

Barbara KIEŁCZAWA<sup>1</sup>, Elżbieta LIBER-MAKOWSKA<sup>1</sup>

## ZMIENNOŚĆ WYBRANYCH PARAMETRÓW ILOŚCIOWYCH I JAKOŚCIOWYCH TERMALNYCH WÓD LECZNICZYCH CIEPLIC

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono charakter zmian wybranych parametrów ilościowych i jakościowych wód termalnych ze złoża Cieplice w Jeleniej Górze.

Scharakteryzowano warunki wypływu wód termalnych. Określono przyczyny i zakres zmian wydajności eksploatowanych ujęć oraz zmian ciśnienia na głowicy otworu C-1. Przeprowadzona analiza zmian parametrów ilościowych eksploatowanych ujęć potwierdziła, że wszystkie termalne ujęcia Cieplic ujmują wody z tego samego powiązanego hydraulicznie systemu szczelinowego.

Omówiono zmiany wartości jonów fluorkowych w poszczególnych ujęciach wód termalnych Cieplic. Określono stopień nasycenia omawianych wód względem głównych minerałów skałotwórczych i prawdopodobnych produktów ich wietrzenia. Przedstawiono analizę zależności pomiędzy głównymi składnikami wód i jonami F<sup>-</sup>. Podjęto próbę określenia pochodzenia fluorków obecnych w wodach termalnych Cieplic. Najprawdopodobniej źródłem jonów fluorkowych oraz kwasu metakrzemowego w badanych wodach są rozpuszczające się krzemiany, glinokrzemiany oraz fluoryt.

### SŁOWA KLUCZOWE

Cieplice, Sudety, skały krystaliczne, wody termalne, fluorki, kwas metakrzemowy, ciśnienie, temperatura

\* \* \*

---

<sup>1</sup> Politechnika Wroclawska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii; e-mail: barbara.kielczawa@pwr.edu.pl, elzbieta.liber-makowska@pwr.edu.pl

## WPROWADZENIE

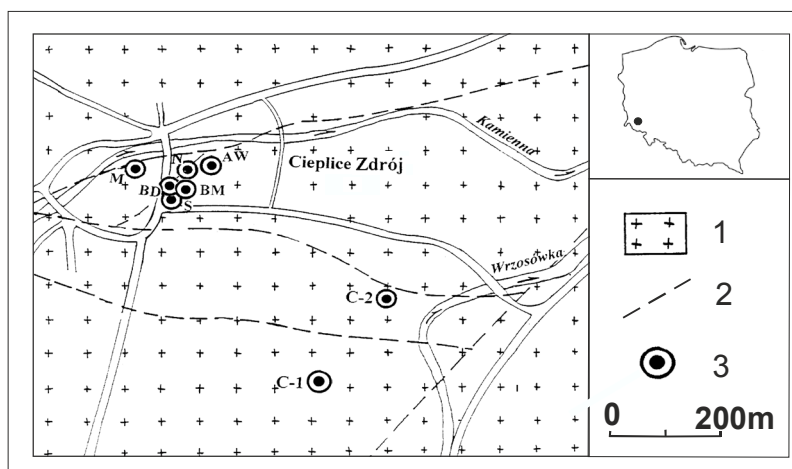
Wody termalne Cieplic w Jeleniej Górze znane są i stosowane w balneologii od kilku wieków. Pierwsze źródła (zdroje Hrabowski i Klasztorny) ujęto w pierwszej połowie XV w., a w połowie XIX w. wykonano odwierty (Nowe, Antoni, Marysieńka). W latach siedemdziesiątych XX wieku odwiercono dwa głębokie otwory, C-1 (661 m) i C-2 (750 m), przy czym pierwszy z wymienionych 20 lat później (w 1995 r.) pogłębiono do 2002,5 m (Ciężkowski 1994).

### 1. WARUNKI WYSTĘPOWANIA WÓD TERMALNYCH

W budowie geologicznej rejonu Jeleniej Góry wyróżnić można proterozoiczno-paleozoiczne krystaliczne podłoże oraz jego osadową, czwartorzędową pokrywę. Skały krystaliczne tworzą największą jednostkę tektoniczną Sudetów zachodnich, tj. blok karkonosko-izerski. W jego skład wchodzi mniejsze jednostki, zróżnicowane zarówno litologicznie, jak i wiekowo. Centralna część zbudowana jest z waryscyjskiej intruzji granitowej (granit Karkonoszy) otoczonej seriami skał metamorficznych (metamorfik izerski, metamorfik południowych Karkonoszy, metamorfik kaczawski). W obrębie granitu Karkonoszy wyróżnia się granity porfirowate (monzogranity), granity średnio- i równoziarniste oraz drobnoziarniste (aplitowe). W skład serii metamorficznych wchodzi przede wszystkim gnejsy (słojowe, oczkowe, smużyste) oraz granitognejsy z wtarceniami łupków łuszczkowych, chlorytowych, amfibolitów, kwarcytów, skał kwarcowo-turmalinowych oraz lamprofirów (Żaba 1984; Marszałek 2007, 2010; Marszałek i Mickiewicz 2012).

