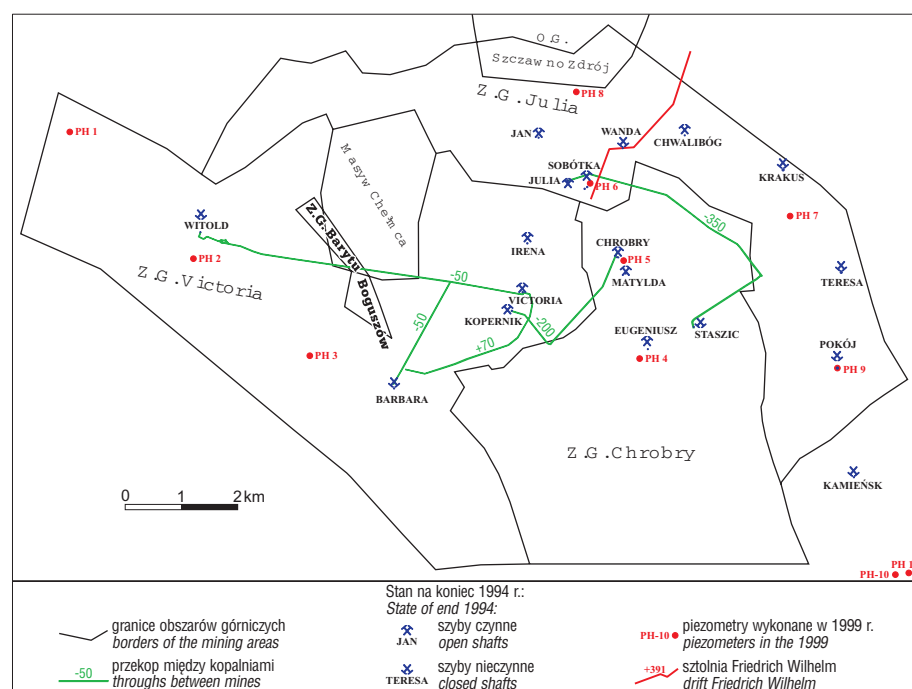
Działalność górnicza w likwidowanych kopalniach węgla kamiennego

Na terenie Wałbrzycha górnictwo rozwinęło się bardzo wcześnie. Już w 1366 r. osiedle otrzymało prawa górnicze na wydobywanie rud metali (srebra i ołowiu). Około 1400 r. Wałbrzych otrzymał prawa miejskie i zaczął rozwijać się

jako ośrodek przemysłu, głównie włókienniczego. Górnictwo węglowe rozpoczęło się w XVI w. Najpierw wydobywano węgiel na wychodniach, w naturalnych odsłonięciach na powierzchni terenu, a następnie sztolniami. W drugiej połowie XVIII w. znacznie wzrósł rozwój górnictwa węglowego. W XIX w. dominowało już całkowicie górnictwo węglowe i związany z nim przemysł. W tym czasie powstała sztolnia „Fridrich–Wilhelm” i pierwsze szyby górnicze (lata 1840–1850). Sztolnia „Fridrich–Wilhelm” poprowadzona na poziomie +391 m z rejonu szybu „Julia” w kierunku północno-wschodnim, miała wylot w dolinie rzeki Pełcznicy (ryc. 2). W trakcie likwidacji kopalń przewiduje się jej wykorzystanie do odprowadzania podnoszących się wód podziemnych i w ten sposób przeciwdziałania podtopieniu powierzchni terenu (Fiszer & Winnicki, 1999).

W okresie powojennym eksploatację węgla w niecce wałbrzyskiej prowadziły trzy kopalnie: „Wałbrzych”, „Thorez” i „Victoria” (ryc. 2). Pokłady węgla były zgrupowane w dwóch seriach węglonośnych, zwanych warstwami wałbrzyskimi i warstwami żaclerskimi. Obie serie węglonośne przedzielały płone warstwy białokamieńskie. Największe nasilenie robót górniczych i wydobywania węgla przypadało na lata 70. i 80. Kopalnie „Wałbrzych” i „Victoria” prowadziły eksploatację głównie w warstwach żaclerskich, które nie mają istotnego znaczenia dla migracji endogenicznego CO₂. Poziom wód podziemnych w obu wspomnianych kopalniach został obniżony maksymalnie w rejonie szybów „Chrobry”, do –400 m p.p.m.

