

SPOSÓB KORELACJI ANOMALII SEJSMICZNYCH Z INFORMACJĄ OTWOROWĄ W ANALIZIE SEDYMENTOLOGICZNEJ REJONU PUSTKÓW–SĘDZISZÓW (POŁUDNIOWA CZĘŚĆ ZAPADLIKA PRZEDKARPACKIEGO)

METHOD OF SEISMIC ANOMALIES CORRELATION WITH THE WELL INFORMATION FOR SEDIMENTOLOGY ANALYSIS OF PUSTKÓW–SĘDZISZÓW AREA (SOUTHERN PART OF THE CARPATHIAN FOREDEEP)

BEATA STANKIEWICZ¹, KRZYSZTOF DZWINEL¹, PIOTR PASEK¹

Abstrakt. Zintegrowana analiza anomalii sejsmicznych wraz z interpretacją danych geofizyki otworowej dała podstawy do odtworzenia środowiska sedymentacji osadów mioceńskich zapadliska przedkarpackiego. Zmienność wykształcenia osadów, zarówno pionową, jak i poziomą, prześledzono na podstawie szczegółowej korelacji międzyotworowej, a następnie, wykorzystując dodatkowo analizę charakteru wykształcenia krzywych geofizyki otworowej, dokonano próby określenia zarysu architektury depozycyjnej. W celu odtworzenia środowiska sedymentacji na większym obszarze, posłużono się szczegółową interpretacją zdjęcia sejsmicznego 3D. Analiza form geoanomalii i badanie spójności zapisu sejsmicznego zaowocowało wydzieleniem różnych elementów paleomorfologii, takich jak: koryta, wały przybrzeżne, stożki i litosomy.

Słowa kluczowe: sejsmika 3D, anomalia sejsmiczna, geofizyka otworowa, stratygrafia sekwencji, miocen, zapadlisko przedkarpackie.

Abstract. Integrated analysis of seismic anomalies together with well logging data interpretation was a basis for reconstruction of processes of depositional environment of the Miocene succession, in the Carpathian Foredeep. Vertical and lateral variability of sediments was analysed using detailed wells correlation. Then, using the analysis of a shape of well logs, the outline of depositional architecture was determined. In order to determine the sedimentology environment in a larger area, the detailed 3D seismic data results interpretation was used.

The analysis of geoanomalies forms and coherence of seismic record resulted in differentiation of various paleomorphology elements such as: channels, subaqueous levees, fans and lithosom.

Key words: 3D seismic data, seismic anomaly, well log, sequence stratigraphy, Miocene, Carpathian Foredeep.

WSTĘP

W analizach geologiczno-złożowych istotne znaczenie ma opracowanie modelu środowiska sedymentacji, na którego podstawie można wnioskować o rozkładzie potencjalnych stref tworzących pułapki dla akumulacji węglowodorów. W niniejszym artykule wybiórczo zaprezentowano wyniki analizy danych geofizycznych z rejonu Pustków–Sędzi-

szów (zlokalizowanego w południowej części zapadliska przedkarpackiego). Skupiono się na badaniu osadów mioce-
nu autochtonicznego, w szczególności silikoklastycznej sukcesji nadewaporatowej, stanowiącej najważniejszą serię produktywną zapadliska przedkarpackiego (m.in. Myśliwiec, 2004). Wiek tego kompleksu określa się jako późno-

¹ GEOFIZYKA Kraków Sp. z oo., ul. Łukasiewicza 3, 31-429 Kraków; e-mail: beata.stankiewicz@geofizyka.krakow.pl, krzysztof.dzwinel@geofizyka.krakow.pl, piotr.pasek@geofizyka.krakow.pl

badeńsko-sarmacki (Ney i in., 1974; Olszewska, 1999; Oszczytko i in., 2005). Omawiana sukcesja osadowa ma trójdzielną budowę (Myśliwiec, 2004): I – kompleks stożków podmorskich i pelitów basenowych (Dziadzio i in., 1997;

Krzywiec i in., 2008), II – deltowy (Dziadzio, 2000; Krzywiec i in., 2008), przechodzący ku górze w kompleks III – osady płytkiego morza i zatok (*op. cit.*).

