

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Badania geofizyki wiertniczej wykonane zostały w pięciu odcinkach badań strefowych w okresie od 9 września 1989 do 10 lipca 1990 roku. Badania te wykonane były standardowymi aparaturami analogowymi produkcji radzieckiej, a wykonawcą badań były grupy pomiarowe Geofizyki Toruń z bazy Geofizyki Wiertniczej z Piły bądź z Torunia, podległe Polskiemu Górnictwu Naftowemu i Gazownictwu. Na [figurze 39](#) przedstawione zostały w formie graficznej odcinki wspomnianych badań strefowych, wyszczególnione rodzaje wykonanych badań, a także numery katalogowe poszczególnych badań przyjęte w systemie GEOFLOG dla otworu Polskie Łąki PIG 1.

Praktycznie w profilu całego otworu wykonano pełny zestaw badań ([tab. 12](#)) możliwych do wykonania standardowymi analogowymi aparaturami karotażowymi. Ze względu na zrealizowany równoległe obszerny zakres badań laboratoryjnych parametrów petrofizycznych, dane z omawianego otworu stanowią cenny materiał faktograficzny dla analiz metodycznych związanych między innymi z problematyką ilościowej interpretacji niekalibrowanych danych analogowych. Zdecydowana dominacja danych analogowych o takim charakterze dla wykonanych w przeszłości otworów badawczych wpływa na duże znaczenie omawianych danych dla problematyki badawczej.

Tabela 12

Wykaz typów pomiarów geofizycznych wykonanych w otworze Polskie Łąki PIG 1

Types of the geophysical measurements from Polskie Łąki PIG 1 borehole

Rodzaj badań (skrót)	Interwał głębokościowy badań [m]	Data wykonania badań	1	2	3
1	2	3			
PO (M2.5a0.24B;B2.5A0.25M) PS, Psr, PGG, PK PG, PNG	210–1980 210–1980 5–1980 0–1980	13–14.09.1989	PO (N6.0A0M0.5A oraz A2.0M0.5N) PS Psr, SO PGG, PK PG ,PNG PA PTn	3230–3910 2767–3910 3230–3910 3230–3910 3230–3910 3230–3915 3230–3915 3815–3915	30.03.1990
PO (N6.0A0M0.5A oraz A.0M0.5N) SO PS, Psr, PGG, PK PG, PNG PA	1950–2762 1950–2762 210–2755 1950–2758 1950–2780 1950–2758 210–2763	20.10.1989	PO (N6.0A0M0.5A oraz A2.0M0.5N) PS Psr, SO PGG, PK PG, PNG PA PTn	3860–4105 2767–4105 3860–4105 3860–4105 3860–4105 3860–4105 3860–4105 4010–4110	15.05.1990
PO (N6.0A0M0.5A oraz A2.0M0.5N) PS, Psr, PGG, PK PG, PNG PA PTn PAc	2767–3285 2767–3285 2767–3285 2775–3275 2730–3285 2767–3285 3185–3285 5–2767	14–16.12.1989	PO (N6.0A0M0.5A oraz A2.0M0.5N) Psr, SO Post, mPOst PGG, PK PG, PNG, PNN PA PTn	4111–4425 4100–4425 4111–4420 4111–4425 4080–4427 4111–4425 4050–4427 4111–4375 4325–4425	10.07.1990
PTu	27–3577	4.01.1990			

