

Justyna MAZURKIEWICZ
AGH, Akademia Górniczo-Hutnicza
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30
e-mail: mazurkiewicz@geol.agh.edu.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 1/2012

OCENA STABILNOŚCI SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD TERMALNYCH UDOSTĘPNIONYCH ODWIERTAMI BAŃSKA IG-1 i BAŃSKA PGP-1

STRESZCZENIE

Wody termalne udostępnione odwiertami Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 ujmowane są z utworów eocenu numulitowego i formacji mezozoicznych. Wody te wykorzystywane są w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji. Analiza chemiczna wód wykonywana jest przez akredytowane laboratorium hydrogeochemiczne Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. W latach 2001–2012 zostało pobranych 55 próbek z otworu Bańska PGP-1 i 32 próbki z otworu Bańska IG-1. Mniejsza liczba analiz z odwiertu Bańska IG-1 związana jest z czasowymi zatrzymaniami eksploatacji wody.

Przedstawiona w niniejszej pracy ocena stabilności składu chemicznego tych wód obejmowała jony, których stężenie w badanych wodach przekraczało 20% mval/dm³. Były to jony: siarczanowy, chlorkowy, sodowy i wapniowy. Do weryfikacji rozkładu danych użyto procedury eksploracji dostępnej w programie IBM SPSS Statistics. Otrzymane wyniki przedstawiono w postaci kart kontrolnych. Analiza statystyczna pozwoliła na wyciągnięcie wniosku o zawieraniu się stężeń głównych składników w przedziale $\bar{x} - 2\sigma$, $\bar{x} + 2\sigma$, co czyni je stabilnymi.

SŁOWA KLUCZOWE

Bańska IG-1, Bańska PGP-1, skład chemiczny wód, stabilność

* * *

WPROWADZENIE

Wody termalne udostępnione odwiertami Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 ujmowane są z utworów eocenu numulitowego i formacji mezozoicznych. Są to wody typu SO₄-Cl-Na-Ca o mineralizacji do około 3 g/dm³ (tab. 1). Wody te wykorzystywane są w ciepłownictwie, balneologii i rekreacji (Kępińska 2004, 2009; Tomaszewska 2009). Możliwe jest również uzdatnianie tych wód w celach pitnych lub gospodarczych (Bujakowski, Tomaszewska 2007; Tomaszewska 2009, 2011; Tomaszewska, Bodzek 2012).

Woda termalna z odwiertu Bańska PGP-1 po oddaniu ciepła na wymiennikach ciepła w Ciepłowni Geotermalnej należącej do PEC Geotermia Podhalańska, zostaje wykorzystana w basenach termalnych „Term Podhalańskich”. Wody odwiertu Bańska IG-1 wykorzystywane są w pięciostopniowym systemie kaskadowym Laboratorium IGSMiE PAN (Kepińska 2004; Chowaniec 2009a; Tomaszewska 2011).

Wody termalne Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 posiadają właściwości lecznicze pod względem temperatury, mineralizacji i zawartości składników swoistych: siarki dwuwartościowej i krzemionki zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r. (RRM 2006) obowiązującym do 1 stycznia 2012 r. i Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. (RMZ 2006) (tab. 2), oraz kryteriami określonymi w nowej ustawie z dnia 9.06.2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (PGG 2011; Tomaszewska, Hołojuch 2012). Zgodnie z powyższymi uregulowaniami prawnymi wodą termalną jest woda, której temperatura na wypływie wynosi nie mniej niż 20°C (RRM 2006). Parametry wód leczniczych powinny charakteryzować się stabilnością w czasie. Za dopuszczalny zakres wahań parametrów wód leczniczych podaje się (Ciężkowski i in. 2007):

$$\bar{x} - 2\sigma, \quad \bar{x} + 2\sigma$$

- \bar{x} – wartość średnia danego parametru,
- σ – odchylenie standardowe.

Wartości stężeń makroskładników decydujące o typie hydrogechemicznym są wyższe od wartości granicznych podanych w obowiązujących przepisach prawnych. Zgodnie z RRM (2006, obowiązującym do 1 stycznia 2012 r.) i RMZ (2006) „wartość średnia stężeń pomniejszona o podwójne odchylenie standardowe musi być co najmniej równa wartości granicznej składnika chemicznego” (Szczepańska i in. 2009).

Szczegółowa procedura weryfikacji stabilności składu chemicznego wód została przedstawiona w pracy Szczepańskiej i in. (2009).

