

## Próba poprawy zobrazowania podłoża na profilu sejsmicznym 2D z obszaru Karpat Zewnętrznych

An attempt to improve Carpathian basement structure imaging – an example of 2D seismic section from the Polish Outer Carpathians area

Łukasz Bajewski, Aleksander Wilk, Andrzej Urbaniec

*Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy*

**STRESZCZENIE:** W artykule zaprezentowano wyniki pracy badawczej, której celem była próba poprawy zobrazowania podłoża Karpat na profilu sejsmicznym 2D z rejonu Karpat Zewnętrznych. Próba ta stanowi kolejny etap w badaniach związanych z opracowaniem sekwencji przetwarzania mającej na celu bardziej szczegółowe odzwierciedlenie sejsmiczne tego trudnego ośrodka geologicznego. W pracy zastosowana została sekwencja przetwarzania opracowana w Zakładzie Sejsmiki Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego w ramach poprzednich prac. Modele prędkości zostały opracowane na bazie pionowych profilowań sejsmicznych (PPS) w otworach wiertniczych. Obecnie w procesie przetwarzania dodatkowo wygenerowano pole prędkości obliczone na podstawie analiz prędkości (prędkości składania). Najbardziej istotnym elementem opracowania była zmiana procedur i parametrów w sekwencji przetwarzania obejmująca zarówno zmiany w sposobie wprowadzania poprawek kinematycznych i resztkowych poprawek statycznych, jak też zmiany w procedurach sumowania i po sumowaniu. Migracja czasowa po składaniu wykonana została w dwóch wariantach, tj. migracji Kirchhoffa oraz migracji różnic skończonych. Dla wszystkich analizowanych pól prędkości użytych do migracji zostały zastosowane ich wartości procentowe (20%, 40%, 60%, 80% i 100%). W wyniku zmian w procedurach sumowania i po sumowaniu uzyskano poprawę obrazu sejsmicznego w porównaniu z wersjami opracowanymi w poprzednich latach. Najlepszy obraz sejsmiczny, charakteryzujący się wyższą rozdzielczością i bardziej wiarygodnymi kątami upadów warstw, widoczny jest w obrębie przedziału czasowego, dla którego wykonane zostały pomiary prędkości średnich w otworach wiertniczych. Natomiast w obrębie przedziału czasowego obejmującego podłoże Karpat, dla którego brak jest pomiarów w otworach wiertniczych, a pole prędkości wygenerowano w wyniku ekstrapolacji z obszarów sąsiednich, takiej poprawy obrazu sejsmicznego z zastosowaniem modelu prędkości interwałowych nie uzyskano. W przypadku tego przedziału nieznaczną poprawę wiarygodności odzwierciedlenia budowy geologicznej w obrazie sejsmicznym osiągnięto jedynie po zastosowaniu pola prędkości obliczonego na podstawie analiz prędkości (prędkości składania).

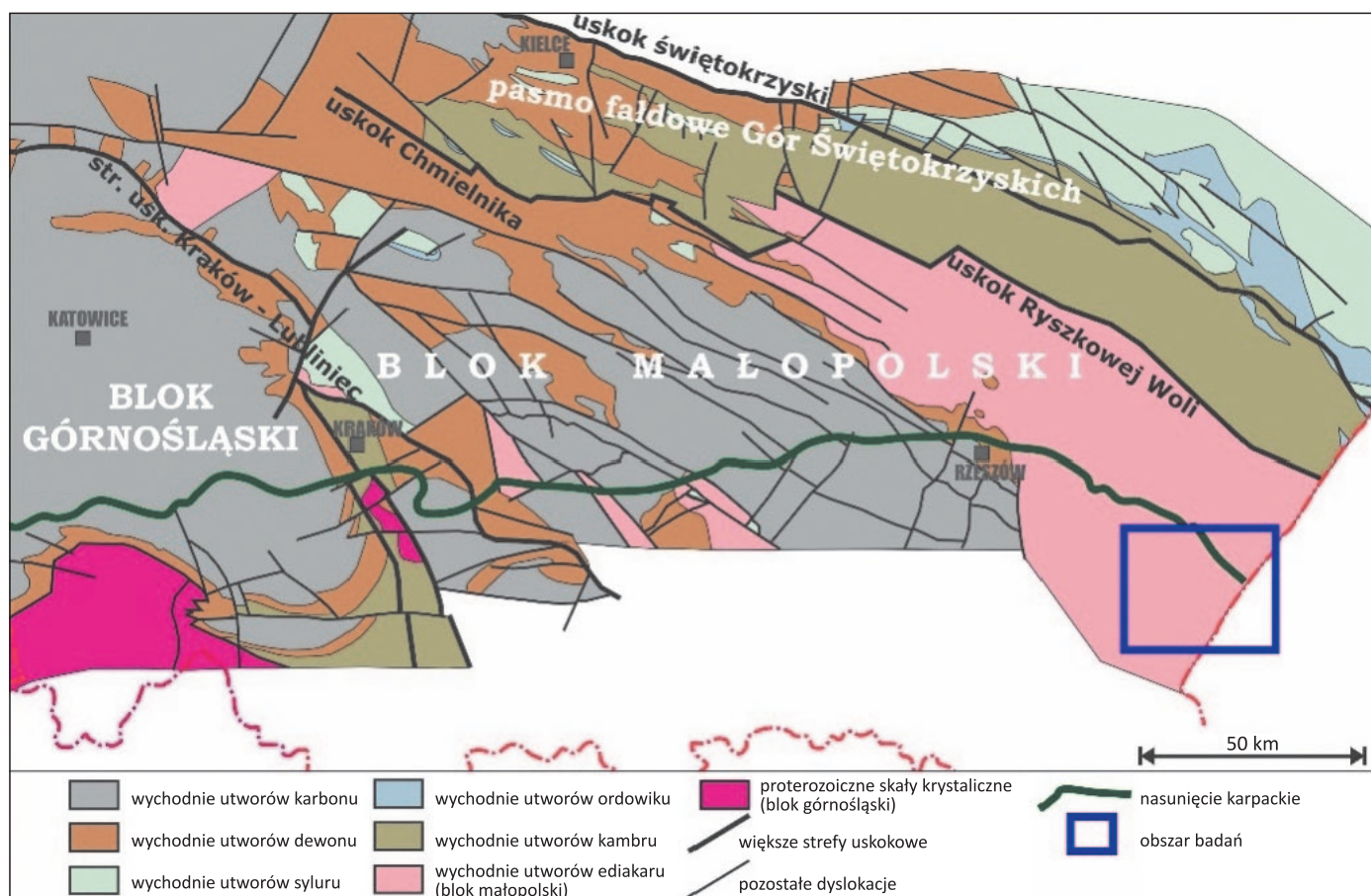
**Słowa kluczowe:** model prędkości, prędkości interwałowe, prędkości składania, migracja po składaniu.

**ABSTRACT:** The article presents the results of a research work aimed at an effort to improve Carpathian basement structures imaging on a selected 2D seismic section from the Outer Carpathians region. This attempt represents the next step in the research related to the development of a processing sequence designed to provide a more detailed seismic imaging of this complicated geological complex. The processing sequence developed at the Seismic Department of the Oil and Gas Institute – National Research Institute was used in this study. Velocity models were created based on vertical seismic measurements (VPS) in wells. In the current work, a velocity field was additionally generated in the processing sequence calculated from velocity analyses (stacking velocities). The most important part of the study was the modification of procedures and parameters in the processing sequence. That processing sequence included both changes in the way kinematic corrections and residual static corrections were introduced as well as modifications in the summation (stack) and post-summation (poststack) procedures. Poststack time migration was performed in two variants, i.e. Kirchoff migration and finite difference migration. Velocity percentages (20%, 40%, 60%, 80%, and 100%) were used for all analyzed velocity fields used for migration. The applied modifications to the stack and poststack procedures resulted in improvements of seismic images compared to versions developed in previous works. The best mapped zone characterized by higher resolution and more reliable dip angles is located mainly within the time interval for which the well average velocity measurements were made. However, within the time interval covering the Carpathian basement, for which there were no well measurements and the velocity field was generated by extrapolation from neighboring areas, no such improvement of seismic image was obtained using the interval velocity model. For that interval there was only a minor improvement in the reliability of the geological structure reflection in the seismic image that was achieved by using the velocity field calculated from velocity analyses (stacking velocities).

