

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH I OPRÓBOWANIA HYDROGEOLOGICZNEGO

Jan SZEWCZYK

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Badania geofizyki wiertniczej zostały wykonane na jedenaście podstawowych odcinkach badań strefowych w okresie od 3.IV.1973 do 20.IX.1975 r. Dodatkowo w zależności od potrzeb związanych z realizacją prac wiertniczych wykonywane były badania uzupełniające o charakterze technicznym. Badania geofizyczne zostały wykonane standardowymi aparaturami analogowymi produkcji radzieckiej, a wykonawcą badań było do głębokości 4392,0 m Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych (I Zespół Geofizyki Wiertniczej w Lublinie), a dla większych głębokości Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo z bazy w Krośnie. W tabeli 2 podano wykaz typów badań geofizycznych wykonanych w trakcie realizacji otworu wiertniczego Łopiennik IG 1 wraz z głębokościami odcinków, w których te badania zostały wykonane.

Zastosowane dostępne metody badań, a także istniejące w tym czasie możliwości sprzętowe nie gwarantowały właściwego rozpoznania geofizycznego profilu wiercenia. Znaczna głębokość otworu, a także konstrukcja otworu i związane z tym duże średnice nominalne wiercenia wpłynęły na niską jakość uzyskiwanych wyników. Odnosi się to szczególnie do badań radiometrycznych, które wykonywane były sondami niekalibrowanymi tak w metodzie profilowania naturalnego promieniowania gamma (PG) oraz profilowania gamma z wychwyty radiacyjnego neutronów termicznych (PNG). Obie te metody badawcze realizowane były przy pomocy dwukanałowej sondy SP-62 produkcji radzieckiej. Eksperymentalnie w części odcinków badawczych (*vide* tab. 2) wykonywano profilowania neutronowe neutronów termicznych (PNNt) oraz nadtermicznych (PNNnt). Wszystkie zastosowane sondy pomiarowe nie były centralizowane (położenie sondy w trak-

cie pomiarów mogło być w trakcie części badań niestabilizowane). Wszystkie te czynniki wpłynęły na niską jakość wykonanych badań radioemetrycznych.

Znaczna głębokość otworu i związane z tym warunki wykonywania pomiarów geofizycznych przewyższały ówczesne możliwości sprzętowe wykonywania badań geofizycznych nie tylko w zakresie metod radiometrycznych. Pomiar akustyczny wykonany został jedynie w jednym z badań strefowych tj. 806,0–2772,0 m sondą niekompenstacyjną (3-elementową) z bardzo niestabilnym zapisem czasu przejścia fali akustycznej (?T).

Ze względu na zmienny w czasie charakter miar, głębokości stosowanych kabli geofizycznych (m.in. ze względu na ich rozciągliwość), w poszczególnych odcinkach badawczych mogą mieć miejsce wzajemne przesunięcia głębokościowe wyników rejestracji poszczególnych typów profilowań. Element ten powinien być brany pod uwagę przy analizach danych geofizycznych.

Wyniki źródłowych danych pomiarowych zarejestrowano w formie analogowej w podstawowej skali głębokościowej 1:500. W odniesieniu do większości danych pomiarowych wykonywano każdorazowo pomiary kontrolne dla odcinka nie mniejszego niż 50,0 metrów (najczęściej był to najgłębszy fragment badanego odcinka profilu).

Większość wyników wykonanych badań podstawowych, po ich selekcji jakościowej i odrzuceniu pomiarów uznawanych za wadliwe jakościowo, została zdigitalizowana oraz unormowana w zakresie przewidzianym programem prac związanych z wprowadzeniem omawianych danych do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (numer katalogowy otworu Łopiennik IG 1 w bazie CDBG 58549). Zdigitalizowane zo-

stały te spośród wykonanych badań, których jakość uznana została za wystarczającą dla prowadzenia analiz geologiczno-geofizycznych. W wyniku tych prac utworzone zostały, zarówno w odniesieniu do wyników badań odcinkowych, jak i do danych połączonych i unormowanych, zbiory danych geofizycznych w formacie LAS (Log ASCII Standard).

Na figurze 70 przedstawiono zestawienie graficzne odcinków badań istniejących w formie cyfrowej wraz z numerem profilowania przyjętym w systemie interpretacyjnym GEOFLOG.

Wyniki profiliowań naturalnego promieniowania gamma (PG) oraz profiliowań neutronowych (PNG) zostały unormowane oraz połączone w obrębie całego otworu. Na figurze 71 przedstawione zostały wykresy głębokościowe unormowanych i połączonych wartości naturalnego promieniowania gamma a także profilowania średnicy otworu, na którym wskazane zostały głębokości łączenia poszczególnych odcinków pomiarowych. Zastosowana metodyka normowania profiliowań gamma opisana została w pracy Szewczyka (2000).

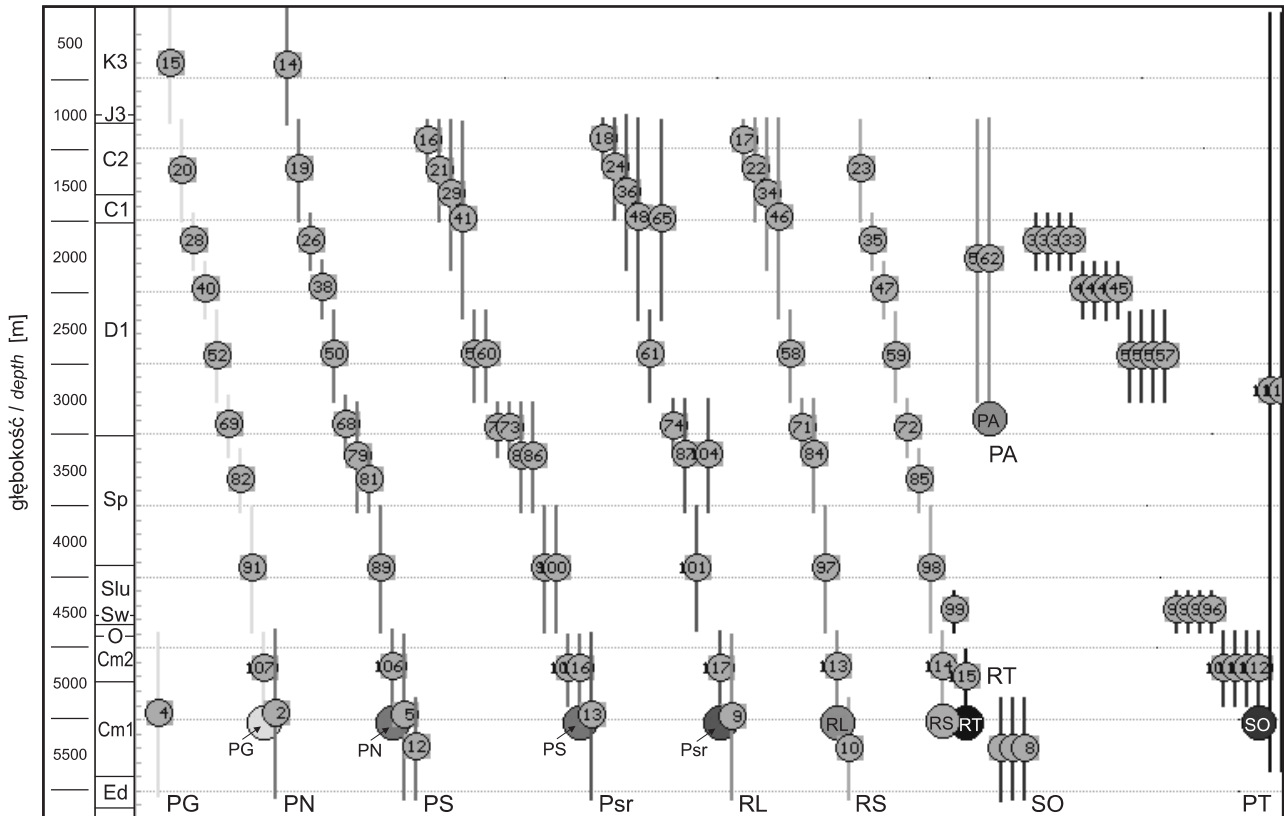


Fig. 70. Schematyczne zestawienie typów badań geofizycznych wykonanych w otworze wiertniczym Łopiennik IG 1

Typy profiliowań geofizycznych: PG – profilowanie naturalnego promieniowania gamma, PN – profilowanie neutronowe, PS – profilowanie potencjałów samoistnych, Psr – profilowanie średnicy otworu, RL – profilowanie oporności długą sondą gradientową, RS – profilowanie oporności krótką sondą potencjałową, RT – profilowanie oporności polem sterowanym, PA – profilowanie akustyczne, SO – profilowania (sondowania) oporności, PT – profilowanie temperatury; przy opisie profilowania podano jego numer identyfikacyjny w systemie GEOFLOG

Schematic depth presentation of types well logging methods performed in Łopiennik IG 1 borehole

Types of borehole logging methods: PG – natural gamma log, PN – neutron log, PS – spontaneous log, Psr – caliper, RL – resistivity lateral, RS – resistivity normal, RT – laterolog, PA – sonic log, SO – resistivity, PT – temperature log; it was given a number of file used in GEOFLOG interpretation system

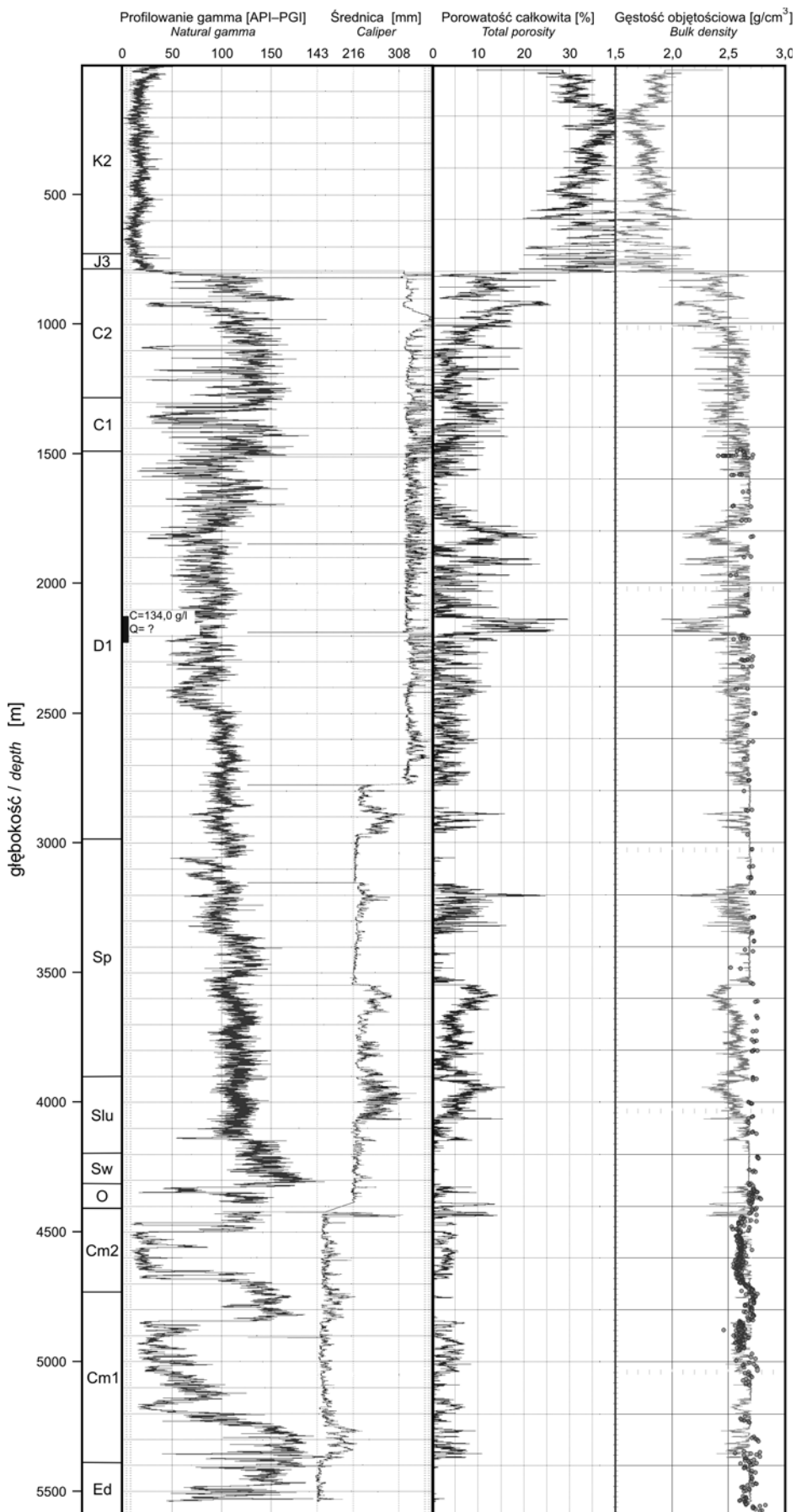


Fig. 71. Unormowane wartości profilowania naturalnego promieniowania gamma

Na wykresie profilowania średnicy otworu wskazano miejsca połączeń poszczególnych odcinków pomiarowych; przedstawiono również obliczeń gęstości objętościowej oraz porowatości całkowitej

