

ANALIZA I PRZETWARZANIE DANYCH GEOFIZYCZNYCH JAKO INSTRUMENT POSZUKIWAŃ ZŁÓŻ Cu-Ag NA MONOKLINIE PRZEDSUDECKIEJ

REPROCESING OF ARCHIVAL GEOPHYSICAL DATA AS USEFUL INSTRUMENT IN Cu-Ag DEPOSIT PROSPECTION OF FORE-SUDETIC MONOCLINE

STANISŁAW SPECZIK¹, LIDIA DZIEWIŃSKA², ANDRZEJ PEPEL², WALDEMAR JÓŹWIAK³

Abstrakt. Nowoczesna analiza i interpretacja archiwalnych wyników badań geofizycznych pod kątem uzyskania nowych informacji przydatnych w problematyce poszukiwań złóż Cu-Ag pozwala na efektywne wykorzystanie źródłowych danych geofizycznych. Specjalne transformacje anomalii Bouguera w rejonie Mozów–Jany–Nowa Sól–Zatonie wykonane w postaci map anomalii rezydualnych oraz map gęstości grawimetrycznych elementów liniowych o zasięgu regionalnym i lokalnym w wyznaczonych przedziałach głębokościowych umożliwiły odwzorowanie tektoniki i zmian litologicznych. Materiały sejsmiczne przekształcone w postaci efektywnych współczynników odbicia (EWO) charakteryzują się zwiększoną rozdzielczością zapisu, szczególnie w odniesieniu do utworów P2. Wyniki interpretacji uszczegółwiają budowę strukturalną i pozwalają na wydzielenie stref zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczowanych. Interpretacja danych geofizycznych zastosowana w zakresie poszukiwań złóż Cu-Ag przyczynia się do dokładniejszego rozpoznania budowy geologicznej utworów P2, szczególnie „anomalnych” serii na pograniczu P2 i P1, oraz do wyznaczenia przebiegu nieciągłości litologiczno-tektonicznych.

Słowa kluczowe: złoża miedzi i srebra, monoklina przedsudecka, grawimetria, sejsmika, efektywne współczynniki odbicia, przetwarzanie danych geofizycznych.

Abstract. Modern analysis and interpretation of unpublished results of geophysical studies in terms of acquisition of new information useful in exploration of Cu-Ag deposits allows for effective use of source geophysical materials. Special-made transformations of Bouguer anomalies in the Mozów–Jany–Nowa Sól–Zatonie area, performed in the form of residual anomaly maps and gravity density maps of linear elements of regional and local extent at given depth intervals enabled imaging of tectonic features and lithological changes. Seismic materials converted into effective reflection coefficients (ERC) are characterized by enhanced recording resolution, particularly with regard to P2 deposits. The results of the interpretation provide a more detailed image of the geological structure and allow for the identification of areas of increased thickness of potential ore deposits. Interpretation of geophysical data used in the exploration of Cu-Ag deposits provides new information on the geology of P2 deposits, especially on “anomalous” series at the P1/P2 boundary, and enables the determination of lithological and tectonic discontinuities.

Key words: copper and silver deposits, Fore-Sudetic Monocline, gravimetry, seismics, effective reflection coefficients, geophysical data processing.

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa; e-mail: s.speczik@uw.edu.pl

² S-Systems Sp.o.o. Dobiesz, ul. Spacerowa 7, 05-530 Góra Kalwaria

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: waldemar.jozwiak@pgi.gov.pl

WPROWADZENIE

W latach 2011–2012 zespół specjalistów z S-Systems Sp. z o.o. na zlecenie firmy Miedzi Copper Corp. (MCC) wykonał badania geofizyczne na obszarach koncesyjnych Mozów 1 i 2, Jany, Nowa Sól, Zatonie oraz Wilcze (fig. 1), których wyniki dzięki życzliwości MCC udostępniono w tej pracy. Możliwości wykorzystania impulsowej postaci zapisu sejsmicznego do rozpoznania złóż prognostycznych miedzi i srebra w wybranych rejonach N monokliny przedsudeckiej, potwierdzone wynikami w otworach złożowych, opisano wcześniej (Speczik i in., 2011).

W artykule przedstawiono specjalne transformacje danych grawimetrycznych i wybrane przekroje sejsmiczne przetworzone w postać efektywnych współczynników odbicia (EWO) oraz ich analizę i interpretację z wykorzystaniem danych wiertniczych w powiązaniu z analizą parametrów fizycznych skał, pod kątem przydatności w problematyce poszukiwań złóż Cu-Ag. Omawiany obszar, który jest przygotowywany do wiertniczych prac poszukiwawczych, wymaga możliwie dokładnej znajomości morfologii kontaktu cechsztynu (P2) i czerwonego spągowca (P1) oraz związanych z tymi utworami dyslokacji. Dostępne materiały, głównie w postaci siatki profili 2D, wykonane zostały w stosunkowo długim przedziale czasowym, różnymi metodami i technikami pomiarowymi i mają charakter zdjęcia półszeregowego. Badania wykonywane na potrzeby poszukiwań bituminiów przedstawiające układ granic sejsmicznych związanych z utworami mezozoiku oraz permu nie spełniają warunków wymaganej rozdzielczości obrazu falowego, szczególnie w przypadku cienkowarstwowej budowy kompleksu P2. Do dokładniejszego rozpoznania budowy strukturalnej, zwłaszcza litologicznej, utworów cechsztynu należy zastosować specjalistyczne przetworzenie i interpretację sekcji sejsmicznych wykonanych nowoczesnymi metodami processingu. W artykule przedstawiono wyniki reprocessingu danych grawimetrycznych z wykorzystaniem oryginalnej metodyki przetwarzania i interpretacji pól potencjalnych (w której stosuje się dobór parametrów do rozpoznania interesujących interwałów głębokościowych) dla pięciu położonych obok siebie bloków poszukiwawczych oraz danych sejsmicznych (z rozszerzeniem o rejon Wilcze). Wyniki badań sejsmicznych przedstawiono w postaci przekrojów przetworzonych w efektywne współczynniki odbicia z rozpoznaniem stropu podłoża P2 oraz zmian miąższości P2 związanych głównie z występowaniem utworów solnych, a także dyslokacji regionalnych i lokalnych.

Przyjęty cykl cyfrowego przetwarzania i interpretacji materiałów geofizycznych obejmował:

- opracowanie danych z profilowań geofizycznych w wybranych 11 reperowych otworach wiertniczych obejmujące określenie profili litologiczno-stratygraficznych wierceń oraz parametrów fizycznych skał (prędkość sejsmiczna, gęstość, porowatość) dla wydzielonych przedziałów i warstw geologicznych (fig. 2) oraz wykonanie histogramów rozkładu gęstości (fig. 3);
- opracowanie mapy grawimetrycznych anomalii Bouguera (fig. 4);
- sporządzenie grawimetrycznych map transformowanych z zastosowaniem metody filtracji analogowej i częstotliwościowej dla poszczególnych kompleksów gęstościowych i z wyróżnieniem anomalii rezydualnych związanych z przedziałem głębokościowym P2 i kontaktu P2 i P1 (fig. 5) oraz w wersji gradientów poziomych (fig. 6);
- opracowanie map przedstawiających tektonikę lub kierunki tektoniczne z wykorzystaniem wyznaczania gradientu poziomego i pionowych granic gęstości do śledzenia stref nieciągłości tektoniczno-litologicznych lub innych obiektów geologicznych o wydłużonym kształcie (fig. 7);
- dowiązanie kompleksów współczynników odbicia do profili litologiczno-parametrycznych wierceń reperowych (fig. 8) jako podstawową korelację danych otworowych i sejsmicznych oraz litologiczno-stratygraficznych wzdłuż sejsmicznych sekcji amplitudowych przekształconych w postać impulsową na wytypowanych 37 profilach o łącznej długości 484 km (fig. 1);
- opracowanie rozkładów prędkości wzdłuż interpretowanych profili sejsmicznych na potrzeby transformacji czasowych sekcji EWO na wersję głębokościową;
- analizę i interpretację geofizyczno-geologiczną przekrojów sejsmicznych w korelacji z wynikami geofizyki wiertniczej, ze szczególnym uwzględnieniem przedziału obejmującego utwory P2 i P1 (fig. 9A, B), lokalizującą strefy tektoniczne i dającą obraz strukturalno-litologiczny P2 interesujący w pracach poszukiwawczych;
- opracowanie mapy zalegania spągu cechsztynu (fig. 10) oraz wykresów morfologii stropu podłoża P2 z wyznaczeniem stref zmiany kąta jego nachylenia (fig. 11);
- opracowanie mapy wynikowej geofizyczno-geologicznej (fig. 12) przedstawiającej budowę spągu i podłoża P2 na podstawie zestawienia mapy sejsmicznej Z_1' oraz mapy grawimetrycznych anomalii rezydualnych związanych z podłożem P2, uzupełnionej danymi z mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych w podłożu P2;
- zestawienie przykładowych sekcji głębokościowych EWO w kompleksie cechsztyńskim z odpowiednimi fragmentami map gęstości grawimetrycznych elementów liniowych w celu ilustracji związków korelacyjnych danych grawimetrycznych i wyników sejsmicznych (fig. 13–16);
- analizę wyników z uwzględnieniem danych geologicznych pod kątem określenia występowania potencjalnych stref złożowych – okruszcowania miedziowo-srebrowego w cechsztyńskiej serii miedzionośnej – zilustrowaną mapą (fig. 17) na tle „Mapy występowania prognostycznych złóż miedziowo-srebrowych cechsztyńskiej serii miedzionośnej” w skali 1:200 000 (Oszczepalski, Speczik, 2011a).

TŁO GEOLOGICZNE

Budowa geologiczna obszaru monokliny przedsudeckiej, często na szerszym tle geologicznym, stanowiła przedmiot licznych opracowań archiwalnych i opublikowanych (m.in. Oberc, 1972; Depowski, 1978; Witkowski, 1979; Marek, Pajchłowa, 1997; Kiersnowski, 1998; Karnkowski, 1999). Oddzielną pozycją są mapy geologiczne (Dądziałek i in., 1998a, b, 2000; Pokorski, 1998). Z prac monograficznych należy wymienić charakterystykę geologiczną i strukturalną obszaru przedsudeckiego (Sokołowski, 1967) oraz opracowanie (Deczkowski, 1977) dotyczące budowy geologicznej pokrywy permomezozoicznej i jej podłoża w obszarze kalisko-częstochowskim, zaliczanym do E części monokliny przedsudeckiej. Deczkowski (1977) zwraca szczególną uwagę na utwory permu i triasu dolnego interesujące w poszukiwaniach złóż ropy i gazu ziemnego. Podstawowe znaczenie w interpretacji wglębnej budowy geologicznej mają badania stratygraficzne. Istotny wkład do tego zagadnienia wnoszą m.in. prace Kłapcińskiego (1971), Kłapcińskiego i Lorenca (1984) oraz Kłapcińskiego i Muszer (1985). Autorzy, na podstawie analiz, głównie petrograficznych i paleontologicznych analiz utworów z wybranych otworów wiertniczych monokliny przedsudeckiej, przedstawiają charakterystykę litologiczną utworów permu oraz związane z nimi zagadnienia stratygraficzne i paleogeograficzne (Kłapciński, 1971), zróżnicowanie podpermickiego kompleksu skał osadowych (Kłapciński, Lorenca, 1984) i jego starszego podłoża (Kłapciński, Muszer, 1985). Warte wspomnienia jest też publikacja autorstwa Góreckiej i in. (1977), w której omówiono utwory skalne podłoża permu W części monokliny przedsudeckiej i perykliny Żar oraz przyległych części bloku przedsudeckiego. Bogatszy materiał z wierceń i badań geofizycznych umożliwił w latach 80. XX w. (Wierzchowska-Kicułowa, 1984, 1987) przedstawienie charakterystyki geologicznej utworów podpermickich obszaru przedsudeckiego, zilustrowanej przekrojami i mapami geologiczno-strukturalnymi. Przebieg procesów sedymentacyjnych na monoklinie przedsudeckiej jako wynik silnego oddziaływania struktur podłoża, zwłaszcza w permie, był tematem artykułów różnych autorów (np. Podemski, 1973; Peryt, 1978; Oszczepalski, Rydzewski, 1987). Istotne znaczenie dla problematyki poruszanej w artykule ma praca, w której przedstawiono geologiczno-złożową charakterystykę skał podłoża podcechsztyńskiego monokliny przedsudeckiej w celu określenia stopnia ich perspektywiczności (Speczik, 1985). Autor ustalił m.in. związki metalogeniczne między podłożem a mineralizacją cechsztyńską i przedstawił opinię dotyczącą jej źródła i drogi, jaką metale ciężkie zostały włączone w łupki miedzionośne. Podsumowanie danych geologicznych i geofizycznych dla obszaru Polski SW stanowi tło propozycji Żelaźniewicza i Cwojdzńskiego (1994) dotyczącej wykonania dwóch regionalnych profili sejsmicznych refleksyjnych w celu odtworzenia wglębnej struktury waryscydwów w Polsce.

Obszar Mozowa 1 i 2, Jan, Zatonja i Nowej Soli, dla którego wykonano reprocessing grawimetryczny, jest położony

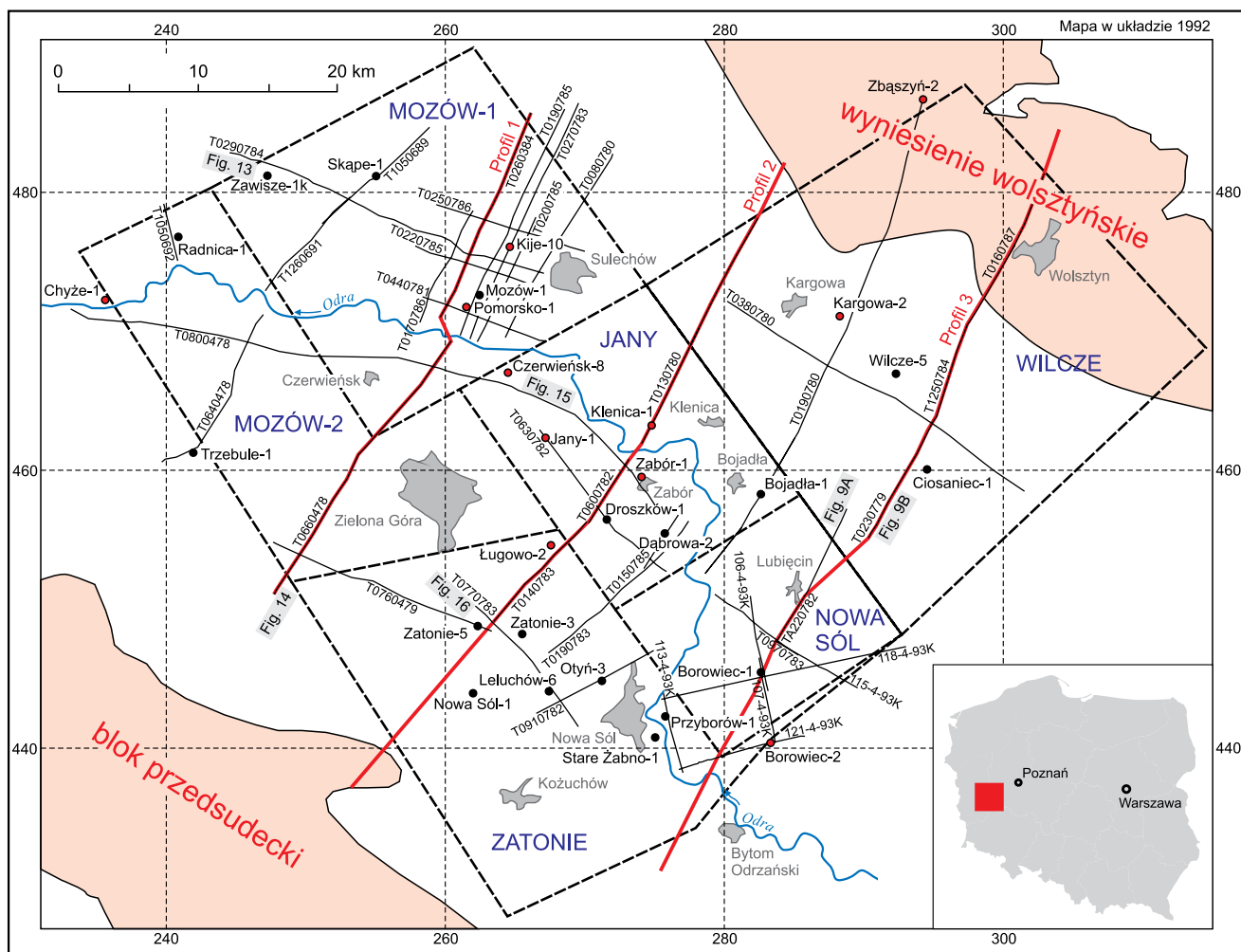
w basenie (osadowym) zielonogórskim (fig. 1), między wyniesieniem wolsztyńskim a blokiem przedsudeckim. Od strony NE graniczy z blokiem Wilcze, znajdującym się na SW zboczu wyniesienia wolsztyńskiego i częściowo na obszarze samego wyniesienia. Wyniesienie wolsztyńskie jest waryscyjskim paleoelementem strukturalnym, stanowiącym zespół podniesień tektonicznych rozciągających się od granicy państwa w rejonie Brandenburgii do wyniesienia Pogorzeli na SE (Żelaźniewicz i in., 2003; Kiersnowski i in., 2010). Jest zbudowane z nieprzewierconych skał dolnego karbonu, w części przykrytych skałami wulkanicznymi dolnego permu i być może utworami najwyższego karbonu (Żelichowski, 1980). Struktura ta została wyeksponowana w permie i oddzielała baseny osadowe czerwonego spągowca: zielonogórski i dolnośląski na S od basenu Poznania i Grodziska na N. W wyniku erozji wyniesienia wolsztyńskiego materiał był dostarczany do obu wymienionych basenów sedymentacyjnych. Wyniesienie wolsztyńskie tworzą skały metamorficzne, tzw. fylity wieku D–C, stanowiące istotny element podłoża podcechsztyńskiego lub podpermickiego; w rejonie bloku Wilcze są znane z wiercenia Brenno 1. Zasięgi występowania osadów P1 uznaje się za granice tego zespołu wyniesień, szczególnie od NE strony struktury. W innych miejscach związek zasięgu występowania osadów P1 ze stwierdzonymi strefami tektonicznymi przyjmowanymi za granicę wyniesienia wolsztyńskiego nie jest tak czytelny i jednoznaczny.

Nad utworami czerwonego spągowca lub karbonu zalegają utwory węglanowo-siarczanowe i solne P2, stanowiące przedmiot szczególnego zainteresowania ze względu na cel prac, wykształcone w czterech cyklotemach – Werra, Stassfurt, Leine i Aller – o miąższości zmieniającej się w granicach 500–700 m (Wagner, 1994, 1997; Kwolek, Mikołajewski, 2007). Różnice w położeniu stropu P2 w znacznym stopniu są związane ze zmianami miąższości utworów solnych tworzących formy poduszek. Osady triasu są reprezentowane przez piaszczysto-ilasto-mułowcowe osady pstrego piaskowca, węglanowo-margliste utwory wapienia muszlowego oraz, na części obszaru, ilasto-piaszczyste utwory kajpru i retyku. Miąższość pstrego piaskowca jest prawie stała i mieści się w zakresie 600–800 m. Bardziej zróżnicowana jest miąższość wapienia muszlowego, która na poszczególnych blokach zmienia się w granicach ok. 100–300 m. Utwory kajpru i retyku charakteryzują się znacznie większymi zmianami miąższości, związanymi z wyklinowaniem osadów. Utwory triasu są przykryte prawie płasko leżącą pokrywą kenozoiczną.