Termalne wody lecznicze Cieplic eksploatowane są ośmioma ujęciami (Antoni, Basenowe Damskie, Basenowe Męskie, Nowe, C-1, C-2, Marysieńka i Sobieski – rys. 1).

Napodstawie wyników analiz fizykochemicznych wód (wykonywanych na zlecenie Uzdrowiska), typ chemiczny wód termalnych Cieplic określić można na  $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-(Cl)-Na-(Ca)}$  oraz  $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-(Cl)-Na-Ca}$ . Ich mineralizacja zawiera się w przedziale od około 490 mg/l (ujęcie Antoni) do 1000 mg/l (ujęcie Sobieski). Temperatury wód na wypływach z poszczególnych ujęć zmieniają się w zakresie od 16°C (Antoni) do 87°C (C-1). Ponadto wody te cechują się podwyższonymi stężeniami kwasu metakrzemowego ( $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ) oraz jonu fluorkowego ( $\text{F}^-$ ). Jak podaje Ciężkowski i in. (1996), w ujęciach Antoni i Marysieńka występują wody mieszane o zmiennych udziałach słabo zmineralizowanych wód współczesnej infiltracji. Ujęciem Sobieski eksploatowane są wody współczesnej infiltracji, natomiast w pozostałych ujęciach występują wody glacialne. Zasięg prawdopodobnych obszarów zasilania złoża składowej infiltracyjnej na tle budowy geologicznej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Lokalizacja ujęć wód termalnych w Cieplicach (na podstawie Liber-Makowska i Leśniak 2015; Ciężkowski i in. 1996)

Objaśnienia: 1 – granity (karbon), 2 – uskoki, 3 – nazwy ujęć: M – Marysienka, S – Sobieski, AW – Antoni Waclaw, N – Nowe, BD – Basenowe Damskie, BM – Basenowe Męskie, C-2, C-1

Fig. 1. Location of the thermal water intakes in Cieplice Śląskie (on basis of Liber-Makowska i Leśniak 2015; Ciężkowski i in. 1996)

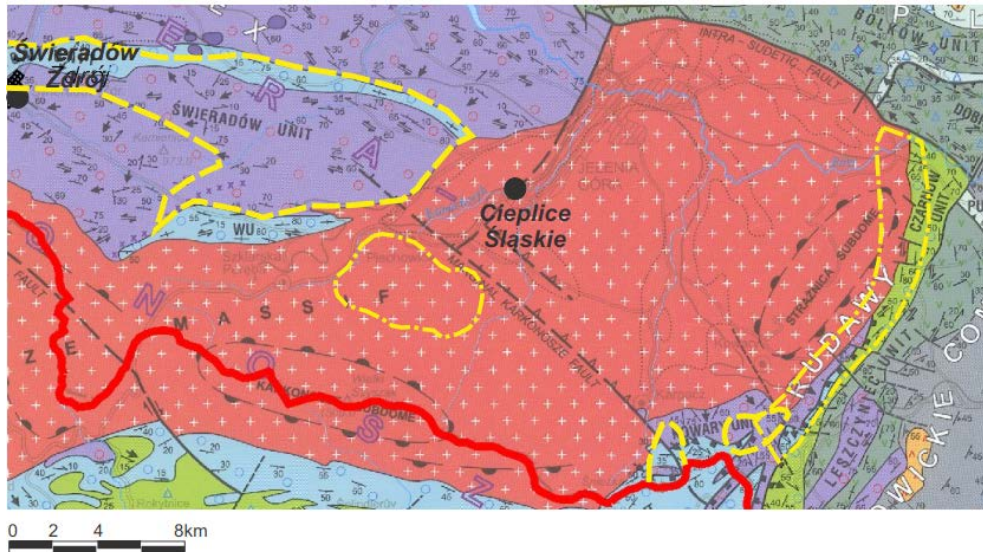
Caption: 1 – granite (carbon), 2 – faults, 3- names of intakes: M – Marysienka, S – Sobieski, AW – Antoni Waclaw, N – Nowe, BD – Basenowe Damskie, BM – Basenowe Męskie, C-2, C-1

## 2. ZMIANY PARAMETRÓW ILOŚCIOWYCH

Charakterystykę zmian parametrów eksploatacyjnych ujęć termalnych wód leczniczych Cieplice-Jeleniej Góry określono na podstawie wyników pomiarów wykonywanych od ponad 60 lat w ramach obserwacji stacjonarnych prowadzonych przez pracowników Zakładu Górniczego Uzdrowiska Cieplice Sp. z o.o. – Grupa PGU.