Kopalnia „Thorez” prowadziła eksploatację tylko w warstwach wałbrzyskich. Przyjmuje się, że biorą one aktywny udział w migracji endogenicznego CO₂. Podziemne wyrobiska górnicze tej kopalni zbliżyły się na minimalną odległość 100 m od granicy obszaru górniczego wód leczniczych Szczawna Zdroju (ryc. 2). W południowo-wschodniej części obszaru górniczego eksploatacja dotarła w bezpośrednie sąsiedztwo ujęć wód leczniczych Jedliny Zdroju. Drenaż wód podziemnych w kopalni „Thorez” był prowadzony trzema szybami: „Julia”, „Teresa”,



Ryc. 2. Obszary górnicze i główne wyrobiska w niecce wałbrzyskiej

Fig. 2. Mining areas and main mining workings in the Wałbrzych Basin

„Pokój” i osiągnął najniższy poziom, –350 m p.p.m. w rejonie szybu „Julia”.

Badania chemizmu wód podziemnych w kopalniach węgla były prowadzone nieregularnie przez służbę geologiczną trzech kopalń: „Wałbrzych”, „Victoria” i „Thorez”, niezależnie od siebie. Analizy kontrolne obejmowały zakres do 24 wskaźników. Nie oznaczano nigdy zawartości metali ciężkich i śladowych. Na podstawie badań chemizmu wód kopalnianych, wykonanych przez kopalnie do końca 1993 r., można stwierdzić, że są to wody wieloskładnikowe trzech typów:

- SO₄–HCO₃–Mg–Ca–Na,
- HCO–SO–Mg–Ca–Na,
- rzadziej SO₄–HCO₃–Na–Ca.

Warunki hydrogeologiczne w rejonie Wałbrzycha i krótką charakterystykę chemizmu wód podziemnych przed zatapianiem kopalń węgla przedstawili (Czabaj & Jarodźki, 1996).

W dniu 29 listopada 1990 r. została podjęta decyzja o likwidacji zagłębia wałbrzyskiego. Najprostszym sposobem na likwidację kopalń okazało się zaniechanie ich odwadniania i wentylacji oraz zasypanie szybów. Jako ostatnie wyłączono z eksploatacji dwie pompownie przy szybie „Julia” w czerwcu i w sierpniu 1998 r. Od tego momentu zatapianie zachodzi w sposób naturalny bez ingerencji ludzkiej z zewnątrz. Podnoszenie się wód podziemnych jest monitorowane za pomocą sieci piezometrów (ryc. 2).

Migracja dwutlenku węgla

Ważnym czynnikiem wpływającym na mineralizację wód podziemnych w niecce wałbrzyskiej i na jej obrzeżach (szczególnie wschodnim) jest CO₂. Jego pochodzenie nie jest jednoznacznie określone. Powszechnie uważa się, że migruje z głębi Ziemi (Dowgiałło, 1978; Ciężkowski, 1990; Czabaj & Jarodźki, 1996). O endogenicznym charakterze CO₂ świadczą także badania izotopowe gazów akumulowanych w górnokarbońskiej serii węglonośnej niecki wałbrzyskiej (Kotarba, 1988, 1990). Ich autor doszedł do wniosku, że dwutlenek węgla powstały w procesie uwęglania pod koniec ery paleozoicznej (termogeniczny), wskutek naturalnego odgazowania opuścił macierzyste złożo. W chwili obecnej w złożo węgla mieszają się różne typy genetyczne dwutlenku węgla, ale dominuje migrujący z wnętrza Ziemi (endogeniczny). Wspomniane badania izotopowe gazów akumulowanych w złożo wałbrzyskim wskazują, że elementem łączącym demineralizację wód leczniczych Szczawna Zdroju z eksploatacją górnictwem w wałbrzyskich kopalniach węgla może być endogeniczny CO₂. Warto w tym miejscu zwrócić również uwagę na większe zagrożenie wyrzutami dwutlenku węgla niż wybuchami metanu w kopalniach wałbrzyskich (Krzoska, 1970). Dotyczy to szczególnie byłej kopalni „Thorez”.

