



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 i rozpoznawanie
lub wydobywanie złóż węglowodorów
Zadanie 22.5004.1502.02.0

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

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

inż. Leszek Skowroński

mgr inż. Michał Roman

dr Olga Rosowiecka

dr Małgorzata Sikorska-Maykowska

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
(Marek Jasionowski, Leszek Skowroński, Hubert Kiersnowski)	
1.2. Uwarunkowania środowiskowe	5
(Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Dominika Kafara, Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska)	
2. BUDOWA GEOLOGICZNA	8
2.1. Stratygrafia	8
2.1.1. Karbon	8
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.1.1. Petrografia osadów karbonu	8
(Aleksandra Kozłowska)	
2.1.2. Perm–czerwony spagowiec	8
(Hubert Kiersnowski)	
2.1.2.1. Wyniki badań petrograficznych	12
(Marta Kuberska)	
2.1.3. Perm–cechsztyń	13
(Ryszard Wagner, Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński)	
2.1.4. Trias	16
(Anna Becker)	
2.1.5. Jura	16
(Anna Feldman-Olszewska)	
2.1.6. Kreda	17
(Krzysztof Leszczyński)	
2.1.7. Kenozoik	17
2.2. Budowa strukturalna	17
(Andrzej Głuszyński)	
2.3. Ewolucja geologiczna	19
(Andrzej Głuszyński)	
3. SYSTEM NAFTOWY	19
3.1. Wstęp	19
3.2. Skały macierzyste	19
(Marcin Janas)	
3.3. Zawartość węgla organicznego w utworach triasu i permu z wiercenia Piła IG 1	23
(Ewa Klimuszek)	
3.4. Charakterystyka petrologiczna oraz dojrzałość termiczna materii organicznej w osadach perm–trias z wiercenia Piła IG 1	24
(Izabella Grotek)	
3.5. Wiek i mechanizm generacji, migracji i akumulacji węglowodorów	25
(Ireneusz Dyrka)	
3.6. Skały zbiornikowe i uszczelniające	26
(Hubert Kiersnowski)	
4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU „PIŁA”	26
(Marcin Szufflicki i zespół)	
5. PROFIL REPEROWY – PIŁA IG 1	26
(Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński, Tadeusz Grudzień)	
5.1. Opis wykonanych badań i interpretacji geofizyki otworowej	26
(Michał Roman)	
5.2. Charakterystyka hydrodynamiczna i hydrochemiczna poziomów zbiornikowych	27
(Jakub Sokołowski)	
6. DANE SEJSMICZNE	28
(Sylvia Kijewska)	
7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE	32
(Olga Rosowiecka)	
7.1. Grawimetria	32
7.2. Magnetyka	34
8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI	36
(Hubert Kiersnowski, Rafał Laskowicz)	
9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	37

1. WSTĘP

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Piła” dotyczy aspektów budowy geologicznej i perspektyw poszukiwawczych dla poszukiwań węglowodorów w utworach czerwonego spągowca, zarówno w pułapkach konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych.

Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru „Piła” 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 „Piła” 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 „Piła” obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji są zawarte w końcowej części Pakietu Informacyjnego. Opracowanie to zawiera również ogólne dane o istniejących informacjach geologicznych nie będących własnością Skarbu Państwa.

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru „Piła” stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie. Zawarte w przedłożonym Geologicznym Pakiecie Informacyjnym dla obszaru „Piła” opinie autorów dotyczące potencjału węglowodorowego obszaru „Piła” 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 „Piła” (Fig. 1.1.) o powierzchni 942,19 km² został oznaczony koordynatami przedstawionymi na Fig. 1.2. i zamieszczonymi w poniższej tabeli:

Nr punktu	X	Y
1	583341,11	378925,81
2	572026,54	378791,78
3	572856,78	349419,60
4	580980,15	332427,20
5	601193,83	333133,14
6	600818,16	345067,12

Figura 1.1. Położenie obszaru przetargowego „Piła” 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.

Obszar „Piła” był objęty koncesjami CalEnergy Gas (Polska) Sp. z o.o. w latach 1998–2003.

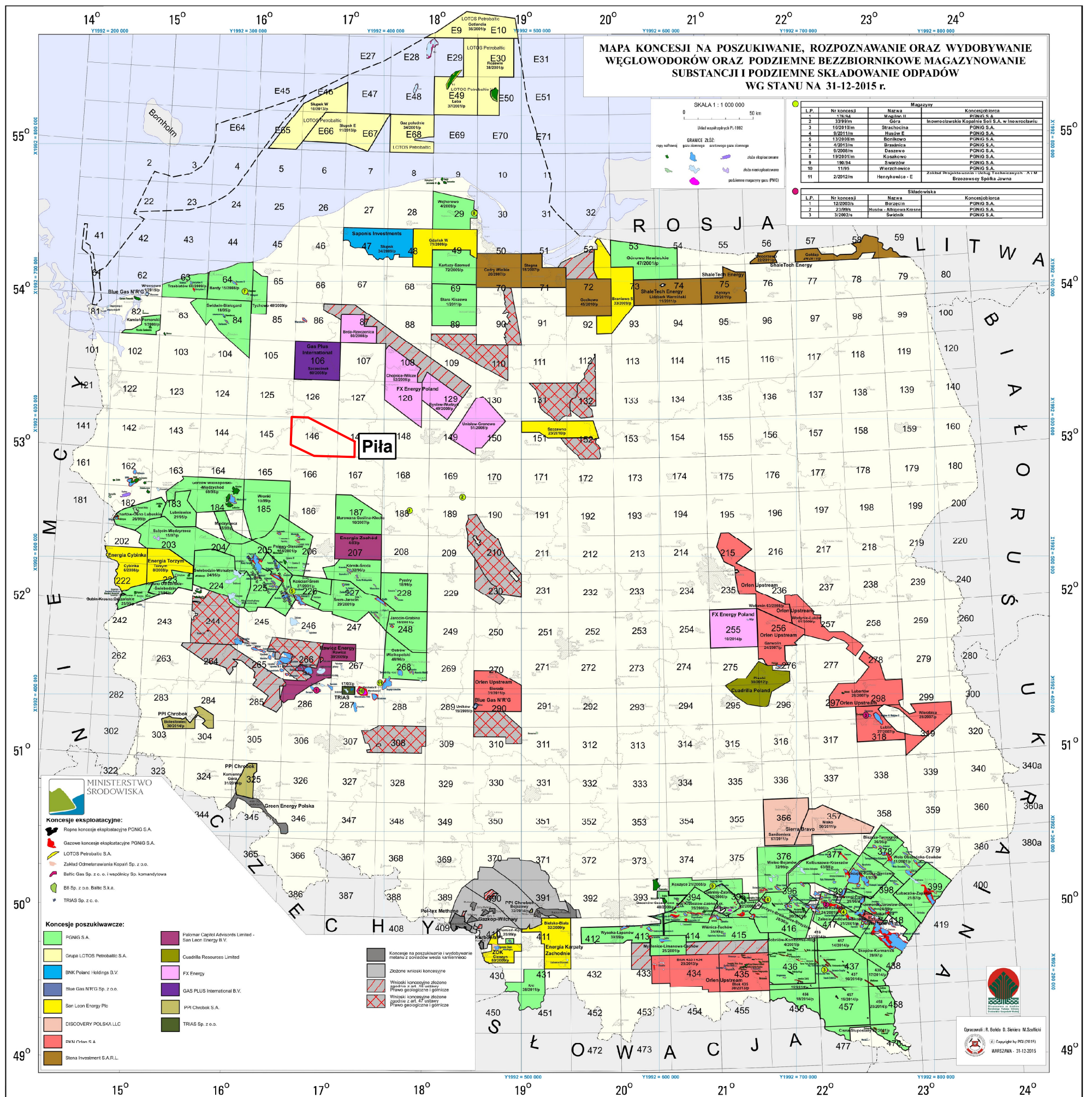
Należy zaznaczyć, że zarówno w dokumentacjach, jak i publikacjach, w przypadku otworów wiertniczych spotyka się różną pisownię (np. „Piła IG 1” albo „Piła IG-1”).

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

Obszar przetargowy „Piła” jest położony niemal w całości w granicach administracyjnych województwa wielkopolskiego, wyjątek stanowią jego NW krańce, które należą do województwa zachodniopomorskiego. W obrębie charakteryzowanego wydzielenia znajdują się tereny 16 gmin (w tym 7 wiejskich, 7 miejsko-wiejskich oraz 2 miejskich), chociaż udział niektórych z nich w powierzchni całego obszaru jest niewielki. Największym ośrodkiem urbanizacyjnym jest Piła, której terytorium obejmuje 102,72 km², liczba mieszkańców zaś przekracza 74 tysiące. Pomimo, że w strukturze funkcjonalno-przestrzennej miasta nieco ponad połowę jego powierzchni zajmują lasy i parki, to Piła jest także rozwijającym się ośrodkiem gospodarczym. Wśród wiodących branż znajdują się: elektroniczna, elektryczna i poligraficzna, jednym zaś z największych zakładów jest Philips Lighting Poland S.A.

Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną Polski (Kondracki, 2009), omawiany teren położony jest w obrębie 6 różnych mezoregionów, przy dominującym znaczeniu dwóch z nich: Doliny Gwdy oraz Doliny Środkowej Noteci. Dolina Środkowej Noteci cechuje się równoleżnikowym przebiegiem i szerokością od 2 do 8 km. Na odcinku położonym w granicach obszaru Piła jej dno wypełniają torfy o miąższości dochodzącej do 10 m, które zanikają w zwężeniu powyżej Ujścia – tam pojawia się glina zwałowa. W rejonie tym rzędne terenu osiągają wartość 47 m n.p.m. Po stronie południowej dno doliny oddziela od wysoczyzny piaszczysty taras szamociński, natomiast na północy dolinę ograniczają wzgórza morenowe, których wysokość w rejonie Miasteczka Krajeńskiego dochodzi do 197 m. n.p.m. Z kolei w północno-zachodniej części obszaru Piła, położonej w obrębie Pojezierza Wałeckiego, w krajobrazie wysoczyzny zaznaczają się pasma wysokich morenowych pagórków przekraczające wysokość 150 m, a w kilku miejscach nawet 200 m. Jednym z nich jest, znajdująca się ok. 9 km na zachód od Piły w kierunku Szydłowa, góra Dąbrowa (207 m.n.p.m.), uznawana za jedno z najwyższych wzniesień w północnej Wielkopolsce.

Dostępność komunikacyjną (poza koleją) zapewniają dwie drogi krajowe: DK nr 10 biegnąca horyzontalnie od wschodnich granic Piły w kierunku Grabowna i dalej do Okalińca oraz DK nr 11, która w granicach obszaru prowadzi z Chodzieży przez Ujście, następnie mija od wschodu Piłę i skręca w kierunku Starej Łubianki. Poza wymienionymi szlakami sieć komunikacyjną tworzą drogi skategoryzowane jako gminne, powiatowe i wojewódzkie. W grupie tych ostatnich znajdują się: DW nr 191 (w granicach obszaru znajduje się odcinek relacji Chodzież–Szamocin–Borówki), DW nr 190 (Szamocin–Białosłowie i dalej na północ, poza granicę obszaru), DW nr 188 (odcinek Piła–Skórka), DW nr 180 (fragment pomiędzy Trzcianką a Piłą) oraz DW nr 179 (Piła–Szydłowo i dalej na zachód, w kierunku Gostomii), a także DW nr 182 (od południowej granicy do Ujścia).



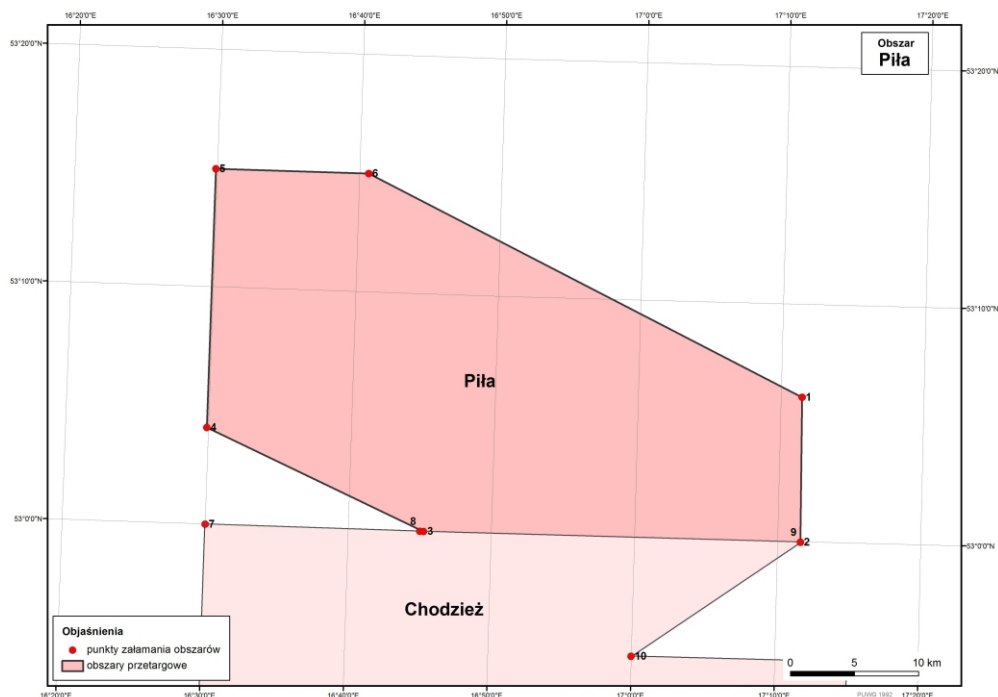


Figura 1.2. Mapa obszaru przetargowego „Piła” i fragment przyległego obszaru przetargowego „Chodzież” (stan na 31.12.2015 r.)

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „PIŁA”				
1.	LOKALIZACJA OBSZARU „PIŁA” NA MAPIE	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Stara Łubianka 274, Krajenka 275, Piła 313, Śmiłowo 314, Szamocin 315	
2.	POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE	województwo	zachodniopomorskie	
		powiat	wałecki	
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Wałcz (3,92%);	
		województwo	wielkopolskie	
		powiat	złotowski	
		gmina	Krajenka (2,00%);	
		powiat	pilski	
		gmina	Szydłowo (18,55%), Piła (10,89%), Kaczory (13,90%), Wysoka (0,40%), Miasteczko Krajeńskie (7,38%), Białosłowie (3,50%), Ujście (9,32%);	
		powiat	czarnkowsko-trzcianecki	
		gmina	Trzcianka (9,50%), Czarnków (0,14%);	
		powiat	chodzieski	
		gmina	Chodzież (0,25%), Chodzież (10,09%), Szamocin (8,69%), Margonin (1,37%);	
powiat	wągrowiecki			
gmina	Gołańcz (0,09%);			
3.	REGIONALIZACJA FIZYCZNO–GEOGRAFICZNA (wg KONDRACKIEGO, 2009)	makroregion	Pojezierze Południowopomorskie (314.6–7)	
		mezoregion	Pojezierze Wałeckie (314,64); Dolina Gwdy (314.68), Pojezierze Krajeńskie (314.69)	
		makroregion	Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (315.3)	
		mezoregion	Kotlina Gorzowska (315.33); Dolina Środkowej Noteci (315.34)	
		makroregion	Pojezierze Wielkopolsko-Kujawskie (315.5)	
		mezoregion	Pojezierze Chodzieskie (315.53)	
4.	WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU „PIŁA”	układ PL-1992 [X; Y]	583341,11	378925,81
			572026,54	378791,78
			572856,78	349419,60
			580980,15	332427,20
			601193,83	333133,14
			600818,16	345067,12

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „PIŁA”			
5.	POWIERZCHNIA OBSZARU „PIŁA”	[km ²]	942,19
6.	CEL KONCESJI		poszukiwanie złóż węglowodorów (złoża konwencjonalne i niekonwencjonalne)
7.	WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ		perm
8.	PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:		
	parki narodowe		nie
	rezerваты		Torowisko Kaczory (<1%); Kuźnik (<1%);
	parki krajobrazowe		nie
	obszary chronionego krajobrazu	[tak/ nie]	OchK Dolina Noteci (42%); OchK Pojezierze Wałeckie i Dolina Gwdy (12%);
	Natura 2000 - SOO	jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	PLH300004 Dolina Noteci (21%); PLH300045 Ostoja Piłska (3%); PLH300054 Struga Białosiłwka (<1%);
	Natura 2000 - OSO		PLB300001 Dolina Środkowej Noteci (16%); PLB300012 Puszcza nad Gwdą (13%); PLB300003 Nadnoteckie Łęgi (4%);
	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]	125 – Zbiornik międzymorenowy Wałcz–Piła, Q _M ; 127 – Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie, Tr; 138 – Pradolina Toruń–Eberswalde (Notec), Q _P ; 139 – Dolina kopalna Smogulec–Margonin, Q _{PK}
12.	STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY	[tak/ nie]	nie
13.	STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ	[tak/ nie]	nie
14.	TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI	[tak/ nie]	tak
15.	UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (iły i łupki ilaste ceramiki budowlanej, piaski kwarcowe, piaski szklarskie, piaski i żwiry, piaski, torfy, kreda jeziorna i gytia)
16.	OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (iły i łupki ilaste ceramiki budowlanej, torfy, kreda jeziorna i gytia, piaski, piaski i żwiry)
17.	SIECI PRZESYŁOWE GAZU	[tak/ nie]	tak
18.	PODZIEMNE MAGAZyny GAZU	[tak/ nie]	nie
19.	DATA WYPEŁNIENIA KARTY	24.09.2015 r.	
20.	ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH	Paulina Kostrz-Sikora, Dominika Kafara	

Poza drogami krajowymi, elementem infrastruktury techniczno-inżynierskiej o znaczeniu ponadregionalnym, znajdującym się w obrębie obszaru Piła, jest linia elektroenergetyczna najwyższych napięć (220 kV), która przebiega południkowo przez jego centralną część, a następnie przy południowej granicy, w rejonie Kamionki, skręca w kierunku Krusze. W latach 2015-2020 wzdłuż istniejącej linii planowana jest budowa dwóch kolejnych, o napięciu 400 kV każda (Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, PSE S.A.). Przez obszar Piła przebiegają również: nitka gazociągu gazu wysokometanowego relacji Chodzież–Ujście–Piła–Wałcz wraz z odgałęzieniem w kierunku Trzcianki oraz nitka gazociągu wysokiego ciśnienia gazu ziemnego zaazotowanego.

Sieć hydrograficzną tworzą rzeki Notec i Gwda wraz z dopływami oraz zbiorniki wód stojących, w tym m.in. jeziora: Płotki, Jeleniowe, Rudnickie, Siekiera, Laskowskie Wielkie, Linowo oraz Głębokie, a także sztuczny zbiornik retencyjny – Zalew Koszyce. Obszary dolinne obu rzek są klasyfikowane jako tereny zagrożone podtopieniami, przy czym dla Noteci ich zasięg jest znacznie rozleglejszy niż dla Gwdy. Dodatkowo, w przypadku Noteci, wzdłuż północnej granicy zasięgu ich występowania (rejon miejscowości Kaczory–Miasteczko Krajeńskie) oraz w części południowej (rejon Ujścia), znajdują się tereny predestynowane do występowania ruchów masowych.

W aspekcie uwarunkowań środowiskowych, mogących potencjalnie ograniczać warunki poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów w granicach obszaru „Piła”, należy zwrócić uwagę także na czynniki hydrogeologiczne: bardzo duża część charakteryzowanego terenu znajduje się w zasięgu występowania głównych zbiorników wód podziemnych. Są to trzy zbiorniki czwartorzędowe (nr 125, nr 128 oraz nr 139) oraz jeden zbiornik neogeński (nr 127 – Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie). Na opisywanym terenie zinventaryzowano 17 ujęć wód podziemnych o wydajności przekraczającej 50 m³/h (w tym 13 komunalnych i 4 przemysłowe) i 2 ujęcia wód podziemnych o wydajności 25–50 m³/h (komunalne). Wszystkie ujęcia z wyjątkiem trzech (komunalnych: w Pile i w Morzewie oraz przemysłowego na północ od wsi Młynary), czerpią wodę z utworów czwartorzędowych.

Charakteryzowany obszar jest również miejscem prowadzenia działalności wydobywczej i przetwórczej. Wśród udokumentowanych złóż kopalin na jego terenie najliczniej występują złoża piasków oraz piasków i żwirów. Największym z nich jest złożo piasków kwarcowych Piła–Jezioro Piaszczyste (nr złoża 2663, kat. B+C₁) zlokalizowane na południe od Piły.

W granicach obszaru przetargowego „Piła” część terenów podlega także ochronie obszarowej realizowanej na mocy przepisów ustawy o ochronie przyrody. Są to rezerваты (Kuźnik i Torowisko Kaczory), obszary siedliskowe i ptasie sieci Natura

2000, a także obszary chronionego krajobrazu. Największym wśród nich, pod względem zajmowanej powierzchni na terenie Piła, jest Obszar Chronionego Krajobrazu (OChK) Doliny Noteci, który obejmuje swoim zasięgiem niemalże całą wschodnią i południową część terenu (42% jego powierzchni). Relatywnie mniejsze powierzchnie zajmują: obszar specjalnej ochrony siedlisk Dolina Noteci (21%) oraz obszary specjalnej ochrony ptaków Dolina Środkowej Noteci (16%) i Puszcza nad Gwdą (13%).

W strukturze zagospodarowania terenu widoczne są rozmieszczone niemal na całym obszarze zwarte kompleksy leśne. Wyjątek stanowi NW część terenu, która zajęta jest przez grunty orne wysokich klas bonitacyjnych.

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

2. BUDOWA GEOLOGICZNA

2.1. STRATYGRAFIA

2.1.1. KARBON

Na obszarze „Piła” utwory karbonu nawiercono w spągu wiercenia Piła IG1 w przedziale głębokości 5468–5482 m (koniec wiercenia). W tym przedziale opisano je na podstawie opisu rdzeni i badań petrograficznych jako piaskowce typu waki kwarcowe, iłowce żelaziste, iłowce piaszczyste (ekspertyza: Z. Łoszevska – dokumentacja wynikowa wiercenia Piła IG 1, Żelichowski, 1985). Wiek tych utworów jest kontrowersyjny. Powyżej karbonu wydzielono utwory czerwonego spągowca, które w przedziale 4387,8 do 5477 m określono na podstawie badań palinologicznych jako przynależne do karbonu. Osady w przedziale 4387,8–4783 m określono jako nie starsze od westfalu C; osady w przedziale 4833–5245,5 m określono jako namur–westfal dolny, a w przedziale 5470–5477 określono generalnie jako karbon (ekspertyza: T. Górecka, Z. Parka, S. Ślusarczyk – dokumentacja wynikowa wiercenia Piła IG1). Wg Żelichowskiego (1985), tylko najniższe położone utwory reprezentują westfal i taką też granicę przyjęto na załączonym zbiorczym profilu otworu Piła IG 1 (Fig. 5.1.). Silne nachylenie tych utworów jest interpretowane jako mające związek z strefą tektoniczną.

Osady karbonu są skałami macierzystymi dla generacji węglowodorów. Istotna jest ich przynależność stratygraficzna, litologia, stopień diagenetyzacji oraz ewentualnie występowanie materii organicznej.

2.1.1.1. PETROGRAFIA OSADÓW KARBONU

Charakterystykę petrograficzną oparto na dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego, w których przewiercono karbon, usytuowanego na terenie obszaru – Piła 1 (IG 1) (Żelichowski, 1985).

Strop osadów karbonu, których wiek został określony na westfal, znajduje się na głębokości 5468,0 m. Występują tu osady klastyczne: piaskowce, mułowce i iłowce.

Piaskowce charakteryzują się strukturą drobnopiękistą, teksturą bezładną. Reprezentują one waki, prawdopodobnie kwarcowe. Materiał ziarnisty jest słabo obtoczony, źle wysortowany. Głównym składnikiem piaskowców jest kwarc o wielkości ziaren 0,06–0,4 mm, przeciętnie 0,1 mm; w niewielkiej ilości obecny jest muskowitz. W dużych ilościach występują czarne skupienia tlenków żelaza, typu hematytu, co

powoduje rdzawe zabarwienie skały. Spoiwo piaskowców stanowi matriks ilasty (illit, rzadziej kaolinit) oraz cement węglanowy. Porowatość skały wynosi 0,9%, a przepuszczalność 4,8 mD.

Iłowce i mułowce charakteryzują się strukturą pelitowo-aleurytowo-psamitową i teksturą kierunkową, podkreśloną ułożeniem składników mineralnych. Zbudowane są głównie z illitu, blaszek muskowitzu, hematytu i ostrokrawędzistych ziaren kwarcu, wielkości 0,06–0,3 mm. Hematyt występuje w formie rozproszonej lub tworzy smugi, laminy oraz soczewki, nadając skale zabarwienie ceglaste. Ponadto w tle skalnym występują pojedyncze ziarna węglanów, niekiedy izometryczne. Skała charakteryzuje się porowatością 0,94%.

2.1.2. PERM–CZERWONY SPĄGOWIEC

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

Osady czerwonego spągowca w obrębie obszaru „Piła” zostały rozpoznane jednym głębokim wierceniem Piła IG 1 wykonanym w 1984 r. Czerwony spągowiec występuje na głębokości 4380 m i ma sumaryczną miąższość 1088 m, w tym 133 m skał wulkanicznych w spągu i 955 m skał osadowych. W obrębie skał wulkanicznych zaznacza się dwudzielność. W spągowym odcinku stwierdzono bazalty, w tym także bazalt żyłowy, a górną część pokrywy wulkanicznej stanowią kwaśne skały wylewne typu ryodacytów. Pod kompleksem skał wulkanicznych występują nieprzewiercone utwory karbonu (14 m). Wiercenie zakończono na głębokości 5482 m.

Osady czerwonego spągowca są uszczelnione grubym kompleksem ewaporatów cechsztynu osiągniętym w tym profilu 1281 m.