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Bańska IG-1(5261,0 m) to najgłębszy na terenie niecki podhalańskiej otwór eksploatujący wodę termalną, wykonany w latach 1979–1981. Jest to otwór produkcyjny, który z odwiertem chłonnym Biały Dunajec PAN-1 tworzył do 2001 r. dublet geotermalny. Rolą dubletu było zaopatrywanie w ciepło budynków indywidualnych, szkoły, kościoła oraz kaskady IGSMiE PAN. W latach 1996–1997 wykonane zostały odwierty Bańska PGP-1 i Biały Dunajec PGP-2, które rozszerzyły dublet (Kepińska 2004).

Budowa geologiczna

Odwierty Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 są bezpośrednio związane z podhalańskim systemem geotermalnym. Niecka Podhalańska położona jest pomiędzy Tatrami na południu a Pienińskim Pasem Skałkowym na północy.

System ten budują dwa elementy geologiczno-strukturalne (Kępińska 2009):

- formacja paleogenu (flisz podhalański, eocen górny–oligocen) stanowiąca izolacyjną pokrywę dla poziomów wodonośnych i seria eocenu węglanowego (numulitowego, eocen środkowy–górny) stanowiąca strop skał zbiornikowych,
- formacje mezozoiczne (trias dolny–jura–kreda środkowa) z poziomami wód termalnych.

Warunki hydrogeologiczne

Hydrogeologia obszaru badań ściśle związana jest z warunkami geologicznymi, morfologicznymi i klimatycznymi. Wody zwykle występują w krystalniku, mezozoiku i eocenie węglanowym, jak również w utworach czwartorzędowych (Małecka 1981). System geotermalny zawiera kilka poziomów wodonośnych. Skały zbiornikowe budują utwory eocenu węglanowego, wapienie i dolomity triasu oraz skały węglanowe i piaskowce jury (Sokolowski i in. 1992). Obszarem zasilania wód termalnych są Tatry. Przepływ odbywa się na północny wschód i północny zachód i uwarunkowany jest przez nieprzepuszczalną barierę w postaci Pienińskiego Pasa Skałkowego. Jest to system artezyjski, w którym prędkość i intensywność przepływu maleje ku północy (Kępińska 2004). Wody termalne analizowanego obszaru są głównie wodami infiltracyjnymi, o stosunkowo niskiej mineralizacji od kilkudziesięciu do około 3 g/dm³ (tab. 1) (Kępińska, Wieczorek 2011).

METODYKA BADAŃ

Analiza chemiczna z odwiertów Bańska IG-1, Bańska PGP-1 wykonywana jest przez Akademię Górniczo-Hutniczą w Krakowie na zlecenie Geotermii Podhalańskiej. W latach 2001–2012 zostało pobranych 55 próbek z otworu Bańska PGP-1 i 32 próbki z otworu Bańska IG-1. Mniejsza liczba analiz z odwiertu Bańska IG-1 związana jest z czasowymi zatrzymaniami eksploatacji wody, w okresie zimowym. Próbki pobierane są w systemie kwartalnym przez pracowników Zakładu Górniczego PEC Geotermia Podhalańska S.A. zgodnie z procedurą dotyczącą poboru próbek opisaną w normie PN-ISO 5667-11:2004. Woda po odpuszczeniu nalewana jest do butelek PET i wysyłana do laboratorium. Akredytowane Laboratorium KGHI AGH w Krakowie (certyfikat akredytacji PCA nr AB 1050) oznacza w tych próbkach 21 składników (2012 r.). Analizowane w niniejszej pracy wskaźniki: SO₄²⁻, Na⁺ i Ca²⁺ oznaczane są metodą ICP-OES – atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej, za pomocą spektrometru Optima 7300 DV firmy Perkin Elmer oraz Cl⁻ metodą miareczkową, zgodnie z procedurą zawartą w normie

Tabela 1

Parametry hydrogeologiczne odwiertów Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 z wodami termalnymi (Chowaniec 2009, zmienione)

Tabela 1

Hydrogeological parameters of Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 with thermal waters

Nazwa otworu	Głębokość otworu wysokość n.p.m. [m]	Charakterystyka piętra wodonośnego					Chemizm wód			
		stratygrafia	strop spąg [m]	głębokość do zw. wody		wydajność [m ³ /h] depresja [m]	temperatura na wypływie [°C]	suma składników stałych [g/dm ³]	typ	
Bańska IG-1	5261,0 679,0	Pg,T	2565,0 > 3345	+270,0	n.p.m. [m]	949,0	120,0 185,0	82	2,69	SO ₄ -Cl-Na-Ca
Bańska PGP-1	3242,0 672,0	Pg,T	2731,0 3240,0	+261,0*		933,3	550,0 30,0	86	3,12	SO ₄ -Cl-Na-Ca

* Wysokość zwierciadła o temp. 20°C

Tabela 2

Wartości parametrów fizykochemicznych nadających własności lecznicze wodom termalnym Podhala (Kepińska, Ciągło 2008)

Tabela 2

The values of physical and chemical parameters resulting in curative features of the Podhale

