

Lidia Dudek

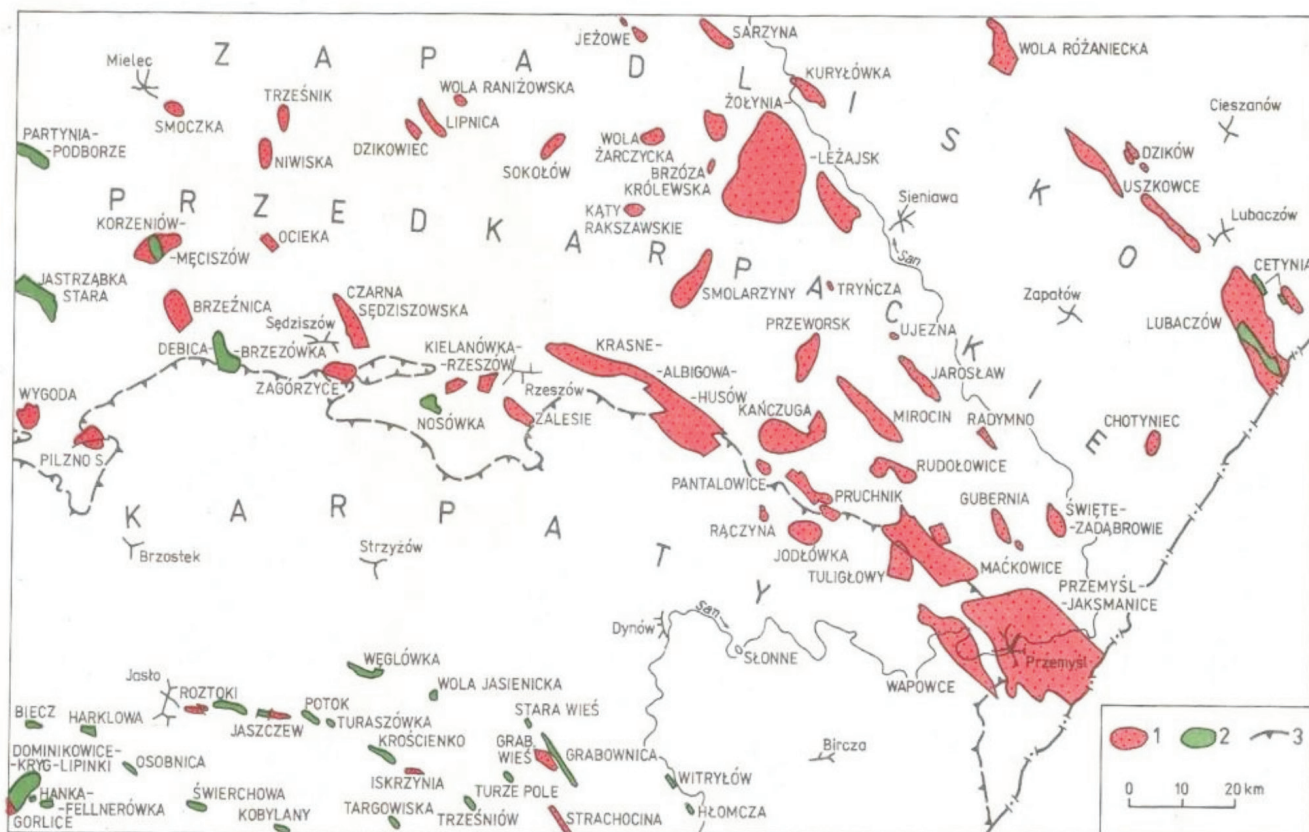
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Analiza zmiany objętości węglowodorów gromadzonych w danej strukturze w czasie geologicznym z wykorzystaniem modelowania PetroCharge

