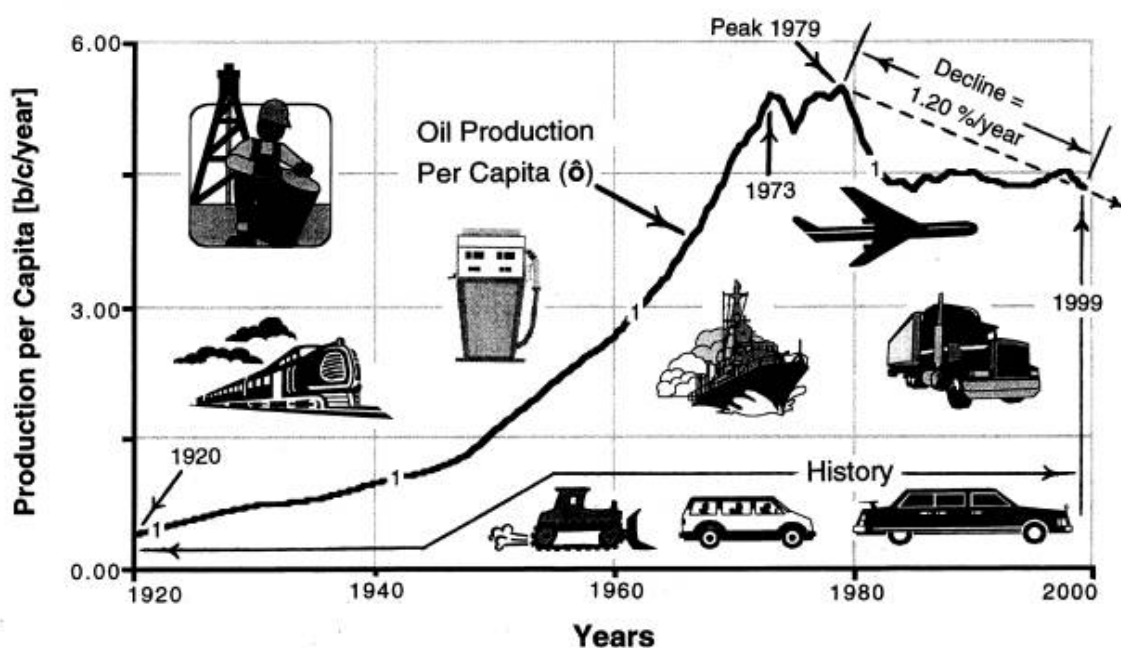


„Cyfrowa rewolucja w poszukiwaniach ropy i gazu”

Bartosz Papiernik, Tomasz Maćkowski

Zakład Surowców Energetycznych, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH

Praktycznie całe XX stulecie to wiek węglowodorów, zwłaszcza ropy naftowej, znaczone wojnami, rozwojem motoryzacji i konsumpcji. Świat rozwijał się w tym czasie niezwykle dynamicznie, a wraz z rozwojem cywilizacyjnym rosło zapotrzebowanie na ropę. Ochłodzenie optymizmu przyszło dopiero w latach siedemdziesiątych. Wówczas osiągnięto szczyt zapotrzebowania na ropę. Przekroczyło ono ówczesne możliwości produkcji. Świat stanął w obliczu kryzysu gospodarczego, który podważył świetlane perspektywy rozwoju gospodarki opartej na wykorzystaniu węglowodorów.

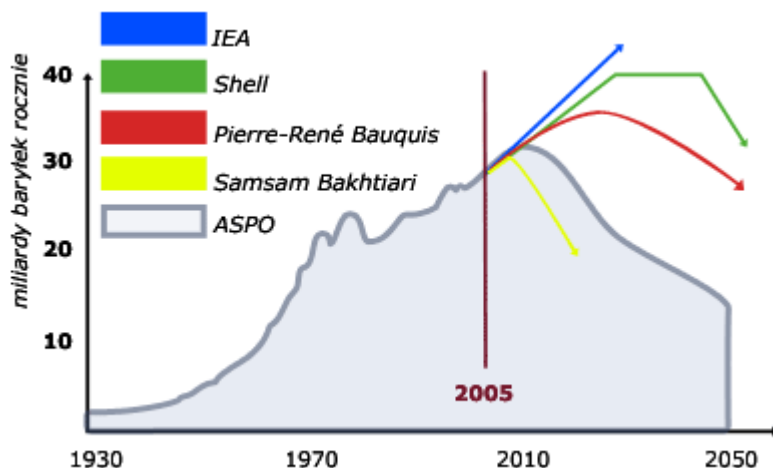


Źródło: Richard C. Duncan, (2000) <http://dieoff.org/page224.htm>

Prognozy snute wówczas przez wielu naukowców nie napawały optymizmem. Przeciwnie, wielu – w tym liczni geolodzy naftowi – stawiało diagnozy, w myśl których zasoby ropy naftowej miały się wyczerpać, a przynajmniej ulec wyraźnemu ograniczeniu do końca XX wieku. To mogło oznaczać ogromny kryzys gospodarczy.

