

Wpływ eksploatacji węgla i likwidacji kopalń wałbrzyskich na wody lecznicze w Szczawna Zdroju

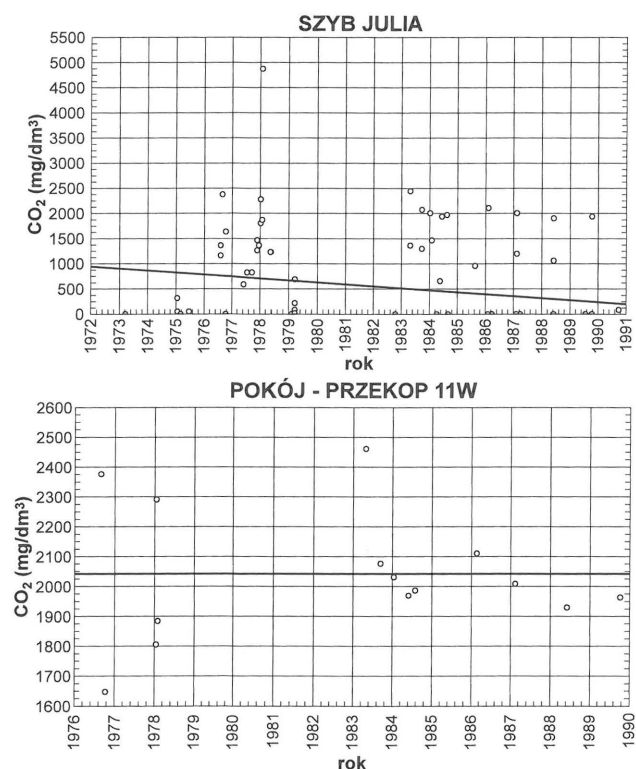
Władysław Czabaj*, Lech Jarodzki*

W pierwszym artykule (Czabaj & Jarodzki, 1995) przedstawiono syntetyczny opis sytuacji hydrodynamicznej i hydrochemicznej niecki wałbrzyskiej na początku 1995 r. Opis uzupełniono wynikami badań chemicznych zbiorczych wód kopalnianych w pompowniach podziemnych i wód powierzchniowych w ciekach na obszarze Wałbrzycha. Wyniki te przyjęto za tło hydrochemiczne początkowego okresu zatapiania wyrobisk górniczych w wieloletnim procesie likwidacji kopalń wałbrzyskich. Szczegółowe analizy chemiczne wód dostarczyły informacji o nieoznaczonej dotychczas zawartości metali ciężkich i śladowych. Porównanie zawartości tych metali w wodach leczniczych Szczawna Zdroju i w wodach kopalnianych dało podstawę do stwierdzenia braku jakichkolwiek zależności między nimi. Pozwoliło to na uściślenie kierunku badań i zawężenie liczby oznaczonych wskaźników w następnym etapie. Wszystkie dostępne wyniki analiz chemicznych wód kopalnianych i wód leczniczych Szczawna Zdroju wprowadzono do bazy danych Hydro-Chem Wałbrzych. Analiza statystyczna zbiorów bazy danych pozwoliła uchwycić tendencję zmian wybranych wskaźników chemicznych obu rodzajów wód. Na jej podstawie stwierdzono stopniową demineralizację wód leczniczych Szczawna Zdroju w ciągu ostatnich 30 lat.