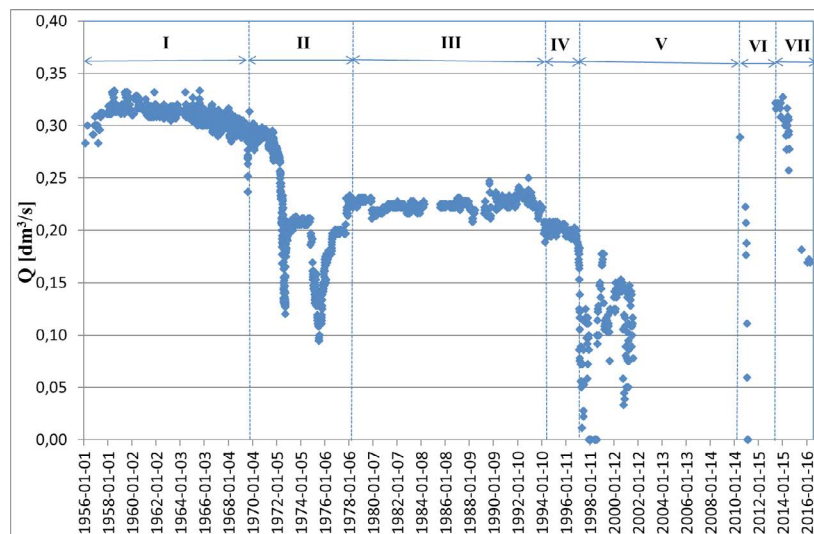
Szczegółowe analizy zmian wydajności (Liber-Makowska i Leśniak 2015; Liber 2008) w całym okresie badań ujęć wód cieplickich wskazują na dużą niejednorodność tego parametru. Przyczyny obserwowanych wahań wydajności należy wiązać ze zmianami warunków eksploatacji. Charakter zmienności wydajności w wydzielonych okresach eksploatacji pokazano na przykładzie ujęcia Basenowe Męskie (rys. 3).

Obserwowany znaczny spadek wydajności źródeł, aż do zaniku wypływu, spowodowany jest pracami wiertniczymi (wykonanie otworów C-1 i C-2 w latach 1971–1972, pogłębienie i rekonstrukcja otworu C-1 w latach 1997–1998) oraz badaniami hydrogeologicznymi wykonywanymi w trakcie i po wierceniach. Mniejszy spadek wydajności źródeł związany jest z prowadzoną lub czasowo nieprowadzoną eksploatacją otworów i/lub zwiększonym poborem wody (eksploatacja i zwiększony pobór wody z otworu C-2 lub C-1).



objaśnienia:  
caption:

-  granica państwa  
borderline
-  obszary o podwyższonej zawartości jonów fluorowych(F)  
w wodach podziemnych (na podst. Mroczkowska, 1978)  
areas with increased content of fluoride ions (F)  
in ground waters (on basis Mroczkowska, 1978)
-  zasięg obszarów zasilania składowej infiltracyjnej  
(Ciężkowski i in., 1996)  
range of recharge areas of meteoric waters  
(Ciężkowski et al., 1996)
-  bazaltoidy neogeńskie  
Neogene basaltoids
-  piętro późnej molasy z wulkanitami (perm dln.)  
late molasse stage with volcanic rocks (Lower Perm)
-  skały plutoniczne (karbon)  
plutonic rocks (Carboniferous)
-  piętro starej molasy (karbon dln.)  
old molasse stage (Lower Carboniferous)
-  kompleksy skal osadowych (ordowik-karbon dln.)  
sedimentary rock complexes (Ordovician-Lower Carboniferous)
-  kompleksy skal wulkanicznych (dewon)  
volcanic rock complexes (Devonian)
-  kompleksy skal infrakrustalnych (kambr grn.-ordowik dln.)  
infracrustal rock complexes (Upper Cambrian-Lower Ordovician)
-  silnie zróżnicowane kompleksy suprakrustalne (grn. proterozoik?-dewon?)  
strongly differentiated supracrustal complexes (Upper Proterozoic?-Devonian?)
-  kompleksy skal suprakrustalnych (grn. proterozoik?-kambr?)  
supracrustal rock complexes (Upper Proterozoic?-Cambrian?)
-  granitoidy  
granitoids
-  bazalty grzbietów śródoceanicznych  
mid-ocean ridge basalts
-  bazalty śródplytowe  
within-plate basalts
-  facja zielenicowa  
greenschist facies
-  facja amfibolitowa: a-gnejsy, b-lupki krystaliczne  
amphibolite facies: a-gneisses, b-schist
-  metamorfizm wysokociśnieniowy: a-eklogity, b-glaukofanity  
high-pressure metamorphism: a-eclogites, b-glaucophanites



Rys. 3. Zmiany wydajności ujęcia Basenowe Męskie w Cieplicach w wydzielonych okresach eksploatacji: I – początek eksploatacji (stabilizacja); II – wiercenie i badania odwiertów C-1 i C-2; III – stabilizacja; IV – zwiększony pobór z odwiertu C-2; V – pogłębienie i badania odwiertu C-1, VI – badania podczas rekonstrukcji odwiertu C-1, VII – eksploatacja odwiertu C-1

