



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa, tel. 22 45 92 000, fax 22 45 92 001, biuro@pgi.gov.pl
Sąd Rejonowy dla m. st. Warszawy w Warszawie, XIII Wydział Gospodarczy KRS, Nr 0000122099; NIP 525-000-80-40

www.pgi.gov.pl

Ocena perspektywiczności geologicznej zasobów złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby przeprowadzenia postępowania przetargowego w celu udzielenia koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie i wydobywanie złóż węglowodorów
Zadanie 22.5004.1502.02.0

Pakiet danych geologicznych do postępowania przetargowego na poszukiwanie złóż węglowodorów Obszar przetargowy „LESZNO”

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
mgr Huberta Kiersnowskiego

Koordynator zadania:
dr hab. Stanisław Wołkowicz
prof. nadzw. PIG-PIB

Warszawa, styczeń 2016 r.

Skład zespołu:

mgr Hubert Kiersnowski – kierownik zespołu

dr Anna Becker

mgr inż. Anna Bliźniuk

mgr inż. Ireneusz Dyrka

dr Anna Feldman-Olszewska

dr Andrzej Głuszyński

Tadeusz Grudzień

mgr inż. Marcin Janas,

dr Marek Jasionowski

mgr inż. Dominika Kafara

mgr inż. Sylwia Kijewska

mgr Paulina Kostrz-Sikora

dr Aleksandra Kozłowska

dr Marta Kuberska

mgr Rafał Laskowicz

dr Krzysztof Leszczyński

Monika Piotrowska

mgr inż. Michał Roman

dr Olga Rosowiecka

dr Małgorzata Sikorska-Maykowska

inż. Leszek Skowroński

mgr Jakub Sokołowski

mgr Marcin Szuflicki z zespołem

prof. dr hab. Ryszard Wagner

Koordynator zadania

Prof. nadzw. PIG-PIB dr hab. Stanisław Wołkowicz

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
1.1. Informacje ogólne o obszarze przetargowym	5
(Hubert Kiersnowski, Marek Jasionowski, Leszek Skowroński)	
1.2. Uwarunkowania środowiskowe	5
(Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Dominika Kafara, Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska)	
2. BUDOWA GEOLOGICZNA	9
2.1. Stratygrafia	9
2.1.1. Karbon	9
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.1.1. Petrografia osadów karbonu dolnego	9
(Aleksandra Kozłowska)	
2.1.2. Perm – czerwony spągowiec	11
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.2.1. Wyniki badań petrograficznych	13
(Marta Kuberska)	
2.1.3. Perm – cechsztyń	18
(Ryszard Wagner, Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński)	
2.1.4. Trias	22
(Anna Becker)	
2.1.5. Jura i kreda	22
(Anna Feldman-Olszewska, Krzysztof Leszczyński)	
2.1.6. Kenozoik	22
2.2. Budowa strukturalna	23
(Andrzej Głuszyński)	
2.3. Rozwój budowy geologicznej	24
(Andrzej Głuszyński)	
3. SYSTEM NAFTOWY	25
3.1. Wstęp	25
3.2. Skały macierzyste	25
(Marcin Janas)	
3.3. Wiek i mechanizm generacji, migracji i akumulacji węglowodorów	29
(Ireneusz Dyrka)	
3.4. Zawartość węgla organicznego w utworach karbonu	31
(Ewa Klimuszko)	
4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO NA OBSZARZE PRZETARGOWYM I W JEGO SĄSIEDZTWIE	31
(Marcin Szuflicki)	
5. PROFIL REPEROWY – ŻAKOWO 6	36
(Michał Roman Leszek Skowroński, Tadeusz Grudzień)	
5.1. Opis wykonanych badań i interpretacji geofizyki otworowej w otworze Żakowo 6	36
(Michał Roman)	
5.2. Charakterystyka hydrodynamiczna i hydrochemiczna poziomów zbiornikowych na przykładzie wiercenia reperowego Żakowo 6.	38
(Jakub Sokołowski)	
6. DANE SEJSMICZNE	42
(Sylwia Kijewska)	
7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE	43
(Olga Rosowiecka)	
7.1. Grawimetria	43
7.2. Magnetyka	46
8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI	48
(Hubert Kiersnowski, Rafał Laskowicz)	
9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	51

1. WSTĘP

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Leszno” dotyczy aspektów budowy geologicznej i perspektyw poszukiwawczych dla poszukiwań złóż gazu w utworach czerwonego spągowca, karbonu i wapienia cechsztyńskiego Ca1 oraz dolomitu głównego Ca2.

Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Leszno” został przygotowany na zlecenie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska. Zakres informacji geologicznej, jaka powinna się znaleźć w przedkładanym opracowaniu, został określony w piśmie tegoż Departamentu nr DGK-IV-4773-3/25312/15/TC z dnia 8.07.2015 r. Zgodnie z art. 49f ust. 3 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r., poz. 196 ze zm.) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy „Leszno” został wskazany w oparciu o Raport „RANKING OBSZARÓW PROPONOWANYCH DO POSTĘPOWANIA PRZETARGOWEGO NA UDZIELENIE KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW” opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy w lipcu 2015 r.

Zebrane dane o budowie geologicznej i potencjale złożowym obszaru przetargowego „Leszno” obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji zawarte są w końcowej części Pakietu Informacyjnego. Opracowanie to zawiera również ogólne dane o istniejących informacjach geologicznych nie będących własnością Skarbu Państwa.

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie. Zawarte w przedłożonym Geologicznym Pakiecie Informacyjnym dla obszaru przetargowego „Leszno” opinie autorów dotyczące potencjału węglowodorowego obszaru przetargowego „Leszno” wyrażają stanowisko PSG i komentują bieżący stan wiedzy geologicznej.

Ministerstwo Środowiska zastrzega sobie możliwość użycia/cytowania Geologicznych Pakietów Informacyjnych w całości lub w części przy okazji innych czynności związanych z realizacją zadań statutowych instytucji.

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy „Leszno” o powierzchni 966,43 km² (Fig. 1.1.) został oznaczony koordynatami zamieszczonymi w poniższej tabeli i na Fig. 1.2.

Obszar „Leszno” oferowany do przetargu koncesyjnego pokrywa się dokładnie z granicami uprzedniej koncesji „Leszno” firmy FX Energy Poland (nr koncesji „Leszno” 65/2008/p) wygaszonej w 2014 r. Wcześniej obszar ten objęty był koncesjami PGNiG, dzięki czemu odkryte zostały w końcu lat sześćdziesiątych i początku lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku dwa złoża gazu ziemnego: Żakowo i Kąkolewo.

Należy zaznaczyć, że zarówno w dokumentacjach, jak i publikacjach, w przypadku otworów wiertniczych spotyka się różną pisownię (np. „Żakowo 1” albo „Żakowo-1”).

Nr punktu	X [PUWG92]	Y [PUWG92]
1	466689,560	337158,511
2	466644,385	337595,470
3	467081,589	338410,259
4	466285,501	338174,746
5	466127,497	337330,790
6	465569,170	337388,835
7	465510,407	338244,912
8	464695,800	338580,800
9	464592,681	338901,650
10	465144,249	340978,731
11	464295,400	342400,978
12	464475,266	342578,282
13	465608,937	342132,347
14	461815,480	351708,880
15	460228,570	355230,040
16	460036,440	362017,350
17	458190,400	361718,220
18	436498,396	361368,446
19	436501,630	361242,930
20	436769,020	355921,345
21	436798,340	355337,820
22	441243,476	318392,537
23	459794,179	322788,021
24	456667,226	328120,689
25	468260,858	335437,605
26	467589,228	337133,127
27	467407,893	336934,213

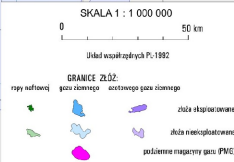
1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Obszar przetargowy „Leszno” jest zlokalizowany na terenie województwa wielkopolskiego, z wyjątkiem jego SW krańców, które są położone w granicach administracyjnych województwa lubuskiego. W zasięgu obszaru znajdują się – w całości lub częściowo – tereny 14 gmin (w tym 8 gmin miejsko-wiejskich i 6 gmin wiejskich) oraz jednego miasta na prawach powiatu – Leszna. Miasto jest położone w południowej części omawianego terenu. Zajmuje obszar o powierzchni 31,86 km² i jest zamieszkiwane przez ponad 64 tys. mieszkańców.

Pod względem regionalizacji fizyczno-geograficznej (Kondracki, 2009) obszar „Leszno” znajduje się w zasięgu pięciu mezoregionów, przy czym jego zdecydowana większość położona jest w obrębie dwóch z nich: Pojezierza Krzywińskiego i Wysoczyzny Leszczyńskiej. Pojezierze cechuje się zróżnicowanym krajobrazem: w rejonie Osiecznej i Krzywina występują jeziora powstałe w następstwie fazy leszczyńskiej zlodowacenia Wisły, natomiast pomiędzy Leszmem a Osieczną w geomorfologii zaznaczają się marginalne moreny i kemy, które osiągają wysokość maksymalną 150 m n.p.m. i wysokość względną do 50 m. Granicząca z Pojezierzem Krzywińskim Wysoczyzna Leszczyńska ma znacznie monotonijszy, równinny krajobraz. W granicach opisywanego terenu zaznacza się w nim wysypiska piaskami

Figura 1.1. Położenie obszaru przetargowego „Leszno” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów według stanu na 31.12.2015 r.

MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE
WĘGLOWODORÓW ORAZ PODZIEMNE BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE
SUBSTANCJI I PODZIEMNE SKŁADOWANIE ODPADÓW
WG STANU NA 31-12-2015 r.



Magazyny			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	176/04	Marszów II	PGNIG S.A.
2	339/04	Góra	Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu
3	192/01/m	Strachocina	PGNIG S.A.
4	8/2011/m	Husów	PGNIG S.A.
5	13/2008/m	Bonikowo	PGNIG S.A.
6	4/2013/m	Bralin	PGNIG S.A.
7	6/2009/m	Dąbrowa	PGNIG S.A.
8	19/2001/m	Kosakowo	PGNIG S.A.
9	180/04	Sieraków	PGNIG S.A.
10	11/05	Wierzbica	PGNIG S.A.
11	2/2012/m	Henrykowska - E	Zakład Dogotowania i Urzędzania Technicznych - ATM Brochów Spółka z o.o.

Składowiska			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	12/2002/s	Bożecin	PGNIG S.A.
2	2/398/s	Musów - Alifanowa Krasna	PGNIG S.A.
3	3/2002/s	Świdnik	PGNIG S.A.



MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

Koncesje eksploatacyjne:

- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- Gasowe koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- LOTOS Petrobaltic S.A.
- Zakład Odnawiania Kopalni Sp. z o.o.
- Baltic Gas Sp. z o.o. i wspólnicy Sp. komandytowa
- B&F Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
- TRIAS Sp. z o.o.

Koncesje poszukiwawcze:

- PGNIG S.A.
- Grupa LOTOS Petrobaltic S.A.
- BNK Poland Holdings B.V.
- Blue Gas NRG Sp. z o.o.
- San Leon Energy Plc
- DISCOVERY POLSKA LLC
- P&M Orion S.A.
- Stena Investment S.A.R.L.
- Pactum Capital Advisors Limited - San Leon Energy B.V.
- Cuadrilla Resources Limited
- FX Energy
- GAS PLUS International B.V.
- PPI Chrobok S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.

- Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładow węgla kamiennego
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy



Opracowali: B. Borko, B. Sekiera, M. Szczygiel

Copyright by PGI (2015)

WARSZAWA - 31-12-2015

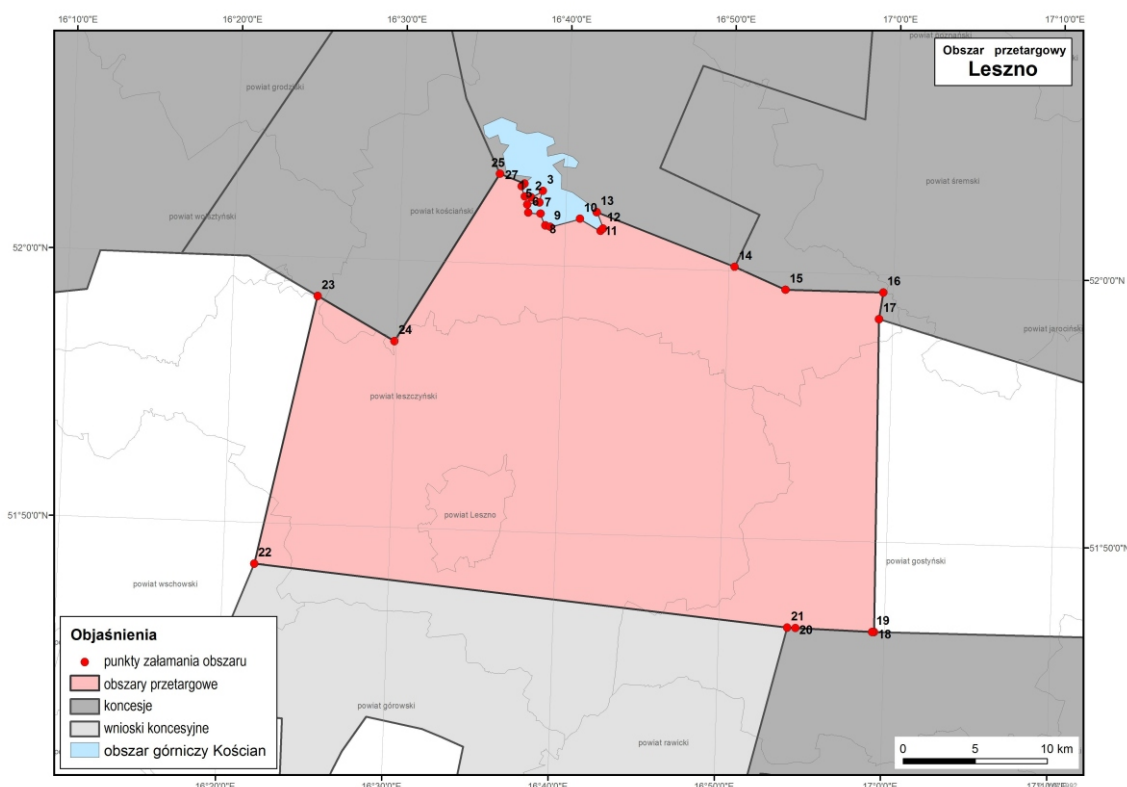


Figura 1.2. Mapa obszaru przetargowego „Leszno” i przyległego obszaru. Stan na 31.12.2015. r.

dolina Rowu Krzyckiego oraz niewielkie pola sandrowe na przedpolu pojezierza.

Układ komunikacyjny opisywanego obszaru, poza koleją, tworzą dwie drogi krajowe oznaczone numerami 5 i 12, droga wojewódzka nr 432 oraz sieć dróg powiatowych i gminnych. W przyszłości, wzdłuż jego zachodniej granicy, przebiegać będzie także droga szybkiego ruchu S5. Innym, planowanym elementem infrastruktury techniczno-inżynierskiej o znaczeniu ponadregionalnym, który docelowo będzie znajdował się w granicach obszaru „Leszno”, jest gazociąg wysokiego ciśnienia relacji Lwówek-Odoianów o średnicy 1000 mm. Na charakteryzowanym terenie będzie on przebiegał od miejscowości Gryżyna na północy, przez Krzemieniewo, w kierunku Krobii. Zakończenie prac związanych z przedmiotową inwestycją jest planowane na 2018 r. Z kolei w aspekcie istniejących systemów przesyłowych należy zwrócić uwagę na gazociąg gazu zaazotowanego, który znajduje się w południowej części obszaru „Leszno” (i przebiega na liniach Leszno–Tworzanki i Tworzanki–Robczysko) oraz na usytuowane w jego zachodniej części 2 linie elektroenergetyczne najwyższych napięć (220 kV).

Na obszarze przetargowym „Leszno” zinwentaryzowano 19 ujęć wód podziemnych o wydajności $>50 \text{ m}^3/\text{h}$ (w tym: 12 komunalnych, 4 przemysłowe i 3 komunalno-przemysłowe) oraz 2 ujęcia komunalne wód podziemnych o wydajności mieszczącej się w przedziale $25\text{--}50 \text{ m}^3/\text{h}$. Dla ujęć eksploatowanych w południowej i wschodniej części obszaru „Leszno” wyznaczone zostały strefy ochrony pośredniej. Kolejna taka strefa znajduje się we wschodniej części obszaru przetargowego, przy czym jest ona związana z położonym poza charakteryzowanym terenem ujęciem wód dla Gostynia.

Obszar „Leszno” położony jest w zasięgu występowania głównych zbiorników wód podziemnych. Największy z nich – zbiornik nr 305 (Zbiornik międzymorenowy Leszno o średniej głębokości ujęć wynoszącej 40 m) – niemal w całości znajduje się na wyznaczonym obszarze „Leszno”, i rozciąga się pasem od SW części obszaru przetargowego „Leszno” aż do granicy obszaru. Pozostałe zbiorniki są usytuowane: we wschodniej części charakteryzowanej jednostki – jest to główny zbiornik wód podziemnych nr 308 (Zbiornik międzymorenowy rzeki Kania) oraz na południe od centrum Leszna – główny zbiornik wód podziemnych nr 307 (Sandr Leszno). Najbardziej skrajny SW kraniec omawianego obszaru znajduje się w strefie występowania głównego zbiornika wód podziemnych nr 306 (Zbiornik Wschowa). Wszystkie główne zbiorniki wód podziemnych udokumentowano w celu ochrony wód podziemnych w utworach czwartorzędowych.

W granicach obszaru przetargowego „Leszno” znajdują się udokumentowane złoża kopalin. Największymi z nich są: złoża węgla brunatnego Gostyń i Krzywina (kat. rozpoznania C₂) oraz złoża gazu ziemnego Żakowo w gminie Lipno (kat. rozpoznania B+C) i złożo Kąkolewo w gminie Krzemieniewo (kat. rozpoznania C). Poza tymi surowcami na charakteryzowanym terenie występują m.in. piaski, piaski i żwiry, kreda jeziorna i gytia, ility i łupki ilaste ceramiki budowlanej, a także gliny oraz zlokalizowane przede wszystkim w dolinie Samicy torfy. Zdecydowana większość perspektyw i prognoz występowania złóż kopalin dotyczy piasków oraz torfów.

Część terenów położonych w granicach obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej na mocy przepisów ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. *O ochronie przyrody* (Dz.U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.). Wśród obszarowych form chronionych

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO LESZNO				
1.	LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO LESZNO NA MAPIE	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Kościan 542, Czemiń 543, Święciechowa 578, Leszno 579, Krzywiń 580, Wschowa 615, Góra 616, Poniec 617	
2.	POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE	województwo	wielkopolskie	
		powiat	wolsztyński	
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Przemęt (<0,00%)	
		powiat	kościański	
		gmina	Śmigiel (9,10%), Kościan (2,57%), Krzywiń (11,56%);	
		powiat	leszczyński	
		gmina	Włoszakowice (4,04%), Lipno (10,73%), Święciechowa (10,78%), Osieczna (13,30%), Rydzyna (6,45%), Krzemieniewo (11,70%);	
		powiat	Leszno	
		gmina	Leszno (3,29%);	
		powiat	gostyński	
		gmina	Gostyń (7,94%), Poniec (6,16%), Krobia (1,58%);	
		województwo	lubuskie	
powiat	wschowski			
3.	REGIONALIZACJA FIZYCZNO- GEOGRAFICZNA (wg KONDRACKIEGO, 2009)	makroregion	Nizina Południowowielkopolska (318.1–2)	
		mezoregion	Wysoczyzna Leszczyńska (318.11); Wysoczyzna Kaliska (318.12)	
		makroregion	Pojezierze Leszczyńskie (315.8)	
		mezoregion	Pojezierze Krzywińskie (315.82); Równina Kościańska (315.83); Pojezierze Sławskie (315.84)	
4.	WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU LESZNO	układ PL-1992 [X; Y]	466689,56	337158,51
			466644,39	337595,47
			467081,59	338410,26
			466285,50	338174,75
			466127,50	337330,79
			465569,17	337388,84
			465510,41	338244,91
			464695,80	338580,80
			464592,68	338901,65
			465144,25	340978,73
			464295,40	342400,98
			464475,27	342578,28
			465608,94	342132,34
			461815,48	351708,88
			460228,57	355230,04
			460036,44	362017,35
			458190,40	361718,22
			436498,40	361368,45
			436501,63	361242,93
			436769,02	355921,34
			436798,34	355337,82
			441243,48	318392,54
			459794,18	322788,02
			456667,23	328120,69
			468260,86	335437,60
			467589,23	337133,13
			467407,89	336934,21
5.	POWIERZCHNIA OBSZARU LESZNO	[km ²]	966,43	
6.	CEL OBSZARU „LESZNO”		poszukiwanie złóż węglowodorów	
7.	WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ		karbon i perm	

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO LESZNO			
8.	PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:		
	parki narodowe		nie
	rezerваты		Ostoja żółwia błotnego (<1%); Czerwona Wieś (<1%); Torfowisko Źródliskowe w Gostyniu Starym (<1%); Dolinka (<1%)
	parki krajobrazowe		PK im. gen. Dezyderego Chłapowskiego (1%); Przemęcki PK (1%);
	obszary chronionego krajobrazu	[tak/ nie] jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	OChK Kompleks leśny Śmigiel-Święciechowa (9%); OChK Krzywińsko-Osiecki wraz z zadrzewieniami gen. Dezyderego Chłapowskiego i kompleksem leśnym Osieczna-Góra (37%); OChK Przemęcko-Wschowski i kompleks leśny Włoszakowice (1%)
	Natura 2000 - SOO		PLH300014 Zachodnie Pojezierze Krzywińskie (6%)
	Natura 2000 - OSO		PLB300011 Pojezierze Sławskie (1%); PLB300005 Zbiornik Wonieść (3%)
	zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		nie
9.	GLEBY CHRONIONE	[tak/ nie]	tak
10.	KOMPLEKSY LEŚNE	[tak/ nie]	tak
11.	GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	305 - Zbiornik międzymorenowy Leszno; Q _M ; 306 - Zbiornik Wschowa; Q _{SM} ; 307 - Sandr Leszno; Q _S ; 308 - Zbiornik międzymorenowy rzeki Kania; Q _M ;
12.	STREFY OCHRONNE UJEĆ WODY	[tak/ nie]	tak
13.	STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ	[tak/ nie]	nie
14.	TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI	[tak/ nie]	tak
15.	UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (gaz ziemny, piaski, piaski i żwiry, iły i łupki ilaste ceramiki budowlanej, węgiel brunatny, gliny o różnym zastosowaniu, kreda jeziorna i gytia)
16.	OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (miedź, torfy, piaski, piaski i żwiry, gliny o różnym zastosowaniu)
17.	SIECI PRZESYŁOWE GAZU	[tak/ nie]	tak
18.	PODZIEMNE MAGAZyny GAZU	[tak/ nie]	nie
19.	DATA WYPEŁNIENIA KARTY	8.09.2015 r.	
20.	ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH	Paulina Kostrz-Sikora, Dominika Kafara	

występują m.in. 4 rezerваты oraz 2 parki krajobrazowe, które zajmują względnie niewielkie powierzchnie w stosunku do całkowitej powierzchni obszaru „Leszno”. Znacznie większe tereny zajmują obszary chronionego krajobrazu. Spośród trzech takich form, największą jest Krzywińsko-Osiecki OChK wraz z zadrzewieniami gen. Dezyderego Chłapowskiego i kompleksem leśnym Osieczna-Góra, który zajmuje około 37% powierzchni obszaru przetargowego, w tym całą jego północno-wschodnią część (włącznie z jeziorem Wonieść) oraz kompleks leśny na wschód od Leszna. Jezioro Wonieść, będące największym zbiornikiem wodnym w granicach charakteryzowanego obszaru, wraz z pozostałymi akwenami (m.in. jeziora: Wojnowickie, Witosławskie, Łoniewskie, Świerczyńskie Wielkie, Świerczyńskie Małe, Góreckie, Górnickie) i przylegającymi do nich terenami, włączone zostało do sieci obszarów Natura 2000. Na omawianym obszarze znajdują się zarówno obszary ochrony siedlisk jak i

ptaków, które razem obejmują około 10% powierzchni opisywanego terenu.

Poza opisanymi powyżej formami chronionymi, za cenne przyrodniczo należy uznać zwarte areale gruntów ornych wysokich klas bonitacyjnych występujące przede wszystkim w SE części obszaru przetargowy oraz rozciągające się szerokim pasem od północnej granicy charakteryzowanej jednostki wzdłuż zachodniego brzegu jeziora Wonieść aż do Święciechowej. W strukturze zagospodarowania terenu uwagę zwracają także kompleksy leśne – stanowią one część opisanych powyżej obszarów prawnie chronionych i są zlokalizowane pomiędzy miejscowościami Śmigiel i Święciechowa oraz na południe od Osiecznej, wzdłuż wschodniej granicy Leszna.

Mapa środowiskowa znajduje się na Fig. 1.3., a objaśnienia do niej – na Fig. 1.4.

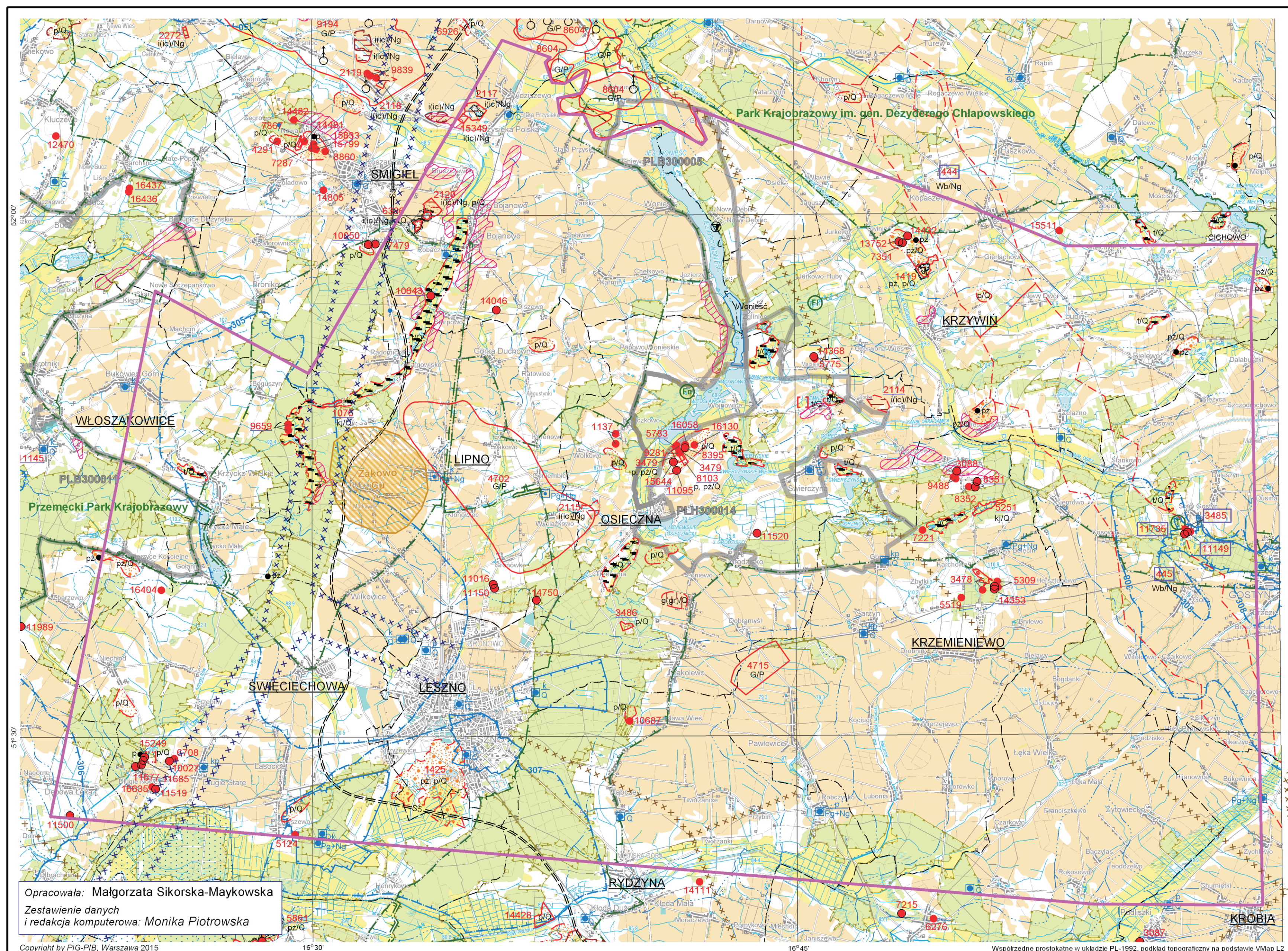
Figura 1.3. Obszar przetargowy „Leszno” – ograniczenia środowiskowe (objaśnienia na Fig. 1.4.).

Figura 1.4. Objaśnienia do Fig. 1.3.

OBSZAR PRZETARGOWY "LESZNO" OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE

skala 1:100 000

1000 m 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 km



OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH OBSZARU PRZETARGOWEGO "LESZNO"

(opracowane na podstawie bazy MGŚP z zasobów PIG-PIB)

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

	kreda jeziorna i gytia
	ility i łupki ilaste
	gliny ilaste o różnej genezie
	piaski i żwiry
	piaski
	torfy
4779	identyfikator z bazy MIDAS złoża mało konfliktowego
12270	identyfikator z bazy MIDAS złoża konfliktowego
1394	identyfikator z bazy MIDAS złoża bardzo konfliktowego
	granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategoriach A+B+C ₁ i C
	granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategorii C ₂
	granica obszaru prognostycznego
	granica zweryfikowanego obszaru prognostycznego
	granica obszaru perspektywicznego
	złożo o powierzchni ≤ 5 ha
[]t/Q	obszar prognostyczny o powierzchni ≤ 5 ha (t - rodzaj kopaliny, Q - wiek kopaliny)

INFORMACJE DODATKOWE

	granica województwa
	granica powiatu
	granica gminy, miasta
	oś autostrady lub drogi szybkiego ruchu
	oś projektowanej autostrady lub drogi szybkiego ruchu
KOŚCIAN	siedziba urzędu gminy, miasta
CICHOWO	miescowosc letniskowa
	granica obszaru przetargowego
	sieć gazociągów
	sieć energetyczna
	granica obszaru perspektyw rud miedzi

GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

	granica obszaru górniczego
	granica terenu górniczego
	obszar i teren górnicy złoża o powierzchni ≤ 5 ha
	punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny (p - rodzaj kopaliny)
	szyb eksploatacyjny gazu ziemnego
	podziemny magazyn gazu
Symbol kopaliny:	
Wb - węgiel brunatny	
G - gaz ziemny	
Cu - rudy miedzi	
kj - kreda jeziorna i gytia	
i(ic) - ility i łupki ilaste ceramiki budowlanej	
g(gc) - gliny ceramiki budowlanej	
g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu	
pż - piaski i żwiry	
p - piaski	
t - torfy	
Symbol jednostki stratygraficznej:	
Q - czwartorzęd	
Ng - neogen	
Pg - paleogen	
T - trias	
P - perm	

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

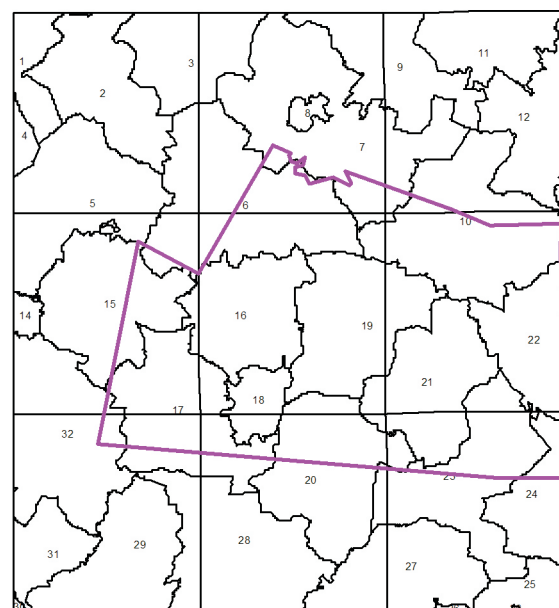
Granice działu wodnego:

	drugiego rzędu
	trzeciego rzędu
	czwartego rzędu
	źródło
	zbiornik retencyjny
143	granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem
	granica strefy ochrony pośredniej ujęcia wód
	ujęcie wód podziemnych o wydajności 25 - 50 m ³ /h (k - komunalne, p - przemysłowe, Pg+Ng - wiek ujmowanych utworów)
	ujęcie wód podziemnych o wydajności ≥ 50 m ³ /h
	granica leja depresyjnego wywołanego odwodnieniem górnictwem (T - wiek odwadnianych utworów)
	obszary dolinne zagrożone podtopieniami

OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU

	grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
	łąki na glebach pochodzenia organicznego
	las
	zieleń urządzona
	granice terenów zarządzanych przez Generalną Dyрекcję Lasów Państwowych
	granica parku krajobrazowego
	granica obszaru chronionego krajobrazu
	granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (K - krajobrazowy, Fn - faunistyczny)
	rezerwat przyrody lub obszar ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego o powierzchni ≤ 5 ha
	granica obszaru Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru
	geostanowisko o znaczeniu regionalnym
	obszary predysponowane do występowania ruchów masowych

Położenie obszaru przetargowego na tle podziału administracyjnego



Położenie obszaru przetargowego na arkuszach 1:50 000

541 Rakoniewice	542 Kościan	543 Czempiń
578 Świeciechowa	579 Leszno	580 Krzywiń
615 Wschowa	616 Góra	617 Poniec

woj. WIELKOPOLSKIE
powiat grodziski
1 - gm. Rakoniewice
2 - gm. Wielichowo
3 - gm. Kamieniec
powiat wolsztyński
4 - gm. Wolsztyn
5 - gm. Przemęt
powiat kościański
6 - gm. Śmigiel
7 - gm. Kościan
8 - m. Kościan
9 - gm. Czempiń
10 - gm. Krzywiń
powiat śremski
11 - gm. Brodnica
12 - gm. Śrem
13 - gm. Dolsk
powiat leszczyński
14 - gm. Wijewo
15 - gm. Włoszakowice
16 - gm. Lipno
17 - gm. Świeciechowa
19 - gm. Osieczna
20 - gm. Rydzyna
21 - gm. Krzemieniewo
powiat Leszno
18 - m. Leszno
powiat gostyński
22 - gm. Gostyń
23 - gm. Poniec
24 - gm. Krobia
powiat rawicki
25 - gm. Miejska Górka
26 - gm. Rawicz
27 - gm. Bojanowo
woj. DOLNOŚLĄSKIE
powiat górski
28 - gm. Góra
29 - gm. Niechlów
powiat głogowski
30 - gm. Pęcław
woj. LUBUSKIE
powiat wschowski
31 - gm. Szlichtyngowa
32 - gm. Wschowa

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

2.1. STRATYGRAFIA

2.1.1. KARBON

Utwory karbonu są skałami macierzystymi oraz zbiornikowymi o bardzo zmiennych własnościach petrofizycznych (porowatość i przepuszczalność). Skałami zbiornikowymi są piaskowce pochodzenia morskiego (fliszowe) lub lądowego (fluwalne). Znaczna część obszaru, na którym występują złoża gazu lub posiadającym perspektywy poszukiwawcze w karbonie, jest objęta aktualnymi koncesjami na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów. W wielu przypadkach to pokrycie nie wynika tylko z potrzeby rozpoznania karbonu, ale związane jest z innymi horyzontami złożowymi. Wynika to z faktu, że osady karbonu są również skałami macierzystymi dla np. złóż gazu w utworach czerwonego spągowca. Na większości obszaru, gdzie stwierdzono złoża lub objawy gazu, są to utwory karbonu dolnego (wizen–namur) oraz rzadziej karbonu górnego (westfal).

Na obszarze przetargowym „Leszno” stwierdzono skały dolnego karbonu (wizen–namur), które posiadają potencjał generacyjny i tylko w wyjątkowych sytuacjach zbiornikowy, jak np. złoża szczelinowe w karbonie – Kościan i Brońsko na północnej granicy obszaru przetargowego „Leszno”, oraz możliwe występowanie na obszarze „Leszno” piaskowców karbońskich ze złożami typu *tight gas* (położone na południe od granicy obszaru „Leszno”; wiercenie Siciny 2). Informacje o litologii i stratygrafii utworów karbonu pochodzą wyłącznie z rdzeni wiertniczych. Są to piaskowce drobnoziarniste, czasem gruboziarniste (arkozowe), okazjonalnie zlepieńce oraz mułowce i ilowce. Skały charakteryzują się różnym stopniem diagenezy i często są silnie spękanne.

2.1.1.1. PETROGRAFIA OSADÓW KARBONU DOLNEGO

Charakterystykę petrograficzną oparto na publikacji Krzemieńskiego (2005) i raporcie – „Ocena zasobów geologicznych gazu ziemnego w zwięzłych kompleksach zbiornikowych” (Wójcicki i in., 2014a) oraz informacjach zawartych w dokumentacjach wynikowych otworów wiertniczych na terenie obszaru „Leszno”, w których przewiercono karbon: Jezierzycze 1

SYSTEM NAFTOWY KARBOŃSKO - PERMSKI

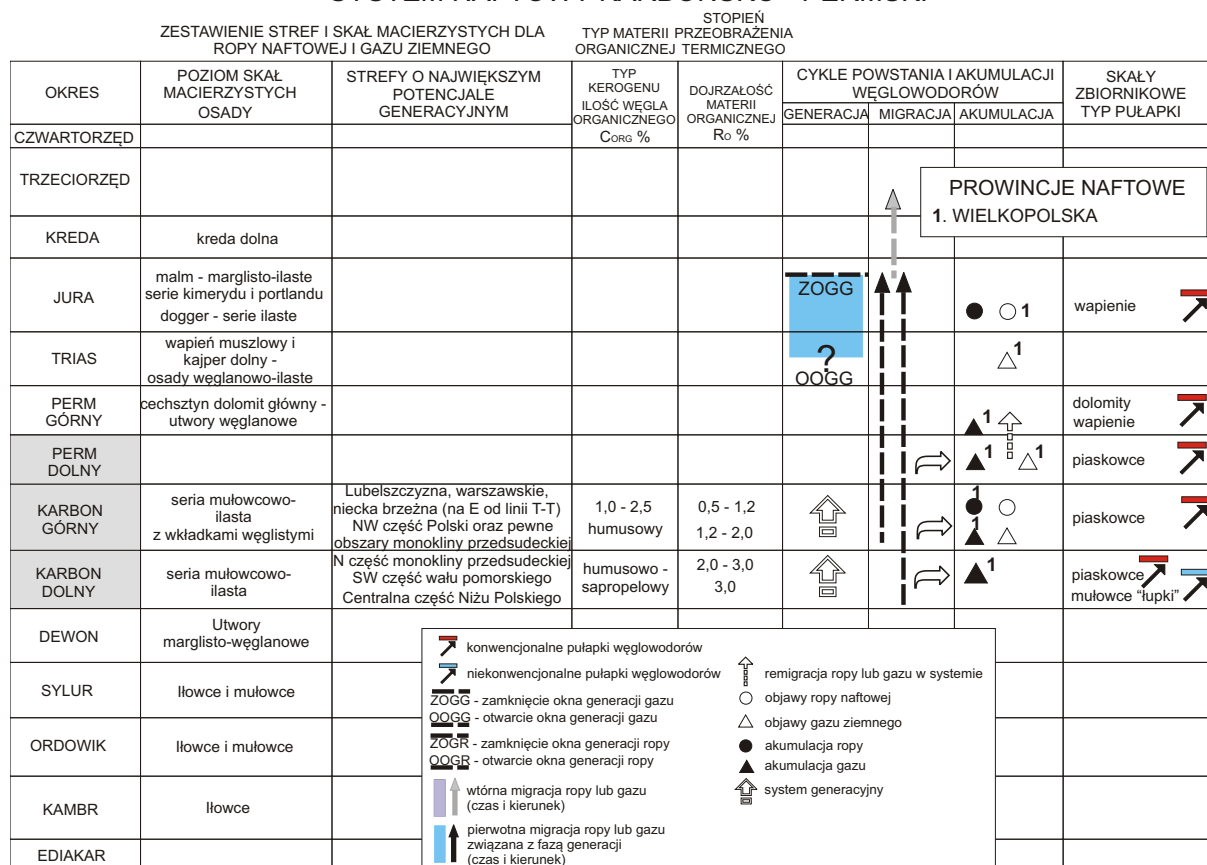


Figura 2.1. Schemat generacji, migracji i akumulacji węglowodorów w odniesieniu do prowincji naftowych (wg Karnkowskiego, 1993, zmodyfikowane). Obszar „Leszno” znajduje się w obrębie wielkopolskiej prowincji naftowej (nr 1 na schemacie). Schemat pokazuje złożoność karbońskiego systemu węglowodorowego i możliwość migracji, remigracji i akumulacji węglowodorów w różnego typu poziomach skał zbiornikowych.