Rozkład CO₂ w wodach kopalnianych

W niecce wałbrzyskiej można wydzielić trzy podstawowe typy genetyczne gazów, w tym w szczególności dwutlenku węgla: termogeniczne — wytworzone w procesie uwęglania, endogeniczne oraz bakteriogeniczne (Kotarba, 1988). Stwierdzana współcześnie obecność CO₂ w wałbrzyskich złożach węgla, w wodach kopalnianych i leczniczych jest wynikiem migracji oraz mieszania się w różnych proporcjach wspomnianych typów genetycznych. Z przeprowadzonych badań izotopowych węgla wynika, że w przypadku dużej koncentracji CO₂ dominuje endogeniczny dwutlenek węgla, a tam gdzie jego stężenie jest niewielkie, przeważa termogeniczny dwutlenek węgla. Zdecydowana większość CO₂ powstałego w procesie uwęglania, musiała opuścić macierzyste złożę w trakcie tego procesu lub tuż po nim (Kotarba, 1988). Ilości wolnego CO₂ w wodach ZG Victoria i ZG Chrobry są niewielkie (20–40 mg/dm³) i tylko sporadycznie przekraczają 100 mg/dm³. ZG Chrobry i ZG Victoria prowadziły eksploatację węgla w warstwach żaclerskich, w których, jak należy przypuszczać, dominuje termogeniczny CO₂. Występujące zagrożenie wyrzutami gazów w ZG Victoria nie jest spowodowane dwutlenkiem węgla, lecz metanem. ZG Julia prowadzi do chwili obecnej eksploatację węgla w warstwach wałbrzyskich. Ilość CO₂ w wodach kopalnianych ZG Julia była zdecydowanie wyższa (ryc. 1) niż w wodach ZG Chrobry i ZG Victoria. Wszystkie oznaczenia CO₂ powyżej 1000 mg/dm³ dotyczą wód napły-

wających na najniższy eksploatowany w analizowanym okresie poziom górniczy — 350 m w ZG Julia. Wody kopalniane ZG Julia z rejonu szybów Pokój i Teresa na polu wschodnim (Czabaj & Jarodzki, 1995) wykazują bardzo zróżnicowaną zawartość CO₂ w zależności od miejsca wypływu. Wyraźnie zaznaczają się dwie grupy wyników: jedna od 0 do 100 mg/dm³ i druga od 1600 do 2500 mg/dm³ (ryc. 1). Wszystkie wyniki drugiej grupy dotyczą jednego wypływu wód mineralnych typu szczaw, przekop 11W na poziomie +70 przy szybie Pokój. Prosta regresji przedstawiająca zmiany w czasie CO₂ w wodach rejonu szybu Julia (ryc. 1) szybko maleje od 1000 mg/dm³ w 1971 r. do 0 mg/dm³ w 1990 r. Oznaczenia zawartości CO₂ w wodach podziemnych wałbrzyskich kopalń węgla wykonywano w okresie od 1961 r. do 1993 r, różnie w poszczególnych kopalniach, z dużym rozrzutem punktów pomiarowych w pionie i w planie. Często były to wody zbiorcze w pompowniach lub w chodnikach wodnych. W październiku 1994 r. wykonano w IGO Poltegor-Institut serię analiz chemicznych wód podziemnych w ZG Chrobry i ZG Julia. Badania miały na celu stwierdzenie charakteru zmian mineralizacji i zawartości CO₂ z głębokością w wodach warstw żaclerskich i wałbrzyskich. Badania wód pobranych z punktowych wypływów na różnych głębokościach ZG Chrobry potwierdzają niską zawartość CO₂, która nie rośnie z głębokością. Próbkę pobierano wzdłuż przekopu biegnącego od szybów Chrobry w



Ryc. 1. Zawartość CO₂ w wodach kopalnianych ZG Julia

*Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Poltegor-Institut, ul. Parkowa 25, 51-616 Wrocław

Tab.1. Porównanie składu chemicznego wód zwykłych i leczniczych z dolnego karbonu w Szczawnie Zdroju z wodami kopalnianymi 10–11.1994 r.

mg/dm ³	Wody zwykłe Szczawno 1	Wody zwykłe Szczawno 2	Wody lecznicze "Mieszko"	Wody kopalniane "Julia" -290	Wody kopalniane "Chrobry" -392
Przew. właściwa*	790,00	797,00	—	7140,00	6680,00
CO ₂	19,00	27,00	1990,00	157,00	25,00
Na ⁺	15,60	36,20	560,00	1500,00	1525,00
K ⁺	3,38	9,70	18,50	41,00	43,00
Ca ²⁺	122,10	93,88	108,40	361,20	126,00
Mg ²⁺	25,26	33,36	66,90	117,10	64,02
SO ₄ ²⁻	119,80	133,60	234,50	3062,00	2432,80
HCO ₃ ⁻	286,80	311,20	1775,00	1745,10	1263,10
Cl ⁻	70,92	48,23	73,70	58,15	183,00
Cr ogólny	0,0024	0,0026	0,0028	0,0102	0,0070
Cd	0,0036	0,0028	0,0028	0,0084	0,0076
Ni	0,0114	0,0128	0,0182	0,0424	0,0318
Hg	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005

