

**MODELOWANIA SEJSMICZNE
– NARZĘDZIE WSPOMAGAJĄCE STRUKTURALNĄ
INTERPRETACJĘ DANYCH SEJSMICZNYCH
Z REJONU KARPAT ZEWNĘTRZNYCH
POMIĘDZY BABIĄ GÓRĄ A WADOWICAMI**

**Seismic modelling – a support tool for structural interpretation
of seismic data from the area of the Outer Carpathians
between Babia Góra and Wadowice**

Kaja PIETSCH¹, Marcin KOBYLARSKI¹ & Agnieszka URBAN²

*¹Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica,
Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;*

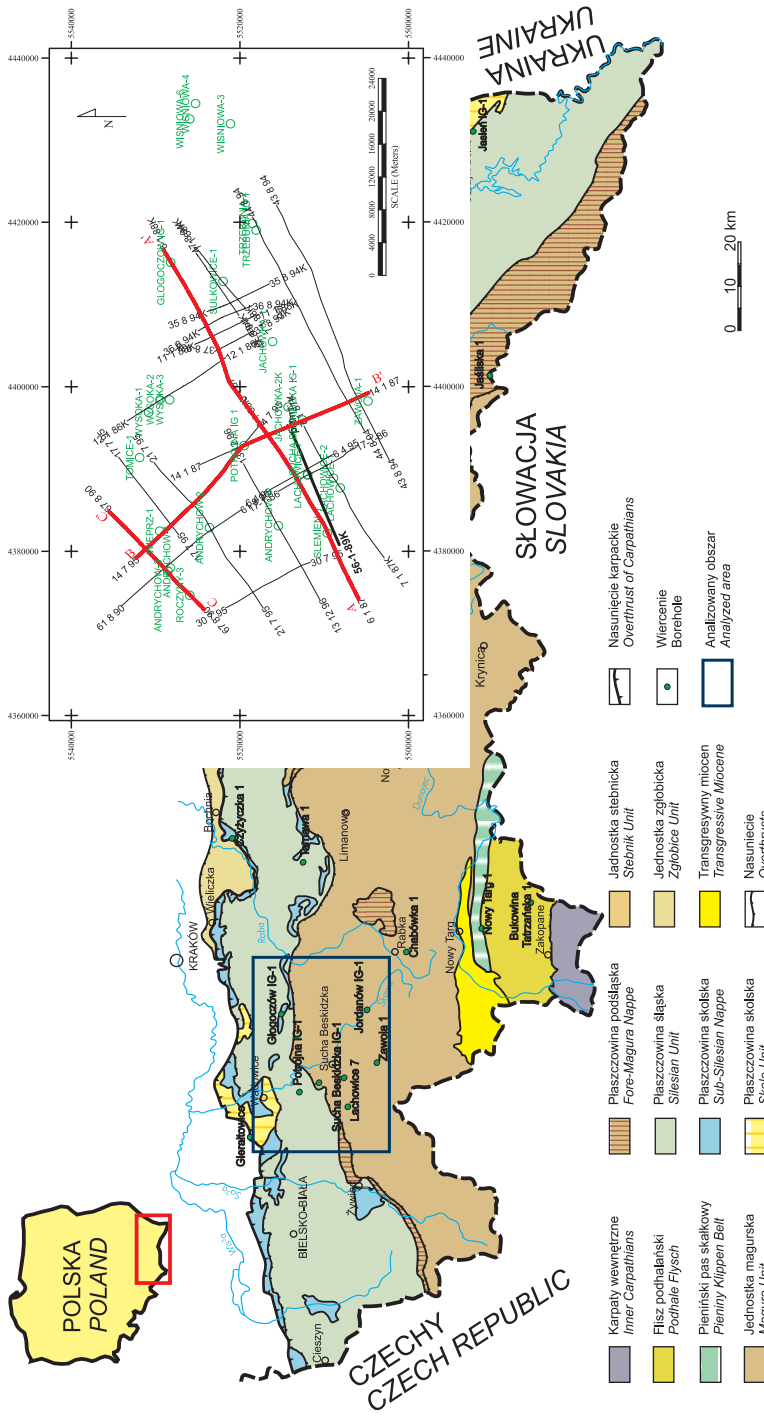
*²Geofizyka Kraków Sp. z o.o.;
e-mail: pietsch@agh.edu.pl, kobylarski@geol.agh.edu.pl,
agnieszka.urban@geofizyka.krakow.pl*

Treść: Złożona budowa Karpat powoduje, że sejsmiczny obraz jest bardzo trudny do interpretacji. Wiarygodne odtworzenie układu strukturalnego utworów platformowego podłoża wymaga zastosowania dwuwymiarowych modeli sejsmicznych. Przedstawiono wykorzystanie modeli sejsmicznych do interpretacji profilu 56-1-89K, zarejestrowanego w obszarze struktury Stryszawa, w zachodniej części Karpat zewnętrznych. Modele sejsmogeologiczne opracowano z wykorzystaniem danych otworowych (Lachowice 7 i Ślemień 1) oraz wstępnie zinterpretowanego profilu 56-1-89K. Teoretyczne przekroje czasowe obliczono z wykorzystaniem programu Outrider oraz systemu Omega. Geologiczna interpretacja, wykonana z wykorzystaniem wyników modeli sejsmicznych, umożliwiła odtworzenie horyzontów JSsp, Flsp, PALstr=Msp, Cm+D1str i Pr oraz wiarygodną identyfikację uskoków ograniczających strukturę Stryszawy.

Słowa kluczowe: Karpaty Zachodnie, sejsmiczna interpretacja strukturalna, modelowania sejsmiczne

Abstract: The complex structure of the Carpathians, causes that seismic pattern is very difficult. The reliable reconstruction of the structural system of the platform basement formations require application of 2D seismic modelling. The paper presents the application of seismic modelling for interpretation of the 56-1-89K profile, recorded in the Stryszawa structure area, in the western part of the Outer Carpathians. Seismogeological models were developed using borehole data (Lachowice 7 and Ślemień 1) and the preliminary interpreted 56-1-89K profile. Theoretical time sections were computed with the softwares: Outrider and Omega. Geological interpretation performed using results of seismic modeling enabled the reconstruction of JSsp, Flsp, PALstr=Msp, Cm+D1str and Pr horizons and reliable identification of faults limiting the Stryszawa structure.