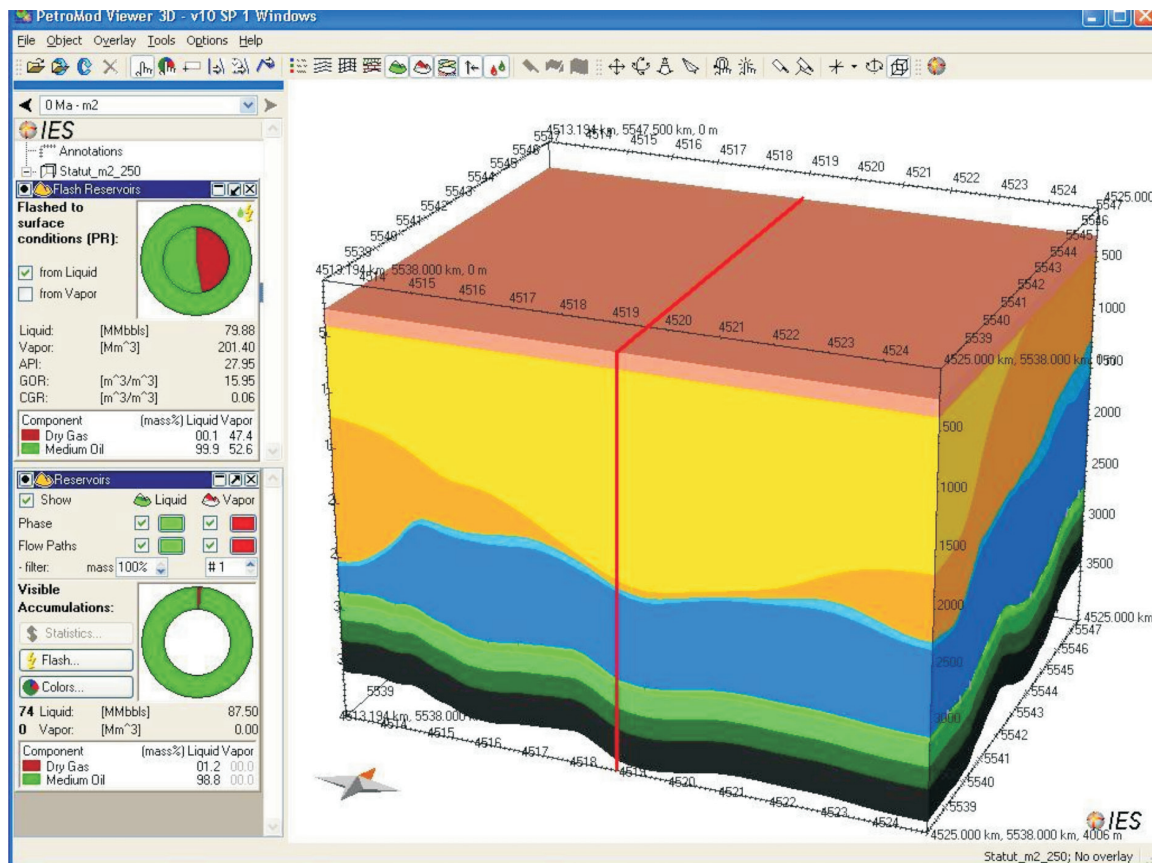
Wstęp

Do analizy wybrano rejon Wygoda-Pilzno, przedstawiony na rysunku 1. Obszar badań jest prostopadłościanem w wymiarach $\sim 12 \times 9$ km, tj. zajmującym obszar o po-

wierzchni 108 km², o głębokości 4000 metrów. W oparciu o ograniczone dane laboratoryjne z tego rejonu, przy użyciu oprogramowania PetroCharge można obliczyć, że obecnie



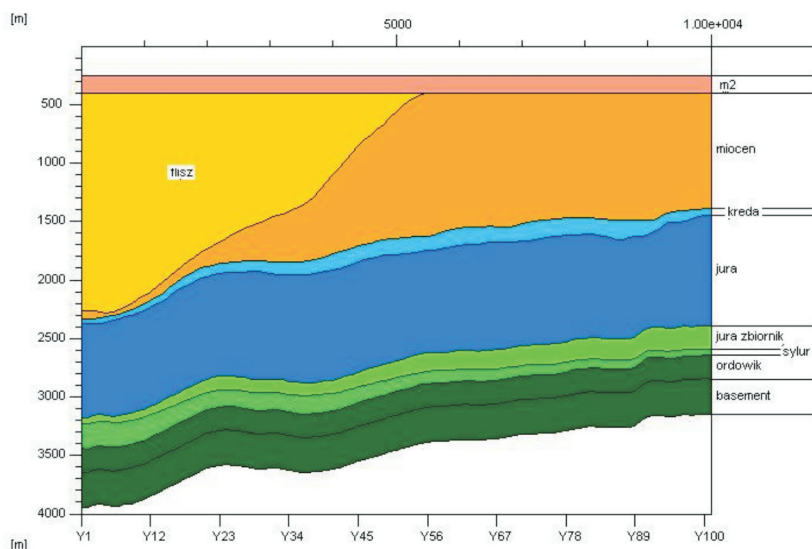
Rys. 1. Obszar badań –rejon Wygoda-Pilzno, o powierzchni 108 km² (widoczny w lewej części mapy, według P. Karkowski [1])