* w μ S/cm

kierunku SW (Czabaj & Jarodzki, 1995). Ilość wolnego CO₂ w wodach na najgłębszym poziomie eksploatacji –392 m wynosi 25 mg/dm³ i jest podobna do tła z trzech oznaczeń zwykłych, płytkich wód dolnokarbońskich 24 mg/dm³ (tab. 1). Największą zawartość CO₂ stwierdzono w wodach na poziomie –200 (307 mg/dm³). Należy to wiązać z migracją z warstw wałbrzyskich, a nie z obecnością *in situ* w warstwach żaclerskich. Badania wypływów z warstw wałbrzyskich w ZG Julia (ryc. 2) stwierdzają wzrost ilości wolnego CO₂ z głębokością. Wody płytsze z poziomu +50 zawierają 19 mg/dm³, wody z poziomu –150 (38 mg/dm³), a najgłębsze z poziomu –290 (157 mg/dm³).

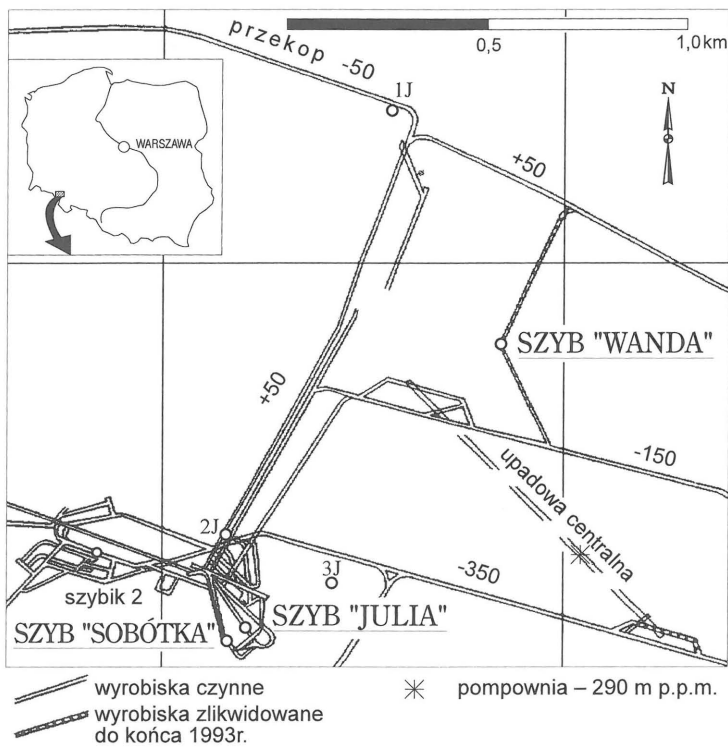
Można stąd wyciągnąć wniosek, że pokłady węgla w niecce wałbrzyskiej, w tym z warstw żaclerskich w szczególności, nie są źródłem emisji CO₂ dla wód leczniczych Szczawna Zdroju. Wody lecznicze zawierają go 1500–2500 mg/dm³. Świadczy to pośrednio o endogenicznym charakterze dwutlenku węgla we wspomnianych wodach leczniczych, a termogenicznym w wodach kopalnianych ZG Chrobry i płytszych poziomów ZG Julia. Wszystkie, poza wspomnianym przekopem 11W poziom +70, oznaczenia ilości CO₂ powyżej 1000 mg/dm³ stwierdzono na najgłębszym poziomie –350 ZG Julia. Poziom ten jest w tej chwili zatopiony.

Przypuszczalne drogi migracji CO₂

Niewielka zawartość CO₂ w wodach kopalnianych pozwala przypuszczać, że dwutlenek węgla w wodach leczniczych Szczawna Zdrój ma charakter endogeniczny. Badania izotopowe węgla (Kotarba, 1988) stwierdzają również obecność endogenicznego CO₂ w złożu wałbrzyskim. Oznacza to, że migruje on od źródeł ekshalacji w głębi ziemi ku powierzchni terenu mając na swej drodze: złożę węgla kamiennego w niecce wałbrzyskiej, wody podziemne głębokiego krążenia, płytkie wody infiltracyjne i wyrobiska górnicze z systemem wentylacji. Endogeniczny dwutlenek węgla w niecce wałbrzyskiej jest wiązany obecnie z wulkanizmem trzeciorzędowym lub bezpośrednio z górnym płaszczem Ziemi (Kotarba, 1990; Nowakowski & Teisseyre, 1971). Badania

