

WYNIKI BADAŃ GEOFIZYCZNYCH

Sylwia KIJEWSKA

BADANIA SEJSMICZNE

Otwór Września IG 1 w planie pod pokrywą kenozoiczną jest zlokalizowany na SW skraju segmentu mogileńsko-lódzkiego, natomiast w podłożu podpermskim w zasięgu pasma fałdowo-nasuwczego wielkopolskiego i morawsko-śląskiego (Żelaźniewicz i in., 2011). Od początku lat 70. w promieniu 10 km od otworu pomierzono ponad 80 profili sejsmicznych, w tym najnowsze w 2019 i 2011 r.

Do interpretacji wybrano fragment profilu sejsmicznego wykonanego w 2019 r. o przebiegu SW-NE. Wartość 0 na czasowym przekroju sejsmicznym wyznacza poziom 100 m n.p.m. (fig. 37). Dowiązanie danych sejsmicznych do otworu oparto głównie na pomiarach prędkości średnich. Pozwoliło to na wyznaczenie horyzontów sejsmicznych korelowanych ze stropem warstw: karbonu, permu dolnego

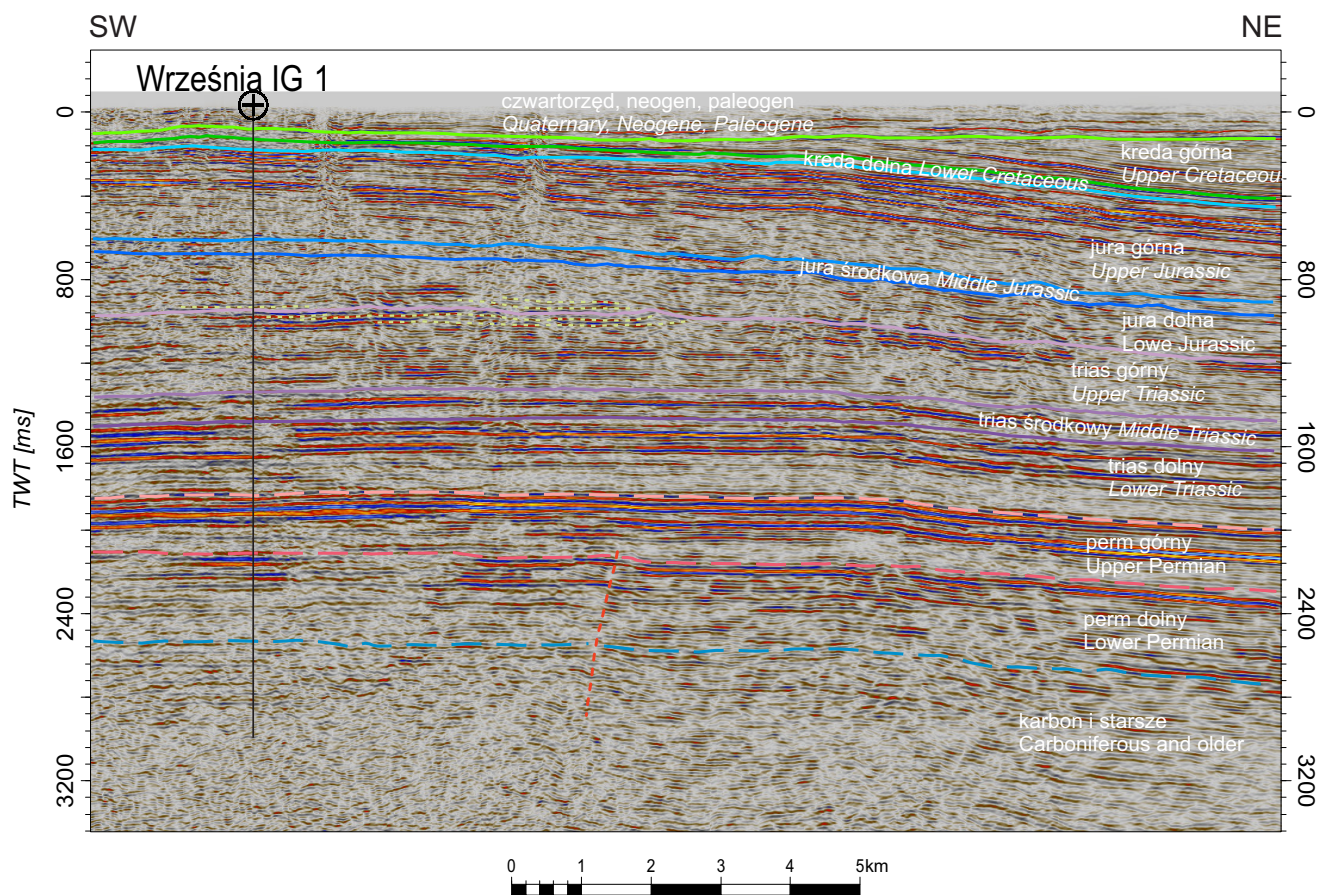


Fig. 37. Interpretacja fragmentu czasowego profilu sejsmicznego

A part of interpreted time seismic section

(czerwonego spągowca), permu górnego (cechsztynu), triasu dolnego, środkowego i górnego, jury dolnej, środkowej i górnej, kredy dolnej, a także horyzont związany z regionalną powierzchnią erozyjną, będący w tym obszarze stropem osadów kredy górnej. Wyznaczając poszczególne horyzonty sejsmiczne sugerowano się litologią wyznaczoną w otworze, która ma bezpośredni wpływ na kontrast impedancji akustycznej pomiędzy poszczególnymi warstwami litologicznymi. W wyniku problemów technicznych w trakcie wykonywania pomiarów w otworze pomiary krzywej akustycznej oraz pionowego profilowania sejsmicznego nie objęły całego przedziału głębokości, co wpłynęło na niepewność korelacji trzech najgłębiej położonych horyzontów na obrazie sejsmicznym (zaznaczone przerywaną linią).

Budowa geologiczna w otoczeniu otworu Września IG 1 nie jest skomplikowana. Najgłębiej zalegające warstwy, od karbonu do triasu środkowego włącznie, nie wykazują znaczących zmian miąższości. W obrębie osadów karbonu pomimo obniżonej jakości obrazu falowego zarejestrowane horyzonty sejsmiczne układają się zgodnie z leżącymi wyżej warstwami i nie stwierdzono widocznych ciągłych deformacji. Nie można natomiast wykluczyć obecności uskoków naruszających strop czerwonego spągowca i być może strop karbonu. W dalszym sąsiedztwie otworu, w rejonie położonym ok. 30–40 km ku południowemu zachodowi, analiza wyników sejsmiki 3D (Kwolek, 2000, 2004) sugeruje właśnie występowanie uskoków normalnych i odwróconych w obrębie utworów czerwonego spągowca i najwyższej części kompleksu karbońskiego. Energia sygnału wzdłuż horyzontów sejsmicznych poniżej stropu permu jest zmienna, jednak nie stwierdzono wyraźnego przerywania ciągłości sygnału, mogącego jednoznacz-

nie wskazywać na powstanie uskoku. Wyjątek może stanowić strop czerwonego spągowca, gdzie na przekroju uskok zaznaczono czerwoną kropkowaną linią (fig. 37). Zmiana miąższości jest widoczna dopiero w warstwie triasu górnego, gdzie w kierunku NE, mniej więcej w połowie przekroju prezentowanego na figurze 37 zaznacza się wyklinowanie horyzontów sejsmicznych. Widoczne zmiany w miąższości w triasie mogą być związane ze znacznymi ruchami tektonicznymi, które miały miejsce w czasie trwania noryku i retyku (Deczkowski, Franczyk, 1988a). Podobne zmiany miąższości, wynikające z syndepozycyjnych ruchów tektonicznych, związanych prawdopodobnie z powstawaniem garbu wielkopolskiego (Deczkowski, Franczyk, 1988b), można zaobserwować w obrębie osadów jury dolnej. Jura środkowa w obszarach wyniesionych charakteryzuje się skróconym profilem stratygraficznym (Dayczak-Calikowska, Moryc, 1988), co jest widoczne w otworze i na interpretacji strukturalnej profilu sejsmicznego. Miąższość kredy dolnej i górnej w otworze Września IG 1 również jest nieduża (odpowiednio 77,5 i 50,5 m). W przypadku kredy dolnej wartości te nie ulegają zmianom wzdłuż interpretowanego profilu. Określenie pierwotnej miąższości osadów kredy górnej nie jest możliwe. Po późnokredowo-paleocenońskiej inwersji bruzdy śródpolskiej (Krzywiec, 2002), w trakcie której prawdopodobnie warstwy uległy wyniesieniu i powstała antyklinalna struktura, nastąpiła głęboka erozja. Spowodowało to usunięcie znacznej ilości osadów, zwłaszcza w szczytowej części wyniesienia. W NE części profilu wyraźnie zaznacza się ścięcie horyzontów sejsmicznych, które od góry są ograniczone ciągłym refleksem. Stanowi on regionalną powierzchnię erozyjną, która równocześnie wyznacza strop kredy górnej, na którym niezgodnie zalegają osady kenozoiczne.

