

Jan SKORUPA, Lidia DZIEWIŃSKA

Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych dla strefy Gopło—Pabianice ze szczególnym uwzględnieniem utworów cechsztynu i podłoża

Kompleksowa interpretacja wyników badań geofizycznych dla strefy Gopło — Pabianice została wykonana w celu:

— uzyskania pełniejszych informacji o budowie geologicznej tego obszaru, cechującego się intensywną tektoniką solną;

— naświetlenia możliwości metodycznych pełniejszej interpretacji danych z poszczególnych metod.

Szczególny akcent został położony na dokładniejsze rozpoznanie salinarnych utworów cechsztynu oraz podłoża zarówno podcechsztyńskiego, jak i skonsolidowanego. Podkreślić należy, że strefa Gopło — Pabianice była niedawno przedmiotem syntetycznego opracowania (praca zbiorowa, w druku). Przedstawiono tam tylko wstępną ocenę możliwości metodycznych poszczególnych metod geofizycznych, nie podając wyników dokonanej później interpretacji kompleksowej. W pracy tej omówiono szczegółowo interpretacyjne opracowania geofizyczne J. Jamrozika, A. Kozery, J. Turskiej-Pawicy, J. Grzywacza, W. Bujnowskiego, L. Dzięwińskiej oraz geologiczno-tektoniczne opracowanie S. Marka i J. Znoski (1972). Opracowanie zawiera również rozdział J. Skorupy, poświęcony zagadnieniom głębokiego podłoża — w strefie kontaktu platform paleozoicznej i prekambryjskiej w środkowej Polsce — w świetle badań refrakcyjnych.

Przy opracowywaniu niniejszego tematu z kompleksu stosowanych metod geofizycznych wykluczono metodę magnetyczną, ze względu na nieujawnienie lokalnych anomalii, co przy głębokim występowaniu skonsolidowanego podłoża i nieobecności czynnych magnetycznie wulkanitów w częściowo rozpoznanej grubej serii mezozoicznej nie stanowiło niespodzianki. Nie stosowano również metod geoelektrycznych o zasięgach i cechach badań regionalnych. Kompleks metod geofizycznych ograniczył się więc do metody grawimetrycznej oraz sejsmicznej refleksyjnej i refrakcyjnej. Wyniki badań refrakcyjnych omówiono szczegółowo w cy-

towanym już opracowaniu (praca zbiorowa, w druku), dlatego też tutaj przedstawiono jedynie wyniki badań, uzyskane za pomocą metod refleksyjnej i grawimetrycznej, oraz ich kompleksową interpretację. Interpretacja kompleksowa, obejmująca odtworzenie obrazu utworów solnych, została przedstawiona na tle — uzyskanego z danych refrakcyjnych — regionalnego obrazu skonsolidowanego podłoża.

W strefie Gopło — Pabianice i jej sąsiedztwie dysponowano wynikami badań sejsmicznych refleksyjnych z lat 1954—1972. Prace te wykonane były w ogromnej mierze metodą ciągłego profilowania przy pojedynczym pokryciu, przy czym dopiero w ostatnich latach stosowano zapis magnetyczny i technikę analogową. W pracach dawniej prowadzonych stosowano zapis oscylograficzny. Zasadniczym celem sejsmicznych badań refleksyjnych było określenie budowy i tektoniki kompleksu mezozoicznego-cechsztyńskiego i podcechsztyńskiego. Śledzenie poziomów cechsztyńskich na niektórych obszarach sprawiło wiele trudności i uniemożliwiło odtworzenie obrazu ciał solnych występujących w postaci wałów, czy też lokalnych struktur. Podkreślić należy, iż ze względu na skierowanie metodyki badań refleksyjnych na śledzenie poziomów głębokich, nie były śledzone poziomy płytkie. Stanowiło to często utrudnienie przy wyprowadzaniu modelu interpretacyjnego dla liczenia efektów grawimetrycznych utworów płytko występujących (np. w przypadku ich wychodni).

Dla strefy Gopło — Pabianice zestawiono szkice strukturalne w skali 1 : 200 000 dla 4 poziomów: *B* (przystropowe utwory jury), *T_A* (strop retyku), *T_D* (utwory górnej części piaskowca pstrego) i *Z* (przyspągowe partie cechsztynu). Zgeneralizowane szkice strukturalne poziomów *B* i *Z* przedstawiają fig. 1 i 2. Figura 1 obrazuje najbardziej kompletny schemat występowania śledzonego poziomu jako przewodniego, figura 2 stanowi natomiast obraz śledzonego fragmentarycznie poziomu umownego. Dokładną charakterystykę materiałów refleksyjnych i szczegółowe omówienie szkiców strukturalnych przedstawiono w pracy zbiorowej (w druku). Tutaj zwrócić można tylko uwagę na fakt, że ilość i jakość rejestrowanych odbić posiada ścisły związek z budową wgłębną. Postęp metodyczny dokonany ostatnio w pracach refleksyjnych daje gwarancję uzyskania o wiele dokładniejszych danych, obrazujących budowę cechsztynu, niż miało to miejsce w dotychczas wykonanych pracach. Jeśli zatem dokonana poniżej próba interpretacji kompleksowej, opierająca się na mało kompletnych danych refleksyjnych, może uchodzić za efektywną, to jeszcze efektywniejsze mogą być próby dalszego uzupełniania obrazu budowy ciał solnych cechsztynu, oparte na lepszych wyjściowych materiałach refleksyjnych.

Dla strefy Gopło — Pabianice lub jej fragmentów A. Dąbrowski, J. Turska-Pawica, J. Jamrozik, J. Grzywacz, W. Bujnowski i L. Dziewińska dokonali kilku prób analizy rozkładu wartości ciężarów objętościowych skał (L. Dziewińska, 1964). Dla interpretacji modeli geologiczno-gęstościowych (czy też sejsmiczno-gęstościowych) przyjęto ogólny model kompleksów gęstościowych (tab. 1).

W modelu tym wyróżnia się granice gęstościowe między:

— ciężkimi utworami kredy dolnej i dolnych pięter kredy górnej a lżejszymi utworami mastrychtu i kampanu ($\Delta\delta = + 0,3$);