Normalized values of natural gamma logs

A depth point is shown on caliper logs for joined of runs of well logs; it was shown also results of total porosity and bulk density

CELE BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Podstawowymi celami badawczymi postawionymi do rozwiązania w otworze Łopiennik IG 1 były:

- określenie w połączeniu z danymi wiertniczymi (próbkami rdzeniowymi oraz okruchowymi) litologii skał występujących w profilu,
- ustalenie zmienności głębokościowej parametrów fizycznych skał niezbędnych dla wydzielenia skał wykazujących własności zbiornikowe,
- wydzielenie warstw przepuszczalnych ze wskazaniem warstw kluczowych dla ustalenia możliwości występowania bituminów oraz uzyskania informacji istotnych dla rozpoznania hydrogeologicznego,
- określenie stanu technicznego otworu w zakresie niezbędnym dla właściwej jego realizacji oraz warunków

i możliwości wykonywania badań hydrogeologicznych zarówno w trakcie prowadzenia wiercenia (badania próbnikami złoża), jak i po jego zakończeniu (badania przez perforację rur okładzinowych).

Jak już wspomniano, zastosowane dostępnych w okresie realizacji wiercenia metod badawczych, a także możliwości sprzętowe nie gwarantowały, niestety, właściwej realizacji wymienionych powyżej celów badawczych. Unikalność uzyskanych danych, niezależnie od ich mankamentów jakościowych, pozostaje źródłem cennych informacji geologiczno-geofizycznych. Wyciąganie wniosków zarówno geofizycznych, jak i geologicznych powinno uwzględniać opisane powyżej uwarunkowania.

WYNIKI LABORATORYJNYCH BADAŃ PARAMETRÓW PETROFIZYCZNYCH

Jednym z celów badawczych otworu wiertniczego Łopiennik IG 1 było uzyskanie informacji na temat głębokościowej zmienności parametrów petrofizycznych skał występujących w profilu.

W zakres laboratoryjnych badań parametrów petrofizycznych próbek pobranych w okresie realizacji prac wiertniczych z rdzeni wiertniczych wchodziły badania:

- gęstości objętościowej w stanie powietrzno-suchym,
- porowatości efektywnej,
- przepuszczalności.

Ogółem zostały wykonane badania petrofizyczne w odniesieniu łącznie do 1274 próbek. Na figurze 72 przedstawione zostało głębokościowe zestawienie całości wymienionych badań odpowiednio w zakresie rozpoznania gęstości skał (fig. 72A) oraz porowatości efektywnej (fig. 72B). Dane te przedstawione zostały na tle analogicznych dostępnych danych dla całego basenu lubelskiego.

Dane te mogą służyć m.in. w podejmowaniu prób kalibracji *post factum* danych geofizycznych, a także dla tworzenia modeli gęstościowych dla interpretacji danych grawimetrycznych.

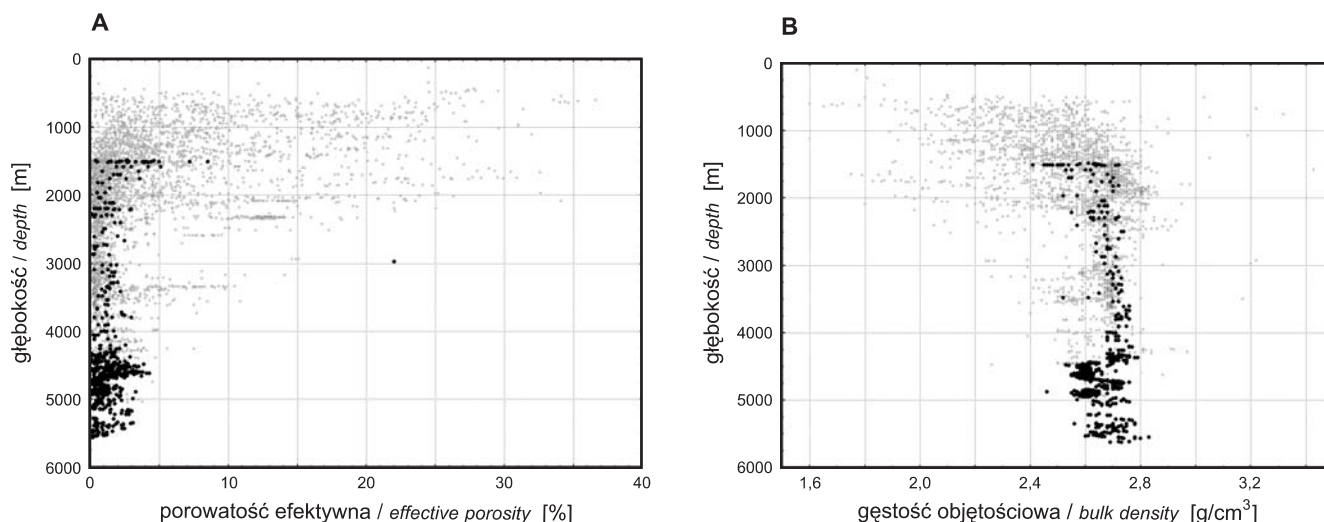


Fig. 72. Zbiorcze zestawienie graficzne wyników laboratoryjnych badań parametrów petrofizycznych dla basenu lubelskiego

A – porowatość efektywna, B – gęstość objętościowa; czarnymi punktami zaznaczono dane z otworu wiertniczego Łopiennik IG 1

Depth diagram of results of petrophysical parameters for the Lublin Basin

A – effective porosity, B – bulk density; black points – data from Łopiennik IG 1 borehole

Wyniki interpretacji danych geofizycznych

Zła jakość większości wyników pomiarowych, a także ograniczony zakres wykonanych badań geofizycznych, nie pozwalają na wykonanie prac interpretacyjnych realizujących podstawowe cele badawcze wymienione wcześniej. Wyniki badań geofizycznych wykorzystane były zarówno w trakcie ustalania profilu litologiczno-stratygraficznego, jak i przy wyborze interwałów głębokościowych dla wykonania opróbowań hydrogeologicznych. Na [figurze 71](#) przedstawione zostały wyniki obliczonych geofizycznych ocen gęstości objętościowych oraz porowatości całkowitej. W procesie interpretacji zastosowano kalibrację profilowań radiometrycznych danymi laboratoryjnymi (Szewczyk, 1998b).

Wobec braku rozpoznania prędkościowego profilu wiercenia (DT) związanym zarówno z niewielkim odcinkiem wykonania bezpośrednich pomiarów akustycznych (złej przy tym jakości), jak i całkowitym brakiem otworowych pomiarów prędkości średnich (VSP), obliczony został profil tzw. syntetycznego profilowania akustycznego (DTS). Zastosowana metoda obliczeń opisana została we wcześniejszej pracy autora (Szewczyk, 1998a). Wyniki tego profilowania przedstawiono na [figurze 73](#).

Na [figurze 74](#) przedstawiony został profil otworu z wydzielonymi warstwami wodonośnymi oraz izolacyjnymi opracowany na podstawie łącznej interpretacji danych geofizycznych oraz geologicznych. Warstwa wodonośna jest tu rozumiana jako warstwa o litologii charakterystycznej dla tego typu warstw charakteryzujących się porowatością efektywną większą od 5%. Ze względu na brak możliwości określenia relacji między porowatością efektywną a przepuszczalnością dla badanych formacji nie musi to oznaczać, że warstwy te wykazują rzeczywiste właściwości filtracyjne (odpowiednia efektywna porowatość warstw jest jedynie warunkiem koniecznym występowania właściwości filtracyjnych). W utworach karbonu oraz dewonu występują warstwy wodonośne o słabych bądź umiarkowanych właściwościach zbiornikowych, poniżej głębokości 2500,0 m brak warstw wodonośnych.

Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w analizach związanych z pozyskiwaniem energii geotermalnej, hydrogeologii czy też w modelowniach wyników powierzchniowych badań geofizycznych takich jak badania sejsmiczne czy gravimetryczne.