Rys. 2. Przekrój 3D rejonu Wygoda-Pilzno, ukazujący zasoby węglowodorów (87,5 mln baryłek) [2]

znajduje się tam 87,5 milionów baryłek ropy naftowej (1 baryłka = 42 galony US = ~159 litrów), z czego na powierzchni można wydobyć 79,88 milionów baryłek surowca (rysunek 2).

Zadaniem tej pracy jest określenie zmian w czasie, jakie następowały w rejonie zapadliska przedkarpackiego w procesie tworzenia węglowodorów, a także uzyskanie informacji o etapie, na jakim zasoby te znajdują się obecnie. Rysunek 2 przedstawia trójwymiarowy obszar badań, z zaznaczeniem kierunku północnego. Przekrój poprzeczny dla środkowej wartości współrzędnych osi X (czerwona linia na rysunku 2) ukazano szczegółowo na rysunku 3.

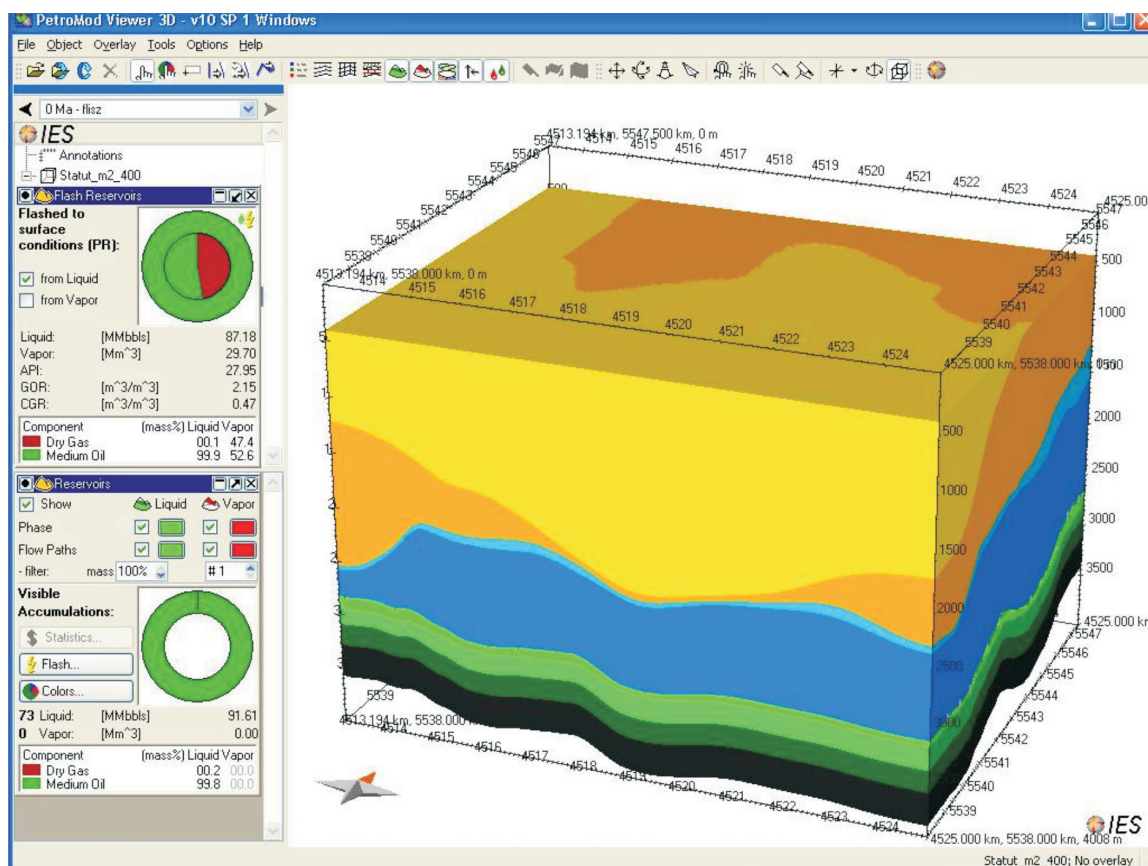


Rys. 3. Przekrój 2D (zaznaczony czerwoną linią na rysunku 2) ukazujący obecne ułożenie warstw stratygraficznych wybranego rejonu Wygoda-Pilzno