Fig. 3. The discharge changes of the Basenowe Męskie spring in Cieplice in separate periods of exploitation: I – beginning of exploitation (stabilization); II – drilling and testing of wells C-1 and C-2; III – stabilization; IV – increased consumption from the borehole C-2; V – deepening and testing of well C-1; VI – tests during well C-1 reconstruction; VII – exploitation of well C-1

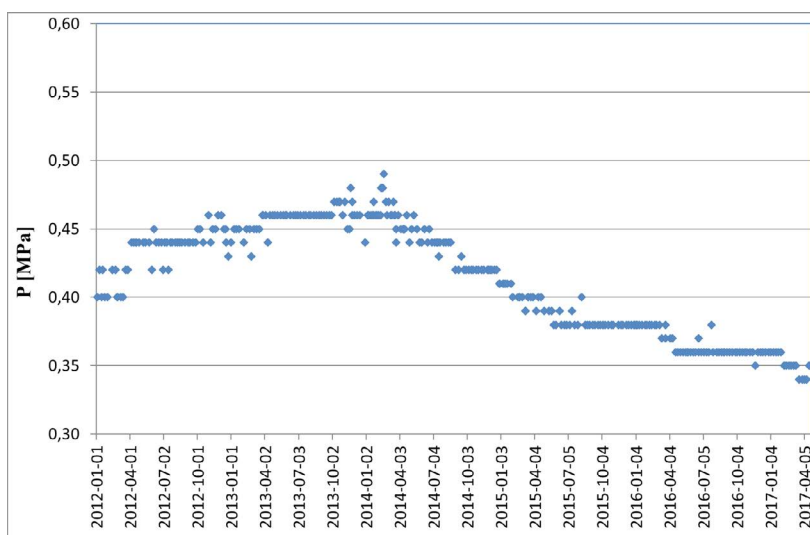
Również w ostatnich kilku latach nastąpiła zmiana warunków eksploatacji, która wpłynęła na spadek wydajności płytkich ujęć. W okresie IX 2010–V 2011 r. przeprowadzono dodatkowe prace badawcze w pogłębionym otworze C-1. Celem tych prac było przygotowanie tego otworu do eksploatacji w warunkach zwiększonego wykorzystania zasobów eksploatacyjnych przez kilku użytkowników, a także przystosowanie otworu C-2 do eksploatacji w warunkach oddziaływania otworu C-1 na C-2. W ramach przeprowadzonych badań stwierdzono m.in., że samoczynna eksploatacja otworu C-1 (w lutym 2011 r.) spowodowała zanik wypływów z ujęć Basenowe Damskie i Basenowe Męskie (rys. 3) oraz spadek wydajności i temperatury wody z ujęć Sobieski, Nowe i Marysienka. Dodatkowo eksploatacja otworu C-1, prowadzona przy dużych wydajnościach, powoduje spadek ciśnienia na głowicy otworu C-2, aż do zaniku jego samowypływu.

Rys. 2. Obszary zasilania składowej infiltracyjnej wód termalnych oraz obszary podwyższonych stężeń jonów fluorkowych ( $F^-$ ) na tle budowy geologicznej rejonu Ciepliec (na podstawie: Ciężkowski i in. 1996; Mroczkowska 1978; Żak i in. 2008; Kielczawa 2016)

Fig. 2. Recharge areas of the meteoric component of thermal waters and areas of increased concentrations of fluoride ions ( $F^-$ ) against the background of the geological map of the Cieplice region (based on: Ciężkowski i in. 1996; Mroczkowska 1978; Żak i in. 2008; Kielczawa 2016)

Po wykonanej rekonstrukcji i testach hydrogeologicznych Uzdrawisko Cieplice od stycznia 2012 r. włączyło otwór C-1 do eksploatacji, jednocześnie wyłączając otwór C-2. Wcześniej Uzdrawisko eksploatowało termalną wodę tylko do celów balneologicznych z otworu C-2 (rocznie w ilości około 50 000–55 000 m<sup>3</sup>) oraz ze źródeł Marysienka i Nowe (rocznie w sumie około 3400 m<sup>3</sup>). W związku z dodatkowym wykorzystywaniem wody termalnej w basenach rekreacyjnych Term Cieplickich od lutego 2014 r. woda jest wydobywana z otworu C-1 rocznie w ilości od 150 000 do 200 000 m<sup>3</sup>, a z ujęć płytkich około 5000 m<sup>3</sup> (Liber-Makowska i Leśniak 2015).

Prowadzona eksploatacja otworu C-1 na obecnym poziomie wydobywania nie powoduje znacznego spadku wydajności źródeł (rys. 3). Jednak od roku 2014 obserwuje się powolny spadek ciśnienia na głowicy otworu C-1 (rys. 4). Stan ten jest związany ze zwiększonym wydobywaniem wody termalnej z tego otworu dla potrzeb Term Cieplickich.



