

Zmienność wybranych parametrów fizykochemicznych wód leczniczych Szczawna-Zdroju (Sudety)

Barbara Kielczawa¹, Elżbieta Liber-Makowska¹

Variability of selected physicochemical parameters of the Szczawno-Zdrój healing waters. *Prz. Geol.*, 65: 973–978.

Abstract. The article presents the results of the research on the variability of selected physicochemical properties and exploitation parameters of healing waters in Szczawno-Zdrój. Based on the results of physicochemical analyses it was observed that the mineralization of the Mieszko and Marta waters has gradually increased over the years (1963–2017). At the same time, a decrease in the amount of dissolved carbon dioxide in these waters was observed. In addition, there was no evidence of a significant relationship between well discharge and the CO₂ content. Variations of CO₂ concentration are so significant in the Młynarz intake that these waters should be classified as carbonate rather than CO₂-rich water. It has also been shown that the content of this gas in the Młynarz and Mieszko 14 intakes varies considerably depending on the discharge ($r_k = 0.7$). The correlation occurs with less intensity in a smaller Marta and Dąbrówka intakes ($r_k = 0.3$). A declining trend is also observed in the Rn content in the Marta intake. For this parameter there was no relationship with discharge changes. All analyzed springs are characterized by seasonal changes in their discharge. Generally, the variability of the analyzed parameters ranges from about 28% to a maximum of 43% relative to the respective mean values.

Keywords: healing waters, deposit parameters, Szczawno-Zdrój, Sudetes, Poland

Wody podziemne wykazujące właściwości lecznicze należą do grupy cennych, sudeckich kopaliny. W przeważającej większości złoża takich wód występują w górskich partiach Sudetów w okolicach Kłodzka, Wałbrzycha i Jeleniej Góry. Spośród wód rejonu wałbrzyskiego najdłużej znanymi i wykorzystywanymi leczniczo są wody Szczawna-Zdroju, które były już znane od początków XII w. i zalecano je jako lecznicze od 1601 r. (Bad..., 1911–1913). Podczas prac prowadzonych w uzdrowisku na początku XX w. napotkano na pozostałości prehistorycznych ujęć źródeł (Teisseyre J., 1966).

W Szczawnie-Zdroju od ponad pięćdziesięciu lat jest prowadzony monitoring eksploatowanych ujęć wód leczniczych. Wyniki tych obserwacji zostały wykorzystane w pracy w celu wyjaśnienia przyczyn oraz określenia charakteru i zakresu zmian wybranych parametrów fizykochemicznych i eksploatacyjnych.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Złoże wód leczniczych Szczawna-Zdroju znajduje się w północno-zachodniej części niecki śródsudeckiej, blisko jej granicy z blokiem gnejsowym Gór Sowich i depresją Świebodzie. W okolicach Szczawna-Zdroju występują gnejsy sowiogórskie oraz kompleks skał osadowych karbonu dolnego, mający zasadnicze znaczenie dla występowania wód leczniczych. W południowej części obszaru, poza granicami uzdrowiska, występuje górnokarbońska formacja wałbrzyska.

Najstarszymi utworami karbonu dolnego są polimiktyczne zlepieńce z wkładkami piaskowców, zaliczane do dolnoturońskiej formacji z Chwaliszowa, występującej w północno-wschodniej części obszaru górniczego złoża, na terenie depresji Świebodzie. Największy obszar zajmuje formacja z Lubomina, reprezentowana przez zlepieńce z wkładkami piaskowców i mułowców, zaliczana do środkowego wizenu. Najmłodsze utwory stanowi górnowizeńska formacja ze Szczawna. Jest to seria powtarzających się

zlepieńców, piaskowców i mułowców (Teisseyre J., 1966; Haydukiewicz i in., 1982).

Do największych dyslokacji tego rejonu należy strefa tektoniczna Strugi o przebiegu NW–SE oraz prostopadły do niej uskok Szczawnika, wzdłuż którego wypływają wody lecznicze Szczawna-Zdroju (ryc. 1).

W rejonie Szczawna wody mineralne (o mineralizacji z zakresu 1,3–4,2 g/dm³) krążą wśród słabo przepuszczalnych utworów karbonu dolnego. Są one związane z głębokimi strefami tektonicznymi, będącymi dodatkowo drogami migracji CO₂, który nasyca infiltrujące wody podziemne. Charakter formowania się występujących tu wód oraz wyniki przeprowadzonych badań zmienności wydajności źródeł pozwalają zaliczyć je do złoża wód szczelinowo-porowych płytkiego krążenia, wyróżnione przez Liber (2001).