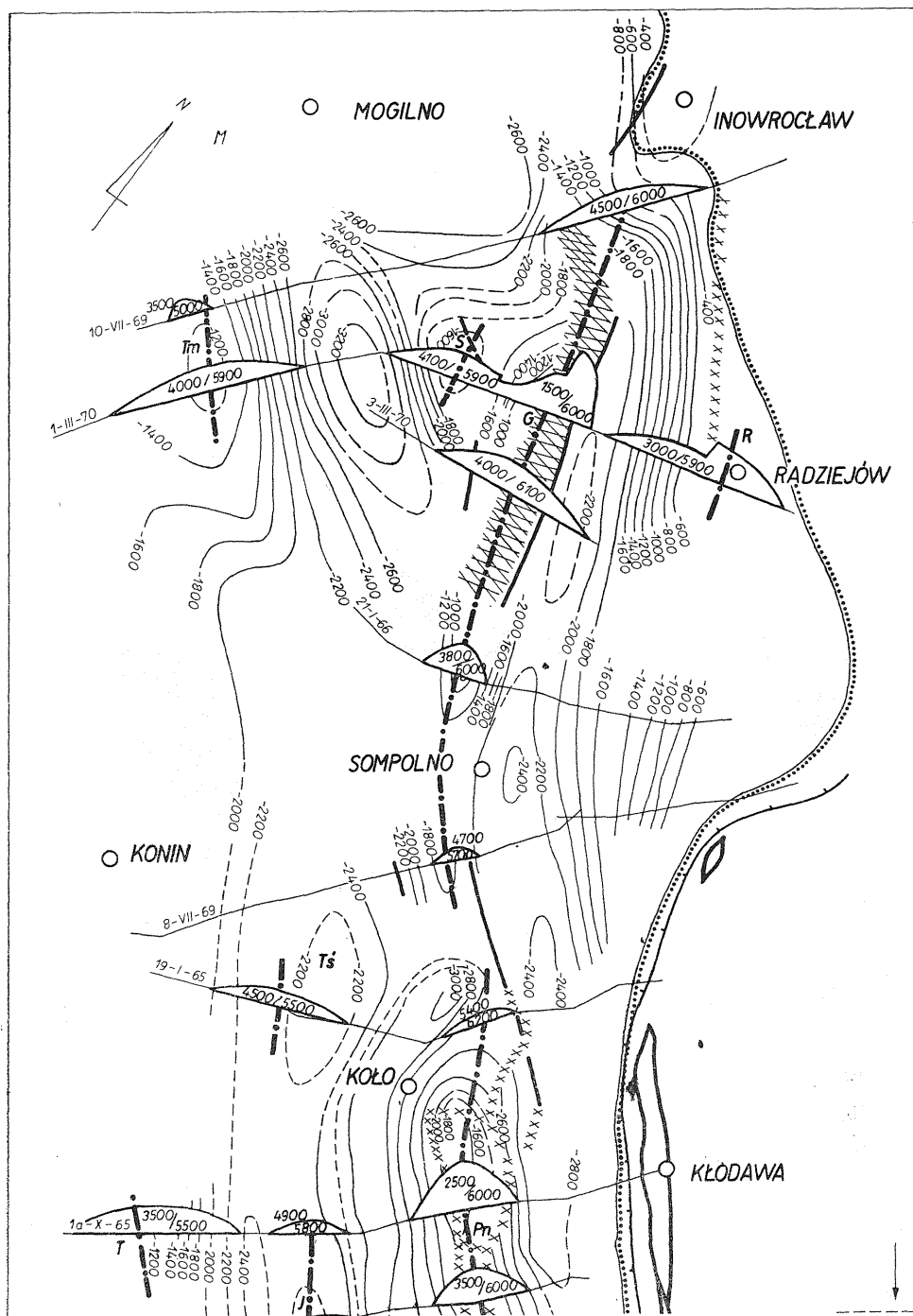


Fig. 1

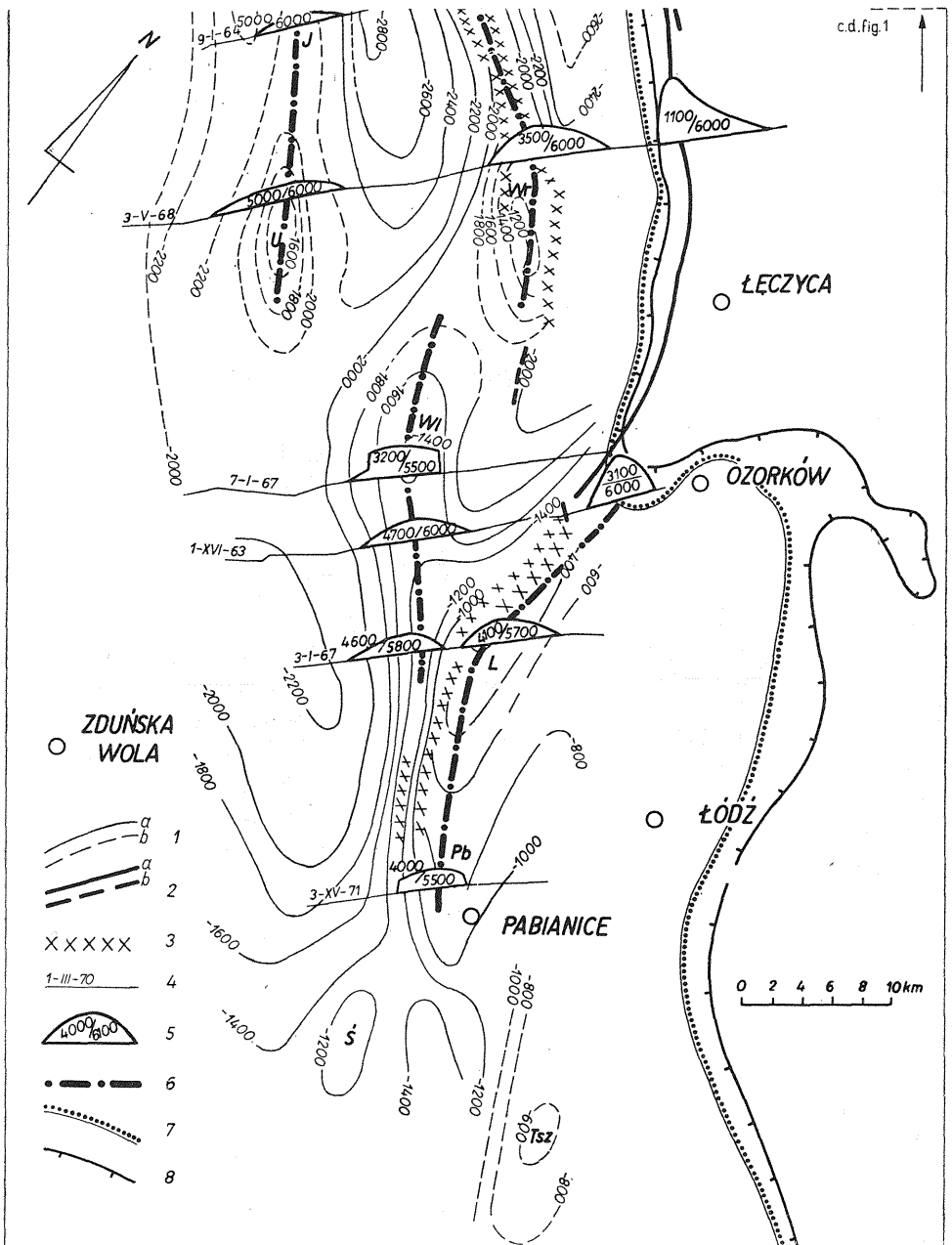


Fig. 1. Szkic strukturalny poziomu sejsmicznego B (przystropowe utwory jury) uzupełniony konturami wymodelowanych utworów solnych oraz osiami stref struktur solnych

Structural sketch of seismic horizon B (Jurassic sediments near the top) supplemented with contour lines of modelled salt deposits and with axes of the zones of salt structures

Tabela 1

Ogólny model kompleksów gęstościowych

Utwory geologiczne budujące kompleks gęstościowy	Średnia gęstość w g/cm ³	Zmiana gęstości w g/cm ³
Czwartorzęd i trzeciorzęd + mastrycht i kampan	2,10	+0,3
Kreda (bez mastrychtu i kampanu)	2,40	+0,2
Jura — trias	2,60	-0,4
Perm (solne utwory cechsztyńskie)	2,20	

- kredą a cięższym kompleksem jura — trias ($\Delta\delta = +0,2$);
 — lżejszymi utworami solnymi a cięższym nadkładem ($\Delta\delta = -0,4$).

Należy zaznaczyć, że podane w tab. 1 średnie wartości gęstości dla poszczególnych pięter geologicznych są przybliżone. Wynika to głównie ze zbyt małej ilości danych dla tego stosunkowo dużego obszaru. Model kompleksów gęstościowych wyprowadzono na podstawie danych z 29 otworów, których lokalizację przedstawia fig. 3. Uzyskano wyniki dla wszystkich analizowanych utworów z wyjątkiem podcechsztyńskich. Oprócz ogólnego modelu rozkładu ciężarów objętościowych sporządzono szkice powierzchniowego rozkładu gęstości dla poszczególnych kompleksów gęstościowych. Szkice te wykorzystywano przy ustalaniu wartości kontrastów gęstościowych dla poszczególnych interpretowanych profili.

Z modelu kompleksów gęstościowych wynika, że w strefie Gopło — Pabianice mamy do czynienia ze strukturami, które na mapach grawimetrycznych przedstawiają obraz w przybliżeniu kompensowany. Dlatego też przeprowadzono analizę związków między obrazem sejsmicznym a grawimetrycznym. Na podstawie map grawimetrycznych omawiany rejon można umownie podzielić na część północną i południową, gdyż związki między obrazem sejsmicznym a grawimetrycznym w obu częściach są różne. W części północnej obserwujemy inwersję obrazu grawimetrycznego w stosunku do struktur solnych, uwidaczniającą się w dodatnich

1 — izolinie poziomu B o przebiegu: a — pewnym, b — przypuszczalnym; 2 — uskoki: a — pewne, b — przypuszczalne; 3 — strefy nieciągłości korelacyjnych; 4 — interpretowane profile sejsmiczne; 5 — kontury utworów solnych wymodelowanych na podstawie interpretacji i głębokości p.p.m. występowania ich stropu i spagu; 6 — osie stref struktur solnych według lokalizacji wymodelowanych utworów solnych; 7 — granica wału kujawskiego (między podkainozoicznymi wychodniami kredy górnej i dolnej); 8 — granica między podkainozoicznymi wychodniami jury i kredy; nazwy antyklin: M — Mogilno, Tm — Trzemiń, S — Strzelno, G — Gopło, R — Radziejów, Tś — Trześnia, J — Janów, Pn — Ponętów, T — Turek, U — Uniejów, Wr — Wartkowice, Wl — Wilczyca, L — Lutomiernsk, Pb — Pabianice, Ś — Śladowice, Tsz — Tuszyn

1 — contour lines of horizon B: a — established course, b — probable course; 2 — faults: a — ascertained, b — probable; 3 — zones discontinuities in correlation; 4 — interpreted seismic profiles; 5 — contour lines of salt deposits modelled on the basis of interpretation and on the depth of their top and bottom below sea level; 6 — axes of the zones of salt structures according to the localization of modelled salt deposits; 7 — boundary of the Kujawy Swell (between the sub-Cainozoic outcrops of Upper and Lower Cretaceous); 8 — boundary between sub-Cainozoic outcrops of the Jurassic and Cretaceous; M—Tsz — names of anticlines

