

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Jan SZEWCZYK

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

W trakcie wykonywania otworu Tuchola IG 1 były prowadzone sukcesywnie, zgodnie z projektem otworu, tzw. strefowe badania geofizyczne. Łącznie wykonano badania w dziesięciu odcinkach pomiarowych, o długości 300–600 m, w okresie od 2 grudnia 1975 roku do 6 czerwca 1977, standardowymi aparaturami analogowymi typu AKSŁ-7 produkcji rosyjskiej. Wykonawcą było Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych (baza Poznań). Ze względów technicznych nie udało się zrealizować badań dla końcowego odcinka otworu, tj. dla interwału głębokości 4045–4160 m. Badania akustyczne zostały przeprowadzone przez Geofizykę Toruń, a dodatkowy, eksperymentalny pomiar upadu warstw, w odcinku 500–1800 m, wykonała Geofizyka Kraków.

Pomiary radiometryczne, stanowiące w okresie realizacji otworu Tuchola IG 1, tj. w latach 70. XX wieku podstawowy typ badań geofizycznych służących do oceny litologii oraz właściwości zbiornikowych skał, były wykonywane (z konieczności) sondami niestandardizowanymi i niekalibrowanymi. Zapis wyników dokonywano w nieporównywalnych jednostkach imp./min. Pomiary były wykonywane dwukanałowymi sondami typu SP-62 w wariancie PNG (tzn. profilowanie promieniowania gamma powstającego w wyniku radiacyjnego wychwytu neutronów termicznych) z równoczesną rejestracją naturalnego promieniowania gamma (PG). W wybranych odcinkach (*vide fig. 38*), dodatkowo były wykonywane badania profilowania neutronowego typu PNNt oraz PNNt zmodyfikowanymi sondami typu DRST-3 produkcji rosyjskiej. Źródłem neutronów był Po-Be, o aktywności w zakresie 3–6 Ci (!) i czasie półrozpadu 138 dni. Każdorazowo były wykonywane pomiary kontrolne na odcinku nie mniejszym niż 50 metrów – zazwyczaj w najgłębszej części badanego odcinka profilu.

Pomiary temperatury były przeprowadzane sondami TG-5 bądź T-5, a pomiary akustyczne sondami USBA_21T, którymi wykonano standardowe badania akustyczne, jak i ocenę stanu zacementowania rur okładzinowych.

Zastosowany sprzęt pomiarowy oraz zakres wykonanych badań, z obiektywnych przyczyn (niedostępność sprzętu pomiarowego o wysokim standardzie związana z obowiązującym wówczas embargiem gospodarczym) pozwalały na uzyskanie ograniczonego rozpoznania profilu wiercenia (*tab. 10*).

Wyniki wszystkich wykonywanych badań były rejestrowane w standardowej skali głębokościowej 1:500 i zapisywa-

ne indywidualnie na taśmach papierowego foto-rejestratora, a następnie przenoszone ręcznie na tzw. zbiorcze arkusze pomiarowe. W latach 90. XX wieku w trakcie prac dokumentacyjnych, związanych z tworzeniem bazy cyfrowych badań geofizycznych w ramach Centralnej Bazy Danych Geofizycznych PIG, podstawowa część badań, obejmująca głównie pomiary radiometryczne, akustyczne oraz wybrane elektrometryczne i techniczne, została zdigitalizowana i wprowadzona do wymienionej bazy.

Na *figurze 38* zostały przedstawione w formie graficznej odcinki wspomnianych badań strefowych, gdzie wyszczególniono rodzaje zdigitalizowanych badań wraz z numerem katalogowym przyjętym dla poszczególnych badań w systemie GEOFLOG, dla otworu Tuchola IG 1

Sposób wykonywania digitalizacji wyników pomiarów, dokładność stosowanych procedur i przyjęty opis danych, zostały przedstawione w archiwalnym opracowaniu metodyczno-dokumentacyjnym (Szewczyk i in., 2001). Ograniczone możliwości sprzętowe w okresie realizacji tych prac, jak i stosowane oprogramowanie, pozwalało jedynie w ograniczonym stopniu na właściwą i kompletną digitalizację źródłowych materiałów analogowych. W przyszłości powinna być rozważona ewentualnie powtórna digitalizacja części lub całości danych archiwalnych z wykorzystaniem pierwotnych danych źródłowych.

W trakcie realizacji wiercenia, były prowadzone bieżące prace interpretacyjne, w tym przede wszystkim związane z określeniem optymalnych interwałów głębokościowych do prowadzenia badań złożowych. Po zakończeniu wiercenia wykonano dokumentację końcową badań geofizycznych, stanowiącą część składową dokumentacji wiercenia Tuchola IG 1.

Na *figurze 39* zostały przedstawione wyniki unormowanych i połączonych wartości naturalnego promieniowania gamma, a także profilowania średnicy otworu, ze wskazaniem głębokości połączenia poszczególnych odcinków badań. Zastosowana metodyka normowania profilowań gamma opisana została w pracy Szewczyka (2000).

Ze względu na bardzo ograniczony zakres rdzeniowania, szczególnie w utworach młodszych od triasu (*vide fig. 3*), jedyną formą dokumentowania tej części profilu są i pozostaną wyniki omawianych badań geofizycznych.

Tabela 10

**Szczegółowy spis typów badań geofizycznych wykonanych
w otworze Tuchola IG 1**

Geophysical investigation in the Tuchola IG 1 borehole

Odcinek badań	Data wykonywania badań	Głęb. otworu [m]	Typ badań	Odcinek pomiarowy [m]
1	2.12.1975	297,0	PG, PNG, Pśr, PS, POgp	10–290
2	8–9.01.1976	1100,0	POgp PS POP Pśr PK PG PNG SO POst	289–1100 289–1100 1000–1100 289–1100 200–1100 289–1100 289–1100 740–1110 289–1100
2A	20.02.1976	1100,0	PA	290–1815
3	23–25.02.1976	1824,0	PO PS POP POst Pśr PK PG PNG SO ×5	290–1813 ×2 290–1813 1700–1800 1050–1815 290–1815 1050–1815 (33 pkt) 1050–1815 1050–1815 1050–1813
3A	25.02.1976	1824,0	Upad warstw	500–1800
4	5–7.04.1976	2340,2	POgp PS Pśr PK PG PNNnt SO Pśr mPost POst	1815–2315 1815–2315 ×2 1815–2315 1815–2315 (25 pkt) 1770–2315 1770–2315 1800–1900 ×5 1815–2315 1815–2315 1815–2315
4A	5–7.04.1976	2340,2	PA (delta, A)	75–1800
5	9–11.06.1976	2871,8	PO PS POst Pśr PK PG PNN nt PGG	1815–2760 1815–2760 2260–2760 1815–2760 2225–2760 2260–2760 2260–2760 2260–2760
6	14–15.07.1976	3172,0	POgp PS POst Pśr	1815–3140 1815–3140 ×2 2700–3140 1815–3140

Odcinek badań	Data wykonywania badań	Głęb. otworu [m]	Typ badań	Odcinek pomiarowy [m]
6	14–15.07.1976	3172,0	PK PG PNNnt PGG	2675–3140 2640–3140 2640–3140 2640–3140
6A	16.07.1976		PA	1815–3080
7	23–25.10.1976	3524,3	PO PS grad Pśr PK PGPNN nt PNN t PGG PA Pac PNG czasowe	3150–3510 3150–3510 3150–3510 3100–3510 3100–3510 3100–3510 3100–3510 3100–3510 50–3150 800–3150
7A	1–2.12.1976	3615,4	Pśr PG	3150–3607 3450–3606
8	4–7.01.1977	3706,5	PO PS grad PO ST Pśr PK PG PNNnt PGG	3150–3694 3150–3694 3440–3694 3150–3694 3425–3695 3440–3694 3440–3694 3440–3694
9	8–10.03.1977	3913,4	PO PS grad Pśr PK PG PNNnt PNNt PGG	3150–3900 3150–3900 3150–3887 3625–3900 (23 pkt) 3645–3887 3645–3887 3645–3887 3645–3887
10	25.04.–1.05.1977	4160,0	PO PS grad POst P śr PK PG PNNt PNNnt PGG SO	3150–4130 3850–4130 3850–4045 3150–4130 3850–4130 3850–4045 3850–4045 3850–4045 3850–4045 3850–4130
10A	06.06.1977	4160,0	TU	10–3050

