

## Komputerowa analiza potencjalnych możliwości akumulacji gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca w polskim basenie permskim

Paweł Henryk Karnkowski\*,\*\*

### Computer-aided analysis of gas accumulation potential within the Rotliegend deposits in the Polish Permian Basin

**Summary.** Polish Permian Basin is the eastern part of the great Southern Permian Basin which extended from England, through the Netherlands, North Sea, Germany, Denmark, up to Poland. The current investigations indicate further possibilities of oil and gas exploration in this basin. The former geosynopsis elaborations for this basin were done without workstations. Now, we have PetroMode (IES) application and from this moment the geological, geophysical and geochemical data are analysed together. This analysis becomes a base for simulation programme of hydrocarbon's generation, expulsion and migration resulted from the geological evolution of basin. The fourteen geological cross-sections, from 100 to 400 km long, cutting perpendicularly the Polish Rotliegend Basin, were a basis of analysis (Figs 1–3). The cross-sections were prepared with complementary usage of seismic, gravimetric and well data. The Carboniferous rocks, underlying the Rotliegend deposits, were taken under simulation as source rocks. The Zechstein evaporites, overlying Rotliegend Group, were regarded as seal rocks. For the Rotliegend deposits differentiated lithology was assumed: claystone and siltstone mainly in the basin centre, but sandstones and conglomerates in the transitional and marginal zones (Figs 1, 4). Maximum value of erosion during the late Jurassic and early Tertiary is assumed to attain 2–3 km in the zones with highest degradation (Mid-Polish Anticlinorium, Fore-Sudetic Monocline). The paleobathymetric correction also was considered. The value of heat flow for modelling of 60 W/m<sup>2</sup> was assumed. Since the Carboniferous rocks are almost in the gas phase, it should be thought that a heat flow value used for simulation is sufficient. The simulation results are fourteen cross-sections showing quantity and quality total petroleum volume for each geological region (Fig. 5). Obtained results were visualized on the map (Fig. 6) and compared to actual gas fields distribution. In the zones of hydrocarbons accumulation the value of total petroleum volume everywhere is high. On the other hand the map indicates the new prospective regions for future studies. There are as follows: 1) Western Pomerania region between Daszewo and Resko, 2) region between Poznań and Czeszewo, 3) region located north-east of Września, 4) region between Sława and Głogów. Regions of high gas accumulation potential mentioned above are partly concordant with the prognostic zones indicated in other projects, but the suggested here are more precisely contoured and limited to individual areas.

Polski basen permski jest wschodnią częścią wielkiego permskiego basenu sedymentacyjnego, rozciągającego się od Anglii, poprzez Holandię, Danię Niemcy, aż do Polski (ryc. 1–2). Dotychczasowe odkrycia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w tym basenie, włączając w to również polskie wyniki, wskazują na dalsze możliwości poszukiwawcze na tym obszarze (Depowski, 1976; Skarbek, 1992; Karnkowski, 1993). Oprócz opracowań sedymentologicznych (Pieńkowski & Kiersnowski, 1990; Głowacki i in.,

1993;), petrograficznych (Rydzewska i in., 1993), stratygraficznych (Karnkowski, 1987, 1994), złożowych (Karnkowski, 1985, 1993; Kiersnowski & Wojtkowiak, 1993), itp. wykonuje się także analizę geosynoptyczną dla tego basenu (Depowski, 1976; Sokołowski & Tomaszewski, 1988; Strzetelski, 1993; Bachleda-Curuś & Semyrka, 1995; Górecki i in., 1995).

Dotychczasowe opracowania tego typu w Polsce, w większości przypadków, były wykonywane bez możliwości komputerowej symulacji rozwoju basenu. Program komputerowy PetroMod, zakupiony wraz ze stacją firmy Landmark, umożliwia przeprowadzenie kompleksowej analizy danych geologicznych, geofizycznych i geochemicznych. Analiza ta jest podstawą do symulacji warunków generacji i migracji węglowodorów w zależności od historii geologicznej basenu (Jagośiak & Merta, 1995).

Podstawą tego programu komputerowego są profile (obrazy dwuwymiarowe), które najczęściej tworzy się na podstawie analizy profili sejsmicznych (ryc. 3, 4). Ponieważ w zakresie niniejszego opracowania wchodzi cały polski basen permski posłużono się głębokimi przekrojami geologicznymi przez Niż Polski (Karnkowski, 1979), które były przez autora uaktualnione (ryc. 3), w szczególności o najnowsze wyniki prac z czerwonego spągowca. Profile te obejmują kilka jednostek strukturalnych na Nizinie Polskiej. Każda z tych jednostek ma odrębną charakterystykę geologiczną i aby móc przygotować do programu dane wejściowe dla poszczególnych wydziałów (miąższość, litologia, czas sedymentacji, czas braku depozycji, czas i wielkość erozji, paleobathymetria) przeanalizowano wiele opracowań (Żelichowski, 1964; Znosko, 1968; Pokorski, 1978, 1988; Karnkowski, 1980; Wierzchowska-Kicułowa, 1984; Dayczak-Calikowska & Moryc, 1988; Deczkowski & Franczyk 1988a, b; Gajewska 1988a, b; Jaskowiak-Schoenaichowa, Krassowska, 1988; Marek, 1988; Niemczycka & Brochwicz-Lewiński, 1988; Wagner 1988; Nowicki i in., 1990; Narkiewicz, 1991; Pożaryski & Karnkowski, 1992; Antonowicz i in., 1993; Lech, 1993; Dadlez i in., 1994). Dane wejściowe odnośnie litologii czerwonego spągowca w polskim basenie permskim przygotowano na podstawie następujących opracowań (Pokorski, 1978, 1988; Karnkowski, 1987, 1994; Rydzewska, 1987; Muszyński, 1991; Bojarska & Głowacki, 1992; Głowacki i in., 1993; Rydzewska i in., 1993). Do programu przygotowano też dane geochemiczne (ilość i rodzaj materii organicznej zawartej w skałach macierzystych), które zostały zaczerpnięte z opracowań Merty (1993a, b) i Wilczka (1982).

