

WYNIKI OPRÓBOWAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Celem opróbowania była ocena warunków hydrochemicznych i hydrodynamicznych oraz możliwości zachowania się węglowodorów w poziomach zbiornikowych dewonu, permu górnego oraz triasu dolnego. Badania przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KJJ 2M. Opróbowania przeprowadziła ekipa Bazy Opróbowania Próbnikami Złoża Przedsiębiorstwa Poszukiwań Nafty i Gazu w Pile. Opróbowano dziewięć poziomów zbiornikowych: 6 poziomów dewonu, 2 poziomy permu górnego i 1 poziom triasu dolnego. Cztery poziomy opróbowano podczas wiercenia otworu, a pięć po zakończeniu głębinienia (fig. 45). Dozór specjalistyczny z ramienia Instytutu Geologicznego w trakcie opróbowania pełnili Andrzej Sokołowski i Zbigniew Sowiński. Nadzór nad badaniami sprawował Leszek Bojarski. Poziomy zbiornikowe do badań wytypowali Jan Szewczyk i Leszek Bojarski. Analizy chemiczne wód wykonano w laboratoriach Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie oraz Przedsiębiorstwa Poszukiwań Nafty i Gazu w Pile. W laboratorium w Pile wykonano również analizy gazu.

W dalszej części rozdziału badania poszczególnych poziomów omówiono nie w kolejności ich wykonywania lecz w kolejności stratygraficznej, począwszy od zalegających najgłębiej.

Opróbowany poziom: 4427–4108 m – dewon, ordowik (piaskowce, margle, iłowce)

Wyniki:

brak przyływu, brak objawów bitumiczności
ciśnienie denne $P_d = 312,7 \times 10^3$ hPa.

Opróbowanie przeprowadzono w dniach 27–29 lipca 1990 r. po zakończeniu głębinienia otworu. Końcowa głębokość otworu wynosiła 4427 m, a but rur $\varnothing 168,3$ mm znajdował się na głębokości 4108 m. Opróbowano poziom odsłonięty pomiędzy butem rur a dnem otworu. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach $\varnothing 168,3$ mm na głębokości 4081 m. Zastosowano zalewkę – zalano 2027 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczka o gęstości $1,41 \text{ g/dm}^3$. Badania przeprowadzono metodą dwukrotnego odciążenia przyływu (fig. 46). Uzyskano następujące wyniki:

I okres przyływu: ciśnienie $271,3\text{--}271,3 \times 10^3$ hPa, czas 30 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $271,3\text{--}312,7 \times 10^3$ hPa, czas 180 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $271,2\text{--}271,5 \times 10^3$ hPa, czas 299 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $271,5\text{--}308,6 \times 10^3$ hPa, czas 1441 minut.

W trakcie opróbowania na głowicy podczas pierwszych 7 minut trwania I okresu przyływu obserwowano słaby wypływ powietrza. Stwierdzono brak przyływu i brak śladów bituminiów. Kształt krzywych wzrostu ciśnienia świadczy, iż badany poziom jest praktycznie nieprzepuszczalny. Obliczeń parametrów złożowych nie wykonywano. Temperatura w głębokości 4090 m wynosiła 372°K (99°C). Z przestrzeni międzyrurowej $\varnothing 244,5\text{--}168,3$ mm następował w trakcie badań stały, minimalny wypływ płuczki w ilości $3,5 \text{ dm}^3/\text{h}$. Samowypływ ten następował z warstw odsłoniętych pod butem kolumny rur $\varnothing 244,5$ mm poprzez źle zacementowaną przestrzeń międzyrurową. Ciśnienie denne wynosiło $312,7 \times 10^3$ hPa. Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym, którego strop znajdował się na głębokości 3850 m.

Opróbowany poziom: 4194–4108 m – dewon (margle, piaskowce, iłowce, piaskowce dolomityczne)

Wyniki:

brak przyływu, brak objawów bitumiczności
ciśnienie denne $P_d = 306,1 \times 10^3$ hPa.

Opróbowanie przeprowadzono w dniach 9–10 czerwca 1990 r. podczas wiercenia otworu, przy głębokości wynoszącej 4194 m. But rur $\varnothing 168,3$ mm znajdował się na głębokości 4108 m. Opróbowano poziom odsłonięty pod butem rur. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach $\varnothing 168,3$ mm na głębokości 4090 m. Zastosowano zalewkę – zalano 2130 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczka o gęstości $1,41 \text{ g/cm}^3$. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odciążenia przyływu (fig. 47). Uzyskano następujące wyniki:

I okres przyływu: ciśnienie $287,5\text{--}287,5 \times 10^3$ hPa, czas 31 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $287,5\text{--}306,1 \times 10^3$ hPa, czas 179 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $287,1\text{--}287,1 \times 10^3$ hPa, czas 179 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $287,1\text{--}302,6 \times 10^3$ hPa, czas 480 minut.

Na głowicy podczas okresów przyływu nie zaobserwowano wypływu powietrza z przewodu wiertniczego. Stwierdzono całkowity brak przyływu i brak objawów bitumiczności. Krzywe wzrostu ciśnienia są typowe dla utworów o znikomej przepuszczalności, wykluczają one możliwość występowania w badanym interwale poziomu posiadającego właściwości kolektorskie. Obliczeń parametrów złożowych nie przeprowadzono. Temperatura w obrębie badanego poziomu wynosiła na głębokości 4096 m 375°K (102°C). Ciśnienie denne wyniosło $306,1 \times 10^3$ hPa.