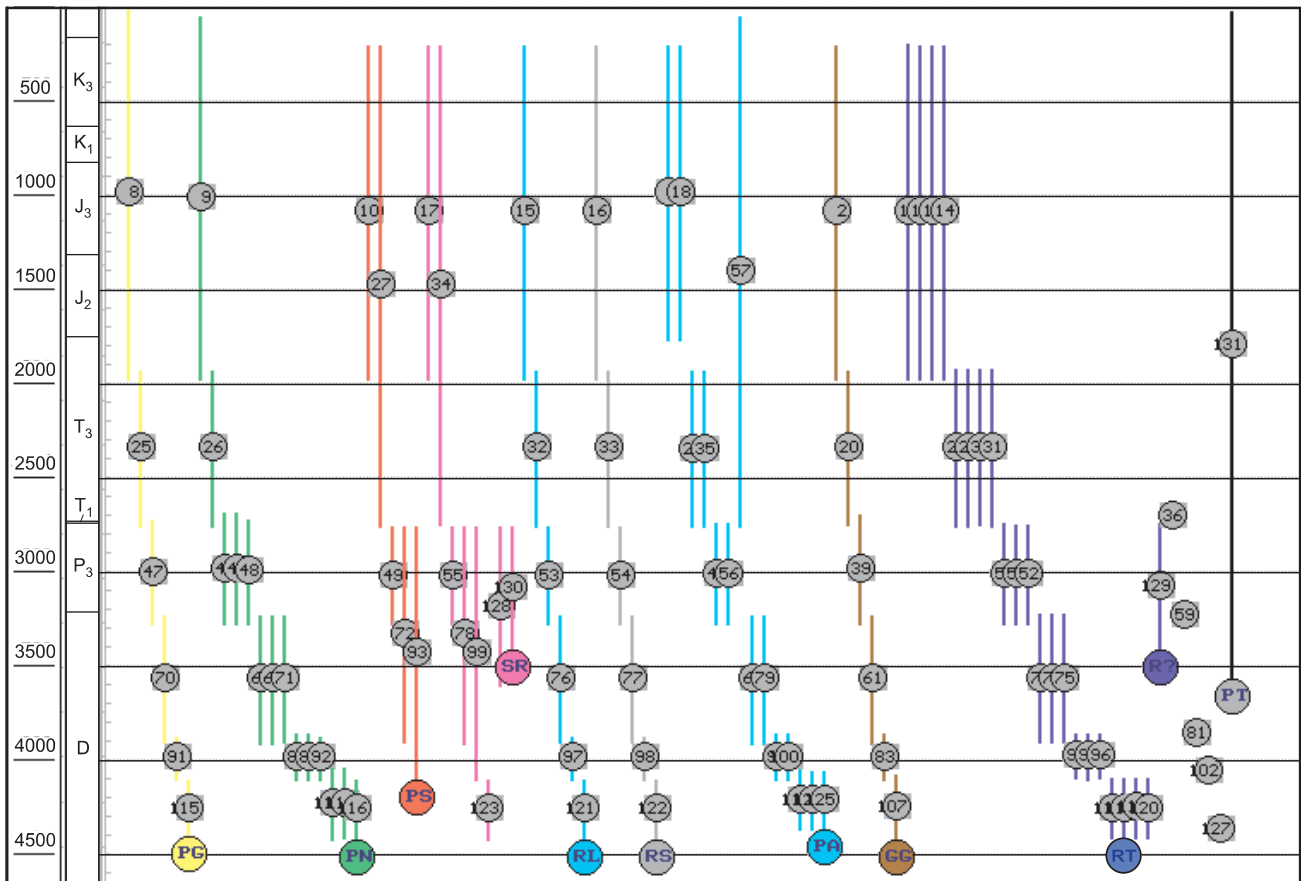


Fig. 39. Schematyczne zestawienie typów badań geofizycznych wykonanych w otworze Polskie Łąki PIG 1

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

Schematic presentation of types well logging methods performed in Polskie Łąki PIG 1 borehole

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

Wyniki źródłowych danych pomiarowych zarejestrowane w formie analogowej w skali głębokościowej 1:500 zostały zdigitalizowane oraz unormowane w zakresie przewidzianym programem prac związanych z wprowadzeniem omawianych danych do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (numer katalogowy otworu Polskie Łąki PIG 1 w bazie CDBG 17506).

W ramach prac interpretacyjnych związanych z wprowadzaniem danych geofizycznych do CBDG pomiary radiometryczne, tj. profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG) oraz profilowania neutronowe (PNG lub PNN) zostały

unormowane oraz połączone w obrębie całego otworu. Na figurze 40 przedstawione zostały wyniki unormowanych i połączonych wartości naturalnego promieniowania gamma, a także profilowania średnicy otworu, ze wskazaniem głębokości połączenia poszczególnych odcinków badań. Pokazany został równocześnie wiertniczy profil litologiczny (LITO) ze wskazaniem odcinków rdzeniowanych z zaznaczeniem uzyskanej ilości rdzeni wiertniczych. Zastosowana metodyka normowania profiliowań gamma opisana została w pracy Szewczyka (2000).

