

WYNIKI BADAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Leszek BOJARSKI, Andrzej SOKOŁOWSKI, Jakub SOKOŁOWSKI

WYNIKI OPRÓBOWAŃ POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

Celem opróbowania otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 było przebadanie poziomów zbiornikowych pod kątem możliwości zachowania się złóż węglowodorów. Badania przeprowadzono na podstawie projektu opróbowania sporządzonego

przez L. Bojarskiego i A. Magierę z Zakładu Złóż Ropy i Gazu Instytutu Geologicznego. Poziomy do badań wytypowali na podstawie interpretacji karotaży geofizyki wiertniczej St. Depowski, L. Bojarski, R. Dadlez i T. Topulos ([fig. 34](#)).

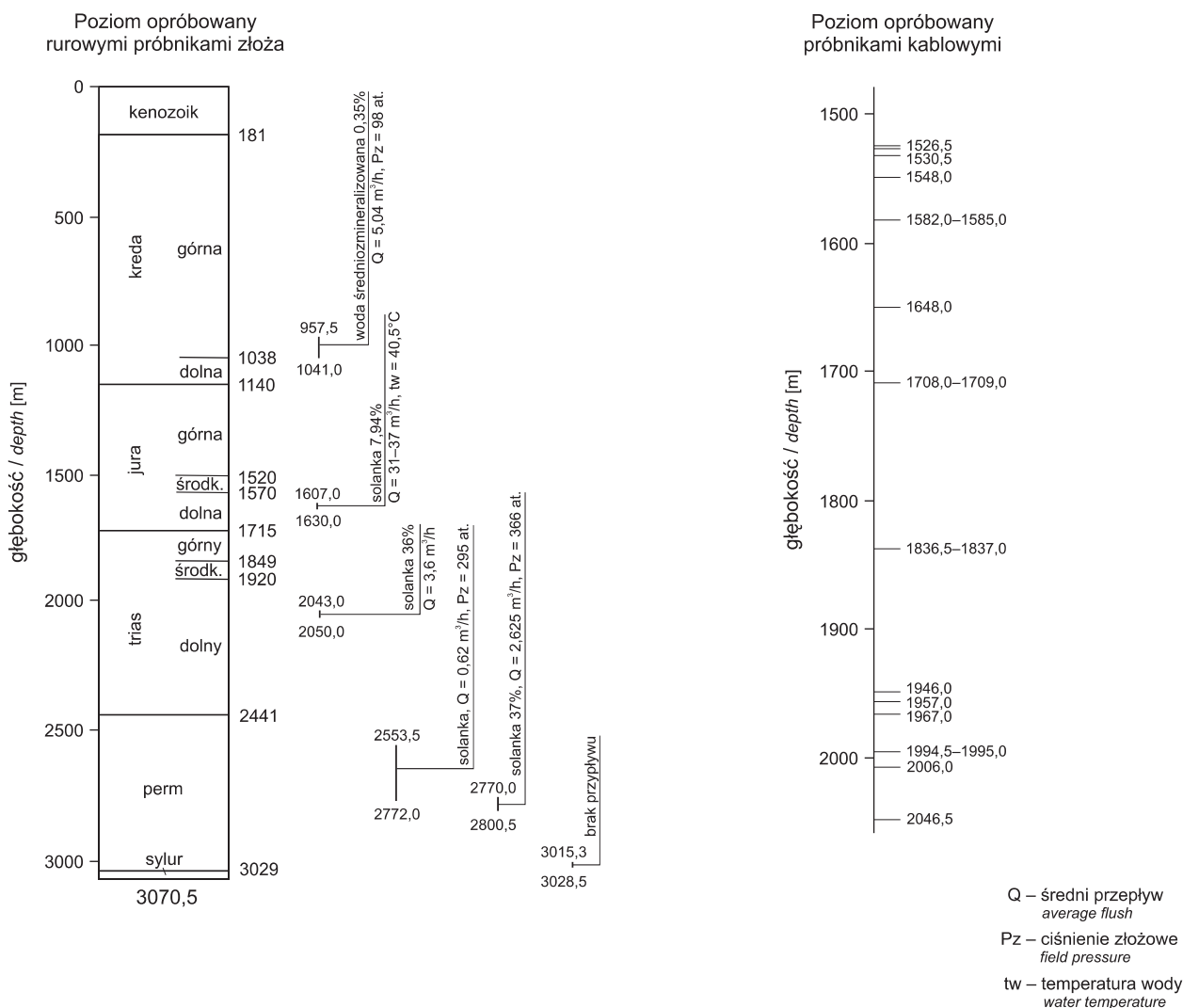


Fig. 34. Schemat opróbowania otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

A scheme of Grudziądz IG 1 borehole testing

Opróbowania przeprowadzili pracownicy Zakładu Opróbowania i Cementowań w Wołominie. Analizy chemiczne wód wykonano w Głównym Laboratorium Chemicznym Instytutu Geologicznego w Warszawie. Wody analizowały H. Jasińska, T. Łatoszyńska i W. Zielińska. Dwie analizy solanki pobranej z poziomu jury dolnej z głębokości 1607–1630 m wykonano w Laboratorium Biura Projektów i Usług Technicznych Branży

Uzdrowskiej Balneoprojekt w Warszawie. Analizy gazu wykonał M. Sztukowski w Laboratorium Skał Bitumicznych Zakładu Geologii Ropy i Gazu Instytutu Geologicznego.

Nadzór nad opróbowaniem pełnił L. Bojarski, a specjalistyczny dozór w terenie sprawował E. Czujkowski.

Opróbowanie przeprowadzono podczas prac wiertniczych i po zakończeniu wiercenia.

OPRÓBOWANIE PODCZAS PRAC WIERTNICZYCH

Podczas wiercenia opróbowano rurowym próbnikiem złoża typu Halliburton dwa poziomy zbiornikowe cechsztynu oraz jeden kredowy. Próbnikiem kablowym OPT 7-10 opróbowano siedemnaście horyzontów triasu i jury.

Opróbowany poziom: 957,5–1041,0 m (według pomiarów geofizyki wiertniczej 1040,0 m) – kreda (cenoman, alb); wapienie, margle, piaskowce glaukonitowe

Przypływ wody średnizmineralizowanej.

Średni przypływ $Q = 5,04 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ciśnienie złożowe $P_z = 98 \text{ at.}$ (wyekstrapolowane).

Badania przeprowadzono 22.08.1971 r. rurowym próbnikiem złoża. Zastosowano metodę dwukrotnego odcięcia przypływu (fig. 35):

I ciśnienie hydrostatyczne: 106,7 at.

I okres przypływu: 92,5–95,1 at., czas 10 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 95,1–96,5 at., czas 60 min.

II okres przypływu: 94,3–95,9 at., czas 60 min.

II okres odbudowy ciśnienia: 95,9–97,4 at., czas 90 min.

II ciśnienie hydrostatyczne: 104,8 at.

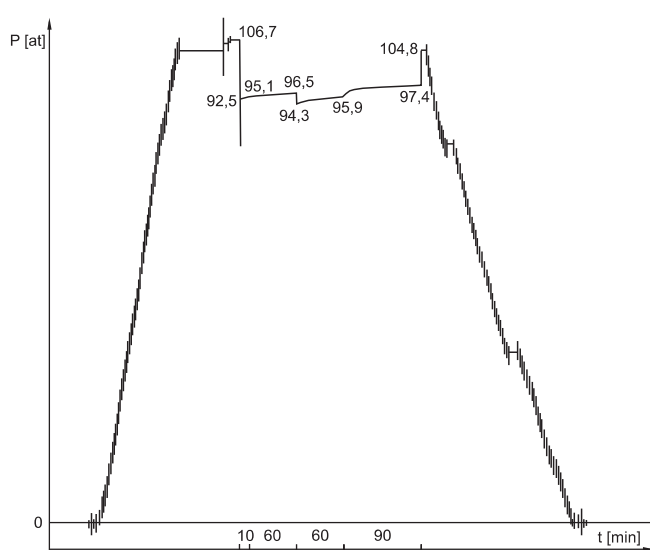


Fig. 35. Opróbowanie poziomu 957,5–1041,0 m

Testing of 957.5–1041.0 m interval

Podczas trwającego 70 min. summarycznego czasu przypływu do przewodu wiertniczego nad próbnikiem wpłynęło $5,88 \text{ m}^3$ płuczki i wody. Średni przypływ wyniósł $5,04 \text{ m}^3/\text{h}$. Płyn w przewodzie wiertniczym zaobserwowano na głębokości 52 m p.p.t. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe określono na 98 at. Efektywny współczynnik przepuszczalności wynosił $k = 620 \text{ mD}$, a wskaźnik wydajności otworu $WW = 57, \text{ m}^3/24\text{h}/\text{lat.}$ Wartość skin efektu wynosi $S = -5$, co świadczy, że badany poziom nie został uszkodzony przez płuczkę podczas wiercenia. Promień zasięgu badania wyniósł $R = 80 \text{ m}$.