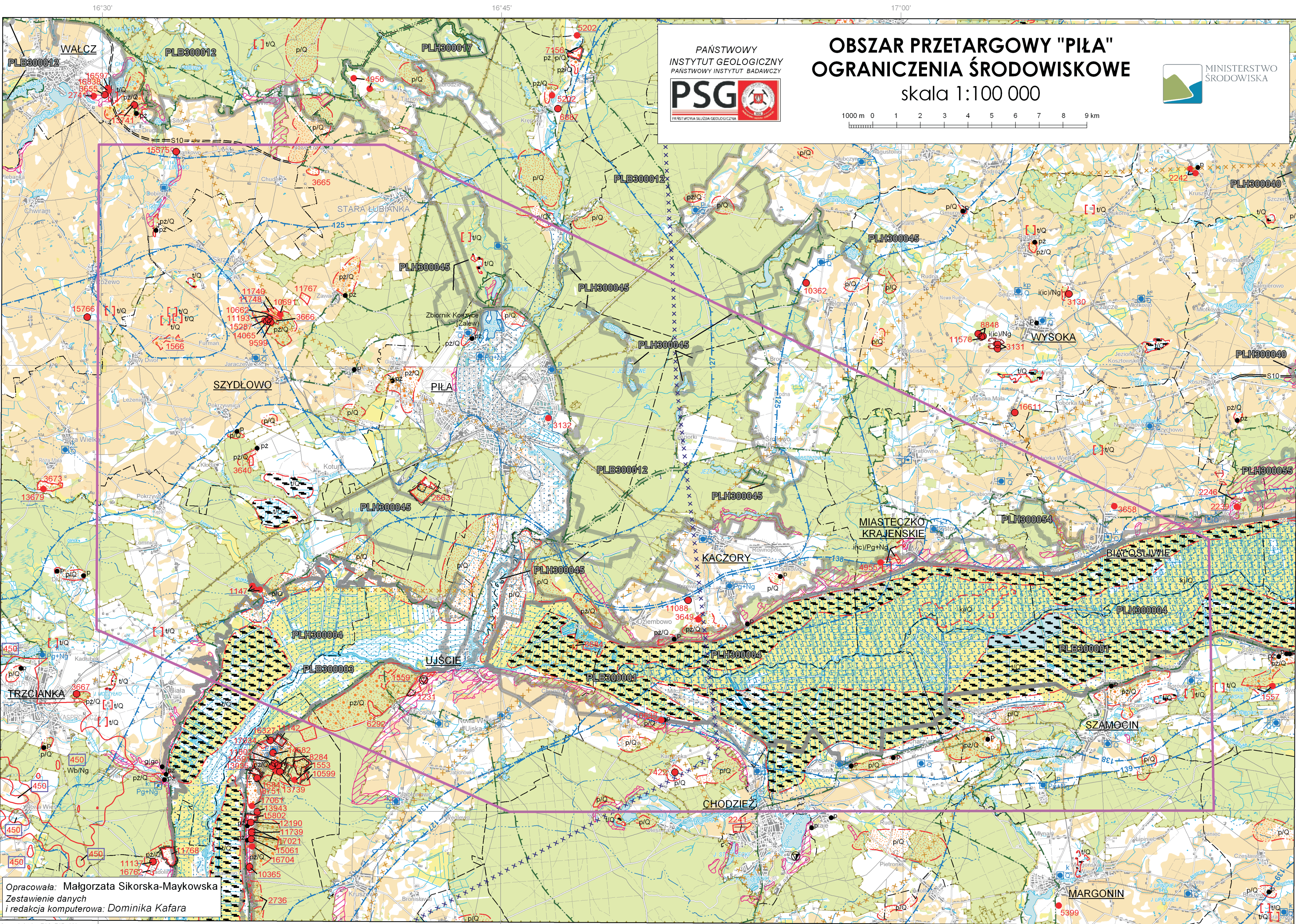
W profilu tym utwory czerwonego spągowca o miąższości 955 m reprezentujące dwie główne formacje litostratygraficzne: dolną formację Drawy i górną formację Noteci. Formacja Drawy o miąższości ponad 510 m reprezentowana jest głównie przez iłowce i mułowce tzw. plai dolnej oraz piaskowce eoliczne, a w najniższej części zlepienie. Formacja Noteci o miąższości ponad 444 m to mułowce i piaskowce drobnopiękiste tzw. plai górnej oraz piaskowce fluwialne (korytowe i pokryw aluwialnych).

Na obszarze „Piła” celem poszukiwań są piaskowce, które mogą znajdować się pułapkach strukturalnych uszczelnionych solami i anhydrytami cechsztynu lub stratygraficznych uszczelnionych osadami ilastymi i wodą kapilarną. Już pobieżna interpretacja tego profilu pokazuje, że kompleksy piaskowców znajdują się tylko w niższej części profilu na głębokości przekraczającej 4600 m. Grubsze poziomy piaskowców eolicznych zaczynają się od głębokości 4900 m. Piaskowce te charakteryzują się słabymi właściwościami zbiornikowymi lub ich brakiem. W przypadku ich nasycenia gazem uszczelnienie mogłyby stanowić grube warstwy iłowców widoczne na zamieszczonym profilu (Fig. 5.1.).

Obszar „Piła” jest oferowany do przetargu na poszukiwanie, rozpoznawanie i zagospodarowanie złóż węglowodorów z dwóch powodów. Pierwszym jest wynik odkrycia w ostatnich latach rozległej struktury Chodzieży pokazanej na mapie obszaru przetargowego (Fig 6.1. i 6.2.). Struktura Chodzieży jest widoczna na granicy utworów czerwonego spągowca i cechsztynu (Fig 6.3.). Struktura Chodzieży widoczna jest na

Figura 1.3. Obszar przetargowy „Piła” – ograniczenia środowiskowe.

Figura 1.4. Objasnienia do mapy środowiskowej.



PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



OBSZAR PRZETARGOWY "PIŁA" OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE

skala 1:100 000



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

Opracowała: Małgorzata Sikorska-Maykowska
Zestawienie danych
i redakcja komputerowa: Dominika Kafara

OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH
OBSZARU PRZETARGOWEGO "PIŁA"

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

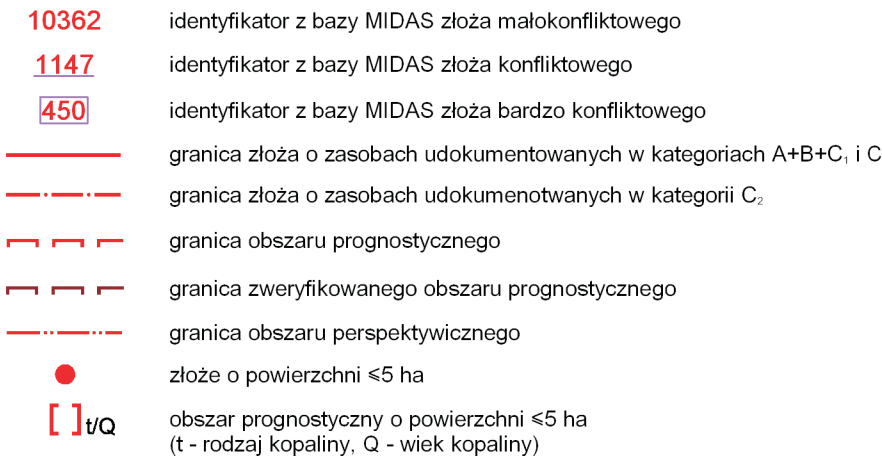
PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



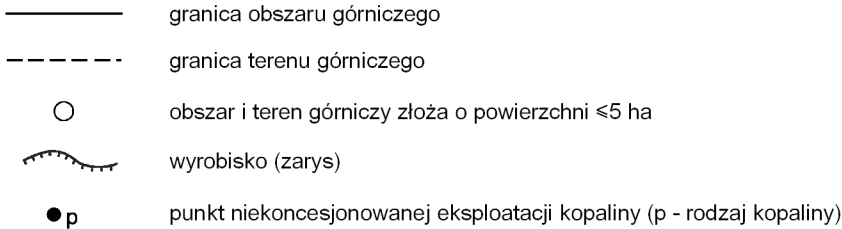
ZŁOŻA KOPALIN ORAZ
PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA



GRANICE ZŁOŻ



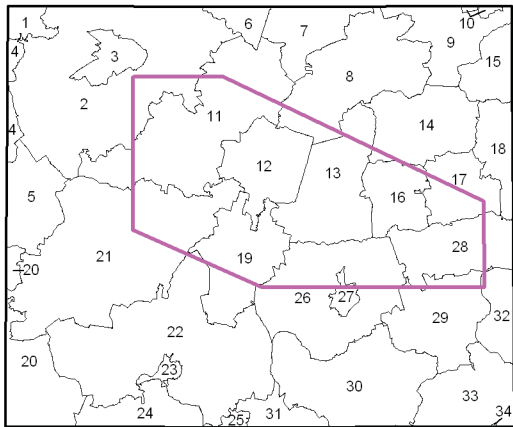
GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN



Symbol kopaliny:
Wb - węgiel brunatny
kj - kreda jeziorna i gytia
i(ic) - ility i łupki ilaste ceramiki budowlanej
pż - piaski i żwiry
p - piaski
t - torfy

Symbol jednostki stratygraficznej:
Q - czwartorzęd
Ng - neogen
Pg - paleogen

Położenie obszaru przetargowego
na tle podziału administracyjnego

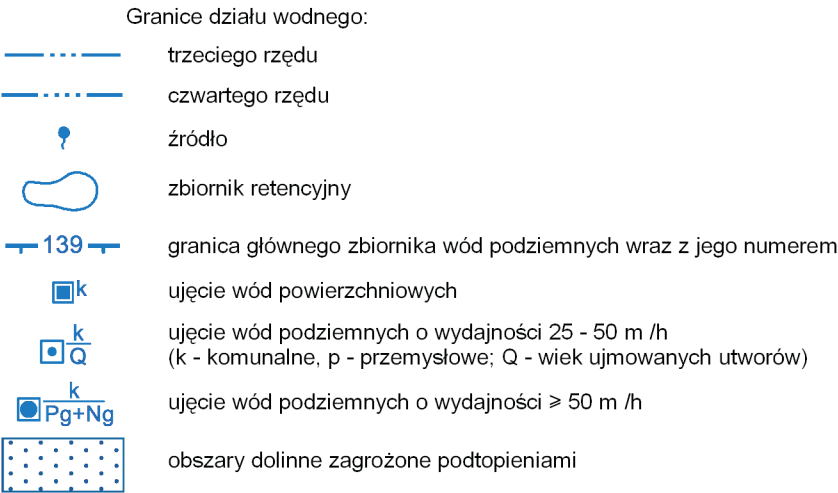


woj. ZACHODNIOPOMORSKIE
powiat walecki
1 - gm. Mirosławiec
2 - gm. Walcz
3 - m. Walcz
4 - gm. Tuczo
5 - gm. Człopa
woj. WIELKOPOLSKIE
powiat złotowski
6 - gm. Jastrowie
7 - gm. Tarnówka
8 - gm. Krajenka
9 - gm. Złotów
10 - gm. Zakrzewo

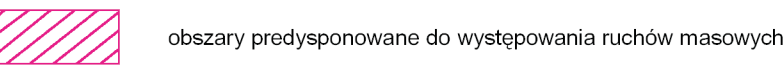
powiat piłski
11 - gm. Szydłowo
12 - m. Piła
13 - gm. Kaczory
14 - gm. Wysoka
15 - gm. Łobżenica
16 - gm. Miasteczko Krajeńskie
17 - gm. Białosłowie
18 - gm. Wyrzysk
19 - gm. Ujście
powiat czarnkowsko-trzcianecki
20 - gm. Wieleń
21 - gm. Trzcianka
22 - gm. Czarnków
23 - m. Czarnków
24 - gm. Lubasz
25 - gm. Polajewo

powiat chodzieski
26 - gm. Chodzież
27 - m. Chodzież
28 - gm. Szamocin
29 - gm. Margonin
30 - gm. Budzyń
powiat obornicki
31 - gm. Ryczywół
powiat wągrowiecki
32 - gm. Golańcz
33 - gm. Wągrowiec
34 - m. Wągrowiec

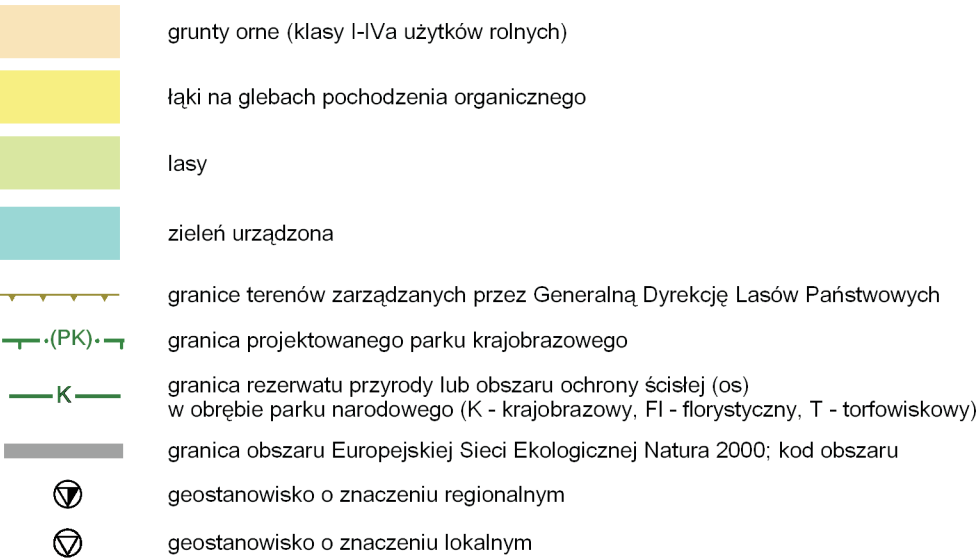
WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE



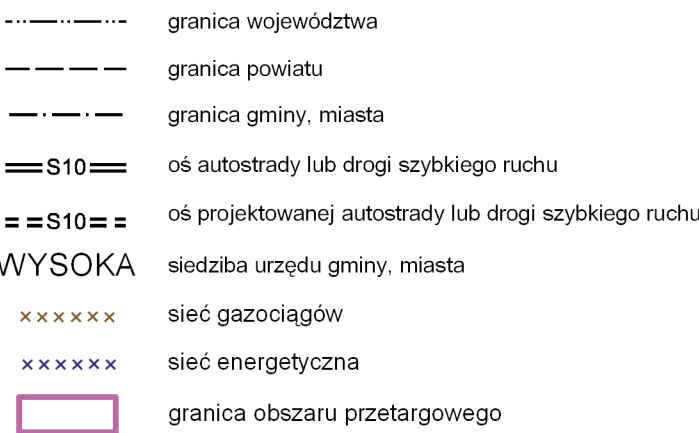
WARUNKI PODŁOŻA BUDOWLANEGO



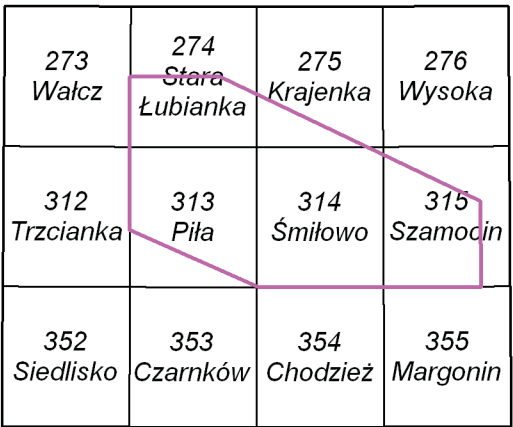
OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU



INFORMACJE DODATKOWE



Położenie obszaru przetargowego
na arkuszach 1:50 000



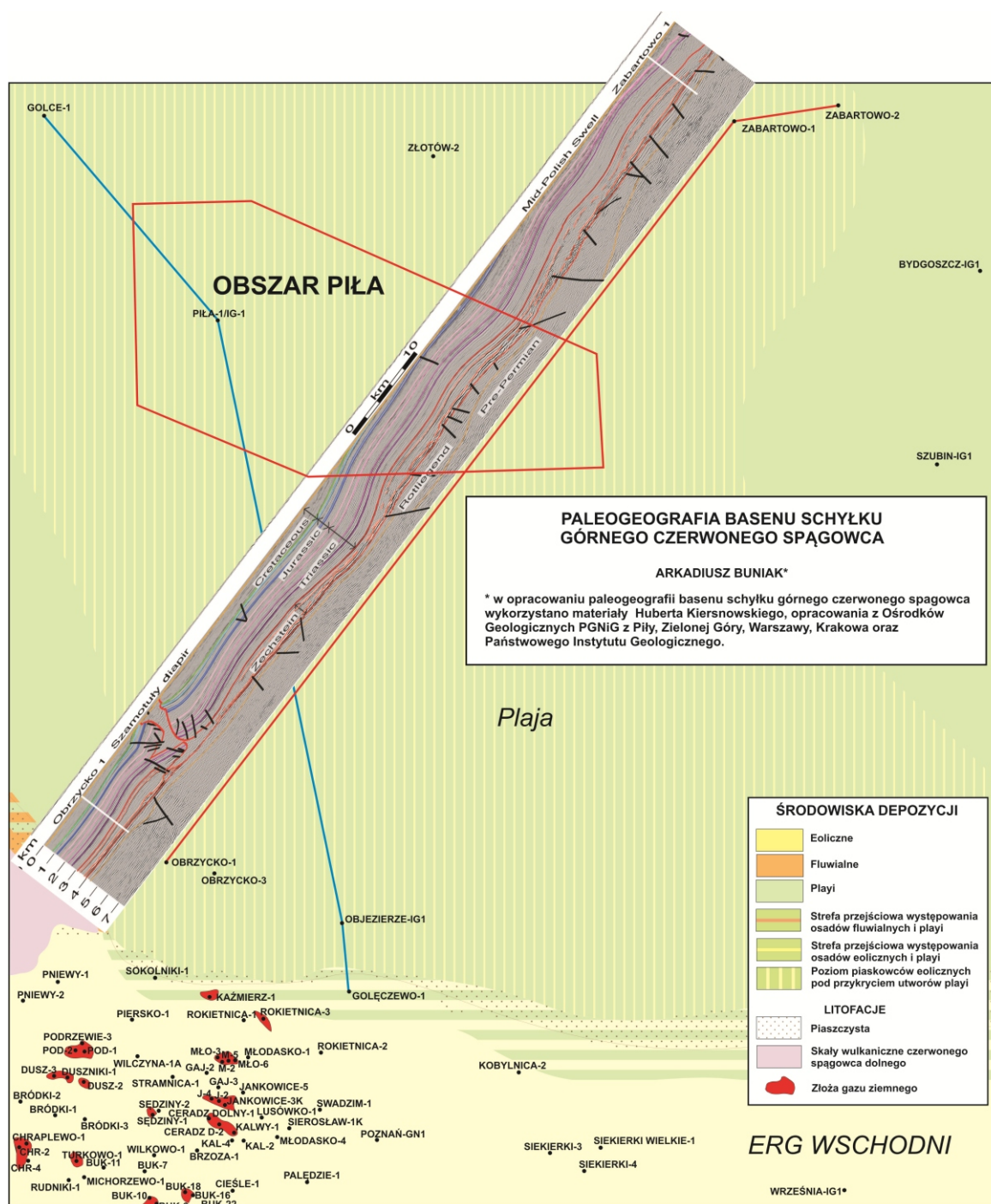


Figura 2.1. Mapa paleogeograficzna schyłku górnego czerwonego spągowca z naniesionym profilem sejsmicznym Obrzycko–Zabartowo (Rowan & Krzywiec, 2014) oraz linia korelacji między otworowej pokazanej na Fig. 2.3–2.5.

profilu sejsmicznym Obrzycko–Zabartowo (Rowan & Krzywiec, 2014; Fig. 2.1. i 2.2.).

Drugim powodem jest koncepcja powrotu z poszukiwaniami skał zbiornikowych górnego czerwonego spągowca w rejonie struktury Piła, na której to strukturze postawiono wiercenie Piła IG 1. Wiercenie Piła IG 1 jest zlokalizowane na wyniesionej strukturze tektonicznej (struktura Piła widoczna na obrazie sejsmicznym – linia sejsmiczna T0040182, Fig. 6.3.).

W tej sytuacji obszar przetargowy „Piła” rokuje nadzieje na istnienie innych, dotychczas nie rozpoznanych, wyniesień strukturalnych przykrytych osadami cechsztynu, co jest pierw-

szą przesłanką za poszukiwaniem pułapek strukturalnych uszczelnionych ewaporatami.

Wcześniej na północ od obszaru przetargowego „Piła” odkryto strukturę Golce (wiercenie Golce 1 z 2001 r. wykonane przez firmę CalEnergy). Struktura Golców słabo czytelna na mapie strukturalnej spągu cechsztynu, po wykonaniu wiercenia Golce 1 okazała się znaczącym elementem tektonicznym zlokalizowanym w centralnej części basenu czerwonego spągowca, aktywnym w szczególności w trakcie sedimentacji osadów formacji Drawy (odpowiadającej dolnej części, górnego czerwonego spągowca).

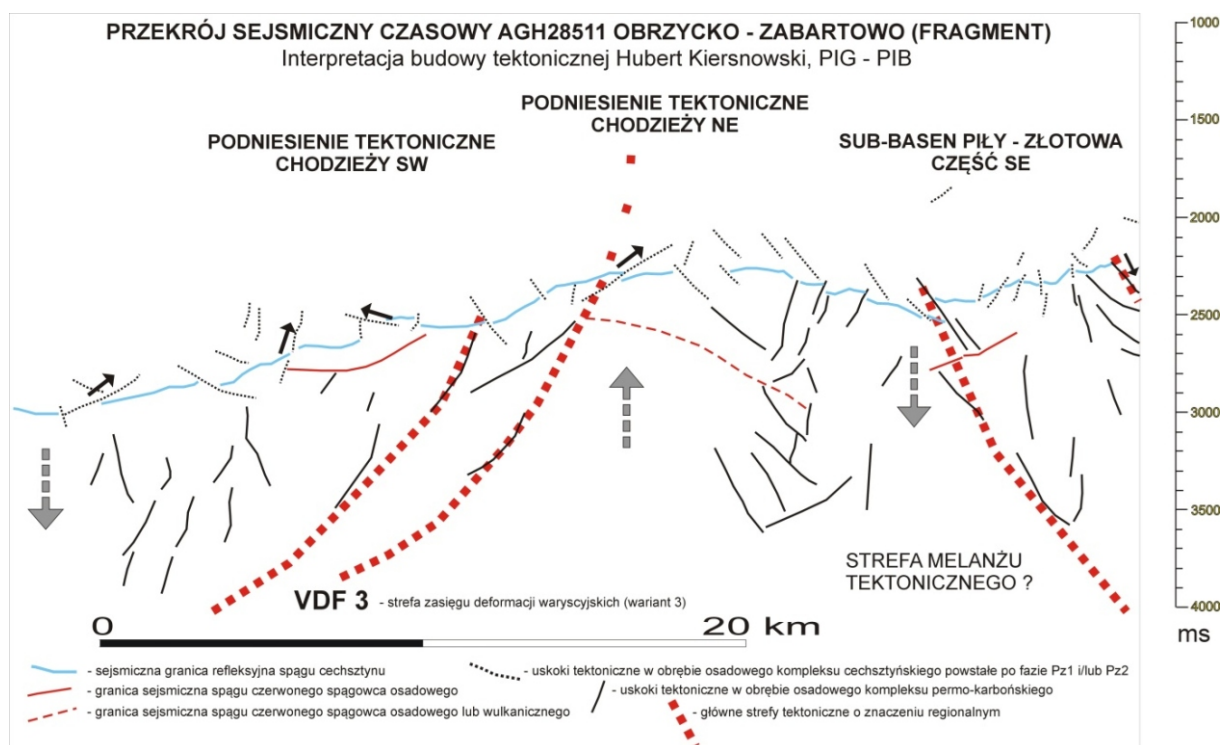


Figura 2.2. Autorska interpretacja budowy tektonicznej fragmentu czasowego przekroju sejsmicznego Obrzycko–Zabartowo (Rowan & Krzywiec, 2014) w części gdzie wyróżniono strukturę Chodzieży.