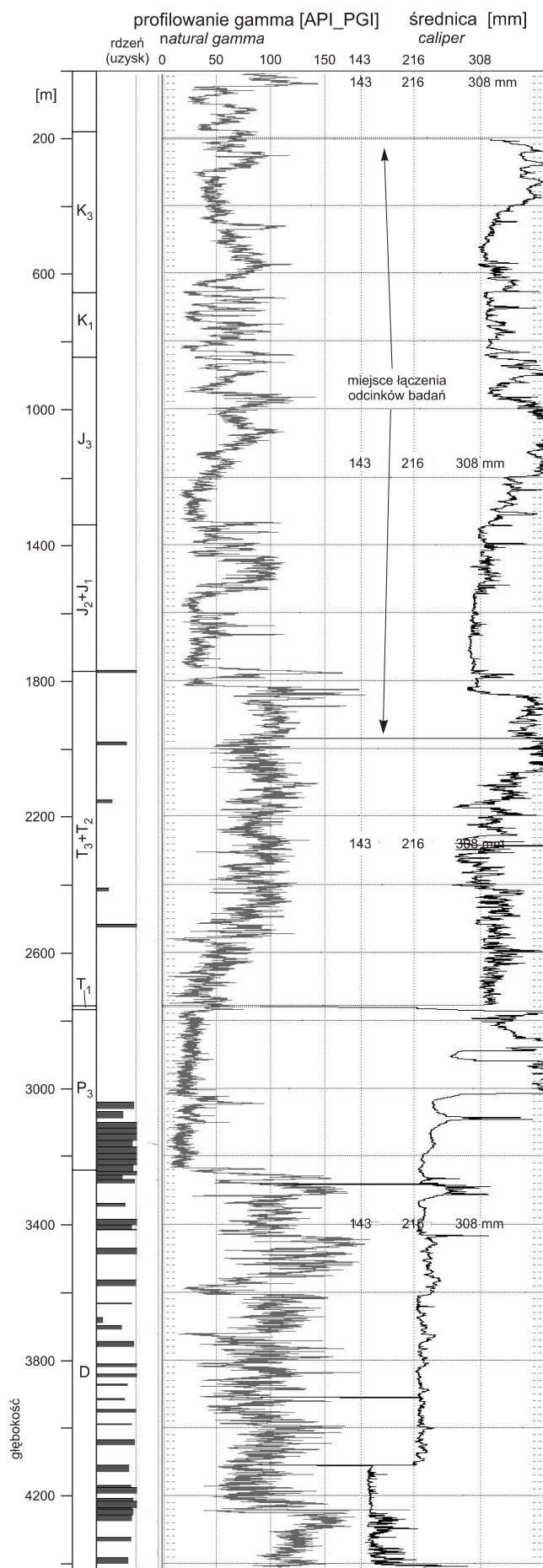


Fig. 40. Unormowane wartości profilowania naturalnego promieniowania gamma

Na wykresie profilowania średnicy otworu wskazano miejsca połączeń poszczególnych odcinków pomiarowych. Przedstawiono również odcinki rdzeniowane z informacją na temat uzysków rdzenia.

Normalized values of natural gamma logs

A depth point is shown on caliper logs for joined of runs of well logs.

CELE BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Podstawowymi celami badawczymi postawionymi do rozwiązania w otworze Polskie Łąki PIG 1 były:

- określenie w połączeniu z danymi wiertniczymi (rdzeniami oraz próbkami okruchowymi) litologii skał występujących w profilu,
- ustalenie zmienności głębokościowej parametrów fizycznych skał niezbędnych dla wydzielenia skał wykazujących właściwości zbiornikowe,
- wydzielenie warstw przepuszczalnych ze wskazaniem warstw kluczowych dla ustalenia możliwości występowania bituminów oraz uzyskania informacji istotnych dla rozpoznania hydrogeologicznego,
- ustalenie modeli zmienności głębokościowej parametrów fizycznych, wykorzystywanych w analizach wyników powierzchniowych geofizycznych metod badawczych (głównie grawimetrii oraz sejsmiki),
- 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 perforacje rur okładzinowych).

Wyniki źródłowych danych pomiarowych zarejestrowanych w formie analogowej zostały zdigitalizowane oraz unormowane w zakresie przewidzianym programem prac związanych z wprowadzeniem omawianych danych do Centralnej Bazy Danych Geologicznych systemu interpretacyjnego GEO-FLOG (Szewczyk, 1994). 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).