W chwili obecnej ceny ropy biją kolejne rekordy (w połowie kwietnia 2006 przekroczyły 72 \$), jednak wbrew przewidywaniom sprzed ćwierćwiecza ropy ciągle jest dużo. Według wielu współczesnych badaczy w obecnej chwili znajdujemy się w

okresie szczytu wydobycia (tzw. *Oil Peak*). Jako datę silnie odczuwanego przez gospodarkę spadku wydobycia ropy określa się obecnie okres po roku 2030 lub 2040, tymczasem od lat 70-tych minęło już 30 lat....



Przewidywana wielkość eksploatacji ropy. Źródło: <http://www.oilpeak.pl>

Co się stało, że dziś, gdy według prognoz sprzed ćwierćwiecza powinniśmy oglądać samochody napędzane benzyną i olejem napędowym w skansenach lub jako luksusowe zabawki nielicznych, samochód jest jeszcze powszechniej dostępnym środkiem lokomocji??

W latach pierwszego kryzysu naftowego skończyły się czasy łatwych sukcesów poszukiwawczych – od tego czasu nie odkryto już nowych gigantycznych złóż. Poszukiwania wkroczyły na obszary głębszych mórz, trudniej dostępne obszary lądu. Rozpoczął się etap „odkrywania” mniejszych złóż położonych na dużo większych głębokościach, trudnych do wykrycia z powierzchni (np. położonych pod pokładami soli).

Wkroczenie w nową erę poszukiwań węglowodorów nie byłoby możliwe bez przebiegającej od końca lat 70-tych ekspansji technik numerycznych.

Wszeghobecne komputery zrewolucjonizowały cały proces poszukiwań od fazy „zbierania” (akwizycji) danych na temat budowy węgłębnej, przez ich interpretację i wizualizację, po proces wiercenia i eksploatacji.

Upraszczając znacznie można powiedzieć, że główne stadia „cyfrowej rewolucji” poszukiwania złóż węglowodorów stanowiły w dziedzinie pozyskiwania danych wejściowych:

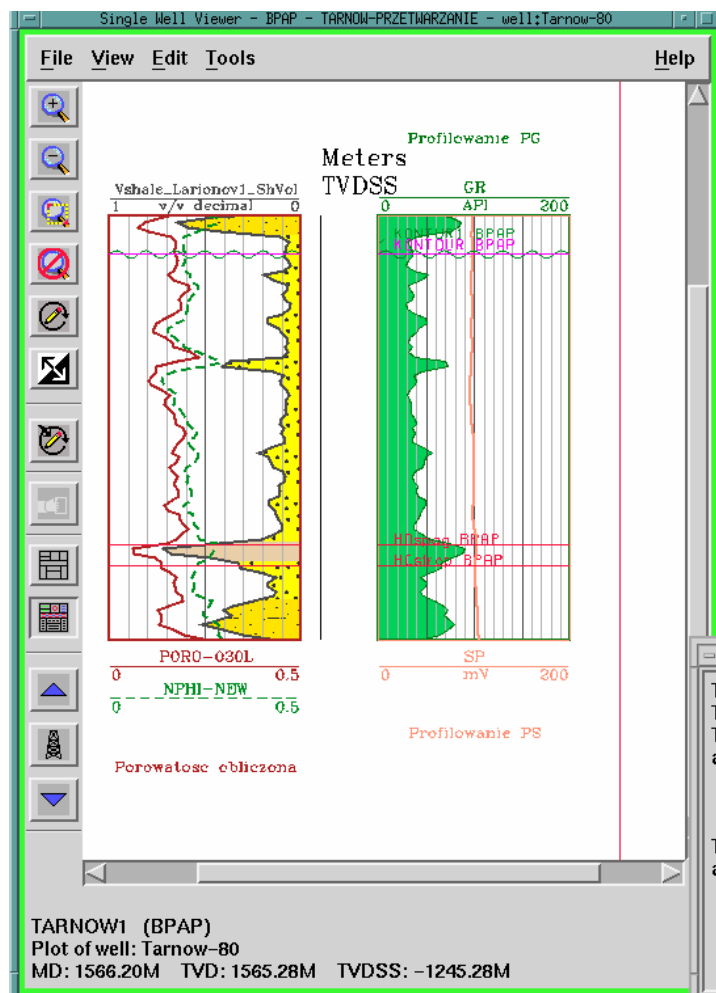
- Rozwój cyfrowej sejsmiki dwuwymiarowej
- Rozwój cyfrowej geofizyki otworowej