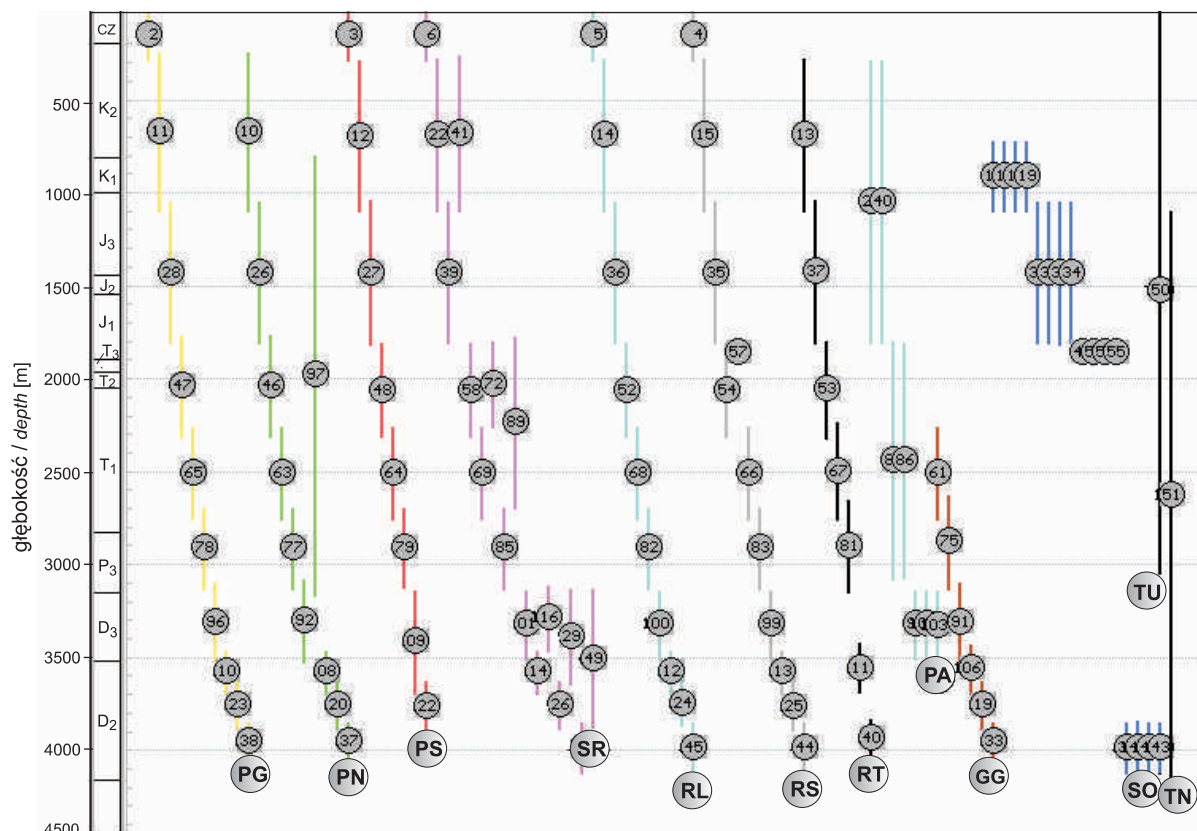


Fig. 38. Schematyczne zestawienie typów badań geofizycznych istniejących w formie cyfrowej wykonanych w otworze wiertniczym Tuchola IG 1

Typy profilowań 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, PA – profilowanie akustyczne, GG – profilowanie gęstości typu gamma-gamma, SO – sondowanie oporności, TU – temperatury w warunkach ustabilizowanych, TN – temperatury w warunkach niestabilizowanych; CZ – kenozoik

Geophysical wireline logs intervals; Tuchola IG 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, PA – sonic log, GG – density log, SO – resistivity sounding, TU – temperature into steady-state conditions, TN – temperature into unstable conditions; CZ – Cenozoic

PROFIL LITOLOGICZNO-POROWATOŚCIOWY

W trakcie wykonywania wiercenia, a także po jego zakończeniu, realizowano bieżące prace interpretacyjne, m.in. związane z określeniem optymalnych interwałów głębokościowych dla opróbowań złożowych. Wykonawcą tych prac interpretacyjnych było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych (baza w Poznaniu). Wyniki zawarto w dokumentacji końcowej otworu badawczego Tuchola IG 1.

Po roku 2000, w związku z potrzebą uzyskania informacji na temat profilu litologiczno-porowatościowego całego wiercenia Tuchola IG 1, wykonano kompleksowe prace interpretacyjne, których celem było, poza określeniem profilu litologicznego, również określenie podstawowych właściwości petrofizycznych, tj. porowatości, zailenia, gęstości objętościowej

oraz przewodności cieplnej (Szewczyk, 2001). Prace interpretacyjne prowadzono przy wykorzystaniu autorskiego programu interpretacyjnego GEOFLOG. Program ten sukcesywnie rozbudowywany i modyfikowany, w zależności od pojawiających się problemów badawczych, pozwalał m.in. na zaawansowaną integrację danych geofizyczno-geologicznych. Na [figurze 40](#) przedstawiono, obliczony na podstawie danych geofizycznych, zgeneralizowany profil porowatości dla otworu Tuchola IG 1.

Stopień szczegółowości wykonanych prac interpretacyjnych, a także postawiony cel badawczy, tj. uzyskanie podstawowej wiedzy na temat uproszczonego modelu litologiczno-petrofizycznego skał występujących w profilu ([fig. 3](#)), po-

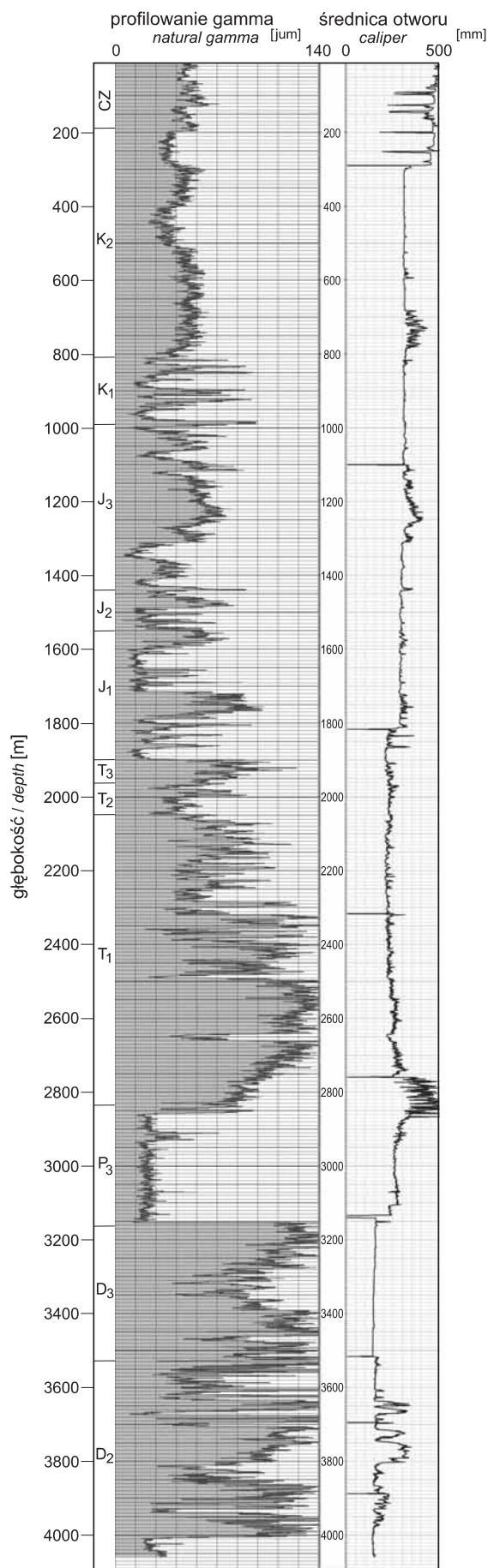


Fig. 39. Unormowane oraz połączone wartości profilowania naturalnego promieniowania gamma

Na wykresie profilowania średnicy otworu wskazano miejsca połączeń poszczególnych odcinków badań

Normalised gamma ray values

Connection points of individual wireline logs intervals and cored intervals are indicated on caliper log

←

zwalają na traktowanie uzyskanych wyników, jako wstępnego wariantu wyników interpretacyjnych. Niezbędny jest dalszy rozwój metodyki prac interpretacyjnych ukierunkowanych na kompleksową interpretację archiwalnych danych geofizycznych, co umożliwi sukcesywne uzyskiwanie pełniejszego rozpoznania profilu wiercenia Tuchola IG 1.

PROFIL GĘSTOŚCIOWY

Jednym z ważnych zadań wykonywanych badań geofizycznych, podstawowych m.in. dla interpretacji danych grawimetrycznych, było uzyskanie informacji na temat gęstości objętościowej skał występujących w profilu wiercenia. Opracowanie profilu litologiczno-porowatościowego stworzyło warunki do uzyskania informacji na temat tego parametru petrofizycznego. Metodyka określania tego parametru została opisana we wcześniejszych opracowaniach (Szewczyk, 1998b, Szewczyk, 2000). Na [figurze 41](#) pokazano obliczony profil gęstości objętościowej skał zarówno dla stanu powietrzno-suchego, jak i dla stanu nasycenia wodą złożową. Dla porównia, pokazano wyniki laboratoryjnych oznaczeń tego parametru, oparte na punktowych badaniach rdzeni wiertniczych.

CHARAKTERYSTYKA TERMICZNA

Po zakończeniu procesu wiercenia otworu, po około 12 dobach od czasu zakończenia cyrkulacji płuczki wiertniczej i częściowym ustabilizowaniu termicznym otworu, zostały wykonane w nim badania temperatury. Ze względu na zmniejszenie się średnicy otworu, spowodowane długotrwałym brakiem cyrkulacji płuczki wiertniczej (i związanym z tym zmniejszeniem średnicy wiercenia), pomiar został wykonany do głębokości 3050 m. Miarą stabilności termicznej jest zgodność rejestrowanej temperatury (T) w strefie przypowierzchniowej z wartością GST wynikającą z obserwacji meteorologicznych dla omawianego obszaru (Szewczyk, 2005). Mimo przeprowadzonej wielodniowej „stójki”, zarejestrowane wartości temperatury w strefie przypowierzchniowej, wyraźnie wyższe od rejestrowanej przez stację meteo

