

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH I OPRÓBOWANIA HYDROGEOLOGICZNEGO

Jan SZEWCZYK

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Badania geofizyki wiertniczej wykonywane były łącznie w 7 odcinkach badań strefowych, w okresie od 12 listopada 1973 roku do 28 czerwca 1974 roku. Zostały one wykonane standardowymi aparaturami analogowymi produkcji rosyjskiej, a ich generalnym wykonawcą było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych z Bazy Geofizyki Wiertniczej w Lublinie. Jedynie badania akustyczne dotyczące zarówno pomiaru czasu przejścia fali akustycznej, jak i stanu zacementowania rur okładzinowych zostały wykonane przez Geofizykę Toruń. Pomiary radiometryczne, stanowiące wówczas podstawowy typ badań geofizycznych służących ocenie litologii oraz własności zbiornikowych skał występujących w profilu wykonywane były, z konieczności, sondami nieposiadającymi ani standaryzacji ani tym bardziej kalibracji. Zakres wykonanych badań, jak i ich jakość pozwalają na uzyskanie rozpoznania profilu wiercenia w ograniczonym zakresie. Badania akustyczne wykonywane były z zapisem obrazu falowego aparaturą LAK-2 przez grupę wykonawców ze Związku Radzieckiego (podwykonawca Geofizyki Toruń). Ze względu na trudności techniczne w obrębie ostatniego odcinka badań strefowych obejmujących interwał 2126–2350 m, nie wykonano badań radiometrycznych. Ograniczyło to w sposób istotny możliwości interpretacyjne dla tego odcinka profilu. W odcinkach profilu obejmujących głównie utwory karbonu wykonano w ramach prac eksperymentalnych pomiary neutronowe z rejestracją neutronów termicznych (PNNt) oraz epitermicznych (PNNnt). Wykonano również badania metodami elektrometrycznymi z zastosowaniem eksperymentalnych sond pomiarowych KBK-3 do pomiaru polem sterowanym (mPOst, Post). Wszystkie te dane stanowią cenny, unikalny materiał eksperymentalny, który powinien być w przyszłości w sposób wszechstronny

przeanalizowany i kompleksowo zinterpretowany, łącznie z danymi geologicznymi i petrofizycznymi.

Wyniki źródłowych danych pomiarowych zarejestrowano w formie analogowej w skali głębokościowej 1:500. W trakcie prac dokumentacyjnych w związku z tworzeniem bazy cyfrowych badań geofizycznych Centralnej Bazy Danych Geologicznych, część podstawowa badań obejmująca głównie pomiary radiometryczne, akustyczne oraz wybrane elektrometryczne została zdigitalizowana. Na [figurze 45](#) przedstawiono w formie graficznej odcinki wspomnianych badań strefowych. Wyszczególniono rodzaje wykonanych badań oraz pokazano numery katalogowe przyjęte dla poszczególnych badań w systemie GEOFLOG dla otworu Parczew IG 10. Praktycznie w profilu całego otworu wykonano pełny zestaw badań możliwych do wykonania standardowymi, analogowymi aparaturami karotażowymi, a także obszerny program wspomnianych wcześniej badań eksperymentalnych metodami radiometrycznymi i elektrometrycznymi.

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 46](#) przedstawiono 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 efektywności rdzeniowania. Zastosowana metodyka normowania profilowań gamma opisana została w pracy Szewczyka (2000).

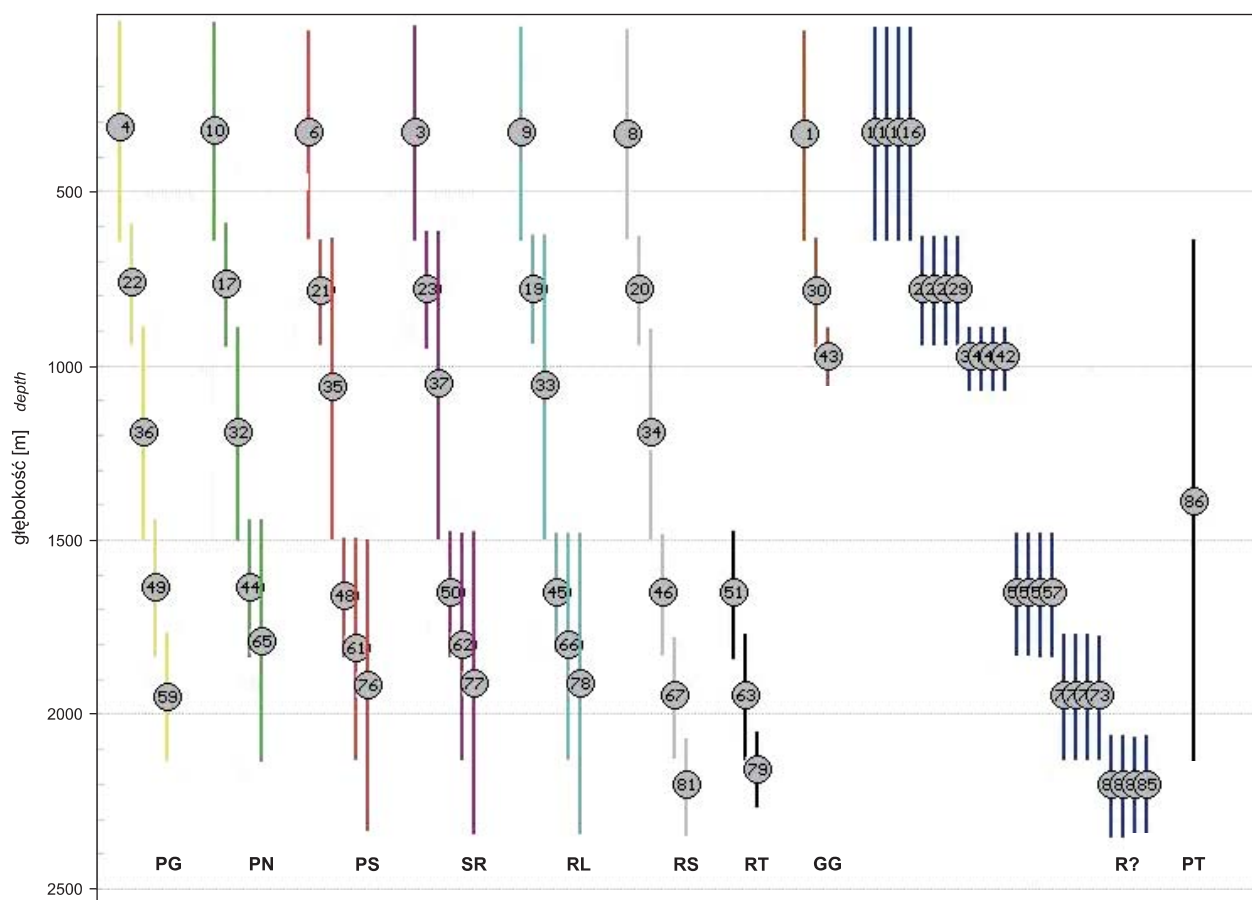


Fig. 45. Schematyczne zestawienie profili geofizycznych istniejących w formie cyfrowej w otworze Parczew IG 10

Typy profili geofizycznych: PG – profilowanie natrznego 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, R? – profilowanie (sondowanie) oporności (SO), PT – profilowanie temperatury; numer identyfikacyjny podano w systemie GEOFLOG

Schematic depth presentation of digitized well logs in the Parczew IG 10 borehole

Types of borehole logging methods: PG – natural gamma, PN – neutron, PS – spontaneous potential, SR – capiler, RL – resistivity lateral, RS – resistivity normal, GG – density, R? – resistivity (SO), PT – temperature; file number is given in GEOFLOG log system

PROFIL LITOLOGICZNO-POROWATOŚCIOWY

W trakcie głębinienia otworu wykonywane były przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych z bazy terenowej w Lublinie bieżące prace interpretacyjne związane z określeniem optymalnych interwałów głębokościowych dla wykonania opróbowania złożowych. Po zakończeniu wiercenia wykonano dokumentację końcową badań geofizycznych autorstwa Wójtowicza (1975).

Po roku 2000 w związku z potrzebą uzyskania informacji na temat profilu litologiczno-porowatościowego całego wiercenia Parczew IG 10 wykonano kompleksowe prace interpretacyjne, których celem było określenie profilu litologicznego oraz podstawowych właściwości petrofizycznych: porowatości, zailenia, gęstości objętościowej oraz przewodności cieplnej (Szewczyk, 2001). Prace interpretacyjne prowadzono przy

wykorzystaniu autorskiego programu interpretacyjnego GEOFLOG. Należy tu z całym naciskiem podkreślić, że stopień szczegółowości wykonanych prac interpretacyjnych, a także postawiony cel badawczy, tj. uzyskanie podstawowej wiedzy na temat uproszczonego modelu litologiczno-porowatościowego skał występujących w profilu, pozwalają na traktowanie uzyskanych wyników jako wstępny wariant wyników interpretacyjnych niezbędnych dla możliwie pełnego rozpoznania profilu otworu wiertniczego Parczew IG 10.

Na figurze 47 przedstawiono zestawienie wyników obliczeń porowatości całkowitej z wynikami badań laboratoryjnych porowatości efektywnej. Uwagę zwraca bardzo duże zróżnicowanie porowatości w obrębie utworów karbonu górnego.

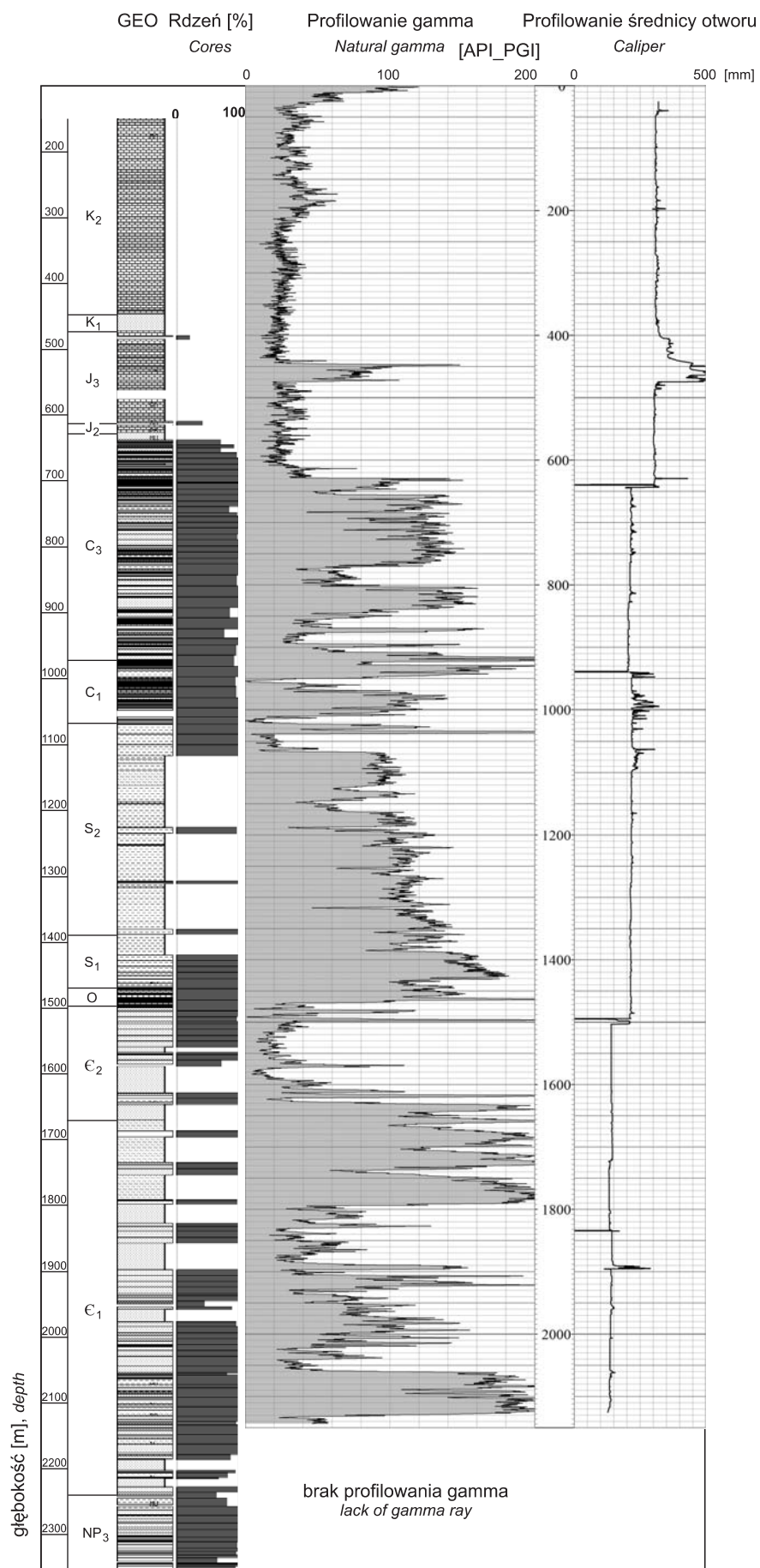


Fig. 46. Unormowane wartości profilowania naturalnego promieniowania gamma

Na wykresie profilowania średnicy otworu wskazano miejsca połączeń poszczególnych, pokazane zostały interwały rdzeniowania wraz z informacją na temat uzysków rdzenia