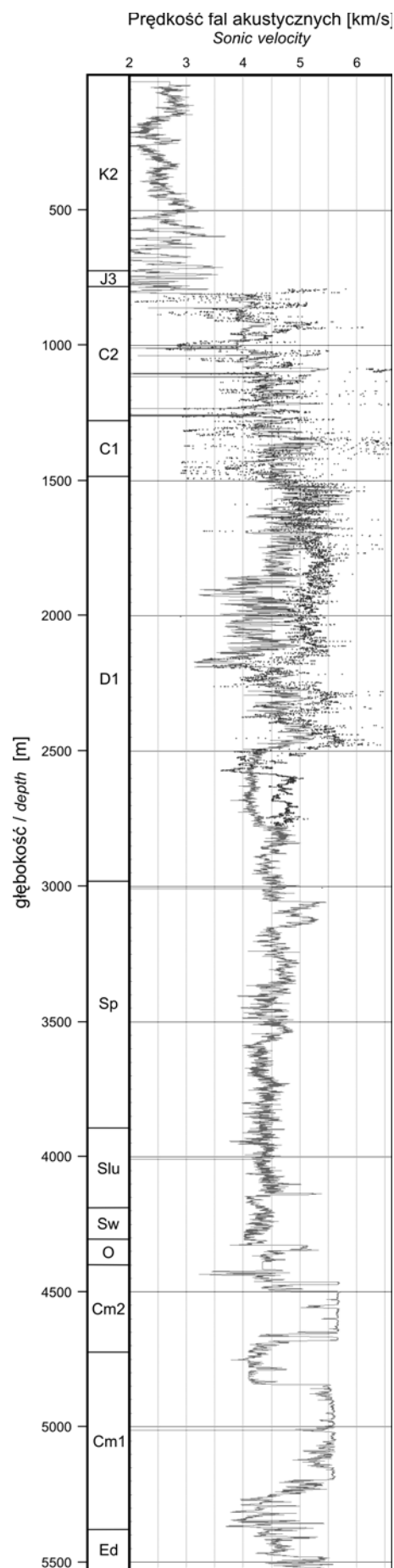
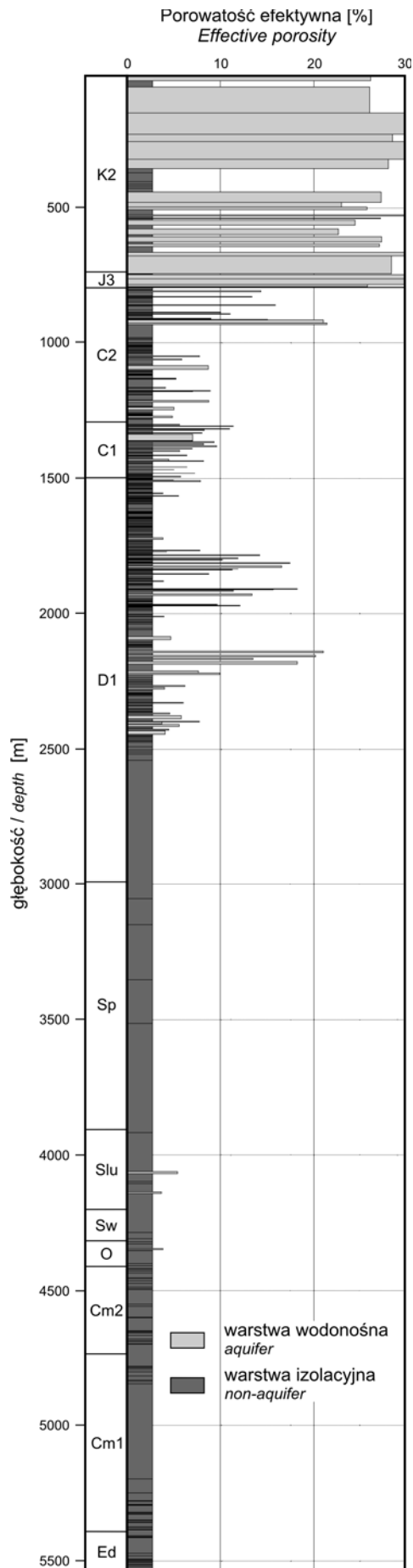


Fig. 73. Wyniki obliczeń syntetycznego profilowania akustycznego (DTS)

Dla porównania przedstawiono wyniki wykonanego profilowania akustycznego (DT)

Calculated synthetic sonic log (DTS)

It was shown for comparison results of calculation with sonic log (DT)



Warunki geotermiczne

Po zakończeniu głębienia otworu na głębokości 5632,0 m, po, jak formalnie wynika z raportów wiertniczych, 12 dobach od momentu ustania cyrkulacji płuczki wiertniczej, w otworze wykonany został pomiar temperatury. W trakcie tzw. badań strefowych wymienionych w tabeli 32 pomierzono za pomocą termometrów rtęciowych temperaturę maksymalną na dnie otworu. Wykonanie pomiaru temperatury poprzedzone było kalibracją zastosowanego w badaniach termometru elektrycznego w zakresie temperatury 30–160°C. Temperatura równowagi tzw. temperatura zerowa mostka pomiarowego wynosiła dla kalibrowanego egzemplarza termometru zaledwie 31,2°C. Wyniki kalibracji przedstawionej na figurze 75A ujawniły istnienie bardzo silnej, zbliżonej do eksponentialnej, nieliniowej zależności między efektem pomiarowym tj. temperaturą mierzoną, a temperaturą rzeczywistą. Na figurze 75B przedstawiono zestawienie głębokościowe pomiarów termicznych bezpośrednio rejestrowanych oraz po zastosowaniu poprawki eliminującej wspomnianą opisaną powyżej nieliniowość zapisu wykonanych w warunkach niestabilizowanych termicznie.

Wyniki pomiaru temperatury, bez korekty czy po korekcie, wskazują na istnienie bardzo silnego zakłócenia równowagi termicznej zarówno w górnej części otworu (ogrzanie otworu), jak i jego dolnej części (wychłodzenie otworu). Wartość temperatury w strefie przypowierzchniowej sięga około 24–25°C, w więc przekracza o ponad 15–16°C klimatyczną wartość temperatury tej strefy (vide Szewczyk, 2005). Równocześnie wartości temperatury w dolnej części profilu odbiegają w sposób bardzo wyraźny od wartości temperatury rejestrowanej termometrami maksymalnymi.

W wyniku interpretacji litologiczno-porowatościowej profilu obliczony został profil przewodności cieplnej skał profilu wiercenia. Na jego podstawie, uwzględniając wpływ efektu paleoklimatycznego (Szewczyk, 2002), obliczona została wartość paleotemperatury oraz gęstości strumienia cieplnego. Wartość strumienia dla otworu Łopiennik IG 1 wynosi 61,3 mW/m² na obszarze stabilnej wartości zbliżonej do średniej wartości tego pola dla analizowanego obszaru. Wartość paleotemperatury odpowiada dla głębokości większych niż 1500,0–1700,0 m jego rzeczywistej niezaburzonej wielkości. Uwagę zwraca bardzo duża różnica między wartością bezpośrednio mierzoną przez termometr otworowy, a jej rzeczywistą



Fig. 74. Warstwy wodonośne oraz izolacyjne w profilu otworu wiertniczego Łopiennik IG 1 określone na podstawie interpretacji danych geofizycznych

Podana została średnia wartość porowatości efektywnej dla tych warstw

Aquifers and non-aquifers
in Łopiennik IG 1 borehole based
on geophysical well logging methods interpretation

It was show average effective porosity for aquifers

wartością. Dla głębokości około 5350,0 m różnica ta wynosi około 40°C. Wskazuje to w sposób jednoznaczny na bezwzględną konieczność wprowadzania korekt kalibracyjnych

i poprawek związanych zarówno z zaburzeniem reżimu termicznego spowodowanym procesem wiercenia, jak i z wpływem efektów klimatycznych.

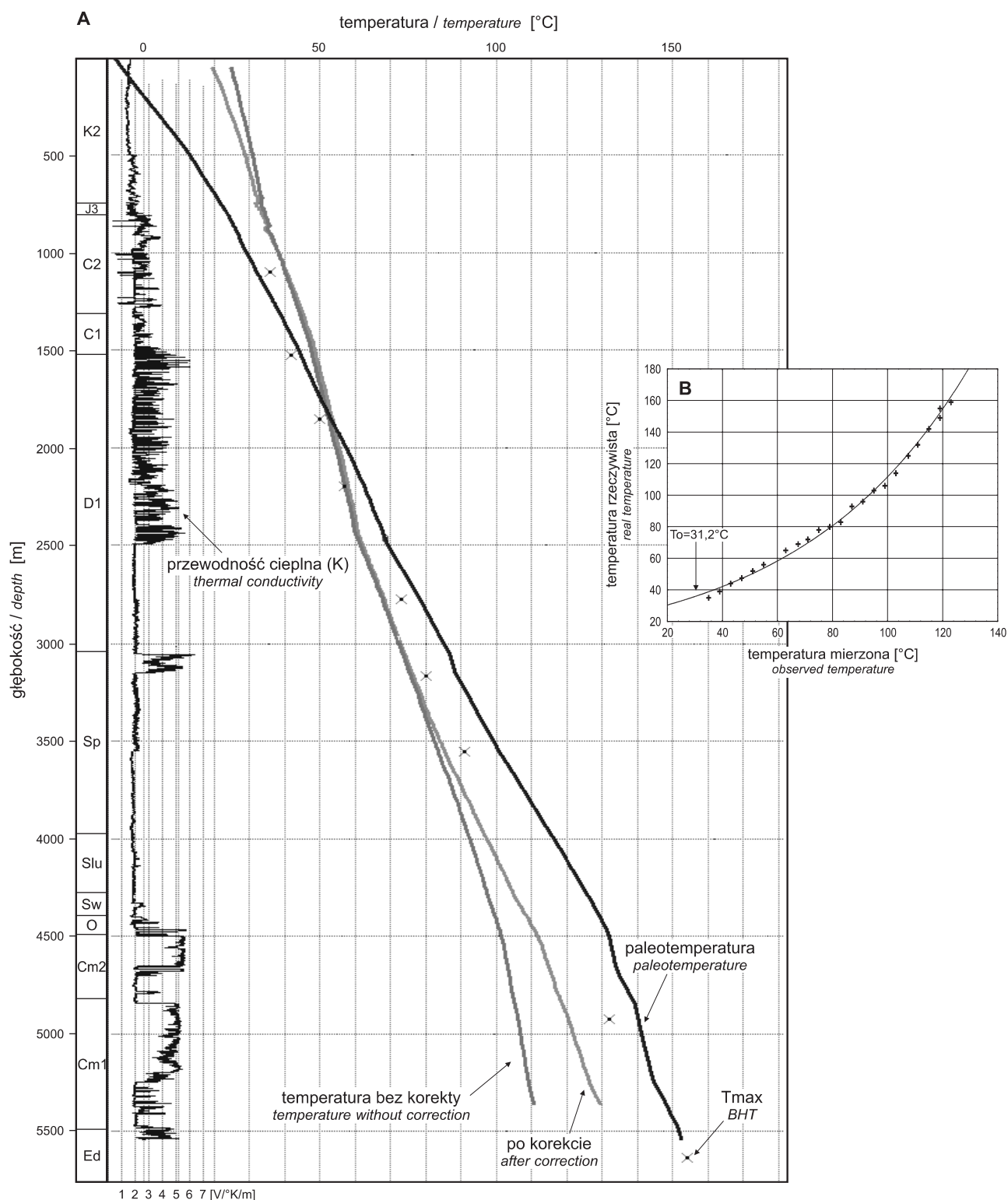


Fig. 75. Temperatura obserwowana (T) oraz obliczona (T_s) w otworze Łopiennik IG 1 (A) i wyniki kalibracji stosowanego w pomiarach termometru (B)

Observed (T) and calculated paleotemperature (T_s) in Łopiennik IG 1 borehole (A) and results of calibration used thermometer (B)

PODSUMOWANIE

Wykonane badania geofizyczne w ograniczony sposób udokumentowały zmienność parametrów petrofizycznych, jak i litologicznych profilu wiercenia Łopiennik IG 1. Możliwości badawcze w zakresie metod geofizycznych istniejące w okresie realizacji wiercenia, nie pozwalały na uzyskanie pełniejszego rozpoznania. Unikalność pozyskanych danych, mimo wspomnianych braków, wskazuje na potrzebę ich dalszej eksploracji.

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK

PROFILOWANIE PRĘDKOŚCI ŚREDNICH I PIONOWE PROFILOWANIE SEJSMICZNE

W otworze wiertniczym Łopiennik IG 1 profilowanie prędkości średnich i pionowe profilowanie sejsmiczne wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych (PPG) Warszawa we wrześniu 1975 r.

Ze względu na stan techniczny odwiertu pomiary wykonano tylko do głębokości 4320,0 m, przy głębokości końcowej otworu 5632,0 m. Stosowano aparaturę amerykańską T-1NR02 oraz sondę sześciogeofonową produkcji PPG. Wzbudzenia dokonywano z dwóch punktów strzałowych (PS). Wielkość ładunków wybuchowych dynamitu waha się od 0,5 do 2,5 kg. Interwał pomiarów wynosił 15 m. Dla kontroli momentu wybuchu ustawiono geofony korekcyjne przy głębokim otworze a dla kontroli głębokości strzelania na poszczególnych PS.