Analiza powyższych materiałów oraz przygotowanie danych wejściowych zajęło ok. 80% czasu przeznaczonego na niniejsze opracowanie. Jest to etap prac, od którego zależy powodzenie całego programu, gdyż niepełne lub niewłaściwe przygotowanie danych może zniekształcić w sposób istotny wynik uzyskany po symulacji danych wejściowych. Szeroka znajomość zagadnień ogólnych jest również bardzo przydatna w trakcie symulowania danych, gdyż można testować wiele parametrów wejściowych w zakresie ich zmienności regionalnej, a uzyskane wyniki odnosić do konkretnych zmiennych, jako czynników modelujących prawidłowości rozwoju basenu sedymentacyjnego.

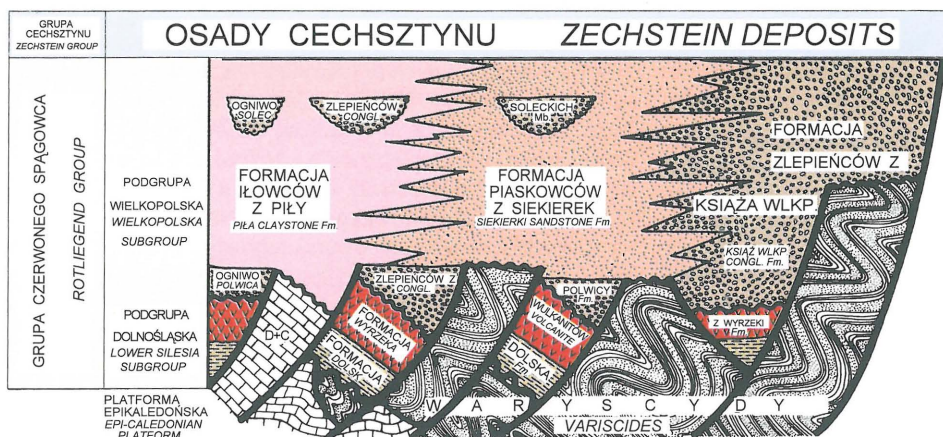
\*Instytut Geologii Podstawowej, UW, ul. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa

\*\*PGNiG, Biuro Geologiczne GEONAFITA, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa

**Najistotniejsze uwagi o danych wejściowych**

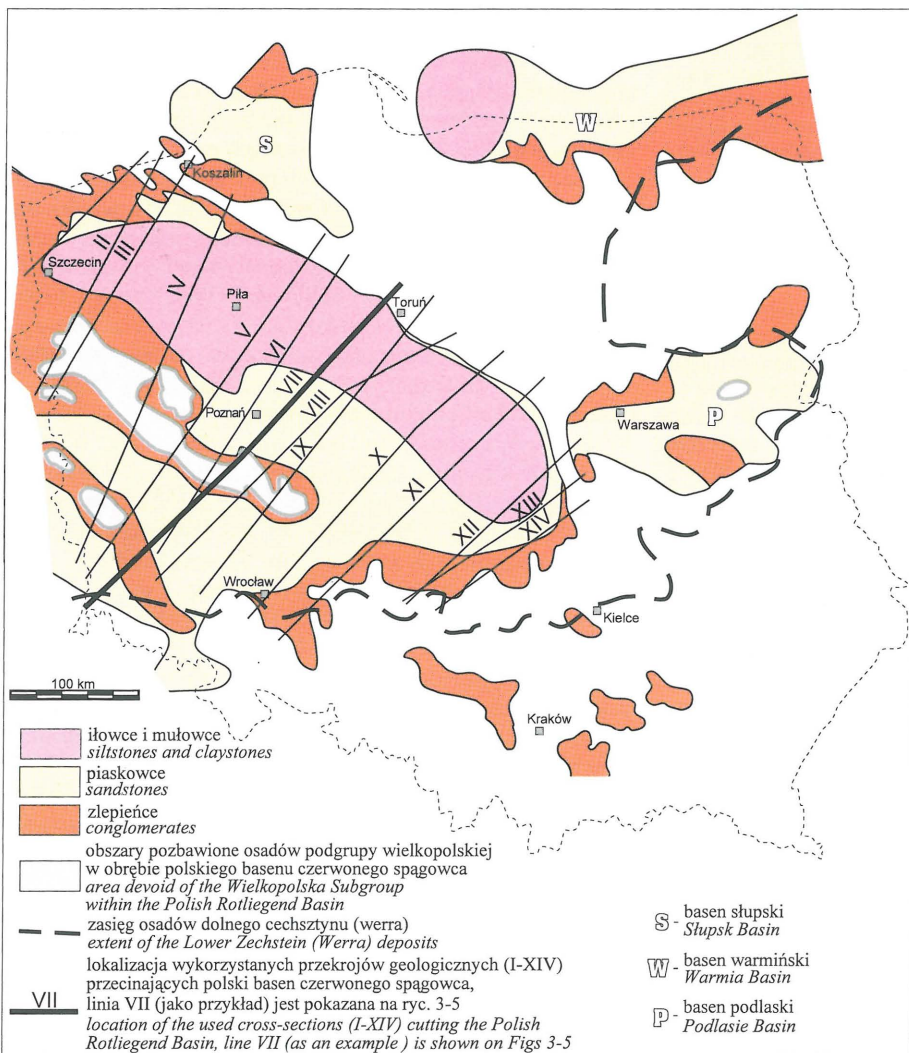
W niniejszym opracowaniu przyjęto utwory karbońskie jako skałę macierzystą dla gazów występujących w osadach czerwonego spągowca. Do programu przygotowano dane o