Normalized values of natural gamma logs

Merging points of well log intervals are shown on caliper log. Drill core intervals and core recovery are also shown

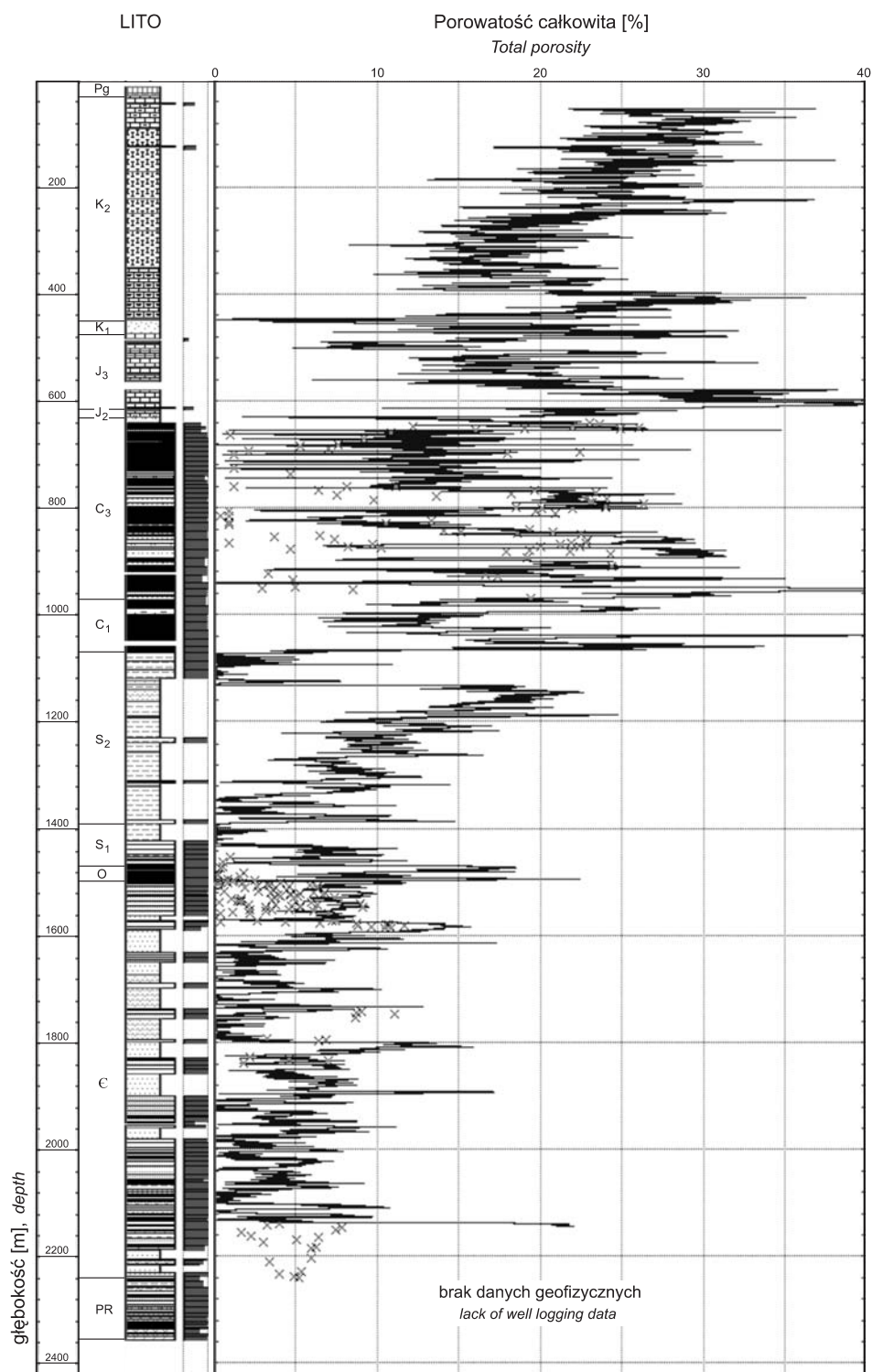


Fig. 47. Porowatości całkowite skal obliczona na podstawie danych geofizycznych

Dla porównania pokazano wyniki badań laboratoryjnych tego parametru

Total porosity calculated after geophysical methods

For comparison the results of laboratory data are shown

CHARAKTERYSTYKA TERMICZNA

W otworze Parczew IG 10 w trakcie geofizycznych badań strefowych wykonane były pomiary temperatury maksymalnej (BHT). Na podstawie tych danych obliczono wielkość strumienia ciepłego a także syntetyczne profilowanie temperatury unormowane do okresu późnego plejstocenu (metodyka obliczeń tych parametrów została przedstawiona w pracy Szewczyka i Gientki (2009) (fig. 48, 49). Obliczona wartość strumienia wynosi $75,3 \text{ mWm}^{-2}$, a temperatura ustabilizowana dla głębokości 2000

m (poza wpływem zaburzeń klimatycznych holocenu) $+61,58^\circ\text{C}$.

Otwór Parczew IG 10 znajduje się w strefie podwyższonych wartości strumienia związanych prawdopodobnie z obecnością w podłożu skał o dużym cieple radiogenicznym (w otworze Parczew IG 10 nie udało się wykonać profilowania gamma w obrębie utworów podłoża krystalicznego). Dla otworu Parczew IG 10 obliczona została głębokość występowania izotermy $+160^\circ\text{C}$, która wynosi 4644 m p.p.t. (fig. 48).

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

W otworze Parczew IG 10 wykonane zostały badania hydrogeologiczne na 4 poziomach głębokościowych. We wszystkich przypadkach uzyskano małe lub bardzo małe przepływy wód złożowych. Na figurze 50 przedstawione zostały uzyskane informacje na temat mineralizacji na tle wyników badań tego parametru na obszarze Niżu Polskiego (Bojarski, 1996). Na figurze tej przedstawiona została war-

tość średnia mineralizacji obliczona metoda najmniejszych kwadratów. Lokalizacja wyników z otworu Parczew IG 10 w odniesieniu do tej krzywej świadczy o typowych wartościach mineralizacji uzyskanej dla tego otworu. Utwory kambru charakteryzują się bardzo słabymi własnościami zbiornikowymi.

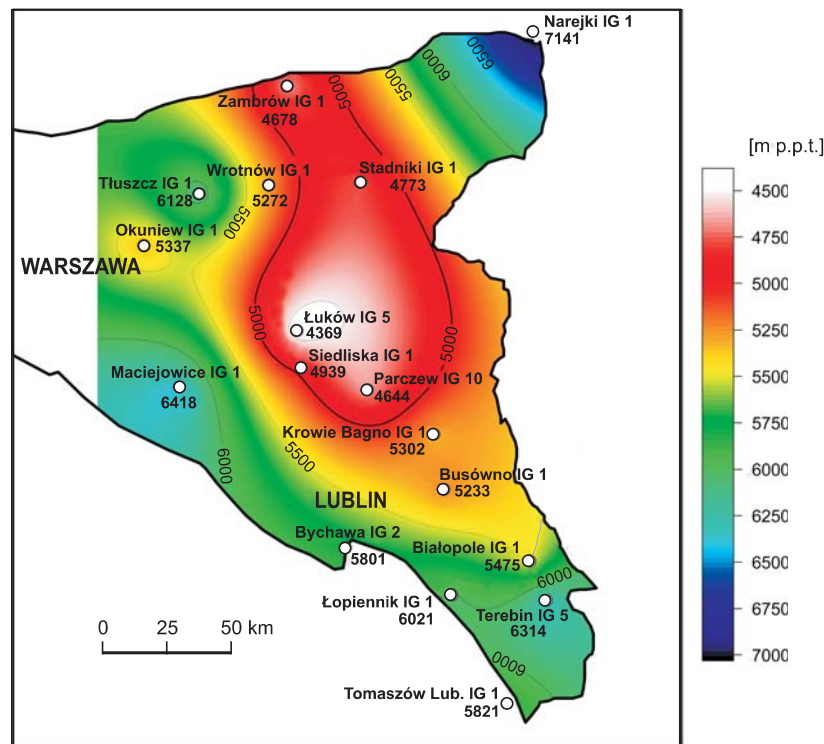


Fig. 48. Głębokość izotermy $+160^\circ\text{C}$ obliczona na podstawie gęstości strumienia ciepłego dla otworu wiertniczego Parczew IG 10 wraz z jego otoczeniem (Szewczyk, Gientka, 2007)

Depth of isotherm $+160^\circ\text{C}$ calculated after heat flow density for the Parczew IG 10 borehole with surrounding area (Szewczyk, Gientka, 2007)

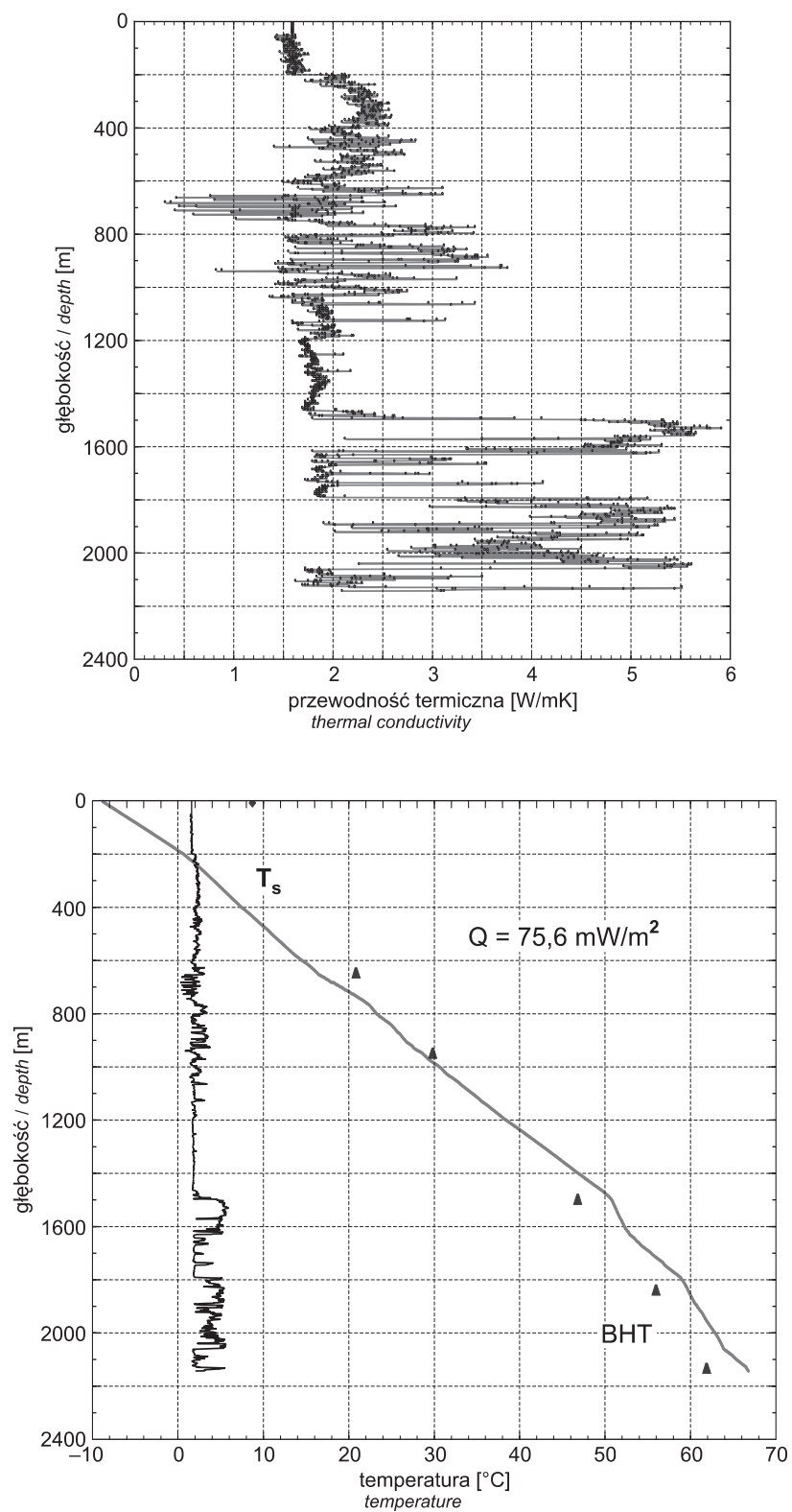


Fig. 49. Charakterystyka termiczna otworu wiertniczego Parczew IG 10

T_s – paleotemperatura obliczona dla okresy zlodowacenia wisły, BHT – temperatura maksymalna, K – profil obliczonych wartości przewodności cieplnych skał (Szewczyk, 2001)