Pełny profil utworów cyklotemu Werra, stanowiących najważniejszy obiekt badań, jest reprezentowany przez następujące ogniwa: łupki miedzionośne, wapień cechsztyński, anhydryt dolny, sól najstarsza i anhydryt górny. Charakterystyczną cechą cechsztyńskiej serii miedzionośnej jest zróżnicowanie facjalne, przejawiające się istnieniem dwóch zasadniczych facji geochemicznych – redukcyjnej oraz utleniającej. Prawdopodobnością występowania mineralizacji krusz-

cowej jest obecność mineralizacji miedziowo-srebrowej w najbliższym otoczeniu utworów utlenionych *Rote Faule* (Speczik, 1985). Mineralizacja występuje zarówno w łupku miedzionośnym, jak i w wapieniu cechsztyńskim oraz białym spągowcu, w zależności od rozkładu strefy utlenionej

i redukcyjnej. Partia łupków ilasto-dolomitycznych lub marglistych stanowi główną potencjalną warstwę miedzionośną. Cechuje ją nieznaczna, lecz zmienna miąższość, zwykle wynosząca kilkadziesiąt centymetrów (Oszczepalski, 2007; Speczik i in., 2007; Oszczepalski, Speczik, 2011b).



- T0290784 profile seismiczne opracowane w systemie efektywnych współczynników odbicia
seismic profiles developed in a system of effective reflection coefficients
- Kije-10 otwory z opracowanymi parametrami fizycznymi skał
boreholes with measured physical parameters of rocks
- Skape-1 inne otwory
other boreholes
- granice koncesji
concession area boundaries
- ZATONIE nazwy koncesji
concession names
- Profil 1 profile z wykresami morfologii stropu podłoża P2
profiles with charts of the relief of the top of sub-Zechstein basement
- Fig. 13 numer figury
figure number

Fig. 1. Mapa lokalizacyjna

Location map

ANALIZA PARAMETRÓW FIZYCZNYCH SKAŁ

Lokalizację 11 przebijających utwory P2 głębokich otworów, dla których wyznaczono parametry fizyczne skał, aby dowiązać obraz sekcji sejsmicznych do profilu litologicznego wierceń, przedstawiono na figurze 1. W analizie parametrów fizycznych skał uwzględniono wyniki z wybranych otworów, którymi rozpoznano podłoże P2, by wyznaczyć gęstości i prędkości sejsmiczne osadów permomezozoiku, w tym utworów triasu, w celu oceny wpływu ich miąższości i gęstości na obraz grawimetryczny. Kryteria wyboru otworu stanowiły m.in. istnienie pomiaru średnich prędkości sejsmicznych, nawiercenie utworów czerwonego spągowca oraz ocena jakości wykonanych profilowań geofizycznych, a także położenie wiercenia w stosunku do profili sejsmicznych opracowanych w wersji EWO.

Wykorzystane profilowania geofizyczne w postaci zbiorów typu LAS przedstawiono w formie wykresów profili litologicznych oraz wartości parametrów fizycznych skał: prędkości sejsmicznych, gęstości i porowatości (fig. 2). Podstawę obliczeń parametrów skał stanowiły skorygowane i skalibrowane profilowania radiometryczne, poprawione profilowania akustyczne, profilowania oporności oraz pomiary prędkości średnich. Parametry fizyczne skał wyznaczone z profilowań geofizycznych na podstawie oryginalnej metodyki STRAT tworzą zbiór dowiązany do profilu litologicznego otworu, ustalonego także w wyniku interpretacji. Korelacja wyników z pomiarami gęstości na próbkach, a także z pomiarami średnich prędkości wykonanymi w danym otworze poprzez zestawienia hodografów pionowych zapewnia poprawność obliczeń. Dane uzyskane dla poszczególnych formacji skalnych służą bezpośrednio do geologicznej interpretacji wyników badań sejsmicznych i pośrednio do rozwiązywania problemów geologii poszukiwawczej i złożowej.

Warto zwrócić uwagę na dobrze widoczną na załączonych krzywych parametrów fizycznych skał (fig. 2) zmianę litologii na granicy skał osadowych (górnym P1 + dolnym P1 – autun) i skał wulkanicznych P–C (Piceluk, Wojtkowiak, 1978).

Wartości parametrów fizycznych skał, wyznaczone w całym interwale głębokościowym każdego otworu dla wszystkich warstw o miąższości większej od 4 m, pozwalają na przedstawienie m.in. gęstościowej charakterystyki obszaru. Określenie w sposób ciągły zmian gęstości

w otworach oraz dość regularne rozmieszczenie opracowanych otworów zapewnia stosunkowo dobre rozpoznanie gęstościowe skał do podłoża P2 w omawianym rejonie. Małe zróżnicowanie gęstości w poszczególnych piętrach stratygraficznych w otworach umożliwia skonstruowanie uśrednionego modelu gęstościowego analizowanego obszaru. Sporządzone histogramy (fig. 3) oraz wyznaczone średnie gęstości kolejnych kompleksów charakteryzują rozkład gęstości w wybranych piętrach stratygraficznych triasu i permu. Stosunkowo dużą gęstością wyróżniają się utwory triasu dolnego ($2,52 \text{ g/cm}^3$) i środkowego ($2,55 \text{ g/cm}^3$). Utwory P2, w których w poszczególnych cyklotmach występują na przemian kompleksy skalne o ekstremalnie różnych wartościach gęstości (sole $2,1 \text{ g/cm}^3$ i anhydryty $3,1 \text{ g/cm}^3$), można w uproszczeniu zastąpić dwiema ekwiwalentnymi warstwami. Są to: górna warstwa (do spągu soli starszych), jako kompleks salinarny o gęstości średniej $2,15 \text{ g/cm}^3$, i dolna warstwa, jako utwory anhydrytowo-dolomityczne o gęstości osiągającej wartość do $3,0 \text{ g/cm}^3$. Występujące poniżej utwory P1, zarówno w postaci skał wylewnych, jak i osadowych, cechują się gęstością oscylującą w przedziale $2,55\text{--}2,65 \text{ g/cm}^3$.

Charakterystyka gęstości ilustruje zróżnicowanie tego parametru w kompleksach skalnych triasu i permu, w warunkach zmian strukturalnych tych osadów mogące generować anomalie grawimetryczne. Analiza miąższości poszczególnych kompleksów utworów triasowych wykazała nieduże zmiany w zaleganiu oraz wykształceniu tych osadów i w konsekwencji brak ich wpływu na zarejestrowany obraz grawimetryczny. Podobną sytuację stwierdzono na podstawie archiwalnych i opublikowanych danych otworowych (Wierzchowska-Kicułowa, 1985), dotyczy ona obszarów położonych na N od omawianego, czyli usytuowanych poza znaną z map regionalnych (Królikowski, Petecki, 1995; Królikowski, Wybraniec, 1996) dodatnią anomalią w redukcji Bouguera. Superpozycyjny obraz grawimetryczny może być zatem interpretowany jako wynik zmian litologicznych i miąższościowych P2 oraz oddziaływania głęboko występujących w podłożu ciał zaburzających, bez znaczącego wpływu osadów triasowych. Potwierdzają to m.in. przedstawione w dalszej części publikacji zestawienia wyników sejsmicznych i grawimetrycznych (fig. 13–16).

METODY CYFROWEGO PRZETWARZANIA DANYCH GRAWIMETRYCZNYCH I INTERPRETACJA OTRZYMANÝCH WYNIKÓW

Wyniki badań grawimetrycznych zebrane w postaci zbiorów w układzie 92 z zastosowaniem grawimetrycznego systemu IGSN71 i geodezyjnego GRS80 oraz nowej formuły pola normalnego siły ciężkości dla elipsoidy WGS84 odpowiadają aktualnie obowiązującym danym o kształcie figury Ziemi. Umożliwiają sporządzenie map anomalii Bouguera, map transformowanych oraz grawimetryczno-tektonicznych

obrazujących budowę geologiczną interesujących kompleksów stratygraficznych.

Mapa anomalii Bouguera (fig. 4), opracowana na podstawie archiwalnych zbiorów wartości pomiarów siły ciężkości o zagęszczeniu zdjęcia półszczegółowego, pozwoliła na odwzorowanie interesujących elementów budowy strukturalnej obszaru. Zasadnicze elementy zarejestrowanego obrazu gra-

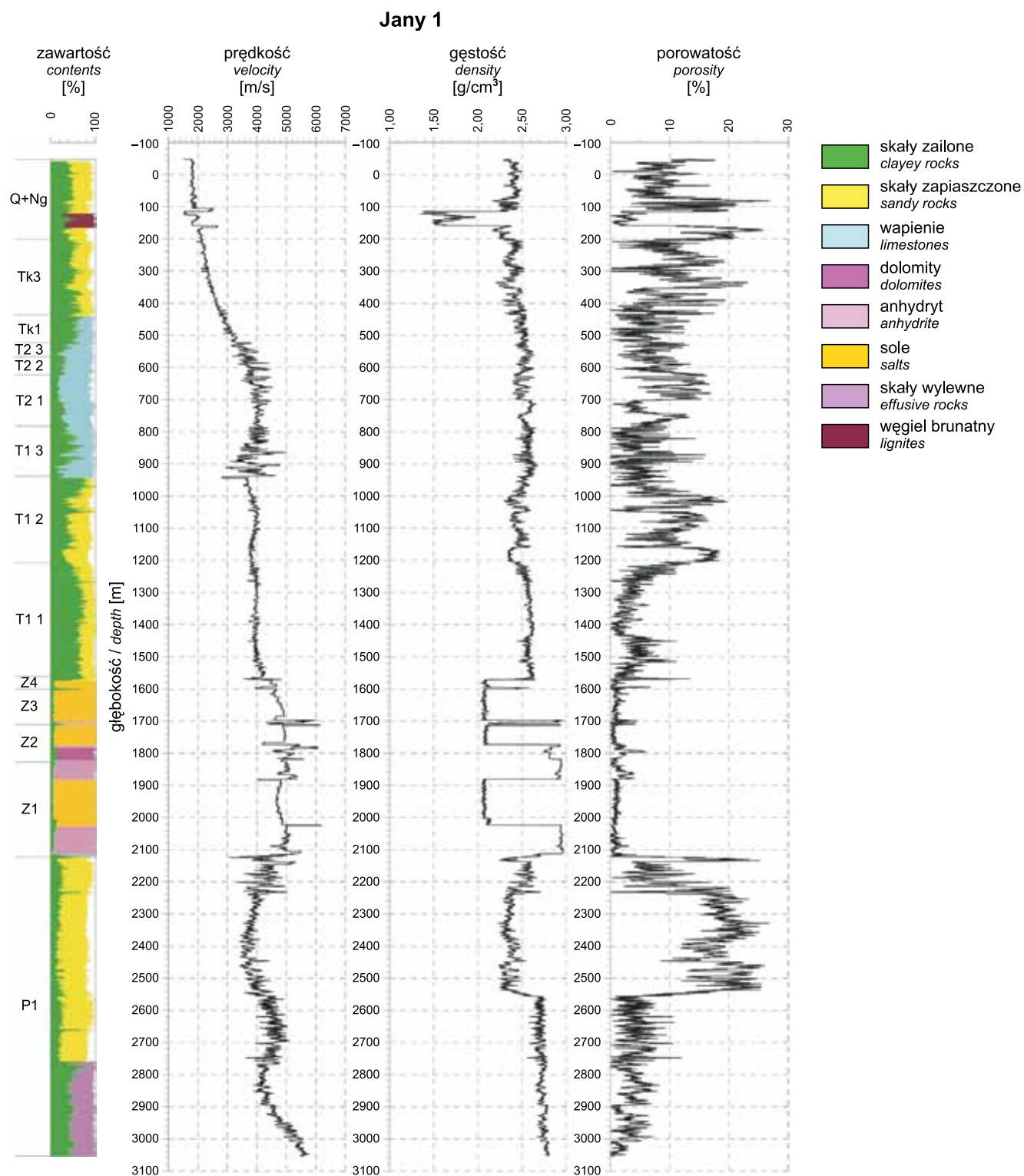


Fig. 2. Zestawienie wykresów parametrów fizycznych skał w otworze Jany 1

Physical parameters (velocity, density, porosity) of rocks in the Jany 1 borehole

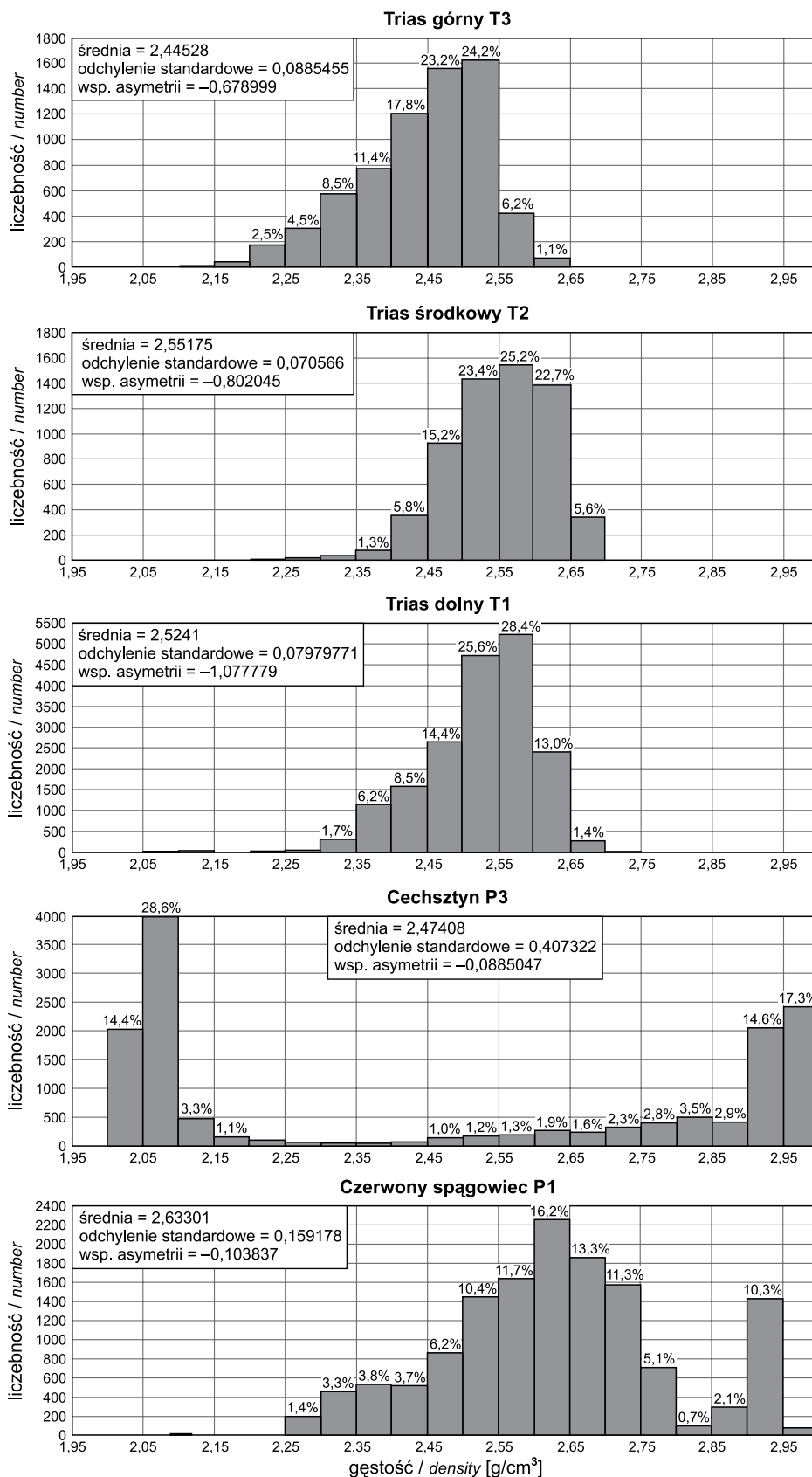


Fig. 3. Histogramy rozkładów gęstości

Histograms of density distributions

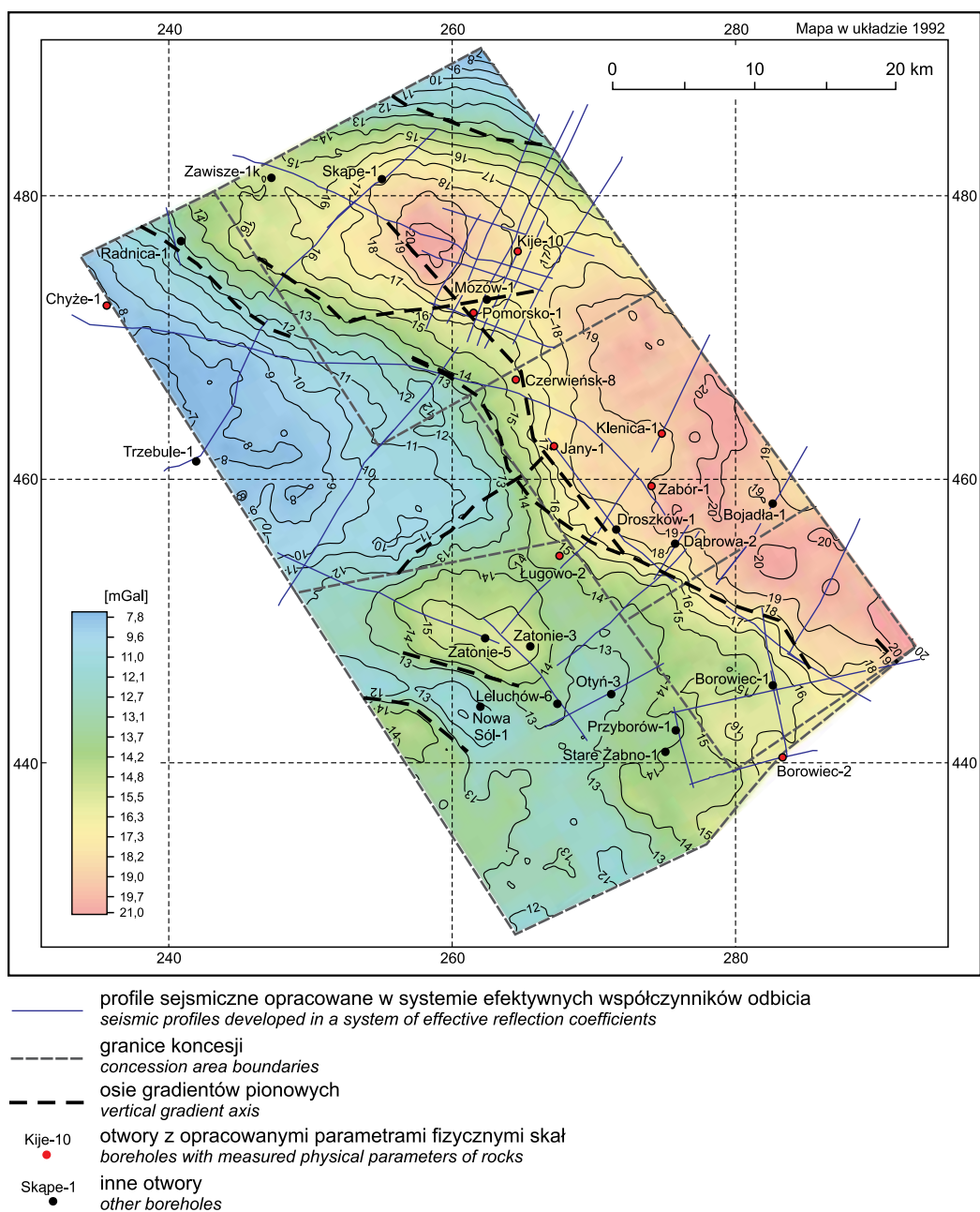


Fig. 4. Mapa grawimetryczna anomalii Bouguera

Bouguer anomaly gravity map

wimetrycznego anomalii Bouguera stanowią W część rozległego, wydłużonego wężu, obejmującego większość obszaru Mozowa 1, Jan, Nowej Soli, oraz dodatnia anomalia pola siły ciężkości na terenie Zatonia. W otoczeniu wężu grawimetrycznego są widoczne strefy gradientowe, co podkreślają zaznaczone osie gradientów pionowych. Największe zmiany wartości anomalii Bouguera obserwuje się wzdłuż kierunku SW-NE na bloku Mozów 1. Obraz anomalii Bouguera, będący superpozycją efektów grawimetrycznych od kompleksów

mezozoicznych i paleozoicznych oraz głębokiego podłoża, potwierdza istnienie zmian w morfologii i gęstości poszczególnych kompleksów stratygraficznych.