miąższości oraz zawartości materii organicznej w utworach dolno- i górnokarbońskich. Korzystano z materiałów publikowanych i archiwalnych (Żelichowski, 1964; Korejwo & Teller, 1967; Krawczyńska-Grocholska & Grocholski, 1976; Górecka i in., 1977; Kotas, 1982; Wierzchowska-Ki-



**Ryc. 1.** Formalny podział litostratigraficzny czerwonego spągowca w polskim basenie permskim (Karnkowski, 1987, 1994)

**Fig. 1.** Formal lithostratigraphic subdivision of the Rotliegend in the Polish Permian Basin (Karnkowski, 1987, 1994)



**Ryc. 2.** Mapa paleofacjalna obszaru Polski w późnym czerwonym spągowcu

**Fig. 2.** Paleofacies map of the area of Poland in the late Rotliegend time

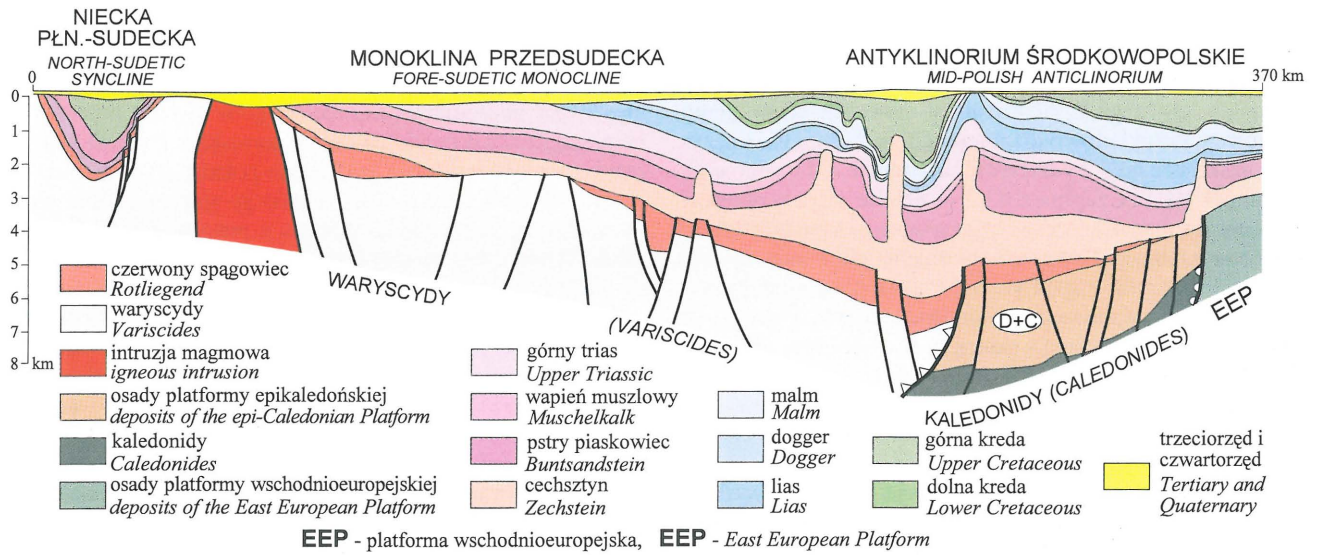
cułowa, 1984; Parka & Ślusarczyk, 1988; Kłapciński, 1993). W kilku z tych opracowań są zamieszczone mapy podłoża permu lub wyniki opracowań stratygraficznych, które niekiedy znacznie się pomiędzy sobą różnią. Przykładem niech będą osady podpermskie z otworów Lamki 1, Sułów 1 (Korejwo & Teller, 1967) — oznaczone jako górny wizen, czy utwory z otworu wiertniczego Kowalowo 1 (Górecka i in., 1977) — oznaczonych jako wizen, które w opracowaniu palinostratigraficznym (Parka & Ślusarczyk, 1988) są datowane na westfal. Ogólnie w tym ostatnim opracowaniu, wiek wielu

dotychczas oznaczonych utworów podpermskich jako wczesnokarbońskich (przeważnie wizerński) został przeskalowany na późnokarbońskich (przeważnie westfalski).