Marcin ŁOJEK

BADANIA GEOFIZYKI OTWOROWEJ

CEL BADAŃ

Celem wiercenia Września IG 1 było zbadanie budowy geologicznej oraz perspektyw węglowodorowych perm-skich struktur wgłębnych, w szczególności widocznej na sejsmicie w tych utworach struktury antyklinalnej oraz wykształcenia litologicznego podperm-skich kompleksów skalnych centralnej części antyklinorium pomorskiego w aspekcie ich budowy strukturalnej i zawartości bitumin (Sokolowski i in., 1977).

Otwór pierwotnie zaprojektowano na głębokość 4500 m. W toku realizacji wiercenia okazało się, że głębokości zalegania poszczególnych horyzontów (opartych na rozkładzie prędkości z otworu Środa IG 3) występują głę-

biej niż zakładano, w związku z powyższym zaprojektowano głębienie otworu do 6000 m w celu pełniejszego rozpoznania utworów podperm-skich. Po osiągnięciu 5904,2 m na skutek awarii (zgięcia rur – 24.04.1976 r.) otwór został zakończony, nie osiągając głębokości projektowej. W związku z tym w interwale głębokości 5350–5904 m nie wykonano pomiarów geofizycznych. W utworach cechsztynu na głębokości od 3158 do 3960 m ze względu na problemy techniczne podczas wiercenia nie wykonano pomiarów w tzw. bosym otworze. Na tym odcinku wykonano jedynie pomiary gamma i neutron-gamma w zarurowanym otworze.

ZAKRES WYKONANYCH BADAŃ

Opracowanie danych geofizyki wiertniczej wykonano na podstawie dokumentacji wynikowej badań geofizycznych (Rogała, 1976) oraz zbiorów scyfrowanych danych pomiarowych znajdujących się w zasobach Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG).

Pomiary geofizyki otworowej zrealizowano w interwale głębokości 0–5350 m. W otworze Września IG 1 pomiary geofizyki wiertniczej wykonano w 10 etapach pomiarowych (tab. 18). Pomiary geofizyki wiertniczej zostały wykonane z krokiem próbkowania 0,25 m, jedynie pomiar krzywizny otworu wykonano z krokiem co 25 m. Pomiary wykonało Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych, Kombinat Geologiczny Północ Zakład Badań Geofizycznych „PPG” – III Zespół Geofizyki Wiertniczej Poznań. Jedynie pomiary z dnia 10–13.12.1974 r. i 05–07.12.1975 r. wykonało Przedsiębiorstwo Geofizyki Morskiej i Lądowej Górnictwa Naftowego w Toruniu. Średnica nominalna otworu w interwale 0,0–4,1 m wynosiła 560 mm (wiercona była świdrem krzyżakowym). Zarurowano ten odcinek rurami 24-calowymi cementem do wierzchu. W interwale 4,1–911,7 m średnica nominalna wynosiła 438 mm, wierco-

no ją świdrem gryzowym. W interwale 911,7–3228,0 m średnica nominalna wynosiła 308 mm, w interwale 3228,0–3962,5 m wynosiła 216 mm, w interwale 3962,5–5904,2 m wyniosła 151 mm. Głębokość zarurowania odwiertu dla poszczególnych średnic zestawiono w tabeli 18. Wysokość stołu zmieniała się w czasie wiercenia. Zestawienie ich wartości w czasie pomiarów przedstawiono w tabeli 18. Podczas wiercenia wykorzystywano następujące płuczki wiertnicze: od 0 do 2500 m bentonitową, od 2500 do 2675 m bentonitowo-glikolową, od 2675,0 do 3161,5 m glikolową, od 3161,5 do 4023,5 m solno-skrobiową obciążoną magnetytem i barytem, od 4023,5 do 5354,3 m emulsyjną, od 5354,3 do 5904,2 m inwersyjną.

Zestawienie wszystkich wykonanych pomiarów wraz z typem sondy wykonującej pomiar oraz z interwałem według dokumentacji i plików LAS dostępnych w CBDG przedstawiono w tabeli 19. W tabeli 18 zestawiono typy aparatury i kabli użytych podczas pomiarów geofizycznych. Pomiary geofizyczne w otworze Września IG 1 zajęły 397,3 godziny (ponad 16,5 dnia), co stanowiło 2,7% całego czasu pracy wiertni.

OCENA JAKOŚCI DANYCH I STANU OTWORU

Pomiary zostały wykonane niekalibrowaną aparaturą pomiarową, przez co pomierzone wartości nawet w tym samym odcinku dają odmienne wyniki na skutek odmiennych parametrów technicznych sondy, co znacząco utrudnia dalsze analizy matematyczne danych. Ponadto uzyska-

ne wyniki są obarczone dodatkowym błędem z powodu złego stanu ścian otworu, licznych kawern.

Odcinki o złym stanie ścian otworu zostały przedstawione na figurze 38. Zły stan ścian był spowodowany głównie występowaniem intensywnych wymięć ścian otwo-

Tabela 18

Wykaz użytych aparatów pomiarowych i typów kabli w otworze Września IG 1 wraz z parametrami zarurowania

List of measuring equipment and cables types used in the Września IG 1 borehole with casing parameters

Data wykonania badania Date of measurement	Nazwa aparatury Tool's name	Typ kabla Cable type	Głębokość otworu wg danych wiertniczych Well depth in driller's depth [m]	Średnica nominalna Nominal diameter [mm]	Głęb. zarurowania wg danych wiertniczych Casing depth in driller's depth [m]	Głęb. zarurowania wg danych geofizycznych Casing depth in logger's depth [m]	Zewn. średnica rur [cal] Casing ext. diameter [inch]	Wysokość stołu Kelly bushing height [m]
18–19.07.1974	AKS/L-7 Nr 137	KTB-6	911,0	438	72,7	74	20	5,1
03–05.09.1974	AKS/L-7 Nr 137	KTB-6	1984,8	308	911,7	911,5	13 3/8	5,2
29–31.10.1974	AKS/L-7 Nr 208	KTB-6	2734,0	308	911,7	911,5	13 3/8	5,2
5–6.11.1974	AKS/L-7 Nr 284	KTB-6	2790,6	308	911,7	911,5	13 3/8	5,2
10–13.12.1974	AKS/L-7 Nr 280	KTB-6	3164,5	308	911,7	912,0	13 3/8	5,2
15.04.1975	AKS/L-7 Nr 137	KTB-6	3233,6	216	3228,3	-	9 5/8	5,2
07–08.07.1975	AKS/L-7 Nr 208	KTB-6	4121,0	151	3962,5	3960,0	7	-
05–07.12.1975	AKS/L-64 Nr 174	KOBDTF-6	5354,5	151	3962,5	3960,0	7	5,0
18.06.1976	AKS/L-7 Nr 280	7H4R	2740,0	-	3962,5	-	7	5,2
29–30.06.1976	AKS/L-7 Nr 280	7H4R	2789,0	-	3861,5	-	7	4,5

Tabela 19

Wykaz badań geofizyki otworowej wykonanych w otworze Września IG 1

List of well logs performed in the Września IG 1 borehole

Data wykonania badania Date of measurement	Nazwa wykonanego pomiaru (skrót), typ sondy Type of measurement (abbreviated), type of probe	Interwał głębokościowy badań wg dokumentacji [m] Depth interval according to the documentation	Interwał głębokość badań wg plików LAS [m] Real depth interval according to LAS files
18–19.07.1974	PG (GR), SP–62 Nr 574	0–908	0,5–908,75
	PNG (NEGR), SP–62 Nr 574	0–908	0,5–909,5
	PK, IT–200	25–905	Brak dostępnych danych
	PŚr (CALI), SKS–4 Nr 17	74–908	55,25–907,75
	PO (EL07), M2,5A0,25B	74–908	65,25–908,75
	PO (EN10), B2,5A0,25M	74–908	65,5–908,75
	PAdt (DT), USBA–21/T	74–912	73,25–911,75
	PAtl (T1), USBA–21/T	74–912	73,25–911,75
	PS (SP)	74–908	73,5–909,5
PS (SP)	74–908	73,25–908,75	
03–05.09.1974	PG (GR), SP–62 Nr 574	850–1980	833,5–1989,5
	PNG (NEGR), SP–62 Nr 574	850–1980	835,25–1991,75
	PK, IT–200	850–1980	Brak dostępnych danych
	PŚr (CALI), SKS–4 Nr 17	911–1980	895,25–1981,75
	PO (EL07), M2,5A0,25B	911–1980	900,75–1982,75
	PO (EN10), B2,5A0,25M	911–1980	900,5–1981,75
	POst (LL3), TBK–3 Nr 119	911–1980	908,25–1981,75
	mPOst (ML), KMBK–3 Nr 19	911–1980	909,25–1981,75
	PAdt (DT), USBA–21/T	911–1980	909,25–1981,75
	PS (SP)	911–1980	874,25–1996,5
PS (SP)	911–1980	877,25–1993,75	
29–31.10.1974	PG (GR), SP–62 Nr 574	1930–2730	1940,25–2730,5
	PNG (NEGR), SP–62 Nr 574	1930–2730	1942,75–2730,5
	PK, IT–200 Nr 756	1900–2730	Brak dostępnych danych
	PŚr (CALI), SKS–4 Nr 17	912–2730	883,25–2733,75
	PO (EL07), M2,5A0,25B	912–2730	900,5–2729,75
	PO (EN10), B2,5A0,25M	1930–2730	1927,25–2729,5
	POst (LL3), TBK–3 Nr 119	1930–2730	1915,5–2731,75
	mPOst (ML), KMBK–3 Nr 19	1930–2730	1916,25–2732,75
	PAdt (DT), USBA–21/T	1930–2730	1915,5–2731,75
PS (SP)	912–2730	911,5–2729,75	
5–6.11.1974	PŚr (CALI), SKS–4 Nr 17	911,5–2783,5	890,25–2783,75
10–13.12.1974	PG (GR), SP–62 Nr 574	2680–3158	2657,25–3159,75
	PNG (NEGR), SP–62 Nr 574	2680–3158	2659,25–3159,75
	PK, IT–200 Nr 695	2650–3160	Brak dostępnych danych
	PŚr (CALI), SKS–4 Nr 17	912–3158	902,25–3158,5
	PO (EL07), M2,5A0,25B	912–3158	906,25–3157,75
	PO (EN10), B2,5A0,25M	2680–3158	2650,25–3157,75
	POst (LL3), TBK–3 Nr 119	2680–3158	2656,25–3151,75
	PAdt (DT), USBA–21/T	910–3150	904,5–2649,75
	PAtl (T1), USBA–21/T	910–3150	906,25–3146,75
	PAtl (T2), USBA–21/T	910–3150	907,25–3148,75
PS (SP)	912–3158	912,75–3158,5	

Tabela 19 cd.