Parametry punktów strzałowych odpowiednio wynosiły:
PS 1 $d = 129$ m $A = 2360$ $N = 1,5$ m $h_{po} = 15,5$ m
PS 2 $d = 709$ m $A = 2380$ $N = 1,5$ m $h_{po} = 13,5$ m
gdzie: d – odległość punktu wzbudzenia /strzelania/ od głębokiego otworu

A – azymut mierzony w punkcie głębokiego otworu w kierunku punktu wzbudzenia (strzelania)
 N – wysokość względna punktu wzbudzenia (strzelania) w stosunku do otworu wiertniczego (niwelacja)
 h_{po} – średnia głębokość wzbudzenia.

Powyższe usytuowanie punktów strzałowych podyktowane zostało warunkami terenowymi.

Jakość materiałów podstawowych określona na podstawie dokładności i pewności odczytu czasu pierwszych wstąpień fali bezpośrednich, wykorzystanych do obliczeń prędkości, została oceniona z małymi wyjątkami, jako dobra. Zauważa się zgodność wyników z PS 1 i PS 2.

Do obliczenia krzywej prędkości średnich przyjęto, jako poziom odniesienia poziom pomiaru, czyli 180 m n.p.m. przy wysokości otworu wynoszącej 196,75 m n.p.m.

Głębokość zredukowana do poziomu odniesienia została obliczona ze wzoru:

$$h_r = h - h_{po} \pm N \pm \Delta h$$

gdzie: h_r – głębokość zredukowana punktu pomiarowego
 h – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego
 Δh – różnica głębokości między h_{po} i poziomem odniesienia w m

Wstępne wyniki interpretacyjne prezentowane w niniejszym opracowaniu mogą być wykorzystane, większości przypadków, w analizach związanych z pozyskiwaniem energii geotermalnej, hydrogeologii czy też w modelowaniach wyników powierzchniowych badań geofizycznych takich jak badania sejsmiczne czy grawimetryczne.

Czas obserwowany na sejsmogramach przeliczono na czas poprawiony zgodnie ze wzorem:

$$t_p = t_{obs} + \Delta t h$$

gdzie: t_p – czas poprawiony

t_{obs} – czas obserwowany

$\Delta t h$ – poprawka wynikająca z głębokości strzelania, poziomu odniesienia, miąższości strefy małych prędkości, prędkości w tej strefie i prędkości pod nią

Czas zredukowany dla poszczególnych punktów strzałowych tr_1 i tr_2 liczono na podstawie wzoru:

$$tr = \frac{hr}{\sqrt{hr^2 + d^2}} \times tp$$

W celu wyeliminowania anizotropii ośrodka obliczono średni czas zredukowany (tr) jako średnią arytmetyczną pomiarów czasu zredukowanego z poszczególnych punktów strzałowych.

Wartości hr i tr posłużyły do obliczenia prędkości średnich (V_{sr}), zgodnie ze wzorem:

$$V_{sr} = \frac{hr}{tr}$$

Wszystkie wartości hr , tr_1 , tr_2 , tr , V_{sr} , zestawiono w tabeli 32. Obliczenia wykonano przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego.

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 76A) i hodografu pionowego (fig. 76B). Do wykreślenia krzywej prędkości średnich wykorzystano wartości uśrednione z dwóch punktów wzbudzenia. Przedstawiony na figurze 76B hodograf pionowy wskazuje na zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych a szczególnie ich średnich wartości zastosowano sposób wygładzania wartości pomiarów geofizycznych.

Metoda ta może być stosowana w przypadku, gdy wartości zmierzone zmieniają się przypadkowo z punktu na punkt w granicach błęd pomiarowego. Warunkiem jej wykorzystania jest jednakowy odstęp między punktami pomiarowymi.

Podaną metodę zastosowano do wygładzania odczytów czasu z pomiarów prędkości średnich w celu obliczenia

Tabela 32

Zestawienie wartości głębokości (H), czasu zredukowanego (Tr) i prędkości średniej (V_{sr})Depth (H), reduced time (Tr) and average velocity (V_{sr}) values

H [m]	Tr 1 [s]	Tr 2 [s]	Tr [s]	V_{sr} [m/s]
1	2	3	4	5
103	0,0550	0,0000	0,0550	1873
118	0,0620	0,0000	0,0620	1903
133	0,0710	0,0000	0,0710	1873
148	0,0790	0,0000	0,0790	1873
163	0,0860	0,0000	0,0860	1895
178	0,0920	0,0000	0,0920	1935
193	0,1010	0,0000	0,1010	1911
208	0,1040	0,0000	0,1040	2000
223	0,1090	0,0980	0,1035	2155
238	0,1130	0,1050	0,1090	2183
253	0,1220	0,1110	0,1165	2172
268	0,1290	0,1170	0,1230	2179
283	0,1320	0,1240	0,1280	2211
298	0,1360	0,1300	0,1330	2241
313	0,1430	0,1370	0,1400	2236
328	0,1480	0,1430	0,1455	2254
343	0,1550	0,1490	0,1520	2257
358	0,1580	0,1540	0,1560	2295
373	0,1640	0,1610	0,1625	2295
388	0,1690	0,1660	0,1675	2316
403	0,1720	0,1720	0,1720	2343
418	0,1770	0,1780	0,1775	2355
433	0,1830	0,1830	0,1830	2366
448	0,1870	0,1890	0,1880	2383
463	0,1920	0,1940	0,1930	2399
478	0,1980	0,2000	0,1990	2402
493	0,2040	0,2050	0,2045	2411
508	0,2110	0,2100	0,2105	2413
523	0,2140	0,2160	0,2150	2433
538	0,2170	0,2170	0,2170	2479
553	0,2230	0,2230	0,2230	2480
568	0,2330	0,2270	0,2300	2470
583	0,2340	0,2320	0,2330	2502
598	0,2360	0,2360	0,2360	2534
613	0,2400	0,2400	0,2400	2554
628	0,2450	0,2440	0,2445	2569
643	0,2500	0,2480	0,2490	2582
658	0,2550	0,2510	0,2530	2601
673	0,2590	0,2590	0,2590	2598
688	0,2610	0,2620	0,2615	2631
703	0,2630	0,2660	0,2645	2658
718	0,2690	0,2700	0,2695	2664
733	0,2790	0,2740	0,2765	2651
748	0,2890	0,2790	0,2840	2634
763	0,2900	0,2830	0,2865	2663
778	0,2920	0,2870	0,2895	2687
793	0,2950	0,2910	0,2930	2706
808	0,3010	0,2960	0,2985	2707
823	0,3070	0,3010	0,3040	2707
838	0,3100	0,3040	0,3070	2730
853	0,3150	0,3080	0,3115	2738
868	0,3190	0,3130	0,3160	2747
883	0,3230	0,3160	0,3195	2764
898	0,3290	0,3210	0,3250	2763
913	0,3320	0,3240	0,3280	2784
928	0,3380	0,3280	0,3330	2787
943	0,3390	0,3320	0,3355	2811
958	0,3420	0,3350	0,3385	2830
973	0,3480	0,3380	0,3430	2837
988	0,3540	0,3430	0,3485	2835
1003	0,3570	0,3490	0,3530	2841
1018	0,3590	0,3530	0,3560	2860
1033	0,3640	0,3590	0,3615	2858
1048	0,3660	0,3610	0,3635	2883
1063	0,3710	0,3660	0,3685	2885
1078	0,3740	0,3690	0,3715	2902

Tabela 32 cd.

1	2	3	4	5
1093	0,3770	0,3730	0,3750	2915
1108	0,3820	0,3770	0,3795	2920
1123	0,3850	0,3810	0,3830	2932
1138	0,3890	0,3840	0,3865	2944
1153	0,3930	0,3880	0,3905	2953
1168	0,3960	0,3920	0,3940	2964
1183	0,4020	0,3960	0,3990	2965
1198	0,4050	0,3990	0,4020	2980
1213	0,4090	0,4050	0,4070	2980
1228	0,4140	0,4090	0,4115	2984
1243	0,4160	0,4130	0,4145	2999
1258	0,4200	0,4150	0,4175	3013
1273	0,4240	0,4200	0,4220	3017
1288	0,4300	0,4240	0,4270	3016
1303	0,4320	0,4280	0,4300	3030
1318	0,4350	0,4310	0,4330	3044
1333	0,4410	0,4360	0,4385	3040
1348	0,4430	0,4380	0,4405	3060
1363	0,4470	0,4410	0,4440	3070
1378	0,4510	0,4450	0,4480	3076
1393	0,4530	0,4490	0,4510	3089
1408	0,4570	0,4530	0,4550	3095
1423	0,4610	0,4560	0,4585	3104
1438	0,4640	0,4630	0,4635	3102
1453	0,4700	0,4650	0,4675	3108
1468	0,4750	0,4690	0,4720	3110
1483	0,4770	0,4730	0,4750	3122
1498	0,4790	0,4770	0,4780	3134
1513	0,4840	0,4800	0,4820	3139
1528	0,4870	0,4830	0,4850	3151
1543	0,4890	0,4870	0,4880	3162
1558	0,4950	0,4890	0,4920	3167
1573	0,4960	0,4950	0,4955	3175
1588	0,5010	0,4960	0,4985	3186
1603	0,5030	0,5000	0,5015	3196
1618	0,5060	0,5030	0,5045	3207
1633	0,5110	0,5060	0,5085	3211

1	2	3	4	5
1648	0,5130	0,5090	0,5110	3225
1663	0,5180	0,5120	0,5150	3229
1678	0,5200	0,5140	0,5170	3246
1693	0,5230	0,5210	0,5220	3243
1708	0,5250	0,5230	0,5240	3260
1723	0,5280	0,5260	0,5270	3269
1738	0,5320	0,5290	0,5305	3276
1753	0,5330	0,5320	0,5325	3292
1768	0,5390	0,5380	0,5385	3283
1783	0,5440	0,5420	0,5430	3284
1798	0,5470	0,5430	0,5450	3299
1813	0,5500	0,5460	0,5480	3308
1828	0,5520	0,5500	0,5510	3318
1843	0,5570	0,5520	0,5545	3324
1858	0,5590	0,5550	0,5570	3336
1873	0,5630	0,5620	0,5625	3330
1888	0,5660	0,5640	0,5650	3342
1903	0,5680	0,5650	0,5665	3359
1918	0,5730	0,5710	0,5720	3353
1933	0,5780	0,5730	0,5755	3359
1948	0,5790	0,5780	0,5785	3367
1963	0,5820	0,5820	0,5820	3373
1978	0,5840	0,5830	0,5835	3390
1993	0,5850	0,5860	0,5855	3404
2008	0,5920	0,5900	0,5910	3398
2023	0,5930	0,5930	0,5930	3411
2038	0,5980	0,5960	0,5970	3414
2053	0,6020	0,6010	0,6015	3413
2068	0,6030	0,6040	0,6035	3427
2083	0,6060	0,6070	0,6065	3434
2098	0,6090	0,6090	0,6090	3445
2113	0,6120	0,6130	0,6125	3450
2128	0,6200	0,6150	0,6175	3446
2143	0,6210	0,6210	0,6210	3451
2158	0,6240	0,6240	0,6240	3458
2188	0,6260	0,6290	0,6275	3487
2203	0,6340	0,6320	0,6330	3480

Tabela 32 cd.