Podczas opróbowania pobrano próbkę wody w celu wykonania analizy chemicznej (tab. 14). Wodę określono jako 0,35% wodę średnizmineralizowaną Cl–Na. Sucha pozos-

Tabela 14

Wyniki analizy wody z poziomu 957,5–1040,0 m

Water analysis – 957.5–1040.0 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	10245,00	54,16	94,269
K ⁺	26,00	0,66	1,157
Ca ²⁺	47,39	2,36	4,116
Mg ²⁺	3,20	0,26	0,458
Fe ²⁺	0,00	0,00	0,000
Razem	1 321,59	57,44	100,000
Aniony			
Cl ⁻	1 0758,96	49,62	81,607
Br ⁻	1,82	0,02	0,037
I ⁻	0,00	0,00	0,000
HCO ₃ ⁻	680,99	11,16	18,356
SO ₄ ²⁻	0,00	0,00	0,000
Razem	2 441,77	60,80	100,000
Łącznie kationy i aniony	3 763,36		

tałość wynosiła $3,5 \text{ g/dm}^3$, ciężar właściwy $1,0028 \text{ g/cm}^3$, a $p_H = 6$.

Obliczono stosunki jonowe:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 1,09 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 967$$

Opróbowany poziom: 2770,0–2800,5 m – perm (cechsztn); wapienie, dolomity, anhydryty

Przypływ solanki.

Średni przypływ $Q = 2,625 \text{ m}^3/\text{h}$

Ciśnienie złożowe $P_z = 366 \text{ at.}$ (wyekstrapolowane)

Poziom opróbowano 11.12.1971 r. rurowym próbnikiem złoża. Zastosowano metodę dwukrotnego odcięcia przypływu (fig. 36):

I ciśnienie hydrostatyczne: $353,62 \text{ at.}$

I okres przypływu: $4,56\text{--}39,11 \text{ at.}$, czas 20 min.

I okres odbudowy ciśnienia: $39,11\text{--}354,28 \text{ at.}$, czas 40 min.

II okres przypływu: $42,41\text{--}115,63 \text{ at.}$, czas 60 min.

II okres odbudowy ciśnienia: $115,63\text{--}351,15 \text{ at.}$, czas 80 min.

II ciśnienie hydrostatyczne: $353,62 \text{ at.}$

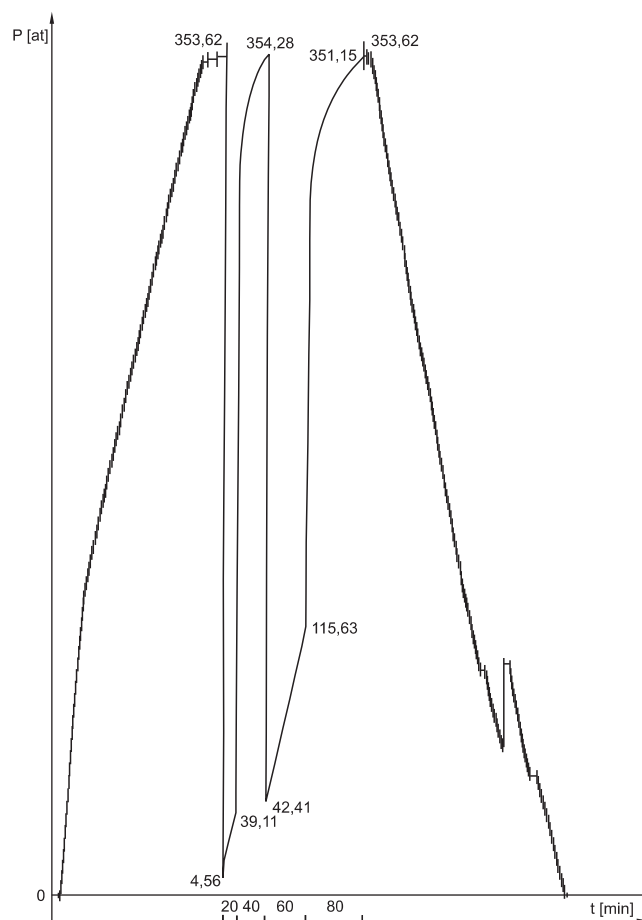


Fig. 36. Opróbowanie poziomu 2770,0–2800,5 m

Testing of 277.0–2800.5 m interval

W łącznym czasie przypływu trwającym 80 min do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło $3,5 \text{ m}^3$ solanki zgazowanej gazem palnym. Średni przypływ wyniósł $2,625 \text{ m}^3/\text{h}$. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe wyniosło 366 at. Ciśnienie złożowe jest wyższe od ciśnienia hydrostatycznego, co należy tłumaczyć wpływem plastycznych mas solnych cechszynu. Efektywny współczynnik przepuszczalności wynosił $k = 0,82 \text{ mD}$, wskaźnik wydajności otworu $WW = 0,025 \text{ m}^3/24\text{h}/1\text{at.}$, a skin efekt $S = -1,04$. Opróbowany poziom nie został uszkodzony. Promień zasięgu badania wyniósł $R = 30 \text{ m}$.

Podczas opróbowania pobrano próbę solanki w celu wykonania analizy chemicznej (tab. 15). Solankę określono jako 37% wodę (solankę) Cl-Ca-Na, Fe, I . Sucha pozostałość wynosiła 370 g/dm^3 , ciężar właściwy $1,2661 \text{ g/cm}^3$, a $pH = 6$. Analiza spektralna wykazała obecność Cu, Be, Sr i Li . Nie stwierdzono obecności $\text{Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mo, Cr i V}$. Stosunki jonowe przedstawiają się następująco:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 0,25 \quad \frac{r_{\text{SO}_4} \times 100}{r_{\text{Cl}}} = 0,04 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 65,4$$

Z głowicy próbnika pobrano próbę gazu palnego (tab. 16). Zawartość węglowodorów wynosi $39,25\% \text{ obj.}$, w tym metanu $36,9544\% \text{ obj.}$. Zawartość argonu wynosi $0,0640\% \text{ obj.}$, a helu $0,4228\% \text{ obj.}$

Opróbowany poziom 3015,3–3028,5 m – perm (cechsztn); wapienie, anhydryty

Brak przypływu.

Opróbowanie wykonywano 07.01.1972 r. przy użyciu rurowego próbnika złoża. W trakcie I okresu przypływu zrezygnowano z kontynuowania badań z powodu przychwycenia próbnika. Podczas okresu przypływu trwającego 20 min. nie zaobserwowano objawów dopływu. W przewodzie wiertniczym stwierdzono obecność 100 dm^3 płuczki. Badanie uznano za nieudane, uniemożliwiające przeprowadzenie obliczeń parametrów złożowych, przyjęto jedynie, że badany poziom charakteryzuje się brakiem właściwości zbiornikowych. Z odgazowania płuczki uzyskano próbkę gazu (tab. 17). Azot występuje w ilości $85,0\% \text{ obj.}$, węglowodory w niewielkiej ilości – $0,8713\% \text{ obj.}$, dwutlenek węgla w ilości $9,6131\% \text{ obj.}$, a argon w ilości $0,8643\% \text{ obj.}$ Suma składników palnych wynosi $4,5032\% \text{ obj.}$

Badania próbnikiem kablowym przeprowadzono w dn. 11–12.10.1971 r. oraz 6–7.11.1971 r. Opróbowano 17 horyzontów jury i triasu (tab. 18), stwierdzając brak objawów bitumiczności. Pobrano 11 próbek gazu rozpuszczonego w płuczce i wodzie złożowej. Wykonane analizy gazu wykazały śladową obecność węglowodorów w ilości $0,001805\text{--}0,879249\% \text{ obj.}$. W jednej próbce stwierdzono $3,734629\% \text{ obj.}$ węglowodorów. Ilości te nie wskazują na obecność poziomów gazo- i roponośnych (tab. 19).

