

Maria KARWASIECKA, Jan KWARCIŃSKI

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

W trakcie wiercenia otworu Chełmek IG 1 przeprowadzono sukcesywnie, zgodnie z projektem otworu, tzw. strefowe badania geofizyczne, zazwyczaj przed zarurowaniem kolejnych odcinków profilu. Badania geofizyczne były wykonane w okresie od 13.07.1984 r. do 2.10.1985 r., przez Katowickie Przedsiębiorstwo Geologiczne oraz Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo, Geofizyka Kraków (profilowania akustyczne). Badania geofizyczne wykonano w trzech interwałach głębokości. Szczegółowy spis badań geofizycznych wykonanych w otworze Chełmek IG 1 przedstawia [tabela 49](#) (Karwasiecka, Kwarciński, 1988).

Oprócz standardowych badań geofizycznych wykonywanych w otworach wiertniczych, których podstawowym celem jest badanie serii węglonośnej karbonu, w otworze Chełmek IG 1 wykonano również:

- pomiar oporności płuczki rezystiwimetrem powierzchniowym – 3 pkt;
- pomiar temperatury termometrem maksymalnym – 2 pkt;
- zdjęcia fali akustycznej.

Wszystkie badania geofizyczne wykonano standardowymi, analogowymi aparaturami badawczymi K-500-2

(1 odcinek pomiarowy) i AKSŁ-64 (2 i 3 odcinek pomiarowy). Wskazania sond DRST-3 i KRNG-43 stosowanych do pomiaru naturalnej promieniotwórczości (PG) były skalowane w $\mu\text{R/h}$.

Tak szeroki zaprojektowany i wykonany zakres badań geofizycznych miał za zadanie spełnienie następujących podstawowych celów:

1. odtworzenie profilu litologicznego w odcinkach bezrdzeniowych oraz kontrolę opisu rdzenia wg obserwacji makroskopowych (zwłaszcza na odcinkach o niskim uzysku rdzenia);
2. identyfikację pokładów węgla i łupku węglowego, określenie głębokości zalegania tych osadów oraz ich budowę wewnętrzną (wydzielenie i określenie miąższości ewentualnych przewarstwień);
3. określenie warunków hydrogeologicznych;
4. określenie warunków termicznych;
5. ocenę stanu technicznego odwiertu.

W trakcie prac dokumentacyjnych związanych z tworzeniem bazy cyfrowej badań geofizycznych Centralnej Bazy Danych Geofizycznych podstawowe diagramy badań geofizycznych z otworu Chełmek IG 1 zostały zdigitalizowane.

GEOFIZYCZNA INTERPRETACJA PROFILU LITOSTRATYGRAFICZNEGO

Zaprojektowany zakres rdzeniowania otworu Chełmek IG 1 oraz ilość uzyskanego rdzenia determinował stopień wykorzystania profilowań geofizycznych do odtworzenia profilu litostratygraficznego odwiertu. Dla utworów nadkładu karbonu odcinek rdzeniowany wyniósł 41,70 m, przy uzysku rdzenia wynoszącym 11,20 mb rdzenia (26,86%). Dla utworów karbonu odcinek rdzeniowany wyniósł 2195,00 m (przewiercony odcinek utworów karbonu wyniósł 2204,30 m), przy uzysku rdzenia wyno-

szącym 2046,40 mb (93,23%). Tak wysoki procent rdzeniowania odwiertu oraz stosunkowo wysoki uzysk rdzenia powoduje ograniczony zakres wykorzystania profilowań geofizycznych do określenia litologii przewierconych utworów. Na podstawie wskazań geofizyki wiertniczej uzupełniono profil litologiczny utworów nadkładu i odtworzono profil litologiczny osadów karbonu w miejscach wierconych bezrdzeniowo oraz dla odcinków z małym uzyskiem rdzenia.

Tabela 49

Rodzaje wykonanych badań geofizycznych

Types of geophysical logs

Odcinek badań strefowych Section of the research zone	Głębokość otworu (wg. wiercenia) Depth of borehole [m]	Typ badań Types of summary	Odcinek pomiarowy Measuring section [m]
1	266,0	skala 1:200	
		PG	0–258
		PNNnt	0–266
		PGGg	0–264
		PŚr	9–264
		PO (sonda N1,0M0,1A)	9–264
		PS	9–264
		SO (5 sond)	9–264
		profilowanie oporności płuczki	9–264
		PK	0–250
		pomiary detalizacyjne (skala 1:50)	
		PGGg	0–265
		mPO (sonda A2”M)	9–255
		PŚr	9–265
2	1206,0	skala 1:200	
		PG	205–1202
		PNNnt, PGGg	215–1202
		PŚr, PO (sonda N1,0M0,1A)	262–1202
		SO (5 sond)	262–1199
		profilowanie oporności płuczki	262–1199
		PK	200–1200
		PAP	200–1200
		pomiary detalizacyjne (skala 1:50)	
		PGGg	262–1202
		PŚr	262–1202
3	2254,3	(skala 1:200)	
		PG, PNNnt, PGGg	1150–2250
		PŚr, PO (sonda B1,0A0,1M)	1191–2250
		SO (6 sond)	1191–2250
		profilowanie oporności płuczki	1191–2250
		PK	1150–2250
		PAP	1193–2488
		pomiary detalizacyjne (skala 1:50)	
		PGGg	1150–2250
		PO (sonda B1,0A0,1M)	1191–2250
1–3 (2)	2254,3	PŚr	1191–2250
		PTu (po 10-dniowej stójce)	54–1372
		PTn (po stójce ok. 24 h)	79–2252

GEOFIZYCZNA INTERPRETACJA POKŁADÓW (WARSTW) WĘGLA

Podstawą wydzielenia utworów fitogenicznych (węgle i łupki węglowe) było głównie profilowanie gamma-gamma gęstościowe PGGg w komplecie z profilowaniem średnicy odwiertu PŚr. Z uwagi na dokładność określenia głębokości zalegania, miąższości oraz budowy wewnętrznej pokładów węgla, do interpretacji wykorzystywano głównie zapisy pro-

filowań wykonane w skali detalizacyjnej 1:50. Wyznaczone wg profilowań geofizycznych warstwy węgla i łupku węglowego zestawiono z danymi ze szczegółowego opisu rdzenia. Zasadniczo uzyskano dużą zgodność zestawionych wyników. Wszystkie węgle stwierdzone w rdzeniu znajdują swe odzwierciedlenie w zapisie krzywych geofizycznych. Po-

nadto na podstawie badań geofizycznych wyróżniono szereg wkładek węgla i łupku węglowego o miąższości najczęściej 0,20–0,40 m, których nie stwierdzono w rdzeniu. Na podstawie porównania głębokości zalegania pokładów węgla, wyznaczonej podczas szczegółowego opisu rdzenia, oraz głębokości zalegania tych samych pokładów węgla wg interpretacji profilowań geofizycznych, wzajemne przesunięcie zalegania pokładów węgla wynosi maksymalnie ok. 6,00 m.

Przy konstrukcji ostatecznego profilu litologicznego w miejscach o pełnym uzysku rdzenia za podstawę określenia spągu i miąższości warstw węgla przyjęto dane ze szczegółowego opisu rdzenia (profilowanie rdzenia). W przypadku istotnych braków rdzenia za podstawę określenia parametrów zalegania warstw węgla, a zwłaszcza jego miąższości przyjęto dane z interpretacji profilowań geofizycznych, wykonanych w skali detalizacyjnej.