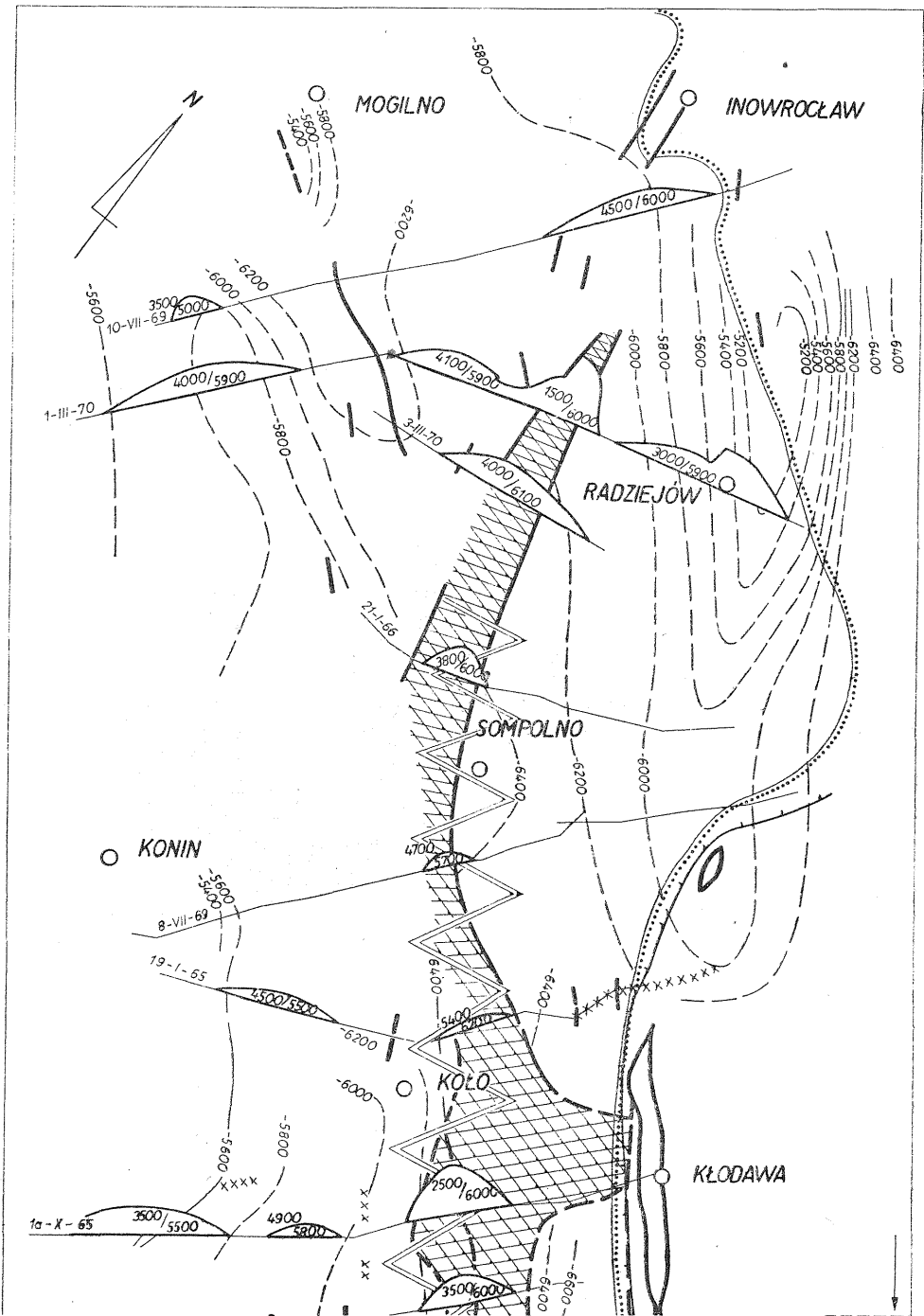


Fig. 2

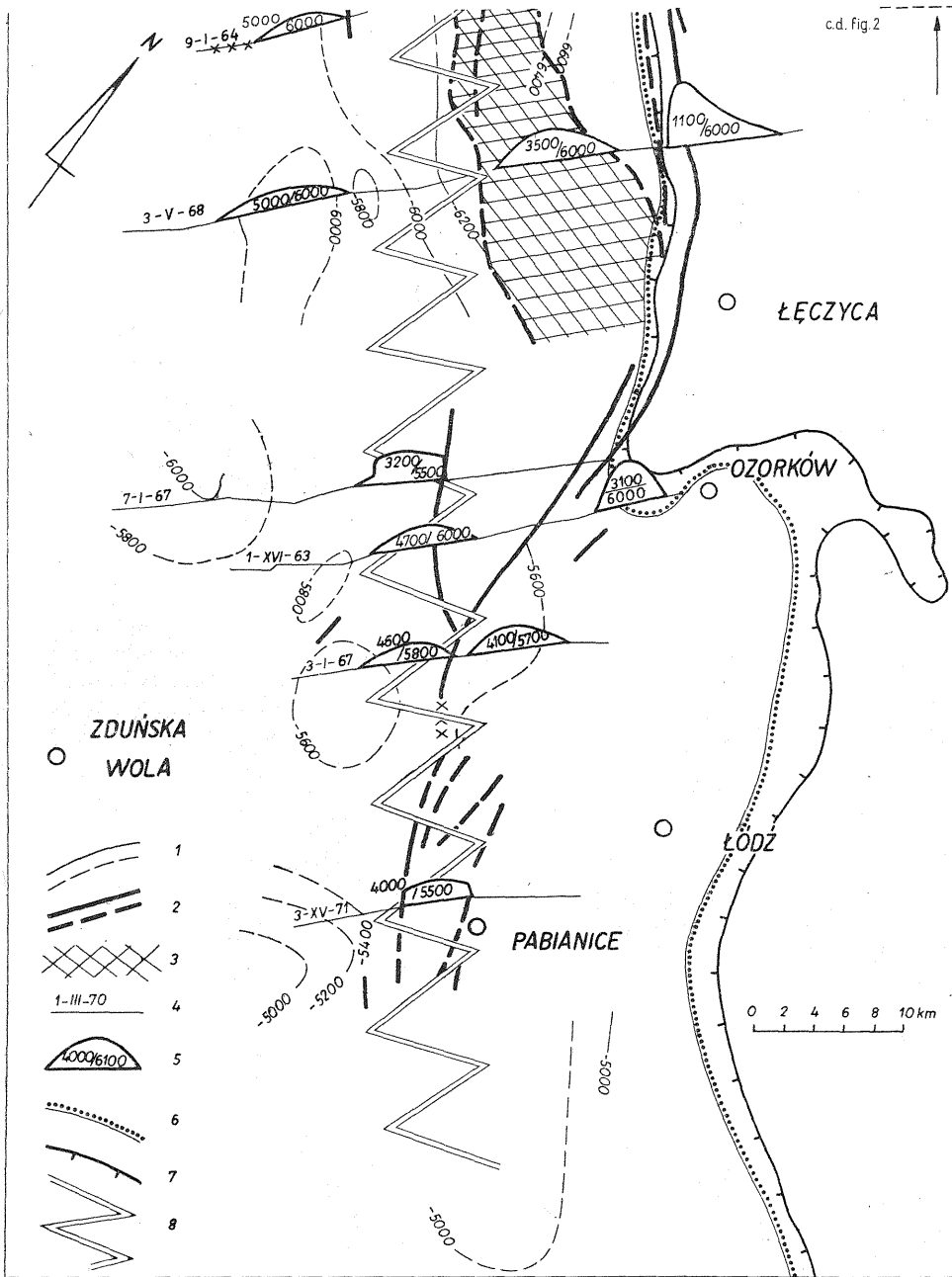


Fig. 2. Szkic strukturalny poziomu sejsmicznego Z (przyspągowe partie cechsztynu) uzupełniony konturami wymodelowanych utworów solnych oraz lokalizacją strefy dyslokacyjnej w podłożu skonsolidowanym



wartościach anomalii resztkowych obserwowanych nad strukturami. Dla struktur tych ujemny efekt wyniesienia ciał solnych, występujących w jądrach antyklin podmezozoicznych, nie przewyższa dodatniego efektu wywołanego wyniesieniem mas jurajsko-triasowych. Amplitudy struktur mezozoicznych są tu duże. Stwierdza się zatem duży stopień dźwignięcia kompleksu „ciężkiego” przez lżejsze utwory solne. W południowej części omawianego rejonu występują struktury solne z całkowitą lub częściową kompensacją w obrazie grawimetrycznym, uwidaczniającą się bliskimi zeru lub bardzo małymi, ujemnymi wartościami anomalii resztkowych. Jest to spowodowane przewagą efektu grawitacyjnego soli (fig. 3, tab. 2).