Tabela 15**Wyniki analizy wody z poziomu 2770,0–2800,5 m**

Water analysis – 2770.0–2800.5 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	36 200,00	1 547,00	94,269
K ⁺	6 750,00	172,00	1,157
Ca ²⁺	73 031,00	3 644,00	4,116
Mg ²⁺	11 022,00	906,00	0,458
Fe ²⁺	321,00	7,00	0,000
Razem	127 324,00	6 303,00	100,000
Aniony			
Cl ⁻	226 899,00	6 400,00	81,607
Br ⁻	3 471,51	43,00	0,037
I ⁻	20,92	0,16	0,000
HCO ₃ ⁻	2 415,06	39,58	18,356
SO ₄ ²⁻	120,19	2,50	0,000
Razem	232 926,68	6 485,24	100,000
Łącznie kationy i aniony	3 763,36		

Tabela 16**Wyniki analizy gazu z poziomu 2770,0–2800,5 m**

Gas analysis – 2770.0–2800.5 m interval

Składniki	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	36,9544	264,963
C ₂ H ₆	1,7281	23,450
C ₃ H ₈	0,4553	9,170
C ₄ H ₁₀	0,0528	1,425
C ₅ H ₁₂	0,0595	2,059
CO ₂	1,9260	38,077
N ₂	58,3371	729,797
He	0,4228	0,761
Ar	0,0640	1,142
H ₂	ślady	–
Łącznie	100,0000	1 070,844

Tabela 17**Wyniki analizy gazu z poziomu 3015,3–3028,5 m**

Gas analysis – 3015.3–3028.5 m interval

Składniki	Zawartość [% obj.]
CH ₄	0,7124
C ₂ H ₆	0,0479
C ₃ H ₈	0,0393
C ₄ H ₁₀	0,0229
C ₅ H ₁₂	0,0488
CO ₂	9,6131
N ₂	85,0194
He	ślady
Ar	0,8643
H ₂	3,6319
Łącznie	100,0000

Tabela 18

Zestawienie horyzontów opróbowanych próbnikiem kablowym

Tests taken with a wireline formation tester

Głębokość [m p.p.t.]	Data	Stratygrafia	Litologia	Czas badania [min]	Przyływ		
					rodzaj	Ilość [dm³]	zawartość jonu Cl ⁻ [g/dm³]
1967,0	11.10.1971 r.	trias dolny	piaskowiec	15	płuczka	5,5	b.d.
1957,0	11.10.1971 r.			15	woda złożowa + filtrat płuczki	8,0	81,5
1648,0	11.10.1971 r.	jura dolna		15	płuczka	8,0	brak danych
1585,0	11.10.1971 r.			15	woda złożowa + filtrat płuczki	8,0	35,8
1582,0	11.10.1971 r.			15	woda złożowa + filtrat płuczki	8,0	brak danych
1548,0	12.10.1971 r	jura środkowa		15	woda złożowa + filtrat płuczki	8,0	38,7
1530,5	12.10.1971 r			15	woda złożowa + filtrat płuczki	8,0	35,6
1526,5	12.10.1971 r			15	brak przyływu	–	brak danych
2046,5	06.11.1971 r.	trias dolny		15	woda złożowa + filtrat płuczki	7,0	5,3
2006,0	06.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	7,0	7,13
1995,0	06.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	5,0	brak danych
1994,0	06.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	5,0	brak danych
1946,0	07.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	1,0	brak danych
1837,0	07.11.1971 r.	trias górny		brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	4,0	2,95
1836,5	07.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	7,0	2,95
1709,0	07.11.1971 r.	jura dolna		brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	7,0	9,06
1708,0	07.11.1971 r.			brak danych	woda złożowa + filtrat płuczki	7,0	32,0

Tabela 19

Wybrane składniki gazu uzyskanego z odgazowania płynu pobranego próbnikiem kablowym

Some components of natural gas from fluid taken with a wireline formation tester

Głębokość [m p.p.t.]	Wybrane składniki gazu (w czystym gazie)				
	węglowodory	N ₂	Ar	He	CO ₂
1967,0	0,136700	89,388200	0,065800	ślady	10,409300
1957,0	0,166960	60,333950	1,477630	0,05879	37,699170
1648,0	0,061412	79,087855	0,167605	–	20,683128
1582,0	0,032620	82,282350	0,218040	0,01345	17,453540
1548,0	0,081280	59,995120	0,288930	0,02863	39,606040
1530,5	0,001805	87,436574	0,721393	–	11,840228
2006,0	3,734629	92,449735	0,068281	–	3,7473570
1994,5	0,057444	93,388700	0,438600	zawartość śladowa	5,4419000
1946,0	0,017766	95,135500	0,239900	–	4,6068000
1837,0	0,879249	69,617002	0,125166	–	29,378583
1708,0	0,683397	65,148406	0,153215	–	34,016983

OPRÓBOWANIE PO ZAKOŃCZENIU PRAC WIERTNICZYCH

Opróbowany poziom 2553,5–2772,0 m – perm (cechsztyń); sole kamienne, anhydryty, mułowce, margle dolomityczne

Przyływ solanki.

Średni przyływ $Q = 0,62 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ciśnienie złożowe $P_z = 295 \text{ at.}$ (wyekstrapolowane).

Badanie przeprowadzono w dn. 28–29.02.1972 r. rurowym próbnikiem złoża. Opróbowano poziom odsłonięty powyżej stropu korka cementowego, a poniżej buta rur o średnicy 168,3 mm. Zastosowano metodę jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 37).

I okres przyływu: 80,80–283,21 at., czas 760 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 283,21–293,70 at., czas 180 min.

Podczas trwającego 12 godz. i 40 min. przyływu do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło $7,8 \text{ m}^3$ solanki.

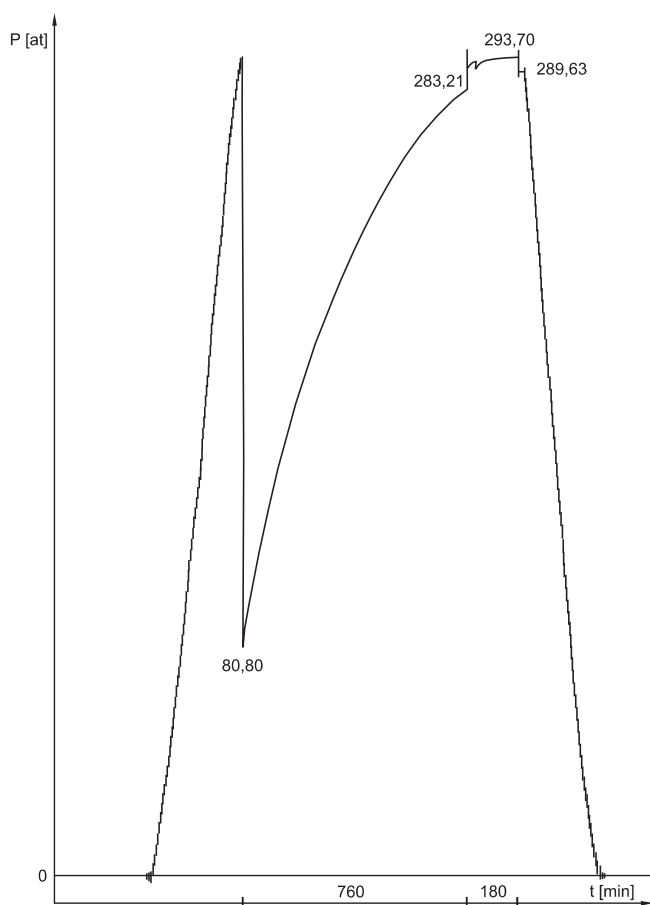


Fig. 37. Opróbowanie poziomu 2553,5–2772,0 m

Testing of 2553.5–2772.0 m interval

ki. Średni przyływ wyniósł $Q = 0,62 \text{ m}^3/\text{h}$. Podczas badania nie zaobserwowano objawów zgazowania. Wartość ciśnienia złożowego określono w wysokości $P_z = 295 \text{ at.}$ Obliczono następujące parametry: efektywny współczynnik przepuszczalności $k = 65 \text{ mD}$, wskaźnik wydajności otworu $WW = 1,24 \text{ m}^3/24\text{h}/\text{at}$, skin efekt $S = +10,4$. Wartość skin efektu wskazuje na uszkodzenie strefy przyodwiertowej. Wskaźnik uszkodzenia wynosi 50%.

Opróbowany poziom 2043,0–2050,0 m – trias dolny (pstry piaskowiec środkowy); piaskowce

Przyływ solanki.

Średni przyływ $Q = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Badania przeprowadzono w dn. 19–29.05.1972 r. Badano poziom odsłonięty poprzez wykonaną 19.05.1972 r. perforację bezpociskową rur $\varnothing 168,3 \text{ mm}$. Spód otworu był zlikwidowany korkiem cementowym.

Bezpośrednio po perforacji z otworu wytłoczono kompresorem 90 m^3 płynu. W dn. 23–25.05.1972 r. dodatkowo szczerpano łyżką wiertniczą 90 m^3 solanki. Zwierciadło solanki w otworze podczas szczerpywania zaobserwowano na głębokości 112 m p.p.t. W dn. 26.05.1972 r. zwierciadło solanki znajdowało się na głębokości 110,5 m. Przeprowadzono intensywne, trwające 1 godzinę szczerpywanie, określając średni przyływ na $Q = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$. Badania zakończono stabilizacją zwierciadła solanki w otworze (tab. 20).

