

KRZYSZTOF LABUS*, ARNOŠT GRMELA**

Lateralne zróżnicowanie chemizmu wód podziemnych w utworach formacji dębowieckiej czeskiej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Słowa kluczowe

Wody podziemne, hydrochemia, formacja dębowiecka, GZW

Streszczenie

Odpowiednikami formacji dębowieckiej występującej w Polsce są na terenie Republiki Czeskiej twory facji grubodetrytycznej dolnego badenu, tworzące — z punktu widzenia eksploatacji węgla — najistotniejszą strukturę hydrogeologiczną w czeskiej części zagłębia. Wypełniają one głębokie obniżenia w stropie karbonu i występują w dwu głównych, łączących się ze sobą depresjach: detmarowickiej i bludowickiej. Na podstawie analizy statystycznej badanych wód wydzielono środowiska hydrochemiczne I i II—IV. W środowisku I (depresja bludowicka) występują wody typu: $\text{HCO}_3\text{-Na}$. Środowisko II—IV reprezentują wyłącznie stagnacyjne wody typu Cl-Na . Wyraźna zmiana typu wód następuje w strefie przewężenia depresji bludowickiej. W wodach depresji drugiego rzędu, łączących się z bludowicką i detmarowicką, wyróżniono dwa modele zróżnicowania stężeń analizowanych jonów. Dla depresji darkovskiej (drugiego rzędu) i rejonu Darkova charakterystyczne są ekstremalnie wysokie stężenia I.

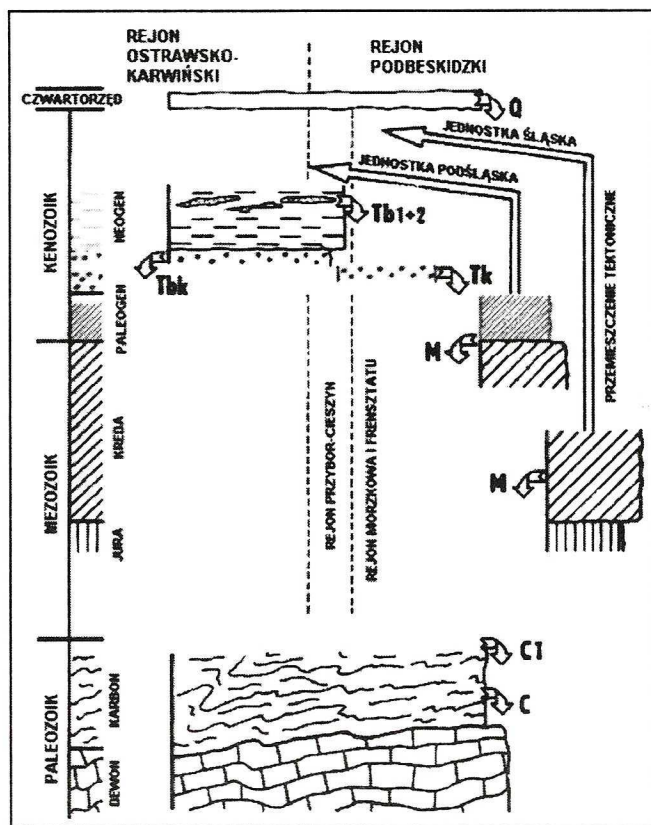
Wprowadzenie

Odpowiednikami formacji dębowieckiej, występującej w Polsce w obrębie paleodoliny skoczowskiej i fragmentarycznie grzbietu cieszyńskiego, są na terenie Republiki Czeskiej

* Dr, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Instytut Geologii Stosowanej, Gliwice.

** Dr hab. inż., Vysoká Škola Báňská — Technická Univerzita, Ostrava, Republika Czeska.

utwory facji grubodetrytycznej dolnego badenu — tzw. detrit. Tworzą one rozległą i najważniejszą strukturę hydrogeologiczną w czeskiej części zagłębia. Obecne tu wody stanowią duże zagrożenie dla działalności górniczej; w przeszłości notowano katastrofalne wdarcia się zgazowanych wód do wyrobisk. Strefy bezpieczeństwa ustanowione dla zapobiegania zagrożeniu wodnemu w poważny sposób uszczuplają zasoby eksploatacyjne węgla. Całkowitą objętość wód w utworach „detritu” oszacowano na $3 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. Uważa się, że jedna dziesiąta ich zasobów została już wyeksploatowana, wody te stanowiły do 45% całości wód czerpanych z Zagłębia Ostrawsko-Karwińskiego (Grmela 1997).



Rys. 1. Profil hydrostratygraficzny czeskiej części GZW (wg Grmela 1997 — nieco zmienione)

Q — kompleks czwartorzędowy, T_{b1+2} — wody piaszczystych poziomów dolnego badenu, T_{bk} — wody piaszczysto-żwirowych utworów klastycznych dolnego badenu (tzw. detrit), T_k — wody piaszczystych i piaszczystych utworów autochtonicznego karpatu, M — wody szczelinowe systemów nasunięć jednostki podśląskiej, C_1 — wody szczelinowe systemów karbonu, C — wody szczelinowo-uskokowego systemu górnego karbonu i głębszego podłoża skał węglonośnych GZW

Fig. 1. Hydrostratigraphical profile of the Czech part of the USCW (after Grmela 1997 — slightly modified)

Q — Quaternary complex, T_{b1+2} — waters of lower badenian sandy aquifers, T_{bk} — waters of sandy-gravel sediments of lower Badenian (so called detrit), T_k — waters of sandy and sandstone aquifers of autochthonous Carpathian, M — fissure waters of the Subsilesian Nappes, C_1 — fissure waters of Carboniferous, C — waters of fissure-fault system of upper Carboniferous and its basement

Celem niniejszej pracy było określenie lateralnej zmienności oraz strefowości chemizmu wód w analizowanych utworach. Zakładano, iż uzyskana charakterystyka wód może być pomocna w kontrolowaniu dopływów do wyrobisk, może także ułatwić ich wykorzystanie (np. w balneologii). Uzyskane informacje dają ponadto podstawę do porównań środowiska hydrochemicznego warstw dębowieckich na terenie Polski i Republiki Czeskiej.

Pozycję tych wód w systemie wód podziemnych czeskiej części GZW ilustruje rysunek 1.

1. Warunki hydrogeologiczne

Utwory dolnego badenu wypełniają głębokie erozyjno-tektoniczne obniżenia w stropie karbonu, określane mianem „výmol”. W dalszej części tekstu tego typu obniżenia nazwano depresjami, a ich lokalizację podano na rysunku 2.

Rozpatrywane osady dolnego badenu wykształcone są w trzech podstawowych typach:

- piaski ze żwirem (polimiktyczne, słabo wysortowane, z domieszką materiału wapienisto-ilastego);
- skały grubookruchowe (centymetrowe, decymetrowe okruchy, aż do bloków o średnicy ponad 1 m, zawierające głównie zlepienie o drobnoziarnistej matriks piaszczystej). Materiał bloków składa się przeważnie ze skał kulmu, górnego karbonu, rzadziej ze skał pelitowych jednostki podśląskiej;
- brekcje piargowe (odłamki skał karbonu, spojene bezwapiennym materiałem piaszczysto-ilastym).