Analiza danych symulacji PetroCharge

Podstawowym celem tej pracy była analiza procesu powstawania węglowodorów, poprzez wykonanie wielu symulacji komputerowych w oparciu o zmieniające się w czasie warstwy stratygraficzne. Dla zobrazowania tego

procesu początkowo usunięto jedną warstwę, tj. M2, o miąższości 150 m, następnie dla każdej pozostałej warstwy skorygowano okresy geologiczne o 3 Ma, tj. cofnięto się w czasie o 3 Ma lat i obliczono ówczesną generację węglu-



Rys. 4. Obszar badań Wygoda-Pilzno 3 Ma lat temu – po nasunięciu fliszu, przed depozycją M2

wodorów. Okazało się, że ilość węglowodorów wynosiła wtedy 91,36 mln baryłek, tj. o 386 mln baryłek (MMbbls) więcej niż obecnie – co wskazuje, że zasoby ropońskie w tym rejonie przeszły już ze stanu dojrzewania w stan degradacji. Graficznie tę sytuację przedstawiono na rysunku 4.

Następnie usunięto flisz oraz skorygowano czas geologiczny o 17 Ma lat wstecz, aby uwzględnić wpływ czasu na proces dojrzewania w każdej warstwie – biorąc jednocześnie pod uwagę fakt, że był to okres nasuwania się fliszu (spowodowany ruchami tektonicznymi orogenezy alpejskiej), a nie jego depozycją, która przebiegała (jak już wspomniano) znacznie wcześniej. Symulacja PetroCharge wygenerowała wówczas 68,95 MMbbls, tj. o 19,55 MMbbls mniej niż jest to obecnie i o 22,41 mniej niż było to 3 Ma lat temu – potwierdzając osiągniętą dzięki wcześniejszej symulacji tezę, że okres degradacji zasobów węglowodorów w tym rejonie trwa już od wielu milionów lat. Zawężenie przedziałów czasowych dla symulacji do ostatnich 20 Ma lat pozwoli określić początek procesu degradacji (*overmaturity*) w rejonie badań. Rysunek 5 przedstawia sytuację sprzed 20 Ma lat, tj. na początku osadzania się miocenu, którego znaczny przyrost warstwy w okresie zaledwie 3 Ma spowodowany był nie tylko obecnością Oceanu Tetydy – będącego wynikiem ponownego ocieplenia i kompletnego stopienia

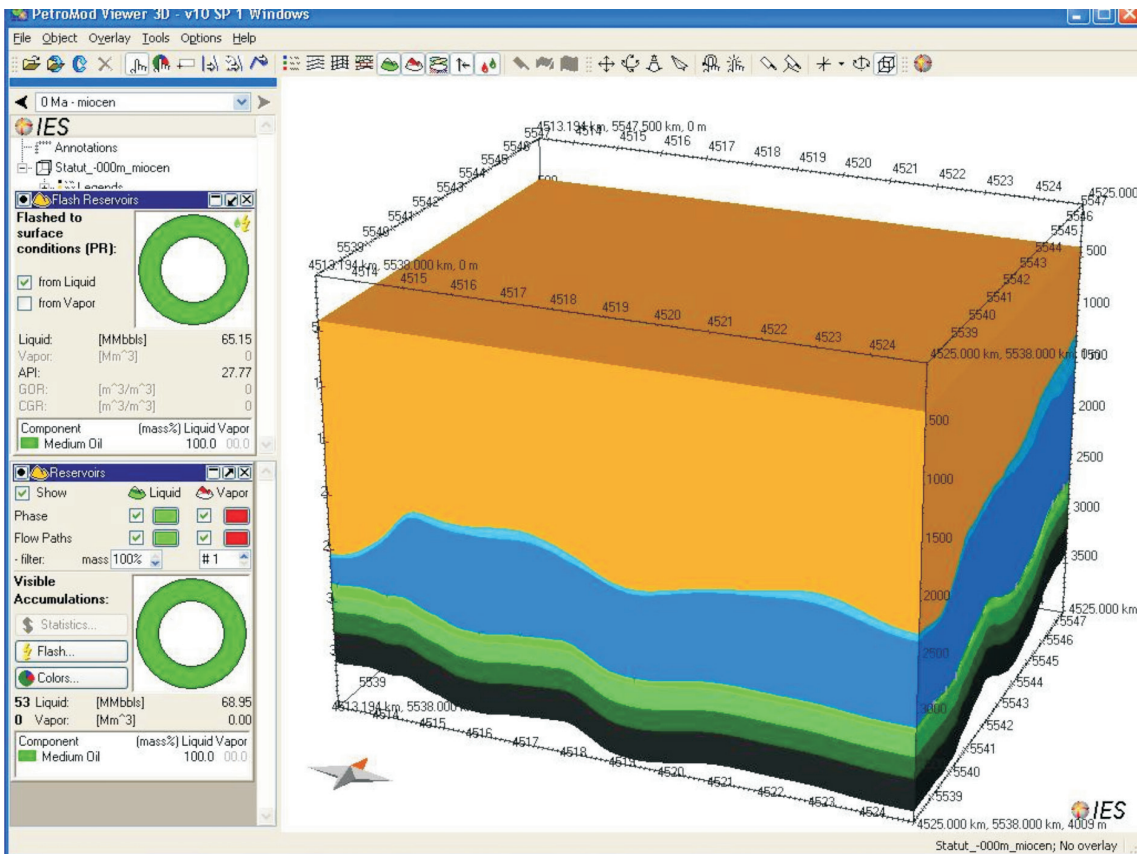
lodowców Antarktydy – ale również przesuwającego się w kierunku tego obszaru fliszu.