1	2	3	4	5
2218	0,6360	0,6330	0,6345	3496
2233	0,6400	0,6390	0,6395	3492
2248	0,6430	0,6420	0,6425	3499
2263	0,6470	0,6450	0,6460	3503
2278	0,6490	0,6490	0,6490	3510
2293	0,6520	0,6500	0,6510	3522
2308	0,6560	0,6540	0,6550	3524
2323	0,6580	0,6570	0,6575	3533
2338	0,6610	0,6590	0,6600	3542
2353	0,6650	0,6640	0,6645	3541
2368	0,6720	0,6660	0,6690	3540
2383	0,6740	0,6670	0,6705	3554
2398	0,6760	0,6700	0,6730	3563
2413	0,6770	0,6740	0,6755	3572
2428	0,6800	0,6790	0,6795	3573
2443	0,6850	0,6820	0,6835	3574
2458	0,6860	0,6850	0,6855	3586
2473	0,6930	0,6880	0,6905	3581
2488	0,6950	0,6900	0,6925	3593
2503	0,6960	0,6920	0,6940	3607
2518	0,7000	0,6950	0,6975	3610
2533	0,7030	0,7010	0,7020	3608
2548	0,7060	0,7050	0,7055	3612
2563	0,7090	0,7070	0,7080	3620
2578	0,7130	0,7090	0,7110	3626
2593	0,7160	0,7120	0,7140	3632
2608	0,7210	0,7170	0,7190	3627
2623	0,7240	0,7200	0,7220	3633
2638	0,7270	0,7230	0,7250	3639
2653	0,7330	0,7280	0,7305	3632
2668	0,7350	0,7320	0,7335	3637
2683	0,5440	0,5420	0,5430	3638
2698	0,5470	0,5430	0,5450	3648
2713	0,7400	0,7350	0,7375	3642
2728	0,7410	0,7380	0,7395	3649
2743	0,7460	0,7440	0,7450	3655
2758	0,7490	0,7460	0,7475	3648

1	2	3	4	5
2773	0,7520	0,7490	0,7505	3653
2788	0,7570	0,7550	0,7560	3661
2803	0,7600	0,7580	0,7590	3664
2818	0,7630	0,7600	0,7615	3667
2833	0,7660	0,7640	0,7650	3663
2848	0,7690	0,7680	0,7685	3665
2863	0,7750	0,7720	0,7735	3671
2878	0,7790	0,7750	0,7770	3671
2893	0,7810	0,7790	0,7800	3676
2908	0,7850	0,7830	0,7840	3674
2923	0,7900	0,7840	0,7870	3677
2938	0,7950	0,7880	0,7915	3682
2953	0,7980	0,7920	0,7950	3680
2968	0,8000	0,7960	0,7980	3687
2983	0,8050	0,8000	0,8025	3687
2998	0,8080	0,8020	0,8050	3688
3013	0,8110	0,8070	0,8090	3690
3028	0,8170	0,8090	0,8130	3699
3043	0,8180	0,8150	0,8165	3697
3058	0,8190	0,8180	0,8185	3698
3073	0,8260	0,8200	0,8230	3705
3088	0,8280	0,8260	0,8270	3700
3103	0,8310	0,8280	0,8295	3710
3118	0,8370	0,8320	0,8345	3714
3133	0,8390	0,8340	0,8365	3712
3148	0,8420	0,8370	0,8395	3712
3163	0,8460	0,8420	0,8440	3717
3178	0,8500	0,8460	0,8480	3719
3193	0,8520	0,8500	0,8510	3713
3208	0,8570	0,8520	0,8545	3713
3223	0,8610	0,8590	0,8600	3722
3238	0,8660	0,8620	0,8640	3722
3253	0,8680	0,8640	0,8660	3722
3268	0,8720	0,8680	0,8700	3728
3283	0,8760	0,8720	0,8740	3735
3298	0,8780	0,8750	0,8765	3729
3313	0,8800	0,8780	0,8790	3733

Tabela 32 cd.

1	2	3	4	5
3328	0,8860	0,8830	0,8845	3727
3343	0,8880	0,8870	0,8875	3737
3358	0,8930	0,8930	0,8930	3742
3373	0,8950	0,8940	0,8945	3744
3388	0,8990	0,8960	0,8975	3740
3403	0,9040	0,8980	0,9010	3740
3418	0,9070	0,9050	0,9060	3748
3433	0,9100	0,9100	0,9100	3750
3448	0,9130	0,9110	0,9120	3742
3463	0,9180	0,9130	0,9155	3748
3478	0,9230	0,9200	0,9215	3756
3493	0,9250	0,9230	0,9240	3754
3508	0,9280	0,9240	0,9260	3752
3523	0,9320	0,9290	0,9305	3758
3538	0,9360	0,9340	0,9350	3760
3553	0,9380	0,9370	0,9375	3760
3568	0,9430	0,9390	0,9410	3764
3583	0,9470	0,9430	0,9450	3770
3598	0,9480	0,9480	0,9480	3770
3613	0,9500	0,9510	0,9505	3771
3628	0,9620	0,9610	0,9615	3773
3643	0,9640	0,9640	0,9640	3779
3658	0,9700	0,9660	0,9680	3779
3673	0,9730	0,9720	0,9725	3777
3688	0,9750	0,9770	0,9760	3779
3703	0,9790	0,9790	0,9790	3782
3718	0,9810	0,9800	0,9805	3792
3733	0,9860	0,9840	0,9850	3790
3748	0,9910	0,9880	0,9895	3788
3763	0,9940	0,9930	0,9935	3788
3778	0,9970	0,9940	0,9955	3795
3793	1,0000	0,9990	0,9995	3795
3808	1,0040	1,0030	1,0035	3795

1	2	3	4	5
3823	1,0050	1,0070	1,0060	3800
3838	1,0090	1,0080	1,0085	3806
3853	1,0150	1,0130	1,0140	3800
3868	1,0190	1,0180	1,0185	3798
3883	1,0210	1,0210	1,0210	3803
3898	1,0240	1,0250	1,0245	3805
3913	1,0280	1,0270	1,0275	3808
3928	1,0330	1,0320	1,0325	3804
3943	1,0350	1,0330	1,0340	3813
3958	1,0380	1,0370	1,0375	3815
3973	1,0430	1,0420	1,0425	3811
3988	1,0460	1,0460	1,0460	3813
4003	1,0480	1,0500	1,0490	3816
4018	1,0500	1,0510	1,0505	3825
4033	1,0540	1,0560	1,0550	3823
4048	1,0590	1,0580	1,0585	3824
4063	1,0620	1,0640	1,0630	3822
4078	1,0650	1,0670	1,0660	3826
4093	1,0690	1,0700	1,0695	3827
4108	1,0740	1,0740	1,0740	3825
4123	1,0780	1,0770	1,0775	3826
4138	1,0810	1,0810	1,0810	3828
4153	1,0830	1,0840	1,0835	3833
4168	1,0870	1,0880	1,0875	3833
4183	1,0910	1,0910	1,0910	3834
4198	1,0940	1,0950	1,0945	3836
4213	1,0960	1,0980	1,0970	3840
4228	1,0990	1,1020	1,1005	3842
4243	1,1060	1,1040	1,1050	3840
4258	1,1070	1,1080	1,1075	3845
4273	1,1090	1,1140	1,1115	3844
4288	1,1140	1,1160	1,1150	3846
4303	1,1180	1,1200	1,1190	3845

Tr 1 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 1, Tr 2 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 2

Tr 1 – reduced time from measuring point 1, Tr 2 – reduced time from measuring point 2

prędkości interwałowych bez przypadkowych skoków wartości wywołanych błędami pomiaru czasu. Krzywe wygładzone prędkości interwałowych obliczono w celu wyznaczenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów.

Krzywe prędkości obliczono wyrównując pomiary czasu zredukowane do pionu przy pomocy splotu z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczaniu wartości czasu i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i ich interpolacji dla znormalizowanych przedziałów głębokości, co 20,0 m. Następnie wyznaczone wartości wygładzono przy użyciu specjalnego programu przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym stosując 20,0 razy filtr 0,25; 0,5; 0,25. Celem tych przekształceń, usuwających przypadkowe odchylenia poszczególnych danych pomiarowych wynikających z niedokładności pomiarów było przygotowanie materiałów do obliczenia prędkości interwałowych.

Przy pierwszym wygładzaniu zmniejszone zostają przypadkowe skoki wartości spowodowane ich zaokrągleniem do 1 ms lub błędami pomiarowymi. Kolejne powtórzenie wymienionych wyżej operacji powoduje zaokrąglenie załamania (hodografu) spowodowanych zmianami prędkości w kolejnych warstwach. W ten sposób powstały dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone pomiary czasu po ich zredukowaniu do poziomu odniesienia, wyinterpretowaniu wartości, co 20,0 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.

Powyższe informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonym w latach 90. XX w. w Zakładzie Geofizyki PIG dla potrzeb interpretacji prac sejsmicznych.

Różnice wartości czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami są spowodowane zmianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystano do wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych wartości różnic

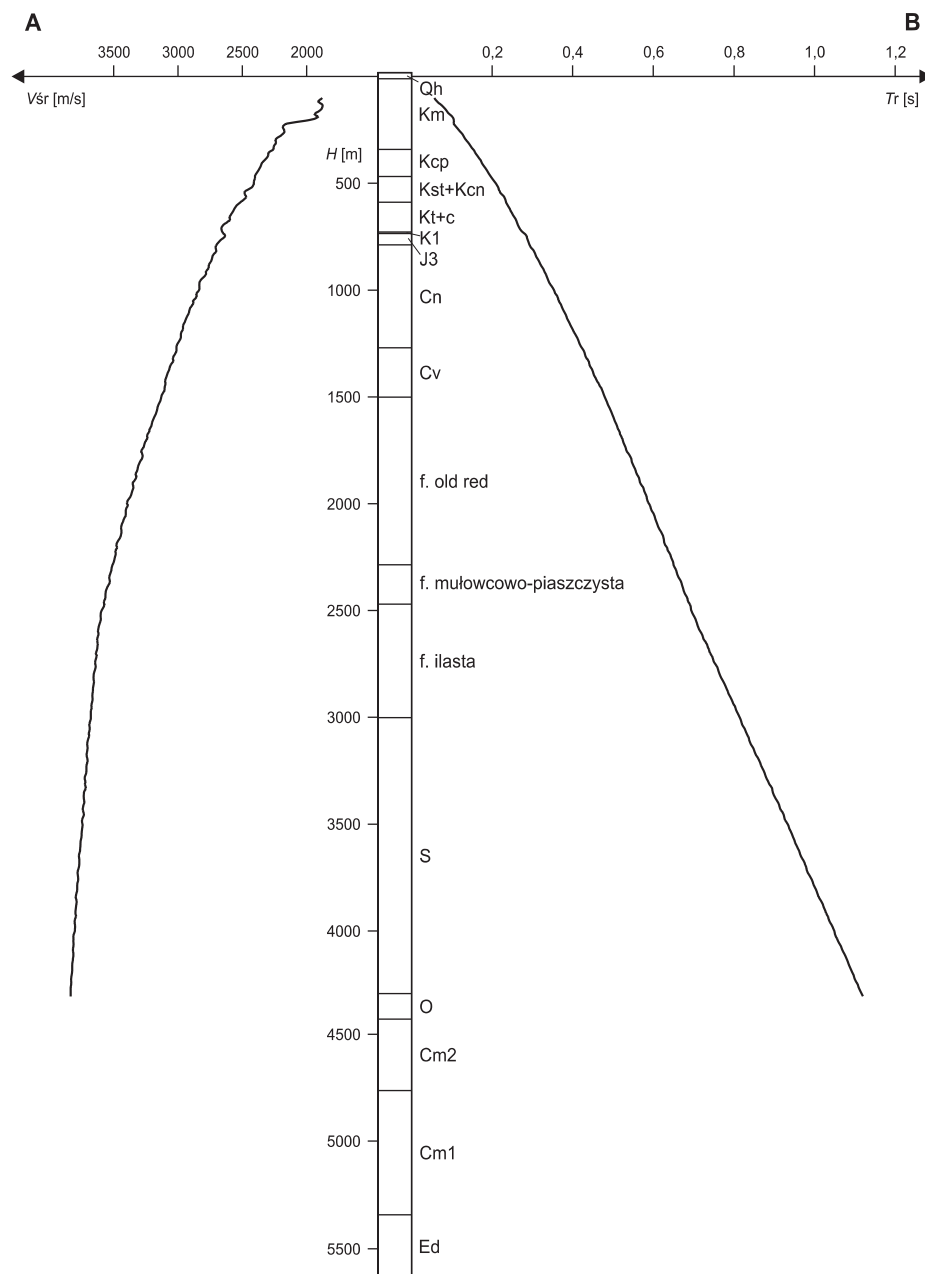


Fig. 76. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) (poziom odniesienia 180 m n.p.m.)