**Key words:** velocity model, interval velocities, stacking velocities, poststack migration.

Autor do korespondencji: A. Wilk, e-mail: [aleksander.wilk@inig.pl](mailto:aleksander.wilk@inig.pl)

Artykuł nadesłano do Redakcji: 08.12.2021 r. Zatwierdzono do druku: 03.03.2022 r.



**Rysunek 1.** Lokalizacja obszaru badań na tle głównych jednostek tektonicznych Polski pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną (Żelaźniewicz et al., 2011; częściowo zmienione)

**Figure 1.** Location of the study area against the main tectonic units of Poland under the Permian-Mesozoic and Cenozoic cover (according to Żelaźniewicz et al. (2011), partially changed)

## Wstęp

Zastosowanie odpowiedniego modelu prędkości do migracji czasowej po składaniu w procesie przetwarzania sejsmicznego jest niezwykle istotnym zagadnieniem, warunkującym poprawne odwzorowanie badanego ośrodka geologicznego. Dotychczasowe prace badawcze dotyczące modelu prędkości do migracji czasowej po składaniu pokazują, że lepsze efekty daje zastosowanie modelu prędkości opracowanego na bazie pomiarów prędkości w otworach wiertniczych aniżeli prędkości składania. Warto zaznaczyć, że w tym kontekście najbardziej istotne są dane pochodzące z pomiarów pionowych profilowań sejsmicznych (PPS), które ze względu na metodykę pomiaru zawierają informację o anizotropii ośrodka geologicznego (Wilk et al., 2018; Bajewski et al., 2019, 2020). Najbardziej problematyczne są zazwyczaj te przedziały czasowe, dla których brak jest pomiarów prędkości w otworach wiertniczych. Przykładem takiej strefy może być podłoże Karpat Zewnętrznych w obszarze badań. Stosowana dotychczas w tego typu strefach ekstrapolacja prędkości z rejonów sąsiednich, o lepszym stanie rozpoznania

otworowego, zwykle nie przynosiła zadowalających rezultatów. Obecnie podjęto kolejną próbę rozwiązania tego zagadnienia, koncentrując się głównie na zmianie stosowanych do tej pory procedur w sekwencji przetwarzania, jak również na doborze odpowiednich parametrów. Wspomniana zmiana dotyczyła głównie procedur stosowanych na etapie sumowania oraz procedur po sumowaniu. Modele prędkości, które wykorzystano w procedurze migracji czasowej po składaniu, wygenerowane zostały w ramach wcześniejszej pracy badawczej (Bajewski et al., 2020). Ponadto na potrzeby rozwiązania bieżącego zadania opracowano kolejny wariant modelu prędkości, obliczony na podstawie analiz prędkości (tzw. prędkości składania).

Wprowadzenie zmian we wspomnianych procedurach przetwarzania wpłynęło na uzyskanie bardziej wiarygodnego obrazu sejsmicznego w porównaniu z wersjami opracowanymi w poprzednich latach (Bajewski et al., 2017, 2018, 2021; Wilk et al., 2018). W przypadku zastosowania modelu prędkości interwałowych poprawę jakości obrazu sejsmicznego uzyskano przede wszystkim w przedziale czasowym, dla którego wykonane zostały pomiary prędkości średnich w otworach

wiertniczych, a więc obejmującym głównie utwory jednostek karpackich. Z kolei nieznaczną poprawę dla formacji usytuowanych w podłożu Karpat uzyskano, opierając się na polu prędkości obliczonym na podstawie analiz prędkości (prędkości składania).

Do przetwarzania oraz opracowania pola prędkości składania, uzyskanego na etapie przetwarzania danych sejsmicznych, wykorzystano system SeisSpace (ProMAX) – Seismic Processing and Analysis Release 5000.10.0.1.

### Charakterystyka geologiczna rejonu badań

Profil sejsmiczny, który został wybrany, a następnie poddany przetwarzaniu sejsmicznemu, zlokalizowany jest we wschodniej części Karpat Zewnętrznych (rysunek 1). Szczegółowa charakterystyka geologiczna rejonu przedstawiona została we wcześniejszych publikacjach (Urbaniec, 2017; Urbaniec et al., 2018; Wilk et al., 2018; Bajewski et al., 2021).

Najniższe piętro strukturalne w analizowanym rejonie stanowi seria anchimetamorficznych skał neoproterozoiku. Seria ta zalega bezpośrednio w podłożu utworów neogenu, tym samym omawiany obszar jest całkowicie pozbawiony pokrywy osadów paleozoicznych i mezozoicznych. Środkowe piętro strukturalne stanowi kompleks osadów klastycznych z wkładkami ewaporatów wieku mioceńskiego o bardzo dużym zróżnicowaniu miąższościowym. Najwyższe piętro strukturalne reprezentują utwory allochtoniczne pokrywy tektonicznej, włączane w obręb trzech dużych jednostek: stebnickiej, borysławsko-pokuckiej i skolskiej.

### Metodyka przetwarzania

Metodyka przetwarzania wraz z zastosowaną sekwencją procedur została omówiona w pracach opublikowanych w ostatnich latach (Bajewski et al., 2017, Wilk et al., 2018).

Seqwencja przetwarzania profilu sejsmicznego obejmowała następujące etapy prac:

- aplikację geometrii do rekordów polowych (wpisanie geometrii pomiarowej);
- kompensację tłumienia ośrodka oraz ujednoczenie uzyskanego sygnału sejsmicznego;
- filtrację zarejestrowanego sygnału;
- wyliczenie poprawek statycznych refrakcyjnych;
- dekonwolucję;
- wybielanie;
- analizy prędkości i wyliczenie poprawek kinematycznych;
- muting;
- wyliczenie rezydualnych poprawek statycznych,

- sortowanie tras sejsmicznych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP (ang. *common midpoint*) i wspólnych grup offsetowych (ang. *common offset*);
- wprowadzenie do tras sejsmicznych poprawek kinematycznych i statycznych poprawek resztkowych;
- składanie (sumowanie);
- przetwarzanie po procesie sumowania;
- migrację czasową po składaniu.

W ramach zastosowanej obecnie sekwencji przetwarzania elementami nowo wprowadzonymi w porównaniu z wcześniejszymi etapami prac były:

- wprowadzenie do tras sejsmicznych poprawek kinematycznych i statycznych poprawek resztkowych po przesortowaniu tras sejsmicznych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP (ang. *common midpoint*) oraz wspólnych grup offsetowych (ang. *common offset*);
- wykonanie składania (sumowania) polegającego na mieszaniu tras sejsmicznych przesortowanych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP i grup offsetowych;
- zastosowanie algorytmów po procedurze sumowania, których celem jest poprawa rozdzielczości i uzyskanie możliwie najbardziej zbliżonych do rzeczywistych upadów warstw.