Key words: Western Carpathians, seismic structural interpretation, seismic modelling



Mapa polskich Karpat zewnętrznych z lokalizacją analizowanego terenu (wg Żytko *et al.* 1989, uproszczona)
 Map of the Polish Outer Carpatians with the locality of the analyzed area (after Żytko *et al.* 1989, simplified)

WSTĘP

Złożona budowa górotworu Karpackiego:

- obecność formacji fliszowej o przeszło 2-kilometrowej miąższości, zbudowanej głównie z rytmicznie ułożonych, naprzemianległych warstw piaskowców i iłowców i ich fałdowo-płaszczowinowy charakter,
- zrębowo-uskokowa budowa platformowego paleozoiczno-prekambryjskiego podłoża powodują, że sejsmiczny obraz Karpat jest bardzo złożony (dla utworów fliszowych – fragmenty horyzontów sejsmicznych o dużych nachyleniach, a dla granic głębszych – fragmenty horyzontów sejsmicznych, których identyfikację utrudniają fale dyfrakcyjne związane z licznymi uskokami przecinającymi zarówno flisz jak i jego platformowe podłoże). Skomplikowany układ granic sejsmicznych powoduje, że zapis sejsmiczny ma interferencyjny charakter. Fale odbite interferują przede wszystkim z falami dyfrakcyjnymi i odbiciami bocznymi.

Szczególnie dobrze jest to widoczne na stosunkowo starych profilach sejsmicznych (lata 1986–1996), które wykorzystano do rozpoznania budowy podłoża fliszu w rejonie Babia Góra – Wadowice (Pietsch *et al.* 2007). W takiej sytuacji właściwa strukturalna interpretacja danych sejsmicznych musi bazować na wielowariantowych modelowaniach teoretycznego pola falowego, bo tylko ta metoda pozwala na powiązanie wszystkich elementów założonego modelu sejsmogeologicznego z ich sejsmicznym odwzorowaniem. Przy zgodności zarejestrowanego pola falowego z polem teoretycznym można przyjąć, że model założony do obliczenia pola teoretycznego dobrze aproksymuje budowę górotworu.

MODEL SEJSMOGEOLOGICZNY STRUKTURY STRYSZAWA

Dwuwymiarowe modelowania sejsmiczne wykonane zostały dla zmigrowanego czasowego profilu 56-1-89K (Fig. 1) przechodzącego przez strukturę Stryszawy, bardzo interesującą z naftowego punktu widzenia.

W odwiercie Lachowice 7, leżącym na skrzyżowaniu profili 56-1-89K i 17-1-89K, stwierdzono przyływ gazu z wapieni dewonu, po nawierceniu ich stropu na głębokości 2254 m (Baran *et al.* 1995). Złoże zlokalizowane jest w pułapce strukturalno-tektoniczno-stratygraficznej zamkniętej ekranującą strefą uskokową (Pietsch *et al.* 1997). Widoczny na rejestrowanym przekroju sejsmicznym obraz strefy uskokowej nie umożliwia wiarygodnej lokalizacji uskoków, ani ich kierunków, ani też ich charakteru.

W celu jednoznacznej identyfikacji uskoków występujących na tym profilu (Fig. 1) wykonano teoretyczne modelowania sejsmiczne 2D.

Konstrukcję modeli sejsmogeologicznych wykonano w systemach GeoGraphix (*Landmark Graphics Co.*) w module Struct oraz Outrider (*Divestco Inc.*).

Podstawą do konstrukcji modelu sejsmogeologicznego były dane geofizyki otworowej z odwiertów Ślemień 1 oraz Lachowice 7, które posłużyły do wyznaczenia parametrów petrofizycznych kolejnych kompleksów, oraz wstępnie zinterpretowany profil sejsmiczny 56-1-89K, w oparciu o który określono opcjonalny geometryczny układ warstw. Do obliczeń sejsmogramów syntetycznych wykorzystano sygnał Rickera 28 Hz wyekstrahowany z tras sejsmicznych zlokalizowanych w okolicach otworów.

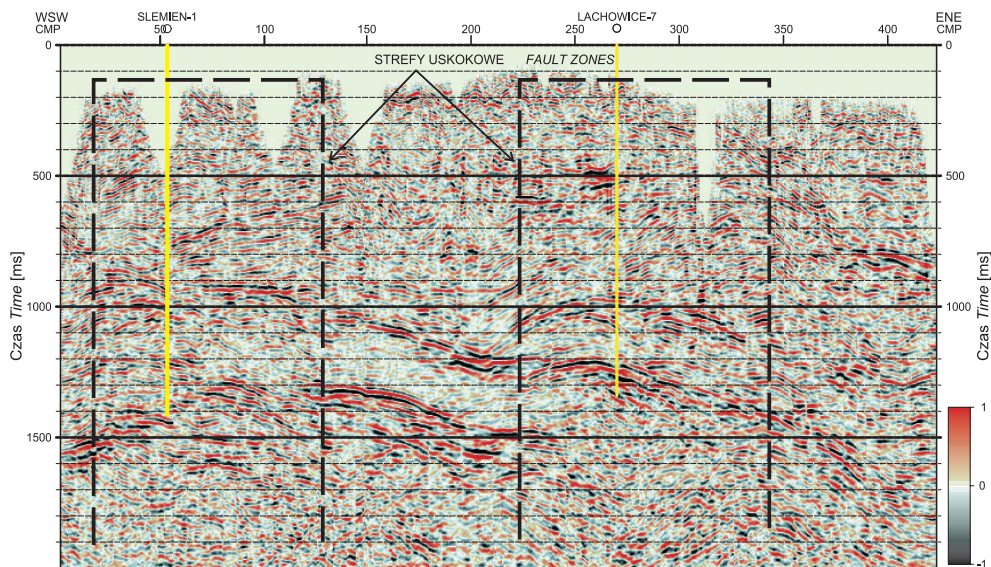


Fig 1. Profil sejsmiczny 56-1-89K

Fig 1. Seismic profile 56-1-89K

Geologiczną identyfikację śledzonych wzdłuż profilu horyzontów sejsmicznych wykonano w oparciu o sejsmogramy syntetyczne (SS) obliczone dla obu otworów. Na figurze 2 przedstawiony jest SS skonstruowany dla odwiertu Lachowice 7, w zestawieniu z krzywą czasów interwałowych (DTpopr), gęstości (RHOB), GR i wydzieleniami stratygraficznymi (Zacharski *et al.* 2006) oraz zarejestrowanymi trasami sejsmicznymi (SEISMIC TR.).

