

WYNIKI OPRÓBOWANIA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH, OBJAWY ROPY NAFTOWEJ I ZŁOŻA WĘGLOWODORÓW

Andrzej SOKOŁOWSKI, Jakub SOKOŁOWSKI, Leszek BOJARSKI

WYNIKI OPRÓBOWANIA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

Celem opróbowania otworu Wilga IG 1 było zbadanie skał zbiornikowych pod kątem możliwości występowania w nich gazu ziemnego i ropy naftowej. Dodatkowo wyniki badań hydrochemicznych wód miały posłużyć ocenie warunków dla zachowania się złóż węglowodorów w poszczególnych poziomach zbiornikowych, natomiast wyniki badań hydrodynamicznych umożliwiły określenie warunków ciśnieniowych opróbowanych poziomów.

W otworze Wilga IG 1 opróbowano poziomy zbiornikowe dewonu dolnego i górnego, karbonu, permu oraz jury dolnej (fig. 63). Projekt opróbowania sporządził L. Bojarski. Badania poziomów zbiornikowych rurowymi próbnikami złoża wykonała brygada Zakładu Opróbowań i Cementowań Przedsiębiorstwa Geologicznego w Warszawie – Baza Wołomin, a interpretację wyników badań próbnikami wykonali J. Szczybyło i Z. Majewski. Analizy chemiczne wód wykonały H. Jasińska, T. Latoszyńska i W. Zielińska w Głównym Laboratorium Instytutu Geologicznego w Warszawie. Analizę ropy wykonała B. Gondek, a analizy gazu – M. Sztukowski w Pracowni Geochemii Bituminów Zakładu Geologii Ropy i Gazu Instytutu Geologicznego. Nadzór geologiczny nad opróbowaniem sprawował L. Bojarski, natomiast dozór geologiczny w terenie – F. Juszcak, E. Kowalczyk i Z. Sowiński.

Opróbowanie poziomów zbiornikowych przeprowadzono podczas prac wiertniczych w poziomach niezarusowanych (poziomy 3130,1–3154,5; 3100,0–3115,0 i 2263,5–2292,0 m) oraz po zakończeniu wiercenia w otworze zarurowanym, odsłaniając poziomy do badań poprzez perforację rur okładzinowych (pozostałe poziomy). W niniejszym rozdziale badane poziomy zbiornikowe opisano nie w kolejności wykonywania opróbowań, lecz w zależności od głębokości ich występowania i wieku opróbowanych utworów, od najstarszych do najmłodszych.

Poziom zbiornikowy 3174,0–3182,0 m (fig. 64); dewon dolny – piaskowce, mułowce.

Wynik: przyływ solanki zgazowanej gazem palnym, wydajność $Q = 2,9 \text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie złożowe $P_z = 322,4 \text{ at}$ (wyekstrapolowane).

Opróbowanie przeprowadzono 11–12 lipca 1975 r. po zakończeniu prac wiertniczych. Zastosowano próbnik typu Halliburton $\varnothing 3"$. Poziom do badań udostępniono przez perforację bezpociskową rur $\varnothing 114 \text{ mm}$, wykonaną 10 lipca. Uszczelniacz próbniaka zapięto w rurach na głęb. 3133,0 m. Opróbowanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu, stosując 90% depresję:

- I okres przyływu: ciśnienie 92,0–132,0 atmosfer, czas 40 min;
- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 132,0–317,0 atmosfer, czas 60 min;
- II okres przyływu: ciśnienie 140,2–182,0 atmosfer, czas 60 min;
- II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 182,0–310,0 atmosfer, czas 105 min.

W łącznym czasie przyływu, do przewodu wiertniczego nad próbnikiem, dopłynęło $4,8 \text{ m}^3$ solanki zgazowanej gazem palnym. Przyływ wyniósł $2,9 \text{ m}^3/\text{h}$. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe wynosiło 322,4 atmosfer. Ujemna wartość skin efektu, wynosząca $-3,3$, wskazuje na brak uszkodzenia strefy przyodwiertowej. Promień zasięgu badania był dosyć duży i wynosił 70 m, a efektywny współczynnik przepuszczalności 7 mD. Solanka o mineralizacji przekraczającej $115 \text{ g}/\text{dm}^3$ była w znacznym stopniu rozcieńczona filtratem płuczki. Nie przytoczono wyników wykonanej analizy chemicznej, gdyż nie są one wiarygodne i nie odzwierciedlają faktycznego składu wody. Temperatura

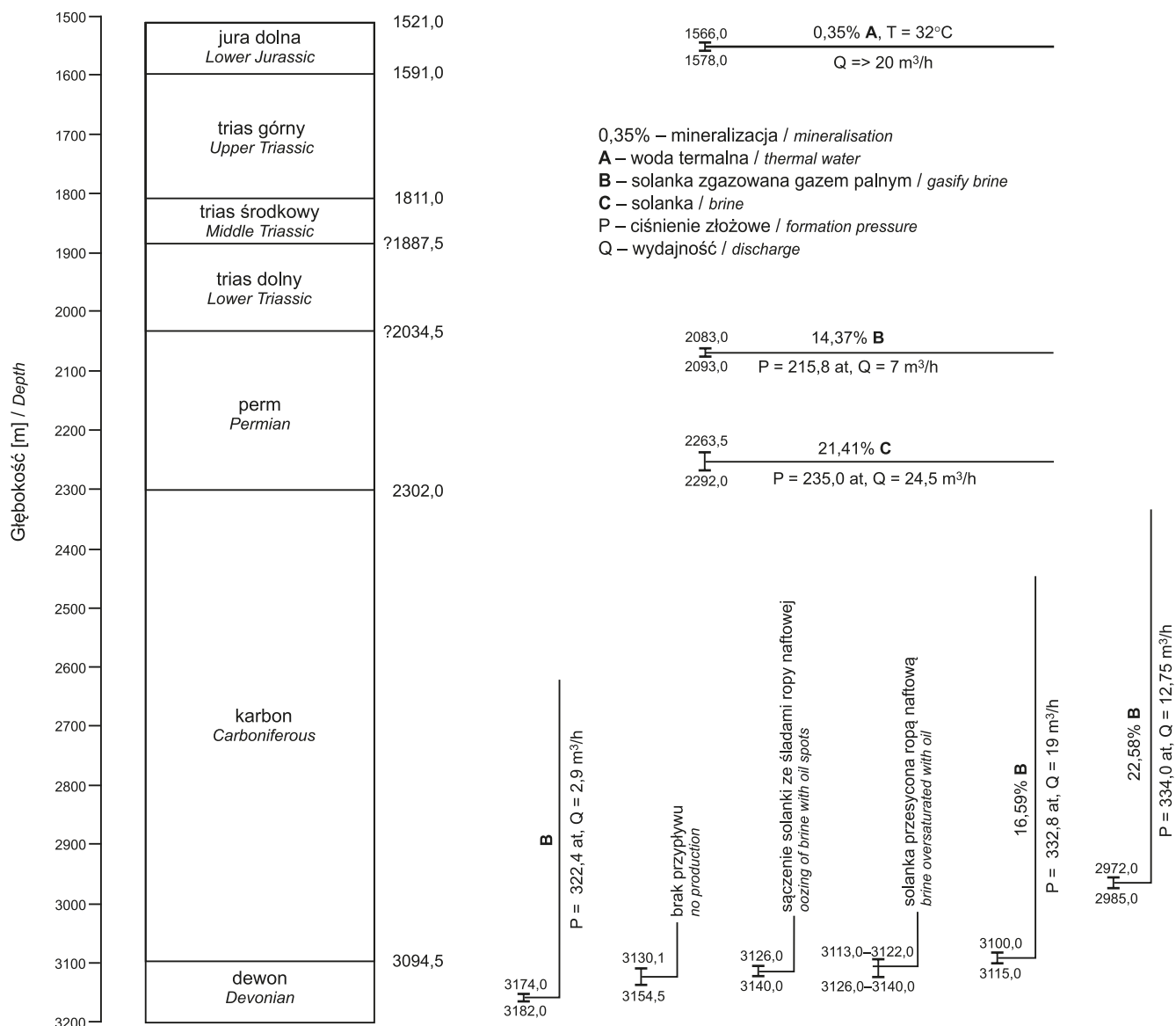
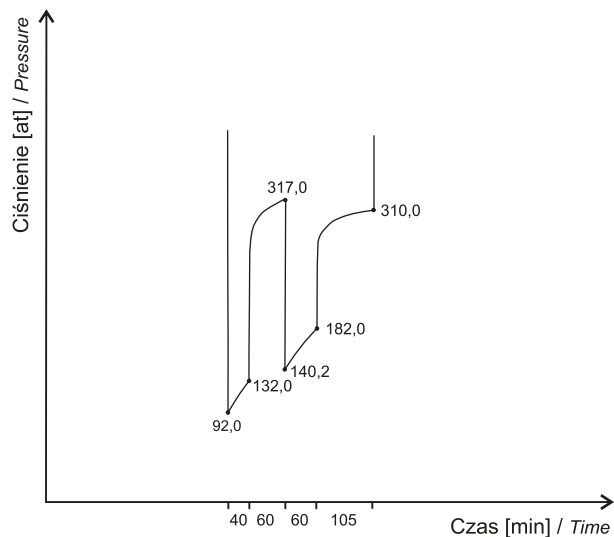


Fig. 63. Schemat opróbowania otworu wiertniczego Wilga IG 1

Testing scheme of Wilga IG 1 borehole

Fig. 64. Wykres opróbowania poziomu 3174,0–3182,0 m

Testing of 3174.0–3182.0 m interval



solanki wydobytej na powierzchnię wynosiła 28°C. Z przewodu wiertniczego nad próbnikiem pobrano próbkę gazu (tab. 31). W wyniku analizy laboratoryjnej stwierdzono, że jest to gaz ziemny, bezgazolinowy.