(Chmielowiec, 1997), Zbarzewo 1 (Tenerowicz, 1995), Święciechowa 1 (Piela, 1967), Święciechowa 2 (Dudzińska, 1975), Dąbcze 2 (Żołnierczuk, 1971), Żakowo 6 (Kalbarczyk, 1974) i Śmiłowo 1 (Urbański, 1970). Ponadto wykorzystano dane z otworów wiertniczych Siciny IG 1 (Kühn & Paprocka, 1979) i Siciny 2 (Wójcicki i in., 2014b), które zlokalizowane są na południe od obszaru „Leszno”.

Karbon dolny (missisip) jest wykształcony jako osady klastyczne: zlepieńce, piaskowce, mułowce i iłowce. Stanowią one element kompleksu fliszowych osadów wizenu i dolnego namuru (zbudowanego z naprzemianległych iłowców, mułowców, piaskowców oraz zlepieńców o łącznej miąższości od kilkuset do kilku tysięcy metrów). Odmienny charakter osadów występuje jedynie w profilu otworu wiertniczego Jezierzycze 1, gdzie stwierdzono dodatkowo występowanie skał węglanowych. Strop osadów karbonu w obrębie obszaru przetargowego „Leszno” jest od 2099,0 m (Dąbcze 2) do 2595,57 m (Święciechowa 1).

Zlepieńce to drobno- i gruboziarniste parazlepieńce. Wśród ziaren frakcji psefitowej zidentyfikowano okruchy kwarcytów, fylitów, brunatnych mułowców i iłowców oraz skał magmowych (m.in. porfirów). Spoiwo jest typu masy wypełniającej piaszczysto-mułkowo-ilastej z hemetytem i węglanami. Skałę przecinają żyłki węglanowe, sporadycznie anhydrytowe (Siciny IG 1). Występują również szczeliny wypełnione barytem (Święciechowa 1). Według Kłapcińskiego (*fide* Błaszowska i in., 1975) występowanie zlepieńców w spągu osadów karbonu jest charakterystyczne dla całego obszaru monokliny. Występowanie zlepieńców stwierdzono w otworach wiertniczych: Śmiłowo 1, Święciechowa 1 i Siciny IG 1.

Piaskowce najczęściej charakteryzują się strukturą drobno- i bardzo drobnoziarnistą, sporadycznie średnioziarnistą, czy z niewielką domieszką frakcji żwirowej. Tekstura skał jest najczęściej beładna. Piaskowce reprezentowane są przez waki i arenity lityczne, rzadziej sublityczne i arkozowe (Fig. 2.2.A, B). Miejscami występują piaskowce wulkanoklastyczne (Siciny IG 1).

Głównym składnikiem szkieletu ziarnowego jest kwarc, który najczęściej przeważa ilościowo nad skaleniemi i okruchami skał. Miejscami, w otworze wiertniczym Siciny IG 1, litoklasty dominują nad kwarcem i skaleniemi. Wśród skaleni, plagioklaz przeważa ilościowo nad skaleniem potasowym. Okruchy skał reprezentują głównie fragmenty skał magmowych i metamorficznych (głównie łupki kwarcowo-łuszczkowe). Wśród skał magmowych występują skały głębinowe typu granitoidów oraz kwaśne i obojętne skały wylewne typu ryolitu i dacytu. Miejscami, m.in. w otworze Siciny IG 1, występuje materiał piroklastyczny reprezentowany przez kwarc z wrostkami szkliwa wulkanicznego lub zatokami korozyjnymi oraz fragmenty szkliwa wulkanicznego. Łuszczki: muskowi i chloryty przeważają nad biotytem. Z minerałów ciężkich najczęściej występują cyrkon, turmalin i rutyl. Szkielet ziarnowy spojony jest matriksem ilasto-chlorytowo-kwarcowym, przeważnie zrekrystalizowanym. Węglany: Fe-dolomit lub ankeryt oraz kalcyt występują powszechnie, natomiast rzadko występuje syderyt. Cement kwarcowy i anhydrytowy spotyka się miejscami.

W analizowanych piaskowcach zauważono efekty działania następujących procesów diagenetycznych: kompaktacji, cementacji, zastępowania i przeobrażania oraz rozpuszczania. Kompakcja mechaniczna w piaskowcach widoczna jest w postaci upakowania szkieletu ziarnowego, w którym dominują kontakty proste oraz wygięciu blaszek łuszczków czy plastycznych okruchów skał. Cementacja jest zdominowana przez diagenetyczne krzemiany warstwowe (muskowit, illit,

mieszanina illitu i chlorytu, chloryty, przerosty kaolinitu z chlorytem). Podrzednie występują węglany: Fe-dolomit lub ankeryt, kalcyt oraz syderyt. Sporadycznie obserwowano kwarc autigeniczny w formie obwódek na ziarnach kwarcu oraz anhydryt. Zastępowanie jest powszechnym procesem diagenetycznym, który dotyczy wypierania detrytycznych ziarn skaleni i okruchów skał oraz matriksu głównie przez węglany, miejscami przez anhydryt. Do procesów przeobrażania należą: albityzacja większości ziaren skaleni oraz ich serycytyzacja i chlorytyzacja, oraz rekrytalizacja illitu do muskowitu. Rozpuszczanie ziaren skaleni poprzedzało ich albityzację, dlatego też efekty tego procesu są słabo widoczne w piaskowcach.

Mułowce i iłowce charakteryzują się strukturą aleurytowo-pelitową i teksturą beładną lub kierunkową podkreśloną ułożeniem minerałów blaszkowych oraz tlenków żelaza i materii organicznej. Zbudowane są ze skrytalizowanej masy ilastej, prawdopodobnie kaolinitowej, w której tkwią w zmiennych ilościach ziarna kwarcu i skaleni (głównie plagioklaz), blaszki łuszczków (muskowit, chloryty), cyrkon, tlenki żelaza w formie rozproszonej lub smug oraz materia organiczna w postaci smug. Miejscami występują węglany i anhydryt. Skały te są silnie zdiagenezowane i poprzecinane żyłkami anhydrytowymi oraz węglanowymi. Lokalnie, w otworze wiertniczym Jezierzycze 1, stwierdzono występowanie mułowców wapnistych (Fig. 2.2.C). Zawierają one znaczne ilości okruchów fauny (brachiopody, otwornice, małże, koralie i szkarłupnie), które najczęściej zastąpione są przez kalcyt, a miejscami przez pirit, anhydryt oraz krzemionkę.

Osady ilasto-mułkowcowo-piaszczyste dolnego karbonu charakteryzują się w porowatością całkowitą najczęściej 1-2% i bardzo słabą przepuszczalnością. Wartości te w poszczególnych otworach wiertniczych przedstawiają się następująco:

- Dąbcze 2 – porowatość 0,27–13,35%, przeciętnie 2,22%; przepuszczalność – słabo przepuszczalne – 0,1635 mD, przeciętnie 0,0570 mD;
- Jezierzycze 1 – porowatość 0,2–0,82%, przeciętnie 0,548%; przepuszczalność – 0,00 mD;
- Siciny IG 1
 - iłowce – porowatość 0,71–7,47%, przeciętnie 3,70%; przepuszczalność – 0,5–1,2 mD, przeciętnie 0,76 mD;
 - mułowce – porowatość 1,08–3,61%, przeciętnie 2,37%; przepuszczalność – <0,1 mD, przeciętnie <0,1 mD;
 - piaskowce – porowatość 0,75–7,27%, przeciętnie 2,91%; przepuszczalność – 0,25–0,35 mD, przeciętnie 0,31 mD;
- Siciny 2 – porowatość 1,72–4,03%; przepuszczalność 0,000055–0,00011 mD;
- Święciechowa 2 – porowatość 1,41–2,27%, przeciętnie 1,86%; przepuszczalność 0,1545–1,631 mD, przeciętnie 1,0134 mD;
- Zbarzewo1 – porowatość 0,848–2,87%, przeciętnie 1,656%; przepuszczalność – nieprzepuszczalne/słabo przepuszczalne.

Skały węglanowe stwierdzono tylko w profilu otworu Jezierzycze 1, w dolnej jego części. Reprezentowane są przez wapienie organodetrytyczne – wakstony (Fig. 2.2.D). Wapienie złożone są głównie z cementu mikrytowego o składzie kalcytu oraz bioklastów (otwornice, brachiopody, szkarłupnie, koralowce, małże oraz mszywioly), których zawartość przeciętnie wynosi ok. 30% obj. skały. Okruchy fauny są głównie skalcytyzowane, a lokalnie zastąpione anhydrytem

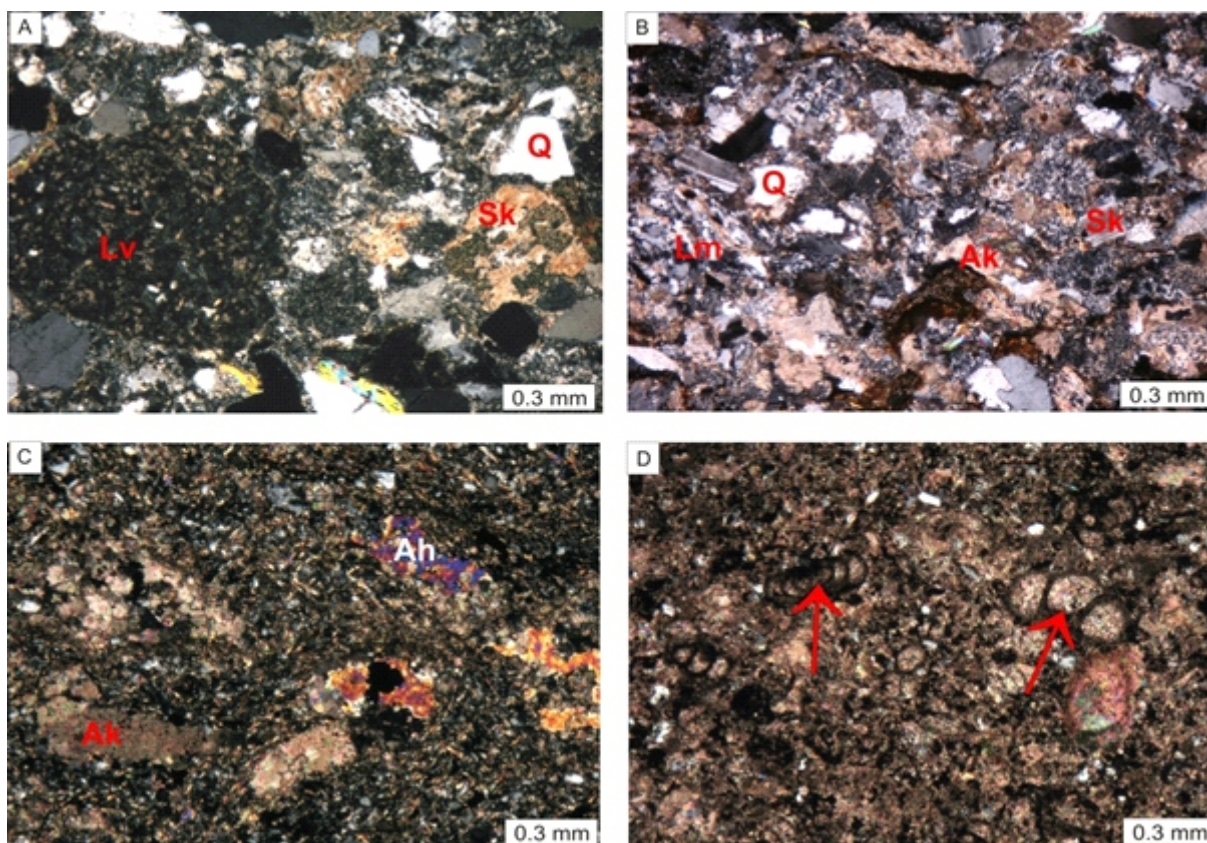


Figura 2.2. **A.** Piaskowiec średnioziarnisty, waka lityczna, wulkanoklastyczna; Lv - fragment skały wulkanicznej, Sk – przeobrażane ziarno skalenia, Q – kwarc. Otwór Siciny IG1, głęb. 2521,55 m, nikole skrzyżowane. **B.** Piaskowiec średnioziarnisty, arenit sublityczny o teksturze kierunkowej podkreślonej ułożeniem blaszek łyszczyków i materii organicznej; Lm – fragment skały metamorficznej, Sk – skaień, Q – kwarc, Ak - ankeryt. Otwór Siciny IG1, głęb. 2812,95 m, nikole skrzyżowane. **C.** Mułowiec wapnisty. Widoczne fragmenty bioklastów zastąpione ankerytem (Ak) i anhydrytem (Ah). Jezierzycy 1, głęb. 2644,0 m., nikole skrzyżowane. **D.** Wapień organodetrytyczny (wakston) z licznymi otworami (strzałki). Jezierzycy 1, głęb. 2667,8 m., nikole skrzyżowane.

oraz krzemionką. Domieszki terygeniczne w wapieniach są nieliczne, zwykle stanowią je: minerały ilaste, mufkowy kwarc oraz wodorotlenki żelaza. Lokalnie występują żyłki anhydrytowe.

Utwory karbonu dolnego są reprezentowane głównie przez skały klastyczne – zlepieńce, piaskowce, mułowce i ilowce oraz lokalnie organodetrytyczne skały węglanowe typu wakstonów. Piaskowce reprezentują waki i arenity, głównie lityczne, często wulkanoklastyczne. W skład szkieletu ziarnowego wchodzi: kwarc, okruchy skał, głównie magmowych i metamorficznych oraz ziarna skaleni i blaszki łyszczyków. Okruchy skał magmowych są reprezentowane najczęściej przez fragmenty szkliska wulkanicznego, ryolity i granitoidy. Wśród skał metamorficznych dominują łupki kwarcowo-łyszczykowe. W obrębie skaleni występują plagioklasy, wtórnie zalbityzowane, oraz skalenie potasowe. Głównymi składnikami spoiwa piaskowców są minerały ilaste (illit i chloryty), węglany oraz hematyt. Osady ilasto-mułowcowo-piaszczyste dolnego karbonu charakteryzują się w porowatością najczęściej 1–2% i bardzo słabą przepuszczalnością.

Wyraźnie różny od analizowanych profili osadów karbonu jest profil otworu Jezierzycy 1. W stropie utworów karbonu występuje arenit arkozowy z dużą zawartością cementu kalcytowego, zaliczony do piaskowców wulkanoklastycznych. Poniżej są mułowce wapniste z fragmentami bioklastów. Zawartość węglanów w skale wzrasta w kierunku spągu profilu i w dolnej jego części pojawiają się wapienie organodetrytyczne;

są to wakstony zawierające fragmenty otwornic, brachiopodów, szkarłupni, koralowców, małżów i mszyciów.

2.1.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC

Basen osadowy czerwonego spągowca w Polsce tworzą ilowce, mułowce i pyłowce plał, piaskowce eoliczne i fluwialne oraz zlepieńce stożków aluwialnych. W piaskowcach o dobrych właściwościach zbiornikowych znajdują się liczne złoża gazu ziemnego.

Obszar Leszno znajduje się w południe od wyniesienia wolsztyńskiego zbudowanego ze skał karbonu dolnego, pozbawionego osadów czerwonego spągowca. Na obszarze „Leszno” występują skały osadowe górnego czerwonego spągowca, w przewadze piaskowce o miąższości do kilkudziesięciu metrów, oraz lokalnie osady dolnego czerwonego spągowca lub tzw. permo-karbonu oraz skały wulkaniczne. Wschodnia część obszaru przetargowego jest najprawdopodobniej pozbawiona pokrywy osadowej czerwonego spągowca (Fig. 2.3.).

Powyżej osadów czerwonego spągowca występuje kompleks osadów cechsztynu o miąższości od ok. 430 m do ok. 550 m.

Osady permu i młodsze (tylko zachowany trias) zapadających pod małym kątem ku NE. Stanowią one platformową pokrywę sfaldowanego karbońskiego fliszowego

Tabela 2.1.2.1. Zestawienie wierceń i miąższość w metrach poszczególnych kompleksów stratygraficznych w obszarze Leszno.

Wiercenie/rok	Pcsg – czerwony spągowiec górny	Pcsd – czerwony spągowiec dolny	Karbon nierozdzielony	Dewon? fyllity
Dąbcze 2/1971	1944,5–2099 (154,5)		2099–2203 (>104)	
Dąbcze 3/1991	1953,5–2050 (>96,5)			
Frankowo 1/FX 2013	+ Dane nie upublicznione			
Górka Duchowna 1/Fx 2013	+ Dane nie upublicznione		+ Dane nie upublicznione	
Jezierzyce 1/1996	2213,5–2589 (375,5)		2589–2668 (>79)	
Kąkolewo 1/1971	2053–2122,5 (69,5)	2122,5–2170 (>47,5)		
Kąkolewo 2/1975	2000–2072 (72)	2072–2084 (>12)		
Kąkolewo 4/1974	1979–2066 (87)	2066–2087,5 (>21,5)		
Śmiłowo 1/1969	1880–2105 (225)		2105–2130 (>25)	
Świeciechowa 1/1967	2095–2215 (120)	2215–2253 (38)	2253–2650 (397)	2650–2776,8 (>126,8)
Świeciechowa 2/1975	2044,5–2173,5 (129)		2173,5–2200 (>26,5)	
Tworzanice 1/1970	1889–1969,5 (>80,5)			
Żakowo 1/1968	2195,5–2227 (31,5)			2227–2374,8 (>147,8)
Żakowo 2/1969	Dolomit główny do 1830,2 (>25,2)			
Żakowo 3/1970	2210–2236 (26)			2236–2298 (>62)
Żakowo 4/1969	2199,5–2226 (26,5)			2226–2232,5 (>6,5)
Żakowo 5/1973	Dolomit główny do 1830,7 (>26,2)			
Żakowo 6/1973	2154–2190 (36)			2190–2216 (>26)
Żakowo 7/1974	Anhydryt podstawowy do 1836 (>6)			
Żakowo 9/1974	2169–2300 (>131)			

podłoża, które interpretowane jest jako **wielkopolskie pasmo fałdowo-nasuwcze** (ang. *Wielkopolska Fold-and-Thrust Belt*), w skrócie: pasmo wielkopolskie. Pasma to reprezentuje fragment eksternidów warwyscijskich, występujących pomiędzy strefami uskokuowymi Odry i Dolska (Żelaźniewicz i in., 2011).

Budowa geologiczna i strukturalna podłoża osadów czerwonego spągowca na obszarze „Leszno” jest skomplikowana i nie do końca rozpoznana. Występują tam silnie zaangażowane tektonicznie skały dolnego karbonu w facji kulmu, jak i skały węglanowo-ilaste (dolny karbon w profilu Jezierzyce 1). Dodatkowo na części obszaru „Leszno” występują bezpośrednio pod osadami permu skały zmetamorfizowane w postaci kwarcowo-serycytowych fyllitów (tzw. blok Leszna). Wg Żelaźniewicz i in. (2011), „wiek ich osadowego protolitu nie jest dobrze znany – prawdopodobnie dewoński – to końcowe fazy głównej deformacji i przeobrażeń udało się datować na 340 Ma. Wskazuje to na przynależność tych skał do orogenu warwyscijskiego”.

Wiercenia w obrębie obszaru „Leszno”, które nawiercają osady cechsztynu, nawiercają bądź przewiercają osady i skały wulkaniczne czerwonego spągowca oraz nawiercają osady karbonu.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że strop osadów czerwonego spągowca występuje na głębokości od ok. 1890 m do ok. 2210 m. Osady czerwonego spągowca są uszczelnione grubym kompleksem ewaporatów cechsztynu osiągającym maksymalną poznaną miąższość ok. 550 m (przeciętnie ok. 500 m; Tab. 2.1.2.1.).

Na omawianym obszarze przetargowym „Leszno” celem poszukiwań są piaskowce, które mogą znajdować się pułapkach strukturalnych uszczelnionych solami i anhydrytami cechsztynu; piaskowce dominują w południowo-zachodniej części obszaru. Rozmieszczenie poszczególnych dominujących litofacji osadowych jest częściowo interpretowane.

Piaskowce czerwonego spągowca charakteryzują się słabymi własnościami zbiornikowymi (Poszytek, 2014) z wyjątkiem niektórych obszarów zdominowanych przez piaskowce eoliczne. Średnia porowatość piaskowców waha się od kilku do kilkunastu procent. Kartowanie zasięgów piaskowców eolicznych ma zasadnicze znaczenie dla poszukiwań stref o dobrych właściwościach zbiornikowych.

Obszar „Leszno” rokuje nadzieje na istnienie wyniesień strukturalnych przykrytych osadami cechsztynu, co jest pierwszą przesłanką za poszukiwaniem pułapek strukturalnych uszczelnionych ewaporatami. Możliwość istnienia nierozpoznanych wyniesień strukturalnych jest związana z dużym zaangażowaniem tektonicznym obszaru „Leszno” i występowaniem stref tektonicznych związanych z blokami tektonicznymi głębokiego podpermskiego podłoża.

Poza możliwymi pułapkami tektonicznymi (strukturalnymi) na obszarze „Leszno” mogą też znajdować się pułapki geomorfologiczne w postaci zachowanych paleopól wydmych. Ta możliwość dotyczy tylko SW części obszaru „Leszno”.

Na Fig. 2.5. została przedstawiona przykładowa korelacja profili czerwonego spągowca w obrębie obszaru „Leszno”.

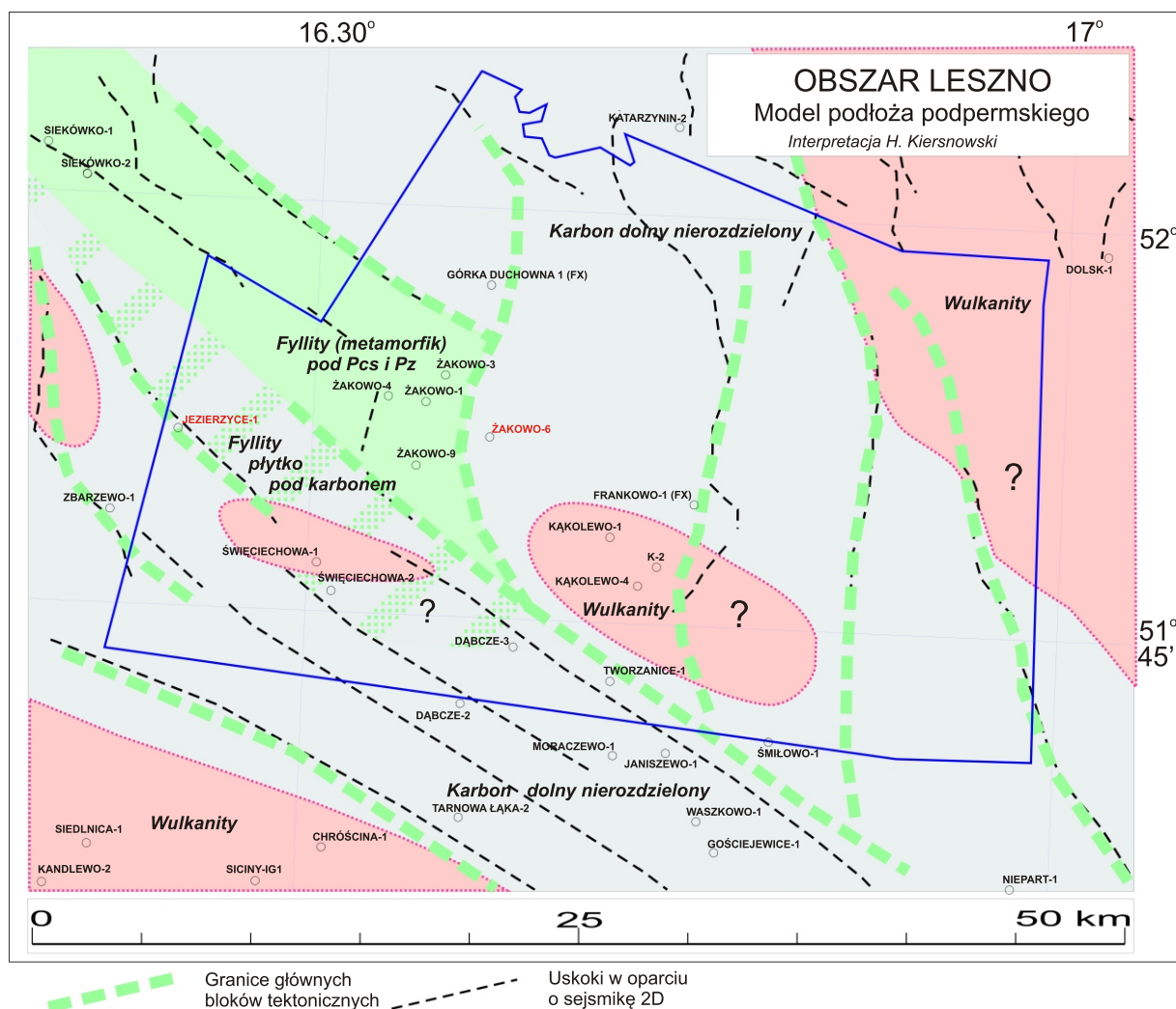


Figura 2.3. Mapa budowy geologicznej podłoża podpermskiego, wg Kiersnowskiego (materiały niepublikowane).

Wynika z niej, że w stropie sekwencji czerwonego spągowca jest widoczny wyraźny poziom piaskowców eolicznych. W przypadku jego korzystnego usytuowania strukturalnego może on stanowić pułapkę dla nagromadzeń gazu.

2.1.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Rozwój badań petrograficznych na obszarze „Leszno” i w najbliższym otoczeniu tego obszaru jest związany z długoletnim i intensywnym prowadzeniem w tym rejonie prac wiertniczych przez PGNiG. Najważniejsze wyniki analiz petrograficznych i rozważań na temat diagenetyzy znalazły się w opracowaniach Bojarskiej i in. (1980, 1981, 1983, 1984), Muszyńskiego & Rydzewskiej (1986), Maliszewskiej & Kuberskiej (2008), Aksamitowskiej (2004) i wielu innych.

Wyniki badań petrograficznych prowadzonych bezpośrednio na obszarze „Leszno” można uzyskać z dokumentacji wynikowych Jezierzycy 1 (Chmielowiec, 1997), Żakowo 6 (Kalbarczyk, 1974), Kąkolewo 2 (Kalbarczyk, 1975), Dąbcze 2, 3 (Krawczyńska-Grocholska, 1971; Leszczyński, 1991), Święciechowa 1, 2 (Piela, 1967; Dudzińska, 1975), Śmiłowo 1 (Urbański, 1970), a także Zbarzewo 1 (Tenorowicz, 1995). Dodatkowo wyniki analiz petrograficznych i petrofizycznych z otworu wiertniczego Dąbcze 3 zamieściła Aksamitowska (2004) w swojej rozprawie doktorskiej wykonanej pod kierunkiem

P.H. Karnkowskiego. Zbiórce opracowanie petrograficzne, dotyczące obszaru „Leszno”, wykonała także Ekiert (1973), a w celach porównawczych można się odnieść do wyników badań Maliszewskiej, dotyczących otworu Siciny IG 1 i zamieszczonych w dokumentacji wynikowej (Paprocka, 1979). Prace m.in. Sucha i in. (2000), Biernackiej i in. (2006) mają charakter uniwersalny, ponieważ wiążą obserwacje efektów procesów diagenetycznych z właściwościami petrofizycznymi skał czerwonego spągowca.

Osady czerwonego spągowca na obszarze „Leszno” i w najbliższym otoczeniu to czerwono-brunatne lub szarobrunatne piaskowce oraz szarobrunatne zlepieńce. Mułowce i iłowce notowano nielicznie (Chmielowiec, 1997; Ekiert, 1973).

Zlepieńce (orto- i parazlepieńce) to odmiany drobno, rzadziej średnio uziarnione. Najpospolitsze są zlepieńce wulkaniczne, których głównym składnikiem żwiru są okruchy skał wylewnych, najczęściej kwaśnych, w tym ryolitów i dacytów. W otworze Żakowo 1 zlepieńce złożone są głównie z okruchów metalowców karbońskich. Masa wypełniająca zlepieńców składem mineralnym odpowiada zwykle arenitom litycznym. Spoiwo złożone jest z substancji ilasto-żelazistej oraz cementów ortochemicznych (węglany, kwarc, anhydryt).

Piaskowce są dominującym typem skał wśród osadów czerwonego spągowca na obszarze „Leszno”. Najczęściej reprezentowane są przez odmiany drobno- i średnioziarniste, rzadziej gruboziarniste. Są to skały nierównozienne,

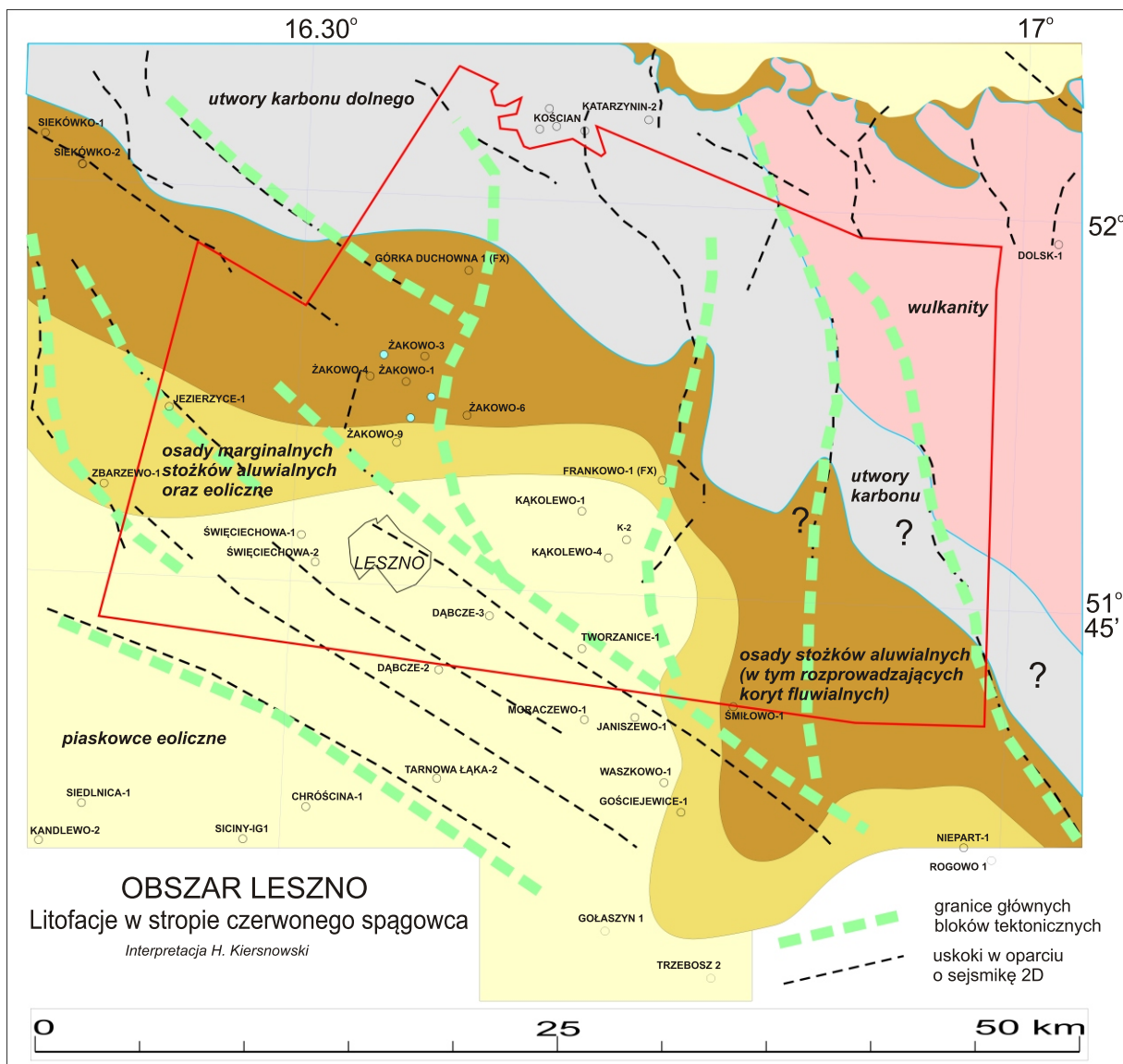


Figura 2.4. Mapa litofacji w stropie czerwonego spągowca wg Kiersnowskiego (materiały niepublikowane).

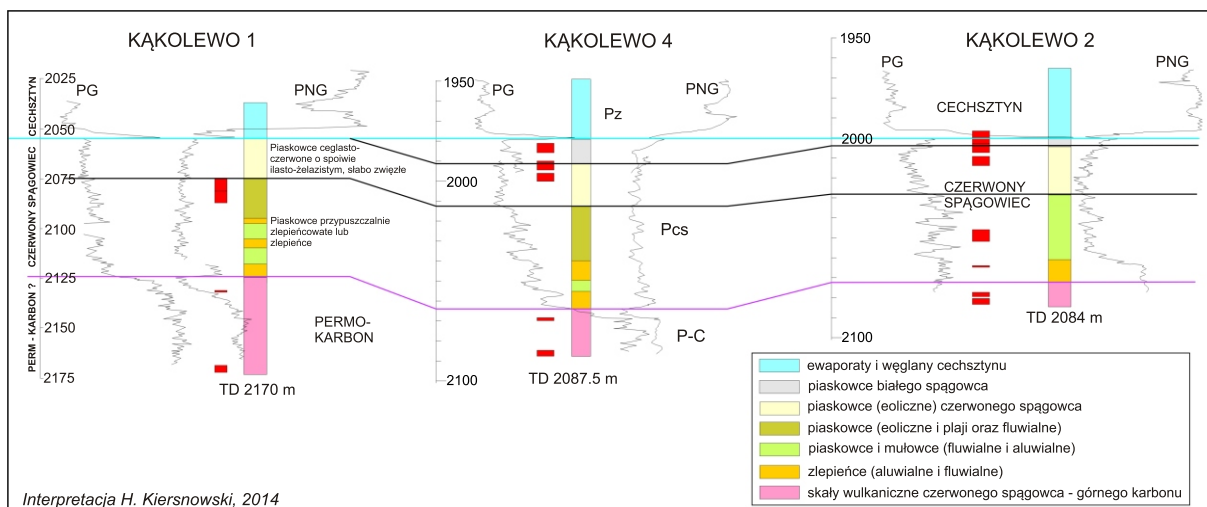


Figura 2.5. Korelacja profili czerwonego spągowca z wierzeń Kąkolewo 1, Kąkolewo 4 i Kąkolewo 2. Spąg cechsztynu został sprowadzony do poziomu jednakowego dla wszystkich profili. Po lewej stronie profili litologicznych zaznaczono czerwonym kolorem odcinki rdzeniowane.

przeważnie słabo wysortowane. Najczęściej występują tu czerwono-brunatne lub szare arenity kwarcowe i sublityczne. Spoiwo piaskowców ma charakter mieszany. Stwierdzono spoiwo ilaste, ilasto-żelaziste, węglanowe, siarczanowe i kwarcowe.

Skały określone jako łupki piaskowcowe (Ekiert, 1973) stwierdzono w spągu serii piaszczystej w otworze wiertniczym Święciechowa i charakteryzują się one naprzemianległym ułożeniem cienkich warstewek ilowca i piaskowca.

Główne cechy petrograficzne skał, w tym porowatość pomierzona planimetrycznie w płytkach cienkich, z wybranych (zestawionych w kierunku NW–SE) otworów: Gorzyce 1, Kościan 8, Jezierzycze 1 i Zbarzewo 1 kształtują się następująco:

Gorzyce 1

Profil (2597,0–2666,0 m) jest opisany petrograficznie na podstawie sześciu próbek piaskowców i jednej zlepieńca drobnookruchowego. Piaskowce odznaczają się słabym wysortowaniem materiału detrytycznego i bardzo słabym obtoczeniem, natomiast dobrym wyselekcjonowaniem. Złożone są z ziarn

kwarcu, natomiast skalenie (kwaśne plagioklasy), łuszczyki i okruchy skał występują akcesorycznie. W spoiwie piaskowców dostrzeżono: obwódki illitowe, illit włóknisty, kwarc autigeniczny (Fig. 2.6.), Mn- i Fe/Mn-kalcyt, kaolinit robakowaty (fig. 2.7.B), chloryt i anataz.

Opisane skały odznaczają się porowatością w granicach 1,0–16,0% obj. Występuje tu pierwotna porowatość międzyziarnowa oraz wtórna – śródziarnowa (Fig. 2.7.) w spękaniach ziarn i międzykrystaliczna w agregatach minerałów ilastych.

Kościan 8

Profil (2485,0–2522,0 m) reprezentują próbki pobrane tylko z górnej części rdzenia. Są to arenity kwarcowe spoczywające na osadach karbońskich. Materiał detrytyczny jest średnio wysortowany, obtoczony dość słabo, wyselekcjonowany bardzo dobrze. Piaskowce złożone są z ziarn kwarcu, nieliczne litoklasty reprezentowane są przez łupki kwarcowo-muskowitowe, fragmenty kwaśnych skał wulkanicznych oraz przez piaskowce i mułowce. W spoiwie zanotowano kwarc autigeniczny (Fig. 2.8.), Mn- i Fe/Mn-kalcyt, dolomit, ankeryt,

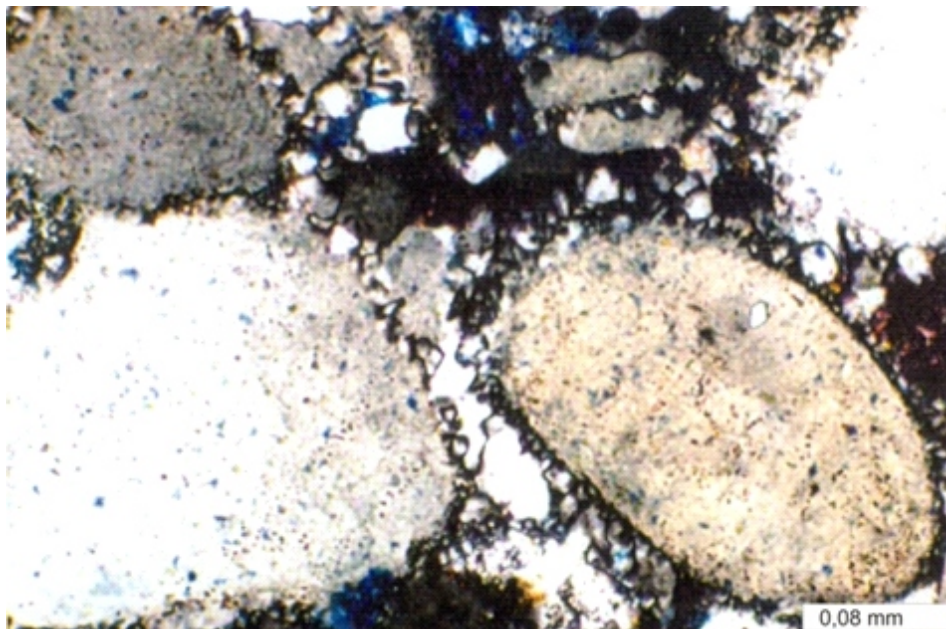


Figura 2.6. Piaskowiec kwarcowy z mozaiką kwarcu druzowego w przestrzeniach międzyziarnowych. Otwór Gorzyce 1, głęb. 2624,1 m, nikole skrzyżowane

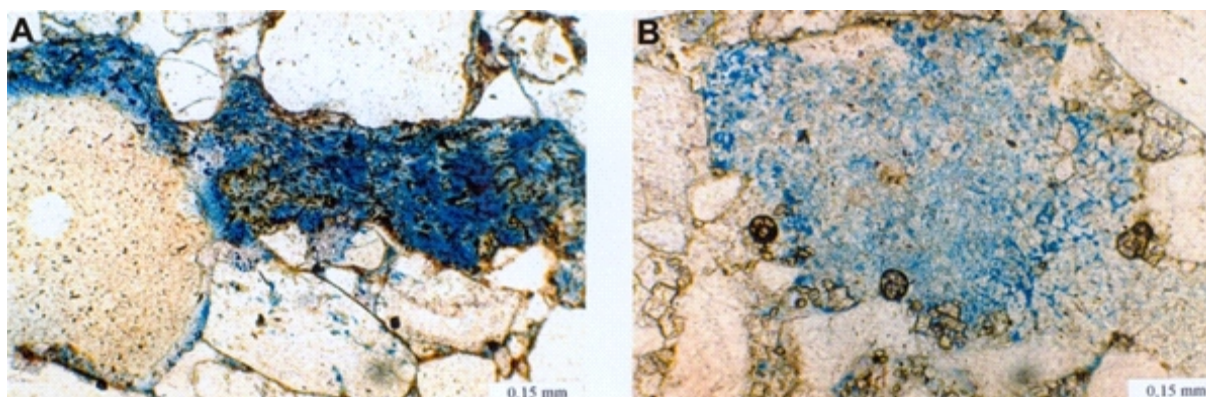


Figura 2.7. Porowatość wtórna w piaskowcach. **A.** Silnie porowaty okruch skały tufu zargilityzowanego w piaskowcu (skała impregnowana niebiesko zabarwioną żywicą). Otwór Gorzyce 1, głęb. 2642,2 m, bez analizatora. **B.** Porowate skupienie kaolinitu w piaskowcu. Otwór Gorzyce 1, głęb. 2598,0 m, bez analizatora

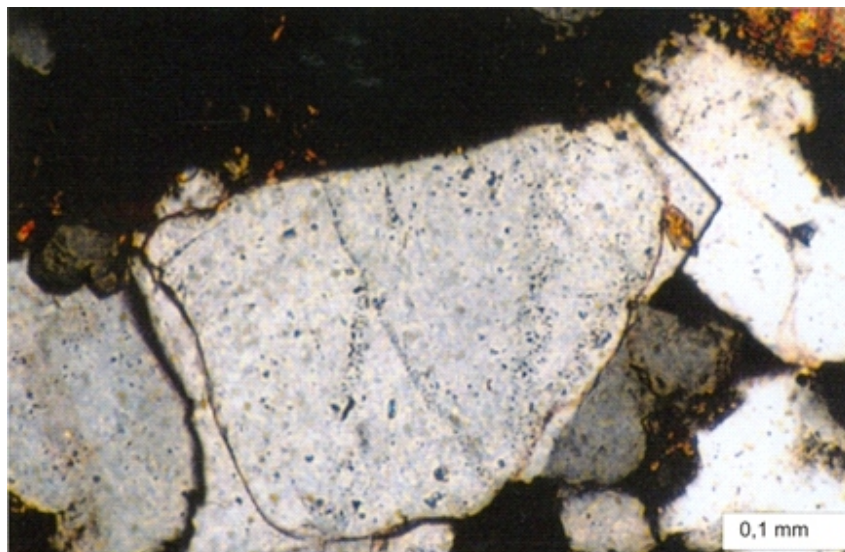


Figura 2.8. Ziarno kwarcu w piaskowcu z fragmentami obwódki regeneracyjnej. Otwór Kościan 8, głęb. 2492,1 m, nikole skrzyżowane.