Nazwa otworu	Zatwierdzone zasoby [m ³ /h]	Parametry decydujące o leczniczym charakterze wody			Nazwa wody
		temperatura na wypływie [°C]	mineralizacja [mg/dm ³]	składniki swoiste [mg/dm ³]	
Bańska IG-1	120	82	2690	S ²⁻ = 2,0-3,5 H ₂ SiO ₃ = 94,37-95,02	siarczkowa, krzemowa, termalna
Bańska PGP-1	550	86	3122	S ²⁻ = 29,1-13,4 H ₂ SiO ₃ = 94,4-95,0	siarczkowa, krzemowa, termalna

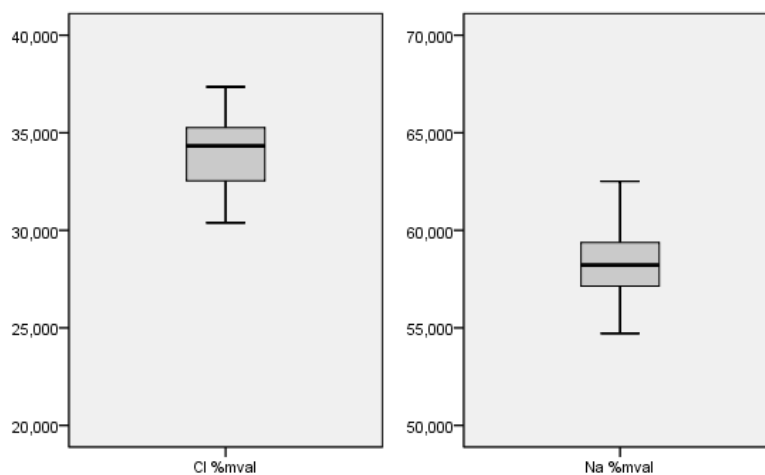
PN-EN ISO 11885:2009. W wodach została stwierdzona obecność H_2S , jednak aktualnie nie prowadzi się analiz pod tym kątem.

OCENA ZMIAN SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD

Ocena zmian składu chemicznego wód udostępnionych odwiertem Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 została przeprowadzona dla czterech składników głównych SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ i Ca^{2+} , dla wartości przeliczonych na % mval/dm³. Analizie zostały poddane dane z lat 2001–2012. Dane zostały opracowane w programie IBM SPSS Statistics v.19PL.

Identyfikacja obserwacji odstających i weryfikacja rozkładu danych

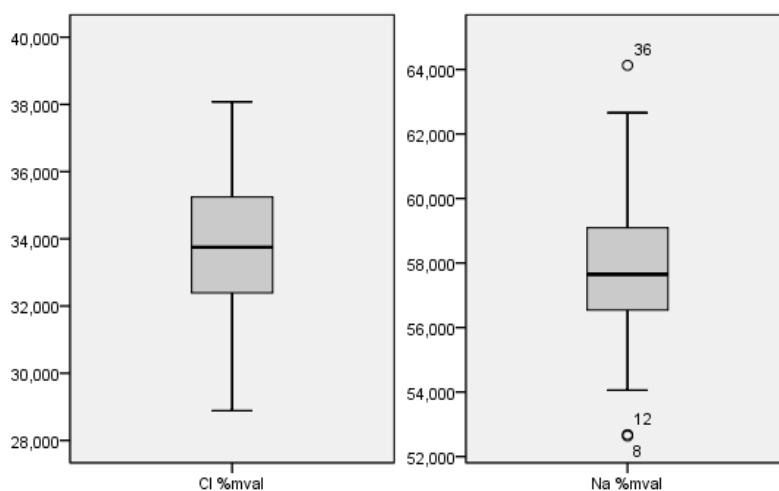
Identyfikację obserwacji odstających przedstawiono na wykresach skrzynkowych z wąsami (Box-and-Whisker Plots) (przykłady tych wykresów przedstawiają rys. 1 i rys. 2). W obrębie skrzynki znajduje się 50% wartości cech. Skrzynka przedstawia medianę (linia środkowa), pierwszy (dolny) i trzeci kwartył (górnny), wąsy (leżące w odległości 1,5 długości skrzynki) oraz wartości odstające (leżące w odległości 1,5–3 długości skrzynki do dolnej i górnej krawędzi). Różnica między krawędziami skrzynki jest równa jej długości (rozstęp międzykwartyłowy) (Malarska 2005; Szczepańska i in. 2009).