Mapy transformowane wykonane z zastosowaniem metod opartych na filtracji częstotliwościowej obejmują m.in. filtr BTRW (fig. 5, 12) oraz gradient poziomy według Rosenbacha (fig. 6). Dobór parametrów transformacji, poprzedzony analizą wyników testowych, gwarantuje optymalne odwzorowanie interesujących informacji uzyskanych na opraco-

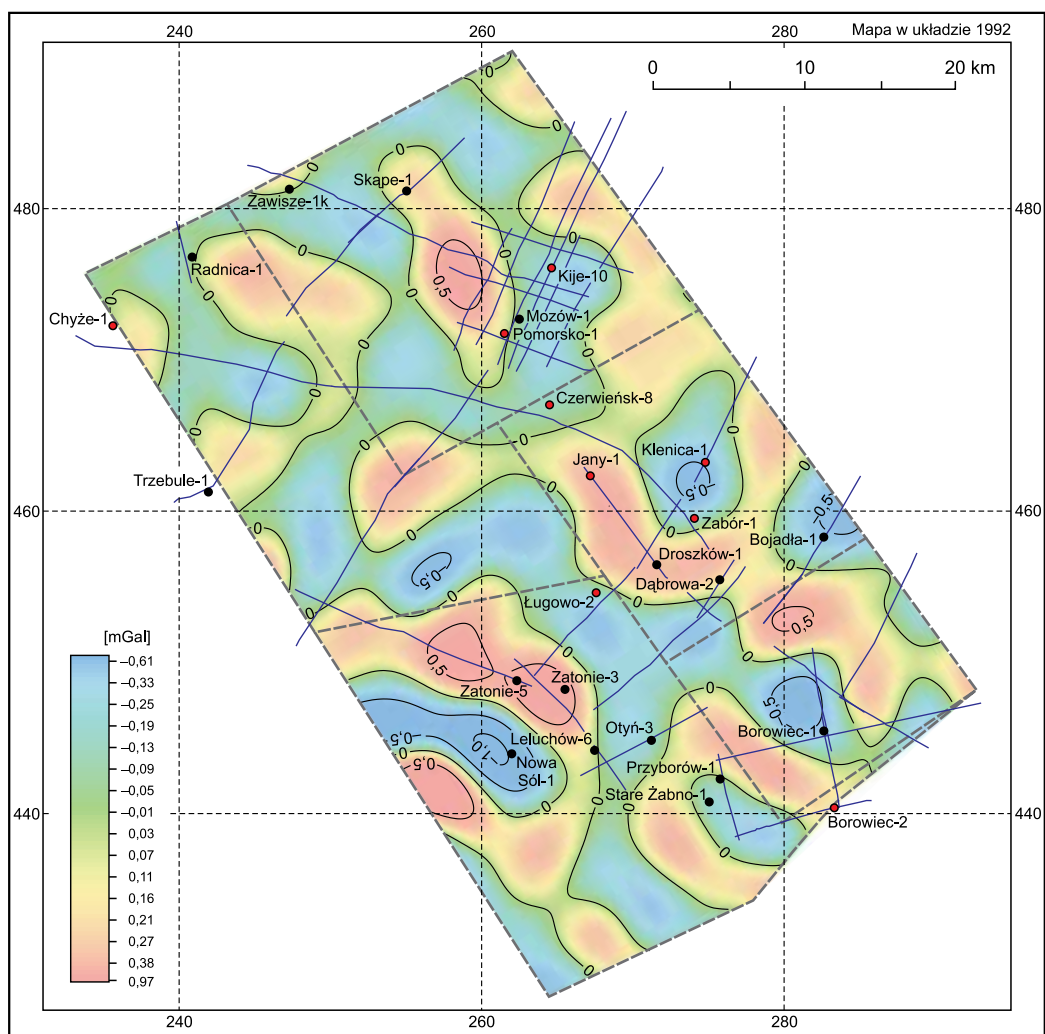


Fig. 5. Mapa grawimetryczna. Anomalie rezydualne, filtr częstotliwościowy BTWR w przedziale głębokości 1600–2800 m

Gravity map. Residual anomalies, BTWR filter in a conventional depth interval of 1600–2800 m

wanych profilach sejsmicznych przedstawionych w wersji EWO (fig. 9, 13–16). Analiza parametrów fizycznych skał w otworach potwierdziła wybór trzech przedziałów głębokościowych. Anomalie rezydualne dla neogenu i triasu określa interwał 0–1600 m. Do rozpoznania utworów P2 oraz ich kontaktu z jednostkami występującymi w podłożu i nadkładzie zastosowano interwał głębokościowy 1600–2800 m (fig. 5). Stosunkowo duży przedział wartości jest konsekwencją znacznych różnic głębokości występowania kompleksu P2. Zastosowanie analizy danych grawimetrycznych z uwzględnieniem rzeczywistego nachylenia dolnej granicy kompleksu związanego z P2 umożliwia m.in. mapę zalegania spągu P2 (fig. 10). Obraz otrzymany z wykorzystaniem tych informacji jest w większym stopniu pozbawiony wpływów otaczających kompleksów geologicznych. W konsekwencji mapy zawierają więcej informacji i bardziej wyraźnie wyznaczone strefy oraz ich kierunki w obrębie interesujących utworów. Obraz dodatnich i ujemnych anomalii rezydualnych związany z przedziałem głębokościowym występowania

nia P2 zgodnie z zasadami teorii pól potencjalnych jest bardziej uogólniony na mapach grawimetrycznych niż kontury struktur wyznaczone na przekrojach sejsmicznych. Anomalie rezydualne dla podłoża P2 określa interwał 2800–4000 m. Wpływ głębszego podłoża na uzyskany obraz grawimetryczny można ocenić dzięki transformacji wykonanej dla interwału 2800–5000 m (fig. 12), związanego z płytko występującymi utworami starszego paleozoiku lub utworami metamorficznymi (wyniesienia wolsztyńskiego i wyniesienia Pogorzeli). Charakterystycznym elementem opracowanych materiałów jest znaczna zgodność obrazu anomalii Bouguera z anomaliami wyznaczonymi dla najgłębszego przedziału głębokościowego, świadcząca o dużym wpływie utworów głębszego podłoża na obraz grawimetryczny Bouguera, oraz niezależność obrazu anomalii grawimetrycznych w przedziale głębokościowym 1600–2800 m od anomalii Bouguera. Fakt ten wskazuje na odzwierciedlenie zmian gęstościowych i strukturalnych P2 w anomaliiach. W przedziale głębokościowym związanym z utworami P2 układ anomalii

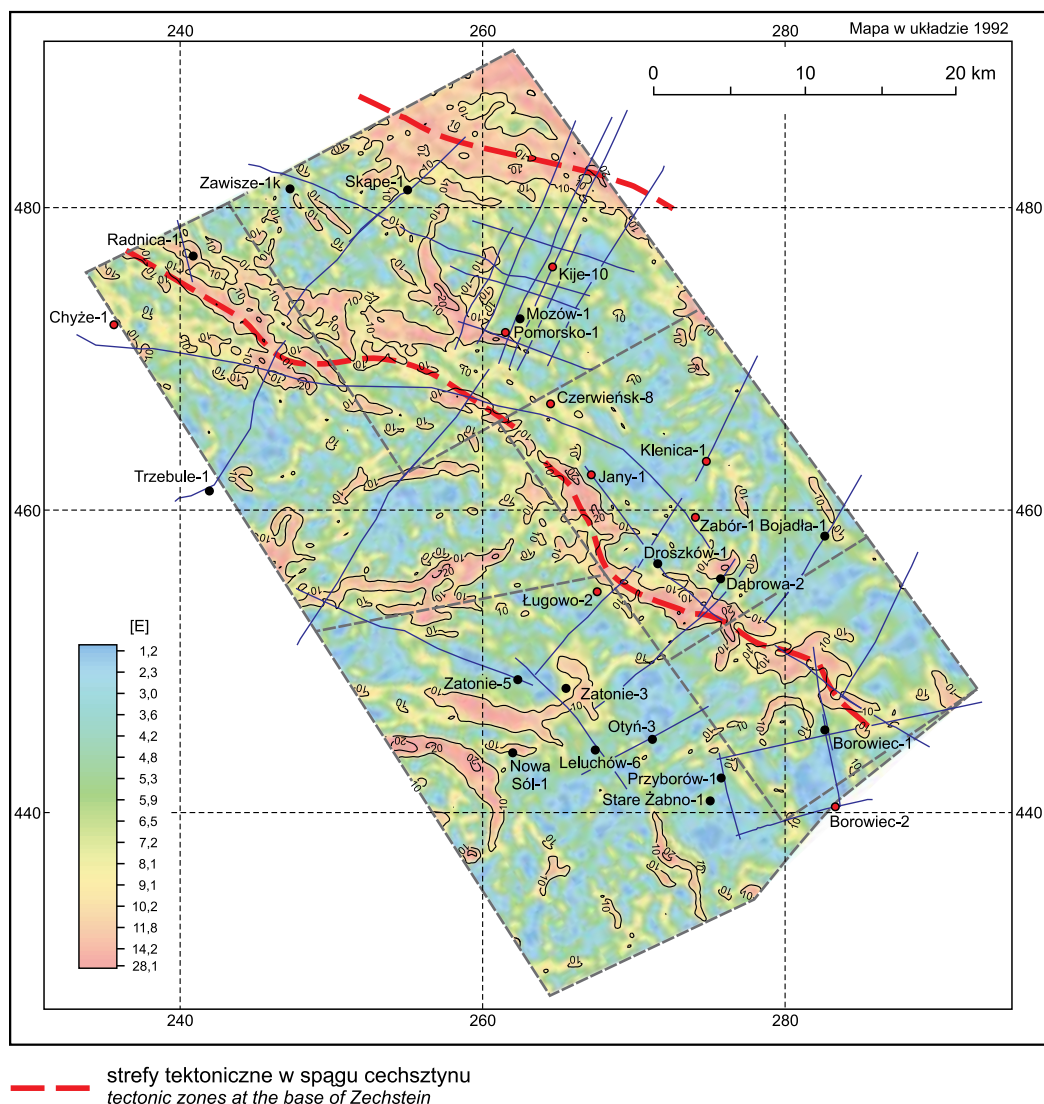


Fig. 6. Mapa grawimetryczna. Gradient poziomy wg Rosenbacha

Gravity map. Horizontal gradient after Rosenbach

wydarze się odwzorowywać zmiany miąższościowe związane z utworami soli i anhydrytów, a strefy gradientowe – tektonikę utworów cechsztyńskich i ich bezpośredniego podłoża. Obraz grawimetryczny w obrębie podłoża P2 jest bardziej uporządkowany, wyraźnie zaznaczone są obszary występowania dodatnich i ujemnych anomalii rezydualnych. Część anomalii wyznaczonych w interwale głębokościowym 1600–2800 m znajduje swoje odwzorowanie w głębszym przedziale głębokości. Zmiany widoczne w konturach anomalii wynikają z uogólnienia obrazu anomalii na skutek zwiększania się parametru głębokości.

W najgłębszym przedziale głębokościowym na obrazie grawimetrycznym kontury anomalii rezydualnych są większe (fig. 12), co pozwala wnioskować o pewnej konsekwencji ich położenia w stosunku do anomalii Bouguera. Dominujące anomalie są zlokalizowane w obrębie dodatniej anomalii

Bouguera znajdującej się we E i w N części analizowanego obszaru. Widoczne są dwie dodatnie anomalie na bloku Zatonie, w strefie słabego wyżu grawimetrycznego na mapie anomalii Bouguera, stanowiące prawdopodobnie odzwierciedlenie zmian litologicznych w podłożu paleozoicznym. Zwraca też uwagę fakt, że wraz ze zwiększeniem głębokości penetracji zanika anomalia ujemna widoczna we E narożu obszaru Zatonie w przedziale głębokościowym P2.

Szczególnie interesująco przedstawiają się dominujące na mapie gradientu poziomego według Rosenbacha (fig. 6) strefy anomalne o kierunku NW-SE. Wyróżniają się tu dwie strefy, prawdopodobnie o charakterze tektonicznym. Szeroka strefa gradientowa widoczna w najbardziej N narożu obszaru Mozów 1 może być wiązana z S uskokiem ograniczającym wyniesienie wolsztyńskie. Druga, w przybliżeniu równoległa do niej strefa gradientowa o kierunku NW-SE

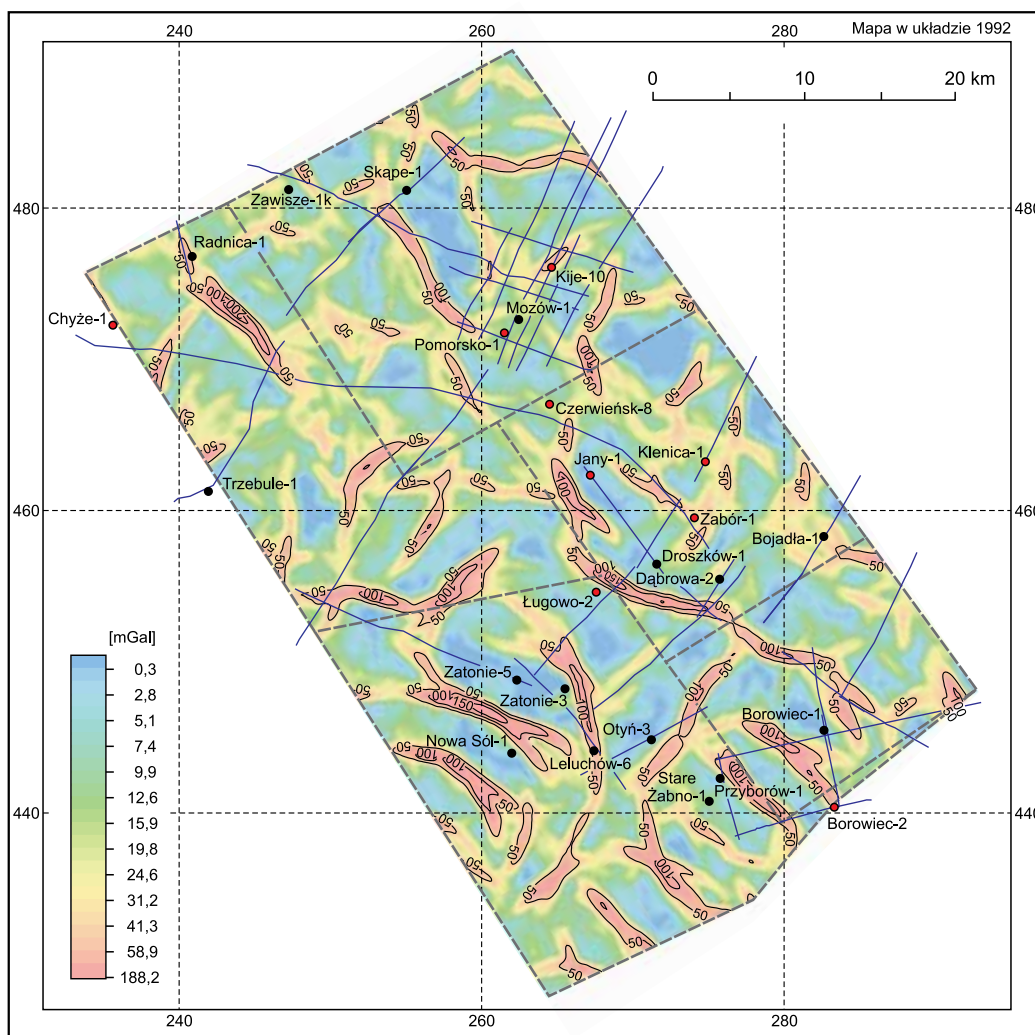


Fig. 7. Mapa gęstości grawimetrycznych elementów liniowych w interwale głębokości 1600–2800 m

Map of gravimetric densities of linear elements in a depth interval of 1600–2800 m

bieganie od W naroża bloku Mozów 2 przez bloki Mozów 1, Jany do E naroża obszaru Nowa Sól. Ten stosunkowo wąski pas gradientów, towarzyszący S składowi wyniesienia wolsztyńskiego, w rejonie kontaktu bloków Jany i Mozów (okolice struktury Czerwieńska) ulega parokilometrowemu przesunięciu.

Transformacje obrazu grawimetrycznego, umożliwiające wydzielenie stref o podwyższonych gradientach, odwzorowują elementy tektoniczne wyróżniające się w poszczególnych kompleksach geologicznych. Są to obiekty typu uskoku, bloków lub antyklin, a niekiedy także miększych stref facjalnych, występujące w określonych przedziałach głębokościowych. Graficzną formę przedstawienia wyników stanowią mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych, opracowane na podstawie informacji zebranych w postaci osi maksymalnego gradientu poziomego oraz linii pionowych granic gęstości, z wyróżnieniem trzech interwałów głębokościowych, odpowiadających kompleksom gęstości-

wym utworów triasu, cechsztynu i podłoża. Przedstawienie powierzchni na obrazie gęstości grawimetrycznych elementów liniowych w postaci obwiedni pól wartości izolinii jest korzystne wizualnie dla zobrazowania informacji o tektonice. Silniej wyrażone obszary gradientowe należą do stref tektonicznych obejmujących większy interwał głębokościowy. W przypadku wyklinowań i zmian litologiczno-facjalnych są to okonturowania zarysowane mniej wyraźnie.

Mapa wykonana dla interwału głębokościowego 1600–2800 m (fig. 7), wiążanego z utworami P2, przedstawia przebieg stref grawimetrycznych oraz związanych z nimi kierunków tektonicznych. Dość nieregularny układ stref zmian gęstości grawimetrycznych elementów liniowych nie podkreśla wyraźnie dominujących regionalnych kierunków tektonicznych, lecz wskazuje na liczne poziome i pionowe zmiany w cechsztynie i w jego bezpośrednim sąsiedztwie. Wiąże się to ze zmiennymi gradientami wyznaczonych anomalii grawimetrycznych, dużym zróżnicowaniem kierunków

anomali rezydualnych oraz ich nieregularnym rozmieszczeniem, co wyraźnie zaznacza się w obrębie bloku Mozów 2. Niemniej można zaobserwować biegnącą w poprzek całego obszaru, od W krańca bloku Mozów 2 do E krańca bloku Nowej Soli, strefę prawdopodobnie uskoków o złożonym kształcie i zmieniających się kierunkach, obejmującą utwory P2 i jego bezpośrednie podłoże. Wyznaczona na krótkim odcinku obszaru strefa w najbardziej N części bloku Mozów 1 ma podobny charakter.