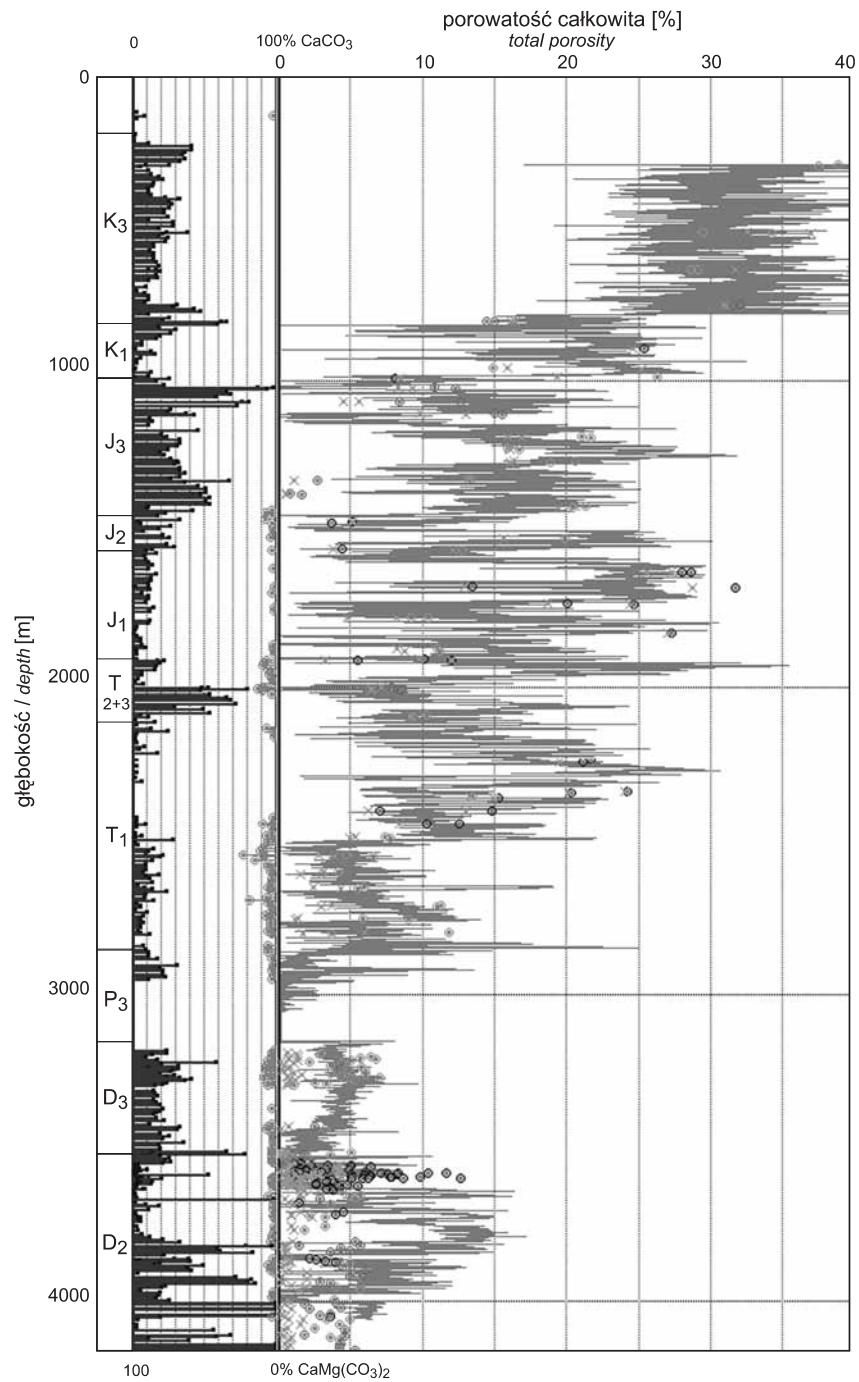


Fig. 40. Porowatość całkowita skał obliczona na podstawie danych geofizycznych

Dla porównania przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych tego parametru

Total porosity calculated after geophysical methods

Results of laboratory data are shown for comparison

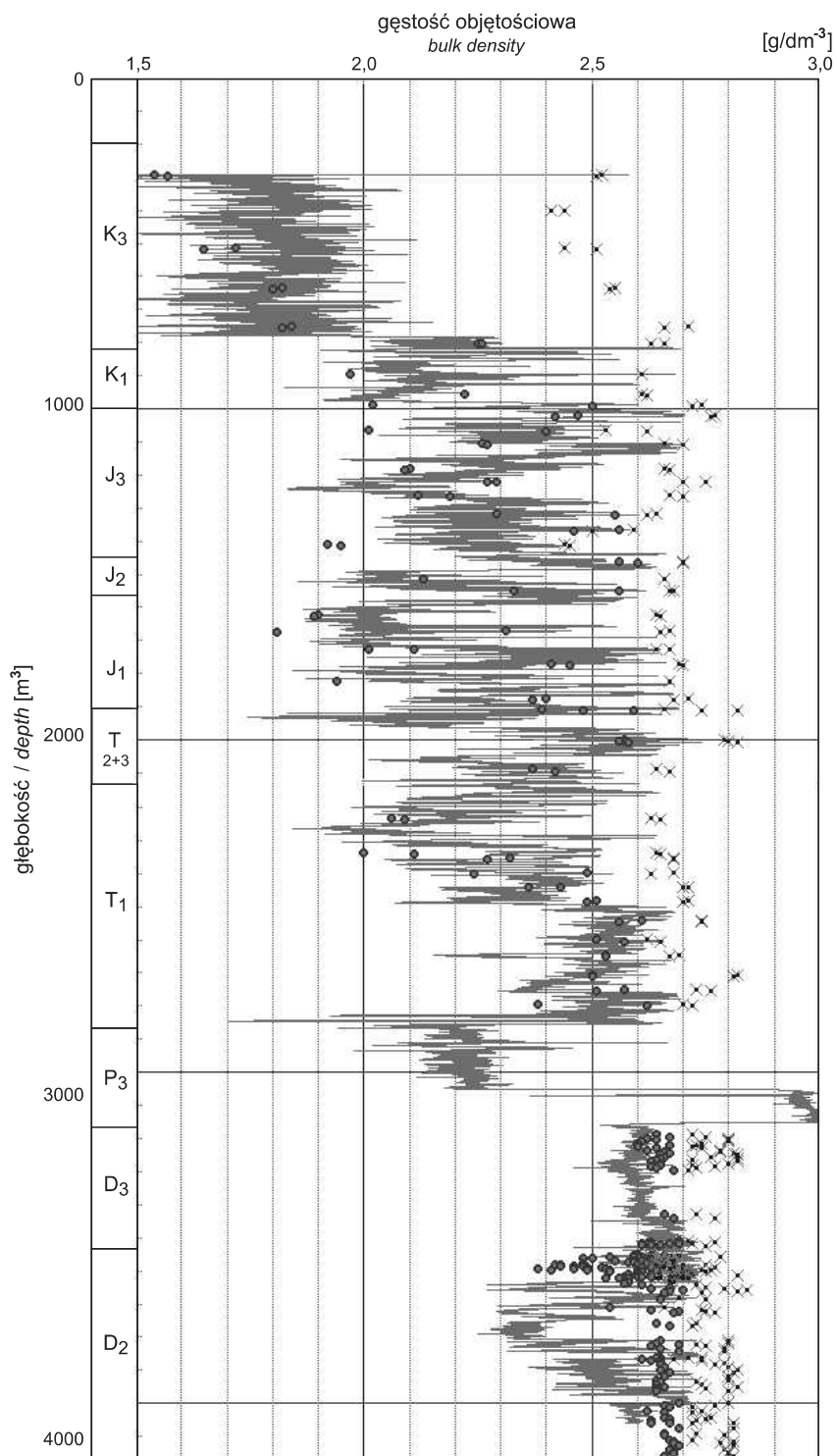


Fig. 41. Profil gęstości objętościowej obliczonej na podstawie interpretacji danych geofizycznych

Dla porównania przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych: kółka – gęstość objętościowa, krzyżyki – gęstość właściwa

Bulk density calculated after geophysical data interpretation

Results of pont laboratory data are shown for comparison: circle – bulk density, cross – matrix density

Tabela 11

Wartości temperatury maksymalnej dla otworu wiertniczego Tuchola IG 1

Bottom hole temperature in Tuchola IG 1 borehole

Głębokość [m]	1100	1824	2340	2871	3172	3706	3917	4160
Temperatura [°C]	25,0	44,0	74,0*	87,0*	90,0*	80,0	85,0	90,5

* – wartości prawdopodobnie błędne / probably incorrect values

temperatury przypowierzchniowej ($GST = 8,57^{\circ}C$), wskazując na wyraźne zaburzenie stanu równowagi termicznej.

Poza pomiarem temperatury (T) w warunkach zbliżonych do ustabilizowanej, w otworze wykonywane były w odcinkach poszczególnych badań strefowych pomiary temperatury maksymalnej (BHT), w warunkach niestabilizowanych. Wyniki tych badań przedstawiono w tabeli 11.

Wyniki wykonanych prac interpretacyjnych opisanych wcześniej, dotyczące profilu litologicznego oraz porowatościowego skał tworzących profil otworu Tuchola IG 1, stworzyły warunki do uzyskania informacji na temat przewodności skał (K). W odniesieniu do przewodności cieplnej został zastosowany geometryczny model przewodnictwa temperaturowego (Szewczyk, 2001). W pracach obliczeniowych stosowano metodykę opisaną w pracy Szewczyka i Gientki (2009). Niezależnie zostały wykonane punktowe, laboratoryjne badania omawianego parametru, wykonane tzw. metodą skanera optycznego (Wróblewska, 2007). Wyniki omawianych badań przedstawiono na figurze 42A. Uzyskanie informacji na temat

głębokościowego rozkładu przewodności cieplnej pozwoliło na obliczenie zarówno wartości strumienia cieplnego, jak i paleotemperatury dla omawianego otworu.

Na figurze 42B pokazano zestawienie tzw. temperatury syntetycznej (T_s) dla warunków pełnej stabilizacji obliczonej na podstawie przewodności cieplnej skał tworzących profil, z wynikami pomiaru temperatury (T) oraz wynikami zarejestrowanych wartości temperatury maksymalnej (BHT). Obliczona paleotemperatura (T_s) odpowiada warunkom klimatycznym okresu ostatniego zlodowacenia (Szewczyk, 2002). Dla głębokości mniejszych, niż 1500 metrów, widoczny jest wpływ ocieplenia holoceniowego na pomiar T . Po uwzględnieniu wpływu ocieplenia holoceniowego, obliczona została współczesna temperatura niezaburzona (T_{corr}). Otwór Tuchola IG 1 znajduje się na obszarze niskich wartości strumienia cieplnego, typowych dla platformy prekambryjskiej. Wartość gęstości strumienia cieplnego wynosi $61,5 \text{ mWm}^{-2}$ (Szewczyk, Gientka, 2009).