Data wykonania badania Date of measurement	Nazwa wykonanego pomiaru (skrót), typ sondy Type of measurement (abbreviated), type of probe	Interwał głębokościowy badań wg dokumentacji [m] Depth interval according to the documentation	Interwał głębokość badań wg plików LAS [m] Real depth interval according to LAS files
15.04.1975	PAc, USBA-21/T	100-3193	73,5-3186,75
	PAc, USBA-21/T	100-3193	76,25-3186,75
07-08.07.1975	PO (EL07), M2,5A0,25B	3962-4120	3950,5-4120,75
05-07.12.1975	PG (GR), SP-62 Nr 574	3100-5350	3078,25-5349,75
	PNG (NEGR), SP-62 Nr 574	3100-5350	3081,25-5347,5
	PK, IT Nr 77754	3100-5350	Brak dostępnych danych
	PŚr (CALI), KS-3 Nr 32	3960-5340	3955,5-5339,75
	PO (EL03), A1,0M0,1N	3960-5340	3960,5-5341,75
	PO (EL14), A4,0M0,5N	3960-5340	3960,5-5344,75
	PO (EL26), A8,0M1,0N	3960-5340	3966,25-5347,5
	POst (LL3), TBK-4	3960-5340	3958,25-5345,75
	mPOst (ML), TBK-4	3960-5340	3954,25-4769,75
18.06.1976	PT	5100-5350	5092,25-5349,75
	PTu, FOG-2 Nr 6	5-2705	5-2705
29-30.06.1976	PAc (CBDT), USBA-21/T	25-2788	24,5-2789,75
	PAc (CBT1), USBA-21/T	25-2788	23,5-2789,75

PG (GR) – profilowanie gamma, PNG (NEGR) – profilowanie neutron-gamma, PK – profilowanie krzywizny odwiertu, PŚr (CALI) – profilowanie średnicy, PO (EL07) – sondowanie oporności gradientowe, PO (EN10) – sondowanie oporności potencjałowe, POst (LL3) – prof. oporności sondą 3-elekt. sterowaną, PS (SP) – profilowanie naturalnych potencjałów, PAdt (DT) – profilowanie akustyczne interwałowe, PAt1 (T1) – profilowanie akustyczne T1, PAt2 (T2) – profilowanie akustyczne T2, PAc – pomiar akustyczny stanu zacementowania rur okładzinowych, PO – profilowanie oporności standardowe, PO (EL03) – sondowanie oporności gradientowe, PO (EL14) – sondowanie oporności gradientowe, PO (EL26) – sondowanie oporności gradientowe, PT – profilowanie temperaturowe, mPOst (ML) – mikroprofilowanie oporności sterowanej, PTu – profilowanie temperatury przy ustalonej równowadze termicznej.

PG (GR) – gamma ray log, PNG (NEGR) – neutron-gamma log, PK – deviation log, PŚr (CALI) – caliper, PO (EL09) – lateral electrical log, PO (EN10) – electrical log, POst (LL3) – 3 electrode guard log (laterolog), PS (SP) – spontaneous potential log, PAdt (DT) – interval transit time log, PAt1 (T1) – sonic travel time log (t1), PAt2 (T2) – sonic travel time log (t2), PAc – CBL casing amplitude, PO (EL03) – lateral electrical log, PO (EL14) – lateral electrical log, PO (EL26) – lateral electrical log, PT – temperature log, mPOst (ML) – microlaterolog, PTu – temperature log, sustained thermal equilibrium.

ru. Najdłuższe odcinki o złym stanie otworu występują w kompleksach silnie zailonych (fig. 38). Są to: kompleks kenozoiku, górne partie jury górnej, jura środkowa, trias górny i utwory czerwonego spągowca. Najdłuższe odcinki ze złym stanem, gdzie analiza petrologiczna jest utrudniona lub niemożliwa, to interwały: od początku pomiaru do 72,50 m, od 252,00 do 351,25 m, od 753,50 do 769,00 m, od 910,75 do 978,50 m, od 1054,50 do 1087,75 m, od 1339,50 do 1817,00 m, od 1881,25 do 2078,75 m, od 2503,75 do 2541,50 m, od 3959,25 do 4204,00 m, od 4267,25 do 4473,00 m, od 4489,00 do 4759,00 m. Poniżej głębokości

4762,50 m średnica odwiertu niewiele różni się od średnicy nominalnej, co dowodzi braku wycięcia na tym odcinku. Liczne odcinki skawernowania znacząco wpłynęły na stan zacementowania rur w otworze. Bardzo dobre wiązanie cementu z rurami zaobserwowano jedynie w odcinkach 1287,5-1290,0 m i 1297,0-1338,0 m głębokości. Naprzemianległy dobry i słaby stan zacementowania stwierdzono w odcinkach: od 100 do 1897 m, od 2021 do 2097 m, od 2189 do 2997 m, od 2692 do 2790 m głębokości.

W pozostałych odcinkach stan wiązania cementu z rurami jest śladowy lub słaby.

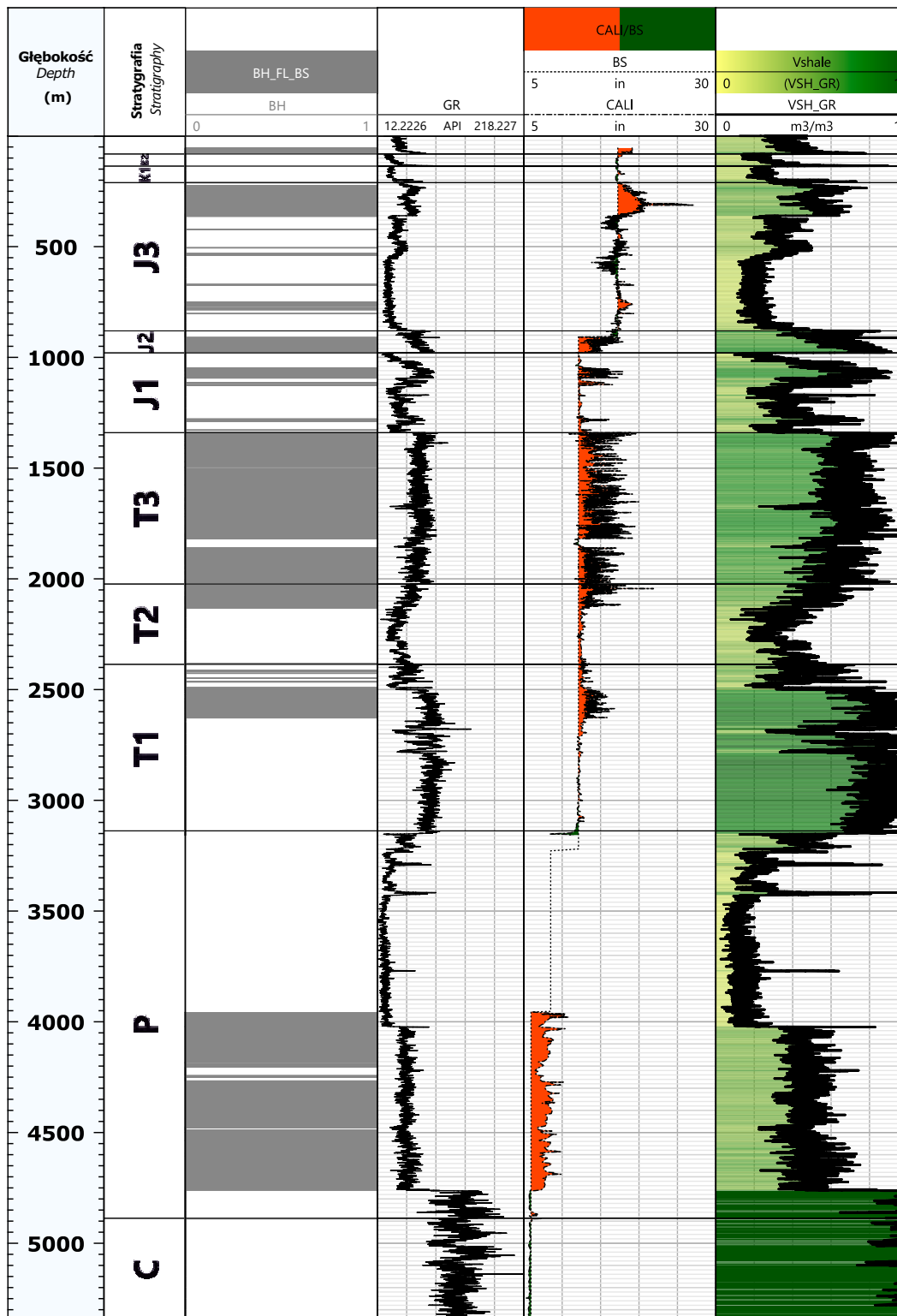


Fig. 38. Wyniki interpretacji stanu zachowania ścian otworu oraz zailenia w otworze Września IG 1