Rys. 4. Zmiany ciśnienia na głowicy otworu C-1

Fig. 4. The wellhead pressure changes of C-1

### 3. ZMIANY WYBRANYCH PARAMETRÓW JAKOŚCIOWYCH

Fluor wraz z kwasem metakrzemowym należą do grupy mikrośladników o znaczeniu farmakodynamicznym. Zgodnie z ustawą Prawo geologiczne i górnicze, jako lecznicze wody fluorkowe określa się te, które zawierają nie mniej niż 2 mg/l jonu fluorkowego. Jako lecznicze wody krzemowe klasyfikowane są te, które wykazują min 70 mg/l H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> w swoim składzie mineralnym (Dz.U. z 2015 r., poz. 196). Omawiane wody lecznicze charakte-

ryzują się stężeniami jonów  $F^-$  od około 2 mg/l (Sobieski) do 13,7 mg/l (C-2) (tab. 1). Na tle wszystkich ujęć wody z ujęcia Sobieski wykazują największy stopień zmineralizowania przy jednocześnie najniższych zawartościach jonów fluorkowych (rys. 5a, 5b). Wspomnieć tutaj należy, iż Marszałek (2007) określił średnie zawartości omawianego jonu w wodach zwykłych rejonu Cieplic w zakresie 1–3 mg/l. Jak podaje Mroczkowska (1978), w Sudetach fluor często towarzyszy siarczkowej mineralizacji skał krystalicznych.

W przypadku kwasu metakrzemowego jego zawartość (tab. 1) zmienia się w zakresie od około 36 mg/l (Marysieńka) do maksymalnie 136,5 mg/l (Basenowe Damskie i C-2), przy wartościach średnich z przedziału 55 mg/l (Sobieski) – 90,4 mg/l (Basenowe Męskie). Największą zmiennością stężeń omawianego składnika cechują się wody ujęcia Marysieńka. Najmniejsze wahania omawianego parametru zaobserwowano w wodach ujęcia Sobieski (rys. 5a, tab. 1).

*Tabela 1*

*Zakres zmienności stężeń jonów fluorkowych oraz kwasu metakrzemowego w wodach poszczególnych ujęć w Cieplicach (dane z lat 1963–2011) [mg/l]*

*Table 1*

*Range of variability in concentrations of fluoride ions and metasilicic acid in waters of particular intakes in Cieplice (data from 1963–2011) [mg/l]*

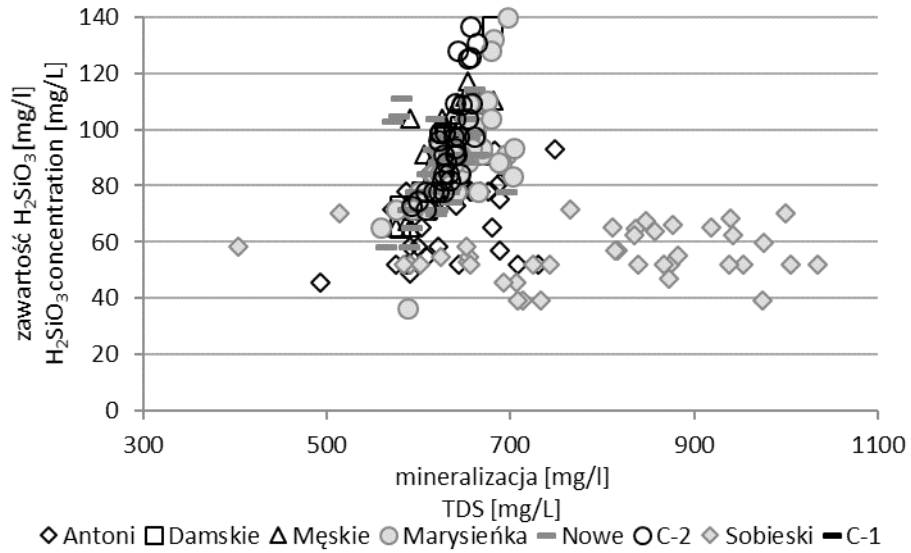
Ujęcie	Jon fluorkowy ( $F^-$ )	Kwas metakrzemowy
Antoni	3,5–12	45,5–97,5
C-2	10–13,7	71,5–136,5
Marysieńka	7,5–12,5	36,4–110,5
Basenowe Męskie	9,5–13,5	65–117
Basenowe Damskie	10,2–13	65–136,5
Nowe	9–13	58,5–114,4
Sobieski	1,8–3	39–71,5

Położenie wód cieplickich na diagramach stabilności minerałów skałotwórczych i produktów ich wietrzenia (rys. 6) oraz wartości wskaźników nasycenia (tab. 2) wskazują na przesycenie omawianych wód potasowymi łuszczkami i minerałami ilastymi. Minerale ilaste najprawdopodobniej są produktami wietrzenia chemicznego minerałów pierwotnych z grupy glinokrzemianów i krzemianów budujących serie skalne systemu zasilania i krążenia omawianych wód.