- Wprowadzenie i upowszechnienie sejsmiki trójwymiarowej
- Rozwój systemów reprocessingu danych
- Rozwój sejsmiki czterowymiarowej (4D)

Wprowadzanie tych technik pozyskiwania danych skokowo zwiększało dokładność geofizycznych metod badawczych. Jednak proporcjonalnie do dokładności metod badawczych rosła ilość danych wejściowych, które musieli przetworzyć geologowie by odkryć nowe złoża. Tradycyjnymi metodami badacze nie byli w stanie ich "skonsumować". Ich przetworzenie stało się możliwe, gdy pojawiły się:

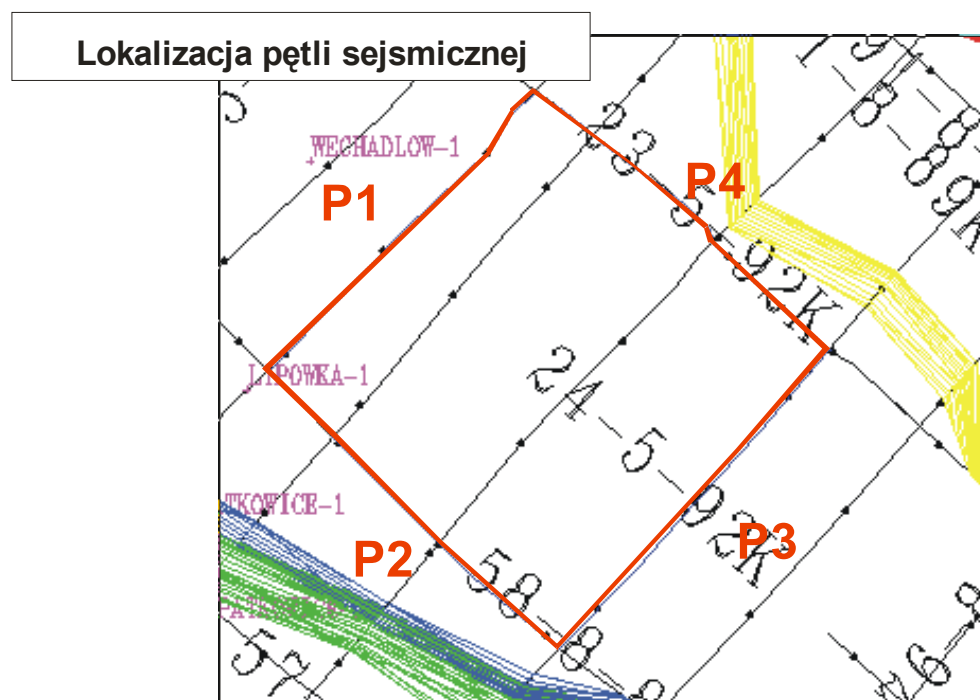
- Zintegrowane systemy komputerowo wspomaganey interpretacji geologicznej
- Oprogramowanie umożliwiającego jedno-, dwu- i trójwymiarowe modelowanie procesów generowania i akumulacji węglowodorów.

Przykładem tego rodzaju oprogramowania jest system interpretacyjny firmy Landmark Graphics Corporation, w który od 12 lat wyposażony jest ZSE AGH na mocy Grantu Edukacyjnego zawartego między firmą LGC i AGH. System składający się z wielu programów jest zintegrowany za pośrednictwem bazy danych OpenWorks, gromadzącej wszelkie dane wejściowe, ale także wyniki wykonywanych interpretacji geologicznych, geofizycznych i kartograficznych.

