

Nowe perspektywy poszukiwań złóż gazu ziemnego w utworach wapienia cechsztyńskiego na monoklinie przedsudeckiej

Kazimierz Dyjaczynski*, Stanisław Mamczur*, Stanisław Radecki**

W ostatnich latach, w rejonie Nowego Tomysła i Kościana, w obrębie przedcechsztyńskiego elementu tektoniczno-morfologicznego, zwanego wyniesieniem (wałem) wolsztyńskim stwierdzono występowanie raf w utworach wapienia cechsztyńskiego (Ca1), zawierających akumulacje gazu ziemnego. Odkrycia te otwierają nowe perspektywy poszukiwawcze złóż gazu ziemnego na obszarze wyniesienia wolsztyńskiego w rejonie Zbąszyń–Nowy Tomysł–Kościan–Pogorzela.

Rys historyczny poszukiwań złóż węglowodorów w wapieniu cechsztyńskim

W latach 60. prace poszukiwawcze złóż węglowodorów na Niziu Polskim rozpoczęto na szerszą skalę od obszaru monokliny przedsudeckiej. Utwory wapienia cechsztyńskiego zostały uznane za perspektywiczne do poszukiwań złóż gazu ziemnego, jako jedna z trzech serii obok czerwonego spągowca i cechsztyńskiego dolomitu głównego. Perspektywność wapienia cechsztyńskiego została w krótkim czasie potwierdzona odkryciem w 1964 r. dużego złoża gazu ziemnego Bogdaj–Uciechów o zasobach ok. 16 mld m³.

W złożu tym akumulacja gazu występuje łącznie w piaskowcach czerwonego spągowca i węglanach wapienia cechsztyńskiego.

W następnych latach odkrywano kolejne złoża gazu, z których najważniejsze to:

- Czeszów (1967 r.) o zasobach wydobywalnych ok. 2 mld m³,
- Borzęcin (1969 r.) o zasobach wydobywalnych ok. 4,9 mld m³,
- Wierzchowice (1971 r.) o zasobach wydobywalnych ok. 12 mld m³,
- Brzostowo (1976 r.) o zasobach wydobywalnych ok. 1,5 mld m³,

Złoża te występują w południowej części monokliny przedsudeckiej na południe od wyniesienia wolsztyńskiego (ryc. 1).

Rozpoczęte w latach 70. intensywne prace poszukiwawcze na północ od wyniesienia (wału) wolsztyńskiego i w północnej jego części przyniosły odkrycie szeregu złóż gazu w piaskowcach czerwonego spągowca na zachód od Poznania oraz tylko niewielkich akumulacji gazu w wapieniu cechsztyńskim (bardzo małe złożo gazu odkryte w 1975 r. otworem Kościan 1 o zasobach 22,4 mln m³ i nieduża akumulacja gazu w otworze Ujazd 15 odwierconym w 1978 r. na obszarze złoża Ujazd w czerwonym spągowcu). Stwierdzone wówczas miąższości wapienia cechsztyńskiego w granicach 1–5 m oraz niekorzystna jego facja (za wyjątkiem otworów Kościan 1 i Ujazd 15, gdzie stwierdzono odpowiednio 6,5 i 9,5 m porowatego i organogenicznego poziomu Ca1) spowodowały, że w rejonie tym utwory wapienia ce-

chsztyńskiego uznane zostały za mało perspektywiczne. Pierwszymi sygnałami o możliwości zrewidowania poglądów o perspektywiczności wapienia cechsztyńskiego, w obrębie północnej części wyniesienia wolsztyńskiego było stwierdzenie w 1989 r. przemysłowej akumulacji gazu w tym poziomie w otworach Paproć 17 i 18, pomimo że miąższość wapienia wynosiła tam tylko 3,5 m (ryc. 2). Otwory te były realizowane jako rozpoznawcze dla złoża gazu ziemnego Paproć E — Cicha Góra, występującego w utworach czerwonego spągowca. Przełomowym sygnałem był odwiercony w 1990 r. otwór Paproć 19, który nie stwierdził występowania serii osadowej czerwonego spągowca, w utworach wapienia cechsztyńskiego natomiast odkryto rafę o dobrych właściwościach zbiornikowych nasyconą gazem ziemnym.

Ówczesne ograniczone możliwości systemów przetwarzania danych sejsmicznych, pomimo intensywnych prac studialnych, nie pozwoliły na opracowanie wiarygodnej metodyki wykrywania i kartowania raf na podstawie badań sejsmicznych. Pomimo to, na niektórych przekrojach sejsmicznych odtworzonych starym processingiem miejscami były widoczne charakterystyczne zapisy sejsmiczne, które można było traktować jako mniej lub bardziej prawdopodobne przesłanki przemawiające za istnieniem raf (Dyjaczynski i in., 1993). Dopiero jednak zakupione w 1993 r. i wdrożone do stosowania nowoczesne aparaty sejsmiczne oraz systemy przetwarzania danych sejsmicznych pozwoliły na:

1. Opracowanie metody wykrywania potencjalnych miejsc występowania raf w wapieniu cechsztyńskim na podstawie zreprocessowanych profili sejsmiki dwuwymiarowej 2D.

2. Dokładne skartowanie budowy i zasięgu raf badaniami sejsmiki trójwymiarowej 3D.

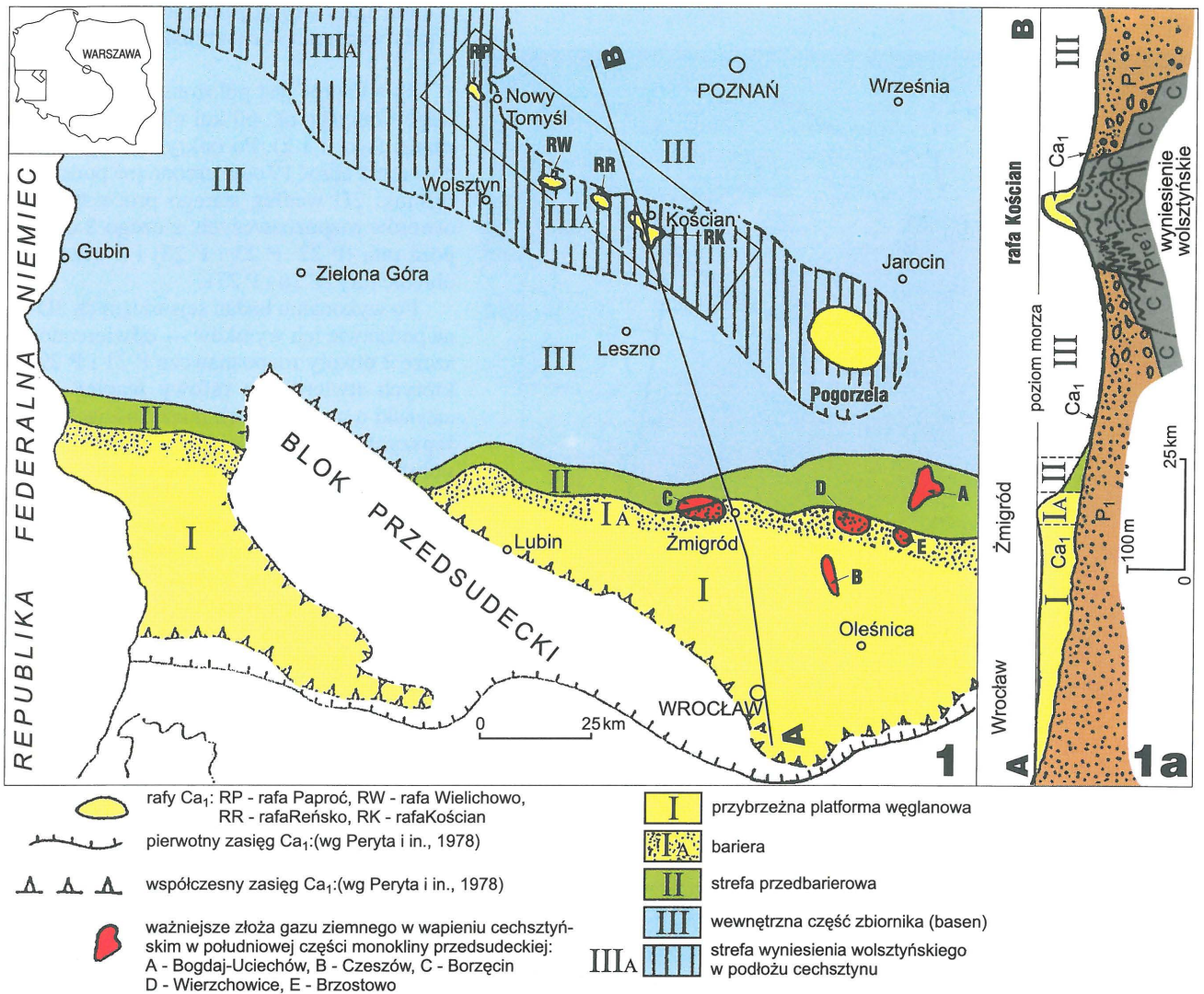
Te nowe możliwości pozwoliły na odkrycie na bazie materiałów sejsmiki 2D rafy Kościan (otworami K 6 i K 7) oraz określenie budowy i wielkości raf Paproć i Kościan badaniami sejsmiki 3D. Wyniki badań sejsmiki 3D zostały potwierdzone wierceniami w 1997 r.