Poziom zbiornikowy 3130,1–3154,5 m (fig. 65); dewon dolny i górny – wapienie, dolomity.

Wynik: brak przyływu.

Opróbowanie przeprowadzono 3–4 kwietnia 1975 r. podczas wiercenia w interwale niezarurowanym. Zastosowano próbnik Halliburton \varnothing 3 7/8". Paker zapięto na głęb. 3130,1 m. Badanie przeprowadzono metodą jednego odcięcia przyływu, stosując depresję 100% (fig. 65):

- I okres przyływu: ciśnienie 4,15–4,54 atmosfer, czas 60 min;
- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 4,54–8,89 atmosfer, czas 120 min.

W przewodzie nad próbnikiem stwierdzono obecność zaledwie ok. 20 l płuczki. Wzrost ciśnienia w okresie odbudowy był minimalny. Badany poziom praktycznie okazał się suchy.

Poziom zbiornikowy 3126,0–3140,0 m (fig. 66); dewon górny – dolomity, wapienie.

Wynik: sączenie solanki w ilości 14 l/h ze śladami ropy naftowej.

Poziom opróbowano 26–28 lipca 1975 r. po zakończeniu prac wiertniczych. Odslonięto go 24 lipca, perforując bezpociskowo rury \varnothing 114 mm. Badanie przeprowadzono próbnikiem Halliburton \varnothing 3". Paker próbnika zapięto na

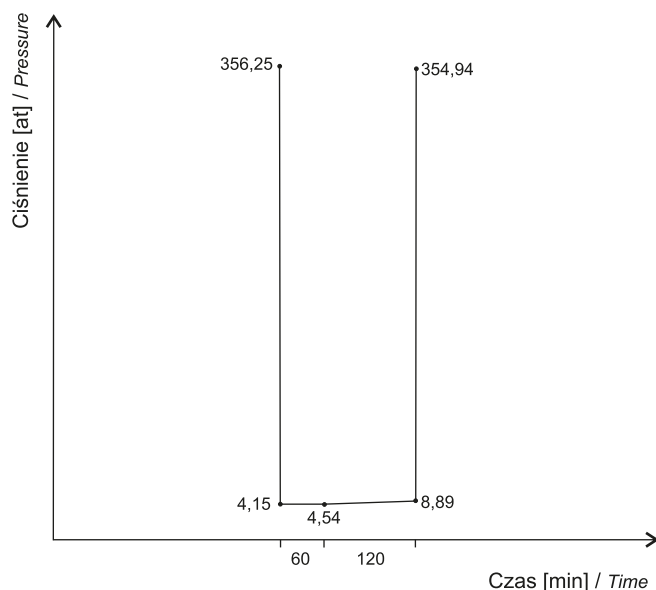


Fig. 65. Wykres opróbowania poziomu 3130,1–3154,5 m

Testing of 3130.1–3154.5 m interval

Tabela 31

Analiza gazu z głęb. 3174,0–3182,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 3174.0–3182.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	96,911712	965,147719
2	C ₂ H ₆	0,769116	10,403062
3	C ₂ H ₄	0,007482	0,094485
4	C ₃ H ₈	0,102963	2,058534
5	C ₃ H ₆	0,023293	0,444531
6	C ₄ H ₁₀	0,004559	0,121855
7	C ₄ H ₈	0,002851	0,073694
8	C ₅ H ₁₂	0,003802	0,128071
9	CO ₂	0,065861	1,301150
10	Ar	0,015504	0,276589
11	He	0,015134	0,027240
12	N ₂	2,077723	25,986083
Łącznie / Total		100,000000	1 006,063013

głęb. 3100,0 m. Badanie przeprowadzono metodą jednego odcięcia przyływu, stosując depresję 100% (fig. 66):

- I okres przyływu: ciśnienie 42,8–46,7 atmosfer, czas 420 min;
- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 46,7–132,0 atmosfer, czas 260 min.

W przewodzie wiertniczym nad próbnikiem stwierdzono obecność 400 l płuczki zgazowanej gazem palnym oraz 100 l zgazowanej solanki zanieczyszczonej płuczką z minimalną pozłotką ropną. Zbyt wolny wzrost ciśnienia w okresie odbudowy uniemożliwił ekstrapolację ciśnienia złożo-

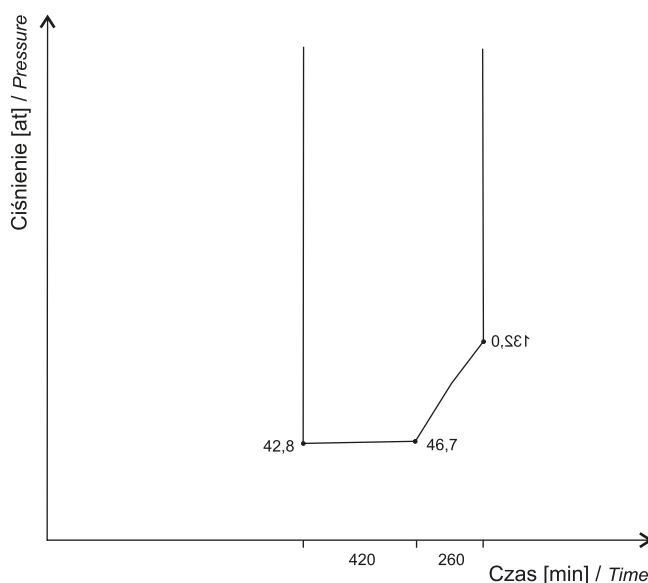


Fig. 66. Wykres opróbowania poziomu 3126,0–3140,0 m

Testing of 3126.0–3140.0 m interval

wego. Przyływ solanki był bardzo mały. Z przewodu wiertniczego nad próbnikiem pobrano próbkę gazu, który okazał się gazem ziemnym, bezgazolinowym (tab. 32). W związku ze stwierdzonymi śladami ropy naftowej doperforowano opróbowany poziom w celu przeprowadzenia szczegółowych badań, łącznie z zabiegami kwasowania.

Poziomy zbiornikowe 3113,0–3122,0 m i 3126,0–3140,0 m; dewon górny – dolomity, wapienie.

Wynik: po badaniu próbnikiem złoża przyływ 200 l filtratu płuczki nieco zasolonego z gazem palnym i minimalnymi śladami ropy naftowej; po kwasowaniu przyływ solanki w ilości 715 l/h, w górnej partii przesyconej ropą naftową.

Poziom opróbowano po zakończeniu wiercenia 1–2 sierpnia 1975 r. próbnikiem Halliburton \varnothing 3". Rury \varnothing 114 mm doperforowano bezpociskowo 30 lipca w interwale głęb. 3113,0–3126,0 m, powiększając udostępniony do badań i niezlikwidowany poziom 3126,0–3140,0 m, opróbowany 26–28 lipca. Paker zapięto na głęb. 3090,0 m. Badanie przeprowadzono metodą jednego odcięcia przyływu, stosując pełną depresję 100%:

- I okres przyływu: czas 10 godzin;
- I okres odbudowy ciśnienia: czas 4 godziny.

Awaria manometru uniemożliwiła pomierzenie ciśnień. Podczas okresu przyływu do przewodu dopłynęło ok. 350 l płuczki zgazowanej gazem palnym oraz ok. 200 l filtratu płuczki, nieco zasolonego, z gazem palnym i śladami ropy naftowej. Określenie właściwości zbiornikowych badanego poziomu było niemożliwe z powodu braku wartości ciśnień. W związku z obserwowanymi śladami ropy naftowej postanowiono, zgodnie z projektem prób, przeprowadzić dwustopniowy zabieg kwasowania.

I stopień kwasowania. W dniu 7 sierpnia 1975 r. planowanego zabiegu kwasowania z użyciem 5 m³ cieczy kwasującej nie wykonano z powodu trudności związanych z zapięciem pakera. Częściowo udaną próbę kwasowania przeprowadzono 13 sierpnia. W związku z ponownymi trudnościami związanymi z zapięciem pakera, kwasowanie wykonano z użyciem prewentera. W trakcie wtłaczania cieczy kwasującej przy ciśnieniu 300–350 atmosfer nastąpiły silne przecieki prewentera. Pomimo trudności technicznych w złożo wtłoczono ok. 3 m³ cieczy kwasującej.