Sejsmogramy syntetyczne liczone są przy założeniu poziomego zalegania granic, rzeczywiste granice sejsmiczne, szczególnie w obrębie utworów fliszowych zapadają nawet pod znacznymi kątami – stąd wyraźny brak zgodności zapisu teoretycznego i rzeczywistego dla fliszu. Również generalnie mniejsze amplitudy sygnałów w zapisie rejestrowanym aniżeli na SS są wynikiem tłumienia energii sejsmicznej przez zaburzone utwory fliszowe, co nie jest uwzględniane przy obliczaniu SS. Zdecydowanie lepsza zgodność pola teoretycznego i rejestrowanego widoczna jest dla platformowych utworów podłoża.

Strop utworów paleozoicznych (PALstr) – to wyraźna granica na wskazaniach krzywych geofizyki otworowej oraz SS, słabo jednak widoczna na rejestrowanych trasach, co jest zapewne związane z interferencją fal odbitych od tej granicy z falami dyfrakcyjnymi powstającymi na uskoku przechodzącym w bezpośrednim sąsiedztwie otworu L7. Silna ujemna granica Cm+D1str odpowiada granicy pomiędzy węglanowymi utworami dewonu środkowego, a ilastymi dewonu dolnego i kambru, a silna dodatnia – stropowi prekambru (Pr). Zarówno na SS jak i rejestrowanych trasach słabo widoczny jest spąg fliszu (FLsp) – jest to bowiem powierzchnia nasunięcia, a jej przebieg na profilu sejsmicznym był korelowany jako powierzchnia pomiędzy zupełnie różnym typem zapisu sejsmicznego.

Model sejsmogeologiczny 2D zbudowany został dla utworów platformowego podłoża. W strefie tej można bowiem wyznaczyć w miarę wiarygodny przebieg granic sejsmicznych.

Jedyną granicą fliszową uwzględnioną w modelu jest granica JSsp. W utworach podłoża fliszu wyznaczono przebieg granic: Msp=PALstr, Cm+D1 i Pr oraz dodatkowo granicę prędkościową w obrębie utworów miocenu. Otworowe dane prędkościowe (Fig. 2 – krzywa DTpopr), które wykorzystano do budowy modelu, wyraźnie wskazują na dwudzielność utworów miocenu (Pietsch *et al.* 1997), stąd w modelu założono dodatkową granicę wewnątrz mioceńskiej (Mp-isp). Prędkości w poszczególnych kompleksach stratygraficznych były interpolowane zgodnie z wynikami profilowań akustycznych prędkości wykonanych w otworach L7 i Ś1.

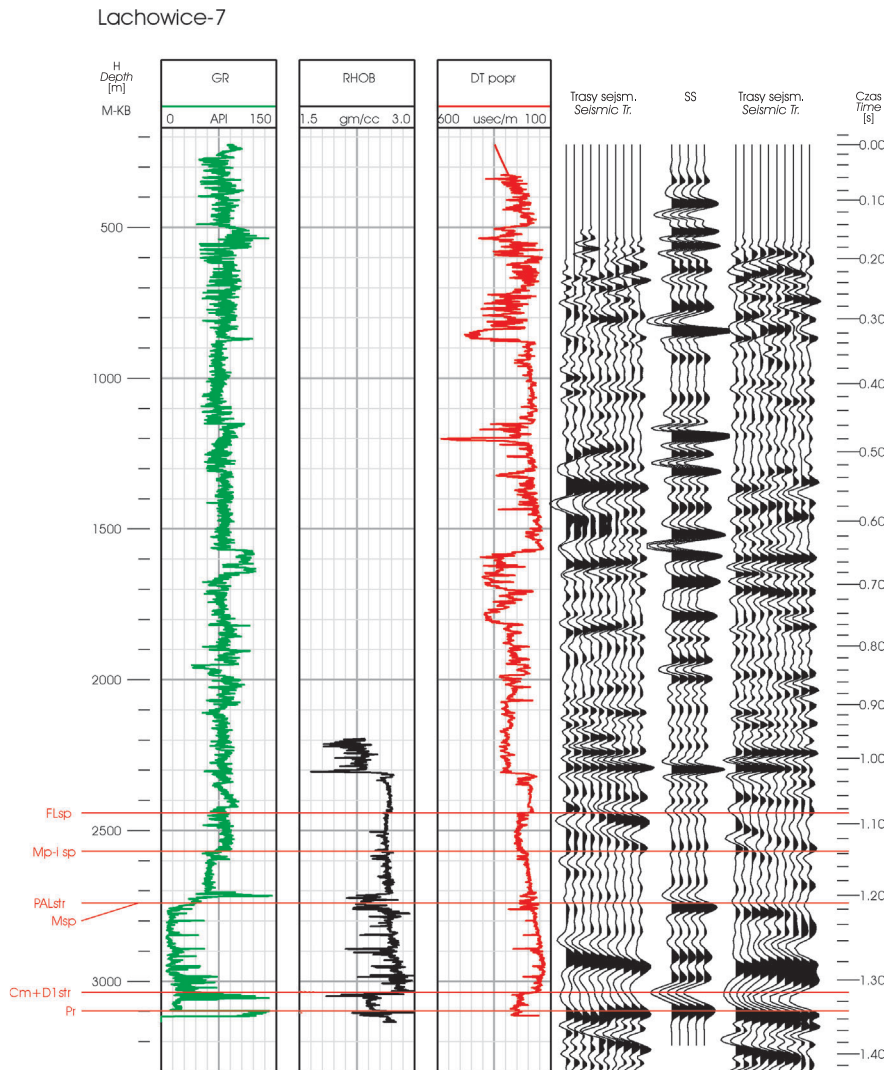


Fig. 2. Sejsmogramy syntetyczne, ss, dla otworu Lachowie-7

Fig. 2. Synthetic seismograms, ss, for Lachowie-7 well

Duża ilość fal dyfrakcyjnych, które są widoczne w strefie odwiertu L7 (struktura Stryszawy) powoduje, że jednoznaczna korelacja dowiązanych geologicznie granic sejsmicznych (Fig. 2) jest właściwie niemożliwa. W związku z powyższym opracowano dwie alternatywne korelacje granic sejsmicznych i na ich podstawie opracowano dwa modele sejsmogeologiczne, zakładające różny przebieg uskoku w obrębie struktury Stryszawy.