CHARAKTERYSTYKA HYDROGEOLOGICZNA

Interpretację profilowań geofizycznych do celów hydrogeologicznych przeprowadzono dla piaskowców karbońskich o jednolitym zapisie na krzywych sondowania oporności i minimalnej miąższości 5 m (Karwasiecka, Kwarciński, 1988). Na podstawie wskazań profilowań geofizycznych określono: mineralizację wody złożowej [c_{wz}], współczynnik porowatości piaskowców (na podstawie profilowań elektrometrii [Kp_e]), współczynnik porowatości (na pod-

stawie profilowania akustycznego prędkości [Kp_a]), współczynnik porowatości (na podstawie profilowania neutronowego [Kp_n]) oraz współczynnik nasycenia skały wodą złożową [Kw]. Zestawienie uzyskanych wyników badań, ich szczegółową analizę oraz porównanie z wynikami polowych i laboratoryjnych badań hydrogeologicznych przedstawiono w rozdziale poświęconym omówieniu badań hydrogeologicznych.

CHARAKTERYSTYKA TERMICZNA

W otworze Chełmek IG 1 profilowanie temperatury (PTu) w warunkach ustalonego reżimu cieplnego (po 10-cio dniowej stójce) wykonane zostało na głęb. 54–1312 m. Zły stan techniczny odwiertu uniemożliwił wykonania profilowania temperatury do spągu otworu. Po powtórnym przerobieniu otworu profilowanie temperatury (PTn) powtórzono

na głęb. 79–2252 m (fig. 29). Brak informacji odnośnie czasu stabilizacji temperatury. Znaczne różnice wartości temperatury pomierzonych na odpowiednich głębokościach pozwalają wnioskować, że pomiary temperatury pomierzone po przerobieniu otworu są zaburzone i nie odzwierciedlają rzeczywistej temperatury górotworu.

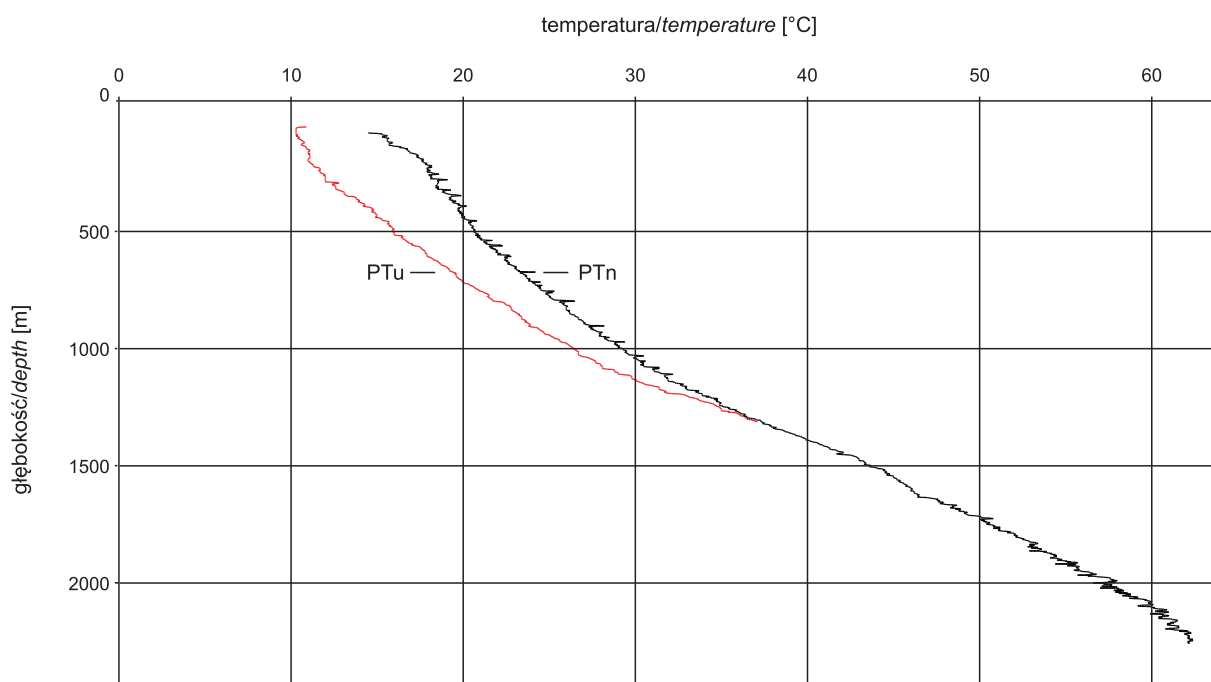


Fig. 29. Profilowania temperatury (PTu i PTn)

Temperature log

W trakcie pomiaru wykonanego w warunkach ustalonej równowagi cieplnej zarejestrowano następujące temperatury:

- 60,0 m (strop odcinka pomiarowego) – 10,3°C;
- 1143,25 m (spąg KSP) – 30,3°C;
- 1312,00 m (spąg odcinka pomiarowego) – 37,1°C.

Obliczony na podstawie pomiarów temperatury w warunkach ustalonej równowagi cieplnej gradient geotermiczny dla utworów karbonu dla głęb. 60–1312 m wynosi

2,14°C/100 m, natomiast gradient geotermiczny dla osadów krakowskiej serii piaskowcowej obliczony dla interwału 60–1143,25 m wynosi 1,80°C/100 m.

Dodatkowo w spągach interwałów pomiarowych na głęb. 1300 m i 2250 m wykonano pomiar temperatury termometrem maksymalnym $T_{\max}$:

$$T_{\max}(\text{głęb. 1300 m}) = 37,0^{\circ}\text{C},$$

$$T_{\max}(\text{głęb. 2250 m}) = 52,0^{\circ}\text{C}.$$

STAN TECHNICZNY ODWIERTU

Stan techniczny odwiertu określono na podstawie wyników profilowania średnicy odwiertu (PŚr) oraz pomiarów krzywizny odwiertu (PK). Pomiary krzywizny odwiertu wykonano jako jedną z metod badawczych podczas wykonywania strefowych badań geofizycznych (3 odcinki pomiarowe). Krok pomiarowy wykonania profilowania krzywizny odwiertu wynosił 25 m. Całkowite odejście spągu odwiertu od pionu wynosi 70,9 m, pod azymutem 238° (fig. 30).

Na podstawie profilowania średnicy odwiertu można stwierdzić, że średnica odwiertu jest w zasadzie zbliżona do średnicy nominalnej, wynikającej ze stosowanych narzędzi wiertniczych. W pierwszym odcinku pomiarowym przy średnicy nominalnej wynoszącej 308 mm, średnica rzeczywista otworu oscyluje wokół średnicy nominalnej, przy czym rozległe kawerny występują pod butem rur na głęb.