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

W otworze Tuchola IG 1 zostały wykonane badania hydrogeologiczne łącznie w sześciu poziomach, z których jedynie w trzech uzyskano przyпіływy wód złożowych. Badania hydrogeologiczne objęły głównie utwory dewonu (pięć badanych poziomów) oraz jeden poziom piaskowców jury dolnej. Głębokości wybranych odcinków zostały ustalone głównie na podstawie wyników danych geofizycznych. Szczegółowe omówienie zastosowanej metodyki badań, jak i uzyskanych wyników przedstawione są w innej części niniejszej publikacji.

Na figurze 43A przedstawiony został profil właściwości filtracyjnych dla otworu Tuchola IG 1, opracowany na podstawie łącznej interpretacji danych geofizycznych i petrofizycznych. Wydzielono warstwy przepuszczalne, z podaną średnią wartością porowatości efektywnej, oraz warstwy

nieprzepuszczalne. Zaznaczone zostały równocześnie odcinki wykonanych badań hydrogeologicznych.

Na figurze 43B przedstawiono wielkości sumarycznej mineralizacji wód złożowych uzyskanych w trakcie badań wykonanych w otworze Tuchola IG 1. Wyniki te zostały przedstawione na tle rozkładu tego parametru, uzyskanego w otworach badawczych i poszukiwawczych dla obszaru Niżu Polskiego (Bojarski i in., 1996; Szewczyk, 2007). Pokazany wykres wartości średniej mineralizacji, obliczony metodą najmniejszych kwadratów, stanowi układ referencyjny w stosunku do wartości mineralizacji w badanych poziomach wodonośnych. Wyniki z otworu Tuchola IG 1 wskazują, że mineralizacje wód w tych poziomach są typowe dla obszaru Niżu Polskiego.

PODSUMOWANIE

Wyniki badań geofizycznych wykonanych w otworze Tuchola IG 1 stanowią istotny element rozpoznania utworów piętra osadowego na badanym obszarze. Należy tu z całym

naciskiem podkreślić, że stopień szczegółowości wykonanych prac interpretacyjnych, a także postawiony cel badawczy, tj. uzyskanie podstawowej wiedzy na temat uproszczone-

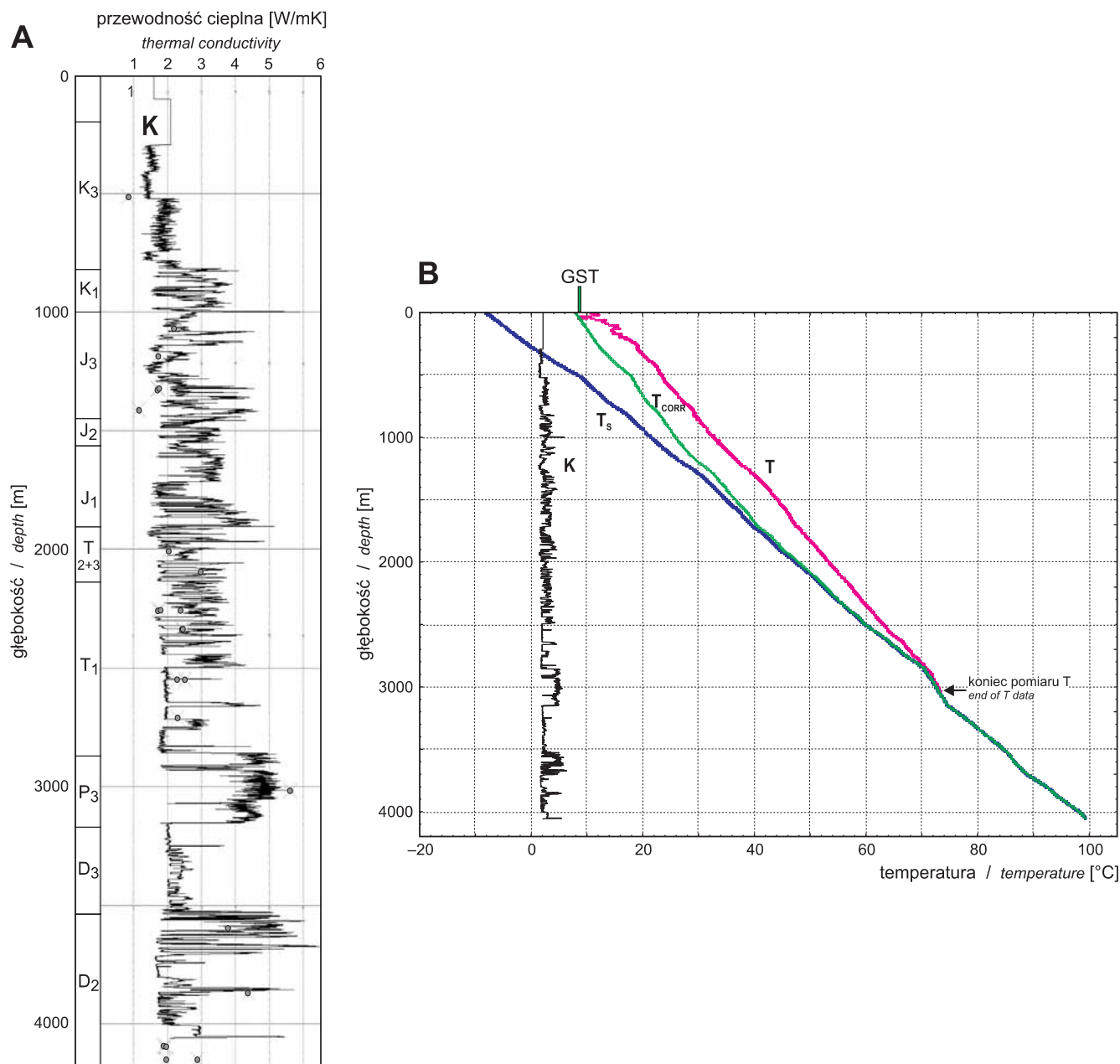


Fig. 42. Charakterystyka termiczna otworu wiertniczego Tuchola IG 1

A – przewodność cieplna (K) skał tworzących profil, obliczona na podstawie danych geofizycznych; kółkami zaznaczono wyniki badań laboratoryjnych tego parametru (Wróblewska, 2007); **B** – wyniki badań termicznych: T – zarejestrowana wartość temperatury dla warunków zbliżonych do ustalonych, T_s – temperatura syntetyczna obliczona na podstawie przewodności termicznej skał (K), T_{corr} – temperatura niezaburzona dla profilu otworu

Thermal characteristics of the Tuchola IG 1 borehole

A – thermal conductivity (K) of rocks, calculated based on geophysical data. Circles denote results of laboratory measurements of this parameter (Wróblewska, 2007); **B** – results of thermal measurements: T – temperature recorded for near-stable conditions, T_s – synthetic temperature calculated based on thermal conductivity of rocks (K), T_{corr} – temperature calculated as estimation of actual undisturbed temperature

go modelu litologiczno-petrofizycznego skał występujących w profilu, pozwala na traktowanie prezentowanych wyników jako wstępny wariant interpretacyjny. Niezbędny jest dalszy rozwój metodyki prac interpretacyjnych ukierunkowanych

na kompleksową interpretację danych archiwalnych, który umożliwi uzyskanie pełniejszego rozpoznania profilu wiercenia Tuchola IG 1.