### Wprowadzenie poprawek kinematycznych i resztkowych poprawek statycznych po sortowaniu tras sejsmicznych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP i wspólnych grup offsetowych

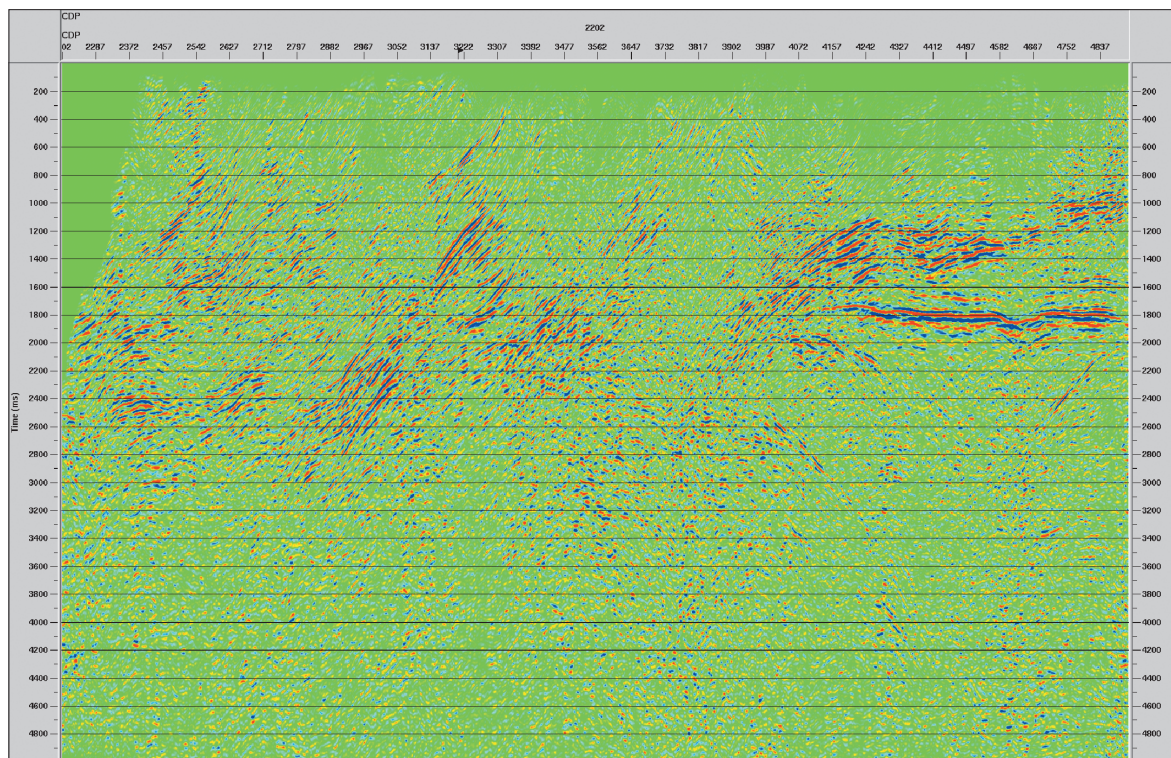
Wprowadzenie do tras sejsmicznych poprawek kinematycznych i zastosowanie statycznych poprawek resztkowych odbyły się po przesortowaniu zarejestrowanych tras sejsmicznych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP oraz wspólnych grup offsetowych. Zabieg ten ma na celu poprawne ułożenie tras sejsmicznych w domenę czasu. Ma to szczególne znaczenie dla dalekich offsetów, w przypadku których wprowadzanie resztkowych poprawek statycznych na trasach przesortowanych wyłącznie w domenę CMP nie daje zadowalających efektów. Ma to najbardziej istotne znaczenie w przypadku rejestracji dużych upadów warstw.

### Sumowanie tras sejsmicznych przesortowanych do domeny wspólnego punktu środkowego CMP i grup offsetowych

Głównym celem sumowania jest poprawa stosunku sygnału do zakłóceń, jak również tłumienie fal wielokrotnych. Wykorzystanie w procesie sumowania grup offsetowych zwiększa poprawność procesu sumowania, co przekłada się na lepszą

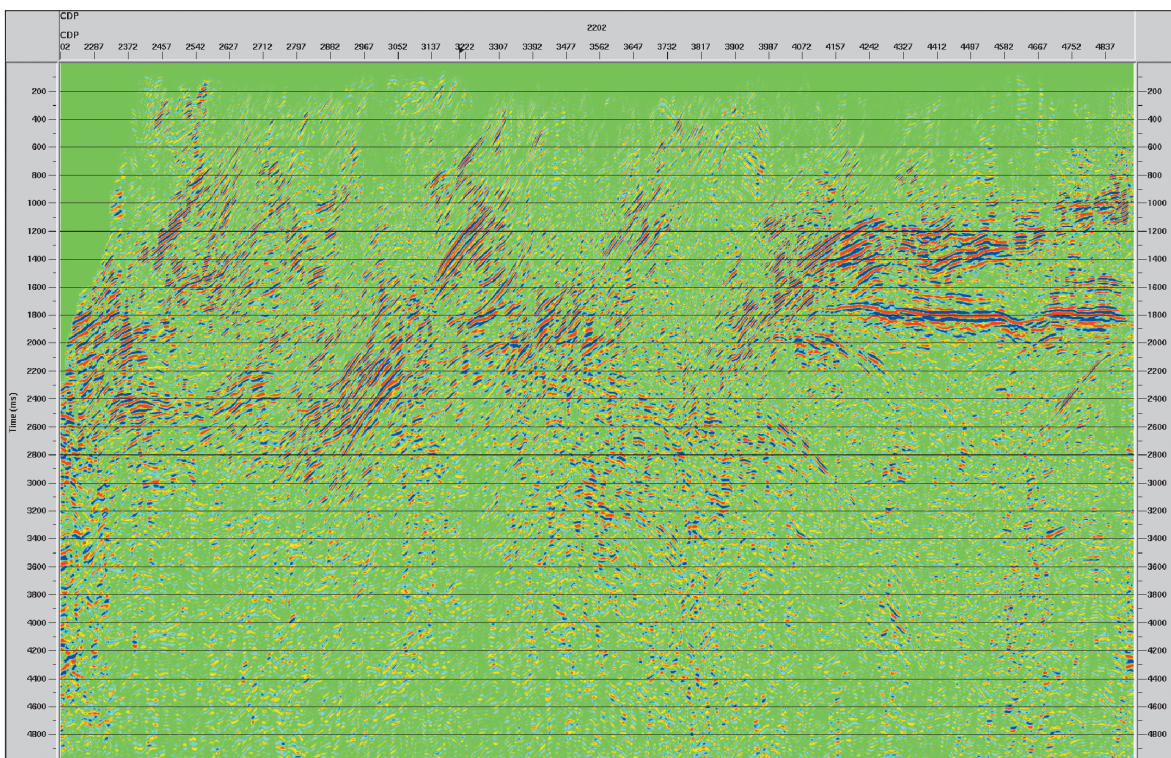


efektywność w eliminacji zakłóceń i fal wielokrotnych, a także w eliminacji czynników powodujących osłabienie amplitud sejsmicznych w stosunku do standardowej procedury sumowania (rysunek 2).



**Rysunek 2.** Sekcja sejsmiczna po przesortowaniu danych według wspólnych punktów CMP i grup offsetowych po wprowadzeniu poprawek kinematycznych i statycznych poprawek resztkowych

**Figure 2.** Seismic section after sorting data according to common CMP points and offset groups after kinematic corrections and static residual corrections



**Rysunek 3.** Sekcja sejsmiczna po zastosowaniu procedur po procesie sumowania

**Figure 3.** Seismic section after poststack procedures



### Przetwarzanie po procesie sumowania

Procedury po sumowaniu wykonuje się bezpośrednio na otrzymanej w wyniku sumowania sekcji sejsmicznej. Zadaniem tych procedur jest optymalizacja rozdzielczości obrazu sejsmicznego w celu uzyskania na etapie migracji najlepszego obrazu falowego, który w sposób rzeczywisty będzie oddawał obraz strukturalny ośrodka geologicznego. Zastosowanie tych procedur powoduje podwyższenie koherencji zarejestrowanego sygnału sejsmicznego, co z kolei ma wpływ na prawidłowe ułożenie amplitud na trasie sejsmicznej. Przekłada się to na poprawne odwzorowanie upadów warstw na wersji po procedurze czasowej migracji po składaniu (rysunek 3).

### Model prędkości na potrzeby migracji czasowej po składaniu

Modele prędkości stosowane w procedurze migracji czasowej po składaniu stanowiły warianty modeli prędkości interwałowych, które powstały w ramach pracy badawczej z roku 2020 (Bajewski et al., 2020) na podstawie patentu nr P.426304, opracowanego w Zakładzie Sejsmiki Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego (Wilk i Bartoń, 2018).