Thermal characteristics of the Parczew IG 10 borehole

T_s – calculated paleotemperature log for Weichselian glaciations, BHT – bottom hole temperature, K – calculated thermal conductivity profile (Szewczyk, 2001)

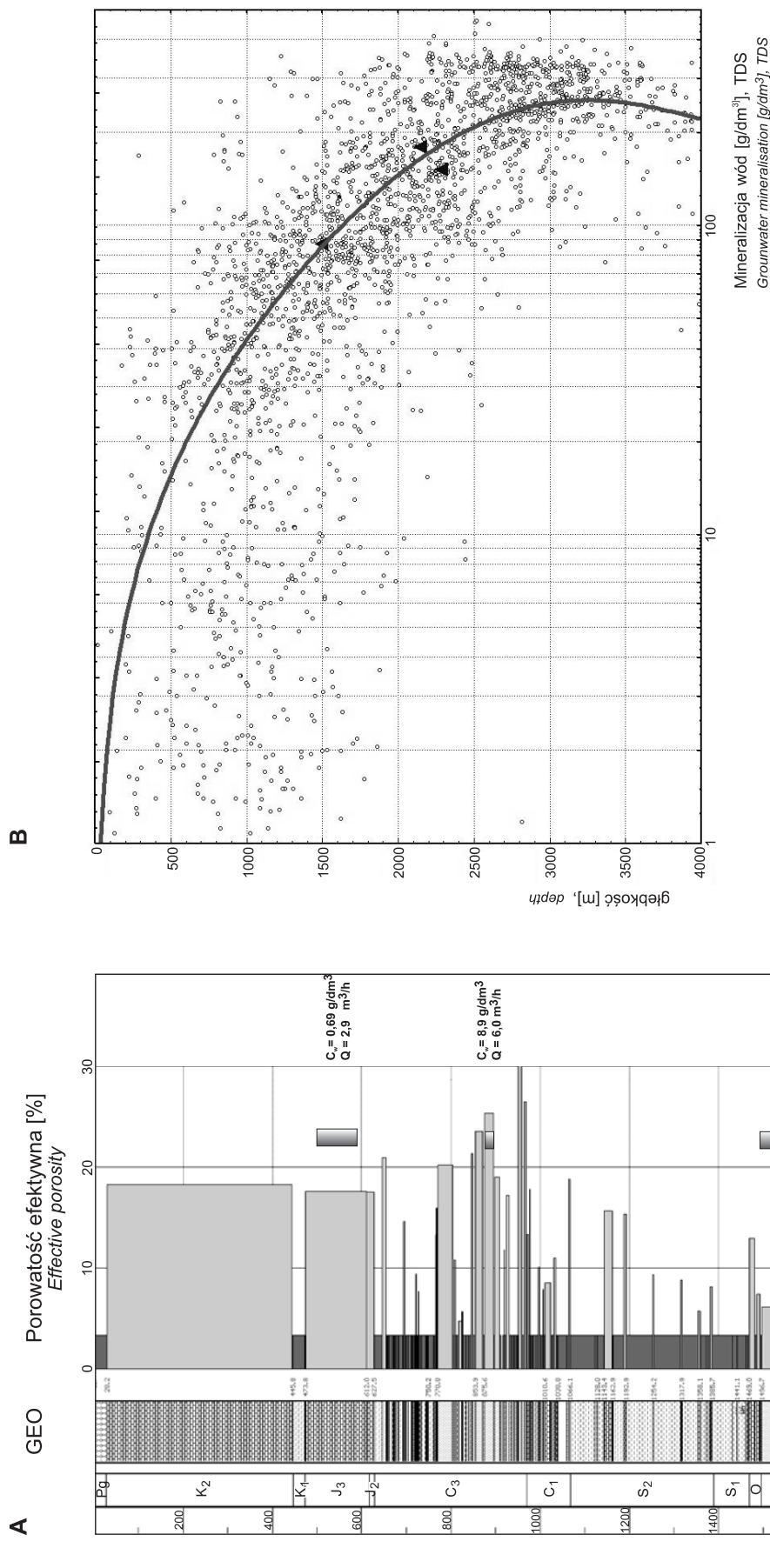


Fig. 50. A – profil właściwości zbiornikowych z podziałem na warstwy wodonośne oraz izolacyjne, znaczone interwały głębokościowe badań hydrogeologicznych, B – mineralizacja wód podziemnych uzyskanych w badanych poziomach zbiornikowych na tle mineralizacji wód dla Niziu Polskiego

A – aquifers and non-aquifers, depth intervals with hydrogeological tests and their results (discharge, total mineralization) are shown, B – water mineralization (TDS) after tests with all results for the Polish Lowlands in the background. Mean value of water TDS calculated by the method of last squares is shown.

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK

PROFILOWANIE PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

Pomiar prędkości średnich w głębokim otworze wiertniczym Parczew IG 10 wykonało w roku 1974 Przedsiębiorstwo Geofizyki Górnictwa Naftowego z siedzibą w Toruniu.

Pomiar wykonano z trzech pól strzałowych, których środki położone były na trzech różnych azymutach w odległości 300 i 250 m od wylotu głębokiego otworu. Kontrolę kształtu impulsu głębokości otworów strzałowych i momentu wybuchu zabezpieczały geofony korekcyjne, jeden położony przy PS, a drugi przy głębokim otworze. Średnia głębokość strzelania wynosiła 9 m na wszystkich PS.

Pomiar wykonano aparaturą POISK MOW-SL do głębokości 2250 m. Sześciopunktowa sonda zawieszona była na kablu KOBD-T. Stosowano krok pomiaru 15 m.

Wysokość wylotu otworu wynosiła 157 m n.p.m., a wysokość poziomu odniesienia – odpowiednio 140 m n.p.m.

Parametry poszczególnych punktów strzałowych (PS) przedstawiają się następująco:

PS1	$d = 300$ m	$N = 0$	$A = 110^\circ$	$h_{\text{śr.}} = 9$ m
PS2	$d = 300$ m	$N = 0$	$A = 10^\circ$	$h_{\text{śr.}} = 9$ m
PS3	$d = 250$ m	$N = 0$	$A = 200^\circ$	$h_{\text{śr.}} = 9$ m

gdzie:

d – odległość punktu strzałowego od głębokiego otworu,

A – azymut kierunku otworu – punkt strzałowy,

N – wysokość punktu strzałowego w stosunku do wylotu głębokiego otworu (niwelacja),

$h_{\text{śr.}}$ – średnia głębokość strzelania.

Zapis prowadzono na papierze oscylograficznym.

Hodograf pionowy obliczono na komputerze EMR 6135 bez uwzględnienia krzywizny otworu, przyjmując, że jest niewielka. Arkusz zbiorczy w sprawozdaniu zawiera szkic sytuacyjny otworów strzałowych i geofonów korekcyjnych wraz z diagramem krzywizny otworu oraz wykres mikroprofilowania. Zamieszczono również wykres prędkości warstwowych według danych profilowania akustycznego.

Prędkości średnie dla poszczególnych punktów wzbudzenia obliczano zgodnie ze wzorem:

$$V_{\text{śr}} = \frac{hr}{tr}$$

gdzie:

hr – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia,

tr – czas zredukowany punktu wzbudzenia.

Wyliczone wartości zestawiono w tabeli 25. Obliczenia wykonano za pomocą odpowiedniego programu komputerowego.

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 51A) i hodografu pionowego (fig. 51B). Do wykreślenia krzywych prędkości średnich wykorzystano wartości uśrednione z poszczególnych punktów wzbudzenia.

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 błędu pomiarowego. Warunkiem jej wykorzystania jest jednakowy odstęp między punktami pomiarowymi.

Podaną metodę zastosowano do wygładzania odczytów czasu z pomiarów prędkości średnich w celu obliczenia 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 za pomocą spłotu 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 m. Następnie wyznaczone wartości wygładzono przy użyciu specjalnego programu przez zastosowanie operacji spłotu z filtrem trójkątnym stosując 20 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 powtarzanie wymienionych wyżej operacji powoduje zaokrąglenie załamów (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 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.

Powyższe informacje są zawarte w banku danych prędkościowych utworzonym w latach 90. XX wieku w Zakładzie Geofizyki Państwowego Instytutu Geologicznego 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 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 m. Maksymalne i minimalne wartości obliczonych prędkości odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw

Tabela 25

 Zestawienie wartości H , Tr , V_{sr}
 H , Tr and V_{sr} values

H [m]	Tr 1 [s]	Tr 2 [s]	Tr 3 [s]	Tr [s]	V_{sr} [m/s]
1	2	3	4	5	6
58	0,0320	0,0315	0,0310	0,031500	1841
73	0,0400	0,0400	0,0390	0,039667	1840
88	0,0480	0,0480	0,0470	0,047667	1846
103	0,0570	0,0560	0,0550	0,056000	1839
118	0,0640	0,0640	0,0630	0,063667	1853
133	0,0720	0,0720	0,0700	0,071333	1864
148	0,0800	0,0790	0,0770	0,078667	1881
163	0,0870	0,0860	0,0840	0,085667	1903
178	0,0940	0,0930	0,0910	0,092667	1921
193	0,1010	0,0990	0,0980	0,099333	1943
208	0,1080	0,1060	0,1050	0,106333	1956
223	0,1140	0,1120	0,1110	0,112333	1985
238	0,1200	0,1180	0,1170	0,118333	2011
253	0,1270	0,1240	0,1220	0,124333	2035
268	0,1330	0,1300	0,1270	0,130000	2062
283	0,1390	0,1360	0,1330	0,136000	2081
298	0,1440	0,1420	0,1370	0,141000	2113
313	0,1490	0,1490	0,1430	0,147000	2129
328	0,1560	0,1550	0,1510	0,154000	2130
343	0,1620	0,1600	0,1600	0,160667	2135
358	0,1660	0,1660	0,1650	0,165667	2161
373	0,1720	0,1710	0,1730	0,172000	2169
388	0,1780	0,1790	0,1770	0,178000	2180
403	0,1840	0,1840	0,1830	0,183667	2194
418	0,1890	0,1890	0,1890	0,189000	2212
433	0,1940	0,1940	0,1930	0,193667	2236
448	0,2000	0,2000	0,1990	0,199667	2244
463	0,2060	0,2060	0,2060	0,206000	2248
478	0,2100	0,2100	0,2100	0,210000	2276
493	0,2140	0,2140	0,2140	0,214000	2304
508	0,2180	0,2180	0,2170	0,217667	2334
523	0,2230	0,2210	0,2210	0,221667	2359
538	0,2270	0,2250	0,2250	0,225667	2384

Tabela 25 cd.

1	2	3	4	5	6
553	0,2310	0,2300	0,2280	0,229667	2408
568	0,2350	0,2340	0,2330	0,234000	2427
583	0,2400	0,2390	0,2370	0,238667	2443
598	0,2440	0,2440	0,2410	0,243000	2461
613	0,2480	0,2480	0,2460	0,247333	2478
628	0,2520	0,2520	0,2510	0,251667	2495
643	0,2600	0,2580	0,2560	0,258000	2492
658	0,2640	0,2620	0,2610	0,262333	2508
673	0,2690	0,2670	0,2670	0,267667	2514
688	0,2750	0,2720	0,2720	0,273000	2520
703	0,2790	0,2770	0,2760	0,277333	2535
718	0,2850	0,2830	0,2800	0,282667	2540
733	0,2890	0,2870	0,2850	0,287000	2554
748	0,2940	0,2920	0,2910	0,292333	2559
763	0,2970	0,2970	0,2960	0,296667	2572
778	0,3030	0,3010	0,3010	0,301667	2579
793	0,3080	0,3060	0,3060	0,306667	2586
808	0,3110	0,3120	0,3100	0,311000	2598
823	0,3160	0,3170	0,3160	0,316333	2602
838	0,3210	0,3220	0,3200	0,321000	2611
853	0,3250	0,3260	0,3240	0,325000	2625
868	0,3300	0,3300	0,3280	0,329333	2636
883	0,3340	0,3350	0,3320	0,333667	2646
898	0,3390	0,3390	0,3370	0,338333	2654
913	0,3420	0,3430	0,3420	0,342333	2667
928	0,3500	0,3490	0,3460	0,348333	2664
943	0,3530	0,3530	0,3510	0,352333	2676
958	0,3560	0,3560	0,3560	0,356000	2691
973	0,3620	0,3630	0,3610	0,362000	2688
988	0,3670	0,3680	0,3675	0,367500	2688
1003	0,3700	0,3710	0,3730	0,369667	2713
1018	0,3740	0,3760	0,3750	0,374333	2720
1033	0,3790	0,3800	0,3770	0,378667	2728
1048	0,3810	0,3820	0,3790	0,380667	2753
1063	0,3860	0,3860	0,3830	0,385000	2761
1078	0,3920	0,3920	0,3870	0,390333	2762

Tabela 25 cd.