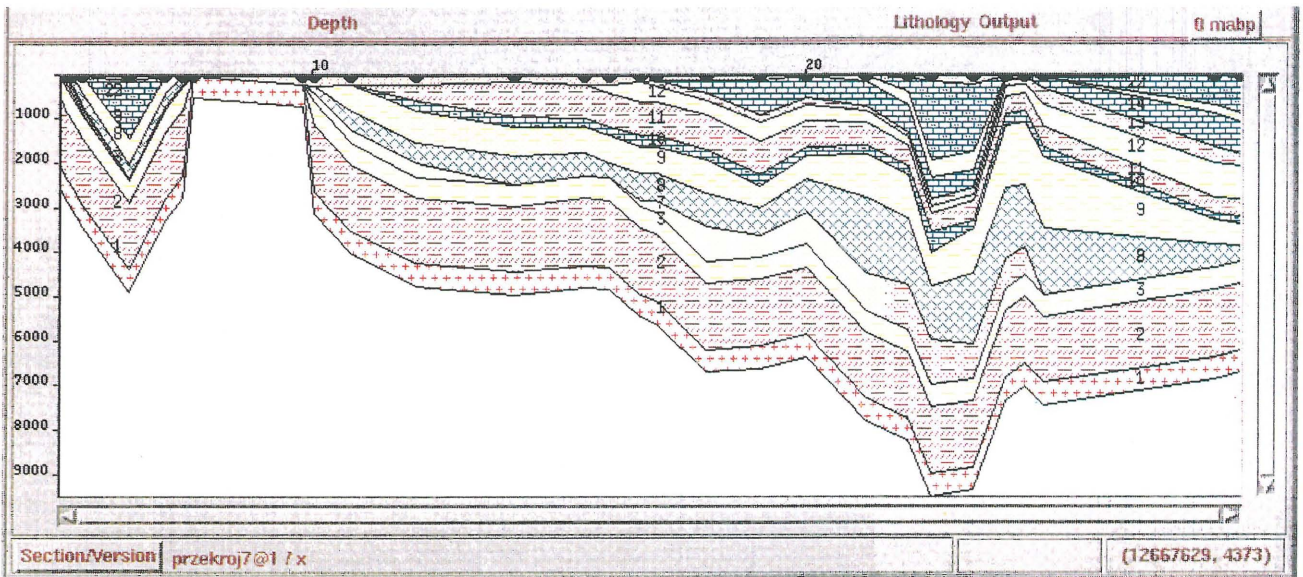
Na tym tle mapa Wierzchowskiej-Kiucułowej (1984) jest, jak dotychczas, najpełniejszym opracowaniem syntetyzującym wiadomości o podłożu utworów czerwonego spągowca na monoklinie przedsudeckiej. Stąd też zaczerpnięto informację o miąższości karbonu górnego szacowanego na 500 m i karbonu dolnego — szacowanego na 2000 m. Takie też wartości przyjęto jako dane wejściowe. Ilość materii organicznej dla karbonu dolnego przyjęto na poziomie 0,5%, a dla karbonu górnego na 1,0% (por. Merta, 1993a, b). Ponieważ nie ma dotychczas mapy miąższościowej utworów karbonu — nie stosowano zróżnicowania miąższościowego dla przyjętych danych. Dane te więc należy traktować jako wartości maksymalne i w dalszych, bardziej szczegółowych analizach należy uwzględnić ich znaną mniejszą miąższość lub nawet całkowity brak karbonu górnego.

W przypadku utworów czerwonego spągowca (ryc. 1, 2) główną trudnością było ustalenie uśrednionej litologii dla danych wejściowych. Wykorzystując podstawowe opracowania (Pokorski, 1978, 1988; Wolnowski, 1986; Karnkowski, 1987, 1994; Rydzewska, 1987; Muszyński, 1991; Bojarska, Głowacki,

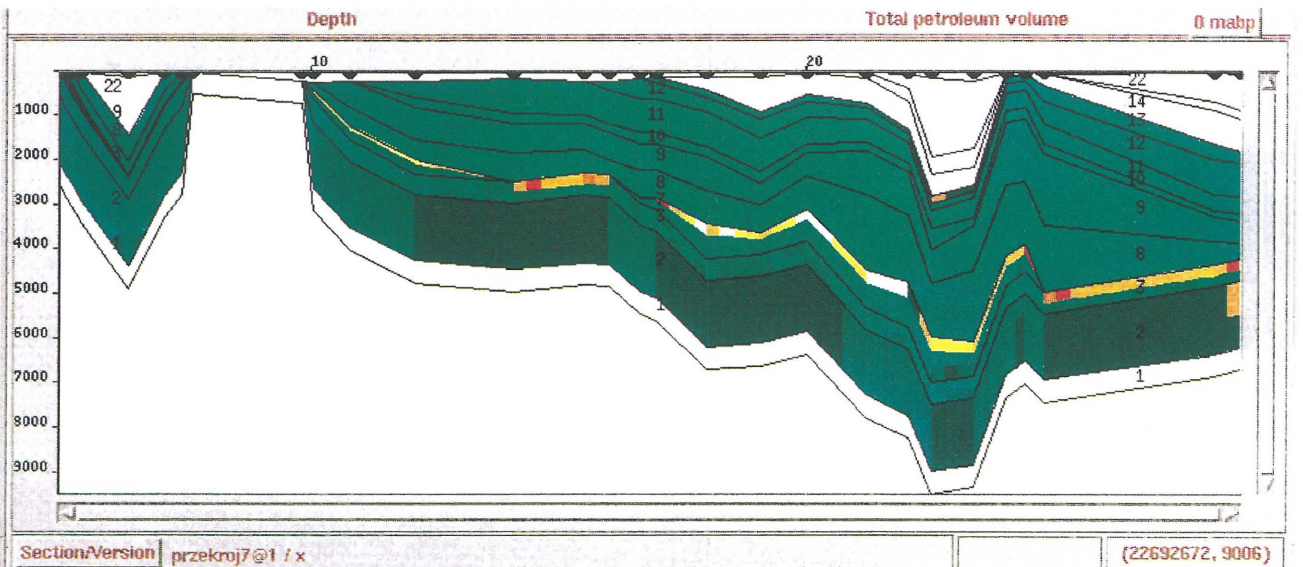




Ryc. 3. Przykład przekroju geologicznego (VII) wykorzystanego do przygotowania danych  
 Fig. 3. Example of cross-section (VII) utilised for data preparation