Osady te występują w obrębie dwu głównych, łączących się z sobą depresji: detmarowickiej — na północy i bludowickiej — na południu analizowanego obszaru. Najgłębsze partie depresji detmarowickiej sięgają około 700 m p.p.m. w rejonie Bohumina i 800 m p.p.m. w okolicy Karwiny. Depresja bludowicka dosięga głębokości 850 m p.p.m. w okolicy Starych Bludovic i aż 1100 m p.p.m. w pobliżu Chociebuza (w pobliżu granicy z Polską). Prawdopodobnie przedłużania się tej struktury na teren Polski nie są jednoznacznie wyjaśnione. Maksymalne miąższości utworów grubodetrytycznych (do 268 m) stwierdzono w osiowych partiach depresji (Hufova 1971).

Depresja detmarowicka zamyka się ku zachodowi w obszarze perspektywicznym Šilhářovice, depresja bludowicka natomiast połączona jest na zachodzie z depresją Bramy Morawskiej. Z obiema depresjami połączone są mniejsze, ułożone południkowo obniżenia (depresje drugiego rzędu) wcinające się w elewację stropu karbonu. Niektóre z tych obniżień posiadają wyraźne połączenia hydrauliczne z głównymi depresjami (np. depresja svinovska), inne wykazują połączenia ograniczone (np. depresja stonavska). Istnieją także obniżenia (np. depresja vrbicka — dziś już odwodniona) nie będące w łączności hydraulicznej z depresjami głównymi (Pišta 1961; Hufova 1971).

Omawiane utwory stanowią, z punktu widzenia hydraulicznego i hydrogeologicznego, jeden system wodonośny wraz z leżącymi w ich podłożu utworami tzw. płaszczą zwie-



Rys. 2. Szkic obszaru badań na tle obszarów górniczych czeskiej części GZW

Oznaczenia w otoczeniu ramki odpowiadają wyrażonym w metrach współrzędnym topograficznym w układzie JTSK. Objasnienia: pola jaśniejsze — obszar występowania utworów dolnego badenu; depresje:

- 1 — svinovská, 2 — bedřišská, 3 — radvanická, 4 — petřvaldská, 5 — stonavská, 6 — darkovská, 7 — karvinská, 8 — orlovská, 9 — rychvaldská, 10 — vrbská, 11 — ludgeřovická, 12 — hatská, 13 — skřečhoňská, 14 — lutyňská, 15 — zavadská, 16 — oprechtická, 17 — vratimovská;

DR. — rejon Darkova; PL — Polska

Fig. 2. Sketch of the examined area on the background of the mining areas in the Czech part of the USC B
Numbers out of the frame are the metric coordinates of the JTSK topographic system.

Explanations: white colour — area of lower Badenian sediments occurrence; depressions: 1 — svinovská, 2 — bedřišská, 3 — radvanická, 4 — petřvaldská, 5 — stonavská, 6 — darkovská, 7 — karvinská, 8 — orlovská, 9 — rychvaldská, 10 — vrbská, 11 — ludgeřovická, 12 — hatská, 13 — skřečhoňská, 14 — lutyňská, 15 — zavadská, 16 — oprechtická, 17 — vratimovská;

DR. — the Darkov Region; PL — Poland

trzelinowego, który budują silnie zwietrzałe, spękane i rozluźnione skały karbonu. System ten, o napiętym zwierciadle wody, znajduje się obecnie pod znaczącym wpływem aktywności górnictwa. Prace górnicze i związany z nimi drenaż doprowadziły do obniżenia pierwotnych ciśnień, wynoszących około 8 MPa do wartości bliskiej 4,5 MPa. Czerpanie zasobów statycznych wywołało przepływ wód, naruszając pionową strefowość ich chemizmu (Grmela 1997). Właściwości hydrogeologiczne analizowanych utworów określano najczęściej metodami laboratoryjnymi (tab. 1).

TABELA 1

Przeciętne wartości parametrów hydrogeologicznych utworów klastycznych dolnego badenu
(wg Grmela 1997)

TABLE 1

Mean values of hydrogeological parameters of lower Badenian sediments
(after Grmela 1997)

Depresja	Porowatość [%]		Współczynnik filtracji [m/s]
	całkowita	efektywna	
bludowicka	9—23	4—13	$n \cdot 10^{-4}$ do $n \cdot 10^{-7}$
detmarowicka	10—29	3—24	$n \cdot 10^{-5}$ do $5 \cdot 10^{-8}$

W stropie utworów grubodetrytycznych występują praktycznie nieprzepuszczalne iły wapniste stanowiące poziom izolujący. Możliwość zasilania z powierzchni istnieje najprawdopodobniej w obrzeżeniu Bramy Morawskiej, gdzie strop utworów grubodetrytycznych leży płytko pod powierzchnią terenu oraz w wyższych partiach rozdzielającego obie główne depresje grzbietu ostrawsko-karwińskiego (zwłaszcza w jego części północnej). Nie wyklucza się także możliwości lokalnego zasilania ze szczelinowych poziomów w utworach kulmu oraz dewonu (Hufova 1971; Grmela 1997).

2. Charakterystyka stref hydrochemicznych

Wydzielając strefy chemizmu wód w utworach dolnego badenu wykorzystano analizy wykonane w ramach grantu KBN nr 8T12B 033 21 (Labus 2003) oraz informacje pochodzące z bazy danych udostępnionej przez kopalnię czeskiej części GZW. Analizy wykonywane były w latach 1959—2002 przez różne laboratoria i ze zróżnicowaną dokładnością. Do obliczeń i wnioskowania zaakceptowano jedynie kompletne analizy, nie przekraczające błędu bilansu 5% (przy mineralizacji do 2 g/l) lub 2% (przy mineralizacji ponad 2 g/l). Uzyskana w ten sposób populacja charakteryzowała się miarami statystycznymi przedstawionymi w tabeli 2. Rozkłady wszystkich analizowanych parametrów były asymetryczne i prawoskośne, z wyjątkiem populacji oznaczeń pH. Dwumodalne były rozkłady populacji stężeń $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Cl^- i HCO_3^- .

W celu wyróżnienia subpopulacji odpowiadających odmiennym środowiskom hydrochemicznym (*strefom chemizmu*) zastosowano analizę czynnikową (*factor analysis*) i analizę skupień (*cluster analysis*): metodę aglomeracji (*ammalgamation*) i grupowania k-średnich (*k-means grouping*). Analizie tej poddano 191 reprezentatywnych zestawów oznaczeń obejmujących: Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Br^- , Cl^- , I^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- oraz pH. Najbardziej przydatne do wstępnej interpretacji rezultaty otrzymano dzięki ostatniej z opisanych metod (*k-means grouping*). Wyróżniono cztery subpopulacje (tab. 3).