Tabela 2

Efekty grawimetryczne obserwowane w osiowych częściach struktur

Rejon	Nazwa struktury	Amplituda struktury dla jury ΔH (m)	Odpowiadające strukturze anomalie resztkowe Δg (mg/l)	Uwagi
Północny	Mogilno—Gopło	1500	+3,0—+5,0	wartość anomalii zaniżona redukcją
	Strzelno	1000	+1,5	
	Trzemżał	1500	+1,0	
	Radziejów	1000	+0,5	
Południowy	Ponętów	500	{ +1,0 -1,0	wartość z anomalii Bouguera
	Wartkowice	600	0,0	
	Uniejów	250	~ -0,25	
	Wilczyca	150	-0,25	
	Lutomiersk—Pabianice	350	0,0	
	Śładkowiec, Tuszyń	~200	~ -0,5	

Structural sketch of seismic horizon Z (Zechstein deposits near the bottom) supplemented with contour lines of modelled salt deposits and with the localization of the dislocation zone in the consolidated basement

1 — izolinie poziomu Z o przebiegu: a — pewnym, b — przypuszczalnym; 2 — uskoki: a — pewne, b — przypuszczalne; 3 — strefy nieciągłości korelacyjnych; 4 — interpretowane profile sejsmiczne; 5 — kontury utworów solnych wymodelowanych na podstawie interpretacji i głębokości p.p.m. występowania ich stropu i spągu; 6 granica wału kujawskiego (między podkainozoicznymi wychodniami kredy górnej i dolnej); 7 — granica między podkainozoicznymi wychodniami jury i kredy; 8 — strefa dyslokacyjna w podłożu skonsolidowanym według badań refrakcyjnych

1 — contour lines of horizon Z: a — ascertained course, b — probable course; 2 — faults: a — ascertained, b — probable; 3 — zones discontinuities in correlation; 4 — interpreted seismic profiles; 5 — contour lines of salt deposits modelled on the basis of interpretation and the depth of their top and bottom below sea level; 6 — boundary of the Kujawy Swell (between sub-Cainozoic outcrops of Upper and Lower Cretaceous); 7 — boundary between sub-Cainozoic outcrops of the Jurassic and Cretaceous; 8 — dislocation zone in consolidated basement on the basis of refraction investigations

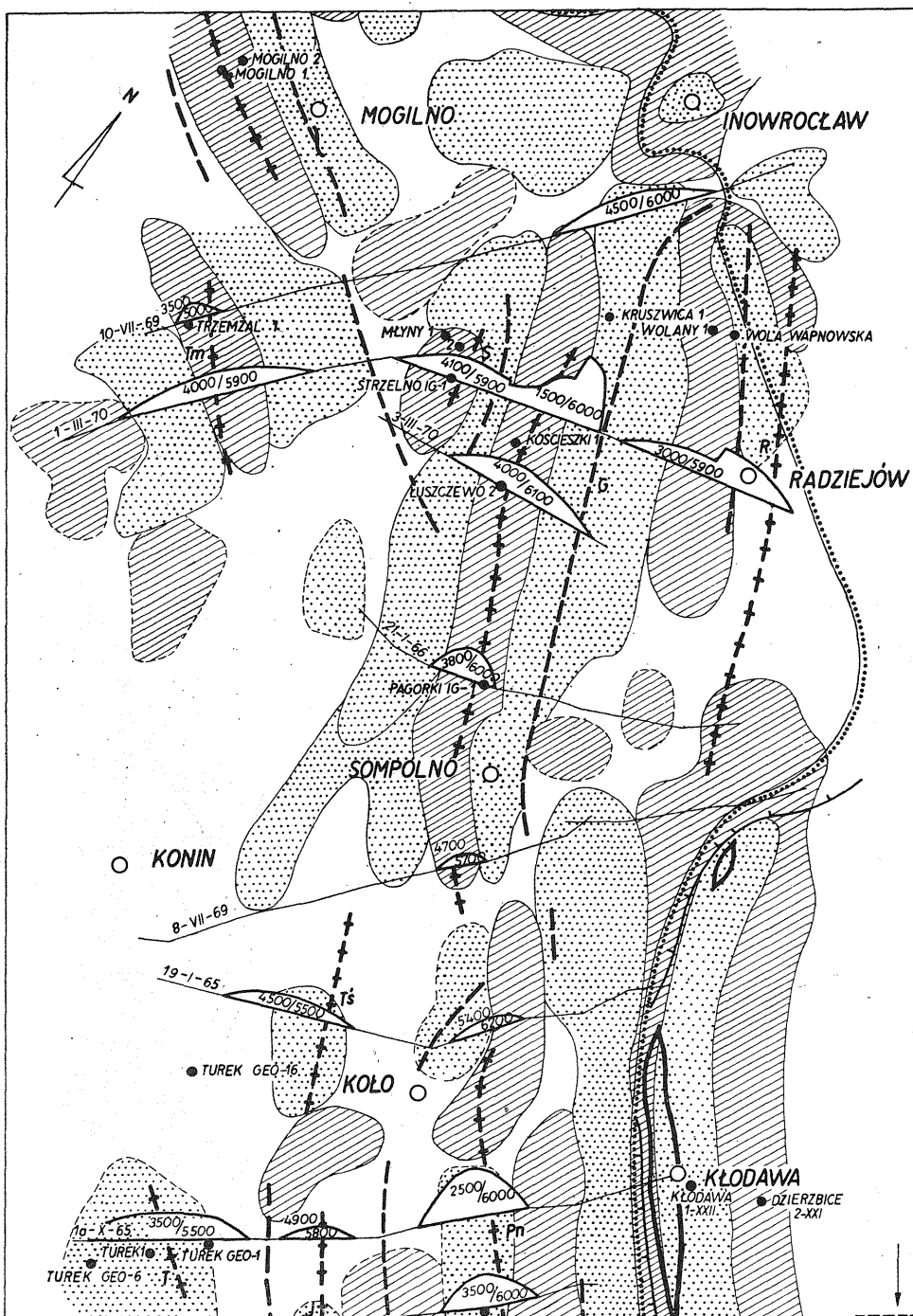


Fig. 3

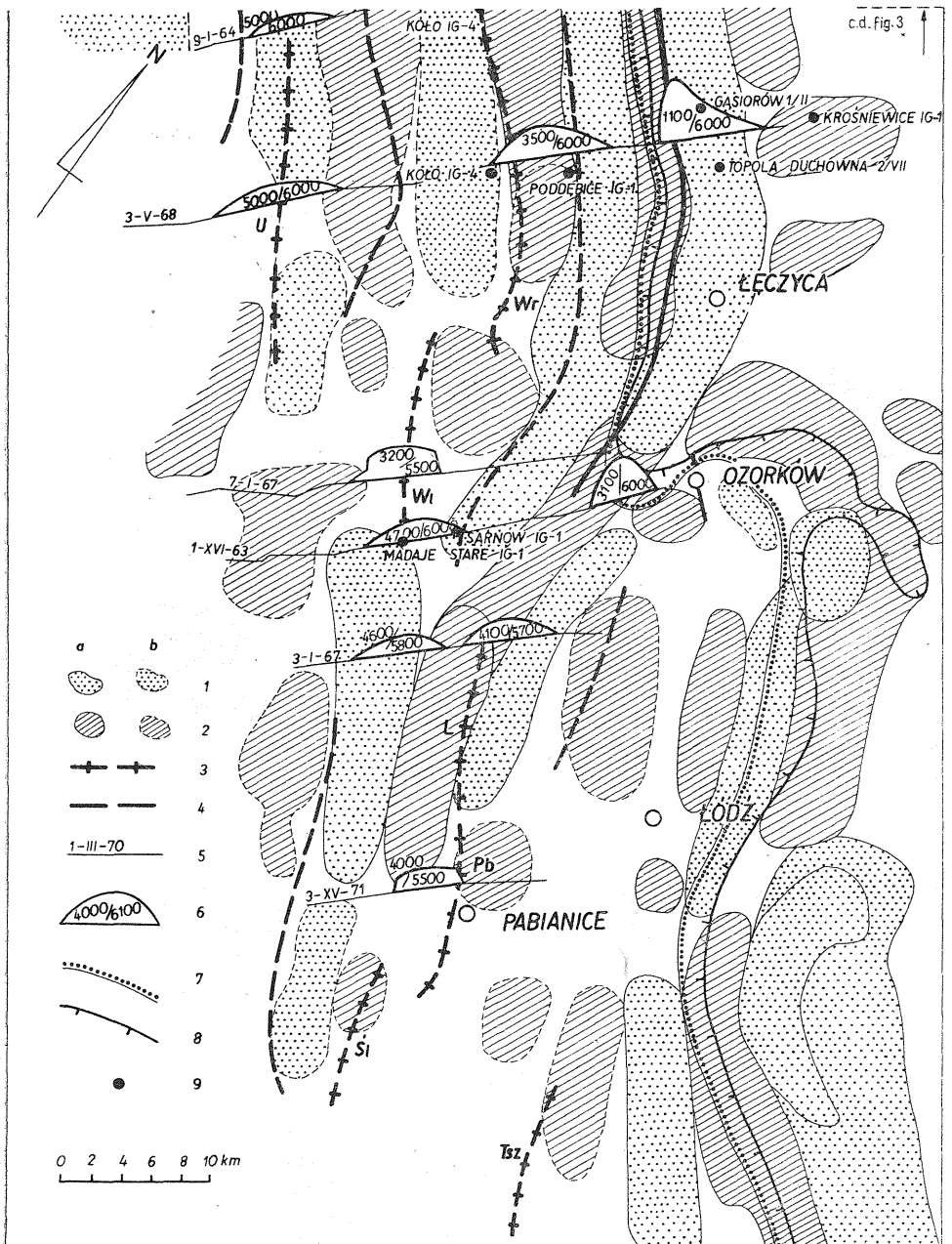


Fig. 3. Szkic rozmieszczenia osi struktur, wyznaczonych na podstawie jurajskiego poziomu sejsmicznego, na tle zarysów grawimetrycznych anomalii resztkowych (wg J. Grzywacza), uzupełniony konturami wymodelowanych utworów solnych