Pobrano próbę solanki w celu określenia składu chemicznego (tab. 21). Solankę określono jako 36% wodę (solankę) $\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Na}$, Fe, I. Sucha pozostałość wyniosła 360 g/dm^3 , cięż-

Tabela 20

Stabilizacja solanki – poziom 2043,0–2050,0 m

Groundwater head measurements – 2043.0–2050.0 m interval

Data	Godzina	Głębokość zwierciadła wody [m]
26.05.1972 r.	9.50	116,00
26.05.1972 r.	10.00	112,40
26.05.1972 r.	10.30	110,30
26.05.1972 r.	11.30	108,90
26.05.1972 r.	13.00	107,70
26.05.1972 r.	15.00	107,50
26.05.1972 r.	18.00	107,50
26.05.1972 r.	22.00	107,30
27.05.1972 r.	2.00	107,10
27.05.1972 r.	10.00	106,30
27.05.1972 r.	22.00	105,00
29.05.1972 r.	6.00	103,10

Tabela 21

Wyniki analizy wody z poziomu 2043,0–2050,0 m

Water analysis – 2043.0–2050.0 m interval

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	50 000,00	2 175,00	34,497
K ⁺	508 000,00	148,31	2,352
Ca ²⁺	64 494,90	3 218,30	51,045
Mg ²⁺	9 233,33	759,53	12,047
Fe ²⁺	69,23	3,72	0,059
Razem	129 597,46	6 304,86	100,000
Aniony			
Cl ⁻	212 066,50	5 982,40	98,063
Br ⁻	3 012,82	37,69	0,618
I ⁻	28,57	0,23	0,004
HCO ₃ ⁻	4 105,61	67,29	1,103
SO ₄ ²⁻	612,52	12,94	0,212
Razem	219 835,02	6 100,55	100,000
Łącznie kationy i aniony	349 432,48		

żar właściwy 1,2528 g/cm³, a pH = 7. Analiza spektralna wykazała obecność Cu, Mn, Ba i Sr. Nie wykryto As, Pb, Mo, Ag, Ni, Co, Zn, Cd i Cr. Określono stosunki jonowe:

$$\frac{r\text{Na}}{r\text{Cl}} = 0,36 \quad \frac{r\text{SO}_4 \times 100}{r\text{Cl}} = 0,22 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 70,39$$

Opróbowany poziom 1607,0–1630,0 m – jura dolna (lias środkowy); piaskowce

Przypływ solanki.

Średni przypływ Q = 31–37 m³/h.

Opróbowanie przeprowadzono w dn. 6–17.06.1972 r. Poziom do badań udostępniono wykonując perforację bezpociskową rur ?168,3 mm. Otwór podczas wykonywania perforacji był zatłoczony wodą słodką. Spód otworu był odizolowany korkiem mechanicznym BOA, zapiętym na głębokości 1700 m. Szczelność korka stwierdzono przy ciśnieniu 80 at.

Dnia 06.06.1972 r. w trakcie zapuszczania do otworu przewodu wiertniczego nastąpił samowypływ solanki. Przeprowadzono wstępne badania wydajności i temperatury wody na wypływie. Badania przeprowadzono w godz. 6.00–12.00. Wydajność przy samowypływie wynosiła 25–38 m³/h, a temperatura wody 32–42°C (tab. 22).

W godzinach 12.00–24.00 wytłoczono kompresorem 90 m³ solanki (3 objętości otworu wiertniczego). W dniu 7.06. 1972 r. przeprowadzono pomiary wydajności przy samowypływie i temperatury wody na wypływie, przy przewodzie wiertniczym zapuszczonym do głębokości 600 m i przy ciśnieniu 50 at. w przestrzeni pierścieniowej (nieodpuszczenie powietrza po kompresowaniu). W godzinach 00.00–10.00 wydajność była stała – wynosiła 42 m³/h, a temperatura solanki wzrastała od 18 do 40°C (tab. 22). O godz. 10.00 odpuszczono powietrze z przestrzeni pierścieniowej, co spowodowało obniżenie zwierciadła solanki w otworze wiertniczym poniżej powierzchni terenu. Po wyciągnięciu przewodu – o godz. 14.30 stwierdzono, że zwierciadło solanki znajdowało się na głębokości 10 m p.p.t. O godz. 17.15 nastąpił ponowny samoczynny wypływ solanki.

Kolejne pomiary wydajności przeprowadzono w dniach 15 i 17.06.1972 r. Przerwa była spowodowana koniecznością opróżnienia wypełnionych płuczką i solanką zbiorników. Wydajność podczas pomiarów wykonywanych 15.06.1972 r. mierzono na przelewie z wycięciem trójkątnym, umieszczonym w korycie płuczkowym ok. 10 m. od otworu wiertniczego. W dn. 15.06. 1972 r. wydajność samowypływu wynosiła 31–37 m³/h, a temperatura solanki stopniowo wzrastała od 15 do 42,5°C (tab. 22). W tym samym dniu, w godzinach 14.00–18.00 prze-

Tabela 22

Pomiary temperatury i wydajność solanki – poziom 1607,0–1630,0 m

Groundwater discharge and temperature measurements – 1607.0–1630.0 m interval

Data	Godzina	Wydajność [m ³ /h]	Temperatura [C°]
06.06.1972 r.	6.00	25	32,0
	7.00	25	34,0
	8.00	28	35,0
	9.00	28	38,0
	10.00	35	40,0
	11.00	35	41,0
	12.00	38	42,0
07.06.1972 r.	00.00	42	18,0
	2.00	42	19,0
	4.00	42	23,0
	6.00	42	32,0
	8.00	42	36,0
	9.00	42	38,0
	10.00	42	40,0
15.06.1972 r.	6.15	31	15,0
	6.30	31–37	20,0
	6.45	31–37	22,0
	7.00	31–37	28,0
	7.15	31–37	34,0
	7.30	31–37	35,0
	7.45	31–37	36,0
	8.15	31–37	38,0
	8.30	31–37	39,0
	8.45	31–37	40,0
	9.00	31–37	40,0
	9.15	31–37	40,5
	9.30	31–37	40,5
	9.45	31–37	41,0
	10.00	31–37	41,0
	10.15	31–37	41,0
	10.30	31–37	41,0
	10.45	31–37	41,0
15.06.1972 r.	11.00	31–37	41,0
	11.15	31–37	41,3
	11.30	31–37	41,6
	11.45	31–37	41,8
	12.00	31–37	42,0
	12.15	31–37	42,0
	13.00	31–37	42,0
	13.30	31–37	42,0
	14.00	31–37	42,5
17.06.1972 r.	9.30	17	22,0
	10.00	25	31,0
	10.30	25	38,0
	11.00	25	40,0
	11.30	25	42,0
	12.00	25	42,0
	12.30	25	42,0
	13.00	25	42,0
	13.30	25	42,0
	14.00	31–37	42,0
	14.30	31–37	42,5
	15.00	31–37	44,0
	15.30	31–37	44,0
	16.00	31–37	44,0
	16.30	31–37	44,0
	17.00	31–37	44,0
	17.30	31–37	44,0
	18.00	31–37	43,0
	18.30	31–37	43,0
	19.00	31–37	43,0
	19.30	31–37	44,0
	20.00	31–37	44,0

prowadzono stabilizację zwierciadła solanki. Poziom hydrostatyczny znajdował się na wysokości 13 m ponad poziomem terenem.

W dn. 17.06.1972 r. wydajność samowypływu mierzono skrzynią przelewową z wycięciem trójkątnym. Wydajność wzrastała od 17 do 31–37 m³/h, a temperatura solanki na wypływie od 22 do 44°C (tab. 22).

Pobrano dwie próbki solanki w celu oznaczenia składu chemicznego. Solankę analizowaną w Laboratorium Instytutu Geologicznego określono jako 7,8% wodę (solankę) Cl–Na, I (tab. 23). Sucha pozostałość wynosiła 78,18 g/dm³, ciężar właściwy 1,055 g/cm³, pH = 6,0. Analiza spektralna wykazała obecność Cu, Ba i Sr. Nie wykryto As, Pb, Mo, Mn, Ag, Ni, Co, Zn, Cd i Cr. Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{rNa}{rCl} = 0,88 \quad \frac{rSO_4 \times 100}{rCl} = 0,98 \quad \frac{Cl}{Br} = 333$$

Solankę badaną w Biurze Projektów Balneoprojekt scharakteryzowano jako 7,8% wodę (solankę) Cl–Na, I, B. Suma składników stałych wynosiła 77,7 g/dm³, a odczyn pH = 5,98 (tab. 24).

Po zakończeniu opróbowania otwór zatłoczono do wierzchu płuczką wiertniczą, zabezpieczono głowicą niskociśnieniową i przekazano Prezydium Powiatowej Rady Narodowej w Grudziądzu, celem wykorzystania wód termalnych występujących w poziomie jury dolnej.