II stopień kwasowania. Przeprowadzono go 19–20 sierpnia, wtłaczając w złożo 12 m³ cieczy kwasującej, składającej się z kwasu solnego, kwasu octowego, formaliny, alfenolu i oleinolu. Zabieg wykonano z użyciem pakera, zapiętego w rurach \varnothing 6⁵/₈" na głęb. 2891,6 m, czyli ok. 220 m powyżej badanego poziomu. Chłonność złoża uzyskano przy ciśnieniu 380 atmosfer, a tłoczenie cieczy kwasującej prowadzono przy ciśnieniu wynoszącym 320 atmosfer. Po wtłoczeniu cieczy zamknięto głowicę i przez 1 godzinę oczekiwano na reakcję cieczy ze skałą. Po otworzeniu głowicy, w ciągu 1 godziny, samoczynnie wypłynęło 0,8 m³ wody przebitkowej. Łącznie z otworu wypłynęło 1,7 m³ wody. W dniach 23–25 sierpnia nastąpił samoczynny

Tabela 32

Analiza gazu z głęb. 3126,0–3140,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 3126.0–3140.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	87,075378	624,591691
2	C ₂ H ₆	1,442037	19,504986
3	C ₂ H ₄	0,063688	0,804317
4	C ₃ H ₈	0,194019	3,879027
5	C ₃ H ₆	0,089677	1,711387
6	C ₄ H ₁₀	0,028166	0,753396
7	H ₂	1,345868	1,209936
8	CO	0,000000	0,000000
9	CO ₂	0,024747	0,488894
10	Ar	0,096840	1,727629
11	He	0,003412	0,006141
12	N ₂	9,636168	120,519553
13	O ₂	0,000000	0,000000
Łącznie / Total	–	100,000000	775,196957

wyływ wody z minimalną pozłotką ropną w ilości 60 l/h. Zebrano ok. 1 litra czystej ropy naftowej o ciężarze właściwym 0,884 g/cm³ (tab. 33). Jest to ropa ciężka, zawierająca zaledwie 10% frakcji lotnej do 200°C. W pozostałości stwierdzono 73% węglowodorów, wśród których przeważają węglowodory nasycone. Niewielka ilość węglowodorów lotnych może być związana z metodą pobierania próbki do badań w warunkach śladowych objawów ropy. W dniach 26–27 sierpnia z otworu wytłoczono kompresorem 86 m³ płynu. Po 28 godzinach stójki wyciągnięto z otworu przewód wiertniczy i stwierdzono zwierciadło solanki na głęb.

Tabela 33

Analiza ropy naftowej z głęb. 3113,0–3122,0 m i 3126,0–3140,0 m

Results of chemical analysis of oil sampled at 3113.0–3122.0 m and 3126.0–3140.0 m intervals

Parametr Parameter	Wartość Value
Ciężar właściwy	0,884 g/cm ³
Zawartość części lotnych do 200°C	10%
Zawartość węglowodorów	73%
Skład węglowodorów: nasycone	74%
aromatyczne	26%
Dystrybucja węglowodorów izoprenoidowych: C ₁₈ :C ₁₉	0,4
C ₂₀ :C ₁₉	0,7
C ₂₁ :C ₁₉	0,3

Uwaga: badania węglowodorów wykonano w ropie naftowej pozbawionej części lotnych

Note: hydrocarbon analyses were performed in crude oil free of volatiles

1840,0 m p.p.t. Średni przyływ solanki wynosił 715 l/h. W górnej partii (100 m) solanka była przesycona ropą naftową. Z przewodu nad próbnikiem pobrano próbkę gazu, określonego w laboratorium jako gaz ziemny, bezgazoliny (tab. 34). Opróbowany poziom zlikwidowano korkiem cementowym założonym na głęb. 3000,0–3140,0 m.

Poziom zbiornikowy 3100,0–3115,0 m (fig. 67), dewon górny – wapienie, dolomity.

Wynik: przyływ solanki zgazowanej gazem palnym, wydajność $Q = 19 \text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie złożowe $P_z = 332,8 \text{ at}$.

Opróbowanie przeprowadzono podczas głębenia otworu 21–22 marca 1975 r., stosując próbnik Halliburton $\varnothing 3\frac{7}{8}$ ". Badano poziom odsłonięty pod butem rur $\varnothing 168 \text{ mm}$. Paker zapięto na głęb. 3085,0 m w rurach $\varnothing 168 \text{ mm}$. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu, stosując depresję 100% (fig. 67):

- I okres przyływu: ciśnienie 272,7–331,6 atmosfer, czas 60 min;
- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 331,6–332,8 atmosfer, czas 90 min;
- II okres przyływu: ciśnienie 332,5–332,8 atmosfer, czas 300 min;
- II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 332,8–332,8 atmosfer, czas 120 min.

W efektywnym czasie przyływu, wynoszącym 60 min, do przewodu dopłynęło 19 m^3 solanki zgazowanej gazem palnym. Zwierciadło solanki ustabilizowało się na głęb. 67 m. Ciśnienie złożowe wynosiło 332,8 atmosfer. Na podstawie analizy krzywej wzrostu ciśnienia należy przypuszczać, że badany poziom skał zbiornikowych jest kolektorem szczeli-

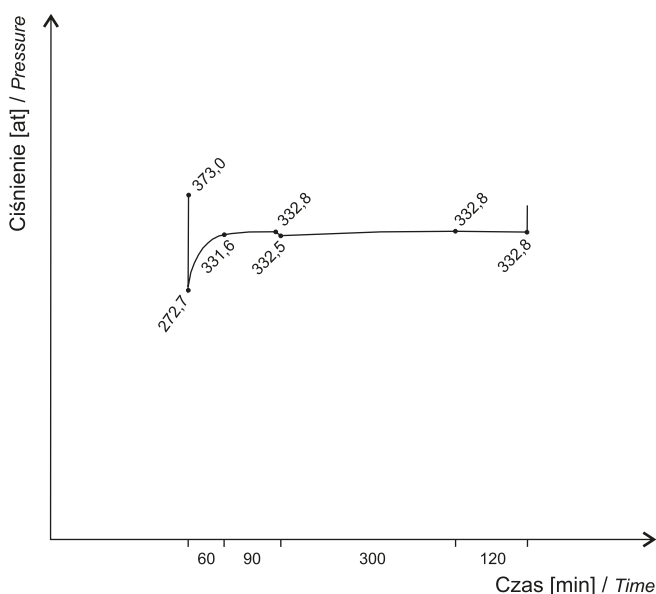


Fig. 67. Wykres opróbowania poziomu 3100,0–3115,0 m

Testing of 3100.0–3115.0 m interval

Tabela 34

Analiza gazu z głęb. 3113,0–3122,0 m i 3126,0–3140,0 m

Results of chemical analysis of gas sampled at 3113.0–3122.0 m and 3126.0–3140.0 m intervals

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	95,680351	686,315159
2	C ₂ H ₆	0,579313	7,835786
3	C ₃ H ₈	0,063960	1,278755
4	C ₄ H ₁₀	0,002796	0,074706
5	H ₂	0,240230	0,215967
6	CO ₂	0,402386	7,949536
7	Ar	0,021790	0,388738
8	He	0,177590	0,319661
9	N ₂	2,831584	35,414618
Łącznie / Total		100,000000	739,792926

nowym o przepuszczalności kilkuset mD. W solance oprócz gazu palnego nie stwierdzono śladów ropy naftowej. Pobrano próbkę solanki do badań laboratoryjnych. Scharakteryzowano ją jako 16% solankę chlorkowo-sodowo-wapniową, jodkową o suchej pozostałości wynoszącej $166 \text{ g}/\text{dm}^3$, ciężarze właściwym $1,1253 \text{ g}/\text{dm}^3$ i odczynie $\text{pH} = 7$ (tab. 35). Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: $r\text{Na} + r\text{K} / r\text{Cl} = 0,48$; $r\text{SO}_4 \cdot 100 / r\text{Cl} = 0,31$.

Wartości te wskazują, że jest to solanka o bardzo wysokim stopniu metamorfizmu, zbliżona swym składem do przeobrażonych solanek reliktowych. Charakteryzuje się dużą zawartością bromu i jodu. Mineralizacja ogólna solanki

Tabela 35

Analiza solanki z głęb. 3100,0–3115,0 m

Results of chemical analysis of brine sampled at 3100.0–3115.0 m interval

Składnik Component	Zawartość / Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	23 699,77	1 183,21	40,46
Mg ²⁺	4 059,74	333,86	11,42
Fe _T	4,50	0,16	0,00
Na ⁺ + K ⁺	32 350,00	1 407,13	48,12
Razem / Cations total	60 114,01	2 924,36	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	103 728,20	2 926,04	98,98
SO ₄ ²⁻	436,30	9,08	0,31
HCO ₃ ⁻	176,91	2,90	0,10
Br ⁻	1 436,46	17,97	0,61
I ⁻	7,97	0,06	0,00
Razem / Anions Total	105 785,84	2 956,05	100,00
Łącznie / Total	165 899,85	–	–

wskazuje na nieznaczne rozcieńczenie filtratem płuczki. Z odgazowania solanki pobrano próbkę gazu (tab. 36). Jest to gaz ziemny, bezgazolinowy, w którym suma węglowodorów wynosi 66,7983% obj., a suma składników palnych – 67,7436% obj. i suma gazów szlachetnych – 0,2664% obj.