Przedział głębokościowy 2500–4000 m ilustrują osie maksymalnego zagęszczenia grawimetrycznych elementów liniowych w podłożu P2 (fig. 12), związane z nieciągłościami tektoniczno-litologicznymi, z wyróżnieniem większego lub mniejszego zagęszczenia. Jeśli chodzi o układ i kierunki występowania, przedstawiony obraz odzwierciedla większość elementów śledzonych na mapie dla interwału P2, co potwierdza związek stref tektonicznych z obydwu przedziałów głębokościowych i sugeruje ich głębokie założenia. W sposób charakterystyczny zaznaczają się dwie w/w regionalne strefy tektoniczne związane z S zbozkiem wyniesienia wolsztyńskiego, tzn. na N skraju rejonu na bloku Mozów 1 oraz wzdłuż linii łączącej W i E kraniec obszaru. Potwierdza się też istnienie stosunkowo bezładnej grupy stref, związanej mniej z tektoniką, a bardziej ze zmianami facjalnymi, w części S analizowanego obszaru, zlokalizowanej głównie na obszarze bloku Zatonie. Krótki odcinek N strefy nieciągłości nie pozwala na przedstawienie jej charakterystyki, natomiast skomplikowany przebieg drugiej strefy świadczy o jej złożonym charakterze. Wyznaczona strefa prawdopodobnie jest związana z silnie zdyslokowanym rejonem roz-

ległej strefy tektonicznej środkowej Odry, której całkowity przebieg nie jest dostatecznie znany. Linia ta zapewne ma przebieg bardzo skomplikowany, związany z przemieszczeniami tektonicznymi; jest to kwestia przesunięcia/złamania głównych osi tektonicznych. Obraz anomali związanych ze strefami gradientowymi, szczególnie w rejonie bloków Mozów 1, 2 i Jany, wskazuje na możliwość występowania dwóch krzyżujących się kierunków tektonicznych (NW-SE i NE-SW), tworzących w miejscu przecięcia tzw. węzły tektoniczne, oraz słabiej zarysowanego kierunku zbliżonego do południkowego. Najsilniej odwzorowany kontakt grawimetryczny NS układa się wzdłuż linii Sulechów–Czerwieńsk–Ługowo–Zatonie–Otyń–Kozuchów, z lokalną przerwą w rejonie Ługowa (fig. 7, 12). Obszar Czerwieńska jest jednocześnie miejscem, w którym spotykają się linie gradientowe o różnym kierunku przebiegu – w/w południkowa i wcześniej wskazana okalająca wyż grawimetryczny od SW, zakłócona w rejonie przecięcia. Druga regionalna strefa nieciągłości, przebiegająca w przybliżeniu w sąsiedztwie profili T0800478 (Mozów 2) i T0630782 (Jany), prawdopodobnie rozgranicza dwa rejony o różnej budowie geologicznej. W NE części można zaobserwować strefy o kierunku zbliżonym do S. W części SW rozmieszczone nieregularnie strefy gradientowe tworzą siatkę zróżnicowanych, wzajemnie przecinających się kierunków, co wskazuje na dużą zmienność ośrodka. Dotyczy to szczególnie obszaru Zatonie, położonego z dala od S zbozka wyniesienia wolsztyńskiego. Kontakty grawimetryczne pokrywające się z nieciągłościami sejsmicznymi oddzielają poszczególne bloki i wskazują na ich pewną odrębność.

PODSTAWY METODYCZNE OPRACOWANIA I INTERPRETACJI SEKCJI EFEKTYWNYCH WSPÓLCZYNNIKÓW ODBICIA (EWO)

Dotychczas metodę efektywnych współczynników odbicia stosowano z pozytywnym rezultatem zarówno w przypadku zagadnień związanych z poszukiwaniem złóż Cu-Ag (Speczik i in., 2011), jak i do rozwiązania innych zadań geologicznych, mających na celu bardziej precyzyjne wyznaczenie warstw geologicznych określonych na podstawie sejsmicznych badań refleksyjnych. Przykłady wykorzystania tej metody opisali np. Dziewińska i Józwiak (2000), którzy wykorzystali ją do śledzenia zmian litologicznych w utworach karbonu lubelskiego, a także Dziewińska i in. (2011) oraz Dziewińska i Petecki (2004), którzy użyli jej do precyzyjnego rozpozniowania utworów P2 w utworach NW obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. W pracy Dziewińskiej i in. (2011) dotyczącej rejonu struktury Wilkowa (monoklina przedsudecka), wytypowanej do potencjalnego składowania CO₂ w eksploatowanych złożach gazu ziemnego w P1, zwrócono szczególną uwagę na piaskowcowe poziomy zbiornikowe i przewodnie horyzonty uszczelniające. Realizację podobnego zadania opisano w publikacji dotyczącej utworów jurajsko-triasowych struktury Choszczna (Dziewińska, Tarkowski, 2012). Podstawę do obliczeń efektywnych współczynników odbicia stanowią dane w po-

staci zbiorów czasowych zapisów sejsmicznych w układzie SEG-Y, najlepiej z rzeczywistymi wielkościami amplitud (RAP). Obliczenie efektywnych współczynników odbicia umożliwia przekształcenie falowego obrazu sejsmicznego w ciąg współczynników odbicia, przedstawiających kolejne warstwy budujące badany ośrodek geologiczny. Wykorzystuje się w tym celu jedną z najważniejszych cech zapisu sejsmicznego, amplitudę, której wielkość przyjmuje się za proporcjonalną do współczynnika odbicia dla określonej granicy geologicznej. W przetworzeniu zbiorów sejsmicznych oraz w ich interpretacji są stosowane dwa podstawowe systemy: EWO i REFL COEF. Pierwszy program umożliwia wyliczenie impulsu elementarnego i przekształcenie falowych sekcji sejsmicznych w postać współczynników odbicia, drugi służy do interpretacji, m.in. stref tektonicznych, i wizualizacji sekcji współczynników odbicia. Zastosowanie tej metody umożliwia wydzielenie granic odbijających, których wzajemna odległość jest większa od ¼ okresu sygnału elementarnego, a więc pozwala na znacznie bardziej szczegółowe odwzorowanie przekroju geologicznego niż na amplitudowej sekcji sejsmicznej z równoczesną charakterystyką układu geometrycznego i fizycznego budujących

go warstw. Znak współczynnika odbicia pozwala identyfikować określone serie litologiczne wzdłuż profilu sejsmicznego. Metoda jest szczególnie przydatna do rozpoznawania warstw o małej miąższości, wyznaczania drobnych dyslokacji oraz śledzenia wzdłuż profilu sejsmicznego zmian w wykształceniu litologicznym danej warstwy. Bardzo istotnymi elementami interpretacji geologicznej są dla tych zagadnień wyniki geofizyki wiertniczej wykorzystane do korelacji danych karotażowych i sejsmicznych (Pepel, Umiński, 1995).

Zbiory parametrów fizycznych skał w zależności od głębokości (fig. 2) stanowią podstawę dowiązania obrazu sejsmicznego do profilu geologicznego otworu. Obliczone na podstawie wyznaczonych wartości prędkości i gęstości współczynniki odbicia zestawione z profilem litologicznym otworów i z wybranym odcinkiem sekcji współczynników odbicia pozwalają na dowiązanie efektywnych współczynników odbicia do profilu litologicznego otworu (fig. 8). Wyznaczenie syntetycznych współczynników odbicia powiązanych z parametrami skał profilu litologicznego otworów umożliwia z kolei dowiązanie korelowanych granic na sekcjach do poszczególnych utworów wyróżniających się parametrami fizycznymi. Uwagę zwraca wysokopiętrowy kompleks utworów cechsztynu zalegający bezpośrednio nad stropem czerwonego spągowca. W jego spągowej części zwykle występują parometryczne serie okruszczone, w których parametry fizyczne skał niewiele odbiegają od wartości określonych dla całego kompleksu. Przyjęto związek ewentualnych zmian współczynników zarejestrowanych nad granicą odbijającą Z_1' z postawionym zadaniem geologicznym.

ANALIZA I INTERPRETACJA STRUKTURALNO-LITOLOGICZNA WYNIKÓW SEJSMICZNYCH

Trzy charakterystyczne grupy współczynników odbicia widoczne na sekcjach współczynników odbicia są związane z utworami triasu, cechsztynu i podłoża (fig. 9A i B, 13–16), podobnie jak w zapisie falowym. Sekcje w wersji efektywnych współczynników odbicia obrazują granice utworów śródcechsztyńskich i podkreślają zmienny rozkład miąższości poszczególnych jednostek litostratygraficznych, w tym kolejnych cyklotemów w przedziale obejmującym utwory P2, oraz lokalną tektonikę w postaci uskoków i linii nieciągłości litologicznych.

Połączenie informacji uzyskanych z otworów wiertniczych przewiercających utwory P2 z obrazem sejsmicznym pozwala na wyciągnięcie wniosków o relacjach miąższościowych i budowie poszczególnych pięter cechsztynu, której charakter oddają kolejne granice: Z_4 , Z_3 , Z_2 , Z_1N , Z_1 , Z_1' (fig. 9A). Jeśli uwzględnić granice kontrastów prędkościowych, horyzonty T_{p2} , Z_4 , Z_1N i Z_1' odzwierciedlają się wzdłuż ujemnych współczynników odbicia, natomiast pozostałe wzdłuż dodatnich. Rejestrowana grupa granic Z_3 , Z_2 , Z_1N i Z_1 o bardzo zróżnicowanej morfologii odzwierciedla głównie zmiany miąższości utworów solnych, a przede wszystkim soli najstarszej, tworzącej w części rejonu prac szereg poduszek solnych. Obserwowane w wielu miej-

scach zmiany miąższościowe kompleksów Z_3 – Z_2 i Z_2 – Z_1' są związane ze zmianami miąższości soli starszej Stassfurtu oraz soli i anhydrytu Werry. Zróżnicowane wartości współczynników odbicia wzdłuż profili świadczą o zmieniających się twardościach akustycznych, głównie soli i anhydrytów. Brak poszczególnych poziomów solnych, na których granicy z anhydrytami powstają odbicia śródcechsztyńskie, lub redukcja ich miąższości powodują ograniczenie warunków fizycznych do generacji tych odbić.

Kontakt utworów P2 z P1, jako utworów mających podstawowe znaczenie w poszukiwaniach horyzontów miedziowych, stanowi główny przedmiot procesu interpretacji sekcji efektywnych współczynników odbicia. Obejmuje ona wyróżnienie stref zmian litologicznych, warstw o charakterystycznych wartościach współczynników oraz uskoków o małej amplitudzie, a także określenie zasięgu poszczególnych warstw ograniczonych zmianami tektonicznymi lub litologicznymi. Miejsca o interesującym, anomalnym zapisie, wskazujące na zmiany w wykształceniu facjalno-litologicznym, zwykle są zauważalne jako zmiany w wykształceniu efektywnych współczynników odbicia ponad korelowaną granicę, związaną z kontaktem utworów P2 i P1. Często różniące się wartościami współczynników są przesunięte w czasie

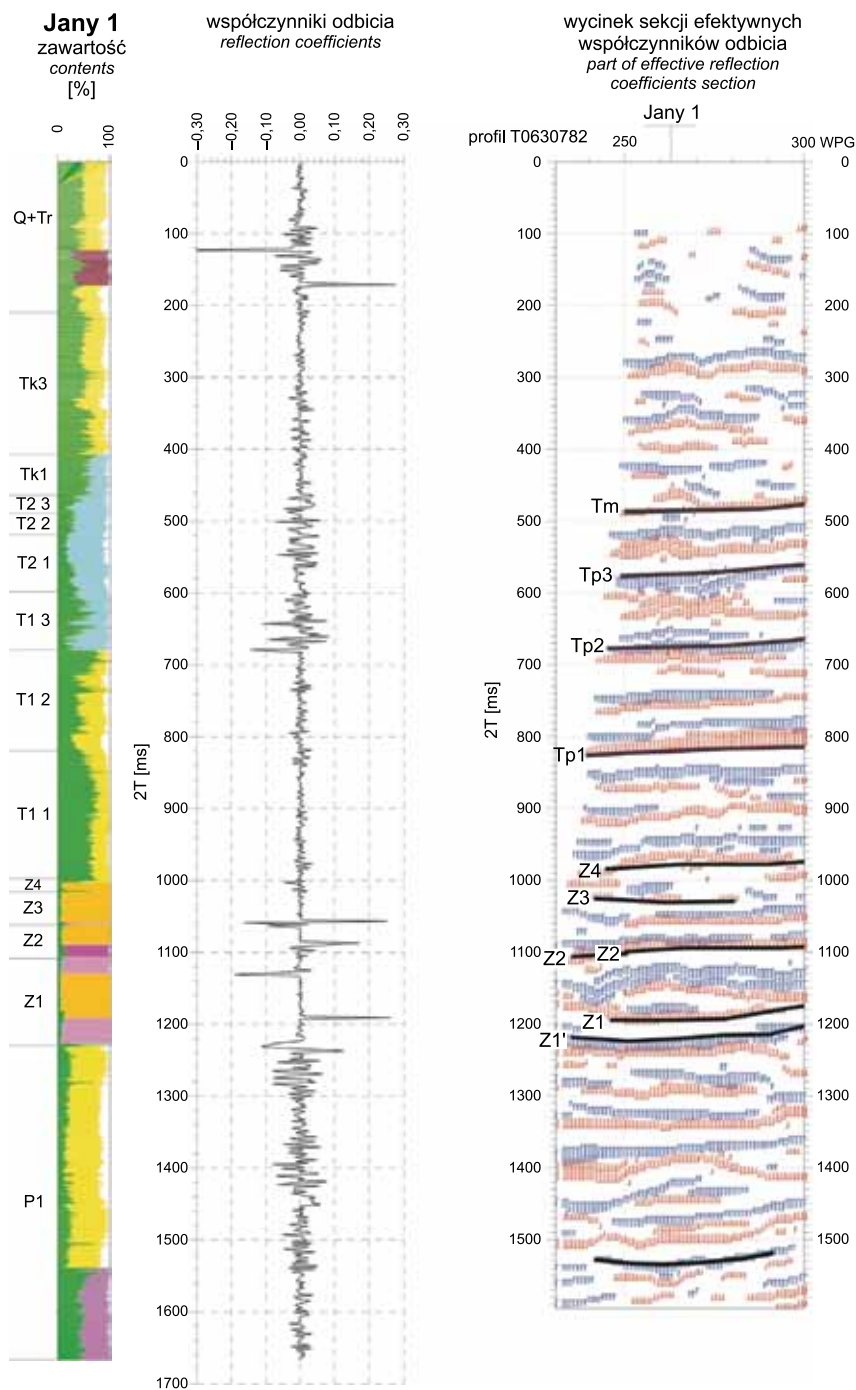


Fig. 8. Dowiązanie sekcji efektywnych współczynników odbicia profilu T0630782 do profilu litologicznego otworu Jany 1

Relative effective reflection coefficients from the T0630782 profile tied to the lithological section of the Jany 1 borehole

względem siebie. Te wyróżniające się wartości dodatnich współczynników, względnie niższe od wartości w warstwach otaczających, na niedużych odcinkach profili zamykają się zwykle wyklinowaniem lub uskokami o małej amplitudzie. Impulsowa postać zapisu sejsmicznego informuje o niejednorodnej budowie (przewarstwienia, różnorodne wkładki, wtrącenia litologiczne) warstw o miąższościach rzędu kilku-

nastu metrów. Pozwala to na wskazanie zaburzonych miejsc występowania potencjalnych stref okruszcowania, szczególnie o zwiększonej miąższości w stosunku do przyjmowanej, średnio kilkumetrowej. Korelacja tych stref z wynikami badań złożowych w otworach (fig. 13) potwierdza słuszność przyjętych założeń metodyczno-merytorycznych i wskazuje na celowość włączenia metody efektywnych współczynni-

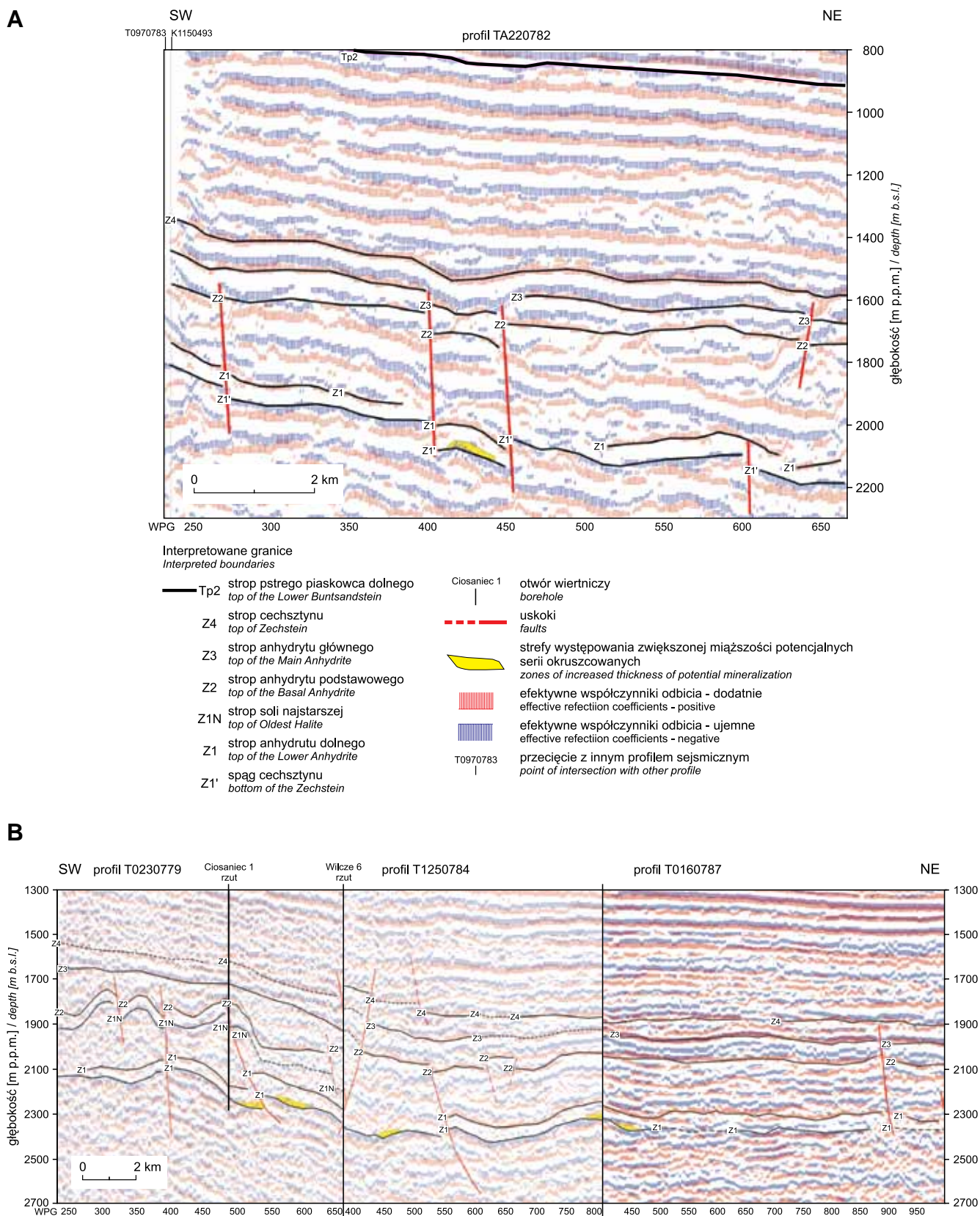


Fig. 9. Przekroje głębokościowe efektywnych współczynników odbicia w utworach cechsztynu. A – profil TA22782; B – profile T0230779, T1250784 i T0160787

Depth converted seismic reflection coefficient sections in the Zechstein deposits.
A – profile TA22782; B – profiles T0230779, T1250784 i T0160787

ków odbicia do programu badań poprzedzających planowane prace wiertnicze.

Przykłady wyinterpretowanych ciał potencjalnego okruszczenia z poszczególnych bloków przedstawiają odpowiednio: **figura 9A** – Nowa Sól, **figura 9B** – Wilcze, **figura 13** – Mozów 1, **figura 14** – Mozów 2, **figura 15** – Jany i **figura 16** – Zatonie. Często są to elementy zlokalizowane w strefach przyskokowych. Na bloku Nowa Sól jest to np. obiekt położony między dwiema liniami nieciągłości wyznaczającymi miejsce obniżenia przebiegu horyzontów cechsztyńskich. W środkowej części przekroju T0290784 uwagę zwraca ciągnący się na znacznej długości pakiet z przesunięciem międzywarstwowym (**fig. 13**), występujący w sąsiedztwie linii nieciągłości tektoniczno-litologicznych, oraz duża miąższość soli cyklotemu Werry w kulminacji struktury Kije. Na profilu T0660478 (**fig. 14**), na odcinku odpowiadającym blokowi Mozów 2, w przyspągowej warstwie nad granicą związaną z kontaktem utworów P2 i P1 ciąg kilku wyznaczonych stref występowania potencjalnych obiektów miedzionośnych jest przedzielony licznymi liniami nieciągłości tektonicznej i/lub litologicznej. Na podstawie transformacji na profilu T0800478 z bloku Jany (**fig. 15**) wyznaczono kilka obiektów miedzionośnych i odwzorowano szczegóły wykształcenia litologicznego. Obecność w rejonie otworów Zabór 1 i 2 wkładki anhydrytu środkowego między utworami soli najstarszych objawia się w interwale horyzontów sejsmicznych Z_2 – Z_1 zmianą obrazu EWO w stosunku do otoczenia.