Na podstawie powyższych badań i obserwacji przyjęto hipotezę, że najbardziej istotną dla mineralizacji wód podziemnych w niecce wałbrzyskiej oraz wód leczniczych Szczawna Zdroju może być wentylacja CO₂ w kopalni

„Thorez”, a po 1991 r. Z. G. „Julia” (tab. 2). Wentylację prowadzono trzema szybami: „Jan”, „Krakus” i „Pokój”, zlokalizowanymi od północnych do południowo-wschodnich obrzeży Wałbrzycha (ryc. 2). Likwidacja kopalń, w tym wyłączenie wentylacji gazów kopalnianych w szczególności, powinny mieć pozytywny wpływ na migrację CO₂ w rejonie formowania się wód leczniczych Szczawna Zdroju.

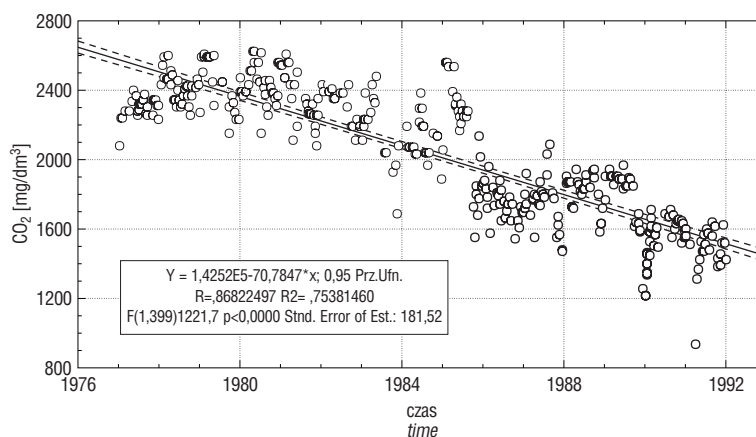
Wpływ eksploatacji i likwidacji kopalń na wody lecznicze Szczawna Zdroju

Wody lecznicze Szczawna Zdroju i Wałbrzyskie Kopalnie Węgla Kamiennego miały pokrywające się częściowo obszary górnicze. Co zatem decydowało, że wody te nie uległy wysłodzeniu i nie straciły swych walorów leczniczych? Udzielenie jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie jest trudne, szczególnie gdy nieznanne są wielorakie związki (geologiczno strukturalne, hydrodynamiczne, hydrochemiczne) łączące wody w obu wspomnianych obszarach górniczych. Wody lecznicze Szczawna Zdroju jako szczawy sodowe i sodowo-wapniowe uzyskują mineralizację w procesie hydrolizy skał, przez które filtrują. Często są to piaskowce i zlepieńce arkozowe z dużą ilością skaleni. Hydrolityczne właściwości wody zwiększa wyraźnie obecność CO₂:



Każde zmniejszenie dopływu CO₂ w rejon źródeł Szczawna Zdroju musi wpływać negatywnie na mineralizację ich wód, a szczególnie na zawartość jonów: Na⁺, Ca²⁺ i HCO₃⁻. Sugestywnym przykładem tego jest spadek zawartości wolnego CO₂ w wodach ujęcia „Marta” (ryc. 3).