Rys. 1. Wykresy typu skrzynkowego dla Cl^- , Na^+ – Bańska IG-1

Fig. 1. Box-and-Whisker Plots for Cl^- , Na^+ – Banska IG-1

W żadnym z analizowanych wykresów nie obserwuje się wartości skrajnych, natomiast w niektórych przypadkach występują pojedyncze wartości odstające (etykiety wskazują numer obserwacji w bazie danych). Rozkład stężeń kationów (Na^+ , Ca^{2+}) odwiertu IG-1



Rys. 2. Wykresy typu skrzynkowego dla Cl^- , Na^+ – Bańska PGP-1

Fig. 2. Box-and-Whisker Plots for SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ i Ca^{2+} – Baska PGP-1

i jonów (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+}) odwiertu PGP-1 są symetryczne (lub zbliżone do symetrycznego), w pozostałych przypadkach widoczna jest lekka asymetria (Malarska 2005).

Weryfikacja rozkładu danych została przeprowadzona z wykorzystaniem procedury eksploracji programu IBM SPSS Statistics (test Shapiro-Wilka – tab. 3). Wartości istotności większe od 0,05 wskazują na rozkład normalny (Szczepańska i in. 2009). Stężenia poszczególnych składników głównych: SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ i Ca^{2+} zmierzone w wodach z badanych odwiertów charakteryzują się rozkładem normalnym (tab. 3).

Tabela 3

Test Shapiro-Wilka normalności rozkładu dla analizowanych wskaźników w wodach otworu Bańska IG-1 i Bańska PGP-1

Table 3

The Shapiro-Wilk Testes of normal distribution for examined components of water from the hole Baska IG-1 and Baska PGP-1

Wskaźniki Bańska IG-1	Statystyka Shapiro-Wilka	Istotność	Wskaźniki Bańska PGP-1	Statystyka Shapiro-Wilka	Istotność
SO_4^{2-} [%mval/dm ³]	0,991	0,948	SO_4^{2-} [%mval/dm ³]	0,963	0,325
Cl^- [%mval/dm ³]	0,991	0,955	Cl^- [%mval/dm ³]	0,960	0,273
Na^+ [%mval/dm ³]	0,980	0,500	Na^+ [%mval/dm ³]	0,987	0,952
Ca^{2+} [%mval/dm ³]	0,959	0,059	Ca^{2+} [%mval/dm ³]	0,961	0,287

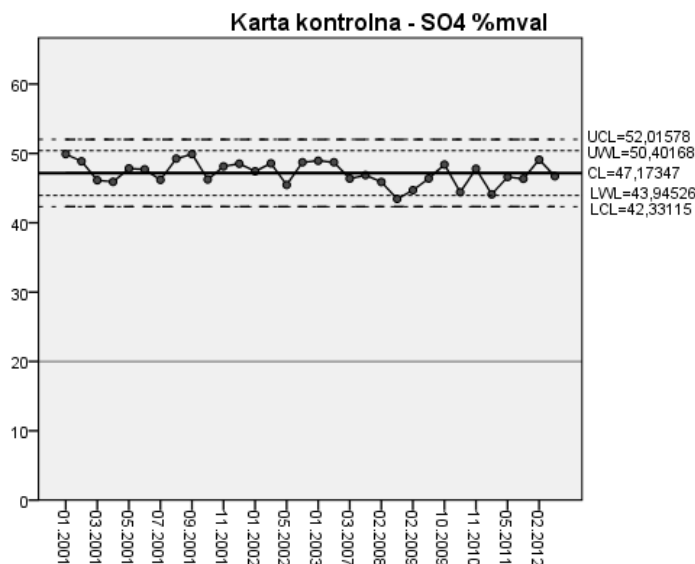
Analiza kart kontrolnych

Karty kontrolne pojedynczych pomiarów stężeń składników głównych (przeliczonych na % mval/dm³) w otworach Bańska IG-1 i Bańska PGP-1 przedstawiają rysunki 3–10.

Na każdej z kart naniesiona jest linia centrala (CL), granice kontrolne i granice ostrzegawcze. Linia centralna (CL) położona jest na wysokości wartości średniej analizowanych wyników, zasadnicze granice kontrolne (UCL, LCL) naniesione zostały w odległości ± 3 odchylenia standardowe od linii centralnej (CL), natomiast granice ostrzegawcze (UWL, LWL) w odległości ± 2 odchylenia standardowe od linii centralnej. O jakości kontrolowanego parametru decyduje położenie punktów względem granic kontrolnych. Punkty przekraczające zasadnicze granice kontrolne mogą świadczyć o występowaniu błędów grubych. Zasady konstrukcji i interpretacji kart kontrolnych oraz możliwości ich zastosowania do analiz danych hydrogeochemicznych przedstawione są w pracy (Szczepańska, Kmiciek 2005).