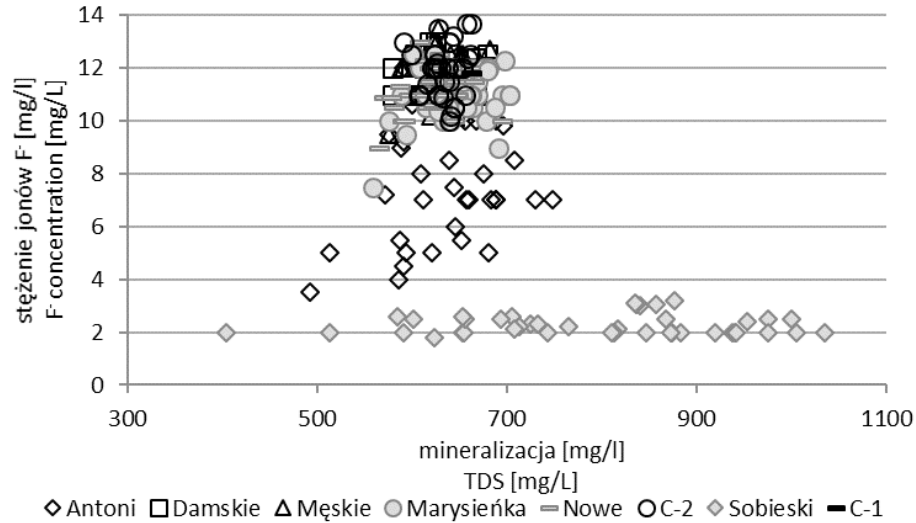
Rozpuszczaniu ulegają minerały z grupy plagioklazów, potasowo-magnezowe łuszczki, amfibole oraz uwodnione krzemiany magnezu. W efekcie tych procesów do wód uwalniane są magnez, wapń, sód, potas, jony wodorowęglanowe, wodorotlenki glinu oraz krzemionka (w postaci kwasu krzemowego) (Appelo i Postma 2007) decydujące o ich typie chemicznym.

Najprawdopodobniej podwyższone zawartości jonów fluorkowych oraz kwasu metakrzemowego w badanych wodach są wynikiem rozpuszczających się minerałów z grupy krze-

a)



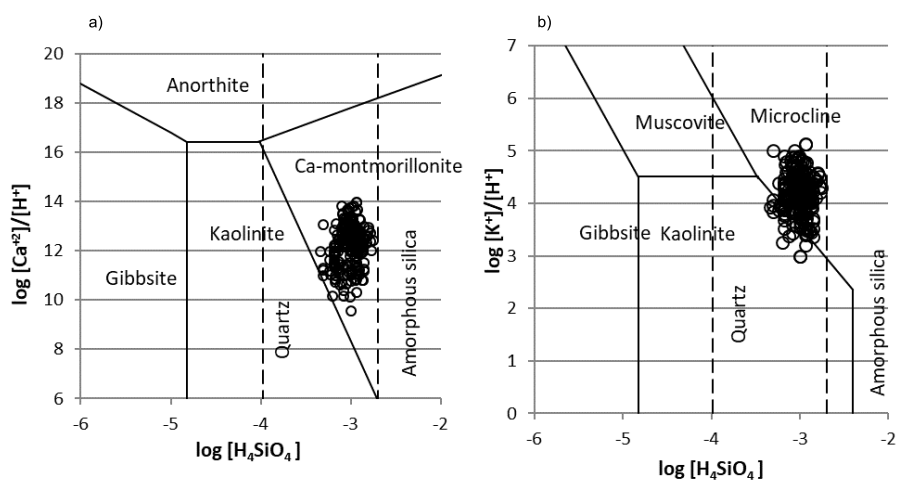
b)



Rys. 5. Stężenia: a) kwasu metakrzemowego ( $H_2SiO_3$ ) oraz b) jonów fluorkowych ( $F^-$ ) w wodach poszczególnych ujęć Cieplice

Fig. 5. Concentration of: a) metasilicic acid ( $H_2SiO_3$ ) and b) fluoride ions ( $F^-$ ) in waters of particular intakes in Cieplice





Rys. 6. Wody termalne Cieplic na diagramach stabilności: a) skaleni potasowych, b) anortytu (na podstawie: Appelo i Postma 2007; Langmuir 1997; McSween i in. 2003)

Fig. 6. Cieplice Thermal waters on stability diagrams: a) K-feldspar, b) anorthite (based on: Appelo & Postma 2007; Langmuir 1997; McSween et al. 2003)

Tabela 2

Minimalne i maksymalne wartości wskaźników nasycenia dla wód termalnych Cieplic względem wybranych minerałów i produktów ich wietrzenia

Table 2

Minimum and maximum values of SI (saturation index) for thermal waters at Cieplice for selected minerals and their weathering products