Do określenia wpływu eksploatacji górnictw i jej likwidacji na wody lecznicze Szczawna Zdroju wykorzystano analizę harmoniczną Fouriera (Kildiszew & Frenkiel, 1976). W tym celu utworzono sześć 16-letnich szeregów czasowych (1982–1998), a więc z okresu szczególnie intensywnej eksploatacji górnictw w końcu lat 80. i z okresu likwidacji po roku 1990. Jeden szereg dotyczył ilości wentylowanego CO₂ w kopalni „Thorez” (od 1991 r. „Julia”); pięć pozostałych zawartości jonów: Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ i wolnego CO₂ w wodach leczniczych wszystkich ujęć Szczawna Zdroju. Programem

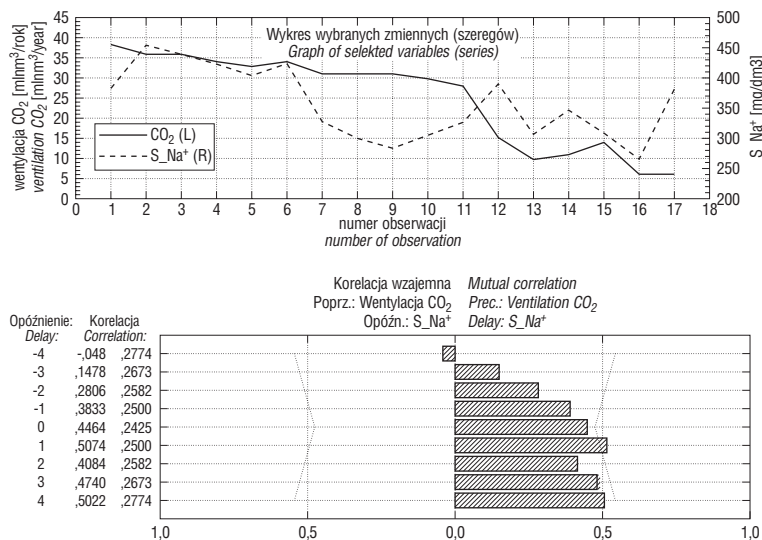


Ryc. 3. Wykres rozrzutu CO₂ wód leczniczych Szczawna Zdroju (ujęcie „Marta”)

Fig. 3. Graph showing distribution of CO₂ in curative waters from Szczawna Zdroju (water intake “Marta”)

STATISTIKA PL wykonano wykresy wymienionych szeregów czasowych, ich analizę widmową oraz korelację wzajemną pomiędzy szeregiem ilości wentylowanego CO₂ i szeregami wspomnianych wyżej wskaźników chemicznych z wód leczniczych. Szczawna. Przykładowe wyniki z korelacji wzajemnej dla Na⁺ przedstawiono na (ryc. 4),

gdzie poszczególnym latom na osi odciętych odpowiadają numery kolejnych cykli (obserwacji). Na wykresie widać, że od 1987 r. (6. obserwacja) spada wyraźnie ilość Na⁺ w wodach Szczawna. Maleje również zawartość innych jonów (od 1985 r. Ca²⁺ a od 1986 r. Mg²⁺). Ekstremum minimalne tego spadku przypada na lata 1989–1990. Zbie-



Ryc. 4. Korelacja wzajemna między szeregami ilości wentylowanego CO₂ w Z. G. „Julia” i ilości Na⁺ w wodach leczniczych Szczawna Zdrój

Fig. 4. Correlation between the time series of the amount of CO₂ ventilated from the Mining Plant “Julia” and the content of Na⁺ in curative waters of Szczawno Zdrój

Tab. 2. Wydajność wentylacji gazów w kopalni „Thorez” a następnie Z. G. „Julia”

Table 2. The efficiency of gases ventilation in “Thorez” mine and next “Julia” Mining Plant