Zarys paleogeografii wapienia cechsztyńskiego na obszarze przedsudeckim

Szkic paleogeografii omawianego poziomu przedstawiono na ryc. 1 i 1A. W rejonie Wrocławia–Lubina–Zmigrodu–Oleśnicy uformowała się przybrzeżna platforma węglanowa, w obrębie której miąższość wapienia cechsztyńskiego waha się przeważnie w granicach 20–50 m. W przykrawędziowym pasie tej platformy od strony basenu wyróżniono barierową strefę, w której miąższość omawianego poziomu wzrasta do ok. 60–90 m. Charakterystyczną cechą wapienia cechsztyńskiego w obrębie platformy (i barier) jest wykształcenie jego dolnej części w postaci madstonów (seria zbitych) oraz górnej części (seria porowata) w postaci greinstonów i pakstonów bioklastycznych i ooidowych, a w strefie barierowej występują również utwory o charakterze raf mszywiolowo-glonowych (Peryt, 1978, 1984; Kłapciń-

* PGNiG S.A. Oddział Zielonogórski Zakład Górnictwa Nafty i Gazu ul. Bohaterów Westerplatte 15, 65-034 Zielona Góra

** PGNiG S.A. Oddział Główny, ul. Jagiellońska 76, 03-301 Warszawa



Ryc. 1. Szkic paleogeograficzny wapienia cechsztyńskiego (Ca₁) na obszarze przedśudeckim; a) Schemat sytuacji paleogeologicznej wzdłuż linii Wrocław–Kościan pod koniec sedimentacji wapienia cechsztyńskiego

ski, 1971; Lorenc, 1975). Złoża gazu ziemnego Wierzchowice, Brzostowo i częściowo Borzęcin znajdują się w barierowej strefie wapienia cechsztyńskiego (ryc. 1). W strefie przedbarierowej miąższość wapienia cechsztyńskiego, który z reguły jest dwudzielny jak na platformie II na ryc. 1) wynosi przeważnie 10–20 m. W górnej porowej części tego poziomu występuje akumulacja gazu ziemnego w złożu Bogdaj–Uciechów. Na północ od strefy przedbarierowej wydzielono wewnętrzną część zbiornika sedimentacyjnego (basen), w obrębie której wapień cechsztyński jest wykształcony przeważnie jako madstony o miąższości przeważnie w granicach 1–5 m, praktycznie bez właściwości zbiornikowych. Na zróżnicowanie miąższościowo-facjalne wapienia cechsztyńskiego wewnątrz strefy basenowej duży wpływ miał regionalny przedcechsztyński element tektoniczno-morfologiczny, określane wyniesieniem (lub wałem) wolsztyńskim, w obrębie którego brak jest osadowej serii czerwonego spągowca (ryc. 1, 1a). W górnym czerwonym spągowcu (saksonie) wyniesienie wolsztyńskie było erodowane i odgraniczało od siebie nieckę zielonogórską (zapadlisko zielonogórskie) na południu od niecki poznańskiej (zapadliska poznańskiego) na północy, w obrębie których gromadziły się osady — głównie o charakterze piaskowcowo-zlepieńcowatym.

Skały budujące wyniesienie wolsztyńskie, jak np. różnorodny wulkanity dolnego czerwonego spągowca (autunu) oraz iłolupki, mułowce i piaskowce karbońskie cechowały się różną odpornością na erozję przedcechsztyńską, stąd też relief powierzchni tego wyniesienia na początku cechsztynu był w niektórych strefach dość znacznie zróżnicowany (dzisiaj to zróżnicowanie obserwujemy jako nierówności w paleoreliefie stropu podłoża podcechsztyńskiego na przekrojach paleogeologicznych i na mapach odległości np. pomiędzy granicami refleksyjnymi Z₄–Z'₁, Tp₂–Z'₁). Na niektórych płycznach w obrębie zbiornika dolnocechsztyńskiego, uformowanych na wyniesieniu wolsztyńskim w strefach wychodni skał bardziej odpornych na erozję, utworzyły się rafa wapienia cechsztyńskiego (np. rafa Paproć i Kościan).

W tym samym czasie w zagłębieniach — uformowanych na wyniesieniu wolsztyńskim w strefach wychodni skał mało odpornych na erozję — utworzyły się zailone madstony o miąższości ok. 3–5 m. Wnikliwą analizę sedimentacji i diagenety utworów wapienia cechsztyńskiego na obszarze Polski Zachodniej przeprowadził Peryt (1984) ustalając, że poziom ten utworzył się w czasie trzech cykli transgresywno-regresywnych.

Charakterystyka geologiczno-złożowa rafa wapienia cechsztyńskiego Paproć

Rafa Paproć jest położona w pobliżu Nowego Tomysła, ok. 60 km na zachód od Poznania (ryc. 1 i 2). Po odkryciu rafa Paproć 19 odwiercono (na podstawie sejsmiki 2D według starego processingu) 5 otworów rozpoznawczych, z czego 3 otwory poza rafą (P 22, P 23 i P 25) i 2 otwory w obrębie rafa (P 26 i P 27).

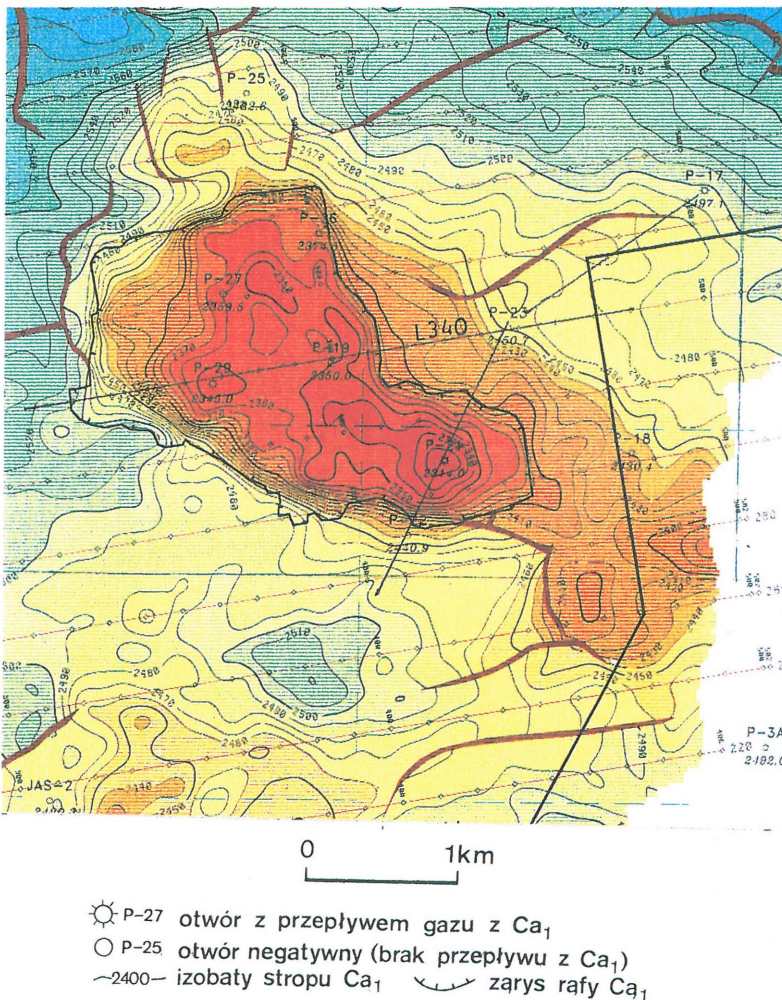
Po wykonaniu badań sejsmicznych 3D — na podstawie ich wyników — odwiercono jeszcze 2 otwory rozpoznawcze P 21 i P 29, w których stwierdzono rafowy wapień cechsztyński o największych miąższościach i najlepszych właściwościach zbiornikowych, położony w optymalnych warunkach strukturalnych. Wykonany reprocessing materiałów sejsmiki 3D, w nawiązaniu do wyników otworów rozpoznawczych, pozwolił ostatecznie określić rozmiary rafa Paproć i wykonać mapę strukturalną stropu wapienia cechsztyńskiego zarówno w rafie jak i poza nią (ryc. 2).