Funkcjonujące obecnie ujęcia wykonano w latach 1908–1912 w miejscach istniejących wówczas wypływów. Do lat 70. XX w. w Szczawnie eksploatowano 35 płytko ujętych źródeł, pogrupowanych w ujęcia zespołowe Marta (9 wypływów), Dąbrówka (4 wypływy), Młynarz (5 wypływów), Mieszko (7 wypływów), Ludwiki (4 wypływy), W Podwórzu, Apteczne (2 wypływy) oraz W Chodniku (3 wypływy). Obecnie do celów leczniczych są eksploatowane wody z czterech pierwszych wymienionych źródeł oraz z odwiertu Mieszko 14 (Wojtkowski, 2007).

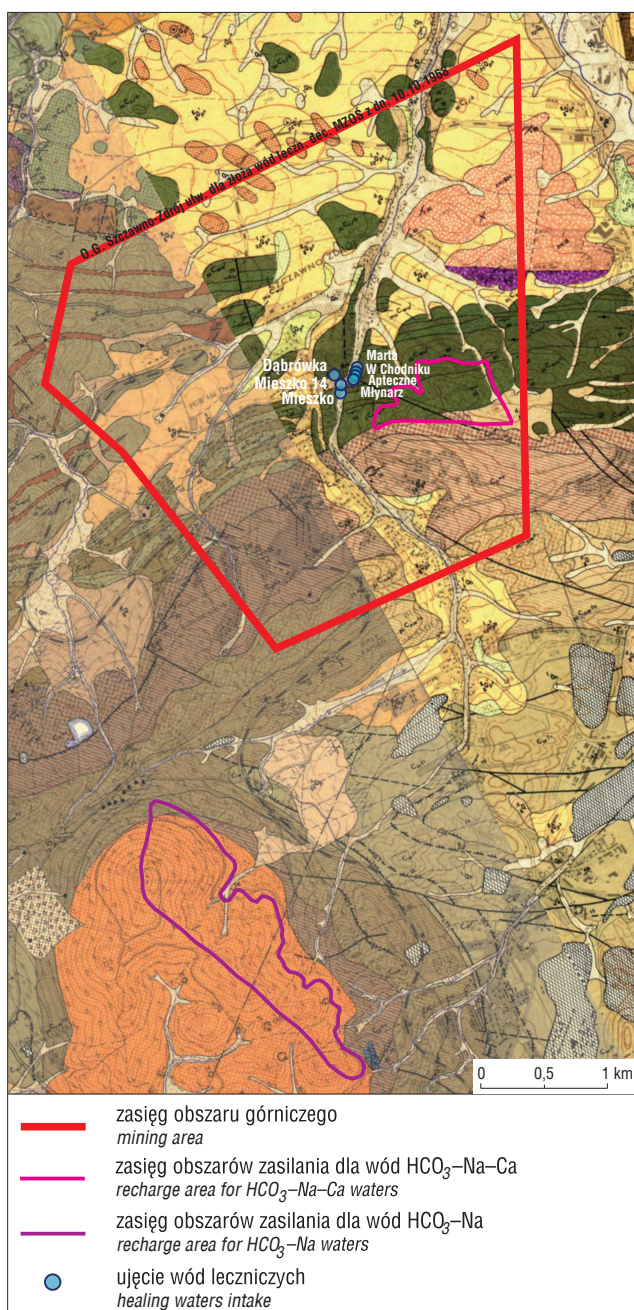
Zgodnie z dokumentacjami zasobowymi, wody Szczawna-Zdroju wykazują typ HCO₃-Na (źródła Mieszko oraz Marta), HCO₃-Na-Ca (źródło Dąbrówka) oraz HCO₃-Na-Mg (źródło Młynarz) (Liber, 2001). Procentowy udział wód zwykłych w ujęciach wód leczniczych wynosi 20–76% (Ciężkowski, 1990; Ciężkowski i in., 1996).

Obszary zasilania większości ujęć omawianych wód leczniczych obejmują pobliskie wzgórza występujące we wschodniej części uzdrowiska. Zasilanie źródła Mieszko odbywa się przez infiltrujące w strefę uskokową wody potoku Szczawnik, który wypływa na wschodnich stokach góry Chełmiec (Ciężkowski i in., 1996).