8,6–32,0 m, oraz na głęb.: 107,6–110,0; 140,4–148,0 i 224–229,4 m. W drugim odcinku pomiarowym średnica rzeczywista odwiertu jest zbliżona do średnicy nominalnej 216 mm, przy czym rozległe kawerny obserwujemy pod butem rur na głęb. 261,8–325 m oraz naprzeciwko przewierconych pokładów (warstw) węgla. Na odcinkach występowania piaskowców obserwujemy niewielkie zaciśnięcie odwiertu, zmniejszenie średnicy rzeczywistej w stosunku do średnicy nominalnej. W trzecim odcinku pomiarowym, w części stropowej, do głęb. 1658 m średnica nominalna odwiertu wynosi 143 mm, natomiast poniżej – 112 mm. W stropowej części tego odcinka, pod butem rur na głęb. 1181,0–1233,0 m występuje rozległa kawerna o maksymalnej średnicy dochodzącej do 300 mm. Poniżej, na odcinku wierconym narzędziami o średnicy nominalnej równej 143 mm, średnica

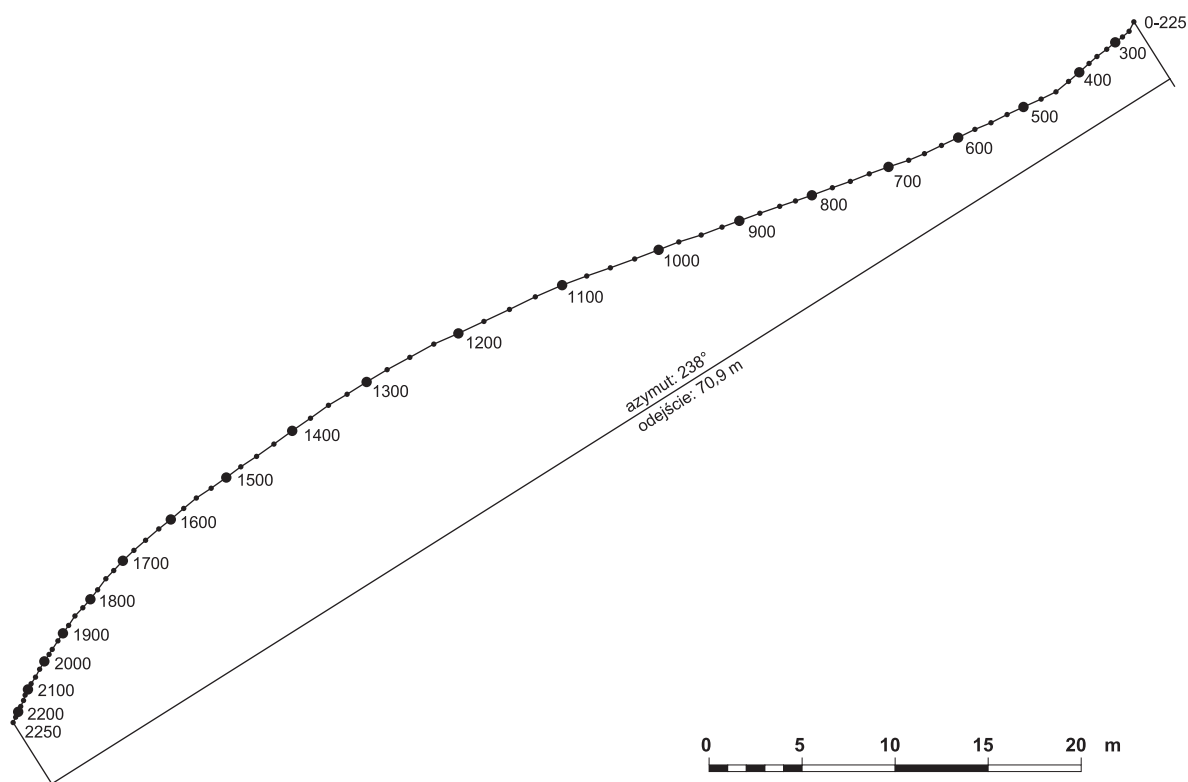


Fig. 30. Profilowanie krzywizny (PK)
Directional survey

rzeczywista odwiertu jest w zasadzie większa od średnicy nominalnej z kawernami na odcinkach występowania utworów fitogenicznych. Naprzeciwko grubych warstw piaskowców serii lądowych obserwujemy niewielkie zmniejszenie średnicy odwiertu poniżej średnicy nominalnej. Przedsta-

wiona poniżej średnica rzeczywista odwiertu wynosi przeciętnie:

- głęb. 1658–2000 m 140–165 mm
- głęb. 2000–2150 m 120–140 mm
- głęb. 2150–spąg odwiertu 110–20 mm.

Lidia DZIEWIŃSKA, Waldemar JÓŹWIĄK

PROFILOWANIA SEJSMOMETRYCZNE

Sprawozdanie z pomiarów sejsmometrycznych w otworze wiertniczym Chelmek IG 1 wykonanych przez Grupę Sejsmometrii Wiertniczej 1D/Kw obejmuje profilowanie prędkości średnich oraz pionowe profilowanie sejsmiczne (PPS). Wyniki zostały opracowane w styczniu 1986 r. przez Wydział Sejsmometrii Wiertniczej Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa (PGNiG) w Geofizyce Kraków (Karwasiecka, Kwarciński, 1988).

Prace pomiarowe w otworze wykonano aparaturą SS-24-6IM-GSC oraz sondą pięciogeofonową produkcji PGNiG. Rejestracji dokonano na taśmach magnetycznych i papierze oscylograficznym. Sejsmogramy oscylograficzne wykorzystano do opracowania prędkości średnich. Interwał pojedynczego pomiaru (odległość między kanałami) wynosił 10 m. W celu doboru odpowiednich warunków wzbudzania wykonano mikroprofilowanie otworów strzałowych oraz dynamikę. W rezultacie prace strzałowe wykonano z dwóch punktów strzałowych (PS) usytuowanych w odległości od głębokiego otworu PS1 – 147 m, PS2 – 464 m. Azymut mierzony w punkcie głębokiego otworu w kierunku PS1 i PS2 wynosił 355°. Wysokość względna PS1 i PS2 wynosiła 0 m, a poziom odniesienia pomiaru stanowił dla obu pomiarów wylot głębokiego otworu.

Wzbudzania dokonywano za pomocą dynamitu o średniej wielkości ładunku MW 0,45 kg. Całkowity interwał pomiarów z PS1 i z PS2 wynosił 0–2240 m, przy głębokości końcowej otworu 2254 m. Jakość otrzymanych materiałów oceniono na dobrą. Poziom odniesienia pomiarów przyjęto zgodnie z wysokością wylotu głębokiego otworu geologicznego tj. 267 m n.p.m.

Obliczenia obejmujące m.in. redukcję głębokości, czasów i poprawki czasowe wykonano na maszynie EMR-6135.

Głębokość zredukowaną wyznaczono wg wzoru:

$$h_r = h_{pom} - h_{odn}$$

gdzie:

h_r – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia [m];

h_{pom} – głębokość zanurzenia geofonu głębinowego [m];

h_{odn} – głębokość poziomu odniesienia [m]

(z uwzględnieniem niwelacji i głębokości strzelania)

Redukcję czasów do pionu wykonano metodą, która zakłada jednorodność ośrodka od punktu wybuchu do głębokości zanurzania geofonu wg wzoru:

$$t_r = \frac{h_r}{\sqrt{h_r^2 + d^2}} \cdot t_p$$

gdzie:

t_r – czas zredukowany [s];

h_r – głębokość zredukowana punktu pomiarowego do poziomu odniesienia [m];

t_p – czas poprawiony [s];

d – odległość punktu strzałowego PS od głębokiego otworu [m]

Poprawki czasowe liczone wg wzoru:

$$d_t = \frac{h - h_{odn}}{V_o}$$

gdzie:

h – głębokość strzelania [m];

V_o – prędkość fali w utworach przypowierzchniowych w strefie małych prędkości (SMP), która dla otworu wiertniczego Chelmek IG 1 wynosi 1700 m/s.