BH – zły stan ścian otworu, GR – profilowanie gamma, CALI – średnicomierz, BS – nominalna średnica świdra, K2 – kreda górna, K1 – kreda dolna, J3 – jura górna, J2 – jura środkowa, J1 – jura dolna, T3 – trias górny, T2 – trias środkowy, T1 – trias dolny, P – perm, C – karbon, Vshale – zawartości minerałów ilastych (zailenie)

The results of bad hole and shaliness interpretation in the Września IG 1 borehole

BH – bad hole GR – gamma ray log, CALI – caliper, BS – bit sizes, K2 – Upper Cretaceous, K1 – Lower Cretaceous, J3 – Upper Jurassic, J2 – Middle Jurassic, J1 – Lower Jurassic, T3 – Upper Triassic, T2 – Middle Triassic, T1 – Lower Triassic, P – Permian, C – Carboniferous, Vshale – shaliness

INTERPRETACJA PROFILOWAŃ GEOFIZYKI WIERTNICZEJ

Interpretacja uzyskanych krzywych geofizycznych pozwoliła na wyznaczenie dla wybranych warstw piaskowcowych o potencjale zbiornikowym następujących parametrów: zailenia, porowatości, mineralizacji wody złożowej, współczynnika nasycenia wodą i określenia oporności wody złożowej. Wyniki tych analiz z powodu złego stanu ścian otworu są obciążone dużą niepewnością. Dodatkowym utrudnieniem było wykonanie profilowania akustycznego tylko w odcinku od 910 do 3150 m głębokości, w związku z czym tylko w tym odcinku możliwe było wyliczenie wszystkich wspomnianych wyżej parametrów.

Zailenie wykonano w całym otworze, choć należy uwzględnić, że w odcinku 3160–3950 m głębokości pomiary wykonano w otworze zarurowanym, a z powodu braku wcześniejszego pomiaru średnicy niemożliwe jest wprowadzenie poprawek na zmianę wartości krzywych na skutek cementu oddzielającego sondę od skały. Zailenie zestawiono na figurze 38. Utwory kenozoiku wykazują dominujące wartości zailenia na poziomie 30–40%. Zailenie rośnie w spągu kenozoiku do 77%. W utworach kredy górnej zailenie przeciętnie oscyluje od 15 do 25% i wykazuje powolny trend wzrostu z głębokością. Kompleks kredy dolnej ma zbliżone zailenie do kredy górnej. W dolnej partii rośnie ono do 70%. W jurze górnej w jej górnym odcinku dominuje zailenie powyżej 50%. Od głębokości 360 m spada poniżej 45% zailenia. Od 550 m głębokości zailenie zmniejsza się do zakresu 12–25%. Od 844 m powoli rośnie do prawie 50%. Jura środkowa wykazuje wysokie zailenie powyżej 50%. Strop jury dolnej ma niskie zailenie poniżej 40%, dopiero od głębokości 1016 m wzrasta powyżej 50% zailenia. Od 1094 m głębokości rozpoczyna się przekładaniem warstw słabo zailonych i mocniej zailonych, z dominacją tych słabiej zailonych. Trias górny w całości wykazu-

je wysokie zailenie. Jedynie w pojedynczych pakietach o niewielkiej miąższości zailenie spada poniżej 50%. Trias środkowy wykazuje zmienne zailenie, lecz dużo niższe niż trias górny, najczęściej poniżej 60%. Trias dolny w górnej partii, czyli w recie, wykazuje niższe zailenie, jednak o głębokości 2500 m wykazuje już wysokie zailenie z niewielkiej miąższości wkładkami o niższym zaileniu. Cechsztyn wykazuje zmienne zailenie z dominacją niskiego, szczególnie w kompleksach solnych, podwyższone zailenie występuje w warstwach węglanowych i klastycznych. Czerwony spągowiec górny wykazuje już podwyższone zailenie. Czerwony spągowiec dolny wykazuje bardzo wysokie zawartości zailenia, ale jest to spowodowane sztucznym podwyższeniem wywołanym zakłóceniem wartości gamma przez utwory wulkanoklastyczne dominujące w tym kompleksie. Karbon również wykazuje silne zailenie z licznymi wkładkami piaskowca niskozailonego.

Porowatość w kompleksach piaszczystych w dolnej jurze w interwałach głębokościowych: 980,0–1017,0 m, 1132,5–1170,0 m, 1205,0–1228,0 m, 1306,0–1327,5 m, 1330,0–1339,0 m, mieści się w zakresie od 15,0 do 23,5%. Współczynnik nasycenia wodą tych utworów oscyluje w zakresie 90–100%. W utworach triasu górnego kompleksy piaskowcowe występujące na głębokościach: 1823,0–1840,0 m, 1842,5–1860,0 m, 1868,5–1873,5 m, 2000,5–2008,5 m, 2009,5–2012,0 m, 2024,5–2026,5 m, 2028,5–2030,0 m, 2038,5–2034,5 m, 2058,0–2060,0 m, wykazują porowatość średnią w zakresie 13,8–22,0%. Zawodnienie w górnych trzech kompleksach wynosi 75–85%. W pozostałych interwałach osiąga 100% zawodnienia. Piaskowce triasu dolnego 2493,5–2501,5 m oraz 2781,5–2784,0 m wykazują porowatość średnią w przedziale 11,0–13,8% z pełnym zawodnieniem.

PROFILOWANIE KRZYWIZNY

Pomiary inklinometrem wykonywano odcinkowo w całym otworze aż do głębokości 5350 m, w interwale głębokości 3160–3950 m pomiary wykonano w otworze zarurowanym (co powodowało brak możliwości określenia azymutu). Otwór do głębokości 3100 metrów był prosty. Na odcinku od 3100 do 3950 m głębokości aparatura obserwowała powoli rosnące wychylenie od 0°30" do 1°30", jednak niemożliwe było określenie azymutu. Jedynie po pierwszych dwóch pomiarach wykonanych jeszcze w niezarurowanym odcinku można się spodziewać, że azymut ten był początkowo wschodni (3125 m głęb. – azymut 100°, 3150 m głęb. – azymut 90°). W związku z powyższym niemożliwe jest odtworzenie

rzeczywistego położenia dna otworu. Na odcinku od 3975 do 4375 m głębokości krzywizna wzrasta powoli z 2 do 7°, utrzymując kierunek NNW. Od 4400 do 4525 m głębokości krzywizna utrzymuje wartość 6° w kierunku północy. Od 4550 do 5025 m głębokości odchylenie otworu powoli rośnie z 6°30" do 9°00" w kierunku NNE. Od 5050 do 5200 m głębokości krzywizna powoli spada z 8°30" do 7°00" przy stałym azymucie 25°, żeby od 5225 m głębokości do końca pomiaru (5350 m głębokości) osiągnąć krzywiznę 8° i stały azymut 20°. Całkowite odejście dna odwiertu od pionu na odcinku od 3975 m głębokości (czyli, w którym mierzono azymut) wyniosło 149 m w azymucie 9°.

PROFILOWANIE TEMPERATURY

Punktowe pomiary temperatury maksymalnej na dnie otworu wykonywano podczas pomiarów geofizycznych 18–19.07.1974 r., 03–05.09.1974 r., 29–31.10.1974 r., 10–13.12.1974 r., 05–07.12.1975 r. Zestawienia uzyskanych wyników zaprezentowano w tabeli 20. 05–07.12.1975 r. wykonano pomiar ciągły temperatury w interwale 5100–5350 m. Profilowanie temperatury przy ustalonej równowadze termicznej wykonano po 10-dniowej stójce otworu 18.06.1976 r. Z powodu wykonania tych badań jedynie do 2705 m, określenie stopnia geotermicznego i gradientu było możliwe tylko do tej głębokości. Wskutek anomalii krzywej temperatury przy ustalonej równowadze termicznej do głębokości 200 m nie podano stopnia geotermicznego i gradientu. Anomalia ta najprawdopodobniej była wywołana krążeniem wody złożowej poza rurami. Zestawienie stopnia geotermicznego i gradientu zaprezentowano w tabeli 21.