W trakcie badań geofizycznych wykonywane były wstępne interpretacje danych geofizycznych, których podstawowym celem było dokonanie wyboru odcinków profilu pod kątem możliwości występowania w ich obrębie warstw zbiornikowych mogących zawierać bituminy. Podsumowanie wyników tych interpretacji omówione zostało w dokumentacjach wyników badań odcinkowych oraz podsumowane w dokumentacji końcowej otworu Polskie Łąki IG 1 opracowanej przez wykonawców badań geofizycznych (Gałus, 1990).

WYNIKI LABORATORYJNYCH BADAŃ PARAMETRÓW PETROFIZYCZNYCH

Jednym z celów badawczych otworu Polskie Łąki PIG 1 było uzyskanie informacji na temat głębokościowej zmienności parametrów petrofizycznych skał występujących w profilu.

Ważnym źródłem informacji na temat parametrów petrofizycznych skał występujących w profilu były wyniki laboratoryjnych badań rdzeni. W zakres laboratoryjnych badań parametrów petrofizycznych próbek pobranych z rdzeni wiertniczych wchodziły badania:

- gęstości objętościowej,
- gęstości właściwej,
- porowatości całkowitej,
- porowatości efektywnej,
- przepuszczalności w kierunku poziomym oraz pionowym,
- zawartości kalcytu oraz dolomitu (badania wykonywane zarówno dla rdzeni wiertniczych, jak i dla próbek okruchowych).

Ogółem wykonane zostały badania tych parametrów w odniesieniu do 546 próbek rdzeniowych oraz okruchowych łącznie. Wyniki badań parametrów petrofizycznych wykorzystane zostały zarówno w trakcie interpretacji profilu litologicznego, jak i kalibracji danych geofizycznych (głównie radiometrycznych). Na figurze 41 przedstawione zostały zasadnicze informacje dotyczące wyników tych badań. Są to zestawienia głębokościowe – odpowiednio gęstości objętościowej oraz właściwej, porowatości całkowitej oraz efektywnej, przepuszczalności, a także relacje między tymi parametrami (Szewczyk, 1998). Utwory występujące na głębokości mniejszej mają zdecydowanie inne i bardziej zróżnicowane właściwości petrofizyczne w stosunku do właściwości utworów występujących na większych głębokościach.