Opis warstw przypowierzchniowych (w m) przedstawia się następująco:

- dla PS1: 0–3 – piasek, 3–7 – il plastyczny, 7–11 – piasek zawodniony, 11–14 – il plastyczny, 40–52 – piaskowiec;
- dla PS2: 0–3 – piasek, 3–7 – il plastyczny, 7–14 – piasek zawodniony, 14–36 – il plastyczny, 36–40 – piaskowiec;

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

$$V_{sr} = \frac{h_r}{t_r}$$

Obliczenia wykonano przy pomocy odpowiedniego programu komputerowego. Charakter zmian prędkości w funkcji głębokości zilustrowano w odpowiednich tabelach i na wykresach. Zestaw wartości h_r , t_r i (V_{sr}) zestawiono w tabeli 50. Uzyskane wyniki stanowiły podstawę do

konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 31A) i hodo-
grafu pionowego (fig. 31B). Przedstawione wykresy wska-
żają na zależność między wzrostem głębokości a czasem
rejestracji i prędkością średnią. Widać systematyczny
wzrost prędkości wraz z głębokością.

Na podstawie załączonych wykresów i tabeli wyników
można wyznaczyć następujące prędkości średnie (w [m/s]):
1830 – nadkład, 2870 – krakowska seria piaskowcowa, 2952
– seria mułowcowa, 3238 – górnośląska seria piaskowcowa,
3238 – seria paraliczna, 3287 – warstwy malinowickie.

Sejsmografy magnetyczne z pomiarów PPS opracowano
na Centrali Cyfrowej MS-421. Opracowanie to obejmowało
obróbkę wstępną (DSF) oraz obróbkę w systemie SYSIS.
Obróbka wstępna polegała na konwersji analogowo-cyfro-
wej, w ramach której wykonano dwie taśmy zbiorcze: taśmę
zbiorczą rejestracji i taśmę zbiorczą momentu wybuchu.
Obróbka w systemie SYSIS obejmuje następujący cykl prac:
na wstępie wykonanie sejsmogramu zbiorczego w „pro-
stym” zapisie, wprowadzenie poprawki na momenty wybu-
chu oraz uporządkowanie rejestracji (wyrzucenie złych

i dodatkowych) i następnie centrowanie zapisu (F. CEN-
TRAGE), normalizacja zapisu (F. NORMALIS), filtracja
„50” Hz (filtr wycinający, typ filtru rekurencyjny zastosowa-
ny dwukrotnie), filtracja zasadnicza (filtr splotowy) 12/24-
40/48 i wyrównanie dynamiki (F. EGADYN).

W wyniku wymienionych operacji otrzymano właści-
wie opracowany sejsmogram zbiorczy. Dla dokładniejszej
korelacji fal odbitych i w celu wyeliminowania tła zakłó-
ceń, wykonano sumowanie kierunkowe na bazie czterech
kanałów z zastosowaniem wielokanałowej filtracji kierun-
kowej. Sumowanie wykonano w kierunkach „+” i „-”.
Użyto następujący zestaw funkcji do filtracji kierunkowej:

LIRE	EXE	ECRI
FMC	FMC	FMC

W etapie końcowym wykonano operację nałożenia sum „+”
i „-”.

W celu dokładniejszego dowiązania głębokościowego
i czasowego zaobserwowanych fal odbitych, wykonano na
podstawie pomiarów PPS sekcję czasową PPS (2T). Sekcja

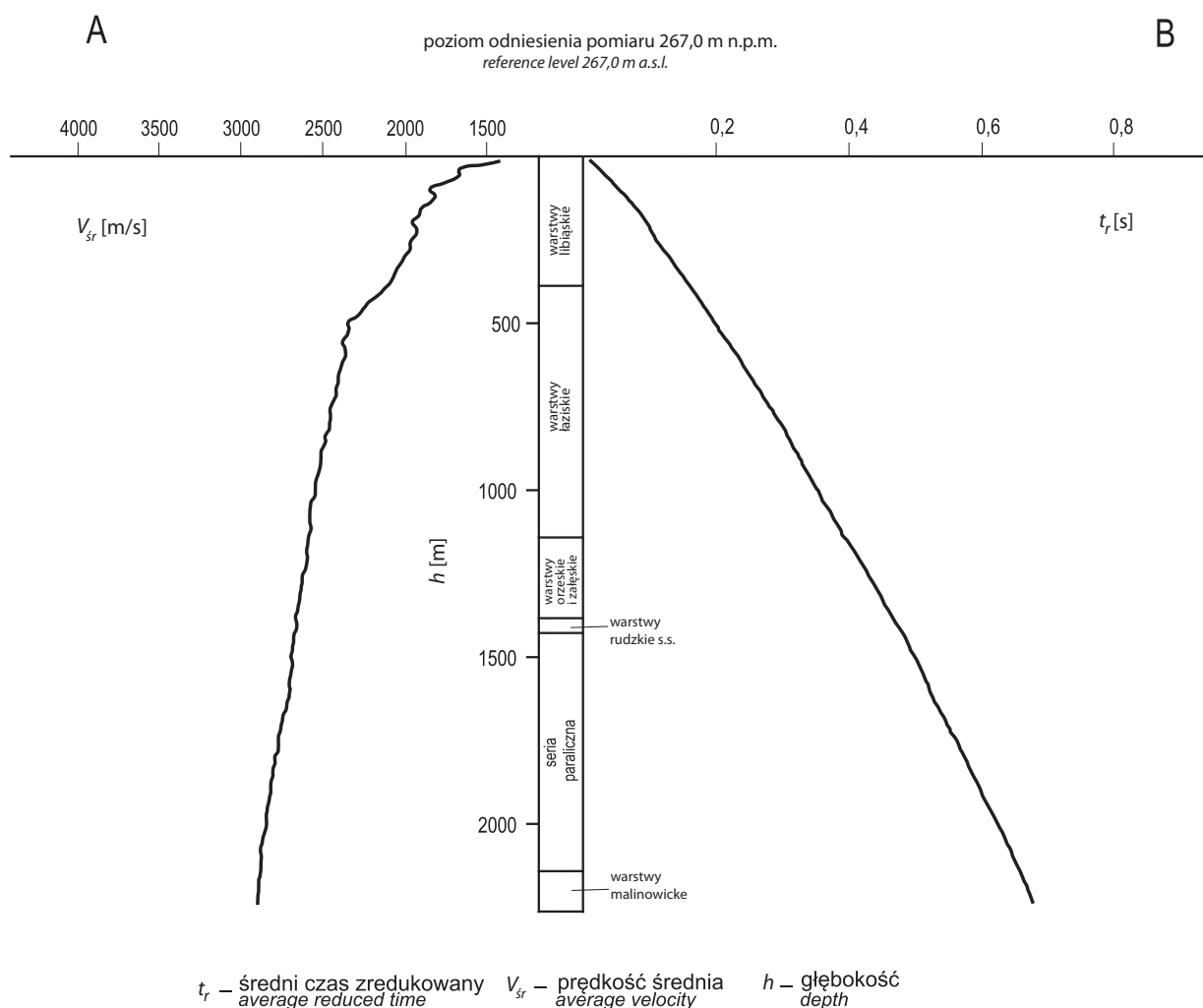


Fig. 31. Wykres prędkości średnich (A) i hodo-
graf pionowy (B)

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B)