Tabela 20

Wartości temperatury maksymalnej (BHT) w otworze Września IG 1

Bottom Hole Temperature (BHT) in the Września IG 1 borehole

Głębokość Depth [m]	908	1985	2705	2730	3158	5350
Temperatura maksymalna Maximum temperature [°C]	27	55	–	101	122	171
Temperatura po 10-dniowej stójce Temperature after a 10-day standstill [°C]	40,2	78,7	105	–	–	–

Tabela 21

Wyniki obliczenia stopnia geotermicznego i gradientu geotermicznego w otworze Września IG 1

The results of the calculation of the geothermal degree and the geothermal gradient in the Września IG 1 borehole

Interwał głębokościowy [m] Depth interval	Stopień geotermiczny [m/°C] Geothermal degree	Gradient geotermiczny [°C/100 m] Geothermal gradient
210–897	33,0	3,0
897–980	32,0	3,1
980–1339	35,5	2,8
1339–2100	24,5	4,0
2100–2376	28,4	3,5
2376–2705	27,2	3,7

Kinga BOBEK

WYNIKI POMIARÓW PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

POMIARY PIONOWYCH PROFILOWAŃ SEJSMICZNYCH

Pomiary pionowych profilowań sejsmicznych w otworze Września IG 1 zostały wykonane w dniach 21–29.06.1976 r. przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych z siedzibą w Warszawie (Materzok, Staszak, 1976). Do wykonania pomiarów zastosowano aparaturę T-1 Nr 2 z sondą 6-geofonową typu GSG-4. Wartości pomierzone zebrano z głębokości od 0 do 2775 m w 15-metrowych interwałach głębokościowych, co odpowiada poziomom stratygraficznym od czwartorzędu do spągowych serii triasu dolnego. Prace prowadzono z dwóch punktów strzałowych (PW) rozmieszczonych w następujący sposób:

PW1 $d = 94,5$ m $A = 278^\circ$ $N = 0$ m $g = 14$ –18 m

PW2 $d = 752,5$ m $A = 280^\circ$ $N = 0$ m $g = 10$ –23 m

gdzie:

d – odległość punktu wzbudzenia od głębokiego odwiertu,

A – azymut mierzony w punkcie głębokiego odwiertu w kierunku PW,

N – niwelacja PW w stosunku do wylotu głębokiego odwiertu,

g – średnia głębokość strzelania.

Prace strzałowe wykonano przy użyciu dynamitu 3 GH-2 i zapalników KZnPT. W celu skontrolowania głębokości strzelania oraz momentu wybuchu, na punktach strzałowych ustawiono geofony korekcyjne K1 i K2.

OPRACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW

Po korektach pomiarów i wyeliminowaniu zakłóceń na sejsmogramach przeprowadzono analizę jakości uzyskanych wyników na podstawie dokładności i pewności odczytanych czasów zerwań pierwszych impulsów oraz intensywności fal odbitych. Po przeanalizowaniu jakości uzyskanych wyników, jako „dobre” uznano w sumie 243 punkty, „dostateczne” – 16 punktów oraz jako „złe” 94 punkty. Ostatecznie dalszej analizie poddano wartości uzyskane dla 259 punktów. Po wykonaniu pomiarów i zebraniu odpowiednich odczytów wykonano redukcję głębokości do poziomu odniesienia, wykorzystując dane na temat głębokości punktu pomiarowego, głębokości zanurzenia geofonu oraz niwelacji poszczególnych punktów strzałowych. W następnym kroku obliczeniowym wprowadzono również poprawki czasowe, uwzględniające zmiany głębokości strzelania dla poszczególnych pomiarów w stosunku do poziomu odniesienia wspólnego dla wszystkich punktów wzbudzenia.

W kolejnym etapie obliczeń wykonana została redukcja czasu poprawionego do pionu dla każdego z punktów wzbudzenia: t_{r1} , t_{r2} oraz t_r . Redukcję czasu wykonano przy założeniu jednorodności ośrodka skalnego od punktu wybuchu do głębokości zanurzenia geofonu. Taki układ

oznacza, że spodziewany przebieg promienia sejsmicznego jest prostoliniowy, a czas można zredukować, korzystając z następującego równania:

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

gdzie:

t_r – czas zredukowany

h_r – głębokość punktu pomiarowego zredukowana do poziomu odniesienia

d – odległość punktu wzbudzenia od głębokiego odwiertu dla danego PW

Uzyskane wartości h_r oraz t_r finalnie posłużyły do obliczenia prędkości średnich (V_{sr}) zgodnie ze wzorem:

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

Otrzymane wartości obliczonej prędkości średniej V_{sr} oraz wejściowych wartości czasów zredukowanych t_{r1} i t_{r2} wraz z ich wartością średnią (t_r) zestawiono w tabeli 22. Obliczenia były prowadzone przy pomocy programu kom-

Tabela 22

Zestawienie wartości czasów pomierzonych z trzech punktów wzbudzenia (t_{r1} i t_{r2}), średniej wartości czasu zredukowanego (t_r) oraz odpowiadającej mu wartości prędkości średniej (V_{sr}) dla danej głębokości (h) w profilu otworu Września IG 1

Time measured from three shot points (t_{r1} and t_{r2}), reduced time (t_r) and values of the average velocity (V_{sr}) for a measured depth (h) in the borehole Września IG 1

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
141	0,074	0,000	0,074	1932,229
156	0,083	0,000	0,083	1971,644
171	0,085	0,000	0,085	1987,519
186	0,089	0,000	0,089	2038,438
201	0,098	0,000	0,098	2075,035
216	0,100	0,000	0,100	2089,631
231	0,112	0,000	0,112	2082,677
246	0,118	0,000	0,118	2084,413
261	0,127	0,000	0,127	2074,152
276	0,134	0,000	0,134	2101,940
291	0,138	0,000	0,138	2121,726
306	0,139	0,000	0,139	2160,702
321	0,147	0,000	0,147	2209,139
351	0,156	0,000	0,156	2261,593
366	0,159	0,000	0,159	2298,793
441	0,000	0,186	0,186	2342,670
456	0,000	0,191	0,191	2371,488
471	0,000	0,196	0,196	2392,841
486	0,000	0,203	0,203	2400,891
501	0,000	0,208	0,208	2403,947
516	0,000	0,214	0,214	2410,834
531	0,000	0,221	0,221	2421,973
546	0,000	0,224	0,224	2436,794
561	0,000	0,229	0,229	2451,190

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
576	0,000	0,232	0,232	2473,551
591	0,000	0,238	0,238	2495,068
606	0,000	0,241	0,241	2520,091
621	0,000	0,244	0,244	2542,264
636	0,000	0,247	0,247	2565,938
651	0,000	0,251	0,251	2586,880
666	0,000	0,256	0,256	2605,136
681	0,000	0,260	0,260	2622,741
696	0,000	0,264	0,264	2639,809
711	0,000	0,267	0,267	2658,406
726	0,000	0,271	0,271	2674,559
741	0,000	0,275	0,275	2690,244
756	0,000	0,280	0,280	2703,494
771	0,000	0,284	0,284	2720,114
786	0,000	0,288	0,288	2736,307
801	0,000	0,290	0,290	2752,160
816	0,000	0,294	0,294	2767,618
831	0,000	0,299	0,299	2782,697
846	0,000	0,303	0,303	2793,627
861	0,000	0,307	0,307	2802,449
876	0,000	0,311	0,311	2809,329
891	0,000	0,316	0,316	2814,216
906	0,000	0,322	0,322	2820,577
921	0,000	0,327	0,327	2824,994

Tabela 22 cd.

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
936	0,000	0,330	0,330	2829,305
951	0,000	0,335	0,335	2838,584
966	0,000	0,340	0,340	2849,344
981	0,000	0,343	0,343	2854,876
996	0,000	0,347	0,347	2858,703
1011	0,000	0,353	0,353	2860,878
1026	0,000	0,359	0,359	2862,780
1041	0,000	0,365	0,365	2864,523
1056	0,000	0,368	0,368	2867,846
1071	0,000	0,372	0,372	2868,206
1086	0,000	0,377	0,377	2868,639
1101	0,000	0,385	0,385	2863,068
1116	0,000	0,391	0,391	2858,832
1131	0,000	0,398	0,398	2856,038
1146	0,000	0,401	0,401	2852,206
1161	0,000	0,405	0,405	2858,118
1176	0,000	0,414	0,414	2864,746
1191	0,408	0,418	0,413	2865,072
1206	0,414	0,425	0,420	2860,014
1221	0,424	0,430	0,427	2867,733
1236	0,000	0,435	0,435	2867,087
1251	0,431	0,438	0,435	2860,818
1266	0,436	0,443	0,440	2859,846
1281	0,446	0,455	0,451	2860,334
1296	0,448	0,460	0,454	2856,668
1311	0,459	0,463	0,461	2849,985
1326	0,461	0,466	0,464	2845,109
1341	0,467	0,475	0,471	2846,030
1356	0,000	0,481	0,481	2839,538
1371	0,473	0,486	0,480	2832,289
1386	0,000	0,493	0,493	2839,058
1401	0,000	0,496	0,496	2852,248
1416	0,480	0,503	0,492	2856,498
1431	0,486	0,506	0,496	2870,558
1446	0,493	0,511	0,502	2880,517
1461	0,498	0,516	0,507	2877,232
1476	0,507	0,520	0,514	2876,675
1491	0,515	0,526	0,521	2877,809
1506	0,515	0,530	0,523	2877,298
1521	0,519	0,535	0,527	2881,691
1536	0,526	0,541	0,534	2886,640
1551	0,527	0,544	0,536	2880,939
1566	0,533	0,551	0,542	2877,810
1581	0,000	0,554	0,554	2875,300
1596	0,000	0,556	0,556	2870,587
1611	0,000	0,562	0,562	2876,193
1626	0,000	0,566	0,566	2891,112
1641	0,553	0,572	0,563	2901,788
1656	0,553	0,578	0,566	2914,404
1671	0,561	0,582	0,572	2925,892
1686	0,566	0,585	0,576	2929,594
1701	0,571	0,590	0,581	2930,697