Model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca w wariantie przed odkryciem struktury Chodzieży

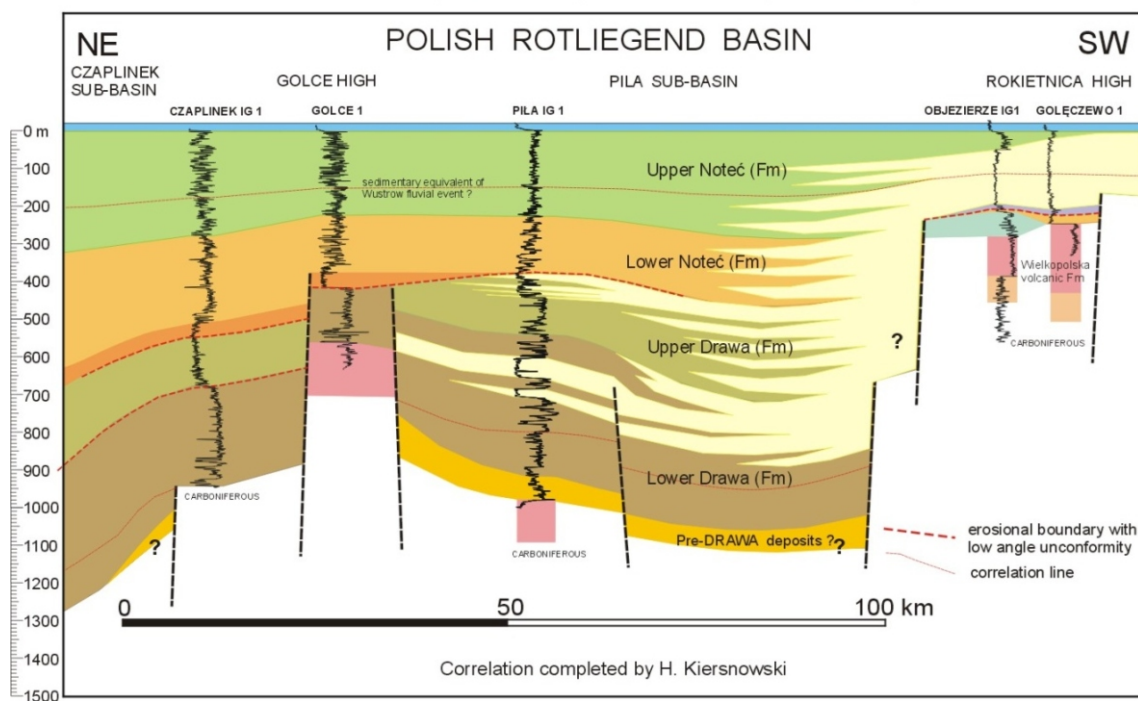


Figura 2.3. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym (wg Gast i in., 2010). Skala po lewej pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

Model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca
w wariancie po odkryciu struktury Chodzieży

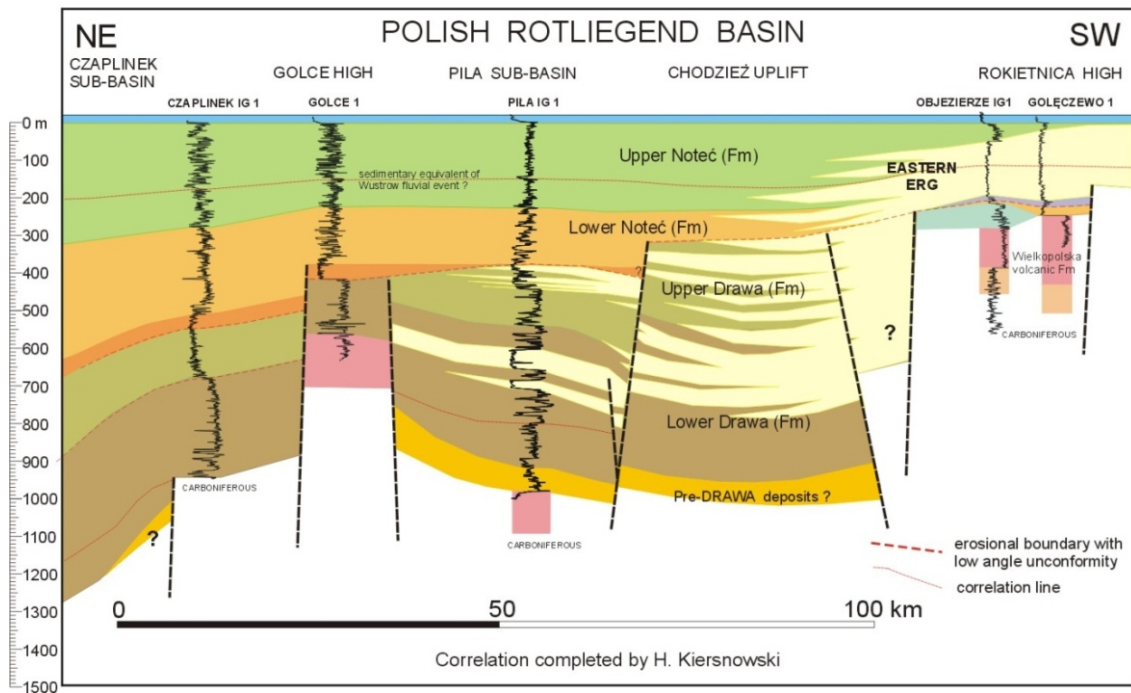


Figura 2.4. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca w wariancie wczesnego podniesienia bloku Chodzieży, w analogii do poniesienia Golców. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym. Skala po lewej pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

Model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca
w wariancie po odkryciu struktury Chodzieży

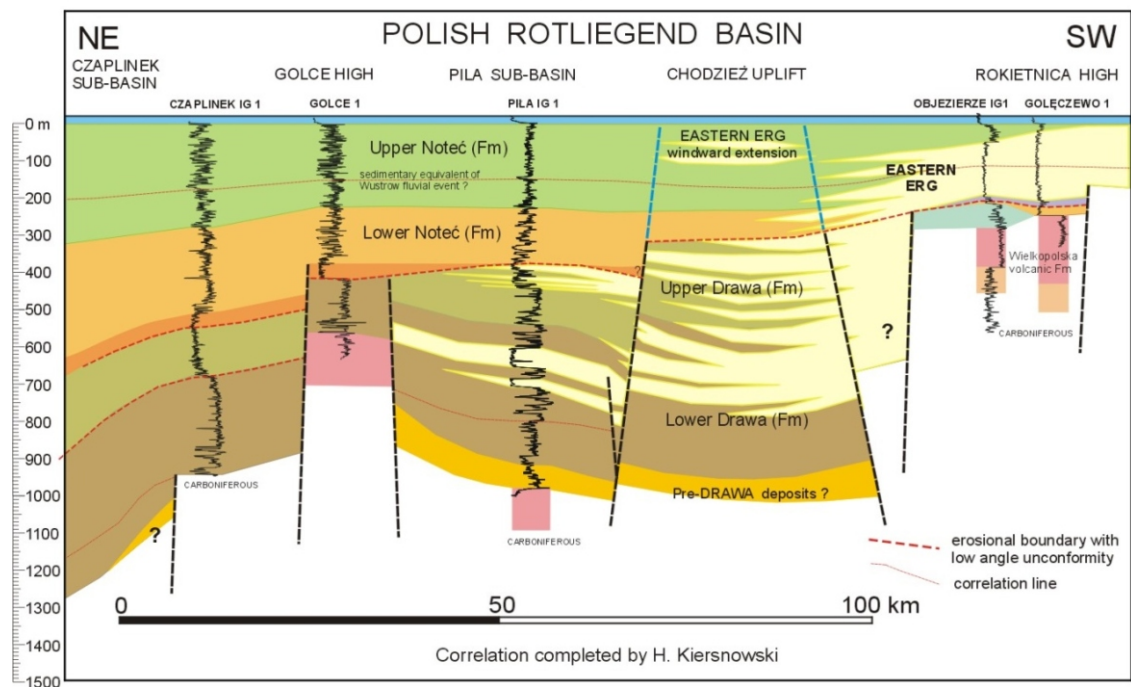


Figura 2.5. Model występowania osadów eolicznych w basenie czerwonego spągowca w wariancie późnego podniesienia bloku Chodzieży, w analogii do poniesienia Golców. Piaskowce eoliczne zaznaczono kolorem żółtym. Skala po lewej pokazuje miąższość utworów czerwonego spągowca.

Nie jest jasne, czy odkryta struktura Chodzieży ma podobną genezę tektoniczną do struktury Golce i tym samym zredukowaną miąższość osadów formacji Drawy. Nie jest również wiadome, czy wyniesienie Chodzieży było aktywne tektonicznie w trakcie sedymentacji osadów formacji Noteci.

Jednak nadal kluczowym problemem jest występowanie piaskowców w stropach tych struktur, posiadających przy najmniej dobre własności zbiornikowe. Ich brak w stropie profilu osadów czerwonego spągowca w wierceniu Piła IG 1 nie wyklucza możliwości ich występowania w stropie lub głębszych partiach struktury Chodzieży, której ewentualna amplituda (zamknięcie strukturalne) może sięgać 300 m.

Możliwość występowania piaskowców w górnej części struktury Chodzieży powstałaby w sytuacji, gdyby występujące głębiej poziomy piaskowców zostały wypiętrzone, a część wyżej leżących osadów drobnoklastycznych (plai-jeziora) została zerodowana przed transgresją morza cechsztyńskiego. Druga możliwość występowania piaskowców w górnej części struktury Chodzieży wiązałaby się z dalekimi zasięgami w kierunku północy stropowych piaskowców eolicznych występujących w wierceniu Objezierze IG 1 lub Września IG 1. Trzecia, warta rozważenia możliwość, to występowanie w tym rejonie piaskowców koryt rozprowadzających w obrębie stropowych osadów plai-jeziora, które następnie zostały wypiętrzone.

Na Fig. 2.1. zostały przedstawione wariantowe korelacje profili czerwonego spągowca wzdłuż linii Golce 1–Piła IG 1–Objezierze IG 1–Golęczone 1 (Gast i in., 2010). W wariantach założono istnienie możliwego podniesienia tektonicznego (struktura Chodzieży) oraz dalekie północne zasięgi stropowych sekwencji piaskowców eolicznych.

Na Fig. 2.3. pokazano model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca w wariantcie przed odkryciem struktury Chodzieży. Na Fig. 2.4. pokazano model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca po odkryciu struktury Chodzieży w wariantcie wczesnego podniesienia tej struktury. Na Fig. 2.5. pokazano model tektoniczno-depozycyjny i litostratygraficzny osadów czerwonego spągowca po odkryciu struktury Chodzieży w wariantcie późnego podniesienia tej struktury. Późne wyniesienie mogło przyczynić się do zmian facjalnych w stropie osadów czerwonego spągowca, polegających na zastąpieniu osadów plai osadami eolicznymi (Porębski i in., 2013).

Poszukiwania złóż gazu w obrębie obszaru przetargowego „Piła” są uzależnione od możliwości występowania piaskowców (skał zbiornikowych) w stropie lub blisko stropu osadów czerwonego spągowca. Drugie zagadnienie dotyczy możliwych własności zbiornikowych potencjalnych piaskowców. Czy na dużej głębokości zachowana może być wystarczająca porowatość i przepuszczalność piaskowców, czy mogą to być piaskowce typu *tight*. Przykład wiercenia Piła IG1 pokazuje, że piaskowce te w przedziale głębokości 4900–5100 m nie mają własności zbiornikowych. Nasylenie gazem piaskowców o dobrych własnościach zbiornikowych w odróżnieniu od piaskowców typu *tight* łączy się z częściowo odmiennymi scenariuszami dotyczącymi czasu generacji i migracji gazu. Zachowanie dostatecznej porowatości na dużej głębokości jest możliwe przy istnieniu procesu powstawania tzw. wtórnej porowatości oraz występowaniu stref nadciśnień, które podtrzymują porowatość zmniejszającą się wraz z głębokością pogrzebania piaskowców i związanego z tym procesu kompaktacji (Seedhouse i in., 1996).

Na załączonym profilu sejsmicznym Obrzycko–Zabartowo (Fig. 2.1.) widoczne jest tzw. wyniesienie Chodzieży, stanowiące interesujący obiekt ewentualnej prospekcji złożowej. Strop tego wyniesienia znajduje się na głębokości

blisko 4500 m. Brak jest wystarczających materiałów dla stwierdzenia zamknięcia tej struktury w kierunku SE, jak i NW, jak i pewności, że w obrębie struktury występują piaskowce zbiornikowe.

2.1.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH

Wyniki badań petrograficznych prowadzonych bezpośrednio na obszarze „Piła” można uzyskać z dokumentacji wynikowej Piła 1/IG1 (Żelichowski, 1985) oraz z opracowania Maliszewskiej i in. (2003, 2004). Dodatkowo dla celów porównawczych skorzystano z wyników analiz petrograficznych i petrofizycznych z otworu wiertniczego Złotów 2 (Wolnowski, 1974; Ekiert, 1975).

Osady czerwonego spągowca w otworze wiertniczym Piła 1/IG1 (4380,0–5468,0 m) są wykształcone w kompleksach: osadowym i wulkanicznym. Skały wulkaniczne stwierdzono w spagu profilu i reprezentowane są przez bazaltoidy i tufy dacytowe (Żelichowski, 1985). Kompleks osadowy stanowią zlepieńce, piaskowce i mułowce.

Zlepieńce to odmiany drobno uziarnione. Udział frakcji psefitowej waha się od 50 do 65% obj. Głównym składnikiem żwiru są okruchy skał osadowych (piaskowce, ilowce), poza tym odnotowano litoklasty wulkaniczne (bazaltoidy), miejscami silnie przeobrażone. Masa wypełniająca zlepieńców składem mineralnym odpowiada zwykle wakom litycznym. Spoiwo jest złożone z substancji ilasto-żelazistej oraz z węglanów i anhydrytu.

Piaskowce są reprezentowane przez odmiany drobno-, średnio- i gruboziarniste. Najczęściej występują tu czerwono-brunatne lub szare arenity i waki sublityczne, lityczne, miejscami kwarcowe. Głównym składnikiem materiału detrytycznego jest kwarc mono- i polikrystaliczny, skalenie oraz okruchy skał wulkanicznych, metamorficznych i osadowych.

Materiał detrytyczny jest scementowany spoiwem ilasto-żelazistym typu matriks lub spoiwem węglanowym, miejscami anhydrytowym lub kwarcowym (Fig. 2.6.). Wśród autigenicznych minerałów ilastych wyróżniono chloryty (Fig. 2.7.), minerały mieszanopakietowe z grupy illit/smektyt.

Mułowce występują dość licznie. Nie tworzą jednolitych, grubych warstw, ponieważ rozdzielone są wkładkami piaszczystymi lub zlepieńcowymi. Najczęściej są to mułowce piaszczyste, żelazisto-ilaste, miejscami wapniste.

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

- Kompakcję mechaniczną; efekty tego procesu są zaznaczone w piaskowcach i zlepieńcach poprzez występowanie licznych prostych kontaktów międzyziarnowych.
- Kompakcję chemiczną; jest to proces odpowiedzialny za utworzenie się międzyziarnowych kontaktów wkłęsło-wypukłych.
- Cementację; jest to proces wytrącania składników ortochemicznych z roztworów porowych. W opisywanych skałach wyróżniono cementy węglanowe, kwarc autigeniczny (Fig. 2.6.), anhydryt, autigeniczne minerały ilaste (Fig. 2.7.). Znaczącym efektem działania cementacji diagenetycznej jest ograniczenie lub całkowite zniszczenie porowatości pierwotnej osadu, tym bardziej, że często zachodziła ona kilkusetapowo.
- Zastępowanie; proces zastępowania diagenetycznego jest nierozłącznie związany ze zjawiskami wytrącania się cementów ortochemicznych. Zanotowano tu przypadki zastępowania:

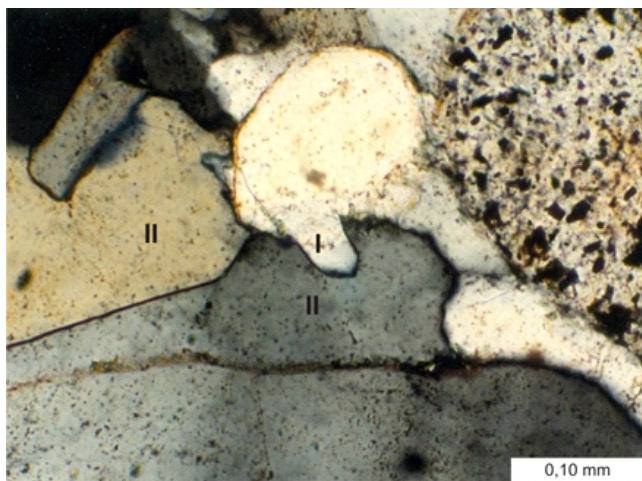


Figura 2.6. Dwie generacje cementu kwarcowego w piaskowcu: starsza (I) i młodsza (II). Otwór Piła 1/IG 1; głęb. 5085,8 m; nikole skrzyżowane.

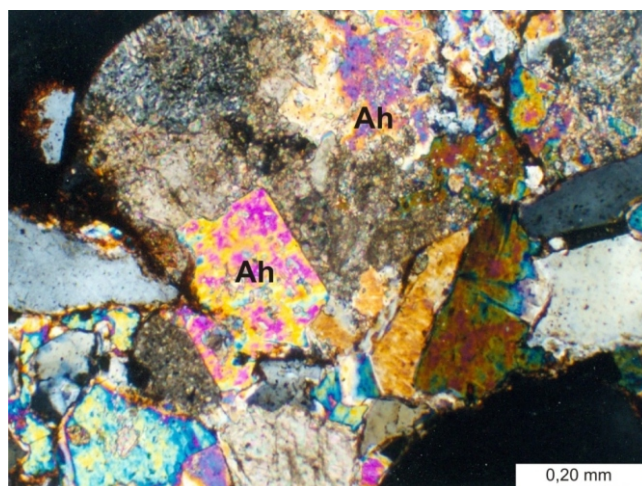


Figura 2.8. Okruch częściowo skalcytyzowanej skały wulkanicznej ulegający anhydrytyzacji in situ. Otwór Piła 1/IG1; głęb. 4429,3 m; nikole skrzyżowane.

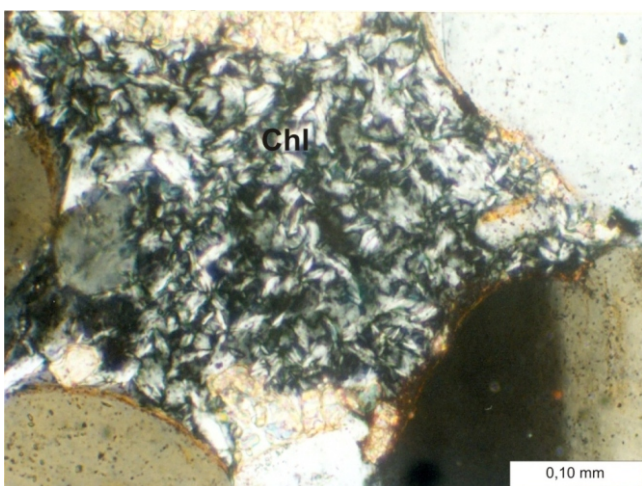


Figura 2.7. Wypełnienie poru w piaskowcu agregatami minerałów ilastych (chloryt). Otwór Piła 1/IG 1; głęb. 5075,1 m; nikole skrzyżowane.

- ziarn kwarcu, skaleni i litoklastów przez kalcyt (Fig. 2.8.),
- ziarn kwarcu, skaleni i litoklastów przez anhydryt (Fig. 2.8.)
- 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, w anhydrycie i węglanach.
- Przeobrażanie; efektami procesów przeobrażania diagenetycznego są agregaty minerałów ilastych. W badanych skałach notuje się w różnym stopniu zargilityzowane okruchy skał wulkanicznych i skaleni.

Generalnie osady czerwonego spągowca w otworze wiertniczym Piła 1/IG1 charakteryzują się słabą porowatością i bardzo niską przepuszczalnością, podobnie jak w otworze Złotów 2, gdzie porowatość osadów wynosi 0,07–5,67%, a przepuszczalność średnio wynosi około 0,025 mD. W profilu otworu Złotów 2 dominują osady mułowcowo-ilaste z podrzędnymi przewarstwieniami piaskowcowymi (Ekiert, 1975).

Badania petrograficzne prowadzone na obszarze przetargowym „Piła” i w jego pobliżu nie wskazały na obecność poziomów zbiornikowych lub stref o dobrych właściwościach petrofizycznych. Jest jednak możliwe, że piaskowce o lepszych właściwościach zbiornikowych znajdują się bliżej stropu utworów czerwonego spągowca w obrębie struktury Chodzieży.

2.1.3. PERM–CECHSZTYN

Dla poszukiwań wystąpień węglowodorów w cechsztylinie 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. Litostratygrafia i miąższość cechsztynu w wierceniu Piła IG 1 jest przedstawiona w zestawieniu poniżej (wg Stratygraficznej bazy danych permu z północnej Polski, Wagner i in., 1999; Tab. 1).

Osady cechsztynu w wierceniu Piła IG 1 mają sumaryczną miąższość 1281 m.

W cechsztylinie najbardziej interesujący złożowo jest poziom węglanów dolomitu głównego oznaczony w tabeli kolorem niebieskim. Analiza dolomitu głównego w obszarze „Piła” jest zamieszczona poniżej.

Obszar „Piła” znajduje się na SW skłonie centralnej, najbardziej miąższej części basenu cechsztyńskiego.

Dolomit główny jest poziomem skał węglanowych występujących u podstawy cechsztyńskiego cyklotemu PZ2 (Wagner, 1994). W poziomie tym występują jednocześnie skały macierzyste i zbiornikowe (Wagner, 1994, 2006; Kotarba & Wagner, 2007) dla węglowodorów. 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

Tabela 1. Litostratygrafia i miąższość utworów cechsztynu w wierceniu Piła IG 1 wg Wagner i in. (1999).

Litostratygrafia	Litologia	Oznaczenie (symbole)	Strop i spąg [m]	Miaższość [m]
FR	Formacja rewalska	T	3099–3127,5	28,5
PZ4 Cyklotem			3127,5–3298	170,5
PZ4d	Subcyklotem PZ4d		3127,5–3148	20,5
PZ4c	Subcyklotem PZ4c		3148–3166,5	18,5
PZ4b	Subcyklotem PZ4b		3166,5–3220,5	54
Na4b	Najmłodsza sól kamienna stropowa	Na	3166,5–3182,5	16
T4bg	Czerwony il solny górny–część górna	T	3182,5–3203	20,5
Na4bp	Sól rozdzielająca	Na	3203–3206	3
T4bd	Czerwony il solny górny–część dolna	T	3206–3220,5	14,5
PZ4a	Subcyklotem PZ4a		3220,5–3298	77,5
Na4ag	Najmłodsza sól kamienna górna	Na	3220,5–3244,5	24
A4ag	Anhydryt pegmatytowy górny	A	3244,5–3245	0,5
Na4ad	Najmłodsza sól kamienna dolna	Na	3245–3279	34
A4ad	Anhydryt pegmatytowy dolny	A	3279–3280	1
Na4ap	Sól podścielająca	Na	3280–3281,5	1,5
T4a	Czerwony il solny dolny	T	3281,5–3298	16,5
PZ3 Cyklotem			3298–3581,5	283,5
Na3t	Młodsza sól kamienna ilasta	Na	3298–3342,5	44,5
Na3	Młodsza sól kamienna	Na	3342,5–3549	206,5
A3	Anhydryt główny	A	3549–3575,5	26,5
Ca3	Dolomit płytowy	Ca	3575,5–3580,5	5,0
T3t	Szary il solny	T	3580,5–3581,5	1
PZ2 Cyklotem			3581,5–4155,5	574,0
A2r	Anhydryt kryjący	A	3581,5–3583,5	2
K2p	Starsza sól potasowa	K	3583,5–3612,5	29
Na2	Starsza sól kamienna	Na	3612,5–4147,5	535
A2	Anhydryt podstawowy	A	4147,5–4149	1,5
Ca2	Dolomit główny	Ca	4149–4155,5	6,5
PZ1 Cyklotem			4155,5–4380	224,5
A1g	Anhydryt górny	A	4155,5–4205,5	50
Na1g	Najstarsza sól kamienna	Na	4205,5–4335	129,5
A1d	Anhydryt dolny	A	4335–4375	40
Ca1+T1m	Wapień cechsztyński + łupek miedzionośny	T+Ca	4375–4380	5

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; Wagner i in., 2000), 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 paleomiaższością przedstawiono na mapie paleogeograficznej dolomitu głównego (Wagner, 2012), której fragment dotyczący obszaru „Piła” stanowi załącznik tego opracowania (Fig. 2.9.).

Obszar „Piła” w dolomicie głównym (Ca2) był położony na pomorskim odcinku równi basenowej, która rozwinęła się na obszarze centralnej bruzdy sedimentacyjnej odziedziczonej po cyklocie PZ1 i usytuowanej na platformie paleozoicznej między strefą tektoniczną T-T i frontem fałdowań waryscyjskich. Systemy depozycyjne osadów równi basenowej charakteryzują się kondensacją i niskoenergetycznym środowiskiem sedimentacji, poniżej podstawy fałdowania. Miąższość osadów węglanowych jest z reguły <10 m, a bardzo często nie przekracza 5 m. W obrębie równi basenowej można tu wyróżnić dwie strefy:

- część głębszą,
- część płytszą.

Głębsza część równi basenowej była kontynuacją rozwoju depocentrum cyklotemu PZ1 w fazie sedimentacji ewaporatów. W dolomicie głównym tworzyły się tu ciemnoszarej barwy mikryty (madstony) laminowane – rytmy, wapienne i dolomitowe, o małej miąższości (najczęściej <10 m). Laminacja jest gęsta i występuje w odstępach milimetrycznych, a ciemnoszare, prawie czarne, laminy były zbudowane z substancji ilastej i substancji organicznej. Substancja organiczna pochodzi prawdopodobnie z opadu szczątków martwego fitoplanktonu. Osady te powstały w głębokim basenie sedimentacyjnym na obszarze bruzdy centralnej, stanowiącej depocentrum cyklotemu PZ2, którego maksymalna głębokość mogła dochodzić do 400 m. a sedimentacja odbywała się w warunkach redukcyjnych. Dobrym przykładem takich osadów jest profil Ca2 z otworu wiertniczego Szubin IG 1.