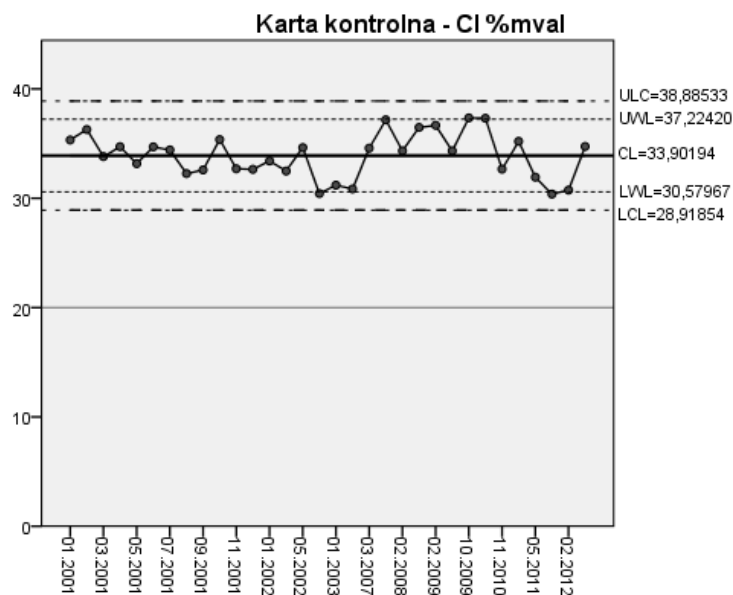
Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia (2006) udziały ilościowe jonów muszą przekraczać 20% mval/dm³, zatem wartość ta została naniesiona na karty w postaci linii referencyjnej.

Na analizowanych kartach kontrolnych większość punktów mieści się w przedziale $\pm 2\sigma$, natomiast pojedyncze punkty przekraczają zasadnicze linie kontrolne $\pm 3\sigma$. Przeważająca



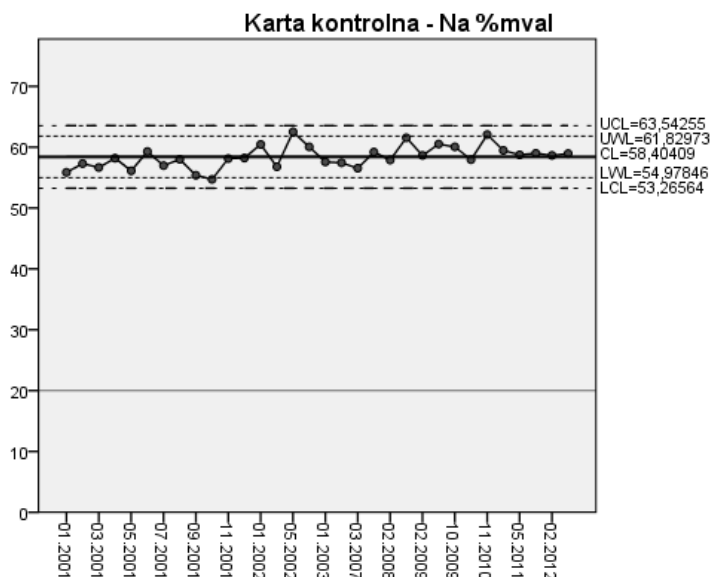
Rys. 3. Stężenie siarczków (SO_4^{2-}) w wodzie w odwiercie Bańska IG-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 3. Concentration of SO_4^{2-} in the water of Bańska IG-1. Control chart of individual values



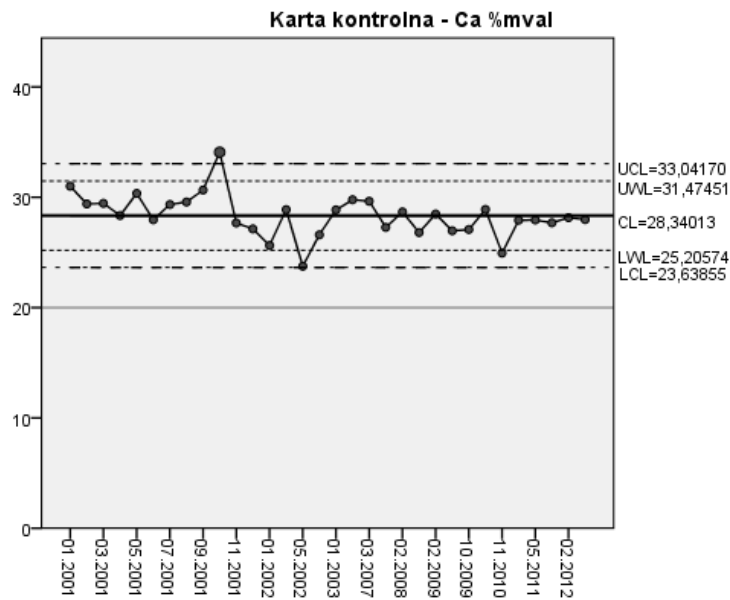
Rys. 4. Stężenie chlorków (Cl^-) w wodzie w odwiercie Bańska IG-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 4. Concentration of Cl^- in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