Minerał	ujęcie	Albit	Anortyt	Ca –montm	Fluoryt	Gibbsyt	Kaolinit	K –skaleń	K –lyszczyk	Kwarc	SiO <sub>2</sub> aq	Kalcyt	Chalcedon
		Antoni	SI <sub>min</sub>	0,15	-3,13	3,68	0,34	0,69	4,30	1,60	8,60	1,00	-0,26
	SI <sub>max</sub>	1,28	-1,49	4,98	0,66	1,10	5,20	2,70	10,40	1,10	-0,20	-0,07	0,67
C –2	SI <sub>min</sub>	-2,46	-5,22	-4,08	-0,02	-2,20	-2,40	-2,00	-0,47	0,48	-0,60	0,16	0,16
	SI <sub>max</sub>	1,40	1,37	5,77	-0,07	1,90	6,10	1,80	11,40	0,69	-0,40	-0,68	0,35
Marysienka	SI <sub>min</sub>	SImin	-4,16	1,67	0,23	-0,25	2,40	0,89	6,00	0,70	-0,59	-0,47	0,26
	SI <sub>max</sub>	0,54	-1,68	4,07	0,34	1,30	4,90	1,40	9,60	1,10	-0,24	-0,49	0,61
Basenowe Męskie	SI <sub>min</sub>	-1,83	-6,14	-3,85	0,03	-2,40	-2,40	-1,20	-0,40	0,78	-0,40	0,33	0,39
	SI <sub>max</sub>	0,32	-0,47	4,91	0,15	1,20	5,20	2,00	10,10	0,93	-0,27	-0,66	0,54
Nowe	SI <sub>min</sub>	-0,02	-3,22	0,65	0,17	-0,60	1,50	0,59	5,10	0,88	-0,36	-0,23	0,46
	SI <sub>max</sub>	0,81	-1,46	2,78	0,26	0,37	3,40	1,50	7,70	0,93	-0,28	0,43	0,53

mianów oraz fluorytu na co wskazują obliczone wartości wskaźnika nasycenia (tab. 2). Przy czym zauważyć należy, iż stężenia poszczególnych komponentów w wodach uzależnione są przede wszystkim od kinetyki reakcji rozpuszczania minerałów pierwotnych, ich podatności

na rozpuszczanie oraz równowagi chemicznej pomiędzy związkami rozpuszczanymi i powstającymi minerałami wtórnymi (Appelo i Postma 2007). Jak zauważył Dobrzyński (2010), aktywność kwasu krzemowego w wodach termalnych Sudetów jest najprawdopodobniej kontrolowana przez inkongruentne rozpuszczanie haloizytu i tworzenie się mikrokryształicznego gibbsytu bądź też częściowo amorficznej formy wodorotlenku glinu- $\text{Al}(\text{OH})_{3(a)}$ .

## PODSUMOWANIE

Analiza charakteru zmian wydajności ujęć i obserwowanego ciśnienia w eksploataowanym otworze C-1 wskazuje, że wszystkie ujęcia termalnych wód leczniczych Cieplic ujmują wody z tego samego systemu szczelinowego. Eksploatacja pogłębionego i zrekonstruowanego odwiertu C-1, prowadzona przy dużych wydajnościach, ma niekorzystny wpływ na źródła oraz otwór C-2. Objawia się on spadkiem wydajności i zanikiem samowypływu. Dodatkowo zwiększone wydobycie z otworu C-1 powoduje spadek ciśnienia w złożu. Wykazane zależności potwierdzają istnienie wcześniej rozpoznanych powiązań hydraulicznych pomiędzy poszczególnymi ujęciami.

Na podstawie wyznaczonych przez Mroczkowską (1978) rejonów wysokich stężeń  $F^-$  w zwykłych wodach podziemnych sądzić można, iż wody infiltrujące w obrębie metamorfiku izerskiego mogą znacząco wpływać na zawartość omawianych jonów w wodach cieplickich. Na skały wschodniej, metamorficznej osłony granitu karkonoskiego (np. z Rudaw Janowickich), jako źródło jonów fluorkowych, wskazuje położenie obszarów zasilania składowej infiltracyjnej wód termalnych Cieplic. Dopływ wód głębokiego systemu z terenów położonych na zachód od uzdrowiska rozważali w swoich badaniach Marszałek (2007), Dowgiałło (2000) oraz Fistek i Dowgiałło (2003). Natomiast głównymi procesami kształtującymi skład jonowy omawianych wód jest wietrzenie minerałów krzemianowych, glinokrzemianowych a także flurytu.

## LITERATURA

- Appelo, C.A.J. i Postma, D. 2007. *Geochemistry groundwater and pollution*. Balcema Publ., Leiden.
- Ciężkowski, W. 1994. Cieplickie wody termalne. *Karkonosz* 3–4, 10–11, s. 20–29, Wrocław.
- Ciężkowski i in. 1996 – Ciężkowski, W., Doktor, S., Graniczny, M., Kabat, T., Kozłowski, J., Liber-Madziarz, E., Przylibski, T., Teisseyre, B., Wiśniewska, M. i Zuber, A. 1996. *Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. Zał. 3 – złoża wód leczniczych Cieplic Śląskich Zdroju*. Wrocław: Arch. ZBU „Zdroje”.
- Dobrzyński, D. 2010. Solubility control and therapeutic potential of silicon in curative mineral waters of the Sudetes Mountains, Poland. *Acta Balneo.*, s. 296–304.
- Dowgiałło, J. 2000. The Sudetic geothermal region of Poland – new findings and further prospects. *Proceedings World Geothermal Congress 2000*, Kyusu-Tohoku, Japan, May 28–June 10, s. 1089–1094.