Wyniki na poszczególnych przekrojach potwierdzają zapanowanie wszystkich granic permsko-mezozoicznych w kierunku

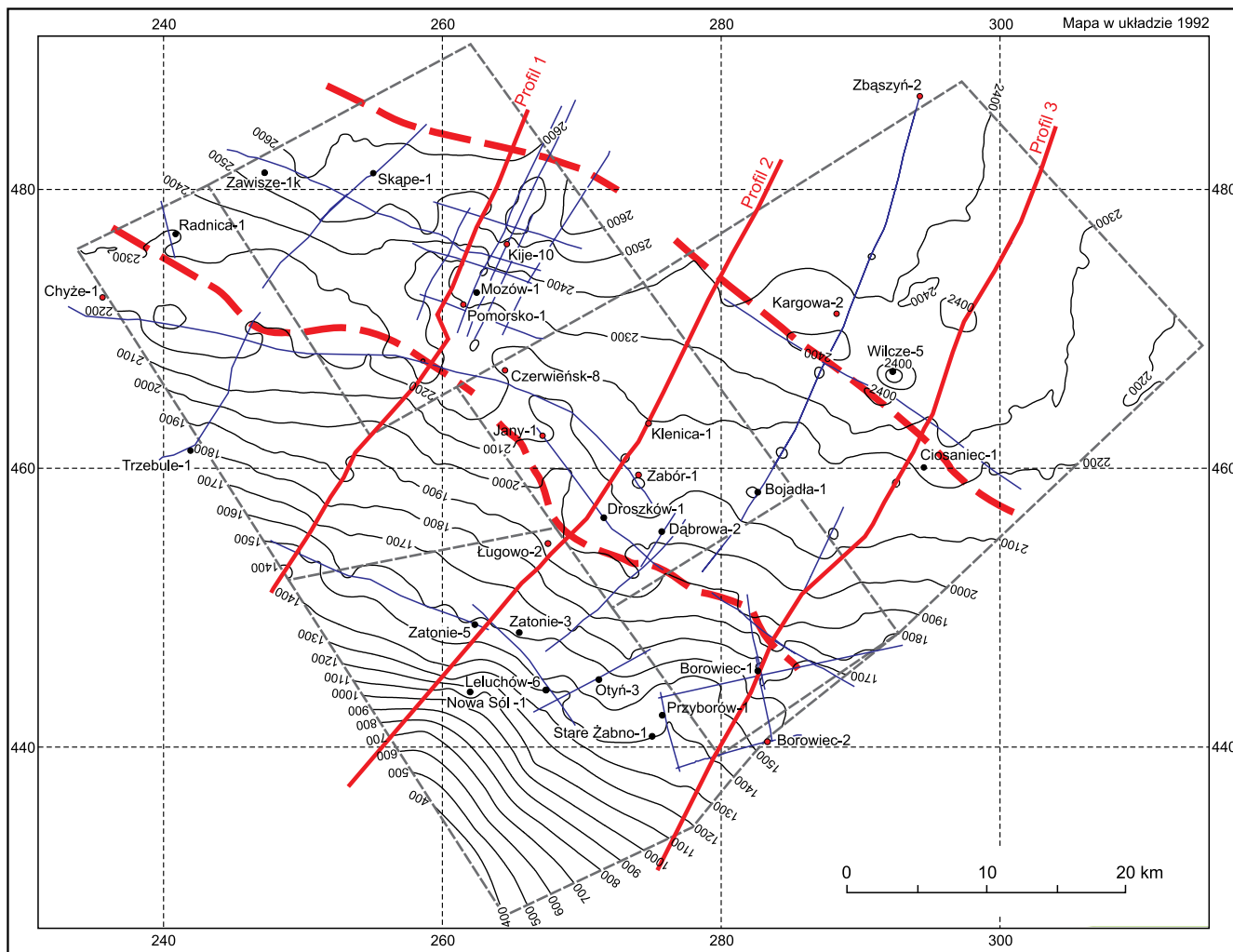
zbliżonym do N, komplikowane przez uskoki. Zaangażowanie tektoniczne obejmuje głównie utwory P2 i starsze. Większa ilość stref zaburzeń obrazu sejsmicznego w stosunku do interpretowanych na sekcjach falowych wynika z większych możliwości metody i wiąże się z ich różnorodnym charakterem. Część zakłóceń jest spowodowana istnieniem naruszeń tektonicznych, niektóre małymi zmianami miąższości i/lub litologii naruszającymi ciągłość poszczególnych pakietów. Wyznaczone uskoki o małej amplitudzie obejmują zwykle nieduże interwały przekroju głębokościowego – dolne odcinki P2, a także P1. Stosunkowo duża ilość dyslokacji odnotowanych w horyzoncie Z_1 jest związana ze zróżnicowaną morfologią utworów podcechsztyńskich i strefami rozluźnień tektonicznych w utworach starszych, co świadczy o ich głębszych założeniach. Uskoki regionalne rozpoczynające się w stropowych partiach czerwonego spągowca obejmują zazwyczaj utwory cechsztynu do granicy Z_2 lub Z_3 . Utwory cechsztynu stanowią kompleks o zmiennej, lecz dynamicznej charakterystyce odbić, zróżnicowanej morfologii granic odbijających, niekiedy z brakiem ciągłości korelowanych granic, oraz o bogatej siatce dyslokacji lub stref zmian facjalnych. Widoczna poniżej cechsztynu strefa wiązana z utworami czerwonego spągowca lub karbonu charakteryzuje się złożonym obrazem odbić, w którym poszczególne warstwy, odpowiadające prawdopodobnie wewnętrznym ilasto-mułowcowym przewarstwieniom, są korelowane zwykle na krótkich odcinkach profilu. Charakter i wielkość współczynników odbicia wskazuje na możliwość występowania tuż pod utworami P2 wkładek skał charakteryzujących się dużo większą prędkością w stosunku do piaskowców (np. anhydrytów).

MAPA ZALEGANIA SPĄGU CECHSZTYNU P2

Obok przekrojów sejsmicznych morfologię zalegania podłoża podcechsztyńskiego dokumentuje mapa granicy Z_1 , związanej z kontaktem utworów P2 i P1. Dokładność uzyskanych informacji jest adekwatna do stopnia zagęszczenia danych wyjściowych. Mapa, sporządzona na podstawie 484 km głębokościowych przekrojów sejsmicznych przetworzonych w wersji EWO i danych z ok. 100 otworów nawiercających strop P1, ale rozmieszczonych nierównomiernie, nie zapewnia jednolitego odwzorowania morfologii spągu P2 na całej powierzchni. Istnienie obszarów o niedostatecznych odległościach między poszczególnymi profilami EWO i między otworami stanowi zasadniczą przyczynę przedstawienia mapy na obecnym etapie interpretacji, w postaci układu izolinii bez uwzględnienia danych o tektonice. Wykorzystane do opracowania mapy programy GRID, POLACZ XYZ, GenMAPP, PlotView, a także oprogramowanie CoreDRAW X3 pozwalają na powiązanie interpolowanych punktów z przygotowanych zbiorów ze współrzędnymi płaskimi w układzie 92 i otrzymanie obrazu w postaci regularnej siatki. Przedstawia ona ogólne zapadanie granicy Z_1 w kierunku NE, od 360 do 2720 m, z dużym zróżnicowaniem głębokościowym utworów w poszczególnych blokach. Na

mapie zalegania podłoża P2 w układzie izolinii zaznacza się szereg drobnych elementów strukturalnych w postaci lokalnych podniesień i obniżień. Często formy te znajdują swoje potwierdzenie w postaci osi grawimetrycznych elementów liniowych, jako obramowanie lub przecięcie struktury uskoki (**fig. 13–16**). Zmienność przebiegu izolinii wskazuje na istnienie złożonego układu strukturalnego stropu podłoża P2. Cechą charakterystyczną jest kierunek NWW-SEE osi potencjalnych elementów obniżonych i wyniesionych. W obrazie mapy występują też informacje o zmianach strukturalnych, wskazujące na zbliżony do S kierunek tektoniczny sugerowanych stref nieciągłości oraz możliwość występowania szeregu krzyżujących się kierunków tektonicznych. Strefy tektoniczne, które w wyniku planowanej kompleksowej interpretacji danych sejsmicznych i grawimetrycznych zostaną wyznaczone w obrębie obserwowanych elementów strukturalnych, pozwolą potwierdzić blokowy charakter rejonów, zapowiadany układem izolinii podłoża P2.

Analizę zmian kąta nachylenia wynurzania się granicy sejsmicznej związanej z utworami przyspągowymi P2 ilustrują przykładowe wykresy morfologii stropu podłoża P2 (**fig. 11**), sporządzone dla trzech wytypowanych linii profilo-



- profile sejsmiczne opracowane w systemie efektywnych współczynników odbicia
seismic profiles developed in a system of effective reflection coefficients
- Profil 1** — profile z wykresami morfologii stropu podłoża P2
profiles with charts of the relief of the top of sub-Zechstein basement
- — strefy zmiany kąta nachylenia stropu podłoża P2
zones of change in the gradient of the top of sub-Zechstein basement
- 1100— izoliny zalegania spągu cechsztynu [m]
contour lines of the base of Zechstein [m]
- Kije-10 ● otwory z opracowanymi parametrami fizycznymi skał
boreholes with measured physical parameters of rocks
- Skape-1 ● inne otwory
other boreholes
- granice koncesji
concession area boundaries

Fig. 10. Mapa zalegania spągu cechsztynu

Map of the depth to the base of the Zechstein

wych: Profil 1, Profil 2, Profil 3 (fig. 1), o kierunku przebiegu SW-NE, zestawionych wzdłuż sekcji EWO, uzupełnionych danymi z mapy zalegania spągu cechsztynu (fig. 10). Wyniki w wersji EWO dla linii Profilu 3 przedstawiono na figurach 9A (profil TA220782) i 9B (profile T0230779, T1250784 i T0160787), a wzdłuż SW części linii Profilu 1 odpowiednio na figurze 14. Obszar NE bloku Wilcze to teren płaskiego albo prawie płaskiego zalegania spągu utworów P2, aż do

miejsca splotu w rejonie otworu Wilcze 6, z charakterystycznym zaburzeniem wynurzania podłoża P2 w okolicach wiercenia Ciosaniec 1 (fig. 9B). Następne miejsce zmiany nachylenia utworów P2 notuje już profil TA220782 na bloku Nowa Sól (fig. 9A). Dalszy przebieg linii odpowiada sytuacji tektonicznej charakteryzującej się prawie spokojnym, systematycznym wyplywaniem granicy Z₁' w kierunku SW. Odmienne zaleganie spągowej granicy cechsztyńskiej

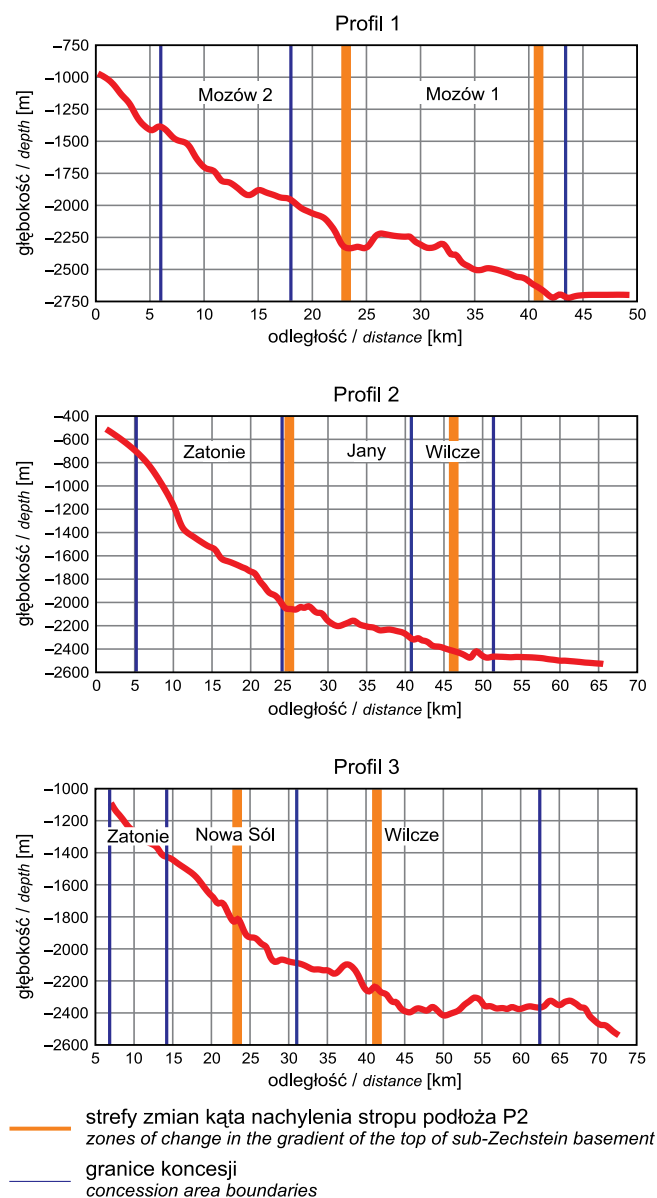


Fig. 11. Wykresy morfologii stropu podłoża cechsztynu

Charts of the relief of the top of the sub-Zechstein basement

ANALIZA PRZETWORZONYCH DANYCH GEOFIZYCZNYCH

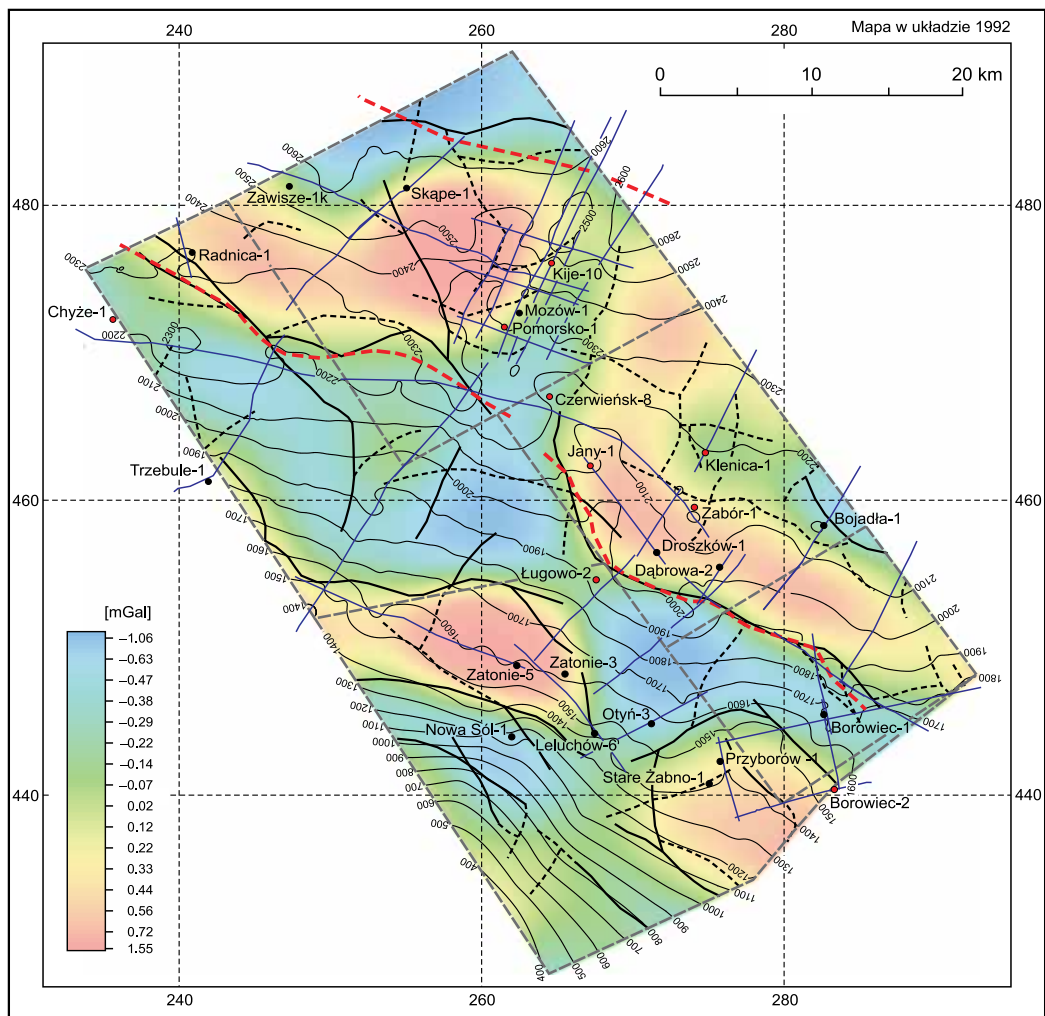
Wyniki przetwarzania danych grawimetrycznych na tle mapy zalegania spągu P2 (fig. 12) (wykonanej na podstawie przekrojów EWO i wybranych otworów nawiercających strop P1) stanowią podsumowanie i jednocześnie porównanie rezultatów obydwu metod geofizycznych. Na podstawie danych grawimetrycznych zobrazowano anomalie rezydualne wyznaczone w przedziale głębokościowym odpowiadającym utworom podcechsztyńskim oraz osie maksymalnego zagęszczenia grawimetrycznych elementów liniowych w podłożu P2. Mapa geofizyczna elementów strukturalnych podkreśla dużą zgodność danych sejsmicznych i grawimetrycznych dotyczących dwóch wyznaczonych stref tektonicznych. Obraz grawimetryczny uzupełnia mapę sejsmiczną, na której

jest widoczne w częściach SW linii Profilu 1 i Profilu 2. Na wykresach morfologii stropu podłoża P2 jest kilka miejsc zmian kąta nachylenia, świadczą one o możliwości kontynuacji systemu uskokuowego SW otoczenia wyniesienia wolsztyńskiego dalej w kierunku bloku przedsudeckiego (fig. 11). Potwierdza to wymagająca dalszych badań korelacja z obrazem grawimetrycznym anomalii rezydualnych i stref gradientowych (fig. 5, 7, 12).

Związki tektoniczne wyznacza też porównanie dwóch metod geofizycznych poprzez zestawienie fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych i sekcji głębokościowej EWO profilu T0660478 (fig. 14), stanowiącego S część linii Profilu 1. Układ charakteryzuje system uskokuw w postaci zapadających stopni, zrzucający poziomy cechsztyńskie ku NE. Dotyczy to szczególnie granicy Z_1' , odtwarzającej morfologię powierzchni podcechsztyńskiej. Uskoki wyznaczają linie zmiany kąta nachylenia w zapadaniu poziomów P2, z których dwa o najwyraźniejszych założeniach podpermskich ograniczają pakiet zwiększonej miąższości utworów solnych cyklotemu Werra.