Modele te zostały przygotowane na podstawie pionowych profilowań sejsmicznych (PPS) w otworach wiertniczych z uwzględnieniem interpretacji strukturalnej. Do przestrzennego rozkładu prędkości zostały zastosowane algorytmy: Gaussa, kriging oraz *moving average*. Prędkości te posłużyły do kalibracji prędkości składania uzyskanych na etapie przetwarzania z analiz prędkości (rysunki 4–6).

Ponadto do migracji czasowej po składaniu opracowano również kolejny wariant modelu prędkości, obliczony na podstawie analiz prędkości (tzw. prędkości składania) (rysunek 7).

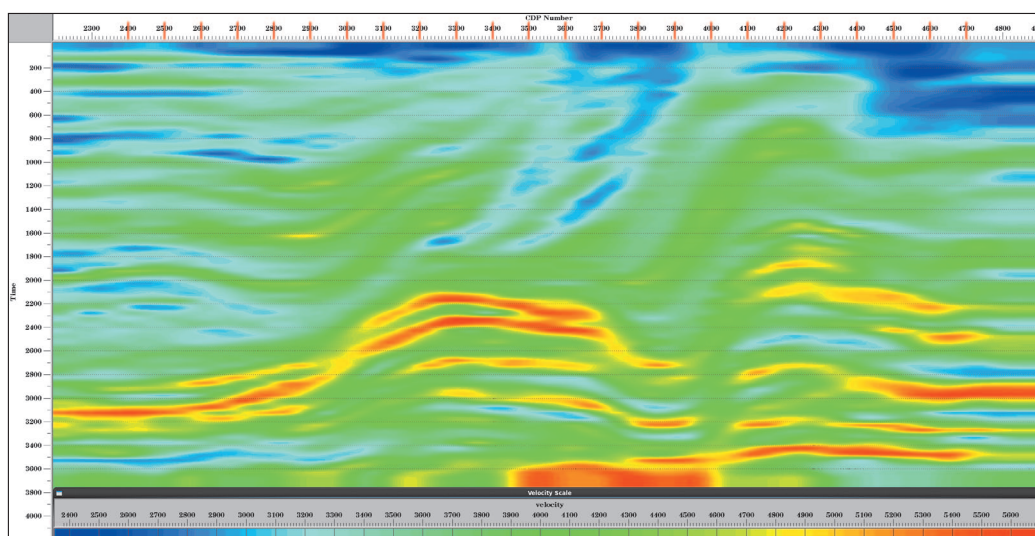
W celu zastosowania wspomnianych wyżej modeli prędkości zostały one poddane analizie pod względem zakresu uzyskanych wartości prędkości, a następnie przeprowadzono na nich iteracyjne wygładzanie (rysunki 4–7). Ostatecznie zweryfikowane i wygładzone pola prędkości zostały przetestowane algorytmami migracji czasowej po składaniu przy użyciu różnych zakresów procentowych ich wartości. Do testowania wybrane zostały wartości: 20%, 40%, 60%, 80% oraz 100% uzyskanych pól prędkości.

### Migracja czasowa po składaniu

Do opracowanych modeli prędkości zastosowano migrację czasową po składaniu w dwóch wariantach, opartych na najczęściej wykorzystywanych algorytmach (Sheriff, 2002; Schlumberger):

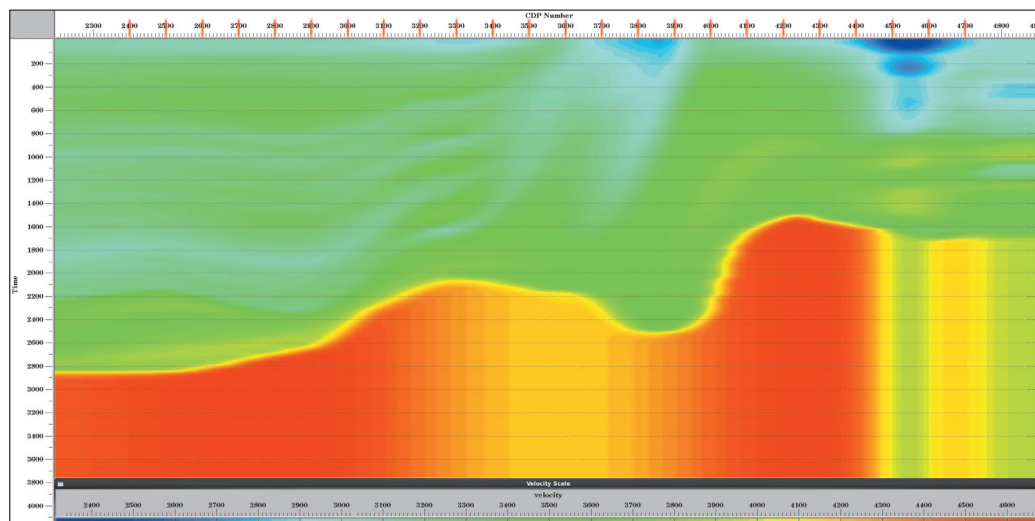
- migrację Kirchhoffa;
- migrację różnic skończonych.

Zgodnie z uwarunkowaniami technicznymi poprawnego działania wytypowanych algorytmów do migracji Kirchhoffa wykorzystano pole prędkości uzyskane z prędkości składania na etapie przetwarzania danych sejsmicznych, natomiast do migracji różnic skończonych – pole prędkości interwałowych uzyskanych z danych otworowych (ProMAX® Reference Manual Contents). W celu otrzymania optymalnych wyników wykonano szereg testów doboru częstotliwości i apertury migracji. Testy te wykonane zostały dla wszystkich obliczonych pól prędkości interwałowych (rozkład Gaussa, kriging, *moving average*), jak również dla pola prędkości składania.

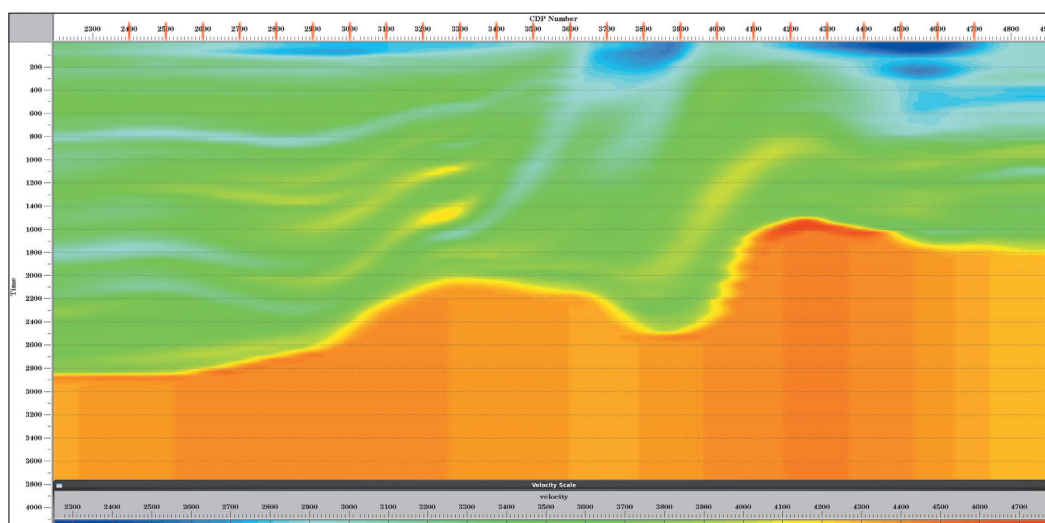


Rysunek 4. Rozkład prędkości interwałowych po wygładzeniu uzyskany algorytmem Gaussa