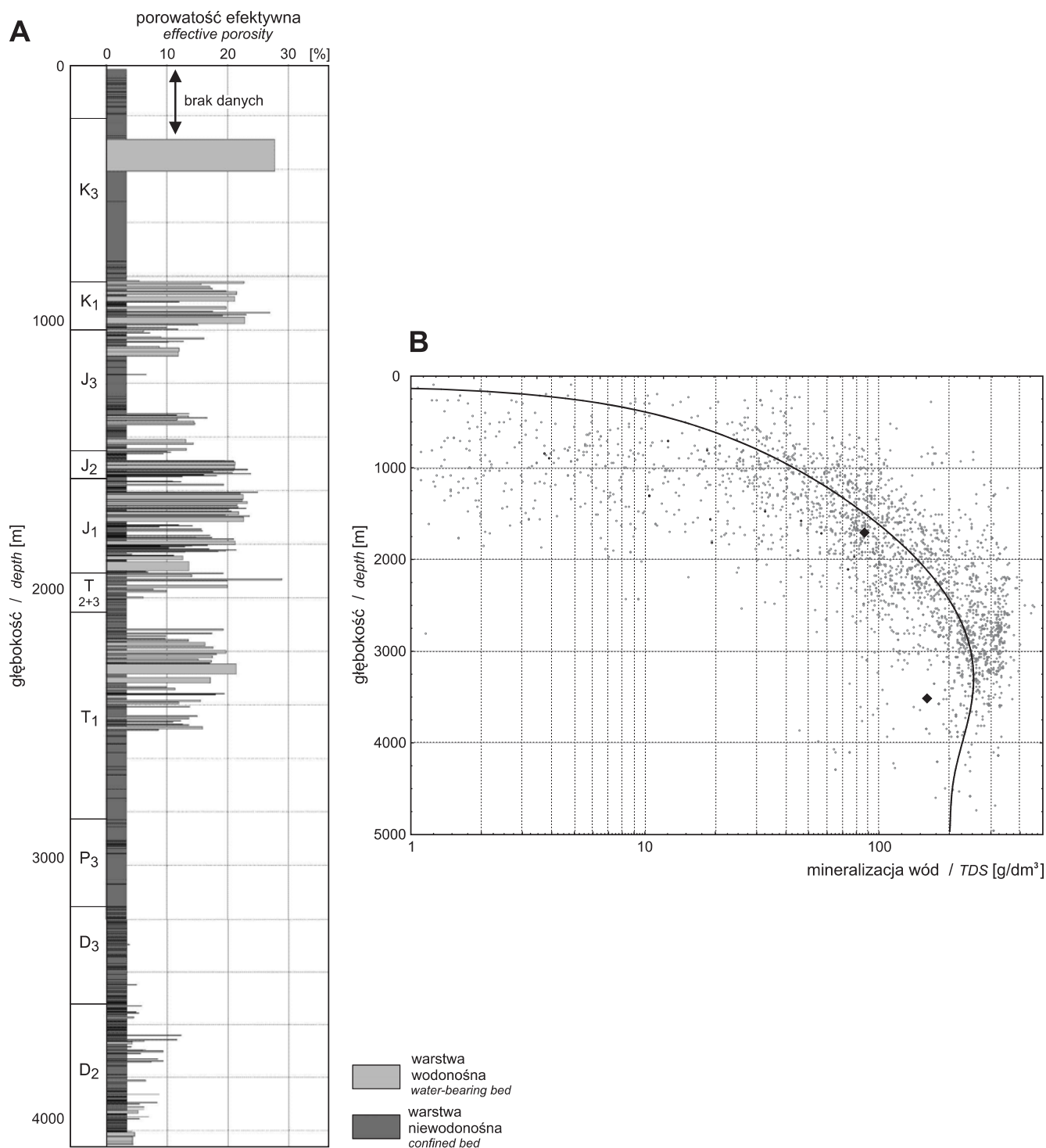


Fig. 43. A. Warstwy zbiornikowe i izolujące w profilu otworu wiertniczego Tuchola IG 1 wydzielone na podstawie wyników badań geofizycznych, wskazano interwały badań hydrogeologicznych. **B.** Mineralizacja wód podziemnych uzyskana w badanych odcinkach na tle mineralizacji wód z obszaru Niżu Polskiego (Szewczyk, 2006; zmodyfikowane)

A. Reservoir and caprock series within the intervals tested; **B.** Groundwater mineralization from the tested intervals against the groundwater mineralization values in the Polish Lowlands (Szewczyk, 2006; modified)

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIAK

OPRACOWANIE PRĘDKOŚCI ŚREDNICH I PIONOWEGO PROFILOWANIA SEJSMICZNEGO

W otworze Tuchola IG 1 prace pomiarowe prędkości średnich oraz pionowego profilowania sejsmicznego (PPS) wykonała w roku 1977 Pracownia Sejsmiki Otworowej Zakładu Badań Geofizycznych „PPG” Kombinatoru Geologicznego - Północ. Pomiary w otworze wykonano aparaturą T-1 Nr 02 oraz sondą sześciogeofonową typ GSG-4. Interwał pomiarów, które wykonano od głębokości 0 m do 3960 m, wynosił 15 m. Całkowita głębokość wiercenia wynosi 4160 m. Prace strzałowe prowadzono z 2 punktów strzałowych (PS), których sytuacja była następująca:

PS 1 $d = 135$ m $A = 32^\circ$ $N = 2$ m
PS 2 $d = 702$ i 743 m $A = 33^\circ$ $N = 19$ m

gdzie:

d – odległość punktu strzałowego od głębokiego otworu

A – azymut mierzony w punkcie głębokiego otworu w kierunku punktu wzbudzenia

N – wysokość PS w stosunku do wylotu głębokiego otworu

Powyższe usytuowanie PS podyktowane zostało warunkami metodycznymi i terenowymi. Wielkość ładunków wybuchowych oraz głębokości strzelania (h) z poszczególnych punktów strzałowych przedstawiają się następująco:

PS 1 2,5–5,0 kg $h = 12$ – 18 m przy $h_{po} - 17$ m
PS 2 2,5–5,0 kg $h = 15$ – 30 m przy $h_{po} - 34$ m

gdzie:

h_{po} – głębokość do poziomu odniesienia wspólnego dla dwóch PS, mierzona od powierzchni Ziemi

Parametry wzbudzenia ustalono, wykonując próbne rejestracje w głębokim otworze. Prace strzałowe wykonano przy użyciu dynamitu 3GH2 i zapalnika KZnPT.

Dla kontroli głębokości strzelania na poszczególnych PS ustawiono geofony korekcyjne K1 (odległość 5 m). Natomiast w celu kontroli momentu wybuchu umieszczono przy głębokim wierceniu geofon korekcyjny K2.

Pierwsze impulsy sondy zarejestrowano na 6 kanałach. Do pomiaru użyto kabla karotażowego KDF-7.

Jakość materiałów podstawowych określono, biorąc pod uwagę dokładność i pewność odczytu czasu pierwszych impulsów oraz intensywność fal odbitych dla dalszych czasów. Przedstawia się ona następująco:

PS 1	interwał	0–565 m	jakość dobra
	interwał	565–735 m	jakość zła
	interwał	735–3960 m	jakość dobra
PS 2	interwał	0–1005 m	jakość dobra
	interwał	1005–1105 m	jakość dostateczna
	interwał	1105–2175 m	jakość dobra
	interwał	2175–2230 m	jakość zła
	interwał	2230–3960 m	jakość dobra

Poprawki statyczne obliczano metodą wykorzystującą wskazania geofonów korekcyjnych K1 i K2. Wartość czasu

odczytanego z sejsmogramów poprawiono również według wzoru uwzględniającego zmiany głębokości strzelania dla poszczególnych pomiarów w stosunku do poziomu odniesienia wspólnego dla wszystkich punktów strzałowych. Natomiast redukcję głębokości pomiaru do pionu dokonano przy założeniu jednorodności ośrodka od punktu wybuchu do głębokości zanurzenia geofonu, czyli przy założeniu prostoliniowego przebiegu promienia sejsmicznego.

Pomiar PPS wykonano z punktów strzałowych oddległych od głębokiego otworu o 135 m – PS 1 oraz 702 i 743 m – PS 2. Bezpośrednie rejestracje polowe odgrywano, stosując różne zakresy filtracji, i poddano obróbce na komputerze ERM 61-35. Po dokonaniu odpowiednich operacji cyfrowych uzyskano sejsmogramy zbiorcze zestawione w układzie głębokość–czas, jako podstawowy materiał do wyznaczania sejsmicznych granic odbijających. Interpretację utrudniają intensywne fale zakłócające, które komplikują wyznaczenie i korelację interesujących nas granic.

Celem wyeksponowania fal użytecznych wykonano filtrację koherentną w kierunku fal padających i odbitych. Jednak nie wszystkie zakłócenia zostały wyeliminowane.

Jak wynika z profilu geologicznego otworu, usytuowanie wiercenia w strefie uskokowej niewątpliwie odbiło się na jakości rejestracji i utrudniało skorelowanie wyznaczonych granic z sejsmogramem powierzchniowym.

Do obliczenia krzywej prędkości średnich przyjęto jako poziom odniesienia poziom pomiaru, czyli 120 m n.p.m. przy wysokości otworu wynoszącej 133 m.

Głębokość zredukowana do poziomu odniesienia została obliczona ze wzoru:

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

gdzie:

hr – głębokość zredukowana punktu pomiarowego

h – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego

Δh – różnica głębokości między h_{po} i poziomem odniesienia w metrach

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

$$tp = tobs + \Delta th$$

gdzie:

tp – czas poprawiony

$tobs$ – czas obserwowany

Δth – poprawka wynikająca z głębokości punktu wzbudzenia, poziomu odniesienia, miąższości strefy małych prędkości, prędkości w tej strefie i prędkości pod nią.

Czas zredukowany dla poszczególnych punktów wzbudzenia 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 wzbudzenia.

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

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

Wszystkie wartości hr , tr , V_{sr} , zestawiono w tabeli 12. Obliczenia wykonano przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego.

Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 44A) i hodografu pionowego (fig. 44B). Do wykreślenia krzywej prędkości średnich wykorzystano wartości uśrednione z poszczególnych punktów wzbudzenia.

Przedstawiony na figurze 44B 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 pomiarowych. 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 do 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 m. Następnie wyznaczone wartości wygładzono przy użyciu specjalnego programu, przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym, stosując 20 razy filtr 0,25; 0,50; 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

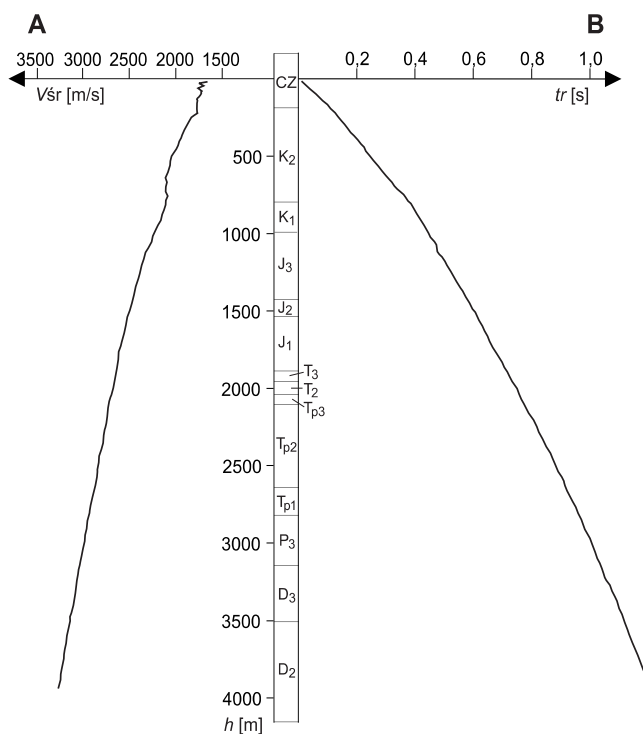


Fig. 44. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) (poz. odn. 120 m n.p.m.)