Na figurze 3 przedstawiony jest model 1, w którym założono w strefie otworu L7 trzy uskoki. Od strony WSW uskok normalny zrzucający utwory platformowe (prekambr o ok. 200 ms, co przy prędkościach rzędu 5000 m/s daje zrzut ok. 500 m), uskok inwersyjny w bezpośrednim sąsiedztwie odwiertu L7, podnoszący nieznacznie prekambr bloku Stryszawy, a od strony ENE też uskok inwersyjny, podnoszący starsze utwory o ok. 125 ms (ok. 300 m). Dwa uskoki normalne występują w sąsiedztwie odwiertu Ślemień 1.

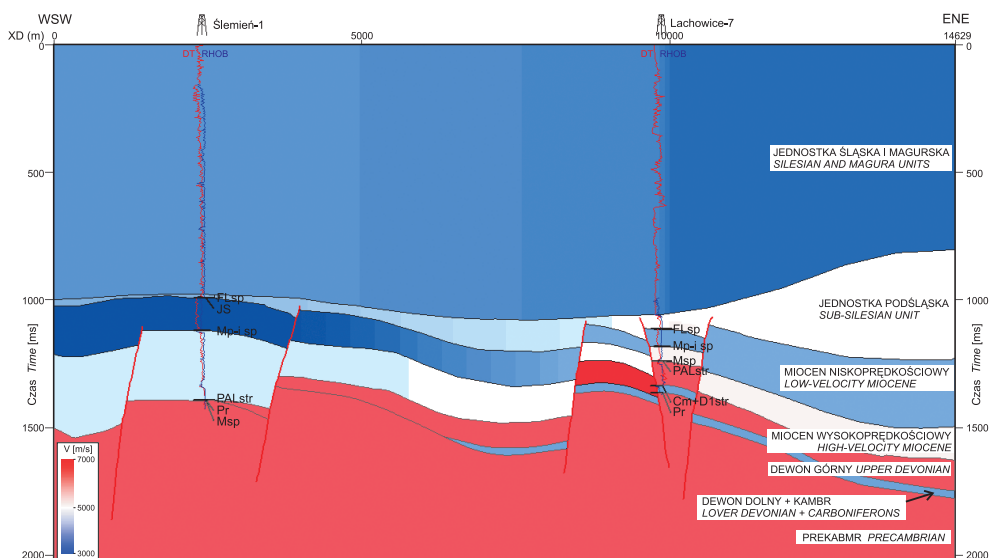


Fig. 3. Sejsmogeologiczny model wzdłuż profilu 56-1-89K (wersja 1)

Fig. 3. Seismogeological model for 56-1-89K profile (version 1)

Drugi model sejsmogeologiczny (2) przedstawiony jest na figurze 4. W tym modelu przyjęto inny przebieg uskoku w strefie podniesienia Stryszawy. Od strony WSW założono prawie pionowy uskok podnoszący blok Stryszawy o około 300 ms oraz drugi prawie pionowy, mniejszy uskok podnoszący dodatkowo prekambr na głębokość około 2850 m. Od strony ENE założono natomiast obecność niewielkiego uskoku normalnego i dalej dużego uskoku normalnego, zrzucającego kompleks mioceńsko-paleozoiczny na głębokości około 3570 m (ok. 1650 ms).

W obu modelach założono, pomiędzy normalnymi uskokami ograniczającymi wyniesienia Stryszawy i Ślemienia, wyklinowywanie się utworów paleozoiku do stropowej powierzchni prekambru (Pr). W odwiertcie Ślemień 1 utwory miocenu zalegają bezpośrednio na prekambryjskim podłożu.

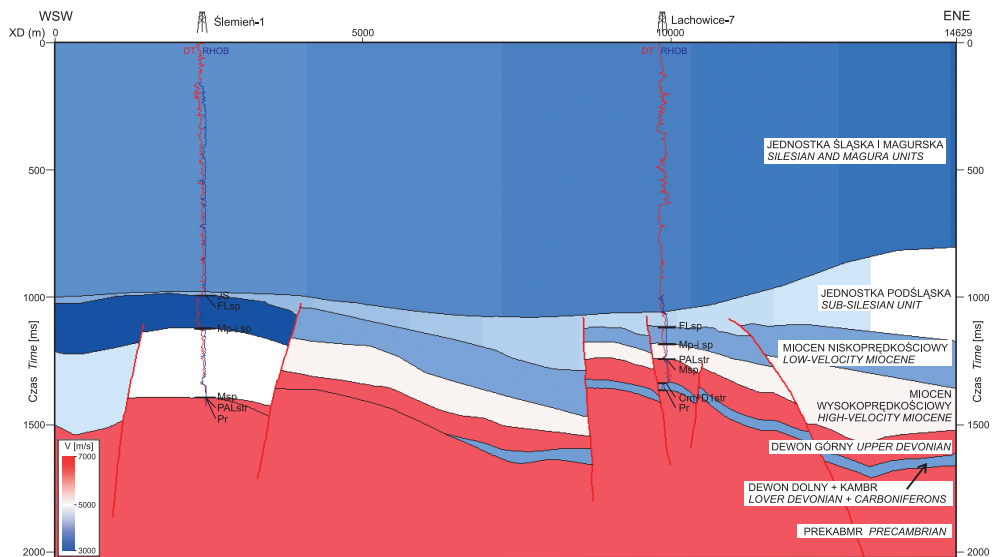


Fig. 4. Sejsmogeologiczny model wzdłuż profilu 56-1-89K (wersja 2)

Fig. 4. Seismogeological model for 56-1-89K profile (version 2)

METODYKA MODELOWAŃ SEJSMICZNYCH

Obliczenia teoretycznego pola falowego wykonano w programie Outrider (*Divestco Inc.*), działającym na platformie Microsoft Windows, pozwalającym na modelowania sejsmiczne w oparciu o promieniową teorię propagacji fal sejsmicznych.

Program Outrider umożliwia obliczenia dla modeli charakteryzujących się gradientową zmiennością, poziomą oraz pionową, parametrów petrofizycznych w obrębie warstw. Pozwala również na offsetowe modelowania, przy złożeniu różnych rozstawów sejsmicznych (istnieje możliwość modelowania VSP). Używany sygnał elementarny może być jednym ze standardowych sygnałów (Rickera, Klaudera, Ormsby'ego, Butterwortha) lub może być zadany z pliku tekstowego. Istnieje możliwość modelowań odbić tylko na wyznaczonych granicach, jednocześnie lub osobno refleksów dla fali podłużnej, przemiennej oraz bezpośredniej, odbić zakrytycznych oraz założenia sposobu rejestracji (pionowy/poziomy geofon). Oprócz parametru rozstawu sejsmicznego występuje konieczność określenia głębokości źródła oraz katowego kroku generowania promieni sejsmicznych z jednego punktu strzałowego. Program pozwala także na korektę amplitud, związaną z rozwieraniem sferycznym frontu fali sejsmicznej.