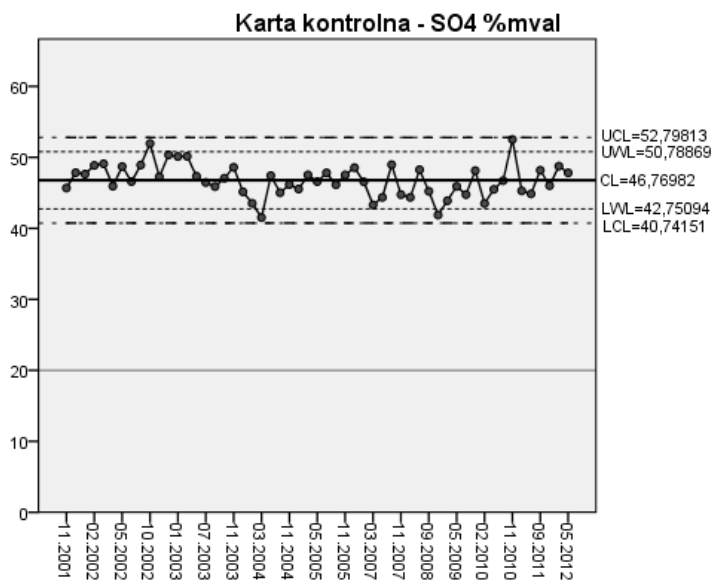
Rys. 5. Stężenie sodu (Na^+) w wodzie w odwiercie Bańska IG-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 5. Concentration of Na^+ in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



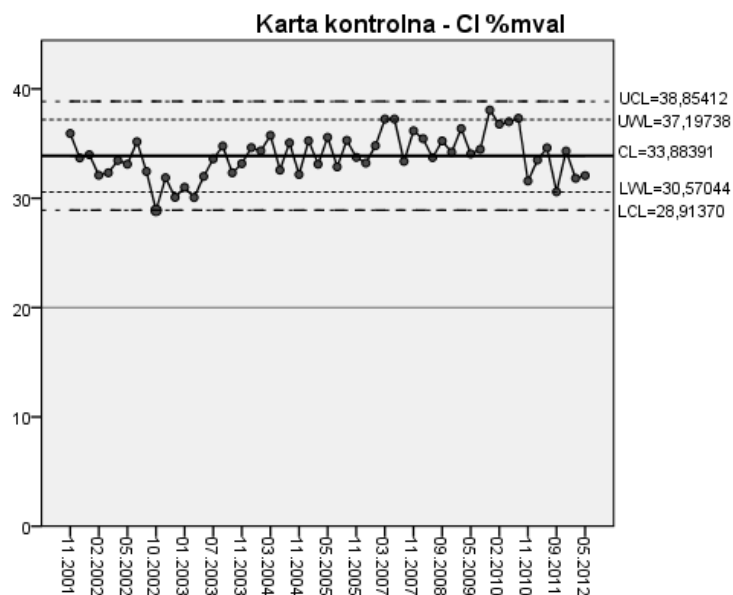
Rys. 6. Stężenie wapnia (Ca^{2+}) w wodzie w odwiercie Bańska IG-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 6. Concentration of Ca^{2+} in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



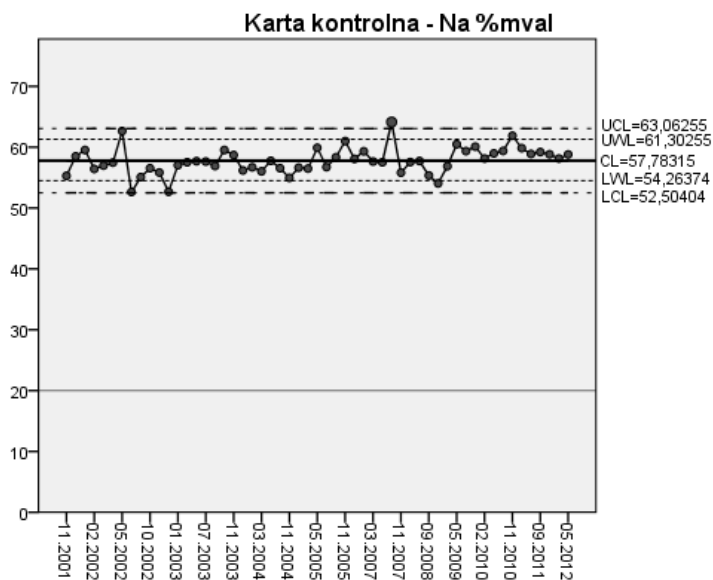
Rys. 7. Stężenie siarczków (SO_4^{2-}) w wodzie w odwiercie Bańska PGP-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 7. Concentration of SO_4^{2-} in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