Tak więc w omawianym obszarze o rozwiniętej tektonice solnej o wielkościach anomalii siły ciężkości — odzwierciedlających sumaryczny obraz grawimetryczny — decyduje stosunek mas jurajsko-triasowych do cechsztyńskich oraz głębokości ich występowania. Interpretacja obrazu grawimetrycznego (zarówno anomalii Bouguera, jak i resztkowych) w obszarze o tak złożonych efektach grawimetrycznych i skomplikowanym modelu gęstościowym nie daje jednoznacznych informacji geologicznych o genezie obserwowanych anomalii bez znajomości danych sejsmicznych. Zauważono ponadto istnienie „fikcyjnych” lokalnych anomalii grawimetrycznych w sąsiedztwie struktur Radziejowa i Pabianic. Powstanie tych anomalii nie jest praktycznie związane z obecnością tych struktur, lecz z wyprowadzaniem anomalii rezydualnych, dla określonej wartości promienia i bliskiej odległości strefy dużego gradientu pola grawitacyjnego (brzeg wału kujawskiego). Z przedstawionych faktów wynika, że dla otrzymania bardziej jednoznacznych danych niezbędne było wykonanie kompleksowej, ilościowej interpretacji na modelach sejsmiczno-geologiczno-gęstościowych.

Obliczenia wykonano dla 13 dwuwymiarowych modeli skonstruowanych na podstawie danych sejsmiczno-geologicznych z wybranych profili sejsmicznych. Dane te uzupełniono wspomnianym rozpoznaniem gęstościowym. Wybierano profile, znajdujące się w bardziej interesujących warunkach, wytypowane wstępnie na drodze analizy jakościowej, przechodzące przez struktury sejsmiczne, a w miarę możliwości przez ich części centralne (fig. 1). Przy wyborze profili sejsmicznych kierowano się zarówno jakością wyników sejsmicznych, jak też istnieniem uzupełniających danych geologiczno-gęstościowych. Dla części profili przy konstrukcji modeli wykorzystywano również interpretację geologiczną S. Marka (praca zbiorowa, w druku). Figury 4 i 5 przedstawiają wyniki interpretacji ilościowej wzdłuż profilów 1 — III — 70 (północna część omawianego obszaru) i 1a — I — 65 (południowa część obszaru). Wyznaczenie przebiegu II granicy gęstościowej (strop jury) nie stwarzało większych trudności, gdyż przyjmowano ją przeważnie na podstawie przewodniego poziomu refleksyjnego. Przebieg I granicy gęstościowej, znaj-

Sketch showing distribution of the axes of structures determined on the basis of Jurassic seismic horizon, against a background of residual gravity anomalies (after J. Grzywacz), supplemented with contour lines of modelled salt deposits

1 — strefy grawimetrycznych anomalii resztkowych dodatnich, o wartościach: a — ≥ 1 mgl, b — < 1 mgl; 2 — strefy grawimetrycznych anomalii resztkowych ujemnych, o wartościach: a — ≥ 1 mgl, b — < 1 mgl; osie struktur sejsmicznych: 3 — antyklinalnych, 4 — synklinalnych; 5 — interpretowane profile sejsmiczne; 6 — kontury utworów solnych wymodelowanych na podstawie interpretacji i głębokości p.p.m. występowania ich stropu i spągu; 7 — granica wału kujawskiego (między podkenozoicznymi wychodniami kredy górnej i dolnej); 8 — granica między podkenozoicznymi wychodniami jury i kredy; 9 — otwory geologiczne z pomiarem ciężarów objętościowych; nazwy antyklin jak na fig. 1

1 — zones of positive residual gravimetric anomalies: a — ≥ 1 mgl, b — < 1 mgl; 2 — zones of negative residual gravimetric anomalies: a — ≥ 1 mgl, b — < 1 mgl; axes of seismic structures: 3 — anticlinal, 4 — synclinal; 5 — interpreted seismic profiles; 6 — contour lines of salt deposits modelled on the basis of interpretation and on the depth of their top and bottom below sea level; 7 — boundary of the Kujawy Swell (between sub-Cainozoic outcrops of Upper and Lower Cretaceous); 8 — boundary between sub-Cainozoic outcrops of the Jurassic and Cretaceous; 9 — geological boreholes with measurements of bulk density; names of anticlines as in Fig. 1

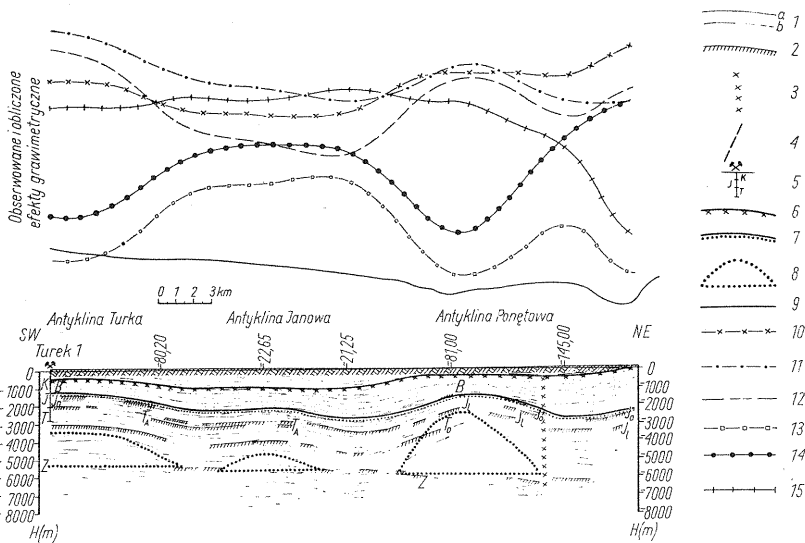


Fig. 4. Interpretacja grawimetryczna na profilu sejsmicznym 1a — I — 65 — modelowanie utworów solnych

Interpretation of gravity measurements on seismic profil 1a — I — 65 — modelling of salt deposits

1 — poziomy sejsmiczne: a — ciągle, b — nieciągle; 2 — poziomy przewodnie; B — przystropowe partie jury, J_0 — przystropowe warstwy oksfordu, J_1 — przystropowe utwory triasu, T_A — strop retyku, T_D — górna część pstrego piaskowca, X — strop cechsztynu, Z — spąg cechsztynu; 3 — strefy nieciągłości sejsmicznych; 4 — uskoki; 5 — otwory geologiczne; oznaczenia formacji: K — kreda, J — jura, T — trias; 6 — przebieg I granicy gęstościowej (górnokredowej); 7 — przebieg II granicy gęstościowej (jurajskiej); 8 — kontury modeli utworów solnych; 9 — Δg — obserwowana anomalia Bouguera; efekt grawitacyjny; 10 — I granicy gęstościowej, 11 — II granicy gęstościowej, 12 — I i II granicy gęstościowej; 13 — krzywa Δg po odjęciu efektu grawitacyjnego granic kredowo-jurajskich (I i II granicy gęstościowej); 14 — krzywa wymodelowana dla utworów solnych; 15 — krzywa Δg po odjęciu od obserwowanej anomalii Bouguera sumarycznego efektu grawitacyjnego

1 — seismic horizons: a — continuous, b — discontinuous; 2 — marker horizons; B — Jurassic deposits near the top, J_0 — Oxfordian beds near the top, J_1 — Triassic beds near the top, T_A — top of Rhaetian deposits, T_D — upper part of Bunter Sandstone, X — top of Zechstein, Z — bottom of Zechstein; 3 — zones of seismic discontinuity; 4 — faults; 5 — geological boreholes; designations of the particular formations: K — Cretaceous, J — Jurassic, T — Triassic; 6 — course of density boundary I (Upper Cretaceous); 7 — salt deposits; 8 — contour lines of models of salt deposits; 9 — Δg — Bouguer's anomaly observed; effect of gravitation: 10 — of density boundary I, 11 — of density boundary II, 12 — of density boundaries I and II; 13 — curve Δg when the effect of the gravity of Cretaceous-Jurassic boundaries (density boundaries I and II) is not considered; 14 — curve modelled for salt deposits; 15 — curve Δg when the total gravimetric effect is subtracted from Bouguer's anomaly observed

dującej się wewnątrz kompleksu górnokredowego, był trudniejszy do ustalenia. Przeważnie wyznaczano go na podstawie głębokości zalegania mastrychtu i kampanu — w istniejących na interpretowanym profilu otworach lub w jego pobliżu — oraz na podstawie charakteru zapadania refleksów sejsmicznych na tej głębokości.