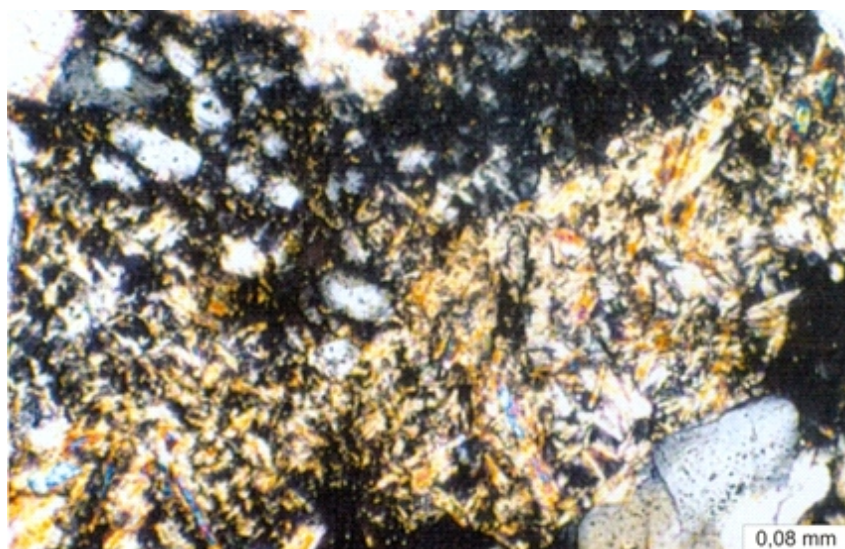


Figura 2.9. Zargilityzowane okruchy skalne w piaskowcu, obecnie złożone głównie z illitu. Otwór Kościan 8, głęb. 2485,9 m, nikole skrzyżowane.

kaolinit robakowaty, chloryt i rozproszony pigment związków żelaza.

Skały odznaczają się porowatością w granicach 0,5–3,0%obj. Jest to porowatość międzyziarnowa i międzykrystaliczna. Miejscami obserwuje się wtórną porowatość powstałą na skutek rozpuszczania diagenetycznego lub przeobrażenia (Fig. 2.9.). Z danych w dokumentacji otworu wynika, iż wartość ta wynosi miejscami kilkanaście procent (Tenerowicz, 1996).

Jezierzyce 1

Czerwony spągowiec w otworze Jezierzyce 1 reprezentowany jest przez piaskowce o spoiwie węglanowym przechodzące w naprzemianległe warstwy zlepieńców, piaskowców i mułowców. Skały te charakteryzują się dużą zmiennością właściwości zbiornikowych.

Zlepieniece należą do skał drobno- i bardzo drobno-ziarnistych, w większości piaszczystych. Zawartość materiału

żwirowego waha się od 55 do 90%. Generalnie przeważają okruchy skał wulkanicznych o chemizmie pośrednim. Drugą ważną grupę stanowią okruchy skał metamorficznych (okruchy kwarcu polikrystalicznego, łupki kwarcowe i kwarcowo-łuszczkowe oraz skały przypominające fyllity). Wśród okruchów skał osadowych występują fragmenty piaskowców, przeważnie ilastych i mułowców, często o wyraźnej kierunkowej teksturze, podkreślonej ułożeniem blaszek łuszczków. W obrębie litoklastów zauważono rozpowszechnione procesy karbonatyzacji, chlorytyzacji (szczególnie minerałów maficznych) oraz zastępowania przez tlenki żelaza. We frakcji psamitowej omawianych zlepieńców wyróżniono oprócz kwarcu i skaleni, podobne do opisanych powyżej fragmenty skał. Spoiwo omawianych zlepieńców jest ilasto-żelaziste, często ilasto-żelazisto-mułkowe lub

węglanowe. Minerale węglanowe reprezentowane są przez kalcyt i kalcyt żelazisty.

Piaskowce, występujące w osadach dolnego czerwonego spągowca, to najczęściej skały czerwono-brunatne, szarobrunatne, niekiedy szare. Odznaczają się strukturą psamitową, niekiedy psamitowo-pelitową, drobno- lub średnioziarnistą, teksturą zwięzłą, bezładną. Najrzadziej występują tu piaskowce zlepniowe. Z uwagi na udział materiału detrytycznego i matriksu wyróżniono tu arenity i waki. Z uwagi na skład mineralny detrytu wyróżniono piaskowce kwarcowe, sublityczne i lityczne. Kwarc jest głównym składnikiem materiału detrytycznego. Ziarna kwarcu najczęściej są ostrokrawędziste, rzadziej półobtoczone. Skalenie występują w postaci drobnych ziarn ostrokrawędzistych. Zaobserwowano tu ziarna skaleń potasowych i kwaśnych plagioklazów. Niektóre z nich częściowo uległy argilityzacji lub kalcytyzacji, a większość częściowo rozprowadzeniu diagenetycznemu (Fig. 2.10.). Łyszczyki występują w postaci drobnych blaszek bezbarwnego muskowitu i brunatnego biotyty. Niektóre blaszki biotyty są częściowo schlorityzowane. Okruchy skalne są najczęściej reprezentowane przez fragmenty kwaśnych skał wulkanicznych,

miejscami obserwowano fragmenty piaskowców drobnoziarnistych, mułwców i ilowców. Minerale akcesoryczne i nieprzezroczyste najczęściej są reprezentowane przez ziarna hematytu i ilmenitu. Spoiwo piaskowców jest złożone z łuseczek minerałów ilastych i pyłu kwarcowego, impregnowanych brunatnymi wodorotlenkami żelaza. Większość piaskowców zawiera także drobnokrystaliczny kalcyt, a miejscami pojawia się kwarc autigeniczny lub anhydryt.

W 170 próbkach pomierzono wartości porowatości (Chmielowiec, 1997), która waha się od 2,06–21,67 %, średnio 6,61 %. Przepuszczalność natomiast wynosi od 0,0 do 13,47 mD (średnio 0,242 mD).

Zbarzewo 1

Badane skały czerwonego spągowca są reprezentowane przez piaskowce o uziarnieniu drobnym i średnim, a tylko wyjątkowo – grubym. Piaskowce są arenitami kwarcowymi, odznaczającymi się słabym wysortowaniem materiału detrytycznego, słabym jego obtoczeniem, natomiast dobrym wyselekcjonowaniem pod względem składu mineralnego. Piaskowce złożone są głównie z ziarn kwarcu, z pojedynczych ziarn skaleń potasowych, blaszek łyszczyków i z nielicznych

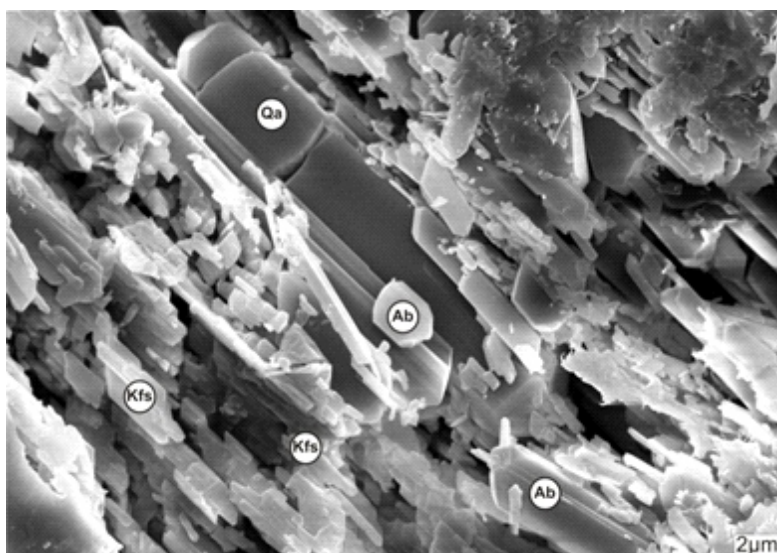


Figura 2.10. Relikty rozpuszczonego mikropertytu. Kfs – skał potasowy, Ab – albit, Qa – kwarc autigeniczny. Obraz w SEM. Jezierzycze 1, gł. 2274,7 m

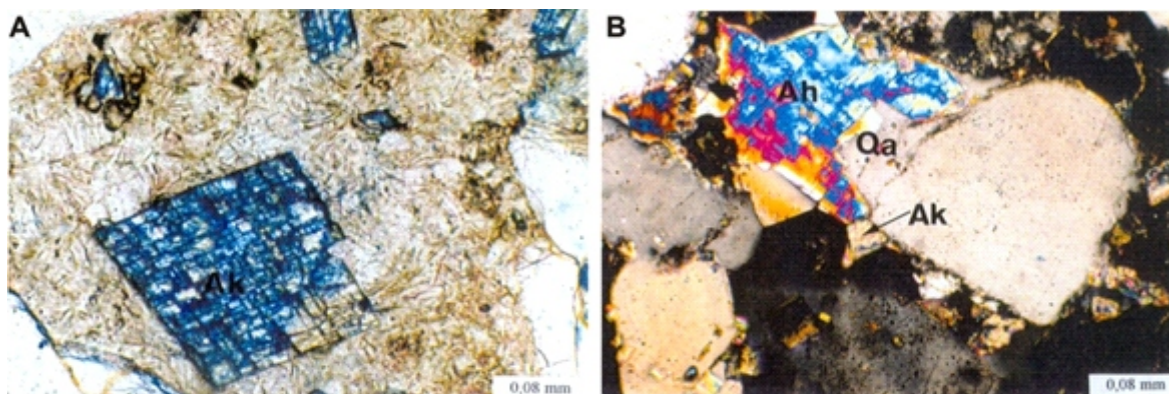


Figura 2.11. A. Fragment piaskowca o spoiwie ankerytowym (Ak) i chlorytowym. Płytkę barwioną płynem Evamy'ego. Otwór Zbarzewo 1, gł. 2081,4 m, bez analizatora. **B.** Cementy w piaskowcu: autigeniczny kwarcowy (Qa), anhydrytowy (Ah), i ankerytowy (Ak). Otwór Zbarzewo 1, gł. 2070,6 m, nikole skrzyżowane.

okruchów skalnych (piaskowce, łowce, zargilityzowane wulkanity). W spoiwie piaskowców dostrzeżono: illit w postaci tangencjalnych obwódek na ziarnach, kaolinit robakowaty, wachlarzowe skupienia chlorytów, kwarc autigeniczny, dolomit, Mn- i Fe/Mn-kalcyt, anhydryt (Fig. 2.11.), baryt i wodorotlenki żelaza. Piaskowce odznaczają się porowatością w granicach 0,5–9,0 %obj. obecną między ziarnami oraz wśród agregatów minerałów ilastych.

Jak wynika z dokumentacji wynikowej otworu (Tenerowicz, 1995), porowatość pomierzona dla 102 próbek z głębokości 2069,7–2272,7 m wynosi od 0,331 do 19,341% (średnio – 8,42%), natomiast przepuszczalność, w zależności od zastosowanej metody, średnio 10,61 lub 13,12 mD. Oceniono również, że właściwości zbiornikowe skał występują głównie w najwyższej serii od stropu do głębokości 2121 m.

Zmienność diagenety osadów czerwonego spągowca i jej wpływ na właściwości petrofizyczne

Na kształtowanie się właściwości zbiornikowych omawianych skał miały wpływ, m.in., procesy diagenetyczne zachodzące po depozycji osadów. Zalicza się do nich:

- Kompakcję mechaniczną
Efekty tego procesu są zaznaczone w piaskowcach i zlepiancach poprzez występowanie licznych prostych kontaktów międzyziarnowych, spękanie ziarn detrytycznych, plastyczne odkształcenia blaszek łuszczyków. Kompakcja mechaniczna w opisywanych skałach zaznaczyła się dość silnie, pomimo to pozostała jeszcze część porowatości pierwotnej. Nieco mniej intensywnie opisywany proces rozwinął się w tych odmianach piaskowców, gdzie wcześniej wykrył się neogeniczny spoiwo kwarcowe typu druzowego (otwór Gorzyce 1);
- Kompakcję chemiczną
Jest to proces odpowiedzialny za utworzenie się międzyziarnowych kontaktów wkłęsło-wypukłych i zazębiających. Nie dostrzeżono jej na przykład w piaskowcach z otworu Gorzyce 1, gdzie wyjątkowo obficie występujący kwarc autigeniczny usztywnił osad i uniemożliwił silne działanie kompaktacji;
- Cementację
Jest to proces wytrącania składników ortochemicznych z roztworów porowych. W opisywanych skałach wyróżniono cementy węglanowe (kalcyt, Mn-kalcyt, Mn/Fe-kalcyt, dolomit, ankerit), kwarc autigeniczny, minerały siarczanowe (anhydryt, baryt), autigeniczne minerały ilaste (illitowe obwódki tangencjalne, illit włóknisty, kaolinit, chloryty. Znaczącym efektem działania cementacji diagenetycznej jest ograniczenie lub całkowite zniszczenie porowatości pierwotnej osadu;
- Zastępowanie
Proces zastępowania diagenetycznego jest nierozłącznie związany ze zjawiskami wytrącania się cementów ortochemicznych. Zanotowano tu przypadki zastępowania:
 - ziarn skaleni i litoklastów przez Mn-kalcyt,
 - obwódek ilastych przez kwarc,
 - chlorytu przez Mn-kalcyt,
 - kwarcu przez Mn-kalcyt;
- Rozpuszczanie
Jest jedną z głównych przyczyn wytwarzania się wtórnej porowatości w minerałach i skałach. Wydaje się, że najwięcej śladów rozpuszczania notuje się w ziarnach skaleni. Poza tym obserwowano je w ziarnach kwarcu oraz w węglanach;

– Przeobrażanie

Efektami procesów przeobrażania diagenetycznego są agregaty minerałów ilastych. W badanych skałach notuje się w różnym stopniu zargilityzowane okruchy skał wulkanicznych, ziarna skaleni, a niekiedy także łuseczki mik. Najpospolitszymi produktami przeobrażeń są: kaolinit, chloryt, illit. Transformacjom minerałów ilastych towarzyszy zazwyczaj znaczne ograniczenie przepuszczalności osadu.

Historię diagenety osadów czerwonego spągowca na obszarze „Leszno” zaprezentowano w postaci przykładowej sekwencji diagenetycznej (Fig. 2.12.).

2.1.3. PERM – CECHSZTYN

Dla poszukiwań wystąpień węglowodorów w cechsztyńnie brane są pod uwagę węglany wapienia cechsztyńskiego mogące stanowić skałę zbiornikową dla gazu pochodzącego z utworów karbonu oraz węglany dolomitu głównego stanowiącego jednocześnie skałę macierzystą i zbiornikową. Stratygrafia cechsztynu w wierceniu Żakowo 6 znajdującego się w centralnej części obszaru „Leszno” została zestawiona wg „Bazy litostratygraficznej permu” (Tab. 2.1.3.1.).

Stratygrafia cechsztynu w wierceniu Jezierzycze 1 znajdującego się w zachodniej części obszaru „Leszno” także została zestawiona wg „Bazy litostratygraficznej permu” (Wagner i in., 1999; Tab. 2.1.3.1.).

W cechsztyńnie najbardziej interesujący złożowo jest poziom węglanów dolomitu głównego oznaczony w tabeli kolorem niebieskim. Analiza dolomitu głównego z obszaru „Leszno” jest zamieszczona poniżej.

Dolomit główny jest poziomem skał węglanowych występujących u podstawy cechsztyńskiego cyklotemu PZ2 (Wagner, 1994). W poziomie tym występują jednocześnie skały macierzyste i zbiornikowe dla węglowodorów (Wagner, 1994; Wagner, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Liczne złoża ropy naftowej, gazu ziemnego lub mieszane odkryte w dolomicie głównym, czynią z tego poziomu jeden z głównych obiektów poszukiwań złóż węglowodorów na Niżu Polskim. Tworzy on zamknięty system hydrodynamiczny izolowany od góry i dołu seriami ewaporatów i stanowi znakomity przykład rozwoju ewaporatowej formacji ropogazonośnej.

Paleogeografia dolomitu głównego była ściśle powiązana z rozwojem bezpośredniego podłoża czyli anhydrytu górnego cyklotemu PZ1. Rozwój platform anhydrytowych anhydrytu górnego decydował o szerokości i pochyleniu stoków platformy węglanowej dolomitu głównego, a strefa basenowa cyklotemu PZ1 kontynuowała się w dolomicie głównym.

W obrazie paleogeograficznym dolomitu głównego wyróżniają się trzy zasadnicze strefy (Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998), którym odpowiadają odrębne systemy depozycyjne (Jaworowski & Mikołajewski, 2007):

- równia basenowa,
- stoki platform węglanowych,
- platformy węglanowe.

Przestrzenny układ tych systemów depozycyjnych wraz z ich zróżnicowaniem oraz paleomiasznością przedstawiono na mapie paleogeograficznej dolomitu głównego (Wagner, 2012), której fragment dotyczący obszaru „Leszno” jest na Fig. 2.13.

Obszar „Leszno” w dolomicie głównym (Ca2) był położony w centralnej części węglanowej platformy śląskiej w obrębie rozległej równi platformowej (Fig. 2.13.). Platformy węglanowe dolomitu głównego w Polsce tworzą rozległe tarasy sedymentacji płytkowodnej, występujące w całej brzeżnej części basenu sedymentacyjnego (Wagner, 1994; Dadlez i in.,

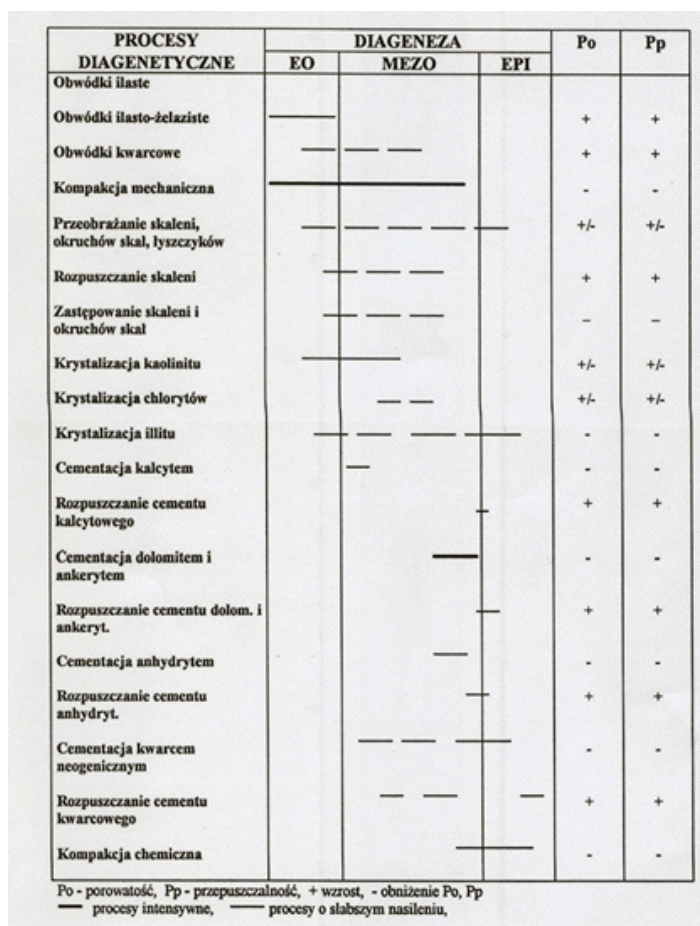


Figura 2.12. Schemat sekwencji diagenetycznej osadów czerwonego spągowca z otworu Zbarzewo 1.

Tabela 2.1.3.1. Stratygrafia cechsztynu w otworze Żakowo 6.

Litostratygrafia (wg Wagnera i in., 1999)	Litologia	Oznaczenie (symbole)	Strop i spąg [m]	Miaższość [m]
PZt	Stropowa seria terygeniczna	T	1646–1662,5	16,5
PZ4 Cyklotem			1662,5–1678,5	16
PZ4a	Subcyklotem PZ4a		1662,5–1678,5	16
Na4a	Najmłodsza sól kamienna stropowa	Na	1662,5–1675	12,5
T4a	Czerwony ił solny dolny	T	1675–1678,5	3,5
PZ3 Cyklotem			1678,5–1773,5	95
Na3	Młodsza sól kamienna	Na	1678,5–1750	71,5
A3	Anhydryt główny	A	1750–1771	21
T3t	Szary ił solny	T	1771–1773,5	2,5
PZ2 Cyklotem			1773,5–1872,5	99
A2r	Anhydryt kryjący	A	1773,5–1776	2,5
Na2	Starsza sól kamienna	Na	1776–1805	29
A2	Anhydryt podstawowy	A	1805–1813,5	8,5
Ca2	Dolomit główny	Ca	1813,5–1872,5	59
PZ1 Cyklotem			1872,5–2154	281,5
A1g	Anhydryt górny	A	1872,5–1896,5	24
Na1g	Najstarsza sól kamienna górna	Na	1896,5–2082,5	186
A1s	Anhydryt środkowy	A	2082,5–2101	18,5
Na1d	Najstarsza sól kamienna dolna	Na	2101–2106,5	5,5
A1d	Anhydryt dolny	A	2106,5–2149	42,5
Ca1+T1m	Wapień cechsztyński + łupek miedzionośny	T+Ca	2149–2154	5

Tabela 2.1.3.2. Stratygrafia cechsztynu w otworze Jezierzycie 1.

Litostratygrafia (wg Wagnera i in., 1999)	Litologia	Oznaczenie (symbole)	Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
PZt	Stropowa seria terygeniczna	T	1695,5–1710	14,5
PZ4 Cyklotem			1710–1722,5	12,5
PZ4a	Subcyklotem PZ4a		1710–1722,5	12,5
Na4a	Najmłodsza sól kamienna	Na	1710–1720	10
T4a	Czerwony ił solny dolny	T	1720–1722,5	2,5
PZ3 Cyklotem			1722,5–1809,5	87
Na3	Młodsza sól kamienna	Na	1722,5–1794	71,5
A3	Anhydryt główny	A	1794–1808	14
T3t	Szary ił solny	T	1808–1809,5	1,5
PZ2 Cyklotem			1809,5–1910	100,5
A2	Anhydryt podstawowy	A	1809,5–1815,5	6
Ca2	Dolomit główny	Ca	1815,5–1910	94,5
PZ1 Cyklotem			1910–2213,5	303,5
A1g	Anhydryt górny	A	1910–1952,5	42,5
Na1	Najstarsza sól kamienna	Na	1952,5–2135,5	183
A1d	Anhydryt dolny	A	2135,5–2209,5	74
Ca1+T1m	Wapień cechsztyński + łupek miedzionośny	T+Ca	2209,5–2213,5	4

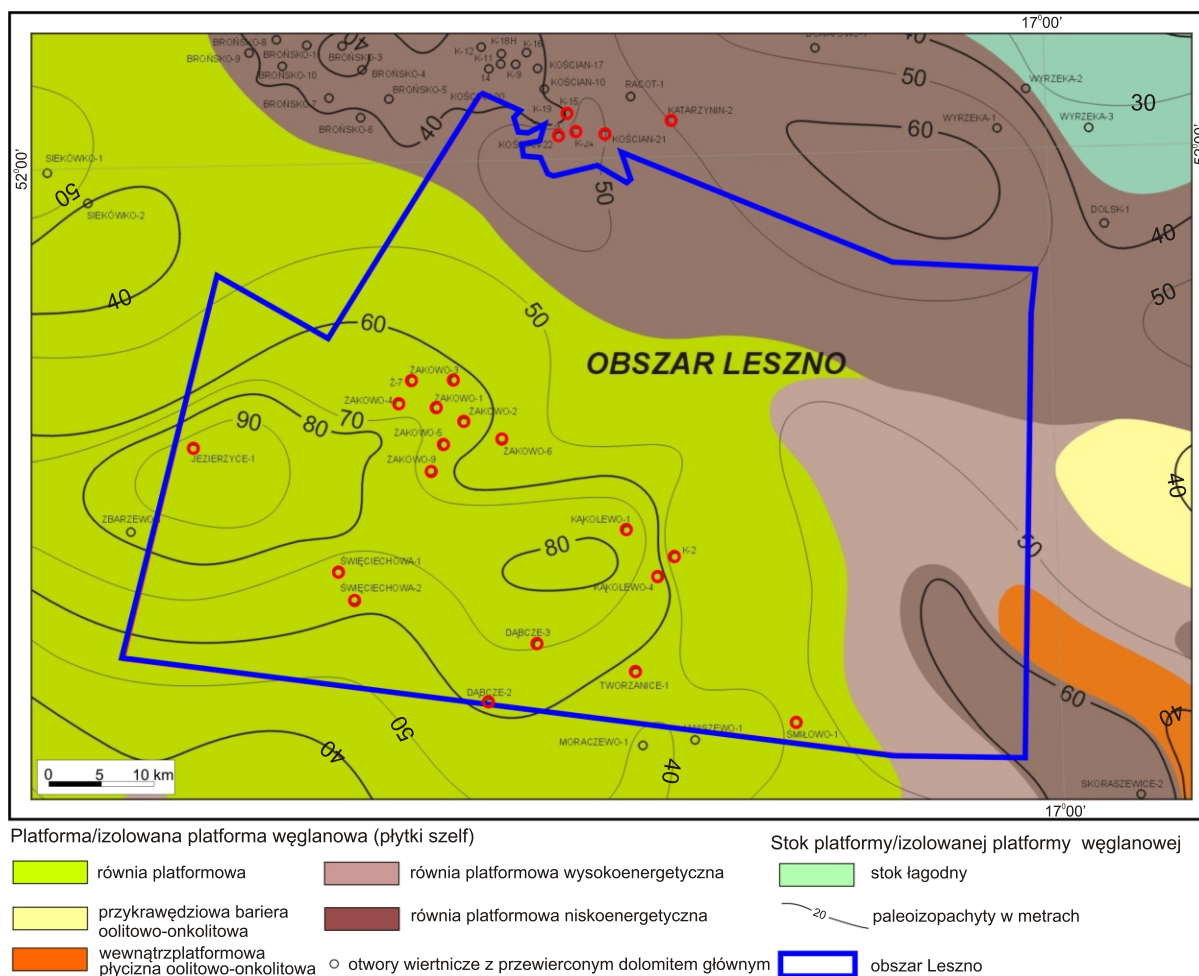


Figura 2.13. Mapa systemów depozycyjnych wraz z ich zróżnicowaniem oraz paleomiąższością w oparciu o mapę paleogeograficzną dolomitu głównego (Wagner, 2012).

1998). Szerokość platform jest zmienna w szerokich granicach, od kilkunastu do 150 km. Platformy mają bardzo urozmaicony przebieg linii zewnętrznej z głęboko wcinającymi się zatokami równi basenowej np. zatoka rewalska, zielonogórska czy noteczka (Wagner, 2012). Morfologia poszczególnych platform była zmienna od bardzo płaskich do silnie zróżnicowanych. Było to uzależnione od budowy geologicznej podłoża i istniejącego w nim paleoreliefu. Miąższość dolomitu głównego na platformach wynosiła zazwyczaj 30–40 m, osiągając lokalnie w kulminacjach do 100 m.

Reżim sedimentacyjny był generalnie płytkowodny z przewagą osadów wysokoenergetycznych. Woda morska miała zwiększone zasolenie, ponad przeciętną normę otwartego morza. Wpływało to w zasadniczy sposób na rozwój organizmów. Większość grup zwierzęcych, które egzystowały w morzu wapienia cechsztyńskiego, nie występuje w dolomicie głównym. Obserwuje się natomiast masowe występowanie słonolubnych małżów i ślimaków, często skarłowaciałych (Wagner, 1994; Pajchel & Wagner, 2001). Rozwijały się w tym środowisku szczególnie intensywnie glony i sinice, które odgrywały ważną rolę skałotwórczą, a także utworzyły ogromne ilości biomasy, z której powstały złoża węglowodorów. Zwiększone zasolenie wpłynęło także na możliwość lokalnego występowania środowiska redukcyjnego, przy okresach intensywnego rozwoju sinic nawet w środowiskach płytkowodnych, lagunowych, co w wielu obszarach mogło uchronić materię organiczną od destrukcji i pozwoliło na jej pogrzebanie i przekształcenie w węglowodory.

Osady platformowe dolomitu głównego charakteryzują się największym, w tym poziomie, zróżnicowaniem środowisk sedimentacyjnych i mikrofacji. Na platformie można wyróżnić cztery główne strefy facjalne:

- barierową,
- równi platformowej,
- saliny,
- subarealnej części platformy.

Równia platformowa rozciągała się za strefą barierową. Zajmowała bardzo duży obszar, stanowiąc pod tym względem największą jednostkę paleogeograficzną w obrębie platformy węglanowej. Była też bardzo zróżnicowana mikrofacjalnie i batymetrycznie. Różnice w morfologii nie były duże, tym niemniej w środowisku generalnie płytkowodnym stosunkowo niewielkie różnice w batymetrii powodowały znaczne zmiany reżimów sedimentacyjnych.

W obrębie równi platformowej wyróżniamy dwie główne strefy:

- wysokoenergetyczną, w obrębie której występują wewnątrzplatformowe płycizny ooidowo-onkoidowe;
- niskoenergetyczną.

Strefami wysokoenergetycznymi nazywamy obszary równi platformowej o wysokiej aktywności hydrodynamicznej spowodowanej głównie falowaniem. Strefy te tworzyły się na lokalnych elewacjach i strefach płycizn na zapleczu barier i obszarach przybrzeżnych. Osady węglanowe tworzyły liczne lokalne bariery (mówimy również o barierach wewnętrznych) i mielizny zbudowane głównie z warstwowanych poziomo i przekątnie greinstonów i pakstonów ooidowo-onkoidowych i peloidowych. Mielizny te i wewnętrzne bariery różnicowały dodatkowo strefę równi platformowej na małe baseny. Przeciętna miąższość w tej strefie w skali basenu sedimentacyjnego wynosi 40 m. Lokalnie istnieją obszary o większej miąższości, sięgającej 60 m.

Strefa wysokoenergetyczna na obszarze „Leszno” występuje w SE jego części, jest wydzielona interpolacyjnie i nie jest udokumentowana wiertniczo. Skrajnie północną część obszaru „Leszno” zajmuje niskoenergetyczna równia

platformowa stanowiąca fragment szeroko rozprzestrzenionej tej równi na platformie wielkopolskiej.

Strefy niskoenergetyczne występują na zapleczu barier i mielizn ooidowo-onkoidowych oraz na rozległych często obniżeniach równi platformowej. W strefach spokojniejszych powstawały madstony i wakstony często regularnie laminowane i wzbogacone w substancję organiczną pochodzenia mikrobialnego, tworzącego biolaminoidy, stabilizujące materiał mułowy. Osady tego typu tworzyły się również na rozległych równiach mułowych ze znacznym udziałem utworów mikrobialnych, nie chronione nawet strefami barier, których w tych miejscach nie było. Najczęściej osady te zawierają domieszki lub przewarstwienia wakstonów, pakstonów, rzadziej greinstonów ooidowo-onkoidowych lub peloidowych. Obficie rozwijały się tu osady mikrobialne maty i biolaminy stabilizujące osady węglanowe. W strefach, gdzie panowały bardziej spokojne warunki sedimentacji miąższość osadów wynosi 30–50 m, często jednak nie przekracza 20 m. Na obszarach o nieco wyższej aktywności hydrodynamicznej, w strefach przejściowych nisko- i wysokoenergetycznych występują większe domieszki redeponowanego materiału ziemistego w postaci przewarstwień pakstonów i wakstonów. W niektórych profilach składniki te zdecydowanie przeważają nad madstonami.

W skrajnie północnej części obszaru „Leszno”, w strefie niskoenergetycznej równi platformowej, występują pozabilansowe nagromadzenia gazu ziemnego, związane ze złożem gazu ziemnego Kosarzyn S. Jest to złożo występujące w utworach rafowych wapienia cechsztyńskiego (Ca1). Ponieważ w tej strefie jest słabe uszczelnienie złoża, tylko ok. 40 m anhydrytu (A1), istnieje możliwość migracji wertykalnej do utworów dolomitu głównego.

Największą część obszaru „Leszno” zajmuje równia platformowa (Fig. 2.13.) na której nie można było zdefiniować bardziej szczegółowych wydzielen paleogeograficznych z powodu braku opracowań mikrofacjalno-sedimentologicznych. Jest to obszar dość dobrze rozpoznany wiertniczo o dużej miąższości Ca2 od 50 do blisko 100 m. Z fragmentarycznych opracowań mikrofacjalnych zawartych w poszczególnych dokumentacjach otworów wiertniczych wynika, że na tym obszarze dominują w profilach madstony z domieszką wakstonów i pakstonów w górnej części profilów. W związku z tym obszar ten jest genetycznie najbliższy niskoenergetycznej równi platformowej. W profilu z otworu Jezierzycze 1 o największej miąższości Ca 2 na tym obszarze (94,5 m) zdecydowanie dominują madstony z cienkimi przewarstwieniami redeponowanych onkoidów w części stropowej.

Złożo gazu ziemnego w dolomicie głównym

Na obszarze „Leszno”, w strefie równi platformowej, odkryto w dolomicie głównym dwa złoża gazu ziemnego: Żakowo w 1965 r. i Kąkolewo w 1970 r.

Złożo Żakowo (wg Kalbarczyk i in., 1975)

Gaz azotowo-węglowodorowy, gazolinowy

CH₄ – 15,08%

C₂H₆ – 3,9%

C₃+ – 3,73%

N₂ – 74,45%

H₂S – 0,89%

średnia porowatość 4,87%

Zasoby przemysłowe w kat. C – 470 mln m³, w kat. B – 1 680 mln m³

Zasoby wydobywalne wg Bilansu Zasobów 2014 r. – 2150 mln m³

Złożo nie eksploatowane.

Miąższość dolomitu głównego na złożu Żakowo wynosi 60–70 m. Są to dolomity wapniste i wapienie dolomityczne,

najczęściej masywne, składające się głównie z madstonów w dolnej części profilu laminowanych, w górnej z cienkimi przewarstwieniami greinstonów/pakstonów. Zmiany chemizmu skał węglanowych świadczą o procesach wgłębnej dedolomityzacji, zachodzącej pod wpływem agresywnych wód złożowych, towarzyszących migracji węglowodorów i mających wpływ na powstawanie wtórnej porowatości i przepuszczalności.

Złoże Kąkolewo (wg Błaszowska i in., 1975)

Gaz azotowo-węglowodorowy, gazolinowy

CH₄ – 10,30%

C₂H₆ – 5,25%

C₃+ – 3,39%

N₂ – 75,10%

H₂S – 1,20%

Porowatość zmienna (do 16%), miejscami brak porowatości, średnia porowatość 4,87%. Przepuszczalność niska, lokalnie do 5,57 mD.

Zasoby przemysłowe w kat. C – 240 mln m³.

Zasoby wydobywalne wg Bilansu Zasobów 2014 r. – 240 mln m³

Złoże nie eksploatowane.

Miąższość dolomitu głównego na złożu Kąkolewo wynosi 50–70 m. Są to dolomity wapniste i dolomity, najczęściej masywne, składające się głównie z madstonów rzadziej wakstonów miejscami laminowane, w górnej z cienkimi przewarstwieniami greinstonów/pakstonów. Zmiany chemizmu skał węglanowych świadczą o procesach wgłębnej dedolomityzacji, zachodzącej pod wpływem agresywnych wód złożowych, towarzyszących migracji węglowodorów i mających wpływ na powstawanie wtórnej porowatości i przepuszczalności.

W skałach dolomitu głównego w strefach równi platformowej i równi platformowej niskoenergetycznej w N części omawianego obszaru występują głównie skały należące do systemu zwartych kompleksów skał macierzystych typu madstonów. (Wagner, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Jednocześnie występują tu także skały zbiornikowe z utworzonej w procesach wgłębnej dedolomityzacji. Jest to bardzo korzystne zjawisko dla migracji i akumulacji węglowodorów. Tym niemniej są to gazy silnie zaazotowane o niskiej zawartości metanu, co stawia pod znakiem zapytania opłacalność ich poszukiwania i eksploatacji.

Niskoenergetyczna równia platformowa występująca w N części obszaru jest nierozpoznana wiertniczo, podobnie jak fragment wschodni obszaru „Leszno” z strefą wysoko energetyczną równią platformową.

Obszar „Leszno” ma zróżnicowaną perspektywiczność:

1. SE część obszaru z złożami Żakowo i Kąkolewo jest mało perspektywiczna ze względu na niską zawartość metanu w gazie ziemnym.
2. N i E część obszaru może być perspektywiczna z powodu współwystępowania skał zbiornikowych i macierzystych i możliwości wyższej zawartości metanu, pomimo braku rozpoznania wiertniczego.