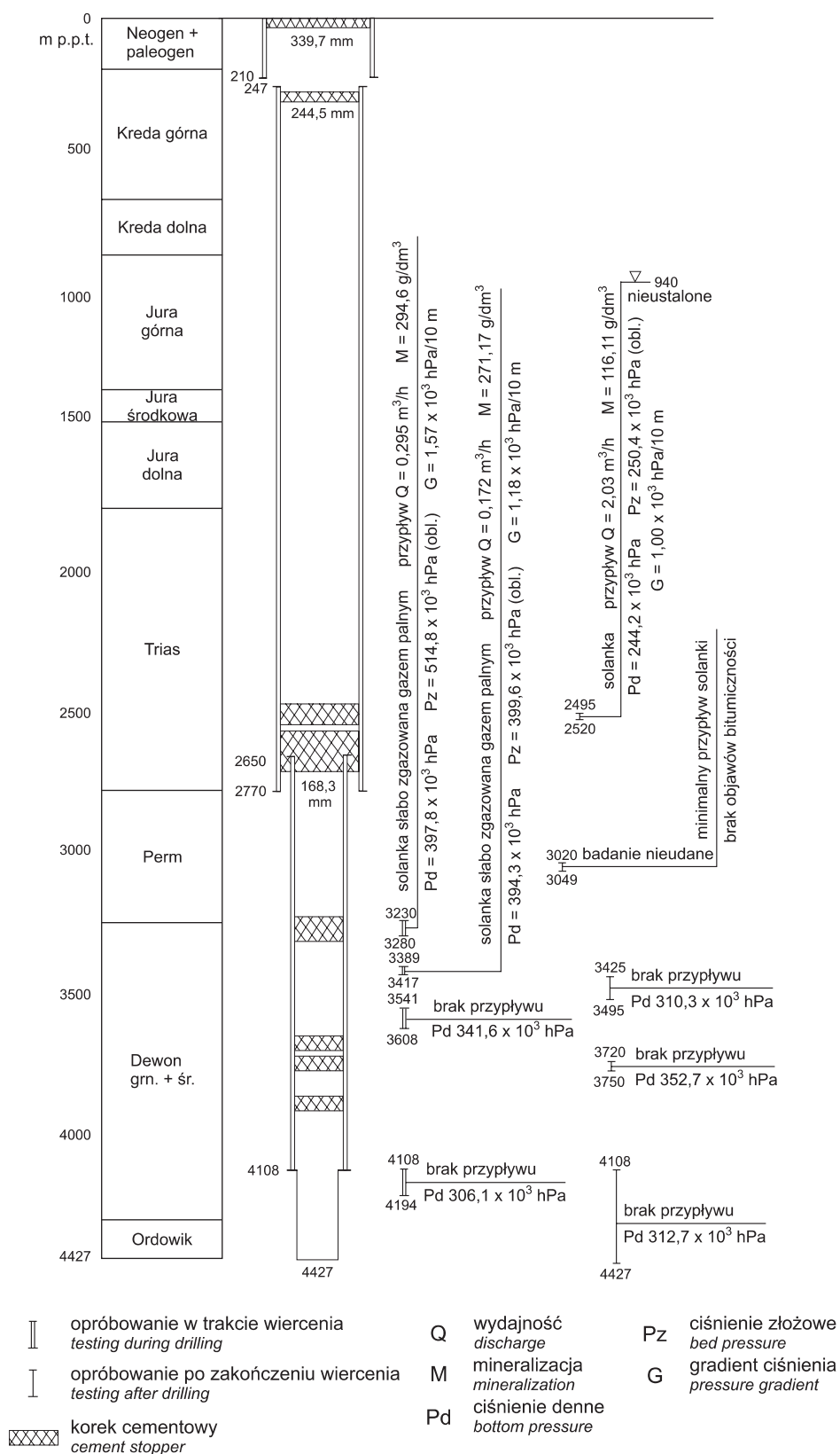


Fig. 45. Schemat opróbowania otworu

Scheme of borehole testing

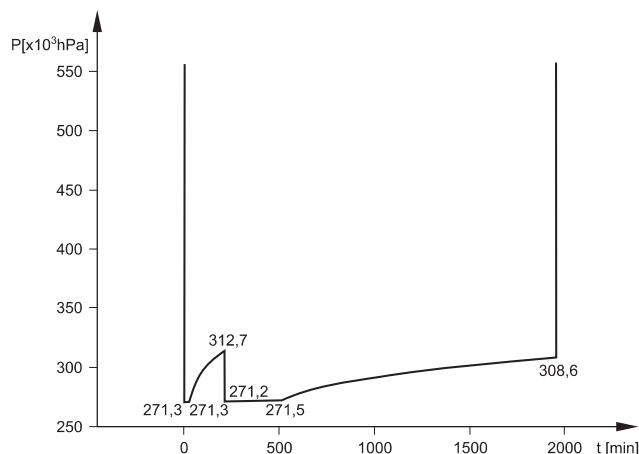


Fig. 46. Opróbowanie poziomu 4427–4108 m

Testing of 4427–4108 m

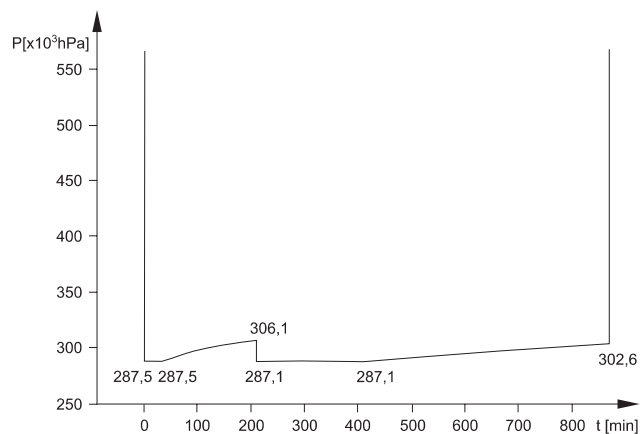


Fig. 47. Opróbowanie poziomu 4194–4108 m

Testing of 4194–4108 m

Opróbowany poziom: 3750–3720 m – dewon (piaskowce margliste, piaskowce dolomityczne, dolomity, mułowce, margle)

Wyniki:

brak przyływu, brak objawów bitumiczności
ciśnienie denne $P_d = 352,7 \times 10^3$ hPa.