W celu wykorzystywania solanki termalnej utworzono spółkę Geotermia Marusza Sp. z o.o. Na zlecenie tej spółki w roku 2002 udrożniono otwór wiertniczy (fig. 38). Aby udokumentować zasoby eksploatacyjne przeprowadzono próbne pompowanie. Wykonawcą prac była firma Hydrogeowiert Sp. z o.o. z Grudziądza. Pompowanie prowadzono pompą głębinową typu Grundfos SP.60.5, a do określenia wydajności użyto skrzyni przelewowej z wycięciem trójkątnym. Uzyskano następujące wyniki (fig. 39):

$$\begin{aligned} QI &= 15,19 \text{ m}^3/\text{h}, SI = 12,50 \text{ m}; \\ QII &= 19,44 \text{ m}^3/\text{h}, SII = 22,23 \text{ m}; \\ QIII &= 27,70 \text{ m}^3/\text{h}, SIII = 51,80 \text{ m}. \end{aligned}$$

Po pompowaniu przeprowadzono stabilizację zwierciadła solanki. Po 8 godzinach od zakończenia pompowania, podczas którego temperatura solanki wynosiła 40,5°C, zwierciadło solanki ustabilizowało się na wysokości 14,6 m powyżej powierzchni terenu. Po 24 godzinach, gdy temperatura solanki obniżyła się do 17°C, zwierciadło ułożyło się na poziomie 9,1 m powyżej powierzchni terenu. Pomiary wykonano czułym manometrem (odczyty z dokładnością do 0,05 bara). Porównanie wyników badań z 1972 r. z próbnym pompowaniem z 2002 r. wykazało spadek wydajności jednostkowej o 57%. Spadek ten jest przypuszczalnie spowodowany kolmatacją chemiczną perforowanego odcinka rur o średnicy 168,3 mm. Skład chemiczny solanki od 1972 r. nie uległ zmianie (tab. 25) (Sierżęga, Tomaszewski, 2002).

Tabela 23

**Wyniki analizy solanki z poziomu 1607,0–1630,0 m
(wg Laboratorium Instytutu Geologicznego)**

Water analysis – 1607.0–1630.0 m interval (after Laboratory of the Geological Institute)

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	26 500,00	1 152,75	84,569
K ⁺	232,00	5,93	0,435
Ca ²⁺	2 598,91	129,69	9,514
Mg ²⁺	907,81	74,68	5,479
Fe ²⁺	0,67	0,04	0,003
Razem	30 239,39	1 363,09	100,000
Aniony			
Cl [−]	46 585,10	1 314,17	98,617
Br [−]	139,74	1,75	0,131
I [−]	4,29	0,03	0,003
HCO ₃ [−]	226,41	3,71	0,278
SO ₄ ^{2−}	612,52	12,94	0,971
Razem	47 577,06	1 332,60	100,000

Tabela 24

**Wyniki analizy solanki z poziomu 1607,0–1630,0 m
(wg Laboratorium BP Balneoprojekt, 1972 r.)**

Water analysis – 1607.0–1630.0 m interval (after BP Balneoprojekt Laboratory, in 1972)

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	26 000,00	1 130,58	84,35
K ⁺	190,00	4,86	0,36
Li ⁺	ślady	–	–
NH ₄ ⁺	24,00	1,33	0,10
Ca ²⁺	2 510,61	125,28	9,35
Mg ²⁺	893,03	73,44	5,48
Sr ²⁺	205,00	4,68	0,35
Fe ²⁺	4,20	0,15	0,01
Mn ²⁺	0,70	0,03	0,00
Razem	29 827,54	1 340,35	100,000
Aniony			
Cl ⁻	47 020,00	1 326,13	98,94
Br ⁻	136,50	1,71	0,13
I ⁻	3,37	0,03	0,00
SO ₄ ²⁻	440,00	9,16	0,68
HCO ₃ ⁻	202,88	3,32	0,25
Razem	47 802,75	1 340,35	100,00
Łącznie kationy i aniony	77 630,29		
H ₂ SiO ₃	18,20		
HBO ₂	64,80		



Zasoby eksploatacyjne poziom 1607,0–1630,0 m ustalono w ilości 20 m³/h, przy depresji 23 m. Typ wody określono na 7,94% Cl–Na, Br, I, Fe, HBO₂. Temperatura na wypływie wynosiła 40,5°C. (zawiadomienie o przyjęciu dokumentacji geologicznej przez Ministra Środowiska nr DG/kdh/JC/489-6401/6128/2002 z dn. 8.11.2002 r.). Wody zostały uznane za lecznicze Rozporządzeniem Rady Ministrów z dn. 14.02.2006 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczanych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin pospolitych (Dz.U. Nr 32, 2006 r., poz. 220).



**Fig. 38. Głowica otworu wiertniczego Grudziądz IG 1
(fot. K. Kalitka)**

Tubing head of Grudziądz IG 1 borehole (phot. K. Kalitka)

Tabela 25

Wyniki analizy solanki z poziomu 1607,0–1630,0 m (wykonane przez Laboratorium BP Balneoprojekt w roku 2002)

Brine analysis – 1607.0–1630.0 m (made by BP Balneoprojekt Laboratory in 2002)

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	26 6000,0000	1 157,03	84,49
K ⁺	198,0000	5,06	0,37
Li ⁺	1,0000	0,19	0,01
NH ₄ ⁺	28,5000	1,58	0,12
Be ²⁺	<0,0060	–	0,00
Ca ²⁺	2557,3000	127,62	9,32
Mg ²⁺	899,3000	74,00	5,41
Ba ²⁺	0,8000	0,01	0,00
Sr ²⁺	150,0000	3,42	0,25
Fe ²⁺	12,5400	0,45	0,03
Mn ²⁺	0,8200	0,03	0,00
Ag ⁺	0,0130	0,00	0,00
Zn ²⁺	<0,0600	–	0,00
Cu ²⁺	0,0830	0,00	0,00
Ni ²⁺	<0,0030	–	0,00
Co ²⁺	<0,0060	–	0,00
Pb ²⁺	<0,0100	–	0,00
Hg ²⁺	<0,0010	–	0,00
Cd ²⁺	0,0005	0,00	0,00
Sb ²⁺	<0,0050	–	0,00
Se ²⁺	0,0040	–	0,00
Al ³⁺	0,0480	0,01	0,00
Cr ⁴⁺	<0,0060	–	0,00
Mo ⁴⁺	<0,0030	–	0,00
V ⁴⁺	<0,0060	–	0,00
Zr ⁴⁺	<0,0060	–	0,00
Razem		1 369,40	100,00
Aniony			
F ⁻	0,330	0,02	0,00
Cl ⁻	47 932,000	1 352,00	98,75
Br ⁻	133,200	1,67	0,12
I ⁻	3,590	0,03	0,00
SO ₄ ²⁻	579,400	12,06	0,88

Tabela 25 cd.

Składniki	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Aniony			
HCO ₃ ⁻	204,410	3,35	0,25
CO ₃ ²⁻	0,000	0,00	0,00
NO ²⁻	<0,005	–	0,00
NO ₃ ⁻	nie oznaczono		
S ²⁻	<0,050	–	0,00
CN ⁻	<0,010	–	0,00
HAsO ₄ ²⁻	<0,010	–	0,00
Razem		1 369,13	100,00
H ₂ TiO ₃	<0,005 mg/dm ³		
H ₂ SiO ₃	23,4 mg/dm ³		
HBO ₂	73,6 mg/dm ³		
Suma składników stałych	79 398,634 mg/dm3		
Zanieczyszczenia organiczne			
ChZT /O2/	nie oznaczono		
Fenole	<0,002 mg/dm ³		
Detergenty anionowe reagujące z błękitem metylowym	<0,01 mg/dm ³		
DDT i jego metabolity	<0,0002 mg/dm ³		
Benzo/a/piren	<10 ng/dm ³		
Suma WWA	<100 ng/dm ³		
Węglowodory alifatyczne	0,000 mg/dm ³		

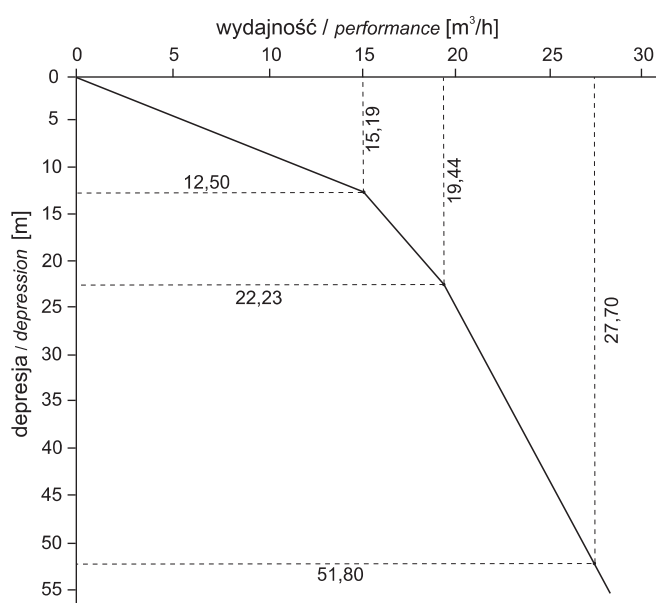


Fig. 39. Wykres zależności wydajności od depresji (poziom 1607,0–1630,0 m)

Discharge-drawdown curve (1607.0–1630.0 m interval)

Eksploracja solanki odbywa się na podstawie udzielonej na 20 lat koncesji wydanej przez Wojewodę Kujawsko-Pomorskiego. Koncesją ustanowiono zarazem obszar i teren górniczy Marusza o powierzchni 3,49 ha (koncesja nr WSiR-III-TK/7412/11/05 z dn. 10.06. 2005 r.).