Tabela 50

Zestawienie wartości głębokości (h), średniego czasu zredukowanego (t_r) i prędkości średnich (V_s)Depth (h), average reduce time (t_r), average velocity (V_s)

h [m]	t_r [s]	V_s [m/s]	h [m]	t_r [s]	V_s [m/s]
1	2	3	1	2	3
10	0,0070	1429	420	0,1690	2485
20	0,0120	1667	430	0,1730	2486
30	0,0180	1667	440	0,1755	2507
40	0,0230	1739	450	0,1790	2514
50	0,0270	1852	460	0,1830	2514
60	0,0330	1818	470	0,1865	2520
70	0,0380	1842	480	0,1895	2533
80	0,0420	1905	490	0,1925	2545
90	0,0470	1915	500	0,1960	2551
100	0,0510	1961	510	0,2000	2550
110	0,0570	1930	520	0,2020	2574
120	0,0620	1935	530	0,2055	2579
130	0,0660	1970	540	0,2090	2584
140	0,0710	1972	550	0,2130	2582
150	0,0750	2000	560	0,2175	2575
160	0,0790	2025	570	0,2205	2585
170	0,0830	2048	580	0,2235	2595
180	0,0870	2069	590	0,2270	2599
190	0,0910	2088	600	0,2310	2597
200	0,0940	2128	610	0,2345	2601
210	0,0970	2165	620	0,2375	2611
220	0,0990	2222	630	0,2400	2625
230	0,1020	2255	640	0,2435	2628
240	0,1050	2286	650	0,2465	2637
250	0,1065	2347	660	0,2500	2640
260	0,1110	2342	670	0,2530	2648
270	0,1145	2358	680	0,2560	2656
280	0,1175	2383	690	0,2585	2669
290	0,1225	2367	700	0,2630	2662
300	0,1270	2362	710	0,2665	2664
310	0,1300	2385	720	0,2685	2682
320	0,1335	2397	730	0,2720	2684
330	0,1370	2409	740	0,2755	2686
340	0,1410	2411	750	0,2780	2698
350	0,1445	2422	760	0,2830	2686
360	0,1485	2424	770	0,2855	2697
370	0,1515	2442	780	0,2885	2704
380	0,1545	2460	790	0,2915	2710
390	0,1590	2453	800	0,2960	2703
400	0,1625	2462	810	0,2990	2709
410	0,1665	2462	820	0,3015	2720

Tabela 50 cd.

1	2	3	1	2	3
830	0,3040	2730	1280	0,4350	2943
840	0,3060	2745	1290	0,4390	2938
850	0,3090	2751	1300	0,4410	2948
860	0,3115	2761	1310	0,4440	2950
870	0,3140	2771	1320	0,4470	2953
880	0,3175	2772	1330	0,4490	2962
890	0,3210	2773	1340	0,4515	2968
900	0,3225	2791	1350	0,4540	2974
910	0,3260	2791	1360	0,4580	2969
920	0,3280	2805	1370	0,4610	2972
930	0,3310	2810	1380	0,4640	2974
940	0,3335	2819	1390	0,4665	2980
950	0,3370	2819	1400	0,4695	2982
960	0,3395	2828	1410	0,4735	2978
970	0,3420	2836	1420	0,4760	2983
980	0,3450	2841	1430	0,4795	2982
990	0,3475	2849	1440	0,4830	2981
1000	0,3515	2845	1450	0,4850	2990
1010	0,3540	2853	1460	0,4875	2995
1020	0,3560	2865	1470	0,4900	3000
1030	0,3585	2873	1480	0,4915	3011
1040	0,3610	2881	1490	0,4945	3013
1050	0,3650	2877	1500	0,4980	3012
1060	0,3685	2877	1510	0,5015	3011
1070	0,3715	2880	1520	0,5035	3019
1080	0,3740	2888	1530	0,5055	3027
1090	0,3765	2895	1540	0,5075	3034
1100	0,3800	2895	1550	0,5095	3042
1110	0,3830	2898	1560	0,5125	3044
1120	0,3860	2902	1570	0,5145	3052
1130	0,3880	2912	1580	0,5175	3053
1140	0,3900	2923	1590	0,5195	3061
1150	0,3955	2908	1600	0,5205	3074
1160	0,3995	2904	1610	0,5225	3081
1170	0,4015	2914	1620	0,5245	3089
1180	0,4050	2914	1630	0,5270	3093
1190	0,4080	2917	1640	0,5290	3100
1200	0,4110	2920	1650	0,5335	3093
1210	0,4150	2916	1660	0,5355	3100
1220	0,4180	2919	1670	0,5380	3104
1230	0,4210	2922	1680	0,5415	3102
1240	0,4245	2921	1690	0,5450	3101
1250	0,4265	2931	1700	0,5465	3111
1260	0,4295	2934	1710	0,5495	3112
1270	0,4320	2940	1720	0,5515	3119

Tabela 50 cd.

1	2	3	1	2	3
1730	0,5535	3126	1990	0,6205	3207
1740	0,5570	3124	2000	0,6230	3210
1750	0,5610	3119	2010	0,6255	3213
1760	0,5635	3123	2020	0,6285	3214
1770	0,5655	3130	2030	0,6305	3220
1780	0,5675	3137	2040	0,6325	3225
1790	0,5700	3140	2050	0,6355	3226
1800	0,5730	3141	2060	0,6375	3231
1810	0,5755	3145	2070	0,6395	3237
1820	0,5775	3152	2080	0,6430	3235
1830	0,5795	3158	2090	0,6440	3245
1840	0,5820	3162	2100	0,6455	3253
1850	0,5845	3165	2110	0,6485	3254
1860	0,5870	3169	2120	0,6510	3257
1870	0,5890	3175	2130	0,6535	3259
1880	0,5925	3173	2140	0,6560	3262
1890	0,5950	3176	2150	0,6585	3265
1900	0,5975	3180	2160	0,6605	3270
1910	0,5995	3186	2170	0,6625	1429
1920	0,6010	3195	2180	0,6645	1667
1930	0,6035	3198	2190	0,6670	1667
1940	0,6070	3196	2200	0,6690	1739
1950	0,6090	3202	2210	0,6715	1852
1960	0,6125	3200	2220	0,6735	3296
1970	0,6150	3203	2230	0,6750	3303
1980	0,6170	3209	2240	0,6770	3309

ta powstała w wyniku zastosowania odpowiednich poprawek pozycyjnych z wykorzystaniem maszyny cyfrowej. Operację wykonania sekcji przeprowadzono na sejsmogramach zbiorczych PPS z wybraną filtracją. W celu stworzenia lepszych możliwości rozdzielczych fal odbitych a eliminacji zakłócających, zastosowano na czasowej sekcji PPS – filtr wachlarzowy. Po zastosowaniu wymienionego filtru obraz falowy jest wyraźniejszy, ale wymaga bardzo ostrożnej interpretacji, ponieważ czasami nie tylko fale odbite ulegają wzmocnieniu, ale również niektóre fale zakłócające, stwarzając wrażenie, że są fragmentarycznymi falami odbitymi. W celu dalszego polepszenia rozdzielczości fal odbitych, zastosowano filtrację kierunkową wielokanałową.

Porównania wyników otrzymanych z PPS z wynikami sejsmiki powierzchniowej dokonano na podstawie zestawienia z fragmentem profilu sejsmicznego. Do analizy wyników pomiarów PPS wzięto pod uwagę następujące materiały: wykresy zbiorcze PPS, sejsmogramy zbiorcze PPS z PS1 i PS2 oraz czasowy przekrój sejsmiczny wykonany na podstawie PPS z PS1.