¹ Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska, ul. Na Grobli 15, 50-421 Wrocław; barbara.kielczawa@pwr.edu.pl, elzbieta.liber-makowska@pwr.edu.pl.

CHARAKTERYSTYKA ZMIAN PARAMETRÓW FIZYKOCHEMICZNYCH I EKSPLOATACYJNYCH

Złoże wód leczniczych Szczawna-Zdroju jest pochodzenia infiltracyjnego. Dotychczasowe badania takich typów złóż, występujących w regionie sudeckim, wskazują na możliwe oddziaływanie zewnętrznych czynników naturalnych, jak również antropogenicznych, na zmiany jakościowe i ilościowe eksploatowanych wód leczniczych (Ciężkowski, 1990; Liber, 2001).



Ryc. 1. Lokalizacja ujęć wód leczniczych w Szczawnie-Zdroju na tle mapy geologicznej Sudetów (mapa geologiczna wg: Teisseyre'a, Gawrońskiego, 1965; Teisseyre'a, 1969; Haydukiewicz i in., 1982; Bossowskiego, Czerskiego, 1985)

Fig. 1. Location of intakes of healing waters in Szczawno-Zdrój on the geological map of the Sudetes (geological map after: Teisseyre, Gawroński, 1965; Teisseyre, 1969; Haydukiewicz i in., 1982; Bossowski, Czerski, 1985)

W celu wyjaśnienia przyczyn oraz określenia charakteru i zakresu zmian wybranych parametrów złożowych wód leczniczych Szczawna-Zdroju wykorzystano wyniki hydrogeologicznych obserwacji ujęć tych wód, prowadzonych od ponad pięćdziesięciu lat przez pracowników Zakładu Górniczego Uzdrowiska Szczawna-Jedlina SA.

W przeprowadzonych badaniach uwzględniono wyniki rocznych analiz fizykochemicznych (z okresu 1963–2016) eksploatowanych wód leczniczych oraz wyniki wykonywanych jeden raz w tygodniu pomiarów wydajności ujęć, temperatury wody, zawartości jonu HCO₃⁻, CO₂ (z okresu 1965–2017) i radonu (z okresu 1974–1998).

Na podstawie analiz z lat 1963–2016 omawiane wody można określić jako:

1. szczawna (woda kwasowęglowa) HCO₃-Na-Mg (Ca) – źródło Młynarz,
2. szczawna (woda kwasowęglowa) HCO₃-Na – źródło Mieszko,
3. szczawna, radonowa HCO₃-Na (Ca, Mg) – źródło Marta,
4. szczawna (woda kwasowęglowa) HCO₃-Na-Ca (Mg) – źródło Dąbrówka.

W nawiasach podano parametry wpływające okresowo na typ wody (tab. 1).

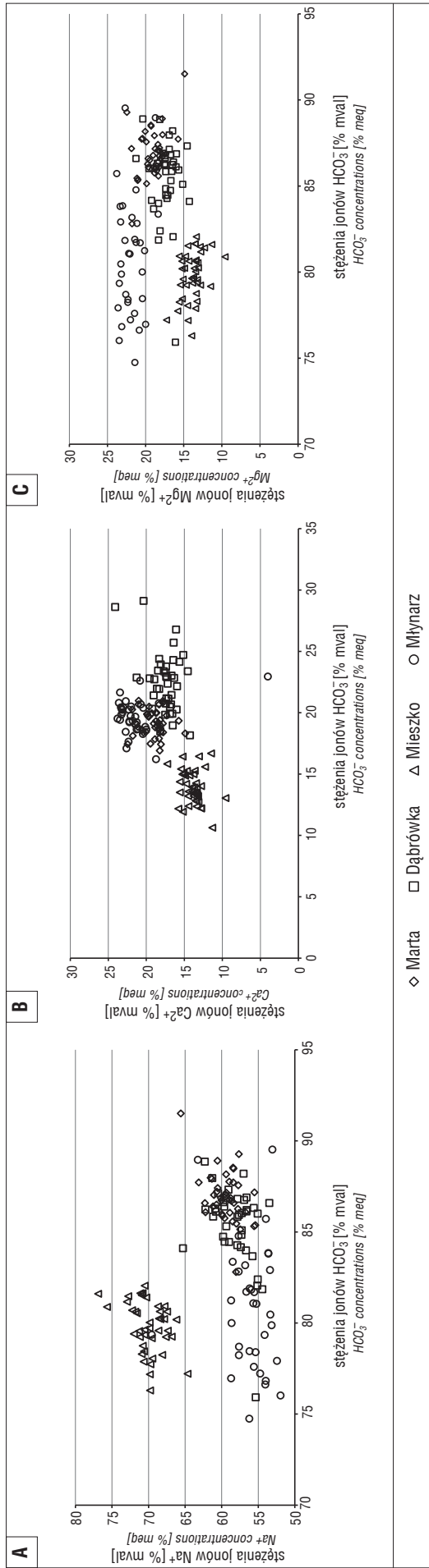
Poczynione obserwacje świadczą nie tylko o naturalnej zmienności udziału poszczególnych jonów głównych w składzie omawianych wód. Wahania stężeń tych jonów zachodzą w mniejszym lub większym zakresie w całym okresie eksploatacji ujęć (ryc. 2).