tr – średni czas zredukowany; V_{sr} – prędkość średnia; h – głębokość

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)
(reference level 120 m a.s.l.)

tr – average reduced time; V_{sr} – average velocity; h – depth

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 PIG na potrzeby 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 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 12

Zestawienie wartości głębokości (h), czasu zredukowanego (tr) i prędkości średnich (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]	h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	V_{sr} [m/s]
15	0,0090	0,0090	0,0090	1667	540	0,2630	0,2620	0,2625	2057
30	0,0169	0,0170	0,0170	1770	555	0,2680	0,2690	0,2685	2067
45	0,0270	0,0260	0,0265	1698	570	0,2740	0,2750	0,2745	2077
60	0,0330	0,0340	0,0335	1791	585	0,0000	0,2810	0,2810	2082
75	0,0440	0,0430	0,0435	1724	600	0,0000	0,2870	0,2870	2091
90	0,0520	0,0520	0,0520	1731	615	0,0000	0,2920	0,2920	2106
105	0,0600	0,0600	0,0600	1750	630	0,0000	0,2990	0,2990	2107
120	0,0660	0,0690	0,0675	1778	645	0,0000	0,3040	0,3040	2122
135	0,0750	0,0780	0,0765	1765	660	0,0000	0,3150	0,3150	2095
165	0,0950	0,0970	0,0960	1719	675	0,0000	0,3210	0,3210	2103
180	0,1020	0,1010	0,1015	1773	690	0,0000	0,3260	0,3260	2117
195	0,1080	0,1090	0,1085	1797	705	0,0000	0,3330	0,3330	2117
210	0,1180	0,1190	0,1185	1772	720	0,0000	0,3410	0,3410	2111
225	0,1270	0,1250	0,1260	1786	735	0,0000	0,3500	0,3500	2100
240	0,1300	0,1310	0,1305	1839	750	0,3650	0,3550	0,3600	2083
255	0,1380	0,1370	0,1375	1855	765	0,3710	0,3600	0,3655	2093
270	0,1420	0,1450	0,1435	1882	780	0,3720	0,3680	0,3700	2108
285	0,1530	0,1490	0,1510	1887	795	0,3820	0,3720	0,3770	2109
300	0,1590	0,1560	0,1575	1905	810	0,3900	0,3820	0,3860	2098
315	0,1630	0,1630	0,1630	1933	825	0,3960	0,3860	0,3910	2110
330	0,1700	0,1710	0,1705	1935	840	0,4000	0,3890	0,3945	2129
345	0,1730	0,1790	0,1760	1960	855	0,4040	0,3950	0,3995	2140
360	0,1860	0,1850	0,1855	1941	870	0,4100	0,3990	0,4045	2151
375	0,0000	0,1910	0,1910	1963	885	0,4130	0,4030	0,4080	2169
390	0,2010	0,1980	0,1995	1955	900	0,4180	0,4080	0,4130	2179
405	0,2050	0,2050	0,2050	1976	915	0,4260	0,0000	0,4260	2148
420	0,2100	0,2130	0,2115	1986	930	0,4310	0,4190	0,4250	2188
435	0,0000	0,2200	0,2200	1977	945	0,4360	0,4250	0,4305	2195
450	0,0000	0,2250	0,2250	2000	960	0,0000	0,4280	0,4280	2243
465	0,0000	0,2290	0,2290	2031	975	0,4430	0,4330	0,4380	2226
480	0,2360	0,2340	0,2350	2043	990	0,4500	0,4370	0,4435	2232
495	0,2410	0,2400	0,2405	2058	1005	0,4530	0,4420	0,4475	2246
510	0,2510	0,2490	0,2500	2040	1020	0,0000	0,4450	0,4450	2292
525	0,2520	0,2550	0,2535	2071	1035	0,4650	0,4530	0,4590	2255

Tabela 12 cd.

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	V_{sr} [m/s]
1050	0,4690	0,4570	0,4630	2268
1065	0,4750	0,0000	0,4750	2242
1080	0,4780	0,4650	0,4715	2291
1095	0,4830	0,4680	0,4755	2303
1110	0,0000	0,4720	0,4720	2352
1125	0,0000	0,4790	0,4790	2349
1140	0,0000	0,4830	0,4830	2360
1155	0,5010	0,4880	0,4945	2336
1170	0,5070	0,4920	0,4995	2342
1185	0,5080	0,4950	0,5015	2363
1200	0,5140	0,5000	0,5070	2367
1215	0,5170	0,5070	0,5120	2373
1230	0,5250	0,5100	0,5175	2377
1245	0,5310	0,5120	0,5215	2387
1260	0,5330	0,5150	0,5240	2405
1275	0,5370	0,5200	0,5285	2412
1290	0,5410	0,0000	0,5410	2384
1305	0,5480	0,5320	0,5400	2417
1320	0,5530	0,5370	0,5450	2422
1335	0,0000	0,5400	0,5400	2472
1350	0,5620	0,5440	0,5530	2441
1365	0,5650	0,0000	0,5650	2416
1380	0,5710	0,5530	0,5620	2456
1395	0,5770	0,5590	0,5680	2456
1410	0,5820	0,5600	0,5710	2469
1425	0,5850	0,5640	0,5745	2480
1440	0,5890	0,0000	0,5890	2445
1455	0,5950	0,5700	0,5825	2498
1470	0,6010	0,5780	0,5895	2494
1485	0,6040	0,5800	0,5920	2508
1500	0,6080	0,5870	0,5975	2510
1515	0,6120	0,0000	0,6120	2475
1530	0,6170	0,5950	0,6060	2525
1545	0,6250	0,5990	0,6120	2525
1560	0,6290	0,6060	0,6175	2526
1575	0,6330	0,6090	0,6210	2536

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	V_{sr} [m/s]
1590	0,6370	0,0000	0,6370	2496
1605	0,6410	0,6170	0,6290	2552
1620	0,6490	0,6240	0,6365	2545
1635	0,6510	0,6250	0,6380	2563
1650	0,6540	0,6320	0,6430	2566
1665	0,6570	0,6350	0,6460	2577
1680	0,6620	0,6390	0,6505	2583
1695	0,6680	0,6430	0,6555	2586
1710	0,0000	0,6470	0,6470	2643
1725	0,0000	0,6530	0,6530	2642
1740	0,6810	0,6550	0,6680	2605
1755	0,6880	0,6580	0,6730	2608
1770	0,0000	0,6640	0,6640	2666
1785	0,6950	0,0000	0,6950	2568
1800	0,7000	0,6740	0,6870	2620
1815	0,7060	0,0000	0,7060	2571
1830	0,7100	0,6830	0,6965	2627
1845	0,7150	0,6870	0,7010	2632
1860	0,7200	0,6910	0,7055	2636
1875	0,7210	0,6980	0,7095	2643
1890	0,7270	0,7040	0,7155	2642
1905	0,7290	0,7070	0,7180	2653
1920	0,7350	0,7100	0,7225	2657
1935	0,7400	0,7150	0,7275	2660
1950	0,7440	0,7170	0,7305	2669
1965	0,7470	0,7230	0,7350	2673
1980	0,7520	0,7270	0,7395	2677
1995	0,7560	0,0000	0,7560	2639
2010	0,7570	0,7370	0,7470	2691
2025	0,7620	0,7430	0,7525	2691
2040	0,7650	0,7450	0,7550	2702
2055	0,7670	0,7490	0,7580	2711
2070	0,7710	0,7500	0,7605	2722
2085	0,7780	0,7560	0,7670	2718
2100	0,7810	0,7600	0,7705	2726
2115	0,7840	0,0000	0,7840	2698

Tabela 12 cd.

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	V_{sr} [m/s]
2130	0,7900	0,7700	0,7800	2731
2145	0,7940	0,7720	0,7830	2739
2160	0,7980	0,7790	0,7885	2739
2175	0,8010	0,7800	0,7905	2751
2190	0,8060	0,0000	0,8060	2717
2205	0,8100	0,0000	0,8100	2722
2220	0,8130	0,0000	0,8130	2731
2235	0,8180	0,0000	0,8180	2732
2250	0,8220	0,8050	0,8135	2766
2265	0,8270	0,8070	0,8170	2772
2280	0,8300	0,8130	0,8215	2775
2295	0,8330	0,8170	0,8250	2782
2310	0,8370	0,8210	0,8290	2786
2325	0,8410	0,8250	0,8330	2791
2340	0,8470	0,0000	0,8470	2763
2355	0,8480	0,8330	0,8405	2802
2370	0,8490	0,8360	0,8425	2813
2385	0,8580	0,8460	0,8520	2799
2400	0,8600	0,8470	0,8535	2812
2415	0,8660	0,0000	0,8660	2789
2430	0,0000	0,8570	0,8570	2835
2445	0,8710	0,8600	0,8655	2825
2460	0,8760	0,8660	0,8710	2824
2475	0,8810	0,8700	0,8755	2827
2490	0,8830	0,8730	0,8780	2836
2505	0,8840	0,8750	0,8795	2848
2520	0,8820	0,8800	0,8810	2860
2535	0,8930	0,8840	0,8885	2853
2550	0,0000	0,8910	0,8910	2862
2565	0,9020	0,8960	0,8990	2853
2595	0,9110	0,9030	0,9070	2861
2610	0,9130	0,9050	0,9090	2871
2625	0,9160	0,9100	0,9130	2875
2640	0,0000	0,9120	0,9120	2895
2655	0,9230	0,9150	0,9190	2889
2670	0,9270	0,9160	0,9215	2897