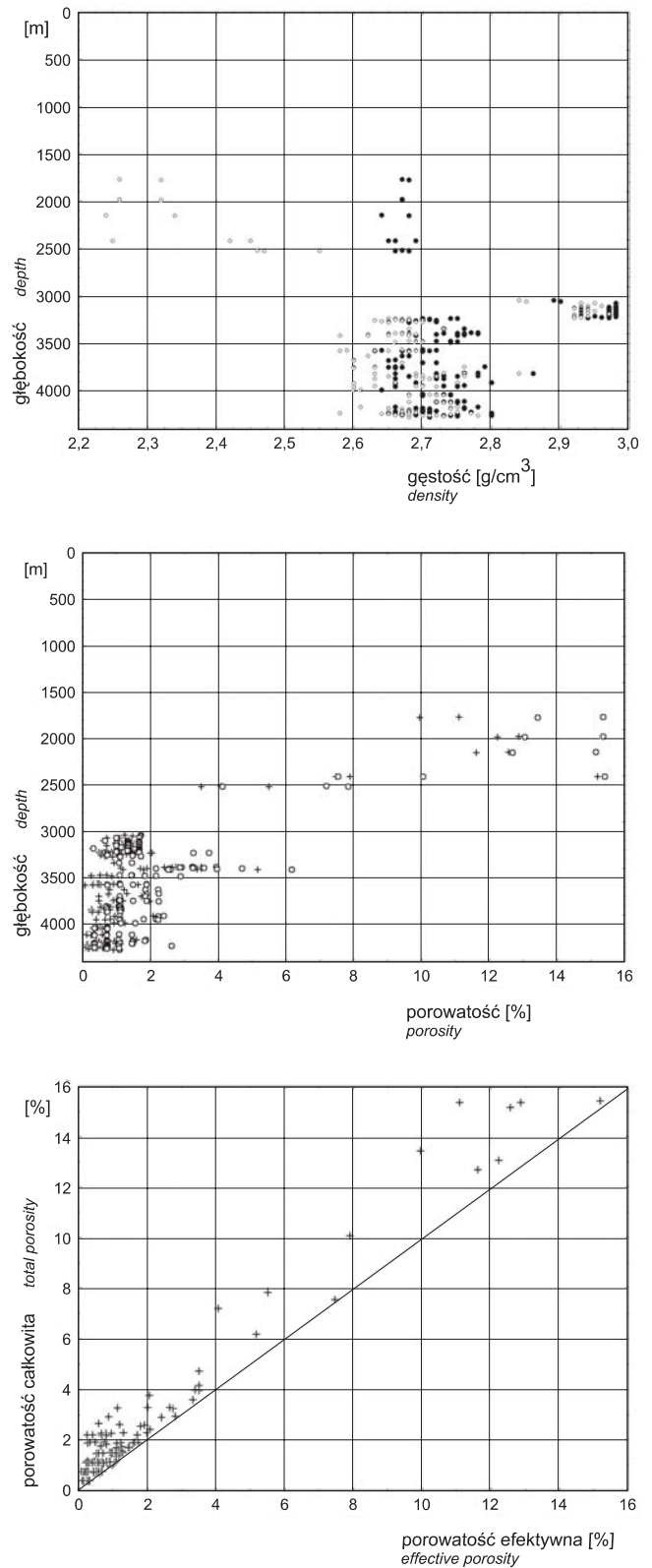


Fig. 41. Zbiorcze zestawienie graficzne wyników laboratoryjnych badań parametrów petrofizycznych