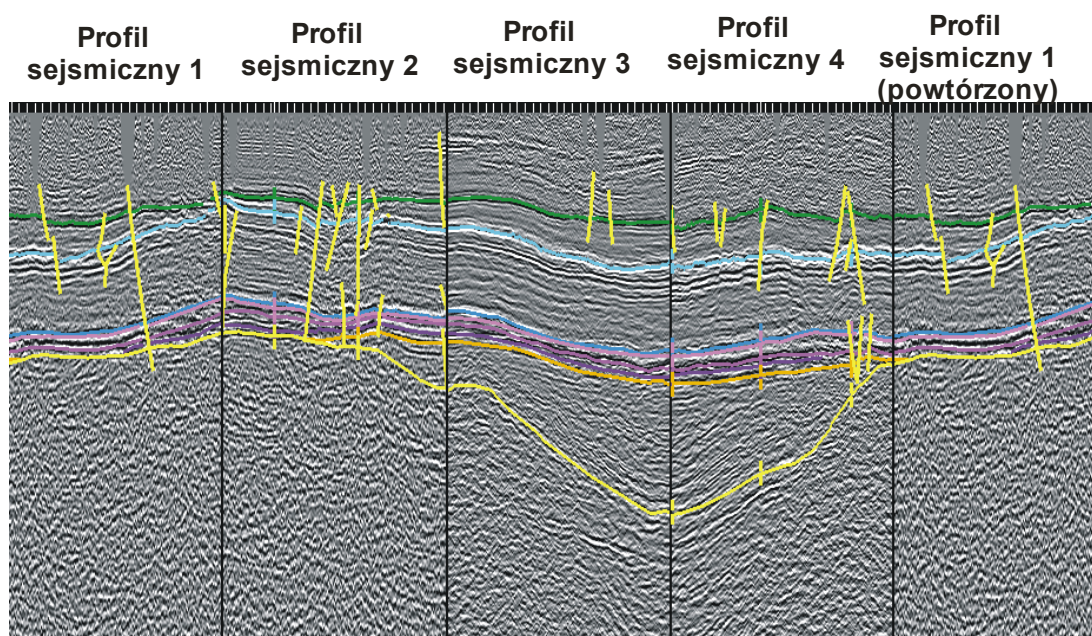


Wchodzące w skład nowoczesnych systemów programy uzupełniają się wzajemnie. Pierwszym krokiem poszukiwań jest analiza jednowymiarowa (1D), współcześnie w dużej mierze bazująca na geologicznej i złożowej interpretacji geofizyki wiertniczej. W systemie Landmarka podstawowy pakiet programów do analizy 1D obejmuje programy *PetroWorks*, *StratWorks* (interpretacja litologii i własności zbiornikowych,

wyróżnianie horyzontów perspektywicznych), czy *Syntool* (dowiązanie profili wierć do profili sejsmicznych, gdzie skala pionowa jest wyrażona w jednostkach czasu).