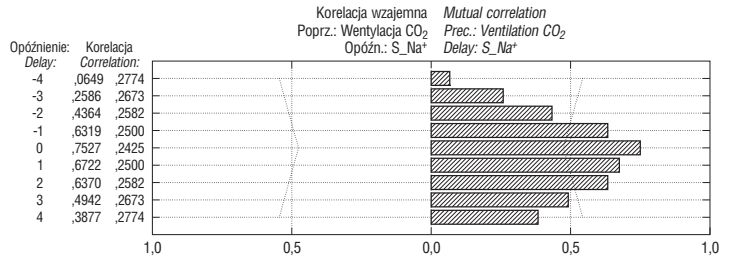
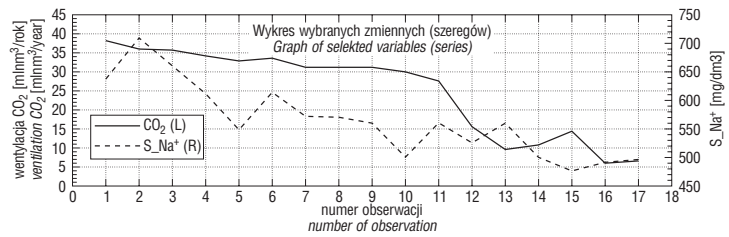
Rok Year	Wentylacja gazów [mln m ³ /rok] Ventilation of gases [mln m ³ /year]								Uwagi Comments	
	Szyb „Jan” “Jan” shaft		Szyb „Pokój” “Pokój” shaft		Szyb „Krakus” “Krakus” shaft		Razem Total			
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄		
1982	15,23	8,18	14,30	5,62	8,60	3,14	38,13	16,94		
1983	14,14	6,80	14,10	5,56	7,90	3,20	36,14	15,56		
1984	13,19	6,43	13,60	5,40	8,20	3,10	35,70	14,93		
1985	12,16	5,95	13,45	5,38	8,06	2,97	34,11	14,30		
1986	11,65	5,40	13,15	5,22	7,95	2,86	32,75	13,48		
1987	11,37	5,28	13,05	5,12	9,36	2,80	33,78	13,20		
1988	10,98	4,96	12,89	5,12	7,23	2,96	31,10	13,04		
1989	11,23	5,86	12,90	5,60	6,90	3,20	31,03	14,66		
1990	10,89	5,20	13,06	5,30	7,20	2,90	31,15	13,40		
1991	10,66	4,10	12,48	4,80	6,81	2,62	29,95	11,52		
1992	9,89	3,80	11,80	3,80	6,23	2,46	27,92	10,06		
1993	9,60	3,20	W grudniu 1992 r. wyłączony In December 1992 closed		5,89	2,12	15,49	5,32		
1994	9,90	4,40			W grudniu 1993 r. wyłączony In December 1993 closed		9,90	4,40		
1995	10,90	4,20					10,90	4,20		
1996	14,13	1,90					14,30	1,90		
1997	6,08	0,15					6,08	0,15		
1998	6,40*	0,0	6,40	0,0					*za 7 miesięcy for 7 months	
1999	W sierpniu 1998 wyłączony In August 1998 closed									

ga się to z decyzją o likwidacji wrocławskich kopalń węgla. Od 1992 r., po likwidacji szybu „Pokój” (11. obserwacja) następuje wyraźne załamanie wydajności wentylacji CO₂. Równolegle obserwuje się wzrost zawartości w wodach leczniczych wszystkich 4 analizowanych jonów i wolnego CO₂.

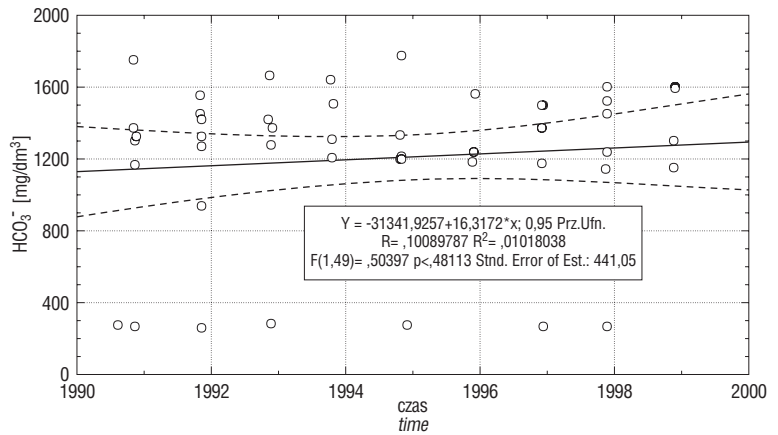
Korelacja wzajemna pomiędzy szeregiem ilości wentylowanego CO₂ i szeregami zawartości trzech jonów: Na⁺, Ca²⁺ i HCO₃⁻ w wodach leczniczych nie potwierdza obserwacji poczynionych na wykresach. Najwyższy stopień skorelowania badanych szeregów: r_{xy} = 0,5074 dla Na⁺ (ryc. 4), r_{xy} = 0,4671 dla Ca²⁺, oraz r_{xy} = 0,4435 dla HCO₃⁻ występuje z 1-rocznym przesunięciem fazowym (opóźnienie w stosunku do wentylacji). Związek korelacyjny pomiędzy badanymi zjawiskami jest statystycznie nieistotny, jednakże zależność między nimi nie jest również przypadkowa.