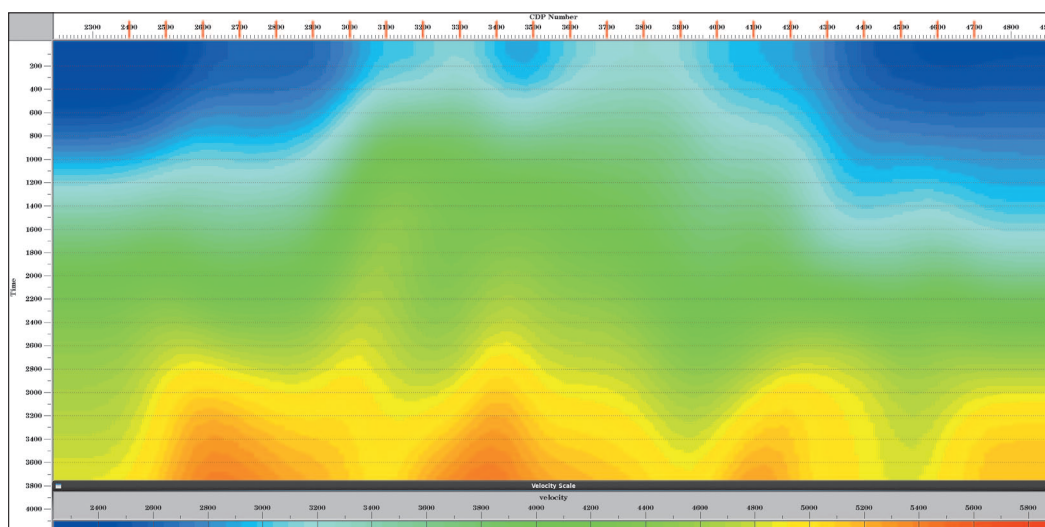
Figure 4. Interval velocity distribution after smoothing, obtained with the *Gaussian* distribution algorithm



Rysunek 5. Rozkład prędkości interwałowych po wygładzeniu uzyskany algorytmem *moving average*  
 Figure 5. Interval velocity distribution after smoothing, obtained with the *moving average* distribution algorithm



Rysunek 6. Rozkład prędkości interwałowych po wygładzeniu uzyskany algorytmem kriging  
 Figure 6. Interval velocity distribution after smoothing, obtained with the *kriging* distribution algorithm



Rysunek 7. Rozkład prędkości składania po wygładzeniu uzyskany w wyniku przetwarzania danych sejsmicznych  
 Figure 7. Stacking velocity distribution after smoothing, obtained as a result of processing seismic data



## Wyniki

Wyniki obliczeń wykonanych przy użyciu algorytmów migracji czasowej po składaniu dla analizowanego profilu zaprezentowane zostały na rysunkach 8–12. W ramach artykułu, ze względu na ograniczoną przestrzeń, przedstawiono jedynie najlepsze rezultaty, które uzyskano przy zastosowaniu 20% pola prędkości. Wyższe wartości procentowe powodowały wyraźne przemieszczenia refleksów sejsmicznych.

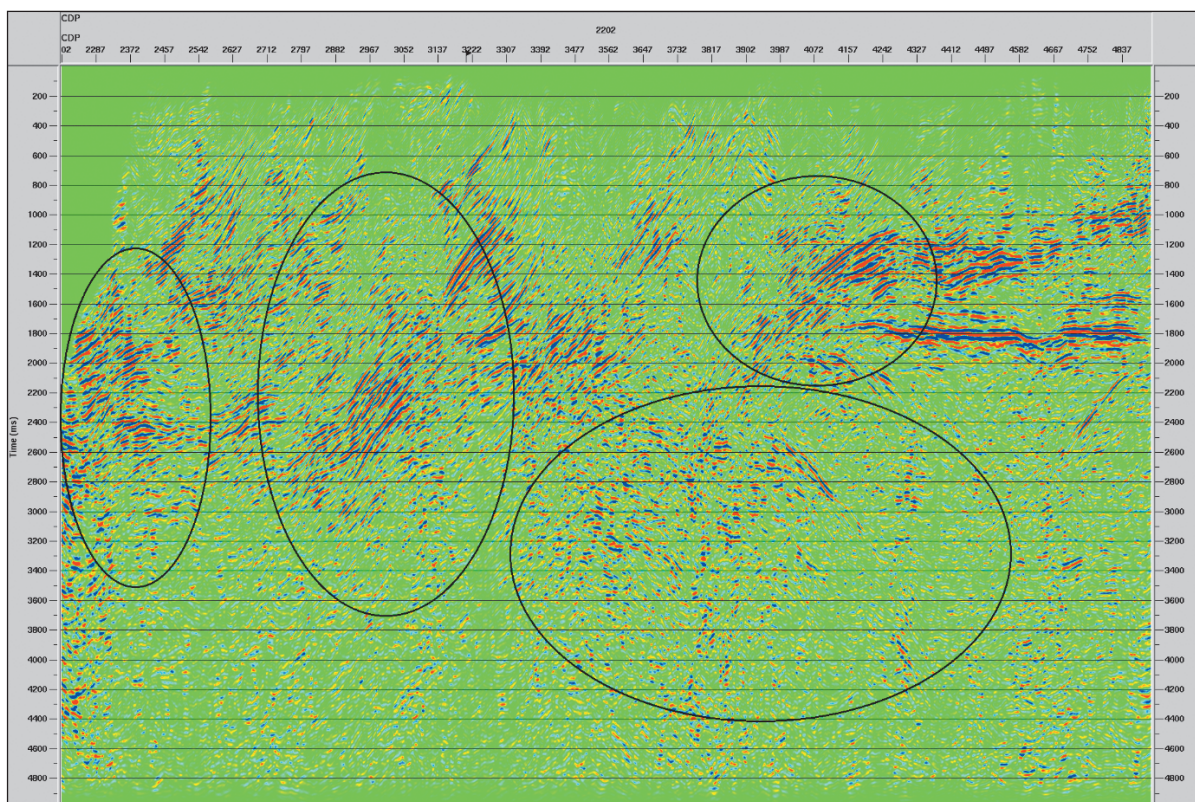
Na otrzymanych sekcjach sejsmicznych po migracji obrazy strukturalne generalnie są do siebie dosyć podobne pomimo aplikowanych różnych pól prędkości interwałowych, jak również pola prędkości składania, obliczonych z użyciem różnych algorytmów migracji czasowej po składaniu. Wyraźne różnice w obrazie sejsmicznym wynikowych migracji obserwuje się przy szczegółowej analizie obrazu falowego. W obrazie tym dostrzegalne są zarówno horyzontalne, jak i wertykalne zmiany położenia refleksów sejsmicznych, ich zróżnicowane kąty nachylenia, jak również zmiany w ich ciągłości i dynamice.

Najlepszy obraz falowy, pod kątem ciągłości refleksów, stosunkowo niskiego poziomu szumu oraz odwzorowania strukturalnego w procesie migracji czasowej po składaniu, uzyskano przy zastosowaniu algorytmów różnic skończonych na podstawie modelu prędkości obliczonego rozkładem Gaussa,

przy zastosowaniu 20% pola prędkości użytego do sumowania w zakresie czasów 0–3000 ms (rysunek 8). W przypadku 20% pola prędkości użytego do sumowania przy zastosowaniu algorytmu różnic skończonych w oparciu o model obliczony na podstawie analiz prędkości (tzw. prędkości składania) dostrzegalna jest poprawa obrazowania dla niższych przedziałów czasowych, z zakresu poniżej 3000 ms (rysunek 11). Potwierdza to wnioski uzyskane w ramach poprzednich prac badawczych, że dla pola prędkości obliczonego na podstawie danych z otworów wiertniczych migracja czasowa po składaniu daje lepsze efekty niż zastosowanie pola uzyskanego z analiz prędkości w procesie przetwarzania (Wilk et al., 2018, Bajewski et al., 2019, 2020, 2021).

Jak już wspomniano powyżej, w niższych przedziałach czasowych bardziej wiarygodne wyniki uzyskuje się na podstawie prędkości składania – w porównaniu z dotychczas stosowaną ekstrapolacją prędkości z rejonów sąsiednich, o lepszym stanie rozpoznania otworowego (rysunki 4–6).