TABELA 2

Statystyki opisowe wód utworów dolnego badenu [mg/l]

TABLE 2

Descriptive statistics of waters from lower Badenian [mg/l]

Zmienna	n	Śr. arytm.	P. ufn. +95%	P. ufn. -95%	Mediana	Min.	Max.	Odch. std.	Błąd std.	Skośność	Kurtoza	Śr. geom.
Ca	322	691,15	600,89	781,40	270,54	5,20	4008,00	823,22	45,88	1,51	2,06	272,00
Mg	322	306,31	276,75	335,87	232,61	1,17	1326,00	269,61	15,02	1,23	1,21	184,21
Na+K	321	7410,85	6824,90	7996,81	5713,20	19,77	19634,90	5336,10	297,83	0,54	-1,03	5233,00
Cl	322	12220,65	11010,52	13430,78	8578,90	17,72	40509,60	11037,51	615,10	0,64	-0,87	5882,03
Br	85	110,30	91,09	129,51	106,60	3,10	547,90	89,06	9,66	2,18	7,32	77,88
I	196	15,46	13,69	17,23	13,45	0,80	67,75	12,56	0,90	1,42	2,25	10,52
SO ₄	322	101,72	79,75	123,69	34,90	0,06	1723,86	200,39	11,17	4,52	26,34	34,77
HCO ₃	322	1723,86	1491,13	1956,60	327,95	6,10	6643,20	2122,79	118,30	0,89	-0,86	517,56
pH	316	7,34	7,23	7,45	7,50	4,40	11,00	0,97	0,05	-0,46	1,43	7,27

TABELA 3

Średnie i odchylenia standardowe parametrów dla grup (subpopulacji próbek) wód utworów dolnego badenu, wyróżnionych metodą k-średnich

TABLE 3

Mean values and standard deviations of parameters for groups (samples subpopulations) of waters from lower Badenian, identified by the use of k-means method

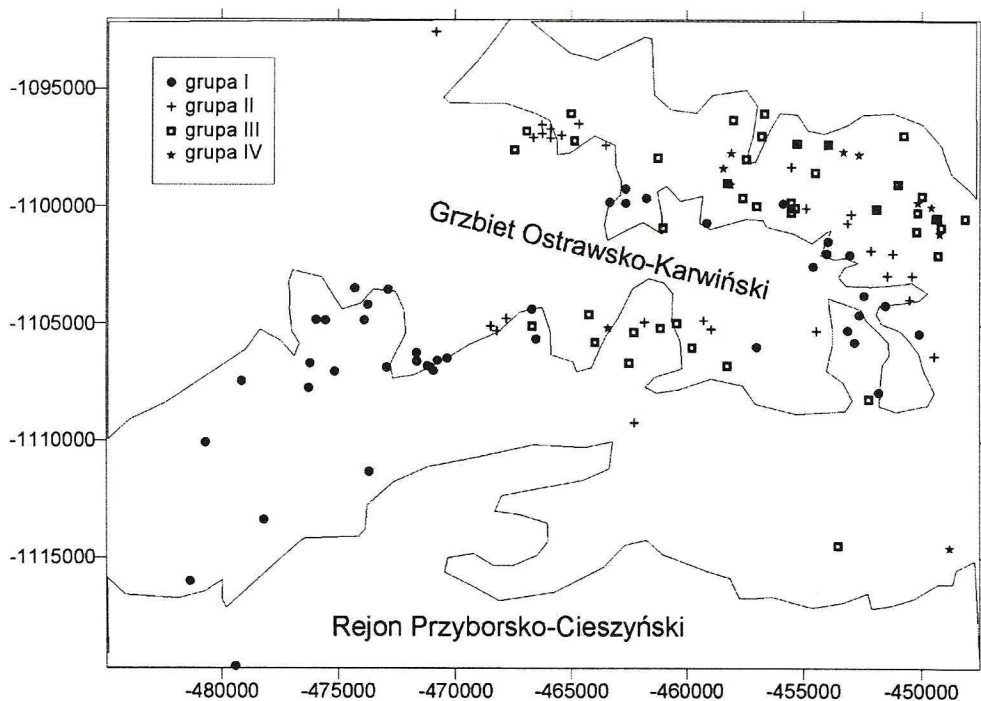
	Grupa I		Grupa II		Grupa III		Grupa IV	
	śr. arytm.	odch. std.	śr. arytm.	odch. std.	śr. arytm.	odch. std.	śr. arytm.	odch. std.
Ca	145,40	108,47	552,37	228,50	1447,13	314,57	2463,70	771,77
Mg	132,08	123,19	242,91	126,47	551,72	214,24	793,64	225,79
Na+K	3310,80	1780,68	8251,18	1782,55	13243,88	1148,19	17236,56	1341,95
Cl	4276,85	3076,12	13999,03	3105,13	24115,47	2526,54	33247,37	3308,36
I	6,02	9,60	10,98	6,62	22,12	12,86	23,22	8,33
SO ₄	69,28	89,11	39,97	51,04	36,52	39,23	41,67	22,10
HCO ₃	2184,93	2150,30	240,26	205,31	129,39	80,24	82,51	35,31
pH	7,79	1,10	6,69	1,17	7,09	0,95	7,02	1,06
Br*	30,05	12,85	88,04	22,02	113,34	47,60	202,74	114,26

* Wartości podano na podstawie próbek zaliczonych do odpowiednich grup i zawierających oznaczenia Br (wśród wszystkich 191 próbek oznaczeń takich było 81).

Przeprowadzone na tej podstawie wnioskowanie pozwoliło ostatecznie na wydzielenie dwu środowisk hydrochemicznych. Środowisko (rejon) w którym kształtują się wody zidentyfikowane na podstawie analizy statystycznej i zaliczane do grupy I (tab. 3.) obejmuje utwory wodonośne położone w zachodniej części depresji błudowickiej, sięgające na wschodzie po depresję radwanicką. Należą doń także wody występujące w otoczeniu NE skraju grzbietu ostrawsko-karwińskiego, włączając w to także depresję rychwałską (rys. 3). Środowisko to oznaczono symbolem I.

Drugie ze środowisk (rejon), charakteryzujące się wewnętrzną trójdzielnością (grupy II, III i IV) obejmuje pozostałe utwory wodonośne omawianego poziomu. Środowisko to oznaczono symbolem II—IV. Podstawowe statystyki populacji analiz reprezentujących każde ze środowisk (I oraz II—IV) przedstawiono w tabelach 4 i 5.

Należy podkreślić, iż zróżnicowanie składu chemicznego zbadanych wód — określające przynależność do wyróżnionych środowisk — nie jest związane z głębokością występowania (rys. 4).



Rys. 3. Lokalizacja próbek odpowiadających wyróżnionym środowiskom hydrochemicznym
grupa I—4 — środowiska I—IV

Fig. 3. Location of samples representing the hydrochemical environments
grupa I—IV — the environments I—IV

Wschodnią część środowiska I (wschodnia część depresji bludowickiej) charakteryzują wody typów: $\text{HCO}_3\text{-(SO}_4\text{-Cl)}$ — Na (Ca-Mg). Na pozostałym jego terenie obserwowane są wody typu Cl-Na. Środowisko II—IV reprezentują wyłącznie wody typu Cl-Na (rys. 5).

Wody wyodrębnionych środowisk charakteryzują wyraźne różnice wartości wskaźnika hydrochemicznego $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ (rys. 6). Środowisko I obejmuje wody o wartości wskaźnika od 0,87 do około 5,5, najczęściej jednak $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl} > 1$. Wynika to z występowania średnio i słabo zmineralizowanych wód typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ w zachodniej części depresji bludowickiej. Jednocześnie wysokie wartości $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ są efektem zaburzenia pionowej strefowości wód, w rezultacie udrożnienia górotworu przez intensywną eksploatację i drenaż górniczy prowadzony w bezpośrednim sąsiedztwie depresji: bedřišskiej i svinovskiej oraz stonavskiej i rychvaldskiej. Zjawisko to może być także wynikiem zasilania poziomu wodonośnego dolnego badenu w obszarze północnej części grzbietu ostrawsko-karwińskiego (Hufova 1971). Przeciwna jest sytuacja w środowisku II—IV, gdzie wartości wskaźnika nie przekraczają jedności ($r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl} < 1$) i świadczą o występowaniu wód stagnacyjnych.