Mając na uwadze wydzielone na podstawie badań izotopowych dwa różne obszary zasilania dla wód leczniczych Szczawna, inny dla ujęcia „Mieszko” i inny dla pozostałych ujęć (Ciężkowski, 1990), wykonano korelację wzajemną pomiędzy szeregiem czasowym ilości wentylowanego CO₂ a szeregami zawartości: Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ i HCO₃⁻ w wodach ujęcia „Mieszko”. Uzyskano wysoką, istotną statystycznie korelację pomiędzy szeregiem ilości wentylowanego CO₂ a szeregami zawartości: Na⁺ (ryc. 5), Ca²⁺ i HCO₃⁻ w wodach ujęcia „Mieszko”. Oznacza to szczególnie silny związek korelacyjny pomiędzy działalnością górniczą w kopalni „Thorez” a mineralizacją wód tego ujęcia.

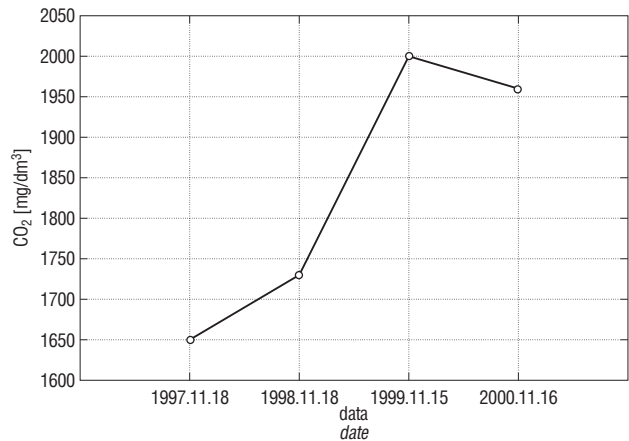
Przeprowadzone badania na szeregach czasowych nie dowodzą jednoznacznie wpływu wentylacji CO₂ w kopalni „Thorez” na demineralizację wód leczniczych Szczawna Zdroju. Jednak z całkowitym zaprzestaniem wentylacji w 1998 r. zbiega się wzrost mineralizacji wód leczniczych. Można wnioskować, że będzie to wzrost trwały, do poziomu wynikającego z naturalnych warunków środowiskowych. Potwierdzają to badania zmian chemizmu wód leczniczych Szczawna Zdroju w trakcie likwidacji kopalń, a więc w przedziale czasowym 1990–1999 za pomocą analizy regresji z estymacją liniową. Dla typowych jonów: Na⁺, HCO₃⁻ (ryc. 6), Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ oraz wolnego CO₂ uzyskano trend rosnący nieistotny statystycznie. Oznacza to wyraźne odwrócenie tendencji od demineralizacji wód, gdyż analiza regresji dla okresu 1963–1993 wykazała trend malejący, istotny statystycznie dla: Na⁺, K⁺, Mg²⁺ i HCO₃⁻ oraz malejący nieistotny statystycznie dla Ca²⁺ i wolnego CO₂. Dowodem na wzrost mineralizacji wód leczniczych Szczawna Zdroju jest również wykres ilości CO₂ w wodach ujęcia „Mieszko” w końcu lat 90. (ryc. 7). Może to być wyraźny pozytywny wpływ likwidacji kopalń (zaniechania wentylacji gazów kopalnianych i odwadniania). Dowodzenie wpływu jednego zjawiska na drugie metodami matematycznymi jest trudne i niejednoznaczne.