2.1.4. TRIAS

W planie struktur podkenozoicznych obszar „Leszno” jest położony w północnej części monokliny przedsudeckiej (Narkiewicz & Dadlez, 2008). Strop triasu położony jest tu na głębokości 219,3–375 m p.p.m., jego miąższość zaś wynosi od ok. 1100 m do ok. 1600 m, malejąc stopniowo z północy na południe (CBDG, 2015). Spadek miąższości triasu jest związany głównie z erozyjnym brakiem coraz starszych ogniw triasu górnego, którego miąższość jest najbardziej zróżnicowana i wynosi między 100 i 450 m. Miąższości triasu środkowego i triasu dolnego są wyrównane i wynoszą odpowiednio 300–360

m oraz 600–670 m. Trias górny jest wykształcony w postaci serii iłwcowej z nielicznymi przewarstwieniami piaskowców i mułowców oraz z cienkimi przewarstwieniami i konkrecjami anhydrytu. Przeważają barwy brunatno-czerwone i brązowe. Jedynie w najniższej części serii, w tzw. warstwach gipsowych dolnych, mogą pojawiać się osady szare lub szaro-zielonkawe. Trias środkowy jest dwudzielny. W górnej części, zaliczanej do kajpru dolnego oraz wyższej części wapienia muszlowego, dominują szare osady drobno-klastyczne, w kajprze dolnym także pstre. W niższej części triasu środkowego dominują wapienie jasnoszare, szare i beżowe wapienia muszlowego środkowego i dolnego. Towarzyszą im margle i iłwce ciemnoszare lub podrzędnie szarozielone czy brunatne. Trias dolny charakteryzuje się urozmaiconą litologią. Najwyższą jego część, zaliczaną do pstrego piaskowca górnego – formacji retu, tworzą przewarstwiająco się wapienie, iłwce i margle. W dolnej części formacji retu występują przewarstwienia anhydrytu dochodzące do kilkudziesięciu metrów (np. w otworze Święciechowa 1 na głęb. 1020–1050 m p.p.m., CBDG, 2015). Cienkie przewarstwienia anhydrytu występują również w wyższej części formacji. Zasadniczą część triasu dolnego, zaliczaną do pstrego piaskowca środkowego i dolnego, tworzą brunatno-czerwone, podrzędnie szare iłwce i mułowce oraz jasnoszare, różowe i brunatne piaskowce. Osady piaskowcowe, głównie drobnoklastyczne, podrzędnie średnioklastyczne, tworzą kilkudziesięcio- lub kilkusetmetrowe serie nieregularnie rozmieszczone w profilu pionowym. Kompleksy piaskowcowe są regularnie, gęsto przewarstwiane lub laminowane mułowcami i iłwcami. Zarówno w pstryku piaskowcu środkowym, jak i dolnym, sporadycznie występują cienkie przewarstwienia wapieni. Depozycja osadów triasu dolnego zachodziła w środowisku przejściowym między morskim i lądowym, prawdopodobnie na obrzeżach laguny o obniżonym zasoleniu. Transgresja morska pod koniec wczesnego triasu doprowadziła do osadzenia się retu w warunkach podwyższonego zasolenia oraz utworzenia się płytkiego morza szelfowego z depozycją wapienia muszlowego, który odpowiada warunkom najbardziej otwarto-morskim w profilu. Regresja morska w najpóźniejszym triasie środkowym doprowadziła do osadzenia kajpru dolnego. Trias górny deponowany był głównie w środowiskach lądowych równi aluwialnej, równi piaszczystych i mułowych na obrzeżach jeziorzyska playa lub w środowisku wodnym jeziorzyska playa, interpretowanym również jako laguna o podwyższonym zasoleniu (Iwanow & Kiersnowski, 1998; Iwanow, 1998; Bachmann i in., 2010).

2.1.5. JURA I KREDA

Fragment osadów jury zachowany jest tylko w skrajnej NE części obszaru „Leszno”. Są to klastyczne osady dolnej jury. Osady jury zostały zdarte w wyniku inwersji tektonicznej obszaru monokliny przedsudeckiej.

Na obszarze przetargowym „Leszno” utwory kredy obecnie nie występują. Pokrywa osadowa, zdeponowana tu w czasie kredy, została usunięta w wyniku inwersji tektonicznej obszaru monokliny przedsudeckiej w najmłodszej kredzie i wczesnym paleogenie (Marek & Pajchłowa, ed., 1997).

2.1.6. KENOZOIK

Osady kenozoiku na obszarze przetargowym „Leszno” osiągają miąższość >250 m (profil wiercenia Żakowo 6). Nie mają znaczenia zbiornikowego ani uszczelniającego. Są to głównie piaskowce, mułowce, iłwce. Mogą lokalnie występować przewarstwienia węgla brunatnych. W stropie wiercenia występują piaskowce i żwirowce.

2.2. BUDOWA STRUKTURALNA

Obszar przetargowy „Leszno” znajduje się na platformie zachodnioeuropejskiej w centralnej części monokliny przedsudeckiej (Żelaźniewicz i in., 2011). Przez obszar badań przebiegają dwie duże strefy uskoku: (1) znajdująca się we wschodniej części obszaru i przebiegająca na kierunku NW–SE strefa uskoku Szamotuły–Poznań–Oleśnica oraz odchodząca od niej w kierunku SW (2) strefa Chruściny–Nowej Wsi (Fig. 2.14. i 2.15.). W obrębie osadów permsko-

mezozoicznych, strefy uskoku Szamotuły–Poznań–Oleśnica oraz Chruściny–Nowej Wsi mają charakter rowów tektonicznych, których powstanie zainicjowane zostało w trakcie ruchów kimeryjskich. Strefy rowów tektonicznych korelują się z uskokami rozpoznanymi w podłożu cechsztynu (Fig. 2.16.), co może sugerować ich założenie na starszych uskokach powstałych w trakcie deformacji waryscyjskich.

W podłożu monokliny przedsudeckiej wyróżniano jest bok południowo-wielkopolski (Żelaźniewicz i in., 2011), który budują zdeformowane skały pietra waryscyjskiego (karbońskie i

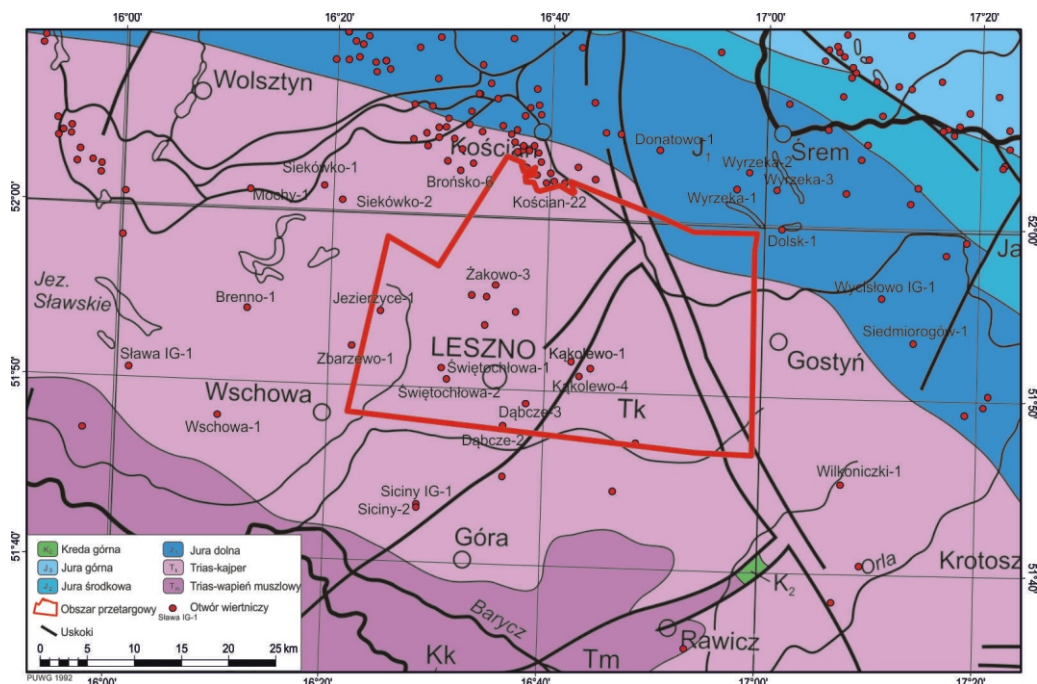


Figura 2.14. Fragment mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000).

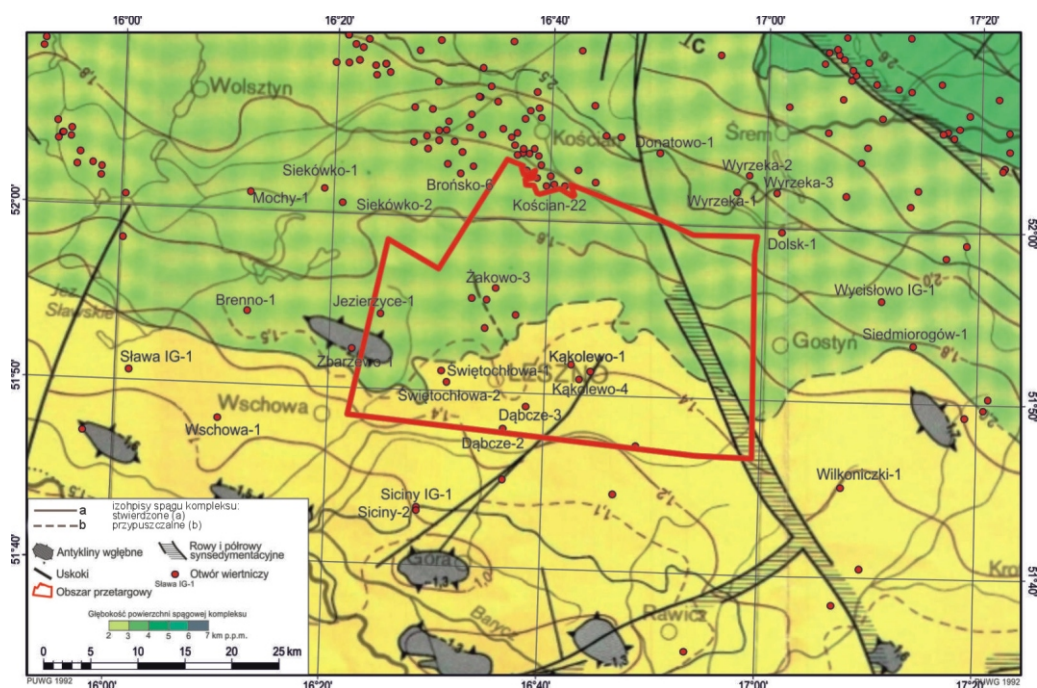


Figura 2.15. Fragment mapy tektonicznej kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego (Dadlez i in., 1998).

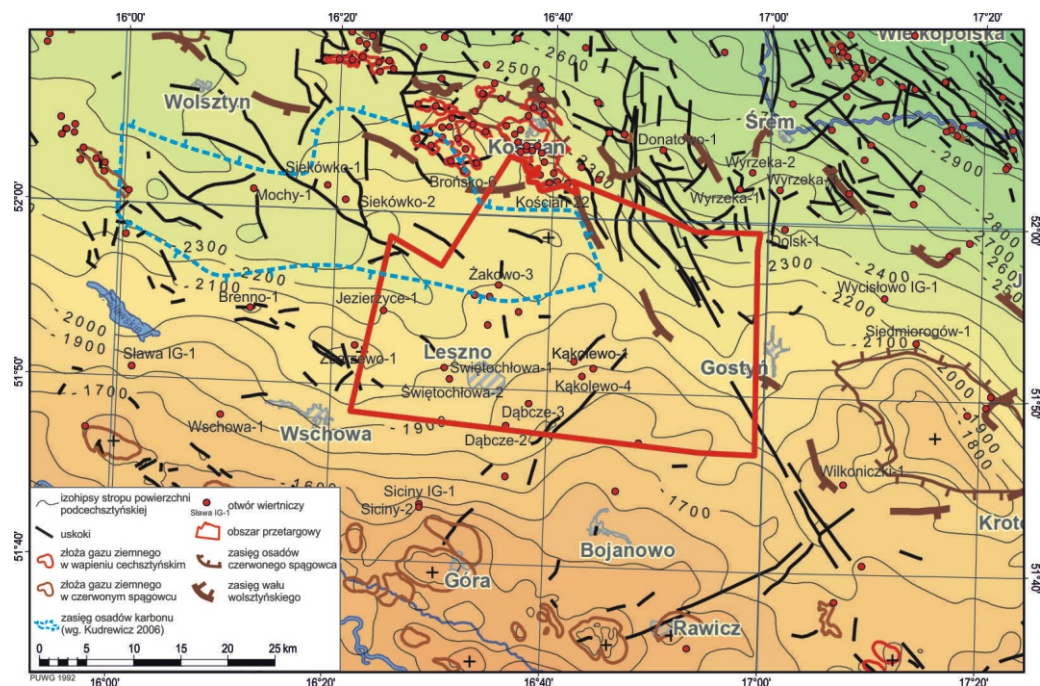


Figura 2.16. Fragment mapy strukturalnej powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2007)

starsze). W rdzeniach nawiercających utwory karbonu stwierdzono upady warstw wynoszące do 90° , co sugeruje duże zaangażowanie tektoniczne utworów piętra warwyskiego.

W części NE obszaru „Leszno”, w podłożu cechsztynu znajduje się wyniesienie Wolsztyn–Leszno (wał wolsztyński) (Fig. 2.16.), które zbudowane jest z wulkanitów dolnego czerwonego spągowca (autunu) oraz klastycznych skał karbonu. W części NE obszaru „Leszno” w podłożu permu występują skały starsze od karbonu (Fig. 2.16.).

Powierzchnia spągu cechsztynu w centralnej i wschodniej części analizowanego obszaru zapada w kierunku ku NE/N, a w zachodniej części w kierunku ku NW. W części południowej spąg cechsztynu zalega na głębokości ok. 1750–1900 m p.p.m., a w najbardziej obniżonej, NE części na głębokości ok. 2400 m p.p.m. (Fig. 2.16.). W północnej części obszaru zaznaczają się liczne dyslokacje o przebiegu NW–SE będące przedłużeniem w podłożu cechsztynu strefy tektonicznej Szamotuły–Poznań–Oleśnica. W powierzchni spągu cechsztynu zaznacza się także przedłużenie części uskoku tworzących rów Chruściny–Nowej Wsi (Fig. 2.16.). Ponadto w części zachodniej obszaru „Leszno” zostały wykartowane niewielkie dyslokacje zorientowane na kierunku NW–SE oraz N–S (Fig. 2.16.).

Utwory monokliny przedsudeckiej (cechsztyń, trias, jura) w zasięgu obszaru „Leszno” zapadają łagodnie pod kątem kilku stopni generalnie w kierunku ku NE. Wyjątek stanowią strefy rowów tektonicznych, gdzie wskutek występowania uskoku i fleksur dochodzi do zaburzeń regionalnego kierunku upadu warstw. Ze strefami rowów tektonicznych Szamotuły–Poznań–Oleśnica oraz Chruściny–Nowej Wsi dokumentowane są ruchy halotektoniczne (Markiewicz, 1995; Markiewicz & Winnicki, 1997).

Na powierzchni podczwartorzędowej na prawie całym obszarze występują utwory kajpru, a w skrajnie NE części utwory jury dolnej. Powierzchnia podkenozoiczna jest rozcięta dyslokacjami ograniczającymi rowy Poznania–Oleśnicy i Chruściny–Nowej Wsi (Fig. 2.14.).

2.3. ROZWÓJ BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Podłoże permu zostało uformowane w trakcie orogenezy warwyskiej, w trakcie której dochodziło do deformacji fałdowo-nasuwczych w obrębie zapadliska przedgórskiego warwyscydów. W efekcie deformacji utwory karbońskie, wraz z ich podłożem, utworzyły szereg struktur kompresyjnych, które ze względu na skomplikowaną budowę oraz brak dobrej jakości danych nie są nadal szczegółowo wykartowane.

Następnie we wczesnym permie lub już od późnego karbonu rozpoczęła się faza tektoniki ekstensyjnej, w efekcie której powstał system zrębów, rowów i półrowów (Pożaryski i in., 1992; Antonowicz i in., 1993, 1994). Synsedymenacyjna aktywność uskoku oraz zróżnicowana morfologia podłoża permu warunkowały zmiany miąższości i zróżnicowanie facjalne osadów czerwonego spągowca (Kiersnowski & Buniak, 2006).

Od permu do późnej kredy basen polski był poddawany długotrwałej termalnej subsydencji, w trakcie której dochodziło do depozycji miąższych osadów permu i mezozoiku. W trakcie ruchów kimeryjskich (trias-jura) w efekcie wzmożonej ekstensji basenu polskiego powstawały systemy półrowów i rowów tektonicznych (m.in. Poznań–Oleśnica, Chruściny–Nowej Wsi), które często są założone na starszych strefach uskoku obecnych w utworach piętra warwyskiego.

Podczas późnej kredy i paleogenu doszło do zmiany pola naprężeń i w efekcie – inwersji basenu polskiego (Pożaryski & Brochwicz-Lewiński, 1978; Dadlez, 1997; Krzywiec, 2002, 2006; Mazur i in., 2005). Podczas inwersji nastąpiła przebudowa tektoniczna basenu i m.in. wyniesienie jego obecnego SW obrzeżenia bloku przedsudeckiego. W efekcie podniesienia SW część basenu polskiego została pochylona w kierunku ku NE. W skutek wydzwignięcia tej części basenu doszło do erozji młodszych osadów wypełniających basen i w efekcie usunięcia prawie na całym obszarze „Leszno” utworów jury i kredy.

W trakcie inwersji basenu część uskoku powstałych podczas etapów ekstensji uległa zapewne częściowej

przebudowie w reżimie kompresyjnym/transpresyjnym. W trakcie deformacji laramijskich mogło również dochodzić do przemieszczeń cechsztyńskich soli kamiennych (halotektonika), wpływających na obecne zróżnicowanie ich miąższości.

W neogenie na obszarze monokliny przedsudeckiej dochodziło do słabej ekstensyjnej reaktywacji kimeryjskich struktur rowowych.

3. SYSTEM NAFTOWY

3.1. WSTĘP

System naftowy jest określany jako zespół procesów geologicznych i naftowych prowadzący do powstania złoża węglowodorów. Do podstawowych elementów systemu naftowego zalicza się: skałę macierzystą – ze względu na zawartość kopalnej substancji organicznej stanowi źródło powstawania węglowodorów, skałę zbiornikową – której odpowiednie właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację węglowodorów oraz skałę uszczelniającą – która jest skałą nieprzepuszczalną i uniemożliwia ucieczkę medium złożowego. Ponadto nieodzownym elementem systemu naftowego w złożach konwencjonalnych jest pułapka naftowa, która ze względu na swoje cechy strukturalne lub stratygraficzno-litologiczne tworzy miejsce akumulacji węglowodorów. Niezbędnym do zaistnienia systemu naftowego i powstania złoża węglowodorów jest zespół procesów umiejscowionych w przestrzeni i w czasie geologicznym, na które składają się: generowanie, ekspulsja, migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża.

3.2. SKAŁY MACIERZYSTE

Za skałę macierzystą w karbońsko-permskim systemie naftowym uważa się mułowce i ilowce karbonu (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005; Karnkowski, 1999; Botor i in., 2013). Zgodnie z tą teorią gaz ziemny, wygenerowany z karbońskiej materii organicznej, migrował ku strefom o niższym ciśnieniu hydrostatycznym, czyli do utworów czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego leżących niezgodnie na skałach karbonu. Migracja węglowodorów ze skał macierzystych do pułapek złożowych mogła mieć charakter lokalny wzdłuż nieciągłości tektonicznych lub charakter regionalny krótko lub długodystansowy wzdłuż porowatych i przepuszczalnych skał. W zachodniej części europejskiego basenu permskiego za skały macierzyste uznaje się węgle westfalu (Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013), natomiast badania geochemiczne płycej zalegających skał karbonu polskiego basenu sugerują, że zawartość materii organicznej rozproszonej w tych skałach jest wystarczająca, by uznać je za skały macierzyste (Burzewski i in., 2009; Botor i in., 2013). Śliwiński i in. (2006) oraz Malinowski i in. (2007) postulują ponadto możliwość istnienia węglonośnych utworów molasy górnokarbońskiej, które mogą stanowić poziomy macierzyste zlokalizowane na przedpolu polskich eksternidów waryscyjskich (Fig. 3.1 i 3.2.). Potwierdzeniem macierzystości skał karbonu w Polsce mogą być także odkryte złoża: Wierzchowo (dolny karbon), Gorzysław, Trzebusz, Wrzosowo, Daszewo, Paproć (dolny i górny karbon), Kościan i Brońsko (dolny karbon; Karnkowski, 1993) oraz wyniki badań

geochemicznych materii organicznej i gazu ziemnego (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005).

Na Pomorzu skały macierzyste zostały stwierdzone w obrębie utworów turnieju, wizenu i westfalu. Charakteryzują się one średnim i doskonałym potencjałem węglowodorowym. Całkowita zawartość materii organicznej w łupkach turnieju i wizenu wynosi średnio od ok. 1,1–1,5% wag. do maksymalnie 10,7% wag (Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013), natomiast całkowita zawartość materii organicznej w łupkach westfalu wynosi średnio od 0,3% wag. do maksymalnie 2,7% wag. (Bachleda-Curuś i in., 1996; Matyasik, 1998; Kotarba i in., 2004, 2005; Grotek, 2005, 2006; Kosakowski i in., 2006; Bahrnowski i in., 2007; Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013). Materia organiczna rozproszona w skałach karbonu posiada geochemiczną charakterystykę gazotwórczego kerogenu typu III i mieszanego kerogenu typu III i II, przy czym wyższy udział kerogenu typu II stwierdzono w utworach dolnego karbonu. Materia organiczna zbadana w otworach nawiercanych podłoże monokliny przedsudeckiej ma charakterystykę humusowego kerogenu typu III i cechuje się niskim do bardzo dobrego potencjału węglowodorowego (Botor i in., 2013). Całkowita zawartość materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,5% wag. do 4% wag. (Nowak, 2003; Pletsch i in., 2010; Poprawa & Kiersnowski, 2010; Botor i in., 2013). W strefie kujawskiej i mazurskiej tylko kilka otworów nawierca skały karbonu. Charakteryzują się one zmiennym potencjałem węglowodorowym od słabego do doskonałego. Całkowita zawartość materii organicznej zawiera się w przedziale od 0,3% wag. do 15% wag. i ma charakterystykę kerogenu mieszanego typu III i II, z dominacją kerogenu typu III w skałach westfalu (Botor i in., 2013).

Skały karbonu, stanowiące silikoklastyczną sukcesję wypełniającą polską część basenu przedgórskiego waryscyjskiego (Górecka-Nowak, 2007), nie są dotąd w pełni rozpoznane wiertniczo w podłożu monokliny przedsudeckiej, niecce łódzkiej i centralnej części wału śródpolskiego przez wzgląd na ich znaczną miąższość (>2000 m) i niską perspektywiczność odkrycia w nich konwencjonalnych złóż naftowych. Dlatego też większość otworów wiertniczych na tym obszarze nawierciła jedynie stropowe części skał karbońskich.

Na obszarze „Leszno” znajduje się sześć głębokich otworów wiertniczych nawiercanych utwory karbonu (Dąbcze 2, Górka Duchowna 1, Jezierzycze 1, Śmiłowo 1, Świeciechowa 2, Żakowo 6) oraz jeden otwór przewiercający te utwory w strefie występowania fylitów (Świeciechowa 1; Fig. 2.4.). Dodatkowe informacje o skałach karbonu dostarczają otwory sąsiadujące z obszarem przetargowym, przede wszystkim otwory Siciny 2 i Siciny IG 1 oraz Gościejewice 1, Wycisłowo IG 1 i otwory nawiercające skały karbonu złoża gazu ziemnego Brońsko (Fig. 3.3.).

Otwór Dąbcze 2 nawiercił 104,7 m (2099,0–2203,0 m) utworów karbonu górnego, datowanych na podstawie analiz palinologicznych Krawczyńskiej-Grocholskiej (1971) na westfal-stefan. Utwory te wykształcone są jako przewarstwiające się piaskowce, mułowce i ilowce. Brak danych na temat własności geochemicznych nie pozwala stwierdzić, czy nawiercone skały mają własności skał macierzystych.

Dane szczegółowe z otworu Górka Duchowna 1 odwierconego przez FX Energy Poland nie są upublicznione. W wierceńiu tym nawiercono utwory karbonu dolnego.

Otwór Śmiłowo 1 nawiercił jedynie ok. 25 m (2105–2130 m) karbońskich czerwonych zlepieńców, nie dostarczając informacji dotyczących macierzystości utworów karbonu w rejonie otworu.

Otwór Świeciechowa 2 nawiercił 26,5 m (2173,5–2200,0 m) utworów karbonu nierozdzielonego. Utwory te wykształcone są

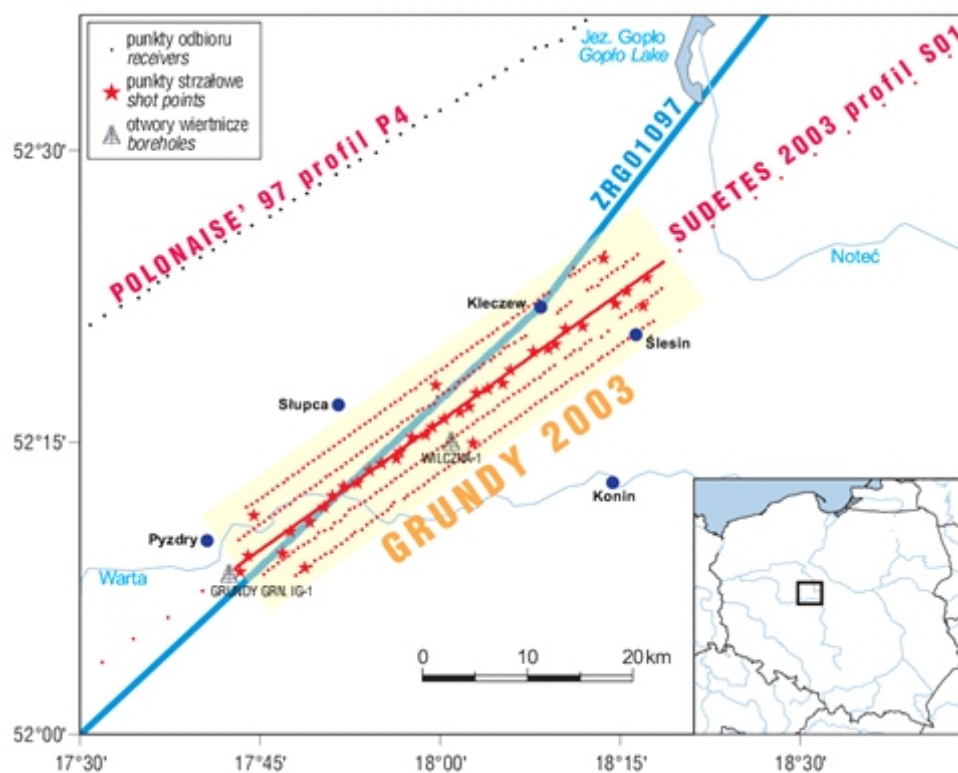


Figura 3.1. Geograficzna lokalizacja eksperymentu Grundy 2003. Zaznaczono także profile głębokich sondowań sejsmicznych (P4 i S01) oraz refleksyjny profil regionalny ZRG01097a (Śliwiński i in., 2006).

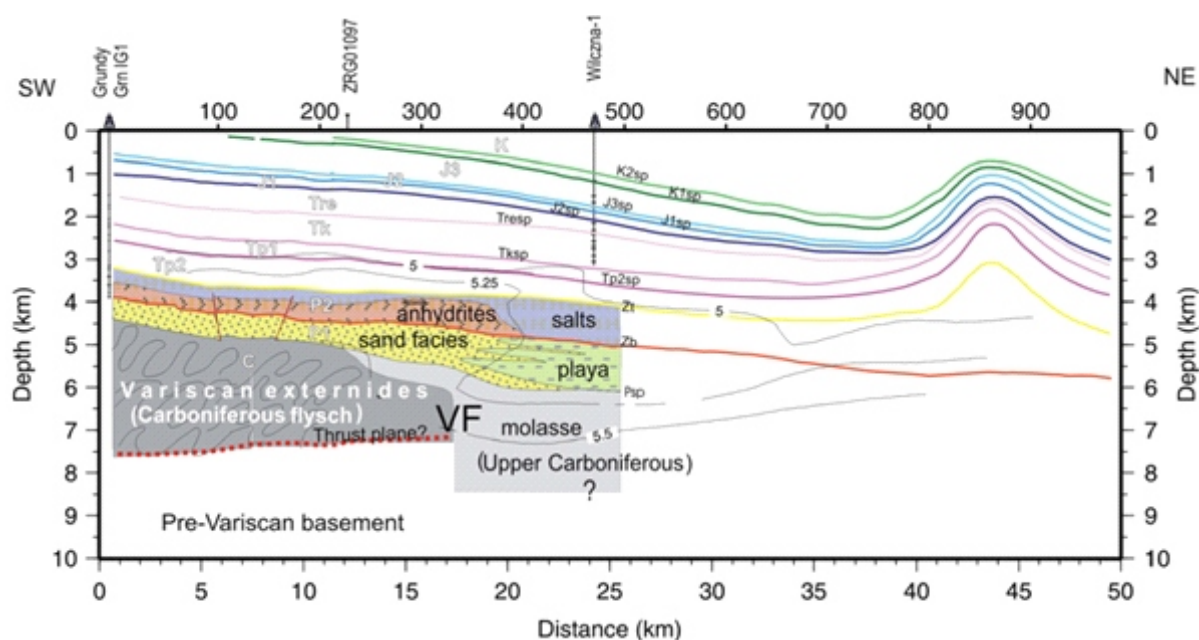


Figura 3.2. Fragment regionalnego przekroju głębokościowego ZRG01097 z interpretacją geologiczną wyników sejsmicznych eksperymentu GRUNDY 2003.

Trz sp – spąg kenozoiku, K1 – kreda dolna, J3 – jura górna, J2 – jura środkowa, J1 – jura dolna, Tre – retyk, Tk – kajper, Tp2 – pstry piaskowiec środkowy, Ztr – strop cechsztynu, Psp – spąg czerwonego spągowca (Malinowski i in., 2007).

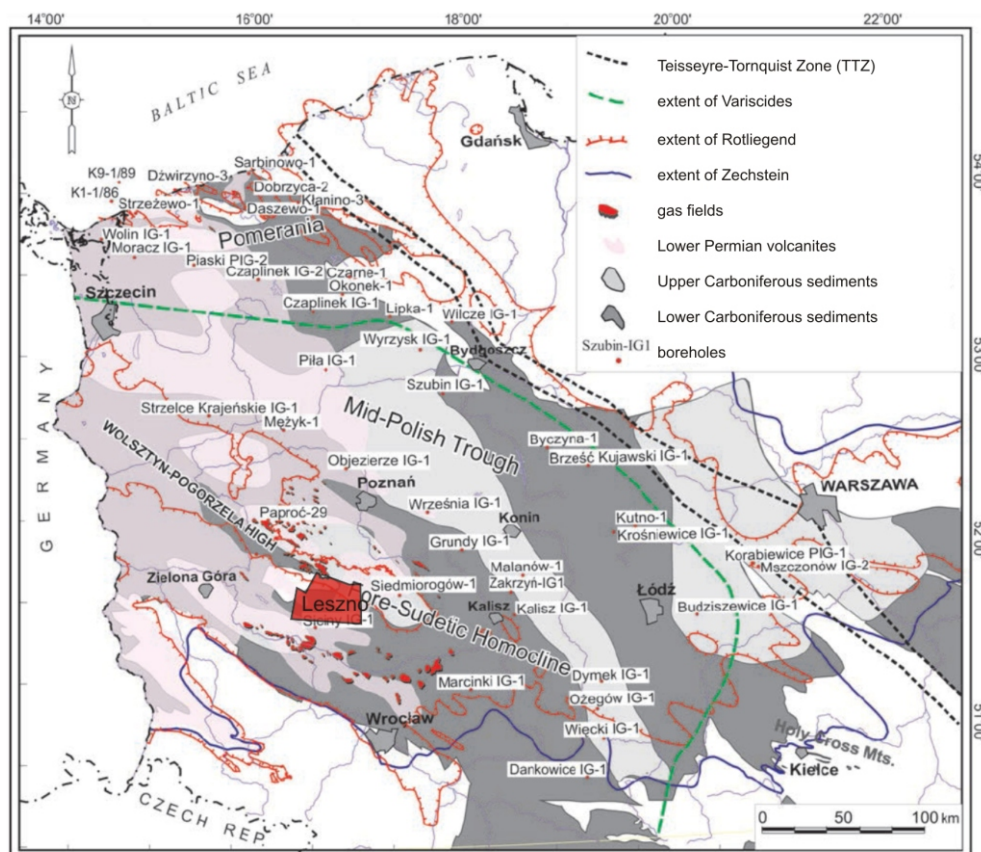


Figura 3.3. Mapa przedstawiająca główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie (wg Reicher, 2008). Zasięg utworów karbonu dolnego i górnego wg Pokorskiego (2008) (Botor i in., 2013).

jako iłowce i mułowce, z których pobrano trzy próbki w celu ekstrakcji bituminów. Dwa uzyskane wyniki wyekstrahowanych bituminów (0,0205% i 0,0435%) nie pozwalają uznać badanych skał za macierzyste.

Otwór Świeciechowa 1 nawiercił 57,5 m (2595,0–2652,5 m) utworów karbonu nierozdzielonego, wykształconego jako piaskowce drobnoziarniste i łupki. Poniżej profil otworu obejmuje skały starszego podłoża o nieustalonej przynależności wiekowej (2652,5–2776,8; fylity).

Otwór Żakowo 6 nawiercił 26 m (2190–22160 m) silnie zdiagenetyzowanych iłowców karbonu nierozdzielonego. Jedna próbka z interwału głębokości: 2187–2193 m nie wykazała macierzystości skał (bituminy – 0,01%).

Otwory Brońsko 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 11 nawiercają jedynie stropowe części dolnego karbonu występującego w obrębie wyniesienia strukturalnego zwanego wyniesieniem wolsztyńskim. Skały karbonu wykształcone są na tym obszarze jako szare, zielone oraz czerwone mułowce i iłowce. Próbkę tych skał, pobrane do badań geochemicznych Rock-Eval, nie wykazały cech skał macierzystych, ponieważ cechują się zbyt niską całkowitą zawartością rozproszonej materii organicznej (TOC<0,5% wag.; Kosakowski, 2010).

Otwór Wycisłowo IG 1 zlokalizowany jest na wschód od obszaru przetargowego. Nawiercił on 613 m (2547–3160 m) utworów karbonu górnego, datowanych na westfal. Utwory te wykształcone są jako przewarstwiające się mułowce, iłowce i piaskowce. Skał karbonu nie poddano badaniom, które mogłyby wykazać ich potencjalną macierzystość.

Otwór Gościejewice IG 1 zlokalizowany jest na południe od obszaru przetargowego. Nawiercił on 213 m (1835–2048 m) utworów karbonu górnego, wykształconych w postaci przewarstwiających się piaskowców średnio- i gruboziarnistych oraz szarogłazowych o spoiwie krzemionkowym i krzemionkowo-żelazistym.

Otwór Siciń IG 1 zlokalizowany jest na południe od obszaru przetargowego. Nawiercił on 995,5 m (2004,5–3000,0 m) utworów karbonu, wykształconych w postaci przewarstwiających się mułowców, iłowców, piaskowców i wkladek skał tufitowych. Pobrane próbki do badań geochemicznych wykazały występowanie w profilu skał karbońskich (2205,5–2931,3 m) poziomów macierzystych charakteryzujących się całkowitą zawartością rozproszonej materii organicznej od 0,55% wag. do 3,5% wag. (mediana – 1,7% wag., 35 oznaczeń), która znajduje się w fazie generowania gazów suchych (Poprawa, 2009). Powyższe wyniki potwierdzają, że w obrębie profilu skał karbońskich występują skały macierzyste zdolne do wygenerowania węglowodorów, które zostały zakumulowane w skałach zbiornikowych czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego.

Otwór Siciń 2, zlokalizowany na południe od obszaru przetargowego, nawierca aż 1585 m (1935–3520 m) serii utworów karbonu dolnego, datowanych na dolny namur–wizen (Wójcicki i in., 2014b). W obrębie tych utworów firma San Leon Energy wytypowała dwa poziomy piaskowcowe, będące potencjalnymi złożami gazu zamkniętego (ang. *tight gas*), oraz trzy poziomy macierzyste, będące jednocześnie potencjalnymi złożami gazu w łupkach (ang. *shale gas*; Wójcicki i in., 2014b).

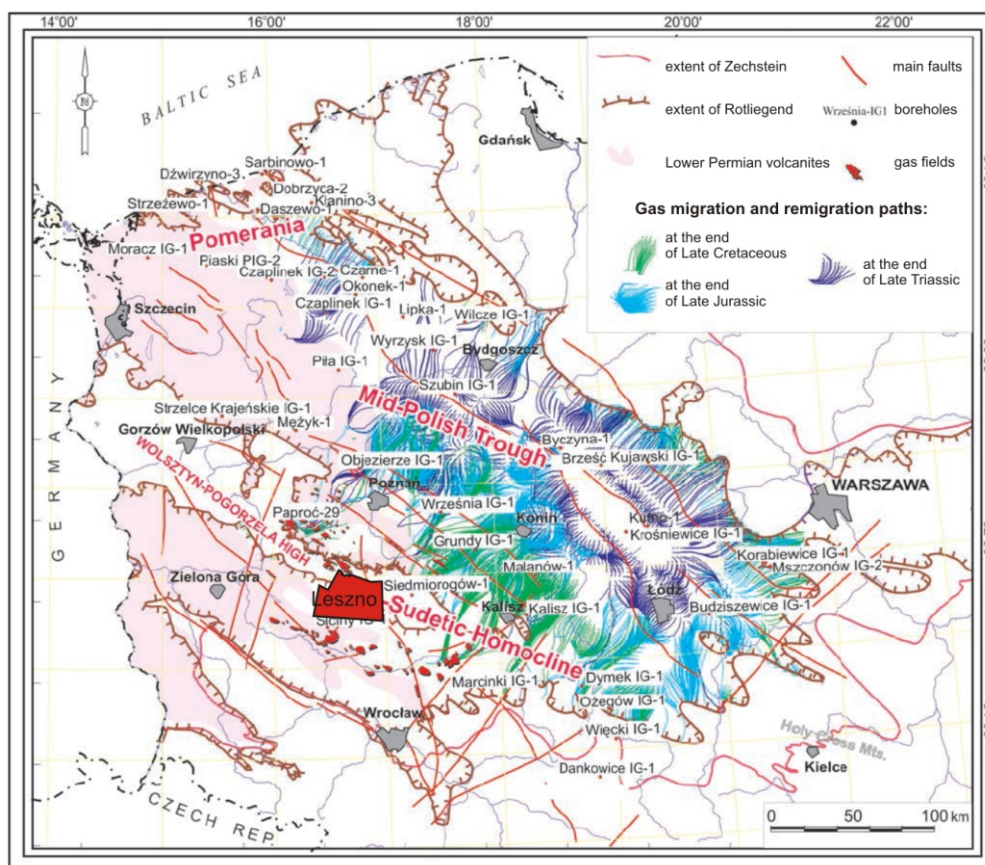


Figura 3.4. Mapa przedstawiająca ścieżki migracji gazu na tle rozprzestrzenienia zbiornikowych utworów czerwonego spągowca (wg Maćkowskiego i in., 2008, zmieniona) (Botor i in., 2013).

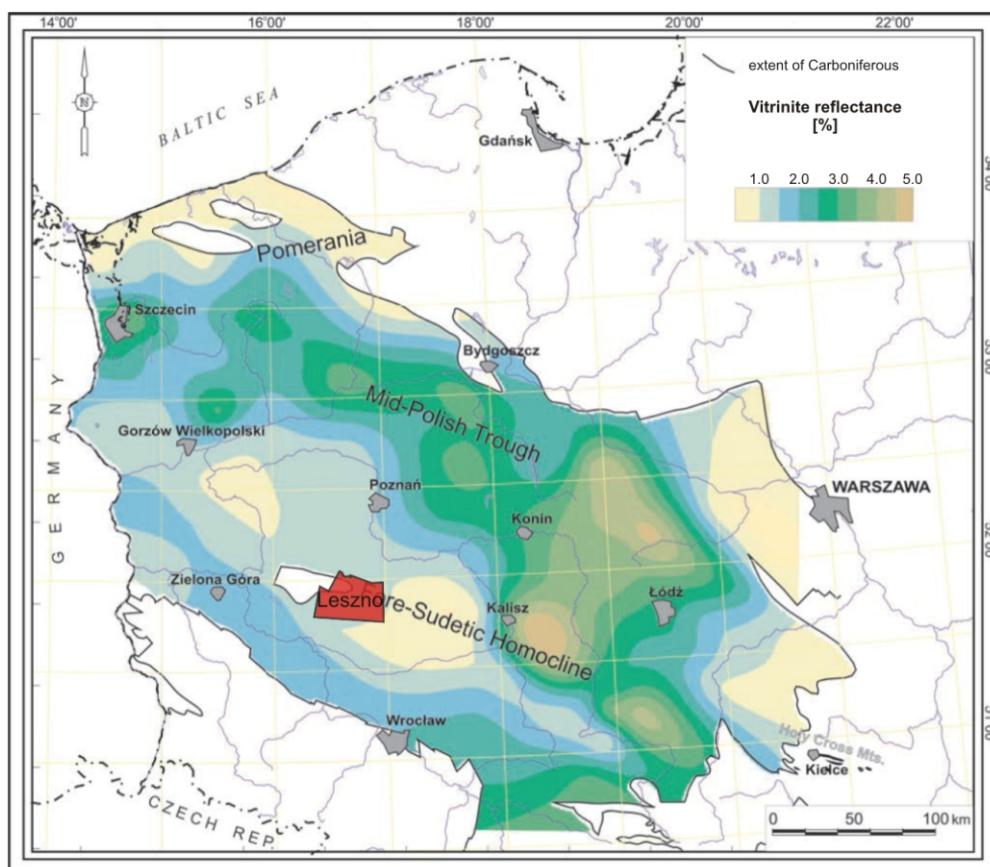


Figura 3.5. Mapa rozkładu dzisiejszej dojrzałości termicznej materii organicznej w stropie utworów karbonu (Botor i in., 2013).