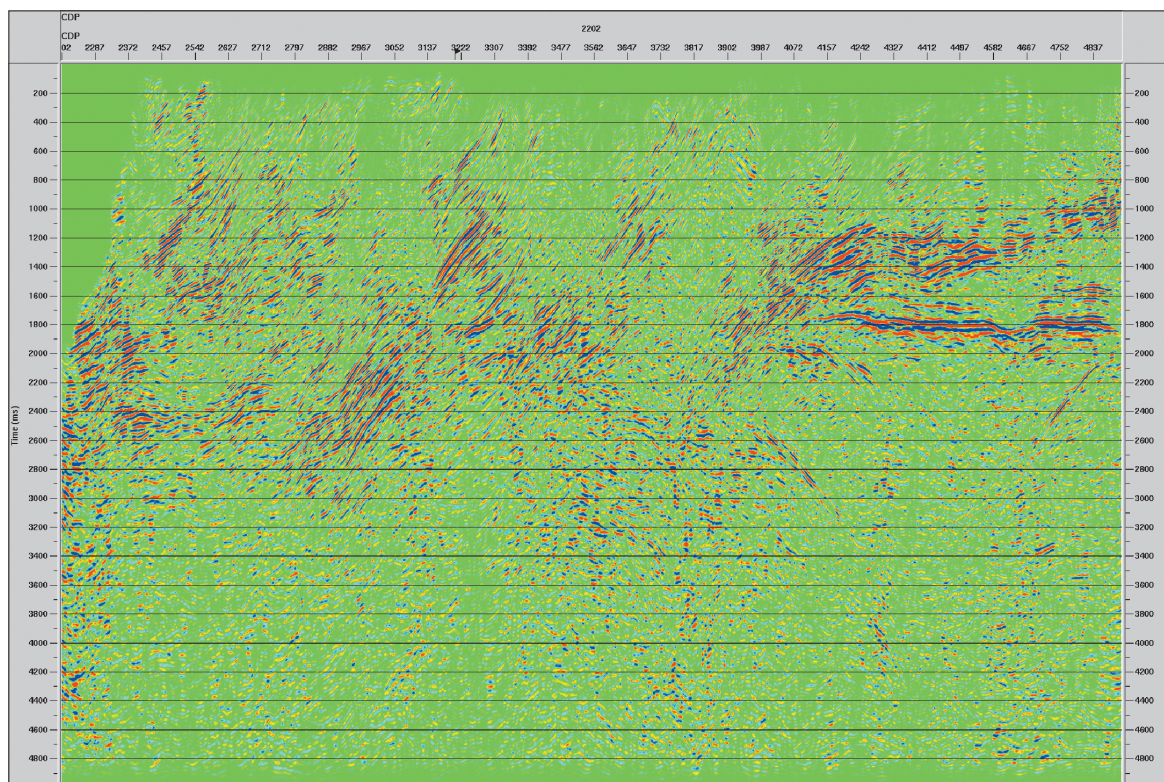
Rysunek 12 przedstawia wynik migracji czasowej po składaniu dla analizowanego profilu, który uzyskano w ramach opracowania wykonanego w roku 2018 (Wilk et al., 2018). W porównaniu z nią na obecnej wersji obrazu sejsmicznego obserwuje się lepszą ciągłość refleksów sejsmicznych i mniejszą ilość zakłóceń (rysunek 8).



**Rysunek 8.** Migracja czasowa wykonana algorytmem różnic skończonych dla pola prędkości interwałowych obliczonego algorytmem rozkładu Gaussa przy zastosowaniu 20% wartości pola prędkości

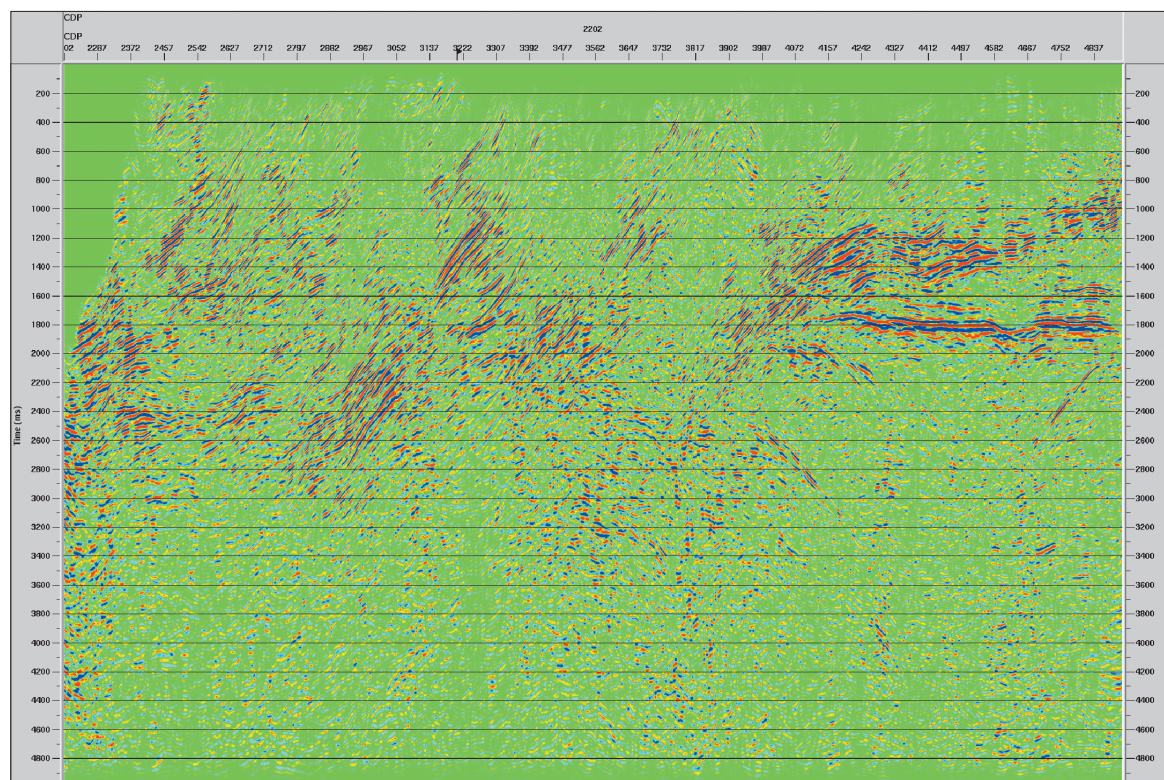
**Figure 8.** Poststack time migration performed with the finite difference algorithm for the stacking velocity field performed with the *Gaussian* distribution algorithm using 20% of the velocity field value





**Rysunek 9.** Migracja czasowa wykonana algorytmem różnic skończonych dla pola prędkości interwałowych obliczonych algorytmem rozkładu kriging przy zastosowaniu 20% wartości pola prędkości

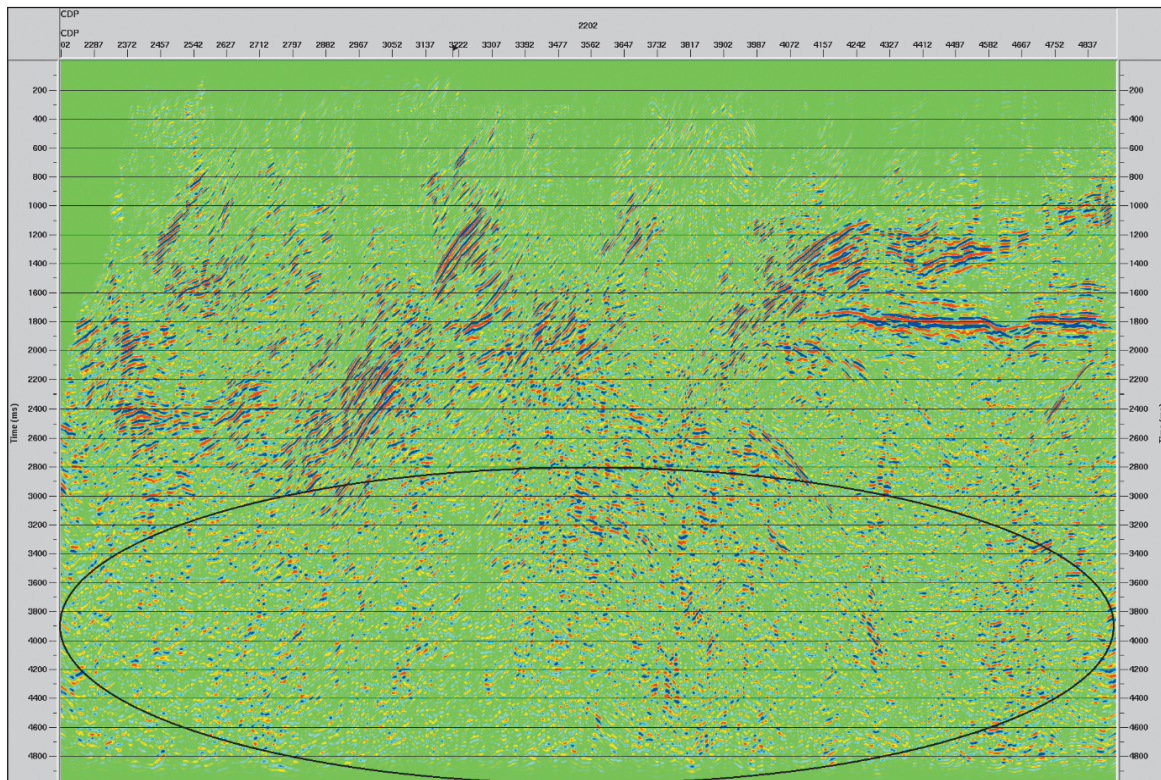
**Figure 9.** Poststack time migration performed with the finite difference algorithm for the stacking velocity field performed with the *kriging* algorithm using 20% of the velocity field value