Następnym krokiem była redukcja głębokości miocenu, którego przyrost był stosunkowo wysoki, tj. średnio o 1322 metry w okresie 3 Ma. Obniżanie poziomu warstwy miocenu (z równoczesną korektą czasów stratygraficznych) pokazało, że cofnięcie się w czasie o 20,51 Ma oraz zmniejszenie miąższości warstwy miocenu o 225 m spowodowało spadek generacji węglowodorów prawie do zera (1,44 MMbbls) – jak pokazano to na rysunku 6.

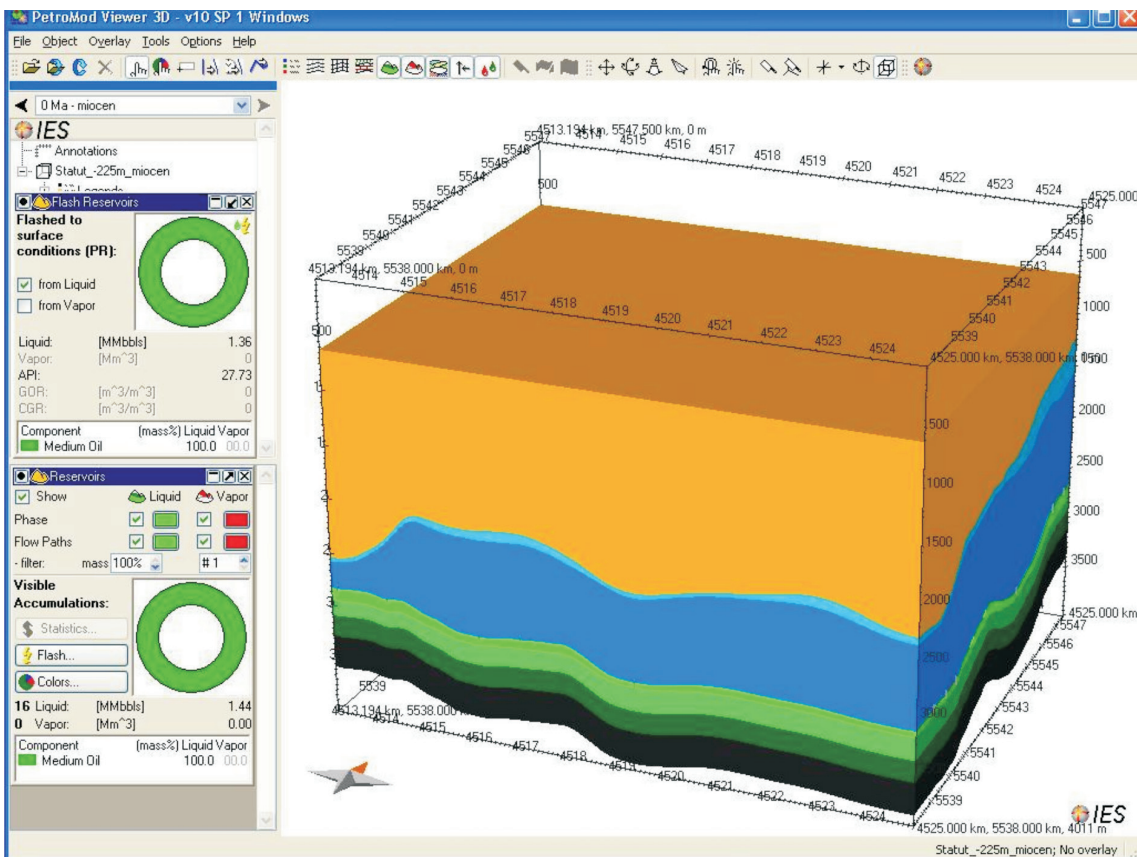
Dalsze cofanie się w czasie oraz redukcja miąższości miocenu nie generuje już żadnych węglowodorów. Po wykonaniu wielu symulacji komputerowych z użyciem oprogramowania PetroCharge i zebraniu wyników (w postaci graficznej) z okresu 500 Ma wstecz – a nawet posuwając się w przyszłość – sporządzono wykres przedstawiający proces generacji węglowodorów w funkcji czasu (przedstawiony na rysunku 7).