1	2	3	4	5	6
1093	0,3970	0,3970	0,3910	0,395000	2767
1108	0,4010	0,4020	0,3980	0,400333	2768
1123	0,4060	0,4090	0,4020	0,405667	2768
1138	0,4070	0,4100	0,4060	0,407667	2791
1153	0,4130	0,4150	0,4100	0,412667	2794
1168	0,4170	0,4180	0,4140	0,416333	2805
1183	0,4210	0,4220	0,4190	0,420667	2812
1198	0,4260	0,4260	0,4230	0,425000	2819
1213	0,4300	0,4320	0,4270	0,429667	2823
1228	0,4350	0,4340	0,4330	0,434000	2829
1243	0,4380	0,4390	0,4360	0,437667	2840
1258	0,4420	0,4420	0,4400	0,441333	2850
1273	0,4460	0,4450	0,4450	0,445333	2859
1288	0,4500	0,4500	0,4490	0,449667	2864
1303	0,4540	0,4540	0,4530	0,453667	2872
1318	0,4580	0,4580	0,4560	0,457333	2882
1333	0,4610	0,4620	0,4600	0,461000	2892
1348	0,4650	0,4670	0,4640	0,465333	2897
1363	0,4690	0,4710	0,4690	0,469667	2902
1378	0,4745	0,4750	0,4740	0,474500	2904
1393	0,4760	0,4790	0,4770	0,477333	2918
1408	0,4800	0,4830	0,4810	0,481333	2925
1423	0,4840	0,4870	0,4850	0,485333	2932
1438	0,4910	0,4910	0,4860	0,489333	2939
1453	0,4940	0,4960	0,4920	0,494000	2941
1468	0,4970	0,5000	0,4950	0,497333	2952
1483	0,5010	0,5020	0,4990	0,500667	2962
1498	0,5050	0,5040	0,5050	0,504667	2968
1513	0,5070	0,5080	0,5070	0,507333	2982
1528	0,5100	0,5120	0,5100	0,510667	2992
1543	0,5120	0,5160	0,5120	0,513333	3006
1558	0,5140	0,5180	0,5150	0,515667	3021
1573	0,5170	0,5190	0,5180	0,518000	3037
1588	0,5210	0,5230	0,5210	0,521667	3044
1603	0,5230	0,5270	0,5250	0,525000	3053
1618	0,5260	0,5290	0,5280	0,527667	3066

Tabela 25 cd.

1	2	3	4	5	6
1633	0,5300	0,5330	0,5320	0,531667	3071
1648	0,5330	0,5380	0,5340	0,535000	3080
1663	0,5370	0,5420	0,5360	0,538333	3089
1678	0,5400	0,5450	0,5400	0,541667	3098
1693	0,5440	0,5490	0,5440	0,545667	3103
1708	0,5490	0,5530	0,5490	0,550333	3104
1723	0,5520	0,5550	0,5530	0,553333	3114
1738	0,5550	0,5600	0,5560	0,557000	3120
1753	0,5590	0,5600	0,5620	0,560333	3128
1768	0,5630	0,5630	0,5660	0,564000	3135
1783	0,5660	0,5670	0,5710	0,568000	3139
1798	0,5690	0,5710	0,5720	0,570667	3151
1813	0,5760	0,5750	0,5770	0,576000	3148
1828	0,5770	0,5770	0,5790	0,577667	3164
1843	0,5790	0,5800	0,5810	0,580000	3178
1858	0,5840	0,5840	0,5840	0,584000	3182
1873	0,5860	0,5860	0,5880	0,586667	3193
1888	0,5880	0,5890	0,5900	0,589000	3205
1903	0,5910	0,5920	0,5940	0,592333	3213
1918	0,5940	0,5960	0,5970	0,595667	3220
1933	0,5980	0,6000	0,6000	0,599333	3225
1948	0,6000	0,6000	0,6000	0,600000	3247
1963	0,6030	0,6040	0,6050	0,604000	3250
1978	0,6060	0,6080	0,6080	0,607333	3257
1993	0,6090	0,6110	0,6120	0,610667	3264
2008	0,6130	0,6150	0,6160	0,614667	3267
2023	0,6150	0,6170	0,6190	0,617000	3279
2038	0,6190	0,6190	0,6230	0,620333	3285
2053	0,6210	0,6230	0,6250	0,623000	3295
2068	0,6250	0,6260	0,6290	0,626667	3300
2083	0,6290	0,6310	0,6330	0,631000	3301
2098	0,6330	0,6330	0,6350	0,633667	3311
2113	0,6360	0,6370	0,6390	0,637333	3315
2128	0,6400	0,6410	0,6420	0,641000	3320
2143	0,6430	0,6440	0,6450	0,644000	3328
2158	0,6450	0,6470	0,6480	0,646667	3337

Tabela 25 cd.

1	2	3	4	5	6
2173	0,6480	0,6490	0,6510	0,648500	3351
2188	0,6520	0,6550	0,6560	0,654333	3344
2203	0,6540	0,6580	0,6590	0,657000	3353
2218	0,6580	0,6600	0,6610	0,659667	3362
2233	0,6600	0,6630	0,6650	0,662667	3370

H – głębokość / depth

Tr 1 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 1 / reduced time from measuring point 1

Tr 2 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 2 / reduced time from measuring point 2

Tr 3 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 3 / reduced time from measuring point 3

Tr – średni czas zredukowany / average reduced time

Vśr – prędkość średnia / average velocity

o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi.

Zestawienie uśrednionych wartości V_w (prędkość wygładzona), V_i (prędkość interwałowa), V_k (prędkość kompleksowa), które zostały obliczone z pomiarów czasu wygładzonego przedstawiono w tabeli 26. Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono na figurze 52. Wykresy wzbogacono profilem stratygraficznym wierceń, co umożliwi bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi przekroju geologicznego w otworze oraz z refleksami sejsmicznymi.

Przedstawione krzywe można scharakteryzować następująco. Hodograf pionowy i wykres prędkości średnich (fig. 51A, B) wykazują systematyczny wzrost wartości wraz z głębokością, na całej długości profilu wiertniczego. Zazna-

czający się na krzywej prędkości wygładzonej (fig. 52) znaczny wzrost wartości od 1900 do 3000 m/s odpowiada miąższej serii węglanowej utworów kredowych obejmujących piętra od mastrychtu przez kampan, santon, koniak, turon, cenoman do albu. Na krzywych prędkości uśrednionych (interwałowych i kompleksowych) trend ten wyznaczają poszczególne stopnie o kolejno zwiększających się wartościach. Jest to odzwierciedlenie wykształcenia litologicznego skał geologicznych kompleksu, które stanowią kreda pizująca, margle, wapienie i wapienie margliste.

Obserwowana następnie ostra granica prędkości związana jest ze stropem utworów jury górnej, wykształconej głównie w postaci wysokoprędkościowego kompleksu skał węglanowych (wapienie) oksfordu o średniej prędkości ~3300 m/s. Tym samym odnotowana poniżej granica, odpowiadająca

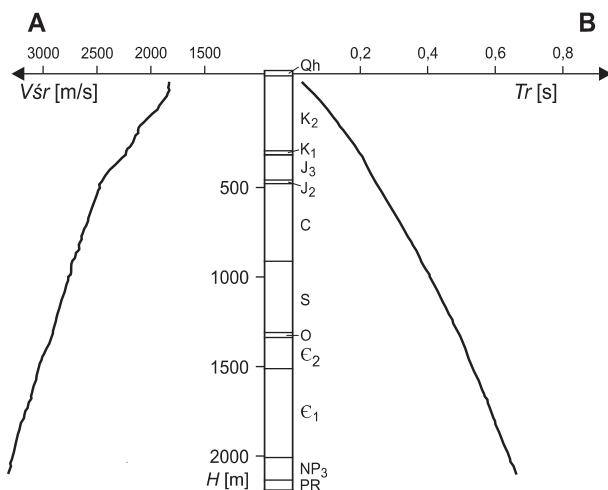


Fig. 51. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) – poziom odniesienia 140,0 m n.p.m.

Objaśnienia pod tabelą 25

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)
– reference level 140.0 m a.s.l.

For explanations see Table 25

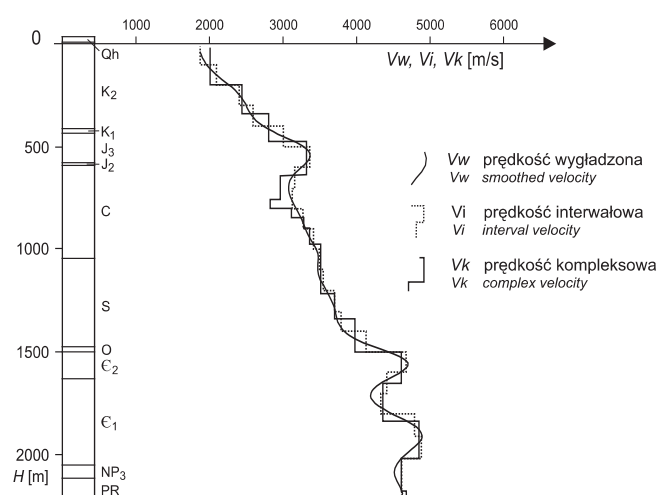


Fig. 52. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), interwałowych (V_i) i kompleksowych (V_k) – poziom odniesienia 140,0 m n.p.m.

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity (V_k) – reference level 140.0 m a.s.l.

Tabela 26

Zestawienie uśrednionych wartości V_i , V_k i V_w obliczonych z czasu wygładzonegoAveraged V_i , V_k and V_w values calculated from smoothed time

H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1	2	3	4
20	1885	1998	–
40	1885	1998	1870
60	1885	1998	1889
80	1885	1998	1917
100	1885	1998	1954
120	2090	1998	2001
140	2090	1998	2057
160	2090	1998	2121
180	2090	1998	2190
200	2090	1998	2261
220	2402	2436	2328
240	2402	2436	2388
260	2402	2436	2436
280	2402	2436	2473
300	2402	2436	2501
320	2586	2436	2527
340	2586	2436	2557
360	2586	2793	2598
380	2586	2793	2654
400	2586	2793	2728
420	2989	2793	2821
440	2989	2793	2933
460	2989	2793	3054
480	2989	2793	3175
500	2989	3313	3278
520	3345	3313	3350
540	3345	3313	3379
560	3345	3313	3367
580	3345	3313	3323
600	3345	3313	3263
620	3142	3313	3202
640	3142	2955	3150
660	3142	2955	3112

H [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1	2	3	4
680	3142	2955	3090
700	3142	2955	3085
720	3123	2955	3091
740	3123	2955	3108
760	3123	2955	3131
780	3123	2825	3158
800	3123	2825	3189
820	3260	3136	3221
840	3260	3136	3251
860	3260	3287	3277
880	3260	3287	3298
900	3260	3287	3319
920	3390	3373	3343
940	3390	3373	3371
960	3390	3373	3405
980	3390	3373	3440
1000	3390	3487	3471
1020	3493	3487	3491
1040	3493	3487	3499
1060	3493	3487	3497
1080	3493	3487	3492
1100	3493	3541	3492
1120	3536	3541	3500
1140	3536	3541	3519
1160	3536	3541	3545
1180	3536	3541	3575
1200	3536	3541	3607
1220	3679	3541	3639
1240	3679	3711	3670
1260	3679	3711	3697
1280	3679	3711	3718
1300	3679	3711	3734
1320	3775	3711	3747

Tabela 26 cd.

1	2	3	4
1340	3775	3711	3759
1360	3775	3983	3778
1380	3775	3983	3809
1400	3775	3983	3857
1420	4106	3983	3929
1440	4106	3983	4030
1460	4106	3983	4158
1480	4106	3983	4308
1500	4106	3983	4463
1520	4671	4630	4601
1540	4671	4630	4699
1560	4671	4630	4736
1580	4671	4630	4711
1600	4671	4630	4636
1620	4391	4630	4532
1640	4391	4630	4425
1660	4391	4368	4333
1680	4391	4368	4265
1700	4391	4368	4230
1720	4310	4368	4227
1740	4310	4368	4259
1760	4310	4368	4322
1780	4310	4368	4410
1800	4310	4368	4517

1	2	3	4
1820	4769	4368	4632
1840	4769	4368	4743
1860	4769	4858	4836
1880	4769	4858	4900
1900	4769	4858	4930
1920	4853	4858	4926
1940	4853	4858	4892
1960	4853	4858	4839
1980	4853	4858	4776
2000	4853	4858	4710
2020	4600	4604	4652
2040	4600	4604	4605
2060	4600	4604	4572
2080	4600	4604	4557
2100	4600	4604	4560
2120	4624	4604	4578
2140	4624	4604	4607
2160	4624	4604	4640
2180	4624	4604	4671
2200	4624	4692	4692
2220	4651	4692	4620

Objaśnienia na [figurze 52](#)

For explanations see [Figure 52](#)

kontaktowi spągu jury ze stropem, zalegających pod nią utworów karbońskich, występuje w strefie zmiany znaku gradientu krzywej wygładzonej i wyznacza względną wartość ujemną.