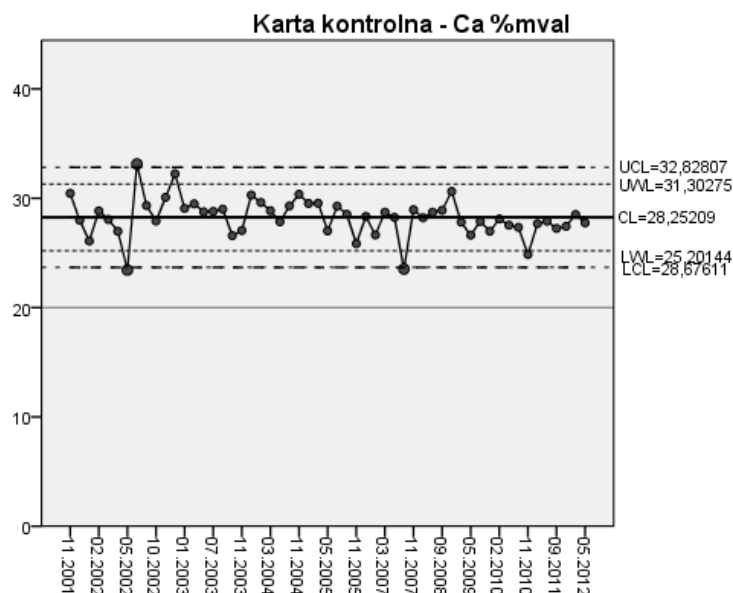
Rys. 8. Stężenie chlorków (Cl^-) w wodzie w odwiercie Bańska PGP-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 8. Concentration of Cl^- in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



Rys. 9. Stężenie sodu (Na^+) w wodzie w odwiercie Bańska PGP-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 9. Concentration of Na^+ in the water of Baska IG-1. Control chart of individual values



Rys. 10. Stężenie wapnia (Ca^{2+}) w wodzie w odwiercie Bańska PGP-1. Karta kontrolna pojedynczych pomiarów

Fig. 10. Concentration of Ca^{2+} in the water of Bańska IG-1. Control chart of individual values

liczba punktów leży w granicach kontrolnych, jest równomiernie rozrzucona wokół linii centralnej, co tym samym świadczy o stabilności analizowanych składników (rys. 3–10).

We wszystkich analizowanych przypadkach wartość średnia pomniejszona o podwójne odchylenie standardowe (LWL – dolna granica ostrzegawcza) jest większa od wartości granicznej podanej w obowiązujących przepisach prawnych.

PODSUMOWANIE

Niniejsza praca przedstawia analizę czterech składników głównych (SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ i Ca^{2+}) w wodach udostępnionych odwiertem Bańska IG-1 i Bańska PGP-1. Ocena stabilności została wykonana za pomocą procedury eksploracji programu IBM SPSS z zastosowaniem metodyki przyjętej przez Ciężkowskiego i in. (2007) dla wód leczniczych.

Analiza kart kontrolnych wykazała, że stężenia składników głównych w wodach odwiertów Bańska IG-1 i Bańska PGP-1, mieszczą się w przedziale $\bar{x} - 2\sigma$, $\bar{x} + 2\sigma$. Tylko pojedyncze punkty przekraczają zasadnicze linie kontrolne. Jednak przeważająca liczba punktów mieści się w granicach $\pm 3\sigma$, zatem analizowane wskaźniki można uznać za stabilne. Wszystkie analizowane składniki mieszczą się w zakresie wahań parametrów jakościowych względem wartości granicznych (wartość średnia pomniejszona o podwójne odchylenie standardowe jest większa od wartości granicznej).

PODZIĘKOWANIA

Autorka artykułu składa serdeczne podziękowania Panu Wojciechowi Wartakowi, za udostępnienie danych do niniejszej pracy.