Można zauważyć, że do lat 1995–1996 sukcesywnie obniżała się mineralizacja wód (ryc. 3A, B). Co więcej, wahania tego parametru zmieniały się cyklicznie w okresie ok. 10 lat z maksymalnymi wartościami w latach 1963 i 1965 odpowiednio dla źródła Mieszko i pozostałych ujęć oraz w latach 1973 i 1983. Wartości minimalne notowano we wszystkich ujęciach w latach: 1968, 1979, 1989 i dla ujęcia Mieszko w 1991 r. (ryc. 3A, B). Od połowy lat 90. XX w. obserwuje się stopniowy wzrost mineralizacji omawianych wód (ryc. 3A, C).

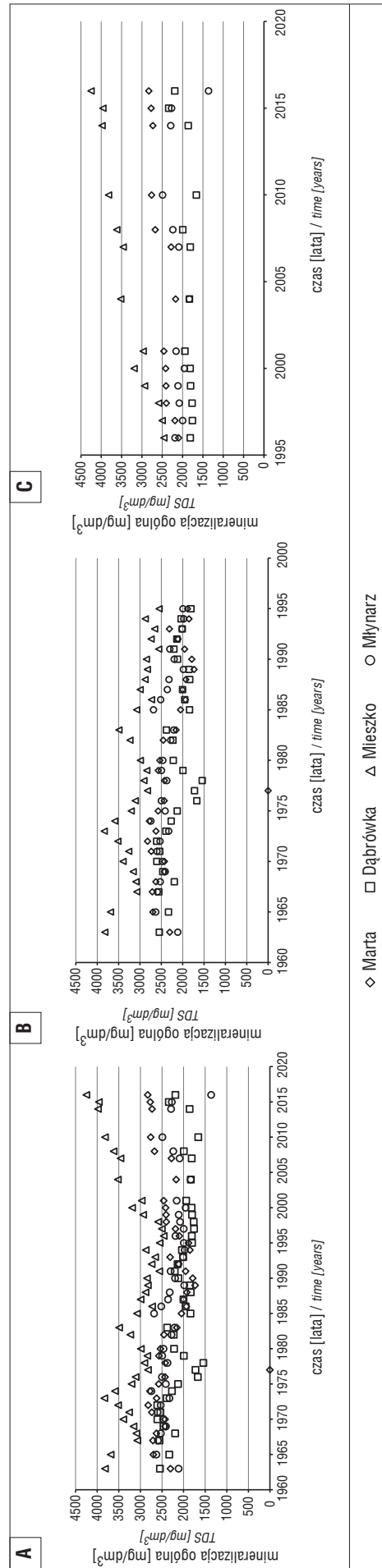
Tab. 1. Skład chemiczny wód leczniczych Szczawna-Zdroju w skróconym zapisie Kurlowa (stężenia poszczególnych jonów w % mval, M i CO₂ w g/dm³, Rn w nC)

Table 1. Chemical composition of the Szczawno-Zdrój healing waters expressed by the Kurlow formula (ion concentrations in % meq, M and CO₂ in g/dm³, Rn in nC)