PODSUMOWANIE

W wyniku opróbowania dokonano oceny poziomów zbiornikowych pod kątem możliwości zachowania się złóż węglowodorów. Wyniki badań przeprowadzonych przy użyciu próbników kablowych nie wykazały wystąpień bituminów w utworach triasu i jury.

Badania wykonane rurowym próbnikiem złoże wykazały natomiast występowanie solanki z wolnym gazem palnym w dolomicie głównym cechsztynu. Korzystne warunki dla zachowania się złóż bituminów stwierdzono w utworach cechsztynu oraz w pstrym piaskowcu, na co wskazuje występowanie w tych poziomach solanek prawie nasyconych, o bardzo wysokim stopniu metamorfizmu, przy znacznej zawartości składników biofilnych.

Stwierdzono występowanie progu hydrochemicznego w utworach triasu, co wskazuje na istnienie wyraźnej dwudzielności basenu na strefę stagnacji i strefę wzmagającej się wymiany wód. Wyraża się to nieregularnym wzrostem mineralizacji wód wraz z głębokością. Wody występujące w utworach kredy dolnej charakteryzują się mineralizacją 3,5 g/dm³, jury dolnej 79 g/dm³, a pstrego piaskowca 360 g/dm³ i cechsztynu 370 g/dm³.

Z poziomu wodonośnego jury dolnej ujęto 7,94% solankę, osiągającą na wypływie temperaturę 40,5°C. Solanka ta jest wykorzystywana do celów rekreacyjno-leczniczych

Dn. 1.09.2009 r. nazwa spółki Geotermia Marusza Sp. z o.o. uległa zmianie na Geotermia Grudziądz Sp. z o.o. Spółka ta eksploatuje otwór wiertniczy, a solanka jest wykorzystywana w zakładzie geotermalnym do celów rekreacyjnych i leczniczych.

w Zakładzie Medycyny Fizykalnej i Balneologii (fig. 40), utworzonym przy Regionalnym Szpitalu Specjalistycznym w Grudziądzu.

Geotermia Grudziądz Sp. z o.o. dysponuje znacznymi nadwyżkami solanki. Zasoby eksploatacyjne wynoszą 175 200 m³/r. Wydajność poboru solanki z ujęcia wody Grudziądz IG I na przestrzeni lat 2004–2009 przedstawiono w tabeli 26.

Tabela 26

Tabela wydajności poboru solanki z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1

Brine discharge rate from Grudziądz IG 1 borehole

Rok	Wydajność [m ³ /r]
2004	0
2005	49
2006	3732
2007	7885
2008	5827



Fig. 40. Budynek Zakładu Medycyny Fizykalnej i Balneologii oraz Piramida Solna z tężnią solankową (fot. K. Kalitka)

The building of the Department of Physical Medicine and Balneology and the salt Pan House Pyramid (phot. K. Kalitka)

Arkadiusz KRAWIEC

WODY LECZNICZE Z OTWORU WIERTNICZEGO GRUDZIĄDZ IG 1

W rejonie Grudziądza lecznicze wody termalne rozpoznane zostały otworami wiertniczymi Grudziądz IG 1 oraz Grudziądz 2 (fig. 1). Do celów leczniczych wykorzystywana jest obecnie solanka z ujęcia Grudziądz IG 1. Jest to 7,62% woda hipotermalna, chlorkowo-sodowa (solanka), jodkowa, żelazista. Jej temperatura na wypływie podczas próbnych pompowań w 2002 r. wynosiła 40,5°C. Poniżej, wzorem Kurlowa (Pazdro, 1983), przedstawiono skład chemiczny wody z tego ujęcia na podstawie analizy z 2009 r.:

$$I^{3,5} Fe^{10,5} M^{76,2} \frac{Cl^{98,9}}{Na^{84,1} Ca^{9,1} Mg^{6,0}} T^{40,5}$$

- zawartość I i Fe w mg/dm³;
- jony główne w % mval/dm³;
- *M* – mineralizacja w g/dm³;
- *T* – temperatura w °C.

Otwór wiertniczy Grudziądz IG 1 przystosowano do poboru solanki z warstw jury dolnej z głębokości 1607–1630 m. Drugi z otworów wiertniczych – Grudziądz 2, został wykonany około 1400 m na północny zachód od ujęcia Grudziądz IG 1, w miejscowości Węgrowo w 1987 r. Do chwili obecnej nie jest eksploatowany.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Na powierzchni terenu, w obrębie Kotliny Grudziądzkiej, występują głównie piaski rzeczne. Na wschód od analizowanego obszaru znajduje się wysoczyzna morenowa pokryta glinami lodowcowymi (Uniejewska, Nosek, 1982a, b). Osady czwartorzędowe w profilu głębokiego otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 mają miąższość 31 m. Są to drobnoziarniste piaski.

Na obszarze Kotliny Grudziądzkiej poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym występuje w piaskach i żwirach. Jest to główny poziom użytkowy w tym rejonie, którego miąższość wynosi 15–25 m. Zwierciadło wody występuje najczęściej na głębokości 3–8 m.

Osady neogenu i paleogenu w rejonie Grudziądza mają miąższość około 150 m. Są to: mułki, węgle brunatne, ropy i piaski miocenu oraz gezy piaszczyste i wapieniste paleocenu. Na analizowanym obszarze wody tego piętra nie są eksploatowane ze względu na złą jakość.

Osady kredy w rejonie Grudziądza występują na głębokości od 181 do 1140 m (fig. 4). Poziom wodonośny w obrębie warstw kredy jest słabo rozpoznany. Ze względu na podwyższoną zawartość jonu Cl⁻, wynoszącą około kilkaset mg/dm³, nie jest on powszechnie użytkowany. Podczas wiercenia otworu Grudziądz IG 1 na głębokości 957–1041 m w warstwach kredy (alb–cenoman) uzyskano dopływ około 5 m³/h wody, o mineralizacji 3,5 g/dm³.

Osady jury na analizowanym obszarze osiągają miąższość około 575 m. Występują one do głębokości 1715 m. W war-

stwach jury dolnej, w otworze wiertniczym Grudziądz IG 1, na głębokości 1607–1630 m, a w otworze wiertniczym Grudziądz 2 na głębokości 1672–1708 m, została ujęta warstwa wodonośna z termalną solanką chlorkowo-sodową, o mineralizacji około 80 g/dm³.

W otworze wiertniczym Grudziądz IG 1 warstwy triasu są reprezentowane przez osady retyku, wapienia muszlowego i pstręgo piaskowca. Miąższość warstw triasu w rejonie Grudziądza wynosi 726 m. Pod osadami mezozoicznymi znajdują się skały cechsztynu i syluru.

Po zakończeniu wiercenia otworu Grudziądz IG 1, na głębokości 2043–2050 m, opróbowano poziom wodonośny, występujący w piaskowcach triasu dolnego. Uzyskano dopływ solanki chlorkowo-wapniowo-sodowej w ilości 3,6 m³/h. Zwierciadło wody ustabilizowało się na głębokości 106,6 m (Bojarski, 1989).

Duża wydajność poziomu wodonośnego w obrębie utworów jury dolnej i jego dobre właściwości hydrogeologiczne zadecydowały, że w rejonie Grudziądza poziom ten ujęto do celów praktycznych. Na analizowanym obszarze miąższość piaskowców jury dolnej przekracza 100 m.

W czerwcu 1972 r. przeprowadzono prace badawcze w ujęciu Grudziądz IG 1, a następnie otwór został wypełniony płuczką wiertniczą. Przez 30 lat ujęcie nie był on eksploatowany. W latach 2001–2002 przeprowadzono prace renowacyjne. Od 2005 r. ujęcie eksploatuje solankę do celów balneoterapii.