Powierzchnia rafa według tej mapy wynosi 3,5 km².

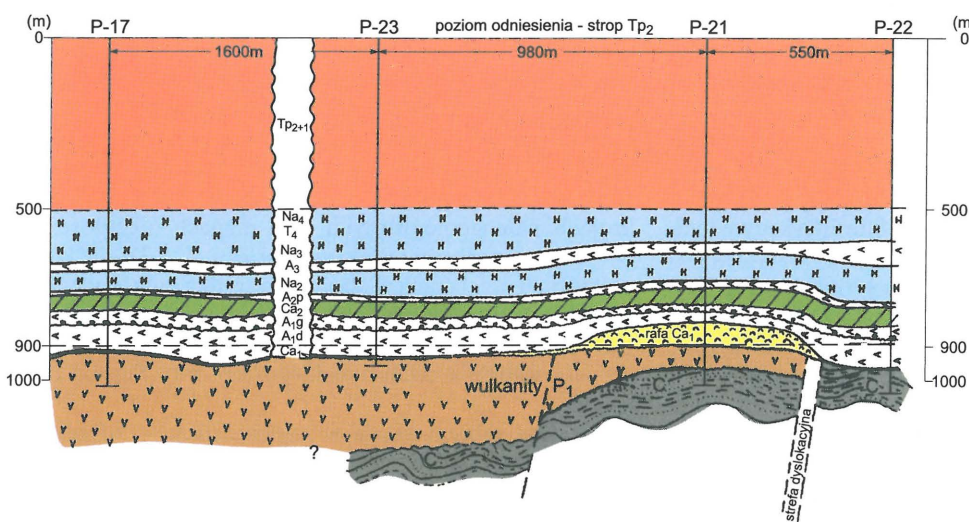
Omawiana rafa jest związana genetycznie z paleopodniesieniem w stropie podłoża podcechsztyńskiego zbudowanego z wulkanitów czerwonego spagowca (andezyty) kontaktujących dyslokacyjnie od południa z iłowcowo-piaskowcowymi utworami karbonu (ryc. 3).

Pozycję rafa Paproć, w nawiązaniu do występowania stropu podłoża podcechsztyńskiego oraz charakter zapisu sejsmicznego tej rafa na przekrojach sejsmicznych 3D przedstawiono na ryc. 4 i 5. Stwierdzona w odwierconych otworach miąższość wapienia cechsztyńskiego w obrębie rafa wynosi od 51 m w otworze P 27 do 81 m w otworze P 29. Rafa jest zbudowana z masywnych porowatych

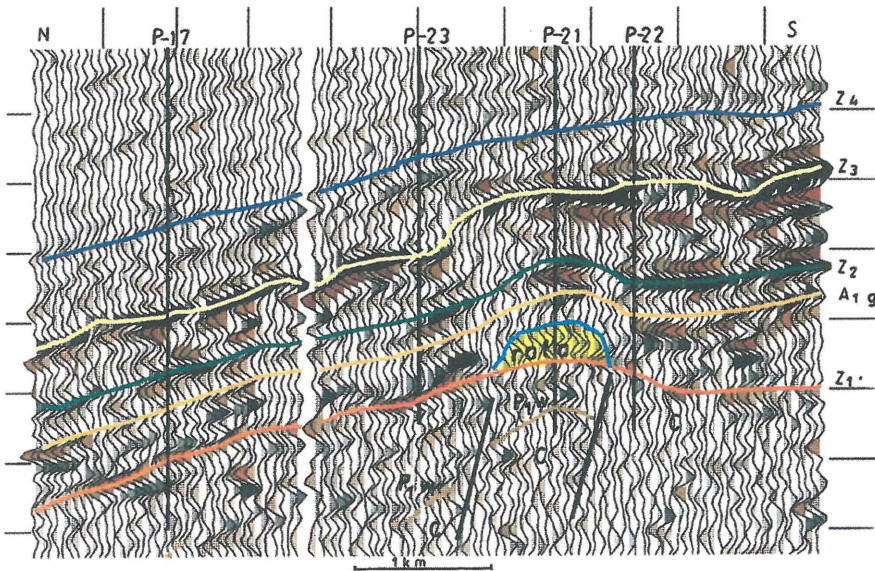
(często kawernistych i gąbczastych) wapieni i dolomitów organogenicznych — głównie mszywiolowych. Często są również bioklasty małży, brachiopodów, ślimaków, małżoraczków, otwornic i liliwców oraz struktury glonowe (zwłaszcza w przystopowej części wapienia cechsztyńskiego) a także ooidy. Przy badaniach mikroskopowych rafa są wydzielane takie typy litologiczne jak: greinstony i pakstony bioklastyczne, greinstony i pakstony peloidowe i ooidowe, bandstony mszywiolowe i glonowe. W profilach wapienia cech-



Ryc. 2. Mapa strukturalna stropu wapienia cechsztyńskiego w rejonie rafa Paproć (wg W. Górskiej, M. Górskiego, J. Piątka - z Geofizyki Toruń, 1997 r.)



Ryc. 3. Przekrój paleogeologiczny przez rejon rafa Paproć



Ryc. 4. Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rejon rafy Paproć wzdłuż linii otworów P 17–P 23–P 21–P 22. Z₄, Z₃, Z₂, A_{1g}, Z₁' — granice refleksyjne związane odpowiednio ze stropem: soli cechsztyńskiego, anhydrytu głównego, anhydrytu podstawowego, anhydrytu górnego Z₁, podłoża podcechsztyńskiego, P_{1w} — seria wulkaniczna P₁

sztyńskiego w obrębie rafy Paproć brak jest serii mikrytowej (madstonów) tak charakterystycznej dla dolnej części tego poziomu w strefie przybrzeżnej platformy. Fakt, że całe grube profile wapienia w obrębie omawianej rafy są organogeniczne świadczy o utrzymywaniu się w trakcie sedimentacji tego poziomu warunków płytkowodnych przy stałej subsydencji. Zauważył to już Peryt (1993 [W:] Dyjaczynski i in., 1993) podczas badania profilu wapienia z otworu P 26, a później poznane profile tego poziomu w pełni to potwierdziły. Okresowo rafa była wynurzana i poddawana subaeralnemu rozpuszczaniu za czym przemawia obecność partii skrasowiatałych oraz intensywne rozpuszczanie bioklastów. Porowatość w utworach rafowych jest bardzo zmienna i np. w otworze P 21 wynosi od 4,7% do

28,3% — średnio dla całego poziomu 14,5%. W otworze P 29 porowatość rafy waha się w granicach 2,92–34,8%, średnio 14%.