Nazwa ujęcia Name of intake	Zakresy zmienności mineralizacji wód, udziału poszczególnych jonów oraz stężeń gazów w skróconym zapisie Kurlowa Range of water mineralization variability, contents of particular ions and gas concentrations expressed by the Kurlow formula
Młynarz	CO ₂ ^{0,6-1,7} M ^{1,9-2,7} $\frac{\text{HCO}_3^{75-89}}{\text{Na}^{52-70} \text{Mg}^{18-24} \text{Ca}^{16-23}}$
Mieszko	CO ₂ ^{0,8-2,2} M ^{2,4-4,2} $\frac{\text{HCO}_3^{76-82}}{\text{Na}^{65-77}}$
Marta	Rn ^{2,4-8,2} CO ₂ ^{1,26-2,3} M ^{1,6-2,8} $\frac{\text{HCO}_3^{83-92}}{\text{Na}^{55-66} \text{Ca}^{17-21} \text{Mg}^{15-22}}$
Dąbrówka	CO ₂ ^{0,8-2,2} M ^{1,3-2,6} $\frac{\text{HCO}_3^{76-89}}{\text{Na}^{45-65} \text{Ca}^{20-29} \text{Mg}^{14-24}}$



Ryc. 2. Względny udział głównych kationów w wodach leczniczych z poszczególnych ujęć Szczawna-Zdroju: **A** – jony Na^+ , **B** – jony Ca^{2+} , **C** – jony Mg^{2+}
 Fig. 2. Comparative contribution of major cations in healing waters from particular intakes of Szczawno-Zdrój: **A** – Na^+ ions, **B** – Ca^{2+} ions, **C** – Mg^{2+} ions



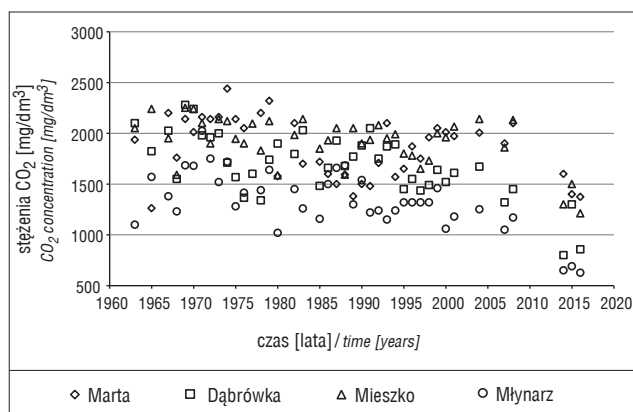
Ryc. 3. Zmienność mineralizacji ogólnej wód leczniczych w Szczawnie-Zdroju: **A** – dla całego okresu badań oraz w latach: **B** – 1963–1996, **C** – 1996–2016
 Fig. 3. Variability of TDS of healing waters in Szczawno-Zdrój: **A** – for the study period and in: **B** – 1963–1996, **C** – 1996–2016

We wszystkich szczawieńskich źródłach dochodzi natomiast do obniżania się ilości wolnego CO₂. Wyjątkowo intensywny spadek ilości tego gazu nastąpił w ostatnich latach, szczególnie w ujęciach Mieszko i Marta – odpowiednio o ok. 700 i 500 mg/dm³. W ujęciach Dąbrówka i Młynarz stężenie omawianego gazu obniżyło się nawet poniżej minimalnej wartości dla szczaw, tj. 1000 mg/dm³, i powinno się je klasyfikować nie jako szczawy, jak do tej pory, a raczej jako wody kwasowęglowe (ryc. 4 i 5B).

Omawiane powyżej zmiany składu chemicznego mogą być związane ze zmianami warunków zasilania i wypływu wód leczniczych z ujęć Szczawna-Zdroju. W celu wyjaśnienia charakteru zależności między parametrami jakościowymi a ilościowymi przeprowadzono analizę korelacyjną pomiędzy wydajnością eksploatowanych ujęć a parametrami fizykochemicznymi (temperatura wody, zawartość HCO₃⁻, CO₂ i Rn), które są obserwowane wraz z pomiarem wydajności. Wynik tej analizy przedstawiono w tabeli 2. Zgodnie z wcześniej przeprowadzonymi szczegółowymi badaniami dotyczącymi zmienności wydajności ujęć sudeckich wód leczniczych (Liber, 2001; Liber, Filbier, 2001; Liber E., Liber A., 2005), dla ujęć w Szczawnie-Zdroju do analizy wydzielono okresy charakteryzujące się stabilnymi warunkami eksploatacji, dla których możliwe jest określenie wpływu naturalnych czynników zewnętrznych na zmiany ich wydajności.