Mapa zalegania spągu P2 opracowana na podstawie danych z wybranych otworów i profili sejsmicznych w wersji EWO (fig. 10) wyznacza w omawianym obszarze dwie charakterystyczne, prawie równoległe linie, wzdłuż których następuje zmiana kąta nachylenia wynurzenia P2 na SW. Północno-wschodnia linia oddzielająca obszar prawie poziomego zalegania spągu P2 od obszaru o większym nachyleniu może określać przebieg S strukturalnej granicy wyniesienia wolsztyńskiego, znajdującej się pod przykryciem osadów P1 (Kiersnowski i in., 2010). Druga, położona na SW, stanowi następny stopień załamania towarzyszący wynurzeniu się utworów podłoża cechsztynu w kierunku bloku przedsudeckiego. Znajomość morfologii podłoża P2 może znacznie poszerzyć w przyszłości możliwość analizy pól potencjalnych podczas ilościowej interpretacji profili i map grawimetrycznych. Mapa zalegania spągu P2 stanowi też materiał przydatny m.in. do realizacji zadań związanych z programem wiertniczym. Ocena zakładanej głębokości zalegania P2 jest ważną informacją przy wyborze optymalnej lokalizacji planowanych otworów geologicznych do poszukiwań złóż Cu-Ag.

zmiana układu izolacji może wskazywać na istnienie zmian w podłożu P2. Obie dyslokacje znajdują odbicie w obrazie grawimetrycznym. Dwie regionalne strefy tektoniczne wyznaczone na podstawie analizy zmian kąta nachylenia spągu P2 i potwierdzone danymi grawimetrycznymi są związane z S skrzydłem wyniesienia wolsztyńskiego (Kiersnowski i in., 2010). Strefa dyslokacyjna zlokalizowana na N krańcu bloku Mozów 1 wymaga dalszego uszczegółowienia na podstawie danych geofizycznych, m.in. poprzez opracowanie materiałów grawimetrycznych na obszarze bloku Wilcze. Na stopniowo wynurzającym się na SW podłożu P2 znajduje się obszar dodatknych anomalii rezydualnych, zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie wyniesienia wolsztyńskiego,



— osie maksymalnego zagęszczenia grawimetrycznych elementów liniowych w podłożu cechsztynu związane z nieciągłościami tektoniczno-litologicznymi
 axes of maximum density of gravimetric linear elements in the sub-Zechstein basement, related to tectonic-litologic discontinuities
 - - - regionalne strefy tektoniczne w podłożu cechsztynu
 regional tectonic zones in the sub-Zechstein basement

Fig. 12. Mapa geofizyczna elementów strukturalnych podłoża P2 na podstawie mapy sejsmicznej Z₁' i grawimetrycznych anomalii rezydualnych

Geophysical map of sub-Zechstein P2 structural elements, based on a seismic map Z₁' and residual gravity anomalies

na obszarze bloków Mozów 1, Jany i Nowa Sól. Od SW obszar ten ogranicza regionalna strefa nieciągłości, wyznaczona na podstawie danych grawimetrycznych i potwierdzona wynikami analizy układu izolacji na mapie sejsmicznej, biegnąca od NW naroża bloku Mozów 2 do SE krańca Nowej Soli. Strefa wyznaczająca zmiany w budowie litologicznej podłoża wskazuje na złożony układ strukturalny poniżej P2. Zmiana w obrazie grawimetrycznych anomalii rezydualnych sugeruje inną postać wykształcenia utworów podłoża.

W rejonie występowania anomalii poziom refrakcyjny o prędkości granicznej ok. 6000 m/s, związany z młodszym podłożem krystalicznym, jest wydzwignięty o ok. 1500 m w stosunku do otoczenia i znajduje się na głębokości ok. 3500 m (Oniszk, 1986). Z analizy danych wynika, że strop starszego

podłoża krystalicznego o prędkości ok. 6500 m/s występuje na głębokości ok. 7000 m i gwałtownie spada nawet poniżej 11 000 m (Wojas, 1986) poza obrębem anomalii. Wyniesione utwory krystaliczne prawdopodobnie mają wpływ na obserwowany tu wyż grawimetryczny. Informację o występowaniu źródła anomalii na znacznej głębokości (przekraczającej nawet 10 000 m) można znaleźć też w interpretacji geofizyczno-geologicznej (Młynarski, 1982) wyników badań wzdłuż profilu regionalnego Lubin-Prabuty, biegnącego w swej części SW w pobliżu terenu obecnych rozważań. Na bloku Zatonie zwracają uwagę dodatkowo anomalie grawimetryczne obramowane stosunkowo wyraźnymi strefami gradientowymi, prawdopodobnie o charakterze tektonicznym. Na mapie wykonanej na podstawie danych sejsmicznych rejonu tych anomalii

grawimetrycznych, położone w obszarach mniejszego zagęszczenia izolinii podłoża, wskazują na bardziej płaskie zaleganie spagu P2. Pomiedzy dodatnimi anomaliami w obszarze zróżnicowanej morfologii podłoża P2 jest widoczna strefa ujemnych anomalii grawimetrycznych. Pozostały obszar mapy, o małym zróżnicowaniu obrazu grawimetrycznego, to strefa monotonicznych zmian w stropie podłoża. Interesujące lokalne zmiany pola siły ciężkości ograniczające ujemną anomalię w centralnej części bloku Jany znajdują też potwierdzenie w układzie izolinii stropu podłoża P2.

Wyznaczona na obrazie grawimetrycznym strefa gradientowa ograniczająca od S wyżej grawimetryczny znajduje swoje potwierdzenie na mapie sejsmicznej (fig. 10), na której zmiana układu izolinii i wykresy morfologii stropu podłoża P2 (fig. 11) wskazują na obecność strefy tektonicznej o głębokich założeniach. Istnienie stref rozłamowych w tym rejonie potwierdza interpretacja przebiegającego w pobliżu fragmentu przekroju GB2 (Cwojdzński i in., 1995). Również przekrój geofizyczno-geologiczny pokrywy osadowej wzdłuż profilu Zgorzelec–Wiżajny (Dziewińska, 2007) na odcinku SW obrazuje silnie zaangażowane strefy tektoniczne na S skłonie wyniesienia wolsztyńskiego. Fale sejsmiczne odbite od powierzchni nieciągłości sugerują występowanie uskoku nachylonych pod różnymi, dużymi kątami.

Zestawienie danych uzyskanych za pomocą dwóch metod – przekroju sejsmicznego z elementami tektonicznymi mapy grawimetrycznej z zaznaczonymi obszarami gęstości grawimetrycznych elementów liniowych – dokumentuje możliwości odwzorowania uskoku i zmian miąższości P2 widocznych na sekcjach EWO w obrazie grawimetrycznym. Na linii przekroju sejsmicznego T0290784 (fig. 13) o kierunku NWW-SEE, w rejonie wiercenia Zawisze 1 rozpoczynającej swój bieg na W i dalej przebiegającej w kierunku SEE do otworu Kije 2, zarejestrowano w horyzontach cechsztyńskich odpowiednio na W podniesienie Zawiszy i na E strukturę Kije z towarzyszącymi małymi uskokami, korelującymi się ze strefami grawimetrycznymi maksymalnego zagęszczenia elementów liniowych dla P2. Duża miąższość soli cyklotemu Werry w kulminacji struktury Kije znajduje odzwierciedlenie w obrazie anomalii rezydualnych związanych z cechsztynem (fig. 5). Profil T0660478 (fig. 14), przebiegający w granicach bloku Mozów 2 i częściowo na bloku Mozów 1, charakteryzuje się bogatą siecią małych uskoku obejmujących cały interwał utworów P2. Wynikiem takiej tektoniki jest układanie się poszczególnych poziomów cechsztyńskich w postaci stopni zapadających w kierunku N. Brak bezpośredniego dowiązania przekroju do otworu wiertniczego jest dużym utrud-

nieniem w interpretacji głębszych założeń geologicznych śledzonych uskoku. Ze względu na płytsze zaleganie utworów P2 tylko rozmieszczenie uskoku głębszych koresponduje z zestawionym obrazem fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych, co dodatkowo potwierdza słuszność przyjętych założeń. Wyróżniająca się w części SW profilu strefa o zwiększonej miąższości utworów solnych Werra, ograniczona uskokami, pokrywa się z zarysem ujemnej anomalii rezydualnej (fig. 5) wyznaczonej w przedziale głębokościowym P2. Przekrój T0800478 (fig. 15) zlokalizowany częściowo na bloku Jany, dowiązany w części NW do głębokiego otworu Czerwieńsk 8 i na SE do wierceń Zabór 1 i 2, odzwierciedla (w NW części) budowę geologiczną w rejonie struktury Czerwieńska, w okolicach strefy uskoku. Głębokie założenia tektoniczne tej zaburzającej obraz sejsmiczny strefy potwierdza wyraźnie zarysowany element grawimetryczny w podłożu P2. Podniesienie Czerwieńska, charakteryzujące się stosunkowo dużą miąższością soli najstarszej cyklotemu Werry, znajduje się w obrębie ujemnej anomalii rezydualnej wyznaczonej na mapie grawimetrycznej w przedziale głębokościowym związanym z utworami P2 (fig. 5). Przestrzenna analiza wyników badań sejsmicznych wskazuje na występowanie systemu tektonicznego z główną dyslokacją przebiegającą od Czerwieńska w kierunku NW do rejonu Pomorska na obszar bloku Mozów 1, potwierdzonego obrazem grawimetrycznym. Podobny związek korelacyjny z liniowym elementem grawimetrycznym wykazuje uskoku położony w rejonie wiercenia Zabór 1. Profil T0770783 (fig. 16), o kierunku zbliżonym do NW-SE, zlokalizowany na bloku Zatonie i przebiegający na SE przez otwór Lelechów 6, a na NW w sąsiedztwie głębokich wierceń Zatonie 5 i 3, dokumentuje charakterystyczne zwiększenie miąższości P2 pomiędzy horyzontami Z_1 i Z_{1N} . Ta poduszka solna, występująca na skrzydle podwyższonym okonturowującej ją dyslokacji, koreluje się z obrazem grawimetrycznym w postaci ujemnej anomalii rezydualnej na mapie skonstruowanej dla umownego przedziału głębokościowego 1600–2800 m (fig. 5). Natomiast dyslokacja, przypuszczalnie o głębszych założeniach podpermskich, odzwierciedla się w sposób wyraźny na zestawionym z sekcją EWO fragmencie mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych.

Analiza danych sejsmicznych i grawimetrycznych wzdłuż wybranych profili sejsmicznych pod kątem korelacji stref tektonicznych i zmian miąższości P2 w obrazie sekcji EWO oraz fragmentu mapy grawimetrycznej z zaznaczonymi obszarami gęstości grawimetrycznych elementów liniowych potwierdza przedstawione koncepcje geologiczne.

PROGNOZOWANY ROZKŁAD MINERALIZACJI

Na podstawie analizy rozkładu wyznaczonych stref o zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczonych na tle mapy występowania prognostycznych złóż miedziowo-srebrnych w cechsztyńskiej serii miedzionośnej (Oszczepalski, Speczik, 2011a) można sformułować kilka sugestii dotyczących lokalizacji obszarów perspektywicznych.

Rejon rozpoznania wyznacza lokalizacja wybranych do przetworzenia w wersji EWO profili sejsmicznych. Dokładność określenia trendów i prawidłowości w prognozowanym rozkładzie mineralizacji jest adekwatna do ilości przetworzonych profili. Obszar prognostyczny zaznaczony w rejonie bloków Mozów 1, 2, Jany, Nowa Sól, Zatonie i Wilcze nie tylko został

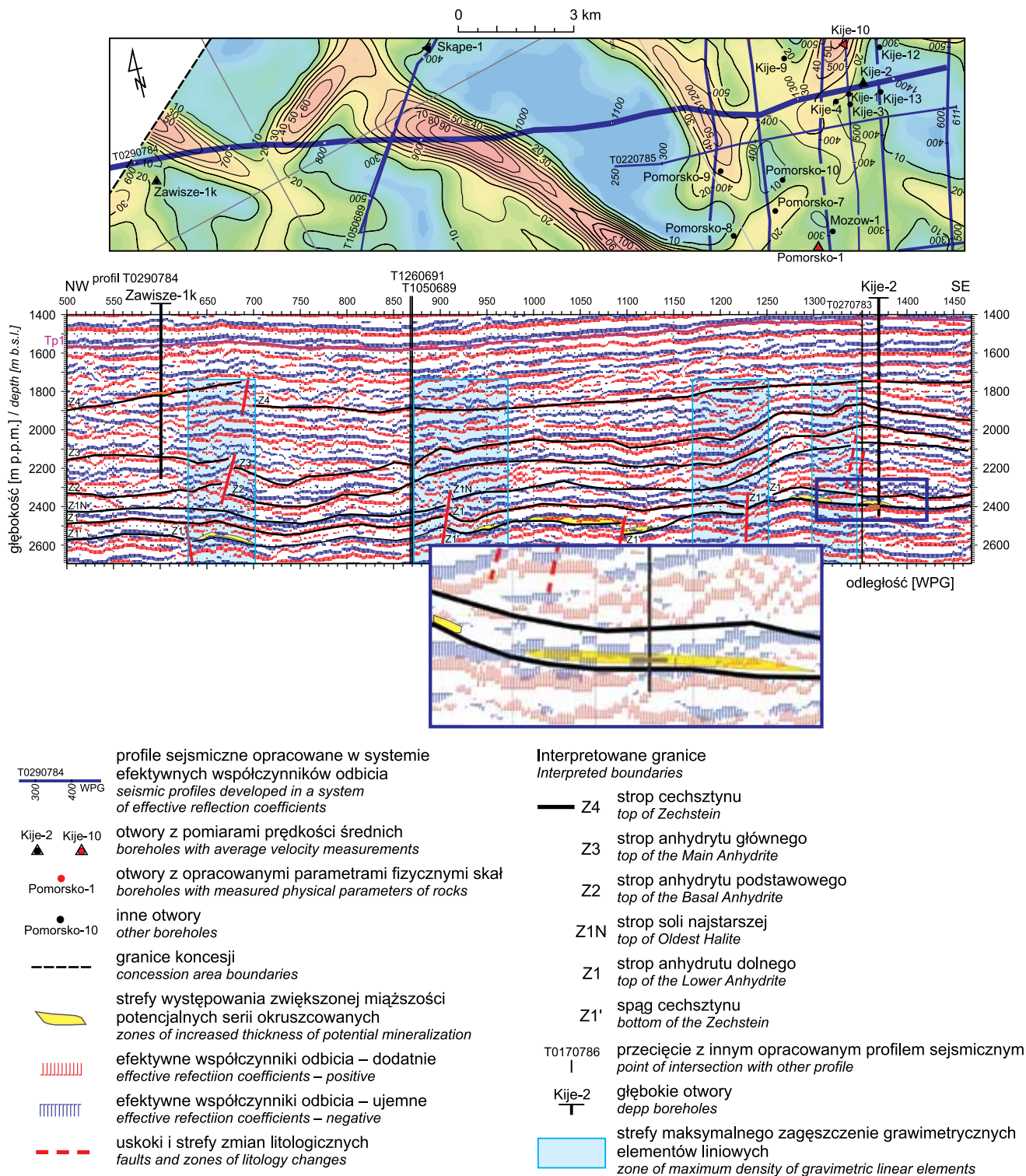


Fig. 13. Zestawienie fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych dla P2 i sekcji głębokościowej efektywnych współczynników odbicia dla profilu T0290784

Part of a map of gravimetric densities of linear elements for the P2 and a depth-converted seismic reflection coefficient section for profile T0290784

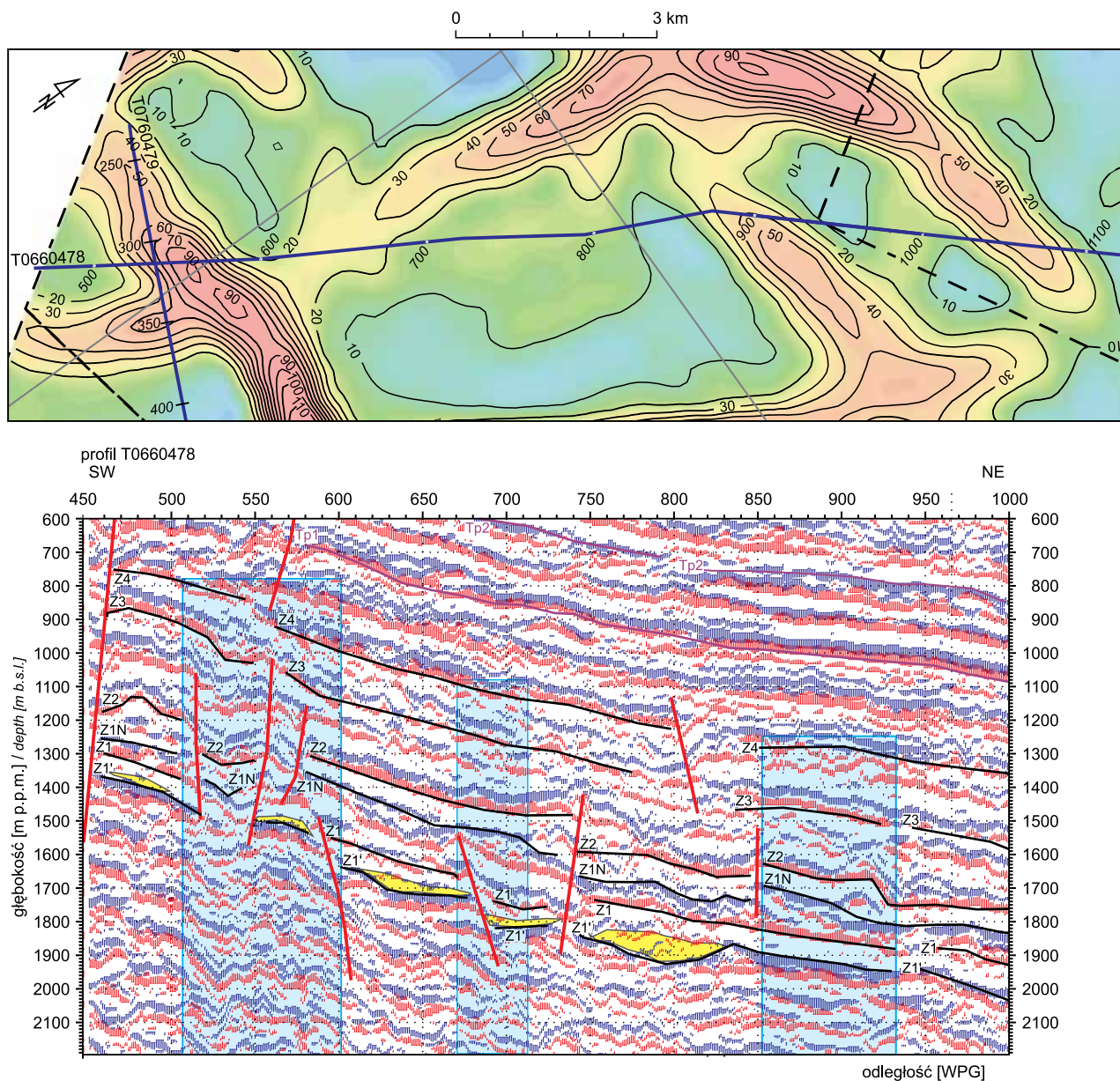


Fig. 14. Zestawienie fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych dla P2 i sekcji głębokościowej efektywnych współczynników odbicia dla profilu T0660478

Part of a map of gravimetric densities of linear elements for the P2 and a depth-converted seismic reflection coefficient section for profile T0660478

potwierdzony na przekrojach, ale jego granice mogą być też przesunięte we wskazanych poniżej kierunkach, powiększając powierzchnię tej strefy (fig. 17). Strefa rozprzestrzenienia ciała rudnego ujawnionego na obszarze Mozów 1 otworami Mozów 1, Kije 9 i 10 prawdopodobnie przedłuża się w kierunku E, w stronę bloku Wilcze, gdzie ujawniono kolejne ciało kruszcowe w głębokim otworze wiertniczym Wilcze 5. Można sądzić, że strefa mineralizacji miedziowej wyznaczona na bloku Mozów 1 znajduje kontynuację w kierunku SW, na co najmniej NE część bloku Mozów 2. Podstawą tego wniosku są tylko dane uzyskane z przekrojów sejsmicznych, gdyż na obszarze Mozów 2 nie zbadano dotychczas żadnego profi-

lu cechsztyńskiej serii miedziowości. Interpretacja wykazała również duże prawdopodobieństwo ciągłości mineralizacji z rejonu Kije w stronę NWW oraz między obszarami otworów Pomorsko i sąsiedniego bloku Jany, gdzie stwierdzono okruszcowanie w otworze Jany 1. W świetle otrzymanych wyników istnieje duża szansa, że mineralizacja ujawniona w otworze Jany 1 ciągnie się zarówno w kierunku NW, w stronę obszaru Mozów 1, jak i w kierunku W, w stronę obszaru Mozów 2. Prawdopodobnie NE część bloku Jany jest mniej interesująca pod względem występowania stref perspektywicznych dla złóż miedzi, ale jest to wniosek poparty danymi z zaledwie jednego przekroju.