Tr – średni czas zredukowany, V_{sr} – prędkość średnia, H – głębokość; profil stratygraficzny otworu – oznaczenia stratygraficzne według słownika kodowego systemu SADO (Geonafta)

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B) (reference level 180 m a.s.l.)

Tr – average reduced time, V_{sr} – average velocity, H – depth; stratigraphic column – stratigraphical symbols according to the SADO coding system of Geonafta

czasu wygładzonego n i $n+1$ razy. Granice kompleksów wyznacza się w miejscach maksymalnych gradientów prędkości interwałowych.

Przy tym sposobie obliczeń wydzielają się wyraźnie tylko kompleksy prędkościowe o miąższości powyżej 100,0 m. Maksymalne i minimalne wartości obliczonych prędkości odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o

prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Zestawienie uśrednionych wartości V_w (prędkość wygładzona), V_i (prędkość interwałowa), V_k (prędkość kompleksowa) obliczonych z pomiarów czasu wygładzonego zawiera [tabela 33](#). Krzywe prędkości wygładzonych, inter-

wałowych i kompleksowych przedstawiono na [figurze 77](#). Wykresy powyższe wzbogacono profilem stratygraficznym wiercenia, co umożliwi bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi przekroju geologicznego w otworze oraz z refleksami sejsmicznymi.

Tabela 33

Zestawienie uśrednionych wartości prędkości interwałowej (V_i), kompleksowej (V_k) i wygładzonej (V_w) obliczonych z czasu wygładzonego

List of averaged interval (V_i), complex (V_k) and smoothed (V_w) velocity values calculated from smoothed time

H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1	2	3	4
20	1940	2077	–
40	1940	2077	1916
60	1940	2077	1945
80	1940	2077	1988
100	1940	2077	2049
120	2263	2077	2127
140	2263	2077	2219
160	2263	2077	2319
180	2263	2077	2415
200	2263	2540	2497
220	2594	2540	2556
240	2594	2540	2592
260	2594	2540	2613
280	2594	2540	2626
300	2594	2540	2642
320	2713	2860	2664
340	2713	2860	2694
360	2713	2860	2729
380	2713	2860	2766
400	2713	2860	2804
420	2915	2860	2843
440	2915	2860	2886
460	2915	2860	2935
480	2915	2860	2993
500	2915	2860	3060
520	3236	2860	3134
540	3236	2860	3209
560	3236	3510	3280
580	3236	3510	3340
600	3236	3510	3381

H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1	2	3	4
620	3377	3510	3401
640	3377	3510	3398
660	3377	3510	3377
680	3377	3510	3347
700	3377	3510	3318
720	3315	3374	3298
740	3315	3374	3294
760	3315	3374	3309
780	3315	3374	3341
800	3315	3374	3388
820	3538	3374	3446
840	3538	3374	3509
860	3538	3374	3574
880	3538	3692	3632
900	3538	3692	3679
920	3729	3692	3711
940	3729	3692	3728
960	3729	3692	3736
980	3729	3692	3746
1000	3729	3795	3764
1020	3841	3795	3792
1040	3841	3795	3827
1060	3841	3795	3862
1080	3841	3887	3888
1100	3841	3887	3899
1120	3871	3887	3895
1140	3871	3887	3880
1160	3871	3887	3861
1180	3871	3882	3847
1200	3871	3882	3844

Tabela 33 cd.

1	2	3	4
1220	3896	3882	3853
1240	3896	3882	3874
1260	3896	3882	3906
1280	3896	3882	3944
1300	3896	3882	3981
1320	4022	4022	4012
1340	4022	4022	4029
1360	4022	4022	4033
1380	4022	4022	4026
1400	4022	4022	4018
1420	4075	4139	4018
1440	4075	4139	4037
1460	4075	4139	4080
1480	4075	4139	4145
1500	4075	4139	4224
1520	4421	4139	4310
1540	4421	4139	4394
1560	4421	4558	4469
1580	4421	4558	4532
1600	4421	4558	4581
1620	4609	4558	4613
1640	4609	4558	4625
1660	4609	4558	4619
1680	4609	4558	4597
1700	4609	4558	4561
1720	4461	4558	4520
1740	4461	4558	4477
1760	4461	4449	4439
1780	4461	4449	4406
1800	4461	4449	4384
1820	4407	4449	4373
1840	4407	4449	4378
1860	4407	4449	4404
1880	4407	4449	4453
1900	4407	4449	4522
1920	4681	4449	4601
1940	4681	4449	4676
1960	4681	4709	4729
1980	4681	4709	4749

1	2	3	4
2000	4681	4709	4738
2020	4650	4709	4704
2040	4650	4709	4661
2060	4650	4709	4624
2080	4650	4616	4601
2100	4650	4616	4595
2120	4634	4616	4604
2140	4634	4616	4622
2160	4634	4616	4644
2180	4634	4616	4666
2200	4634	4685	4685
2220	4743	4685	4704
2240	4743	4755	4727
2260	4743	4755	4754
2280	4743	4755	4784
2300	4743	4755	4808
2320	4822	4732	4823
2340	4822	4732	4828
2360	4822	4732	4825
2380	4822	4732	4818
2400	4822	4732	4811
2420	4787	4732	4805
2440	4787	4732	4800
2460	4787	4732	4788
2480	4787	4732	4763
2500	4787	4732	4720
2520	4513	4732	4654
2540	4513	4732	4569
2560	4513	4732	4472
2580	4513	4732	4374
2600	4513	4361	4286
2620	4168	4361	4215
2640	4168	4361	4166
2660	4168	4361	4140
2680	4168	4361	4132
2700	4168	4361	4136
2720	4154	4361	4146
2740	4154	4361	4155
2760	4154	4153	4160

Tabela 33 cd.

1	2	3	4
2780	4154	4153	4159
2800	4154	4153	4153
2820	4142	4153	4145
2840	4142	4153	4139
2860	4142	4153	4137
2880	4142	4153	4142
2900	4142	4153	4153
2920	4200	4153	4169
2940	4200	4153	4188
2960	4200	4153	4210
2980	4200	4181	4231
3000	4200	4236	4250
3020	4258	4236	4264
3040	4258	4236	4270
3060	4258	4236	4264
3080	4258	4236	4246
3100	4258	4236	4216
3120	4146	4236	4181
3140	4146	4236	4148
3160	4146	4142	4125
3180	4146	4142	4119
3200	4146	4142	4128
3220	4181	4142	4148
3240	4181	4142	4174
3260	4181	4142	4196
3280	4181	4211	4211
3300	4181	4211	4217
3320	4204	4211	4214
3340	4204	4211	4207
3360	4204	4211	4200
3380	4204	4235	4194
3400	4204	4235	4193
3420	4225	4235	4199
3440	4225	4235	4212
3460	4225	4235	4230
3480	4225	4235	4252
3500	4225	4235	4277
3520	4335	4235	4302
3540	4335	4235	4328

1	2	3	4
3560	4335	4350	4349
3580	4335	4350	4365
3600	4335	4350	4375
3620	4378	4350	4380
3640	4378	4350	4380
3660	4378	4350	4378
3680	4378	4350	4376
3700	4378	4350	4369
3720	4317	4350	4356
3740	4317	4350	4336
3760	4317	4350	4308
3780	4317	4350	4277
3800	4317	4350	4247
3820	4291	4350	4223
3840	4264	4350	4213
3860	4242	4350	4219
3880	4229	4350	4238
3900	4227	4350	4266
3920	4314	4288	4296
3940	4314	4306	4320
3960	4314	4306	4330
3980	4314	4306	4324
4000	4314	4306	4303
4020	4241	4306	4274
4040	4241	4306	4243
4060	4241	4241	4221
4080	4241	4241	4215
4100	4241	4241	4224
4120	4285	4241	4247
4140	4285	4241	4278
4160	4285	4241	4304
4180	4285	4298	4319
4200	4285	4298	4318
4220	4260	4298	4301
4240	4260	4298	4273
4260	4260	4298	4244
4280	4260	4222	4222
4300	4260	4222	–

H – głębokość / depth

Rejestracje bezpośrednie z pomiaru PPS (pionowe profilowanie sejsmiczne) opracowano na maszynie cyfrowej EMR 6135 stosując odpowiednią filtrację. W zakresie tym wykonano: wyrównanie dynamiczne, tłumienie wstępne, normalizację, wprowadzenie poprawek statycznych. Na uzyskanych sejsmogramach zbiorczych zarejestrowano szereg fal użytecznych i zakłócających. W celu wyeksponowania fal odbitych i prześledzenia ich przebiegu do powierzchni w dalszym etapie opracowania PPS wykonano sumowanie kierunkowe dla fal padających oraz odbitych po uprzednim wprowadzeniu poprawek dynamicznych.

Na podstawie sekcji zbiorczych, które oddają cechy dynamiczne zapisu sejsmicznego można dokładnie wyznaczyć głębokości granic odbijających. Wydzielone granice odbijające zestawiono podkreślając najintensywniejsze rejestracje (tab. 34).

W pobliżu głębokiego otworu geologicznego Łopiennik IG 1 przebiegają sejsmiczne profile refleksyjne 14-IV-74W i 1-X-97K oraz refrakcyjny 2R-VI-69. Analizę pomiarów profilowania prędkości średnich i pionowego profilowania sejsmicznego w nawiązaniu do wyników badań sejsmicznych przedstawiono poniżej.