**Rysunek 10.** Migracja czasowa wykonana algorytmem różnic skończonych dla pola prędkości interwałowych obliczonych algorytmem rozkładu *moving average* przy zastosowaniu 20% wartości pola prędkości

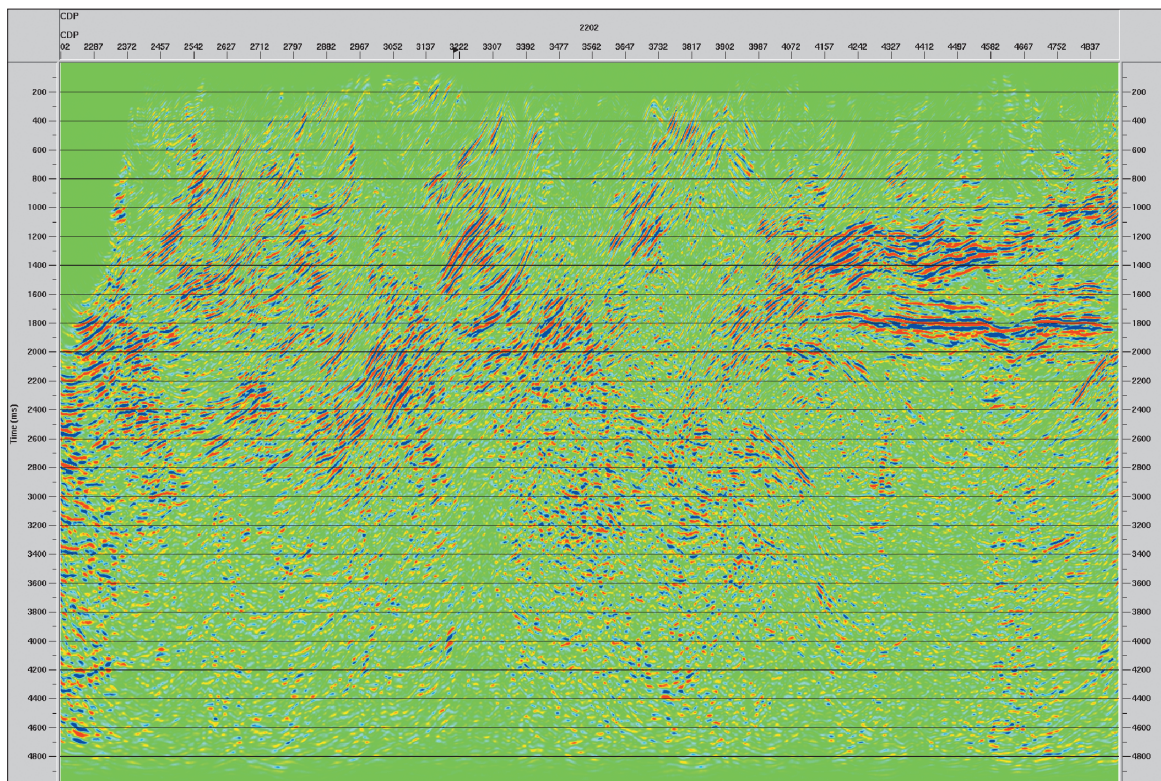
**Figure 10.** Poststack time migration performed with the finite difference algorithm for the stacking velocity field performed with the *moving average* distribution algorithm using 20% of the velocity field value





**Rysunek 11.** Migracja czasowa wykonana algorytmem Kirchhoffa dla pola prędkości składania przy zastosowaniu 20% wartości pola prędkości

**Figure 11.** Poststack time migration performed with the *Kirchhoff* distribution algorithm for the stacking velocity field using 20% of the velocity field value



**Rysunek 12.** Migracja czasowa wykonana algorytmem różnic skończonych dla pola prędkości interwałowych obliczonych algorytmem rozkładu Gaussa przy zastosowaniu 60% wartości pola prędkości (Wilk et al., 2018)

**Figure 12.** Poststack time migration performed with the finite difference algorithm for the stacking velocity field performed with the *Gaussian* distribution algorithm using 20% of the velocity field value (Wilk et al., 2018)



## Podsumowanie i wnioski

W artykule przedstawiono wyniki pracy, której celem była próba poprawy zobrazowania podłoża Karpat na profilu sejsmicznym 2D, stanowiąca kolejny etap w badaniach związanych z opracowaniem sekwencji przetwarzania mającej na celu bardziej szczegółowe odzwierciedlenie sejsmiczne tego trudnego ośrodka geologicznego.

W ramach opracowania wykorzystano modele prędkości interwałowych, które powstały w ramach pracy badawczej z roku 2020 (Bajewski et al., 2020) na podstawie patentu nr P.426304 (Wilk i Bartoń, 2018). Te trzy modele prędkości interwałowych obliczone były na bazie pomiarów PPS oraz interpretacji strukturalnej, jednak różnił je sposób interpolacji i ekstrapolacji w przyjętym gridzie obliczeniowym. Cztery z wykorzystanych modeli prędkości uzyskany został w ramach niniejszej pracy na podstawie analiz prędkości składania w procesie przetwarzania danych sejsmicznych. Pole prędkości obliczone na bazie prędkości interwałowych oraz interpretacji strukturalnej zostało zastosowane do czasowej migracji po składaniu wykonanej algorytmem różnic skończonych, natomiast pole prędkości składania zaaplikowano do czasowej migracji po składaniu wykonanej algorytmem Kirchhoffa. Dla wszystkich analizowanych pól prędkości zastosowane zostały ich wartości procentowe 20%, 40%, 60%, 80% oraz 100%.

Najbardziej istotnym elementem procesu przetwarzania była modyfikacja procedur i parametrów w porównaniu z sekwencją przetwarzania stosowaną we wcześniejszych etapach. Modyfikacja ta obejmowała zarówno zmiany w sposobie wprowadzania poprawek kinematycznych i resztkowych poprawek statycznych, jak też zmiany w procedurach sumowania i po sumowaniu.

Wprowadzone modyfikacje korzystnie wpłynęły na poprawę obrazu sejsmicznego w stosunku do wyników uzyskanych w ramach poprzedniej pracy badawczej (Wilk et al., 2018), co zauważalne jest w większej ciągłości refleksów sejsmicznych oraz w mniejszej ilości zakłóceń.

Spośród wszystkich przetestowanych procentowych wartości pola prędkości największą wiarygodność odwzorowania struktur geologicznych, biorąc pod uwagę wszystkie testowane modele prędkości, otrzymano dla wartości 20%. Dla tych samych wartości procentowych na uzyskanych wynikach migracji czasowej przy użyciu poszczególnych modeli obrazu strukturalne generalnie są do siebie dosyć zbliżone. Szczegółowe różnice w tych obrazach wiążą się z horyzontalnymi i wertykalnymi zmianami w usytuowaniu poszczególnych refleksów sejsmicznych, ze zróżnicowanymi kątami ich nachylenia oraz ze zmianami w ciągłości i dynamice.