Płytsza część równi basenowej występowała na obrzeżach części głębszej. Tworzyły się tu głównie dolomity, a przewarstwienia madstonów warstwowanych występują w odstępach centymetrycznych (Protas, 1990). W strefach najpłytszych pojawiają się cienkie przewarstwienia wakstonów i niekiedy pakstonów utworzonych w wyniku działania dennych prądów trakcyjnych lub prądów zawieszinowych. Muły węglanowe były miejscami stabilizowane mikrobialnie. Przerosty i

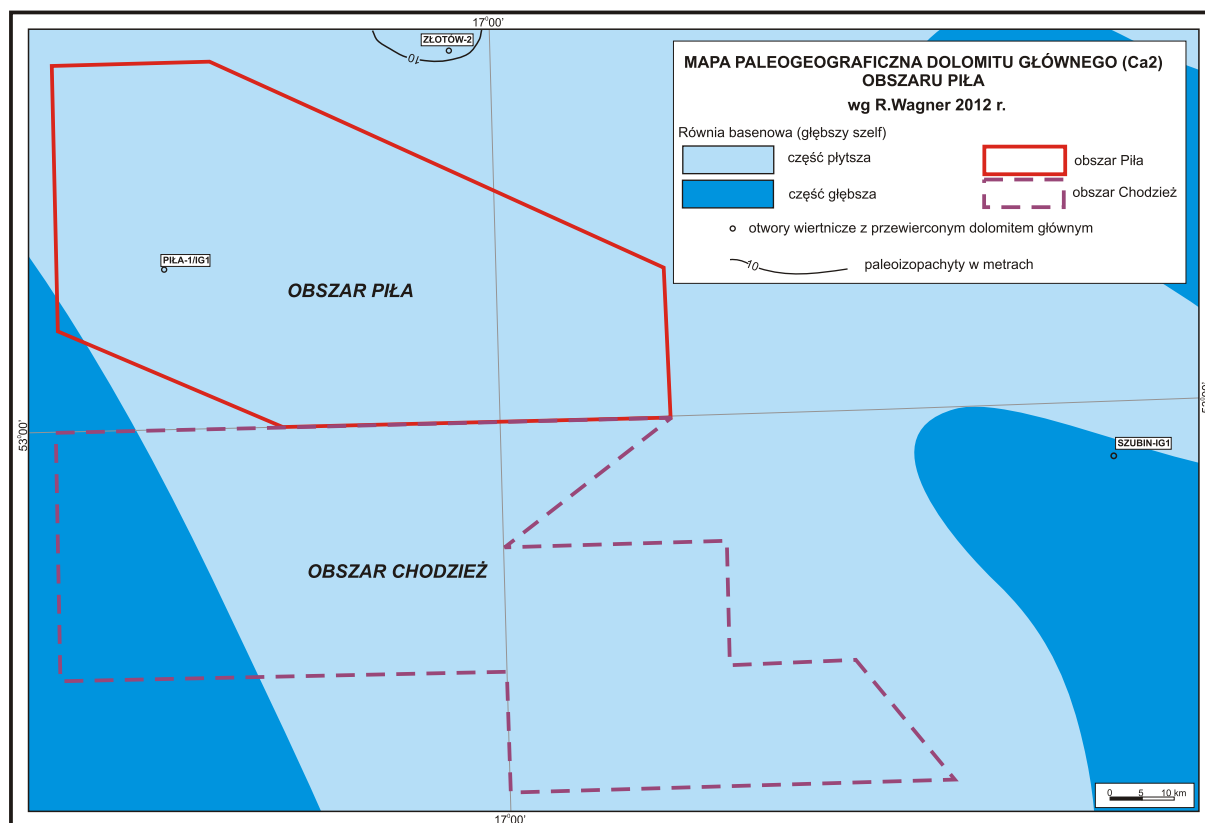


Figura 2.9. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego w rejonie obszaru „Piła” oraz przylegającego do niego obszaru „Chodzież”; wg Wagnera (2012).

cienkie przewarstwienia mikrobialne mogły powstać przez zasiedlenie dna przez sinice bentoniczne, w płytszym etapie rozwoju basenu lub przez opad szczątków fitoplanktonu.

Miąższość dolomitu głównego waha się od kilku do kilkunastu metrów, a lokalnie może wzrosnąć do dwudziestu kilku metrów.

W obrębie płytszej równi basenowej występują miejscami **izolowane mikroplatformy węglanowe** utworzone na wypiętrzeniach morfologicznych dna basenu. Poznano ich kilkanaście i są one zgrupowane głównie w otoczeniu platformy gorzowskiej, w dużej zatoce zielonogórskiej, na SE obrzeżu platformy pomorskiej i pojedyncze w zatoce nadbałtyckiej (Peryt & Dyjaczynski, 1991; Wagner, 1994; Dadlez i in., 1998; Wagner, 2012). Powierzchnia tych mikroplatform waha się od kilku do kilkudziesięciu kilometrów kwadratowych. Miąższość dolomitu głównego zmienia się w szerokich granicach, od kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Litofacjalnie profile dolomitu są bardzo urozmaicone w zależności od wielkości mikroplatform. Większe z nich mają budowę zbliżoną do dzisiejszych atolów, z onkoidowo-ooidowymi barierami i otaczającymi spokojniejszą lagunę. Generalnie sedymentacja odbywała się tu w warunkach wysokiej energii hydrodynamicznej oraz świeżych (o mniejszym zasoleniu) wód morskich. Typowy, o ile można tak powiedzieć, profil jest w zasadzie trójdzielny. W dolnej części przeważają bandstony i pakstony bioklastyczne, rzadziej greinstony, w środkowej części wakstony, rzadziej madstony, z przewarstwieniami pakstonów, w górnej dominują greinstony onkoidowo-ooidowe, stabilizowane mikrobialnie z poziomami bandstonów cjanobakteryjnych. Bardzo charakterystyczne jest występowanie znacznych nagromadzeń budowli mikrobialnych

typu stromatolitów kopułowych i trombolitów oraz obfitości gruboskorupowej fauny małżów i ślimaków. Stoki mikroplatform są z reguły dość strome i często występują tu brekcje i spływy grawitacyjne osadów oraz osady prądów zawieszinowych.

Na obszarze „Piły” występuje płytsza część równi basenowej. Jest ona rozpoznana jednym profilem Ca₂ z otworu wiertniczego Piła IG1. Dolomit główny o miąższości 6,5 m jest zbudowany z dolomitowych mikrytów (madstonów), regularnie warstwowanych i laminowanych substancją ilasto-organiczną. W górnej części profilu występują warstwy laminatów węglanowych, przedzielonych bardziej masywnymi mikrytami warstwowanymi o miąższościach decymetrowych z nieliczną fauną otwornic i małżoraczków. W dolnych 2 metrach dominują laminowane mikryty (madstony). W całym profilu występuje pył piritowy, tworzący miejscami niewielkie konkretne. Środowisko sedymentacji było bardzo spokojne, czasami stagnujące, w którym osadzały się sublitoralne muły węglanowe, poniżej podstawy falowania. Były to osady z zawiesiny, rzadziej osady słabych, dennych prądów trakcyjnych. Widoczna jest biostabilizacja osadów w postaci lamin organiczno-ilastych zawierających przerosty i filamenty mikrobialne.

Osady dolomitu głównego z otworu wiertniczego Piła IG1 należą do systemu zwartych kompleksów skał macierzystych typu madstonów, powszechnie występujących w obszarze równi basenowej (Wagner, 2006; Kotarba & Wagner, 2007). Jest wysoce prawdopodobne, że na całym obszarze „Piły” występują podobne skały, przy braku występowania skał zbiornikowych. Prawdopodobieństwo wykrycia izolowanych mikroplatform węglanowych ze skałami zbiornikowymi jest na tym obszarze bardzo małe.

W związku z tym obszar „Piła” należy traktować jako obszar o bardzo małej perspektywiczności w dolomicie głównym.

2.1.4. TRIAS

W planie struktur podkenozoicznych obszar „Piła” jest zlokalizowany w SW części wału pomorskiego. Strop triasu położony jest tu na głęb. ok. 700-1500 m p.p.m., zapadając z NW ku SE (Górecki, 2006). Obszar położony jest w osiowej strefie basenu triasowego Polski Niżowej, co powoduje, że profil skał systemu jest pozbawiony znaczących luk stratygraficznych (Szyperko-Teller, 1987; Gajewska, 1987; Franczyk, 1987). Miąższość osadów systemu waha się między 1600 i >2000 m, osiągając najwyższe wartości w NW i centralnej części obszaru. W otworze Piła IG1 miąższość ta wynosi 2031 m (CBDG, 2015). Miąższość triasu dolnego (pstry piaskowiec) waha się między 800 i 1200 m, wzrastając z południa na północ i NE (Szyperko-Teller, 1987). Wapień muszlowy wykazuje wyrównaną miąższość między 180 i 200 m. Spada ona do ok. 160 m jedynie w skrajnie SE części obszaru (Gajewska, 1987). Niższa część kajpru (od dołu profilu: warstwy sulechowskie, warstwy gipsowe dolne, piaskowiec trzcinowy, warstwy gipsowe górne) osiąga miąższość między 200 i 400 m, przy czym wzrasta ona z NE ku SW i zachodowi (Gajewska, 1987). W NE oraz w skrajnie SW części obszaru w profilu triasu brak jest warstw gipsowych górnych i piaskowca trzcinowego (Gajewska, 1987). Najbardziej wyrównaną miąższość wykazują osady wyższego kajpru (warstwy zbąszyńskie i jarkowskie oraz warstwy z *Trileites*), która na całym obszarze wynosi ok. 400 m (Franczyk, 1987). Profil triasu jest zdominowany przez osady iłowcowo-mułowcowe, przeważające zarówno w triasie górnym (kajper bez warstw sulechowskich; barwy szare, pstre, wiśniowe), jak i dolnym (pstry piaskowiec; barwy brunatne). Piaskowce występują jedynie w ogniwie piaskowca trzcinowego kajpru oraz jako podrzędne przewarstwienia w warstwach z *Trileites* (najwyższy trias), warstwach sulechowskich (kajper dolny) oraz w spągowych partiach poszczególnych ogniw górnego i środkowego pstręgo piaskowca (trias dolny). Są to głównie piaskowce drobnodziarniste w górnym triasie – szare, brązowe i pstre w dolnym – przeważnie czerwone. W warstwach gipsowych dolnych w otworze Piła 1/IG 1 wyinterpretowano z pomiarów geofizycznych warstwę soli z anhydrytem na głęb. 1557,5–1577,5 m p.p.m., czyli 489,5 m poniżej stropu triasu (Żelichowski, 1985). Ponadto zarówno w warstwach gipsowych dolnych, jak i górnych, występują w iłowcach przewarstwienia i konkrecje siarczanowe. Wapień muszlowy triasu środkowego jest wykształcony w postaci wapieni, wapieni marglistych, dolomitów i iłowców przeważnie szarej barwy. Cienkie przewarstwienia wapieni występują również w górnym pstrym piaskowcu oraz w dolnej części środkowego pstręgo piaskowca. Najniższe ogniwo triasu dolnego (dolny pstry piaskowiec – formacja bałtycka) jest zbudowany wyłącznie z iłowców i mułowców z nielicznymi cienkimi przewarstwowaniami wapieni. Trias dolny deponowany był początkowo w lagunie o obniżonym zasoleniu, następnie na równi aluwialnej (Iwanow & Kiersnowski, 1998). Górny pstry piaskowiec jest pierwszym osadem płytkiego zbiornika morskiego, który rozwinął się w pełni w środkowym triasie, pozostawiając osady wapienia muszlowego (Iwanow, 1998). Kajper jest głównie osadem lądowym równi aluwialnej, która czasowo mogła przekształcać się w peryferyjną lagunę o obniżonym lub podwyższonym zasoleniu (Iwanow, 1998).

Na podstawie wstępnych badań geochemicznych przeprowadzonych w otworze Piła 1/IG 1 można stwierdzić, że

szare utwory triasu są mało perspektywiczne dla generowania ropy naftowej i gazu ziemnego. W skałach triasu górnego i środkowego stwierdzono występowanie bituminów w ilości średniej odpowiednio 0,007 i 0,016%, w których zawartość węglowodorów waha się między 16 i 56% (nieco wyższa dla triasu środkowego; rozdział 3.3.). Bituminy występujące w wyższych ilościach zawierające wysoki udział węglowodorów mają charakter epigenetyczny (rozdział 3.3.).

2.1.5. JURA

Na obszarze „Piła” spodziewany profil jurajski jest bardzo zmienny i zależy od tego, której części dotyczy. Na całym obszarze utwory jurajskie występują bezpośrednio pod utworami oligocenu i miocenu. Jest to wynik erozji epigenetycznej podczas inwersji bruzdy śródpolskiej. Ponieważ omawiany obszar jest zlokalizowany w rejonie, na którym erozja kredowo-paleogeńska dotknęła również utwory jurajskie, pod utworami kenozoiku występują różne jurajskie ogniwa wiekowe. W jedynym głębokim otworze odwierconym na obszarze przetargowym – otworze Piła IG 1 – oraz w otworze Złotów 1 zlokalizowanym w kierunku NE od granicy obszaru „Piła”, najmłodsze zachowane utwory reprezentują najstarszą jurę środkową (aalen) (Dayczak-Calikowska, 1985; CBDG, 2015). Ponieważ otwory te są zlokalizowane po SW stronie antyklinorium śródpolskiego, należy się spodziewać, że w miarę przesuwania się na północ obszaru, luka stratygraficzna będzie się powiększać i bezpośrednio pod kenozoiczną pokrywą osadową występować będą utwory aalenu lub wyższej dolnej jury.

Odmiennej sytuacji należy się spodziewać w miarę przesuwania się ku południowi i wschodowi. Profile, usytuowanych na południe od Piły, dwóch płytkich kartograficznych otworów wiertniczych Mirosław IG2 (głęb. 500 m) i Mirosław IG1 (głęb. 250 m) obejmują również młodsze osady jurajskie (Dadlez & Dembowska, 1965). W otworze Mirosław IG2, położonym bliżej otworu Piła IG1, stwierdzono pełny profil jury środkowej i znaczną część oksfordu. Otwór Mirosław IG1 pod kenozoikiem napotkał utwory kimerydu, w których został zakończony. We wschodnim krańcu obszaru przetargowego „Piła” zlokalizowano jeszcze 3 płytkie kartograficzne otwory wiertnicze: Piłka, Józefowice i Białosłiwie, w których pod utworami kenozoiku nawiercono utwory kimerydu górnego (Piłka – 103,0 m, Białosłiwie – 27,4 m) lub dolnego (Józefowice). Ich obecność dowodzi, że we wschodniej części obszaru należy spodziewać się prawie pełnego profilu jury (Brochwicz-Lewiński, 1987).

Spąg utworów jurajskich przewiercono jedynie w głębokim otworze Piła IG 1, w którym położony jest na głęb. 1068,5 m. W wierceniu Złotów 1 leży on na głęb. 1300,0 m. W obu wierceniach występują one zgodnie i bez znaczącej luki stratygraficznej na utworach najwyższego triasu (retyku).

Profil jury dolnej jest wykształcony w postaci występujących naprzemiennie kompleksów piaskowcowych i mułowcowo-iłowcowych. Dolny odcinek (hettang, synemur) tworzą formacje: zagajska, skłobska i ostrowiecka (Pieńkowski, 2004), wykształcone głównie w postaci piaskowców, niekiedy z wkładkami mułowców. Łączna ich miąższość wynosi 371,0 m. Formacje te odpowiadają w dawniejszym podziale litostratygraficznym (Dadlez, 1969) warstwom mechowskim dolnym i środkowym, górnym oraz warstwom radowskim, które w otworze Piła IG 1 mają odpowiednio 118,5 m, 51,0 m i 201,5 m. Są to utwory powstałe na przemian w środowisku płytkomorskim i lądowym. Nadległa formacja łobeska (= warstwy łobeskie) ma miąższość 56,5 m i wykształcona jest jako ciemnoszare iłowce i mułowce z cienkimi wkładkami pias-

kowców. Są to utwory powstałe w zbiorniku morskim. Powyżej stwierdzono formację komorowską (=warstwy komorowskie) o miąższości 175,0 m. Jest to głównie kompleks piaszczysty, z nielicznymi, cienkimi wkładkami mułowców. Obie te formacje wiekowo odpowiadają dolnemu i górnemu pliensbachowi (Franczyk, 1987). Najmłodsze utwory jury dolnej (toarku) są reprezentowane przez formację ciechocińską (=warstwy gryfickie) o miąższości 131,0 m i formację borucicką (=warstwy kamieńskie) o miąższości 71,5 m. Formacja ciechocińska jest wykształcona w postaci iłowców i mułowców jasnoszarych, w których spotyka się esterie (Dadlez, 1969) osadzonych w środowisku brakicznej zatoki morskiej (Pieńkowski, 2004). Natomiast formację borucicką tworzy kompleks jasnoszarych piaszczystych o fluwalnej genezie.

Jura środkowa w wierceniu Piła IG 1 jest reprezentowana jedynie przez dwa kompleksy mułowców rozdzielone przez kompleks piaszczysty o łącznej miąższości 78,5 m. Na podstawie korelacji regionalnych utwory te zaliczono do aalenu (Dayczak-Calikowska, 1985). Strop utworów jurajskich w tym otworze znajduje się na głęb. 185,0 m.

Jak już wspomniano, w miarę przesuwania się w kierunku południowym i wschodnim profil jury środkowej staje się coraz pełniejszy. W otworze Mirosław IG 2 ma on 150,2 m i obejmuje pełny profil (od aalenu po kelowej włącznie; Dayczak-Calikowska, 1987). Profil jest wykształcony w postaci występujących na przemian kompleksów piaszczystych i iłowców, przy czym dolna część profilu (aalenu, bajos) jest zdominowana przez utwory piaszczyste, natomiast górna (baton, kelowej) – przez utwory bardziej drobnoziarniste.

W południowej części obszaru stwierdzono występowanie utworów oksfordu (Mirosław IG 2 – 191,4 m). Są to utwory mułowcowe barwy ciemnoszarej, z podrzędnymi wkładkami wapieni marglistych oraz z fauną amonitową (Dadlez & Dembowska, 1965), wydzielane jako formacja Łyny (Dembowska, 1979; Niemczycka, 1997). Utwory kimerydu nawiercone we wschodniej części obszaru (Mirosław IG 1, Piłka, Józefowice, Białosłowie) są wykształcone w facji margli z wkładkami iłowców i łupków marglistych z fauną amonitową i reprezentują formację pałucką.

Strop utworów jurajskich na obszarze „Piła” w omówionych otworach wiercniczych znajduje się na głębokości od 128,4 m (Mirosław IG 2) do 185,0 m (Piła IG 1) (CBDG, 2015).

2.1.6. KREDA

Na przeważającej części obszaru „Piła” utwory kredy obecnie nie występują. Pokrywa osadowa, zdeponowana tu w czasie kredy, została usunięta w wyniku inwersji tektonicznej osiowej strefy bruzdy śródpolskiej w najmłodszej kredzie i wczesnym paleogenie (Marek & Pajchłowa, red., 1997). Najniższe ogniwa kredy dolnej (berias–walańżyn), o niewielkiej miąższości zapewne nie przekraczającej 200 m, mogą występować jedynie w skrajnie południowej i SW, ewentualnie także wschodniej części obszaru. Utwory te są reprezentowane przez łupki ilaste i mułowcowe oraz margle ilaste z wkładkami anhydrytów i gipsów oraz wapieni organodetrytycznych (berias dolny), czarne i ciemnoszare iłowce i łupki ilaste i mułowcowe, lokalnie z syderytami (berias środkowy- niższy walańżyn dolny, formacja rogoźniańska), facje piaszczyste z wkładkami mułowców i iłowców (wyższy dolny walańżyn, formacja bodzanowska), oraz mułowce z wkładkami piaszczystych oraz iłowców (walańżyn górny, formacja włocławska).

2.1.7. KENOZOIK

Klastyczne osady kenozoiku na obszarze „Piła” osiągają miąższość ponad 180 m (profil wiercenia Piła IG 1). Na przykładzie profilu Piła IG 1 wydzielono utwory paleogenu (oligocen) oraz neogenu (miocen i holocen). Są to piaszczyste, piaski, żwiry oraz iłowce o różnym stopniu konsolidacji. Skały te nie mają znaczenia zbiornikowego ani uszczelniającego.

2.2. BUDOWA STRUKTURALNA

Obszar „Piła” znajduje się w obrębie antyklinorium śródpolskiego w południowej części jednostki strukturalnej niższego

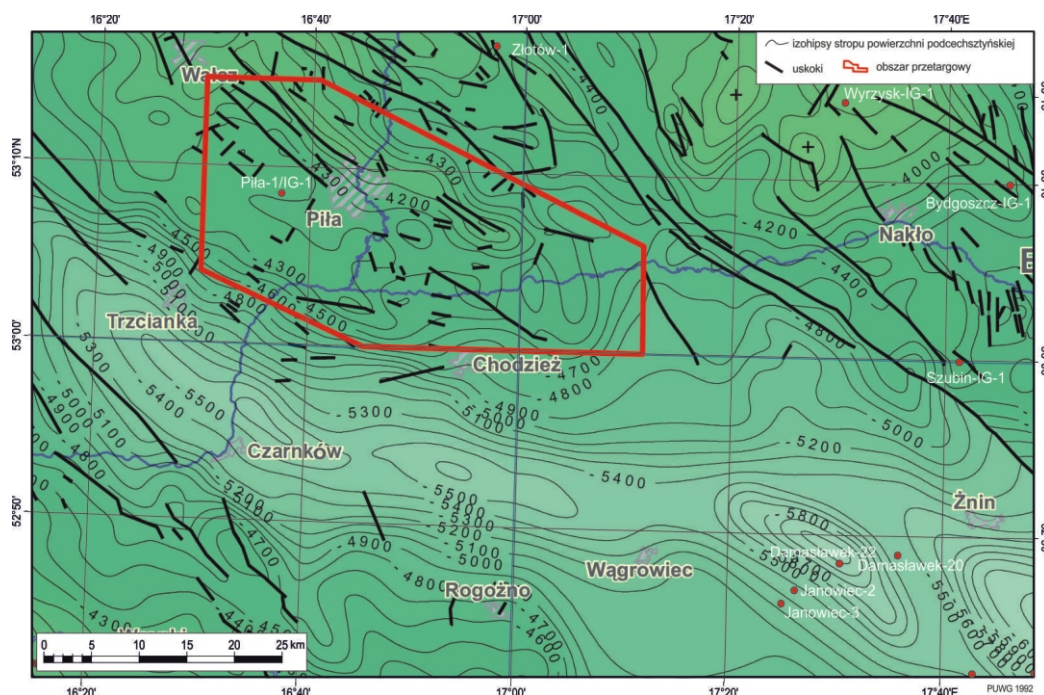


Figura 2.10. Fragment mapy strukturalnej powierzchni podczechsżyńskiej w rejonie obszaru „Piła” (Kudrewicz, 2007).

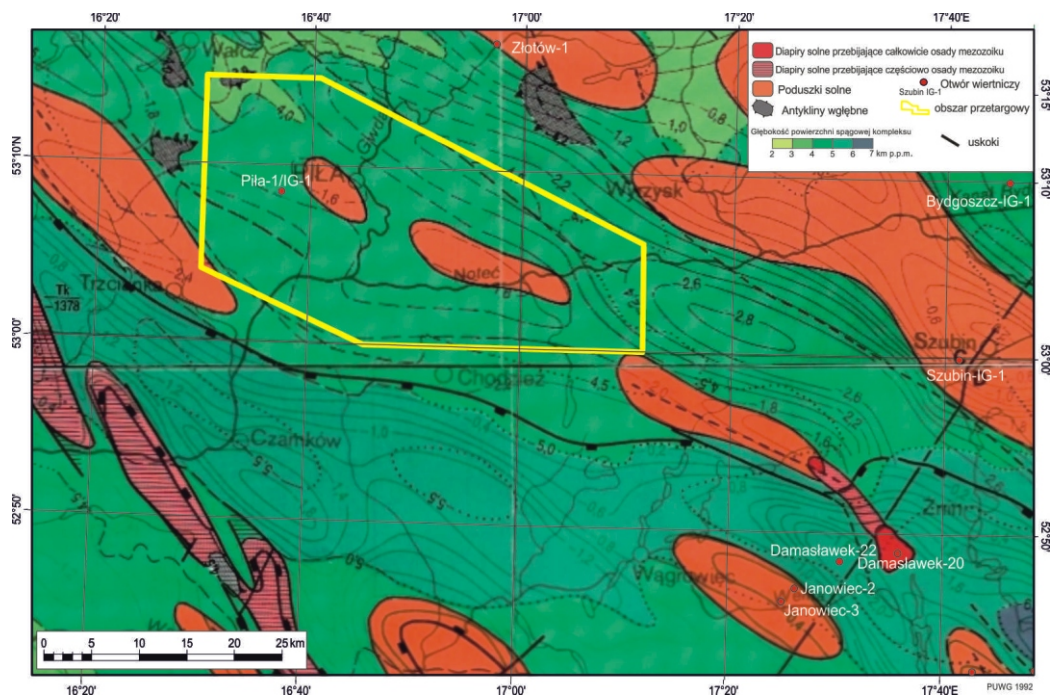


Figura 2.11. Fragment mapy tektonicznej kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego w rejonie obszaru „Piła” (Dadlez i in., 1998).

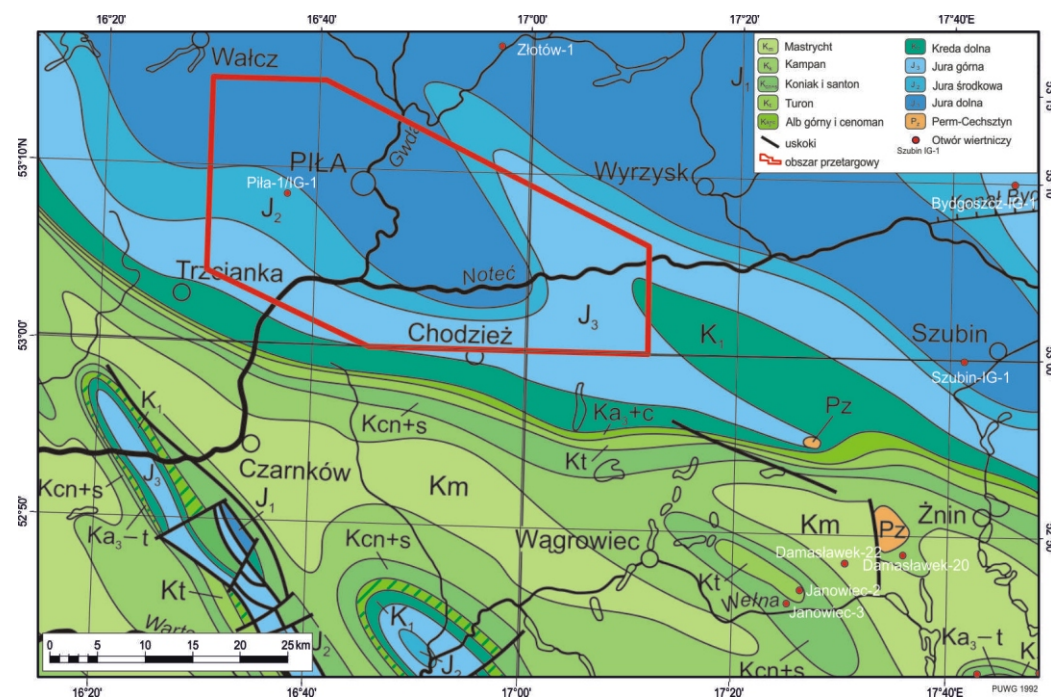


Figura 2.12. Fragment mapy geologicznej Polski bez utworów kenozoiku w rejonie obszaru „Piła” (Dadlez i in., 2000).

rzędu nazywanej segmentem pomorskim (Żelaźniewicz i in., 2011). Ze względu na niewielkie pokrycie sejsmiczne oraz słabą jakość danych sejsmicznych uzyskiwaną pod solami cechsztyńskimi, budowa strukturalna podłoża cechsztynu jest stosunkowo słabo zbadana.