Ryc. 5. Korelacja wzajemna między szeregiem ilości wentylowanego CO₂ w Z. G. „Julia” i ilości Na⁺ w wodach leczniczych Szczawna Zdroj (ujęcie „Mieszko”).
 Fig. 5. Correlation between the time series of the amount of CO₂ ventilated from the Mining Plant “Julia” and the content of Na⁺ in curative waters of Szczawno Zdroj (water intake “Mieszko”).



Ryc. 6. Wykres rozrzutu HCO₃⁻ wód leczniczych Szczawna Zdroju w czasie zatapiania kopalni.
 Fig. 6. Graph showing distribution of HCO₃⁻ in curative waters from Szczawno Zdroj during flooding of nearby mines



Ryc. 7. Zawartość wolnego CO₂ w wodach leczniczych Szczawna Zdroju w okresie od listopada 1997r. do listopada 2000r.
 Fig. 7. Dissolved CO₂ content in curative waters from Szczawno Zdroj from November 1997 to November 2000

Podsumowanie

Badanie wpływu eksploatacji węgla i likwidacji zagłębia wałbrzyskiego na wody lecznicze Szczawna Zdroju jest tematem interdyscyplinarnym i naukowo bardzo pojemnym. Likwidacja całego zagłębia węglowego jest w Polsce zjawiskiem precedensowym. W świadomości ekologicznej eksploatacja górnicza kojarzy się z reguły z negatywnym wpływem na środowisko. Przekształcenia geomorfologiczne powierzchni terenu na obszarach górniczych są tego dobrze widocznym przykładem. Przeobrażenia stosunków wodnych w środowisku podziemnym są niewidoczne. W przypadku zagłębia wałbrzyskiego, zlokalizowanego w urozmaiconym krajobrazie i przylegającego do stref tektonicznych o regionalnym zasięgu, dodatkowym elementem w środowisku wodnym były źródła wód mineralnych, najczęściej szczaw. Wieloletnia eksploatacja górnicza większość źródeł zniszczyła lub spowodowała wysłodzenie ich wód. Jedynymi, które zachowały się, są źródła wód leczniczych Szczawna Zdroju. W artykule przedstawiono związek ich mineralizacji z eksploatacją górnica w kopalniach węgla kamiennego oraz wpływ likwidacji kopalń na migrację endogenicznego dwutlenku węgla odpowiedzialnego za mineralizację wód leczniczych. Dotyczy to szczególnie kopalni „Thorez”, której obszar górnicy pokrywał się częściowo z obszarem górnicy wód leczniczych Szczawna Zdroju.

Wykonane badania hydrochemiczne i statystyczne pozwalają na sformułowanie najważniejszych wniosków:

□ **Pomiędzy wodami leczniczymi Szczawna Zdroju i wodami w obszarach górniczych wałbrzyskich kopalń węgla nie stwierdzono podobieństwa chemicznego i bezpośrednich związków hydrodynamicznych i hydrochemicznych.**

□ **Demineralizacja wód leczniczych w latach 1963–1993 była zjawiskiem przejściowym, związanym prawdopodobnie z eksploatacją górnica w kopalni „Thorez”, a szczególnie z wentylacją dwutlenku węgla do atmosfery. Metodą analizy harmonicznej Fouriera wykazano istnienie związku korelacyjnego pomiędzy wentylacją CO₂ i mineralizacją wód leczniczych Szczawna Zdroju.**

□ **Szczególnie silny związek korelacyjny jest widoczny pomiędzy wentylacją CO₂ i mineralizacją wód ujęcia „Mieszko” z obszarem zasilania w masywie Chełmca.**

□ **Zakończenie eksploatacji górnicy węgla i likwidacja kopalń przez zatapanie, a szczególnie wyłączenie wentylacji gazów kopalnianych, ułatwią migrację endogenicznego CO₂ w rejonie formowania się wód Szczawna Zdroju. Powinno to spowodować korzystne zmiany w mineralizacji wód Szczawna. W rzeczywistości jest to widoczne już od 1992 r.**

□ **Złoża węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej nie mają bezpośredniego wpływu na mineralizację wód leczniczych Szczawna Zdroju. Decyduje o niej endogeniczny CO₂ migrujący z wnętrza ziemi ku górze i w strefach uskoku o zasięgu regionalnym docierający do młodych wód infiltracyjnych.**

Literatura

CIEŻKOWSKI W. 1990 — Studium hydrochemii wód leczniczych Sudetów polskich. Pr. Nauk. Inst. Geot. Polit. Wr., 60 (seria monografie) 19.