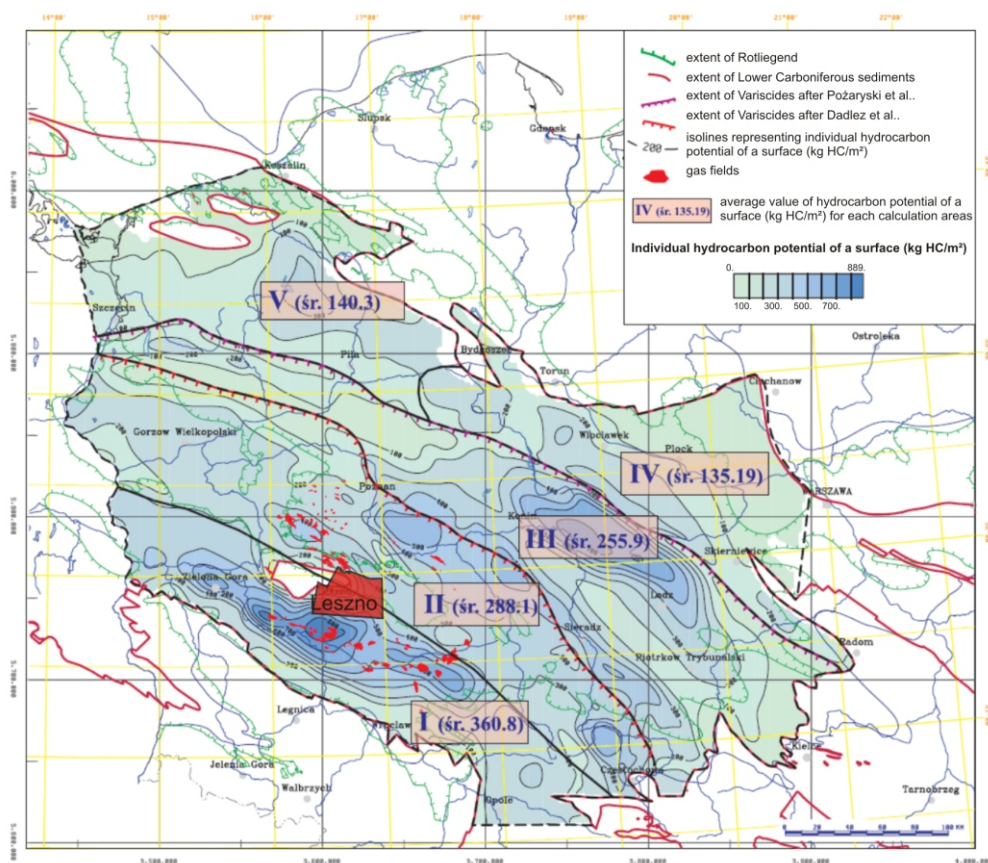


Figura 3.6. Mapa jednostkowego potencjału powierzchniowego (JPP) utworów karbonu dolnego (Burzewski i in., 2009).

Materia organiczna poziomów macierzystych w otworze Siciny 2 znajduje się w tzw. „oknie gazowym” (Wójcicki i in., 2014b).

Obszar „Leszno” znajduje się w strefie występowania utworów karbonu dolnego (Fig. 3.3.). Numeryczne modelowania karbońsko-permskiego systemu naftowego basenu polskiego (Botor i in., 2013) sugerują, że obszar przetargowy „Leszno” znajduje się poza strefą migracji węglowodorów ze skał macierzystych centralnej części basenu. Modelowania nie brały jednak pod uwagę lokalnej migracji wzdłuż stref nieciągłości (Fig. 3.4.). Modelowania te wykazują również, że na tym obszarze karbońska materia organiczna może znajdować się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego fazie generowania gazu ($>1\% R_o$; Fig. 3.5.). Biorąc pod uwagę analizy Burzewskiego i in. (2009) można założyć, że skały macierzyste karbonu dolnego w obrębie obszaru przetargowego „Leszno” cechowały się w historii geologicznej jednostkowym potencjałem genetycznym na poziomie 100–700 kg HC/m² basenu (Fig. 3.6.).

3.3. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

Zastosowanie numerycznych modeli systemów naftowych ma na celu przeprowadzenie rekonstrukcji procesów i mechanizmów generowania, migracji i akumulacji węglowodorów. Podstawą modeli procesów generowania jest modelowanie paleotermiczne, które polega na modelowaniu

dojrzałości termicznej skał zwłaszcza macierzystych. Takie modelowania przeprowadzane są głównie w wersji 1-D i pozwalają na odtworzenie w skali czasu – ewolucji geologicznej i termicznej basenu sedymentacyjnego wraz z modelowaniem procesów generowania i ekspulsji węglowodorów. W celu odtworzenia procesów migracji i akumulacji węglowodorów wykonuje się modelowania 2-D (przekrój geologiczny), natomiast modelowania 3-D integrują wszystkie wyżej wymienione procesy w postaci przestrzennej. Dokładna metodyka modeli systemów naftowych została przedstawiona w pracach m.in. Batora & Kosakowskiego (2000), Al-Hajeri i in. (2009) i Highley i in. (2006).

Na obszarze „Leszno” występuje szereg głębokich otworów wiertniczych przewiercających perspektywiczne utwory zbiornikowe czerwonego spągowca. Nieliczne tylko nawiercają warstwę utworów karbonu, które mogły stanowić potencjalną skałę macierzystą. Charakterystykę dotyczącą wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów wykonano w oparciu o m.in. wyniki modeli naftowych 1-D dla otworów Wycisłowo IG 1 (na wschód od granicy obszaru „Leszno”) oraz Siciny 2 (na południe od granicy obszaru „Leszno”). Modelowania dla tych otworów przeprowadzono wcześniej na potrzeby opracowania „Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych skałach zbiornikowych Polski” (Wójcicki i in., 2014b). Na obszarze, dla którego zostały oszacowane zasoby *tight gas*, zlokalizowany jest również obszar „Leszno”. Ponadto do analizy migracji i akumulacji węglowodorów w rozpatrywanym obszarze wykorzystano

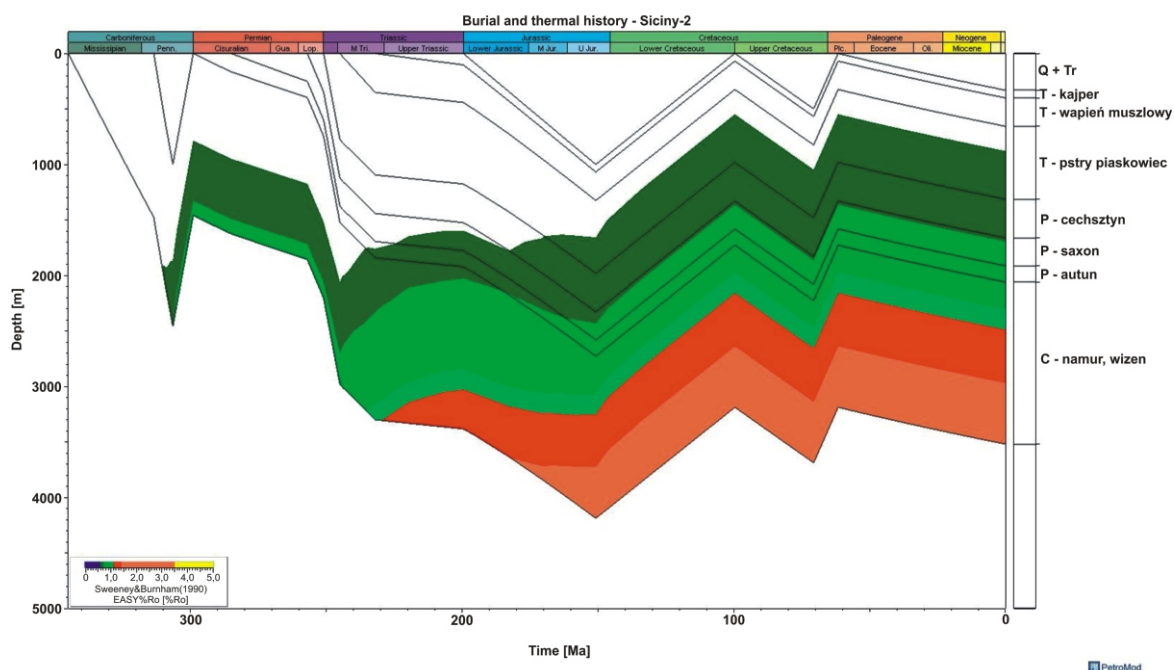


Figura 3.7. Model 1-D historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworu Siciny 2 (Wójcicki i in., 2014b, zmienione).

prace m.in. Batora (2006), Maćkowskiego & Reicher (2006), Góreckiego i in. (2009), Poprawy (2008), Batora i in. (2015).

W strefie lokalizacji obszaru „Leszno” występuje karbońsko-dolnopermijski system naftowy. Perspektywiczne skały, w których mogą występować złoża gazu ziemnego, to utwory klastyczne czerwonego spągowca. W strefie tej potencjalną skałą macierzystą są utwory karbonu dolnego, natomiast za uszczelnienie odpowiedzialne są ewaporaty cechsztyńskie. Przy modelowaniu generowania węglowodorów rozpatrywany jest tylko i wyłącznie gaz ziemny, gdyż substancja organiczna zawarta w skałach macierzystych dolnego karbonu charakteryzuje się zawartością gazotwórczego kerogenu III typu.

Na podstawie wyników modelowań dojrzałości termicznej (Fig. 3.7. i 3.8.) skały macierzyste obecnie znajdują się w strefie gazu suchego (wartości refleksyjności wityritu $>1,3\% R_o$), zatem w historii geologicznej osiągnęły one odpowiednią dojrzałość do generowania gazu ziemnego. Główna faza generowania gazu ziemnego ($>1,3\% R_o$) w przypadku otworu Wycisłowo IG 1 nastąpiła pod koniec triasu, kiedy skały macierzyste zostały pograżone na głębokość <3070 m, osiągając temperaturę $>160^\circ\text{C}$. W przypadku otworu Siciny 2, główna faza generowania gazu ziemnego nastąpiła na przełomie wczesnej i środkowej jury, kiedy skały macierzyste zostały pograżone na głębokość <3670 m, osiągając podobne warunki temperaturowe jak w otworze Wycisłowo IG 1. Główna faza generowania gazu ziemnego trwała do końca jury, kiedy utwory karbonu w przypadku otworu Wycisłowo IG 1 zostały pograżone na głębokość ok. 3320 m, a w przypadku otworu Siciny 2 na głębokość ok. 4170 m. W tym też czasie został zahamowany dalszy przyrost głębokości pograżenia, jak również dojrzałości termicznej, co spowodowały późniejsze etapy erozji wczesno- i późnokredowej. Potencjał generacyjny

nawierconych utworów karbonu w obu przypadkach został wyczerpany w 70%.

Czas generowania gazu ziemnego w obszarze „Leszno” jest bardzo korzystny, ponieważ generowanie miało miejsce w mezozoiku, kiedy istniało już regionalne uszczelnienie ewaporatami cechsztyńskimi utworów zbiornikowych czerwonego spągowca. Ponadto początek generacji odbył się również po intensywnej przebudowie tektonicznej fazy asturyjskiej, która miała miejsce w późnym karbonie i wczesnym permie, prowadząc do rozformowania istniejących wówczas pułapek złożowych. Powyższe zależności mogły wpłynąć na akumulację i zachowanie się złóż w pułapkach dolnego permu.

W centralnej części obszaru „Leszno” w spągu utworów czerwonego spągowca występuje pokrywa wulkanitów, która w znaczący sposób mogła ograniczyć migrację gazu ziemnego w większej skali. Pod pokrywą wulkaniczną dominowała migracja krótkodystansowa, koncentrująca się wokół stref rozłamów tektonicznych (Górecki i in., 2009). Główna faza migracji gazu ziemnego z utworów karbonu na obszarze przetargowym „Leszno” rozpoczęła się z początkiem jury i trwała do jej schyłku. Główny strumień gazu migrował pod utworami wulkanitów w kierunku wału wolsztyńskiego (w kierunku północnym i NE). W pierwszej kolejności gaz mógł napełniać pułapki związane z większymi strefami dyslokacyjnymi. Migracja gazu o charakterze krótkodystansowym odbywała się pionowymi ścieżkami migracji, związanymi ze strefami dyslokacyjnymi przecinającymi utwory wulkaniczne. Kolejna faza migracji gazu ziemnego mogła nastąpić z początkiem późnej kredy w wyniku wzrostu pograżenia.

Modelowania potwierdzają potencjał generacyjny gazu ziemnego utworów karbonu na obszarze „Leszno”.

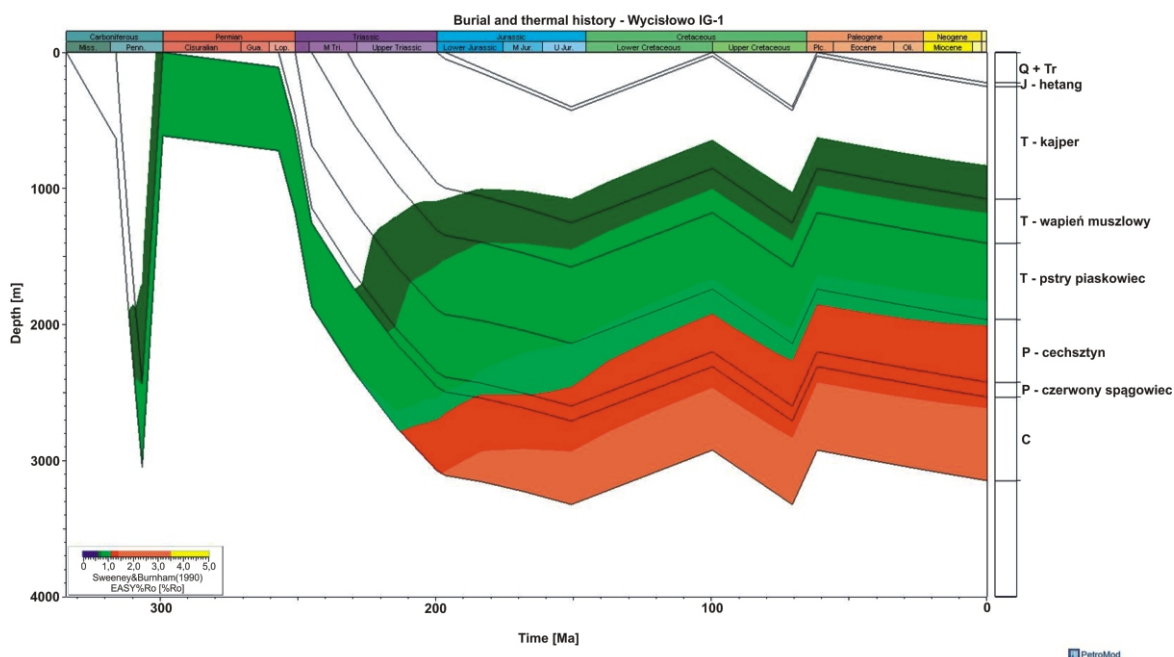


Figura 3.8. Model 1-D historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworu Wycisłowo IG1 (Dyrka, niepublikowane).

3.4. ZAWARTOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO W UTWORACH KARBONU

1. Otwór Dąbce 1

Utwory karbonu – pojedyncza próbka
Zawartość węgla organicznego 0,5 %
Zawartość bituminów 0,004% wag.
Bituminy zawierają 40% węglowodorów
Bituminy na wysokim stopniu przeobrażenia CPI 1,0

2. Otwór Święciechowa 2

Utwory karbonu – pojedyncza próbka
Zawartość węgla organicznego 0,1%
Zawartość bituminów 0,003% wag.
Bituminy zawierają 40% węglowodorów
Bituminy na wysokim stopniu przeobrażenia CPI 1,02

Utwory karbonu na tym obszarze zawierają śladową ilość węgla organicznego i bituminów wysoko przeobrażonych.

Punktowe wyniki nie przesądzają o potencjale węglowodorowym obszaru. W sąsiedztwie obszaru „Leszno” znajdują się złoża gazu w utworach czerwonego spągowiec (złoża Rawicz na S od obszaru „Leszno”) i wapienia cechsztyńskiego (złoża Kościan i Brońsko na N od obszaru „Leszno”). Nie można jednakże wykluczyć, że w rejonie występowania zmetamorfizowanych skał karbonu?–dewonu?, w części obszaru „Leszno”, nie ma i nie było potencjału generacyjnego.

4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO NA OBSZARZE PRZETARGOWYM I W JEGO SĄSIEDZTWIE

Dane w oparciu o bazę danych MIDAS – PIG-PIB

KOŚCIAN S (kod MIDAS) GZ 7970

Złożo gazu ziemnego i ropy naftowej „Kościan S” przecina północny fragment granicy obszaru „Leszno” (Fig. 4.1.). Złożo

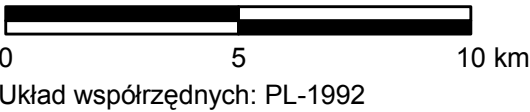
zostało udokumentowane w 1999 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Kościan S”, którą zatwierdziła decyzją Ministra Ochrony Środowiska Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 20 maja 1999 r. znak: DG/kzk/ZW/7051/99 (Tenerowicz, 1999).

1. Położenie złoża:
miejscowość: Sierakowo, Kokorzyn, Naclaw, Czarkowo, Nielęgowo, Gryżyna;
gmina – m. Kościan, powiat – kościański, województwo – wielkopolskie;
gmina – Kościan, powiat – kościański, województwo – wielkopolskie;
gmina – Śmigiel, powiat – kościański, województwo – wielkopolskie;
2. Użytkownik złoża: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie.
3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Poznań.
4. Koncesja na wydobywanie:
nr obszaru „Leszno”: 6/2000 z dnia 17 maja 2000 r.
wydana przez: Ministra Środowiska.
5. Kopaliny: gaz ziemny (gaz ziemny metanowo-azotowy).
6. Stan zagospodarowania: złożo zagospodarowane.
7. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: perm – cechsztyń, wapień i dolomity.
8. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:
głębokość położenia złoża [m] – min. 2 092,1, max. 2 207,5, śr. –;
miąższość efektywna złoża [m], min. –, max. 56,1, śr. 27,7.
9. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.
10. Współczynnik wydobywania: 0,8.
11. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa.
12. Wydobywanie (Fig. 4.2; na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złoża przysyłanych przez przedsiębiorcę).

Figura 4.1. Złoża węglowodorów w rejonie obszaru przetargowego „Leszno”.

Obszary wytypowane
do postępowania przetargowego na koncesje
na poszukiwanie i rozpoznawanie
złóż węglowodorów oraz wydobywanie
węglowodorów ze złóż w 2016 r.

LESZNO

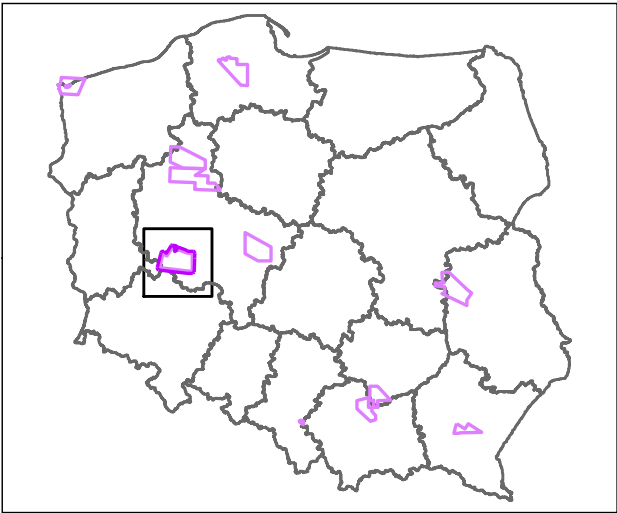


Objaśnienia

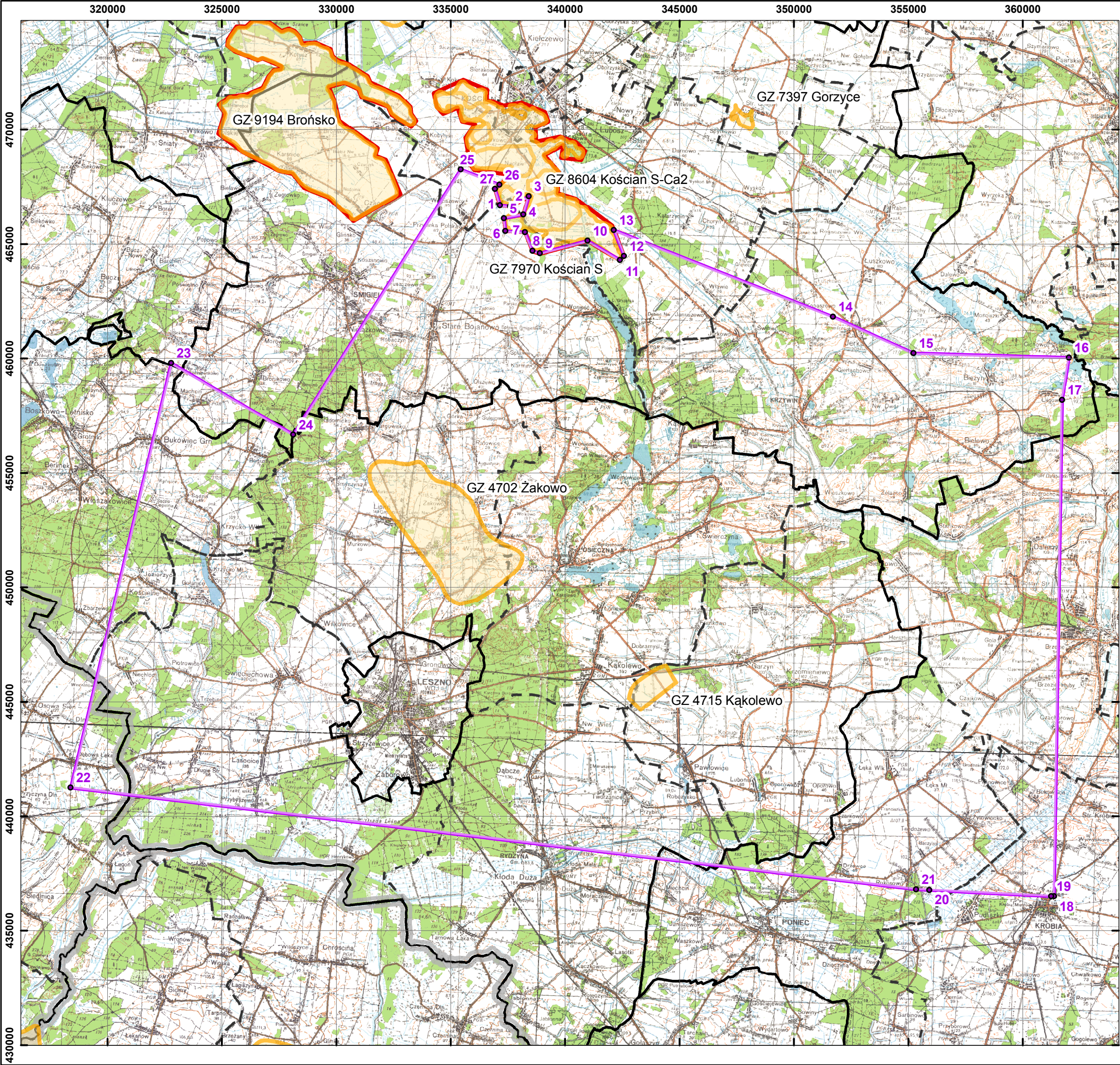
- obszary wytypowane do przetargu
- złoża węglowodorów
- obszary górnicze
- granice gmin
- granice powiatów
- granice województw

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru Leszno
układ współrzędnych PL-1992

nr	x	y	nr	x	y
1	466689,56	337158,51	15	460228,57	355230,04
2	466644,39	337595,47	16	460036,44	362017,35
3	467081,59	338410,26	17	458190,40	361718,22
4	466285,50	338174,75	18	436498,40	361368,45
5	466127,50	337330,79	19	436501,63	361242,93
6	465569,17	337388,84	20	436769,02	355921,34
7	465510,41	338244,91	21	436798,34	355337,82
8	464695,80	338580,80	22	441243,48	318392,54
9	464592,68	338901,65	23	459794,18	322788,02
10	465144,25	340978,73	24	456667,23	328120,69
11	464295,40	342400,98	25	468260,86	335437,60
12	464475,27	342578,28	26	467589,23	337133,13
13	465608,94	342132,35	27	467407,89	336934,21
14	461815,48	351708,88			



Źródłem danych o złożach kopalin
jest System Gospodarki i Ochrony
Bogactw Mineralnych MIDAS



Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciepło spalania	–	–	32,630	MJ/m ³	
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	24,690	MPa	
porowatość	5,000	40,000	15,940	%	wg badań geofizyki wiertniczej (Petro Works)
porowatość	1,250	37,170	16,590	%	wg badań laboratoryjnych
porowatość	–	–	13,650	%	wg badań sejsmiki 3D
przepuszczalność	0,100	279,590	17,360	mD	wg badań geofizyki wiertniczej (Petro Works)
przepuszczalność	0,500	4 031,270	86,580	mD	wg badań laboratoryjnych
temperatura złoża	–	–	366,930	K	
wartość opałowa	–	–	7 024,000	Kcal/Nm ³	
wartość opałowa	–	–	29,410	MJ/Nm ³	
warunki produkowania	–	–	–	–	wolumetryczne
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	88,000	%	
wydajność absolutna Vabs	–	–	3 015,000	Nm ³ /min	Kościan 14
wydajność absolutna Vabs	–	–	129,000	Nm ³ /min	Kościan 6
wydajność absolutna Vabs	–	–	544,000	Nm ³ /min	Kościan 10
wydajność absolutna Vabs	–	–	2 212,000	Nm ³ /min	Kościan 7
wydajność absolutna Vabs	–	–	–	Nm ³ /min	Kościan 12, 13, 17 – pomiaru nie wykonano
wydajność absolutna Vabs	–	–	1 172,000	Nm ³ /min	Kościan 16
wydajność absolutna Vabs	–	–	172,000	Nm ³ /min	Kościan 9
wydajność absolutna Vabs	–	–	1 049,000	Nm ³ /min	Kościan 11
wydajność absolutna Vabs	–	–	3 433,000	Nm ³ /min	Kościan 15
zawartość C ₂ H ₆	–	–	0,687	% obj.	
zawartość CH ₄	–	–	80,546	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	–	–	0,499	% obj.	
zawartość He	–	–	0,133	% obj.	
zawartość N ₂	–	–	18,061	% obj.	
zawartość węglowodorów ciężkich C ₃ +	–	–	0,050	% obj.	
zawartość węglowodorów (razem)	–	–	81,283	% obj.	

OBSZAR LESZNO
Wydobycie gazu ziemnego ze złoża KOŚCIAN S (GZ 7970)*
(wydobywalne bilansowe w kategorii A+B)

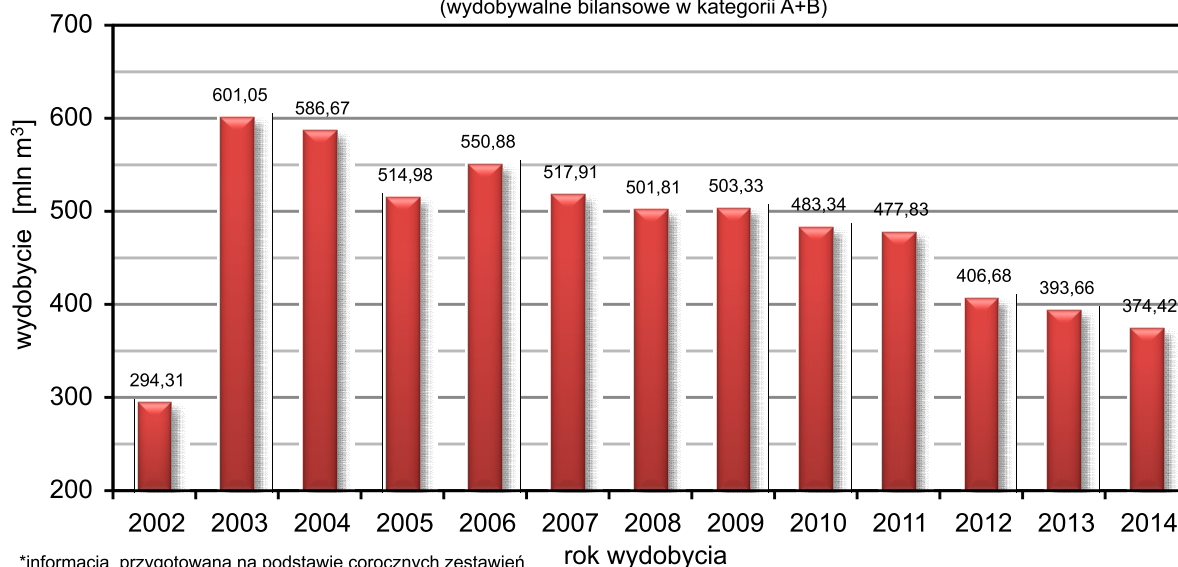


Figura. 4.2. Wydobycie gazu ziemnego ze złoża Kościan S.

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Wydobycie z zasobów bilansowych (gaz ziemny – mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)	
			A+B	C
gaz ziemny	T	02/12/31	294,31	
gaz ziemny	T	03/12/31	601,05	
gaz ziemny	T	04/12/31	586,67	
gaz ziemny	T	05/12/31	514,98	
gaz ziemny	T	06/12/31	550,88	
gaz ziemny	T	07/12/31	517,91	
gaz ziemny	T	08/12/31	501,81	
gaz ziemny	T	09/12/31	503,33	
gaz ziemny	T	10/12/31	483,34	
gaz ziemny	T	11/12/31	477,83	
gaz ziemny	T	12/12/31	406,68	
gaz ziemny	T	13/12/31	393,66	
gaz ziemny	T	14/12/31	374,42	

KĄKOLEWO
(kod MIDAS) GZ 4715

Złoże gazu ziemnego „Kąkolewo” zalega w południowej części obszaru „Leszno” (Fig. 4.1.). Złoże zostało udokumentowane w 1975 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Kąkolewo”, którą zatwierdzono decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 17 kwietnia 1976 r., znak: KZK/012/S/3319/76 (Błaszczowska i in., 1975). Złoże nie było eksploatowane. Z tego powodu brak jest informacji o wydobywaniu, liczbie otworów produkcyjnych, testach złożowych i próbną eksploatacji.

1. Położenie złoża:

gmina – Krzemieniewo, powiat – leszczyński,
województwo – wielkopolskie;
gmina – Osieczna, powiat – leszczyński, województwo – wielkopolskie.

2. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Poznań.
3. Kopaliny: gaz ziemny (gaz ziemny azotowo-węglowodorowy, gazolinowy).
4. Stan zagospodarowania: złożo niezagospodarowane, złożo rozpoznane wstępnie.
5. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: perm – cechsztyń – dolomit główny, dolomity.
6. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:
głębokość położenia złoża [m] – min. 1 626,5, max. 1 669,5, śr. – ;
miąższość efektywna złoża [m] – min. –, max. 43,0, śr. 24,75.
7. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.
8. Współczynnik wydobywania: 0,7.
9. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	199,380	ata	
głębokość położenia wody podścielającej	–	–	–	m	nie stwierdzono, cały poziom dolomitu głównego nasycony gazem
spalaphaporowatość	–	–	5,500	%	wg badań geofizycznych, 5,00 % przyjęta do obliczeń
porowatość	–	–	8,690	%	średnia ważona, wg badań laboratoryjnych
porowatość	–	–	8,620	%	średnia artmetyczna, wg badań laboratoryjnych
przepuszczalność	–	–	1,368	mD	
wartość opałowa	2 712,700	2 971,400	–	Kcal/Nm ³	
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	0,800	%	
wydajność absolutna Vabs	–	–	446,000	Nm ³ /min	otwór Kąkolewo-2
wydajność dozwolona Vdozw.	–	–	60,000	Nm ³ /min	otwór Kąkolewo-2
zawartość C ₂ H ₆	–	–	5,250	% obj.	
zawartość CH ₄	–	–	10,295	% obj.	
zawartość CO	–	–	1,410	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	–	–	3,220	% obj.	
zawartość H ₂	–	–	0,007	% obj.	
zawartość He	–	–	0,038	% obj.	
zawartość N ₂	–	–	75,120	% obj.	
zawartość siarkowodoru	–	–	1,250	% obj.	
zawartość węglowodorów (razem)	–	–	18,955	% obj.	w tym propanu i węglowodogrow wyższych 89,741 g/Nm ³

RAWICZ
(kod MIDAS) GZ 4718

Złoże gazu ziemnego „Rawicz” zlokalizowane jest około 18 km na południe od granicy obszaru „Leszno”.

Złoże zostało udokumentowane w 1977 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Rawicz”, którą zatwierdzono decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 31 marca 1977 roku, znak: KZK/012/S/3542/77 (Urbański i in., 1976).

1. Położenie złoża:

miejsowość: Rawicz, Sierakowo, Szymanowo

gmina – Rawicz, powiat – rawicki, województwo – wielkopolskie.

2. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Poznań.

3. Kopaliny: gaz ziemny (gaz ziemny bezgazolinowy).

4. Stan zagospodarowania: złożo niezagospodarowane, złożo rozpoznane wstępnie.

5. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej:

perm – cechsztyń – dolomit główny (wapień podstawowy), wapień dolomityczny, perm – czerwony spągowiec, piaskowce.

6. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

głębokość położenia złoża [m]	min.	–1 380.00	max.	–1 440.00	śr.	–
dolna granica złoża przyjęta do obliczeń –1412,5m (spód otworu Rawicz-5)						
miąższość efektywna złoża [m]	dla całego złoża:					
	min.	–	max.	32.5	śr.	15.4
	dla wapienia podstawowego (otwory Rawicz-5, Rawicz-7, Słupia-4):					
	min.	4.0	max.	5.0	śr.	4.5
	dla czerwonego spągowca (otwór Rawicz-5):					
	min.	–	max.	–	śr.	10.5

7. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.

8. Współczynnik wydobywania: 0,8.

9. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa.

10. Udokumentowane zasoby:

– w wapieniu podstawowym

zasoby geologiczne bilansowe:

80 mln m³ w kat. C

w tym zasoby wydobywalne bilansowe:

64 mln m³ w kat. C

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie denne Pds	–	–	151.940	ata	otwór Rawicz-5
ciśnienie denne Pds	–	–	151.890	ata	otwór Rawicz-7
ciśnienie głowicowe Pgs	–	–	132.000	atm	otwór Rawicz-5
ciśnienie głowicowe Pgs	–	–	132.000	atm	otwór Rawicz-7
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	151.910	ata	średnia arytmetyczna, przyjęte do obliczeń 147,05atm
głębokość położenia wody podścielającej	–	–	–1 440.00	m	określona w przybliżeniu w oparciu o wyniki prób na otworze Rawicz-7 i Słupia-4
porowatość efektywna	–	–	5.000	%	wapień podstawowy, wg badań geofizycznych, przyjęta do obliczeń
porowatość efektywna	–	–	7.500	%	czerwony spągowiec – górna seria, wg badań laboratoryjnych i geofizycznych, przyjęta do obliczeń
porowatość efektywna	–	–	11.900	%	czerwony spągowiec – dolna seria, wg badań laboratoryjnych i geofizycznych, przyjęta do obliczeń
stopień mineralizacji wody złożowej	240.000	265.000		g/l	
temperatura złoża	–	–	320.000	K	przyjęta do obliczeń
typ chemiczny wody złożowej				–	solanka chlorkowo-wapniowa
wartość opałowa	6 291.000	6 969.000	–	Kcal/Nm3	
współczynnik nasycenia porów gazem	–	–	0.600	–	przyjęty do obliczeń
współczynnik ściśliwości	–	–	0.873	–	Rawicz-5
współczynnik ściśliwości	–	–	0.869	–	Rawicz-7
współczynnik ściśliwości	–	–	0.871	–	średnia arytmetyczna, przyjęty do obliczeń
wydajność absolutna Vabs	–	–	3.300	Nm3/min	otwór Rawicz-5
wydajność absolutna Vabs	–	–	10.000	Nm3/min	otwór Rawicz-7
zawartość CH4	66.015	71.849	69.318	% obj.	
zawartość C2H6	0.655	2.219	1.228	% obj.	
zawartość C3H8	0.049	0.988	0.456	% obj.	
zawartość C4H10	0.014	0.274	0.129	% obj.	
zawartość C5H12	0.005	0.134	0.053	% obj.	
zawartość C6H14	0.001	0.017	0.010	% obj.	
zawartość H2	–	–	0.149	% obj.	
zawartość He	–	0.216	0.062	% obj.	
zawartość N2	25.407	32.315	28.594	% obj.	
zawartość siarkowodoru	–	–	–	% obj.	nie stwierdzono

- w czerwonym spągowcu
zasoby geologiczne bilansowe:
514 mln m³ w kat. C
w tym zasoby wydobywalne bilansowe:
411 mln m³ w kat. C.

ŻAKOWO **(kod MIDAS) GZ 4702**

Złoże gazu ziemnego „Żakowo” zalega w zachodniej części obszaru „Leszno” (Fig. 4.1.). Złoże zostało udokumentowane w 1972 r. w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Żakowo”, którą zatwierdzono decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 18 kwietnia 1973 r., znak: KZK/012/S/2743/72/73 (Krzyżanowski i in., 1972). Najnowszy dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji złoża gazu ziemnego Żakowo”, zatwierdzony decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 17 kwietnia 1976 r., znak: KZK/012/S/3334/76 (Kalbarczyk i in., 1975). Złoże nie było eksploatowane. Z tego powodu brak jest informacji o wydobywaniu, liczbie otworów produkcyjnych, testach złożowych i próbnej eksploatacji.

1. Położenie złoża:
gmina – Lipno, powiat – leszczyński, województwo – wielkopolskie;
gmina – Osieczna, powiat – leszczyński, województwo – wielkopolskie.
2. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Poznań.
3. Kopaliny: gaz ziemny (gaz ziemny azotowo-węglowodorowy, gazolinowy).
4. Stan zagospodarowania: złożo niezagospodarowane, złożo rozpoznane szczegółowo.
5. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: perm – cechsztyń – dolomit główny, dolomity.
6. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:
głębokość położenia złoża [m] – min. 1 697,1, max. 1 740,0, śr. –;
miąższość efektywna złoża [m] – min. –, max. 40,0, śr. 23,5
7. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.
8. Współczynnik wydobywania: 0,85.

9. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa.

5. PROFIL REPEROWY – ŻAKOWO 6

Profil reperowy z wiercenia Żakowo 6 (Fig. 5.1.) został wytypowany ze względu na swoją reprezentatywność dla obszaru przetargowego „Leszno”. W wierceniu tym stwierdzono utwory cechsztyńskiego dolomitu głównego, w którym wyróżniono złożo gazu ziemnego.

Stratygrafia osadów w wierceniu Żakowo 6 znajdującego się w centralnej części obszaru przetargowego „Leszno”, zestawiona jest wg „Stratygraficznej bazy danych permu z północnej Polski” (Wagner i in., 1999):

Stratygrafia		Strop i spąg [m]	Miąższość [m]
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–255	255
T	Trias	255–1646	1391
P (PZ)	Cechsztyń	1646–2154	508
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	2154–2190	36
C	Karbon	2190–2216	>26

5.1. OPIS WYKONANYCH BADAŃ I INTERPRETACJI GEOFIZYKI OTWOROWEJ W OTWORZE ŻAKOWO 6

1. Dane cyfrowe dostępne w CBDG

W CBDG nie ma plików cyfrowych z pomiarami geofizyki otworowej z tego otworu. Posiadane dane cyfrowe pochodzą z archiwum PGNiG.