TABELA 4

Środowisko I — statystyki opisowe [mg/l]

TABLE 4

The environment I — descriptive statistics [mg/l]

Zmienna	n	Śr. arytm.	P. ufn. +95%	P. ufn. -95%	Mediana	Min.	Max.	Odch. std.	Błąd std.	Śr. geom.
Ca	55	145,40	116,08	174,72	143,0	7,70	593,45	108,47	93,15	166,02
Mg	55	132,08	98,78	165,38	81,80	3,40	472,45	123,19	30,77	130,07
Na+K	55	3 310,80	2 829,41	3 792,18	3 474,57	56,09	6 627,12	1 780,68	662,50	3 438,97
Cl	55	4 276,85	3 445,26	5 108,44	4 301,40	70,90	8 768,86	3 076,12	1 305,92	3 107,87
I	55	6,02	3,43	8,62	3,80	0,80	67,65	9,60	1,15	4,24
SO ₄	55	69,28	45,19	93,37	37,68	1,13	624,91	89,11	46,21	40,77
HCO ₃	55	2 184,93	1 603,62	2 766,23	893,04	12,2	6 078,00	2 150,30	357,01	1 386,48
pH	55	7,79	7,49	8,09	7,90	5,00	11,00	1,10	0,15	7,65
Br	15	30,05	22,18	36,60	26,40	3,1	53,90	12,85	3,36	26,37

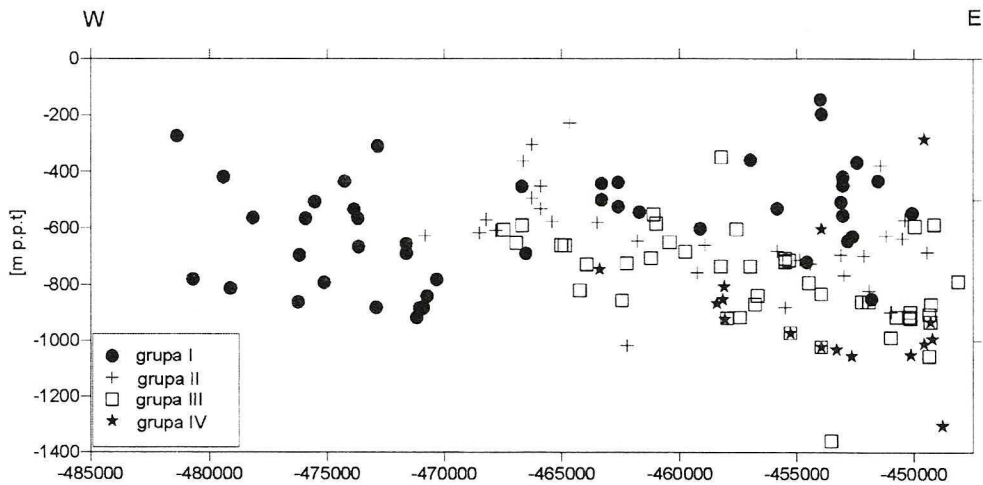
TABELA 5

Środowisko II—IV — statystyki opisowe [mg/l]

TABLE 5

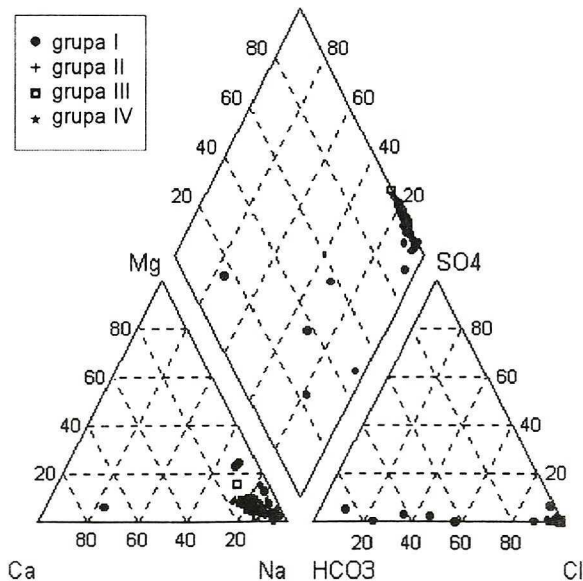
The environment II—IV — descriptive statistics [mg/l]

Zmienna	n	Śr. arytm.	P. ufn. +95%	P. ufn. -95%	Mediana	Min.	Max.	Odch. std.	Błąd std.	Śr. geom.
Ca	136	1 400,73	1 264,64	1 563,83	1 372,70	180,40	4 008,00	802,52	68,81	1 160,01
Mg	136	512,48	465,45	559,51	495,50	65,77	1 326,00	277,33	23,78	429,34
Na+K	136	12 626,82	12 030,54	13 223,09	13 088,76	5 253,11	19 634,90	3 516,06	301,50	12 075,53
Cl	136	23 087,29	21 825,63	24 348,95	23 780,50	9 287,89	40 509,60	7 439,67	637,95	21 766,65
I	136	19,08	113,72	21,05	16,30	1,26	64,70	11,64	0,99	15,76
SO ₄	136	38,63	31,83	45,44	25,89	0,10	248,34	40,14	3,44	24,42
HCO ₃	136	152,00	128,51	175,49	115,90	6,10	915,00	138,50	11,87	111,20
pH	136	6,96	6,78	7,14	7,20	4,40	8,90	1,05	0,09	6,87
Br	66	134,92	113,72	156,12	118,40	20,40	547,90	86,24	10,61	115,95



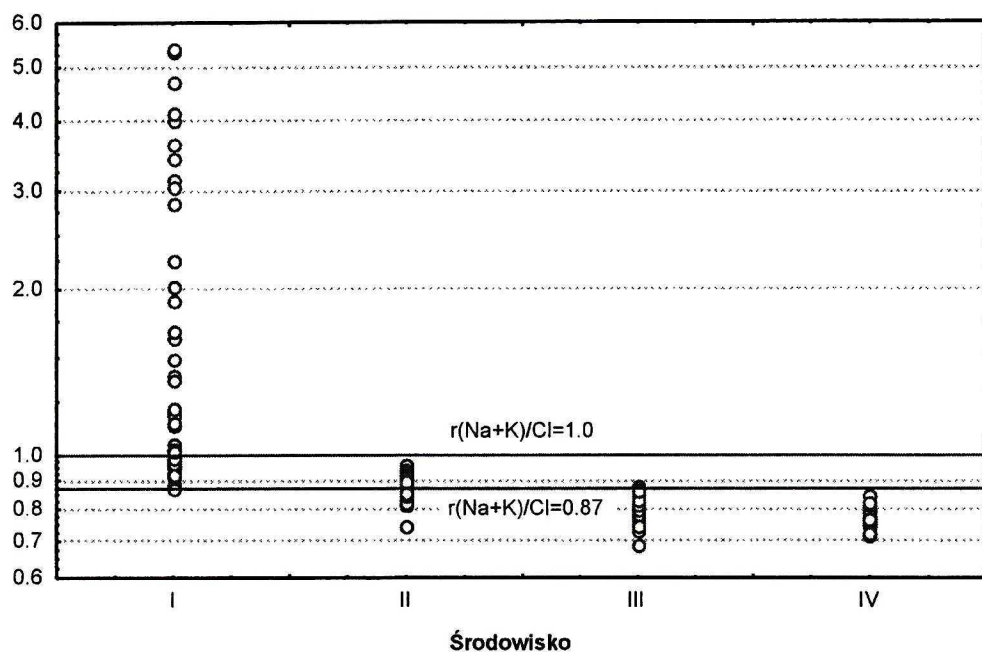
Rys. 4. Głębokość występowania wód odpowiadających wyróżnionym środowiskom hydrochemicznym.
Skala pozioma odpowiada wyrażonym w metrach współrzędnym topograficznym w układzie JTSK
grupa I—4 — środowiska I—IV