Ryc. 4. Przykład przekroju geologicznego (VII) przygotowanego do symulacji (litologia)  
 Fig. 4. Example of cross-section (VII) prepared for simulation (lithology)



Ryc. 5. Przykład przekroju (VII) po symulacji przedstawiający całkowitą akumulację węglowodorów w osadach czerwonego spągowca  
 Fig. 5. Example of cross-section (VII) after simulation showing accumulation of total petroleum volume in the Rotliegend deposits

1992; Głowacki i in., 1993; Rydzewska i in., 1993) skoncentrowano się przede wszystkim na górnej części podgrupy wielkopolskiej (Karnkowski, 1987, 1994), gdzie głównie lokują się złoża gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca. Przykładowo dla wiercenia Września IG-1 przyjęto piaskowce jako wydzielenie zasadnicze, a dla wiercenia Czaplinek IG-1 i Czaplinek IG-2 — iłowce, gdyż w przeważającej części profilu czerwonego spągowca są to typy litologiczne dominujące. Powyższe objaśnienie jest konieczne, aby lepiej móc odczytać mapę (ryc. 6) przedstawioną w niniejszym opracowaniu. Izolinia 0 oznacza albo brak utworów czerwonego spągowca (brak nasycenia wskutek braku kolektora) albo fację iłastą (kolektor o własnościach negatywnych). Pomiędzy wartościami pozytywnymi (piaskowce), a negatywnymi (iłowce) program ustala wartości pośrednie, nie tylko w sensie litologicznym, ale i petrofizycznym (porowatość).

W przypadku cechsztynu przyjęto jedno ogólne wydzielenie — ewaporaty. Gdyby utwory cechszyńskie miały być przedmiotem bardziej szczegółowego zainteresowania, naturalnie trzeba będzie używać dokładnych podziałów litostratigraficznych, na poziomie cyklotemu lub nawet składowych cyklotemu.

Wydzielenia mezozoiczne najwięcej trudności dostarczyły nie przy określaniu ich litologii czy miąższości, ale w ustaleniu — tam gdzie obecnie brak mezozoiku — pierwotnej wielkości sedymentacji, a później wielkości erozji. Korzystano tutaj przede wszystkim z opracowań Państwowego Instytutu Geologicznego (Dayczak-Calikowska, 1988; Deczkowski & Franczyk, 1988a, b; Gajewska, 1988a, b; Jaskowiak-Schoenaichowa & Krassowska, 1988; Marek 1988; Niemczycka & Brochwicz-Lewiński, 1988; Wagner, 1988). Ponieważ te dane są nawet dla specjalistów zawsze obciążone pewną dozą domyślności, kryje się w nich potencjalne źródło stosowania pewnego zakresu tolerancji i możliwości testowania tych danych w skali ich zmienności regionalnej.

Osobnym zagadnieniem jest paleobatymetria. W literaturze bardzo trudno znaleźć jednoznaczne dane na temat głębokości zbiorników morskich w permomezozoiku na Niziu Polskim. Dlatego sprawy te były konsultowane z prof. J. Kutkiem, prof. R. Marcinowskim i prof. A. Matyją. Jeżeli w przyszłości trzeba będzie korygować przyjęte wartości to z pewnością w niewielkim zakresie. W basenach epikontynentalnych — a takimi były baseny na Niziu Polskim — głębokości mórz z reguły nie przekraczały 500 m, a czas dużych transgresji obejmował nie więcej niż 20 ml lat.

Dla przygotowywanych danych trzeba zawsze ustalić tabelę geochronologiczną. W tym przypadku posłużono się powszechnie używaną skalą Harlanda i in. (1990).

Tak przygotowane dane poddawano procesowi symulacji, który zakłada, że substancja organiczna w skale macierzystej wskutek działania czasu i temperatury przeobraża się węglowodory płynne lub gazowe. W programie przyjęto strumień ciepły o wartości 60 W/m<sup>2</sup>. W przypadku utworów karbonu prawie wszędzie na Niziu Polskim mamy do czynienia z fazą gazową i należy sądzić, że przyjęta wartość strumienia ciepłego jest wystarczająca do symulacji. Dane z literatury krajowej na ten temat są bardzo ogólne i zaproponowana przez twórców programu PetroMod (IES-PetroMod 1993) wartość strumienia ciepłego odpowiada średnim wartościom dla basenów epikratonicznych (Allen & Allen, 1992).