Na sejsmogramach zbiorczych PPS z PS1 i PS2 obserwuje się zakłócony obraz falowy i fragmentaryczne występowanie refleksów, co może być spowodowane usytuowaniem otworu Chelmek IG1 w sąsiedztwie strefy dyslokacyjnej. Znajduje to potwierdzenie na profilu sejsmicznym odległym od otworu ok. 1,5 km, na którym częściowy brak wyników w tej strefie też wskazuje na strefę zaburzoną.

Po przeprowadzonej analizie wszystkich ww. pomiarów wyznaczono kilka bardziej wyraźnych, chociaż fragmentarycznie zarysowanych, refleksów i przypisano im najbardziej zbliżone czasy i głębokości, co obrazuje figura 32. Wydzielono pierwszy refleks przypisany stratygraficznie krakowskiej serii piaskowcowej na czasie 0,6 s (głęb. 800 m). Drugi refleks wyznaczono na granicy krakowskiej serii piaskowcowej z serią mułowcową na czasie 0,8 s (głęb. 1150 m) o współczynniku odbicia 0,242. Trzeci refleks związany z serią paraliczną rysuje się na czasie 1,1 s (głęb. 1760 m) o współczynniku odbicia 0,250. Ponadto wydzielono dwa refleksy na czasie 1,4 s i 1,8 s poniżej dna głębokiego odwiertu. Sądząc po dość dużych wartościach współczynników odbicia refleksów 2 i 3, można przypuszczać, że w re-

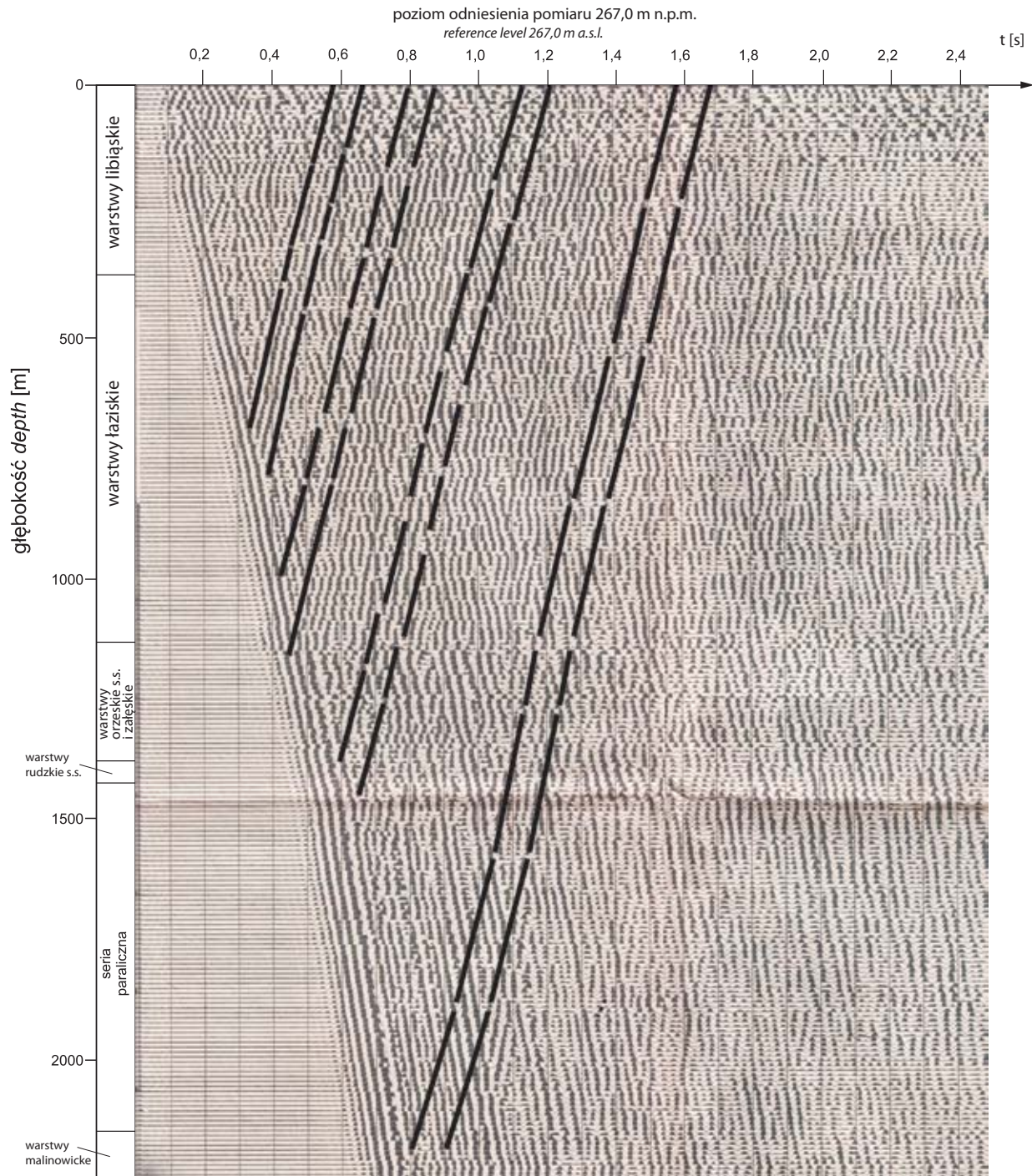


Fig. 32. Pionowe profilowanie sejsmiczne (PPS)

Vertical Seismic Profiling (VSP)

jonie otworu Chełmek IG 1, przy zastosowaniu odpowiedniej metodyki pomiarów sejsmicznych, mogą być możliwości otrzymania odbić poniżej czasu 1 sekundy.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych, a szczególnie ich średnich wartości, zastosowano sposób wygładzania wartości pomiarów geofizycznych. Metoda ta może być stosowana w sytuacji, gdy wartości zmierzone zmieniają się przypadkowo z punktu na punkt w granicach błędu pomiarowego. Warunkiem możli-

wości jej wykorzystania jest stały odstęp pomiędzy punktami pomiarowymi. Podany sposób zastosowano do wygładzania czasów z pomiarów prędkości średnich, z zadaniem 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 zmierzone czasy zredukowane do pionu przy pomocy splotu z odpowiednim filtrem. Przetwarzanie to polegało na przeliczaniu czasów i prędkości do poziomu odniesienia pomiaru i interpolacji tych wartości dla znormalizowanych przedziałów głębokości co 20 m. Następnie czasy te wygładzono specjalnym programem przez zastosowanie operacji splotu z filtrem trójkątnym, stosując 20 razy filtry 0,25 i 0,50. Celem tych przekształceń, usuwających przypadkowe odchylenia poszczególnych danych pomiarowych (wynikających z niedokładności pomiarów) było przygotowanie materiałów do obliczenia prędkości interwałowych. Przy pierwszym wygładzaniu zostają zmniejszone przypadkowe skoki wartości czasów, spowodowane zaokrągleniem ich wartości do 1 ms lub błędami pomiarowymi. Kolejne powtarzanie wymienionych operacji powoduje zaokrąglenie załamów (hodografu), spowodowanych zmianami prędkości w kolejnych warstwach. W ten sposób powstały dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone czasy pomiarów 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, utworzonych w latach 90. XX wieku w Zakładzie Geofizyki PIG do potrzeb interpretacji refleksyjnych prac sejsmicznych. Bank ten przekazano do Centralnej Bazy Danych Geologicznych PIG-PIB.

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 czasów wygładzonych 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 prędkości obliczonych z czasów wygładzonych odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi. Zestawienie uśrednionych wartości V_w (prędkości wygładzone), V_i (prędkości interwałowe) i V_k (prędkości kompleksowe) obliczonych z czasów wygładzonych zawarto w tabeli 51. Krzywe prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych przedstawiono na figurze 33. Zestawienie wykresów prędkości z profilem geologicznym wiercenia umożliwia powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi w otworze.