Głębokość otworu podczas opróbowania (strop korka cementowego) wynosiła 3850 m. But rur $\varnothing 168,3$ mm znajdował się na głębokości 4108 m, to znaczy poniżej korka cementowego. Poziom udostępniono do badań poprzez perforację rur $\varnothing 168,3$ mm w głębokości 3750–3720 m. Opróbowanie przeprowadzono w dniach 2–4 sierpnia 1990 r. Uszczelniacz próbnika zapięto w głębokości 3701 m. Zastosowano zalewkę – zalano 1655 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczką wiertniczą o gęstości $1,41 \text{ g/cm}^3$. Opróbowanie wykonano metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 48).

I okres przyływu: ciśnienie $230,4\text{--}230,4 \times 10^3$ hPa, czas 31,1 minut,

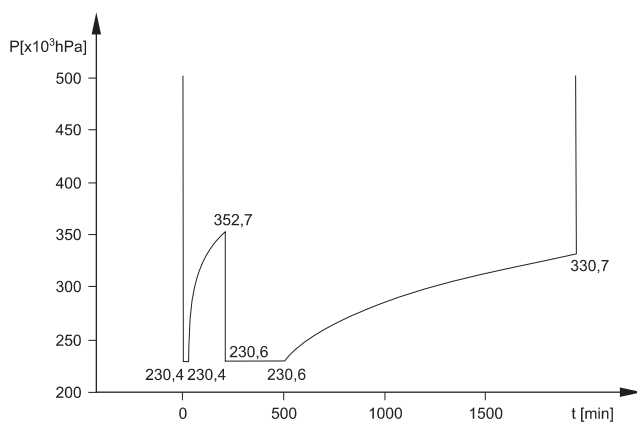


Fig. 48. Opróbowanie poziomu 3750–3720 m

Testing of 3750–3720 m

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $230,4\text{--}352,7 \times 10^3$ hPa, czas 177,3 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $230,6\text{--}230,6 \times 10^3$ hPa, czas 296 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $230,6\text{--}330,7 \times 10^3$ hPa, czas 1441,3 minut.

Po rozpoczęciu opróbowania na głowicy przez 5 minut obserwowano słaby, stopniowo zanikający wypływ powietrza. W wyniku badań stwierdzono brak przyływu i brak śladów bituminów. Krzywa wzrostu ciśnienia wskazuje na poziom o znikomej przepuszczalności. Obliczeń parametrów złożowych nie wykonano, nie zezwoliły na to uzyskane wyniki. Temperatura w głębokości 3707 m wynosiła 367° K (94° C). Podczas opróbowania, podobnie jak podczas badania poziomu 4427–4108 m obserwowano minimalny, stały samowypływ płuczki z przestrzeni międzyrurowej $\varnothing 244,5\text{--}168,3$ mm. Samowypływ ten następował poprzez źle zacementowaną przestrzeń międzyrurową z warstw odsłoniętych pod butem rur $\varnothing 244,5$ mm. Wydajność wypływu wynosiła $3,2 \text{ dm}^3/\text{h}$. Ciśnienie denne wynosiło $352,7 \times 10^3$ hPa. Badany poziom zlikwidowano korkami cementowymi założonymi w głębokościach 3760–3710 i 3689–3639 m.

Opróbowany poziom: 3608–3541 m – dewon (margle, wapień, piaskowce margliste)

Wyniki:

brak przyływu, brak objawów bitumiczności
ciśnienie denne $P_d = 341,6 \times 10^3$ hPa.

Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3608 m. Do głębokości 2770 m był on zarurowany kolumną rur $\varnothing 244,5$ mm. Opróbowanie przeprowadzono w dniach 2–4 lutego 1990 r. Uszczelniacz próbnika zapięto w otworze niezarurowanym, pod butem rur, na głębokości 3541 m. Opróbowany poziom 3608–3541 m był odsłonięty pomiędzy uszczelniaczem a spodem otworu. Zastosowano zalewkę – zalano 2020 mb przewodu wiertniczego nad próbnikiem płuczką wiertniczą o gęstości $1,60 \text{ g/dm}^3$. Opróbowanie wykonano metodą dwukrotnego odcięcia przyływu uzyskując następujące wyniki (fig. 49):

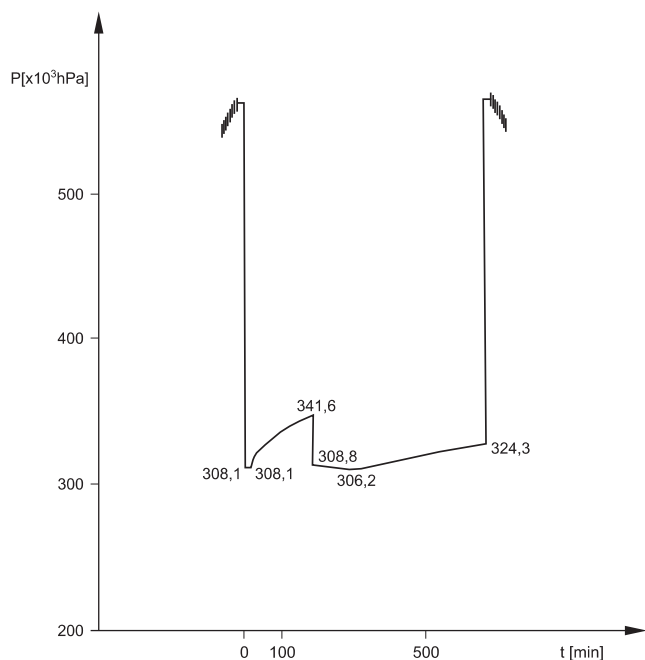


Fig. 49. Opróbowanie poziomu 3608–3541 m

Testing of 3608–3541 m

I okres przyływu: ciśnienie $308,1-308,1 \times 10^3$ hPa, czas 11 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $308,1-341,6 \times 10^3$ hPa, czas 182 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $308,8-306,2 \times 10^3$ hPa, czas 120 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $306,2-324,3 \times 10^3$ hPa, czas 357 minut.