LITERATURA

- BUJAKOWSKI W., TOMASZEWSKA B., 2007 — Program prac zmierzających do oceny możliwości uzdatniania wód termalnych. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geotermia, Zrównoważony Rozwój 2/2007. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- CIĘŻKOWSKI W., KIEŁCZAWA B., LATOUR T., LIBER E., PRZYLIBSKI T.A., SZIWA D., ŻAK S., 2007 — Dopuszczalne wahania eksploatacyjnych i fizyczno-chemicznych parametrów wód leczniczych, Oficyna Wydaw. PWroc., Wrocław.
- CHOWANIEC J., 2003 — Wody podziemne niecki podhalańskiej. [W:] Współczesne problemy hydrogeologii t. 11, cz. 1, 45–53, Gdańsk.
- CHOWANIEC J., 2009 — Stadium Hydrogeologii zachodniej części Karpat polskich. [W:] Hydrogeologia z. VIII, Nr 434, Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, Warszawa.
- CHOWANIEC J., 2009a — Hydrogeologia Tatr i Podhala oraz zagadnienia geotermii. Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu [W:] LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, PiG.
- KĘPIŃSKA B., 2004 — Podhalański system geotermalny i projekt ciepłowniczy – przegląd problematyki. [W:] Międzynarodowe Dni Geotermalne Polska 2004 (pod red. Kępińska B., Papowski K.), Kraków-Skopje.
- KĘPIŃSKA B., 2009 — Znaczenie badań podhalańskiego systemu geotermalnego dla eksploatacji wód geotermalnych. [W:] Technika Poszukiwań Geologicznych R.48, nr 2, 29–48, Kraków.
- KĘPIŃSKA B., CIAĞŁO J., 2008 — Możliwości zagospodarowania wód geotermalnych Podhala do celów balneoterapeutycznych i rekreacyjnych. Kwartalnik AGH, Geologia, Kraków.
- KĘPIŃSKA B., WIECZOREK, 2011 — Charakterystyka geologiczno-złożowa podhalańskiego systemu geotermalnego. [W:] Atlas zasobów wód i energii geotermalnej Karpat Zachodnich (pod red. Górecki W.), Kraków.
- MALARSKA A., 2005 — Statystyczna analiza danych wspomagana programem SPSS. Kraków.
- PGG, 2011 — Ustawa z dnia 9.06.2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. z 2011 r. Nr 163, poz. 981).
- PN-EN ISO 11885:2009 — Jakość wody. Oznaczanie wybranych pierwiastków metodą optycznej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-OES). Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- PN-ISO 5667-11:2004 — Pobieranie próbek – Część 11 – Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- RMZ 2006 — Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 kwietnia 2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości, Dz. U. Nr 80, poz. 565.
- RRM 2006 — Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczanych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczania kopalni pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych, Dz. U. Nr 32, poz. 220 – obowiązujące do 1 stycznia 2012 r.
- SOKOŁOWSKI J., 1992 — Dokumentacja geosynoptyczna otworu geotermalnego Bańska IG-1. Geosynoptyka i Geotermia t. 1, PAN CPPGSMiE, Kraków.

- SZCZEPAŃSKA J., KMIECIK E., 2005 — Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
- SZCZEPAŃSKA J., KMIECIK E., DRZYMAŁA M., 2009 — Ocena stabilności składu chemicznego wód leczniczych ze Zdroju Głównego w Krzeszowicach. [W:] Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, nr 436, 497–506, Kraków.
- TOMASZEWSKA B., 2009 — Uzdatnianie wód termalnych ujętych otworem Bańska IG-1 do celów pitnych jako jeden z kierunków ich kompleksowego wykorzystania. Technika Poszukiwań Geologicznych Geotermia Zrównoważony Rozwój 2/2009. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- TOMASZEWSKA B., 2011 — The use of ultrafiltration and reverse osmosis in the desalination of low mineralized geothermal waters. Archives of Environmental Protection 37/3, 63–77.
- TOMASZEWSKA B., BODZEK M., 2012 — Desalination of geothermal water using hybrid UF-RO process. Part I: Boron removal in pilot-scale tests. Desalination doi:10.1016/j.desal.2012.05.029.
- TOMASZEWSKA B., HOŁOJUCH G., 2012 — Pozyskanie energii geotermalnej w świetle nowych uregulowań prawnych. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego , 448 (2), 281–284.

ASSESSMENT OF STABILITY OF THERMAL WATERS CHEMICAL COMPOSITION FROM BANSKA IG-1 AND PGP-1

ABSTRACT

The waters from Banska IG-1 and Banska PGP-1 intakes from Nmmulitid Eocene and Mesozoic formations. Thermal waters are used in heating, recreation and balneology. The chemical analysis of waters is carried out in AGH (University of Science and Technology in Cracow). From 2001 to 2012, 55 samples from Banska PGP-1 and 32 samples from Banska IG-1 were collected. The lower number of results from Banska IG-1 is related to a temporary retention in water exploitation.

The assessment of stability was performed for components with concentration higher than 20% mval/dm³ (SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺) in each hole. IBM SPSS Statistic Exploration was used for the verification of data distribution. Control charts were used to represent obtained results. The statistical analysis allows to conclude that the content of main components (SO₄²⁻, Cl⁻, Na⁺, Ca²⁺) is within range $\pm 2\sigma$ (most values), so it can be regarded as stable.

KEY WORDS

Banska IG-1, Banska PGP-1, chemical composition of waters, stability