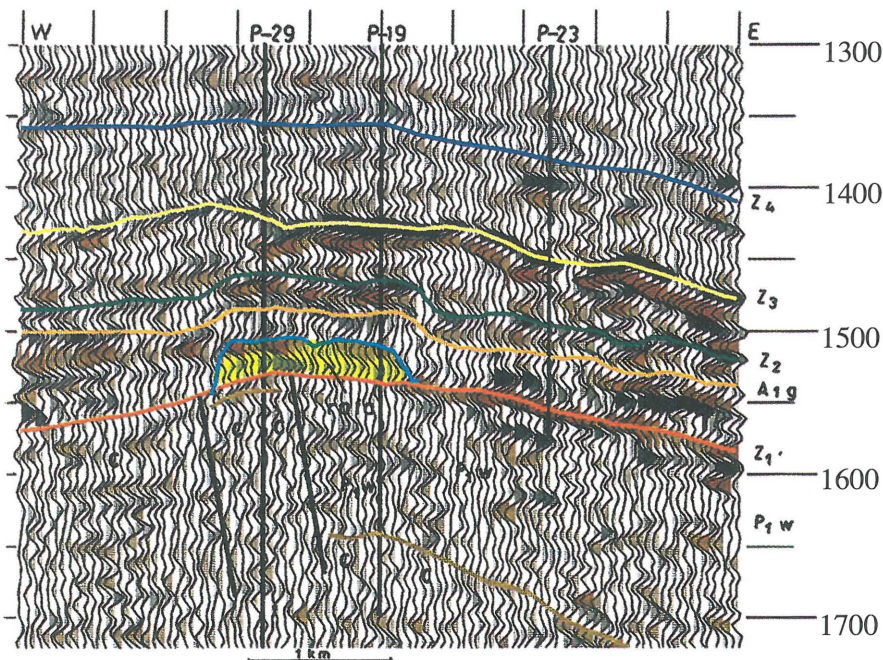
Przepuszczalność wapienia cechsztyńskiego w obrębie rafy Paproć jest również bardzo zmienna i np. w otworze P 21 wynosi od 0 do 680 mdcy, średnio — 42,5 mdcy.

Najlepsze właściwości zbiornikowe w obrębie rafy występują w skrasowiatałych jej partiach, najgorsze w strefach silnie anhydrytycznych.

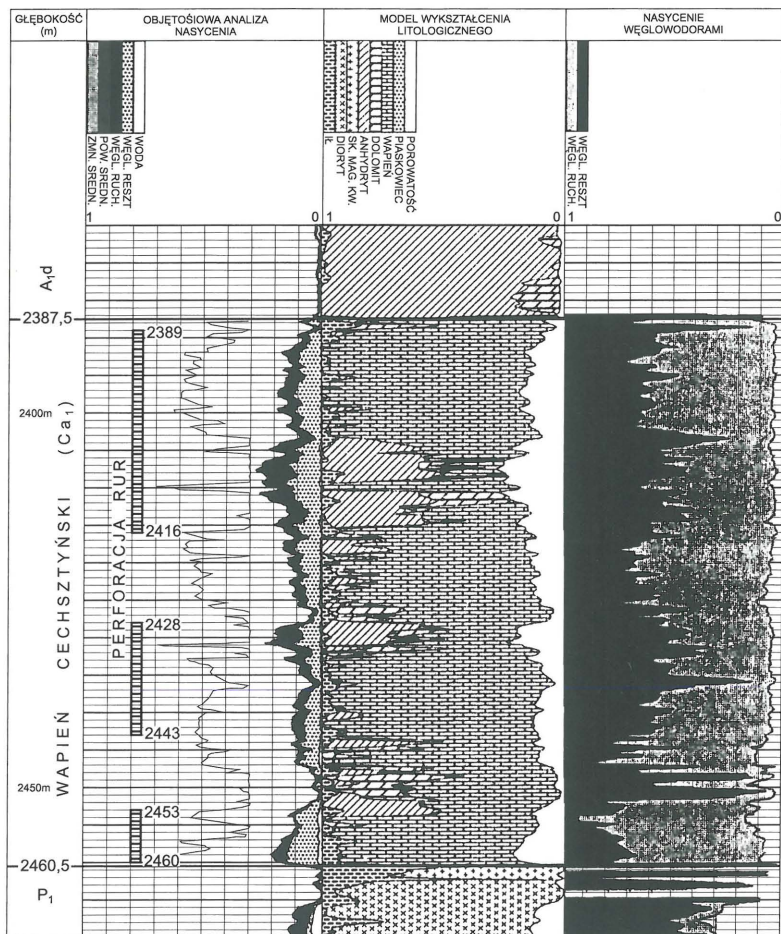
We wszystkich otworach odwierconych w obrębie rafy Paproć cała miąższość wapienia cechsztyńskiego jest nasycona gazem (ryc. 6). Gaz w rafie zawiera 44% węglowodorów (w tym metanu 42%), 55,8% azotu oraz śladowe

zawartości helu i CO₂. Gradient ciśnienia złożowego wynosi 0,125 MPa/10 m. Potencjalne wydajności gazu z otworów wahają się od ok. 250 m³/min do 1570 m³/min w otworze P 21.

Zasoby wydobywalne gazu zawarte w rafie Paproć wynoszą ok. 1,3 mld m³. Złoże gazu jest uszczelnione od góry anhydrytem dolnym (A1d) i górnym (A1g) o łącznej miąższości ok. 40–60 m (poza rafą łączna miąższość tych anhydrytów wynosi ok. 100–150 m). Złoże gazu ziemnego zawarte w rafie Paproć nazwano złożem Paproć W, w odróżnieniu od złoża gazu Paproć E — Cicha Góra zakumulowanego w piaskowcach czerwonego spągowca i położonego bezpośrednio na wschód od Nowego To-



Ryc. 5. Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rejon rafy Paproć wzdłuż linii otworów P 23–P 19–P 29 (linia 340)



Ryc. 6. Analiza litologiczna i nasycenia węglowodorami wapienia cechsztyńskiego w otworze Paproć 21 (program Ultra, Geofizyka Toruń).

myśla. W nawiązaniu do dobrych właściwości zbiornikowych rafy Paproć i jej położenia uważa się, że obiekt ten mógłby — po wyeksploatowaniu z niego gazu — służyć jako podziemny magazyn gazu.

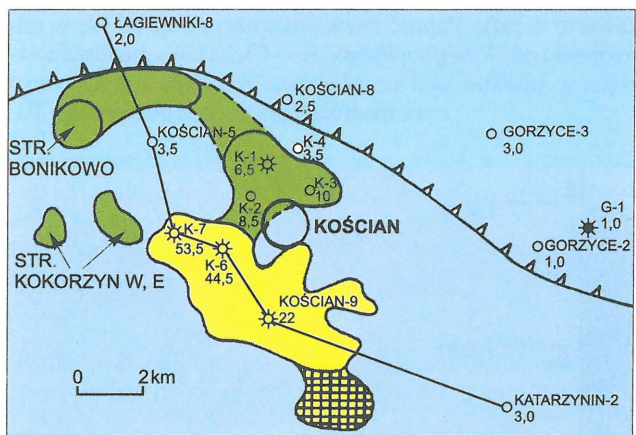
W strefie pozarafowej w otworach Paproć 17 i 18 — jak już wspomniano uprzednio — otrzymano przyływy gazu z wapienia cechsztyńskiego o miąższości 3,5 m wykształconego w postaci stosunkowo słabo porowatych greinstonów i pakstonów/wakstonów bioklastycznych.

W uzupełnieniu do charakterystyki złożowej rejonu rafy Paproć należy dodać, że w dolomicie głównym zalegającym obok rafy również znajduje się złożo gazu ziemnego (gaz ten zawiera ok. 25% węglowodorów, 70% azotu i 5% H₂S). Gazonośność dolomitu głównego stwierdzono w otworach Paproć 19, 21, 27, 29.

Odkrycie i charakterystyka geologiczno-złożowa rafy wapienia cechsztyńskiego Kościan

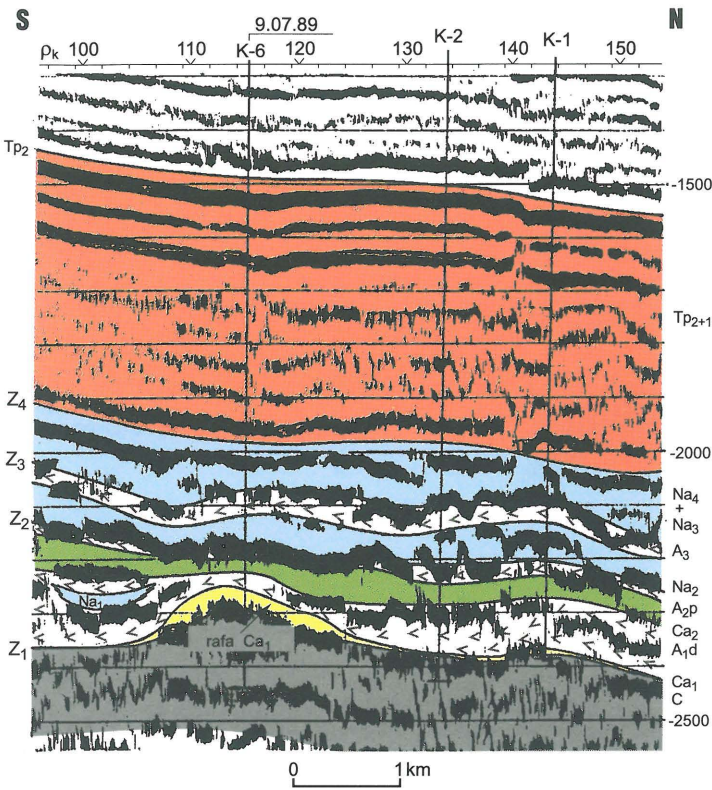
Po otrzymaniu przyływu gazu z wapienia cechsztyńskiego w otworze Kościan 1, odwiercono w tym rejonie 3 otwory, w latach 1975–1976 (K 2, K 3, K 4) z wynikiem negatywnym (ryc. 7).