W otworze Żakowo 6 (Kalbarczyk, 1974) w interwałach perspektywicznych obejmujących utwory dolomitu głównego (1813,5–1872,5 m) i czerwonego spągowca (2154–2190 m) w formie cyfrowej, dostępne są następujące profilowania (w

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	218,700	ata	
głębokość położenia wody podścielającej	–	–	–1 740,00	m	
porowatość	–	–	4,870	%	średnia ważona
temperatura złoża	–	–	338,000	K	
wartość opałowa	2 963,600	3 254,100	–	Kcal/Nm ³	
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	0,800	,	
wydajność dozwolona Vdozw,	–	–	2,000	Nm ³ /min	Żakowo 3
wydajność dozwolona Vdozw,	–	–	7,000	Nm ³ /min	Żakowo 1
wydajność dozwolona Vdozw,	–	–	19,000	Nm ³ /min	Żakowo 2
zawartość C ₂ H ₆	–	–	3,900	% obj.	
zawartość CH ₄	–	–	15,080	% obj.	
zawartość CO	–	–	1,320	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	–	–	1,730	% obj.	
zawartość H ₂	–	–	0,180	% obj.	
zawartość He	–	–	0,020	% obj.	
zawartość N ₂	–	–	74,450	% obj.	
zawartość siarkowodoru	–	–	0,890	% obj.	
zawartość węglowodorów (razem)	–	–	22,710	% obj.	w tym propanu i węglowodorów wyższych 92,01 g/Nm ³

nawiasach skrót używany w dostępnym pliku „ŻAKOWO-6.las”):

1. profilowanie średnicy (PSR),
2. profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma (GR),
3. profilowanie neutron-gamma (NEGR).

Ponadto w ww. pliku zapisano również średnicę nominalną otworu, prędkości interwałowe i wyliczone prawdopodobnie na ich podstawie gęstości.

Profilowania radiometryczne zostały zarejestrowane w impulsach na minutę (nie były skalibrowane) i w dostępnym pliku cyfrowym wyrażone są również w tej jednostce mimo, że nagłówki pliku mówi co innego.

2. Pomiar geofizyki otworowej wykonane w utworach dolomitu głównego i czerwonego spągowca

W otworze Żakowo 6 w interwałach perspektywicznych dolomitu głównego (1813,5–1872,5 m) i czerwonego spągowca (2154–2190 m) wykonano następujące badania geofizyki otworowej analogowymi zestawami aparatur:

1. Skrócone sondowanie oporności (zwykle zestaw 5 klasycznych profilowań oporności i profilowania potencjałów naturalnych) w interwałach: 1809–1830 m, 1804–1839 m, 2100–2166 m, 1810–2195 m.
2. Klasyczne profilowanie oporności: 1809–1815 m (w dokumentacji dostępnej w NAG brak tego odcinka).
3. Sterowane profilowanie oporności: 1809–1830 m, 2100–2166 m, 1810–2195 m.
4. Profilowanie akustyczne: 1809–1830 m, 150–2210 m (w dokumentacji dostępnej w NAG brak tego odcinka).
5. Profilowanie gamma: 1750–1816 m, 1785–1833 m, 1800–2200 m.
6. Profilowanie neutron-gamma: 1750–1816 m, 1785–1833 m, 1800–2200 m.
7. Profilowanie gazowe obiegowe: 1863–2201 m.
8. Profilowanie gazowe ciągłe: 1863–2203 m.
9. Profilowanie średnicy: 1809–1830 m, 1809–1839 m, 1810–2195 m.
10. Mikroprofilowanie średnicy: 2100–2166 m.
11. Profilowanie krzywizny: 1800–2200 m.

3. Interpretacje pomiarów dostępne w NAG

Końcowe orzeczenie geofizyczne będące częścią dokumentacji wynikowej otworu Żakowo 6 (str. 52–55) charakteryzuje stropową część dolomitu głównego (1814–1830 m) jako nasyconą bituminami. W interwale 1814–1818 porowatości wynoszą średnio 17%, a w interwale 1818–1830 średnio 11%. Czerwony spągowiec opisany jest jako słaby kolektor o porowatości ok. 10–13%, nasycony w interwale 2154–2170 m gazem i solanką.

Uwaga: wszystkie głębokości podano w metrach pod poziomem terenu, pomiar po ścianie otworu (Measured Depth). Głębokości zostały przybliżone do 1 m.

5.2. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH NA PRZYKŁADZIE WIERCENIA REPEROWEGO ŻAKOWO 6.

LESZNO – karbon, perm (czerwony spągowiec, dolomit główny).

Charakterystyka hydrodynamiczna i hydrochemiczna poziomów zbiornikowych na obszarze objętym postępowaniem przetargowym przedstawiono na podstawie wyników wiercenia Żakowo 6.

Celem opróbowania otworu Żakowo 6 było m.in. wyjaśnienie możliwości akumulacji węglowodorów w obrębie utworów czerwonego spągowca oraz wyjaśnienie gazonośności dolomitu głównego, jak również określenie rozmiarów złoża gazu ziemnego stwierdzonego w rejonie Żakowa. Analizy chemiczne wód i gazów wykonano w Laboratorium wykonawcy wiercenia, tj. Przedsiębiorstwa Poszukiwań Naftowych w Wołominie.

Próby złożowe przeprowadzane podczas wiercenia

Poziom zbiornikowy 1813,0–1835,0 m (perm–dolomit główny)

Opróbowanie przeprowadzono metodą usunięcia płynu z otworu. Po wyciągnięciu przewodu wiertniczego przy głębokości otworu 1818,0 m nastąpiła trwająca 15 min. erupcja gazu palnego z płynem. Erupcję przerwano zamykając prewenter. Ciśnienie głowicowe wyniosło 185 atm. Pobrano próbę gazu w celu wykonania analizy chemicznej. Suma węglowodorów w gazie czystym wynosiła 18,8% obj., zawartość propanu i węglowodorów wyższych – 110,9 g/Nm³. Wartość opałowa dolna – 2818,4 Kcal/Nm³, górna – 3016,38 Kcal/Nm³. Gęstość gazu czystego względem powietrza (obliczona) wynosiła 0,99. W trakcie rdzeniowania poziomu dolomitu głównego w interwale 1818,0–1835,0 m obserwowano zgazowanie płuczeki.

Przystąpiono do opróbowania poziomu dolomitu głównego zapuszczając rurki syfonowe 2 3/8" do głębokości 1830,6 m i wymieniając płuczkę na wodę. Po wtłoczeniu w rurki 18,9 m³ wody nastąpił samoczynny wypływ wody z przestrzeni między rurami osłonowymi 6 5/8" a rurkami syfonowymi. O godz. 17:50 ciśnienie wynosiło 170/145 atm. Następnie wykonano 15-minutowe syfonowanie do ciśnienia 125/20 atm. O godz. 18:45 wykonano, przy ciśnieniu 180/160 atm., trwające 15 minut syfonowanie, obniżając ciśnienie do 130/20 atm.

W tabelach 5.2.1, 5.2.2, 5.2.3 przedstawiono wyniki syfonowania i obserwacji ciśnienia.

Dnia 22.09.1973 r. prowadzono obserwację ciśnienia, które wynosiło 175/180 atm. Przeprowadzono także pomiar wydajności złoża. Ustalono wydajność 183 Nm³/min przy $P_{gs} = 177,9$ atm i $P_{ds} = 218,1$ atm.

Pobrano próbę gazu z rurek syfonowych. Suma węglowodorów w mieszaninie z powietrzem wynosiła 16,9017% obj., a w gazie czystym 16,9097% obj. Zawartość propanu i węglowodorów wyższych wynosiła 89,931 g/Nm³. Wartość opałowa dolna wynosiła 2404,2 Kcal/Nm³, a wartość opałowa górna – 2732,9 Kcal/Nm³.

Poziom zbiornikowy 1838,0–1845,0 m (perm–dolomit główny)

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-95, trzy doby po jego przewierceniu. Na przypiływ oczekiwano nieco ponad 25 min, na wzrost ciśnienia 54 i pół min. Uzyskano przypiływ 0,4 m³ płuczeki wskutek nieszczelności przewodu. Uzyskany przypiływ był słabo zgazowany. Suma węglowodorów w gazie czystym wynosiła 15,899% obj., a zawartość propanu i węglowodorów wyższych wynosiła 58,57 g/Nm³. Ciśnienie złożowe w głębokości 1843 m wynosiło 232,6 atm.

Poziom zbiornikowy 1844,0–1863,0 m (perm–dolomit główny)

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-95, sześć dob po przewierceniu. Na przypiływ oczekiwano 35 min, na wzrost ciśnienia 55 min. Uzyskano przypiływ płynu barwy brunatnej z bardzo silnym zapachem H₂S, o ciężarze właściwym 1,244 g/cm³. Oznaczone laboratoryjnie składniki podano w tabeli 5.2.4.

Tabela 5.2.1. Wyniki syfonowania i obserwacji ciśnienia interwału 1818–1830.6 m (dolomit główny) w otworze Żakowo 6.

19.09.1973 r.				Uwagi
godzina	czas syfonowania	ciśnienie początkowe	ciśnienie końcowe	Podczas syfonowania wypływ gazu i mgły wodnej
5:55	15 min.	183/184 atm.	135/16 atm.	
8:00	15 min.	182/184 atm.	138/16 atm.	
12:00	10 min.	182/184 atm.	138/17 atm.	
16:30	15 min.	178/180 atm.	130/18 atm.	
22:45	15 min.	178/180 atm.	130/18 atm.	

Tabela 5.2.2. Wyniki syfonowania i obserwacji ciśnienia interwału 1818–1830.6 m (dolomit główny) w otworze Żakowo 6.

20.09.1973 r.				Uwagi
godzina	czas syfonowania	ciśnienie początkowe	ciśnienie końcowe	Podczas syfonowania wypływ gazu i mgły wodnej
6:15	15 min.	178/180 atm.	130/18 atm.	
8:20	15 min.	178/179 atm.	130/18 atm.	
11:15	15 min.	178/180 atm.	124/18 atm.	
15:55	15 min.	177/180 atm.	124/18 atm.	
18:20	15 min.	178/180 atm.	124/18 atm.	

Tabela 5.2.3. Wyniki syfonowania i obserwacji ciśnienia interwału 1818–1830.6 m (dolomit główny) w otworze Żakowo 6.

21.09.1973 r.				Uwagi
godzina	czas syfonowania	ciśnienie początkowe	ciśnienie końcowe	
5:35	15 min.	178/180 atm.	125/18 atm.	
8:05	15 min.	178/180 atm.	125/18 atm.	
11:05	15 min.	175/180 atm.	125/18 atm.	
12:50	15 min.	175/180 atm.	125/18 atm.	
13:45	10 min.	175/180 atm.	132/18 atm.	
15:50	10 min.	175/180 atm.	132/18 atm.	
16:30	10 min.	175/180 atm.	132/18 atm.	
17:45	10 min.	175/180 atm.	132/18 atm.	
19:00	10 min.	175/180 atm.	132/18 atm.	

Tabela 5.2.4. Zawartość oznaczonych składników płynu złożowego z interwału 1844–1863 m, otwór Żakowo 6.

Składnik	Zawartość	
	g/dm ³	mval/dm ³
Cl	173,0302	4880,0570
Ca	41,3626	2064,0020
Mg	5,6422	463,9965

Table 5.2.5. Zawartość oznaczonych składników płynu złożowego z interwału 2145–2171 m otwór Żakowo 6.

Składnik	Zawartość	
	g/dm ³	mval/dm ³
Cl	187,0957	5276,0339
Ca	35,2704	1760,0000
Mg	2,4320	199,9999

Ciśnienie złożowe, ze względu na niewyraźny zapis, zostało określone w przybliżeniu i wynosi 225-235 atm. Wydajność dopływu określono w wysokości 2,5 m³/h.

Poziom zbiornikowy 2145,0–2171,0 m (perm–czerwony spagowiec, wapień podstawowy)

Poziom opróbowano rurowym próbnikiem złoża typu KIL-95, siedem dób po przewierceniu. Na przypływ oczekiwano 35 min,

na wzrost ciśnienia 52 min. Uzyskano przypływ solanki o mineralizacji, wyrażonej suchą pozostałością, 307,3 g/dm³ i ciężarze właściwym 1,205 g/cm³, słabo zgazowanej gazem palnym. Oznaczone laboratoryjnie składniki podano w tabeli 5.2.5.

Wykonano analizę gazu pobranego z obciążników nad próbnikiem. Suma węglowodorów w gazie czystym wynosiła

78,54% obj., a zawartość propanu i węglowodorów wyższych – 5,90 g/Nm³.

Przepuszczalność złoża jest dość wysoka. Ciśnienie złożowe wynosi 238 atm. Wydajność przyływu określono w wysokości 1,9 m³/h.

Próby złożowe przeprowadzane po zakończeniu wiercenia

W dniu 8.11.1973 r. zapuszczono do otworu do głębokości 1823,2 m rurki syfonowe 2 3/8", a następnie, 10.11.1973 r. wywołano dopływ gazu. Wyniki obserwacji ciśnienia w rurkach piezometrycznych i w przestrzeni pomiędzy rurami osłonowymi a syfonówkami zestawiono poniżej:

10.11.1973 r.

godz. 19³⁰ 19/40 atm.

godz. 20³⁰ 46/85 atm.

godz. 21³⁰ 48/100 atm.

godz. 22⁰⁰ 60/170 atm.

godz. 23⁰⁰ 80/170 atm.

godz. 23³⁰ 100/170 atm.

godz. 24⁰⁰ 100/170 atm.

11.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰–4⁰⁰ 105/170 atm.

godz. 5⁰⁰–6⁰⁰ 110/170 atm.

O godz. 8²⁰ syfonowanie przez rurki, po 2 minutach spadek ciśnienia w rurkach syfonowych do 0, w przestrzeni międzyrurkowej do 160 atm.

12.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰–3⁰⁰ 175/176 atm.

godz. 7⁰⁰–10⁰⁰ 176/176 atm.

godz. 12⁰⁰ 90/175 atm.

Syfonowanie przez 50 sek. do ciśnienia 10/110 atm. – gaz i mgła wodna; obserwacja ciśnienia

godz. 15⁴⁵ 110/135 atm.

godz. 16⁰⁰ 112/135 atm.

godz. 16³⁰ 118/140 atm.

godz. 17⁰⁰ 112/148 atm.

godz. 18⁰⁰ 135/165 atm.

godz. 18³⁰ 140/170 atm.

godz. 19⁰⁰ 140/172 atm.

godz. 19³⁰ 144/172 atm.

godz. 20⁰⁰ 145/172 atm.

godz. 21⁰⁰ 145/172 atm.

godz. 23⁰⁰ 150/175 atm.

13.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰ 150/173 atm.

godz. 2⁰⁰ 150/173 atm.

godz. 3⁰⁰–7⁰⁰ 152/173 atm.

O godz. 7¹⁰ przeprowadzono 3 minutowe syfonowanie – wypływ gazu

godz. 8⁰⁰ 165/140 atm.

godz. 9⁰⁰ 172/125 atm.

godz. 10⁰⁰ 176/140 atm.

Syfonowanie 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, mgły wodnej i płynu złożowego, a następnie gazu i mgły wodnej

godz. 11⁰⁰ 168/150 atm.

godz. 12⁰⁰ 170/162 atm.

godz. 13⁰⁰ 173/170 atm.

godz. 14⁰⁰ 180/172 atm.

Syfonowanie 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, mgły wodnej i płynu złożowego, a następnie mgły wodnej

godz. 15⁰⁰ 154/152 atm.

godz. 16⁰⁰ 179/180 atm.

Syfonowanie 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, mgły wodnej i płynu z mgłą

godz. 17⁰⁰ 157/156 atm.

godz. 18⁰⁰ 169/168 atm.

godz. 19⁰⁰ 177/176 atm.

godz. 20⁰⁰ 179/178 atm.

godz. 21⁰⁰ 179/178 atm.

godz. 22⁰⁰ 180/179 atm.

godz. 23⁰⁰ 180/179 atm.

godz. 24⁰⁰ 180/179 atm.

14.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰–7⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 7¹⁰ syfonowanie 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i gazu z mgłą wodną

godz. 8⁰⁰ 152/152 atm.

godz. 9⁰⁰ 170/169 atm.

godz. 10⁰⁰ 179/176 atm.

godz. 11⁰⁰ 180/178 atm.

godz. 11⁴⁰ 180/179 atm.

Syfonowanie przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu złożowego i gazu z mgłą

godz. 12⁰⁰ 145/142 atm.

godz. 13⁰⁰ 165/162 atm.

godz. 14⁰⁰ 176/175 atm.

godz. 15⁰⁰ 179/177 atm.

godz. 16⁰⁰ 179/178 atm.

Syfonowanie przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu złożowego, gazu z mgłą wodną

15.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰–7⁰⁰ 180/179 atm.

godz. 8⁰⁰ 143/145 atm.

godz. 9⁰⁰ 156/158 atm.

godz. 10⁰⁰ 178/172 atm.

godz. 11⁰⁰ 179/178 atm.

godz. 12⁰⁰ 180/179 atm.

godz. 13⁰⁰ 153/153 atm.

godz. 14⁰⁰ 171/171 atm.

godz. 15⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 16⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 16³⁰ syfonowanie przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ suchego gazu, płynu i gazu

godz. 17⁰⁰ 154/155 atm.

godz. 18⁰⁰ 174/173 atm.

godz. 19⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 20⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 21⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 22⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 23⁰⁰ 180/179 atm.

godz. 24⁰⁰ 180/179 atm.

16.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia

godz. 1⁰⁰–8⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 8³⁰ syfonowanie przez 8 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i następnie gazu

godz. 9⁰⁰ 166/155 atm.

godz. 10⁰⁰ 174/160 atm.

godz. 11⁰⁰ 179/172 atm.

godz. 12⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 12³⁰ syfonowanie otworu przez 8 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i następnie gazu

godz. 13⁰⁰ 148/149 atm.

godz. 14⁰⁰ 163/169 atm.

godz. 15⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 16⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 17⁰⁰ 150/151 atm.

godz. 18⁰⁰ 172/172 atm.

godz. 19⁰⁰ 179/179 atm.

O godz. 19¹⁰ syfonowanie otworu przez 8 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i gazu

godz. 20⁰⁰–24⁰⁰ 179/179 atm.

Z rurek syfonowych pobrano próbę gazu w celu określenia składu chemicznego. Suma węglowodorów w gazie czystym wynosiła 22,6302% obj., zawartość propanu i węglowodorów wyższych 96,89 g/Nm³. Wartość opałowa dolna wynosiła 3021,5 Kcal/Nm³, a wartość opałowa górna – 3317,5 Kcal/Nm³.

17.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia
godz. 1⁰⁰–7⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 8⁰⁰ syfonowanie otworu przez 8 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, cieczy i następnie gazu

godz. 9⁰⁰ 174/172 atm.

godz. 10⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 11⁰⁰ 180/179 atm.

O godz. 11¹⁰ syfonowanie otworu przez 8 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i następnie gazu

godz. 12⁰⁰ 156/159 atm.

godz. 13⁰⁰ 175/174 atm.

godz. 14⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 15⁰⁰ 179/179 atm.

O godz. 15⁴⁵ syfonowanie otworu przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu, płynu i gazu

godz. 16⁰⁰ 140/140 atm.

godz. 17⁰⁰ 155/153 atm.

godz. 18⁰⁰ 175/175 atm.

godz. 19⁰⁰–24⁰⁰ 179/179 atm.

Wykonano analizę chemiczną gazu pobranego z rurek syfonowych. Zawartość węglowodorów w gazie czystym wynosiła 23,506% obj., zawartość propanu i węglowodorów wyższych 90,306 g/Nm³, wartość opałowa dolna 3099,3 Kcal/Nm³ i wartość opałowa górna – 3404,7 Kcal/Nm³.

18.11.1973 r. – syfonowanie i obserwacja ciśnienia
godz. 1⁰⁰–7⁰⁰ 179/179 atm.

O godz. 7³⁰ syfonowanie otworu przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ płynu i gazu.

godz. 8⁰⁰ 147/146 atm.

godz. 9⁰⁰ 159/160 atm.

godz. 10⁰⁰ 177/178 atm.

godz. 11⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 12⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 13⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 14⁰⁰ 179/179 atm.

O godz. 14¹⁰ syfonowanie otworu przez 9 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu

godz. 15⁰⁰ 162/161 atm.

godz. 16⁰⁰ 175/175 atm.

godz. 17⁰⁰ 179/178 atm.

O godz. 17¹⁰ syfonowanie otworu przez 7 minut do ciśnienia 140/20 atm. – wypływ gazu

godz. 18⁰⁰ 152/152 atm.

godz. 19⁰⁰ 173/173 atm.

godz. 20⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 21⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 22⁰⁰ 179/179 atm.

godz. 23⁰⁰ 179/180 atm.

godz. 24⁰⁰ 179/180 atm.

Po przerwie spowodowaną demontażem przeprowadzono końcowe badania. Dnia 7.12.1973 r. syfonowano otwór przez 27 minut przy ciśnieniu 180/180 atm. do ciśnienia 90/20 atm. Wtłoczono do otworu 32 m³ wody do pojawienia się gęstej mgły wodnej, następnie zamknięto zasuwy na rurek syfonowych i wtłaczano na chłonność 3 m³ wody do ciśnienia 50/46 atm.

Dnia 8.12.1973 r. w celu zwiększenia wydajności otworu przeprowadzono zabieg kwasowania. Do otworu wtłoczono 15 m³ emulsji sporządzonej z 5 m³ oleju napędowego, 1,5 m³ ropy naftowej oraz 9 m³ cieczy kwasującej o stężeniu 15% HCl, a następnie 3640 dm³ wody jako przybitki. Następnie, przy ciśnieniu 120/50 atm., wtłoczono do przestrzeni 15 m³ wody w celu wtłoczenia kwasu w górotwór. Następnego dnia ciśnienie początkowe wynosiło 50/46 atm. Odpuszczono 1,2 m³ płynu, zamknięto zasuwy i obserwowano wzrost ciśnienia – ciśnienie

końcowe wynosiło 60/46 atm. Wyniki obserwacji ciśnienia w rurkach piezometrycznych i w przestrzeni pomiędzy rurami osłonowymi a syfonówkami zestawiono poniżej:

10.12.1973 r. – syfonowanie otworu i obserwacja ciśnienia
godz. 10¹⁵ 86/72 atm.

Syfonowanie otworu przez 75 minut do ciśnienia 80/22 atm.

godz. 11⁴⁰ 80/160 atm.

godz. 11⁵⁰ 103/169 atm.

godz. 12⁰⁰ 105/170 atm.

godz. 12³⁰ 108/170 atm.

godz. 13⁰⁰ 112/170 atm.

Syfonowanie otworu przez 31 minut do ciśnienia 101/25 atm. – wypływ mgły, gazu suchego, cieczy złożowej, wody i mgły z gazem

godz. 13⁴⁰ 118/169 atm.

godz. 13⁵⁵ 122/170 atm.

godz. 14⁰⁵ 124/170 atm.

godz. 14³⁰ 128/172 atm.

Syfonowanie otworu przez 28 minut do ciśnienia 116/25 atm. – wypływ gazu z mgłą, wody, cieczy złożowej i gazu z mgłą

godz. 15⁰⁰ 118/165 atm.

godz. 15¹⁰ 131/172 atm.

godz. 24⁰⁰ 172/180 atm.

11.12.1973 r. – syfonowanie otworu i obserwacja ciśnienia

godz. 8⁰⁰ 172/180 atm.

godz. 9⁰⁰ 172/180 atm.

Syfonowanie otworu przez 20 minut do ciśnienia 160/24 atm. – wypływ gazu z mgłą i wody

godz. 10⁵⁰ 170/178 atm.

godz. 11⁰⁰ 174/180 atm.

godz. 11²⁰ 177/182 atm.

godz. 11³⁰ 179/182 atm.

godz. 12⁰⁰ 179/182 atm.

godz. 12²⁰ 182/187 atm.

godz. 15⁴⁰ 178/188 atm.

godz. 24⁰⁰ 178/188 atm.

12.12.1973 r. – obserwacja ciśnienia

godz. 8⁰⁰–24⁰⁰ 178/188 atm.

13.12.1973 r. – syfonowanie otworu i obserwacja ciśnienia

godz. 8⁰⁰ 179/188 atm.

Syfonowanie otworu w godz. 9³⁰–9⁵⁰ do ciśnienia 163/20 atm. – wypływ gazu i wody w ilości 50 dm³ oraz gazu z lekką mgłą

godz. 10²⁰ 178/184 atm.

godz. 24⁰⁰ 179/188 atm.

14.12.1973 r. – syfonowanie otworu i obserwacja ciśnienia

godz. 8⁰⁰ 179/188 atm.

O godz. 9³⁰ syfonowanie otworu przez 21 minut do ciśnienia 167/20 atm. – wypływ gazu z mgłą, około 20 dm³ wody, a następnie gazu z mgłą. Zamknięcie zasuwy.

godz. 24⁰⁰ 179/186 atm.

24.12.1973 r. – syfonowanie otworu i obserwacja ciśnienia

godz. 8⁰⁰ 179/186 atm.

godz. 12⁰⁰ 179/186 atm.

Syfonowanie otworu przez 21 minut do ciśnienia 166/20 atm. – wypływ gazu, mgły wodnej, 20–30 dm³ wody oraz gazu z lekką mgłą

W dniach 27–28.12.1973 r. przeprowadzono pomiar wydajności potencjalnej złoża. Ustalona wydajność wynosiła $V_{abs} = 410 \text{ Nm}^3/\text{min}$ przy $P_{gs} = 179,5 \text{ atm.}$ i $P_{ds} = 219,76 \text{ atm.}$

Podsumowując, ze stropowej partii dolomitu głównego otrzymano przyływ gazu ziemnego. Gaz ziemny uzyskany w trakcie opróbowania otworu charakteryzuje się dużą zawartością azotu – około 70% obj. Suma węglowodorów w gazie czystym wynosi około 23% obj., a propan i węglowodory wyższe występują w ilości 90,306 g/dm³. Nie bez znaczenia jest też duża zawartość H₂S, dochodząca w skrajnym wypadku do 1,29% obj., a także obecność helu (0,038% obj.). Wartość opałowa gazu wynosi: dolna – 3099,3 Kcal/Nm³ i górna –

3404,7 Kcal/Nm³. Drugim perspektywnym horyzontem w otworze Żakowo 6 był poziom czerwonego spągowca, z którego uzyskano przyływ słabo zgazowanej solanki. Analiza pobranego z obciążników gazu wykazała bardzo dużą zawartość węglowodorów w gazie czystym – 78,54% obj. Zawartość metanu wynosiła 75,380% obj. Gaz jest typowym gazem wysokometanowym, charakterystycznym dla tego poziomu na przyległych obszarach. Po zabiegu kwasowania wykonanym w celu intensyfikacji przyływu, w oparciu o pomiary produkcji potencjalnej, ustalono wydajność $V_{abs} = 410 \text{ Nm}^3/\text{min}$ przy $P_{gs} = 179,5 \text{ atm.}$ i $P_{ds} = 219,76 \text{ atm.}$

6. DANE SEJSMICZNE

Obszar „Leszno” charakteryzuje się gęstą siatką danych sejsmicznych 2-D. Pomiary metodą refleksyjną z zapisem cyfrowym prowadzono już od lat 1970. Znaczna część linii 2-D (Tab. 6.1.) należy do podmiotów prywatnych. W latach 1990. wykonano również należące do inwestora PGNiG tematy sejsmiczne 3-D (Tab. 6.2.): zdjęcie Zbarzewo z 1996 r., którego ok. 24 km² znajduje się w obrębie obszaru „Leszno” oraz zdjęcie Kościan-Krzywin z 1998 r., którego większa część powierzchni (ok. 124 km²) jest zlokalizowana w granicach obszaru „Leszno” (Tab. 6.1.).

Dodatkowo na zlecenie firmy FX Energy Poland Sp. z o.o. pomierzono dwa zdjęcia sejsmiczne 3D (Tab. 6.2.) w 2012 oraz 2013 r. (<http://www.slideshare...>). Przybliżoną lokalizację przedstawiono na mapach (Fig. 6.1. i 6.2.). Jak wskazują informacje prasowe otwór wiertniczy Frankowo 1, wykonany w

Tabela 6.2. Lista zdjęć sejsmicznych 3D wykonanych w obrębie obszaru przetargowego Leszno.

TEMAT	POW. [km ²]	ROK	WŁAŚCICIEL
Zbarzewo	104,11	1996	PGNiG
Kościan-Krzywin	199,18	1998	PGNiG
Kościan-Żakowo-Frankowo 2D/3D	28,4	2012	Skarb Państwa
Tworzanice 3D	81,4	2013	Skarb Państwa

2012 r. dla firmy FX Energy na koncesji Leszno w obrębie jednego ze zdjęć, wskazał na obecność węglowodorów (<http://www.oilandgasinvestor...>). Dane nie podlegają wglądowi i udostępnieniu do momentu upływu okresu karencji. Decyzję o zezwoleniu na wykorzystanie może wydać inwestor, któremu w tym czasie przysługuje wyłączne prawo do korzystania z informacji geologicznej.

Obszar przetargowy „Leszno” od północy bezpośrednio graniczy ze złożem gazu ziemnego Kościan S odkrytego w wapieniu cechsztyńskim w 1995 r. otworem Kościan 6 (Mundry, 2011). Na Fig. 6.3. przedstawiono przykładowy profil 2-D i trasę ze zdjęcia sejsmicznego 3-D z interpretacją rafy Kościan, zlokalizowane na północ od granicy obszaru „Leszno”. Dołączono również przykładową linię sejsmiczną (pogrubiony fragment linii sejsmicznej 36-IV-87k na Fig. 6.1. i 6.2.) o przebiegu SW–NE z południowej części obszaru (Fig. 6.4.). Na linii tej widoczne są głębokie uskoki tektoniczne w podłożu

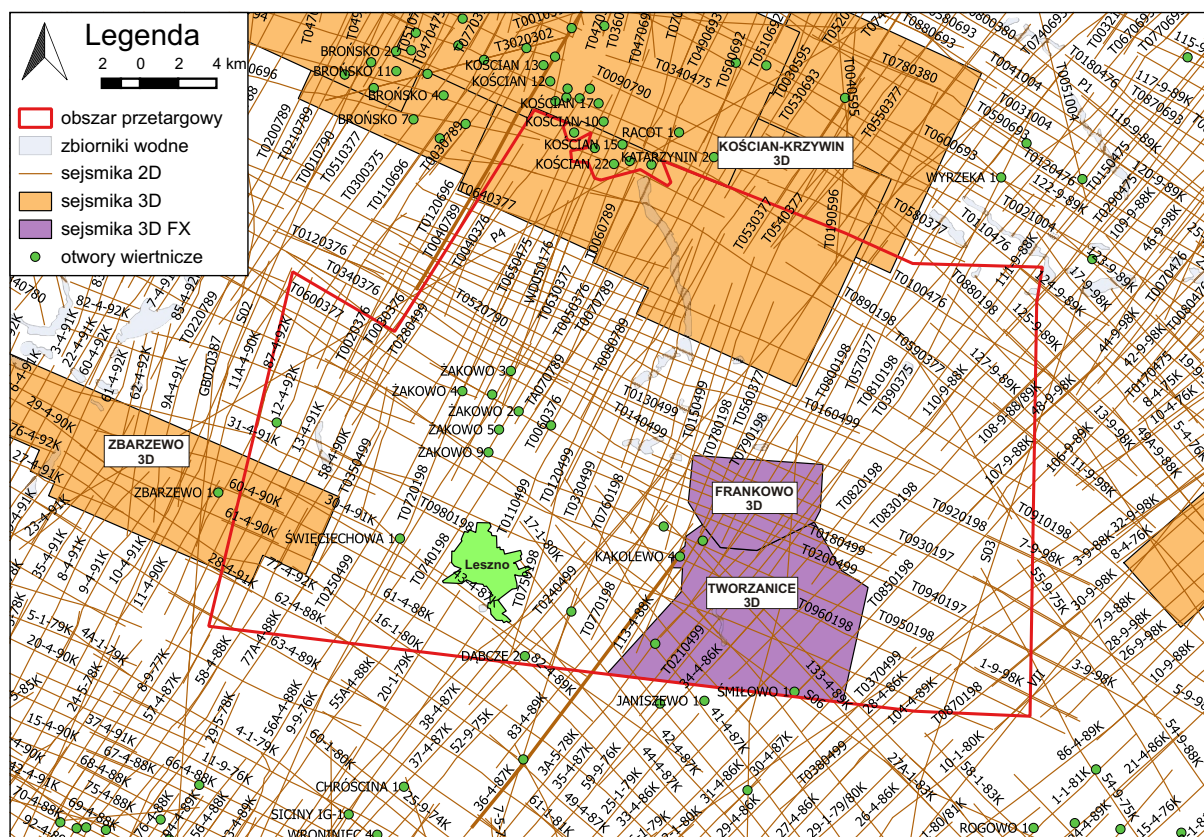


Figura 6.1. Mapa lokalizacyjna prac sejsmicznych w na obszarze „Leszno” i w jego okolicy.

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru „Leszno”

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru „Leszno”

NAZWA	ROK	TEMAT	REJON	WŁAŚCICIEL	DŁUGOŚĆ [km]
T0380375	1975	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	17,53
T0390375	1975	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	19,48
T0400375	1975	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	15,10
T0150475	1975	Kościan-Śrem	Donatowo-Dolsk	Skarb Państwa	3,53
T0270475	1975	Kościan-Śrem	Donatowo-Dolsk	Skarb Państwa	5,03
T0280475	1975	Kościan-Śrem	Donatowo-Dolsk	Skarb Państwa	6,57
T0290475	1975	Kościan-Śrem	Donatowo-Dolsk	Skarb Państwa	2,35
T0330475	1975	Kościan-Śrem	Kościan	Skarb Państwa	8,08
T0640475	1975	Kościan-Śrem	Kościan	Skarb Państwa	7,85
T0650475	1975	Kościan-Śrem	Kościan	Skarb Państwa	9,39
W00C0375	1975	Profile Regionalne	Wschowa-Leszno-Śrem	Skarb Państwa	29,96
54-9-75K	1975	Wschowa-Gostyń-Milicz		Skarb Państwa	5,34
7-4-76K	1976	Gostyń-Krotoszyn		Skarb Państwa	8,02
T0010376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	3,74
T0020376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	3,56
T0030376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	3,00
T0040376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	12,03
T0050376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	14,79
T0060376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	16,88
T0070376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	20,01
T0110376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	28,36
T0120376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	9,18
T0340376	1976	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	27,51
T0100476	1976	Kościan-Śrem	Donatowo-Dolsk	Skarb Państwa	13,06
WB050176	1976	Monoklina Przedsudecka		Skarb Państwa	18,35
WC050176	1976	Monoklina Przedsudecka		Skarb Państwa	9,30
WD050176	1976	Monoklina Przedsudecka		Skarb Państwa	7,98
9-9-76K	1976	Nowa Sól-Góra-Milicz		Skarb Państwa	6,01
T0520377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	10,54
T0530377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	2,99
T0540377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	2,19
T0550377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	2,29
T0560377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	17,48
T0570377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	17,64
T0590377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	24,35
T0600377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	11,33
T0610377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	13,96
T0620377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	11,49
T0630377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	14,33
T0640377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	10,60
T0650377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	10,81
T0800377	1977	Kościan-Gostyń	Tarnowa-Morownica-Donatowo	Skarb Państwa	17,88
3A-5-78K	1978	Nowa Sól-Góra-Milicz		Skarb Państwa	8,90
20-1-79K	1979	Nowa Sól-Góra-Milicz		Skarb Państwa	3,79
16-1-80K	1980	Góra-Rawicz		Skarb Państwa	7,66
17-1-80K	1980	Góra-Rawicz		Skarb Państwa	10,24
18-1-80K	1980	Góra-Rawicz		Skarb Państwa	13,64
28-4-86K	1986	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	6,93
32-4-86K	1986	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	3,36
34-4-86K	1986	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	5,39
35-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	3,56
36-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	7,93
37-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	11,39
38-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	7,97
39-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	2,46
40-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	5,89
41-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	10,68
42-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	7,71
43-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	14,20
44-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	2,68
46-4-87K	1987	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	0,74
113-4-88K	1988	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	9,86
134-4-88K	1988	Leszno-Rawicz		Skarb Państwa	10,03
55A-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa-Wschowa	Skarb Państwa	5,48
56A-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa-Wschowa	Skarb Państwa	6,24
58-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Niechlów	Skarb Państwa	7,26
60-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa	Skarb Państwa	9,72
61-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa	Skarb Państwa	15,56
62-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa-Wschowa	Skarb Państwa	7,61
77A-4-88K	1988	Leszno-Rawicz	Święciechowa-Wschowa	Skarb Państwa	6,15
3-9-88K	1988	Pogorzela-Krotoszyn	Pogorzela-Gostyń	Skarb Państwa	5,19
54-9-88K	1988	Pogorzela-Krotoszyn	Pogorzela-Gostyń	Skarb Państwa	3,33
107-9-88K	1988	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	Skarb Państwa	4,81
109-9-88K	1988	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	Skarb Państwa	7,65
110-9-88K	1988	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	Skarb Państwa	9,33
111-9-88K	1988	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	Skarb Państwa	9,91
104-4-89K	1989	Leszno-Rawicz		PGNiG	5,64
133-4-89K	1989	Leszno-Rawicz	Gostkowo	PGNiG	15,05
82-4-89K	1989	Leszno-Rawicz	Gostkowo	PGNiG	2,81
83-4-89K	1989	Leszno-Rawicz	Gostkowo	PGNiG	9,87
T0060789	1989	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	5,16
T0070789	1989	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	11,86
T0080789	1989	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	14,25
TA070789	1989	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	5,55
108-9-88/89K	1989	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	PGNiG	4,47
125-9-89K	1989	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	PGNiG	4,51
126-9-89K	1989	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	PGNiG	6,60
127-9-89K	1989	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	PGNiG	7,38
128-9-89K	1989	Śrem-Gostyń	Książ-Gostyń	PGNiG	11,71
T0050790	1990	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	9,24
T0120790	1990	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	8,40
T0130790	1990	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	12,54
T0520790	1990	Nowy Tomyśl-Wolsztyn-Leszno	Wielichowo-Leszno	PGNiG	10,39
58-4-90K	1990	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	12,92
60-4-90K	1990	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	2,47
61-4-90K	1990	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	2,59
13-4-91K	1991	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	18,18
30-4-91K	1991	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	7,87
31-4-91K	1991	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	7,06
34-4-91K	1991	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	7,47
T0510692	1992	Kościan-Śrem	Kościan	PGNiG	1,31
12-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	11,97
33-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	8,08
64-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	4,93
65-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	15,25
66-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	10,31
67-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	7,15
68-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	9,71
69-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	7,15
70-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	4,87
71-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	6,48
77-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	4,98
87-4-92K	1992	Sława-Leszno	Brenno-Święciechowice	PGNiG	6,66
T0860197	1997	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,68
T0930197	1997	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	36,19
T0940197	1997	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	34,96
11-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,81
13-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,29
15-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,47
42-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	3,91
46-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,76
48-9-98K	1998	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,32
T0710198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	17,02
T0720198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	24,74
T0730198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,69
T0740198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	23,19
T0750198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	17,87
T0760198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	24,50
T0770198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	20,09
T0780198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	19,70
T0790198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	21,18
T0800198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	23,59
T0810198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	25,83
T0820198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	21,76
T0830198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	22,52
T0840198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	20,39
T0850198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	17,69
T0870198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	4,95
T0880198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	7,41
T0890198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	16,01
T0900198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	32,73
T0910198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	33,95
T0920198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	34,88
T0950198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	41,03
T0960198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	41,21
T0970198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	39,44
T0980198	1998	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	10,13
1-9-98K	1999	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,65
30-9-98K	1999	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	3,26
3-9-98K	1999	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,80
5-9-98K	1999	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	3,49
7-9-98K	1999	Jaraczewo-Pogorzela		PGNiG	2,60
T0110499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	16,34
T0120499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,80
T0130499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	23,14
T0140499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	14,12
T0150499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,98
T0160499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	23,75
T0170499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	14,74
T0180499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	16,46
T0190499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	13,79
T0200499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,23
T0210499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,00
T0220499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	19,94
T0230499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	13,28
T0240499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	13,52
T0250499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	21,66
T0260499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	7,88
T0270499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	5,33
T0280499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,23
T0290499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	17,31
T0310499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	17,12
T0320499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	14,60
T0330499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	15,57
T0340499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	12,75
T0350499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	10,53
T0360499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	11,40
T0370499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	4,21
T0380499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	3,62
T0390499	1999	Kościan-Krobia	Kościan-Krobia	PGNiG	13,61
				Suma:	
				Skarb Państwa	753,12
				PGNiG	1400,43

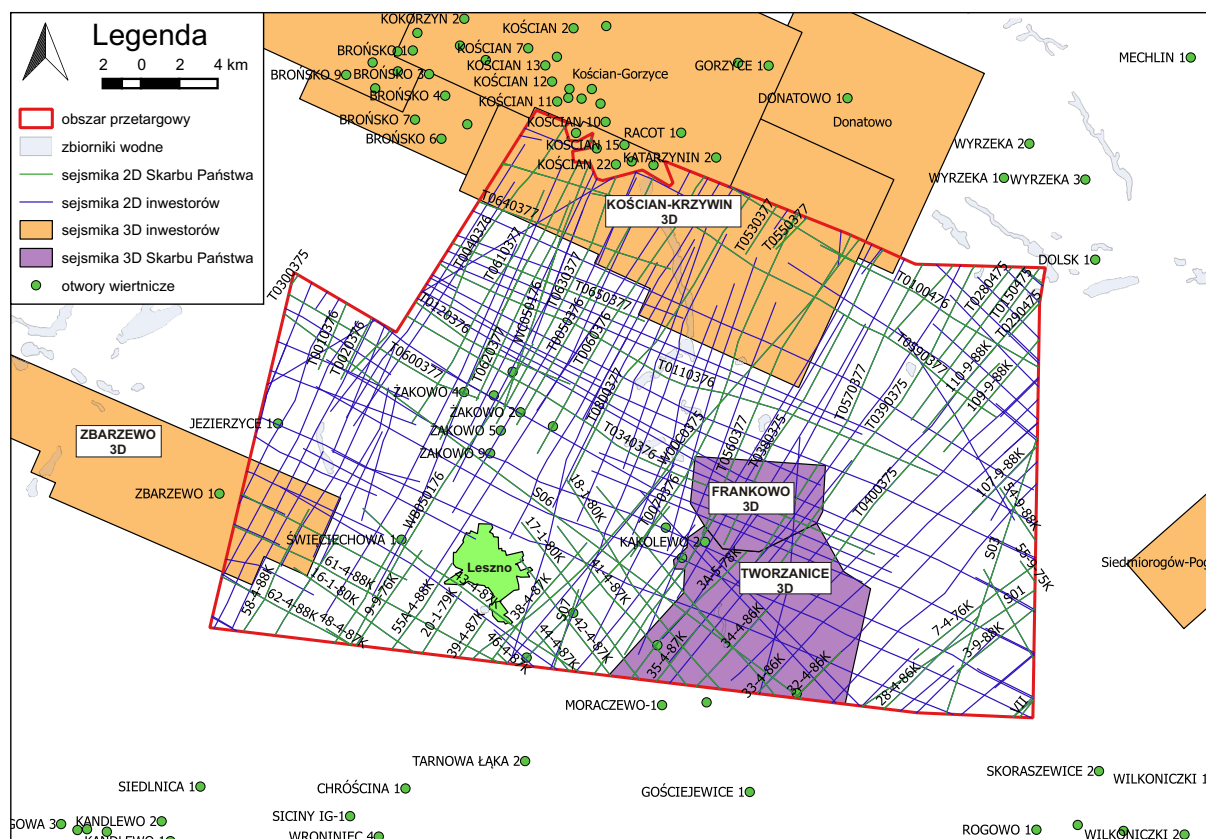


Figura 6.2. Mapa lokalizacyjna zdjęć sejsmicznych 3D oraz linii 2D na obszarze „Leszno” z podziałem na właścicieli materiałów sejsmicznych, zielony obszar na mapie to miasto Leszno.

podcechsztyńskim. Niektóre z tych uskoku mają związek ze strefami gradientów grawimetrycznych.