Przeprowadzona analiza korelacyjna potwierdziła istnienie odwrotnej zależności między wydajnością ujęć Mieszko, Mieszko 14 i Dąbrówka a stężeniem HCO₃⁻ w wodzie (ryc. 5A) oraz temperaturą wody (ryc. 5C). Dodatkowo zmiany wydajności i badanych parametrów charakteryzują się sezonową zmiennością.

Zaznaczający się po intensywnych opadach zwiększony dopływ wód słabo zmineralizowanych, mieszających się ze szczawami w strefie drenażu, powoduje obniżenie zawartości HCO₃⁻ w wodzie. Charakter takich zależności



Ryc. 4. Zmienność w czasie ilości rozpuszczonego w wodach CO₂
Fig. 4. Variability of dissolved CO₂ in time

jest widoczny m.in. na wykresie zmian wydajności w czasie dla ujęcia Mieszko (ryc. 5A), gdzie wzrost wydajności i spadek stężenia tego jonu szczególnie zaznaczał się po ulewnych deszczach w 1997 r. Zachodzi tu więc zjawisko okresowego wysładzania wód leczniczych na skutek ich mieszania się z wodami płytkiego krążenia.

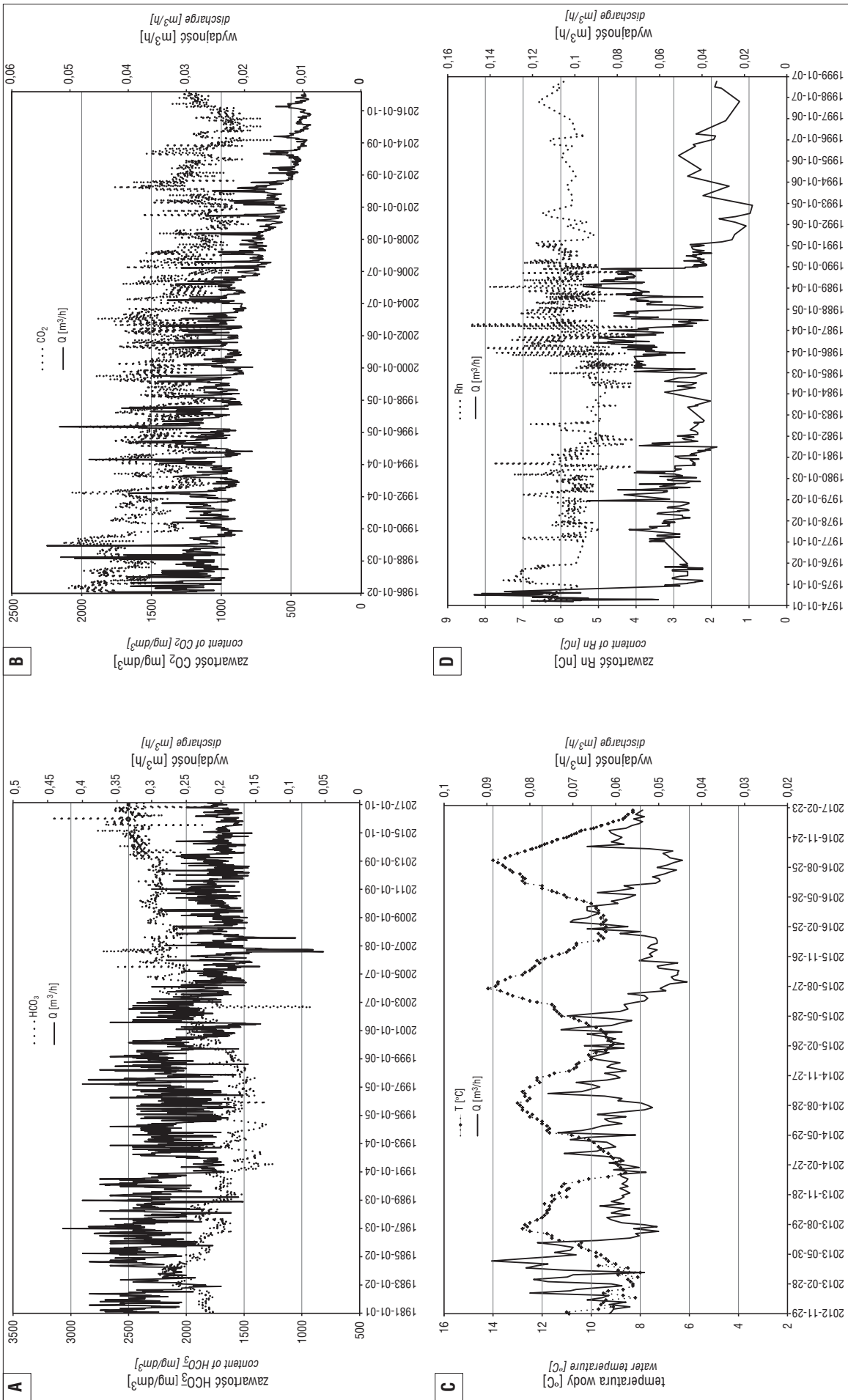
Wysoka korelacja ($r_k = 0,7$) pomiędzy wydajnością a zawartością CO₂ w wodzie zaznacza się dla ujęć Mieszko 14 i Młynarz (tab. 2, ryc. 5B), a słabsza ($r_k = 0,3$) dla źródeł Dąbrówka i Marta. Charakter normalny tej zależności może wynikać z opóźnionego czasu reakcji na zmiany zasilania, zwłaszcza dla ujęć Mieszko 14 i Młynarz, w których oszacowany przez Ciężkowskiego i in. (1996) udział procentowy mieszających się ze szczawami wód słabo zmineralizowanych jest największy. Dodatkowym czynnikiem, który może wpływać na rodzaj stwierdzonej zależności jest sposób formowania się szczaw, powstających wskutek nasycania ich juwenilnym, wolnym CO₂ doprowadzanym z głębszych stref.