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	V_{sr} [m/s]
2685	0,9300	0,9250	0,9275	2895
2700	0,0000	0,9280	0,9280	2909
2715	0,9390	0,9310	0,9350	2904
2730	0,9410	0,0000	0,9410	2901
2745	0,0000	0,9370	0,9370	2930
2760	0,9480	0,0000	0,9480	2911
2775	0,9520	0,9460	0,9490	2924
2790	0,0000	0,9520	0,9520	2931
2805	0,0000	0,9550	0,9550	2937
2835	0,9670	0,0000	0,9670	2932
2850	0,9690	0,9650	0,9670	2947
2865	0,0000	0,9690	0,9690	2957
2880	0,9780	0,9720	0,9750	2954
2895	0,9810	0,9740	0,9775	2962
2910	0,9830	0,9760	0,9795	2971
2925	0,0000	0,9810	0,9810	2982
2940	0,0000	0,9810	0,9810	2997
2955	0,9950	0,9910	0,9930	2976
2970	1,0000	0,9940	0,9970	2979
3000	1,0040	1,0030	1,0035	2990
3015	0,0000	1,0060	1,0060	2997
3030	0,0000	1,0100	1,0060	3012
3045	1,0140	0,0000	1,0140	3003
3060	1,0150	0,0000	1,0150	3015
3075	1,0200	1,0170	1,0185	3019
3090	0,0000	1,0210	1,0210	3026
3105	0,0000	1,0260	1,0260	3026
3120	1,0290	1,0300	1,0295	3031
3135	1,0340	1,0330	1,0335	3033
3150	1,0370	1,0360	1,0365	3039
3165	0,0000	1,0380	1,0380	3049
3180	1,0450	1,0420	1,0435	3047
3195	1,0460	1,0440	1,0450	3057
3210	1,0490	0,0000	1,0490	3060
3225	1,0530	1,0470	1,0500	3071
3240	0,0000	1,0530	1,0530	3077

Tabela 12 cd.

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	$V_{\text{śr}}$ [m/s]
3255	1,0590	1,0590	1,0590	3074
3270	1,0660	1,0640	1,0650	3070
3285	1,0670	1,0700	1,0685	3074
3300	1,0700	1,0730	1,0715	3080
3315	0,0000	1,0740	1,0740	3087
3330	0,0000	1,0760	1,0760	3095
3345	1,0790	1,0880	1,0835	3087
3360	0,0000	1,0920	1,0920	3077
3375	1,0870	1,0930	1,0900	3096
3390	0,0000	1,0940	1,0940	3099
3420	1,0980	0,0000	1,0980	3115
3435	1,0990	0,0000	1,0990	3126
3450	1,1070	1,1050	1,1060	3119
3465	0,0000	1,1070	1,1070	3130
3480	1,1080	1,1090	1,1085	3139
3495	1,1140	0,0000	1,1140	3137
3510	1,1160	0,0000	1,1160	3145
3525	1,1210	1,1190	1,1200	3147

h [m]	tr 1 [s]	tr 2 [s]	tr [s]	$V_{\text{śr}}$ [m/s]
3540	0,0000	1,1210	1,1210	3158
3555	1,1280	1,1240	1,1260	3157
3570	1,1290	0,0000	1,1290	3162
3585	0,0000	1,1270	1,1270	3181
3600	1,1330	1,1330	1,1330	3177
3615	0,0000	1,1380	1,1380	3177
3630	1,1410	1,1420	1,1415	3180
3645	1,1430	0,0000	1,1430	3189
3660	1,1460	1,1460	1,1460	3194
3675	1,1500	1,1500	1,1500	3196
3705	1,1570	1,1570	1,1570	3202
3720	1,1590	1,1600	1,1595	3208
3735	1,1650	1,1630	1,1640	3209
3750	1,1670	1,1670	1,1670	3213
3780	1,1750	1,1710	1,1730	3223
3795	0,0000	1,1720	1,1720	3238
3810	1,1790	1,1780	1,1785	3233
3825	1,1830	1,1830	1,1830	3233

h – głębokość, tr 1 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 1, tr 2 – czas zredukowany z punktu pomiarowego 2, tr – średni czas zredukowany, $V_{\text{śr}}$ – prędkość średnia

h – depth, tr 1 – reduced time from measuring point 1, tr 2 – reduced time from measuring point 2, tr – average reduced time, $V_{\text{śr}}$ – average velocity

tabela 13. Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono na figurze 45. Wykresy powyższe wzbogacono profilem stratygraficznym wiercenia, co umożliwił bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi przekroju geologicznego w otworze oraz z refleksami sejsmicznymi.

Z wykresu holografu pionowego wynika, że w omawianym otworze występuje równomierny wzrost prędkości z głębokością. Uzyskany wykres jest zbliżony do funkcji parabolicznej.

Pierwsza granica kontrastu prędkości występuje na kontakcie spagu kenozoiku ze stropem mezozoiku (głębokość ok. 200 m). Wyznaczony poniżej kompleks o bardzo małych zmianach prędkości i średniej wartości kompleksowej około 2200 m/s jest odzwierciedleniem mułowcowo-węglanowych utworów kredy górnej. Następna bardzo wyraźna granica zmiany prędkości ma miejsce na głębokości około 800 m i odpowiada stropowi piaskowcowych utworów kredy dolnej. Następuje tu wzrost prędkości kompleksowej do wartości około 3000 m/s, która charakteryzuje również około 50 m warstwę jury górnej. Poniżej tej

strefy obserwuje się kolejny skok wartości prędkości średniej do wartości ~3300 m/s, związany z przejściem z utworów piaskowcowo-iłowcowych w utwory ogólnie wapienno-margliste. Kompleks ten charakteryzuje się dużą stałością prędkości w znacznym interwale głębokościowym obejmującym utwory jury oraz triasu górnego. Nieznaczne wahania wartości widoczne na krzywej prędkości interwałowej wskazują na zmiany w wykształceniu litologicznym tych utworów.

Wyraźniejszy wzrost do wartości około 3400 m/s występuje w warstwach przystropowych jury dolnej na głębokości około 1600 m. Poniżej tej granicy widoczny jest także kontrast prędkości na granicy jury dolnej i triasu górnego (głęb. około 1900 m) w obrazie prędkości interwałowej oraz na granicy triasu górnego i środkowego na krzywej kompleksowej, związany z wejściem w kolejne utwory o wyższych prędkościach. Wartość około 3700 m/s obejmuje oprócz wapieni triasu środkowego również górne osady triasu dolnego. Leżące bezpośrednio niżej utwory środkowego pstręgo piaskowca charakteryzują się nieznacznie obniżoną prędkością. Krzywe prędkości

Tabela 13

Zestawienie wartości prędkości interwałowej (V_i), prędkości kompleksowej (V_k) i prędkości wygładzonej (V_w)
 Averaged interval velocity (V_i), complex velocity (V_k) and smoothed velocity (V_w) values calculated from smoothed time

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]	h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
20	1758	1842		760	2314	2267	2348
40	1758	1842	1750	780	2314	2267	2444
60	1758	1842	1760	800	2314	2267	2549
80	1758	1842	1773	820	2788	2267	2657
100	1758	1842	1792	840	2788	3003	2758
120	1876	1842	1817	860	2788	3003	2848
140	1876	1842	1850	880	2788	3003	2922
160	1876	1842	1892	900	2788	3003	2981
180	1876	1842	1942	920	3078	3003	3028
200	1876	1842	1998	940	3078	3003	3066
220	2120	1842	2055	960	3078	3003	3098
240	2120	2167	2108	980	3078	3003	3127
260	2120	2167	2152	1000	3078	3003	3155
280	2120	2167	2182	1020	3226	3003	3182
300	2120	2167	2201	1040	3226	3003	3211
320	2237	2167	2213	1060	3226	3310	3241
340	2237	2167	2225	1080	3226	3310	3271
360	2237	2267	2241	1100	3226	3310	3298
380	2237	2267	2265	1120	3335	3310	3320
400	2237	2267	2294	1140	3335	3310	3336
420	2345	2267	2323	1160	3335	3310	3345
440	2345	2305	2347	1180	3335	3310	3348
460	2345	2305	2361	1200	3335	3310	3343
480	2345	2305	2361	1220	3309	3310	3333
500	2345	2305	2351	1240	3309	3310	3317
520	2289	2305	2332	1260	3309	3310	3300
540	2289	2305	2307	1280	3309	3307	3287
560	2289	2305	2278	1300	3309	3307	3284
580	2289	2305	2245	1320	3329	3307	3294
600	2289	2305	2210	1340	3329	3307	3315
620	2152	2305	2176	1360	3329	3307	3342
640	2152	2267	2149	1380	3329	3307	3367
660	2152	2267	2134	1400	3329	3359	3381
680	2152	2267	2136	1420	3338	3359	3379
700	2152	2267	2158	1440	3338	3359	3360
720	2314	2267	2202	1460	3338	3359	3329
740	2314	2267	2266	1480	3338	3359	3295

Tabela 13 cd.