Depth diagram of results of petrophysical parameters

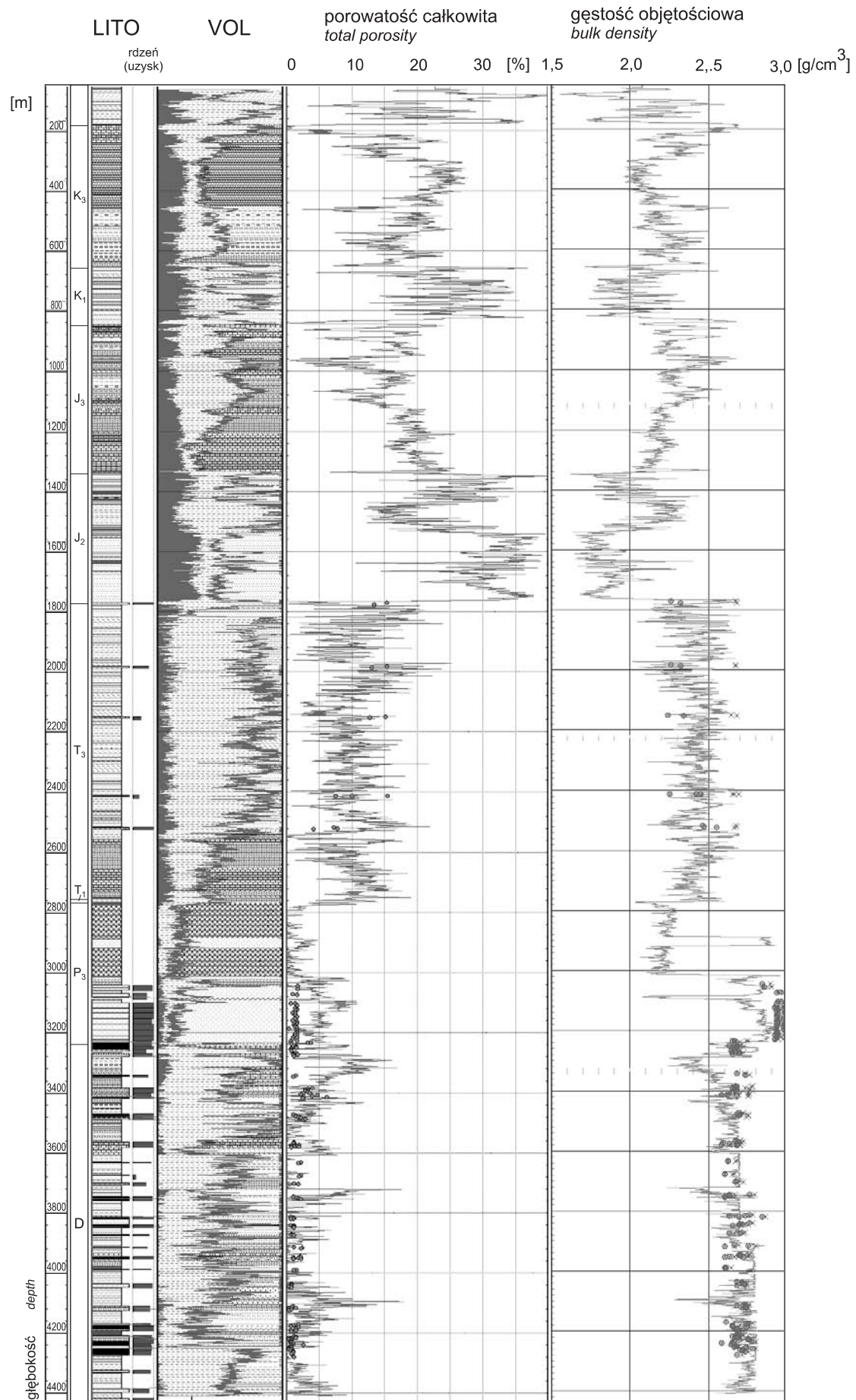


Fig. 42. Zgeneralizowane głębokościowe zestawienie wyników obliczeń porowatości całkowitej oraz gęstości objętościowej

LITO – wiertniczy profil litologiczny; VOL – geofizyczny objętościowy profil litologiczny; kółka i krzyżyki – wyniki badań laboratoryjnych analogicznych parametrów petrofizycznych

Results of calculation of total porosity and bulk density

LITO – coring lithological profile; VOL – geophysical volumetric lithological profile; crosses and circles – results of calculated parameters with cores laboratory petrophysical data

**WYNIKI INTERPRETACJI DANYCH GEOFIZYCZNYCH**

Wyniki badań geofizycznych wykorzystane były zarówno w trakcie ustalania profilu litologicznego-stratygraficznego, jak i przy wyborze odcinków (interwałów głębokościowych) dla wykonania badań hydrogeologicznych. Wyniki prac interpretacyjnych prezentowane w niniejszej pracy wykonane zostały przy zastosowaniu programów interpretacyjnych systemu GEOFLOG. Wykonano w ramach tych prac:

- opracowanie cyfrowej wersji profilu wiertniczego (LITO),
- opracowanie warstwowego (GEO) oraz objętościowego (VOL) geofizycznego profilu litologicznego,
- określenie wielkości przesunięć głębokościowych między głębokościami określanymi na podstawie długości przewodu wiertniczego, a głębokościami określanymi na podstawie pomiarów geofizycznych,
- kalibrację profilowań radiometrycznych na podstawie danych petrofizycznych,
- obliczenie porowatości całkowitej, gęstości objętościowej oraz prędkości fal akustycznych,
- obliczenie przewodności cieplnej skał wraz z określeniem wielkości strumienia cieplnego.

Na [figurze 42](#) przedstawione zostały w syntetycznej zgeneralizowanej formie podstawowe wyniki ilościowej interpretacji profilu litologicznego oraz parametrów petrofizycznych, tj. porowatości całkowitej oraz gęstości objętościowej. Wiertniczy profil litologiczny (LITO) zawiera opisy rdzeni wiertni-

czych oraz prób okruchowych w formie umożliwiającej jego numeryczne przetwarzanie i stosowanie w procedurach interpretacyjnych systemu GEOFLOG. Zasady stosowanego w tym celu numerycznego opisu litologii przedstawione zostały w pracy Gientki i Szewczyka (1996). W zastosowanej procedurze interpretacyjnej przyjęty został 3-składnikowy model objętościowy skały (przestrzeń porowa+zailenie+szkielet skały). Obliczony geofizyczny objętościowy profil litologiczny (VOL) stanowi uogólnienie, za pośrednictwem danych geofizycznych, danych z rdzeni oraz prób okruchowych, badanego odcinka profilu. W procesie interpretacji uwzględniane są zarówno wzajemne przesunięcia głębokościowe obu typów informacji, jak i niepełny uzysk rdzenia. W interpretacjach danych rdzeniowych, w przypadku niepełnego uzysku rdzenia przyjęto zasadę dowiązywania głębokościowego do stropu odcinka rdzeniowanego.

Na omawianej [figurze](#) przedstawione zostały w formie profilowej wyniki obliczeń porowatości całkowitej oraz gęstości objętościowej w stanie powietrzno-suchym. Dla porównania uzyskane wyniki interpretacji porównywano z wynikami badań parametrów fizycznych, otrzymanymi na podstawie badań laboratoryjnych. Prezentowane 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 grawimetryczne.