Jak widać, na podstawie wykresu przedstawionego na rysunku 7 trudno ocenić zmiany występujące w interesującym nas okresie od –25 Ma do 5 Ma – szczegółowo ukazany na rysunku 8.

Z wykresu przedstawionego na rysunku 8 wynika, że bardzo interesujący jest również proces powstawa-



Rys. 5. Analizowany obszar po zdeponowaniu miocenu, przed nasunięciem się fliszu

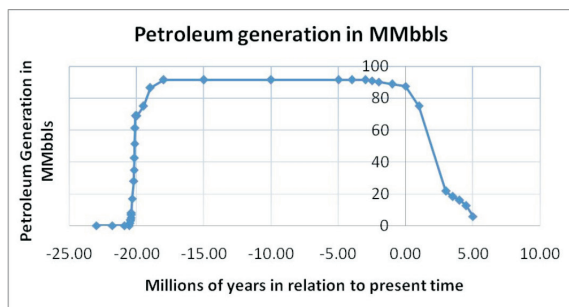


Rys. 6. Wybrany obszar 20,51 Ma lat temu i redukcja warstwy miocenu o 225 m, gdzie po raz pierwszy pojawia się zbiornik węglowodorów

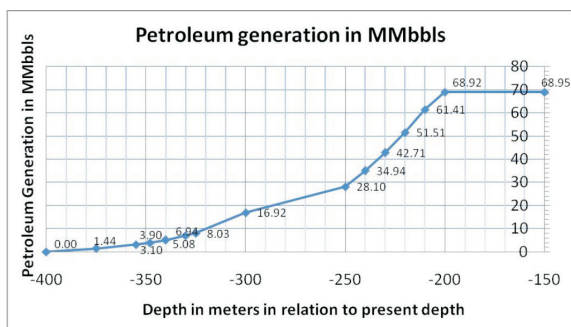
nia węglowodorów i ich akumulacji w zbiornikach jury w okresie $-20,57$ Ma do -20 Ma, czyli okres 570 tysięcy lat, w którym nastąpiła akumulacja warstwy miocenu o 250 metrów – jak widać to na rysunku 9.

Wykres ten będzie miał identyczny wygląd, jeśli zastąpimy skalę głębokości od -400 do -150 m (czyli do końca okresu miocenu) skalą czasu, tj. od $-20,57$ Ma do $-20,00$ Ma. Dla precyzyjnego zobrazowania związku pomiędzy czasem akumulacji a głębokością w okresie miocenu, na rysunku 10 przedstawiono wykres identyczny – lecz w funkcji czasu.