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1500	3338	3298	3268
1520	3284	3298	3255
1540	3284	3298	3261
1560	3284	3298	3284
1580	3284	3298	3322
1600	3284	3298	3366
1620	3431	3298	3409
1640	3431	3424	3439
1660	3431	3424	3451
1680	3431	3424	3444
1700	3431	3424	3421
1720	3349	3424	3389
1740	3349	3424	3356
1760	3349	3411	3329
1780	3349	3411	3313
1800	3377	3411	3311
1820	3377	3411	3324
1840	3377	3411	3351
1860	3377	3411	3391
1880	3377	3411	3437
1900	3377	3411	3487
1920	3617	3411	3540
1940	3617	3411	3593
1960	3617	3411	3646
1980	3617	3723	3696
2000	3617	3723	3738
2020	3746	3723	3763
2040	3746	3723	3768
2060	3746	3723	3752
2080	3746	3723	3719
2100	3746	3723	3681
2120	3611	3723	3643
2140	3611	3600	3614
2160	3611	3600	3594
2180	3611	3600	3584
2200	3611	3600	3581
2220	3609	3600	3586
2240	3609	3600	3598
2260	3609	3600	3615
2280	3609	3600	3633

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
2300	3609	3650	3647
2320	3656	3650	3654
2340	3656	3650	3654
2360	3656	3650	3654
2380	3656	3691	3659
2400	3656	3691	3673
2420	3738	3691	3698
2440	3738	3691	3728
2460	3738	3691	3756
2480	3738	3782	3776
2500	3738	3782	3789
2520	3863	3782	3802
2540	3863	3911	3827
2560	3863	3911	3872
2580	3863	3911	3935
2600	3863	3911	4006
2620	4099	3911	4069
2640	4099	4107	4112
2660	4099	4107	4126
2680	4099	4107	4116
2700	4099	4107	4092
2720	4061	4107	4065
2740	4061	4086	4049
2760	4061	4086	4047
2780	4061	4086	4065
2800	4061	4086	4101
2820	4191	4086	4146
2840	4191	4086	4189
2860	4191	4221	4219
2880	4191	4221	4228
2900	4191	4221	4224
2920	4260	4221	4218
2940	4260	4301	4226
2960	4260	4301	4258
2980	4260	4301	4316
3000	4260	4301	4389
3020	4515	4301	4461
3040	4515	4489	4517
3060	4515	4489	4548
3080	4515	4489	4557

Tabela 13 cd.

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
3100	4515	4489	4558
3120	4524	4489	4555
3140	4524	4489	4548
3160	4524	4489	4528
3180	4524	4489	4483
3200	4524	4489	4408
3220	4197	4489	4313
3240	4197	4489	4217
3260	4197	4241	4140
3280	4197	4241	4099
3300	4197	4241	4101
3320	4315	4241	4147
3340	4315	4241	4235
3360	4315	4241	4361
3380	4315	4241	4512
3400	4315	4241	4670
3420	4941	4952	4816
3440	4941	4952	4932
3460	4941	4952	5010
3480	4941	4952	5052
3500	4941	4952	5065

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
3520	4993	4952	5056
3540	4993	4952	5029
3560	4993	4952	4984
3580	4993	4952	4922
3600	4993	4952	4848
3620	4699	4952	4773
3640	4699	4660	4708
3660	4699	4660	4661
3680	4699	4660	4637
3700	4699	4660	4631
3720	4638	4660	4637
3740	4638	4660	4646
3760	4638	4627	4647
3780	4638	4627	4633
3800	4638	4627	4607
3820	4530	4627	4572
3840	4530	4522	4537
3860	4530	4522	4510
3880	4530	4522	4492
3900	4530	4522	4484
3920	4530	4522	4450

interwałowych i kompleksowych w interwale zawierającym miąższy kompleks triasu dolnego wykazują, na tle systematycznego wzrostu wartości, częste nieduże zróżnicowanie prędkości charakteryzujące występowanie naprzemianległych warstw o zmiennym wykształceniu litologicznym. Natomiast na głębokościach około 2500 m (w obrębie Tp2) i 2800 m (Tp1) można zaobserwować bardziej znaczący wzrost wartości prędkości.

Z tabeli prędkości kompleksowych wynika, że istnieje wyraźna granica prędkości między utworami triasu i permu. Nie znajduje to tak wyraźnego odzwierciedlenia na krzywej z powodu małej miąższości utworów permu w stosunku do sąsiadujących utworów triasu i dewonu.

Z uzyskanych danych wynika, że istnieją warunki do uzyskania odbić od utworów dewońskich występujących pod cechsztnem. Wzrost prędkości do około 4500 m/s związany z utworami cechsztnu charakteryzuje również przystropowe warstwy dewonu górnego, po czym następuje obniżenie prędkości do 4200 m/s. Utwory dewonu górnego wykazują wyraźną dwudzielność. Strefie dolnej odpowiada znaczny wzrost

wartości prędkości do 5000 m/s, który obejmuje również część górną utworów dewonu środkowego do głębokości około 3600 m, co świadczy o ich zbliżonym wykształceniu litologicznym. Poniżej tej głębokości, w obrębie niższych osadów dewonu środkowego, prędkości stopniowo maleją.

Pionowe profilowanie sejsmiczne z PS1 i schematyczny obraz falowy wykonany dla PS1 przedstawia figura 46. Analiza pomiarów pozwoliła wyznaczyć głębokości i czasy wyjścia fali na powierzchnię (refleksów), podane poniżej:

- 780 m – 0,745 s – kreda górna (partie spagowe)
- 1590 m – 1,270 s – pogranicze jury dolnej i środkowej
- 2490 m – 1,785 s – trias dolny
- 3165 m – 2,085 s – dewon górny
- 3620 m – 2,370 s – dewon środkowy

Fale padające, potwierdzające odbicia od wyznaczonych granic interferują z falami odbitymi i powodują ich wygaszanie. Poniżej cechsztnu wydzielenie fal dodatkowo komplikuje bardzo intensywna fala o małej prędkości, prawdopodobnie poprzeczna. Najistotniejsze odbicia zarejestrowano od utworów cechsztnu i triasu.

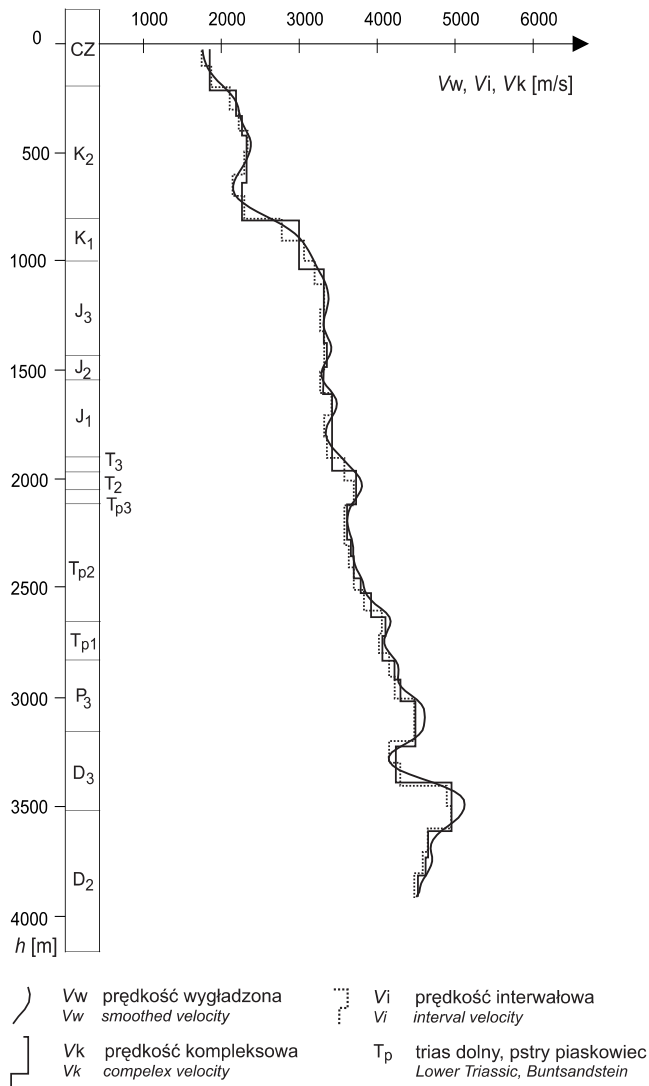


Fig. 45. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), interwałowych (V_i) i kompleksowych (V_k) – poziom odniesienia 120 m n.p.m.

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity V_k – reference level 120 m a.s.l.

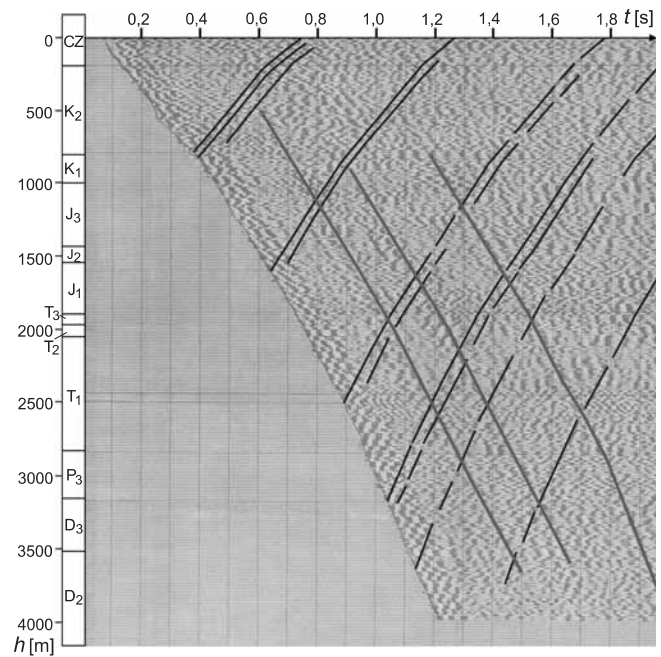


Fig. 46. Pionowe profilowanie sejsmiczne (PPS) – poziom odniesienia 120 m n.p.m.

Vertical Seismic Profiling (VSP)
– reference level 120 m a.s.l.

W porównaniu z wynikami profilowania prędkości średnich można stwierdzić, że istnieje pełna zgodność w zakresie wydzielenia granic sejsmicznych.

Wyznaczone granice odbijające oraz przyjęty na podstawie profilowania sejsmicznego model prędkościowy ośrodka umożliwiają prawidłową interpretację wykonanych w tym rejonie badań sejsmicznych.