Poziom zbiornikowy 2972,0–2985,0 m (fig. 68); karbon – piaskowce.

Wynik: przyływ solanki zgazowanej gazem palnym, wydajność $Q = 12,75 \text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie złożowe $P_z = 324 \text{ at}$ (wyekstrapolowane).

W dniach 11–12 września 1975 r. opróbowano poziom odsłonięty perforacją bezpociskową rur $\varnothing 168 \text{ mm}$ wykonaną 9–10 września. Do badania zastosowano próbnik Halliburton $\varnothing 3\frac{7}{8}$ ". Paker próbnika zapięto na głęb. 2873,5 m. Badanie przeprowadzono metodą jednego okresu przyływu do stabilizacji lustra płynu złożowego. Zastosowano 100% depresję (fig. 68):

- I okres przyływu: ciśnienie 70,0–311,0 atmosfer, czas 584 min.

Efektywny czas przyływu wynosił ok. 80 min. Do przewodu wiertniczego dopłynęło w tym czasie 1000 l wody technicznej oraz 16 000 l solanki silnie zgazowanej gazem palnym. Przyływ wyniósł $12,75 \text{ m}^3/\text{h}$. Zwierciadło wody ustabilizowało się na głęb. 230 m. Obliczenie pozostałych parametrów z uwagi na brak krzywej odbudowy ciśnienia było niemożliwe. Ciśnienie złożowe określone z krzywej przyływu oraz ciężaru właściwego solanki wyniosło 324 atmosfer.

Pobrano próbkę solanki do badań chemicznych. Scharakteryzowano ją jako 22,7% solankę chlorkowo-sodowo-wap-

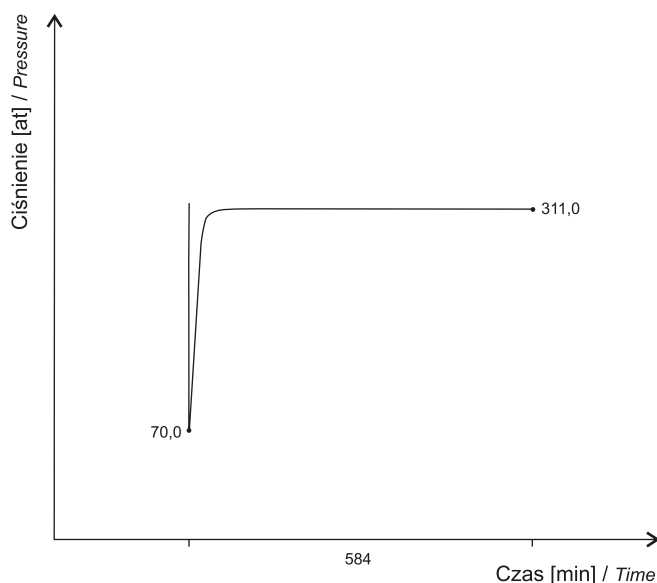


Fig. 68. Wykres opróbowania poziomu 2972,0–2985,0 m

Testing of 2972.0–2985.0 m interval

Tabela 36

Analiza gazu z głęb. 3100,0–3115,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 3100.0–3115.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	66,3722	475,889
2	C ₂ H ₆	0,3408	4,625
3	C ₃ H ₈	0,0853	1,718
4	H ₂	0,9453	0,851
5	CO ₂	5,5517	109,757
6	Ar	0,2004	3,575
7	He	0,0660	0,119
8	N ₂	26,4383	330,743
9	O ₂	–	–
Łącznie / Total		100,0000	927,277

niową, jodkową, żelazistą o suchej pozostałości wynoszącej 226,5 g/dm³, ciężarze właściwym 1,1216 g/cm³ i odczynie pH = 7 (tab. 37). Wyliczono wartości wskaźników hydrochemicznych: $r\text{Na} + r\text{K} / r\text{Cl} = 0,47$; $r\text{SO}_4 \cdot 100 / r\text{Cl} = 0,62$.

Solanka charakteryzuje się wysokim stopniem metamorfizmu wyrażonym bardzo niskim stosunkiem $r\text{Na} + r\text{K} / r\text{Cl}$. Z przewodu nad próbnikiem pobrano próbkę gazu. Jest to gaz ziemny, bezgazolinowy, wysokometanowy, z dużą zawartością helu (tab. 38). Badany poziom zlikwidowano korkami cementowymi założonymi na głęb. 2976,0–2820,0 i 2230,0–2130,0 m. Przestrzeń pomiędzy korkami wypełniono gęstą płuczką.

Tabela 37

Analiza solanki z głęb. 2972,0–2985,0 m
Results of chemical analysis of brine sampled
at 2972.0–2985.0 m interval

Składnik Component	Zawartość / Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	30 973,80	1 546,37	39,12
Mg ²⁺	6 182,35	508,42	12,86
Fe _T	60,00	2,15	0,05
Na ⁺ + K ⁺	43 600,00	1 896,48	47,97
Razem / Cations total	80 816,15	3 953,42	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	143 299,05	4 042,29	99,25
SO ₄ ²⁻	1 201,87	25,02	0,61
Br ⁻	469,66	5,88	0,14
I ⁻	5,32	0,04	0,00
Razem / Anions Total	144 975,90	4 073,23	100,00
Łącznie / Total	225 792,05	–	–

Tabela 38

Analiza gazu z głęb. 2972,0–2985,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 2972.0–2985.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	90,290170	647,651390
2	C ₂ H ₆	0,555570	7,514639
3	C ₃ H ₈	0,046641	0,932484
4	C ₃ H ₆	0,000527	0,010065
5	C ₄ H ₁₀	0,004374	0,116993
6	CO ₂	0,222577	4,397228
7	Ar	0,034067	0,607757
8	He	0,498604	0,897487
9	N ₂	8,347470	104,401810
Łącznie / Total	–	100,000000	766,529853

Poziom zbiornikowy 2263,5–2292,0 m (fig. 69); perm (cechsztyń–czerwony spągowiec) – piaskowce, dolomity.

Wynik: przyływ solanki, wydajność $Q \approx 24,5 \text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie złożowe $P_z = 235 \text{ at}$.

Opróbowanie przeprowadzono podczas wiercenia 31 lipca 1974 r. Badano poziom odsłonięty pod butem rur $\varnothing 245 \text{ mm}$. Zastosowano próbnik Halliburton $\varnothing 5''$, którego paker zapięto na głęb. 2210,3 m. Badanie przeprowadzono metodą jednego okresu przyływu, stosując 100% depresję (fig. 69):

- I okres przyływu: ciśnienie 225,0–235,0 atmosfer, czas 120 min;

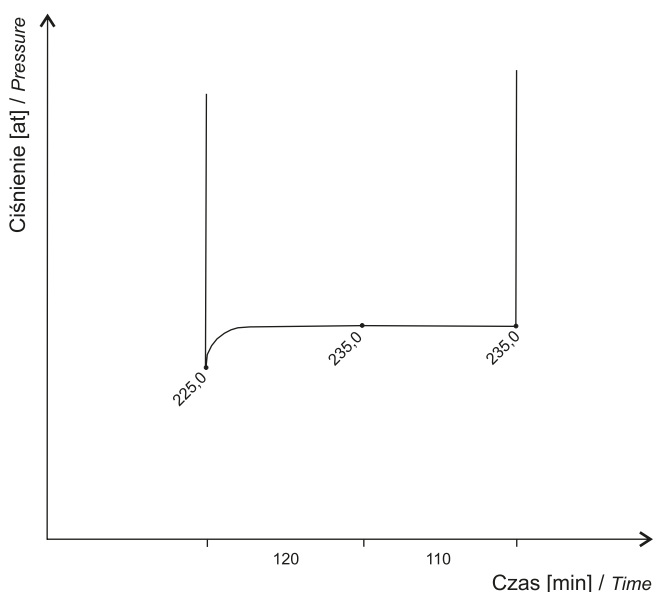


Fig. 69. Wykres opróbowania poziomu 2263,5–2292,0 m

Testing of 2263.5–2292.0 m interval

- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 235,0–235,0 atmosfer, czas 110 min.