Praktycznie efekty grawitacyjne założonych modeli obliczano dzieląc je na kilka poziomych warstw i wykorzystując formułę efektu grawitacyjnego półpłaszczyzny poziomej. Właściwą interpretację ilościową przeprowadzono w dwóch etapach. Etap pierwszy polegał na wyliczeniu

efektów grawitacyjnych — przyjętych za znane — układów mas dwóch pierwszych głównych ośrodków gęstościowych. W drugim etapie wykorzystano dane grawimetryczne, odejmując od krzywej obserwowanej anomalii Bouguera krzywą dla sumy dwu pierwszych ośrodków. Otrzymano krzywą różnicową, odwzorowującą głównie efekty związane z wy-

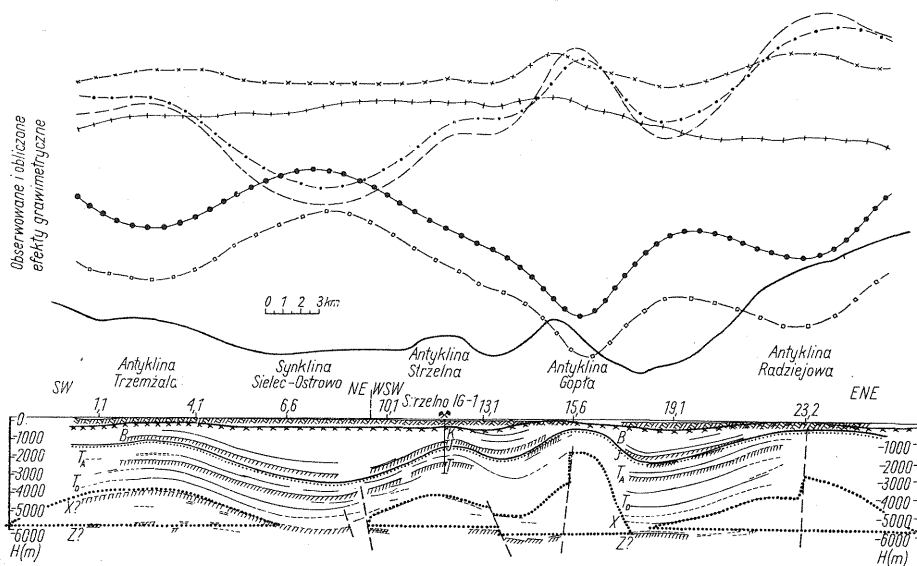


Fig. 5. Interpretacja grawimetryczna na profilu sejsmicznym 1 — III — 70 — modelowanie utworów solnych

Interpretation of gravity measurements on seismic profil 1 — III — 70 — modelling of salt deposits

Objaśnienia jak na fig. 4

Explanations as in Fig. 4

niesieniem ciał solnych. Określenie sposobu zalegania utworów solnych następowało metodą doboru modeli ciał solnych na drodze kolejnych przybliżeń w warunkach niesprzeczności z danymi sejsmicznymi. Należy zaznaczyć, iż otrzymany — w wyniku końcowej interpretacji — model ciała solnego jest przybliżony, ze względu na małą dokładność danych wyjściowych przyjętych do interpretacji (model geologiczno-gęstościowy). Często napotymano trudności przy modelowaniu granicy najpłytszej i w tym przypadku dokładność interpretacji była najmniejsza.

Bezpośrednim i najistotniejszym efektem interpretacji ilościowej wzdłuż wybranych profili sejsmicznych było otrzymanie modeli utworów solnych dla poszczególnych obiektów strukturalnych. W wyniku interpretacji przekroje sejsmiczne zostały wzbogacone dodatkowymi informacjami o wielkości i rozłożeniu ciał solnych, ich stopniu wypiętrzenia, czego niestety nie można było uzyskać na podstawie samych rejestracji sejsmicznych. Nawet przy zaawansowanej metodyce prac sejsmicznych w strefach antyklinalnych otrzymuje się najslabsze wyniki sejsmiczne. Kontury wymodelowanych utworów solnych (zrzutowane na linię profilu) łącznie z danymi ilościowymi, jak głębokości zalegania stropu i spą-

gu soli, przedstawiają fig. 1—3. Na figurze 1 naniesiono dodatkowo osie stref struktur solnych na podstawie wyinterpretowanych modeli ciał solnych. Takie zestawienie wyników pozwala na bezpośrednie wyciągnięcie wniosków dotyczących usytuowania i przestrzennego rozmieszczenia tych struktur.

Z informacji przedstawionych na fig. 1 widać, iż na rozpatrywanym obszarze utwory solne, występujące w jądrach prawie wszystkich stwierdzonych w tym rejonie antyklin mezozoicznych, układają się w ciągi strukturalne (R. Dadlez, S. Marek, 1969; S. Marek, J. Znosko, 1972). Najdłuższy ciąg tworzą utwory solne antyklin Inowrocławia, Gopła, Ponętowa i Wartkowiec, stanowiące prawdopodobnie jeden ciągły obiekt solny o kierunku NNW—SSE, o różnej miąższości, z największymi amplitudami w centrach antyklin mezozoicznych. O przedłużeniu się osi strefy struktury solnej Gopła w kierunku północnym, być może, aż do połączenia się z ciągiem Inowrocławia, świadczy istnienie grzbietu solnego na profilu 10 — VII — 69, natomiast o przedłużaniu się tej struktury w kierunku południowym świadczy mały grzbiet solny na profilu 8 — VII — 69. Struktura Gopła ciągnie się jeszcze dalej na południe, być może, aż do połączenia się ze strukturą solną Ponętowa, o czym świadczy wymodelowanie małego grzbietu solnego na profilu 19 — I — 65. Przedłużeniem utworów solnych Ponętowa są struktury Wartkowiec. Charakterystyczne jest, że wszystkie struktury solne na ciągu Ponętów — Wartkowiec mają podobny kształt (bardziej strome skrzydła zachodnie i łagodniejsze skrzydła wschodnie) zbliżony do kształtu skrzydeł antyklin mezozoicznych znajdujących się nad nimi.

Na południe od ciągu Inowrocław — Gopło — Ponętów — Wartkowiec znajduje się ciąg utworów solnych antykliny Wilczycy, przedłużający się w kierunku południowym do Lutomińska. Na południowy wschód od tego ciągu rysuje się ciąg struktur solnych antykliny Pabianice — Lutomińsk, będący południowym przedłużeniem kłodawskiej struktury solnej. Potwierdza to obecność obiektu solnego w rejonie Ozorkowa. Ciąg utworów solnych Pabianice — Lutomińsk w części południowej ma kierunek NNW—SSE, natomiast na północ od rejonu Lutomińska skręca on na N—S, podobnie jak oś antykliny mezozoicznej. Ciąg ten zlokalizowany jest po wschodniej stronie regionalnej dyslokacji, stwierdzonej w poziomie podsolnym Z (fig. 2). Do ciągu tego należy wyinterpretowana wschodnia poduszka solna Lutomińska. Słabiej wykształcona, zachodnia poduszka solna Lutomińska, znajdująca się po zachodniej stronie wspomnianej dyslokacji, należy prawdopodobnie do ciągu strukturalnego Wilczycy i stanowi jego południowe przedłużenie.

Na zachód od opisanych wyżej ciągów stwierdzono utwory solne występujące lokalnie w postaci poduszek w jądrach antyklin: Trzemzała, Strzelna, Trześni i Turka. Dość długi ciąg stanowią utwory solne antyklin Janowa i Uniejowa. Na wszystkich interpretowanych profilach przechodzących przez te dwie struktury stwierdzono małe, prawie symetryczne poduszki solne. Wyniki interpretacji wskazują na istnienie tu pod strukturą mezozoiczną ciągłego obiektu solnego o szerokiej podstawie i małej wysokości.

Dla scharakteryzowania całości obszaru należy jeszcze wspomnieć, o utworach solnych antykliny Radziejowa, usytuowanej na północno-

-wschodnim krańcu omawianej strefy. I tu oś struktury pokrywa się z osiami antyklin jurajskich.