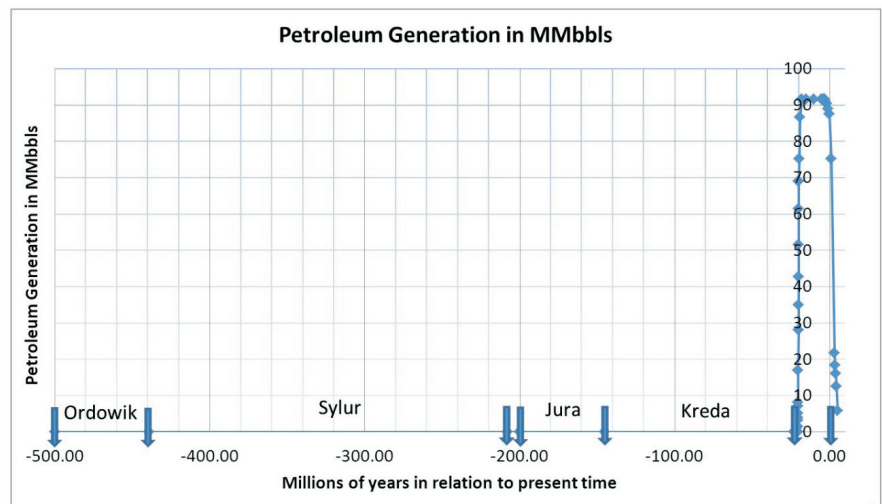
Warto zwrócić uwagę na fakt, że maksymalny przyrost ilości węglowodorów w zbiorniku



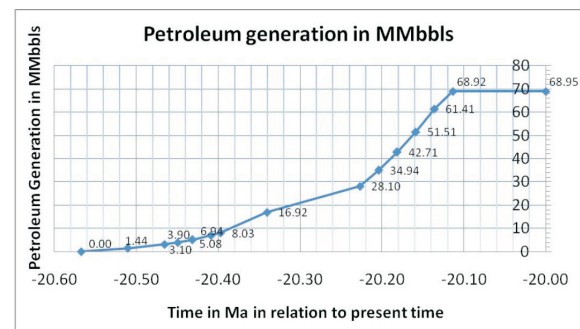
Rys. 8. Analiza ukazująca, iż maksymalnie dojrzałe zasoby węglowodorów (o wartości 91,53 MMbbls) istniały w okresie pomiędzy -15 Ma do -4 Ma, a od tego czasu następuje ich stopniowa degradacja, która zakończy się za 5 Ma lat



Rys. 9. Akumulacja węglowodorów w zbiorniku jury w okresie ostatnich 570 tysięcy lat



Rys. 7. Proces generacji węglowodorów w zbiorniku jury od -21 Ma do 5 Ma, na wykresie prezentującym okres od 500 Ma lat wstecz do 10 Ma lat w przyszłość



Rys. 10. Akumulacja węglowodorów w zbiorniku jury w okresie ostatnich 570 tysięcy lat dla miocenu

jury (tj. 45% maksymalnej akumulacji) nastąpił w okresie zaledwie 120 tysięcy lat pomiędzy $-20,23$ Ma a $-20,11$ Ma, a po tym okresie prędkość generacji znacznie spadła i przez następnych 110 tysięcy lat zakumulowało się tylko 0,03% węglowodorów – pomimo takiego samego przyrostu warstwy (o 50 metrów) i upływu czasu geologicznego. Potrzeba było następnych paru milionów lat, aby zakumulować pozostałe 24% maksymalnych zasobów i osiągnąć wartość 91,53 MMbbls.

Tablica 1 grupuje wyniki wszystkich symulacji przeprowadzonych przy zastosowaniu programu PetroCharge, na podstawie których wykonano powyższe wykresy oraz analizę.

Podsumowanie

Analiza stochastycznie wybranego rejonu Wygoda-Pilzno przy zastosowaniu symulacji PetroCharge wykazała następujące, charakterystyczne cechy rejonu zapadliska przedkarpackiego:

- akumulacja węglowodorów w zbiornikach jurajskich rozpoczęła się 20,51 Ma lat temu i trwała zaledwie przez 2–3 milionów lat, osiągając maksymalną wartość 91,5 MMbbls,

Tablica 1. Zbiorcze zestawienie wyników symulacji przeprowadzonych za pomocą programu PetroCharge