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
1716	0,574	0,595	0,585	2931,826
1731	0,583	0,597	0,590	2932,412
1746	0,590	0,602	0,596	2933,473
1761	0,594	0,607	0,601	2935,449
1776	0,600	0,610	0,605	2936,464
1791	0,601	0,615	0,608	2940,356
1806	0,608	0,621	0,615	2944,198
1821	0,609	0,626	0,618	2948,937
1836	0,615	0,629	0,622	2950,299
1851	0,618	0,633	0,626	2955,412
1866	0,625	0,639	0,632	2960,905
1881	0,626	0,643	0,635	2967,739
1896	0,627	0,647	0,637	2972,639
1911	0,630	0,650	0,640	2980,745
1926	0,636	0,655	0,646	2978,773
1941	0,640	0,657	0,649	2974,487
1956	0,000	0,662	0,662	2970,136
1971	0,000	0,667	0,667	2964,526
1986	0,000	0,670	0,670	2967,257
2001	0,000	0,677	0,677	2976,763
2016	0,661	0,680	0,671	2987,966
2031	0,671	0,682	0,677	2999,529
2046	0,672	0,687	0,680	3014,081
2061	0,673	0,691	0,682	3020,146
2076	0,677	0,694	0,686	3024,875
2091	0,679	0,698	0,689	3031,276
2106	0,688	0,704	0,696	3036,728
2121	0,689	0,705	0,697	3040,387
2136	0,691	0,710	0,701	3044,412
2151	0,698	0,714	0,706	3050,592
2166	0,701	0,716	0,709	3055,820
2181	0,705	0,722	0,714	3062,277
2196	0,706	0,725	0,716	3071,262
2211	0,708	0,727	0,718	3077,184
2226	0,710	0,730	0,720	3083,068
2241	0,719	0,733	0,726	3088,455
2256	0,722	0,740	0,731	3092,501
2271	0,725	0,742	0,734	3096,480
2286	0,729	0,745	0,737	3102,124
2301	0,730	0,749	0,740	3108,984
2316	0,735	0,752	0,744	3114,944
2331	0,739	0,755	0,747	3122,100
2346	0,741	0,760	0,751	3128,359
2361	0,743	0,762	0,753	3137,481
2376	0,749	0,763	0,756	3144,467
2391	0,749	0,764	0,757	3152,224
2406	0,754	0,771	0,763	3159,091
2421	0,755	0,775	0,765	3164,672
2436	0,759	0,777	0,768	3168,528
2451	0,768	0,778	0,773	3175,645
2466	0,767	0,784	0,776	3175,403
2481	0,768	0,787	0,778	3180,366

Tabela 22 cd.

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
2496	0,000	0,789	0,789	3186,924
2511	0,778	0,793	0,786	3193,831
2526	0,781	0,796	0,789	3200,273
2541	0,782	0,799	0,791	3211,934
2556	0,783	0,803	0,793	3219,096
2571	0,790	0,806	0,798	3226,206
2586	0,791	0,809	0,800	3230,847
2601	0,795	0,811	0,803	3227,914
2616	0,797	0,819	0,808	3228,133
2631	0,000	0,820	0,820	3229,078

h [m]	t_{r1} [s]	t_{r2} [s]	t_r [s]	V_{sr} [m/s]
2646	0,000	0,821	0,821	3227,634
2661	0,000	0,822	0,822	3234,854
2676	0,000	0,828	0,828	3247,560
2691	0,815	0,829	0,822	3252,383
2706	0,821	0,833	0,827	3263,818
2721	0,000	0,838	0,838	3277,550
2736	0,821	0,840	0,831	3286,512
2751	0,825	0,842	0,834	3290,123
2766	0,821	0,846	0,834	3304,492

puterowego emc, a uzyskane wyniki zapisane w plikach tekstowych w formacie .las.

Zestaw otrzymanych wyników stanowił podstawę do konstrukcji krzywych prędkości średnich (fig. 39A) oraz

hodografu pionowego (fig. 39B). Krzywa prędkości średnich została dodatkowo wygładzona metodą średniej ruchomej, w celu zredukowania wpływu wartości odstających. Uzyskany hodograf pionowy wskazuje na liniową zależność między wzrostem głębokości a czasem rejestracji.

Po przeprowadzeniu wymienionych obliczeń wyznaczano poszczególne kompleksy prędkościowe, a w szczególności ich wartości średnie poprzez zastosowanie procedury wygładzenia pomiarów czasu. Zastosowanie wygładzania wyników pozwala na zniwelowanie wpływu przypadkowych skoków wartości wywołanych błędami pomiarowymi. Krzywe wygładzone służą do wyznaczenia stref o maksymalnej zmienności wartości prędkości średnich, które odpowiadają granicom poszczególnych kompleksów prędkościowych.

Krzywe prędkości zostały obliczone poprzez wyrównanie otrzymanych czasów zredukowanych do pionu, stosując w tym celu splot z filtrem trójkątnym dobranym odpowiednio do wartości uzyskanych w danym otworze. Przetwarzanie to w pierwszym etapie polegało na przeliczeniu czasu i prędkości do poziomu odniesienia i interpolacji otrzymanych wartości dla stałych przedziałów głębokości, co 20 m (od 20 do 2760 m). Filtry zastosowane w kolejnym kroku obliczeniowym, pozwoliły na usunięcie przypadkowych odchylenia wartości wynikających z niedokładności pomiaru oraz zaokrąglenia otrzymanych wartości czasu pomierzonego do 1 ms przy pierwszym wygładzeniu. W wyniku powtarzania wymienionych operacji zaokrąglane są załamania hodografu odpowiadające zmianom prędkości w kolejnych warstwach. Powstałe po zastosowaniu opisanej procedury dodatkowe zbiory danych, obejmujące przetworzone czasy pomiarów po redukcji do poziomu odniesienia, w kolejnym etapie posłużyły do wyznaczenia odpowiadających im prędkości średnich.

Wymienione wyżej informacje obejmujące wartości filtrów wybrane dla tego otworu oraz pliki .las z wymienionymi wyżej zbiorami danych, zawarte są w banku danych prędkościowych utworzonych w latach 90. XX w. w Zakładzie Geofizyki PIG na potrzeby interpretacji refleksyjnych prac sejsmicznych. Bank ten znajduje się obecnie w CBDG.

Wykryte różnice czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami są spowodowane zmianami prędkości fali sejsmicznej w kolejnych warstwach, związane ze zmiennością litologiczną poszczególnych kompleksów. Zjawisko to wy-

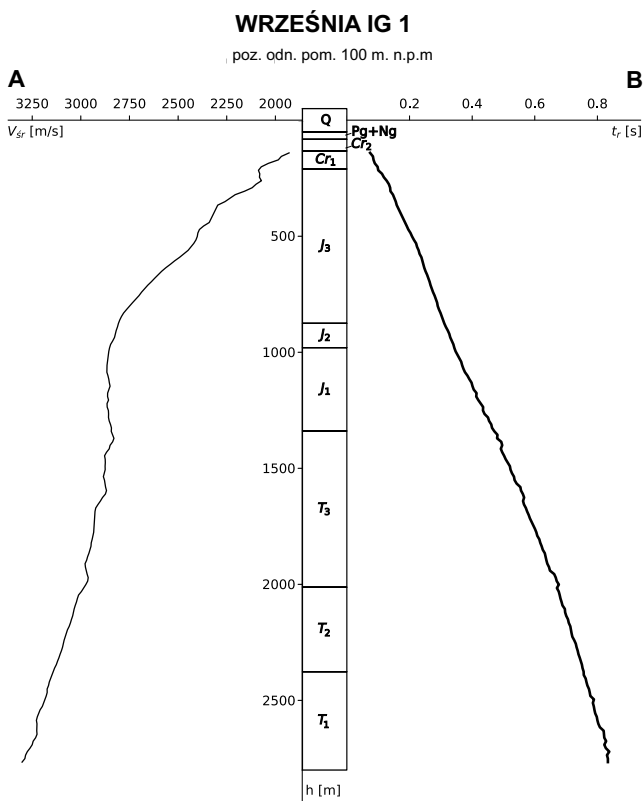


Fig. 39. Wykres prędkości średnich (A) i hodograf pionowy (B) otrzymane dla otworu Września IG 1 (poz. odn. 100 m n.p.m.)

t_r – średni czas zredukowany, V_{sr} – prędkość średnia, h – głębokość; Symbole stratygraficzne: Pg+Ng – paleogen i neogen, Cr₂ – kreda górna, Cr₁ – kreda dolna, J₃ – jura górna, J₂ – jura środkowa, J₁ – jura dolna, T₃ – trias górny, T₂ – trias środkowy, T₁ – trias dolny

Average seismic velocity (A) and travel-time curve (B) in borehole the Września IG 1 (reference level 100 m a.s.l.)

t_r – average reduced time, V_{sr} – average velocity, h – depth; Stratigraphic symbols: Pg+Ng – Paleogene and Neogene, Cr₂ – Upper Cretaceous, Cr₁ – Lower Cretaceous, J₃ – Upper Jurassic, J₂ – Middle Jurassic, J₁ – Lower Jurassic, T₃ – Upper Triassic, T₂ – Middle Triassic, T₁ – Lower Triassic

korzystano w celu wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych różnic czasu wygładzonego n i $n + 1$ razy. Granice te wyznaczono poprzez obliczenie maksymalnych gradientów średniej prędkości fali. Otrzymane wartości prędkości średniej w interwałach pomiędzy kolejnymi punktami

przebiegu odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów o prędkościach istotnie różnych od tych uzyskanych dla warstw sąsiednich.