Podczas okresów przyływów na głowicy nie obserwowano wypływu powietrza. Stwierdzono całkowity brak przyływu. Przebieg krzywych odbudowy ciśnienia świadczy, że badany poziom jest nieprzepuszczalny. Wyniki opróbowania nie mogą stanowić podstawy do wykonania jakichkolwiek obliczeń parametrów złożowych. Temperatura pomierzona w głębokości 3542 m wynosiła 360°K (87°C). Ciśnienie denne wynosiło $341,6 \times 10^3$ hPa. Opróbowanie nie wykazało śladów bitumiczności, mimo iż podczas wiercenia sporadycznie obserwowano w tej głębokości punktowe ślady ropy naftowej.

Opróbowany poziom: 3495–3425 m – dewon (margle, wapienie margliste, piaskowce)

Wyniki:

brak przyływu, brak objawów bitumiczności
ciśnienie denne $P_d = 310,3 \times 10^3$ hPa.

Głębokość otworu podczas opróbowania (strop korka cementowego) wynosiła 3639 m. But rur $\varnothing 168,3$ mm znajdował się na głębokości 4108 m, to znaczy poniżej korka cementowego. Poziom udostępniono do badań poprzez perforację rur $\varnothing 168,3$ mm wykonaną w głębokości 3495–3425 m. Opróbowanie przeprowadzono w dniach 12–14 sierpnia 1990 r. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach $\varnothing 168,3$ mm w głębokości 3401 m. Zastosowano zalewkę – zalano 1348 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczką wiertniczą o gęstości

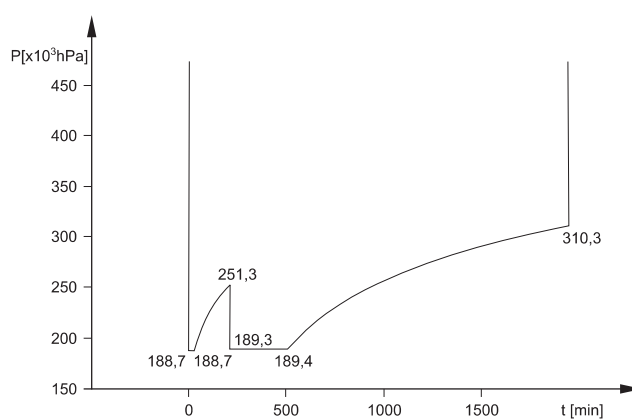


Fig. 50. Opróbowanie poziomu 3495–3425 m

Testing of 3495–3425 m

$1,41 \text{ g/cm}^3$. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 50):

I okres przyływu: ciśnienie $188,7-188,7 \times 10^3$ hPa, czas 29,8 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $188,7-251,3 \times 10^3$ hPa, czas 177,4 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $189,3-189,4 \times 10^3$ hPa, czas 298,3 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $189,4-310,3 \times 10^3$ hPa, czas 1440,5 minut.

Podczas opróbowania na głowicy obserwowano tylko chwilowy, słaby wypływ powietrza w momencie otwarcia zaworu. Stwierdzono całkowity brak przyływu i brak śladów bitumiczności. Kształt krzywych wzrostu ciśnienia wskazuje na brak cech zbiornikowych badanego poziomu. Obliczeń parametrów złożowych nie wykonywano. Temperatura w głębokości 3407 m wynosiła 360°K (87°C). Z przestrzeni międzyrurowej następował, podobnie jak przy poprzednich opróbowaniach, minimalny samowypływ płuczki w ilości $1 \text{ dm}^3/\text{h}$. Ciśnienie denne wynosiło $310,3 \times 10^3$ hPa. Badany poziom zlikwidowano wykonując korek cementowy, którego strop znajdował się na głębokości 3215 m.

Opróbowany poziom: 3417–3389 m – dewon (margle, ilowce)

Wyniki:

przyływ słabo zgazowanej solanki zanieczyszczonej płuczką wiertniczą

przyływ $0,172 \text{ m}^3/\text{h}$

ciśnienie denne $P_d = 394,3 \times 10^3$ hPa

ciśnienie złożowe $P_z = 399,6 \times 10^3$ hPa (obliczone).

Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3417 m. But rur $\varnothing 244,5$ mm znajdował się na głębokości 2770 m. Opróbowanie przeprowadzono w dniach 6–7 stycznia 1990 r. Uszczelniacz próbnika zapięto w otworze niezarurowanym pod butem rur, na głębokości 3389 m. Opróbowano poziom zbiornikowy odsłonięty pomiędzy uszczelniaczem a dnem otworu. Jako zalewkę zastosowano płuczkę wiertniczą o gęstości $1,63 \text{ g/dm}^3$, którą zalano 1896 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 51):

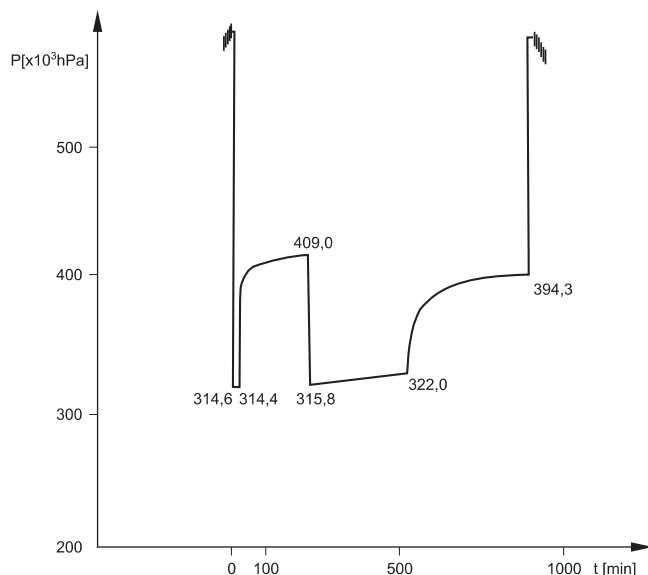


Fig. 51. Opróbowanie poziomu 3417–3389 m

Testing of 3417–3389 m

I okres przyływu: ciśnienie $314,6\text{--}314,4 \times 10^3$ hPa, czas 15 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $314,4\text{--}409,0 \times 10^3$ hPa, czas 211,5 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $315,8\text{--}322,0 \times 10^3$ hPa, czas 299 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $322,0\text{--}394,3 \times 10^3$ hPa, czas 359,5 minut.

Tabela 13

Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z poziomu 3417–3389 m

Results of chemical analysis of brine sampled at 3417–3389 m interval

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
NH ₄ ⁺	35,0	1,9436	0,041
Fe ^T	289,8	15,5651	0,332
Mg ²⁺	1240,1	101,9820	2,182
Ca ²⁺	15727,8	784,8180	16,787
Na ⁺	86730,5	3771,0451	80,658
Suma	104023,2	4675,3538	100,000
Aniony			
Cl ⁻	163735,2	4617,3326	98,759
Br ⁻	799,2	9,9979	0,213
HCO ₃ ⁻	1464,0	23,9950	0,514
SiO ₃ ²⁻	0,0	0,0000	0,000
SO ₄ ²⁻	1154,1	24,0283	0,514
Suma	167152,5	4675,3538	100,000

Podczas obydwóch okresów przyływu obserwowano słaby, przerywany wypływ powietrza. Do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło $0,9 \text{ m}^3$ solanki zanieczyszczonej płuczką. Średni przyływ w głębokości 3389–1390 m określono na $0,172 \text{ m}^3/\text{h}$. Podczas wiercenia, przy głębokości otworu wynoszącej 3416 m nastąpił zanik 12 m^3 płuczki. Zanik zlikwidowano obniżając gęstość płuczki z $1,72$ do $1,63 \text{ g/dm}^3$. W głębokości 3416 m prawdopodobnie nastąpiło rozszczelinowanie skał, co spowodowało, iż ciśnienie złożowe z I cyklu badań jest wyższe od ciśnienia stwierdzonego podczas II cyklu. Za rzeczywiste przyjęto ciśnienie z II cyklu badań. Stwierdzone ciśnienie denne wyniosło $394,3 \times 10^3$ hPa zaś ciśnienie złożowe wyekstrapolowane $399,6 \times 10^3$ hPa, czemu odpowiada gradient $1,18 \times 10^3 \text{ hPa}/10 \text{ m}$. Współczynnik przepuszczalności wynosi $0,70 \text{ mD}$, a promień zasięgu badania 68 m . Wartość wskaźnika naskórka (skin efekt) wynosi $-1,56$. Badany poziom charakteryzuje się więc niską przepuszczalnością, a strefa przyodwiertowa nie jest uszkodzona. Temperatura w głębokości 3390 m wynosi 359° K (86° C). Na rdzeniu wiertniczym z głębokości 3384–3401 m obserwowano ślady ropy naftowej, objawy te się nie potwierdziły podczas opróbowania. Wyniki badań chemicznych wody pobranej podczas opróbowania przedstawiono w tabeli 13.

Uzyskana woda to $27,12\%$ solanka sodowo-chlorkowa, bromkowa, żelazista. Ciężar właściwy solanki wynosi $1,176 \text{ g/ml}$, sucha pozostałość $271,17 \text{ mg/dm}^3$, a $\text{pH} = 7,06$. Solanka nie uległa znacznym przeobrażeniom – wskaźnik hydrochemiczny:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 0,816$$

Jonu jodkowego nie oznaczano, jon bromkowy występuje w ilości $799,2 \text{ mg/dm}^3$. Wykonano także analizę wolnego gazu uzyskanego z odgazowania solanki. Wyniki przedstawiono w tabeli 14.

Suma węglowodorów ciężkich w analizowanym gazie wynosi $0,2277\%$ objętościowych. Jest to gaz ziemny metano-azotowy ze znacznie podwyższoną zawartością helu.

Opróbowany poziom: 3280–3230 m – perm górný, dewon (dolomity, margle, wapienie, łowce)

Wyniki:

przyływ słabo zgazowanej solanki zanieczyszczonej płuczką wiertniczą

przyływ $0,295 \text{ m}^3/\text{h}$

ciśnienie denne $P_d = 397,8 \times 10^3 \text{ hPa}$

ciśnienie złożowe $P_z = 514,8 \times 10^3 \text{ hPa}$ (obliczone).