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE

7.1. GRAWIMETRIA

Pierwsze pomiary grawimetryczne w obszarze przetargowym „Leszno” powstały w latach 1950. Było to zdjęcie regionalne, rozproszone (Stolarek, 1959). Zdjęcie półszczegółowe powstało w następnej dekadzie. Były to zdjęcia w rejonach: Leszno-Ostrzeszów (Duda, 1964) oraz Gorzów-Jarocin (Duda & Bochnia, 1965, 1966). Zdjęcia te zrealizowane zostały z zagęszczeniami odpowiednio 1.5 pkt/km² i 2 pkt/km². Lokalizacja punktów pomiarowych została zaznaczona granatowym kolorem na Fig. 7.1. W oparciu o powyższe zdjęcia półszczegółowe skonstruowane zostały mapy w skali 1:200 000 dla arkusza Leszno (Soćko & Szczypa, 1981) i Poznań (Soćko & Szczypa, 1980).

Na obszarze „Leszno” wykonano również dwa zdjęcia szczegółowe. Oba (Fig. 7.1: 1 – Kleszcz, 1976; 2 – Wasiak, 1990) to zdjęcia profilowe o kroku pomiarowym 100 m. Celem drugiego ze zdjęć było poszukiwanie złóż węgla brunatnego.

Wszystkie zdjęcia półszczegółowe zostały zcyfrowane i zunifikowane w systemie IGSN 71, w ramach realizacji „Atlasu grawimetrycznego Polski” (Królikowski & Petecki, 1995). Anomalie grawimetryczne zostały wyznaczone według formuły GRS80. Współrzędne wszystkich pomiarów były określane pierwotnie w układzie Borowa Góra. Współrzędne te zostały

przeliczone na układ 1992 przez Instytut Geodezji i Kartografii (Kryński, 2007). Należy jednak pamiętać, że tak przeliczone lokalizacje charakteryzują się błędem przekraczającym w niektórych przypadkach 100 m. Lokalizacja zdjęć szczegółowych została natomiast ustalona w układzie 1942 poprzez przeniesienie sytuacji punktów z podkładów Borowa Góra na podkłady układu 1942 i ponowne odczytanie współrzędnych.

Rejon, w którego zakres wchodzi obszar „Leszno”, był na przestrzeni lat przedmiotem wielu interpretacji obrazu grawimetrycznego w połączeniu z innymi metodami geofizycznymi (Małoszewski, 1958; Dąbek, 1965; Małoszewski i in., 1975; Soćko i in., 1983). Wymienione prace skupiały się przede wszystkim na geologii pokryw osadowej. Zespół AGH przez ponad dekadę prowadził natomiast badania znacznie głębsze. W oparciu o dane pól potencjalnych i głębokich sondowań sejsmicznych (profile VII, M-7, LT-2, LT4, LT-5) konstruowano model głębokiej struktury skorupy ziemskiej i górnego płaszcza (Małoszewski & Grabowska, 1977; Grabowska & Małoszewski, 1986; Grabowska, 1981, 1982, 1983; Grabowska i in., 1984).

Na Fig. 7.2. zamieszczono mapę anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, skonstruowaną na podstawie bazy danych opracowanej na potrzeby realizacji Atlasu grawimetrycznego Polski (Królikowski & Petecki, 1995). Zgodnie z podziałem na jednostki grawimetryczne przyjętym w „Atlasie...” obszar „Leszno” znajduje się na granicy dwóch regionów: wyżu kroszeńsko-ostrzeszowskiego będącego częścią wyżu śląskiego i niżu szczecińsko-mogileńsko-miechowskiego. Granicę tę stanowi wyraźnie widoczna na Fig. 7.2. strefa gradientowa przechodząca diagonalnie przez obszar „Leszno”. Autorzy „Atlasu...” stwierdzają, że pomimo wielu analiz (m.in. Grobelny & Królikowski, 1988) pochodzenie niżu (którego skraj widoczny jest po północnej stronie mapy na Fig. 7.2.) nie zostało definitywnie

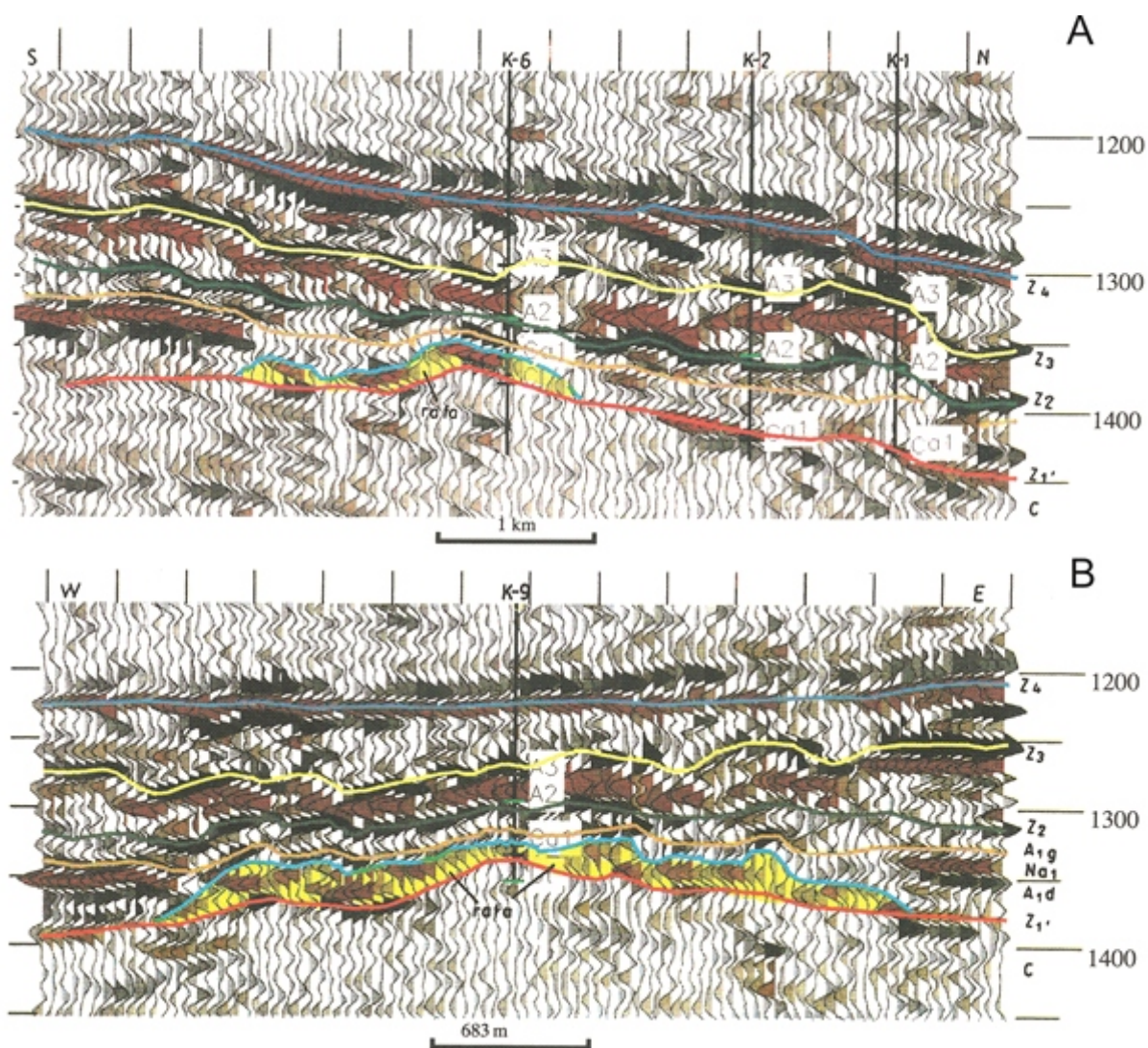


Figura 6.3. Czasowy przekrój sejsmiczny 3D przez rafę Kościan (Dyjański i in., 1997).

A – przekrój wzdłuż linii profilu sejsmicznego 2D T0040789, **B** – trasa 190. Kolorem żółtym zaznaczono przekrój przez rafę cechsztyńska Ca1.

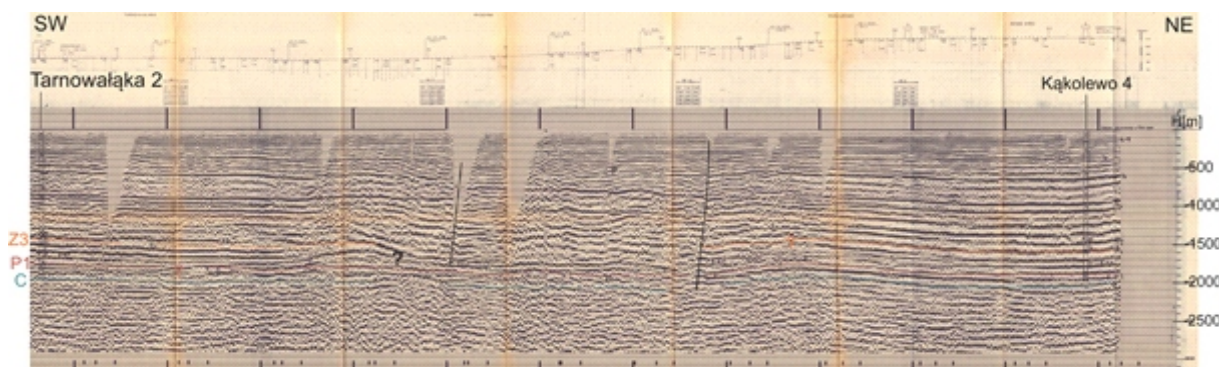


Figura 6.4. Fragment linii sejsmicznej 36_IV-87K w wersji głębokościowej (Bojdyś & Trentowska, 1988).

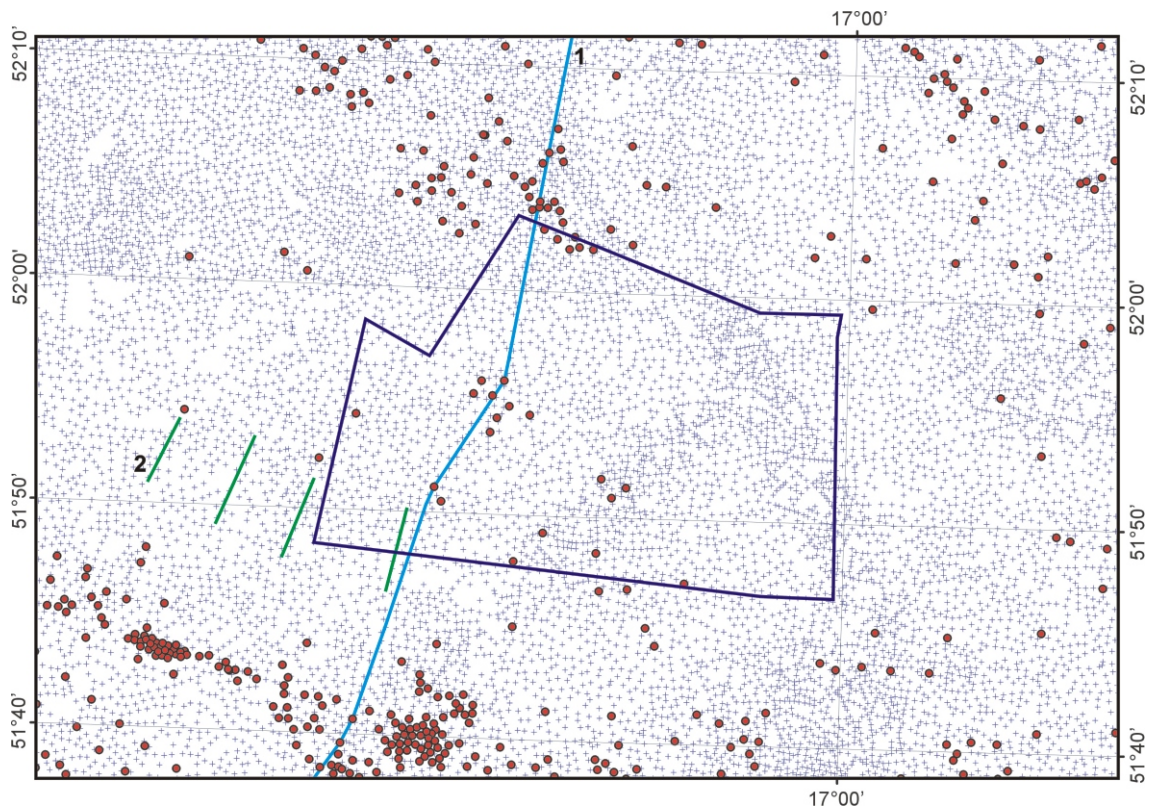


Figura 7.1. Lokalizacja grawimetrycznych punktów pomiarowych: granatowe + - zdjęcie pól szczegółowe, poligony: 1 – Kleszcz (1976); 2 – Wasiak (1990). Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Leszno”.

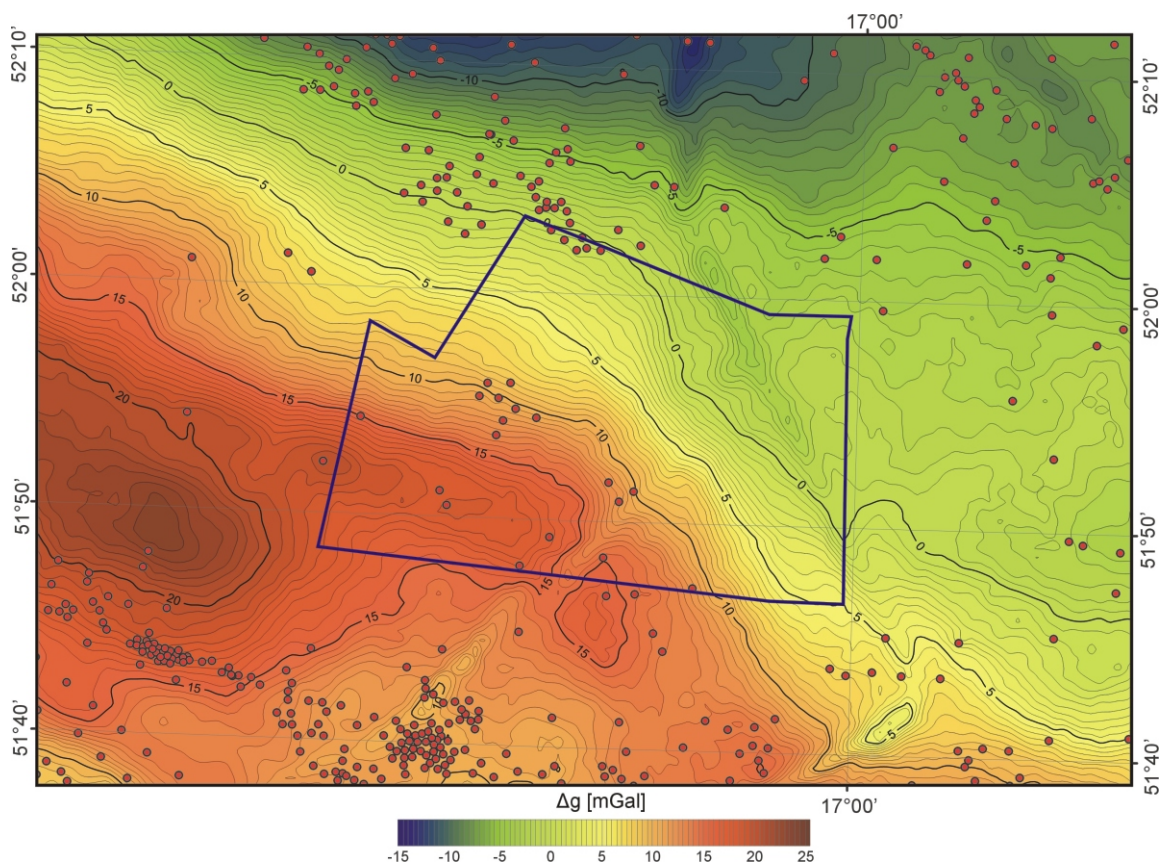


Figura 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, gęstość redukcji 2.67 g/cm^3 (na podst. Królikowski & Petecki, 1995).

Granatowy poligon – zasięg obszaru przetargowego „Leszno”, czerwone kółka – otwory badawcze.

wyjaśnione, a większość badaczy jest skłonna zakładać dominujący udział podłoża krystalicznego w powstaniu anomalii. Nie wyklucza się też wpływu orogenu waryscyjskiego, który mógł nasunąć znaczną ilość materiału skalnego o obniżonych gęstościach. Pochodzenie wyżu króśnieńsko-ostreszowskiego towarzyszącego monoklinie przedsudeckiej jest związane najczęściej z podniesieniem powierzchni Moho, z jednoczesnym upatrywaniem anomalii drugiego rzędu w obecności zmetamorfizowanych utworów kambryjsko-dewońskich (Królikowski & Grobelny, 1991).

Źródłem lokalnej, podłużnej anomalii, względnie ujemnej, przecinającej opisaną strefę gradientową w NE rogu obszaru „Leszno” są złoża węgla brunatnego Krzywiny i Gostyń. Obszar występowania drugiej, podobnej anomalii w południowej części obszaru „Leszno” został opisany na „Mapie złóż węgla brunatnych i perspektyw ich występowania w Polsce” jako rejon poszukiwań wstępnych węgla brunatnych dla oceny zasobów w kat. D₁, D₂.

7.2. MAGNETYKA

Badania magnetyczne w rejonie obszaru „Leszno” mają swój początek w latach 1950., kiedy to powstało zdjęcie regionalne pionowej składowej ziemskiego pola magnetycznego Z (Kurbiel, 1955; Orecki, 1955). Było to zdjęcie o średnim zagęszczeniu 0,22–0,25 pkt/km². Pierwsze zdjęcie półszczegółowe wykonano dekadę później na temacie: Jawor–Sobótka, Kąty Wrocławskie–Lubin (Kurbiel & Niedziółka, 1967). W ramach tematu wykonano zdjęcie rozproszone ze średnim zagęszczeniem 4 pkt/km², jak również 16 profili o kroku pomiarowym 100 m. W tym czasie zostały także opracowane pierwsze mapy anomalii Z w skali 1:2 000 000 dla rejonu monokliny przedsudeckiej i śląsko-kra-kowskiej (Karaczun i in., 1967) oraz mapa anomalii lokalnych obszaru przedsudeckiego (Dąbrowski, 1968).

Już na początku lat 1970. sporządzono pierwsze zdjęcie całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego T. Pomiary miały miejsce w rejonie monokliny przedsudeckiej (Pasik, 1974, czerwone punkty na Fig. 7.3. z wyjątkiem NW obszaru o większym zagęszczeniu punktów) z zagęszczeniem 1 pkt/km². Pomiary wykonano przy użyciu magnetometru protonowego skonstruowanego na początku lat 1960. w Zakładzie Geofizyki PAN. Z powodu wysokiego poziomu zakłóceń przemysłowych wyłączono wówczas pas o szerokości ok. 10 km rozciągający się wzdłuż zelektryfikowanych linii kolejowych (biały pas w centralnej części obszaru na Fig. 7.3.).

Pomiary aeromagnetyczne wykonano na obszarze Sudetów i monokliny przedsudeckiej w latach 1977–79 (Duda & Wasiak, 1980). Pomiary przeprowadzono wzdłuż profili podstawowych odległych od siebie o 1 km, przeciętych profilami poprzecznymi usytuowanymi co 10 km. Lot odbywał się na wysokości 500 m n.p.m., a średni błąd pomiaru wynosił 5,7 nT. Ponownie dużym utrudnieniem w poprawnej realizacji zdjęcia stały się silne zakłócenia pochodzące od trakcji elektrycznych. Problem ten został rozwiązany przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, gdzie opracowano tzw. metodykę różnicową (Kosobudzka, 1988), która umożliwiła wyeliminowanie opisywanych zakłóceń. Pomiary aeromagnetyczne z powodzeniem zostały w późniejszych latach zastąpione pomiarami naziemnymi i dlatego ich lokalizacja nie została przedstawiona na Fig. 7.3.

Rutynowe pomiary półszczegółowe T z zastosowaniem metodyki różnicowej rozpoczęto w roku 1981, m.in. na obszarze północnej części monokliny przedsudeckiej

(Kosobudzka, 1991). Inicjatorem prac było PGNiG Biuro Geologiczne Geonafta. Zagęszczenie zdjęcia wynosiło 4–4,5 pkt/km² (czerwone punkty w północno-zachodniej części obszaru na Fig. 7.3.). Zdjęcie to zostało zrealizowane na podkładach układu Borowa Góra. Lokalizacja części punktów, leżących w pasie ograniczającym obszar zdjęcia, została na nowo określona na podkładach układu 1942 (sytuacyjne przenoszenie lokalizacji z podkładu BG na podkład 1942 i ponowne odczytywanie współrzędnych) w trakcie realizacji kolejnego zdjęcia półszczegółowego (Kosobudzka, 1991; czarne punkty na Fig. 7.3.).

Podstawowym efektem realizacji nowego, naziemnego zdjęcia magnetycznego było opracowanie mapy anomalii T w skali 1: 200 000 m.in. dla arkuszy Leszno (Kosobudzka & Zochniak, 1992a) i Poznań (Kosobudzka & Zochniak, 1992b). Mapa gradientu poziomego opracowana mniej więcej w tym samym czasie (Karaczun & Cieśla, 1992) była oparta natomiast na starszych pomiarach pionowej składowej Z.

W ramach realizacji badań wzdłuż regionalnego profilu Zgorzelec Wiąziny (Ostrowski i in., 2007) wykonano również pomiary magnetyczne, przy kroku pomiarowym ok. 2 km. Wynikowa krzywa anomalii T pokrywa się w dużym stopniu z wynikami wcześniejszego zdjęcia półszczegółowego, ale w żadnym stopniu nie uszczegóławia tego zdjęcia.

Na analizowanym obszarze nie wykonano żadnych szczegółowych zdjęć magnetycznych. Został on natomiast objęty licznymi pracami o charakterze interpretacyjnym (Gawin i in., 1975; Małoszewski, 1988; Paprocki & Kosobudzka, 1995; Cieśla i in., 1995; Królikowski i in., 1997; Wybraniec i in., 1998; Wybraniec, 1999).

Charakterystyka obrazu magnetycznego powstała w oparciu o „Mapę magnetyczną Polski 1: 500 000” (Petecki i in., 2004). Obszar „Leszno” znajduje się w obrębie tzw. południowo-zachodniej prowincji magnetycznej, geologicznie obejmującej zasięgiem fanerozoiczną platformę zachodnio-europejską. Prowincja ta charakteryzuje się stosunkowo niską intensywnością anomalii magnetycznych (znacznie niższą niż w prowincji północno-wschodniej odpowiadającej zasięgiem platformie wschodnioeuropejskiej).

W jej obrębie można wydzielić dwa rejony, rozdzielone wyraźną strefą gradientową: Szczecin–Stargard Szczeciński–Piła–Inowrocław. Na SW od strefy gradientowej pole magnetyczne o ujemnych wartościach jest niemal zupełnie pozbawione większych anomalii lokalnych. Widoczna na Fig. 7.4. względnie dodatnia anomalia w południowej części obszaru „Leszno” w swoim maksimum jest nadal anomalią ujemną. Taki obraz pola magnetycznego na zachód od linii Teisseyre’a–Tornquista może wskazywać na głęboko położony strop podłoża magnetycznego, przykryty grubą warstwą niemagnetycznych skał osadowych. Oszacowany na podstawie analizy widma mocy strop źródeł magnetycznych w tym rejonie występuje na średniej głębokości ok. 18,5 km.

W obrębie obszaru przetargowego „Leszno” były realizowane trzy tematy geoelektryczne. Celem najstarszego z nich: Leszno–Kluczbork (Molek i in., 1968) było prześledzenie zalegania wysokooporowych utworów cechsztynu. Wykonano 617 obserwacji tellurycznych oraz 215 obserwacji stabilizacji pola magnetycznego. W opracowaniu włączono również wyniki obserwacji z lat 1965–1966, dzięki czemu łączna ilość obserwacji wyniosła ok. 900. Obserwacje sytuowane były wzdłuż równoległych profili o kierunku NNE–SSW. Odległości pomiędzy profilami, jak i krok pomiarowy na profilu, wynosiły ok. 5 km. Wyjątkiem były miejsca anomalne, gdzie obserwacje zagęszczono do ok. 1 km. W wyniku interpretacji nie tylko uzyskano informację o głębokości zalegania stropu cechsztynu na przeważającej części obszaru badań, ale także o

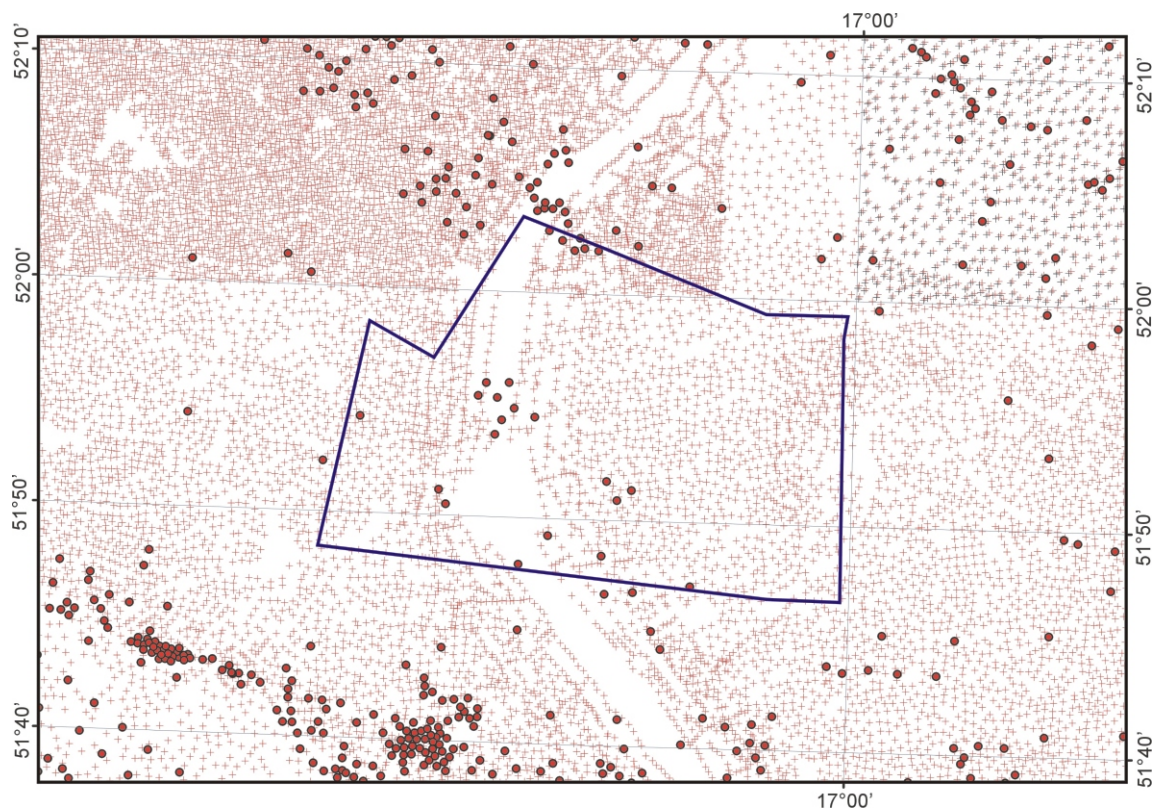


Figura 7.3. Lokalizacja punktów pomiarowych półszczegółowego naziemnego zdjęcia magnetycznego T. Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Leszno”.

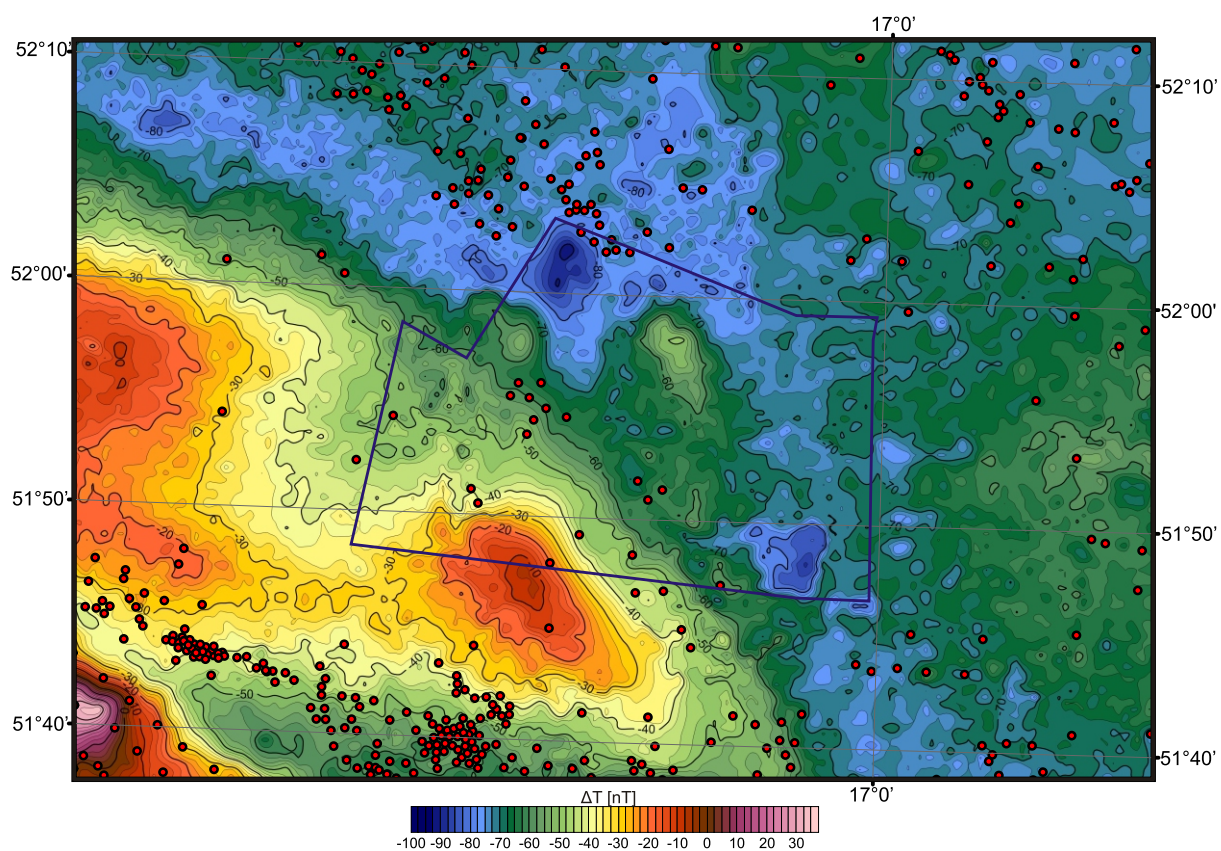


Figura 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego T. Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Leszno”.

występowaniu stref nieciągłości, które powiązano z dyslokacjami.

W 1971 r. wykonano sondowania magnetotelluryczne przy wybranych głębokich otworach wiertniczych (Jankiewicz, 1972). Jednym z tych otworów było Brenno 1 (ok. 13 km na zachód od zachodniej granicy obszaru przetargowego). Niestety w przypadku otworu Brenno 1 prace prowadzono w strefie dużego stopnia zakłócenia od prądów przemysłowych, a w wyniku prowadzonej rejestracji otrzymano materiały zniekształcone, bardzo trudne do opracowania.

W 2007 r. zakończono realizację tematu kompleksowych badań geofizycznych wzdłuż regionalnego profilu Zgorzelec–Wiżajny (Ostrowski i in., 2007). Profil ten przecina obszar przetargowy w jego NW części. W ramach prac magnetotellurycznych wykonano łącznie 161 sondowań normalnych, parametrycznych i wydłużonych. Wyniki pomiarów poddano interpretacji 1-D i 2-D. Stwierdzono, że rozkłady oporności w górnej części przekroju są zdominowane przez płaskie i zalegające niemal poziomo kompleksy nisko- i wysokooporowe związane z utworami cechsztynu, mezozoiku i kenozoiku. Oporność tych kompleksów dość klarownie odzwierciedla ich skład litologiczny. Rozkład oporności w dolnej części przekroju, obejmującej ogólnie kompleksy i struktury podcechsztyńskie, jest bardziej złożony i charakteryzuje się intensywną zmiennością lateralną. W części SW (części przechodzącej przez obszar przetargowy) efekty te są związane zapewne głównie z obecnością głębokich stref tektonicznych i być może wąskich struktur typu zrębów tektonicznych lub też rowów wypełnionych utworami niskooporowymi.

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI

Perspektywy poszukiwawcze dla złóż węglowodorów na obszarze przetargowym są „Leszno” związane głównie z piaskowcami zbiornikowymi czerwonego spągowca, podrzędnie węglanami wapienia cechsztyńskiego i z zeszczelinowanymi skałami stropu karbonu oraz z węglanami dolomitu głównego.

Wyniki analizy systemu naftowego zamieszczone w rozdziale 3 wskazują na istniejący w przeszłości system generacyjny, a tym samym możliwość migracji i akumulacji węglowodorów na obszarze „Leszno”.

W przypadku odkrycia struktur w czerwonym spągowcu, uszczelnionych osadami cechsztynu, można spodziewać się istnienia nagromadzeń gazu ziemnego. W złożach gazu w czerwonym spągowcu znajdujących się na południe od obszaru „Leszno” stwierdzono wysoka zawartość węglowodorów (71,34% – suma węglowodorów) w złożu Rawicz (Fig. 8. 1.; złożo odkryte przez PGNiG w 1974 r., obecnie w gestii firm San Leon i Palomar). Tak więc, analogicznie odkrycie pułapki z gazem w utworach czerwonego spągowca na obszarze „Leszno” może mieć znaczenie komercyjne.

W przypadku odkrycia struktur w karbonie i wapieniu cechsztyńskim (podobnych do przyległego złoża Kościan S, Fig. 8.2.) można spodziewać się nagromadzeń gazu ziemnego.

W przypadku odkrycia struktur w dolomicie głównym, analogicznych do zdefiniowanych na obszarze „Leszno” złóż gazu Żakowo (Fig. 8.3.) i Kąkolewo (Fig. 8.4.) w dolomicie głównym, można spodziewać się nagromadzeń gazu ziemnego.