Wszystkie wymienione powyżej obliczenia oraz graficzna prezentacja wyników zostały wykonane z wykorzystaniem przygotowanego w tym celu modułu obliczeniowego.

INTERPRETACJA WYNIKÓW POMIARÓW PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

Wyniki wymienionych wyżej obliczeń zawierające zestaw wartości prędkości wygładzonych (V_w), prędkości interwałowych (V_i) oraz prędkości kompleksowych (V_k) zestawiono w tabeli 23, natomiast uzyskane krzywe tych prędkości przedstawiono w formie graficznej na figurze 40. W celu powiązania otrzymanych różnic prędkości średniej z poszczególnymi kompleksami odpowiadającymi jednostkom stratygraficznym rozpoznany w otworze Września IG 1, otrzymane wykresy zestawiono z profilem stratygraficznym otworu.

Najwyższą część profilu stanowią utwory piaszczysto-ilasto-mułowcowe czwartorzędu, paleogenu i neogenu, będące jednym kompleksem prędkościowym o średniej prędkości wynoszącej 2008 m/s. Pierwszy wyraźny wzrost prędkości zanotowano na głębokości 160 m, gdzie odnotowano zmianę litologii z ilów oligocenu do wapieni i wapieni marglistych cenomanu, które charakteryzują się znacznie wyższymi prędkościami. W obrębie utworów jury górnej, średnia prędkość kompleksowa stopniowo wzrasta od 2620 m/s na granicy pomiędzy piaskowcami kredy dolnej a wapieniami tytonu, poprzez 2936 m/s i 3021 m/s w obrębie utworów wapienno-marglistych kimerydu dolnego (formacja wapienno-marglisto-muszlówkowa (V)) do maxi-

mum wynoszącego 3811 m/s na głębokości 580–860 m, odpowiadającej występowaniu twardych i zwięzłych wapieni formacji oolitowej (IV) i formacji wapieni gąbkowych (I). Poniżej, na granicy pomiędzy jurą górną a środkową, dochodzi do spadku średniej wartości prędkości kompleksowej z wspomnianych 3811 do 3428 m/s, co jest związane z przejściem fali z wysokoprędkościowych wapieni jury górnej do wapieni gąbkowych i margli jury środkowej. Kolejna granica kompleksów prędkościowych, objawiająca się spadkiem średniej prędkości z 3428 do 3149 m/s odpowiada granicy pomiędzy batonem a bajosem i jest przejawem zmiany litologii w obrębie tych pięter stratygraficznych z drobnoziarnistych piaskowców i mułowców do ilowców i mułowców ze szczątkami fauny. Poniżej, na głębokości 1080–1360 m (jura dolna), jest widoczny dalszy spadek średniej prędkości kompleksowej z wspomnianych wcześniej 3149 m/s, charakterystycznych dla utworów bajosu, do 2755 m/s i obejmuje on utwory ilasto-mułowcowe z dodatkiem drobnoziarnistych piaskowców (toark i najwyższa część triasu górnego). W obrębie triasu górnego, na granicy pomiędzy kajprem górnym a dolnym, jest widoczny wzrost prędkości kompleksowej z 2755 do 3097 m/s, co jest najpewniej efektem występowania serii drobnoziarnistych

Tabela 23

Zestawienie wartości głębokości (h), prędkości interwałowej (V_i), prędkości kompleksowej (V_k) oraz prędkości wygładzonej (V_w) w profilu otworu Września IG 1

Values of the measured depth (h), interval velocity (V_i), complex velocity (V_k) and smoothed velocity (V_w) in the borehole Września IG 1

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
20	0,010	1949,470	2007,881
40	0,021	1949,470	2007,881
60	0,031	1949,470	2007,881
80	0,041	1949,470	2007,881
100	0,051	1949,470	2007,881
120	0,061	2168,915	2007,881
140	0,070	2168,915	2007,881
160	0,080	2168,915	2007,881
180	0,089	2168,915	2309,335
200	0,097	2168,915	2309,335
220	0,106	2482,190	2309,335
240	0,114	2482,190	2619,601
260	0,122	2482,190	2619,601
280	0,130	2482,190	2619,601
300	0,138	2482,190	2619,601
320	0,145	2900,653	2619,601
340	0,152	2900,653	2935,780

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
360	0,159	2900,653	2935,780
380	0,165	2900,653	2935,780
400	0,172	2900,653	2935,780
420	0,179	2873,316	2935,780
440	0,186	2873,316	3021,474
460	0,193	2873,316	3021,474
480	0,200	2873,316	3021,474
500	0,207	2873,316	3021,474
520	0,214	3220,612	3021,474
540	0,220	3220,612	3021,474
560	0,226	3220,612	3021,474
580	0,232	3220,612	3021,474
600	0,238	3220,612	3811,087
620	0,243	3814,028	3811,087
640	0,249	3814,028	3811,087
660	0,254	3814,028	3811,087
680	0,259	3814,028	3811,087

Tabela 23 cd.

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
700	0,264	3814,028	3811,087
720	0,269	3885,457	3811,087
740	0,274	3885,457	3811,087
760	0,280	3885,457	3811,087
780	0,285	3885,457	3811,087
800	0,290	3885,457	3811,087
820	0,295	3614,022	3811,087
840	0,301	3614,022	3811,087
860	0,306	3614,022	3811,087
880	0,312	3614,022	3428,180
900	0,318	3614,022	3428,180
920	0,323	3329,892	3428,180
940	0,329	3329,892	3428,180
960	0,335	3329,892	3148,813
980	0,341	3329,892	3148,813
1000	0,348	3329,892	3148,813
1020	0,354	3008,786	3148,813
1040	0,360	3008,786	3148,813
1060	0,367	3008,786	3148,813
1080	0,374	3008,786	2754,529
1100	0,381	3008,786	2754,529
1120	0,388	2737,926	2754,529
1140	0,395	2737,926	2754,529
1160	0,403	2737,926	2754,529
1180	0,410	2737,926	2754,529
1200	0,417	2737,926	2754,529
1220	0,425	2700,149	2754,529
1240	0,432	2700,149	2754,529
1260	0,440	2700,149	2754,529
1280	0,447	2700,149	2754,529
1300	0,454	2700,149	2754,529
1320	0,462	2986,501	2754,529
1340	0,468	2986,501	2754,529
1360	0,475	2986,501	3097,294
1380	0,482	2986,501	3097,294
1400	0,488	2986,501	3097,294
1420	0,494	3106,844	3097,294
1440	0,501	3106,844	3097,294
1460	0,507	3106,844	3187,861
1480	0,514	3106,844	3187,861
1500	0,520	3106,844	3187,861
1520	0,526	3293,808	3187,861
1540	0,533	3293,808	3187,861
1560	0,539	3293,808	3187,861
1580	0,545	3293,808	3358,071
1600	0,551	3293,808	3358,071
1620	0,556	3330,225	3358,071
1640	0,562	3330,225	3358,071
1660	0,568	3330,225	3358,071
1680	0,574	3330,225	3358,071
1700	0,581	3330,225	3344,002
1720	0,587	3283,857	3344,002

h [m]	V_i [m/s]	V_k [m/s]	V_w [m/s]
1740	0,593	3283,857	3344,002
1760	0,599	3283,857	3344,002
1780	0,605	3283,857	3344,002
1800	0,611	3283,857	3344,002
1820	0,617	3602,305	3344,002
1840	0,622	3602,305	3344,002
1860	0,628	3602,305	3688,540
1880	0,633	3602,305	3688,540
1900	0,639	3602,305	3688,540
1920	0,644	3675,119	3688,540
1940	0,650	3675,119	3688,540
1960	0,655	3675,119	3688,540
1980	0,660	3675,119	3774,155
2000	0,666	3675,119	3774,155
2020	0,671	3833,915	3774,155
2040	0,677	3833,915	3774,155
2060	0,682	3833,915	3774,155
2080	0,687	3833,915	3774,155
2100	0,692	3833,915	4149,091
2120	0,697	4128,819	4149,091
2140	0,702	4128,819	4149,091
2160	0,707	4128,819	4149,091
2180	0,712	4128,819	4149,091
2200	0,716	4128,819	4149,091
2220	0,721	4338,583	4149,091
2240	0,726	4338,583	4421,600
2260	0,730	4338,583	4421,600
2280	0,735	4338,583	4421,600
2300	0,739	4338,583	4421,600
2320	0,744	4644,898	4421,600
2340	0,748	4644,898	4695,938
2360	0,752	4644,898	4695,938
2380	0,757	4644,898	4695,938
2400	0,761	4644,898	4695,938
2420	0,765	4696,600	4695,938
2440	0,769	4696,600	4695,938
2460	0,774	4696,600	4727,853
2480	0,778	4696,600	4727,853
2500	0,782	4696,600	4727,853
2520	0,786	4796,163	4727,853
2540	0,791	4796,163	4727,853
2560	0,795	4796,163	4836,759
2580	0,799	4796,163	4836,759
2600	0,803	4796,163	4836,759
2620	0,807	5021,089	5138,482
2640	0,811	5021,089	5138,482
2660	0,815	5021,089	5138,482
2680	0,819	5021,089	5138,482
2700	0,823	5021,089	5138,482
2720	0,827	5657,820	5138,482
2740	0,830	5657,820	5810,575
2760	0,834	5657,820	5810,575