KORELACJA MIĘDZYOTWOROWA

Przeprowadzono szczegółową korelację utworów mioce-
nu w 14 otworach wiertniczych, opartą na metodzie straty-
grafii sekwencji (fragmentarycznie przedstawioną na [figu-
rze 1](#)). Posłużono się w tym celu krzywymi profilowań:
gamma (GR), neutronowego (NPHI), oporności (RT), dany-
mi upadomierza SED. Na podstawie morfologii krzywych
otworowych wyznaczono linie korelacyjne odpowia-
dające granicom jednostek niższego rzędu, czyli parasekwencji

(Krzywiec, 1993; Porębski, 1996). Interpretacja pionowego
następstwa parasekwencji pozwoliła na wykreślenie zesta-
wów parasekwencji o różnym układzie: progradacyjnym, re-
trogradacyjnym i agradacyjnym. Ciągłość wymienionych
granic sekwencyjnych prześledzono na całym opisywanym
obszarze. Badanie zmienności układu zestawów parase-
kwencji oraz ich kontynuacji stało się podstawą analizy lito-
facjalnej omawianego rejonu.

WYDZIELENIE ANOMALII SEJSMICZNYCH

W celu analizy morfologii interpretowanych granic sej-
smicznych (Wójcik i in., 2009), zastosowano: automatyczną
korektę pozycji granic do najbliższej wartości ekstremalnej
lub przejścia przez zero, ekstrakcję geoanomalii o zadanej
dynamice amplitudowej (Sheffield, Paine, 2008), analizę po-
dobieństwa sygnału (*Waveform Classifier*) (Brown, 1999).
Geoanomalie wyodrębniają z wolumenu danych sejsmicz-
nych spójne, anomalne obszary w zadanym zakresie warto-
ści amplitud. Kształt wydzielonych anomalii pokazuje za-

się zespołu facji o niewielkich miąższościach. Zaznaczone
na nich lineamenty są powiązane z tektoniką, zmianą miąż-
szości serii lub zaburzeniami pomiaru i processingu sejs-
micznego. Ze względu na podanie zakresu wartości amplitu-
dy analizowanego atrybutu, geoanomalie charakteryzują się
dużą tolerancją dla zakłóceń sejsmicznych oraz nie podle-
gają procedurze wygładzania związanej z doborem „oczka”
gridu, metodzie gridowania i *a priori* zastosowanej końco-
wej technice wygładzania mapy.

ZARYS ARCHITEKTURY FACJALNEJ

Dane otworowe powiązano z obrazem sejsmicznym po-
przez wykonane seismogramy syntetyczne, co umożliwiło
identyfikację poszczególnych refleksów na obrazie sejs-
micznym 3D i ich powiązanie z wyróżnionymi granicami se-
kwencyjnymi. Wyodrębnione na podstawie zdjęcia sejs-
micznego geoanomalie oraz lineamenty związane z analizą
formy sygnału interpretowanych granic sejsmicznych po-
wiązano z danymi geofizyki wiertniczej. Na podstawie kore-
lacji międzyotworowej, w obrębie górnobadeńsko-sarmac-
kiej sukcesji osadowej analizowanego obszaru, wyróżnio-
no dziewięć zestawów parasekwencji ([fig. 1](#)). Wydzielono
w nich szereg facji osadowych świadczących o znacznym
zróżnicowaniu facjalnym badanych osadów, a co za tym
idzie, o zmieniającym się środowisku sedymentacji. W ni-
niejszym artykule przedstawiono kilka przykładowych ty-
pów depozycji, które rozpoznano na obrazie sejsmicznym
jako geoanomalie i potwierdzono wykształceniem krzywych
geofizyki otworowej. [Figura 2](#) przedstawia anomalię sej-
smiczną odpowiadającą osadom powstałym w systemie sto-
żka. Potwierdza to analiza charakteru krzywych z otworu
wiercniczego Witkowiec 2. Zapis krzywej GR o kształcie