WARUNKI GEOTERMICZNE

W otworze Polskie Łąki PIG 1 wykonane zostały, po około 12 dobach stabilizacji, pomiary temperatury w quasi-ustalonych warunkach termicznych, ponadto w czterech odcinkach badań strefowych przeprowadzono pomiary termiczne w niestabilizowanych warunkach termicznych ([fig. 43](#)). Na podstawie interpretacji wyników badań geofizycznych ob-

liczony został profil przewodności skał występujących w profilu. Wykorzystując te dane obliczona została wartość strumienia cieplnego, która dla omawianego otworu wynosi 65,2 mW/m². Odpowiada ona wartościom strumienia typowym dla strefy przejściowej między platformą paleozoiczną a kratonem wschodnioeuropejskim.

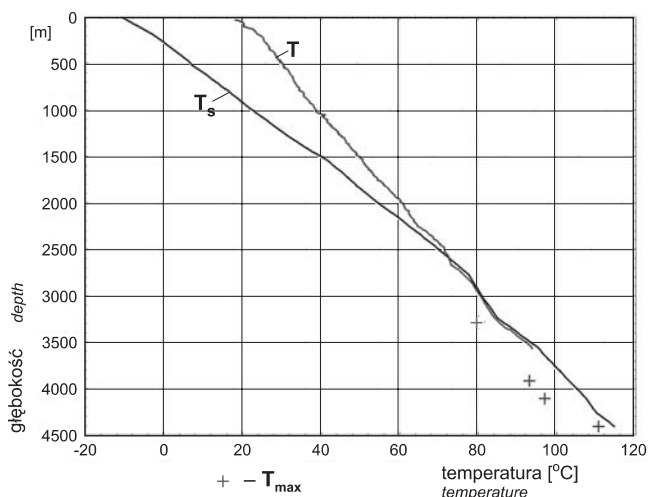


Fig. 43. Wyniki pomiarów temperatury obserwowanej (T), maksymalnej (T_{\max}) oraz paleotemperatury (T_s) obliczonej na podstawie interpretacji danych geofizycznych (Szewczyk, 2002)

Results of measurements observed temperature (T), bottom hole temperature (T_{\max}) and (T_s) calculated paleotemperature (after Szewczyk, 2002)

WARSTWY WODONOŚNE, MINERALIZACJA WÓD PODZIEMNYCH

Jednym z ważnych celów badawczych wykonanego otworu wiertniczego było wydzielenie warstw wodonośnych ze szczególnym uwzględnieniem warstw potencjalnie mogących zawierać bituminy. Na figurze 44 przedstawiony został profil otworu z wydzielonymi poziomami wodonośnymi, z obliczoną średnią porowatością efektywną, a także wyniki opróbowań pięciu poziomów wodonośnych. Wyniki opróbowań potwierdzają monotoniczny wzrost mineralizacji wód wraz z głębokością. W strefie do głębokości około 350 metrów występują wody o niskiej mineralizacji mogące być potencjalny-

mi poziomami użytkowymi wód słodkich, poniżej tej głębokości zaznacza się stopniowy wzrost mineralizacji. Wody podziemne występujące w otworze Polskie Łąki PIG 1 dla badanego triasowego poziomu wodonośnego wykazują wartości mineralizacji niższą od wartości średnich obserwowanych na obszarze Nizu Polskiego. Wyniki opróbowań poziomów paleozoicznych wskazują na obecność wód o wyższej od średniej wartości mineralizacji. Bardzo niskie wielkości przyływów wód w tych poziomach mogą wpływać na błędnie niską wiarygodność wyników tych opróbowań.

Podsumowanie. Wykonane badania z zakresu geofizyki wiertniczej umożliwiły rozpoznanie zarówno profilu litologicznego, jak i podstawowych cech petrofizycznych utworów występujących w profilu otworu Polskie Łąki PIG 1. Ze względu

na obszerny zakres wykonanych badań petrofizycznych, otwór jest jednym z kluczowych reperowych otworów kalibracyjnych, spośród najlepiej zbadanych pod względem parametrów petrofizycznych, na obszarze centralnej części Nizu Polskiego.