Modelowania wykonano przy założeniu parametrów rozstawu sejsmicznego analogicznych do zastosowanych w pracach terenowych, dzięki czemu uzyskano taki sam zakres offsetów oraz krotności profilowania. Metodyka badań terenowych zakładała odległość między punktami wzbudzenia 35 m, rozstaw środkowy z oknem o następującej geometrii -910-105-0+105+910. Założono czas rejestracji 2000 ms, 2 ms krok próbkowania oraz poprawkę na

rozwieranie sferyczne czoła fali. Zastosowano sygnał Rickera o częstotliwości dominującej 28 Hz, będącej częstotliwością dominującą zarejestrowanego przekroju sejsmicznego.

W modelach sejsmogeologicznych oprócz horyzontów sejsmicznych założonych w domenie czasowej, wymagane było określenie dla każdego kompleksu wartości prędkości fali podłużnej i gęstości (z danych otworowych L7 i Ś1) oraz prędkości fali poprzecznej, którą obliczono na podstawie zależności Castagna (Castagna *et al.* 1985). Modele sejsmogeologiczne opracowane w domenie czasu zostały przekonwertowane do domeny głębokości z wykorzystaniem opracowanego dla modelu pola prędkości.

Wynikiem modelowań były rekordy sejsmiczne, które wymagały zastosowania procedur przetwarzania w celu uzyskania czasowych przekrojów sejsmicznych.

PRZETWARZANIE DANYCH SYNTETYCZNYCH

Przetwarzanie teoretycznych rekordów sejsmicznych zostało wykonane w systemie Omega (*WesternGeco*) w wersji 1.8.3, działającym na platformie Linux zainstalowanej na stacji roboczej Dell Precision 480. Celem przetwarzania było uzyskanie teoretycznych czasowych przekrojów sejsmicznych dla profilu 56-1-89K. Zastosowana sekwencja przetwarzania była zbliżona do sekwencji zastosowanej w przypadku danych zarejestrowanych. Różnice spowodowane były brakiem konieczności aplikacji niektórych procedur, ze względu na specyfikę danych modelowych.

W przypadku danych modelowych nie stosowano procedur takich jak:

- filtracja zakłóceń koherentnych (fala bezpośrednia, powierzchniowa, fale wielokrotne itp) oraz niekoherentnych ze względu na ich brak,
- aplikacja poprawek statycznych (w modelu nie założono strefy przypowierzchniowej) oraz dekonwolucji (ponieważ użyty sygnał jest sygnałem wyekstrahowanym z rejestrowanego przekroju sejsmicznego po wykonaniu dekonwolucji).

Obliczony teoretyczny przekrój sejsmiczny dla modelu 1 (Fig. 3) przedstawiony jest na figurze 5. Duża ilość fal dyfrakcyjnych związanych z założonymi uskokami utrudnia korelację poszczególnych horyzontów, szczególnie w strefie struktury Stryszawy. W związku z powyższym koniecznym było zastosowanie procedury migracji, która m.in. usuwa fale dyfrakcyjne.

W trakcie przetwarzania wykonano testy różnych rodzajów migracji czasowej po składowaniu. Aplikowano migrację FX, *phase shift* (FD) oraz Kirchhoffa z wykorzystaniem pola prędkości stosowanego podczas składania oraz jego modyfikacji (80, 90, 95, 105, 110% wartości pola prędkości).

Najefektywniejsza okazała się migracja Kirchhoffa z wykorzystaniem 90% wartości pola prędkości, w najbardziej efektywny sposób usunęła ona hiperbole dyfrakcyjne oraz wprowadziła najmniej artefaktów (Fig. 6). W związku z tym migrację Kirchhoffa włączono jako obowiązującą do sekwencji przetwarzania.

Uproszczona sekwencja przetwarzania zawierała następujące procedury:

- konwersja danych wynikowych do wewnętrznego formatu systemu Omega,
- aplikacja danych o geometrii do nagłówków tras,
- przesortowanie danych do domeny WPG (CDP),