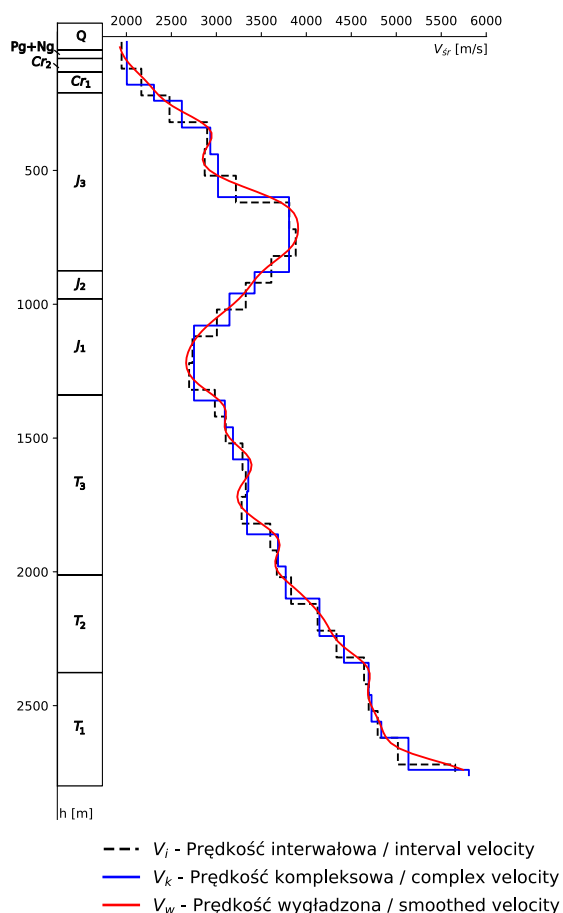


Fig. 40. Wykresy prędkości wygładzonych (V_w), prędkości interwałowych (V_i) oraz kompleksowych (V_k) dla otworu Września IG 1 (poz. odn. 100 m n.p.m.)

h – głębokość; Symbole stratygraficzne: Pg+Ng – paleogen i neogen, Cr₂ – kreda górna, Cr₁ – kreda dolna, J₃ – jura górna, J₂ – jura środkowa, J₁ – jura dolna, T₃ – trias górny, T₂ – trias środkowy, T₁ – trias dolny

Smoothed velocity (V_w), interval velocity (V_i) and complex velocity (V_k) in the borehole Września IG 1 (reference level 100 m a.s.l.)

h – depth; Stratigraphic symbols: Pg+Ng – Paleogene and Neogene, Cr₂ – Upper Cretaceous, Cr₁ – Lower Cretaceous, J₃ – Upper Jurassic, J₂ – Middle Jurassic, J₁ – Lower Jurassic, T₃ – Upper Triassic, T₂ – Middle Triassic, T₁ – Lower Triassic

piaskowców w spągowej części kajpru górnego. Poniżej, w obrębie formacji triasu górnego, widoczny jest schodkowy wzrost średniej prędkości kompleksowej z 3097 m/s, poprzez 3188, 3358 i 3344 m/s, finalnie osiągając wartość 3689 m/s na głębokości 1860–1960 m. Zaobserwowana niewielka zmienność prędkości przejścia fali P najpewniej jest związana z wkładkami anhydrytu, występującymi w obrębie ilastych utworów warstw gipsowych górnych oraz rosnącym udziałem drobnopiezistych piaskowców w poziomie piaskowca trzciniowego. Zaobserwowany najwyższy wzrost średniej prędkości odpowiada spągowej części triasu górnego, jaką są warstwy gipsowe dolne i jest wiązany z występowaniem wkładek wysokoprędkościowych dolomitów i anhydrytów w obrębie ciemnoszarych iłowców.

W obrębie triasu środkowego wydzielono w sumie trzy kompleksy prędkościowe o średniej prędkości wynoszącej 3774 (granica pomiędzy triasem środkowym i górnym opisana wyżej), 4149 i 4422 m/s. Wzrost średniej prędkości zaobserwowana na głębokości 2100 m w profilu odpowiada granicy pomiędzy kajprem a wapieniem muszlowym górnym i jest związany z wzrastającym udziałem wapieni w kompleksie skał ilastych. Dalszy wzrost zaobserwowany w kolejnym kompleksie prędkościowym jest z kolei najprawdopodobniej wynikiem dominacji wapieni, margli i anhydrytów i malejącym udziałem iłowców. Granica pomiędzy triasem środkowym i dolnym w przypadku tego otworu odznacza się wzrostem średniej prędkości kompleksowej z 4422 do 4696 m/s. Widoczny wzrost jest tutaj zapewne wynikiem przejścia fali sejsmicznej z margli i wapieni marglistych spągowej części wapienia muszlowego (margliste warstwy) do wapieni i dolomitów retu (pstry piaskowiec górny). W obrębie pstrego piaskowca, wyraźny kontrast prędkościowy zaobserwowano na głębokości 2620 m, gdzie następuje wzrost średniej prędkości z 4837 do 5138 m/s, co jest zapewne efektem zmiany litologii z iłowców z przewarstwieniami piaskowców „formacji” ilastej do wapieni z przewarstwieniami iłowców formacji pomorskiej. Najwyższy kontrast prędkościowy w obrębie triasu zaobserwowano w końcowym zakresie prowadzonych pomiarów na głębokości 2740 m, gdzie wartość średniej prędkości kompleksowej wzrasta z 5138 do 5811 m/s. Widoczna zmiana jest najpewniej wynikiem przejścia fali z formacji ilastych do wapieni i piaskowców znajdujących się w najniższej części pstrego piaskowca środkowego.

Przedstawiona powyżej analiza pozwala na potwierdzenie założenia, że prędkość średnia obliczona jako pochodna czasu pomierzonego jest zależna od zmienności litologicznej poziomów stratygraficznych rozpoznanych w profilu otworu Września IG 1 i odzwierciedla budowę geologiczną w jego najbliższym otoczeniu. Zmienność wartości prędkości kompleksowych dla poszczególnych wydzieleni stratygraficznych przedstawia się następująco:

Q + Ng + Pg – 2008 m/s

K2 – 2008 m/s

K1 – 2008–2309 m/s

J3 – 2309–2620–2936–3021–3811 m/s

J2 – 3428–3149 m/s

J1 – 3149–2755 m/s

T3 – 3097–3188–3358–3344–3689–3774 m/s

T2 – 3774–4149–4422–4696 m/s

T1 – 4696–4728–4837–5138–5811 m/s

Otrzymane wyniki prędkości kompleksowych przedstawione w niniejszym opracowaniu pozwalają na identyfikację najbardziej wyraźnych odbić refleksyjnych na profilach sejsmicznych i ich dowiązanie do odpowiednich jednostek litostratygraficznych. W przypadku otworu Września IG 1, wyraźnie widoczne będą dodatnie refleksy związane z formacją oolitową w jurze górnej oraz piaskowcami i wapieniami pstrego piaskowca dolnego. Dobrze widoczny

refleks ujemny w profilach sejsmicznych będzie z kolei reprezentował spadek średniej prędkości związany z występowaniem iłowców i mułowców w obrębie jury dolnej. Wyniki obliczeń wykonanych w ramach przedstawionych analiz pozwolą na uzupełnienie aktualnego modelu prędkościowego, który jest kluczową częścią opracowania interpretacji sejsmicznych w najbliższym otoczeniu opracowanego otworu.

PODSUMOWANIE

Uzyskane dla otworu Września IG 1 wartości prędkości wygładzonych, interwałowych i kompleksowych pozwoliły na wyznaczenie granic szeregu kompleksów prędkościowych związanych ze zmianami litologicznymi obejmującymi wydzielenia stratygraficzne od czwartorzędu do pstrego piaskowca dolnego (trias dolny). Najwyższe wartości prędkości kompleksowych zaobserwowano w wapieniach oolitych jury górnej oraz wapieniach i piaskowcach pstrego

piaskowca dolnego. Największy, ujemny kontrast prędkościowy jest natomiast widoczny w obrębie jury dolnej, gdzie dominują iłowce i mułowce. Zidentyfikowane granice kompleksów pozwolą na dowiązanie najwyraźniejszych odbić refleksyjnych na profilach sejsmicznych do odpowiednich jednostek litostratygraficznych i prawidłowe opracowanie interpretacji sejsmicznych w rejonie otworu Września IG 1.