- Dowgiałło i in. 1989 – Dowgiałło, J., Fistek, J. i Mierzejewski, M. 1989. Pochodzenie i krążenie wód termalnych w Kotlinie Jeleniogórskiej w świetle badań strukturalnych i hydrogeochemicznych. *Pr. Nauk. Inst. Geotechn. PWr*: nr 58, seria: Konf. nr 29, s. 315–359, Wrocław.
- Dz.U. 2015, poz. 196 – *Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze*.
- Fistek, J. i Dowgiałło, J. 2003. Wody termalne Cieplic Śląskich w świetle badań geologiczno-poszukiwawczych wykonanych w latach 1969–1973 i 1997–1998. [W:] Ciężkowski W., Wojewoda J., Żelaźniewicz A. red. *Sudety Zachodnie – od wendy do czwartorzędu*. Wyd. WIND, ss. 207–224, Wrocław.
- Kiełczawa, B. 2016. Fluor (F<sup>-</sup>) w wodach termalnych Cieplic Śląskich. *Górnictwo Odkrywkowe* R. 57, nr 1, s. 16–22.
- Langmuir, D. 1997. *Aqueous environment al geochemistry*. Prentice Hall, US.
- Liber, E. 2008. Zmiany w dynamice wód termalnych Cieplic Śląskich Zdroju wpływające na zasoby eksploatacyjne ujęć. *Technika Poszukiwań Geologicznych* R. 47, z. 1/2, s. 17–38.
- Liber-Makowska, E. i Leśniak, A. 2015. Wpływ zmiany warunków eksploatacji na wydajność ujęć wód termalnych Cieplic w Jeleniej Górze. [W:] III Polski Kongres Górniczy 2015, Wydz. Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii PWr, s. 289–292, Wrocław.
- Marszałek, H. 2007. Kształtowanie zasobów wód podziemnych w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej. *Acta Universitatis Wratislaviensis* No 2993, Wyd. Uniw. Wroc., ss. 169–182. Wrocław.
- Marszałek, H. 2010. Strefowość hydrogeologiczna w rejonie Kotliny Jeleniogórskiej (Sudety zachodnie). *Biul. PIG* nr 440, s. 87–100.
- Marszałek, M. i Mickiewicz, A. 2012. Fluor w wodach podziemnych krystaliniku karkonosko-izerskiego jako wskaźnik głębokości krążenia. [W:] Kuczera M. red. – *Nowe trendy w Naukach Przyrodniczych* 3, t. II, Kraków: Wyd. CREATIVETIME.
- McSween i in. 2003 – McSween, H., Richardson, S. i Uhle, M. 2003. *Geochemistry, pathways and processes*. Columbia Univ. Press, US.
- Mroczkowska, B. 1978. *Występowanie fluoru w wodach sudeckich*. Wrocław: Arch. PIG Oddz. Dolnośląski.
- Żaba, J. 1984. Geneza oraz metamorficzna ewolucja gnejsów i granitoidów Masywu Izerskiego Stogu, Sudety zachodnie. *Geologia Sudetica* vol. XIX, nr 2.
- Żak i in. 2008 – Żak, S., Przylibski, T. i Ciężkowski, W. 2008. *Określenie zawartości dwutlenku węgla w powietrzu glebowym w Sudetach w rejonach występowania szczaw*. Wrocław: Oficyna Wyd. PWroc.

# VARIABILITY OF SELECTED DEPOSIT PARAMETERS OF THERMAL CURATIVE WATERS FROM CIEPLICE

## ABSTRACT

The article presents the nature of changes in selected quantitative and qualitative parameters of thermal waters from the Cieplice deposit in Jelenia Góra. The conditions of thermal water outflow and the characteristic of changes in the efficiency of exploited sources have been presented. Additionally, the causes of pressure changes on the head in the C-1 borehole were determined. All the thermal intakes in Cieplice capture water from the same hydraulically system in fractured rocks. This is confirmed by The analysis of changes in the quantitative parameters.

The article describe the contents of fluoride ions in particular intakes of thermal waters in Cieplice. The degree of saturation of the discussed waters in relation to the main rock-forming minerals and probable products of their weathering was determined. An analysis of the relationship between the main water components and  $F^-$  ions is presented. An attempt to determine the origin of fluorides present in thermal waters of Cieplice was made. The most probable source of fluoride and metasilicic acid are silicate, aluminosilicates and fluorite.

## KEYWORDS

Cieplice, Sudety Mts., crystalline rocks, thermal waters, fluoride, metasilicic acid, pressure, temperature