WYNIKI BADAŃ

Wyniki analiz chemicznych wód z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 z lat 1972–2009 zestawiono w tabeli 27. Szczegółowe analizy chemiczne wód wykonane zostały w Laboratorium Zakładu Ochrony Wód Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach oraz w Państwowym Zakładzie Higieny w Poznaniu. W 2006 r. wykonane zostały oznaczenia izotopowe wody

z ujęcia Grudziądz IG 1 (Krawiec, 2009). Badania te przeprowadzono w Laboratorium Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Podczas próbnego pompowania otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 w 2002 r., wydobyto ponad 1600 m³ wody (Tomaszewski, 2002; Krawiec, 2007), uzyskując następujące dane:

- wydajność określono na 20 m³/h, przy depresji 23 m. Próbną pompowanie przeprowadzono z maksymalną wydajnością 27,7 m³/h, przy depresji 51,8 m. Przy samowypływie wydajność otworu wiertniczego wynosiła 15,2 m³/h, a zwierciadło wody ustabilizowało się 14,6 m nad powierzchnią terenu;
- temperatura wody na wypływie osiągnęła wartość 40,5°C;
- na podstawie analizy z 2002 r. wodę z ujęcia Grudziądz IG 1 w Maruszy określono jako: woda hipertermalna chlorkowo-sodowa, 7,9% solanka, jodkowa, żelazista.

Porównując dane z lat 1972 i 2002, zwraca uwagę fakt znacznego zmniejszenia wydajności otworu, dochodzące do ponad 57%. Spowodowane jest to prawdopodobnie kolmatacją strefy przyfiltrównej poprzez długoletnie zaleganie płuczki łożowej w otworze. Wyniki analiz chemicznych wskazują na stałość składu badanej wody. Jak wynika z analiz chemicznych z 1972 r. oraz z lat 2002–2009, dla większości składników wahania są niewielkie i wynoszą około 1–3%. Największe różnice dotyczą zawartości siarczanów i żelaza, którego wzrost do ponad 10 mg/dm³ powoduje zaklasyfikowanie tej wody jako woda lecznicza żelazista.

W otworze wiertniczym Grudziądz IG 1 obniżeniu uległa temperatura wody na wypływie, co jest spowodowane najprawdopodobniej zmniejszeniem się wydajności otworu i związanym z tym spowolnieniem przepływu wody ze złoża na powierzchnię terenu, co przyczynia się do obniżenia temperatury o 3,5°C. Obecnie, woda lecznicza z otworu eksploatacyjnego Grudziądz IG 1 pobierana jest w ilości około 12–17 m³/dobę, przez co jej temperatura na wypływie najczęściej osiąga 12–16°C. Jedynie podczas napełniania basenów kąpielowych, przy zwiększonym poborze solanki, temperatura wody wzrasta do 20–22°C.

Wartość wskaźnika rNa^+/rCl^- w wodach paleoinfiltracyjnych jest niższa od 1, a nawet może być niższa niż 0,86 i jest typową wartością nieprzeobrażonych wód morskich. Dla wód z ujęcia Grudziądz IG 1 w Maruszy wskaźnik ten wynosi 0,86 (tab. 28). Skład chemiczny wód paleoinfiltracyjnych mógł ulec przeobrażeniu wskutek długotrwałego oddziaływania woda–skała. W wodach tych w warunkach kontaktu z minerałami ilastymi i wapieniami ośrodka skalnego zachodzi zazwyczaj wymiana jonów Na^+ na Ca^{2+} , wynikiem czego jest wzbogacenie wód w jon Ca^{2+} .

Tabela 27

Parametry fizykochemiczne wód z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1
Physical and chemical properties of water samples from Grudziądz IG 1 borehole

Data badania	Składnik [mg/dm ³]											
	pH	TDS	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Fe _{og}	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Br ⁻	I ⁻
09.06.1972 r. ¹	6,0	77 700	26 000	2 510	893	190	4,2	47 020	440	202	136	3,4
20.02.2002 r. ²	6,6	79 400	26 600	2 557	899	198	12,5	47 932	579	204	133	3,6
21.02.2006 r. ³	7,6	79 420	26 900	2 435	918	183	9,8	48 212	547	183	–	2,8
24.11.2006 r. ²	6,5	77 640	24 830	2 826	954	326	14,2	46 440	554	198	134	1,0
15.09.2009 r. ³	6,2	76 164	25 520	2 404	960	197	10,5*	46 085	510	187	67	3,5

Tabela 28

Wybrane wskaźniki hydrochemiczne w badanych próbkach wód z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1
Some ion ratios of the mineralized groundwater from Grudziądz IG 1 borehole

Data badania	$r [Na^+ + K^+ / Cl^-]$	$r [Na^+ / (Na^+ + Cl^-)]$	$r [Na^+ / (Na^+ + Cl^-)]$	Cl ⁻ /Br ⁻	Br ⁻ /I ⁻	$r [SO_4^{2-} \times 100 / Cl^-]$
09.06.1972 r.	0,86	0,85	0,46	345	40	0,69
18.02.2002 r.	0,86	0,86	0,6	360	37	0,89
15.09.2009 r.	0,86	0,85	0,46	688	19	0,82

r – wartości w milivalach (meg)

r – values in milival (meg)

Zgodnie z ogólnie przyjętymi poglądami wartości wskaźnika hydrochemicznego Cl/Br poniżej 300 wskazują na występowanie reliktowych wód morskich, natomiast wartości powyżej 300 na infiltracyjne pochodzenie wód. Wartość wskaźnika hydrochemicznego Cl/Br w poszczególnych analizach wynosi od 345 do 688. W wodach paleoinfiltracyjnych, można spotkać różne wartości wskaźnika Cl/Br, zarówno poniżej jak i powyżej 300. W wodach tych wskaźnik Cl/Br może maleć wskutek przeobrażenia. Jednocześnie należy zaznaczyć, że nie wyklucza to możliwości istnienia domieszki wód morskich. W analizowanej wodzie zawartość bromu jest wyższa niż w wodach morskich i wynosi od 67 do 136 mg/dm³ (tab. 27). Podobnie jest ze stężeniami jodu. Jego zawartość w badanej wodzie wynosi najczęściej około 3,5 mg/dm³. Są to stężenia wyższe niż w wodach morskich, ale wielokrotnie niższe niż, np. w wodach sedimentacyjnych badanu. Wyniki te wykluczają dominację sedimentacyjnych wód morskich w badanej wodzie.

Wartości oznaczeń składu izotopowego w wodzie z warstw jury dolnej z ujęcia Grudziądz IG 1 w Maruszy wy-

noszą $\delta^{18}\text{O} = -4,4\text{‰}$ i $\delta\text{D} = -37,1\text{‰}$. Oznaczenia składu izotopowego przeprowadzone zostały także w próbce wody z otworu wiertniczego Grudziądz 2. Wartości oznaczeń izotopów stabilnych $\delta^{18}\text{O}$ i δD w wodzie z warstw jury dolnej otworu wiertniczego Grudziądz 2 wyniosły odpowiednio $-4,4\text{‰}$ oraz $-37,6\text{‰}$. Wartości te są zbliżone do oznaczeń wykonanych w 1988 r. (Zuber, Grabczak, 1991).

Wyniki oznaczeń izotopowych termalnych wód mineralnych z rejonu Grudziądza są niższe niż wartości otrzymane dla wód leczniczych z termy nr 16 z Ciechocinka (Krawiec, 1999) (fig. 41). Wody z otworów wiertniczych Grudziądz IG 1 i Grudziądz 2 należą do wód paleoinfiltracyjnych, o długim czasie przebywania w ośrodku skalnym. Są to wody znajdujące się w strefie utrudnionej wymiany, o czym świadczą wskaźniki hydrochemiczne i wyniki analiz izotopowych. Należy także zaznaczyć, że występujące na znacznej głębokości wody lecznicze z ujęcia Grudziądz IG 1 są bardzo słabo odnawialne.