Interpretacja wzdłuż pętli

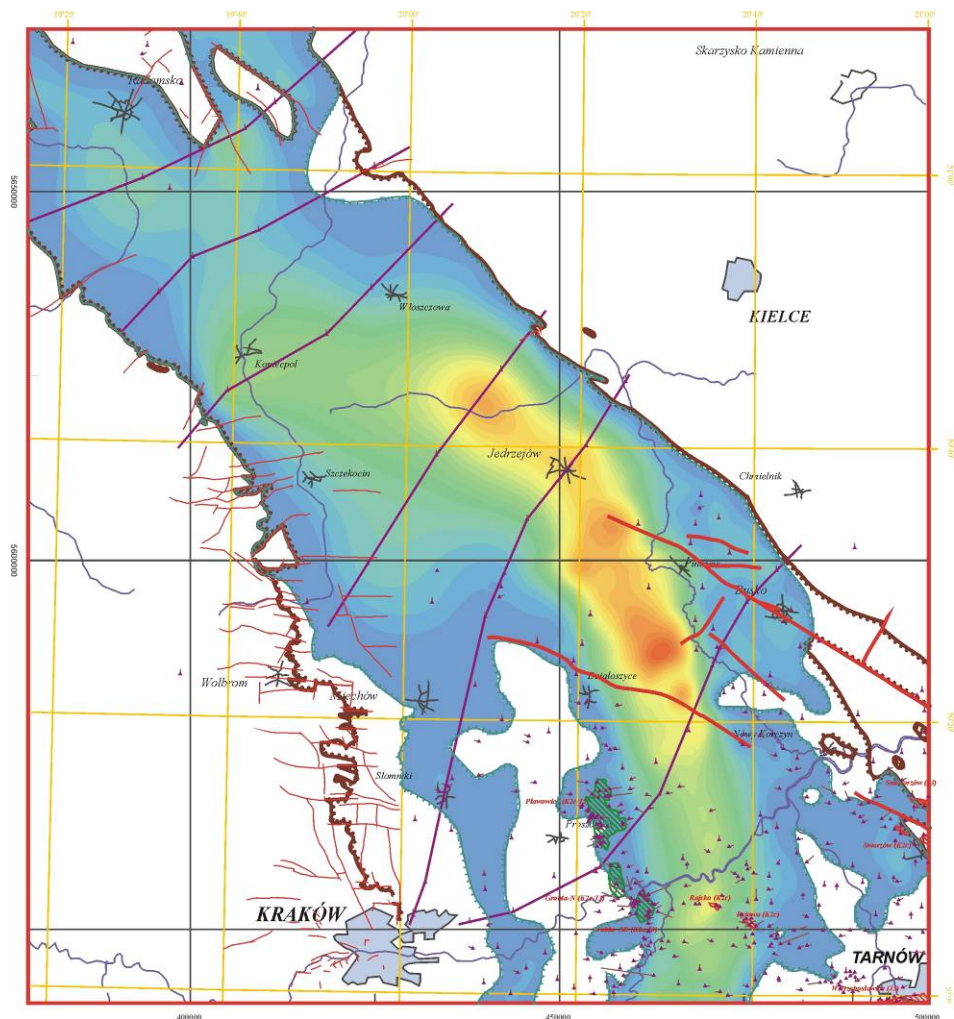


Przykład komputerowo wspomaganey interpretacji sejsmicznej (Mat. arch. ZSE AGH)

Bardziej zaawansowany sposób analizy danych przybliżający odkrycie złóż węglowodorów to interpretacje dwuwymiarowe (2D) – takie jak interpretacje cyfrowej sejsmiki 2D, korelacje między otworowe czy przekroje geologiczne. Wspomagane

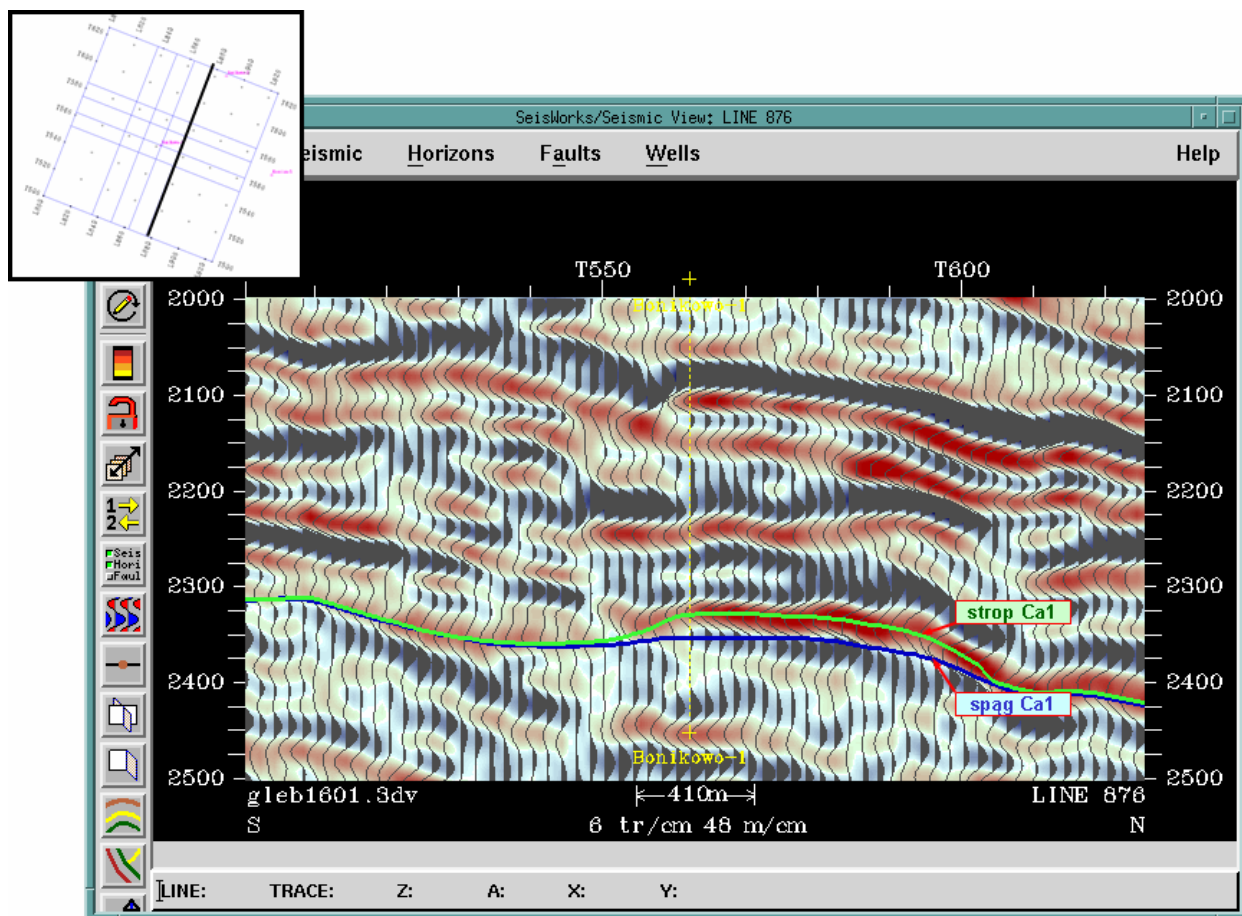
komputerowo interpretacje 2D w porównaniu z technikami klasycznymi są dużo szybsze i dokładniejsze (mamy możliwość porównywania wyników interpretacji na krzyżujących się profilach), ich wyniki są zapisywane do baz danych i mogą być wykorzystywane jako dane wejściowe do opracowania map. Efektem 2D interpretacji sejsmiki jest także przestrzenna identyfikacja nieciągłości w obrębie skorupy ziemskiej, tzw. uskoków. W systemie LGC podstawowe programy używane do interpretacji 2D to *SeisWorks 2D* (sejsmika) i *StratWorks* (korelacje stratygraficzne i przekroje).