Fig. 4. Depth of the occurrence of groundwaters representing the hydrochemical environments.
Horizontal scale represents the metric coordinates of the JTSK topographic system
grupa I—IV — the environments I—IV



Rys. 5. Diagram Pipera przedstawiający chemizm badanych wód

Fig. 5. Piper diagram presenting chemistry of examined waters



Rys. 6. Wartości wskaźnika hydrochemicznego $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ dla wyodrębnionych środowisk

Fig. 6. Values of $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl}$ ratio for the eliminated environments

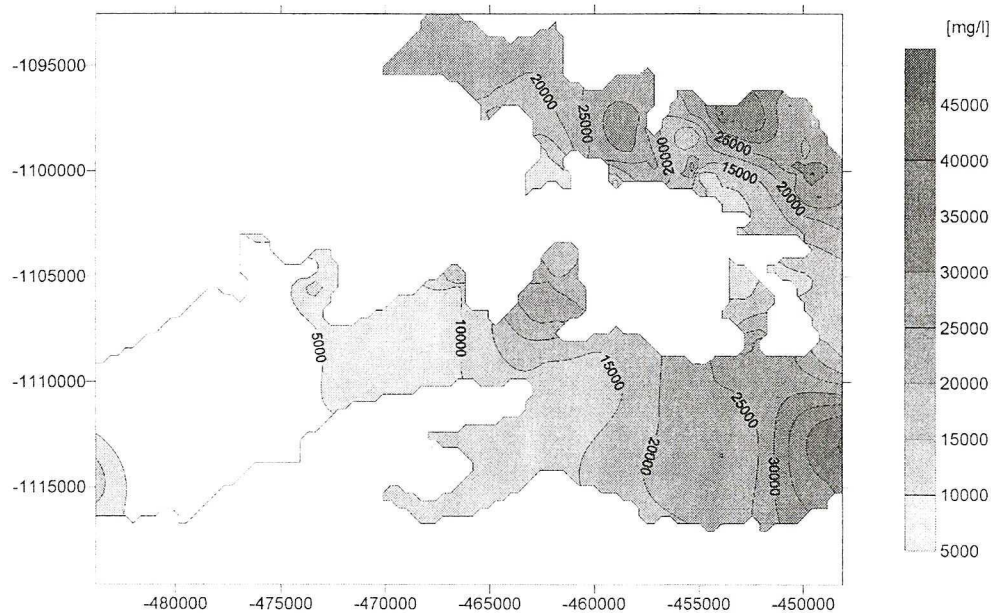
3. Lateralne zróżnicowanie chemizmu wód

Zróżnicowanie wybranych parametrów chemizmu wód przedstawiono na mapach (rys. 7—12) i uzupełniono komentarzem (oznaczenia liczbowe są zgodne z przedstawionymi na rys. 2). Izolinie stężeń analizowanych jonów wyinterpolowano metodą krigingu.

Odczyn analizowanych wód wynosił najczęściej od około 6,5 do 8,7 pH. Stężenia jonów wodorowych w depresji błudowickiej wynosiły przeciętnie od 6,5 do 8,5; w zachodniej jej części nie zanotowano odczynu niższego od 7 pH. Należy zaznaczyć, iż mimo braku wyraźnych prawidłowości, w depresji detmarowickiej odczyn był silniej zróżnicowany — pH najczęściej od 5,5 do 8,5.

Stężenia chlorków (rys. 7 i tab. 6.) oraz sodu i potasu (tab. 6) w analizowanych wodach podziemnych są ze sobą sprzężone, podobny jest zatem ich przestrzenny rozkład. Jego prawidłowości omówione zostaną na przykładzie zróżnicowania zawartości jonu chlorkowego.

Wzrost stężeń jonów chlorkowych w wodach depresji błudowickiej obserwowany jest generalnie w kierunku wschodnim, natomiast w depresji detmarowickiej ku północy



Rys. 7. Stężenia Cl^- w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]

Fig. 7. Cl^- concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

TABELA 6

Stężenia Cl oraz Na + K w wodach utworów dolnego badenu

TABLE 6

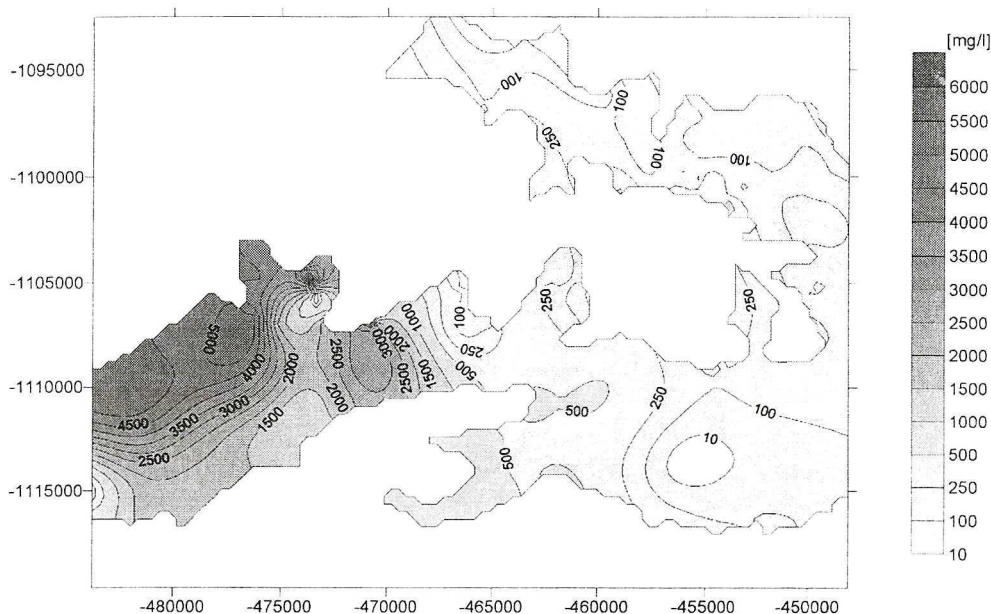
Concentrations of Cl and Na + K in groundwaters of the lower Badenian sediments

Depresja	Oznaczenie na rys. 2	Stwierdzenie — otwór	Głębokość		Mineralizacja [g/l]	Cl^- [g/l]	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ [g/l]
			[m p.p.t.]	[m p.p.m.]			
Radwanicka	3	NP 620, 604	−590 — −453	−346 — −211	15,6—32,9	8,8—20,0	5,4—10,9
Petřvadska	4	NP 601, 622	−723 — −855	−439 — −587	40,0—45,3	25,0—28,0	12,8—14,6
Stonavska	5	NP 635+VZ 276 (1 Maj)	−507 — −644	−257 — −386	12,5—15,6	7,2—9,3	4,9—5,8
Darkovska	6	NP 683	−546	−310	14,4	8,7	5,3
Orlovská	8	OG Doubrava	−601	−350	14,7	8,4	5,3
Rychvaldska	9	NP 660, 676	−543 — −500	−322 — −282	3,6—12,9	1,5—7,8	1,5—5,7
Zavadska	15	NP 721, 722, 723A	−1055 — −832	−815 — −613	34,3—65,4	20,8—40,5	12,0—19,6
Darkov	DR	NP 703,738,741	−1055 — −832	−794 — −646	42,7—53,4	26,0—32,7	12,0—19,6
Dětmarovická	CC	NP 712, 755	−852 — −865	−603 — −615	50,6—52,5	31,3—32,4	16,3—16,4
grzbiet O-K	GOK	NP 373, 474	−146 — −418	+76 — −193	10,9—14,1	6,2—8,3	4,1—5,3

CC — Centralna część depresji dětmarovickéj; GOK — NE skraj grzbietu ostrawsko-karwińskiego (Kopalnia ČSA); NP — otwory z powierzchni; OG — obszar górniczy.