Głębokość otworu podczas badań wynosiła 3280 m. But rur $\varnothing 244,5 \text{ mm}$ znajdował się na głębokości 2770 m. Opróbowanie przeprowadzono w dniach 17–19 grudnia 1989 r. Uszczelniacz próbnika zapięto w otworze niezarurowanym w głębokości 3230 m. Badano poziom zbiornikowy odsłonięty pomiędzy uszczelniaczem próbnika a dnem otworu. Zastosowano zalewkę – zalano 1816 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczką solno-barytową o gęstości $1,73 \text{ g/cm}^3$. Badania przeprowadzono metodą dwukrotnego odciążenia przyływu (fig. 52):

I okres przyływu: ciśnienie $339,9\text{--}330,6 \times 10^3$ hPa, czas 6,5 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $330,6\text{--}490,7 \times 10^3$ hPa, czas 125,5 minut,

Tabela 14

**Analiza gazu pobranego
z głębokości 3417–3389 m**

Analysis of gas sampled
at depth 3417–3389 m

Składnik	Zawartość składników [% obj.]	Zawartość składników [g/Nm ³]
CH ₄	57,1662	409,7673
C ₂ H ₆	1,9945	27,0454
C ₃ H ₈	0,2616	5,2416
i-C ₄ H ₁₀	0,0068	0,1814
n-C ₄ H ₁₀	0,0143	0,3865
neo-C ₅ H ₁₂	0,0000	0,0000
i-C ₅ H ₁₂	0,0000	ślady
n-C ₅ H ₁₂	0,0000	ślady
C ₆ H ₁₄	0,0000	0,0000
O ₂	0,0000	0,0000
N ₂	37,2834	466,2289
He	0,4165	0,7434
H ₂	2,8567	2,5653
H ₂ S	0,0000	0,0000
CO	0,0000	0,0000
Suma	100,0000	932,7768

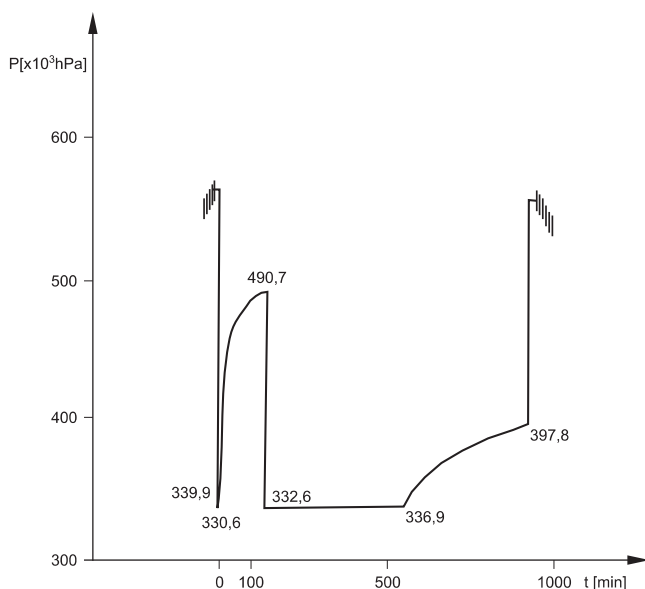


Fig. 52. Opróbowanie poziomu 3280–3230 m

Testing of 3280–3230 m

II okres przyływu: ciśnienie $332,6\text{--}336,9 \times 10^3$ hPa, czas 420,5 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $336,9\text{--}397,8 \times 10^3$ hPa, czas 359,5 minut.

Podczas efektywnego przyływu trwającego łącznie 427 minut, tzn. przez przeciąg obydwóch całkowitych okresów przyływu, do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło 2,1 m³ solanki skażonej płuczką wiertniczą, słabo zgazowanej gazem palnym. Przyływ objawiał się silnym wypływem powietrza na głowicy przez pierwsze 6,5 minuty, średnim wypływem stopniowo malejącym do słabego, przerywanego przez następne 60 minut i słabym, przerywanym wypływem powietrza przez 360,5 minuty. Średni przyływ w głębokości 3230–1180 m określono na 0,295 m³/h. Podczas wiercenia, przy głębokości otworu wynoszącej 3280 m, stwierdzono zanik 8 m³ płuczki wiertniczej, co spowodowało silne zróżnicowanie wartości ciśnień stwierdzonych w obydwóch cyklach opróbowania. Nie wyklucza się nawet efektu rozszczelinowania, na co wskazywałoby zmniejszenie się o $9,3 \times 10^3$ hPa wartości ciśnienia w trakcie I okresu przyływu. Pełna charakterystyka parametrów złożowych badanego poziomu zbiornikowego nie jest możliwa, można jedynie stwierdzić, że poziom odznacza się niekorzystnymi właściwościami zbiornikowymi. Obliczono wartości ciśnień złożowych w głębokości 3280 m dla obydwóch cykli opróbowania. Ciśnienia złożowe wynoszą: PzI = 514,8 i PzII = $442,3 \times 10^3$ hPa, czemu odpowiadają gradienty: GI = 1,57 i GII = $1,35 \times 10^3$ hPa/10 m. Temperatura w głębokości 3232 m wynosiła 358° K (85° C). Podczas badań pobrano próbę solanki do badań chemicznych. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 15.

Badana woda to 29,46% solanka sodowo-chlorkowa, bromkowa, żelazista. Ciężar właściwy solanki wynosi 1,201 g/ml, sucha pozostałość 294,60 mg/dm³, a pH = 7,25. Podczas opróbowania nie stwierdzono żadnych objawów wskazujących na możliwość występowania węglowodorów. Na brak w badanym poziomie korzystnych warunków dla zachowania się złóż węglowodorów wskazuje również wysoka wartość wskaźnika hydrochemicznego:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 0,864$$

charakterystyczna dla wód o niewielkim stopniu zaawansowania przemian chemicznych. Wykonano również analizę wolnego gazu uzyskanego z odgazowania solanki. Wyniki przedstawiono w tabeli 16.