Rezultaty interpretacji 1 D i 2D są zapisywane w postaci zbiorów danych na ogół o liczebności przekraczającej kilkadziesiąt tysięcy punktów. Pliki te są wykorzystywane do przestrzennej rekonstrukcji warunków geologicznych – wysokości, powierzchni, grubości (miąższości) i jakości potencjalnych pułapek złożowych. Szeroko stosowaną formą prezentacji przestrzennej zmienności są tzw. mapy ilościowe, które bywają określane jako odwzorowania 2.5D (nie w pełni



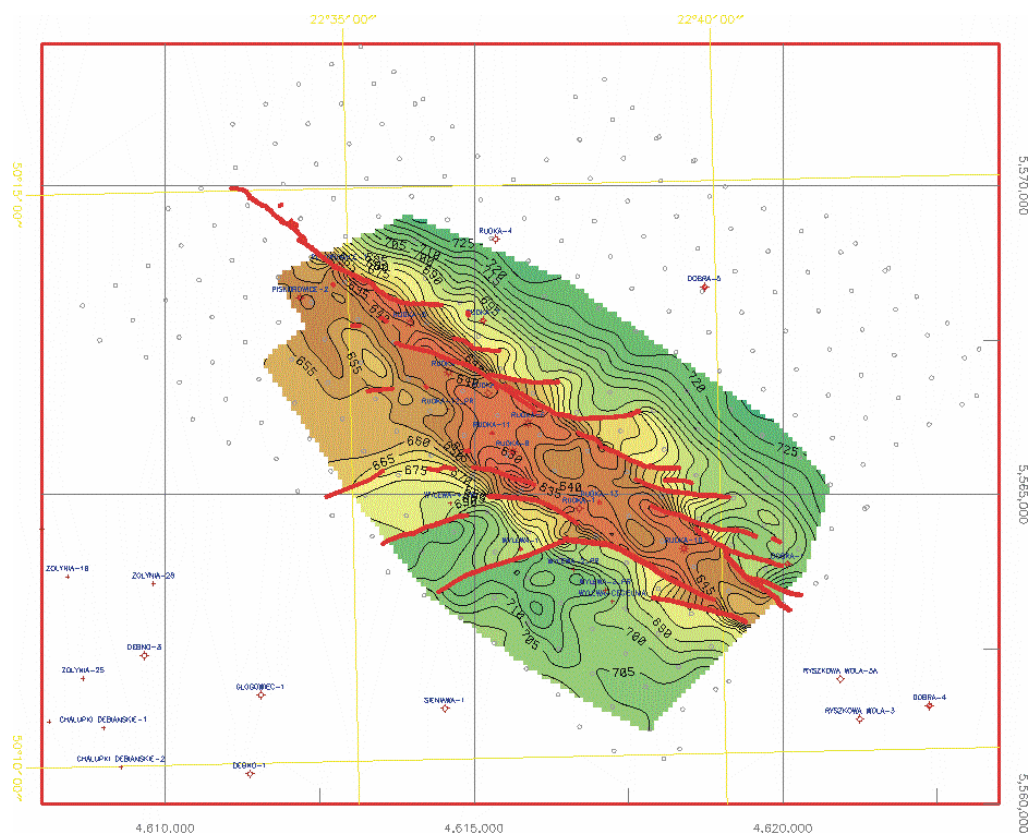
trójwymiarowe). Mapy wgłębne używane w poszukiwaniach naftowych są kreślone w oparciu o regularny prostokątny model numeryczny (*grid*). Modele te służą nie tylko do graficznego zilustrowania wyglądu potencjalnych pułapek ale są także używane do określenia zasobów węglowodorów w pułapce. W przypadku oprogramowania LGC mapy o wysokiej rozdzielczości można opracowywać stosując programy MapView i ZMAP-Plus. Rozwiązania najwyższej jakości zapewnia program ZMAP-Plus. Opracowane z jego użyciem modele granic geologicznych, można wykorzystać do zbudowania trójwymiarowego modelu złoża lub basenu sedimentacyjnego.