(ku granicy z Polską). W obrębie depresji drugiego rzędu zauważalne jest obniżanie się stężeń w kierunku grzbietu ostrawsko-karwińskiego. Charakterystyczne są dwa modele zróżnicowania stężeń chlorków wewnątrz tych depresji. Pierwszy charakteryzuje się wzrostem koncentracji w kierunku połączenia z depresją główną (pierwszego rzędu). Na przykład w wodach depresji stonawskiej (5 — oznaczenie jak na rys. 2.) zawartości chlorków są najniższe w N części depresji — od 7,2 do 9,3 g/l (przy mineralizacji 12,5—15,6 g/l). Wzrost stężeń następuje w kierunku S — ku połączeniu z depresją bludowicką, gdzie przekraczają one 25 g/l. Drugi model opisywany jest przez maksymalne zawartości analizowanego jonu w wodach centralnej części struktury drugiego rzędu. Jedynym jego przykładem jest depresja petrvaldska (4). Koncentracje chlorków w jej części centralnej wahają się od 25 do 28 g/l (przy mineralizacji ogólnej od 40 do 45,3 g/l) i spadają wyraźnie do wartości poniżej 20 g/l w kierunku na N od centrum depresji (w kierunku wyklinowywania się utworów dolnego badenu) oraz ku S (w stronę osi depresji bludowickiej).

Stężenia wodorowęglanów (rys. 8) różnicują środowisko wód podziemnych dolnego badenu na dwa rejony oddzielone strefą przewężenia depresji bludowickiej (w obszarze położonym na SW od depresji radwanickiej) lub umownie izolinia stężeń HCO_3^- wynoszących 500 mg/l. W rejonie na zachód od tej strefy (w strefie depresji Bramy Morawskiej) koncentracje wodorowęglanów mieszczą się w przedziale od 3 do 5,1 g/l przy mineralizacji 7—8 g/l; dotyczy to próbek pobranych z głębokości od -813 do -695 m p.p.t. W wodach pochodzących z depresji bedřiškiej (2) stwierdzano stężenia wodorowęglanów na poziomie

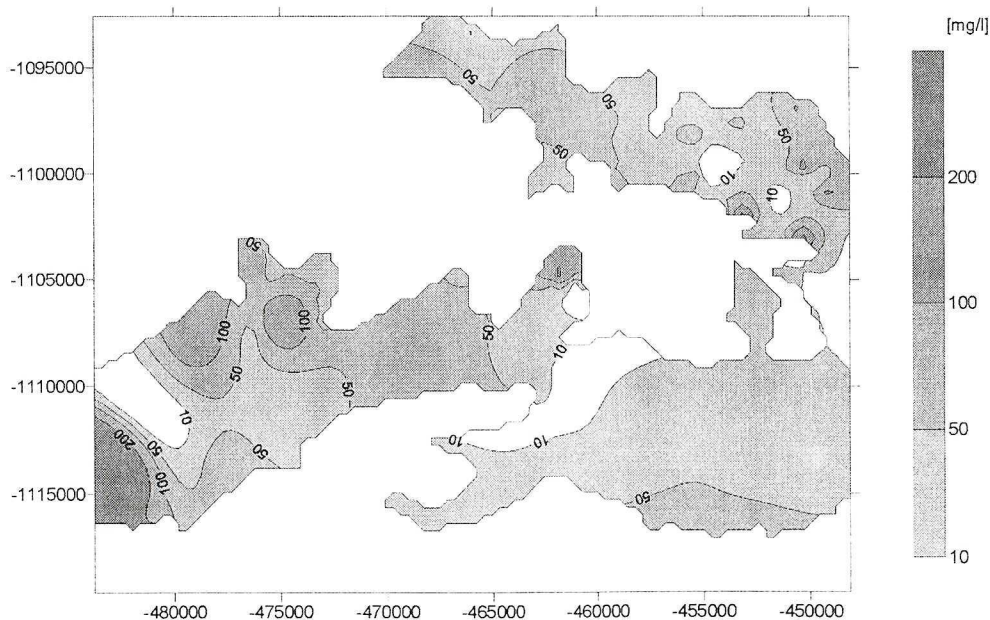


Rys. 8. Stężenia HCO_3^- w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]

Fig. 8. HCO_3^- concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

niedko ponad 6 g/l, przy mineralizacji 9,2 g/l. Na wschód od strefy zwężenia depresji bludowickiej występują wody o przeciętnej zawartości wodorowęglanów nie przekraczającej 250 mg/l.

Najwyższe stężenia siarczanów (rys. 9) — ponad 200 mg/l — obserwuje się w W części depresji bludowickiej; ku E zawartość ich spada do wartości poniżej 10 mg/l (na E od depresji petřvaldskiej), aby następnie wzrosnąć do około 50 mg/l w skrajnie wschodniej części struktury. W depresji detmarowickiej zakres stężeń siarczanów wynosi od około 10 do 50 mg/l, przy czym w osi tej struktury obserwowane są niższe wartości niż w jej N i S obrzeżeniu.

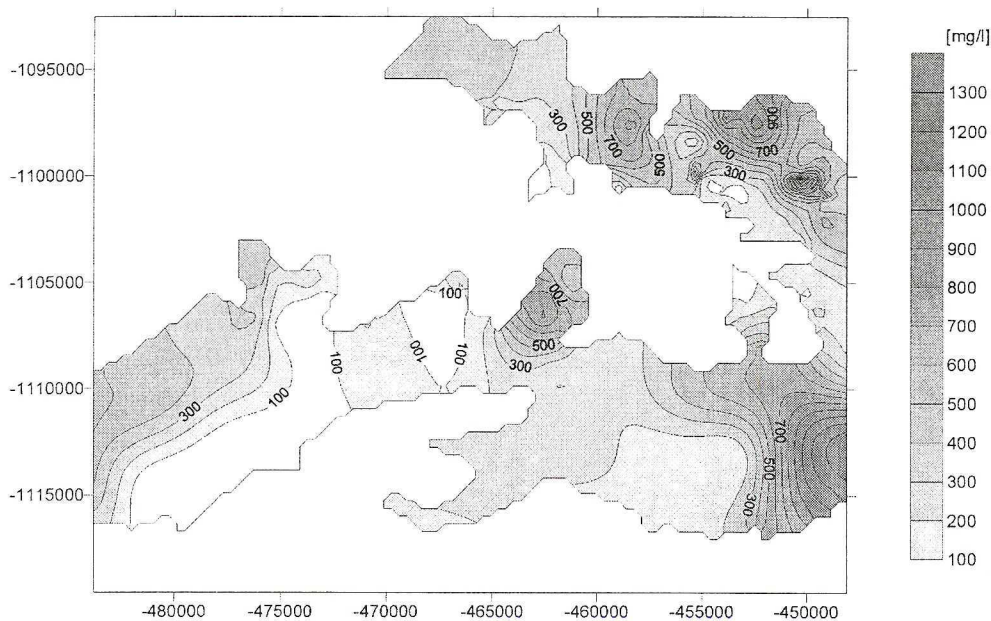


Rys. 9. Stężenia SO_4^{2-} w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]

Fig. 9. SO_4^{2-} concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

Rozprzestrzenienie Ca i Mg jest w analizowanych wodach bardzo zbliżone, zilustrowano je mapą stężeń Mg (rys. 10). Wybrane wartości przedstawiono w tabeli 7.