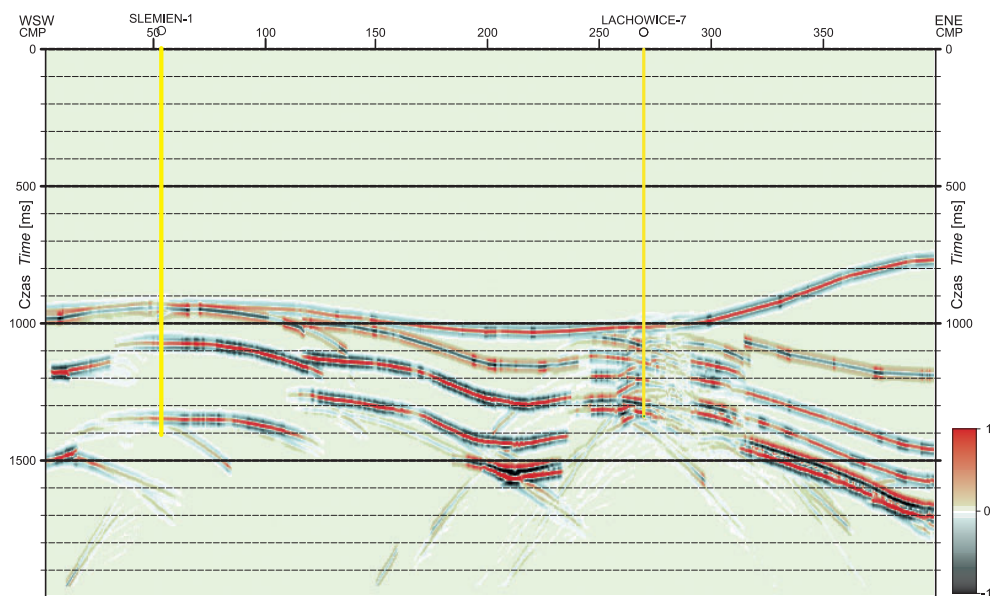


Fig. 5. Syntetyczna sekcja sejsmiczna obliczona w oparciu o model 1

Fig. 5. Synthetic seismic section calculated for model 1

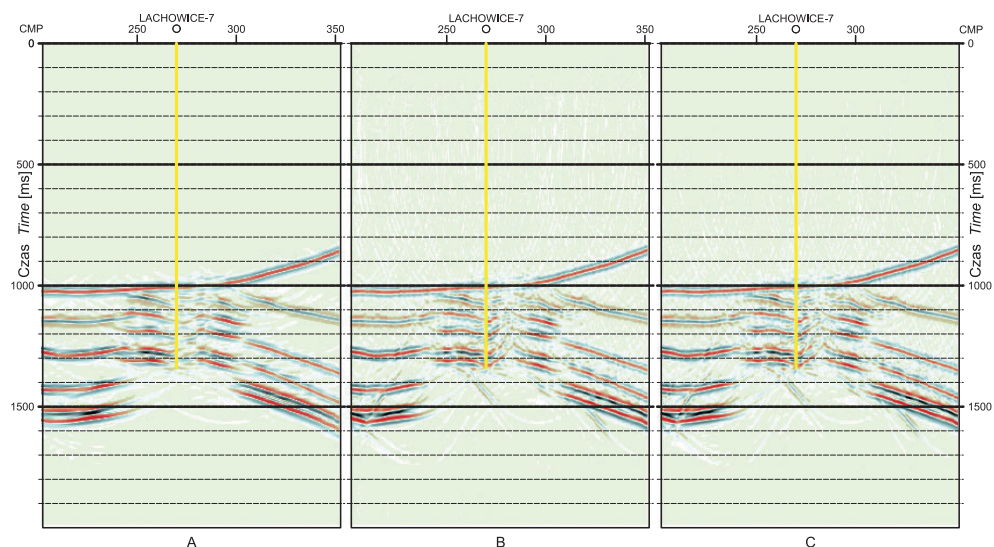


Fig. 6. Fragment syntetycznego profilu sejsmicznego dla modelu 1 w wersjach z użyciem migracji Kirchhoffa (A), migracji FX (B) oraz migracji Phase Shift (C)

Fig. 6. Part of the synthetic seismic section calculated for model 1, versions with Kirchhoff migration (A), FX migration (B) and Phase Shift migration (C)

- analizy prędkości,
- testy poprawki kinematycznej z wykorzystaniem pól prędkości z analiz oraz importowanych prędkości z modelu, przeliczonych z prędkości warstwowych do prędkości RMS,
- DMO,
- aplikacja poprawki kinematycznej z wykorzystaniem prędkości pochodzącej z modelu (przeliczonych do wartości RMS),
- aplikacja mutingu,
- składanie tras względem wspólnego punktu głębokościowego (WPG),
- migracja Kirchhoffa,
- uaktualnienie współrzędnych, znajdujących się w nagłówkach tras oraz eksport danych do formatu SGY.

WYNIKI MODELOWAŃ

Na figurze 7 przedstawiony jest końcowy teoretyczny przekrój czasowy obliczony dla modelu 1 (Fig. 3), a na figurze 8 – dla modelu 2 (Fig. 4).

Rozkład na przekrojach teoretycznych horyzontów sejsmicznych: PALstr, Cm+D1str oraz Pr, generalnie rzecz ujmując, odtwarza założony w modelach przebieg granic sejsmicznych. Ich rozkład jest zbliżony do rozkładu rejestrowanych granic sejsmicznych (patrz profil 56-1-89K – Fig. 1).

Widoczne różnice to:

- zdecydowanie lepsza ciągłość granic w polu teoretycznym, co wynika z jednej strony z braku w modelu bardzo zmiennych utworów fliszowych, które w sposób zasadniczy wpływają na sejsmiczny obraz podłoża, z drugiej zaś z małej ilości danych otworowych (tylko 2), w oparciu o które generowane jest w modelu pole prędkości;
- granica wewnątrzmiocenska Mp-i sp (Fig. 2 – krzywa DTpopr) wyraźnie zaznaczająca się na teoretycznym polu falowym nie jest widoczna na rejestrowanym polu falowym;
- bardzo wyraźna w polu teoretycznym granica JSsp, która w modelu jest granicą jednoznacznie zdefiniowaną, a która na rejestrowanym przekroju, podobnie jak pozostałe granice fliszowe wyznaczona została, wzdłuż stref zmiany zapisu sejsmicznego, a nie w oparciu o wyraźną, korelującą się wzdłuż profilu granicę sejsmiczną;
- brak odbić bocznych, które mogą wystąpić na skutek skośnego usytuowania profilu sejsmicznego względem generalnego kierunku uskoków (NW-SE), których nie da się uwzględnić w modelowaniach 2D.

Podstawowym celem modelowań było uzyskanie odpowiedzi na pytanie, w jaki sposób wygląda strefa uskokowa w rejonie struktury Stryszawy (odwiert Lachowice 7)? Porównanie teoretycznych pól falowych obliczonych dla modelu 1 (Fig. 3 i 5) oraz dla modelu 2 (Fig. 4 i 7) z zarejestrowanym polem falowym wyraźnie wskazuje, że pole falowe obliczone dla modelu 2 lepiej przybliży obraz stref uskokowych na rejestrowanym przekroju. Na figurze 8 zestawiono zinterpretowane fragmenty rejestrowanego (A) i teoretycznego (B) pola falowego. Identyfikacyjny układ, wyinterpretowanych na obu przekrojach, uskoków świadczy o tym, że model 2 (Fig. 4) można przyjąć jako wiarygodną aproksymację budowy struktury Stryszawy. Widoczne różnice w rozkładzie granic sejsmicznych zostały już omówione powyżej.