chemizmu wód kopalnianych oraz zawartości CO₂ w jednej tonie czystej substancji węglowej (Kominowski, 1994) pozwalają wykluczyć wulkanizm waryscyjski ze źródeł emisji dwutlenku węgla. Nie stwierdzono go bowiem w dużych ilościach w rejonie wystąpień intruzji młodopaleozoicznych, obecnych w niecce wałbrzyskiej (Czabaj & Jarodzki, 1995). Trzeciorzędowa magma bazaltowa nie datarla w niecce wałbrzyskiej na powierzchnię terenu. Nie stwierdzono jej również w wyrobiskach górniczych do rzędnej –400 m. Faktem jest jednak, że występuje ona powszechnie w całych Sudetach od Łuzyc na zachodzie po Górę Św. Anny na Śląsku Opolskim na wschodzie oraz na terenie Czech. Pierwszą próbę udokumentowania wulkanizmu trzeciorzędowego w niecce śródsudeckiej przedstawiono w pracy Nowakowskiego & Teisseyre'a (1971). Opisano tam dawkę gauteitu analcymowego tkwiącą w zlepionych dolnego karbonu. Obecność takich wulkanitów wśród skał osadowych kulmu może być łączona z ekshalacjami CO₂ i licznymi źródłami wód mineralnych typu szczaw (Czabaj & Jarodzki, 1995). Naturalnymi drogami migracji endogenicznego CO₂ są: głębokie rozłamy w podłożu niecki wałbrzyskiej, system dyslokacji tektonicznych z towarzyszącymi mu szczelinami oraz zakorzenia młodopaleozoicznych intruzji wulkanicznych. Duże ilości CO₂ w wodach kopalnianych z warstw wałbrzyskich stwierdzone naszymi badaniami na zatapianym polu wschodnim ZG Julia świadczą, że warstwy wałbrzyskie biorą udział w migracji endogenicznego CO₂. Drogi migracji endogenicznego dwutlenku węgla w rejon ujęć wód leczniczych Szczawna Zdroju i w warstwy wałbrzyskie eksploatowane przez ZG Julia mogą łączyć wspólne elementy. Należą do nich większe dyslokacje tektoniczne wykraczające poza węglonośną nieckę sobięcińską lub przebiegające w jej sąsiedztwie np. nasunięcie Strugi i uskock Szczawnika (Czabaj & Jarodzki, 1995).

Począwszy od orogenezy waryscyjskiej, 290 mln lat temu, kiedy zakończył się proces uwęglania, zaczęło się naturalne odgazowywanie złóż węgla. Sprzyjały temu: wychodnie pokładów węgla na powierzchni terenu, odnowiona tektonika waryscyjska i intruzje skał wulkanicznych. W czasach nam współczesnych doszedł nowy czynnik, a mianowicie rozłagła eksploatacja górnicza węgla i związane z nią odkształcenia górotworu. Zasięg głębokościowy strefy naturalnego odgazowania w niecce wałbrzyskiej wynosi 800–1000 m p.p.t. (Kotarba, 1990). Pokrywa się to z głębokością prowadzonej eksploatacji węgla. Eksploatacja górnicza prowadzona szczególnie intensywnie od początku XX w. spowodowała rozliczne deformacje górotworu nadległego nad wybieranymi pokładami węgla i podległego pod wybieranymi pokładami. Przecięcie w ostatnich 25 latach granicy karbonu dolnego wyrobiskami górniczymi ZG Julia naruszyło drogi migracji CO₂. Razem z wentylacją wyrobisk prowadzi to do intensywnego odgazowywania przestrzeni w zasięgu eksploatacji i ogranicza dopływ CO₂ w rejon ujęć



Ryc. 2. Wyrobiska ZG Julia z lokalizacją punktów badawczych

wód leczniczych Szczawna Zdroju. Spadła też gwałtownie w tym okresie zawartość dwutlenku węgla w wodach podziemnych ZG Julia (ryc. 1).