zygzakowatym i lejkowatym oraz wartościach od średnich
do małych wskazuje na obecność heterolito-piaszczys-
tych osadów o ziarnie wzrastającym ku górze, powstałych
w strefie łobów depozycyjnych stożka (por. Dziadzio i in.,
1997). Kolejnym przykładem jest obraz przebiegu kanału na
powierzchni wyznaczonej przez granicę sejsmiczną odpo-
wiadającą stropowi zestawu parasekwencji o charakterze re-
trogradacyjnym ([fig. 3](#)). Opisywaną jednostkę budują w oko-
licach otworu wiertniczego Pietrzejowa 1 miąższe ławice
piaskowców o ziarnie malejącym ku górze oraz o ostrym,
erozyjnym spągu i małym zasięgu lateralnym, co może
wskazywać na ich kanałową genezę. Osady te zajął się z
pakietami heterolitów piaszczysto-mułowcowych, o nie-
wyróżnionych stropach i spągach oraz ziarnie malejącym ku gó-
rze. Zapis krzywej gamma w otworach sąsiednich ma cha-
rakter dzwonowaty, o wartościach niskich po wysokie. Przy-
pomina to charakterystykę osadów międzykanałowych. Jed-
noznaczny trend retrogradacyjny oraz zinterpretowane śro-
dowisko osadowe w systemie kanałów mogą sugerować, że
pakiet ten utworzył się podczas wczesnego transgresywnego
systemu depozycyjnego (Catuneanu, 2006).