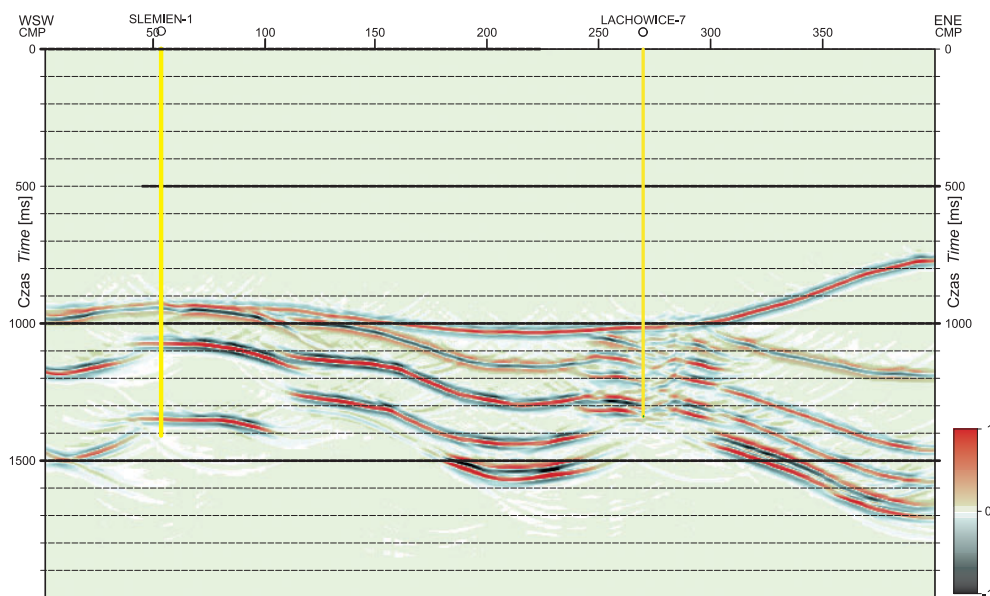


Fig. 7. Syntetyczny profil sejsmiczny dla modelu 1 w wersji z wykorzystaniem migracji Kirchhoffa

Fig. 7. Synthetic seismic section calculated for model 1 (version with Kirchhoff migration applied)

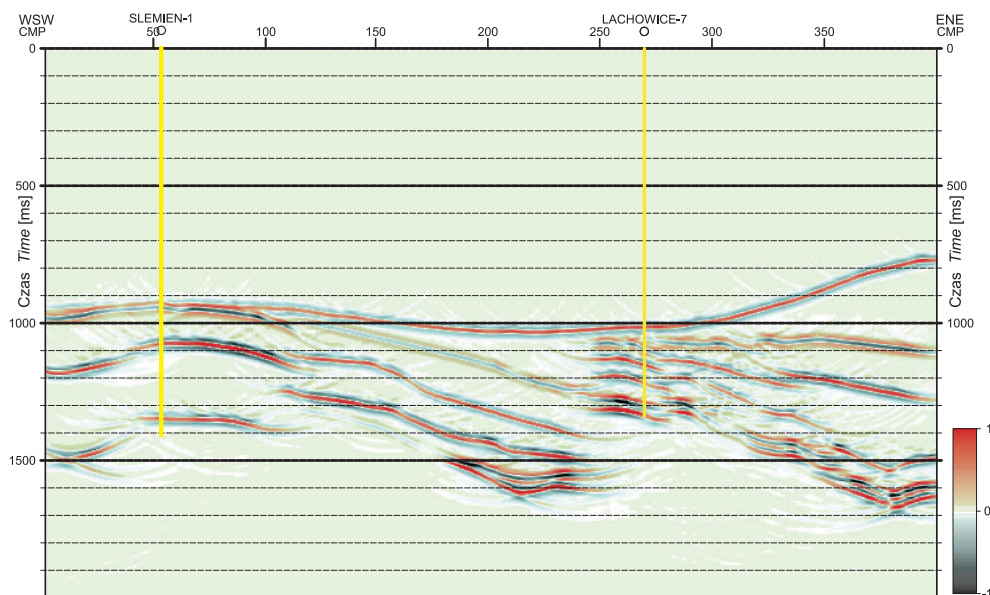


Fig. 8. Syntetyczny profil sejsmiczny dla modelu 2 w wersji z wykorzystaniem migracji Kirchhoffa

Fig. 8. Synthetic seismic section calculated for model 2 (version with Kirchhoff migration applied)

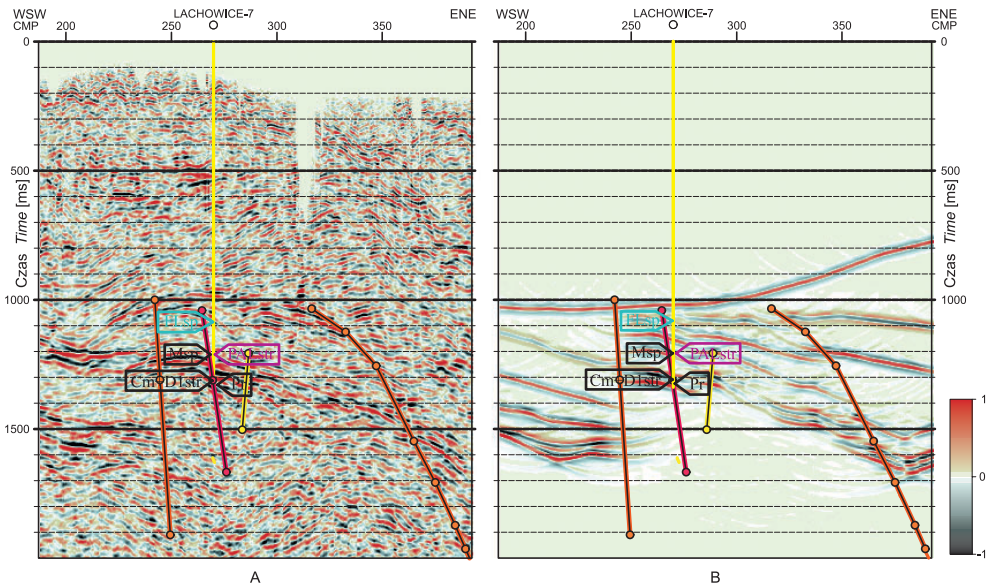


Fig. 9. Interpretacja uskoków w obrębie struktury Stryzawa na sekcji zarejestrowanej (A) oraz modelowej (B)

Fig. 9. Fault interpretation within Stryzawa structure for recorded (A) and theoretical section (B)