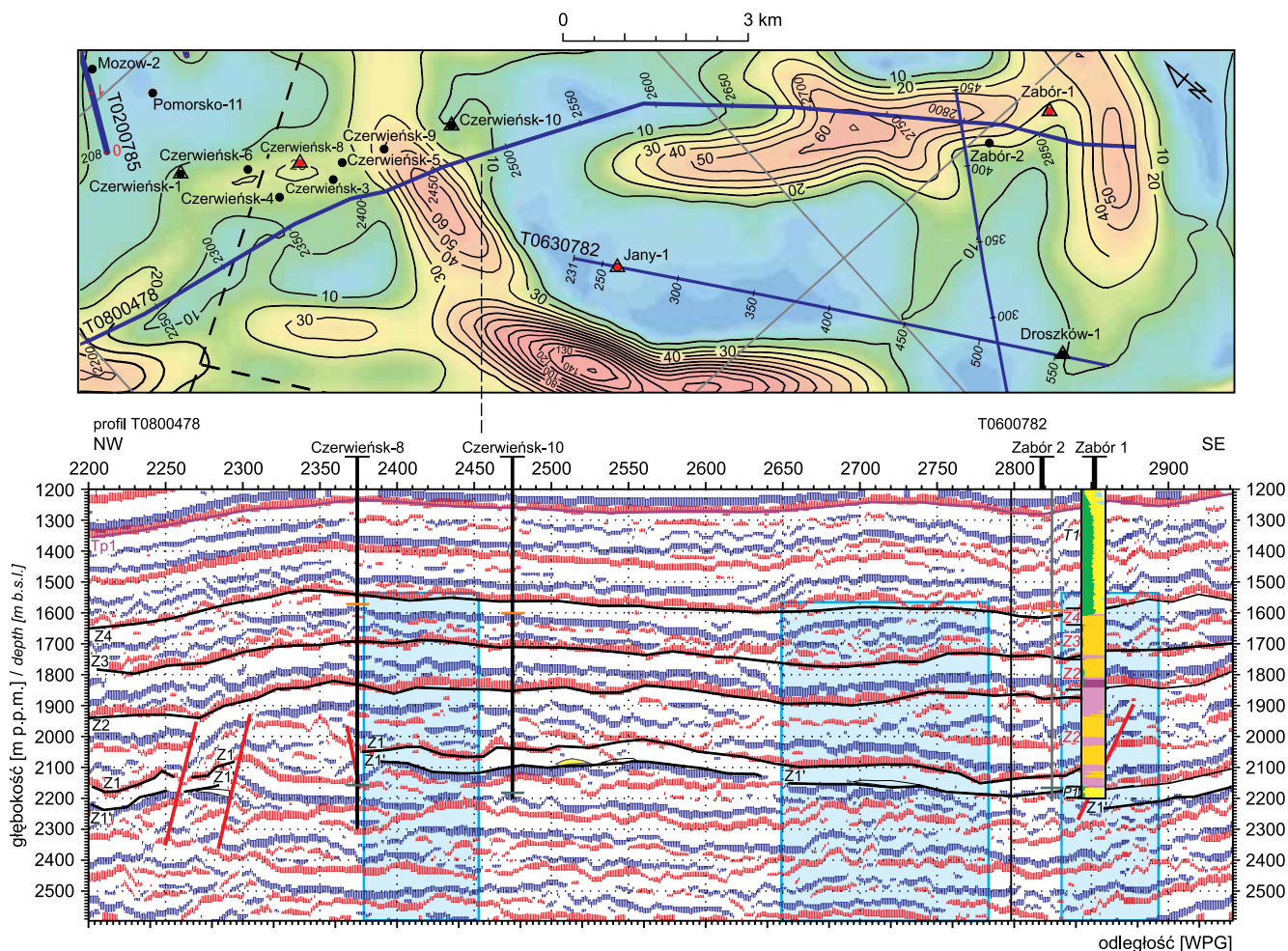


Fig. 15. Zestawienie fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych dla P2 i sekcji głębokościowej efektywnych współczynników odbicia dla profilu T0800478

Part of a map of gravimetric densities of linear elements for the P2 and a depth-converted seismic reflection coefficient section for profile T0800478

Rozpoznanie sejsmiczne obszarów Jany, Nowa Sól i Zatonie potwierdza tezę o przebiegu dolnocechsztyńskich ciał złożowych miedzi w formie dość szerokiego pasa (5–10 km), biegnącego wzdłuż E zasięgu zielonogórskiego obszaru utlenionego po W stronie granicy redoks i prawdopodobnie jeszcze dalej w kierunku SE, poprzez rejon Zatonia, do złoża Bytom Odrzański. Brak dostatecznej ilości zbadanych otworów nie pozwala na precyzyjne określenie granicy redoks i trendu rozprzestrzenienia się okruszcowania znanego ze złoża Bytom Odrzański i obszaru perspektywicznego Kożuchowa. Można przypuszczać, że mineralizacja miedziowa stwierdzona w otworze Jany 1 oraz na obszarze złoża Bytom Odrzański rozprzestrzenia się na bloki Nowa Sól i Zatonie. Przeprowadzona analiza wybranych profili sejsmicznych w wersji efektywnych współczynników odbicia w obszarze pasa bezpośrednio przylegającego do W granicy bloku Jany (rejon otworów Ługowo 1 i Sucha) oraz do SW i S granicy obszaru Nowa Sól (rejon otworów Lelechów, Przyborów, Stare Żabno,

Otyń, Borowiec) pozwala na bardziej wiarygodną interpretację wyników spodziewanego rozprzestrzenienia ciała kruszcowego w stosunku do przebiegu granicy redoks. Jeśli uwzględnić zbadane profile, w tym również na obszarach sąsiednich, można uznać, że prawidłowości występowania dolnocechsztyńskich ciał złożowych sugerują, że do najbardziej interesujących rejonów Zatonia należy część obszaru położona między blokiem koncesyjnym Nowa Sól (na S od niego) a złożem Bytom Odrzański. Należy sądzić, że drugi spodziewany obszar koncentracji miedzi przecina w kierunku NW-SE trójkątny fragment obszaru Zatonie (na E od bloku Nowa Sól) wzdłuż E zasięgu zielonogórskiego obszaru utlenionego. Realizacja projektu prac reprocessingowych na profilach sejsmicznych zlokalizowanych na E i SE od bloku Zatonie – w tym w rejonie Grochowiec i Krzepielowa – pozwoli na zweryfikowanie postulowanego przebiegu strefy miedzionośnej w tych kierunkach.

Interpretacja sejsmiczna sekcji EWO z bloku Wilcze, uwzględniająca zasadnicze prawidłowości występowania

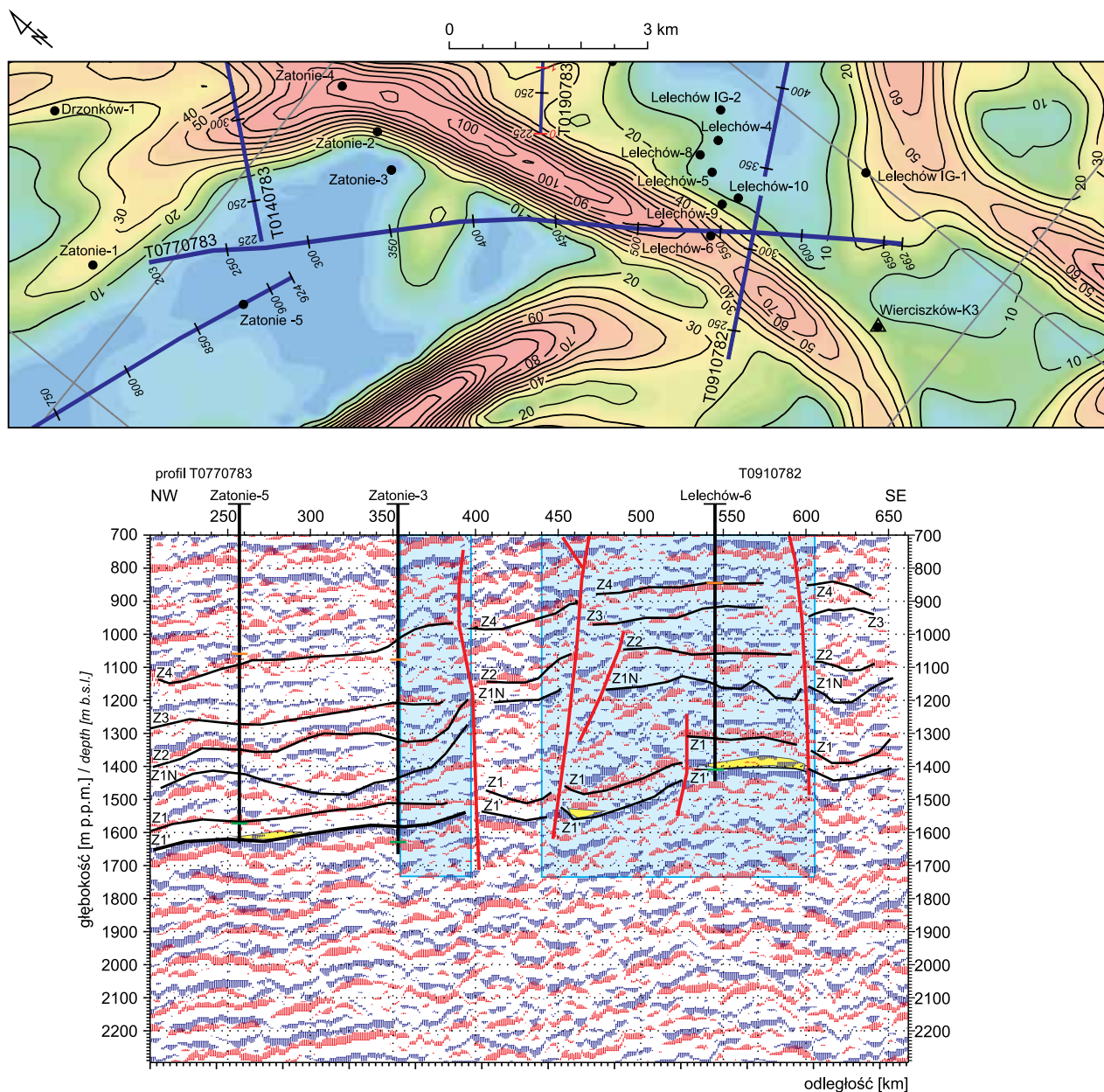


Fig. 16. Zestawienie fragmentu mapy gęstości grawimetrycznych elementów liniowych dla P2 i sekcji głębokościowej efektywnych współczynników odbicia dla profilu T0770783

Part of a map of gravimetric densities of linear elements for the P2 and a depth-converted seismic reflection coefficient section for profile T0770783

dolnocechsztyńskich ciał złożowych, potwierdza pogląd o przebiegu obszaru koncentracji w formie dość szerokiego pasa (do 15 km) otaczającego obszar utleniony Kargowej. Szeroki odcinek wyznaczonych dyslokacji w utworach P2 (fig. 9B), obejmujący rejon wierceń Ciosaniec 1 i Wilcze 6 z wyznaczonymi ciałami „anomalnymi”, jest częścią dłuższej strefy nieciągłości tektonicznych o rozciągłości NW-SE, biegnącej aż do W naroża bloku Wilcze i dalej w kierunku otworów Kije na bloku Mozów 1, wskazanej do uwzględnienia w dalszych pracach poszukiwawczych. W świetle

otrzymanych wyników istnieje duże prawdopodobieństwo, że mineralizacja ujawniona otworem Wilcze 5 kontynuuje się w kierunku W, w stronę obszaru Mozów 1, i w kierunku S, w stronę obszaru Jany. Przepuszczalność zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczonych ciągnie się również w kierunku SE, w stronę obszaru prognostycznego Kulów, co będzie przedmiotem przyszłych badań na sąsiednim bloku Kotła. Wyniki interpretacji przekrojów EWO z bloku Wilcze nie upoważniają do wyznaczenia stref potencjalnych serii okruszczonych na

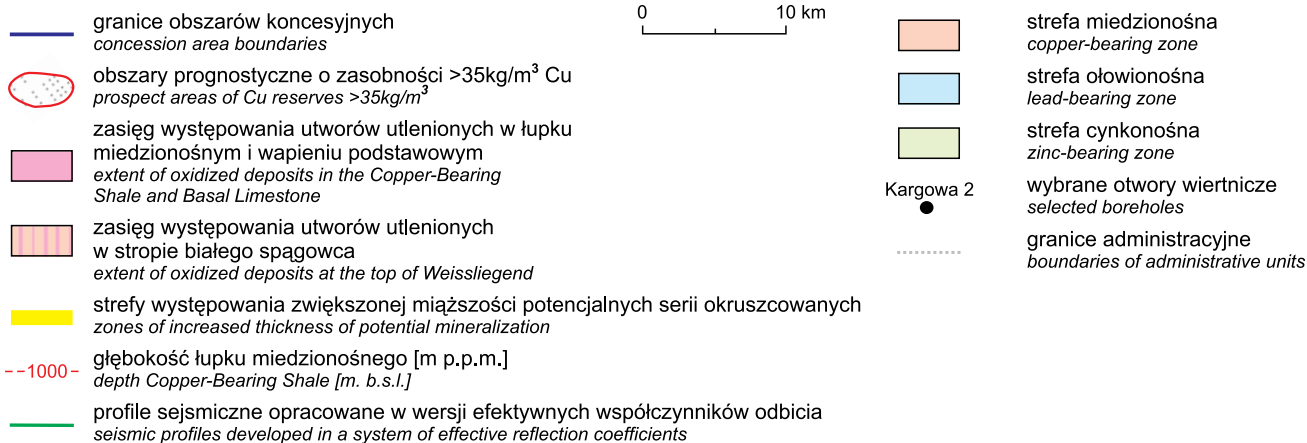
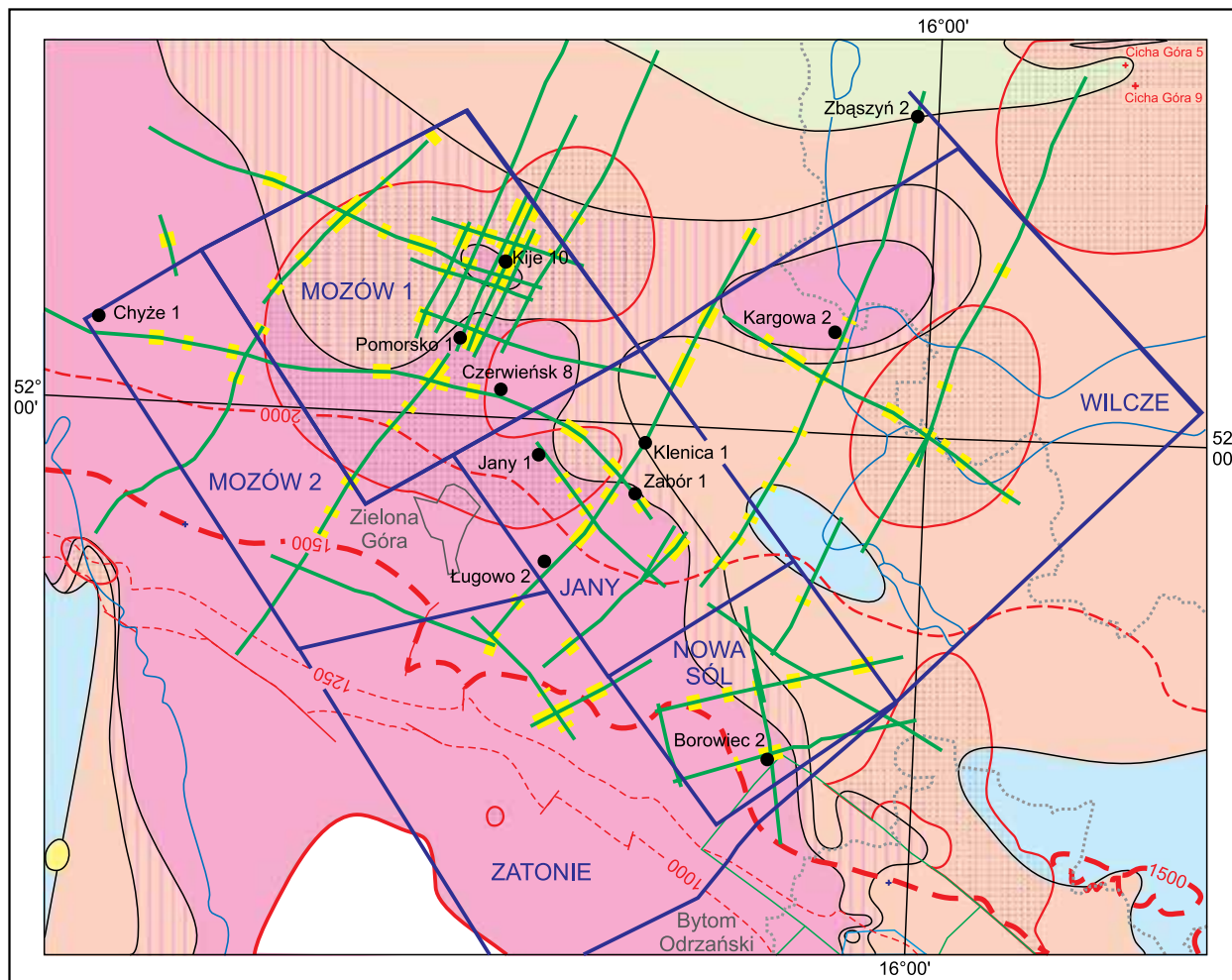


Fig. 17. Mapa występowania stref zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczowanych na tle mapy występowania prognostycznych złóż miedziowo-srebrnych w cechsztyńskiej serii miedzionośnej w skali 1:200 000 (Oszczepalski, Speczik, 2011)

Map showing the occurrence of thick potential mineralization zones in the map of occurrence of prospective copper-silver deposits in the Zechstein copper-bearing series, scale 1:200 000 (Oszczepalski, Speczik, 2011)

ich NE odcinkach. Prawdopodobnie część NE bloku Wilcze położona w obrębie SW części wyniesienia wolsztyńskiego i jego bezpośredniego SW skłonu jest mniej interesująca pod względem występowania obszarów perspektywicznych dla

złóż Cu-Ag. Teza ta wymaga weryfikacji na podstawie prac, które będą kontynuowane na przylegającym obszarze bloku Paproci, obejmującym dalszą NE część wyniesienia wolsztyńskiego.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Reprocessing danych geofizycznych wykonany w celu uzyskania nowych informacji przydatnych w problematyce poszukiwań złóż Cu-Ag dotyczy głównie dokładniejszego rozpoznania budowy geologicznej utworów P2, szczególnie „anomalnych” serii na pograniczu P2 i P1 wiązanych ze strefami zwiększonych miąższości potencjalnych serii okruszczonych Cu-Ag, oraz wyznaczenia przebiegu nieciągłości tektoniczno-litologicznych, w tym małych uskoków.

Archiwalne dane geofizyki wiertniczej pozwalają na wyznaczenie parametrów fizycznych skał (prędkość sejsmiczna, gęstość i porowatość) niezbędnych do przetworzenia i interpretacji danych geofizyki powierzchniowej. Zróżnicowanie gęstościowe poszczególnych kompleksów skalnych umożliwia wykonanie grawimetrycznych map anomalii rezydualnych i tektonicznych, dostarczających informacji przydatnych w poszukiwaniach stref okruszczonych.

Wyniki przetwarzania i interpretacji danych zbiorów grawimetrycznych w postaci map anomalii rezydualnych i grawimetryczno-tektonicznych dokumentują celowość wykorzystania pomiarów anomalii siły ciężkości do rozpoznania budowy strukturalnej utworów P2 oraz starszych kompleksów paleozoicznych. W opracowanych danych grawimetrycznych szczególnie interesujące są informacje o rozkładzie anomalii gęstościowych w poszczególnych kompleksach geologicznych oraz o kierunku przebiegu dyslokacji, w tym związanych z kontaktem P2 i P1. Wyniki badań grawimetrycznych, ze względu na swój powierzchniowy charakter, pozwalają na jednolite rozpoznanie budowy strukturalnej interesujących kompleksów stratygraficznych. Stanowią one uzupełnienie wyników badań sejsmicznych wzdłuż linii i w miejscach nieobjętych siatką profili sejsmicznych, jednocześnie zapewniają bardziej równomierne rozpoznanie obszaru. Jest to materiał wyjściowy do przyszłej kompleksowej interpretacji geofizyczno-geologicznej.