Na szkicu strukturalnym poziomu podsolnego Z (fig. 2) widać, że duża część wymodelowanych utworów solnych usytuowana jest w szerokiej strefie nieciągłości korelacyjnej (z towarzyszącymi jej dyslokacjami). Jest to jednocześnie strefa najgłębszego występowania podłoża podcechsztyńskiego (powyżej 6000 m). Ciągnie się ona od rejonu struktur Pabianic i Lutomińska, poprzez struktury Wartkowic i Ponętowa aż do północnego krańca struktury Gopła. Utwory solne znajdujące się w jądrach tych antyklin tworzą prawdopodobnie ciągły obiekt solny, miejscami przebijający utwory triasu. Miąższość osadów solnych na strukturach dochodzi do 4000 m, natomiast w nieckach międzystrukturalnych występuje zjawisko odwrotne — cechsztyń jest silnie zredukowany, a bardzo dużą miąższość osiąga mezozoik (do 4000 m).

Pozostałe utwory solne znajdują się na zachód od opisanej wyżej strefy, w obszarze płytszego występowania podłoża podcechsztyńskiego oraz mniejszych miąższości cechsztynu. Obszar ten charakteryzuje się obecnością łagodniejszych i mniej zdyslokowanych struktur mezozoicznych nadbudowanych na słabiej spiętrzonych utworach solnych (Turek, Uniejów, Janów, Trzemzał, Trześnia). Część obiektów solnych (struktura Radziejowa i ewentualnie Turka; fig. 2) znajduje się w strefach większego gradientu głębokości poziomu Z, co może być także związane z obecnością uskoków (często strefy dużych gradientów podłoża podcechsztyńskiego są odwzorowaniem stref dyslokacyjnych). Niewielka ilość obiektów solnych i to tylko w zachodniej części interesującego nas obszaru leży w rejonie o małych gradientach głębokości. Stopień udokumentowania morfologii poziomu Z nie jest tam jednak duży. Wszystkie omówione wyżej korelacje świadczą o związkach genetycznych struktur solnych z uskokami w poziomie podsolnym.

Obraz morfologii skonsolidowanego podłoża w strefie brzeżnej platformy paleozoicznej i prekambryjskiej centralnej Polski, opracowany na podstawie badań refrakcyjnych, został szczegółowo omówiony przez J. Skorupę (praca zbiorowa, w druku). Tu trzeba jedynie nadmienić, że na brzegu platformy paleozoicznej w środkowej Polsce wyodrębniono blok, którego południowo-zachodnią granicę stanowi regionalna strefa dyslokacyjna (w przybliżeniu równoległa do brzegu platformy), przebiegająca od południowych okolic Włoszczowej, przez obszar pomiędzy Piotrkowem i Bełchatowem, Pabianicami i Łaskiem i nieco na wschód od Uniejowa i Koła (fig. 2). Blok opuszczony leży na północny wschód od wymienionej strefy. Na południowy zachód od niej podłoże skonsolidowane występuje przypuszczalnie bezpośrednio pod utworami cechsztynu. Zrzut podłoża może być szacowany na około 2000 m, przy czym blok opuszczony pocięty jest w wyraźny sposób uskokami, w wyniku czego powstały lokalne niecki i garby.

Mimo małej dokładności przedstawienia morfologii poziomu Z oraz strefy dyslokacyjnej w skonsolidowanym podłożu, uderzająca jest zgodność przebiegu tej strefy z regionalną strefą nieciągłości korelacyjnych i dyslokacji w poziomie Z, ciągnącą się od Pabianic przez Wartkowice i Sompolno (fig. 2). Tak więc w generalnych rysach widoczne jest potomne odnawianie dyslokacji starszych od cechsztynu, zrzucających tak

znacznie skonsolidowane podłoże. Oczywiście potomne dyslokacje w tej strefie mają o wiele mniejsze amplitudy w poziomie Z. Niemniej jednak w strefie tej, jak już wspomniano, zauważono bardzo intensywne przejawy tektoniki solnej. Przejawy te obserwuje się również w granicach całego opuszczonego bloku platformy paleozoicznej (środkowa Polska), tj. na północny wschód od omawianej strefy. Niestety dla interesującego nas obszaru jej przebieg jest udokumentowany w przybliżeniu tylko do rejonu Sompolna. W rejonie tym w poziomie Z (fig. 2) obserwuje się rozchodzenie się uskoków w dwu różnych kierunkach, odpowiadających strukturom permo-mezozoicznemu (struktura Gopła i Trzemżala). Zatem stara strefa dyslokacyjna w skonsolidowanym podłożu, wyinterpretowana z badań refrakcyjnych, mogłaby stanowić również granicę obszarów o różnej labilności w cechszynie (i po cechszynie), co oczywiście mogło wpłynąć na miąższość utworów cechsztyńskich i podcechsztyńskich (miąższość ich byłaby większa na północny wschód od tej strefy). Strefa dyslokacyjna w podłożu skonsolidowanym przebiega prawie równolegle (na odcinku, gdzie ma przebieg najbardziej prawdopodobny) do południowo-zachodniego brzegu wału kujawskiego, znajdującego się tu na obniżonym bloku podłoża. Zatem długowieczność wpływów tej strefy oraz równoległych do niej uskoków (w opuszczonym, lokalnym bloku brzeżnym platformy paleozoicznej) warunkowała utworzenie się tu miąższych utworów cechsztynu oraz rozwój potomnej tektoniki solnej (o dużym nasileniu), wyraźnie oddziaływającej na wykształcenie i ułożenie utworów triasowych i jurajskich (wał kujawski).

Można więc stwierdzić, że zakładana przez S. Marka i J. Znoskę (1972) „wałna dyslokacja nieciągła o głębokim zakorzenieniu” istnieje nie tylko w podłożu cechsztynu w strefie Gopło — Poddębice — Pabianice, ale posiada o wiele głębsze założenia — sięgające do skonsolidowanego podłoża — i to z wyraźnie większą amplitudą niż w wypadku licznych potomnych uskoków w podłożu podcechsztyńskim. Badania refrakcyjne dały informację o jej istnieniu i przybliżonej lokalizacji, co nakreśla perspektywy dla dalszego precyzowania obrazu tej strefy tą właśnie metodą. Uzasadnieniem badań strefy dyslokacyjnej może być jej perspektywiczność ze względu na poszukiwania węglowodorów, co wynika z obecności grubego profilu skał osadowych, leżących na podłożu, a poniżej cechsztynu na bloku opuszczonym. Na bloku południowo-zachodnim profil ten jest bardzo cienki. Badania refrakcyjne winny być tu wiązane z badaniami refleksyjnymi, śledzącymi morfologię stropu podłoża cechsztynu.

Modele utworów solnych skonfrontowano z mapą grawimetrycznych anomalii resztkowych (fig. 3) oraz z mapą anomalii Bouguera. W przeciwieństwie do wcześniej wykonanych zestawień, w omawianym rejonie stwierdza się brak wspomnianej korelacji między obrazem struktur solnych a obrazem grawimetrycznym. Lokalizacja niżów i wyżów grawimetrycznych nie wykazuje jasnego i bezpośredniego związku z budową geologiczną poszczególnych struktur. Wynika to z dużego na ogół stopnia skompensowania struktur solnych w obrazie grawimetrycznym. Na mapie grawimetrycznych anomalii resztkowych w miejscach wymodelowanych obiektów solnych obserwuje się w większości wypadków bardzo niskie i trudno czytelne efekty grawimetryczne, z reguły nie sięgające

Tabela 3

Porównanie efektów grawimetrycznych obserwowanych i teoretycznych

Nazwa struktury	Anomalie reszkowe odpowiadające strukturze w mgl	Przybliżone wartości anomalii teoretycznych odpowiadające wyinterpretowanym ciałom solnym w mgl
Gopło	+3,0; +5,0	-22
Trzemżał	+1,0	-15
Radziejów	+0,5	-17
Poneńtów	+1,0; -1,0	-17
Wartkowice	0	-12
Uniejów	-0,25	-6
Wilczyca	-0,25	-12
Lutomiersk—Pabianice	0	-10

w swych wartościach bezwzględnych powyżej 0,5—1,0 mgl. Wyjątek stanowi rejon Mogilna i Gopła, gdzie wartości anomalii reszkowych wynoszą 3—5 mgl. Dodatkową ilustracją małej efektywności metody grawimetrycznej mogą być zawarte w tab. 3 wartości obserwowanych anomalii reszkowych — odpowiadające danej strukturze — oraz przybliżone wartości anomalii lokalnych, teoretycznych, odpowiadające wyinterpretowanym ciałom solnym w jądrach tych struktur.

WNIOSKI

1. Ilościowa interpretacja kompleksowa dla strefy Gopło — Poneńtów — Pabianice przeprowadzona na dwuwymiarowych modelach geologiczno-gęstościowych — skonstruowanych wzdłuż profili sejsmicznych — pozwoliła na uzyskanie pełniejszych informacji o udziale ciał solnych w tworzeniu struktur, w stosunku do informacji uzyskiwanych tylko za pomocą badań sejsmicznych. Przedstawione na wybranych do interpretacji profilach wielkości wymodelowanych utworów solnych (fig. 1—3), występujących w jądrach struktur mezozoicznych, są jednym z podstawowych efektów niniejszego opracowania.