W efektywnym czasie przyływu, wynoszącym 30 min, do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło 12 250 l solanki z dużą ilością piasku. Zwierciadło płynu stwierdzono na głęb. 500 m. Obecność piasku w solance spowodowała wydatne obniżenie zwierciadła płynu oraz częściowo wpłynęła na zniekształcenie pozostałych wyników opróbowania. Ciężnienie złożowe wyniosło 235 atmosfer, a efektywny współczynnik przepuszczalności był bardzo wysoki i wynosił 1290 mD. Ujemna wartość skin efektu wskazuje na brak uszkodzenia strefy przyodwiertowej. Promień zasięgu badania był bardzo duży i wyniósł 280 m. Warunki zbiornikowe badanego poziomu na podstawie analizy wzrostu ciśnienia określa się jako bardzo dobre. W badanym poziomie występuje 21% solanka chlorkowo-sodowa, jodkowa, żelazista o suchej pozostałości wynoszącej 218 g/dm³, ciężarze właściwym 1,146 g/cm³ i odczynnie pH = 7 (tab. 39).

Na podstawie wyników analizy obliczono wskaźniki hydrochemiczne: $r_{Na+rK}/r_{Cl} = 0,74$; $r_{SO_4} \cdot 100/r_{Cl} = 0,63$.

Wartości wskaźników hydrochemicznych wskazują, że jest to solanka znacznie mniej zmetamorfizowana niż solanki występujące w poziomach głębszych. Prawdopodobnie badany poziom charakteryzuje się już znikomym przepływem filtracyjnym. W solance nie stwierdzono występowania gazu palnego. Uzyskany z odgazowania solanki gaz nie zawiera podwyższonych ilości węglowodorów. W jego składzie występują: azot, dwutlenek węgla, argon, hel oraz kolejne człony szeregu węglowodorów, aż do śladowych zawartości heksanów. Gaz ten wyróżnia się wysoką zawartością helu (tab. 40).

Tabela 39

Analiza solanki z głęb. 2263,5–2292,0 m
Results of chemical analysis of brine sampled
at 2263.5–2292.0 m interval

Składnik Component	Zawartość / Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	15 327,12	765,21	19,40
Mg ²⁺	5 720,81	470,46	11,92
Fe _T	107,14	3,84	0,10
Na ⁺ + K ⁺	62 210,00	2 705,96	68,58
Razem/ Cations total	83 365,07	3 945,47	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	129 277,100	3 646,74	99,25
SO ₄ ²⁻	1 107,200	23,05	0,63
HCO ₃ ⁻	79,270	1,30	0,04
Br ⁻	244,900	3,06	0,08
I ⁻	2,651	0,02	0,00
Razem / Anions Total	130 711,121	3 674,17	100,00
Łącznie / Total	214 076,191	–	–

Tabela 40

Analiza gazu z głęb. 2263,5–2292,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 2263.5–2292.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	0,729692	5,234032
2	C ₂ H ₆	0,040068	0,541956
3	C ₃ H ₈	0,017841	0,356696
4	C ₄ H ₁₀	0,012332	0,329778
5	C ₅ H ₁₂	0,005985	0,201545
6	H ₂	0,493455	0,443616
7	CO ₂	19,616739	387,548305
8	Ar	1,485406	26,499639
9	He	1,350602	2,431083
10	N ₂	76,247880	953,632228
Łącznie / Total	–	100,000000	1 377,218878

Poziom zbiornikowy 2083,0–2093,0 m (fig. 70); perm (dolomit główny) – dolomity.

Wynik: przyływ solanki słabo zgaszanej gazem palnym, wydajność $Q = 7 \text{ m}^3/\text{h}$, ciśnienie złożowe $P_z = 215,8$ at (wyekstrapolowane).

Opróbowanie przeprowadzono po zakończeniu prac wiertniczych 19–20 września 1975 r. Badano poziom odsłonięty przez wykonaną 18 września perforację bezpociskową

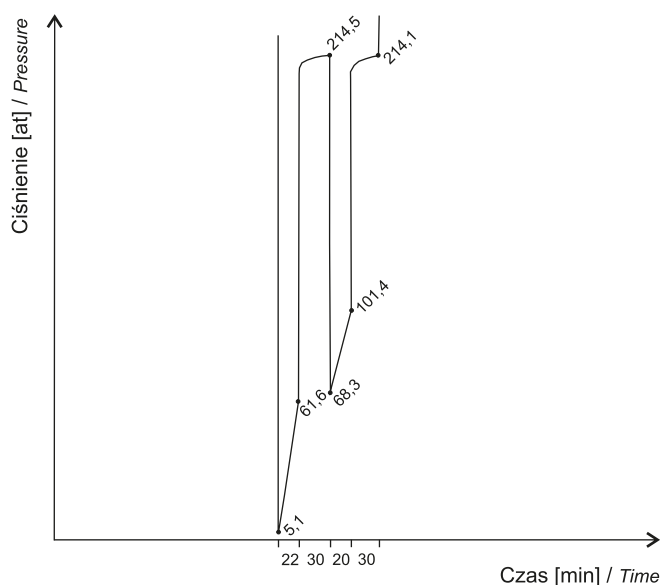


Fig. 70. Wykres opróbowania poziomu 2083,0–2093,0 m

Testing of 2083.0–2093.0 m interval

zur $\varnothing 245$ i 168 mm. Zastosowano próbnik Halliburton $\varnothing 3\frac{7}{8}$ ". Paker umieszczono na głęb. 2062,0 m w rurach $\varnothing 168$ mm. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu, stosując 100% depresję (fig. 70):

- I okres przyływu: ciśnienie 5,14–61,6 atmosfer, czas 22 min;
- I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 61,6–214,5 atmosfer, czas 30 min;
- II okres przyływu: ciśnienie 68,3–101,4 atmosfer, czas 20 min;
- II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie 101,4–214,1 atmosfer, czas 30 min.

W łącznym czasie przyływu, trwającym 42 min, do przewodu wiertniczego dopłynęło 500 l wody otworowej oraz 4500 l solanki słabo zgaszanej gazem palnym. Wydajność określono na $7 \text{ m}^3/\text{h}$. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe wynosi 215,8 atmosfer, a efektywny współczynnik przepuszczalności 62 mD. Złoże w poważnym stopniu zostało uszkodzone, na co wskazuje dodatnia wartość skin efektu, wynosząca 23. Pomimo uszkodzenia strefy przyodwiertowej, właściwości zbiornikowe badanego poziomu ocenia się jako dobre. W poziomie występuje 14% solanka chlorkowo-sodowo-wapniowa, jodkowa o suchej pozostałości wynoszącej $144,5 \text{ g}/\text{dm}^3$, ciężarze właściwym $1,024 \text{ g}/\text{cm}^3$ i odczynie $\text{pH} = 7$ (tab. 41). Wartości wskaźników hydrochemicznych wynoszą: $r\text{Na} + r\text{K}/r\text{Cl} = 0,67$; $r\text{SO}_4 \cdot 100 / r\text{Cl} = 1,81$.

Solanka jest w znacznym stopniu zmetamorfizowana, co przejawia się podwyższoną ilością jodu – $5,75 \text{ mg}/\text{dm}^3$. Otrzymana z odgazowania solanki próbka gazu zawiera gaz ziemny o bardzo wysokiej zawartości azotu, sumie węglowodorów wynoszącej 4,9123% obj. i sumie składników palnych – 5,0189% obj. (tab. 42). Badany poziom zlikwidowano korkami cementowymi założonymi na głęb.

Tabela 41

Analiza solanki z głęb. 2083,0–2093,0 m
Results of chemical analysis of brine sampled
at 2083.0–2093.0 m interval

Składnik Component	Zawartość / Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	11 370,90	567,69	22,78
Mg ²⁺	3 114,46	256,12	10,28
Fe _r	3,41	0,12	0,01
Na ⁺ + K ⁺	38 340,00	1 667,68	66,93
Razem / Cations total	52 828,77	2 491,61	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	87 996,78	2 482,28	97,81
SO ₄ ²⁻	2 156,78	44,90	1,77
HCO ₃ ⁻	316,18	5,18	0,20
Br ⁻	448,55	5,61	0,22
I ⁻	5,75	0,05	0,00
Razem / Anions Total	90 924,04	2 538,02	100,00
Łącznie / Total	143 752,81	–	–

Tabela 42

Analiza gazu z głęb. 2083,0–2093,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 2083.0–2093.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	4,8966	35,109
2	C ₂ H ₆	0,0098	0,133
3	C ₃ H ₈	0,0059	0,117
4	CO ₂	0,6943	13,719
5	N ₂	94,2334	1 178,860
6	H ₂	0,1066	0,096
7	He	0,0020	0,004
8	Ar	0,0514	0,917
Łącznie / Total	–	100,0000	1 228,955

2000,0–2130,0 i 1680,0–1750,0 m. Przestrzeń pomiędzy korkami wypełniono gęstą płuczką.

Poziom zbiornikowy 1566,0–1578,0 m; jura dolna – piaskowce różnoziarniste.

Wynik: przyływ wody średniozmineralizowanej, termalnej, wydajność $Q \approx 20 \text{ m}^3/\text{h}$, temperatura wody na powierzchni 32°C (przy temperaturze otoczenia 14°C), poziom hydrostatyczny 31 m ponad terenem.