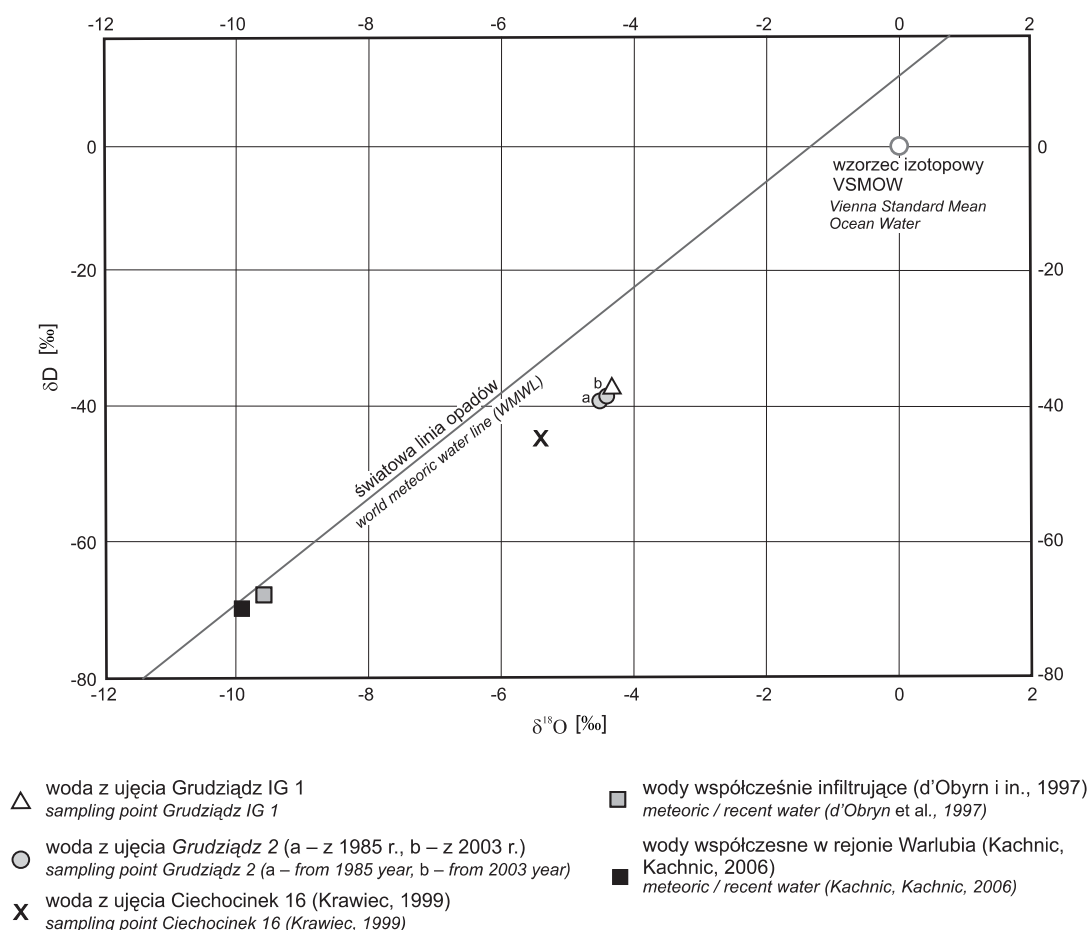


Fig. 41. Izotopy stabilne tlenu i wodoru w badanych wodach z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 (Krawiec, 2009)

Stable O and H isotopes in the groundwater from Grudziądz IG 1 borehole (Krawiec, 2009)

WYKORZYSTANIE SOLANKI

W 2005 r., do utworzonego przy Szpitalu w Grudziądzu ośrodka balneologicznego doprowadzono rurociągiem solankę z ujęcia Grudziądz IG 1.

Wykonana w 2006 i 2009 r. przez Państwowy Zakład Higieny w Poznaniu ocena jakości i przydatności solanki termalnej z otworu wiertniczego Grudziądz IG 1 (Latour, 2006, 2009), wskazuje na jej główną przydatność do kąpieli leczniczych. W stanie naturalnym woda może być wykorzystywana do kąpieli indywidualnych w wannach. Po jej rozcieńczeniu wodą destylowaną do stężenia 0,9–1,5% może być także stosowana do inhalacji. Wykorzystanie solanki do kąpieli basenowych (zabiegi zbiorowe) wymaga rozcieńczenia do stężenia około 3%.

Solanka z ujęcia Grudziądz IG 1 w Maruszy (fig. 42) jest wykorzystywana w Zakładzie Medycyny Fizykalnej i Balneologii Geotermii Grudziądz do przeprowadzania następujących zabiegów: kąpieli w solance w wannach, kąpieli solankowych kończyn górnych i dolnych, masażu wirowego kończyn w solance, masażu podwodnego i perełkowego w solance, inhalacji so-

lankowych indywidualnych oraz inhalacji grupowych w tężni solankowej w Piramidzie Solnej (fig. 40, 43), w której przeprowadza się inhalacje aerozolem sporządzonym z solanki. W Zakładzie Medycyny Fizykalnej i Balneologii Geotermii Grudziądz udostępniony jest kompleks basenów solankowych (fig. 44) oraz tzw. Grota Solankowa (fig. 45), w której stężenie solanki wynosi 3%. Obok ośrodka balneologicznego otwarto ogólnodostępne baseny solankowe z solanką o różnym stężeniu, umożliwiające korzystanie z kąpieli zarówno dzieciom, jak i dorosłym. W basenach temperatura wody osiąga 30–32°C, a stężenie solanki wynosi: 2% w brodziku dla dzieci, 3% w basenie głównym i basenie z przeciwpływem oraz 7,6% w basenie zewnętrznym z rozsuwanym dachem (fig. 46).

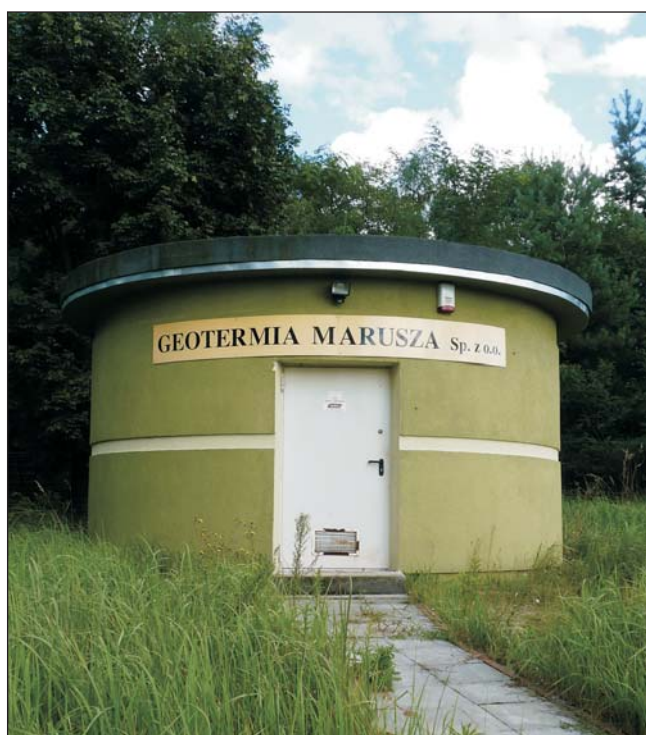


Fig. 42. Ujęcie solanki w Maruszy (fot. A. Krawiec)

The brine well at Marusza (phot. A. Krawiec)



Fig. 43. Wnętrze Piramidy Solnej z tężnią solankową (fot. K. Kalitka)

The salt pan house pyramid – an inside view (phot. K. Kalitka)



Fig. 44. Kompleks basenów solankowych
(fot. A. Krawiec)

Saline swimming pool complex (fot. A. Krawiec)



Fig. 45. Basen solankowy w Grocie Solankowej
(fot. A. Krawiec)

Swimming pool in the Brine Cave (phot. A. Krawiec)



Fig. 46. Basen zewnętrzny z otwieranym dachem
(fot. A. Krawiec)

Outdoor swimming pool with an opening roof (phot. A. Krawiec)

W rejonie Grudziądza istnieją duże możliwości eksploatacji leczniczych wód termalnych. Uruchomienie ujęcia Grudziądz IG 1 w Maruszy i wykorzystanie termalnych wód leczniczych typu Cl-Na, I, Fe do celów rekreacyjno-leczniczych przez Geotermię Grudziądz stwarza nowe perspektywy rozwoju dla tego obszaru.

Z eksploatacją wód leczniczych, szczególnie solanek, wiąże się także sposób ich zagospodarowania po wykorzystaniu do zabiegów. Najczęściej jest to bezpośredni zrzut wykorzystanych solanek do wód powierzchniowych, czy też do morza. Niekiedy zużyte solanki trafiają do kanalizacji miej-

skiej, a po rozcieńczeniu do oczyszczalni (taka sytuacja ma miejsce w Grudziądzu). Zużyte wody lecznicze stanowią problem we wszystkich uzdrowiskach. Dobrym rozwiązaniem, bezpiecznym dla środowiska, byłoby zatłaczanie ich do złoża po uprzednim chlorowaniu. Wtłaczanie wykorzystanych solanek i wód leczniczych otworami wiertniczymi do górotworu jest metodą kosztowną i obecnie rzadko stosowaną w polskich uzdrowiskach. W rejonie Grudziądza istnieje taka możliwość poprzez wykorzystanie istniejącego głębokiego otworu wiertniczego Grudziądz 2.