CZABAJ W. & JARODZKI L. 1996 — Warunki hydrogeologiczne w rejonie Wałbrzycha–Szczawna Zdroju w 1995 r. (przed likwidacją kopalni węgla kamiennego). Pr. Geol., 44: 185–190.

CZABAJ W. & JARODZKI L. 1997 — Wpływ eksploatacji węgla i likwidacji kopalń wałbrzyskich na wody lecznicze w Szczawnie Zdroju. Pr. Geol., 45: 526–530.

DOWGIAŁO J. 1978 — Pochodzenie dwutlenku węgla w szczawach Karpat i Sudetów na obszarze Polski. Biul. Inst. Geol., 312: 191–217.

FISTEK J., IWANOWSKI S., ICIEK A. & JAGODZIŃSKI A. 1975 — Badania geologiczne, geofizyczne i hydrogeologiczne jako przykład kompleksowego rozwiązania problemu poszukiwań wód leczniczych w użławkach sudeckich. Biul. Infor. Geofizyka, 1: 5–30.

FISZER J. 1994 — Prognoza rekonstrukcji zwierciadła wód podziemnych i jej wpływ na powierzchnię terenu w obszarach górniczych kopalń wałbrzyskich w następstwie ich likwidacji, Wrocław, Arch. Polit. Wroc. Filia Wałbrzych, nr F3/F/1/94.

FISZER J. & WINNICKI A. 1999 — Konsekwencje hydrogeologiczne likwidacji wałbrzyskich kopalń węgla kamiennego oraz sposoby zabezpieczenia przed ich negatywnymi skutkami. Dolnośląskie Dni Nauki i Techniki Dzień Hydrogeologa. Konf. Naukowo-Techniczna, Lubin.

KILDISZEW G. & FRENKIEL A. 1976 — Analiza szeregów czasowych i prognozowanie. PWE Warszawa.

KOTARBA M. 1988 — Geochemiczne kryteria genezy gazów akumulowanych w serii węglonośnej górnego karbonu niecki wałbrzyskiej. Zesz. Nauk. AGH (1199). Geologia 42.

KOTARBA M. 1990 — Geneza gazów akumulowanych w górnokarbońskiej serii węglonośnej Dolnośląskiego Zagłębia Węglowego i południowej części Rybnickiego Okręgu Węglowego. Opracowanie zbiorowe pod redakcją J. Litwiniszyna, t. I. Kraków Wyd. AGH.

KRZOSKA T. 1970 — Warunki doprowadzania i migracji dwutlenku węgla a potencjalne zagrożenia wyrzutami CO₂, węgla i skał w Zagłębiu Wałbrzyskim. Pr. Górn., 26.

TEISSEYRE H. 1958 — Sedymentacja paleografia i tektonika karbonu dolnego w Sudetach Środkowych. Kwart. Geol., 2: 588–591.

Przegląd Geologiczny jest do nabycia:

— w Warszawie:

Państwowy Instytut Geologiczny, ul. Rakowiecka 4, punkt sprzedaży, budynek A, pok. 1 w godz. 9–15;

Kiosk na Wydziale Geologii UW, ul. Żwirki i Wigury 93;

— w Krakowie: Kiosk Skryptów, AGH łącznik A1–C1;

— w Poznaniu: Biblioteka Instytutu Geologii UAM, ul. Maków Polnych 16;

— w Sosnowcu: Wydział Nauk o Ziemi UŚląski, ul. Będzińska 60.