Opróbowanie przeprowadzono po zakończeniu prac wiertniczych. Poziom do badań udostępniono, wykonując w dniu 25 września 1975 r. perforację bezpociskową rur $\varnothing 245 \text{ mm}$. W okresie od 26 września godz. 17.00 do 27 września godz. 15.30 z otworu wytłoczono kompresorem 69 m³ płynu, tj.: 57 m³ wody technicznej i 12 m³ wody złożowej. W dniu

Tabela 43

Pomiary wydajności samowypływu wody z poziomu 1566,0–1578,0 m (28.09.1975 r.)

Discharge of water outflow at 1566.0–1578.0 m interval
(28/09/1975)

Lp. No	Data Date	Godzina Hour	Wydajność [m ³ /h] Discharge	Uwagi Comments
1	28.09.1975	11 ⁰⁰	1,2	–
2	28.09.1975	12 ⁰⁰	1,9	–
3	28.09.1975	13 ⁰⁰	2,1	–
4	28.09.1975	14 ⁰⁰	2,4	–
5	28.09.1975	15 ⁰⁰	2,7	temp. wody 16°C, temp. otoczenia 23°C
6	28.09.1975	16 ⁰⁰	3,6	–
7	28.09.1975	17 ⁰⁰	4,5	–
8	28.09.1975	18 ⁰⁰	7,2	–
9	28.09.1975	19 ⁰⁰	9,0	–

28 września obserwowano stabilizację zwierciadła wody w otworze na poniżej podanych głębokościach:

- godz. 2.00 – 30 m p.p.t.;
- godz. 6.00 – 10 m p.p.t.;
- godz. 11.00 – samowypływ.

O godz. 11.00 rozpoczęto pomiary wydajności przy samowypływie (tab. 43). Wydajność mierzono wyskalowanym naczyniem. Pomiary wykonywano ok. 4 m ponad terenem. Na korycie zamontowano przelew trójkątny Thomsona. Przelew umieszczono w odległości 8 m od otworu, co umożliwiło spokojny, pozbawiony turbulencji przepływ wody. Pomiary wydajności na przelewie rozpoczęto 28 września o godz. 19.30 (tab. 44). Temperatury wody nie ustalono. Pomiary musiano zakończyć z powodu zapełnienia zbiorników oraz przeciekania dołu urobkowego. Przy zamkniętej głowicy 29–30 września przeprowadzono stabilizację poziomu hydrostatycznego metodą nadciśnienia (tab. 45). Manometr założono na wysokości 1 m ponad powierzchnią terenu. Poziom hydrostatyczny ustalono na wysokości 31 m powyżej powierzchni terenu. Po zakończeniu pomiarów w dniu 30 września ponownie otwarto głowicę i odpuszczono wodę w celu pobrania próbek wody do analizy chemicznej. Podczas odpuszczania prowadzono pomiary wydajności przy depresji wynoszącej 16,1 m (tab. 46). Pobrano dwie próbki wody. Analizy wykonano w dwóch laboratoriach – ówczesnego Instytutu Geologicznego (tab. 47) i Biura Projektów „Balneoprojekt” w Warszawie (tab. 48). Wyniki obu analiz są zbliżone. Analiza wykonywana przez laboratorium Instytutu Geologicznego obejmuje mniej oznaczeń jonów i nie uwzględnia oznaczeń składników niezdysonowanych. Według badań woda charakteryzuje się suchą pozostałością 3,6 g/dm³, ciężarem właściwym 1,10023 g/cm³ i odczynem pH = 7. Wskaźniki hydrochemiczne (na pierwszym miejscu wartości z analizy wykonanej w IG) wynoszą: $r\text{Na} + r\text{K} / r\text{Cl} = 1,03\text{--}1,05$; $r\text{SO}_4 \cdot 100 / r\text{Cl} = 2,22\text{--}1,93$.

Wartości wskaźników świadczą, że badany poziom zbiornikowy znajduje się w strefie zachodzącej wymiany wód. Wykonano także analizę gazu uzyskanego w wyniku odgazowania wody (tab. 49). Jest to gaz ziemny o bardzo wysokiej zawartości wodoru, sumie węglowodorów – 0,2078% obj. i sumie składników palnych – 33,1656% obj.

W dniu 30 września 1975 r. otwór przekazano Zjednoczeniu „Uzdrowiska Polskie” celem wykorzystania wody w balneoterapii lub rekreacji. W protokole przekazania podano następujące parametry złożowe:

- wydajność: 20–25 m³/h (samowypływ);
- poziom hydrostatyczny: 31 m ponad terenem;
- temperatura wody po 12 godz. wypływu: 32°C (temperatura potencjalna 38°C).

Zjednoczenie „Uzdrowiska Polskie” przekazało z kolei odwiert Wojewódzkiemu Związkowi Gminnych Spółdzielni „Samopomoc Chłopska” w Siedlcach. Na zlecenie tego użytkownika w Biurze Projektów „Balneoprojekt” w Warszawie w 1976 r. opracowano dokumentację hydrogeologiczną ustalającą zasoby eksploatacyjne otworu w kategorii rozpoznania C (Szymańska, 1976). Dokumentację sporządzono na podstawie opisanych wyżej badań, prze-

Tabela 44

Pomiary wydajności i temperatury samowypływu wody z poziomu 1566,0–1578,0 m (28–29.09.1975 r.)

Discharge of water outflow and water temperature at 1566.0–1578.0 m interval (28–29/09/1975)

Lp. No	Data Date	Godzina Hour	Wydajność [m ³ /h] Discharge	Temperatura [°C] Temperature
1	28.09.1975	19 ³⁰	9,11	–
2	28.09.1975	19 ⁴⁵	9,11	–
3	28.09.1975	20 ⁰⁰	12,24	–
4	28.09.1975	20 ¹⁵	12,24	–
5	28.09.1975	20 ³⁰	15,05	–
6	28.09.1975	20 ⁴⁵	15,05	–
7	28.09.1975	21 ⁰⁰	20,40	26
8	28.09.1975	21 ¹⁵	20,40	–
9	28.09.1975	21 ³⁰	20,40	–
10	28.09.1975	21 ⁴⁵	20,40	–
11	28.09.1975	22 ⁰⁰	20,40	29
12	28.09.1975	22 ¹⁵	20,40	–
13	28.09.1975	22 ³⁰	20,40	–
14	28.09.1975	22 ⁴⁵	20,40	–
15	28.09.1975	23 ⁰⁰	20,40	31
16	28.09.1975	23 ¹⁵	20,40	–
17	28.09.1975	23 ³⁰	20,40	–
18	28.09.1975	23 ⁴⁵	20,40	31
19	28.09.1975	24 ⁰⁰	20,40	–
20	29.09.1975	0 ³⁰	20,40	–
21	29.09.1975	1 ⁰⁰	20,40	–
22	29.09.1975	1 ³⁰	20,40	–
23	29.09.1975	2 ⁰⁰	20,40	–
24	29.09.1975	2 ³⁰	20,40	–
25	29.09.1975	3 ⁰⁰	20,40	31
26	29.09.1975	3 ³⁰	20,40	–
27	29.09.1975	4 ⁰⁰	23,00	–
28	29.09.1975	4 ³⁰	23,00	–
29	29.09.1975	5 ⁰⁰	23,00	–
30	29.09.1975	5 ³⁰	23,00	–
31	29.09.1975	6 ⁰⁰	20,40	32
32	29.09.1975	6 ³⁰	20,40	–
33	29.09.1975	7 ⁰⁰	23,00	32

Tabela 45

Pomiary ciśnienia głowicowego poziomu 1566,0–1578,0 m (29–30.09.1975 r.)

Results of head pressure at 1566.0–1578.0 m interval (29–30/09/1975)

Lp. No	Data Date	Godzina Hour	Ciśnienie [at] Pressure
1	29.09.1975	8 ⁰⁰	2,2
2	29.09.1975	8 ³⁰	2,4
3	29.09.1975	9 ⁰⁰	2,5
4	29.09.1975	9 ³⁰	2,6
5	29.09.1975	10 ⁰⁰	2,6
6	29.09.1975	10 ³⁰	2,6
7	29.09.1975	11 ⁰⁰	2,6
8	29.09.1975	11 ³⁰	2,6
9	29.09.1975	12 ⁰⁰	2,7
10	29.09.1975	12 ³⁰	2,7
11	29.09.1975	13 ⁰⁰	2,7
12	29.09.1975	13 ³⁰	2,7
13	29.09.1975	14 ⁰⁰	2,7
14	29.09.1975	14 ³⁰	2,7
15	29.09.1975	15 ⁰⁰	2,7
16	29.09.1975	16 ⁰⁰	2,8
17	29.09.1975	17 ⁰⁰	2,8
18	29.09.1975	18 ⁰⁰	2,8
19	29.09.1975	19 ⁰⁰	2,8
20	29.09.1975	20 ⁰⁰	2,8
21	29.09.1975	21 ⁰⁰	2,8
22	29.09.1975	22 ⁰⁰	2,8
23	29.09.1975	23 ⁰⁰	2,8
24	29.09.1975	24 ⁰⁰	2,8
25	30.09.1975	1 ⁰⁰	2,8
26	30.09.1975	2 ⁰⁰	2,8
27	30.09.1975	3 ⁰⁰	2,8
28	30.09.1975	4 ⁰⁰	2,8
29	30.09.1975	5 ⁰⁰	2,9
30	30.09.1975	6 ⁰⁰	2,9
31	30.09.1975	7 ⁰⁰	2,9
32	30.09.1975	8 ⁰⁰	2,9
33	30.09.1975	9 ⁰⁰	3,0

prowadzonych przez Instytut Geologiczny w 1975 r. Celem przekwalifikowania zasobów do kategorii B, Biuro Projektów „Balneoprojekt” w październiku 1977 r. przeprowadziło próbną eksploatację otworu, zgodnie z projektem podanym w dokumentacji dla kategorii C. Próbną eksploatacją (wypływ samoczynny) trwała od 1 października godz. 9.00 do 7 października 1977 r. godz. 11.00. Nadzór nad badaniami pełniła M. Szubert. Zwierciadło statyczne wody przed rozpoczęciem eksploatacji ustabilizowano na poziomie 26,5 m powyżej terenu (pomiar ciśnienia głowicowego). Podczas eksploatacji uzyskano następujące wyniki:

- $P_1 = 1,1$ atmosfer, $Q_1 = 13,8$ m³/h, $s_1 = 15,5$ m, $T_1 = 30^\circ\text{C}$;
- $P_2 = 1,5$ atmosfer, $Q_2 = 8,4$ m³/h, $s_2 = 11,5$ m, $T_2 = 29^\circ\text{C}$;
- $P_3 = 2,2$ atmosfer, $Q_3 = 4,5$ m³/h, $s_3 = 4,5$ m, $T_3 = 25^\circ\text{C}$.

Mimo prowadzenia eksploatacji przy całkowicie otwartej głowicy, nie uzyskano na manometrze wyniku 0 atmosfer, czego przyczyną była długość rurociągu odprowadzającego wodę (1500 m), stwarzającego znaczne opory dla przepływu wody. Potwierdza to fakt, że przy otworzeniu bocznego odpływu bezpośrednio przy otworze uzyskano wypływ w ilości 24 m³/h przy ciśnieniu na głowicy 0,24 atmosfer. Podczas próbnej eksploatacji pobrano próbkę wody

do analizy (tab. 50). Wodę określono jako 0,35% wodę hipotermalną, chlorkowo-sodową, borową. Mimo nieznacznych różnic w zawartości poszczególnych składników, ogólny skład chemiczny nie różni się od składu chemicznego wody pobranej bezpośrednio po odwierceniu

otworu w 1975 r. (tab. 48). Zasoby eksploatacyjne otworu (wypływ samoczynny) zatwierdzono decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 21 kwietnia 1978 r. (znak KDH/013/4355/B/78) w wysokości 20 m³/h przy depresji wynoszącej 23,0 m (Szymańska, 1978).

Tabela 46

Pomiary wydajności i temperatury samowypływu wody z poziomu 1566,0–1578,0 m (30.09.1975 r.)

Discharge of water outflow and water temperature at 1566.0–1578.0 m interval (30/09/1975)

Lp. No	Data Date	Godzina Hour	Wydajność [m ³ /h] Discharge	Temperatura [°C] Temperature
1	30.09.1975	9 ²⁵	26,00	
2	30.09.1975	9 ³⁵	26,00	
3	30.09.1975	9 ⁴⁵	26,00	
4	30.09.1975	9 ⁵⁵	23,00	
5	30.09.1975	10 ⁰⁵	20,40	
6	30.09.1975	10 ¹⁵	20,40	
7	30.09.1975	10 ³⁰	20,40	26
8	30.09.1975	10 ⁴⁵	20,40	
9	30.09.1975	11 ⁰⁰	20,40	
10	30.09.1975	11 ¹⁵	20,40	
11	30.09.1975	11 ³⁰	20,40	
12	30.09.1975	11 ⁴⁵	20,40	
13	30.09.1975	12 ⁰⁰	20,40	

Tabela 47

Analiza solanki z głęb. 1566,0–1578,0 m (30.09.1975 r.; Laboratorium IG, Warszawa)

Results of chemical analysis of brine sampled at 1566.0–1578.0 m interval (30/09/1975 – Laboratory of Geological Institute)

Składnik Component	Zawartość/ Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	33,72	1,68	2,88
Mg ²⁺	13,22	1,09	1,87
Fe _T	10,00	0,36	0,62
Na ⁺ +K ⁺	1 267,50	55,13	94,63
Razem/ Cations total	1 324,44	58,26	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	1 900,00	53,60	89,60
SO ₄ ²⁻	57,21	1,19	1,99
HCO ₃ ⁻	304,02	4,98	8,33
Br ⁻	3,96	0,05	0,08
I ⁻	0,00	0,00	0,00
Razem / Anions Total	2 265,19	59,82	100,00
Łącznie / Total	3 589,63	–	–

Tabela 48

Analiza solanki z głęb. 1566,0–1578,0 m (30.09.1975 r.; Laboratorium Balneoprojekt, Warszawa)

Results of chemical analysis of brine sampled at 1566.0–1578.0 m interval (30/09/1975 – Laboratory of Balneoprojekt, Warszawa)

Składnik Component	Zawartość/ Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Ca ²⁺	29,18	1,46	2,45
Mg ²⁺	14,78	1,22	2,04
Fe ²⁺	3,29	0,12	0,20
Na ⁺	1 300,00	56,55	94,71
K ⁺	9,50	0,24	0,40
NH ₄ ⁺	0,95	0,06	0,10
Sr ²⁺	2,80	0,06	0,10
Ba ²⁺	0,29	0,00	0,00
Mn ²⁺	ślady	0,00	0,00
Li ⁺	<0,10	0,00	0,00
Razem/ Cations total	1 360,79	59,71	100,00
Aniony / Anions			
Cl ⁻	1 907,40	53,81	90,12
SO ₄ ²⁻	50,00	1,04	1,74
HCO ₃ ⁻	261,15	4,28	7,17
Br ⁻	6,13	0,08	0,13
I ⁻	0,21	0,00	0,00
CO ₃ ²⁻	15,00	0,50	0,84
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00
Razem / Anions Total	2 239,89	59,71	100,00
H ₂ SiO ₃	6,50	–	–
HBO ₂	8,10	–	–
Suma skł. stałych/ TDS	3 615,28	–	–

Tabela 49

Analiza gazu z głęb. 1566,0–1578,0 m
Results of chemical analysis of gas sampled
at 1566.0–1578.0 m interval

Lp. No	Składnik Compound	Zawartość / Amount	
		[% obj.]	[g/Nm ³]
1	CH ₄	0,1889	1,354
2	C ₂ H ₆	0,0105	0,142
3	C ₂ H ₄	0,0011	0,014
4	C ₃ H ₈	0,0037	0,074
5	C ₃ H ₆	0,0022	0,042
6	C ₄ H ₁₀	0,0014	0,037
7	CO ₂	0,4907	9,696
8	N ₂	66,3182	829,647
9	H ₂	32,9578	29,662
10	He	ślady	ślady
11	Ar	0,0255	0,455
Łącznie / Total	–	100,0000	871,123

Tabela 50

Analiza solanki z głęb. 1566,0–1578,0 m (04.10.1977 r.)

Results of chemical analysis of brine sampled
at 1566.0–1578.0 m interval (04/10/1977)

Składnik Component	Zawartość / Content		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy / Cations			
Na ⁺	1270,00	55,24	95,44
K ⁺	9,20	0,24	0,41
Li ⁺	<0,10	–	–
NH ₄ ⁺	0,90	0,05	0,09
Ca ²⁺	29,60	1,48	2,56
Mg ²⁺	9,46	0,78	1,35
Ba ²⁺	0,12	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,25	0,03	0,05
Fe ²⁺	1,54	0,06	0,10
Mn ²⁺	ślady	–	–
Razem/ Cations total	1322,17	57,88	100,00
Aniony / Anions			
F ⁻	0,98	0,05	0,09
Cl ⁻	1844,97	52,04	89,93
Br ⁻	4,93	0,06	0,10
I ⁻	0,21	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	45,15	0,94	1,61
HCO ₃ ⁻	277,02	4,54	7,84
CO ₃ ²⁻	7,59	0,25	0,43
NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00
Razem / Anions Total	2180,85	57,88	100,00
H ₂ SiO ₃	20,80	–	–
HBO ₂	7,75	–	–
Suma skl. stałych/ TDS	3522,49	–	–

Lech MIŁACZEWSKI

OBJAWY ROPONOŚNOŚCI W CZASIE WIERCENIA

Objawy węglowodorów w otworze wiertniczym Wilga IG 1 zostały opisane w dokumentacji wynikowej (Niemczycka, Żelichowski, 1975) i podsumowane w tabeli 51. Miłaczewski (ten tom) obserwował ślady płynnej ropy naftowej w rdzeniu wiertniczym w interwale głęb. 3097,5–3143,0 m (dewon – fran) w szczelinach oraz mikroszczeli-

nach wapieni i dolomitów. Miejscami (na kilku kilkunastocentymetrowych odcinkach) dolomity franu były przesycone ropą naftową, powszechne były też niewielkie wysięki ropy z nieregularnych mikroszczelin. Pomimo wielu objawów roponośności nie udało się uzyskać produkcji ropy naftowej w utworach franu.