Zmiany mineralizacji wód Szczawna

Wody lecznicze Szczawna Zdroju są młodymi wodami szczelinowymi. Mineralizację uzyskują dzięki dwutlenkowi węgla, który migruje z większych głębokości. Jego pochodzenie jest bliżej nieznane. Skład chemiczny wód Szczawna Zdroju HCO_3^- -Na-Ca-Mg oraz zawartość wolnego CO_2 (1800 mg/dm^3) pozwalają zaliczyć je do typu szczaw. Badania statystyczne wskaźników: Na, K, Ca, Mg, Mn, NH_4 , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- i wolnego CO_2 wskazują na stopniową demineralizację wód Szczawna Zdroju. Wszystkie rozpatrywane wskaźniki chemiczne wykazują tendencję spadkową (tylko NO_3^- wykazuje stały, bardzo niski poziom). Przyczyną spadku mineralizacji wód leczniczych w ostatnich 30 latach jest

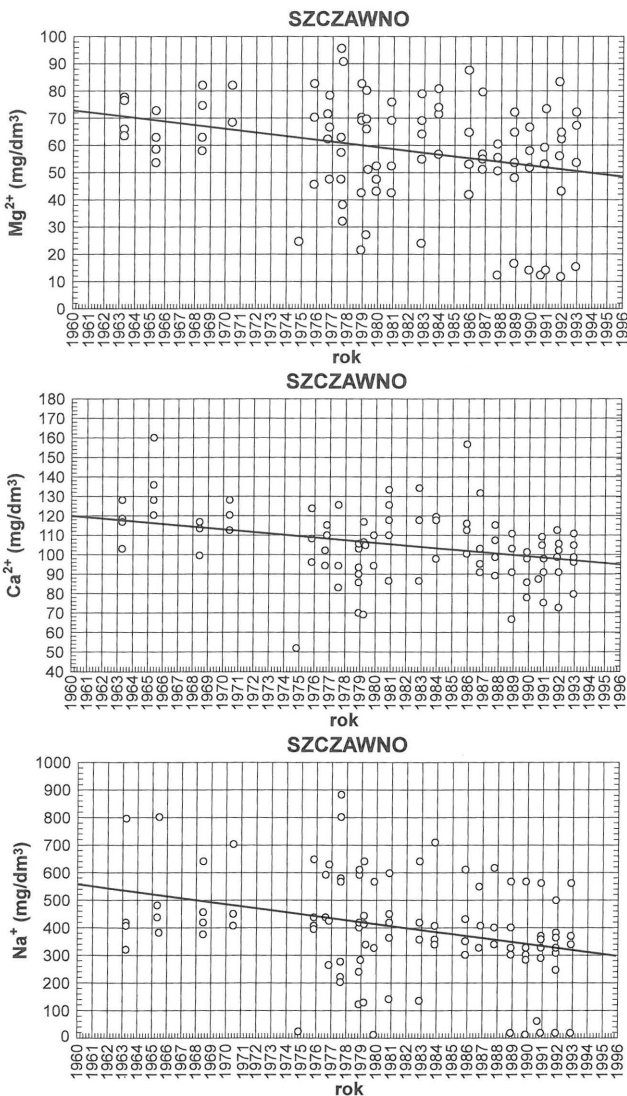
zmniejszanie się dopływu endogenicznego dwutlenku węgla do płytkich wód infiltracyjnych rejonu ujęć Szczawna Zdroju.