Charakterystyczną cechą wszystkich trzech krzywych prędkości jest ich wyraźna trójdzielność. Górna ich część, do głęb. ok. 830 m, w zasadzie o najniższych wartościach, ale największym interwale zmienności, wskazującym na różnice w składzie litologicznym w obrębie warstw geologicznych, obejmuje wyższe partie krakowskiej serii piaskowcowej karbonu i jej nadkład (czwartorzęd oraz miocen i – trias?). Część środkowa, do głęb. ok. 1530 m, relatywnie o wyższych wartościach, odpowiada dolnym utworom krakowskiej serii piaskowcowej oraz serii mułowcowej i górn-

śląskiej serii piaskowcowej. Trzecia – dolna część krzywych – koreluje z mułowcowo-piaszczystymi warstwami serii paralicznej i piaszczystymi warstw malinowickich.

Do głęb. ~170 m wartość prędkości kompleksowej wynosi 2170 m/s. Po czym następuje obejmujący odcinek ~240 m, bardzo duży wzrost do 2750 m/s, co daje kontrast prędkości 580 m/s. Zmiana ta, widoczna też na krzywej prędkości interwałowej, jest zlokalizowana w części środkowej warstw libiąskich. Poniżej tej anomalii krzywa prędkości kompleksowej do głęb. ~410 m, czyli w pobliżu spągu warstw libiąskich, przyjmuje wartość ~2900 m/s. Od tego miejsca do głęb. 830 m obserwuje się schodkowy wzrost wartości na wszystkich krzywych. W rezultacie następuje przejście do spowodowanej kontrastem prędkości ~600 m/s, prędkości kompleksowej ~3500 m/s, która obejmuje 280 m interwał krzywych prędkościowych. Jest to bardzo monotony odcinek krzywej prędkości do głęb. 1100 m, która odpowiada w profilu geologicznym otworu granicy między krakowską serią piaskowcową a serią mułowcową. Na tej głębokości obserwuje się w przedziale odpowiadającym górnym warstwom serii mułowcowej zmniejszenie prędkości kompleksowej do 3250 m/s. Po czym następuje ponowny systematyczny, w postaci kilku kolejnych stopni, wzrost wartości do 4100 m/s. Zauważalny jest tu kontrast prędkości zanotowany na krzywej prędkości interwałowej na głęb. ok. 1400 m, odpowiedzialny prawdopodobnie za przejście utworów z przewagą mułowców w osady ze zwiększonym udziałem piaskowców, co ma miejsce w strefie kontaktowej serii mułowcowej z warstwami rudzkimi s.s. górnoszląskiej serii piaskowcowej. Takie zmiany na wykresach prędkości świadczą o występowaniu w tym przedziale głębokościowym cieniokich zróżnicowanych litologicznie warstw, wykształconych jako wzajemnie prze-warstwiające się głównie piaskowce i mułowce.

Trzecią – dolną – część krzywych wydziela silny, wspomniany już, kontrast prędkości kompleksowej na głęb. ~1530 m, czyli poniżej stropu serii paralicznej, świadczący o kolejnym wzroście udziału piaskowców w tych utworach. Również na tym dość monotonnym, o prędkości kompleksowej oscylującej ok. wartości 4000 m/s, blisko 600-metrowym odcinku zaznacza się w przedziale 1670–1810 m odcinek o mniejszych wartościach, związany przypuszczalnie ze zmianą składu litologicznego na korzyść osadów mułowcowych. Znajduje to odzworowanie również na krzywej interwałowej w okolicach 1750 m głębokości wiercenia. Kolejny wysoki wzrost prędkości (o wartości 500 m/s), czyli do 4500 m/s, występuje powyżej stropu warstw malinowickich, na głęb. ok. 2090 m, która wyznacza miejsce zmiany wykształcenia litologicznego w tej serii utworów w stosunku do nadkładu. Prędkość interwałowa potwierdza piaskowcowe wykształcenie tego kompleksu.

Prędkość jako pochodna czasu jest zależna od zmian w profilu geologicznym warstw przewierconych. Ilość możliwych do rozróżnienia warstw zależy od kontrastu właściwości sprężystych między utworami nadległymi i podścielającymi oraz stosunku miąższości danej warstwy do interwału, jaki określa prędkość. Obserwowane kontrasty prędkości są efektem zmian w wykształceniu litologicznym poszcze-

Tabela 51

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

Depth (h), average interval velocity (V_i), complex velocity (V_k) and smoothed velocity (V_w) 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]
1	2	3	4	1	2	3	4
20	2008	2170	1905	840	3495	3495	3483
40	2008	2170	1966	860	3495	3495	3538
60	2008	2170	2023	880	3495	3495	3572
80	2008	2170	2102	900	3495	3495	3586
100	2008	2170	2203	920	3556	3495	3583
120	2504	2170	2323	940	3556	3495	3569
140	2504	2170	2456	960	3556	3495	3550
160	2504	2170	2589	980	3556	3495	3527
180	2504	2761	2703	1000	3556	3495	3500
200	2504	2761	2779	1020	3413	3495	3470
220	2780	2761	2809	1040	3413	3495	3436
240	2780	2761	2802	1060	3413	3495	3397
260	2780	2761	2774	1080	3413	3495	3355
280	2780	2761	2746	1100	3413	3495	3312
300	2780	2769	2732	1120	3374	3269	3274
320	2776	2769	2735	1140	3334	3269	3243
340	2776	2769	2755	1160	3297	3269	3227
360	2776	2769	2786	1180	3266	3269	3228
380	2776	2769	2821	1200	3247	3269	3248
400	2776	2769	2856	1220	3349	3269	3284
420	2910	2913	2885	1240	3349	3269	3329
440	2910	2913	2908	1260	3349	3269	3375
460	2910	2913	2923	1280	3349	3438	3414
480	2910	2913	2930	1300	3349	3438	3440
500	2910	2913	2932	1320	3459	3438	3452
520	2945	2913	2931	1340	3459	3438	3456
540	2945	2973	2934	1360	3459	3438	3458
560	2945	2973	2944	1380	3459	3646	3468
580	2945	2973	2964	1400	3459	3646	3493
600	2945	2973	2991	1420	3662	3646	3540
620	3058	2973	3021	1440	3662	3646	3608
640	3058	2973	3050	1460	3662	3646	3697
660	3058	3090	3074	1480	3662	3646	3800
680	3058	3090	3091	1500	3662	3646	3912
700	3058	3090	3106	1520	4122	3646	4023
720	3187	3090	3125	1540	4122	4118	4120
740	3187	3238	3154	1560	4122	4118	4185
760	3187	3238	3198	1580	4122	4118	4206
780	3187	3238	3259	1600	4122	4118	4177
800	3187	3238	3333	1620	3978	4118	4107
820	3495	3238	3411	1640	3978	4118	4017

Tabela 51 cd.