Tabela 34

**Zestawienie wyników
pionowego profilowania sejsmicznego**

List of the results of vertical seismic logging

Głębokość [m]	Czas rejestracji fali na powierzchni [s]	Stratygrafia
260,0	0,27	kreda górna
350,0	0,33	
510,0	0,43	
670,0	0,53	
750,0	0,57	kreda górna-jura
1050,0	0,74	karbon – namur
1350,0	0,88	karbon – wizen
1500,0	0,96	
1815,0	1,10	dewon dolny
2050,0	1,20	
2310,0	1,31	
3510,0	1,88	sylur
4380,0	2,30	ordowik
5550,0	2,76	ediakar

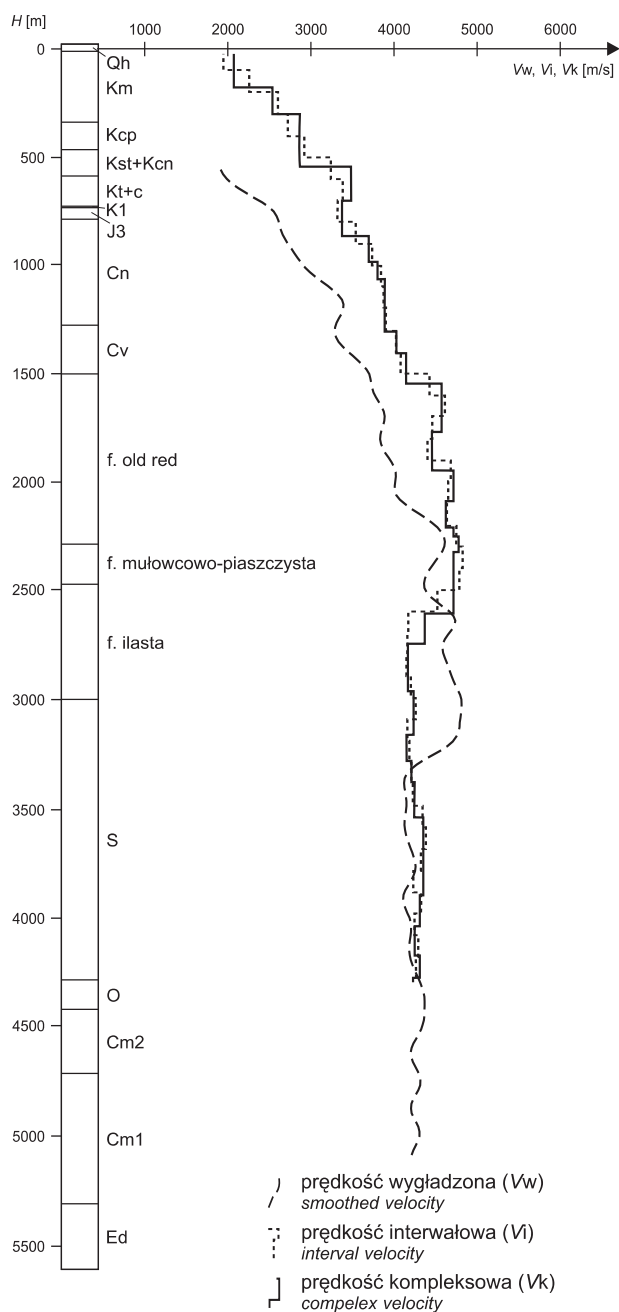


Fig. 77. Wykresy prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych (poziom odniesienia 180 m n.p.m.)

H – głębokość; profil stratygraficzny otworu – oznaczenia stratygraficzne wg słownika kodowego systemu SADO (Geonafta)

Smoothed velocity,
interval velocity and complex velocity
(reference level 182 m a.s.l.)

H – depth; stratigraphic column – stratigraphical symbols according to the SADO coding system of Geonafta

Bardzo wyraźne odbicia zarejestrowano od granic płytkich do 1500,0 m (zestawienie). Kompleks mezozoiczny reprezentowany jest przez granice kredowe i głównie poprzez granicę jurajską z przystropowych partii tych utworów. Odpowiadają im wartości prędkości kompleksowej w kredzie i w jurze w przedziale 2100,0–3300,0 m/s. Różnica prędkości między mezozoikiem a paleozoikiem nie przekracza wartości 300,0 m/s (fig. 77). W obrębie karbonu występuje kilka granic, z których znaczące są: jedna z utworów karbonu górnego (namur) i dwie z utworów przyspągowych karbonu dolnego (wizen). Na granicy karbonu i dewonu występuje bardziej znaczny, bo około 500,0 m/s wzrost prędkości (fig. 77). Granicę refrakcyjną o V_g (prędkość graniczna) około 5000,0 m/s można wiązać ze stropem dewonu względnie utworami przyspągowymi karbonu.

Z kompleksu dewonu uzyskano szereg granic kontrastu prędkości. Dla utworów syluru obserwuje się inwersję (obniżenie) prędkości w stosunku do nadkładu. Kompleks ten budują niskoprędkościowe utwory ilowcowe o mało zróżnicowanych własnościach fizycznych.

Andrzej SOKOŁOWSKI, Jakub SOKOŁOWSKI

WYNIKI OPRÓBOWAŃ HYDROGEOLOGICZNYCH

Celem opróbowania było zbadanie poziomów zbiornikowych kambru, dewonu i karbonu pod kątem możliwości zachowania się węglowodorów. Poziomy karbońskie przebadano próbnikami kablowymi typu OPT-7-10, poziomy kambru, ordowiku i jeden poziom dewoński próbnikami rurowymi typu Halliburton (fig. 78). Opróbowanie wykonała ekipa Zakładu Opróbowania i Cementowania Przedsiębiorstwa Geologicznego w Warszawie. Poziomy do badań wytypowano na podstawie wyników pomiarów geofizyki otworowej. Interpretację wyników wykonał J. Szewczyk z Instytutu Geologicznego. Analizę gazu pobranego podczas opróbowania poziomu dewonu dolnego wykonał M. Sztukowski z Pracowni Geochemii Bituminów Zakładu Geologii Ropy i Gazu Niżu, a analizę wody z tego poziomu wykonały H. Jasińska i T. Latoszyńska z Głównego Laboratorium Chemicznego Instytutu Geologicznego. Nadzór nad opróbowaniami sprawował L. Bojarski, a specjalistyczny dozór w terenie pełnili A. Pęksa, W. Kowalczyk i Z. Sowiński.

Opróbowanie przy użyciu próbników kablowych przeprowadzono w dniach 13–14 IX 1973 r. Opróbowano, uznane za perspektywiczne, poziomy karbonu. Badania nie przyniosły pozytywnego wyniku, nie stwierdzono objawów bitumiczności. Wykonano 8 zapięć próbnika. W 7 przypadkach uzyskano przyływ płuczki, a w 1 przypadku stwierdzono całkowity brak przyływu. Wyniki opróbowania zebrano w tabeli nr 35.

Przy użyciu rurowych próbników złoża typu Haliburton przeprowadzono 3 opróbowania.

Pomimo warunków sprzyjających odbiciu fal w interwale głębokości 1500,0–4000,0 m (rejestracje PPS) w refleksyjnych pracach powierzchniowych występują trudności w uzyskaniu wyników. Odbicia powstają na szeregu granicach, lecz często fale nie dochodzą do powierzchni, co szczególnie dotyczy granic z dewonu.

Brak jest bezpośredniego pomiaru prędkości średnich w utworach ordowiku, kambru i ediakaru. Dlatego porównanie ogranicza się do wyników PPS i powierzchniowych prac sejsmicznych. Poniżej syluru zarejestrowano odbicia: na głębokości 4380,0 m bardzo wyraźne od wapiennych utworów ordowiku oraz na głębokości 5550,0 m w utworach ediakaru. Granice te śledzą się w powierzchniowych pracach sejsmicznych.

Kambr reprezentowany jest przez granicę, która dobrze koreluje się z granicą refrakcyjną o V_g około 6 km/s. W utworach tych przyjmuje się na podstawie ekstrapolacji wartości prędkości kompleksowej 5300,0 m/s. Realność horyzontu refleksyjnego w ediakarze (dawny poziom Eo) na głębokości około 5500,0 m potwierdza granica refrakcyjna wiązana z występującymi tu wylewnymi skałami wulkanicznymi.

Opróbowany poziom: 4459,2–4486,1 m – kambr środkowy–ordowik (piaskowce zwięzłe, laminowane mułowcami)

Wyniki:

Brak przyływu

Ciśnienie denne $P_d = 231$ at

Badanie przeprowadzono w dniach 14–15 X 1974 r. podczas wiercenia otworu przy głębokości wynoszącej 4486,1 m. Zastosowano przybitkę zalewając wodą 1850 m przewodu ponad próbnikiem. Opróbowanie wykonano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 79):

I okres przyływu:

ciśnienie 197–197 at, czas 22 min,

I okres odbudowy ciśnienia:

ciśnienie 197–231 at, czas 30 min.

Po wyciągnięciu próbnika w przewodzie stwierdzono obecność poza przybitką około 40 dm³ płuczki, która dopłynęła na skutek odprężenia badanego poziomu. Wzrost ciśnienia podczas okresu odbudowy następował bardzo powoli, stąd nie określono ciśnienia złożowego. Badaniem nie stwierdzono śladów bitumiczności, wykazano, że opróbowany poziom nie posiada właściwości zbiornikowych.

Opróbowany poziom: 4390,5–4708,5 m – kambr–ordowik (piaskowce zwięzłe z wkładkami mułowców, w stropie wapienie)

Wyniki:

Brak przyływu

Ciśnienie denne $P_d = 270,5$ at

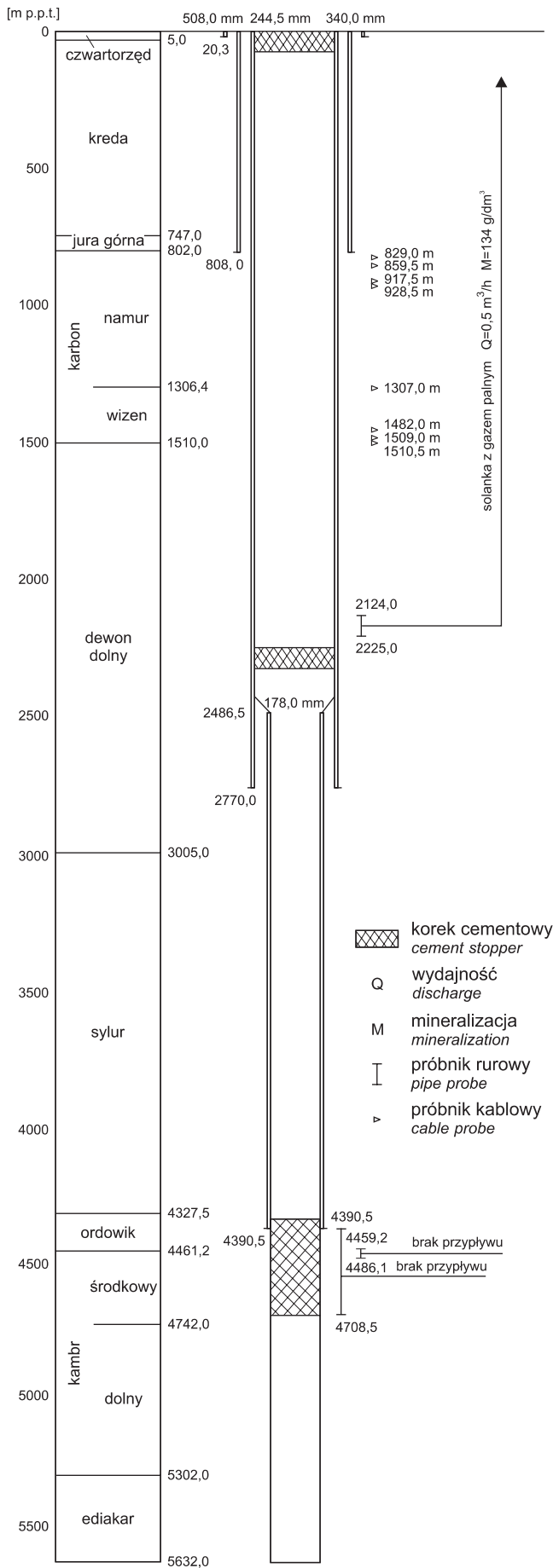


Fig. 78. Schemat opróbowania otworu

Scheme of borehole testing



Badanie przeprowadzono w dniach 7–8.X.1975 r., po zakończeniu prac wiertniczych i osiągnięciu końcowej głębokości 5632,0 m. Spód otworu, do głębokości 4708,5 m, zlikwidowano zakładając korek cementowy. Badano poziom odsłonięty pomiędzy butem rur $\varnothing 7''$, a stropem korka cementowego. Zastosowano przybitkę, zalewając wodą 1075 m przewodu wiertniczego ponad próbnikiem. Opróbowanie wykonano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 80):

I okres przyływu:

ciśnienie 111,5–113,7 at, czas 300 min,

I okres odbudowy ciśnienia:

ciśnienie 113,7–270,5 at, czas 720 min.