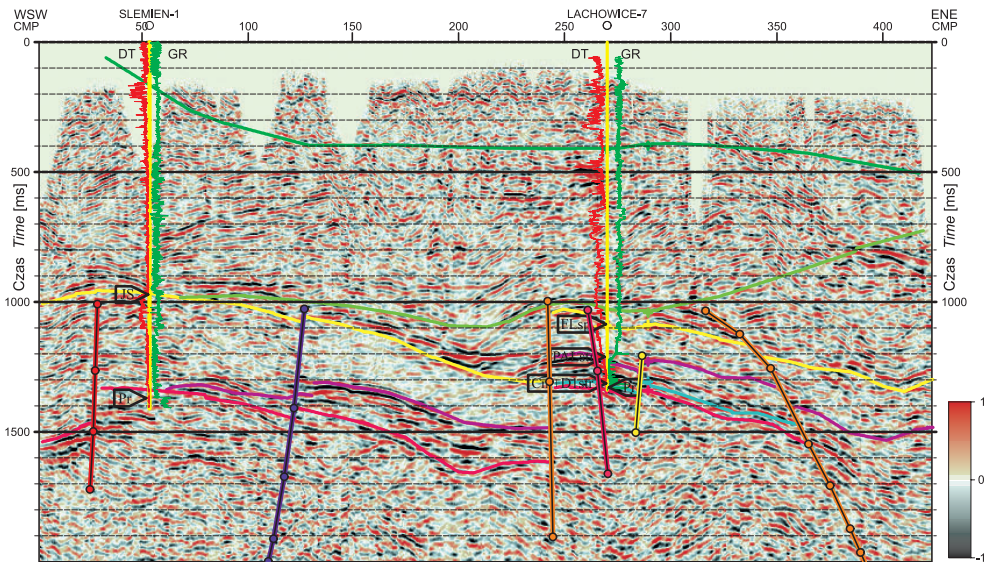


Fig. 10. Finalna interpretacja strukturalna profilu sejsmicznego 56-9-89K

Fig. 10. Finel structural interpretation on 56-9-89K seismic profile

Końcowa geologiczna interpretacja przekroju 56-1-89K przedstawiona jest na figurze 9. Została ona wykonana w oparciu o korelacje, geologiczne dowiązanych za pomocą sejsmogramów syntetycznych obliczonych dla odwiertów Lachowice 7 (Fig. 2) i Ślemień 1, horyzontów sejsmicznych: JMsp, JSsp, Flsp, PALstr=Msp, Cm+D1str i Pr, oraz modeli sejsmicznych, dzięki którym w sposób bardziej wiarygodny zidentyfikowano układ uskoku normalnych ograniczających strukturę Stryszawy.

Praca została wykonana w czasie realizacji projektu badawczego nr 4 T12 B 025 28 Ministerstwa Nauki i Informatyzacji pt. „Nowe aspekty interpretacji wyników pomiarów geofizycznych dla weryfikacji możliwości poszukiwania węglowodorów w Karpatach Zachodnich”.

LITERATURA

- Baran U., Jawor E. & Jawor W., 1995. Geological recognition and direction for exploration for oil and gas in the Miocene sequence and Mezo-Palaeozoic basement in the western part of the Polish Carpathians and Carpathian Foredeep. *Oil and Gas News from Poland, POGC Information Bulletin*, 5, 105–128.
- Castagna J.P., Batzle M.L. & Eastwood R.L., 1985. Relationship between compressional-wave and shear-wave velocities in clastic silicate rocks. *Geophysics*, 50, 571–581.
- Pietsch K., Strzetelski W., Jarzyna J. & Górecki W., 1997. The geological and geophysical interpretation of the sub-Carpathian autochthonous gas-bearing Devonian structures of Lachowice – Stryszawa. *Geological Quarterly*, 42, 2, 169–184.
- Pietsch K., Golonka J. & Marzec P., 2007. Stosunek podłoża do fliszu Karpat Zewnętrznych pomiędzy Wadowicami a Babią Górą w świetle refleksyjnych badań sejsmicznych. *Kwartalnik AGH Geologia*, 33, 4/1, 197–210.
- Zacharski J., Nowak J. & Skucińska M., 2006. *Prace interpretacyjne w wybranych otworach w rejonie Karpat Zachodnich*. Zlec. WGGiOŚ/zgf/158/2006, Archiwum Zakładu Geofizyki WGGiOŚ AGH.
- Žytko K., Zając R., Gucik S., Ryłko W., Oszczytko N., Garlicka I., Nemčok J., Eliáš M., Menčík E. & Stráňik Z., 1989. Map of the tectonic elements of the Western Outer Carpathians and their foreland. In: *Geological Atlas of the Western Outer Carpathians and their Foreland* (eds. Poprawa D. & Nemčok J.). Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa / GUDS Bratislava / Uug Praha.

Summary

The complex structure of the Carpathian orogenic belt, folded flysch of large thickness and horst structure of platform cause that it is very difficult to interpret the seismic pattern of the Carpathians. Under those circumstances, the reliable reconstruction of platform basement formations require application of two-dimensional seismic modelling. The article presents the application of seismic modelling for interpretation of the 56-1-89K (Fig. 1) profile, recorded in the Stryszawa structure area, in the western part of the Outer Carpathians, between Wadowice and Babia Góra.

The seismogeological model of the Stryzawa structure was made in GeoGraphix system (*Landmark Graphics Co.*) in the Struct module and Outrider software (*Divestco Inc.*). Well log data from boreholes Lachowice 7 and Ślemień 1 were used to characterize petrophysical parameters of interpreted complexes and for calculating synthetic seismograms (Fig. 2). Preliminary interpreted seismic section was used to set geometric layer configuration.

The 2D seismogeological model was constructed for platform basement formations intersected by faults, which are a source of numerous diffraction waves, both making correlation of seismic boundaries (Msp = PALstr, Cm + D1 and Pr) difficult and preventing reliable location of fault orientations, in particular in the area of the Lachowice 7 borehole. In this connection two alternative correlations of seismic boundaries were developed and they served as the basis for two seismogeological models assuming different orientations of faults within the Stryzawa structure (Fig. 3 – model 1 and Fig. 4 – model 2).

Theoretical wave field computations were performed in the Outrider program (*Divestco Inc.*), allowing seismic modeling on the basis of ray theory of seismic wave propagation. Processing of theoretical seismic records was performed in the Omega system (*WesternGeco*) resulting in theoretical time sections obtaining. Applied processing sequence was similar to the sequence used for the recorded data. The theoretical section computed for model 1 (Fig. 3) is presented in figure 5. A big amount of diffraction waves brought about the need to use the migration. Migration tests application (Fig. 6) indicated that the Kirchoff migration most effectively removed diffraction waves.

Results of modelling for model 1 are presented in figure 7 and for model 2 in figure 8. The horizon distribution on theoretical seismic sections: PALstr, Cm + D1str and Pr, is generally similar to the distribution of registered boundaries (see the 56-1-89K profile – Fig. 1) but only outside the fault zones. Comparison of theoretical wave fields computed for model 1 (Figs 3, 5) and for model 2 (Figs 4, 7) with the recorded wave field clearly indicates that the wave field computed for model 2 better reflects the pattern of fault zones in the recorded profile (Fig. 8)

The final geological interpretation of the 56-1-89K section performed using seismic modelling enabled reliable reconstruction of horizons JSsp, Flsp, PALstr = Msp, Cm + D1str and Pr and reliable identification of faults limiting the Stryzawa structure.