W latach 1988–1989 odwiercono 2 otwory poszukiwawcze (Kościan 5 i Katarzynin 2) również z wynikiem negatywnym (ryc. 7). Po odkryciu gazonośnej rafy Paproć wśród geologów naftowych wzrosło przekonanie, że również w rejonie Kościana może istnieć rafa, czego wyrazem było np. stwierdzenie Głowackiego (1993), że zasadnicza część obiektu, sądząc na podstawie wyniku otworu Kościan 3, powinna się rozwijać ku południu, na terenie miasta. Zasadnicza rzecz w wyjaśnieniu tego zagadnienia tkwiła jednak w problemie, gdzie zlokalizować konkretnie kolejny otwór poszukiwawczy. W trakcie szczegółowej analizy geologicznej materiałów sejsmicznych z rejonu Kościana w pionie geologii Zielonogórskiego Zakładu Górnictwa Nafty i Gazu w 1994 r. wysunięto tezę, że rafa wapienia cechsztyńskiego może występować w miejscu krzyżówki profilu sejsmicznego 4.07.89 z profilem sejsmicznym 9.07.89 (ryc. 8). Za istnieniem w tym miejscu rafy wskazywał charakter zapisu sejsmicznego — zwłaszcza na przekroju 4.07.89 — oraz paleogeologiczna interpretacja tego miejsca, w nawiązaniu do znanych w tym rejonie wystąpień organogenicznego i porowatego wapienia cechsztyńskiego o wyraźnie zwiększonych miąższościach w otworach Kościan 1, 2, 3 (ryc. 7). Rozumowano w ten sposób, że skoro paleogeologicznie strop podłoża podcechsztyńskiego w miejscu krzyżówek profili sejsmicznych 4.07.89 i 9.07.89 znajduje się o kilkadziesiąt metrów wyżej niż w otworach K 1, K 2 i K 3, to również sytuacja taka była w czasie sedymentacji wapienia cechsztyńskiego, a to oznaczało teoretyczną możliwość utworzenia się rafy w rozpatrywanym miejscu (również w analogii do wcześniej poznanych faktów z rejonu rafy Paproć). Analizę paleogeologiczną przeprowadzono rysując przekrój paleogeologiczny (wyrównany do stropu środkowego pstrego piaskowca) na podstawie przekroju sejsmicznego 4.07.89, na którym w strefie przypuszczalnej rafy

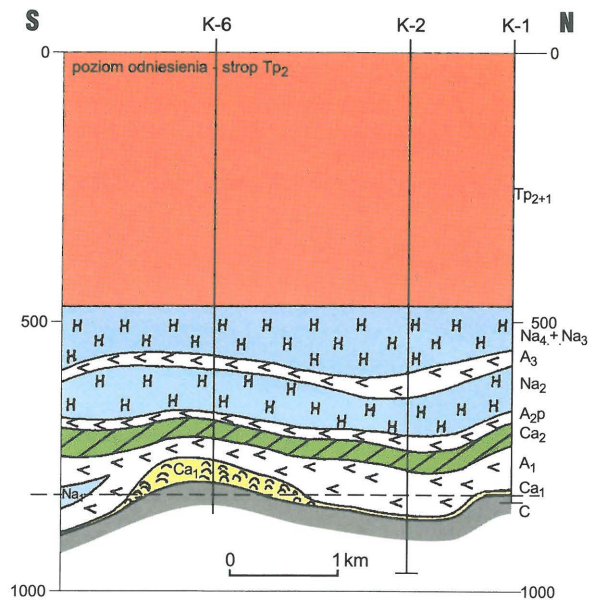


- strefa rafy Kościan rozpoznana sejsmika 3D
- przypuszczalne przedłużenie rafy Kościan (wg Klecana)
- strefy utworów organogenicznych o miąższości do ok.20m
- strefa madstonów
- południowa granica serii osadowej czerwonego spągowca
- otwór negatywny z podaną miąższością wapienia cechsztyńskiego
- otwór z przepływem gazu z wapienia cechsztyńskiego
- otwór z przepływem gazu z utworów czerwonego spągowca
- linia przekroju paleogeologicznego

Ryc. 7. Szkic odwierconych otworów i rozkład stref facjalnych wapienia cechsztyńskiego w rejonie Kościana