Morfologia powierzchni podcechsztyńskiej w zasięgu analizowanego obszaru jest zróżnicowana (Fig. 2.10.).

W północnej i centralnej części obszaru „Piła” znajduje się wyniesienie o rozciągłości NW–SE, kontynuujące się w kierunku NW poza zasięg obszaru. W osiowej części wyniesienia powierzchnia spągu cechsztynu zalega na

głębokości ok. 4100–4000 m p.p.m.. W kierunku SW, S i E od wyniesienia powierzchnia obniża się do ok. 4600–4700 m p.p.m., a w kierunku NE do głębokości ok. 4400–4500 m p.p.m. Powierzchnia spągu cechsztynu rozcięta jest licznymi uskoka- mi o dominującym przebiegu na kierunku NW–SE (Fig. 2.10.).

Należy dodać, że wyniki najnowszego przekroju sejsmi- cznego Obrzycko–Zabartowo zlokalizowanego w SE części obszaru „Piła” (Fig. 6.1–6.3.) zmieniają częściowo przedsta- wioną na Fig. 2.10. mapę strukturalną powierzchni podcech- sztyńskiej.

Liczne struktury tektoniczne, takie jak uskoki inwersyjne, nasunięcia, fałdy i struktury typu pop-up, obejmujące utwory dolnej części cechsztynu i powierzchnię podcechsztyńską, widoczne na profilu sejsmicznym T0040182 (Fig. 6.3.), wskazują na ich powstanie w reżimie kompresyjnym lub transpresyjnym.

Utwory górnego cechsztynu i mezozoiku są ujęte w fałdy o orientacji ich osi na kierunku NW–SE. Idąc od SW granicy obszaru „Piła” w kierunku NE widoczne jest przejście ze skłonu synkliny w dwukulminacyjną antyklinę, która jest przedzielona stosunkowo płytkim przegłębieniem (Wnuk & Świerczewska, 1995). Dalej w kierunku ku NE obserwuje się przejście do kolejnej synkliny również o przebiegu NW–SE (Fig. 2.11.). W przegubach synklin osady cechsztyńskich soli kamiennych zostały tektonicznie wyciśnięte w kierunku jąder antyklin, tworząc poduszki solne.

W powierzchni podkenozoicznej na prawie całym obszarze odsłaniają się utwory jury z wyjątkiem części wschodniej, gdzie znajdują się osady kredy dolnej (nierozdzielonej) (Fig. 2.12.). Starsze ogniwa stratygraficzne (jura dolna) odsłaniają się ponad poduszkami solnymi (w części centralnej i północno-zachodniej), natomiast młodsze (jura górna i kreda dolna) zachowane zostały w miejscach obniżzeń strukturalnych (Fig. 2.12.).

2.3. EWOLUCJA GEOLOGICZNA

Po zakończeniu orogenezy waryscyjskiej, w 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). Synsedymantacyjna aktywność uskoków w trakcie depozycji osadów czerwonego spągowca warunkowała ich zmiany miąższości i zróżnicowanie facjalne (Kiersnowski & Buniak, 2006).

Od permu do późnej kredy basen polski był poddawany długotrwałej termalnej subsydencji z wyróżniającymi się trzema głównymi etapami wzmożonej subsydencji: od permu do wczesnego triasu, podczas późnej jury oraz wczesnej kredy (Dadlez, 1997; Stephenson i in., 2003).

Istotną rolę w formowaniu się struktury basenu polskiego odegrała synsedymantacyjna tektonika solna. Ruchy soli zostały zainicjowane już we wczesnym triasie w efekcie wzmożonej fazy ekstensji basenu polskiego, natomiast w późnym triasie dochodziło już do przebijania skał nadkładu i powstawania diapirów solnych. Ruchy mas solnych trwały w różnych miejscach basenu do kenozoiku wpływając na lokalne zmiany miąższości osadów.

Podczas późnej kredy i paleogenu doszło do zmiany pola naprężeń i w efekcie inwersji basenu polskiego (Pożaryski & Brochwic-Lewiński, 1978; Dadlez, 1997; Krzywiec, 2002, 2006; Mazur i in., 2005). Podczas inwersji nastąpiła przebudowa tektoniczna basenu i wyniesienia jego osiowej części (antyklinorium śródpolskiego). W trakcie przebudowy basenu zachodziły zjawiska halotektoniczne cechujące się powstaniem struktur solnych takich jak poduszki tektoniczne i diapiry. W efekcie ruchów doszło do sfałdowania nadkładu soli cechsztyńskich.

W trakcie inwersji w podłożu cechsztynu dochodziło do reaktywacji starszych stref uskokowych oraz powstawania

nowych dyslokacji. Uskoki rozcinające powierzchnię stropu czerwonego spągowca najczęściej wygasają w spągowej części cechsztynu przechodząc we fleksury naduskokowe. Uskoki te często układają się w kulisowe ciągi strukturalne sugerujące udział ruchów przesuwczych w trakcie ich powstawania.

W trakcie przebudowy strukturalnej basenu część uskoków powstałych podczas etapów ekstensji uległa inwersji.

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 między 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 leżących niezgodnie na skałach karbonu utworów czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego. 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

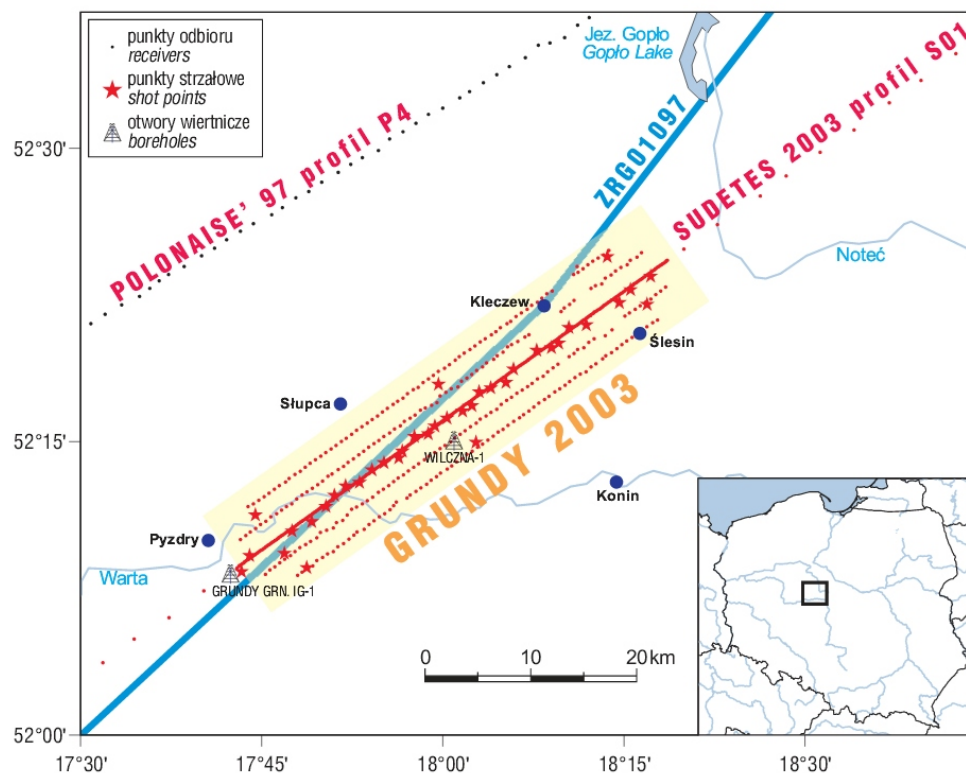


Figura 3.1. Geograficzna lokalizacja eksperymentu Grundy 2003. Zaznaczono także profile głębokich sondowań sejsmicznych (P4 i S01) oraz refleksyjny profil regionalny ZRG01097a (Śliwiński i in., 2006).

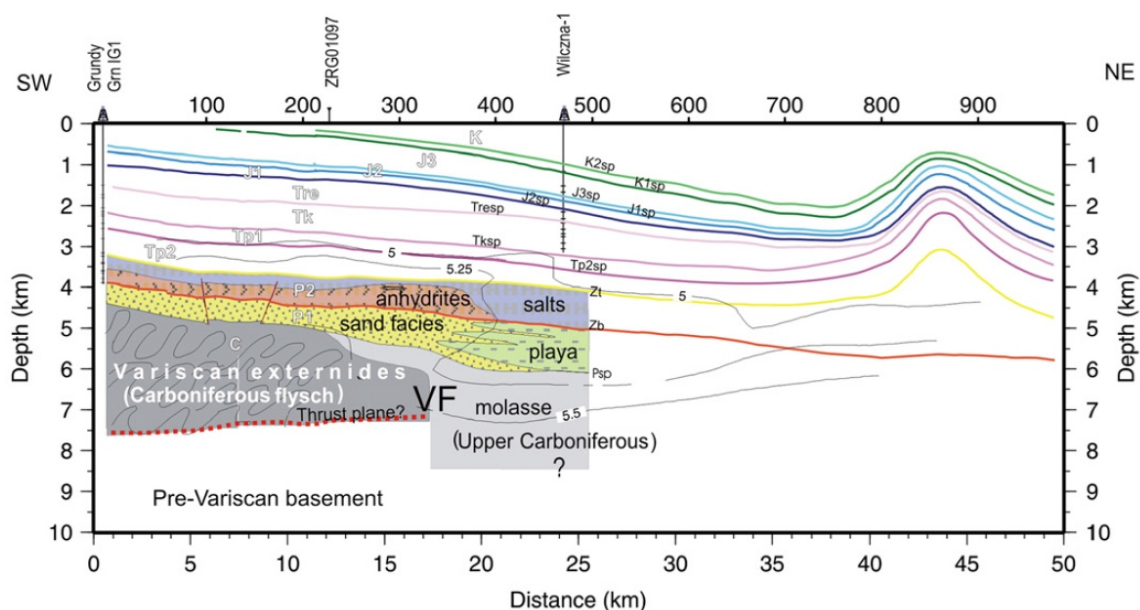


Figura 3.2. Fragment regionalnego przekroju głębokościowego ZRG01097 z interpretacją geologiczną wyników sejsmicznych eksperymentu GRUNDY 2003.

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

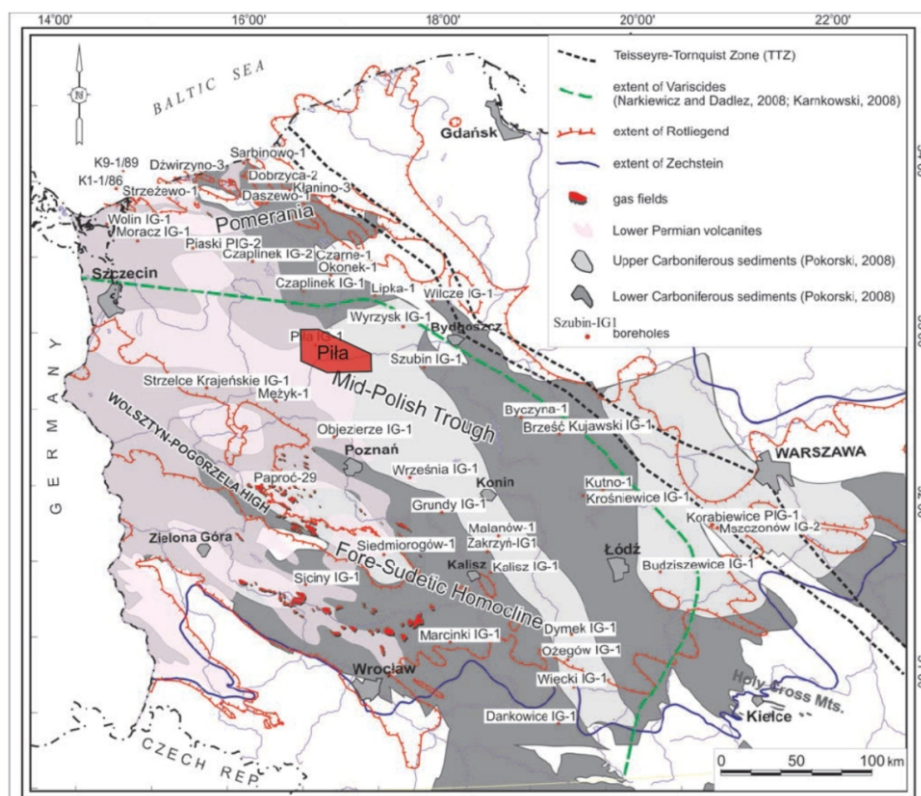


Figura 3.3. Mapa przedstawiająca główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie (wg Reicher, 2008). Zasięg utworów karbonu dolnego i górnego wg Pokorskiego (2008) (Botor i in., 2013).

zlokalizowane na przedpolu polskich ekstermidów 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 (górny 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 (Botor i in., 2013). Charakteryzują się one średnim i doskonałym potencjałem węglowodorowym (Botor i in., 2013). Całkowita zawartość materii organicznej w łupkach turnieju i wizenu wynosi średnio od ok. 1,1–1,5% wag. do maksymalnie 10,7% (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 nawiercających podłoże monokliny przedsudeckiej ma charakterystykę humusowego kerogenu typu III i cechuje się niskim do bardzo dobrego potencjału węglowodorowego. 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 waryscydów (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 „Piła” znajduje się tylko jeden głęboki otwór wiertniczy – Piła 1/IG 1, który nawiercił jedynie 14 m (5468,0–5482,0 m) stropowych, terygeniczných utworów karbonu górnego, datowanych na westfal (Fig. 3.3.). Utwory te wykształcone są jako brunatne ilowce i mułowce z cienkimi – ok. kilka cm miąższości – wkładkami mułowców piaszczystych i piaskowców drobnoziarnistych. Brak danych na temat własności geochemicznych nie pozwala stwierdzić, czy nawiercone skały mają własności skał macierzystych. Nie można wykluczyć, że na terenie obszaru „Piła” znajdują się poziomy macierzyste w obrębie profilu karbonu, który nie został dotychczas rozpoznany wiertniczo.

Obszar przetargowy „Piła” znajduje się w większości w strefie występowania utworów karbonu górnego i dolnego (Fig. 3.3.). Numeryczne modelowania karbońsko-permskiego systemu naftowego basenu polskiego (Botor i in., 2013) sugerują, że obszar przetargowy „Piła” znajduje się częściowo w strefie migracji węglowodorów ze skał macierzystych centralnej części basenu (modelowania nie brały pod uwagę lokalnej migracji wzdłuż stref nieciągłości; Fig. 3.4.).

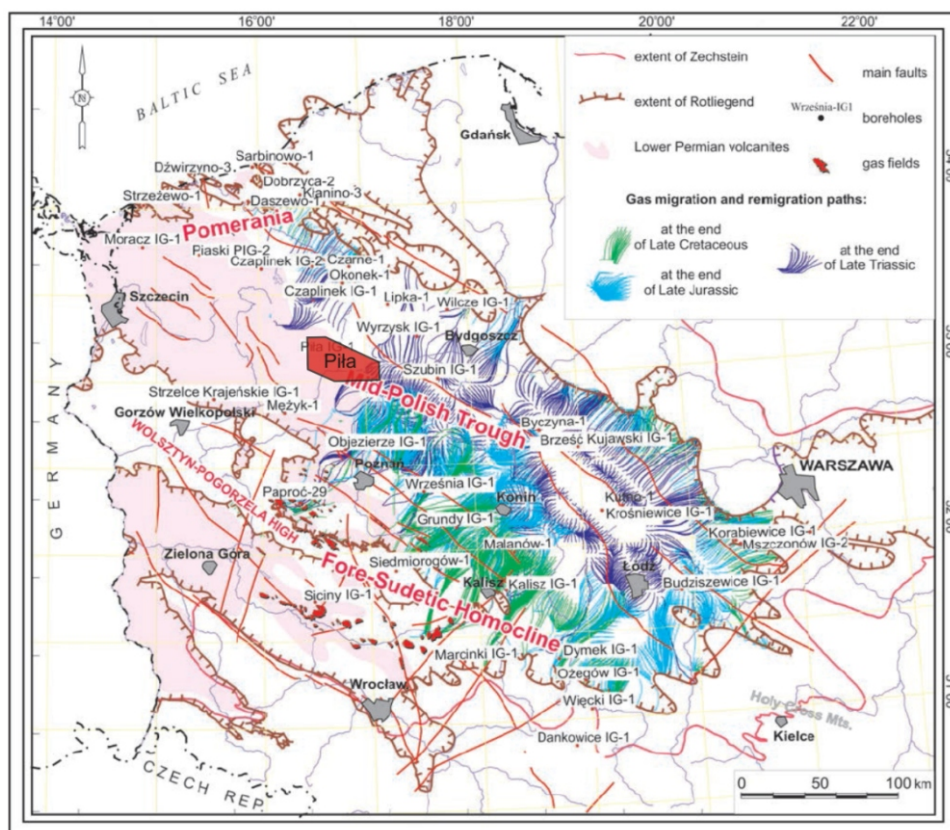


Figura 3.4. Mapa przedstawiająca ścieżki migracji gazu na tle rozprzestrzenienia zbiornikowych utworów czerwonego spągowca (Botor i in., 2013).

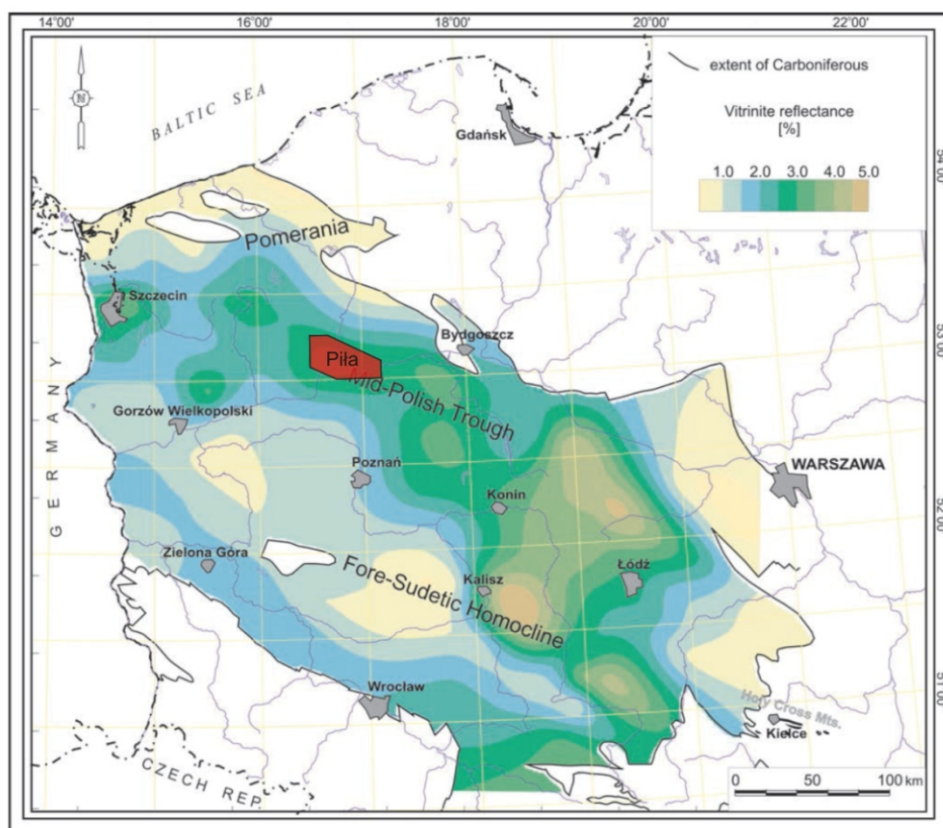


Figura 3.5. Mapa rozkładu dzisiejszej dojrzałości termicznej materii organicznej w stropie utworów karbonu (Botor i in., 2013).

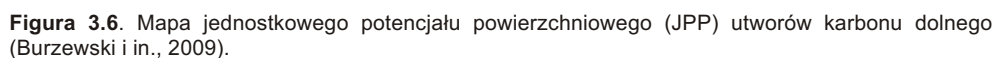


Tabela 3.3.1. Średnia zawartość węgla organicznego w badanych utworach.

Piła IG 1

średnia zawartość % C_{org.}

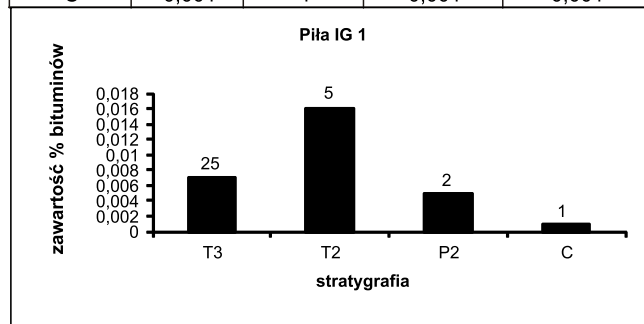
stratygrafia	średnia zawartość % C _{org.}	n
T3	0.15	25
T2	0.35	5
P2	0.45	2
C	0.1	1

stratygrafia

Utwory środkowego triasu zawierają średnio 0,36% ilości węgla organicznego. Minimalna ilość C_{org} w tych utworach wynosi 0,20%, maksymalna ilość C_{org} – 0,60%. Bituminy w utworach środkowego triasu występują w ilości śr. 0,016%, w

Tabela 3.3.2. Średnia zawartość % wag. bituminów w badanych utworach.

Stratygrafia	śr. % bitum.	ilość próbek	max. % bitum.	min. % bitum.
T3	0,007	25	0,015	0,001
T2	0,016	5	0,029	0,012
P2	0,005	2	0,007	0,003
C	0,001	1	0,001	0,001



stropie najwyższa ilość (0,029%). Ilość węglowodorów w bituminach jest zróżnicowana (36–56%). Utwory triasu w tym otworze są mało perspektywiczne dla generowania ropy naftowej i gazu ziemnego.

Słabo przebadane utwory górnego permu zawierają średnio 0,45% ilości węgla organicznego. Minimalna ilość $C_{org.}$ w tych utworach wynosi 0,40%, maksymalna ilość $C_{org.}$ – 0,50%. Bituminy w utworach górnego permu występują w bardzo małej ilości (śr. 0,005%).

Pojedyncza próbka z utworów karbonu wykazała, iż zawierają one śladową ilość węgla organicznego i bituminów.

3.4. CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA ORAZ DOJRZAŁOŚĆ TERMICZNA MATERII ORGANICZNEJ W OSADACH PERM–TRIAS Z WIERCENIA PIŁA IG 1

Badany kompleks osadów permu-mezozoiku, z interwału głębokości 1473,0–1882,0 m (trias) oraz 4159,1–4379,1 m (perm), charakteryzuje się generalnie niezbyt bogatą zawartością materii organicznej (0,2–0,6% planimetrowanej powierzchni próbki).

Analizowany poziom górnego permu zawiera mikrokomponenty reprezentowane zarówno przez pierwotny, jak i wtórny materiał organiczny.

Do grupy pierwotnych składników należą głównie macerały grupy wityritu zbudowane z żelifikowanej tkanki roślinnej. Najczęściej jest to bezstrukturalny kolinit, którego koncentracja w analizowanych skałach węglanowych jest dość znaczna. Towarzyszy mu często bitumin (stałe bituminy). Z macerałami wityritu współwystępuje inertynit (fuzynit, semifuzynit, mikrynit). Najliczniej występującą jest, w badanych osadach, amorficzna materia organiczna, towarzysząca minerałom ilastymi określona jako asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego.

Najbogatsze w substancję organiczną (0,6%) są utwory węglanowo-ilaste górnego permu oraz piaskowce stropowych partii triasu górnego, zawierające jednak głównie materiał pochodzący z redepozycji, a także ilowce spągowych partii triasu środkowego zawierające materię organiczną „in situ”. W osadach triasu środkowego występuje również amorficzna materia organiczna przemieszana z minerałami ilastymi, tworząc asocjację organiczno-mineralną typu bitumicznego. W niewielkiej ilości obserwuje się również impregnacje bitumiczne.

Dojrzałość termiczna materii organicznej w osadach permu i triasu z otworu Piła IG 1 została określona przy zastosowaniu wskaźnika refleksyjności wityritu (% R_o). Analiza jego zmian w profilu pionowym wykazuje wyraźną tendencję wzrostową wraz z głębokością pograżenia – od 0,77–0,78% R_o w osadach triasu górnego (głęb. 1473–1476 m), co wskazuje na główną fazę generowania ropy naftowej; do 1,0–1,1% R_o w osadach triasu środkowego (głęb. 1779,0–1882,0), co odpowiada późnej fazie generowania ropy naftowej; oraz 1,87–2,32% R_o w utworach górnego permu (4159,1–4379,1 m), co wskazuje na główną fazę generowania gazów (Tab. 3.4.).

Wnioski

Piaszczyste utwory górnego triasu uznać należy za niemacierzyste dla generacji węglowodorów. Mają one cechy skał zbiornikowych, zawierają bowiem znaczną ilość epigenetycznych bituminów. Osady ilaste triasu środkowego uznać można za słabe skały macierzyste dla generowania ropy naftowej, natomiast utwory węglanowe i ilaste górnego permu wykazują cechy słabych skał macierzystych dla generowania gazu.