### Uzyskane wyniki

Opisane powyżej dane przygotowano na 14 przekrojach przecinających polski basen permski (ryc. 2). Przekroje te

poddano symulacji, a uzyskane wyniki zestawiono na załączonej mapie. Wynikiem końcowym niniejszego opracowania jest więc mapa (ryc. 6) przedstawiająca potencjalną możliwość akumulacji gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca w polskim basenie permskim. Prezentowaną mapę, przedstawiono na podkładzie pokazującym rozmieszczenie złóż gazu w utworach czerwonego spągowca, lecz przy tworzeniu tej mapy nie korzystano z powyższego podkładu. Znane, dotychczas odkryte złoża mieszczą się w zakresie izolinii 0. Izolinie na mapie o wartościach 10, 20, 30 i 40 zostały wyrysowane z przekrojów przedstawiających potencjalną możliwość akumulacji gazu (ryc. 5). Na przekrojach tych wartości opisane są w jednostkach objętości i te wartości przeniesiono na mapę. Ponieważ do programu przyjęto maksymalne wartości miąższości karbonu, i tym miąższościom przypisano TOC, to wartości akumulacji należy traktować jako znacznie zawyżone (trudno sobie wyobrazić, aby 1500 m osadów karbonu dolnego miało w całym profilu 0,5% zawartości TOC i cała ta jednostka generowała węglowodory). Autor uważa, że dla karbonu trzeba realnie przyjmować 200–400 m skał macierzystych o zawartości TOC=0,5–1,0%. Do oceny całego basenu przyjęte założenie jest dopuszczalne, gdyż dokonuje się tutaj wyłącznie oceny jakościowej. Dla szczegółowych profili (o długości 20–30 km) są jednak potrzebne dokładne dane geochemiczne (miąższość rzeczywista skał macierzystych, oraz realna zawartość TOC).

Izolinia 0 na monoklinie przedsudeckiej, po południowej stronie wału wolsztyńskiego, konturuje zasięg występowania utworów czerwonego spągowca. Prawie wszystkie złoża mieszczą się w obrębie izolinii 10. Na uwagę zasługują dwie anomalie: pierwsza, 20, w rejonie Głogowa–Sławy i druga, wokół której występują złoża, a w jej obrębie nie ma złóż. Występowanie tych dwóch anomalii sugeruje, że przy bardziej szczegółowych opracowaniach współzależność występowania złóż i potencjalnej możliwości akumulacji węglowodorów będzie mogła być bardziej sprecyzowana.

Na północ od wału wolsztyńskiego rysują się dwa obszary o podwyższonych wartościach akumulacji: pierwszy — od Poznania w kierunku Czeszewa i drugi — na płn.-wsch. od Wrześni. Pierwszy z wymienionych obszarów jest od lat znany jako teren o dużym nasyceniu solanki gazem ziemnym. Drugi z omawianych obszarów jest słabo rozpoznany, przede wszystkim ze względu na dużą głębokość zalegania utworów czerwonego spągowca.

Na Pomorzu Zachodnim rysuje się tylko jeden obszar między Daszewem a Reskiem, który wykazuje istnienie dwóch anomalii 10. Ponieważ na całym omawianym obszarze utwory czerwonego spągowca zalegają na głębokości nie większej niż 4,5 tys. m poszukiwania są jeszcze uzasadnione ekonomicznie.

Na przedstawionych przekrojach, na obszarze gdzie brak jest utworów czerwonego spągowca lub występuje on w facji iłastej, można zobaczyć, że w utworach karbońskich zaznaczają się znaczne ilości węglowodorów (porównywalne niekiedy do tych w osadach czerwonego spągowca). Tak jest np. na obszarze wału wolsztyńskiego, a szczególnie jest to widoczne w płn.-wsch. części basenu permskiego. Na prezentowanej mapie to zagadnienie nie jest uwidocznione. W przekonaniu autora temat ten jednak zasługuje na oddzielne opracowanie. W takim ujęciu skały iłaste czerwonego spągowca byłyby poziomem ekranującym dla pułapek w utworach karbonu lub nawet dewonu.

### Podsumowanie i wnioski

1. Przeprowadzona komputerowa analiza potencjalnych możliwości akumulacji węglowodorów w utworach czer-



wonego spągowca wskazała strefy o podwyższonej wartości nasycenia węglowodorami. W większości tych stref występują złoża gazu ziemnego. Potwierdza to słuszność przyjętych założeń i danych do programu.

2. Mapa potencjalnych możliwości akumulacji węglowodorów w utworach czerwonego spągowca wskazuje jednocześnie kilka terenów, które powinny być przedmiotem bliższych studiów. Należą do nich:

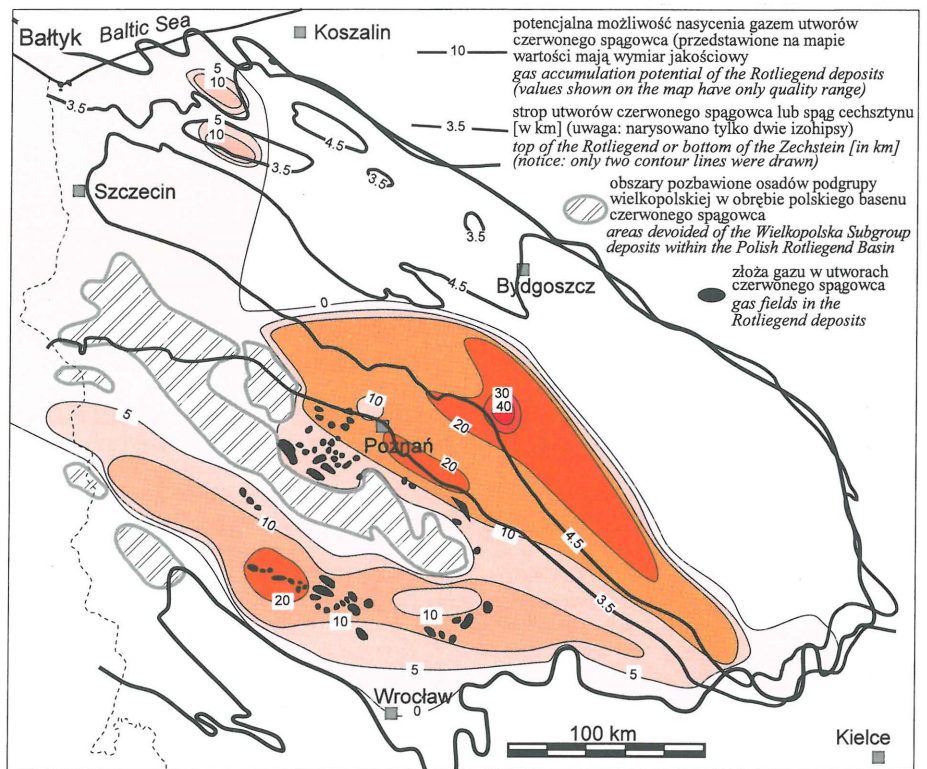
- obszar na Pomorzu Zachodnim między Daszewem a Reskiem,
- obszar na północny wschód od Wrześni,
- obszar pomiędzy Poznaniem a Czeszewem
- obszar pomiędzy Sławą a Głogowem.

3. Dalsze, szczegółowe studia na przedstawionych wyżej obszarach będą wymagały skonstruowania precyzyjnych profili geochemicznych. Od jakości tych profili będzie zależała ilościowa ocena zasobów prognostycznych.

4. Przedstawione obszary o podwyższonej akumulacji węglowodorów pokrywają się częściowo ze strefami prognostycznymi przedstawionymi w innych opracowaniach, ale są według autora bardziej precyzyjnie wskazane i ograniczone do zindywidualizowanych terenów.

## Literatura

- ALLEN P. A. & ALLEN J. R. 1992 — Basin Analysis — Principles and Applications, Blackwell, Oxford.
- ANTONOWICZ L., CZERWONKA A., IWANOWSKA E., JAGOSIAK P., JAMROZIK J., MERTA H., MUSZYŃSKI M., NOWICKA A., OBARSKI D., OZIEMBŁOWSKI P., RENDAK A. & WAŚNIK L. 1993 — Analiza rozwoju utworów czerwonego spągowca i jego podłoża oraz możliwości akumulacji złóż ropy i gazu na obszarze Niecki Wału Pomorskiego. Arch. B.G. Geonaf. Warszawa.
- BACHLEDA-CURUŚ T. & SEMYRKA R. 1995 — Undiscovered Potential Hydrocarbon Resources in the Rotliegend Mega-Reservoir of the Polish Lowland. Abstracts of Conference on Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods, Kraków: 252–253.
- BOJARSKA J. & GŁOWACKI E. 1992 — Mapa miąższości i litofacji saksonu w Polsce, 1 : 500 000. Arch. B.G. Geonaf. Warszawa.
- DADLEZ R., NARKIEWICZ M., STEPHENSON R. A. & VISER M. T. M. 1994 — Prz. Geol., 42: 715–720.
- DAYCZAK-CALIKOWSKA K. & MORYC W. 1988 — Kwart. Geol., 32: 117–136.
- DECZKOWSKI Z. & FRANCZYK M. 1988a — Ibidem: 93–104.
- DECZKOWSKI Z. & FRANCZYK M. 1988b — Ibidem: 105–116.
- DEPOWSKI S. 1976 — Mapa prognoz ropo- i gazonośności Polski. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAJEWSKA I. 1988a — Kwart. Geol., 32: 73–82.
- GAJEWSKA I. 1988b — Ibidem: 83–92.



Ryc. 6. Mapa potencjalnych możliwości akumulacji gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca w polskim basenie permskim

Fig. 6. Map of gas accumulation potential within the Rotliegend deposits in the Polish Permian Basin

- GŁOWACKI E., RYDZEWSKA K., ŻURAWEK E. & OZIEMBŁOWSKI P. 1993 — Analiza litologiczno-sedymentacyjna i własności zbiornikowe utworów saksonu na obszarze Obrzycko-Pniewy-Poznań. Arch. B.G. Geonaf. Warszawa.
- GÓRECKA T., JUROSZEK C., KARWOWSKI L., KŁAPCIŃSKI J., LORENC S., MIERZEJEWSKI., SACHANBIŃSKI M. & ŚLUSARCZYK S. 1977 — Pr. Nauk. Inst. Górn. Polit. Wrocław, 22, Seria: Monografie 9: 1–92.
- GÓRECKI W., ŚLUPCZYŃSKI K., SOBÓŃ J. & KICMAN W. 1995 — Physical Location of Hydrocarbons Accumulation in Lower Permian (Rotliegendes), West Pomerania, Northern Poland. Abstracts of Conference on Modern Exploration and Improved Oil and Gas Recovery Methods, Kraków: 248–251.
- GÓRECKI W., WEIL W. & WOLNOWSKI T. 1995 — Oil and Gas Accumulation Potential of the Western Pomerania Area (North-Western Poland). Ibidem: 244–245.
- HARLAND W. B. & ARMSTRONG R. L. (ed.) 1990 — A geologic time scale. Cambridge University Press: 263.
- IES-PETROMOD 1993 — Podręcznik do programu PetroMod. B.G. Geonaf. Warszawa.
- JAGOSIAK P. & MERTA H. 1995 — Prz. Geol., 43: 637–644.
- JASKOWIAK-SCHOENECHOWA M. & KRASSOWSKA A. 1988 — Kwart. Geol., 32: 177–198.
- KARNKOWSKI P. 1979 — Wgłębne przekroje geologiczne przez Niż Polski. Wyd. Geol.
- KARNKOWSKI P. 1993 — Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce. T.1. Niż Polski. Wyd. GEOS, Kraków.
- KARNKOWSKI P. H. 1980 — Acta Geol. Pol., 30: 485–505.
- KARNKOWSKI P. H. 1985 — Kwart. Geol., 29: 355–368.
- KARNKOWSKI P. H. 1987 — Ibidem, 31: 643–672.
- KARNKOWSKI P. H. 1994 — Geol. Quart., 38: 27–42.
- KIERSNOWSKI H. & WOJTKOWIAK Z. 1993 — Ibidem, 37: 41–58.
- KŁAPCIŃSKI J. 1993 — Stratygrafia skał podłoża permu Pomorza i monokliny przedsudeckiej w wybranych otworach wiertni-