Jednolite rozmieszczenie informacji grawimetrycznej na całym obszarze pozwala na wyróżnienie w P2 i jego podłożu dominujących kierunków tektonicznych, usytuowanych w przybliżeniu równolegle do osi wyniesienia wolsztyńskiego. Dwie regionalne strefy gradientowe o charakterze tektonicznym i kierunku zbliżonym do NW-SE (na N krańcu bloku Mozów 1 oraz łącząca skraje obszarów Mozów 2 i Nowa Sól) wyznaczone na zboczu S wyniesienia wolsztyńskiego otaczają wyż grawimetryczny. Pokrywają się one z liniami zmiany kąta nachylenia wynurzania horyzontu sejsmicznego Z_1' , związanego ze spągami P2, i wskazują na zmiany strukturalne i/lub litologiczne w podcechszyńskim podłożu metamorficznym. Przebieg stref jest zaburzony lokalnymi nieciągłościami w głębszych i płytszych przedziałach głębokościowych związanymi z przemieszczeniami tektonicznymi i świadczy o ich skomplikowanym charakterze. Słabiej zarysowany metodą grawimetryczną kierunek zbliżony do południkowego wymaga dalszych badań. Uzupełnienie danych grawimetrycznych o blok Wilcze jest istotne dla przeprowadzenia kompleksowej interpretacji, która pozwoli na

dokładniejsze prześledzenie przebiegu strefy tektonicznej ograniczającej wyniesienie wolsztyńskie.

Interpretacja materiałów sejsmicznych w wersji EWO uściśla i dokumentuje zróżnicowaną budowę strukturalną i tektonikę utworów P2 oraz jego podłoża. Dla poszukiwań stref okruszczonych ważne są wyznaczone rejon-y o zróżnicowanej morfologii w strefie kontaktu P2 i P1 oraz o zmianach miąższości kompleksu P2. Miejsca zaburzonej korelacji są charakteryzowane przez zmiany miąższości warstw, wyklinowania i strefy nieciągłości tektoniczno-litologicznej. Analiza tych stref wspomaga też odtworzenie historii rozwoju utworów cechsztyńskich.

Wyznaczone strefy wskazujące na złożony obraz współczynników odbicia w sąsiedztwie spągu P2 są związane ze zwiększonym okruszczaniem łupków miedzionośnych, które znajdują się głównie w pobliżu stref tektonicznych, a także stref zmian strukturalnych w wykształceniu utworów P2 (fig. 13–16). Analiza rozmieszczenia stref niejednorodnej budowy spągowych warstw P2 (fig. 17), wskazuje, że wydają się one mieć związek ze strefami przebiegu dyslokacji wytypowanymi metodą grawimetryczną w P2 oraz jego podłożu (fig. 12), co sugeruje tektoniczne uwarunkowania powstawania złóż. Rola linii i ruchów tektonicznych jako czynnika powodującego naruszenie równowagi paleohydrogeologicznej w procesie formowania się złóż, m.in. miedzi, była podkreślana już dawno (Speczik, 1985). Głębokie strefy nieciągłości tektonicznych w podłożu paleozoicznym znajdują swoje odzwierciedlenie w budowie strukturalnej P2 i wskazują na istnienie między nimi genetycznych zależności. Rozpoznanie zasięgu i skali rozprzestrzenienia stref zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczonych wzdłuż horyzontów sejsmicznych (fig. 17) ułatwia wydzielenie rejonów interesujących dla przemysłu wydobywczego. Jednak zasygnalizowane pojedynczymi profilami strefy wymagają bardziej szczegółowego rozpoznania w dalszych badaniach geofizyczno-geologicznych.

Przedstawione dane stanowią materiał do przeprowadzenia kolejnych analiz w różnych aspektach badawczych. Jednym z nich jest analiza paleomorfologii stropu P1, dotycząca głównie zagadnień paleogeograficznych, poprzedzona symulacją obrazu sejsmicznego w wersji EWO na granicy P2-P1. Symulacja powinna obejmować wybrany obszar złóżowy KGHM, gdzie ciała rudne są rozmieszczone niejednorodnie, a morfologia kontaktu P2 i P1 charakteryzuje się istnieniem elewacji, w których stropie występują kompleksy podcechszyńskich piaskowców anhydrytowych (Markiewicz, 2007 – schematyczny model układu zdeformowania utworów pogranicza cechsztynu i czerwonego spągowca na tle strefy złóżowej Lubin–Sieroszowice). Generacja obrazu EWO podobnego jak dla stref zwiększonej miąższości potencjalnych serii okruszczonych będzie potwierdzeniem słuszności proponowanego kierunku badań.

Niezależne opracowanie materiałów grawimetrycznych i sejsmicznych wskazuje na celowość wykorzystania archiwalnego zdjęcia grawimetrycznego zarówno na potrzeby

kompleksowej interpretacji geofizyczno-geologicznej, jak i planowania obszarów i profili uzupełniających do szczegółowego rozpoznania cechsztynu z wykorzystaniem efektywnych współczynników odbicia. Przykłady interpretacji transformowanych map anomalii grawimetrycznych w zestawieniu z obrazem sejsmicznym (EWO) świadczą o możliwości pełniejszej analizy danych z poszczególnych metod na tle zintegrowanych wyników.

Przedstawiona praca i wynikające z niej wnioski mają również charakter metodyczny. Opisany w artykule cykl badań i dobór metod zastosowanych do realizacji zadania geologicznego określonego w projekcie należy uznać za odpowiedni. Korelacja wyników badań prowadzonych różnymi metodami geofizycznymi ustala związki między budową geologiczną a obserwowanym obrazem geofizycznym i jednocześnie jest sprawdzianem poprawności i słuszności przyjętej metodyki. Wyniki stanowią przykład efektywnego wykorzystania archiwalnych danych geofizycznych i możliwości interpretacyjnych z zastosowaniem technik komputerowego przetwarzania danych. Program kompleksowej interpretacji geofizyczno-geologicznej zaproponowany jako następny etap badań w obszarach perspektywicznych dla występowania stref interesujących w poszukiwaniu złóż kruszców obejmuje opracowanie:

- sekcji EWO wzdłuż kilku wytypowanych linii profili sejsmicznych o kierunku NE-SW dla przedziału głębokościowego obejmującego utwory podłoża P2 (do głębokości ok. 5000 m) w celu uszczegółowienia tektoniki i budowy paleozoiku podcechsztyńskiego;
- pionowych przekrojów grawimetrycznych do wykorzystania w modelowaniach grawimetrycznych po uwzględnieniu modeli gęstościowych wzdłuż sekcji EWO;
- kompleksowych przekrojów geofizycznych na podstawie wyników interpretacji danych sejsmicznych, grawimetrycznych i geofizyki wiertniczej (parametry fizyczne skał);
- map strukturalnych podłoża P2 z uwzględnieniem stref nieciągłości tektonicznych i/lub litologicznych śledzonych na profilach sejsmicznych oraz wyznaczonych na mapach grawimetrycznych.

Podziękowania. Autorzy składają serdeczne podziękowania dyrekcji PGNiG SA za zgodę na wykorzystanie danych sejsmicznych oraz specjalistom z Geofizyki Toruń Sp. z o.o. i Geofizyki Kraków Sp. z o.o. za profesjonalne przygotowanie danych wyjściowych. Specjalne podziękowania autorzy składają recenzentowi, Hubertowi Kiersnowskiemu, którego cenne uwagi merytoryczne przyczyniły się do wzbogacenia treści artykułu.

LITERATURA

- CWOJDZIŃSKI S., MŁYNARSKI S., DZIEWIŃSKA L., JÓŹWIAK W., ZIENTARA P., BAZIUK T., 1995 — Pierwszy sejsmiczny profil głębokich badań refleksyjnych (GBS) na Dolnym Śląsku. *Prz. Geol.*, **43**: 727–737.
- DADLEZ R., IWANOW A., LESZCZYŃSKI K., MAREK S., 1998a — Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim, 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ R., MAREK S., POKORSKI J., 1998b — Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce, 1:2 500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ R., MAREK S., POKORSKI J., 2000 — Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DECZKOWSKI Z., 1977 — Budowa geologiczna pokrywy permsko-mezozoicznej i jej podłoża we wschodniej części monokliny przedsudeckiej (obszar kalisko-częstochowski). *Pr. Inst. Geol.*, **82**.
- DEPOWSKI S. (red.), 1978 — Atlas litofacjalno-paleogeograficzny permu obszarów platformowych Polski. Inst. Geol., Warszawa.
- DZIEWIŃSKA L., 2007 — Przekrój geofizyczno-geologiczny pokrywy osadowej wzdłuż profilu: Zgorzelec–Wizajny. W: Badania magnetotelluryczne wzdłuż profilu Zgorzelec–Wizajny (red. Z. Petecki) Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DZIEWIŃSKA L., JÓŹWIAK W., 2000 — Zmiany litologiczne w utworach karbonu rowu lubelskiego w świetle interpretacji geofizycznej. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **392**: 5–48.
- DZIEWIŃSKA L., PETECKI Z., 2004 — Kompleksowa interpretacja badań geofizycznych północnego obrzeżenia Gór Świętokrzyskich. *Instr. Met. Bad. Geol.*, **58**.
- DZIEWIŃSKA L., PETECKI Z., JÓŹWIAK W., 2000 — Model strukturalno-gęstościowy NW obrzeżenia Gór Świętokrzyskich na podstawie interpretacji pomiarów geofizycznych. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **392**: 49–74.
- DZIEWIŃSKA L., PETECKI Z., TARKOWSKI R., 2011 — Budowa geologiczna utworów permu struktury Wilków (monoklina przedsudecka) w świetle interpretacji sekcji współczynników odbicia. *Prz. Górn.*, **67**: 64–72.
- DZIEWIŃSKA L., TARKOWSKI R., 2012 — Budowa geologiczna struktury Choszczna (niecka szczecińska) w świetle interpretacji sekcji efektywnych współczynników odbicia dla potrzeb podziemnego składowania CO₂. *Gosp. Sur. Min.*, **28**: 173–184.
- GÓRZECKA T., JUROSZEK C., KARWOWSKI L., KLAPCIŃSKI J., LORENC S., MIERZEJEWSKI M., SACHANBIŃSKI M., ŚLUSZARCZYK S., 1977 — Utwory skalne podłoża permu zachodniej części monokliny przedsudeckiej i perykliny Żar oraz przyległej części bloku przedsudeckiego. *Pr. Nauk. Inst. Górn. PWroc.*, **22**: 3–92.
- KARNKOWSKI P.H., 1999 — Origin and evolution of the Polish Rotliegend basin. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, **3**: 1–93.
- KIERSNOWSKI H., 1998 — Architektura depozycyjna basenu czerwonego spągowca w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **165**: 113–128.
- KIERSNOWSKI H., PERYT T.M., BUNIAK A., MIKOŁAJEWSKI Z., 2010 — From the intra-desert ridges to the marine

- carbonate island chain: middle to late Permian (Upper Rotliegend–Lower Zechstein) of the Wolsztyn–Pogorzela high, west Poland. *Geol. J.*, **44**: 319–335.
- KŁAPCIŃSKI J., 1971 — Litologia, fauna, stratygrafia i paleogeografia permu monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sud.*, **5**: 77–135.
- KŁAPCIŃSKI J., LORENC S., 1984 — Zróżnicowanie petrograficzne podpermskiego kompleksu skał osadowych zachodniej części monokliny przedsudeckiej i perykliny Żar. *Acta Univ. Wratisl.*, 529, *Pr. Geol.-Miner.*, **9**: 3–18.
- KŁAPCIŃSKI J., MUSZER J., 1995 — Wiek osadów starszego podłoża wybranych otworów wiertniczych środkowej części monokliny przedsudeckiej. *Acta Univ. Wratisl.*, 1607, *Pr. Geol.-Miner.*, **44**: 29–46.
- KRÓLIKOWSKI C., PETECKI Z., 1995 — Atlas grawimetryczny Polski, 1:500 000 i 1:750 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRÓLIKOWSKI C., WYBRANIEC S., 1996 — Gravity and magnetic maps of Poland – historical background and modern presentation. *Publ. Inst. Geoph. Pol. Acad. Sci.*, **273**: 87–89.
- KWOLEK K., MIKOŁAJEWSKI Z., 2007 — New stratigraphic scheme for Zechstein rocks in the Pogorzela High (Foresudetic Monocline) and its significance for hydrocarbon exploration. *Prz. Geol.*, **55**: 1037–1047.
- MAREK S., PAJCHŁOWA M. (red.), 1997 — Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**.
- MARKIEWICZ A., 2007 — Rozpoznanie tektoniki złoża Lubin–Sieroszowice w trakcie jego zagospodarowania. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 151–172.
- MŁYNARSKI S. (red.), 1982 — Interpretacja geofizyczno-geologiczna wyników badań wzdłuż profilów Lubin–Prabuty, Przedbórz–Żebrak, Baligród–Dubienka. *Biul. Inst. Geol.*, **333**: 5–60.
- OBERC J., 1972 — Sudety i obszary przyległe. W: Budowa geologiczna Polski. T. 4, Tektonika. Cz. 2. Wyd. Geol., Warszawa.
- ONISZK M., 1986 — Szkic strukturalny granicy refrakcyjnej o $V_g = 6000$ m/s wiązany ze stropem paleozoiku, 1:200 000. Temat: monoklina przedsudecka. Reinterpretacja z lat 1964–1978. *Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S., 2007 — Mineralizacja Au-Pt-Pd w cechsztyńskiej serii miedzionośnej na obszarach rezerwowych górnictwa miedzianego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 109–124.
- OSZCZEPALSKI S., RYDZEWSKI A., 1987 — Palaeogeography and sedimentary model of the Kupferschiefer in Poland. *Lect. Notes Earth Sci.*, **10**: 189–205.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., 2011a — Mapa występowania prognostycznych złóż miedziowo-srebrnych w cechsztyńskiej serii miedzionośnej, 1: 200 000. *Cent. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- OSZCZEPALSKI S., SPECZIK S., 2011b — Rudy miedzi i srebra. W: Zasoby perspektywiczne kopalni Polski wg stanu na 31 grudnia 2009 r. (red. S. Wołkowicz, T. Smakowski, S. Speczik): 76–93. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PEPEL A., UMIŃSKI J., 1995 — Obliczanie parametrów fizycznych skał na podstawie pomiarów geofizycznych w otworach. *Biul. Inform. Geof.*, **1**: 13–25.
- PERYT T.M., 1978 — Sedimentology and paleoecology of the Zechstein limestone (Upper Permian) in the fore-sudetic area (Western Poland). *Sediment. Geol.*, **20**: 217–243.
- PICELUK H., WOJTKOWIAK Z., 1978 — Wulkanity Autunu. W: Przewodnik 50. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Zielona Góra, 24–26 września 1978 (red. J. Jerzmański): 129–133. Wyd. Geol., Warszawa.
- PODEMSKI M., 1973 — Sedymentacja cechsztyńska w zachodniej części monokliny przedsudeckiej na przykładzie Nowej Soli. *Pr. Inst. Geol.*, **71**.
- POKORSKI J., 1998 — Mapa strukturalna spągu górnego czerwonego spągowca. W: Dadlez R., Iwanow A., Leszczyński K., Marek S., 1998a — Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niziu Polskim, 1:500 000. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- SOKOŁOWSKI J., 1967 — Charakterystyka geologiczna i strukturalna obszaru przedsudeckiego. *Geol. Sudet.*, **3**: 297–367.
- SPECZIK S., 1985 — Metalogeneza podłoża podcechsztyńskiego monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sudet.*, **20**: 37–96.
- SPECZIK S., DZIEWIŃSKA L., PEPEL A., JÓŹWIAK W., 2011 — Możliwość wykorzystania impulsowej postaci zapisu sejsmicznego do rozpoznania złóż prognostycznych miedzi i srebra w północnej części monokliny przedsudeckiej. *Zesz. Nauk. Inst. Gosp. Sur. Min. i En. PAN*, **81**: 117–135.
- SPECZIK S., OSZCZEPALSKI S., NOWAK G., KARWASIEC-KA M., 2007 — Cechsztyński łupek miedzionośny – poszukiwania nowych rezerw. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **423**: 173–188.
- WAGNER R., 1994 — Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niziu Polskim. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **146**.
- WAGNER R., 1997 — Perm górny (cechsztyn). W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce (red. S. Marek, M. Pajchłowa). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, **153**: 63–82.
- WIERZCHOWSKA-KICUŁOWA K., 1984 — Budowa geologiczna utworów podpermskich monokliny przedsudeckiej. *Geol. Sud.*, **19**: 121–142.
- WIERZCHOWSKA-KICUŁOWA K., 1985 — Katalog wierceń Górnictwa Naftowego w Polsce wykonanych w latach 1977–82. Obszar Przedsudecki. T. 2, cz. 1, z. 4. Wyd. Geol. Warszawa.
- WIERZCHOWSKA-KICUŁOWA K., 1987 — Charakterystyka geologiczna podłoża permu obszaru przedsudeckiego. *Kwart. Geol.*, **31**: 557–568.
- WITKOWSKI A., 1979 — Regionalne badania Instytutu Geologicznego na Niziu Polskim (1969–1978). *Kwart. Geol.*, **23**: 41–86.
- WOJAS A., 1986 — Szkic strukturalny granicy refrakcyjnej o $V_g = 5500$ m/s wiązany ze stropem utworów podpermskich, 1:200 000. Temat: monoklina przedsudecka. Reinterpretacja lata 1964–1978. *Cent. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- ŻELAŻNIEWICZ A., CWOJDZIŃSKI S., 1994 — Deep crustal structure of southwestern Poland and a proposal of two reflection seismic profiles. *Geol. Quart.*, **38**: 1–26.
- ŻELAŻNIEWICZ A., MARHEINE D., OBERC-DZIEDZIC T., 2003 — A Late Tournaisian synmetamorphic folding and thrusting event in the Variscan foreland: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ evidence from the phyllites of the Wolsztyn–Leszno High, western Poland. *Int. J. Earth Sci.*, **92**: 185–194.
- ŻELICHOWSKI A.M., 1980 — Zbioreczny profil karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. *Kwart. Geol.*, **24**: 942–943.

SUMMARY

The paper presents a modern analysis and interpretation of unpublished results of geophysical studies in terms of acquisition of new information useful in exploration of Cu-Ag deposits. Methods of effective use of source geophysical materials, including gravity, seismic and wireline log data, and the possibility of interpretation with the use of technology of digital processing of the data are presented for a selected area of the Fore-Sudetic Monocline in the Mozów–Jany–Nowa Sól–Zatonie region. Special-made transformations of Bouguer anomalies include residual anomaly maps and maps showing tectonic features and lithological changes, including gravity density maps of linear elements of regional and local extent at given depth intervals. Seismic materials (time sections and depth-converted profiles) were converted into effective reflection coefficients (ERC), which are characterized by enhanced recording resolution in relation to wave image, particularly with regard to P2 deposits. The lithological and parametric profiles obtained for some boreholes allow us to tie down and correlate wireline log and seismic

data along the sections. The results of the interpretation provide an image of the geological structure and allow for the identification of areas of increased thickness of potential ore deposits. The research procedure presented in this paper brings important geological knowledge useful for both general and ore geology in terms of scientific and exploration purposes. The significance and contribution of these geophysical data to the exploration of Cu-Ag deposits provides new information on the geology of P2 deposits, especially on „anomalous” series at the P1/P2 boundary, and enables the determination of lithological and tectonic discontinuities. This example of the interpretation of transformed gravity anomaly maps in combination with the ERC seismic image shows the possibility of a more complete analysis of the data from each method against the background of integrated results. The program of further research involves highlighting the issues related to the tectonics and geological structure of the sub-Zechstein Paleozoic and points to the need for comprehensive studies.