Stwierdzono brak przyływu i brak śladów bitumiczności. Własności zbiornikowe opróbowanego poziomu określono jako bardzo słabe. Powolny wzrost ciśnienia w okresie odbudowy uniemożliwił określenie ciśnienia złożowego.

Po zakończeniu opróbowania spód otworu zlikwidowano, zakładając korki cementowe w głębokościach: 4708,5–4350,0 i 2350,0–2336,5 m.

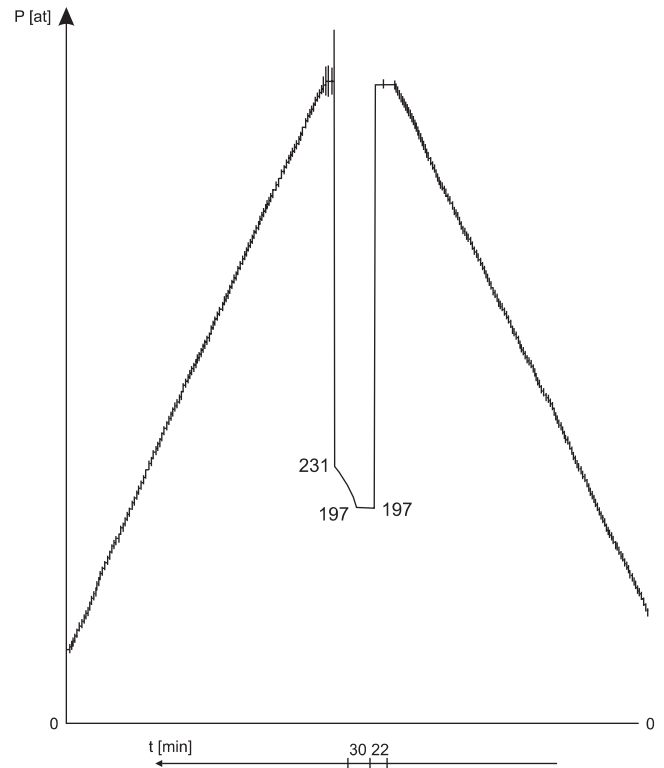


Fig. 79. Opróbowanie poziomu 4459,2–4486,1 m

Testing of 4459,2–4486,1 m interval

Tabela 35

Zestawienie wyników badań próbnikami kablowymi

Results of cable probe sampling

Stratygrafia	Litologia	Głębokość zapięcia próbnika [m p.p.t.]	Ciśnienie w pojemniku próbnika [at]	Objętość pobranej próbki [dm ³]	Rodzaj próbki	Uwagi
Karbon (wizen)	mułowce	1510,5	kilka	7	płuczka	w otworze płuczka bentonitowa
	piaskowce	1509,0	1	6	płuczka	
	mułowce	1482,0	1	5	płuczka	
	mułowce	1307,0	0	0	brak przyływu	
Karbon (namur)	piaskowce	928,5	0	brak danych	płuczka	gaz niepalny
	piaskowce	917,5	95	7	płuczka zgazowana	gaz niepalny
	piaskowce	859,5	0	1	płuczka	w otworze płuczka bentonitowa
	piaskowce	829,0	0	0,5	płuczka	

Opróbowany poziom: 2124,0–2225,0 m – dewon dolny (piaskowce zwięzłe, mułowce)

Wyniki:

Przyływ 1,6 m³ solanki zgazowanej gazem palnym

Wydajność około 0,4 m³/h

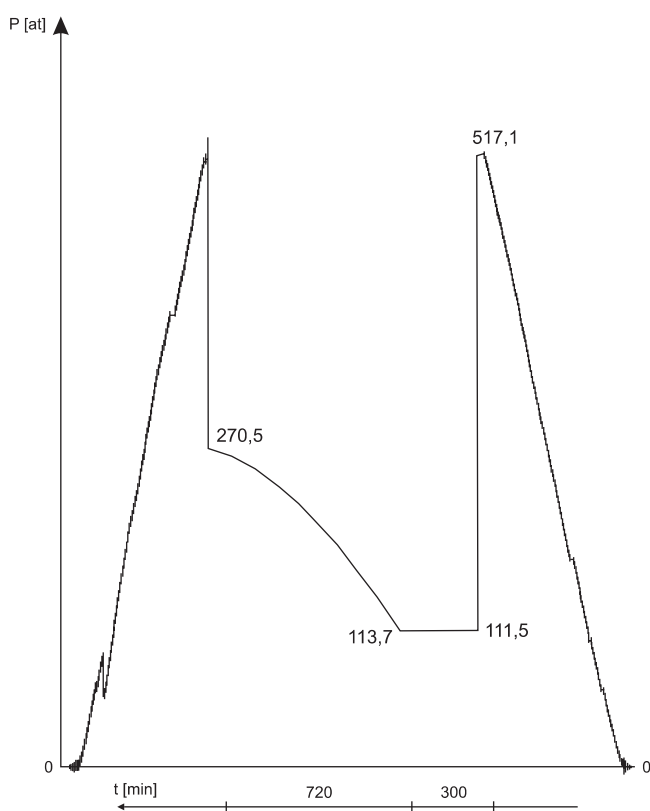


Fig. 80. Opróbowanie poziomu 4390,5–4708,5 m

Testing of 4390,5–4708,5 m interval

Ciśnienie złożowe $P_z=215,5$ at (wyekstrapolowane)

Opróbowanie przeprowadzono w dniach 17–19.X.1975 r. przy głębokości otworu (strop korka cementowego) wynoszącej 2336,5 m. Poziom do badań udostępniono poprzez perforację bezpociskową rur $\varnothing 9\ 5/8''$, wykonaną w dniach 15–16.X.1975 r. Rury perforowano w następujących interwałach: 2124–2145, 2152–2160, 2174–2185 i 2209–2225 m. Zalewki podczas opróbowania nie stosowano. Badanie przeprowadzono metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 81):

I okres przyływu:

ciśnienie 11,3–188,8 at, czas 750 min,

I okres odbudowy ciśnienia:

ciśnienie 188,8–214,7 at, czas 240 min,

II okres przyływu:

ciśnienie 189,8–204,8 at, czas 500 min.

Ciśnienia nie ustabilizowano z powodu przekroczenia limitu pracy zegara. Wartość ciśnienia złożowego ekstrapolowana wynosi 215,5 at. Podczas opróbowania uzyskano

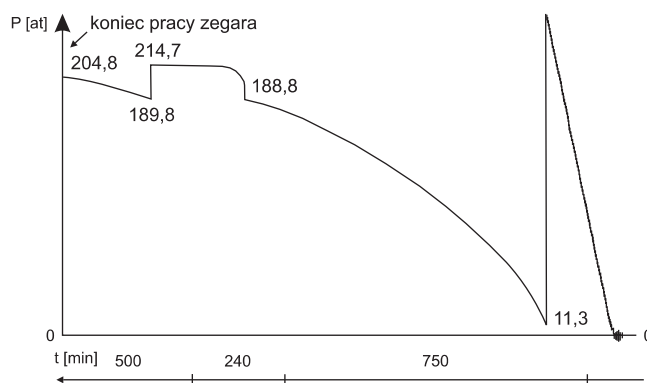


Fig. 81. Opróbowanie poziomu 2124,0–2225,0 m

Testing of 2124,0–2225,0 m interval

Tabela 36

Wyniki badań chemicznych solanki pobranej podczas opróbowania poziomu zbiornikowego 2124,0–2225,0 m

Results of chemical analysis of brine sampled at 2124,–2225,0 m interval

Składnik	Zawartość		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[% mval]
Kationy			
Na ⁺	35000,00	1522,50	66,83
K ⁺	7120,00	182,06	7,99
Ca ²⁺	8544,80	426,39	18,72
Mg ²⁺	1783,37	146,70	6,44
Fe ²⁺	6,43	0,35	0,02
Suma	52454,60	2278,00	100,00
Aniony			
Cl ⁻	77483,52	2185,81	98,26
HCO ₃ ⁻	1824,11	29,90	1,35
SO ₄ ²⁻	226,38	4,71	0,21
Br ⁻	320,00	4,00	0,18
Suma	79854,01	2224,42	100,00

przyływ 8,6 m³ płuczki oraz 1,6 m³ solanki zgazowanej gazem palnym. Wydajność solanki wynosi więc około 0,4 m³/h. Zwierciadło statyczne solanki stwierdzono na głębokości 206 m. Opróbowanie umożliwiło obliczenie parametrów złożowych. Wartość efektywnego współczynnika przepuszczalności wynosi 2,3 mD, wskaźnik potencjalnej wydajności otworu 1,33 m³/24h/at, promień zasięgu badania 230,0 m, a wartość skin efektu +17. Dodatnia wartość skin efektu wskazuje na znaczne uszkodzenie strefy przyodwiertowej, co potwierdza wyliczony wskaźnik uszkodzenia, wynoszący 3,07. Opróbowanie wykazało, że badany poziom charakteryzuje się niekorzystnymi właściwościami zbiornikowymi.

Uzyskaną w trakcie badań solankę scharakteryzowano jako 13,4% wodę (solankę) chlorkowo-sodową, bromkową (tab. 36). Mineralizacja ogólna solanki wynosi 134 g/dm³, a pH = 7. Ciężaru właściwego nie obliczano. Wartość wskaźnika hydrochemicznego rNa/rCl, wynosząca 0,70, wskazuje na dobrą i długo trwającą izolację od powierzchni ziemi i na zaawansowany stopień zmetamorfizowania wód. Na wody izolowane, silnie zmetamorfizowane, wskazuje rów-

Tabela 37

Analiza gazu pobranego z głębokości 2124,0–2225,0 m

Analysis of gas sampled at depth 2124,0–2225,0 m

Składnik	Zawartość składników	
	[% obj.]	[g/Nm ³]
CH ₄	94,1460	675,027
C ₂ H ₆	3,3118	44,776
C ₃ H ₈	0,1903	3,804
C ₃ H ₆	0,0072	0,137
C ₄ H ₁₀	0,0301	0,805
C ₅ H ₁₂	0,0002	0,008
H ₂	1,4333	1,200
CO ₂	0,1492	2,948
Ar	ślady	0,000
N ₂	0,7319	9,156
Suma	100,0000	737,861

niez wartość wskaźnika siarczanowego rSO₄×100/rCl, wynosząca 0,22.

Próbkę gazu pobrano w dniu 19.X.1975 r., bezpośrednio z przewodu nad próbnikiem. Próbkę pobral Z. Sowiński. Gęstość gazu czystego wynosi 0,571 g/Nm³. Zawartość węglowodorów wynosi 97,6856%, a suma składników palnych 99,1189% obj. Próba zawierała gaz ziemny bezgazolinowy. Skład gazu czystego przedstawiono w tab. 37.

Po zakończeniu opróbowania otwór zlikwidowano w całości.

Podsumowanie. Wyniki przeprowadzonych opróbowania wykazały, że badane poziomy kambru, ordowiku i karbonu charakteryzują się brakiem właściwości zbiornikowych. Nie wielki przyływ solanki (około 0,4 m³/h) uzyskany z utworów dewonu dolnego również świadczy o słabych właściwościach zbiornikowych skał. Skład chemiczny solanki i obecność gazu palnego wskazują co prawda na korzystne warunki dla zachowania się złóż węglowodorów, jednak słabe właściwości kolektorskie poziomu wykluczają możliwość przyływu.