- cyż na podstawie makroszczątków flory i fauny. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- KOREJWO K. & TELLER L. 1967 — Acta Geol. Pol., 17: 299–313.
- KOTAS A. 1982 — Zarys budowy geologicznej Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Przew. 54 Zjazdu PTG, Sosnowiec: 45–72.
- KRAWCZYŃSKA-GROCHOLSKA H. & GROCHOLSKI W. 1976 — Prz. Geol., 23: 520–524.
- LECH S. 1993 — Mapa geologiczna podłoża permu Pomorza Zachodniego, 1 : 200 000. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- MAREK S. 1988 — Kwart. Geol., 32: 157–174.
- MERTA H. 1993a — Geochemiczna charakterystyka utworów dewonu, karbonu i permu w strefie Debrzno–Zabartowo. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- MERTA H. 1993b — Ocena geochemiczna utworów karbonu w otworze Siekierki 3 i 4. Ibidem.
- MUSZYŃSKI M. 1991 — Zmiany litologiczno-facjalne utworów czerwonego spągowca w strefie Wałcz–Bydgoszcz–Konin–Poznań. Ibidem.
- NARKIEWICZ M. 1991 — Kwart. Geol., 35: 189–206.
- NIEMCZYCKA T. & BROCHWICZ-LEWIŃSKI W. 1988 — Ibidem, 32: 137–156.
- NOWICKI M., WOŹNIAK B. & GABRYSZEWSKA G. 1990 — Mapa strukturalna stropu czerwonego spągowca w Polsce, 1 : 500 000. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- OBERC J. 1978 — Nafta, 34: 258–261.
- PARKA Z., ŚLUSARCZYK S. 1988 — Pr. Nauk. Inst. Górnict. Polit. Wrocław, 43, Seria: Monografie 20: 1–47.
- PIEŃKOWSKI G. & KIERSNOWSKI H. 1990 — Wyznaczanie kierunków dalszego rozpoznania złóż gazu ziemnego czerwonego spągowca na podstawie badań sedymentologicznych — rejon złóż Paproć–Cicha Góra. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- POKORSKI J. 1978 — Prz. Geol., 26: 686–693.
- POKORSKI J. 1988 — Kwart. Geol., 32: 15–32.
- POŻARYSKI W. & KARNKOWSKI P. (red.) 1992 — Tectonic Map of Poland during the Variscan time. Wyd. Geol.
- RYDZEWSKA K. 1987 — Analiza procesów dia- i epigenetycznych oraz ich wpływ na własności zbiornikowe utworów czerwonego spągowca (saksonu) w pñ. części polskiego basenu permiego. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- RYDZEWSKA K., ŻURAWEK E. & OZIEMBŁOWSKI P. 1993 — Analiza litologiczno-facjalna i własności zbiornikowe czerwonego spągowca na obszarze Obrzycko–Pniewy–Poznań, Ibidem.
- SKARBEK K. 1992 — Zasoby prognostyczne ropy i gazu w Polsce. Ibidem.
- SOKOŁOWSKI J. & TOMASZEWSKI A. 1988 — Atlas geosynotyki naftowej Polski, 1 : 2 500 000, 1 : 1 000 000, 1 : 500 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- STRZETELSKI J. 1993 — Ocena zasobów prognostycznych ropy naftowej i gazu ziemnego w Polsce. Etap IV — ocena zasobów prognostycznych basenu czerwonego spągowca i cechsztynu. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- WAGNER R. 1988 — Kwart. Geol., 32: 33–52.
- WIERZCHOWSKA-KICUŁOWA K. 1984 — Geol. Sud., 19: 121–142.
- WILCZEK T. 1982 — Mapa stopnia katagenezy substancji organicznej w stropie utworów czerwonego spągowca. Arch. B.G. Geonafta, Warszawa.
- WOLNOWSKI T. 1986 — Rola wału wolsztyńskiego w procesie akumulacji węglowodorów w czerwonym spągowcu i karbonie. Mat. Konfer. nt: 30 lat poszukiwań naftowych w pñ.-zach. Polsce, Tuczno: 244–256.
- ZNOSKO J. 1968 — Atlas geologiczny Polski, 1 : 2 000 000. Wyd. Geol.
- ŻELICHOWSKI A.M. 1964 — Prz. Geol., 12: 224–227.