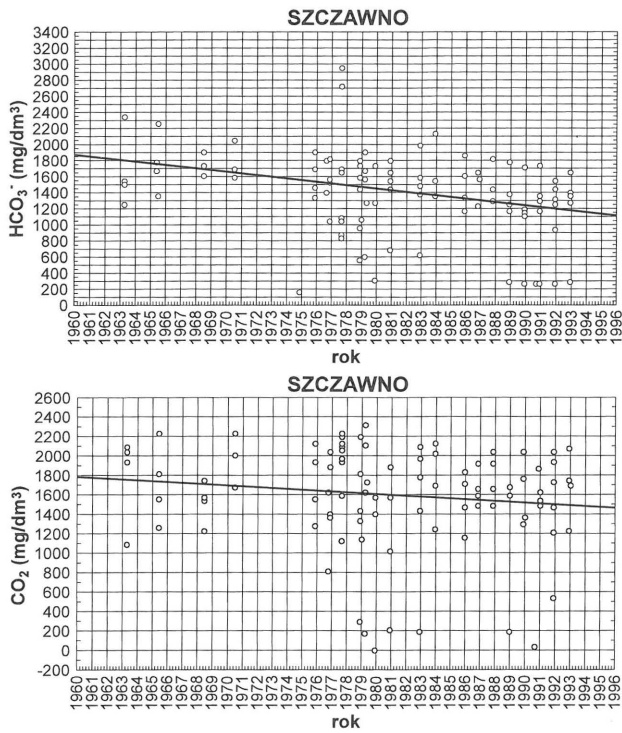
Proste regresji dla zbioru danych z analiz kontrolnych z okresu 1963–1992 r. wykazują spadek zawartości: CO_2 od 1800 mg/dm^3 w 1963 r. do 1500 mg/dm^3 w 1992 r. i HCO_3^- od 1800 mg/dm^3 w 1963 r. do 1250 mg/dm^3 w 1992 r. (ryc. 4). Spadek zawartości CO_2 w wodach leczniczych Szczawna Zdroju zbiega się w czasie ze spadkiem jego zawartości w wodach kopalnianych ZG Julia (ryc. 1). Zmiany ilości wolnego CO_2 i anionu HCO_3^- w wodach poszczególnych ujęć Szczawna Zdroju przedstawiono za pomocą regresji krzywoliniowej (ryc. 5–8). Wszystkie krzywe wykazują lekką tendencję malejącą. Najbardziej widoczny spadek zawartości CO_2 wykazuje krzywa dla wód ujęcia Marta (z 2450 mg/dm^3 w 1980 r. do 1500 mg/dm^3 w 1992 r.). Podobnie zachowuje się krzywa zawartości anionu HCO_3^- dla wód tego ujęcia (ryc. 5). Krzywe regresji dla wód z ujęć Młynarz (ryc. 8) i Mieszko (ryc. 7) przy lekkiej tendencji malejącej obu wskaźników są względem siebie asymetryczne. Ekstremami minimalnymi dla CO_2 i HCO_3^- ujęcia Młynarz w 1983 r. są ekstremami maksymalnymi w ujęciu Mieszko. W innych stanach czasowych jest podobnie. Oba ujęcia wyraźnie ze sobą współdziałają i nic nie wskazuje, aby był to wpływ kopalni węgla kamiennego. Stosunkowo najmniejszy spadek CO_2 i HCO_3^- wykazują krzywe dla wód ujęcia Dąbrówka (z 2100 mg/dm^3 CO_2 w 1980 r. do 1800 mg/dm^3 CO_2 w 1991 r.) (ryc. 6).