Tab. 2. Współczynniki korelacji między wydajnością ujęć oraz: A – zawartością HCO₃⁻, B – zawartością CO₂, C – temperaturą wody, D – zawartością Rn

Table 2. Coefficients of correlation between spring discharge and: A – HCO₃⁻ content, B – CO₂ content, C – water temperature, D – Rn content

Badane parametry Tested parameters		Nazwa ujęcia Name of intake	Okres badań Period of research	Liczba badanych par danych Number of data pairs	Współczynnik korelacji r Correlation coefficient r
A	wydajność – zawartość HCO ₃ ⁻ discharge – HCO ₃ ⁻ content	Mieszko	1981–2017	1855	-0,5698
		Mieszko 14	1981–2003	1163	-0,3296
		Dąbrówka	1981–2017	8240	-0,3347
		Marta	1981–2017	1861	-0,0541
		Młynarz	1986–2017	1605	0,0863
B	wydajność – zawartość CO ₂ discharge – CO ₂ content	Mieszko	1981–2017	1851	-0,0332*
		Mieszko 14	1985–2017	1159	0,7470
		Dąbrówka	1981–2017	8395	0,3361
		Marta	1965–2017	2605	0,2400
		Młynarz	1986–2017	1601	0,7545
C	wydajność – temperatura wody discharge – water temperature	Mieszko	1981–2017	1861	-0,1963
		Mieszko 14	2012–2017	219	-0,5115
		Dąbrówka	1981–2017	8403	-0,6992
		Marta	1981–2017	1886	-0,2640
		Młynarz	1986–2017	1617	0,1142
D	wydajność – zawartość Rn discharge – Rn content	Marta	1974–1998	455	0,0954

* wartości nieistotne statystycznie / values statistically insignificant



Ryc. 5. Zmiany w czasie wydajności oraz: **A** – zawartości HCO_3^- w wodzie z ujęcia Mieszko; **B** – zawartości CO_2 w wodzie z ujęcia Młynarz; **C** – temperatury wody z ujęcia Mieszko 14; **D** – zawartości Rn w wodzie z ujęcia Marta

Fig. 5. Variation of discharge in time and: **A** – content of HCO_3^- in water of the Mieszko intake; **B** – content of CO_2 in water of the Młynarz intake; **C** – temperature of water from the Mieszko 14 intake; **D** – content of Rn in water of the Marta intake

Przeprowadzona analiza korelacyjna nie wykazała istnienia istotnej zależności między wydajnością ujęć a zawartością radonu (tab. 2, ryc. 5D).

WNIOSKI

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących zmienności wybranych parametrów chemicznych i eksploatacyjnych wód leczniczych Szczawna-Zdroju. W badaniach uwzględniono wyniki: analiz fizykochemicznych wód leczniczych, cyklicznych pomiarów wydajności ujęć, temperatury wody, zawartości jonu HCO_3^- , CO_2 oraz radonu.