Najbardziej wiarygodny obraz sejsmiczny otrzymano dla pola prędkości obliczonego na bazie prędkości interwałowych

z rozkładem Gaussa, przy użyciu algorytmu różnic skończonych i 20% wartości pola prędkości.

Dla przedziałów czasowych obejmujących podłoże Karpat, dla którego brak jest pomiarów w otworach wiertniczych, ekstrapolacja prędkości z obszarów sąsiednich nie dała zadowalających efektów. W tym przypadku lepszym rozwiązaniem było zastosowanie pola prędkości otrzymanego na etapie przetwarzania w wyniku analiz prędkości.

Artykuł powstał na podstawie pracy statutowej pt. *Próba poprawy zobrazowania podłoża na wybranym profilu 2D z rejonu Karpat Zewnętrznych* – praca INiG – PIB na zlecenie MEiN; nr zlecenia: 0043/SR/2021, nr archiwalny: DK-4100-0031/2021.

## Literatura

- Bajewski Ł., Urbaniec A., Wilk A., Bartoń R., 2017. Poprawa dokładności odwzorowania budowy geologicznej w obrazie sejsmicznym z obszaru Karpat zewnętrznych. *Nafta-Gaz*, 73(7): 447–455. DOI: 10.18668/NG.2017.07.01.
- Bajewski Ł., Wilk A., Urbaniec A., 2021. Porównanie modeli prędkości obliczonych z wykorzystaniem różnych wariantów prędkości i algorytmów na wytypowanym profilu sejsmicznym 2D na potrzeby migracji czasowej po składaniu. *Nafta-Gaz*, 77(7): 419–428. DOI: 10.18668/NG.2021.07.01.
- Bajewski Ł., Wilk A., Urbaniec A., Bartoń R., 2018. Możliwości zwiększenia dokładności odwzorowania ośrodka geologicznego z obszaru Karpat zewnętrznych na podstawie reprocessingu archiwalnych profili sejsmicznych 2D. *Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna GEOPETROL 2018, Kościelisko*. Materiały konferencyjne: 431–435.
- Bajewski Ł., Wilk A., Urbaniec A., Bartoń R., 2019. Poprawa obrazowania struktur podcechsztyńskich na podstawie reprocessingu sejsmiki 2D w rejonie Pomorza Zachodniego. *Nafta-Gaz*, 75(4): 195–204. DOI: 10.18668/NG.2019.04.01.
- Bajewski Ł., Wilk A., Urbaniec A., Bartoń R., 2020. Porównanie modeli prędkości obliczonych z wykorzystaniem różnych wariantów prędkości i algorytmów na przykładzie danych geofizycznych z obszaru Karpat Zewnętrznych na potrzeby migracji czasowej po składaniu. *Praca statutowa INiG – PIB, nr zlec. 0036/SR/2020, Archiwum Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego, Kraków*.
- ProMAX® Reference Manual Contents. <[https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000\\_8/Help/promax/promaxcombTOC.pdf](https://esd.halliburton.com/support/LSM/GGT/ProMAXSuite/ProMAX/5000/5000_8/Help/promax/promaxcombTOC.pdf)>.
- Schlumberger. The Oilfield Glossary. <<http://www.glossary.oilfield.slb.com>>.
- Sheriff R., 2002. *Encyclopedic Dictionary of Applied Geophysics. University of Houston*.
- Urbaniec A., 2017. Nowe spojrzenie na budowę geologiczną brzeżnej części Karpat i ich podłoża (SE Polska) w oparciu o interpretację profili sejsmicznych 2D. *Wiadomości Naftowe i Gazownicze*: 20(2): 4–12.
- Urbaniec A., Bajewski Ł., Wilk A., 2018. Odzwierciedlenie budowy geologicznej brzeżnej części Karpat i ich podłoża (SE Polska) na podstawie reprocessingu i reinterpretacji profili sejsmicznych 2D. *Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu – Państwowego Instytutu Badawczego*, 219: 1–174. DOI: 10.18668/PN2018.219.
- Wilk A., Bartoń R., 2018. Patent PL237618. Sposób budowy pola prędkości dla potrzeb migracji czasowej po składaniu sekcji sejsmicznych 2D lub 3D. *Wiadomości Urzędu Patentowego*, 09/21.



Wilk A., Bartoń R., Bajewski Ł., Urbaniec A., 2018. Budowa pola prędkości na potrzeby migracji czasowej 2D po składowaniu w trudnych rejonach geologicznych na przykładzie Karpat fliszowych w południowo-wschodniej Polsce. *Nafta-Gaz*, 74(10): 723–731. DOI: 10.18668/NG.2018.10.03.

Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczytko N., Ślęczka A., Żaba J., Żytko K., 2011. Regionalizacja tektoniczna Polski. *Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław*.



Mgr inż. Aleksander WILK  
Główny specjalista inżynierijno-techniczny  
w Zakładzie Sejsmiki  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [aleksander.wilk@inig.pl](mailto:aleksander.wilk@inig.pl)



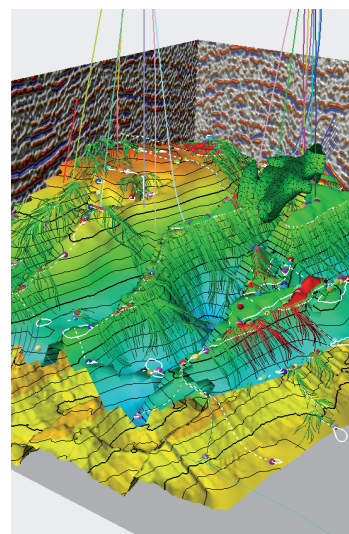
Mgr inż. Łukasz BAJEWSKI  
Główny specjalista inżynierijno-techniczny  
w Zakładzie Sejsmiki  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [lukasz.bajewski@inig.pl](mailto:lukasz.bajewski@inig.pl)



Dr Andrzej URBANIEC  
Adiunkt; kierownik Zakładu Sejsmiki  
Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy  
ul. Lubicz 25 A  
31-503 Kraków  
E-mail: [andrzej.urbaniec@inig.pl](mailto:andrzej.urbaniec@inig.pl)

## OFERTA BADAWCZA ZAKŁADU SEJSMIKI

- interpretacja strukturalna i litofacjalna danych sejsmicznych 2D i 3D;
- konstrukcja map powierzchniowych w domenie czasu i głębokości;
- budowa modeli prędkościowych w domenie czasu i głębokości na potrzeby konwersji czas-głębokość oraz migracji głębokościowej;
- obliczanie inwersji symultanicznej oraz stochastycznej na danych sejsmicznych;
- opracowanie i analiza map atrybutów sejsmicznych, inwersji sejsmicznej, dekompozycji spektralnej;
- prognozowanie ciśnień porowych na podstawie danych sejsmicznych i geofizycznych;
- przetwarzanie i interpretacja pionowych profilowań sejsmicznych PPS 1C/3C;
- interpretacja parametrów petrofizycznych w przestrzeni okotworowej w oparciu o pomiary pionowego profilowania sejsmicznego (PPS);
- kompleksowa interpretacja geologiczno-złożowa na podstawie zintegrowanych danych geologicznych i geofizycznych (analiza cech makroskopowych rdzeni wiertniczych, objawy i wyniki prób złożowych w otworach, profilowania geofizyki otworowej, interpretacja sejsmiczna);
- szczegółowa interpretacja sejsmostratygraficzna i tektonostratygraficzna kompleksów skał klastycznych i węglanowych z wykorzystaniem metody stratygrafii sekwencji.



Kierownik: dr Andrzej Urbaniec    Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków  
Telefon: 12 617 74 86    Faks: 12 653 16 65    E-mail: [andrzej.urbaniec@inig.pl](mailto:andrzej.urbaniec@inig.pl)

 **INSTYTUT NAFTY I GAZU**  
– Państwowy Instytut Badawczy