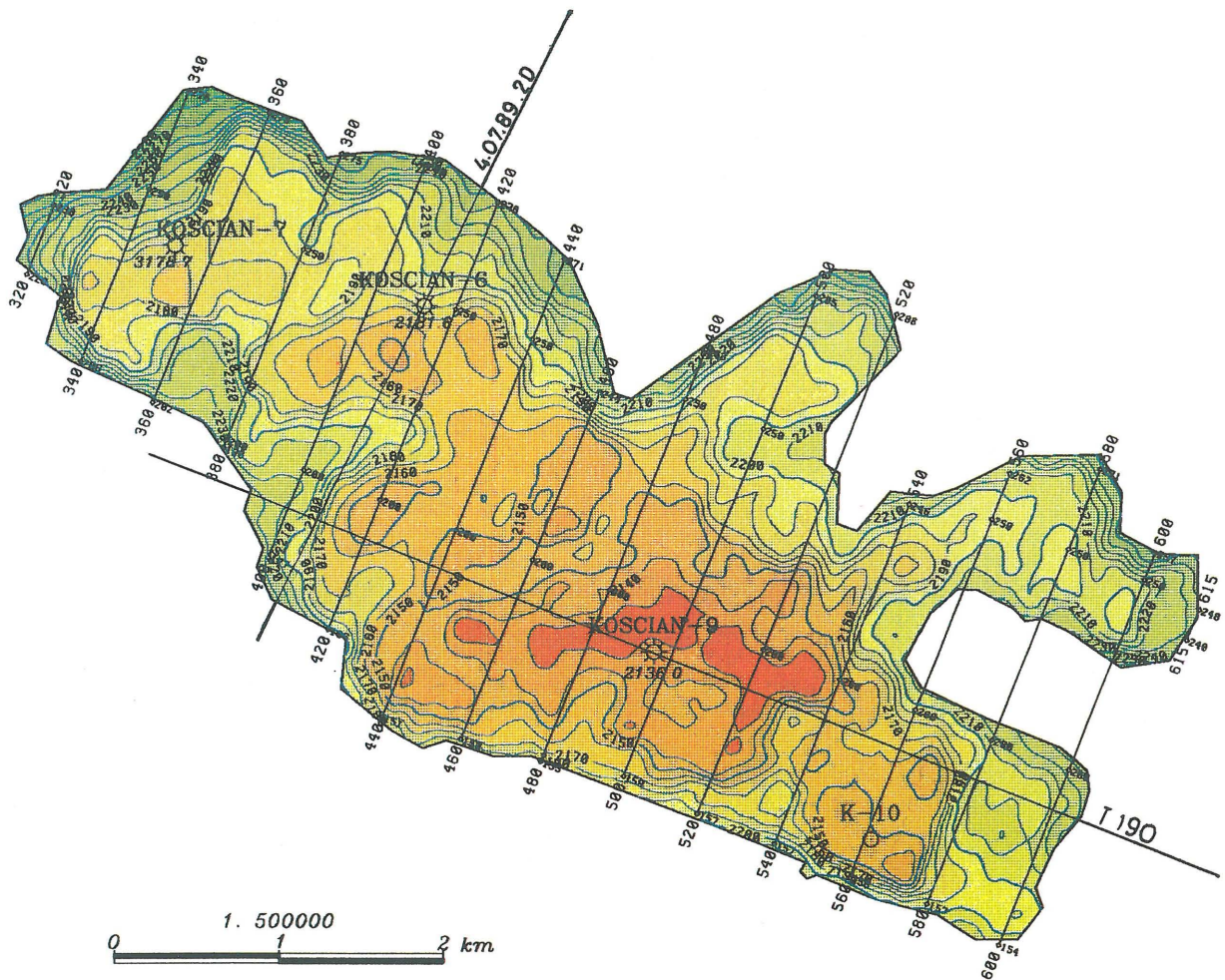


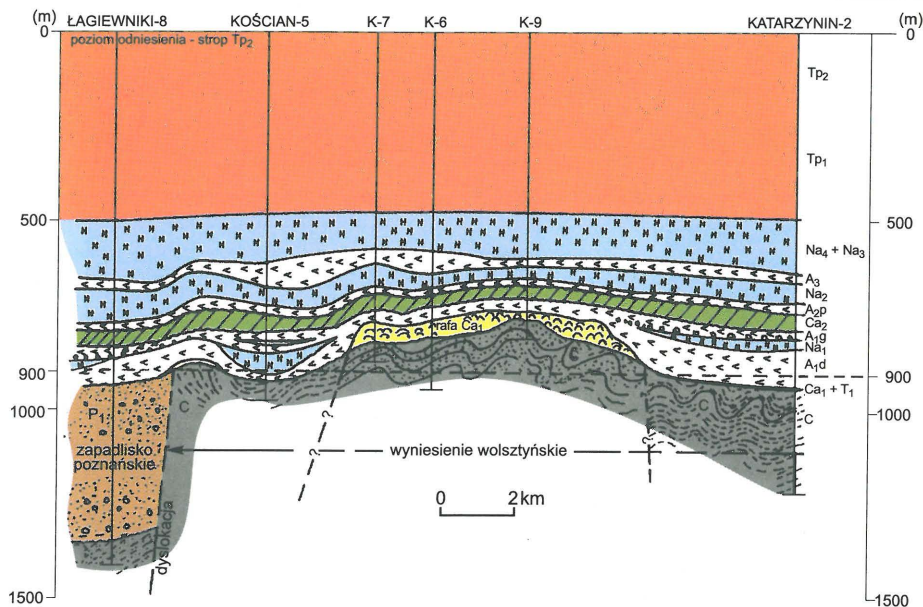
Ryc. 8. Wycinek głębokościowego przekroju sejsmicznego 4.07.89 (zapis sejsmiczny z 1991 r., interpretacja geologiczna z 1994 r. — przed odwierceniem otworu K 6); Tp₂, Z₄, Z₃, Z₂, Z₁ — granice refleksyjne związane odpowiednio ze stropem: środkowego pstrego piaskowca, soli najmłodszej, anhydrytu głównego, anhydrytu podstawowego, podłoża chechsztynu



Ryc. 9. Wycinek paleogeologicznego przekroju wykonanego na podstawie otworów K 1, K 2 i przekroju sejsmicznego 4.07.89 (interpretacja z 1994 r.)

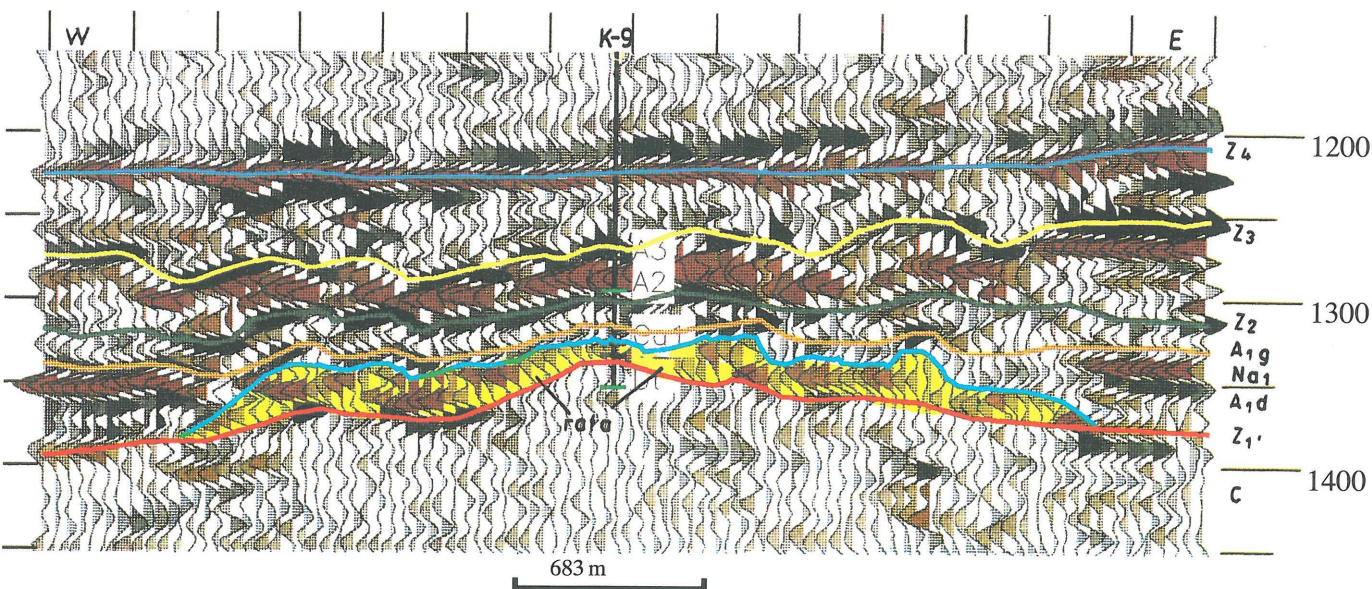
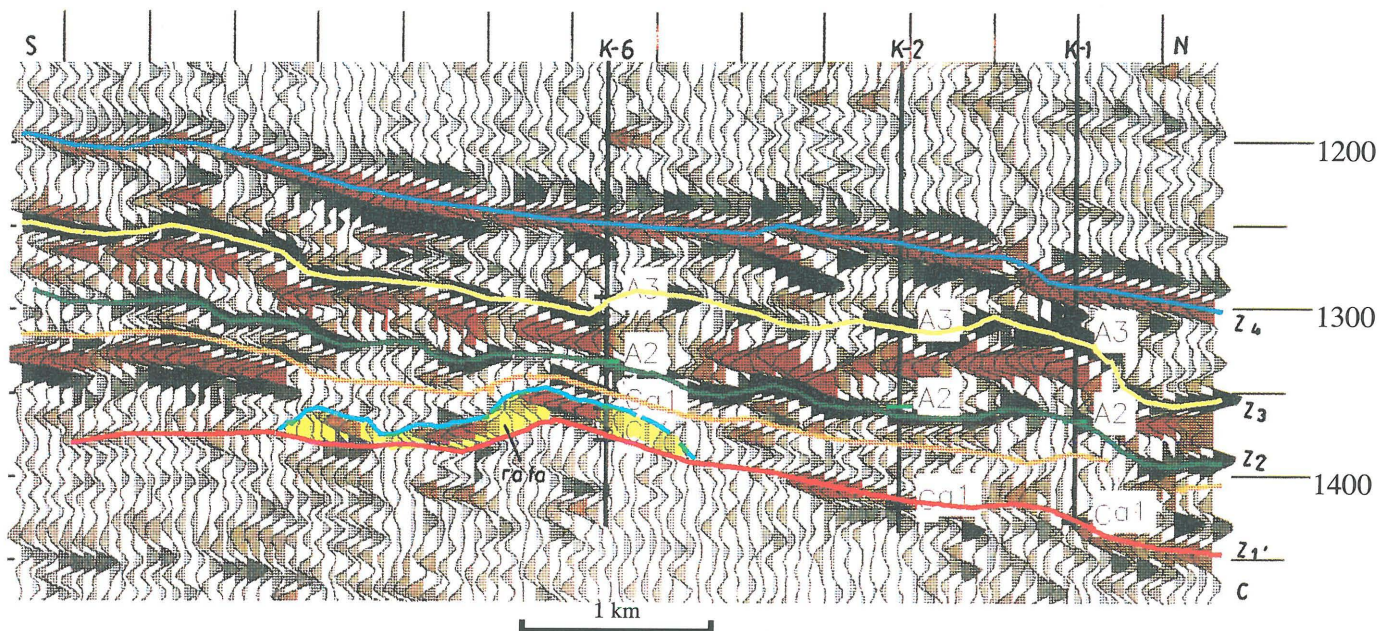
Ryc. 10. Mapa strukturalna stropu wapienia chechsztyńskiego w obrębie rafy Kościan (wg Wilk & Piątka, 1997 [W;] Górski, 1997)