Tabela 3.4. Analiza mikroskopowa materii organicznej Piła IG 1.

Głęb. [m]	Wiek	Litologia	R_o (%)	Wit. [%]	Lip. [%]	Inert. [%]	AOM [%]	$C_{org.}$ [%]
1473,0	T3	psc	0,77	85	5	10		0,6
1475,0	T3	psc	0,78	80	10	10		0,4
1476,0	T3	psc	0,78	85	5	10		0,3
1879,0	T2	iłc	1,10	70		10	15	0,2
1880,5	T2	iłc	1,00	70		15	15	0,3
1881,2	T2	iłc	1,04	75		10	15	0,5
1882,0	T2	iłc	1,05	80		5	15	0,6
4159,1	P2	dol+iłc	1,90	10			90	0,6
4163,6	P2	dol+iłc	1,87	15		5	80	0,5
4379,1	P2	łpk	2,32	15		10	75	0,6

psc – piaskowiec
iłc – iłowiec
dol – dolomit
łpk – łupek

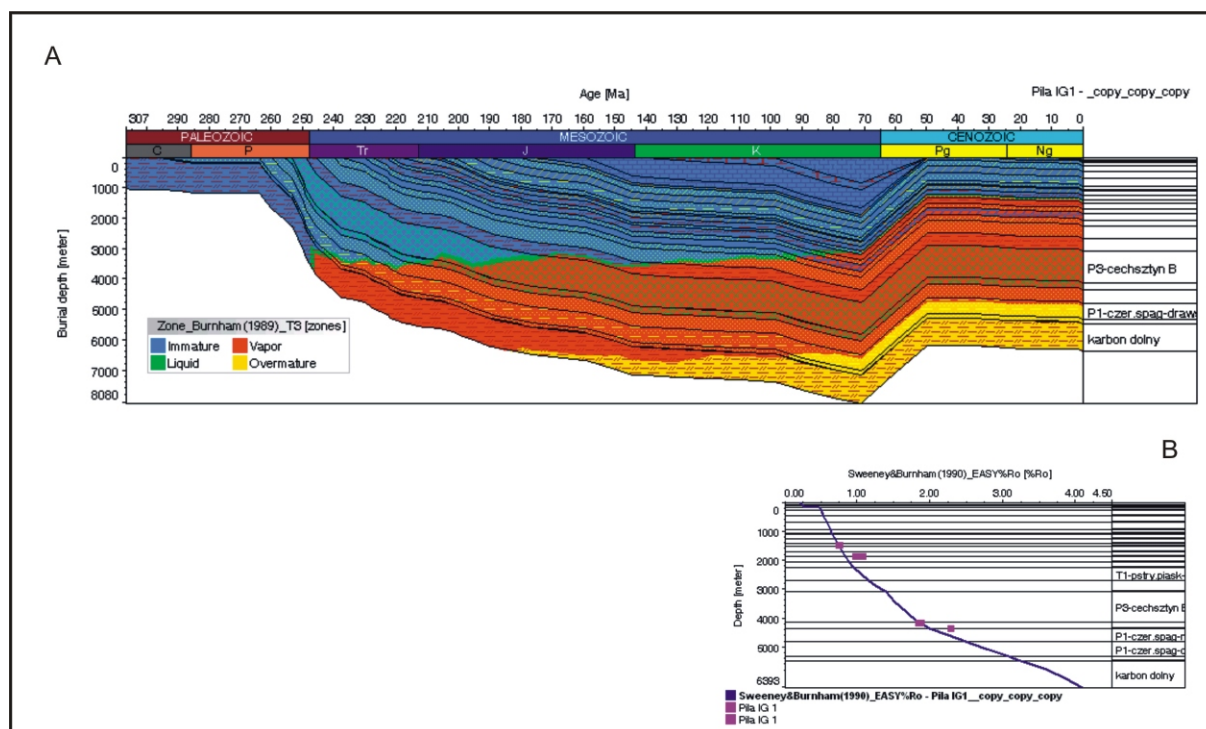


Figura 3.7. Model 1-D historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworu Piła 1/IG 1 (Botor, 2006).

3.5. 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. Botor & Kosakowskiego (2000), Highley i in. (2006) i Al-Hajeri i in. (2009).

Na obszarze „Piła” występuje zaledwie jeden głęboki otwór wiertniczy (Piła 1/IG 1). Przewierca on perspektywiczne utwory zbiornikowe czerwonego spągowca oraz nawierca zaledwie 14 m utworów karbonu, które mogły stanowić potencjalną skałę macierzystą. Charakterystykę dotyczącą wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów dla obszaru „Piła” wykonano na podstawie m.in. wyników modeli przeprowadzonych przez Botor (2006, 2011), Maćkowskiego & Reicher (2006).

W obrębie obszaru „Piła” 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 cechsztynu.

Na podstawie wyników modeli dojrzałości termicznej (Fig. 3.7.) skały macierzyste karbonu obecnie znajdują się w

strefie przejrzalej (wymodelowane wartości refleksyjności witryny wynoszą $>3\% R_o$), zatem w strefie tej wyczerpany został potencjał generacyjny z utworów karbonu. Wysoka dojrzałość utworów karbońskich związana jest prawdopodobnie z istnieniem wulkanitów dolnopermijskich w tym obszarze, niemniej jednak główna faza generowania gazu ziemnego nastąpiła z początkiem triasu, kiedy skały macierzyste zostały pograżone na głębokość ok. 3500 m, osiągając dojrzałość $>1,3\% R_o$. Główna faza generowania trwała do końca jury, kiedy utwory karbonu zostały pograżone na głębokość <6000 m, a ich dojrzałość wzrosła do $>2,6\% R_o$. Wypiętrzanie i erozja, która miała miejsce z końcem kredy, zahamowała dalszy przyrost głębokości i dojrzałości, która ostatecznie została ukształtowana w tym właśnie czasie.

Czas generowania gazu ziemnego na obszarze przetargowym „Piła” jest bardzo korzystny, ponieważ generowanie miało miejsce w mezozoiku, kiedy istniało już regionalne uszczelnienie ewaporatami cechsztynu 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.

Na obszarze „Piła” 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. Główna faza migracji gazu ziemnego z utworów karbonu rozpoczęła się z początkiem triasu i trwała do jego schyłku. Główny strumień gazu migrował pod osadami plai, a następnie – wulkanitów, w kierunku SW (w kierunku Objezierza). W pierwszej kolejności gaz napelniał 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 w kredzie w wyniku wzrostu pogrążenia.

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

3.6. SKAŁY ZBIORNIKOWE I USZCZELNIAJĄCE

Skałami zbiornikowymi są piaskowce czerwonego spągowca. Ich charakterystyka w oparciu o dane z wiercenia Piła IG została przedstawiona w podrozdziale 2.1.2.1. Piaskowce te, głównie pochodzenia eolicznego, występujące w przedziale głębokości 4900–5100 m mają niską porowatość i praktycznie brak przepuszczalności.

W rozdziale 2.1.2. Perm – czerwony spągowiec omówiono możliwość występowania piaskowców zlokalizowanych bliżej stropu utworów czerwonego spągowca, które mogą posiadać własności zbiornikowe. Dotyczy to szczególnie struktury Chodzieży, gdzie strop utworów czerwonego spągowca może znajdować się na głębokości zbliżonej do 4000 m. Na takiej głębokości występują w basenie czerwonego spągowca w Polsce i w Niemczech, złoża gazu. Złoża te są uszczelnione ewaporatami cechsztynu (w Niemczech i w rejonie morza północnego uszczelnione są również ilowcami oraz poziomami soli w utworach czerwonego spągowca). W polskim basenie czerwonego spągowca nie jest rozstrzygnięta kwestia uszczelnień wewnątrz osadów czerwonego spągowca. Nie stwierdzono występowania poziomów soli, a poziomy skały ilaste mają różną miąższość i ograniczone zasięgi lateralne. Występuje możliwość uszczelnienia gazu w piaskowcach w systemie tight gas. Aspekt ten omówiono w rozdziale 2.1.2. Należy dodać, że w przypadku głęboko pogrzebanych piaskowców można się spodziewać systemu naftowego określanego jako Basin Centered Gas System, w którym uszczelnienie gazu stanowi unieruchomiona woda kapilarna (Kiersnowski i in., 2010). Powstanie takiego złoża gazu, traktowanego jako złoża niekonwencjonalne, uzależnione jest od historii pogrążania i dojrzałości termicznej skał macierzystych jak i zbiornikowych (Fig. 3.7), gdyż gaz zamknięty na dużej głębokości może ulec destrukcji (Wójcicki i in., 2014).

4. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU „PIŁA”

Dane w oparciu o bazę danych MIDAS – PIG-PIB

W granicach obszaru przetargowego „Piła” nie występują udokumentowane złoża węglowodorów; w najbliższym sąsiedztwie (Fig. 4.1.) złoża:

- około 50 km na SW, eksploatowane złożo ropy naftowej **Grotów** (NR 10254). Złożo zostało udokumentowane w 2005 r. w Pikulski (2006);
- około 57 km na SW, eksploatowane złożo gazu ziemnego **Międzychód** (GZ 9502). Złożo zostało udokumentowane w 2003 r. w Pikulski (2003a);
- około 68 km na SW, eksploatowane złożo ropy naftowej **Lubiatów** (NR 9736). Złożo zostało udokumentowane w 2003 r. w Pikulski (2003b). Najnowszy dodatek: Szczawińska (2005).

Złoża te dotyczą węglowodorów w cechszyńskim dolomicie głównym. Znajdują się w znacznej odległości od obszaru „Piła”. Ten typ złóż nie jest spodziewany na obszarze „Piła”. Niekonwencjonalne złoża gazu typu tight gas zostały

stwierdzone wierceniami: Energia Zachód Sp. z o.o. (Trzek-1, -2/2H, -3/3H) na bloku 207 oraz wiercenie PGNiG (Pniewy-4) na koncesji Wronki znajdującymi się w znacznej odległości od obszaru Piła. Złoża te umiejscowione są faktycznie w konwencjonalnych pułapkach strukturalnych, uszczelnieniach anhydritami cechsztynu, w których stwierdzono gaz w bardzo słabo przepuszczalnych piaskowcach czerwonego spągowca. W obrębie obszaru Piła występowanie tego typu złóż jest mało prawdopodobne. Zakłada się, że może tam występować tight gas w systemie Basin Centered Gas System, gdzie gaz jest uszczelniony wodą kapilarną (patrz rozdział 2.1.2.1 i 3.6)

5. PROFIL REPEROWY – PIŁA IG 1

Wiercenie Piła IG1 (Żelichowski, 1985) znajduje się w zachodniej części obszaru przetargowego „Piła”. Profil reperowy wiercenia Piła IG1 został wytypowany ze względu na swoją reprezentatywność dla obszaru „Piła” polegającą na tym, iż jest to jedyny głęboki otwór na obszarze „Piła”, w którym nawiercono utwory czerwonego spągowca będące głównym horyzontem poszukiwawczym (Fig. 5.1.).

Piła IG 1

Lokalizacja (fi, lambda): 53° 8' 45" 16° 37' 30"

Współrzędne topograficzne (układ 1992)

X: 588932.07

Y: 340922.49

Wysokość n.p.m.: 93,1 m

Data rozpoczęcia: 26-10-1982; data zakończenia:

5-06-1984

Głębokość końcowa: 5482 m

Jednostka strukturalna: południowo-zachodniej część wału pomorskiego.

Struktura Piła

Uproszczona stratygrafia osadów w wierceniu Piła 1 wg „Stratygraficzna baza danych permu z północnej Polski” (Wagner i in., 1999; Tab. 4.1.).

5.1. OPIS WYKONANYCH BADAŃ I INTERPRETACJI GEOFIZYKI OTWOROWEJ

Uwaga: wszystkie głębokości podano w metrach pod

Tabela 4.1. Uproszczona stratygrafia w otworze Piła IG 1.

Stratygrafia	Strop i spąg [m]	Miąższość [m]	
Q + Tr	Czwartorzęd i trzeciorzęd	0–185	185
J	Jura	185–1068,5	883,5
T	Trias	1068,5–3099	2030,5
P (PZ)	Cechsztyn	3099–4380	1281
P (Pcs)	Czerwony spągowiec	4380–5468	1088
C	Karbon	5468–5482	>14

poziomem terenu, pomiar po ścianie otworu (Measured Depth). Głębokości zostały przybliżone do 1 m.

1. Dane cyfrowe dostępne w CBDG

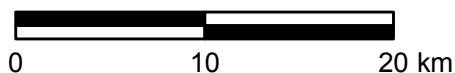
W formie cyfrowej w NAG dostępne są zarówno odcinkowe, jak i – dla wybranych pomiarów (profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma, profilowanie średnicy, profilowanie neutron-gamma, profilowanie akustyczne, dwa

Figura 4.1. Złoża węglowodorów w pobliżu obszaru przetargowego „Piła”.

Figura 5.1. Profil zbiorczy odwiertu Piła IG 1.

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

PIŁA



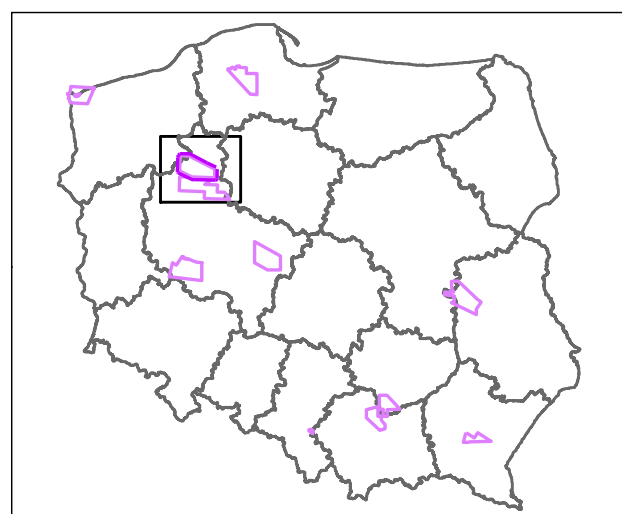
Układ współrzędnych: PL-1992

Objaśnienia

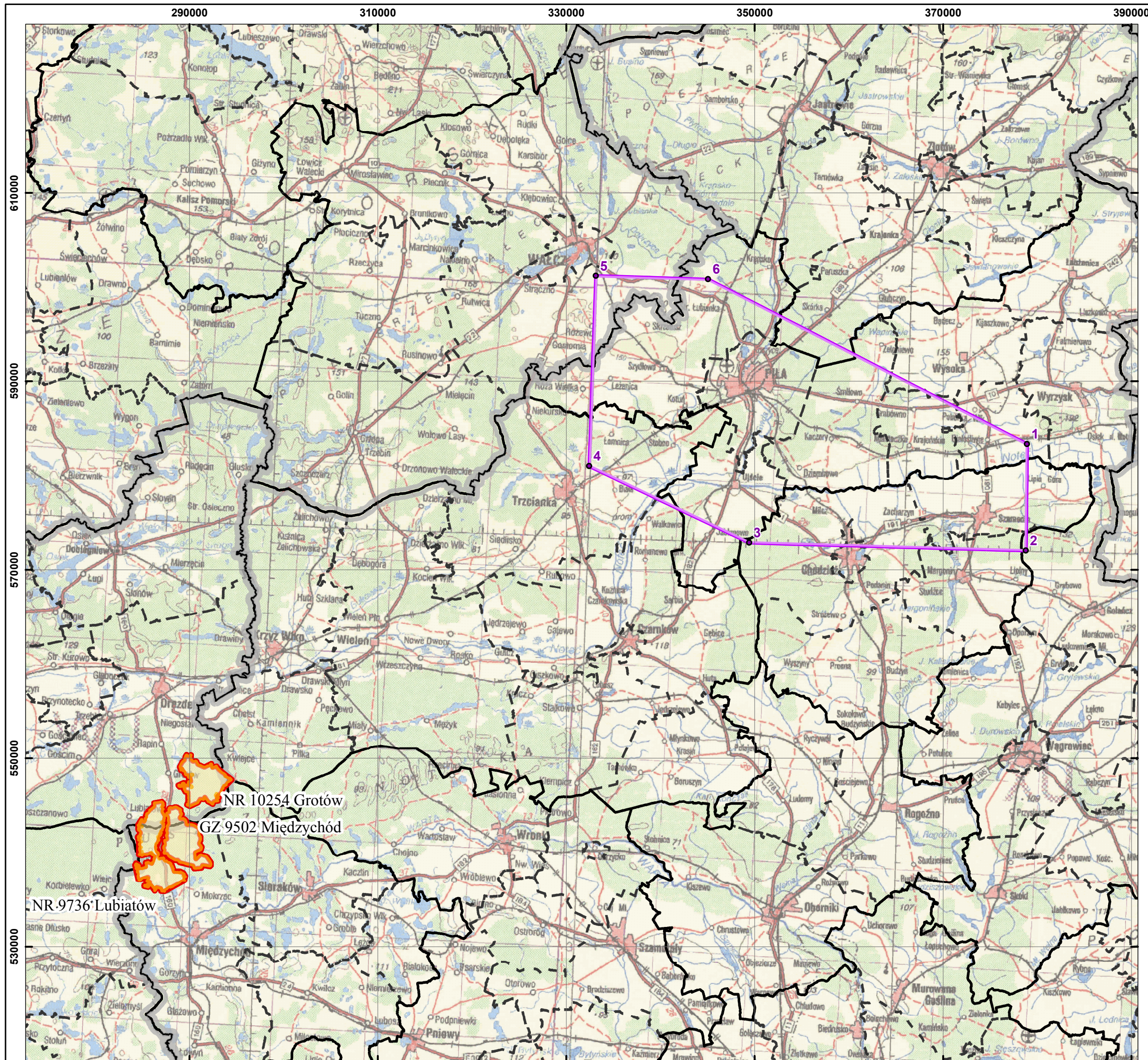
- obszary wytypowane do przetargu
- złoża węglowodorów
- obszary górnicze
- granice gmin
- granice powiatów
- granice województw

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru Piła
układ współrzędnych PL-1992

Nr punktu	X	Y
1	583341,11	378925,81
2	572026,54	378791,78
3	572856,78	349419,60
4	580980,15	332427,20
5	601193,83	333133,14
6	600818,16	345067,12



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



PROFIL ZBIORCZY ODWIERTU PIŁA IG1

SKALA 1: 10 000

WIERCENIE ROZPOCZĘTO: 26.10.1982

X 1992 588932.07

MIEJSCOWOŚĆ: KOTUŃ

WIERCENIE ZAKOŃCZONO: 5 06 1984

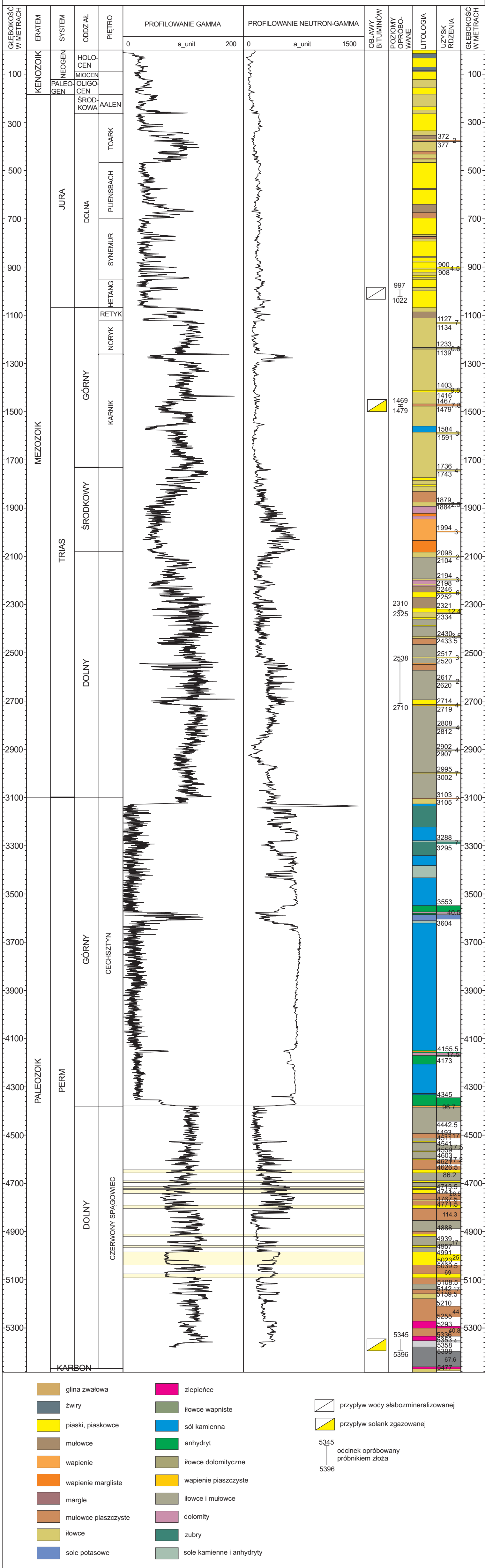
Y 1992 340922.49

GMINA: SZYDŁOWO

GŁĘBOKOŚĆ KOŃCOWA: 5482

WYSOKOŚĆ: 93.1 m n.p.m.

WOJEWÓDZTWO: WIELKOPOLSKIE



klasyczne profilowania oporności) – połączone krzywe geofizyki otworowej.

W otworze Piła 1/IG 1 (wywierconym w 1984 r.) w interwale perspektywnym obejmującym utwory czerwonego spągowca (4380–5468 m) w formie cyfrowej, w dwóch odcinkach pomiarowych, dostępne są następujące profilowania (w nawiasach skrót używany w bazach danych CBDG):

1. profilowanie średnicy (CALI) – do głębokości 5379 m,
2. profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma (GR) – do głębokości 5379 m,
3. profilowanie neutron-gamma (NEGR) – do głębokości 5379 m,
4. profilowanie gamma-gamma (GGDN) – do głębokości 5379 m,
5. boczne sondowanie oporności – zestaw klasycznych profilowań oporności sondami o różnych rozstawach (EL18, EL02, EL26, EL09, EL03, EL14, EN10) – do głębokości 5379 m, poza EL14 (do głębokości 4868 m) i EL18 (2379–4850 m),
6. profilowanie potencjałów naturalnych (SP) – do głębokości 4868 m,
7. sterowane profilowanie oporności (LL3) – do głębokości 5379 m (uwaga: dolny odcinek 4850–5379 m został prawdopodobnie źle zcyfrowany),
8. sterowane mikroprofilowanie oporności (ML) – do głębokości 4869 m,
9. profilowanie akustyczne (T1, T2, DT) – do głębokości 4868 m.

Scyfrowano więc niemal wszystkie wykonane techniką analogową pomiary, poza profilowaniem krzywizny i profilowaniem temperatury.

Profilowania radiometryczne zostały zarejestrowane w impulsach na minutę (nie były skalibrowane), w obecnie dostępnych danych cyfrowych odcinkowe krzywe (GR, NEGR, GGDN) są wyrażone w impulsach na minutę (cpm), połączone zaś krzywe GR (GR_C) i NEGR (NEGR_C) wyrażone są w jednostkach „a_unit” będących próbą skalibrowania oryginalnych pomiarów. Ponadto połączona krzywa GR (GR_S) została przeliczona na jednostki API metodą statystyczno-stratygraficzną (Szewczyk, 2000).

2. Pomiary geofizyki otworowej wykonane w utworach czerwonego spągowca

W otworze Piła 1/IG 1 w perspektywnym interwale czerwonego spągowca (4380–5468 m) wykonano następujące badania geofizyki otworowej analogowymi zestawami aparatur:

1. Boczne sondowanie oporności (zestaw klasycznych profilowań oporności) w interwałach: 4344–4867 m i 4780–5386 m,
2. Sterowane mikroprofilowanie oporności: 4344–4900 m,
3. Sterowane profilowanie oporności: 4344–4885 m i 4780–5389 m,
4. Profilowanie potencjałów naturalnych: 4344–4867 m,
5. Profilowanie akustyczne: 4344–4886 m,
6. Profilowanie gamma: 4320–4900 m i 4780–5381 m,
7. Profilowanie neutron-gamma: 4320–4900 m i 4780–5383 m,
8. Profilowanie gamma-gamma: 4320–4955 m i 4780–5383 m,
9. Profilowanie średnicy: 4344–4870 m i 4330–5382 m,
10. Profilowanie krzywizny: 4350–4550 m, 4350–4950 m i 4900–5390 m,
11. Profilowanie temperatury w warunkach nieustalonej równowagi termicznej: 4838–4888 m,
12. Profilowanie temperatury w warunkach ustalonej równowagi termicznej: 10–5260 m.

3. Interpretacje pomiarów dostępne w NAG

Końcowa dokumentacja badań geofizycznych będąca częścią dokumentacji wynikowej otworu Piła 1/IG 1 (Żelichowski, 1985) charakteryzuje utwory czerwonego spągowca jako litologicznie zróżnicowane. Odcinek 4708–5089,5 m jest opisany jako piaskowcowo-iłowcowy, ze znaczną przewagą piaskowców o słabych własnościach zbiornikowych (porowatość ok. 3–9%). W całym profilu nie stwierdzono warstw nasyconych węglowodorami lub podejrzanych o takie nasycenie.

5.2. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH

Zadaniem opróbowania było wyjaśnienie ropo- i gazowości utworów paleozoiku i triasu oraz zbadanie poziomów jury dolnej w celu ujęcia wód mineralnych o znaczeniu balneoterapeutycznym. W związku z brakiem możliwości technicznych, w obecności skał o prawie całkowitym braku własności zbiornikowych, nie przeprowadzono szczegółowego opróbowania utworów czerwonego spągowca i stropu karbonu.

W trakcie wiercenia wykonano dwa badania próbnikami złoża:

- w obrębie kajpru (1479,0–1469,0 m), uzyskując solankę,
- w obrębie czerwonego spągowca (5398,5–5345,0 m), uzyskując solankę.

Po zakończeniu wiercenia przebadano poziomy:

- w pstrym piaskowcu środkowym (2710,0–2690,0 m; 2578,0–2538,0 m; 2325,0–2310,0 m), stwierdzając brak przyływu,
- w jurze dolnej (1022,0–997,0 m), uzyskując przyływ wody.