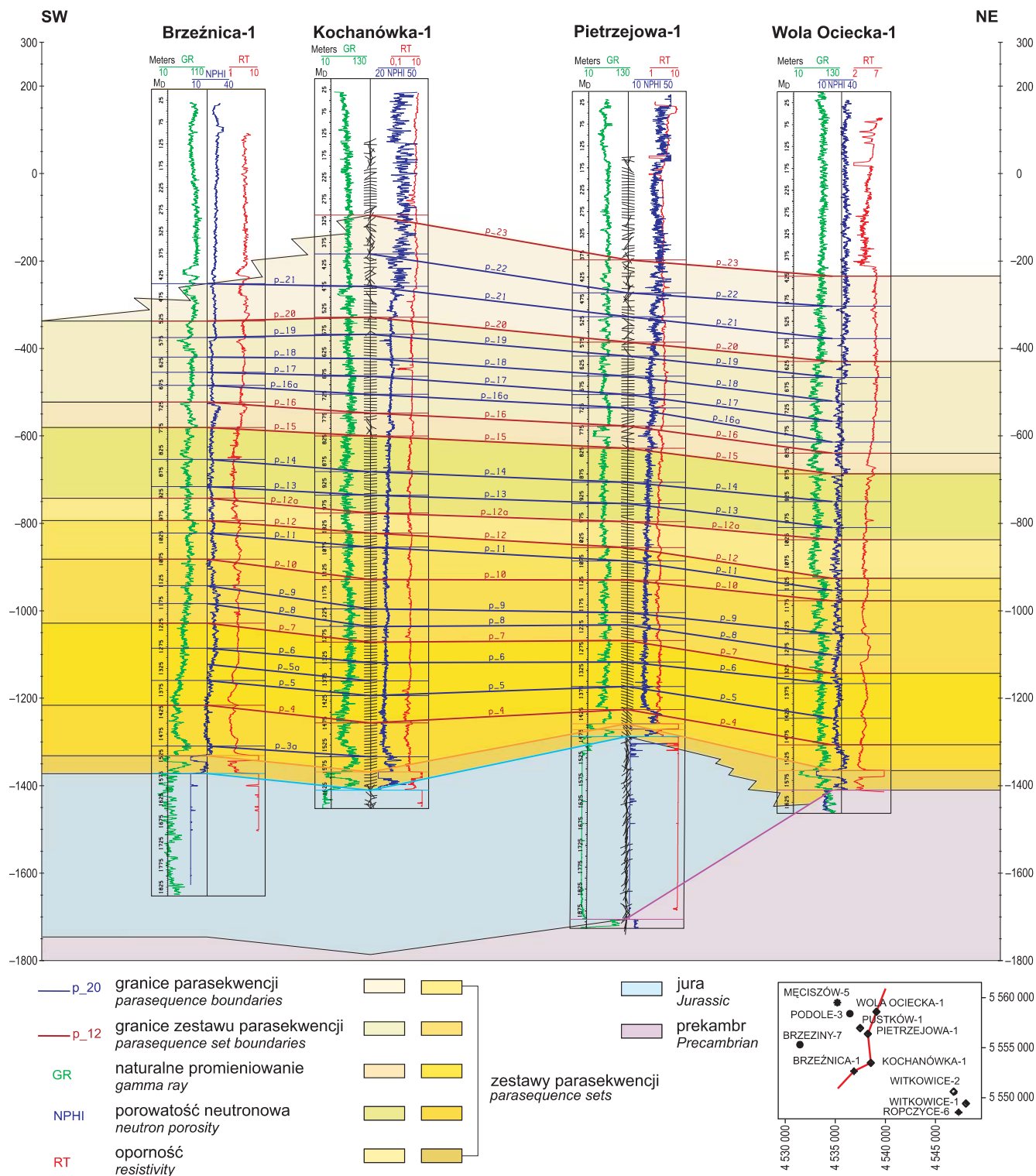


Fig. 1. Schemat korelacyjny silikoklastycznej sukcesji mioceńskiej w rejonie Pustkowa

Schematic correlation of the Miocene silicoclastic succession in the Pustków area