W obrębie utworów karbońskich zaznaczają się na krzywych prędkości (interwałowych i kompleksowych) poszczególne warstwy o narastających „schodkowo” wartościach prędkości. Wyjątek stanowi ogniwo występujące na głębokości ~780–800 m. Jak wynika z profilu litostratygraficznego karbonu – najwyższą część stanowią naprzemianległe serie utworów iłowcowo-mułowcowych z wkładkami piaskowców. Zmniejszenie wartości prędkości w wymienionym ogniwie powoduje prawdopodobnie przewaga osadów iłowcowo-mułowcowych. Notowany następnie 4-stopniowy wzrost prędkości związany jest z narastającym przewarstwieniem pa-

kietami piaskowców oraz wapieni, przechodzącym w spągu utworów karbonu (ostatni stopień), głównie w wapienie z utworami marglistymi.

Kolejny odcinek profilu obejmuje łącznie utwory syluru o dużej miąższości (seria ilasto-mułowcowa) oraz ~30 m kompleks ilasto-wapienny ordowiku. Na krzywych prędkości średnich nie zarejestrowano granicy przejścia karbon–sylur, ani też sylur–ordowik. Krzywe prędkości interwałowych i kompleksowych kontynuują się w tych miejscach w sposób ciągły. Natomiast cały kompleks ordowicko – sylurski można podzielić na trzy warstwy o różnych, zwiększających się wraz z głębokością wartościach prędkości, z tym, że ostatni kompleks na krzywej interwałowej wykazuje jeszcze dodatkową 2-dzielną.

Bardzo wyraźny wzrost wartości prędkości notujemy na wszystkich krzywych w miejscu przejścia z kompleksu ordowicko sylurskiego w utwory kambru środkowego. Na krzywej prędkości interwałowej kompleks kambru środkowego występuje w postaci 2 warstw: górna o większej wartości prędkości i dolna o niższej.

Cały profil kambru wykształcony w przewodzie w postaci piaskowców, tylko z przewarstwieniami ilasto-mułowcowymi, obejmuje oprócz kambru środkowego prawie 500 m odcinek kambru dolnego. Kambr dolny na krzywych prędkości wykazuje duże zróżnicowanie wartości, pozwalające na wydzielenie 3 głównych warstw, odwzorowujących prawdopodobnie stopień udziału poszczególnych skał. Pomiar zakończono w utworach piaskowcowo-mułowcowych ediakaru na głębokości 2250 m.

Obliczone prędkości interwałowe i kompleksowe, a także dane o przekroju litologiczno-stratygraficznym otworu pozwoliły na wydzielenie szeregu kompleksów o możliwie jednolitej i zbliżonej charakterystyce prędkościowej. Zestawienie wartości prędkości kompleksowych w m/s (w zaokrągleniu do 50 m/s) przedstawia się następująco:

- kreda – 3-dzielna: 2000, 2450, 2800;
- jura – 3300;
- karbon górny – 2950;

- karbon dolny – 5-dzielny: 2800, 3150, 3300, 3350, 3500;
- sylur + ordowik – 3-dzielny: 3550, 3700, 4000;
- kambr środkowy – 4650;
- kambr dolny – 3-dzielny: 4350, 4600, 4850.

Z zestawienia wynika, że granice wyraźnych kontrastów prędkości korelują się z granicami litologiczno-stratygraficznymi. Charakterystyczny dla tego otworu jest wyraźny, prawie skokowy wzrost wartości na kontakcie kredy i jury oraz syluru (z ordowikiem) i kambru. Dla utworów karbonu kontrasty te są znacznie mniejsze. Na ogół istnieje duże zróżnicowanie prędkości w poszczególnych warstwach. Dotyczy to szczególnie kredy, karbonu, syluru i kambru dolnego.

Dane z pomiaru prędkości średnich wykonanych w otworze Parczew IG 10 stanowiły reper do interpretacji i korelacji przekrojów sejsmicznych refleksyjnych wykonanych przez Przemysł Naftowy – Geofizyka Toruń w latach 1979–1982 i Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych W-wa w latach 1989–1990 w ramach tematów odpowiednio „Tuszczy–Dęblin–Lublin” rejon Parczew i „Łuków–Parczew–Chełm–Hrubieszów”.

Konsekwentnie do wyżej przedstawionych wyników pomiarów prędkości wyznaczono szereg granic sejsmicznych: w kredzie, jurze, w karbonie (C_L (spąg warstw lubelskich), C_D (spąg formacji Dęblina), C_H (strop formacji Huczwy)), w sylurze i stropie kambru środkowego.

Leszek BOJARSKI, Andrzej SOKOŁOWSKI, Jakub SOKOŁOWSKI

WYNIKI OPRÓBOWANIA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

Celem opróbowania było przebadanie poziomów zbiornikowych pod kątem możliwości zachowania się złóż węglowodorów. Opróbowano 6 poziomów zbiornikowych próbnikami rurowymi typu Halliburton oraz 2 poziomy poprzez wytłaczanie z otworu płynu kompresorem i szczypanie tyżką wiertniczą (fig. 53). Opróbowanie przeprowadziła ekipa Zakładu Opróbowania i Cementowania Przedsiębiorstwa Geologicznego z Warszawy. Poziomy do badań zostały wytypowane na podstawie interpretacji karotaży geofizyki wiertniczej przez zespół pracowników Instytutu Geologicznego pod kierunkiem L. Bojarskiego. Analizy chemiczne wód wykonały H. Jasińska, T. Latoszyńska, W. Zielińska i Z. Kuranowska w Głównym Laboratorium Instytutu Geologicznego, a analizy gazu M. Sztukowski w Pracowni Geochemii Bituminów Zakładu Geologii Ropy i Gazu Instytutu Geologicznego. Nadzór nad opróbowaniem sprawował L. Bojarski zaś dozór specjalistyczny w terenie pełnili E. Kampe, A. Pęksa i W. Kowalczyk z Pracowni Metodyki Opróbowania Instytutu Geologicznego.

Poziom zbiornikowy 2284,0–2312,0 m; piaskowce drobno- i gruboziarniste, miejscami zlepieńcowate (ediakar), poniżej 2302,2 m podłoże krystaliczne

Wynik:

- przyływ solanki;
- średni przyływ $Q=1,6 \text{ m}^3/\text{h}$;

- ciśnienie złożowe $P_z=243,2 \text{ at}$ (wyekstrapolowane).

Badania przeprowadzono w dn. 11–12.06.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Uszczelniaacz próbniaka zapięto w otworze niezarurowanym, pod butem rur $\varnothing 6''$, na głębokości 2284 m. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu przy całkowitej depresji (fig. 54):

I okres przyływu: ciśnienie 5,5–64,5 at; czas 66 min.,

I okres odbudowy ciśnienia: 64,5–239,4 at; czas 56 min.

Podczas trwającego 66 min. sumarycznego okresu przyływu do przewodu wiertniczego nad próbnikiem wpłynęło $1,78 \text{ m}^3$ płynu. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe wynosi 243,2 at. Dodatnia wartość skin efektu wynosząca $s=+13$ świadczy o uszkodzeniu strefy przyodwiertowej. Zwierciadło płynu w przewodzie wiertniczym stwierdzono na głębokości 1714 m, poziom hydrostatyczny wyliczony z wartości ciśnienia złożowego wynosi 91,2 m p.p.t. Efektywny współczynnik przepuszczalności $k=3,5 \text{ mD}$.

Podczas opróbowania pobrano próbę wody w celu wykonania analizy chemicznej. Wodę określono jako 15,2% wodę $\text{Cl}-\text{Ca}-\text{Na}$, J (tab. 27). Sucha pozostałość wynosiła 152 g/dm^3 , ciężar właściwy $1,1091 \text{ g/cm}^3$ a $\text{pH}=7$. Analiza spektralna wykazała obecność (g/t): $\text{Pb}=10$, $\text{Ag}=1$, $\text{Cu}=5$, $\text{Mn}=10$, $\text{Ba}=300$, $\text{Sr}=5000$ i $\text{Li}=100$. Nie wykryto Zn i Ni .

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{\text{Na}}}{r_{\text{Cl}}} = 0,30 \quad \frac{r_{\text{Cl}} - r_{\text{Na}}}{r_{\text{Mg}}} = 3121,72 \quad \frac{r_{\text{SO}_4} \times 100}{r_{\text{Cl}}} = 0,23 \quad \frac{\text{Cl}}{\text{Br}} = 69,36$$

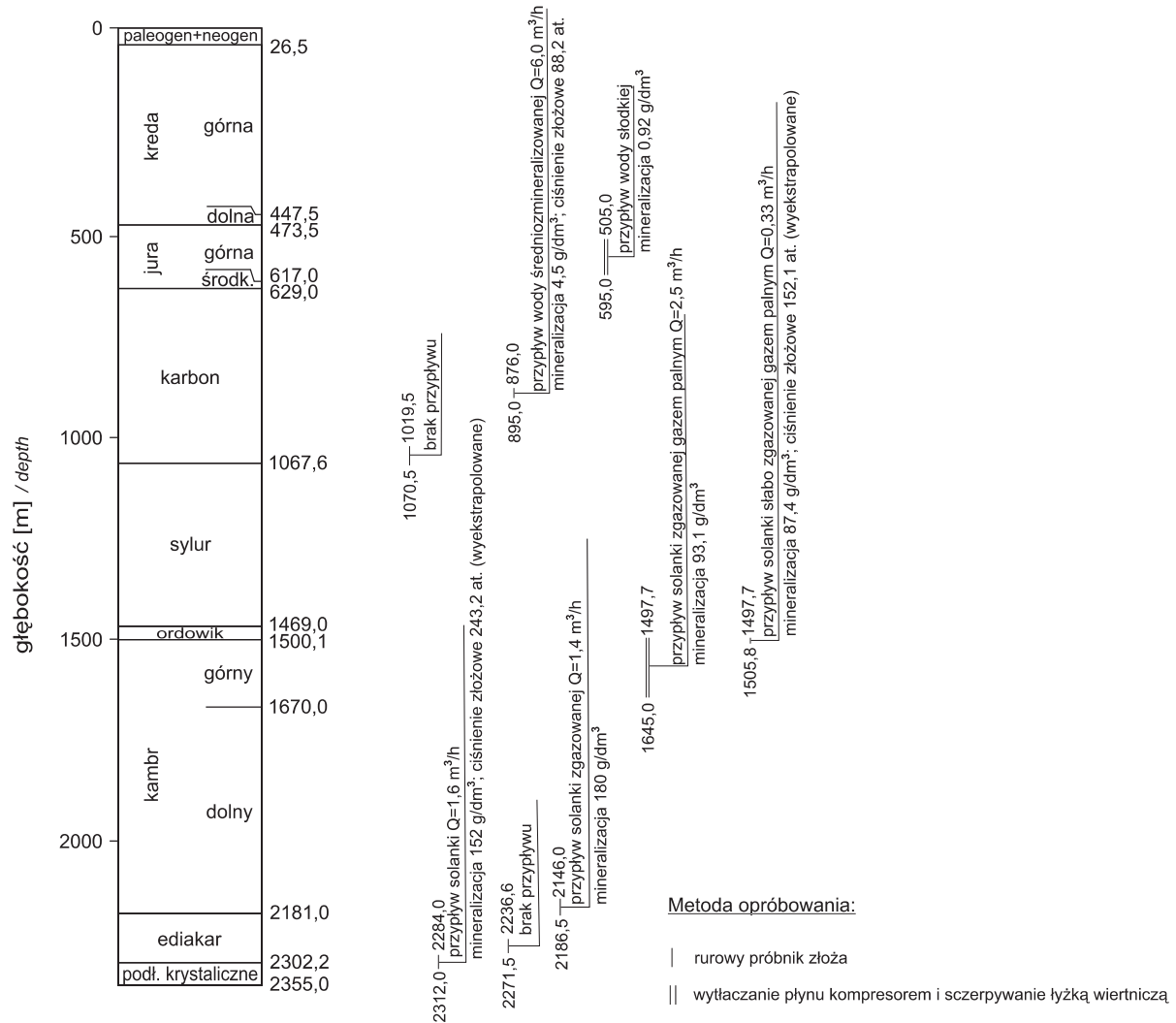


Fig. 53. Schemat opróbowania

Scheme of borehole testing

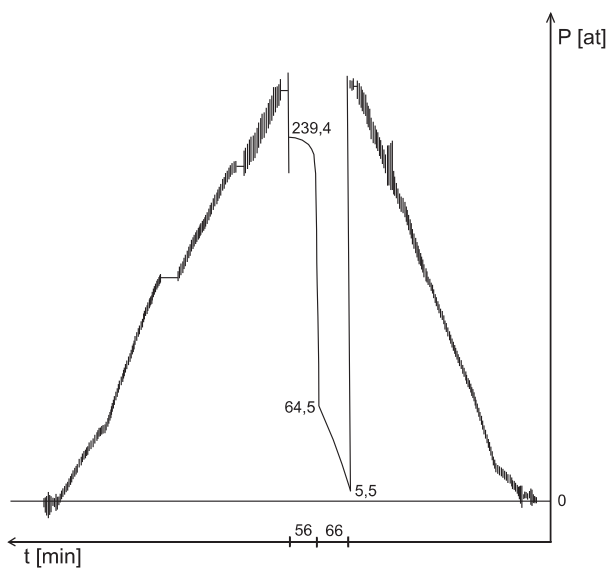


Fig. 54. Opróbowania poziomu 2284,0–2312,0 m

Testing of the 2284.0–2312.0 m interval

Z przewodu wiertniczego nad próbnikiem pobrano solankę z której w wyniku odgazowania uzyskano próbę gazu. Gaz zawiera azot, kolejne człony szeregu węglowodorów aż do śladowych zawartości heksanów, gazy szlachetne, dwutlenek węgla i wodór. Gaz charakteryzuje się wysoką zawartością helu i węglowodorów cięższych (tab. 28).