2. Utwory solne, występujące w jądrach prawie wszystkich antyklin mezozoicznych stwierdzonych w strefie Gopło — Pabianice, układają się w ciągi strukturalne. Wyniki interpretacji umożliwiły śledzenie ciągłości tych antyklin, lub łączenie ich.

3. Zaobserwowane korelacje świadczą o związkach genetycznych struktur solnych z uskokami w poziomie podsolnym. W obszarze o głębszym i silnie zdyslokowanym podłożu podcechsztyńskim (wschodnia część omawianego obszaru) powstały duże ciała solne (wały i słupy), układające się w ciągi często skomplikowane uskokami. W obszarze o płytszym zaleganiu podłoża podcechsztyńskiego (zachodnia część omawianego obszaru) powstały pojedyncze poduszki solne.

4. Stwierdzono brak korelacji między obrazem struktur solnych a obrazem grawimetrycznym, spowodowany występowaniem na omawianym obszarze struktur przedstawiających w grawimetrii obraz w dużym stopniu skompensowany. Powoduje to niską efektywność metody grawimetrycznej przy bezpośrednim wykrywaniu struktur solnych. Dodatkową ilustrację stopnia kompensacji typowych struktur dokonano porównując obserwowane i teoretyczne anomalie grawimetryczne dla wyinterpretowanych jąder solnych.

5. Stwierdzono związek między starą regionalną strefą dyslokacyjną (zrzucającą skonsolidowane podłoże o około 2000 m i przebiegającą wzdłuż linii Gopło — Poddebice — Pabianice) a obecnością na północny wschód od niej grubego profilu utworów podcechsztyńskich i najbardziej intensywnym rozwojem tektoniki solnej. Strefa ta stanowi jeden z podstawowych elementów tektonicznych kształtujących budowę geologiczną brzegu platformy paleozoicznej.

Analiza materiałów geofizycznych pozwala wyciągnąć również wiele wniosków metodycznych. Stwierdzić należy, że dla szczegółowego rozpoznania budowy geologicznej interesującego nas obszaru największe znaczenie mają badania sejsmiczne refleksyjne (oczywiście przy dysponowaniu niezbędną ilością parametrycznych wierceń). Prace refrakcyjne mogą być prowadzone w celu zbadania morfologii i tektoniki głębokiego, skonsolidowanego podłoża i związków z tektoniką solną. Metody grawimetryczne mają rolę bardzo ograniczoną. Należy je traktować jedynie jako pomocnicze, a ich celowość należy widzieć nie w kontynuowaniu pomiarów, lecz w interpretacji istniejących już danych, w połączeniu z wynikami metody sejsmicznej.

Interpretacja kompleksowa powinna być skierowana na uzupełnienie obrazu budowy geologicznej, tzn. na stwierdzanie obecności ciał solnych i precyzowanie ich przestrzennego ułożenia.

Zakład Geofizyki
Instytutu Geologicznego
Warszawa, ul. Rakowiecka 4
Nadesłano dnia 28 maja 1975 r.

PIŚMIENNICTWO

- DADLEZ R., MAREK S. (1969) — Styl strukturalny kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na niektórych obszarach Niżu Polskiego. *Kwart. geol.*, **13**, p. 543—563, nr 3. Warszawa.
- DZIEWIŃSKA L. (1974) — Jakościowa korelacja wyników badań sejsmicznych i grawimetrycznych w strefie Lutomiernik — Mogilno. *Kwart. geol.*, **18**, p. 405—415, nr 2. Warszawa.
- MAREK S., ZNOSKO J. (1972) — Tektonika Kujaw. *Kwart. geol.*, **16**, p. 1—18, nr 1. Warszawa.
- PRACA ZBIOROWA (w druku) — Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej (strefa Gopło — Ponętów — Pabianice) pod redakcją S. Marka. Pr. Inst. Geol. Warszawa.

Ян СКОРУПА, Лидия ДЗЕВИНЬСКА

КОМПЛЕКСНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ В ЗОНЕ ГОПЛО — ПАБИЯНИЦЕ С УЧЕТОМ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕХШТЕЙНА И ФУНДАМЕНТА

Резюме

Целью комплексной интерпретации результатов геофизических работ, проводившихся в зоне Гопло — Пабиянице являлось:

- получение данных о глубинном геологическом строении этой территории с широко развитой соляной тектоникой,
- показание методических возможностей интерпретации данных, полученных различными методами.

Согласно с основными положениями, особенное внимание обращено на более полное изучение соляных пород цехштейна и фундамента, как подцехштейнового, так и консолидированного.

Из всего комплекса геофизических работ главным образом использованы сейсмические исследования методом отраженных и преломленных волн и гравиметрический метод. По результатам сейсмических исследований методом отраженных волн составлено общее представление о геологическом строении района, т.е. о структурном строении территории и отдельных локальных структур, но как правило характеристика цехштейна далеко не полная. По наново проинтерпретированным материалам региональных работ методом преломленных волн, составлено предварительное представление о морфологии консолидированного фундамента. Использовались также трудно интерпретируемые гравиметрические материалы.

Анализ измерений объемного веса явился основой для создания общей плотностной модели. Здесь мы имеем дело со структурами, которые на гравиметрических картах представлены в компенсированном виде, поэтому интерпретация оказывается сложной. Такие же выводы сделаны в результате качественной корреляции геологического строения, полученного по сейсмическим материалам, с гравиметрической картиной.

Для получения количественных данных проведена детальная интерпретация на сейсмо-геолого-плотностных моделях. Выполнены расчеты для 13 двумерных моделей.

Сопоставление и корреляция всех материалов позволили сделать следующие главные выводы:

1. Соленосные отложения залегают в ядрах почти всех мезозойских антиклиналей. Получена возможность непрерывного их прослеживания или соединения друг с другом.
2. Наблюдаемая корреляция свидетельствует о генетической связи соляных структур с дислокациями в подсолевом горизонте.
3. Установлена связь между древней региональной дислокационной зоной, где наблюдается сброс консолидированного фундамента примерно на 2000 м, проходящий по линии Гопло — Поддембце — Пабиянице с наличием мощных подцехштейновых отложений, залегающих на юго-запад от этой зоны, и очень интенсивным развитием соляной тектоники.

Главным методическим выводом является то, что в этом районе весьма эффективным является комплекс интерпретации гравиметрических данных с сейсмическими данными по методу отраженных волн для определения формы соляных масс. Использование только гравиметрических данных мало эффективно и неоднозначно.

Jan SKORUPA, Lidia DZIEWIŃSKA

A COMPLEX INTERPRETATION OF THE RESULTS OF GEOPHYSICAL ANALYSES IN THE GOPŁO — PABIANICE AREA WITH SPECIAL EMPHASIS ON ZECHSTEIN DEPOSITS AND THEIR BASEMENT

Summary

A complex interpretation of the results of geophysical investigations in the Gopło — Pabianice area was made in order to obtain more information about the deep geological structure of this region, characterized by intensive salt tectonics, and to examine the possibilities of interpreting different geophysical methods.

Special emphasis was laid on a fuller investigation of salt deposits of the Zechstein as well as of the sub-Zechstein and consolidated basement.

The main methods used in the present investigations were the seismic reflection and refraction methods and the gravity method. The results of seismic reflection method provided a general picture of the geological structure of the area concerned and of the local structures, but the characteristic of Zechstein deposits thus obtained was not complete. The results of regional refraction method were the reinterpreted, and on this basis a tentative picture of the morphology of the consolidated basement was formed. The results of gravity measurements were also available but their interpretation encountered considerable difficulties.

Analyses of the measurements of density provided the basis for creating the general density model. Geological structures in this area present a compensated picture on gravity maps and this leads to difficulties in the interpretation of gravity measurements. The same conclusions were reached when the picture of geological structure, based on seismic materials, was correlated quantitatively with the picture of gravimetric anomalies.

In order to obtain quantitative data the authors made a detailed interpretation of thirteen two-dimensional seismic-geologic-density models.

All the data obtained were compiled and correlated and thus the following conclusions were reached:

1. Salt deposits occur in the cores of almost all the Mesozoic anticlines recorded in the area. The authors were able to trace the continuity or the joining of these anticlines.

2. The correlations established here indicate a genetic relationship between salt structures and dislocations in the sub-salt horizon.

3. A relationship has been established between the old, regional dislocation zone (which faulted down the consolidated basement about 2 000 m, and which runs along the Gopło — Poddebice — Pabianice line), the thick sub-Zechstein sediments, and the most intensive development of salt tectonics.

The most important methodical conclusion, reached in the present study is the great effectiveness of a complex interpretation of the results of gravity measurements and seismic reflexive data. The use of data concerning gravity only is not very effective and does not lead to explicit conclusions.