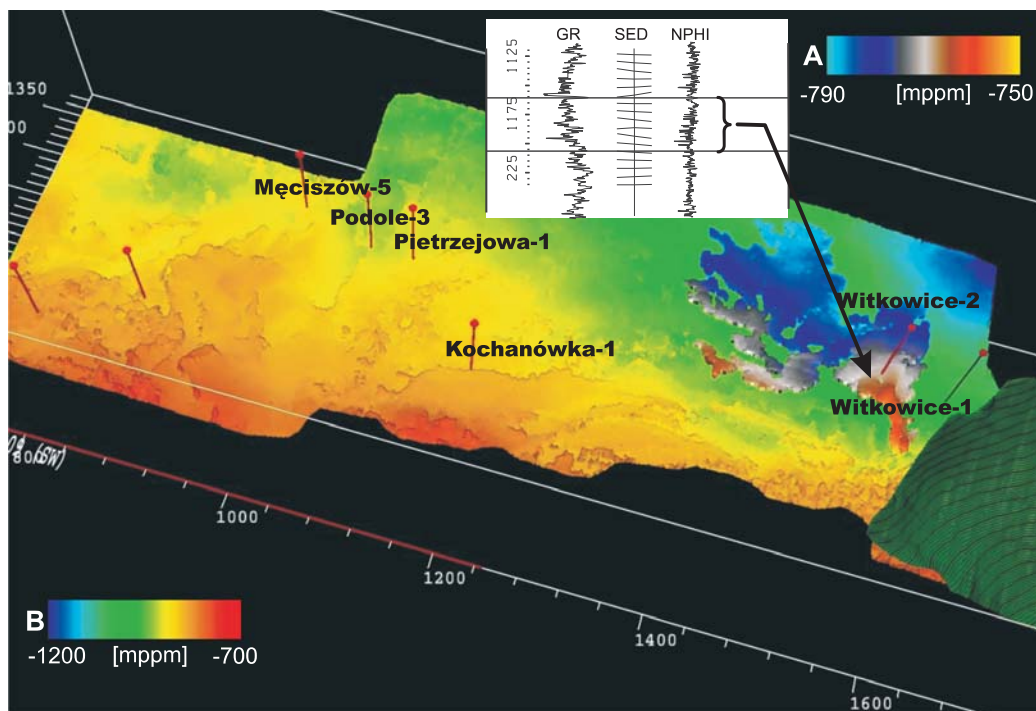


Fig. 2. Anomalia sejsmiczna odpowiadająca osadom powstałym w systemie stożka

A. Skala głębokości dla powierzchni stożka. B. Skala głębokości dla powierzchni podścielającej stożek

Seismic anomalies corresponding to sediments deposited in a fan system

A. Depth scale of the fan. B. Depth scale of the underlying surface

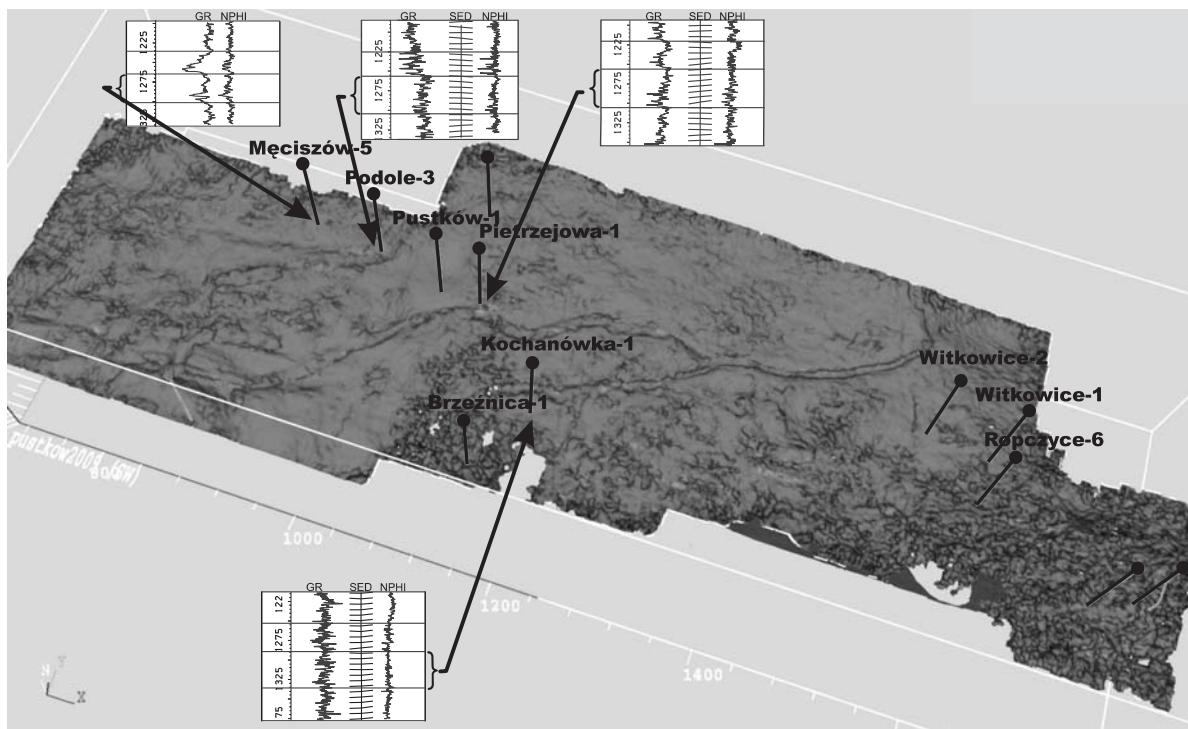


Fig. 3. Obraz przebiegu kanału wyznaczony na podstawie analizy formy sygnału na powierzchni stropu retrogradacyjnego zestawu parasekwencji

Channel imaged using of signal form analysis of top of the retrogradational parasequence set