Stężenia Ca (oraz Mg) wzrastają od wartości poniżej 100 mgCa/l (100 mgMg/l) w SW części depresji bludowickiej do ponad 3,5 gCa/l (1,1 gMg/l) w jej części E. Wzrost stężeń zauważalny jest w strefie pomiędzy depresjami radvanicką a petřvaldską. Na terenie depresji detmarowickiej przeciętne stężenia są podobne i wahają się w zakresie od ponad 100 mgCa/l (100 mgMg/l) w części południowej do ponad 3—3,5 gCa/l (1,0—1,1 gMg/l) w części centralnej i północnej. W rejonie Darkova stężenia Mg sięgają maksymalnie ponad 1,3 g/l.



Rys. 10. Stężenia magnezu w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]

Fig. 10. Magnesium concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

TABELA 7

Stężenia wapnia i magnezu w wodach utworów dolnego badenu

TABLE 7

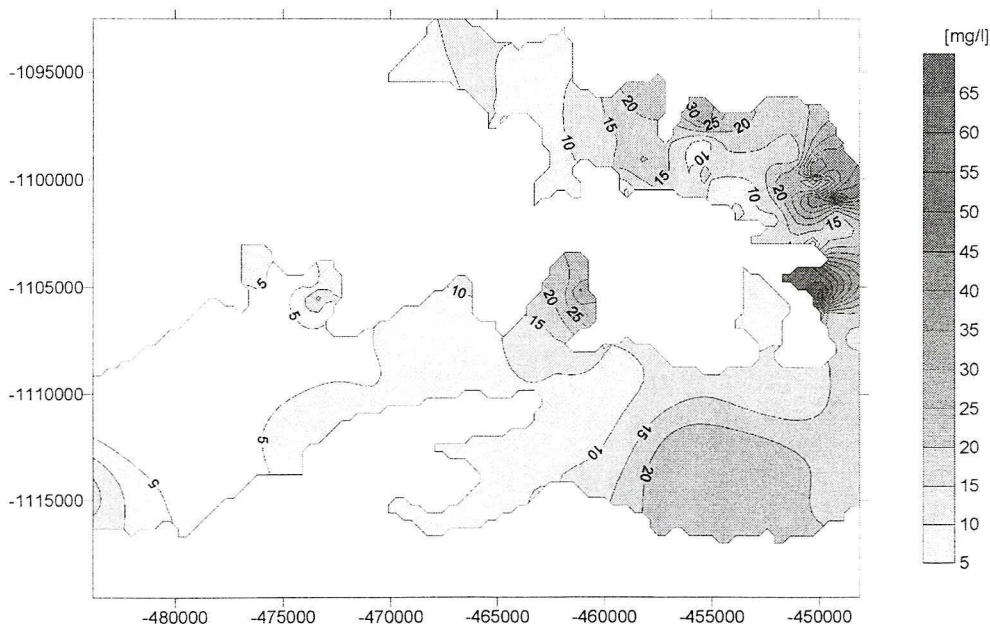
Calcium and Magnesium concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments

Depresja	Oznaczenie na rys. 2	Stwierdzenie — otwór	Głębokość		Ca ²⁺ [g/l]	Mg ²⁺ [g/l]
			[m p.p.t.]	[m p.p.m.]		
Petrvaldska	4	NP 601	–855	–587	1,6—1,68	0,84—0,89
Stonavska	5	VZ 276, NP 499, 635	–850 — –507	–577 — –257	<1	<0,5
Zavadska	15	NP 721	–1055 — –1022	–815 — –803	3,6—4,0	1,1—1,2
		NP 738	–832	–613	1,34	0,164
Darkov	DR	NP 381	–920	–259	1,71	1,32
Dětmarovická		NP 712	–865	–615	2,8	0,82

Zmienność stężeń wapnia i magnezu w południkowych depresjach drugiego rzędu daje się opisać za pomocą podobnych modeli jak w przypadku zróżnicowania stężeń chlorków. Pierwszy charakteryzuje się wzrostem koncentracji w kierunku połączenia z depresją główną (pierwszego rzędu). W wodach depresji stonavskiej (5) wzrost stężeń od wartości poniżej 100 mg/l (dla Ca i Mg) w części północnej struktury obserwowany jest w kierunku połączenia z depresją bludowicką. W depresji petřvaldskiej (4) stężenia spadają do wartości poniżej 1000 mg/l i 500 mg/l (odpowiednio Ca i Mg) w kierunku na N od centrum depresji oraz ku S (w stronę osi depresji bludowickiej).

Stężenia jodu w analizowanych wodach zobrazowano na rysunku 11 i przedstawiono w tabeli 8. Mapę stężeń Br pokazano na rysunku 12.

W depresji bludowickiej stężenia I (oraz Br) rosną od wartości poniżej 5 mgI/l (25 mgBr/l) w części SW do ponad 20 mgI/l (150 mgBr/l) w części SE. W depresji detmarowickiej stężenia obu substancji są wyższe i wynoszą w części graniczącej z grzbie-tem ostrawsko-karwińskim 5–10 mgI/l (50–100 mgBr/l), natomiast w części centralnej i północnej sięgają ponad 30 mgI/l (550 mgBr/l). Dla depresji darkovskiej (6) i rejonu Darkova (DR) charakterystyczne są ekstremalnie wysokie stężenia I wynoszące ponad 60 mg/l. Maksymalne koncentracje Br stwierdzano w depresjach lutyńskiej (548 mg/l) i zavadskiej (388 mg/l) — odpowiednio na głębokościach –923 i –1032 m p.p.t. W innych, płytszych otworach wiertniczych analizowane stężenia wynosiły około 150–300 mg/l.



Rys. 11. Stężenia jodu w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]