Suma węglowodorów ciężkich w analizowanym gazie wynosi 0,9364% objętościowych. Gaz określono jako ziemny gazolinowo-azotowy z podwyższoną do 0,46% obj. zawartością helu.

Opróbowany poziom: 3049–3020 m – perm (dolomit główny)

Wyniki:

opróbowanie nieudane,

stwierdzono brak objawów bitumiczności.

Głębokość otworu podczas opróbowania (strop korka cementowego) wynosiła 3215 m. Badanie przeprowadzono w dniach 19–20 sierpnia 1990 r. Otwór był zarurowany kolumną rur \varnothing 244,5 mm od wierzchu do głębokości 2770 m i kolumną rur \varnothing 168,3 mm w głębokości 2650–4108 m. Opró-

Tabela 15

**Wyniki badań chemicznych solanki
pobranej z poziomu 3289–3230 m**

Results of chemical analysis of brine
sampled at 3289–3230 m interval

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
NH ₄ ⁺	77,5	4,3036	0,085
Fe ^T	284,1	15,2588	0,301
Mg ²⁺	1213,1	99,7650	1,967
Ca ²⁺	12129,1	605,2410	11,933
Na ⁺	99988,7	4347,5080	85,714
Suma	113692,5	5072,0764	100,000
Aniony			
Cl ⁻	178257,5	5026,8615	99,109
Br ⁻	460,9	5,7655	0,114
HCO ₃ ⁻	1342,0	21,9954	0,434
CO ₃ ²⁻	0,0	0,0000	0,000
SiO ₃ ²⁻	0,0	0,0000	0,000
SO ₄ ²⁻	838,3	17,4540	0,343
Suma	180898,7	5072,0764	100,000

Tabela 16

**Analiza gazu pobranego
z głębokości 3280–3230 m**

Analysis of gas sampled
at depth 3280–3230 m

Składnik	Zawartość składników [% obj.]	Zawartość składników [g/Nm ³]
CH ₄	57,4523	411,8180
C ₂ H ₆	2,6607	36,0791
C ₃ H ₈	0,7208	14,4426
i-C ₄ H ₁₀	0,0374	0,9978
n-C ₄ H ₁₀	0,1403	3,7923
neo-C ₅ H ₁₂	0,0000	0,0000
i-C ₅ H ₁₂	0,0193	0,5672
n-C ₅ H ₁₂	0,0186	0,6430
C ₆ H ₁₄	0,0000	ślady
N ₂	36,8676	461,0293
He	0,4646	0,8293
H ₂	1,6184	1,4533
H ₂ S	0,0000	0,0000
CO	0,0000	0,0000
CO ₂	0,0000	0,0000
Suma	100,0000	931,6519

bowano poziom odsłonięty poprzez wykonaną w głębokości 3049–3020 m perforację bezpociskową rur Ø 168,3 mm. Uszczelniacz próbnika zapięto w rurach Ø 168,3 mm w głębokości 2995 m. Zastosowano zalewkę – zalano 1247 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem płuczką o gęstości 1,55 g/cm³. Po otwarciu zaworu głównego próbnika przez 2 minuty na głowicy obserwowano silny wypływ powietrza z równoczesnym opadaniem płuczki w przestrzeni pomiędzy przewodem wiertniczym a rurami Ø 168,3 mm. Opadanie płuczki zaobserwowano już w momencie otwarcia zaworu głównego. Do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło około 500 dm³ płuczki. W płuczce nie stwierdzono śladów bituminów. Opróbowanie uznano za nieudane z powodu nieskutecznego zacementowania kolumny rur Ø 168,3 mm na odcinku pomiędzy perforacją a wierzchem zakładki w rurach Ø 244,5 mm. Wyniki zapięcia próbnika potwierdza nikły samowypływ płuczki (3,2–1,0 dm³/h) z przestrzeni międzyrurowej stwierdzony podczas opróbowywania utworów dewonu. Podczas całego okresu prób wykonywanych po zakończeniu wiercenia, począwszy od poziomu 4427–4108 m nie stwierdzono w płuczce wypływającej samoczynnie objawów zgazowania i śladów ropy naftowej. Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym założonym w głębokości 2700–2557 m.

Opróbowany poziom: 2520–2495 m – trias (piaskowce, mułowce)

Wyniki:

przyływ solanki

przyływ 2,03 m³/h

ciśnienie denne Pd = 244,2 × 10³ hPa

ciśnienie złożowe Pz = 250,4 × 10³ hPa (obliczone)

Głębokość otworu podczas opróbowania (strop korka cementowego) wynosiła 2557 m. Poziom zbiornikowy opróbowano w dniach 28–29 sierpnia 1990 r. Otwór podczas badań był zarurowany kolumną rur Ø 244,5 mm od wierzchu do głębokości 2770 m oraz kolumną rur Ø 168,3 mm od głębokości 2650 m do głębokości 4108 m. Poziom udostępniono do badań perforując bezpociskowo rury Ø 244,5 mm w głębokości 2520–2495 m. Zastosowano zalewkę – zalano 60 mb przewodu wiertniczego ponad próbnikiem wodą o gęstości 1,0 g/cm³. Opróbowanie wykonano metodą dwukrotnego odciecia przyływu (fig. 53). Uzyskano następujące wyniki:

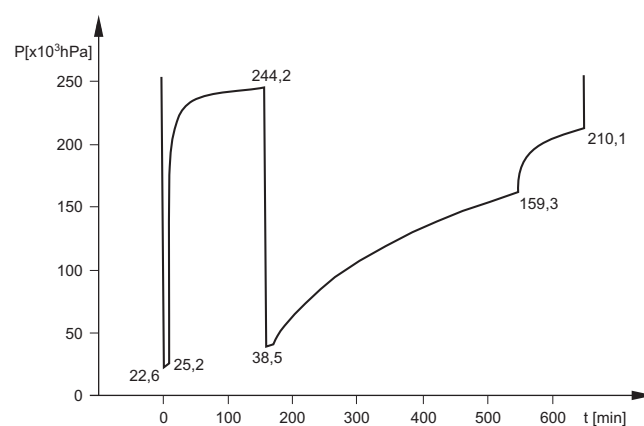


Fig. 53. Opróbowanie poziomu 2520–2495 m

Testing of 2520–2495 m

I okres przyływu: ciśnienie $22,6-25,2 \times 10^3$ hPa, czas 7,8 minut,

I okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $25,2-244,2 \times 10^3$ hPa, czas 148,1 minut,

II okres przyływu: ciśnienie $38,5-159,3 \times 10^3$ hPa, czas 390,2 minut,

II okres odbudowy ciśnienia: ciśnienie $159,3-210,1 \times 10^3$ hPa, czas 103,7 minut.

Podczas oczekiwania na przyływ na głowicy obserwowano dość silny wypływ powietrza, stopniowo zanikający, aż do zaniku pod koniec II okresu przyływu. Podczas efektywnego przyływu trwającego łącznie 398 minut do przewodu wiertniczego nad próbnikiem dopłynęło $13,5 \text{ m}^3$ solanki.

Tabela 17

Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z poziomu 2520–2495 m

Results of chemical analysis of brine sampled at 2520–2495 m interval

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	% mval
Kationy			
Na ⁺	36400,00	1580,0000	79,37
K ⁺	260,00	6,6500	0,33
Ca ²⁺	5640,00	281,0000	14,12
Mg ²⁺	1420,00	117,0000	5,85
Fe ^T	10,00	0,5370	0,03
Mn ²⁺	5,09	0,1850	0,01
Li ⁺	4,42	0,6370	0,03
Sr ²⁺	211,00	4,8200	0,24
Cu ²⁺	0,28	0,0088	0,00
Pb ²⁺	<0,30	<0,0029	0,00
Ni ²⁺	<0,30	<0,0102	0,00
Zn ²⁺	11,00	0,3370	0,02
Suma	43962,39	1991,1900	100,00
Aniony			
Cl ⁻	70100,00	1980,0000	98,17
HCO ₃ ⁻	293,00	4,8000	0,24
SO ₄ ²⁻	1430,00	29,7000	1,47
F ⁻	0,39	0,0205	0,00
Br ⁻	198,00	2,4800	0,12
J ⁻	5,60	0,0441	0,00
Suma	72026,99	2017,05	100,00

Średni przyływ w głębokości 2495–940 m wynosi więc $2,03 \text{ m}^3/\text{h}$. Ciśnienie denne P_d wynosiło $244,2 \times 10^3$ hPa zaś wyliczone ciśnienie złożowe $P_z = 250,4 \times 10^3$ hPa, czemu odpowiada gradient ciśnienia złożowego $G = 1,00 \times 10^3$ hPa/10 m. Wyliczono parametry złożowe związane z przyływem: współczynnik przepuszczalności $k = 0,74$ mD, wskaźnik naskórka (skin efekt) $S = -3,27$, promień zasięgu badania = 45 m, wskaźnik uszkodzenia strefy przyodwiertowej $WU = 0,43$. Wyliczone parametry świadczą, że opróbowany poziom zbiornikowy odznacza się niewielką przepuszczalnością, a strefa przyodwiertowa nie jest uszkodzona. Śladów zgazowania i śladów ropy naftowej nie stwierdzono. Temperatura w głębokości 2476 m wynosi 340°K (67°C). Badania chemiczne wykazały, iż w opróbowanym poziomie zbiornikowym triasu dolnego występuje 11,6% solanka sodowo-chlorkowa, żelazista, bromkowa, jodkowa. Skład chemiczny solanki przedstawiono w tabeli 17.

Solanka ta charakteryzuje się ciężarem właściwym $1,08 \text{ g/ml}$, suchą pozostałością wynoszącą $116-112 \text{ mg/dm}^3$ i $\text{pH} = 6,98$. Wskaźnik hydrochemiczny:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 0,80$$

wskazuje na niewielkie przeobrażenie solanki. Nie stwierdzono podwyższonej zawartości pierwiastków biofilnych. Otwór zlikwidowano korkami cementowymi. Badany poziom zamknięto korkiem cementowym, którego strop stwierdzono w głębokości 2460 m. Rury $\varnothing 244,5$ mm wycięto i wyciągnięto z głębokości 247 m. Wykonano korki cementowe w głębokości 260–195 m i 30–0 m.

* * *

Uwagi końcowe. Przeprowadzone opróbowania wykazały, że poziom zbiornikowy dolomitu głównego należy uznać za nieperspektywny. Podobnie, za poziom negatywny pod względem zachowania się bituminów uznaje się opróbowane utwory triasu dolnego. Poziomem perspektywnym mogą być utwory dewonu. Wartości przyływów nieprzekraczające wartości $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz 5 opróbowania wykazujących brak przyływu świadczą o niekorzystnych własnościach zbiornikowych. Wysokie wartości gradientów ciśnień złożowych, wynoszące $1,18-1,57 \times 10^3$ hPa/10 m, oraz słabe zgazowanie gazem palnym o zawartości metanu do około 58% objętościowych, wskazywałoby jednak na możliwość niewielkich nagromadzeń węglowodorów w strefach spękań i w korzystnych warunkach strukturalnych. Zwraca uwagę podwyższona zawartość helu w gazie stwierdzonym w utworach dewonu. W przypadku wystąpienia nagromadzeń gazu można rozpatrywać możliwość eksploatacji helu.