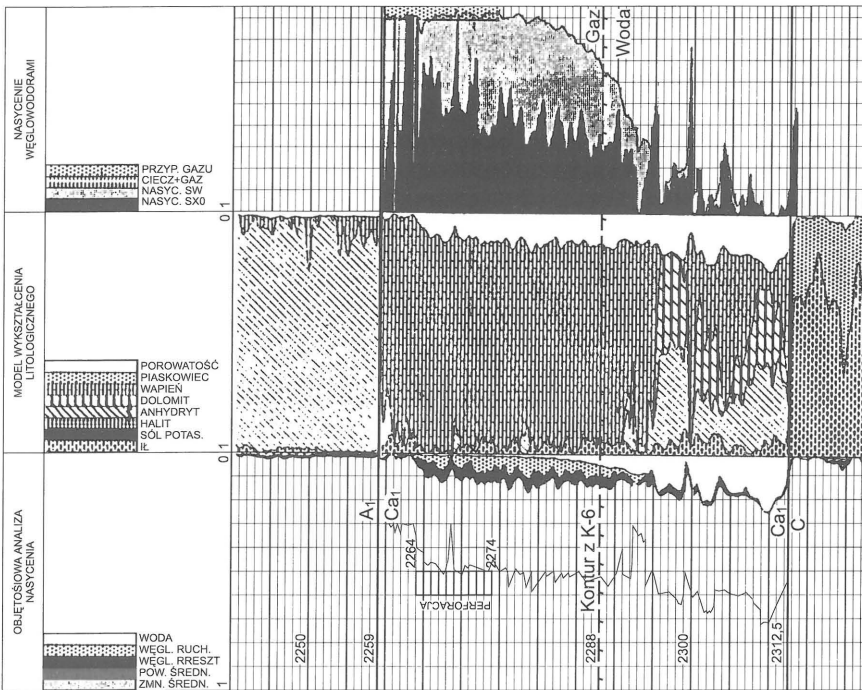


Ryc. 11. Przekrój paleogeologiczny przez rejon Kościana (na podstawie wierceń i sejsmiki 3D)

Ryc. 12. Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rafę Kościan wzdłuż linii profilu sejsmicznego 2D 4.07.89.



Ryc. 13. Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rafę Kościan (trasa 190)



Ryc. 14. Analiza litologiczna i nasycenia węglowodorami wapienia cechsztyńskiego w otworze Kościan 7 (program Ultra, wg Geofizyki Toruń)

zmieniono interpretację granicy refleksyjnej $Z'1$ w stosunku do interpretacji wcześniejszej (ryc. 9). Też o przypuszczalnym występowaniu rafy wapienia cechsztyńskiego przedstawiono na szerszym forum geologiczno-geofizycznym we wrześniu 1994 r. W celu bardziej obiektywnego rozpatrzenia tego problemu kierownictwo geologiczne PGNiG zleciło Geofizyce Toruń wykonanie poszerzonego reprocessingu wspomnianych 2 profili sejsmicznych oraz wielu innych z rejonu Kościana.

Odtworzone nowymi procedurami sejsmicznymi przekroje 4.07.89 i 9.07.89 zostały zinterpretowane już w grudniu 1994 r. w Geofizyce Toruń przez A. Klecana. Reinterpretacja ta uprawdopodobniła istnienie rafy w omawianym wyżej miejscu oraz wykazała możliwość istnienia obiektu rafowego ok. 1,5 km na zachód.

Odwiercony w 1995 r. otwór Kościan 6 odkrył rafę Kościan, a otwór K 7 odwiercony rok później potwierdził jej zachodnie przedłużenie (ryc. 7 i 10).

Po odwierceniu otworów K 6 i K 7 Geofizyka Toruń wykonała w rejonie odkrytej rafy Kościan badania sejsmiczne 3D. Wyniki wykonanych badań sejsmicznych 3D w rejonie Kościan–Gorzyce przedstawiono w 1997 r. w opracowaniu wykonanym w Geofizyce Toruń przez zespół pod kierownictwem M. Górskiego. Badania sejsmiczne 3D wykazały, że rafa wapienia cechsztyńskiego Kościan kontynuuje się na odległość ok. 5 km w kierunku SE od otworu K 6 (ryc. 10). Kontynuację rafy na SE od otworu K 6 potwierdził odwiercony w I połowie 1997 r. otwór K 9.

Analiza materiałów sejsmicznych 2D zreprocessowanych nowymi metodami przetwarzania wykonana w Geofizyce Toruń przez A. Klecana wykazała przedłużanie się omawianej rafy dalej na południe, poza obszar wykonanych badań sejsmicznych 3D (ryc. 7).

Rafa Kościan w granicach wykonanego zdjęcia sejsmicznego posiada powierzchnię 17 km². Omawiana rafa leży na wyraźnym paleopodniesieniu w stropie podłoża podcechsztyńskiego zbudowanego tu z piaskowcowych utworów karbonu, podczas gdy dość głębokie paleoobniżenia w strefach otworów Kościan 5 i Katarzynin 2 utworzyły się na przedcechsztyńskich wychodniach karbońskich łożysk i

mułowców (ryc. 11). Jest możliwe, że urozmaicony paleorelief w stropie podłoża podcechsztyńskiego widoczny na ryc. 11 (deniwelacje do ok. 150 m) ukształtował się zarówno w wyniku erozji precechsztyńskiej, jak i — w jakimś stopniu — zróżnicowanych, syne-dymentacyjnych ruchów bloków podłoża w cechsztynie. Zapis rafy Kościan na czasowych przekrojach sejsmicznych 3D ilustrują ryc. 12 i 13. Na ryc. 12 przedstawiono czasowy przekrój sejsmiczny 3D odtworzony wzdłuż przebiegu omówionego już wyżej przekroju sejsmicznego 2D 4.07.89 (ryc. 10). Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rafę Kościan przedstawiony na ryc. 13 można uznać za wzorcowy dla stref rafowych wapienia cechsztyńskiego, a z uwagi na prawie płaskie zaleganie na nim stropu soli cechsztyńskiej (granica refleksyjna Z_4) można ten przekrój traktować też jako paleosejsmiczny (przekrój ten wykonano wzdłuż trasy 190, ryc. 10). Warto zwrócić uwagę na takie cechy zapisu sejsmicznego na tym przekroju związane z rafą jak:

- przejście w korelacji granicy refleksyjnej $Z'1$ z amplitudy ujemnej poza rafą na amplitudę dodatnią pod rafą,
- wyklinowanie się soli najstarszej nad brzegiem rafy (zanik granicy refleksyjnej Na_1),
- obecność granicy refleksyjnej o ujemnej amplitudzie (pomiędzy granicami refleksyjnymi $A1g$ i $Z'1$) związanej ze stropem rafy,
- oblekające zaleganie kompleksu $Z2 - A1g$ nad rafą.

Cechy te można uważać za diagnostyczne dla stref rafowych wapienia cechsztyńskiego na omawianym obszarze.