Poziom zbiornikowy 2236,6–2271,5 m; piaskowce drobnoziarniste, poniżej 2245,2 m iłowce z nielicznymi wkładkami piaskowca (ediakar)

Wynik:

– brak przyływu.

Badania przeprowadzono w dn. 4–5.06.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Uszczelniając próbnika zapięto w otworze niezarurowanym, pod butem rur $\varnothing 6''$, na głębokości 2236,6 m. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 55):

I okres przyływu: ciśnienie 6,78–7,16 at; czas 60 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 7,16–168,50 at; czas 60 min.

Tabela 27

**Wyniki badań chemicznych solanki pobranej
z głębokości 2284,0–2312,0 m**

 Results of chemical analysis of brine sampled
at depth 2284.0–2312.0 m

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	18 000,00	783,00	30,978
K ⁺	660,00	16,88	0,660
Ca ²⁺	34 137,50	1 712,44	867,748
Mg ²⁺	181,85	14,96	0,592
Fe ³⁺	6,43	0,35	0,014
Razem	52 985,78	2 527,63	100,000
Aniony			
Cl ⁻	92 301,08	2 603,81	99,076
SO ₄ ²⁻	284,00	5,91	0,225
HCO ₃ ⁻	103,66	1,70	0,065
Br ⁻	1 330,84	16,65	0,633
I ⁻	4,88	0,04	0,001
Razem	94 024,46	2 628,11	100,000

Tabela 28

**Analiza gazu pobranego
z głębokości 2284,0–2312,0 m**

 Analysis of gas sampled
at depth 2284.0–2312.0 m

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C1	9,855974	70,696905
C2	0,623959	8,439669
C3	0,685167	13,698546
C4	0,319538	8,542188
C5	0,141763	4,778694
C6	0,007836	0,321243
H ₂	0,440045	0,395601
CO ₂	2,296421	45,368100
Ar	1,305118	23,283300
He	2,014831	3,626695
N ₂	82,309348	1 029,443021
Łącznie:	100,000000	1 208,593960

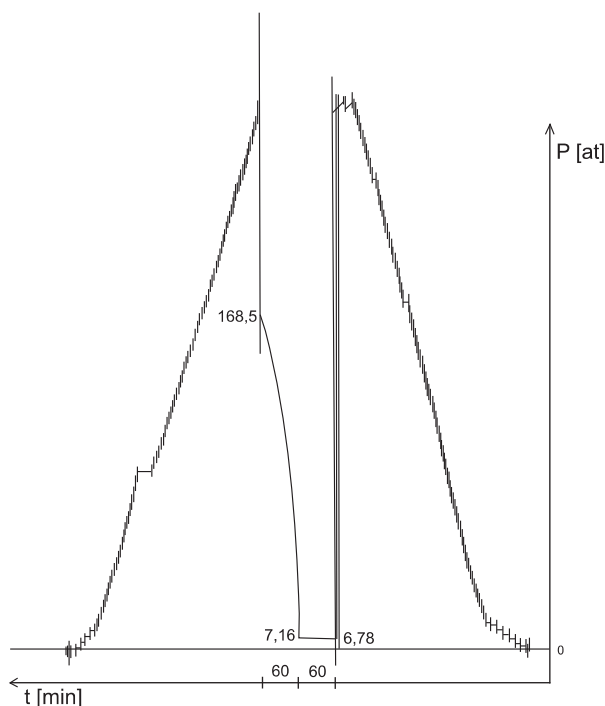


Fig. 55. Opróbowania poziomu 2236,6–2271,5 m

Testing of the 2236.6–2271.5 m interval

W okresie przyływu na głowicy nie zaobserwowano objawów przyływu. Po wyciągnięciu przewodu wiertniczego w ostatnim obciążniku stwierdzono obecność ok. 40 dm³ płuczki. Właściwości kolektorskie badanego poziomu są bardzo słabe, jednakże w złożu istnieje medium, na co wskazuje szybki wzrost ciśnienia w okresie odbudowy. Czas okresu odbudowy wynoszący 60 min. okazał się jednak za krótki, aby ciśnienie odbudowało się całkowicie. Określenie ciśnienia złożowego jak też innych parametrów badanego poziomu nie jest możliwe.

Poziom zbiornikowy 2146,0–2186,5 m; piaskowce drobno-, średnio- i różnoziarniste, mułowce (kambr dolny, poniżej 2181,0 m ediakar)

Wynik:

- przyływ solanki zgazowanej;
- średni przyływ $Q=1,4$ m³/h.

Badania przeprowadzono w dn. 15–16.05.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Uszczelniając próbnika zapięto w otworze niezarurowanym, pod butem rur Ø6", na głębokości 2146,0 m. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu:

I okres przyływu: czas 120 min.,

I okres odbudowy ciśnienia: czas 60 min.

Podczas trwającego 120 min. przyływu do przewodu wiertniczego ponad próbnikiem wpłynęło 2,80 m³ solanki zgazowanej gazem niepalnym. Przyływ wyniósł 1,40 m³/h.

Zapis manometru wgłębnego nie pozwolił na sporządzenie wykresu wzrostu ciśnienia, co uniemożliwiło wykonania obliczeń parametrów złożowych. Zwierciadło solanki stwierdzono na głębokości 1086 m p.p.t. Własności zbiornikowe opróbowanego poziomu określono jako dobre.

Pobraną podczas opróbowania z przewodu wiertniczego wodę określono jako 18% solankę typu Cl–Ca–Na, Fe (tab. 29). Sucha pozostałość wynosiła 180,0 g/dm³, ciężar właściwy 1,1275 g/cm³ a pH=7. Analiza spektralna wykazała obecność (g/t): Pb=50, Ag=1, Cu=5, Mn=200, Ba=300, Sr=5000 i Li=100. Nie wykryto Zn, Ni i Mo.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 0,35 \quad \frac{r_{Cl} - r_{Na}}{r_{Mg}} = 30,87 \quad \frac{r_{SO_4} \times 100}{r_{Cl}} = 0,37 \quad \frac{Cl}{Br} = 73,18$$

Z odgazowania pobranej podczas opróbowania solanki uzyskano gaz zawierający azot w ilości 62,5% obj., szereg węglodorów aż do śladowych ilości pentanów, gazy szlachetne, dwutlenek węgla i wodór. Gaz wyróżnia się bardzo wysoką zawartością helu występującego w ilości 4,57% obj. (tab. 30).

Poziom zbiornikowy 1497,7–1645,0 m; piaskowce drobnoziarniste, w spągu wkładki ilowca (do 1500,1 m ordowik, poniżej kambr środkowy)

Wynik:

- przyływ solanki zgazowanej gazem palnym;
- przyływ $Q=2,5$ m³/h.

Badania przeprowadzono w dn. 18–23.09.1974 r. poprzez wytłaczanie płynu z otworu kompresorem i szczypanie łyżką wiertniczą. Badanie przeprowadzono w otworze niezarurowanym, pod butem rur Ø6", a ponad stropem korka cementowego znajdującego się na głębokości 1645 m.

Tabela 29

Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z głębokości 2146,0–2186,5 m

Results of chemical analysis of brine sampled at depth 2146.0–2186.5 m

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	25 000,00	1 087,50	35,870
K ⁺	1 140,00	29,15	0,960
Ca ²⁺	37 062,90	1 849,44	161,000
Mg ²⁺	14,06	0,76	0,025
Fe ³⁺	790,14	65,00	2,144
Razem	64 007,10	3 031,85	100,000
Aniony			
Cl ⁻	109 683,50	3 093,73	99,007
SO ₄ ²⁻	555,66	11,57	0,370
HCO ₃ ⁻	42,86	0,70	0,022
Br ⁻	1 498,75	18,75	0,600
I ⁻	3,35	0,03	0,001
Razem	111 784,12	3 124,78	100,000

Tabela 30

Analiza gazu pobranego z głębokości 2146,0–2186,5 m

Analysis of gas sampled at depth 2146.0–2186.5 m

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C1	30,0556	215,499
C2	0,4572	6,204
C3	0,0263	0,530
C3–	0,0002	0,004
C4	0,0018	0,049
H ₂	0,1218	0,110
CO ₂	1,3038	25,776
Ar	0,9658	17,230
He	4,5705	8,227
N ₂	62,4970	781,837
Łącznie:	100,0000	1 055,466

rurowanym, pod butem rur Ø6", a ponad stropem korka cementowego znajdującego się na głębokości 1645 m.

Kompresorem wytłoczono 86 m³ płynu złożowego uzyskując wypływ samoczynny, podczas którego uzyskano 135 m³ solanki zgazowanej gazem palnym. Temperatura solanki na powierzchni przy wypływie z przewodu wiertniczego wynosiła 37°C. Po wyciągnięciu z otworu przewodu wiertniczego wykonano pomiary stabilizacji zwierciadła wody w otworze. Zwierciadło statyczne solanki zalega na głębokości 76,5 m p.p.t. Wyniki pomiarów stabilizacji solanki w otworze przedstawiono w tabeli 31.

Szczerpywanie solanki łyżką wiertniczą wykazało, iż przy wydajności wynoszącej 2,5 m³/h zwierciadło dynamiczne solanki zalegało na głębokości 95 m, przy wydajności 2,2 m³/h na głębokości 90 m a przy wydajności 0,8 m³/h na głębokości 81,5 m p.p.t.

Pobraną podczas szczypania wodę określono jako 9,3% solankę typu Cl–Na–Ca (tab. 32). Sucha pozostałość wynosiła 93,1 g/dm³, ciężar właściwy 1,0685 g/cm³, a pH=7.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 0,55 \quad \frac{r_{Cl} - r_{Na}}{r_{Mg}} = 5,95 \quad \frac{r_{SO_4} \times 100}{r_{Cl}} = 0,03 \quad \frac{Cl}{Br} = 110,61$$

Z odgazowania pobranej podczas szczypania solanki uzyskano gaz ziemny bezgazolinowy (tab. 33).

Poziom zbiornikowy 1497,7–1505,8 m; piaskowce drobnoziarniste (do 1500,1 m ordowik, poniżej kambr środkowy)

Wynik:

- przyływ solanki słabo zgazowanej gazem palnym;
- średni przyływ $Q=0,33$ m³/h;
- ciśnienie złożowe $P_z=152,1$ at (wyekstrapolowane).