Poziom zbiornikowy 5398,5–5345,0 m (perm-czerwony spągowiec – skały wylewne)

Wytypowano skały wylewne z uwagi na wyraźne zgazowanie płuczki wiertniczej i jej ucieczki. Pierwsze objawy gazu i ucieczki płuczki stwierdzono przy głębokości 5352,8 m. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża typu KII 2M-95, stosując metodę dwukrotnego odcięcia przyływu. W okresach przyływu i odbudowy ciśnienia nie uzyskano rejestracji ciśnień ze względu na awarię zegara.

I okres przyływu: czas 8 min brak rejestracji ciśnienia

I okres odbudowy ciśnienia czas 195 min brak rejestracji ciśnienia

II okres przyływu: czas 215 min brak rejestracji ciśnienia

II okres odbudowy ciśnienia czas 310 min brak rejestracji ciśnienia

W ciągu pierwszej godziny stwierdzono bardzo silny przyływ powietrza, świadczący o dopływie medium do złoża. Po wyciągnięciu przewodu wiertniczego stwierdzono zalewkę oraz 6 m³ filtratu płuczki, prawdopodobnie wymieszanej z solanką. Średni przyływ wyniósł 1,6 m³/h, jednak wielkość ta może być związana z oddawaniem płuczki, która w ilości ponad 20 m³ infiltrowała w złożę w trakcie wiercenia. Do momentu awarii zegara, tj. po 4 minutach pierwszego okresu odbudowy, ciśnienie wzrosło do 616,4·10³ hPa. Temperatura w głębokości 5349 m wyniosła 152°C. Brak rejestracji ciśnienia, zanik przyływu, całkowity brak objawów zgazowania, zanieczyszczenie próby solanki powodują ograniczoną ocenę wartości skał wylewnych czerwonego spągowca jako poziomu zbiornikowego perspektywnego przy poszukiwaniach naftowych.

W wyniku badań próbnikiem stwierdzono zanikający przyływ solanki silnie zanieczyszczonej filtratem płuczki.

Tabela 5.2.1. skład solanki z próbnika zapiętego w interwale 5398.5 - 5345 m otwór Piła IG 1.

Składnik	Zawartość		
	[mg/dm ³]	[mval/dm ³]	[%mval]
Kationy			
Na ⁺	38 500	1 674,66	78,63
K ⁺	1 018	26,03	1,22
Ca ²⁺	7 750	386,73	18,16
Mg ²⁺	515	42,37	1,99
Razem	47 783	2 129,79	100,00
Aniony			
Cl ⁻	83 493	2 355,03	99,35
HCO ₃ ⁻	250,17	4,10	0,17
SO ₄ ²⁻	392,64	8,17	0,34
Br ⁻	272,14	3,40	0,14
I ⁻	9,82	0,08	0,00
Razem	84 417,77	2 370,78	100,00

Tabela 5.2.2. Analiza gazu z głębokości 5353 m otwór Piła IG 1.

Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]	Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]
metan	0,0664	0,4375	heksan	0,5438	3,5828
etan	0,0119	0,0784	heksan	1,4438	9,5123
propan	0,0272	0,1792	heksan	0,9648	6,3565
i-butan	0,0246	0,1621	tlen	17,8197	–
n-butan	0,1308	0,8617	azot	78,0600	72,8538
i-pentan	0,3910	2,5761	wodór	0,0073	0,0481
n-pentan	0,5087	3,3515	razem	100,0000	100,0000

Tabela 5.2.3. Analiza płuczki pobranej z gł. 5398.5 m, Piła IG 1.

Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]	Składnik	Zawartość w mieszaninie z powietrzem [% obj.]	Zawartość w czystym gazie [% obj.]
metan	4,0360	65,4186	azot	76,2398	34,3885
etan	ślady	ślady	wodór	0,0119	0,1929
tlen	19,7123	–	razem	100,0000	100,0000

Analizę chemiczną solanki wykonano w Laboratorium Zakładu Geochemii i Chemii Analitycznej Instytutu Geologicznego w Warszawie. Mineralizacja solanki wynosiła 127,1 g/dm³, gęstość 1,0875 g/cm³ i odczyn 5,69 w skali pH. Pierwiastki śladowe występują w ilości: żelazo – 21,6 mg/dm³; mangan – 32 mg/dm³; stront – 435 mg/dm³ i lit – 84,6 mg/dm³. Skład chemiczny solanki przedstawiono w tabeli 5.2.1.

Próbka wody pobrana z utworów czerwonego spągowca jest silnie zanieczyszczona (silne rozcieńczenie i kwaśny odczyn) i mało reprezentatywna. Wskaźniki hydrochemiczne wynoszą:

$$\frac{rNa}{rCl} = 0,71, \frac{rCl}{rMg} = 16,1, \frac{rSO_4}{rCl} = 100, \frac{rCa}{rMg} = 0,35, \frac{rNa}{rK} = 64,3, \frac{Cl}{Br} = 307, \frac{Br}{Cl} = 27,7$$

Pobrano kilka prób gazu do analizy, jednak znaczna rozbieżność uzyskanych wyników (ogromne zróżnicowanie składu gazu) każe wątpić w jego naturalne pochodzenie. Duże zróżnicowanie składu gazu, przy jednoczesnym jego

całkowitym braku w próbniku, jest trudne do wyjaśnienia. W tabeli 5.2.2. przedstawiono analizę gazu z głębokości 5353 m.

Jest to gaz azotowy o bardzo dużej zawartości węglowodorów ciężkich (26% obj.), w tym pentanów 5,8% obj., heksanów 18% obj. i tylko 0,4% obj. metanu. Skład gazu wskazuje na bezpośrednie występowanie ropy naftowej lub jest związany z zanieczyszczeniem płuczki.

Przy tej samej głębokości, po intensywnym płukaniu otworu, pobrano płuczkę, która po degazacji wykazała krańcowo inny skład. Stwierdzono całkowity brak węglowodorów ciężkich, 36,3% obj. metanu oraz 63,7% obj. azotu. Jest to gaz dwuskładnikowy, być może związany z fermentacją płuczki.

Trzecią próbę pobrano z płuczki przy głębokości 5398,5 m, 2,5 tygodnia od chwili pierwszych objawów zgazowania. Skład gazu przedstawiono w tabeli 5.2.3.

W gazie zwiększyła się zawartość metanu do 65,4% obj. przy jednoczesnym spadku zawartości azotu do 76,2% obj.

Podsumowując, w wyniku badania próbnikiem złoża interwału wykazującego zgazowanie płuczki nie stwierdzono nawet minimalnych śladów zgazowania, co może świadczyć o

wypłukaniu całej ilości gazu z kolektora szczelinowego o małej przepuszczalności, pochodzeniu gazu z fermentacji płuczki lub jej organicznych zanieczyszczeń lub o dopływie gazu z wyższych partii czerwonego spągowca, nieobjętych badaniami.

W związku z uzyskaniem z utworów jury dolnej wody spełniającej właściwości lecznicze otwór z zafiltrowanym interwalem 1048,0-997,0 m przekazano do dyspozycji ówczesnego urzędu wojewódzkiego w Pile. Wody z tego ujęcia w późniejszych latach zostały formalnie uznane za lecznicze. W 1990 r. opracowano dokumentację hydrogeo-

logiczną ustalającą zasoby eksploatacyjne otworu w ilości 15,7 m³/h przy depresji 27,0 m (Szarszewska, 1989). Rzędna statycznego zwierciadła wody wynosi 103,8 m n.p.m. Wodę z ujęcia scharakteryzowano jako 0,65% mineralną wodę termalną typu Cl-Na o temperaturze na wypływie 25,3°C. Otwór pozostaje niezagospodarowany.

6. DANE SEJSMICZNE

Obszar przetargowy „Piła” jest pokryty danymi (liniami sejsmicznymi) wykonanymi głównie w latach 1970. i 1980. Linie 2D utworzyły rzadką, ale stosunkowo równomiernie rozłożoną sieć danych sejsmicznych (Fig. 6.1.). W części wschodniej obszaru dodatkowo zlokalizowano regionalny profil sejsmiczny pomierzony na linii Obrzycko-Zabartowo w 2011 r. Pomiar wykonany w ramach projektu badań regionalnych przez basen permski stanowią pierwszy etap prac. Na mapie przedstawiono przybliżony przebieg profilu oraz wyniki pomiarów wraz z interpretacją (Fig. 6.2.; Rowan & Krzywiec, 2014). Dane poddano również reprocessingowi, co pozwoliło uzyskać dobrą jakość obrazu (Fig. 6.3. – linia sejsmiczna T0040182 – zaznaczona pogrubioną linią na Fig. 6.1.). W ujęciu tabelarycznym podano długości linii ograniczone do granic obszaru przetargowego z pominięciem linii krótszych niż 2 km (Tab. 6.1.).

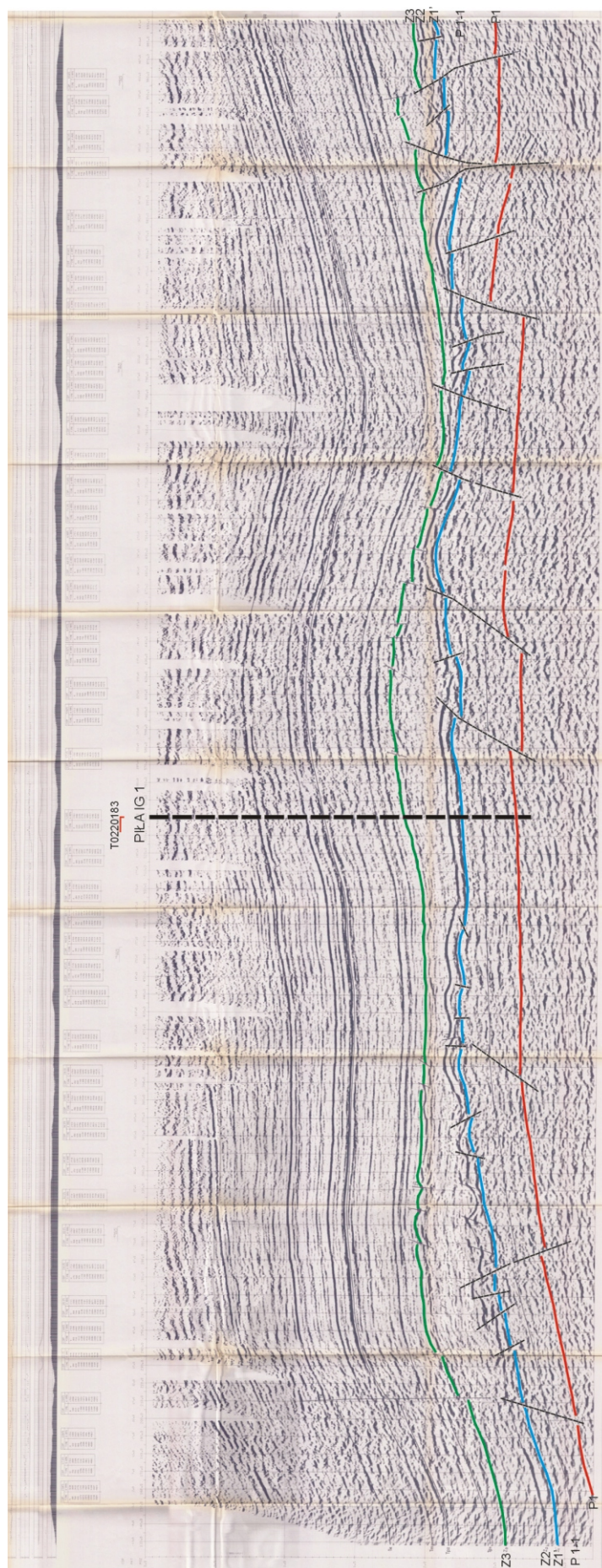


Figura 6.3. Czasowy przekrój sejsmiczny T0040182 (Wnuk & Świerczewska, 1995). Na przekroju sejsmicznym zaznaczono zrzutowaną lokalizację profilu wiercenia Pila IG 1.

Tabela 6.1. Lista linii sejsmicznych z obszaru przetargowego „Piła”.

NAZWA	ROK	TEMAT	REJON	WŁAŚCICIEL	DŁUGOŚĆ [km]
T0050177	1977	Czarnków–Poznań–Strzelno		Skarb Państwa	10,68
W0130179	1979	Piła–Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	22,95
W0150179	1979	Piła–Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	3,34
WS140179	1979	Piła–Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	19,99
W0180382	1982	Bydgoszcz		Skarb Państwa	2,27
T0020182	1982	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	8,95
T0030182	1982	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	17,11
T0040182	1982	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	23,45
T0050182	1982	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	12,76
T0060183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	7,71
T0070183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	13,00
T0080183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	22,46
T0090183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	20,86
T0210183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	27,91
T0220183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	22,64
T0230183	1983	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	25,68
T0100184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	18,84
T0110184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	17,99
T0120184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	15,50
T0250184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	2,90
T0260184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	12,17
T0270184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	19,68
TA260184	1984	Wałcz–Golańcz		Skarb Państwa	14,57
Suma:					
				Skarb Państwa	363,43

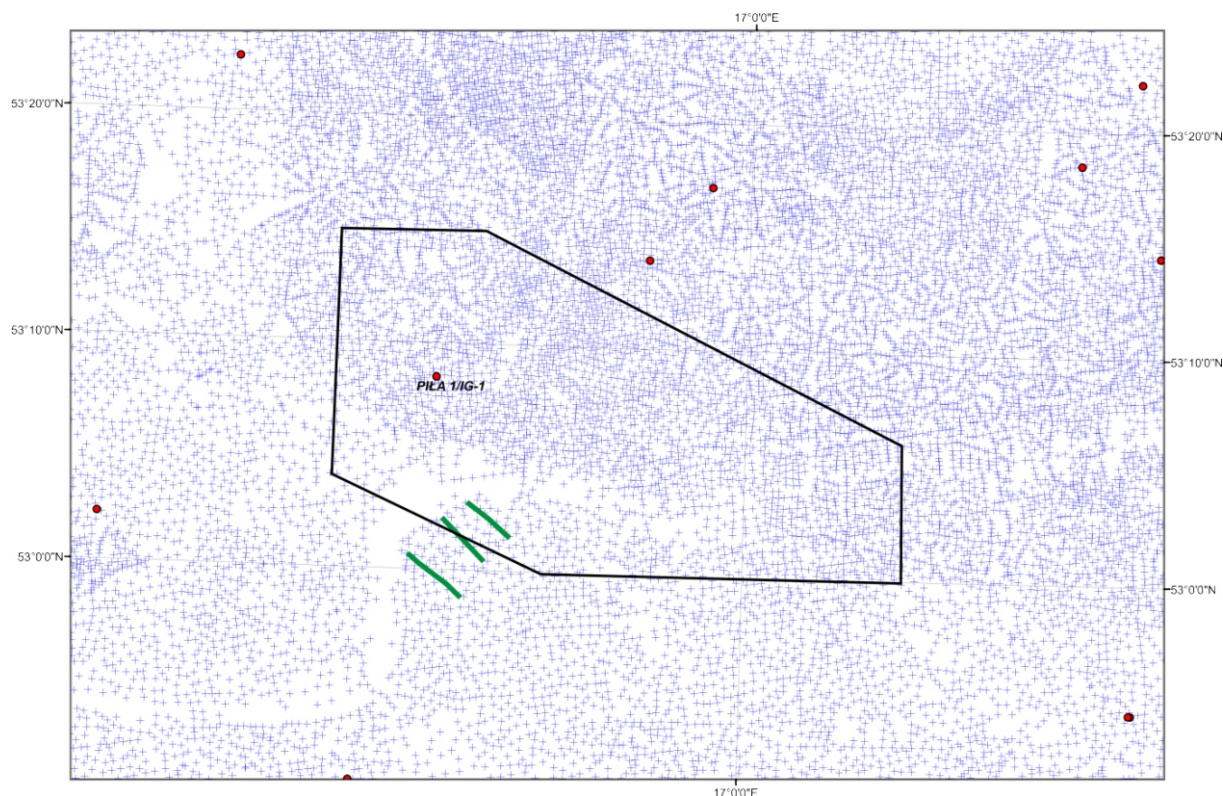


Figura 7.1. Lokalizacja punktów pomiarowych grawimetrycznego zdjęcia półszczegółowego (niebieskie krzyżyki) i szczegółowego (zielone linie). Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Piła”

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE I MAGNETOMETRYCZNE

7.1. GRAWIMETRIA

Pierwsze pomiary grawimetryczne w rejonie obszaru przetargowego „Piła” zostały wykonane na przełomie lat 1940. i 1950. (Piątkowski, 1948; Janczewski, 1951; Reczek, 1955, 1956). Pomiary te były realizowane ze średnim zagęszczeniem 0.2 pkt/km² (zdjęcie o charakterze regionalnym). Ze względu na jakość zachowanej dokumentacji pomiary te nie kwalifikują się niestety do cyfrowania. Zcyfrowane zostały natomiast kolejne zdjęcia o charakterze regionalnym, w rejonie niecki łódzkiej – zdjęcie o zagęszczeniu 0.8 pkt/km² (Stolarek i in., 1958) i w rejonie Oborniki–Czarnków – zdjęcie o zagęszczeniu 1 pkt/km² (Grzywacz, 1958). Opracowanie pierwszych map regionalnych (skala 1: 300 000, Kaczowska, 1958a–f, 1959) pociągnęło za sobą prace interpretacyjne (Małoszewski, 1958).

W latach 1960. przystąpiono do realizacji zdjęcia półszczegółowego. Zdjęcia obejmujące rejon synklinorium szczecińsko-mogileńskiego (Duda & Bochnia, 1968) oraz antyklinorium pomorskie (Reczek & Kruk, 1970; Zdziarska i in., 1973) zostały wykonane ze średnim zagęszczeniem 2 pkt/km². Lokalizacja punktów pomiarowych zdjęć półszczegółowych zrealizowanych w obrębie obszaru „Piła” została przedstawiona na Fig. 7.1.

Wykonanie zdjęcia półszczegółowego pociągnęło za sobą opracowanie map anomalii Bouguera w skali 1: 200 000 (arkusz Piła – Soćko & Szczypa, 1979; Arkusz Nakło – Soćko & Szczypa, 1980) oraz opracowania interpretacyjne (Jamrozik, 1968, 1971; Soćko, 1976; Dąbrowska, 1986; Petecki, 1988; Wybraniec i in., 1998).

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.

W SE części obszaru „Piła” zostało wykonane szczegółowe zdjęcie profilowe (Łaszczyńska & Wasiak, 1982). W jego ramach pomierzono 11 profili o średnim kroku pomiarowym 40 m (w tym trzy profile zaznaczone zielonym kolorem na Fig. 7.1.). Zdjęcie to było ukierunkowane na poszukiwanie złóż węgla brunatnego.

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 przetargowy „Piła” znajduje się w obrębie wyżu pomorskiego, a jej SW granica przebiega wzdłuż granicy wyżu pomorskiego z niżem szczecińsko-mogileńsko-miechowskiego. Granicę tę stanowi oś wysokiego gradientu przebiegającego od Zatoki Pomorskiej na wysokości Wolina w kierunku SE do Chodzieży i Żnina. Przedłużenie gradientu po stronie niemieckiej to tzw. gradient uskoku transeuropejskiego (Grosse i in., 1990).

Dominujący udział w tworzeniu wyżu pomorskiego ma podłoże podpermskie (Grobelski & Królikowski, 1988). Potwierdzają to wyniki modelowania dwuwymiarowego wzdłuż profilu BMT-5 (Petecki w: Stefaniuk i in., 2008).

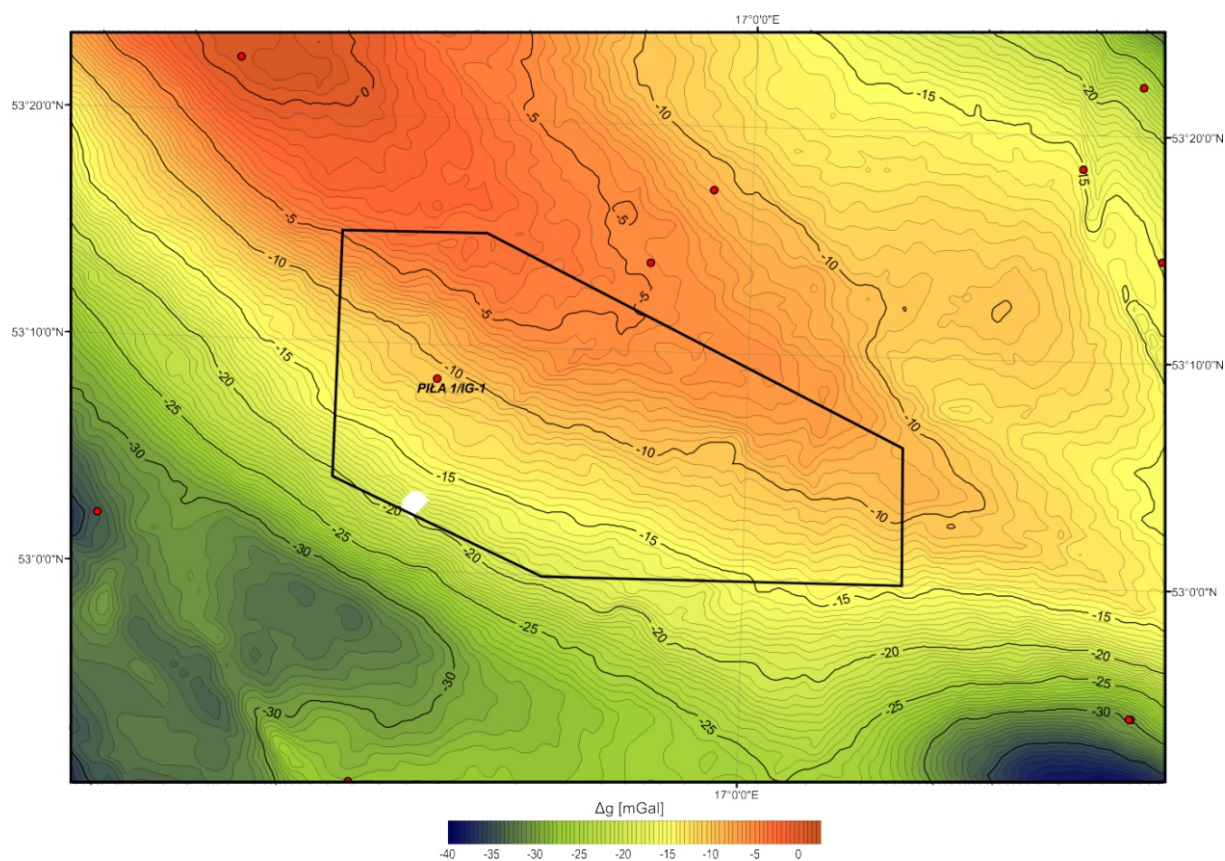


Figura 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera, gęstość redukcji 2.67 g/cm³. Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Piła” (na podst. Królikowski & Petecki, 1995).

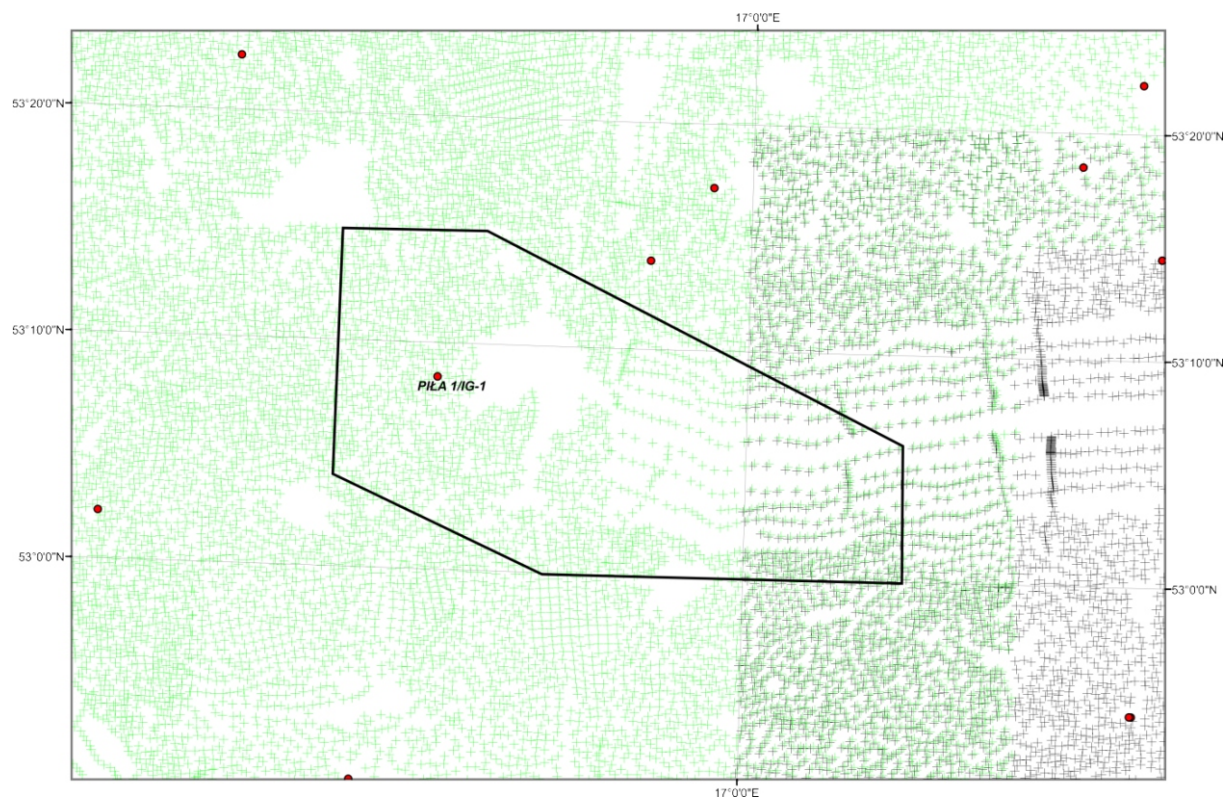


Figura 7.3. Lokalizacja punktów pomiarowych półszeregółowego zdjęcia magnetycznego. Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Piła”

Czarne punkty – lokalizacja określona w układzie współrzędnych 1942, zielone punkty – lokalizacja określona w układzie Borowa Góra.