Fig. 11. Iodine concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

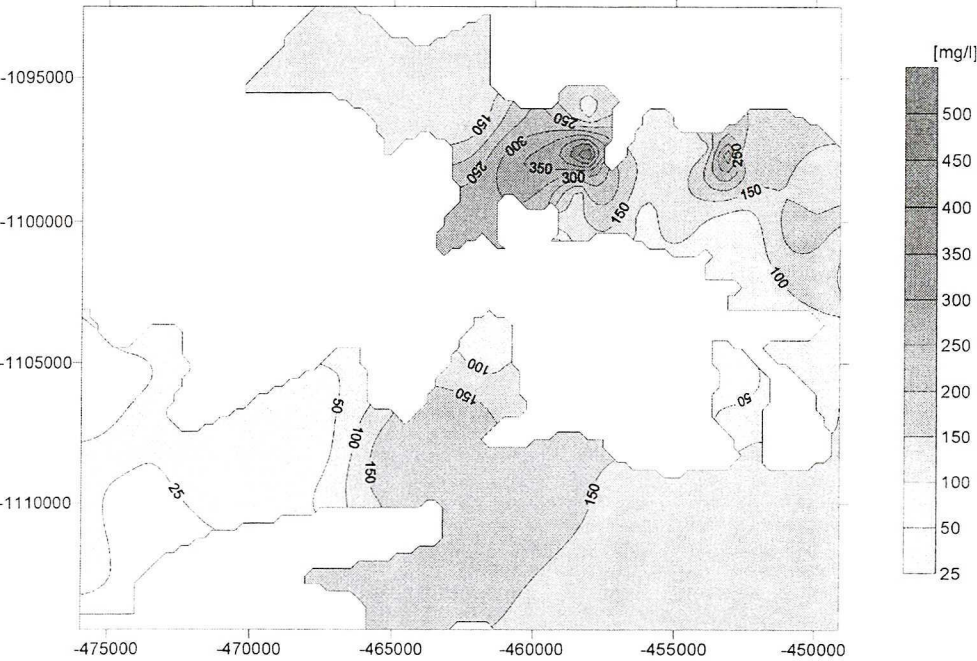
TABELA 8

Stężenia jodu w wodach utworów dolnego badenu

TABLE 8

Iodine concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments

Depresja	Oznaczenie na rys. 2	Stwierdzenie — otwór	Głębokość		Mineralizacja [g/l]	I [mg/l]
			[m p.p.t.]	[m p.p.m.]		
radwanicka	3	NP 484	−521	−292	15,6—32,9	16,4
petřvadska	4	NP 605	−551	−275	35,9	35,4
darkovska	6	NP 683	−546	−310	14,4	67,75
lutyńska	14	NP 715	−923	−674	54,7	17,9
zavadska	15	NP 720	−972	−759	34,3—50,5	16,0—34,3
		NP 722	−1 032	804	56,4	18,9
Darkov	DR	NP 740	−587	−312	40,7—42,6	42,0—64,7
		NP 747	−592	−336	38,2—40,1	41,4—42,0



Rys. 12. Stężenia Br⁻ w wodach podziemnych utworów dolnego badenu [mg/l]
Fig. 12 Br⁻ concentrations in groundwaters of the lower Badenian sediments [mg/l]

Podsumowanie

Na podstawie grupowania metodą k-średnich zidentyfikowano dwa środowiska hydrochemiczne. Środowisko I obejmuje zachodnią część depresji bludowickiej. Jej wschodnią część charakteryzują wody typów: $\text{HCO}_3\text{-(SO}_4\text{-Cl)}$ — Na (Ca-Mg); a pozostałą — wody typu Cl-Na. Do środowiska I należą także wody występujące w otoczeniu NE skraju grzbietu ostrawsko-karwińskiego. Drugie ze środowisk (II—IV) charakteryzuje się trójdzielnością i obejmuje pozostałe utwory wodonośne omawianego poziomu; reprezentują je wyłącznie wody typu Cl-Na. Środowisko I obejmuje głównie wody o wartości wskaźnika $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl} > 1$. Wynika to z występowania wód typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$ w zachodniej części depresji bludowickiej i z zaburzenia pionowej strefowości wód, w rezultacie udrożnienia górotworu przez drenaż górniczy oraz prawdopodobnie z zasilania poziomu wodonośnego dolnego badenu w obszarze północnej części grzbietu ostrawsko-karwińskiego. Wartości $r(\text{Na} + \text{K})/\text{Cl} < 1$ w wodach środowiska II—IV świadczą o ich charakterze stagnacyjnym.

Odczyn analizowanych wód (najczęściej od około 6,5 do 8,7 pH) jest silniej zróżnicowany w depresji detmarowickiej. W zachodniej części depresji bludowickiej $\text{pH} > 7$; ma to wyraźny związek z występującym tu typem wód — $\text{HCO}_3\text{-Na}$.

Stężenia chlorków oraz sodu i potasu w analizowanych wodach są ze sobą sprzężone, ich wzrost w depresji bludowickiej obserwowany jest w kierunku wschodnim, w detmarowickiej natomiast ku północy. W depresjach drugiego rzędu zauważa się spadek stężeń w kierunku grzbietu ostrawsko-karwińskiego. Wyróżniono dwa modele zróżnicowania stężeń wewnątrz tych depresji. Pierwszy charakteryzuje się wzrostem koncentracji w kierunku połączenia z depresją główną, drugi opisywany jest przez maksymalne zawartości analizowanego jonu w wodach centralnej części struktury drugiego rzędu. Zmienność stężeń wapnia i magnezu w południkowych depresjach drugiego rzędu można opisać w ten sam sposób.

Najwyższe stężenia siarczanów obserwuje się w W części depresji bludowickiej. W osi depresji detmarowickiej obserwowane są niższe wartości, rosnące jednak ku jej N i S obrzeżeniu.

W depresji bludowickiej stężenia I oraz Br rosną w kierunku jej części centralnej podobnie jak w depresji detmarowickiej, gdzie jednak stężenia obu substancji są wyższe. Dla depresji darkovskiej i rejonu Darkova charakterystyczne są ekstremalnie wysokie stężenia I. Maksymalne koncentracje Br stwierdzano w depresjach lutyńskiej i zavadskiej.

Wyraźna zmiana typu wód w analizowanych utworach następuje w strefie przewężenia depresji bludowickiej. Ku zachodowi w kierunku Bramy Morawskiej występują średnio i słabo zmineralizowane wody typu $\text{HCO}_3\text{-Na}$, na wschodzie natomiast wody typu Cl-Na, o mineralizacji wzrastającej ku osiowym partiom depresji.

LITERATURA

- Grmela A., 1997 — Hydrogeologie. [W:] Dopita M. (red.), Geologie České Časti Hornoslezské Panve. Min. Živ. Prostř. České Republiky. Praha.
- Hufova E., 1971 — Hydrogeologický průzkum vymitin OKR. Český Geologický Úřad, Geologický průzkum, n.p. Ostrava. (niepublikowane).
- Labus K., 2003 — Wpływ zmian drenażu górniczego na chemizm potencjalnie leczniczych wód mineralnych w południowo-zachodniej części Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Grant KBN nr 8T12B 033 21.
- Pišta J., 1961 — Ostravsko-karvinsky detrit. Učelova publikace Ministerstva paliv a energetiky. Praha. (niepublik.).

KRZYSZTOF LABUS, ARNOŠT GRMELA

LATERAL VARIABILITY OF THE DĘBOWIEC FORMATION GROUNDWATERS CHEMISTRY WITHIN THE CZECH PART OF THE UPPER SILESIAN COAL BASIN

Key words

Groundwaters, hydrochemistry, Dębowiec Formation, Upper Silesian Coal Basin (USCB)

Abstract

The equivalent to the Polish Dębowiec Formation are coarse detritic sediments of lower Badenian in the territory of the Czech Republic. They fill deep depressions in the roof of Carboniferous formation, and considering the conditions of coal exploitation, form the most important hydrostructure. Statistical analysis of groundwater analyses allowed to ascertain hydrochemical environments marked: I and II—IV. In the environment I (the Bludovice depression) waters of the type $\text{HCO}_3\text{-Na}$ are the most common. The II—IV environment is represented exclusively by stagnant waters of the Cl-Na type. The most remarkable change of the waters type is observed in the narrow, central zone of the Bludovice depression. For groundwaters in depressions of the second order (connected to the Bludovice and Detmarovice depressions — of first order) two variability models of ions concentrations were formulated. The highest I concentrations are typical for waters in the Darkov depression (of the second order), and for the Region of Darkov.