Stwierdzona miąższość wapienia cechsztyńskiego w obrębie rafy Kościan wynosi od 22 m w otworze K 9 do 53,5 m w otworze K 7. Dane sejsmiczne 3D wskazują, że największa miąższość wapienia cechsztyńskiego w obrębie rafy (do ok. 70–80 m) występuje na słońcach paleopodniesienia w podłożu podcechsztyńskim (ryc. 11, 13). Rafę Kościan w otworach K 6 i K 7 tworzą u dołu jasne, porowate, dolomityczno-wapienne mszywiolowe greinstony i bandstony, wyżej występują wapienne i podrzędnie dolomityczne greinstony ooidowo-bioklastyczne złożone z ooidów i bioklastów mszywiolów, małży, brachiopodów, małżoraczków i otwornic. Występują również — zwłaszcza w stropowej części wapienia cechsztyńskiego — struktury stromatolito-

we. Porowatość wapienia cechsztyńskiego w otworach K 6 i K 7 waha się od 0,5 do 32%, średnia porowatość tego poziomu w otworze K 7 wynosi 12,5%, a w otworze K 6 — 14,3%. Dolne partie tego poziomu cechują się w tych otworach znacznie większą porowatością niż górne (ryc. 14). Małą miąższość wapienia cechsztyńskiego w otworze K 9 tłumaczy się tym, że istniała tam bardzo płytkowodna strefa, co przy małej subsydencji uniemożliwiało narastanie rafy ku górze, rozwój rafy skierował się na zbocza rozległego podniesienia (ryc. 11). W otworze K 9 w dolnej części wapienia cechsztyńskiego występuje 7,5-metrowa seria zlepieńców (z otoczkami skał podłoża) z przewarstwieniami węglanowymi, a wyżej 14,5-metrowa seria dolomitów i wapieni organogenicznych — mszywołowo-glonowych, w przystropowej części silnie anhydrytycznych.

W otworach K 6 i K 7 stropowe partie rafy są nasycone gazem, a w otworze K 9 — cała rafa (ryc. 14). Kontur gaz-woda według aktualnego rozpoznania zalega w głębokości -2207,7 m. Gaz w rafie Kościan zawiera 80% metanu, ok. 1% innych węglowodorów i ok. 19% azotu oraz ok. 0,12% helu. Rafa Kościan przykryta jest 30–40 metrowym pakietem anhydritów cyklotemu Z1 oddzielających ją szczerlnie od dolomitu głównego (gazy występujące w lokalnych kulminacjach dolomitu głównego w otworach K 7 i K 9 mają zupełnie inny skład chemiczny niż gaz w rafie).

Zasoby wydobywalne gazu w rafie Kościan szacuje się na ok. 6–7 mld m³. Obecnie na tym obiekcie rafowym wierce się otwór K 10 (ryc. 10)*, dalsze prace rozpoznawcze będą prowadzone w 1998 r. W otoczeniu rafy Kościan rozpoznawane będą również obiekty strukturalne Bonikowo i Kokorzyn W i E, w obrębie których występują prawdopodobnie zgrubienia organogenicznego-porowatego wapienia cechsztyńskiego o miąższości do ok. 20 m (ryc. 7).

Prawdopodobne rafy wapienia cechsztyńskiego w rejonie pomiędzy Nowym Tomyślem i Kościanem i w innych rejonach monokliny przedsudeckiej

Stwierdzenie gazonośnych raf wapienia cechsztyńskiego w rejonie Nowego Tomyśla i Kościana w naturalny sposób nasuwa przypuszczenie, że podobnego typu rafy mogą — a nawet powinny być — na wyniesieniu wolsztyńskim pomiędzy tymi miejscowościami. Już w 1993 r. w ramach specjalnego opracowania (Dyjaczyński i in., 1993) wykazano taką możliwość na starych i stosunkowo słabej jakości materiałach sejsmicznych.

W rejonie Wielichowa L. Knieszner wyinterpretował wtedy kilka przypuszczalnych raf które częściowo pokrywają się z rafami określonymi w późniejszych opracowaniach. W najnowszym opracowaniu sejsmicznym (Klecan & Zarzyka, 1997) opierając się na nieporównywalnie lepszych materiałach sejsmicznych 2D skartowano kilka prawdopodobnych raf, z których najbardziej udokumentowana tzw. rafa Wielichowo A może mieć ok. 5–6 km długości oraz 0,5–1,0 km szerokości. Pomiędzy Wielichowem i Kościanem występuje prawdopodobny obiekt rafowy Reńsko (ryc. 1). W celu sprawdzenia faktycznego występowania tych raf i określenia ich parametrów (rozmiary, miąższości, rozłożenie własności zbiornikowych) planuje się wykonanie w 1998 r. w rejonie Wielichowo-Reńsko badań sejsmicznych 3D, a w dalszej kolejności odwiercenie otworów poszukiwawczych.

Rafy Wielichowo i Reńsko są udokumentowane sejsmika 2D w sposób relatywnie najbardziej pewny. W sposób mniej pewny zasygnalizowano przypuszczalne obiekty rafowe w rejonie na zachód od Nowego Tomyśla oraz pomiędzy Nowym Tomyślem i Wielichowem. Są również przesłanki sejsmiczne przemawiające za możliwością występowania raf wapienia cechsztyńskiego w rejonie na SE od Kościana po rejon Pogorzeli. Na wszystkich przypuszczalnych, słabo dotychczas udokumentowanych obiektach rafowych będzie wykonywany reprocessing starych materiałów sejsmicznych według nowych metod przetwarzania sejsmicznego.

W rejonie na SE od rafy Kościan planuje się wykonanie pewnego zakresu nowych badań sejsmicznych, których zadaniem będzie m.in. bliższe rozpoznanie przypuszczalnych raf. Należy również zaznaczyć, że podejmuje się działania w celu ostatecznego wyjaśnienia perspektywności dość rozległego rafopodobnego obiektu Pogorzeli na SE od Kościana.

Zarysowana wyżej problematyka rafowa przemawia za tym, że poszukiwanie i rozpoznawanie złóż gazu ziemnego w rafach wapienia cechsztyńskiego na monoklinie przedsudeckiej będzie w najbliższych latach jednym z priorytetowych zadań górnictwa naftowego.

L i t e r a t u r a

- DYJACZYŃSKI K., KNIESZNER L., PERYT T. M. i in. — Analiza geologiczno-geofizyczna w celu określenia raf w wapieniu cechsztyńskim w rejonie Zbąszyń–Nowy Tomyśl–Grodzisk Wlkp. 1993 r. Arch. B.G. Geonafta.
- GŁOWACKI E. 1993 — Nafta–Gaz, 12: 447–457.
- GÓRSKI M. (kier. zesp.) 1996–1997 — Opracowanie wyników inwersji sejsmicznej 3D, rejon Paproć.
- GÓRSKI M. (kier. zesp.) 1997 — Opracowanie badań sejsmicznych 3D w rejonie Kościan–Gorzyce. Arch. B.G. Geonafta.
- GÓRSKI M. & TRELA M. 1995 — Opracowanie badań sejsmicznych 3D w rejonie Paproci. Arch. B.G. Geonafta.
- KALISZ T., KLECAN A., TOMASZEWSKA J. & WRÓBEL J. 1995 — Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Zbąszyń–Wielichowo–Jabłonna–Ujazd–Bolewicko. Arch. B.G. Geonafta.
- KALISZ T. & KRYPEL B. 1991 — Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Wielichowo–Leszno. Arch. B.G. Geonafta.
- KALISZ T. & WRÓBEL J. 1994 r. — Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Kościana. Arch. B.G. Geonafta.
- KLECAN A. 1994 — Badania sejsmiczne wapiennej rafy Ca1 w cechszynie. Problemy interpretacyjne sejsmiki. Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa.
- KLECAN A. 1996 — Geofizyka w geologii i górnictwie. Mat. IV Konferencji naukowo-technicznej: 145–152.
- KLECAN A., WRÓBEL J. & KALISZ T. 1994–1995 — Reprocessing 16 profili sejsmicznych z rejonu Kościana. Arch. B.G. Geonafta.
- KLECAN A. & ZARZYKA K. 1997 — Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Wielichowa. Arch. B.G. Geonafta.
- KŁAPCZYŃSKI J. 1971 — Geol. Sud., 5: 77–135.
- LORENC S. 1975 — Ibidem, 10: 59–104.
- PERYT T. M. 1978 — Stud. Geol. Pol., 54: 1–88.
- PERYT T. M. 1984 — Pr. Inst. Geol., 109: 1–80.
- PERYT T. M., PIĄTKOWSKI T. S. & WAGNER R. 1978 — Mapa paleogeograficzna wapienia cechsztyńskiego (Ca1). Atlas litofacjalno-paleogeograficzny permu obszarów platformowych Polski.
- PERYT T. M. & PROTAS A. 1978 — Prz. Geol., 26: 185–186.
- PERYT T. M. & WAŻNY H. 1978 — Kwart. Geol., 22: 549–570.

*Tuż przed oddaniem tego artykułu do druku w otworze K 10 przewiercono wapień cechsztyński o miąższości 66,5 m i dobrych właściwościach zbiornikowych, nasycony w całości gazem.