Przeprowadzona analiza korelacyjna wykazała istnienie odwrotnej zależności między wydajnością ujęć Mieszko, Mieszko 14 i Dąbrówka a zawartością jonu HCO_3^- w wodzie oraz pomiędzy wydajnością a temperaturą wody. Sezonową zmiennością charakteryzują się: wydajność ujęć, temperatura wody, zawartość jonu HCO_3^- , CO_2 i radonu. Wahania badanych parametrów niewątpliwie są związane z ich infiltracyjnym zasilaniem oraz dopływem wód słabo zmineralizowanych, mieszających się ze szczawami w strefie drenażu.

Na podstawie badań stwierdzono, że zachodzi związek między wydajnością a zawartością CO_2 w wodzie, zaznaczający się dla ujęć Mieszko 14 i Młynarz, a także Dąbrówka i Marta. Charakter tej zależności może wynikać z opóźnionego czasu reakcji na zmiany zasilania oraz szczególnego sposobu formowania się leczniczych szczaw, wskutek nasycania ich dwutlenkiem węgla wyprowadzanym wzdłuż głębokich stref tektonicznych. Jednak poczynione analizy wykazują, że ilość CO_2 doprowadzanego do wód maleje. Wyraźnie jest to widoczne w przypadku wód z ujęć Dąbrówka i Młynarz. Niewątpliwie sytuacja ta powinna niepokoić, szczególnie zważywszy na fakt, że

m.in. CO_2 obecny w omawianych wodach decyduje o ich leczniczym charakterze.

Autorzy pragną podziękować Recenzentom za wnikliwe uwagi. Prace zrealizowano w ramach badań statutowych, projekt nr 0401/0125/17.

LITERATURA

- BAD SALZBRUNN IN SCHLESSEN, 1911–1913. Wyd. Salzbrunner Zeitung [broszury informacyjne dla kuracjuszy].
- BOSSOWSKI A., CZERSKI M. 1985 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów wraz z objaśnieniami, ark. Boguszów. Inst. Geol., Warszawa.
- CIEŹKOWSKI W. 1990 – Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich. Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc., 60 (19): 1–133.
- CIEŹKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., KABAT T., LIBER E., PRZYLIBSKI T., TEISSEYRE B., WIŚNIEWSKA M., ZUBER A. 1996 – Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. Zał. 35. Złoże wód leczniczych Szczawna Zdroju. Arch. ZBU Zdroje, Wrocław [maszynopis].
- HAYDUKIEWICZ A., OLSZEWSKI S., PORĘBSKI SZ., TEISSEYRE A. 1982 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów wraz z objaśnieniami, ark. Wałbrzych. Inst. Geol., Warszawa.
- LIBER E. 2001 – Zmienność wydajności ujęć wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie ze złóż sudeckich [rozpr. doktor.]. Rap. Inst. Gór. Ser. PRE nr 3, PWroc., Wrocław, s. 162.
- LIBER E., FILBIER P. 2001 – Przyczyny naturalnych zmian wydajności ujęć wód leczniczych Szczawna Zdroju. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, 10 (1): 329–339. Wyd. Ofic. Wyd. SUDETY, Wrocław.
- LIBER E., LIBER A. 2005 – Zmiany wydajności ujęć wód leczniczych w Łądku Zdroju i Szczawnie Zdroju w świetle nowych metod badań. [W:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, 12: 453–460. Wyd. UMK, Toruń.
- TEISSEYRE H. 1969 – Szczegółowa mapa geologiczna Sudetów wraz z objaśnieniami, ark. Stare Bogaczowice. Wyd. Geol., Warszawa.
- TEISSEYRE H., GAWROŃSKI O. 1965 – Szczegółowa Mapa Geologiczna Sudetów wraz z objaśnieniami, ark. Świebodzice. Inst. Geol., Warszawa.
- TEISSEYRE J. 1966 – Źródła mineralne Dolnego Śląska w świetle badań geologicznych. [W:] J. Oberc (red.), Z geologii Ziemi Zachodnich, Sesja naukowa dwudziestolecia polskich badań 1945–1965. PWN, Wrocław: 485–505.
- WOJTKOWSKI P. 2007 – Zagrożenia antropogeniczne wód leczniczych Szczawna-Zdroju [pr. dyplom.]. Arch. PWroc., Wrocław.