Tabela 31**Stabilizacja zwierciadła wody w otworze
(poziom 1497,7–1645,0 m)**

Stabilization of groundwater table (1497.7–1645.0 m depth)

Data	Czas od początku badań	Głębokość zwierciadła wody [m]
20.09.74	–	76,50
20.09.74	10 min.	76,50
20.09.74	30 min.	76,50
20.09.74	1,0 godz.	76,50
20.09.74	1,5 godz.	76,50
20.09.74	2,0 godz.	76,50
20.09.74	3,0 godz.	76,50
20.09.74	4,0 godz.	76,50
20.09.74	5,0 godz.	76,50
20.09.74	6,0 godz.	76,50
20.09.74	8,0 godz.	76,50
20.09.74	10,0 godz.	76,50
20.09.74	12,0 godz.	76,50

Tabela 33**Analiza gazu pobranego z głębokości 1497,7–1645,0 m**

Analysis of gas sampled at depth 1497.7–1645.0 m

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C1	55,335586	396,922144
C2	0,747221	10,106913
C3	0,082071	1,640853
C3–	0,000769	0,014671
C4	0,010819	0,289354
C5	0,001390	0,046901
H2	0,050165	0,045099
CO ₂	5,664398	111,905854
Ar	0,173240	3,090595
He	0,195287	0,351517
N ₂	37,739054	472,002348
Łącznie:	100,000000	996,416250

Tabela 32**Wyniki badań chemicznych solanki pobranej
z głębokości 1497,7–1645,0 m**Results of chemical analysis of brine sampled
at depth 1497.7–1645.0 m

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	21 000,00	913,50	57,805
K ⁺	420,00	10,74	0,680
Ca ²⁺	10 486,80	523,29	033,113
Fe ³⁺	135,00	7,25	0,459
Mg ²⁺	1 526,04	125,53	7,943
Razem	33 567,84	1 580,31	100,000
Aniony			
Cl ⁻	58 871,88	1 660,78	99,425
SO ₄ ²⁻	20,58	0,43	0,026
HCO ₃ ⁻	152,44	2,50	0,150
Br ⁻	532,26	6,66	0,399
I ⁻	0,00	0,00	0,000
Razem	59 577,16	1 670,37	100,000

Badania przeprowadzono w dn. 18–19.02.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Uszczelniając próbnika zapięto w rurach Ø6", na głębokości 1485,8 m. Badano poziom odsłonięty pod butem tych rur. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyprływu (fig. 56):

I okres przyprływu: ciśnienie 9,0–112,2 at; czas 660 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 112,2–151,9 at; czas 120 min.

Podczas trwającego 660 min. przyprływu do przewodu wiertniczego ponad próbnikiem wpłynęło 3,655 m³ solanki słabo zgażowanej gazem palnym. Przyprływ wyniósł 0,33 m³/h. Wyeks-
trapolowane ciśnienie złożowe wynosi 152,1 at. Wysoka wartość współczynnika skin wynosząca s=+38 świadczy o znacznym uszkodzeniu strefy przyodwiertowej. Wskaźnik straty ciśnienia wywołany uszkodzeniem złoża wynosi ΔPs=32 at, a wskaźnik wydajności potencjalnej 1,01 m³/24h/at. Efektywny współczynnik przepuszczalności obliczony na podstawie wykresu manometru wgłębnego wynosi 35 mD. Zwierciadło solanki stwierdzono na głębokości 498 m p.p.t., poziom hydrostatyczny wyliczony z wykresu manometru wynosi 118,4 m p.p.t.

Pobraną podczas opróbowania z przewodu wiertniczego wodę określono jako 8,74% solankę typu Cl–Na–Ca, J (tab. 34). Sucha pozostałość wynosiła 87,4 g/dm³, ciężar właściwy 1,1025 g/cm³ a pH=7.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 0,30 \quad \frac{r_{Cl} - r_{Na}}{r_{Mg}} = 3121,72 \quad \frac{r_{SO_4} \times 100}{r_{Cl}} = 0,23 \quad \frac{Cl}{Br} = 69,36$$

Poziom zbiornikowy 1019,5–1070,5 m; piaskowce, mułowce, iłowce, wapienie, zlepieńce, diabazy, seria boksytowa (karbon, poniżej 1067,6 m sylur)

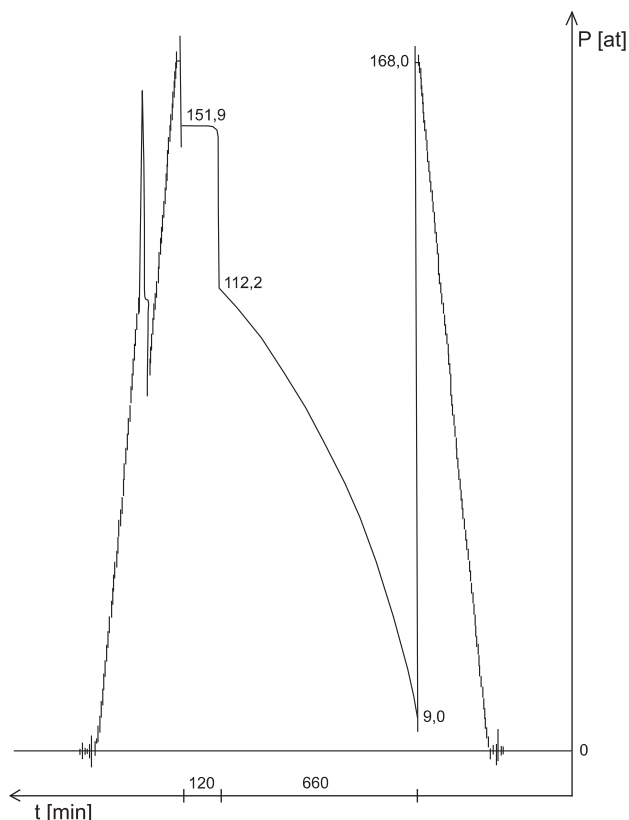


Fig. 56. Opróbowania poziomu 1497,7–1505,8 m

Testing of the 1497.7–1505.8 m interval

Tabela 34

Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z głębokości 1497,7–1505,8 m

Results of chemical analysis of brine sampled at depth 1497.7–1505.8 m

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	19 000,00	826,40	57,816
K ⁺	700,00	17,90	1,250
Ca ²⁺	9 163,20	457,24	231,985
Mg ²⁺	1 554,04	127,83	8,942
Fe ³⁺	1,44	0,08	0,005
Razem	30 418,68	1 429,45	100,000
Aniony			
Cl ⁻	54 754,88	1 544,64	99,278
SO ₄ ²⁻	49,39	1,03	0,066
HCO ₃ ⁻	268,15	4,40	0,283
Br ⁻	460,70	5,76	0,370
I ⁻	5,89	0,05	0,003
Razem	55 539,01	1 555,88	100,000

Wynik:

– brak przyływu.

Badania przeprowadzono w dn. 2–3.01.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Uszczelniać próbnika zapięto w otworze niezarurowanym, pod butem rur Ø9", na głębokości 1019,5 m. Poziom opróbowano metodą jednokrotnego odcięcia przyływu (fig. 57):

I okres przyływu: ciśnienie 7,85–8,00 at; czas 68 min.,

I okres odbudowy ciśnienia: 8,00–68,35 at; czas 42 min.

Podczas trwającego 68 min. okresu przyływu nie uzyskano dopływu wody do próbnika. Zapis manometru głębino-owego nie zezwolił na wyliczenie wartości ciśnienia złożowego oraz pozostałych parametrów złożowych. Badany poziom charakteryzuje się brakiem własności kolektorskich.

Pobrano płuczkę wiertniczą, z której w wyniku odgazowania uzyskano próbę gazu (tab. 35). Gaz zawiera azot, dwutlenek węgla, szereg węglowodorów aż do śladowych zawartości oktanów, gazy szlachetne i wodór. Gaz ten charakteryzuje się wysoką zawartością węglowodorów cięższych. Suma węglowodorów wynosi 0,8769% obj., suma składników palnych 0,9772% obj., a suma składników kwaśnych 44,1933% obj.

Poziom zbiornikowy 876,0–895,0 m; piaszkowce drobno- i średnioziarniste, mułowce (karbon)

Wynik:

– przyływ wody średniozmineralizowanej;

– średni przyływ $Q=6$ m³/h;– ciśnienie złożowe $P_z=88,2$ at.

Badania przeprowadzono w dn. 28.09.1974 r. rurowym próbnikiem złoża. Badano poziom odsłonięty poprzez perforację bezpiecznikową, uszczelniać próbnika zapięto w rurach

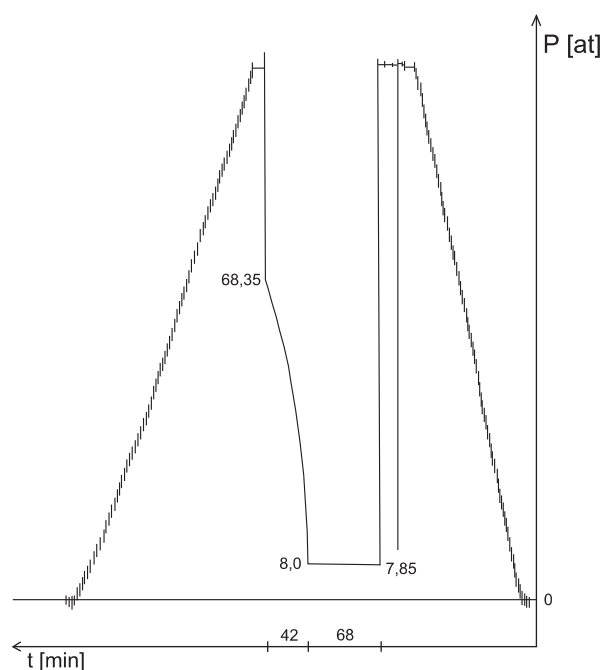


Fig. 57. Opróbowania poziomu 1019,5–1070,5 m

Testing of the 1019.5–1070.5 m interval

Tabela 35**Analiza gazu pobranego z głębokości 1019,5–1070,5 m**

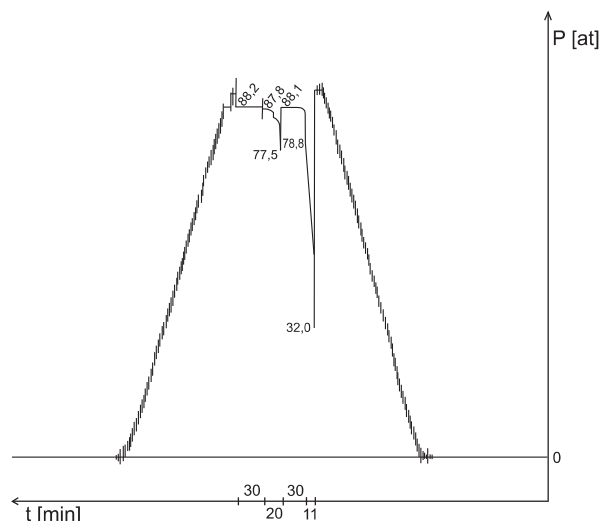
Analysis of gas sampled at depth 1019.5–1070.5 m

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C1	0,204011	1,463378
C2	0,057084	0,772124
C2–	0,004389	0,055430
C3	0,180532	0,468563
C3–	0,000742	0,014160
C4	0,058292	1,558255
C4–	0,001218	0,341499
C5	0,001218	0,031499
C5–	0,003274	0,105541
C6	0,244450	10,021736
C7	4,121713	5,900614
H ₂	0,100265	0,090138
CO ₂	44,193306	873,082962
Ar	0,595686	10,627030
He	0,005263	0,009474
N ₂	54,228557	678,236564
Łącznie:	100,000000	1 582,778967

Tabela 36**Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z głębokości 876,0–895,0 m**

Results of chemical analysis of brine sampled at depth 876.0–895.0

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	1 425,00	61,99	89,770
K ⁺	152,00	3,89	5,629
Ca ²⁺	31,42	1,57	2,270
Mg ²⁺	19,57	1,61	2,331
Razem	1 627,99	69,06	100,000
Aniony			
Cl ⁻	1 414,99	39,92	62,615
SO ₄ ²⁻	2,06	0,04	0,060
HCO ₃ ⁻	1 451,20	23,79	737,310
Br ⁻	0,40	0,01	0,008
Razem	2 868,65	63,76	100,000

**Fig. 58. Opróbowania poziomu 876,0–895,0 m**

Testing of the 876.0–895.0 m interval

Ø6" na głębokości 864,5 m. Strop korka cementowego znajdował się na głębokości 950 m. Badanie przeprowadzono przy pełnej depresji. Poziom opróbowano metodą dwukrotnego odcięcia przyływu (fig. 58):

I okres przyływu: ciśnienie 32,0–78,8 at; czas 11 min.,

I okres odbudowy ciśnienia: 78,8–88,1 at; czas 30 min.,

II okres przyływu: ciśnienie 77,5–87,8 at; czas 20 min.,

II okres odbudowy ciśnienia: 88,2–88,2 at; czas 30 min.

W łącznym czasie przyływu trwającym 31 min. do przewodu wiertniczego dopłynęło 3 m³ wody słabozmineralizowanej o słabym zapachu siarkowodoru. Przyływ wyniósł 6,0 m³/h. Ciśnienie złożowe wynosi 88,2 at. Ujemna wartość współczynnika skin wynosząca s=–0,2 świadczy iż badany interwał nie jest uszkodzony. Efektywny współczynnik przepuszczalności wynosi 160 mD. Zwierciadło wody w przewodzie wiertniczym stwierdzono na głębokości 30 m, natomiast poziom hydrostatyczny przeliczony z wartości ciśnienia wynosi ok. 3 m ponad powierzchnią terenu.