1	2	3	4	1	2	3	4
1660	3978	4118	3929	1960	3974	4049	3959
1680	3978	3862	3860	1980	3974	4049	3973
1700	3978	3862	3821	2000	3974	4049	4008
1720	3862	3862	3813	2020	4168	4049	4063
1740	3862	3862	3833	2040	4168	4049	4131
1760	3862	3862	3871	2060	4168	4049	4205
1780	3862	3862	3920	2080	4168	4049	4279
1800	3862	3862	3968	2100	4168	4479	4348
1820	4020	4016	4006	2120	4513	4479	4415
1840	4020	4016	4029	2140	4513	4479	4480
1860	4020	4016	4035	2160	4513	4479	4549
1880	4020	4016	4026	2180	4513	4479	4617
1900	4020	4016	4006	2200	4513	4479	4677
1920	3974	4016	3982	2220	4500	4500	4720
1940	3974	4049	3964	2240	4500	4500	4700

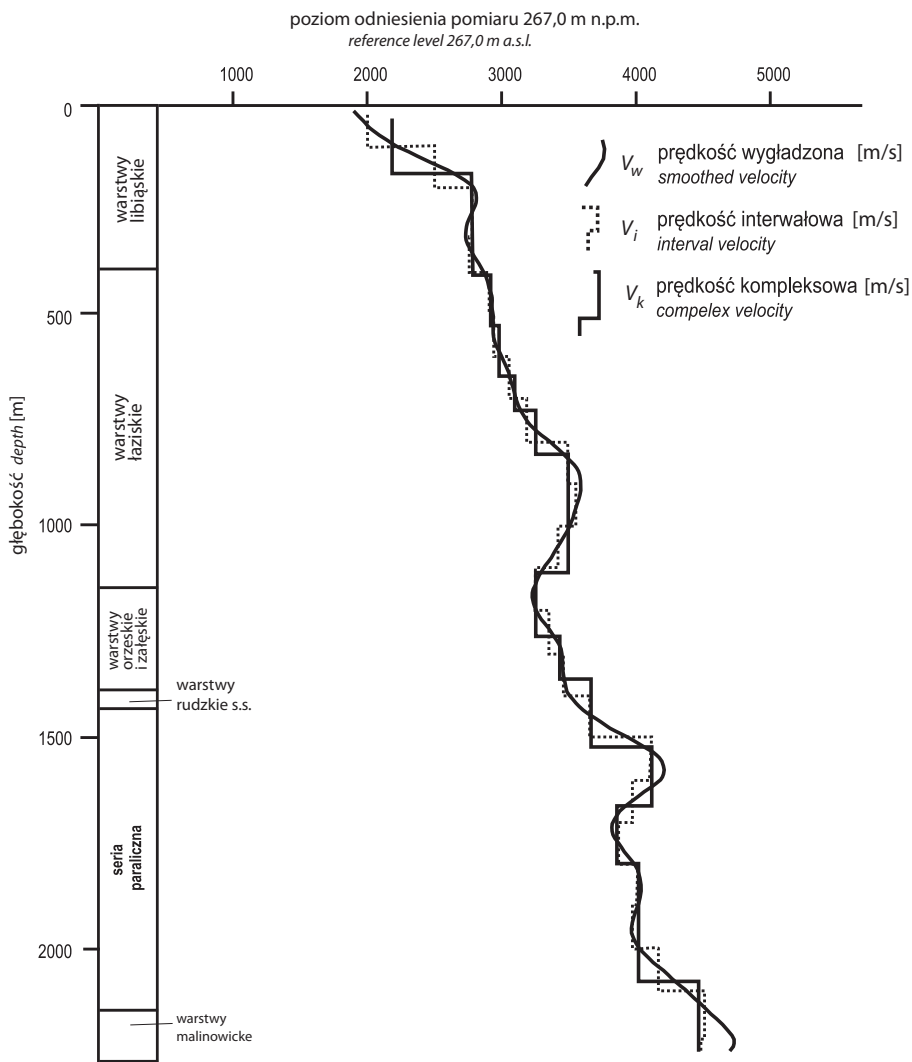


Fig. 33. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), interwałowych (V_i) i kompleksowych (V_k)
Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity (V_k)

gólnych ogniw litostratygraficznych. Następstwem tego było określenie granic między nimi. W przypadku piaskowców ilastych i mułowców piaszczystych zadanie wydzielenia granic dla cienkich warstw jest trudne.

Analiza wyników pomiarów prędkości sejsmicznych w otworze wiertniczym Chełmek IG 1 upoważnia do wydzielenia czterech głównych kompleksów prędkościowych obejmujących:

- I – nadkład i warstwy libiąskie do głęb. ~400 m, o średniej prędkości 2300 m/s, z uwzględnieniem kontrastu w środkowej części warstw libiąskich;
- II – górne serie warstw łaziskich do głęb. ~830 m, o średniej prędkości 3200 m/s;
- III – dolne warstwy krakowskiej serii piaskowcowej, serię mułowcową oraz warstwy rudzkie i górne – bardziej mułowcowe – osady serii paralicznej do głęb. ~1520 m, o średniej prędkości 3400 m/s (zanizonej szczególnie przez 160-metrowy kompleks w górnej części serii mułowcowej);
- IV – serię paraliczną o średniej prędkości 4000 m/s, z wydzieleniem w przedziale głęb. 2100 m – spąg pomiaru piaskowcowych warstw malinowickich o prędkości średniej 4500 m/s.

Powyższe wnioski potwierdzają dane uzyskane na podstawie interpretacji wyników pionowego profilowania sejsmicznego (PPS), co ilustruje złożony obraz falowy zarejestrowany z PS1 (fig. 32). Obserwuje się szereg fragmentarycznych odbić w obrębie karbonu. Podkreślić należy zgodność odbicia wyznaczonego na czasie ~0,6 s z głęb. ~800 m z kontrastem prędkości zarejestrowanym na krzywych prędkościowych w obrębie warstw krakowskiej serii piaskowcowej. Drugie odbicie na czasie 0,8 s z głęb. 1150 m, o współczynniku odbicia 0,242 odpowiada granicy

krakowskiej serii piaskowcowej z serią mułowcową i potwierdza kontrast wartości wyinterpretowany na krzywej prędkości interwałowej. Podobnie odbicie w obrębie serii paralicznej, na czasie 1,1 s z głęb. 1760 m o współczynniku odbicia 0,250, koreluje z wyróżnionym odcinkiem o mniejszych wartościach na wykresach prędkości kompleksowej i interwałowej. Ekstrapolacja pozostałych refleksów z czasów 1,4 i 1,8 s wskazuje na odbicia poniżej dna wiercenia.

Otrzymane wyniki stanowią znaczący materiał do uaktualnienia modelu prędkości, niezbędnego do prawidłowego głębokościowego opracowania materiałów sejsmicznych z rejonu GZW. Badania sejsmiczne refleksyjne wykonane w latach 1970–1980 przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego i przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo Kraków w ramach tematów GZW, są związane z rozpoznawaniem budowy karbonu produktywnego i dewonu na tym obszarze. Na przekrojach sejsmicznych zarejestrowano granice z miocenu, z tym że głównie wydzieliła się granica wiązana z kontrastem prędkości między warstwami przyspągowymi miocenu a stropem karbonu. W obrębie karbonu uzyskano szereg granic odbijających, ale ze względu na zmienną dynamikę i przerwy w korelacji, interpretacja jest trudna i niejednoznaczna. Wynika to z tego, że zarejestrowane refleksy powstające na warstwach o kontrastujących prędkościach wyróżniają się w przypadku, gdy odbicie to następuje po bardziej miększej warstwie, charakteryzującej się prawie stałą prędkością.

Uwzględnienie w rozkładach prędkości wyników z pomiarów w otworze wiertniczym Chełmek IG 1, sięgających 2240 m, ułatwi korelację i przyporządkowanie poziomów refleksyjnych na przekrojach do poszczególnych pięter.