Tabela 51

Objawy bituminów w otworze w czasie wiercenia

Bitumen shows in borehole during drilling

System System	Głębokość [m] Depth	Rodzaj objawów bituminów Kind of bitumen shows
Dewon	3100,5	ślady ropy w rdzeniu
	3101,0	ślady ropy w rdzeniu
	3107,0–3110,5	ślady ropy w rdzeniu
	3116,5–3130,5	rdzeń miejscami nasycony ropą
	3130,3–3143,0	wycieki ropy naftowej ze szczelin, miejscami rdzeń przesycony ropą

Joanna ROSZKOWSKA-REMIN

ZŁOŻE GAZU ZIEMNEGO WILGA

W odległości ok. 5 km od otworu Wilga IG 1, w miejscowości Sewerynow, w gminie Sobienie-Jeziory, na obszarze bloku koncesyjnego dla węglowodorów nr 255, znajduje się złożo gazu ziemnego Wilga. Złożo to zostało rozpoznane w 1999 r. przez firmę Apache Poland Sp. z o. o na koncesji łącznej na poszukiwanie i rozpoznanie ropy naftowej i gazu ziemnego oraz wydobywanie ropy naftowej i gazu ziemnego (nr 33/97/Ł) wydanej przez ministra środowiska w 1997 r. Firma ta, po analizie archiwalnych danych magnetycznych, grawimetrycznych (z lat 50. i 60. XX w.) i sejsmicznych (z lat 80. i 90. XX w.), rozpoczęła prace nad zdjęciem sejsmicznym 2D w ramach tematu „Wilga–Żabieniec” (Wilk, Zakrzyka, 1999). Na podstawie 12 profili o łącznej długości ok. 120 km wykartowano w utworach karbonu i dewonu pozytywną strukturę Wilgi. W szczytowej partii tej struktury nawiercono otwór poszukiwawczy Wilga 255-2. W wyniku jego opróbowania otrzymano przyływy gazu o wartości przemysłowej. Na dalszym etapie prac złożo próbowano rozwiąć jeszcze dwoma kolejnymi otworami – Wilga 255-3K i Wilga 255-4K. Były to otwory krzywione, które ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną utworów podpermskich, okazały się otworami negatywnymi i zostały zlikwidowane.

Pałapka złożowa Wilgi ma charakter strukturalny. Jest to wydłużona w kierunku południkowym antyklina, od północnego wschodu ograniczona strefą uskokową Kocka. Antyklina ta jest zlokalizowana przy północno-zachodnim krańcu basenu lubelskiego. Struktura fałdowa dobrze zarysowuje się w utworach dewonu i karbonu, które są poten-

cjalnymi skałami zbiornikowymi na tym obszarze, jak również w najbliższej okolicy. W przypadku struktury Wilgi skałami zbiornikowymi są piaskowce pensylwanu, uszczelnione nadległymi skałami ilasto-mułowcowymi. Dodatkowe uszczelnienie zapewnia uskok odwrócony, ograniczający antyklinę od strony północno-wschodniej, gdzie nieprzepuszczalne osady karbońskie skrzydła zrzuconego uszczelniają poziomy zbiornikowe w skrzydle wyniesionym.

W strukturze Wilgi rozpoznano w utworach pensylwanu trzy horyzonty złożowe. Najgłębszy horyzont – I2 – wydzielono w piaskowcach ogniwa bużańskiego formacji Dęblina (baszkiir niższy; Waksmundzka, ten tom). Nad tym poziomem znajdują się mięjsze pokłady osadów mułowcowo-łłowcowych, łupków węglistych i przewarstwien węgla kamiennego wyższej części formacji lubelskiej, które stanowią dobry poziom uszczelniający. Z kolei horyzonty L1 i L2 wyznaczono w piaskowcach dolnej części formacji lubelskiej (baszkiir wyższy; Waksmundzka, ten tom) w osadach koryt rzecznych. Wymienione horyzonty są rozpoznawalne zarówno w znajdującym się w sąsiedztwie otworze Wilga IG 1, jak i w oddalonym o ok. 40 km na południe złożu Stężyca (Waksmundzka, 2008a i ten tom).

Strefy złożowe w interwałach perspektywicznych wyznaczono na podstawie analizy parametrów kolektorskich. Uśrednione parametry zbiornikowe dla każdego z horyzontów zamieszczono w tabeli 52. Granice spągowe poziomów gazonośnych wyznaczono na podstawie konturów gazu/woda podścielająca. Strop horyzontów z kolei był związany

Tabela 52

Uśrednione parametry zbiornikowe dla horyzontów złożowych w złożu Wilga
Reservoir rock mean parameters for prospective intervals in the Wilga gas field

Horyzont złożowy Prospective interval	Porowatość [%] Porosity	Przepuszczalność [mD] Permeability	Współczynnik zapiaszczenia [-] Net sand	Współczynnik nasycenia gazem [-] Gas saturation
L2	12,8	5,8	0,6	0,54
L1	11,2	44,2	0,6	0,58
I2	10,8	9,6	0,6	0,52

z powierzchnią strukturalną stropu warstw piaskowcowych, uszczelnionych skałami ilastymi i ilasto-mułłowcowymi. Powierzchnia całkowita obszaru złożowego wynosi 76,58 ha (kontur zbiorczy), a szczegółowe dane dotyczące rozprzestrzenienia stref złożowych zebrano w tabeli 53.

Eksploatacja gazu ze złoża Wilga rozpoczęła się w 2006 r., już po przejściu koncesji przez spółkę FX Energy. Pierwotne zasoby geologiczne oszacowano na 239 mln Nm³, natomiast zasoby wydobywalne na 167 mln Nm³. Gaz ziemny był główną kopaliną złoża, natomiast kondensat gazoworopny był kopaliną towarzyszącą. Otrzymywany gaz charakteryzował się dobrymi parametrami, był wysokometanowy ze sporą ilością węglowodorów gazolinowych. Szczegółową charakterystykę jakościową kopaliny dla poszczególnych horyzontów przedstawiono w tabeli 54.

W 2009 r. nastąpiło zakończenie eksploatacji w wyniku zawodnienia i zaniku dopływu gazu do odwiertów. Wartość

zasobów wydobywalnych została tym samym pomniejszona do faktycznie wydobytych i wyniosła 43,3 mln Nm³. W trakcie eksploatacji z otworu Wilga 255-2 nie przeprowadzono dodatkowych badań. Przyjęto więc, że nie ma żadnych przesłanek, by zmieniać ilość zasobów geologicznych i założono, że ich wielkość wynosi 195,70 mln Nm³. Po zakończeniu eksploatacji jedyny otwór produkcyjny – Wilga 255-2 – został przeznaczony do likwidacji. W 2017 r. firma Orlen Upstream, która po przejściu spółki FX Energy była koncesjodawcą bloku nr 255, zrezygnowała z koncesji. Opracowanie złoża zostało zebrane w dwóch dokumentacjach złożonych do Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB. Są to: „Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Wilga w kat. C” (Marcinkowski, 2008) oraz „Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Wilga. Dodatek nr. 1; dokumentacja rozliczeniowa” (Marcinkowski, 2010).

Tabela 53

Zasięg horyzontów złożowych w złożu Wilga

Lateral and vertical spread of prospective intervals in the Wilga gas field

Horyzont złożowy Prospective interval	Powierzchnia (kontur poziomy złożowego) [ha] Area of prospective interval	Głębokość położenia złoża (TVD) [m p.p.t.] Depth of prospective interval	Głębokość położenia wody podścielającej [m p.p.m.] Depth of bottom aquifer	Mięższość efektywna [m] Effective thickness
L2	52,9	2346,7–2355,0	2249,0	7,8
L1	68,0	2395,0–2415,0	2309,0	9,0
I2	71,8	2559,0–2597,0	2491,0	25,7

Tabela 54

Parametry jakościowe kopaliny w złożu Wilga

Gas parameters in the Wilga gas field

Horyzont złożowy Productive interval	Metan CH ₄ [%] Methane	Etan C ₂ H ₆ [%] Ethane	Węglowodory ciężkie C ₃ [g/m ³] Heavy hydrocarbon	Dwutlenek węgla CO ₂ [%] Carbon dioxide	Azot N ₂ [%] Nitrogen	Siarkowodor H ₂ S [%] Hydrogen sulfide	Hel He [%] Helium	Wartość opałowa [MJ/m ³] Heat value
L2	86,31	3,74	98,4	0,193	5,641	–	0,142	38,1
L1	85,97	4,36	114,7	0,133	4,739	–	0,146	38,9
I2	89,19	3,24	93,5	0,197	3,747	–	0,158	38,4