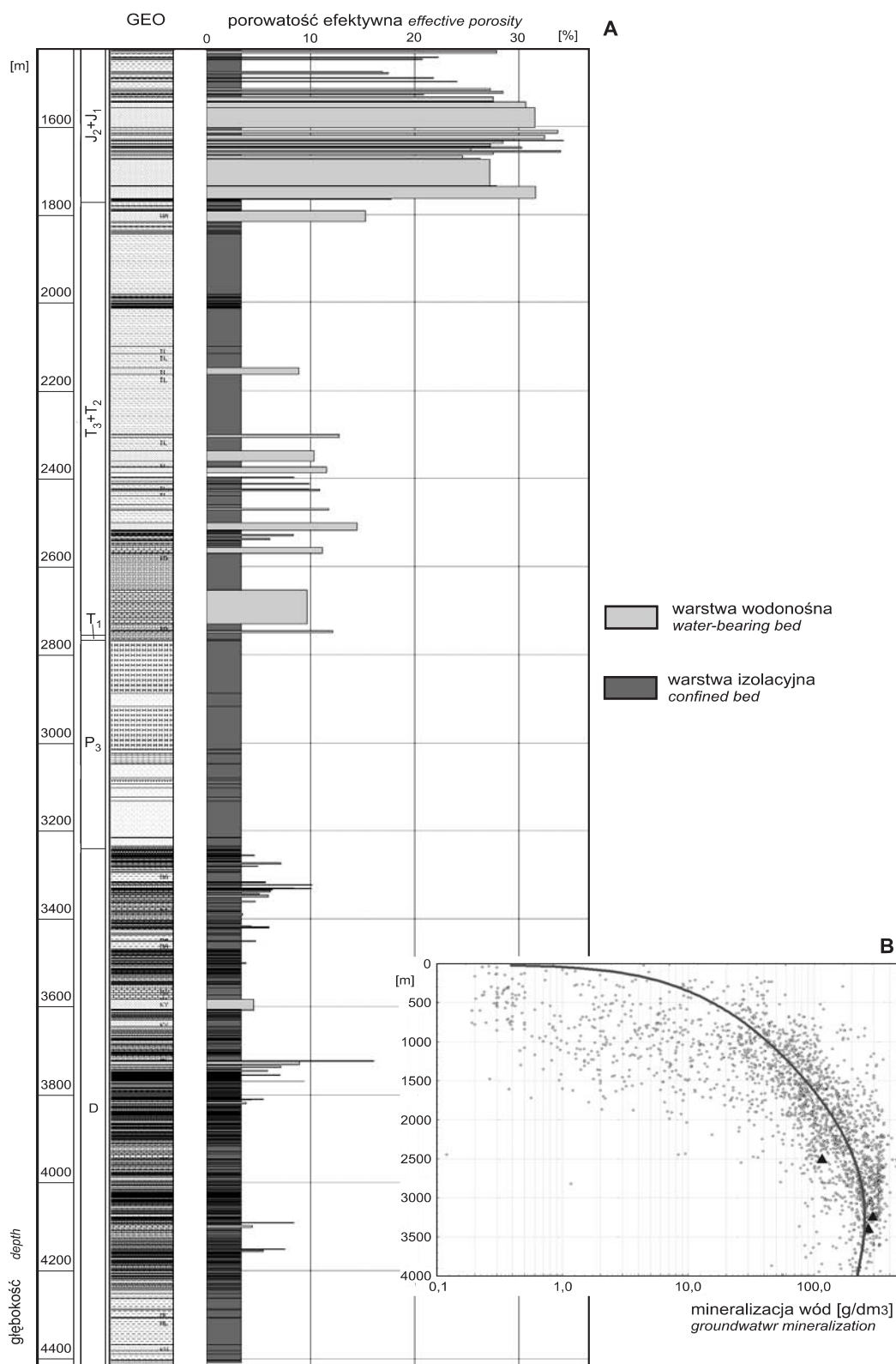


Fig. 44. Warstwy wodonośne w profilu otworu Polskie Łąki PIG 1 wydzielone na podstawie interpretacji danych geofizycznych

A – podano średnią wartość porowatości efektywnej dla warstw; **B** – mineralizacja wód uzyskana w trakcie opróbowań na tle zmienności mineralizacji wód na obszarze Niżu Polskiego, krzywa oznacza wartość średnią mineralizacji tych wód, obliczoną metodą najmniejszych kwadratów

Aquifers in Polskie Łąki PIG 1 borehole based on geophysical well logging methods interpretation

A – average effective porosity of aquifers and depth intervals; **B** – results of tests with all results for Polish Lowlands in the background