Najwyższą dokładność interpretacji zapewniają modele w pełni trójwymiarowe (3D). Szczególnie wysoką precyzję zapewniają dane uzyskane w postaci tzw. zdjęcia sejsmiki trójwymiarowej.



Dane uzyskiwane w wyniku interpretacji sejsmiki 3D są rozmieszone regularnie w niewielkich odległościach, a jakość wyników interpretacji powierzchni strukturalnych i uskoków oraz powstałych na tej podstawie map jest

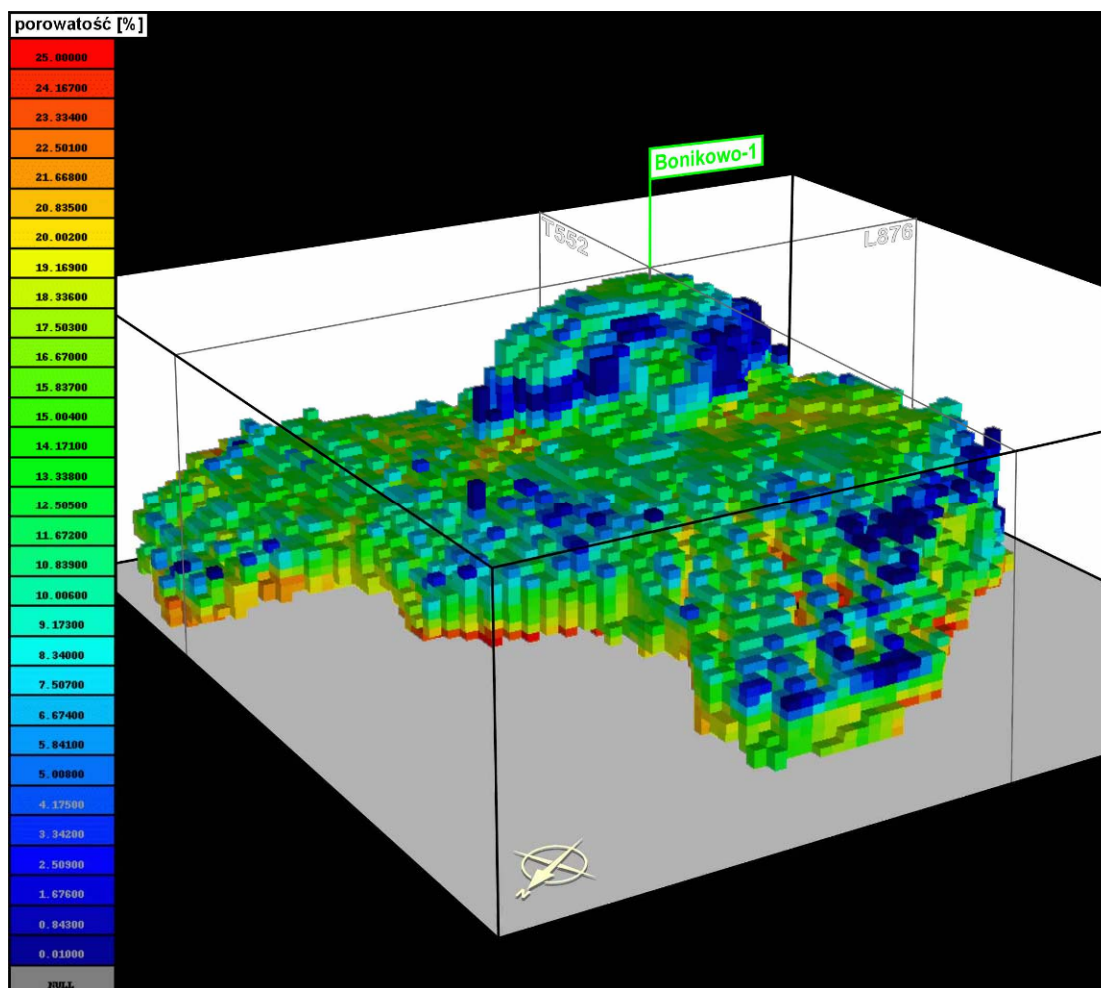
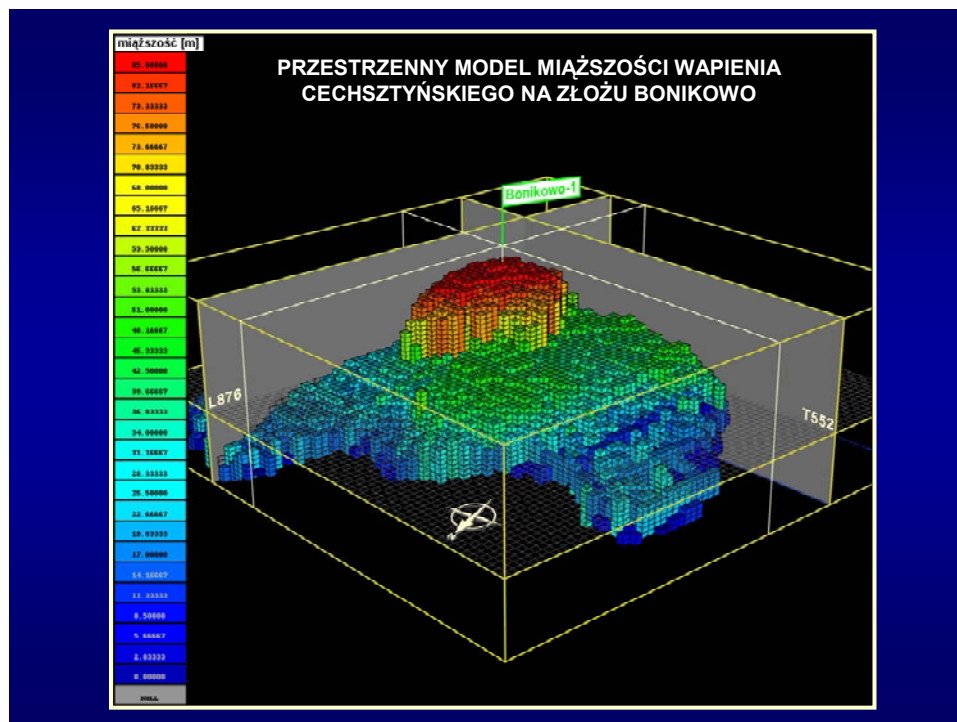
nieporównywalnie wyższa niż w przypadku sejsmiki 2D. Współcześnie większość nowych złóż węglowodorów jest odkrywanych na podstawie interpretacji zdjęć sejsmiki 3D.



W pakiecie LGC do interpretacji sejsmiki 3D służy szereg programów, do najważniejszych zaliczyć można programy *SeisWorks 3D* i *EarthCube*.

W ostatnich latach bardzo dynamicznie rozwijają się metody interpretacji danych sejsmicznych (atrybuty sejsmiczne, inwersja, AVO) pozwalające na opracowanie litologiczno-parametrycznych modeli głębokiej budowy geologicznej.

W pełni trójwymiarową analizę geologiczno - złożową obejmującą prognozowanie jakości skały zbiornikowej umożliwia program *StrataMode*, który pozwala utworzyć przestrzenny model budowy głębokiej. Model taki integruje w sobie wyniki interpretacji 1D, 2D, 2.5D i 3D.



Przykłady modelowania 3D w programie *StrataModel*

Przykładem profesjonalnego oprogramowania stosowanego do modelowania systemów naftowych, czyli procesów geologicznych, fizycznych i chemicznych, które doprowadziły do powstawania węglowodorów i formowania się złóż, jest program PetroMod 3D. Interpretacja i analiza wyników tych modelowań istotnie przyczyniła się do odkrycia nowych rejonów, w których występują złoża ropy i gazu.