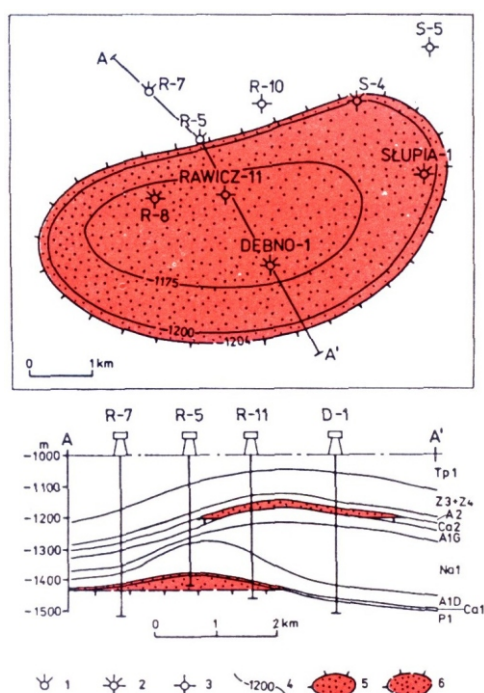
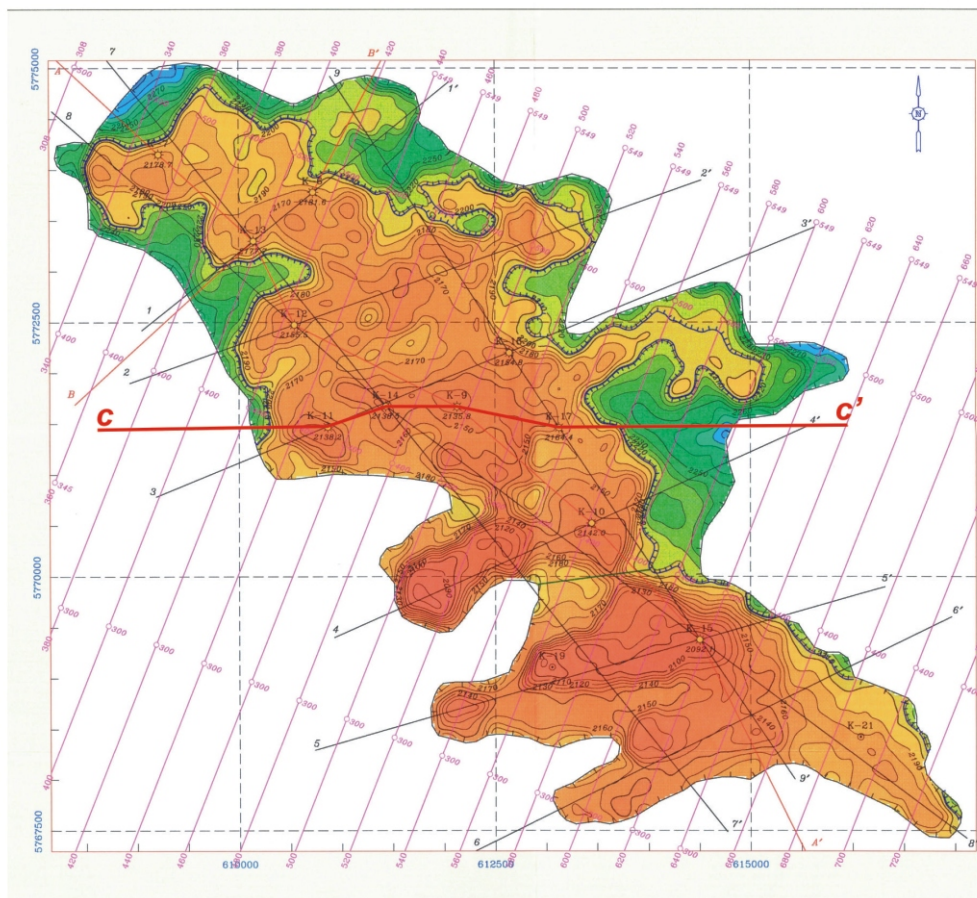


Figura 8.1. Złożo gazu ziemnego Rawicz w utworach dolomitu (ca2) i czerwonego spągowca (P1) (wg Karnkowski, 1993)

1 – otwór z gazem, 2 – otwór z gazem zlikwidowany, 3 – otwór negatywny, 4 – izolonia stropu Ca2, 5 – obszar złoża w Ca2, 6 – obszar złoża w P1, 7 – linia przekroju

MAPA STRUKTURALNA STROPU WAPIENIA CECHSZYŃSKIEGO
W OBRĘBIE RAFY KOŚCIAN



- ★ otwór z produkcją gazu
- ⊙ otwór w wierceniu
- linia przekroju geologicznego
- linia przekroju sejsmicznego ze zbioru 3D KOŚCIAN-KRZYWIN
- oznaczenie linii sejsmicznej ze zbioru 3D KOŚCIAN-KRZYWIN



PRZEKRÓJ GEOLOGICZNY C-C'
PRZYZ ZŁOŻE GAZU ZIEMNEGO KOŚCIAN S

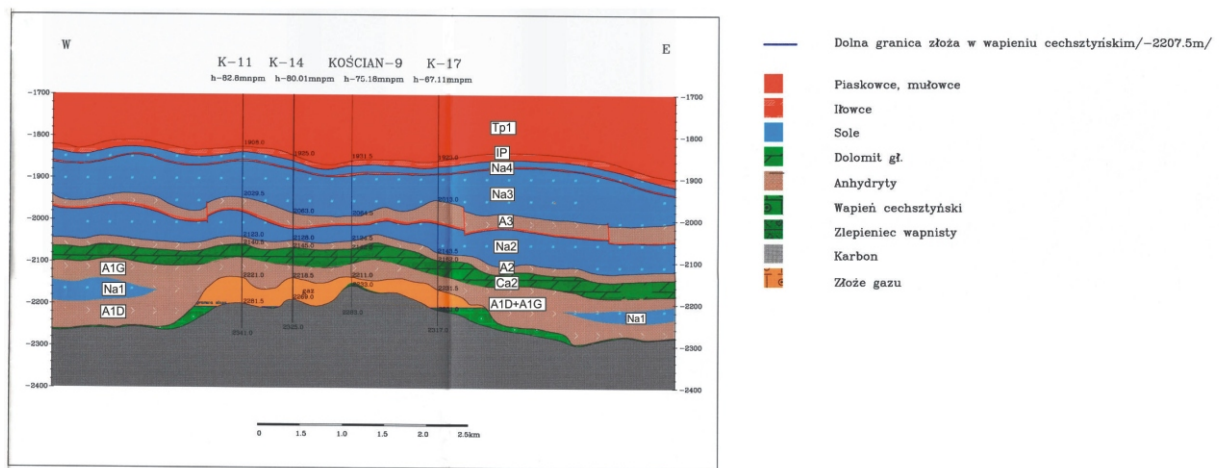


Figura 8.2. Złoże gazu ziemnego Kościan S (wg Tenerowicz, 1999).

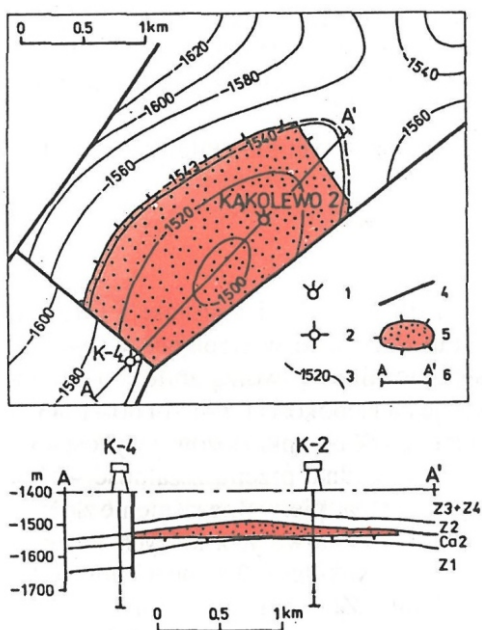


Figura 8.3. Złoże gazu ziemnego Kąkolewo (wg Karnkowski, 1993).

1 – otwór z gazem z dolomitu (Ca2), 2 – otwór negatywny, 3 – izolinie stropu Ca2, 4 – dyslokacje, 5 – obszar złoża gazu w Ca2, 6 – linia przekroju

Istnieją również możliwość ponownego rozpoznania i wykorzystania istniejących złóż gazu Żakowo i Kąkolewo w dolomicie głównym. Bardzo niska zawartość węglowodorów w złożach Żakowo i Kąkolewo w dolomicie głównym (złoża zaazotowane z sumaryczną zawartością węglowodorów nie przekraczającą 20%), jest przesłanką za wykorzystaniem tych złóż jako odrębnych źródeł gazu dla lokalnej dystrybucji LNG lub instalacji mini elektrowni.

We wszystkich wyżej wymienionych przypadkach można spodziewać się odkrycia relatywnie niewielkich struktur, a tym samym potencjalnych niewielkich złóż gazu, ponieważ obszar „Leszno” jest na tyle dobrze rozpoznany sejsmicznie i wiertniczo, iż trudno spodziewać się pominięcia większych struktur we wcześniejszych badaniach.

Wydaje się, że wskazane jest wykonanie na obszarze „Leszno” dodatkowego zdjęcia sejsmiki 3D, uwzględniając

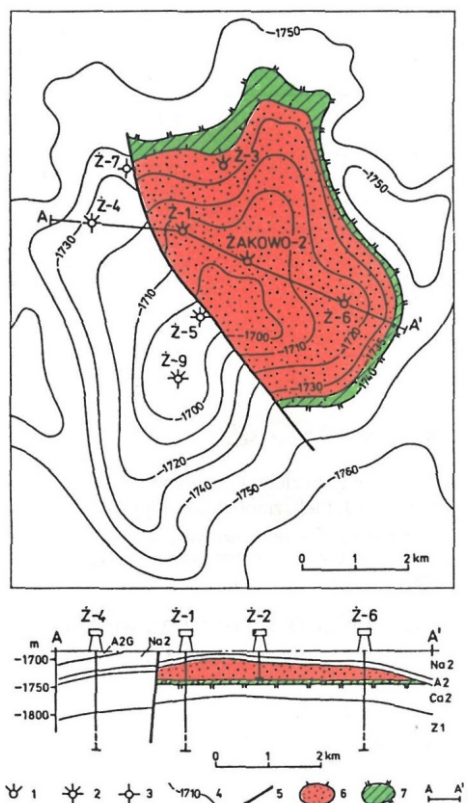


Figura 8.4. Złoże gazu ziemnego i ropy naftowej Żakowo (wg Karnkowski, 1993)

1 – otwór z gazem, 2 – otwór z gazem zlikwidowany, 3 – otwór negatywny, 4 – izolinie stropu dolomitu głównego Ca2, 5 – dyslokacje, 6 – Strefa gazonośna, 7 – możliwa Strefa roponośna, 8 – linia przekroju

dotychczasowe zdjęcie sejsmiczne 3D Tworzanice wykonane przez poprzedniego operatora firmę FX Energy (Fig. 6.1. i 6.2.).

Rozpoznanie struktur i ocena ich perspektywności złożowej nie może się odbyć bez ich rozwiercenia, stąd konieczne będzie na obszarze „Leszno” wykonanie co najmniej jednego otworu wiertniczego o zakładanej głębokości 2000–2500 m.

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- Aksamitowska, A., 2004. Systemy depozycyjne i właściwości zbiornikowe skał górnego czerwonego spągowca w centralnej części monokliny przedsudeckiej. Rozprawa doktorska, maszynopis. Arch. Wyd. Geol. U.W. Warszawa.
- Al-Hajeri, M.M., Al Saeed, M., Derks, J., Fuchs, T., Hantschel, T., Kaureauf A., Neymaier, M., Schenk, O., Swientek, O., Tessen, M., Welte, D., Wygrala, B., Kornpihl, D., Peters, K., 2009. Basin and Petroleum System Modeling. Oilfield Review Summer 2009: 21, no. 2.
- Antonowicz, L., Iwanowska, E., Jamrozik, J., Nowicka, A., 1993. Pochylone bloki/półrowy podłoża permu na obszarze antyklinorium i synklinorium pomorskiego – implikacje dla poszukiwań naftowych. Prz. Geol., 41: 71–74.
- Antonowicz, L., Iwanowska, E., Rendak, A., 1994. Tensional tectonics in the Pomeranian section of the T-T Zone and the implications for hydrocarbon exploration. Geol. Quart., 38: 289–306.
- Bachleda-Curuś, T., Burzewski, W., Halat, Z., Semyrka, R., 1996. Hydrocarbon generation potential of sedimentary formations in the Western Pomerania. Oil and Gas News, 6: 163–170.
- Bachmann, G.H., Geluk, M.C., Warrington, G., Becker-Roman, A., Beutler, G., Hagdorn, H., Hounslow, M.W., Nitsch, E., Röhling, H.-G., Simon, T., Szulc, A. 2010. Triassic. W: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area (eds. J.C. Doornenbal & A.G. Stevenson): 149–173; EAGE Publications b.v. (Houten).
- Bahranowski, K., Protas, A., Gawel, A., Górniak, K., Ratajczak, T., Szydlak, T., 2007. Black shales of the Lower Carboniferous: source rocks of bitumen accumulations in the Western Pomerania area. Prz. Geol., 55: 281–282.
- Biernacka, J., Leśniak, G., Buniak, A., 2006. Wpływ kompaktacji i cementacji na właściwości zbiornikowe piaskowców eolicznych czerwonego spągowca z obszaru monokliny przedsudeckiej. Pr. INiG, 134.
- Błaszowska, V., Bojanowski, M., Kalbarczyk, R., Stolarczyk, J., Stolarczyk, F., 1975. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Kąkolewo. NAG, Warszawa (Inw. 44830 Kat. 4123/201).
- Bojarska, J., Ćwierz, Z., Gregosiewicz, Z., Merta, H., Rydzewska, K., Stępniewska, E., Żurawek, E., 1980. Kompleksowa analiza litologiczno-zbiornikowa czerwonego spągowca w rejonie Żuchłowa–Góry–Rawicza. Arch. PGNiG, Warszawa (Kat. OPR/G/1176).
- Bojarska, J., Ćwierz, Z., Czerwonka, A., Muszyński, M., Rydzewska, W., Stępniewska, E., Żurawek, E., 1981. Opracowanie zmienności litologicznej i własności zbiornikowych oraz warunków hydrogeologicznych i geochemicznych w osadach czerwonego spągowca w rejonie Cicha Góra–Ujazd–Łagiewniki pod kątem poszukiwań złóż w pułapkach niestukturalnych. NAG, Warszawa (Inw. 5700/2009).
- Bojarska, J., Czerwonka, A., Rydzewska, K., Żurawek, E., 1983. Zmiany litologiczno-zbiornikowe osadów czerwonego spągowca w strefie wyklinowań na przykładzie złoża Ujazd. Nafta, 12: 387–393.
- Bojarska, J., Muszyński, M., Rydzewska, W., Żurawek, E., 1984. Opracowanie litologiczno-facjalne z uwzględnieniem własności zbiornikowych czerwonego spągowca w obszarze środkowej monokliny przedsudeckiej w rejonie Leszno–Rawicz–Krotoszyn. NAG, Warszawa (Inw. 5698/2009).
- Bojdyś, M., Trentowska, Z., 1988. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Leszno–Rawicz w roku 1986/87. NAG, Warszawa (Inw. 39745 Kat. 4123/248).
- Botor, D., 2006. Jednowymiarowe modelowania procesów generowania węglowodorów. W: Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce (ed. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH, Kraków.
- Botor, D., Kosakowski, P., 2000. Zastosowanie modeli numerycznych do rekonstrukcji paleotemperatur i procesów generowania węglowodorów. Prz. Geol., 48: 154–161.
- Botor, D., Papiernik, B., Maćkowski, T., Reicher, B., Kosakowski, P., Machowski, G., Górecki, W., 2013. Gas generation in Carboniferous source rocks of the Variscan foreland basin: implications for a charge history of Rotliegend deposits with natural gases. Ann. Soc. Geol. Pol., 83: 353–383.
- Botor, D., Papiernik, B., Maćkowski, T., Reicher, B., Kosakowski, P., Machowski, G., Górecki, W., 2015. Gas generation in Carboniferous source rocks of the Variscan foreland basin: implications for a charge history of Rotliegend deposits with natural gases. Ann. Soc. Geol. Pol., 83: 353–383.
- Burzewski, W., Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Prognostic gas reserves – undiscovered potential of gas in the Polish Rotliegend Basin. Kwart. AGH Geologia, 35: 123–128.
- CBDG 2015. Centralna Baza Danych Geologicznych. Litostratygrafia, Chronostratygrafia, Litologia, weryfikacja 2008. <http://otworywiernicze.pgi.gov.pl>
- Chmielowiec, A., 1997. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Jezierzycze 1. NAG, Warszawa (134032).
- Cieśla, E., Petecki, Z., Wybraniec, S., 1995. Mapa Magnetyczna Polski w skali 1:200 000 z komputerowym bankiem danych i interpretacją elementów strukturalnych dla arkuszy: Poznań, Gniezno, Zielona Góra, Leszno, Ostrów Wlkp., Kalisz, Zgorzelec, Jelenia Góra, Wałbrzych, Wrocław, Kłodzko, Nysa, Gliwice. NAG, Warszawa (Inw. 1124/95).
- Dadlez, R., 1997. Epicontinental basins in Poland: Devonian to Cretaceous – Relationship between the crystalline basement and sedimentary infill. Geol. Quart., 41: 419–432.
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 1998. Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J., 2000. Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/958).
- Dąbek, J., 1965. Dokumentacja reinterpretacji badań grawimetrycznych z rejonu Głogów–Wschowa, 1965. NAG, Warszawa (Kat. G-189 PBG).
- Dąbrowski, A., 1968. Mapa lokalnych anomalii magnetycznych obszaru przedsudeckiego. NAG, Warszawa (Inw. 41542 Kat. 62/103).
- Duda, W., 1964. Opracowanie półszczegółowych badań grawimetrycznych: Monoklina Przedsudecka (Leszno–Ostrzeszów), 1963. NAG, Warszawa (Inw. 1044 Kat. 4123/34).
- Duda, W., Bochnia, N., 1965. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych: Gorzów–Jarocin, 1964. NAG, Warszawa (Inw. 1168 Kat. 3924/123).
- Duda, W., Bochnia, N., 1966. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Gorzów–Jarocin 1965. NAG, Warszawa (Inw. 1237 Kat. 3923/43).
- Duda, W., Wasiak, I., 1980. Dokumentacja badań aeromagnetycznych. Temat: Sudety i monoklina przedsudecka, 1977–1979. NAG, Warszawa (Kat. 62/168).
- Dudzińska, K., 1975. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego: Świąciechowa 2. NAG, Warszawa (121162).
- Dyjażyński, K., Mamczur, S., Radecki, S., 1997. Nowe perspektywy poszukiwań złóż gazu ziemnego w utworach wapienia cechsztyńskiego na monoklinie przedsudeckiej. Prz. Geol., 45: 1248–1256.
- Ekiert, E., 1973. Petrografia czerwonego spągowca z wierzeń: Świąciechowa, Kąkolewo, Żakowo i Dąbce 2. NAG, Warszawa (Inw. 14557 Kat. 3919/120).
- Gawin, A., Kowalczyk, J., Małuszewski, S., Miecznik, J., Cianciara, B., Czubek, J., 1975. Zastosowanie kompleksu metod geofizycznych a w szczególności sejsm., magnetotel. i grawim. dla regionalnego rozpoznania budowy utworów podpermskich dla monokliny przedsudeckiej w strefie wyniesienia leszniańskiego i jego N i S obrzeżenia, 1975, Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. GSM-388).

- Górecka-Nowak, A., 2007. Palynological constraints on the age of Carboniferous clastic succession of western Poland. *Geol. Quart.*, 51: 39–56.
- Górecki, W., Maćkowski, T., Papiernik, B., Reicher, B., 2009. Dwuwymiarowe modelowanie historii termicznej i generowania/ekspulsji węglowodorów oraz modelowania migracji węglowodorów. W: Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów (ed. P. Poprawa). NAG, Warszawa (Inw. 5568/2011).
- Grabowska, T., 1981. Konstrukcja geofizycznego modelu głębokiej struktury skorupy ziemskiej wzdłuż profilu GSS (VII, M-7, LT-2, LT-4, LT-5) w oparciu o dane grawimetryczne, magnetyczne i sejsm. Etap I. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1981. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-314).
- Grabowska, T., 1982. Konstrukcja geofizycznego modelu głębokiej struktury skorupy ziemskiej wzdłuż profilu GSS (VII, M-7, LT-2, LT-4, LT-5) w oparciu o dane grawimetryczne, magnetyczne i sejsm. Etap II. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1982. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-315).
- Grabowska, T., 1983. Korelacja modeli geofizycznych skorupy ziemskiej wzdłuż profilu GSS (VII, M-7, LT-2) prowadzona na podstawie badań grawimetr. i magnetycznych w N części Niżu Polskiego. Etap III. Problem międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1983. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-321).
- Grabowska, T., Małoszewski, S., 1986. Geofizyczno-geologiczne modele skorupy ziemskiej i górnego płaszcza na profilach GSS VII, M-7, LT-2 Etap I. CPBP 0302, zadanie 15, 1985. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-349).
- Grabowska, T., Postawa, B., Grabowski, J., Raczynska, M., 1984. Konstrukcja kompleksowego modelu skorupy ziemskiej w N części Niżu Polskiego (profil GSS VII, M-7, LT-2) na podstawie danych geofizycznych. Interpretacja anomalii grawim. na profilach GSS. Etap IV. Problem Międzyresortowy MRI.16, zadanie 142, 1984. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-323).
- Grobely A., Królikowski C., 1988. Anomalie grawimetryczne wywołane utworami podpermskimi w północno-zachodniej Polsce. *Kwart. Geol.*, 32: 611–634.
- Grotek, I., 2005. Alteration of the coalification degree of the organic matter dispersed in the Carboniferous sediments along border of the East-European Craton in Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 413: 5–80.
- Grotek, I., 2006. Thermal maturity of organic matter from the sedimentary cover deposits from Pomeranian part of the TESZ. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 186: 253–269.
- Highley, D.K., Lewan, M., Roberts, L.N.R., Henry, M.E., 2006. Petroleum System Modeling Capabilities for Use in Oil and Gas Resources Assessments. USGS Open-File Report 2006–1024.
- Iwanow, A., 1998. Paleogeografia późnego piaskowca pstrego, wapienia muszlowego, kajpru i retyku. Tablice 15–19, 22–26. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (ed. R. Dadlez, S. Marek & J. Pokorski). Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.
- Iwanow, A., Kiersnowski, H., 1998. Paleogeografia wczesnego i środkowego piaskowca pstrego. Tablice 11–13. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (ed. R. Dadlez, S. Marek & J. Pokorski). Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.
- Jankiewicz, K., 1972. Dokumentacja badań magnetotellurycznych przy głębokich otworach wiertniczych, 1971 rok. NAG, Warszawa (Inw. 43968 Kat. 2926/114).
- Jaworowski, K., Mikołajewski, Z., 2007. Oil- and gas-bearing sediments of the Main Dolomite (Ca₂) in the Międzychód region: depositional model and a problem of the boundary between the second and third depositional sequences in the Polish Zechstein Basin. *Prz. Geol.*, 55: 1017–1024.
- Kalbarczyk, R., 1974. Dokumentacja wynikowa otworu Żakowo 6. NAG, Warszawa (118978).
- Kalbarczyk, R., 1975. Dokumentacja wynikowa otworu: Kąkolewo 2. NAG, Warszawa (121234).
- Kalbarczyk, F., Stolarczyk, F., Stolarczyk, J., 1975. Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Żakowo. NAG, Warszawa (Inw. 44831 Kat. 4123/202).
- Karaczun, K., Cieśla, E., 1992. Opracowanie i interpretacja map magnetycznych średnich bezwzględnych map gradientu poziomego w skali 1:200 000, 1991. NAG, Warszawa (Inw. 1323/91).
- Karaczun, K., Karaczun, M., Draczyński, W., 1967. Opracowanie map magnetycznych w skali 1:2 000 000 dla rejonu monokliny przedsudeckiej i śląsko-krakowskiej, 1967. NAG, Warszawa (Kat. 52/87).
- Karnkowski, P., 1993. Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, vol. 2. Niż Polski, Wydawnictwo AGH – Geos, Kraków, 214 pp.
- Karnkowski, P.H., 1999. Origin and evolution of the Polish Rotliegend Basin. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 3: 1–93.
- Kiersnowski, H., Buniak, A., 2006. Evolution of the Rotliegend Basin of northwestern Poland. *Geol. Quart.*, 50: 119–138.
- Kleszcz, T., 1976. Dokumentacja szczegółowych badań profilowych. Temat: Monoklina Przedsudecka, 1975. NAG, Warszawa (Inw. 18995 Kat. 53/139).
- Kondracki, J., 2009. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN.
- Kosakowski, P., 2010. Ocena możliwości akumulacji węglowodorów w utworach karbonu w złożu gazu ziemnego Brońsko. Materiały publikowane w: Janas M., 2012. Potencjał węglowodorowy karbońskich skał macierzystych w rejonie Brońska. Praca mgr. Archiwum AGH, Kraków.
- Kosakowski, P., Kotarba, M. J., Pomorski, J., Wróbel, M., 2006. Hydrocarbon potential of the Carboniferous strata on the Kołobrzeg and Gryfice Blocks (northwestern Poland). 68th EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC, 12–15 June, Vienna. Extended Abstracts CD ROM, A Sociation of Geoscientists & Engineers, Vienna.
- Kosobudzka, I., 1988. Pomiary magnetyczne w strefach zakłóceń wywołanych elektrycznymi trakcjami kolejowymi. *Biuletyn informacyjny Geofizyka Stosowana*, 2: 38–51.
- Kosobudzka, I., 1991. Dokumentacja półszczegółowych badań magnetycznych T. Temat: Niecka Szczecińska i Monoklina Przedsudecka rok 1981–1989, rejon: Sulęcín–Myślibórz oraz Kościan–Krzyż, Zbąszyn–Międzychód, Choszczno–Ińsko, Cedynia–Pyrzyce. NAG, Warszawa (Inw. 1259/91).
- Kosobudzka, I., Zochniak, K., 1992a. Mapa magnetyczna Polski. Arkusz: Leszno. NAG, Warszawa (Inw. 1471/92).
- Kosobudzka, I., Zochniak, K., 1992b. Mapa magnetyczna Polski. Arkusz: Poznań. NAG, Warszawa (Inw. 1470/92).
- Kotarba, M., Wagner, R., 2007. Generation potential of the Zechstein Main Dolomite (Ca₂) carbonates in Gorzów Wielkopolski-Międzychód-Lubiatów area: geological and geochemical approach to microbial-algal source rock. *Prz. Geol.*, 55: 10251036.
- Kotarba, M.J., Piela, J., Żołnierczuk, T., 1992. Origin of gas accumulations in the Permian–Carboniferous traps of the Paproc field based on isotopic data. *Prz. Geol.*, 40: 260–263.
- Kotarba, M.J., Grelowski, C., Kosakowski, P., Więclaw, D., Kowalski, A., Sikorski, B., 1999. Hydrocarbon potential of source rocks and origin of gas accumulations in the Rotliegend and Carboniferous in the northern part of western Pomerania. *Prz. Geol.*, 47: 480.
- Kotarba, M., Kosakowski, P., Więclaw, D., Grelowski, C., Kowalski, A., Lech, S., Merta, H., 2004. Hydrocarbon potential of Carboniferous source rocks on the Baltic part of Pomeranian Segment of the Middle Polish Trough. *Prz. Geol.*, 52: 1156–1165.
- Kotarba, M., Pokorski, J., Grelowski, C., Kosakowski, P., 2005. Origin of natural gases accumulated in Carboniferous and Rotliegend strata on the Baltic part of the Western Pomerania. *Prz. Geol.*, 53: 425–433.
- Krawczyńska-Grocholska, H., 1971. Badania palinologiczne W: Żołnierczuk A., 1971. Dokumentacja wynikowa otworu parametryczno-strukturalnego Dąbcze 2. NAG, Warszawa (110661).

- Królikowski, C., Grobelny, A., 1991. Preliminary results of the geophysical interpretation (stripping method) in respect to the pre-Permian basement of south-western Poland. *Kwart. Geol.*, 15: 449–476.
- Królikowski, Cz., Petecki, Z., 1995. Atlas grawimetryczny Polski. Arch. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/797).
- Królikowski, C., Uhrynowski, A., Petecki, Z., Wójcicki, A., Żółtowski, Z., 1997. Temat: Interpretacja danych z pomierzonych pól potencjalnych w rejonie: Oleśnica-Złoczew-Kluczbork, 1997. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. GR-610).
- Kryński, J., 2007. Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. Seria Monograficzna IGIK, nr 13, Warszawa.
- Krzemiński, L., 2005. Prowienienca materiału okrucowego piaskowców karbońskich z waryscyjskich basenów przedpola w południowo-zachodniej Polsce i na Morawach. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 417: 27–108.
- Krzywiec, P., 2002. Mid-Polish Trough inversion – Seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine-Carpathian collision. In: G. Bertotti, K. Schulmann & S. Cloetingh (eds.) Continental collision and the tectonosedimentary evolution of forelands: European Geosciences Union, vol. 1, of Stephan Mueller Special Publication Series, 151–165.
- Krzywiec, P., 2006. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiavian segments of the Mid-Polish Trough-Lateral variations in timing and structural style. *Geol. Quart.*, 50: 151–168.
- Krzyżanowski, S., Piela, J., 1972. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego "Żakowo" + operat geodezyjny. NAG, Warszawa (Kat. 4123/179).
- Kudrewicz, R., 2007. GIS-based Structural Geology for Petroleum Exploration within the Polish Permian Basin. AAPG Annual Convention, Long Beach, California. AAPG Search and Discover Article #90063.
- Kurbiel, H., 1955. Regionalne badania magnetyczne w rejonie Środkowej Odry w roku 1954. NAG, Warszawa (Kat. DS/249; Kat. 4424/40).
- Kurbiel, H., Niedziółka, T., 1967. Dokumentacja półszczegółowych badań magnetycznych. Temat: Jawor-Sobótka, Kąty Wrocławskie-Lubin, 1966 rok. NAG, Warszawa (Inw. 31231 Kat. 4423/111).
- Kühn, D., Paprocka, I., 1979. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Siciny IG1. NAG, Warszawa (125087).
- Leszczyński, M., 1991. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego: Dąbce 3. NAG, Warszawa (132823).
- Maćkowski, T., Reicher, B., 2006. Przestrzenne modelowania procesu generowania, ekspulsji i symulacji migracji węglowodorów. W: Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechstyńskiego w Polsce (ed. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH Kraków.
- Maćkowski, T., Reicher, B., Burzewski, W., Botor, D., Papiernik, B., Górecki, W., 2008. Rekonstrukcja czasowo-przestrzennych parametrów, model ekspulsji i migracji węglowodorów oraz ocena potencjału generacyjnego. In: Górecki, W. (ed.) Prognostic Resources and Undiscovered Natural Gas Potential of Rotliegend and Zechstein Limestone Deposits in Poland, Part 5. Unpublished report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-sm-tx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005-2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.
- Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Takács, E., Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Keller, G.R., Hegedűs, E., 2007. Effective sub-Zechstein salt imaging using low-frequency seismics - Results of the GRUNDY 2003 experiment across the Variscan front in the Polish Basin. *Tectonophysics*, 439: 89–106.
- Maliszewska, A., Kuberska, M., 2008. Spoiwa skał górnego czerwonego spągowca w zachodniej części Niżu Polskiego w ujęciu kartograficznym. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 429: 79–90.
- Małoszewski, S., 1958. Sprawozdanie grupy interpretacji grawimetrycznej temat: "Obliczenie anomalii resztkowych i regionalnych na północno-wschodnim brzegu Wału Przedśudeckiego (w rejonie Oborniki–Pyzdry) i Niecki Łódzkiej 1958 r". NAG, Warszawa (Inw. 40928 Kat. 43/170; Inw. 12284/60 Kat. 3823/32).
- Małoszewski, S., 1988. Opracowanie zmian wiekowych całkowitego pola magnetycznego Ziemi w profilu Wiżajny-Zgorzelec, 1965–1987. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-345).
- Małoszewski, S., Grabowska, T., 1977. Odejmowanie efektów grawitacyjnych związanych ze skałami osadowymi wzdłuż profilu VII GSS. Problem międzyresortowy MRI.16, etap II, 1977. Arch. AGH, Zakł. Geofiz., Kraków (Kat. IGS-239).
- Małoszewski, S., Gawin, A., Kowalczyk, J., Miecznik, J., Cianciara, B., Czubek, J., 1975. Problem węzłowy 01.1.1. Temat 02.00. Kompleksowa analiza wyników badań geofizycznych. Opracowanie kompleksu metod geofizycznych dla regionalnego rozpoznania utworów podpermskich dla Monokliny Przedśudeckiej w strefie: a. Wyniesienia Leszniańskiego, b. Południowego Obrzeżenia Wyniesienia Leszniańskiego, c. Północnego Obrzeżenia Wyniesienia Leszniańskiego. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. R-388).
- Marek, S., Pajchlowa, M. (eds.), 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Inst. Geol.*, 153.
- Markiewicz, A., 1995. Halotektonika soli cechstyńskich w strefie dyslokacyjnej Środkowej Odry, a zaburzenia glaciektoniczne we Wzgórzach Dałkowskich. *Mater. VIII Symp. Glaciektonicznego*. Wyd. Uczel. WSI, Zielona Góra: 175–192.
- Markiewicz, A., Winnicki, J., 1997. On geological structure of the Ostrzeszów Hills. *Geol. Quart.*, 41: 347–364.
- Matyjasik, I., 1998. Geochemical characteristics of the Carboniferous source rock in the selected boreholes in the Radom–Lublin and Pomerania areas. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 165: 215–226.
- Mazur, S., Scheck-Wenderoth, M., Krzywiec, P., 2005. Different modes of inversion in the German and Polish basins. *International J. Earth Sci.*, 94: 782–798.
- Molek, M., Rudzki, K., Święcicka-Pawliszyn, J., 1968. Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Leszno-Kluczbork, 1967 rok. NAG, Warszawa (Inw. 37435 Kat. 4023/142).
- Mundry, D. (ed.), 2011. Złoże gazu ziemnego Kościan S. Szejka, czasopismo PGNiG Oddział w Zielonej Górze, wyd. spec. IX.
- Muszyński, M., Rydzewska, W., 1986. Zmiany diagenetyczne w osadach saksonu środkowej części monokliny przedśudeckiej i ich wpływ na własności zbiornikowe. *Prz. Geol.*, 34: 509–514.
- Narkiewicz, M., Dadlez, R., 2008. Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. *Prz. Geol.*, 56: 391–397.
- Nowak, G., 2003. Petrologia materii organicznej rozproszonej w osadach późnoplezocyficznych SW Polski. *Cuprum*, 29: 1–221.
- Orecki, A., 1955. Sprawozdanie z regionalnych badań magnetycznych na Śląsku, ziemi lubuskiej i Wielkopolsce, 1955. NAG, Warszawa (Kat. 63/56).
- Ostrowski, C., Stefaniuk, M., Wojdyła, M., Kosobudzka, I., 2007. Dokumentacja badań geofizycznych, Temat: Pomiary polowe magnetotelluryczne, magnetyczne i grawimetryczne wzdłuż profilu Zgorzelec–Wiżajny wraz z ich przetworzeniem i interpretacją. 2005 – 2007. NAG, Warszawa (Inw. 3093/2014).
- Pajchel, M., Wagner, R., 2001. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych. Budowa geologiczna Polski T.3, cz.1c – z.3, młodszy paleozoik. Perm. Warszawa.
- Paprocka, I., 1979. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Siciny IG-1. NAG, Warszawa (125087).
- Paprocki, A., Kosobudzka, I., 1995. Dokumentacja interpretacji półszczegółowego zdjęcia magnetycznego T. Temat: Polska zachodnia ze szczególnym uwzględnieniem północnego skłonu Wyniesienia Wolsztyńskiego, 1994. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa (Kat. M-277).
- Pasik, J., 1974. Dokumentacja półszczegółowych badań magnetycznych. Temat: Monoklina Przedśudecka, 1974. NAG, Warszawa (Kat. M-164 PBG).
- Petecki Z., Polechońska O., Wybraniec S., Cieśla E., 2004. Mapa magnetyczna Polski 1:500 000. NAG, Warszawa (Inw. 1367/2004).

- Piela, J., 1967. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Świąciechowa 1. NAG, Warszawa (88639).
- Pletsch, T., Appel, J., Botor, D., Clayton, C.J., Duin, E.J.T., Faber, E., Górecki, W., Kombrink, H., Kosakowski, P., Kuper, G., Kus, J., Lutz, R., Mathiesen, A., Ostertag-Henning, C., Papiernik, B., Van Bergen, F., 2010. Petroleum generation and migration. In: Doornenbal, J.C. & Stevenson, A.G. (eds), *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*. EAGE Publications, Houten, pp. 225–253.
- Pokorski, J., 2008. Schematyczna mapa rozmieszczenia utworów karbonu dolnego i górnego z określeniem litofacji dominujących. In: Górecki, W. (ed.) *Prognostic Resources and Undiscovered Natural Gas Potential of Rotliegend and Zechstein Limestone Deposits in Poland, Part 2*. Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FG-sm-tx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005-2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST, Kraków.
- Poprawa, P., 2009. Modelowanie 1-D historii termicznej i generowania/ekspulsji węglowodorów. W: *Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów* (ed. P. Poprawa). NAG, Warszawa (Inw. 5568/2011).
- Poprawa, P., Kiersnowski, H., 2010. Tight gas reservoirs in Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 439:173–180.
- Poszytek, A., 2014. Reservoir properties of the Upper Rotliegend and the Weissliegend sandstones in the Zielona Góra Basin (western Poland). *Geol. Quart.*, 58: 193–206.
- Pożaryski, W., Brochwicz-Lewiński, W., 1978. On the Polish Trough. *Geol. en Mijnbouw*, 57: 545–557.
- Pożaryski, W., Grocholski, A., Tomczyk, H., Karnkowski, P., Moryc, W., 1992. Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40: 643–651.
- Reicher, B., 2008. The elements of the Carboniferous-Permian petroleum system in the Polish Lowlands. In: Górecki, W. (ed.) *Prognostic Resources and Undiscovered Natural Gas Potential of Rotliegend and Zechstein Limestone Deposits in Poland, Part 5*. Report of the project no. 562/2005/Wn-06/FGsm-tx/D funded by Ministry of Environment of Poland in 2005-2008. Department of Fossil Fuels, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH UST Kraków.
- Soćko, A., Szczypa, S., 1980. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 35 – Poznań, 1980. NAG, Warszawa (Kat. N33-XXXV/4).
- Soćko, A., Szczypa, S., 1981. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 45 – Leszno, 1981. NAG, Warszawa (Inw. 2133 Kat. M33-V/7).
- Soćko, A., Grodnicki, J., Kruczek, T., 1983. Interpretacja geofizyczno-geologiczna wyników badań grawimetrycznych, magnetycznych, geoelektrycznych, sejsmicznych i satelitarnych dla obszaru Sudetów i bloku przedsudeckiego – część zachodnia. Podstawowe mapy geofizyczne w skali 1:50 000 i 1:200 000 /wg stanu badań na rok 1981/. Temat: Sudety Zachodnie, 1980–83. Arkusze 1:200 000: Gubin, Zielona Góra, Bogatynia, Jelenia Góra, Leszno, Wałbrzych. NAG, Warszawa (Inw. 2233 Kat. M33-III/8).
- Stolarek, J., 1959. Sprawozdanie z regionalnych badań grawimetrycznych na obszarze Masywu Przedsudeckiego 1958 r. NAG, Warszawa (Inw. 12304/60 Kat. 4021/22).
- Such, P., Maliszewska, A., Leśniak, G., 2000. Własności filtracyjne utworów czerwonego spągowca a jego wykształcenie facjalne. *Pr. IGNiG*, 103: 5–49.
- Śliwiński, Z., Antonowicz, L., Iwanowska, E., Malinowski, M., Grad, M., Guterch, A., Keller, G.R., Takács, E., 2006. Interpretacja zasięgu eksternidów waryscyjskich na eksperymentalnym profilu sejsmicznym GRUNDY 2003. *Prz. Geol.*, 54: 45–50.
- Tenerowicz, J., 1995. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Zbarzewo 1. NAG, Warszawa (133953).
- Tenerowicz, J., 1996. Dokumentacja wynikowa otworu: Kościan 8. NAG, Warszawa (133737).
- Tenerowicz, J., 1999. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Kościan S. NAG, Warszawa (Inw. 1429/99).
- Urbański, R., 1970. Dokumentacja wynikowa otworu parametrycznego Śmiłowo 1. NAG, Warszawa (102903).
- Urbański, R., Żońnierczuk, A., 1976. Dokumentacja geologiczna złoża "Rawicz". NAG, Warszawa (Inw. 11795 CUG).
- Wagner, R., 1994. Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 146.
- Wagner, R., 2006. Perspektywy poszukiwawcze dolomitu głównego strefie Gorzów – Międzychód w Świetle wyników nowych badań. W: Protas A. (ed.) „50 lat poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Tradycja i nowe wyzwania. Konferencja naukowo-techniczna Piła 1–2.VI 2006. s. 87–116.
- Wagner, R., 2012. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) w Polsce. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/986).
- Wagner, R., Grudzień, T., Skowroński, L., 1999. Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski. NAG, Warszawa (Inw. 2389/99).
- Wasiak, J., 1990. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych; temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza – 1989 r. *Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o.*, Warszawa (Kat. G-570).
- Wójcicki, A., Kiersnowski, H., Dyrka, I., 2014a. Raport „Ocena zasobów geologicznych gazu ziemnego w związanych kompleksach zbiornikowych”. NAG, Warszawa.
- Wójcicki, A., Kiersnowski, H., Dyrka, I., Adamczak-Biały, T., Becker, A., Głuszyński, A., Janas, M., Kozłowska, A., Krzemiński, L., Kuberska, M., Paczeńska, J., Podhalańska, T., Roman, M., Skowroński, L., Waksmundzka, M.I., 2014b. Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych związanych skałach zbiornikowych Polski. PIG-PIB, Warszawa.
- Wybraniec, S., 1999. Badanie ukrytych struktur wzdłuż polskiej części transeuropejskiej strefy szwowej z wykorzystaniem danych grawimetrycznych i magnetycznych, 1998. NAG, Warszawa (Kat. 3542/98).
- Wybraniec, S., Petecki, Z., Cieśla, E., Staniszevska, B., 1998. Kompleksowa interpretacja grawimetryczno-magnetyczna Polski zachodniej, 1997. NAG, Warszawa (Kat. 7/98).
- Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Oszczypko, N., Ślęczka, A., Żaba, J., Żytko, K., 2011. Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.
- Żońnierczuk, A., 1971. Dokumentacja wynikowa otworu parametryczno-strukturalnego Dąbcze 2. NAG, Warszawa (110661).
- Strony internetowe:
- <http://www.oilandgasinvestor.com/fx-energy-reports-frankowo-1-well-flows-gas-updates-operations-532876#p=full>
 - <http://www.slideshare.net/Companyspotlight/fx-energy-feb-2014-investor-presentation>