Podsumowanie

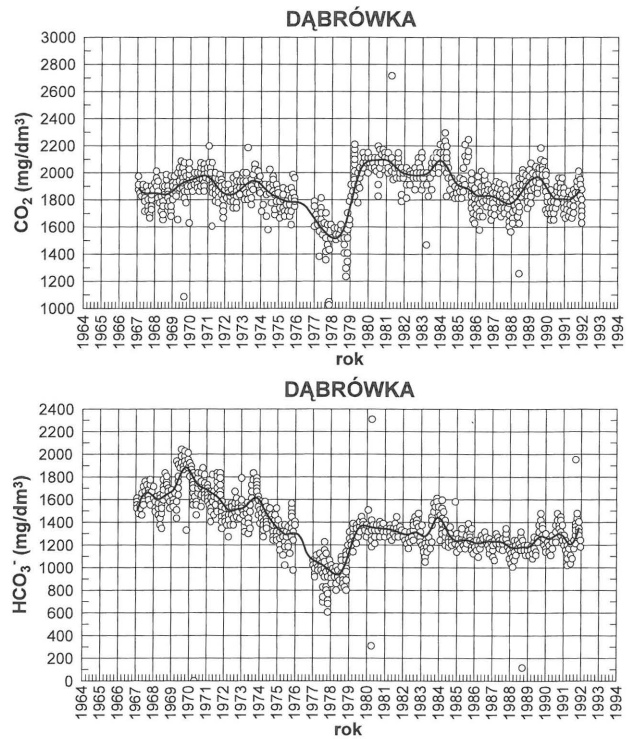
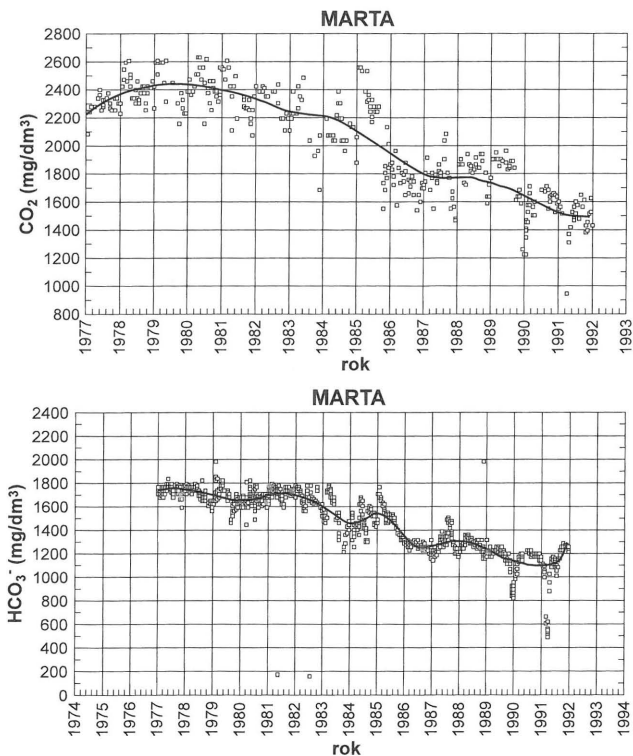
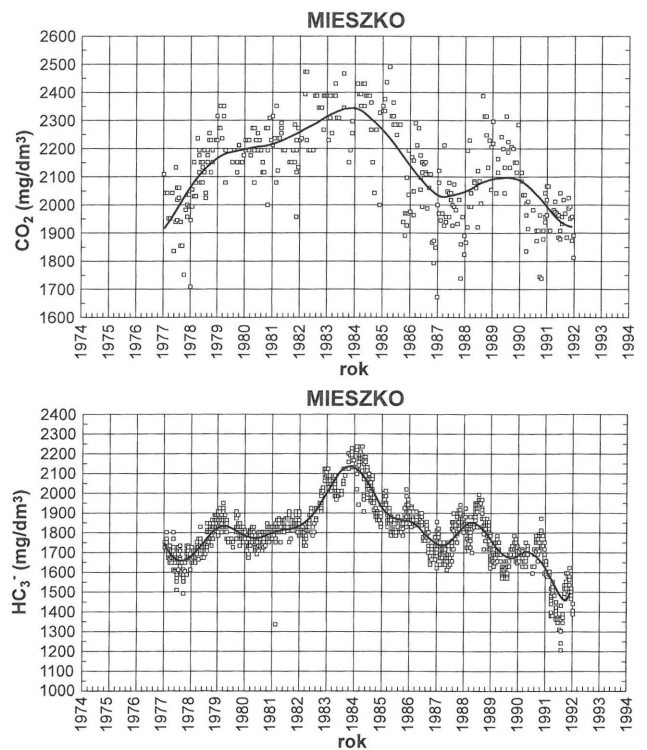
Zatapanie wyrobisk górniczych wałbrzyskich kopalni węgla kamiennego będzie w praktyce procesem długotrwałym (Fischer, 1994). Wszechstronne badania chemizmu wód