Pobraną podczas opróbowania z przewodu wiertniczego wodę określono jako 0,45% wodę słabozmineralizowaną typu Cl–HCO₃–Na (tab. 36). Sucha pozostałość wynosiła 4,5 g/dm³, ciężar właściwy 1,0035 g/cm³, a pH=7.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 1,55 \quad \frac{r_{SO_4} \times 100}{r_{Cl}} = 0,11$$

Poziom zbiornikowy 505,0–595,0 m; wapienie (jura górna)

Wynik:

- przyływ wody słodkiej;
- przyływ Q=ok. 2,9 m³/h.

Badania przeprowadzono w dn. 5–15.10.1974 r. poprzez wytłaczanie płynu z otworu kompresorem i szczypanie łyżką wiertniczą. Poziom do badań udostępniono poprzez perforację bezpociskową rur Ø7" wykonaną dn. 4.10.1974 r. w interwałach 595–578, 560–553, 529–526 i 515–505 m. Badanie przeprowadzono ponad stropem korka cementowego

Tabela 37
Stabilizacja zwierciadła wody w otworze, poziom 505,0–595,0 m
 Stabilization of groundwater table (505.0–595.0 m depth)

Data	Godzina	Czas od początku badań	Głębokość zwierciadła wody [m]
09.10.74	18:00	–	11,20
09.10.74	18:10	10 min.	10,50
09.10.74	18:30	30 min.	10,40
09.10.74	19:00	1,0 godz.	10,34
09.10.74	20:00	2,0 godz.	10,30
09.10.74	24:00	6,0 godz.	10,17
10.10.74	04:00	10,0 godz.	10,05
10.10.74	08:00	14,0 godz.	9,98
10.10.74	16:00	22,0 godz.	9,80
10.10.74	24:00	30,0 godz.	9,80
11.10.74	08:00	38,0 godz.	9,60
14.10.74	08:00	110,0 godz.	9,50
15.10.74	08:00	134,0 godz.	9,50

Tabela 38
Wyniki badań chemicznych solanki pobranej z głębokości 505,0–595,0 m
 Results of chemical analysis of brine sampled at 505.0–595.0 m depth

Składnik	Zawartość		
	mg/dm ³	mval/dm ³	%mval
Kationy			
Na ⁺	170,00	7,40	52,495
K ⁺	18,30	0,47	3,322
Ca ²⁺	58,91	2,94	20,866
Mg ²⁺	34,70	2,85	20,266
Fe ³⁺	8,00	0,43	3,051
Razem	289,91	14,09	100,000
Aniony			
Cl ⁻	206,91	5,84	45,794
SO ₄ ²⁻	–	–	–
HCO ₃ ⁻	420,72	6,90	54,100
Br ⁻	1,08	0,01	0,106
I ⁻	–	–	–
Razem	628,71	12,75	100,000

znajdującego się na głębokości 750 m. W dn. 5.10.1974 r. rozpoczęto wytłaczanie wody z otworu kompresorem, po wydobytych jednej objętości otworu rozpoczęto szczypanie wody łyżką wiertniczą. Łącznie wydobyto 82 m³ wody czyli ok. 9 objętości otworu. Podczas szczypania wody stwierdzono wydajność ok. 2,9 m³/h. W dn. 9.10.1974 r. przystąpiono do stabilizacji zwierciadła wody w otworze. Woda ustabilizowała się na głębokości 9,5 m p.p.t. (tab. 37, fig. 59).

Pobraną podczas szczypania wodę określono jako wodę słodką typu HCO₃–Cl–Na–Ca–Mg (tab. 38). Mineralizacja wody wynosiła 0,92 g/dm³, ciężar właściwy 1,0005 g/cm³ a pH=7.

Określono wskaźniki hydrochemiczne:

$$\frac{r_{Na}}{r_{Cl}} = 1,27 \quad \frac{Cl}{Br} = 192,43$$

Tabela 39
Analiza gazu pobranego z głębokości 505,0–595,0 m
 Analysis of gas sampled at depth 505.0–595.0 m

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C1	12,933361	92,770998
C2	0,007827	0,105869
C2–	0,000000	0,000000
C3	0,039875	0,797216
C3–	0,000452	0,008630
C4	0,064436	1,723188
C4–	0,000000	0,000000
C5	0,043608	1,468260
C5–	0,000000	0,000000
C6	0,023872	0,978683
C6–	0,000000	0,000000
C7	0,000000	0,000000
H ₂	0,000000	0,000000
CO	0,000000	0,000000
H ₂ S	0,000000	0,000000
SO ₂	0,000000	0,000000
CO ₂	7,251541	143,261438
Ar	1,147403	20,469669
Ne	0,000000	0,000000
He	0,000000	0,000000
N ₂	78,487625	981,644736
O ₂	0,000000	0,000000
H ₂ O	0,000000	0,000000
Łącznie:	100,000000	1243,228690

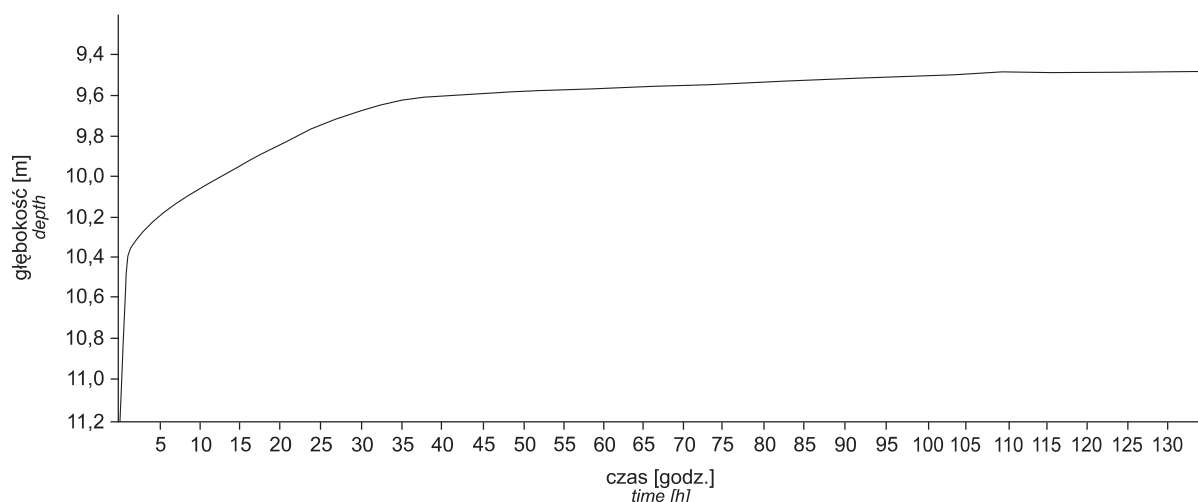


Fig. 59. Wykres stabilizacji zwierciadła wody. Poziom 505,0–595,0 m

Stabilization of groundwater table (505.0–595.0 m interval)

Z odgazowania pobranej podczas szczyptywania wody uzyskano gaz ziemny (tab. 39). Gaz zawiera azot, kolejne człony szeregu węglowodorów aż do śladowych zawartości heptanów, dwutlenek węgla i argon. Suma węglowodorów wynosi 13,1134 % obj. Gaz charakteryzuje się podwyższoną zawartością węglowodorów cięższych.

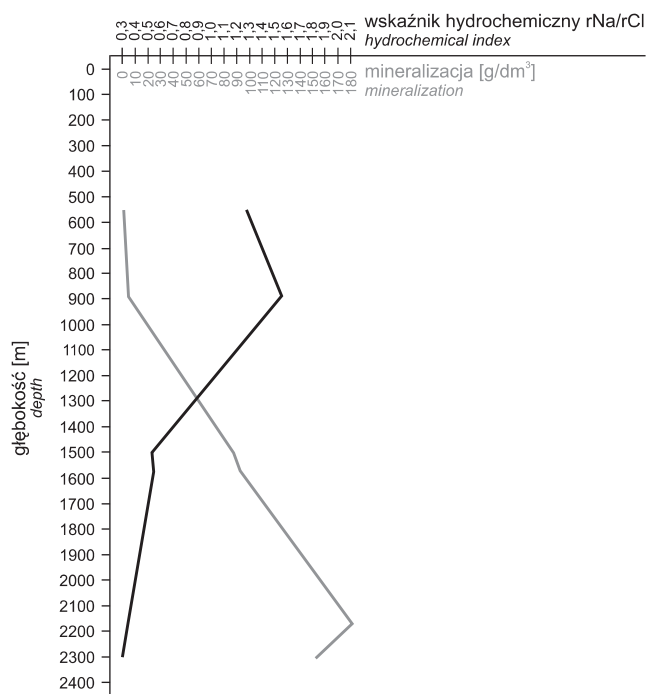


Fig. 60. Wykres zależności mineralizacji oraz wartości wskaźnika hydrochemicznego rNa/rCl od głębokości

Graph of relationship between total mineralization and value of rNa/rCl hydrochemical index against depth

Podsumowanie. Mineralizacja ogólna wód (jako sucha pozostałość) wzrasta wraz z głębokością i odpowiednio wynosi (fig. 60):

- głębokość 505,0–595,0 m p.p.t. – 0,92 g/dm³
- głębokość 876,0–895,0 m p.p.t. – 4,5 g/dm³
- głębokość 1497,7–1505,8 m p.p.t. – 87,4 g/dm³
- głębokość 1497,7–1645,0 m p.p.t. – 93,1 g/dm³
- głębokość 2146,0–2186,5 m p.p.t. – 180,0 g/dm³
- głębokość 2284,0–2312,0 m p.p.t. – 152,0 g/dm³

W spągowej partii profilu obserwuje się inwersję hydrogeochemiczną. Mineralizacja solanki pobranej z głębokości 2284,0–2312,0 m wynosi 152 g/dm³ zaś z głębokości 2146,0–2186,5 m jest nieco wyższa i wynosi 180 g/dm³. Anomalia jest przypuszczalnie spowodowana nie pełnym oczyszczeniem solanki z płuczki wiertniczej przed pobraniem próbki do badań chemicznych. Gradient hydrogeochemiczny w głębokości 505,0–2186,5 m wynosi ok. 10,5 g/100 m.

Wskaźnik hydrochemiczny rNa/rCl określający stopień zmetamorfizowania wód maleje wraz z głębokością (fig. 60):

- głębokość 505,0–595,0 m p.p.t. – wskaźnik 1,27
- głębokość 876,0–895,0 m p.p.t. – wskaźnik 1,55
- głębokość 1497,7–1505,8 m p.p.t. – wskaźnik 0,54
- głębokość 1497,7–1645,0 m p.p.t. – wskaźnik 0,55
- głębokość 2146,0–2186,5 m p.p.t. – wskaźnik 0,35
- głębokość 2284,0–2312,0 m p.p.t. – wskaźnik 0,30

W trakcie opróbowania hydrogeologicznego nie zaobserwowano śladów ropy naftowej, stwierdzano jedynie obecność rozpuszczonego w wodach gazu. Wysoka mineralizacja solanek występujących w utworach kambru (87,4–180,0 g/dm³) i zarazem niska wartość wskaźnika hydrochemicznego rNa/rCl (0,35–0,54) świadczy o całkowitej izolacji opróbowanych poziomów. W badanych poziomach kambru występują wody silnie przeobrażone, nieposiadające kontaktu z wodami infiltracyjnymi. Niska wartość wskaźnika rNa/rCl w solankach kambru przy wskaźniku Cl/Br wynoszącym 69–119

i wskaźniku $rSO_4 \times 100 / rCl$ zawierającym się w granicach 0,03–0,37 wskazuje na bliskie sąsiedztwo złóż bituminów. Dodatkowym, bezpośrednim wskaźnikiem roponośności obszaru może być znajdujący się w wodzie metan wraz z współwystępującymi w mieszaninie gazowej w ilości 0,5–1,0% obj. wyższymi członami szeregu parafinowego, jak etan C_2H_6 , propan C_3H_8 i butan C_4H_{10} . Wymienione składniki ropy naftowej dzięki dyfuzji przemieszczają się w znajdujące

się w pobliżu warstwy wodonośnej, wskazując na pobliską obecność ropy.

W opróbowanych poziomach zbiornikowych zalegających ponad utworami kambru występują wody średnio-zmineralizowane ($4,5 \text{ g/dm}^3$) i słodkie ($0,92 \text{ g/dm}^3$) a wartości wskaźnika hydrochemicznego rNa/rCl przekraczają 1. Poziomy te znajdują się w strefie zasilanej wodami infiltracyjnymi.