Czas geologiczny	Wiek [mln lat]	Głębokość [m]	Zbiornik cieczowy [MMbbls]	Zasoby wydobywalne [MMbbls]
Przyszłość	5,00	250	5,77	5,01
	4,50	225	12,56	11,04
	4,00	200	16,09	14,26
	3,50	175	18,30	16,36
	3,00	150	21,75	19,47
	1,00	50	75,07	68,03
M2	0,00	0	87,50	79,88
	-1,00	-50	88,84	82,07
	-2,00	-100	90,26	84,36
	-2,50	-125	90,94	85,45
	-3,00	-150	91,61	87,18
Flisz	-4,00	-150	91,53	86,60
	-5,00	-150	91,53	86,70
	-10,00	-150	91,53	87,28
	-15,00	-150	91,53	87,44
	-18,00	150	91,49	87,50
	-19,00	-150	86,58	82,81
	-19,50	-150	75,13	71,87
	-20,00	-150	68,95	65,15
Miocen	-20,11	-200	68,92	65,00
	-20,14	-210	61,41	57,92
	-20,16	-220	51,51	48,60
	-20,18	-230	42,71	40,31
	-20,20	-240	34,94	32,98
	-20,23	-250	28,10	26,53
	-20,34	-300	16,92	16,00
	-20,40	-325	8,03	7,60
	-20,41	-330	6,94	6,57
	-20,43	-340	5,08	4,81
	-20,45	-348	3,90	3,69
	-20,47	-355	3,10	2,93
	-20,51	-375	1,44	1,36
	-20,57	-400	0,00	0,00
	-20,91	-550	0,00	0,00
-21,82	-950	0,00	0,00	
-23,00	-1722	0,00	0,00	
Kreda	-145,00	-1843	0,00	0,00
Jura	-200,00	-2699	0,00	0,00
Zbiornik-jura	-208,00	-2840	0,00	0,00
Sylur	-439,00	-2960	0,00	0,00
Ordowik	-500,00	-3160	0,00	0,00
Podstawa	-510,00	-3260	0,00	0,00

- największy współczynnik akumulacji węglowodorów w zbiorniku jury nastąpił w okresie 120 tysięcy lat pomiędzy –20,23 Ma a –20,11 Ma i wynosił 340 baryłek/rok (40,82 MMbbls/120 tys. lat),
- dojrzałe węglowodory w zbiorniku jurajskim pozostały na tym samym poziomie (91,5 MMbbls) przez 15 Ma od –18 Ma do –3 Ma, po czym rozpoczął się proces ich degradacji, który trwa do dnia dzisiejszego – obecnie zasoby te ocenia się na 87,5 MMbbls,
- przez następny milion lat współczynnik degradacji węglowodorów wyniesie 12 baryłek/rok, po czym przez następne dwa miliony lat wzrośnie do 32 baryłek/rok, a po 5 Ma – licząc od dnia dzisiejszego – nastąpi prawie całkowita ich degradacja.

Artykuł nadesłano do Redakcji 25.03.2011 r. Przyjęto do druku 28.04.2011 r.

Recenzent: prof. dr hab. Piotr Such

Literatura

- [1] Karnkowski P.: *Złóża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce*. Tom 2, 1993.
- [2] Wygrala B.: *PetroMod Information IES Integrated Exploration System*. Materiały informacyjne, 2005.



Mgr inż. Lidia DUDEK – absolwentka Wydziału Geologiczno-Poszukiwawczego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pracownik Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie na stanowisku: Starszy Specjalista badawczo-techniczny, wykonująca prace w zakresie modelowania, generacji i ekspulsji węglowodorów.

ZAKŁAD GEOLOGII I GEOCHEMII

- analiza systemów naftowych (badania skał macierzystych, modelowanie generacji, ekspulsji i migracji węglowodorów, analiza dróg migracji, analiza parametrów zbiornikowych pułapek złożowych);
- badania prospekcyjne (trendy przestrzennego rozwoju parametrów zbiornikowych i filtracyjnych, analiza macierzystości, ranking stref zbiornikowych);
- konstrukcja statycznych modeli geologiczno-złożowych 3D;
- analiza procesów diagenetycznych i ich wpływu na parametry zbiornikowe skał;
- genetyczna korelacja płynów złożowych ze skałami macierzystymi;
- obliczanie zasobów złóż węglowodorów z analizą niepewności;
- modele przepływu płynów złożowych w skałach zbiornikowych;
- badania ekshalacji gazu;
- badania złóż typu *tight/shale gas*;
- specjalistyczne analizy: przestrzeni porowej, petrograficzne, geochemiczne RSO, płynów złożowych, analizy biomarkerów, analizy chromatograficzne, analiza GC/MS oraz GC/MS/MS;
- interpretacja danych geofizyki wiertniczej.

Kierownik: dr inż. Grzegorz Leśniak
Adres: ul. Lubicz 25A, 31-503 Kraków
Telefon: 12 421-00-33 w. 262
Faks: 12 430-38-85
E-mail: grzegorz.lesniak@inig.pl