Ryc. 3. Regresja mineralizacji wód Szczawna Zdroju — kationy



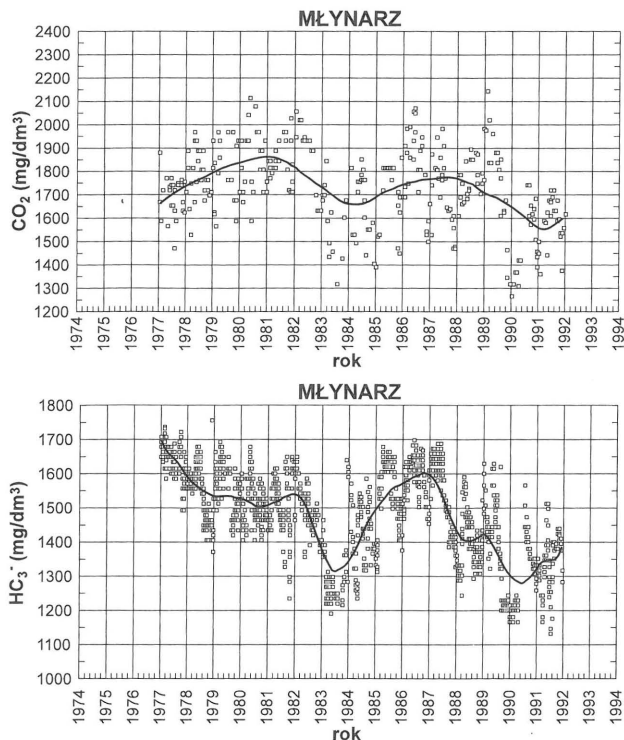


Ryc. 4. Regresja mineralizacji wód Szczawna Zdroju — aniony

Ryc. 6. Regresja krzywoliniowa CO₂ i HCO₃⁻ wód ujęcia Dąbrówka w Szczawnie ZdrojuRyc. 5. Regresja krzywoliniowa CO₂ i HCO₃⁻ wód ujęcia Marta w Szczawnie ZdrojuRyc. 7. Regresja krzywoliniowa CO₂ i HCO₃⁻ wód ujęcia Mieszko w Szczawnie Zdroju

kopalnianych wykonane przez IGO Poltegor-Institut wykazały związek eksploatacji górniczej warstw wałbrzyskich górnego karbonu z migracją endogenicznego dwutlenku węgla w rejon ujęć wód leczniczych Szczawna Zdroju. Eksploatacja górnicza poprzez: odwodnienie, wentylację i

odkształcenia górotworu spotęgowała naturalne odgazowywanie i ułatwiła migrację CO₂ do atmosfery. Zmniejszył się w ten sposób dopływ dwutlenku węgla do płytkich wód infiltracyjnych w rejonie ujęć Szczawna Zdroju. Zatopienie najgłębszych wyrobisk ZG Julia do rzędnej -290 m ograni-



Ryc. 8. Regresja krzywoliniowa CO_2 i HCO_3^- wód ujęcia Młynarz w Szczawnie Zdroju

cza odgazowywanie niższejległych warstw karbonu. Endogeniczny CO_2 będzie nasycał wody podziemne w zatopionych

wyrobiskach. Równoległe gaz migrujący przez utwory kulumu w rejon ujęć wód leczniczych Szczawna Zdroju nie będzie tak intensywnie wentylowany przez wyrobiska i szczeliny górnicze. Wzrost zawartości CO_2 w wodach zatopionej części wschodniej ZG Julia, stwierdzony badaniami w marcu 1995 r. w upadowej centralnej –290 (ryc. 2), potwierdza ten pogląd. Zatapianie wyrobisk zachodnich pól ZG Victoria, realizowane w rzeczywistości od 1994 r., nie będzie miało wpływu na migrację CO_2 do wód leczniczych Szczawna Zdroju. Obejmie ono bowiem płytkie serie warstw żałerskich, które nie biorą udziału w migracji endogenicznego dwutlenku węgla.

Literatura

- CZABAJ W. & JARODZKI L. 1996 — Prz. Geol., 44: 185–190.
 FISZER J. 1994 — Prognoza rekonstrukcji zwierciadła wód podziemnych i jej wpływ na powierzchnię terenu w obszarach górniczych kopalń wałbrzyskich w następstwie ich likwidacji. Arch. Polit. Wroc. Filia Wałbrzych, nr F3/F/1/94.
 KOMINOWSKI K., KŁYŻ J., NOWAK M. & TRENTOWSKI J. 1994 — Przedstawienie analizy hipotetycznej rekonstrukcji karbońskiego piętra wodonośnego i jego źródeł na podstawie modelowania matematycznego. Geometr, Arch. IGO Poltegor-Institut, nr 3365/IGO/I.
 KOTARBA M. 1988 — Z. nauk. AGH, Geologia, 42: 1–119.
 KOTARBA M. 1990 — [W:] Litwiniszyn J. (red.) — Górotwór jako ośrodek wielofazowy, t. 1, — Wyd. Geol.: 37–49.
 NOWAKOWSKI A. & TEISSEYRE A. K. 1971 — Geol. Sudet. 5: 211–232