PODSUMOWANIE

Zintegrowana interpretacja danych geofizyki otworowej oraz zdjęcia sejsmicznego 3D umożliwiła rekonstrukcję zmienności litofacjalnej, następnie analizę architektury facjalnej, a co za tym idzie, odtworzenie rozwoju sedimentacji w badanym rejonie. Ze względu na fakt, że analizę facji przeprowadzono tylko na podstawie interpretacji zmian

kształtu krzywych karotażowych należy podkreślić, że daje to tylko wskazówkę, co do opisu asocjacji facjalnych, a następnie środowiska depozycyjnego, a nie ich jednoznaczną identyfikację. Do bardziej szczegółowej interpretacji asocjacji facjalnych niezbędne jest wykorzystanie informacji rdzeniowej i biostratygraficznej.

LITERATURA

- BROWN A.R., 1999 — Interpretation of three-dimensional seismic data. *AAPG Memoir 42 SEG Investigations in Geophysics*, **9**: 261–269.
- CATUNEANU O., 2006 — Principles of sequence stratigraphy. Elsevier, Amsterdam.
- DZIADZIO P., LISZKA B., MAKSYM A., STARYSZAK G., 1997 — Środowisko sedimentacji utworów miocenu autochtonicznego w brzeżnej strefie Karpat a interpretacja geologiczno-złożowa w obszarze Husów–Albigowa–Krasne. *Nafta-Gaz*, **9**: 407–414.
- DZIADZIO P., 2000 — Sekwencje depozycyjne w utworach badenu i sarmatu w SE części zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **48**, 12: 1124–1138.
- KRZYWIEC., 1993 — Stratygrafia sekwencyjna. *Prz. Geol.*, **41**, 10: 681–687.
- KRZYWIEC P., WYSOCKA A., OSZCZYPKO N., MASTALERZ K., PAPIERNIK B., WRÓBEL G., OSZCZYPKO-CLOWES M., ALEKSANDROWSKI P., MADEJ K., KIJEWSKA S., 2008 — Ewolucja utworów mioceńskich zapadliska przedkarpackiego w rejonie Rzeszowa (obszar zdjęcia sejsmicznego 3D Sokółów–Smolarzyny). *Prz. Geol.*, **56**, 3: 232–244.
- MYŚLIWIEC M., 2004 — Mioceńskie skały zbiornikowe zapadliska przedkarpackiego. *Prz. Geol.*, **52**, 7: 581–592.
- NEY R., BURZEWSKI W., BACHLEDA T., GÓRECKI W., JAKÓBCZAK K., SŁUPCZYŃSKI K., 1974 — Zarys paleogeografii i rozwoju litologiczno-facjalnego utworów miocenu zapadliska przedkarpackiego. *Pr. Geol. PAN*, **82**: 7–64.
- OLSZEWSKA B., 1999 — Biostratygrafia neogenu zapadliska przedkarpackiego w świetle nowych badań mikropaleontologicznych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **168**: 9–28.
- OSZCZYPKO N., KRZYWIEC P., POPADYUK I., PERYT T., 2006 — Carpathian Foredeep Basin (Poland and Ukraine) – its sedimentary, structural and geodynamic evolution. *W: The Carpathians and their Foreland: Geology and hydrocarbon resources* (red. F. Picha, J. Golonka). *AAPG Mem.*, **84**: 293–350.
- PORĘBSKI S.J., 1996 — Podstawy stratygrafii sekwencji w sukcesjach klastycznych. *Prz. Geol.*, **44**, 10: 995–1006.
- SHEFFIELD T.M., PAYNE B.A., 2008 — Geovolume visualization and interpretation: What makes a useful visualization seismic attribute? *SEG Las Vegas 2008 Annual Meeting*: 849–853.
- WÓJCIK B. i in., 2009 — Dokumentacja badań sejsmicznych, temat: Pustków–Sędziszów 3D (reprocessing i reinterpretacja). Arch. Geofizyka Kraków, Kraków.