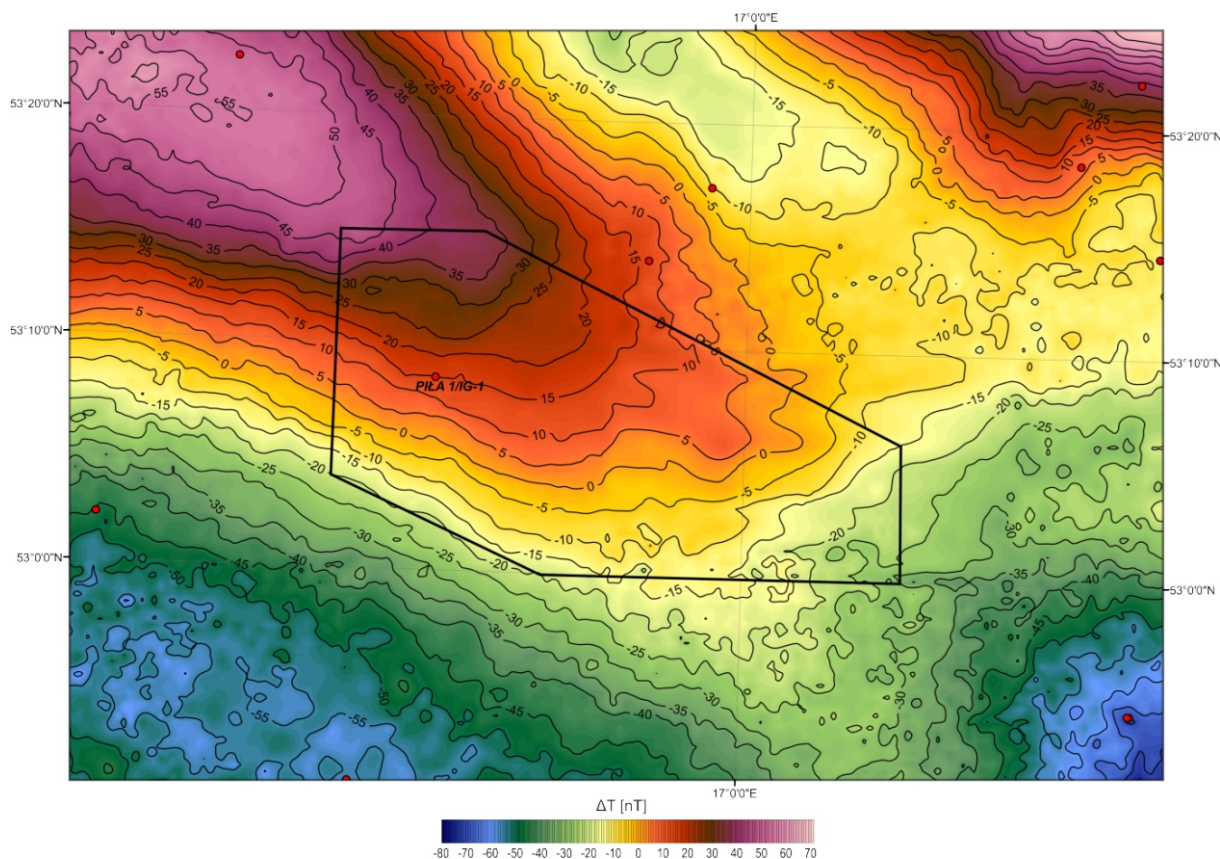


Figura 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego natężenia ziemskiego pola magnetycznego T . Na mapie zaznaczono obszar przetargowy „Piła” (na podst. Petecki i in., 2004).

7.2. MAGNETYKA

Pierwsze pomiary pionowej składowej ziemskiego pola magnetycznego wykonano w latach 1930. (Karaczun, 1954). Z ich wykorzystaniem zostały opracowane mapy magnetyczne w skali 1: 2 000 000 niecki mogileńsko-łódzkiej (Draczyński i in., 1968), synklinorium i antyklinorium pomorskiego (Karaczun & Karaczun, 1969) oraz synklinorium szczecińskiego (Karaczun & Karaczun, 1970). Ze względu na słabo zróżnicowany obraz magnetyczny obszaru zachodniej i centralnej Polski, bardziej szczegółowe badania zostały wykonane tu dopiero w latach 1980.

Pierwsze zdjęcie półszeregowe, wykonane magnetometrami protonowymi, mierzącymi całkowite natężenie ziemskiego pola magnetycznego T , wykonano na obszarze przetargowym „Piła” w ramach realizacji pierwszej części tematu: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia (Kosobudzka, 1988a, 1991, 1993). Jest to zdjęcie o zagęszczeniu 2.5 pkt/km². Zostało ono wykonane z wykorzystaniem opracowanej przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych metody różnicowej (Kosobudzka, 1988b). Zdjęcie to zostało zrealizowane na podkładach układu Borowa Góra (zielone punkty na Fig. 7.3.). Lokalizacja części punktów, leżących w pasie ograniczającym od wschodu 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 drugiej części powyższego zdjęcia, realizowanego po kilkuletniej przerwie (Kosobudzka & Paprocki, 1997; czarne

punkty na Fig. 7.3.). Tak powstała „zakładka” miała ułatwić łączenie obu zdjęć przy opracowywaniu wspólnej mapy.

Podstawowym efektem realizacji nowego, nazimnego zdjęcia magnetycznego było opracowanie mapy anomalii T w skali 1:200 000 dla arkuszy Piła (Kosobudzka & Zochniak, 1991) i Wągrowiec (Kosobudzka & Paprocki, 1998). Mapa gradientu poziomego opracowana mniej więcej w tym samym czasie (Karaczun & Cieśla, 1992) oparta była natomiast na starszych pomiarach pionowej składowej Z .

Na analizowanym obszarze nie wykonano żadnych szczegółowych zdjęć magnetycznych. Został on natomiast objęty licznymi pracami o charakterze interpretacyjnym (Gaczyński i in., 1985; Cieśla & Wybraniec, 1995; Kosobudzka & Paprocki, 1995; Wybraniec, 1999; Królikowski i in., 1998).

Charakterystyka obrazu magnetycznego powstała w oparciu o „Mapę magnetyczną Polski 1: 500 000” (Petecki i in., 2004). Obszar przetargowy „Piła” znajduje się w obrębie tzw. SW prowincji magnetycznej, geologicznie obejmującej zasięgiem fanerozoiczną platformę zachodnioeuropejską. 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 Szcz.–Piła–Inowrocław, która jest dobrze widoczna na Fig. 7.4. Na północ od strefy gradientowej występują wydłużone anomalie równoległe do struktury synklinorium pomorskiego (NW ćwiartka, Fig. 7.4.). Na SW od strefy gradientowej pole magnetyczne o ujemnych wartościach jest

niemal zupełnie pozbawione większych anomalii lokalnych. Ten spokojny 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 latach 2007–2008 wykonano pierwszy etap realizacji projektu prac magnetotellurycznych w rejonie segmentu pomorskiego bruzdy śródpolskiej. Etap ten obejmował wykonanie pomiarów na dwóch profilach BMT-5 i D-PL. Pierwszy z profili przebiega w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru „Piła” (granicząc z nim od NW, Fig. 7.5.). Profil ten ma 300 km długości i przebiega wzdłuż linii profilu refrakcyjnego P2 (program POLONAISE'97). Celem pomiarów było zbadanie geometrii krawędzi kratonu szczególnie w utworach pokrywy platformowej. Wyniki przedstawiono jako przekroje opornościowe z interpretacją geologiczną w skali poziomej 1: 500 000.

Na bazie wyników magnetotellurycznych, sejsmicznych i otworowych opracowano model geofizyczno-geologiczny pokrywy osadowej wzdłuż profilu BMT-5 (Dziwińska w Stefaniuk i in., 2008; Fig. 7.6.).

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI

Perspektywy poszukiwawcze dla złóż węglowodorów na obszarze przetargowym „Piła” są związane z głęboko pogrzebanymi piaskowcami czerwonego spągowca. Profil czerwonego spągowca w wierceniu Piła IG 1 jest częściowo reprezentowany przez piaskowce eoliczne, które mogły zachować porowatość i stanowić skałę zbiornikową (Fig. 5.1.).

Wyniki analizy systemu naftowego wskazują na istniejący w przeszłości system generacyjny, a tym samym możliwość migracji i akumulacji węglowodorów na obszarze „Piła”. Model 1-D historii pogrążania i dojrzałości termicznej dla otworu Piła 1/IG 1 (Fig. 3.7.) potwierdza potencjał generacyjny utworów karbonu. Kwestią dyskusyjną jest czas generacji i istnienie w czasie procesu generacji pułapek dla nagromadzeń gazu. Potencjalne pułapki mogły zostać rozformowane już w późnym karbonie, jednak część gazu mogła reemigrować później, kiedy piaskowce czerwonego spągowca były już uszczelnione utworami cechsztynu. Przy takim założeniu można spodziewać się odkrycia struktur w czerwonym spągowcu i nagromadzeń gazu ziemnego, uszczelnionych osadami cechsztynu. Drugą możliwością jest istnienie gazu

zamkniętego (*tight gas*) w piaskowcach czerwonego spągowca nawet na znacznej głębokości przekraczającej obecnie 5000 m (Wójcicki i inni., 2014). W trakcie wiercenia otworu Piła IG 1 w początku lat 1980. nie zakładano wariantu możliwego występowania gazu zamkniętego, i tym samym nie przeprowadzono wszystkich niezbędnych analiz. Zakładając jednak możliwość występowania nagromadzeń gazu zamkniętego (*tight gas*) należy nastawić się w pierwszym rzędzie na ponowne rozpoznanie obiektów antyklinalnych, w których utwory czerwonego spągowca znajdują się w korzystnej sytuacji strukturalnej oraz mogą być uszczelnione osadami cechsztynu. Analitycy PGNiG zakładają możliwość wykonania ponownego wiercenia w rejonie struktury Piła.

Nie można wykluczyć również odkrycia pułapek konwencjonalnych dla wolnego gazu w stropie osadów czerwonego spągowca pod przykryciem osadów cechsztynu w strukturze Chodzieży i ewentualnie innych analogicznych obiektach perspektywicznych.

Podsumowując, według obecnego stanu rozpoznania obszaru istnieje możliwość odkrycia i udokumentowania konwencjonalnych, a także niekonwencjonalnych, złóż węglowodorów w obrębie stropowej partii utworów czerwonego spągowca lub w głębszej części profilu, jednakże głębokość zalegania perspektywicznych interwałów w obrębie utworów czerwonego spągowca w granicach 4500–5000 m, może być trudną do pokonania barierą technologiczną.

W obecnym stanie rozpoznania najbardziej perspektywiczna jest część południowo-wschodnia obszaru „Piła”, gdzie znajduje się struktura Chodzieży. Wyniesienie strukturalne Piły jest mniej perspektywiczne, ponieważ dotychczasowe wyniki wiercenia Piła IG 1 pokazały bardzo słabe właściwości zbiornikowe nawierconych tam piaskowców.

Minimalny zakres prac

Proponowany minimalny zakres prac, który umożliwi rozpoznanie perspektywiczności występowania węglowodorów i ewentualne udokumentowanie złoża, obejmuje:

1. Reprocessing, integrację oraz reinterpretację archiwalnych danych sejsmicznych i otworowych;
2. Wykonanie nowych pojedynczych linii sejsmicznych pozwalających na zweryfikowanie zamknięcia struktury Chodzieży;
3. Wykonanie otworu poszukiwawczego o głębokości minimalnej 5000 m TVD wraz z pomiarami geofizycznymi umożliwiającymi analizę petrofizyczną litologii i nasycenia oraz bezpieczne wykonanie robót górniczych.

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- 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.
- Bachleđa-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.
- 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.
- Botor, D., 2006. Jednowymiarowe modelowania procesów generowania węglowodorów. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH Kraków.
- Botor, D., 2011. Modelowania 1-D procesów generowania gazu ziemnego w utworach karbońskich w głębokiej części polskiego basenu czerwonego spągowca. *Geologia*, 37: 503–516.
- 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.
- Brochwicz-Lewiński, W., 1987. Stratygrafia i rozwój sedymentacji. Jura górna. *Prace Inst. Geol.*, 119: 123–131.
- 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://otworywiertnicze.pgi.gov.pl>
- Cieśla, E., Wybraniec, S., 1995. Opracowanie tematu: Mapa magnetyczna zachodniej Polski z komputerowym bankiem danych i interpretacją elementów strukturalnych. Część I (za okres 1.1.1992–31.12.1994), 1995. NAG, Warszawa (Inw. 1470/95).
- Dadlez, R., 1969. Stratygrafia liasu w Polsce Zachodniej. *Prace Inst. Geol.*, 57.
- 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., Dembowska, J., 1965. Budowa geologiczna parantyklinorium pomorskiego. *Prace Inst. Geol.*, 40.
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J. (red.), 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. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/958).
- Dayczak-Calikowska, K., 1985. Jura środkowa. W: *Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Piła 1/IG-1* (ed. A.M. Żelichowski). NAG, Warszawa (Inw. 129561).
- Dayczak-Calikowska, K., 1987. Stratygrafia i rozwój sedymentacji. Jura środkowa. *Prace Inst. Geol.*, 119: 116–123.
- Dąbrowska, B., 1986. Mapa grawimetryczno-sejsmicznych elementów strukturalnych kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na obszarze wału pomorsko-kujawskiego i obszarów przyległych. Arkusz Piła, 1986. NAG, Warszawa (Kat. N33-XXIX/11).
- Dembowska, J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. *Kwart. Geol.*, 23: 617–630.
- Draczyński, W., Karaczun, K., Karaczun, M., 1968. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej 1:2 000 000 niecki mogileńsko-lódzkiej. NAG, Warszawa (Inw. 39971 Kat. 64/144).
- Duda, W., Bochnia, N., 1968. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium szczecińsko-mogileńskie, 1967. NAG, Warszawa (Kat. G-1014 PBG).
- Ekiert, E., 1975. Petrografia czerwonego spągowca (saksonu) z wierców: Karlino, Złotów 2, Grzybnica IG-1 i Warnowo 1 (blok Wolina). NAG, Warszawa (Inw. 18935 Kat. 3222/309).
- Franczyk, M., 1987. Retyk. *Prace Inst. Geol.*, 119: 102–108.
- Gaczyński, E., Gadomski, D., Karaczun, K., Wybraniec, S., Petecki, Z., 1985. Budowa geologiczna permomezozoicznego kompleksu strukturalnego obszaru platformowego Polski, 1985. NAG, Warszawa (Kat. Obo/1869).
- Gajewska, I., 1987. Wapień muszlowy i kajper. *Prace Inst. Geol.*, 119: 93–102.
- Gast, R., Dusa, M., Breitreutz, Ch., Gaupp, R., Schneider, J.W., Stemmerik, L., Geluk, M., Geissler, M., Kiersnowski, H., Glenne, K., Kabel, S., Jones, N., 2010. Chapter 7, Rotliegend. In: J.C. Doornenbal and A.G. Stevenson (eds.), *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*, 101–122. TNO, The Netherlands.
- Górecka-Nowak, A., 2007. Palynological constraints on the age of Carboniferous clastic succession of western Poland. *Geol. Quart.*, 51: 39–56.
- Górecki, W. (ed.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Formacje Mezozoiku. AGH, Kraków.
- Grobely, A., Królikowski, C., 1988. Anomalie grawimetryczne wywołane utworami podpermskimi w północno-zachodniej Polsce. *Kwart. Geol.*, 35: 449–476.
- Grosse, S., Conrad, W., Behr, H.J., Heinrichs, T., 1990. Major gravity axes and anomalies in central Europe. W: *The European geotraverse: integrative studies*. Europ. Sci. Found. Strasbourg.
- 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. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 186: 253–269.
- Grzywacz, J., 1958. Sprawozdanie z półszczegółowych badań grawimetrycznych Oborniki-Czarnków, 1957. NAG, Warszawa (Inw. 9963/3265 Kat. 3723/14).
- 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.
- Jamrozik, J., 1968. Analiza grawimetryczna strefy Szamotuły-Drawn 1968 r. NAG, Warszawa (Kat. G-238 PBG).
- Jamrozik, J., 1971. Interpretacja anomalii siły ciężkości z synklinorium szczecińskiego, 1971. NAG, Warszawa (Kat. 42/119).
- Janczewski, E., 1951. Anomalie grawimetryczne na Kujawach, 1951. NAG, Warszawa (Inw. 6393 Kat. 54/91).
- 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.
- Kaczowska, Z., 1958a. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Piła, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3623/49).
- Kaczowska, Z., 1958b. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Wałcz, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3523/57).
- Kaczowska, Z., 1958c. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Szczecinek, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3423/76).
- Kaczowska, Z., 1958d. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Złotów, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3524/33).
- Kaczowska, Z., 1958e. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000, arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Debrzno, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3424/23).
- Kaczowska, Z., 1958f. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Zbąszyń, wydanie II tymczasowe (arkusz Krzyż, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3722/38).
- Kaczowska, Z., 1959. Mapa grawimetryczna opracowana dla Przeglądowej Mapy Grawimetrycznej Polski 1:300 000 arkusz Bydgoszcz, wydanie II tymczasowe (arkusz Wyrzysk, skala 1:100 000). NAG, Warszawa (Kat. 3624/45).
- Karaczun, K., 1954. Katalog punktów magnetycznych ze zdjęcia PIG w latach 1937–1939 na obszarze Wielkopolski i Pomorza, 1954. NAG, Warszawa (Kat.3327/24).
- Karaczun, K., Cieśla, E., 1992. Opracowanie i interpretacja map magnetycznych średnich bezwzględnych map gradientu poziomego w skali 1:200 000, 1991. NAG, Warszawa (Kat. 179/92).
- Karaczun, K., Karaczun, M., 1969. Zestawienie, analiza i interpretacja mapy magnetycznej w skali 1:2 000 000 oraz historia badań i charakterystyka magnetyczna Synklinorium i Antyklinorium Pomorskiego, 1969 rok. NAG, Warszawa (Inw. 42584 Kat. 42/107).
- Karaczun, K., Karaczun, M., 1970. Analiza i interpretacja mapy magnetycznej 1:2 000 000 oraz historia badań i charakterystyka magnetyczna Synklinorium Szczecińskiego, 1970. NAG, Warszawa (Kat. 32/148).
- Karnkowski, P., 1993. Złóża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, 2. Niż Polski, Wydawnictwo AGH – Geos, Kraków, 214 pp.
- Karnkowski, P.H., 1999. Origin and evolution of the Polish Rotliegend Basin. *Polish Geol. Inst. Spec. Papers*, 3: 1–93.
- Kiersnowski, H., Buniak, A., 2006. Evolution of the Rotliegend Basin of northwestern Poland. *Geol. Quart.*, 50: 119–138.
- Kiersnowski, H., Buniak, A., Kuberska, M., Srokowska-Okońska, A., 2010. Występowanie gazu ziemnego zamkniętego w piaskowcach czerwonego spągowca Polski. *Prz. Geol.*, 58: 335–346.
- Kondracki J., 2009. Geografia regionalna Polski. PWN.
- 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, Association of Geoscientists & Engineers, Vienna.
- Kosobudzka, I., 1988a. Dokumentacja częściowa półszczełowych badań magnetycznych T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1987. NAG, Warszawa (Kat. 32/210).
- Kosobudzka, I., 1988b. Pomiary magnetyczne w strefach zakłóceń wywołanych elektrycznymi trzaskami kolejowymi. *Biuletyn informacyjny Geofizyka Stosowana*, 2: 38–51.
- Kosobudzka, I., 1991. Sprawozdanie z półszczełowych badań magnetycznych T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia, 1990. NAG, Warszawa (Kat. 1287/91).
- Kosobudzka, I., 1993. Sprawozdanie z półszczełowych badań magnetycznych T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia w latach 1991–1992. NAG, Warszawa (Inw. 27/94).
- Kosobudzka I., Paprocki, A., 1995. Dokumentacja interpretacji półszczełowego 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).
- Kosobudzka, I., Paprocki, A., 1997. Wykonanie półszczełowych badań magnetycznych T w Polsce zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej 1995–1997 r. NAG, Warszawa (Inw. 812/98; Inw. 338/98).
- Kosobudzka, I., Paprocki, A., 1998. Mapa magnetyczna Polski w skali 1:200 000. Arkusz: Wągrowiec, 1997. NAG, Warszawa (Kat. 812/98).
- Kosobudzka, I., Zochniak, K., 1991. Mapa magnetyczna Polski. Arkusz: Piła. NAG, Warszawa (Inw. 1320/91).
- 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: 1025–1036.
- Kotarba, M.J., Piela, J., Żolnierczuk, 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.
- Królikowski, Cz., Petecki, Z., 1995. Atlas grawimetryczny Polski. PGNiG S.A., Warszawa (Kat. M/797).
- Królikowski, C., Uhrynowski, A., Petecki, Z., Żółtowski, Z., 1998. Gęstościowe i magnetyczne modele skorupy ziemskiej w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej. NAG, Warszawa (Kat. 1/99).
- Kryński, J., 2007. Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. *Seria Monograficzna IGiK*, 13, Warszawa.
- Krzywiec, P., 2002. Mid-Polish Trough inversion - Seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine-Carpathian collision. *Stephan Mueller Spec. Publ. Ser.*, 1: 151–165.
- Krzywiec, P., 2006. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiaian segments of the Mid-Polish Trough-Lateral variations in timing and structural style. *Geol. Quart.*, 50: 151–168.
- 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.
- Łaszczyńska, B., Wasiak, I., 1982. Dokumentacja badań geofizycznych; temat: Poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (obszary: Giżyno, Kruszewo, Opalenica), 1981 r. NAG, Warszawa (Inw. 2160 Kat. 3522/108).
- Maćkowski, T., Reicher, B., 2006. Przestrzenne modelowanie procesu generowania, ekspulsji i symulacji migracji węglowodorów. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia*

- cechsztyńskiego w Polsce (red. W. Górecki). Arch. ZSE-AGH 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., Kiersnowski, H., Kuberska, M., Sikorska, M., Jarmołowicz-Szulc, K., 2003. Skład ziarnowy piaskowców eolicznych czerwonego spągowca Wielkopolski a ich właściwości zbiornikowe. NAG, Warszawa (nr 819085, Inw. 2302/2003).
- Maliszewska, A., Grotek, I., Jackowicz, E., Kozłowska, A., Kuberska, M., Połowska, M., Wołkiewicz, K., 2004. Rozwój kompleksów osadowych w zachodniej i centralnej Polsce – pochodzenie i przemiany postdepozycyjne. NAG, Warszawa (nr 912477, Inw. 251/2006).
- Małoszewski, S., 1958. Sprawozdanie grupy interpretacji grawimetrycznej temat: "Obliczenie anomalii resztkowych i regionalnych na północno-wschodnim brzegu Wału Przedśudeckiego (w rejonie Oborniki-Pyzdzy) i Niecki Łódzkiej 1958 r." NAG, Warszawa (Inw. 40928 Kat. 43/170, Inw. 12284/60 Kat. 3823/32).
- Marek, S., Pajchłowa, M. (red.), 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 153.
- Matyasik, I., 1998. Geochemical characteristics of the Carboniferous source rock in the selected boreholes in the Radom–Lublin and Pomerania areas. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 165: 215–226.
- Mazur, S., Scheck-Wenderoth, M., Krzywiec, P., 2005. Different modes of inversion in the German and Polish basins. *Int. J. Earth Sci.*, 94: 782–798.
- Niemczycka, T., 1997. Jura górna. Formalne i nieformalne jednostki litostratygraficzne. *Prace Państw. Inst. Geol.* 153: 309–322.
- Nowak, G., 2003. Petrologia materii organicznej rozproszonej w osadach późnopaleozoicznych SW Polski. *Cuprum*, 29: 1–221.
- Peryt, T.M., Dyjaczynski, K., 1991. An isolated carbonate bank in the Zechstein Main Dolomite basin, western Poland. *J. Petrol. Geol.*, 14: 445–458.
- Petecki, Z., 1988. Mapa grawimetryczno-sejsmicznych elementów strukturalnych kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na obszarze wału pomorsko-kujawskiego i obszarów przyległych. Arkusz Nakło, 1988. NAG, Warszawa (Kat. N33-XXX/12).
- Petecki, Z., Polechońska, O., Wybraniec, S., Cieśla, E., 2004. Mapa magnetyczna Polski 1:500 000. NAG, Warszawa (Inw. 1367/2004).
- Piątkowski, J., 1948. Zdjęcie grawimetryczne Pomorza wagą skręceń Askania Ark. (1414, 1415) 3622 (Człopa) D.E., NAG, Warszawa (Inw. 6489 Kat. 3622/39).
- Pieńkowski, G., 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 12: 1–122.
- Pikulski, L., 2003a. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Międzychód w kat. C. NAG, Warszawa (Inw. 3612/2003).
- Pikulski, L., 2003b. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej "Lubiatów" w kat. C. NAG, Warszawa (Inw. 368/2004).
- Pikulski, L., 2005. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej Grotów w kat. C. NAG, Warszawa (Inw. 5/2006).
- 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: J.C. Doornenbal & A.G. Stevenson (eds.), *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area*. EAGE Publications, Houten, pp. 225–253.
- Poprawa, P., Kiersnowski, H., 2010. Tight gas reservoirs in Poland. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 439: 173–180.
- Porębski, S., Kiersnowski, H., Buniak, A., 2013. Predykcja zróżnicowania facjalnego górnego czerwonego spągowca dla struktury Chodzieży. Prezentacja. Arch. ZSE-AGH, Kraków.
- Pożaryski, W., Brochwicz-Lewiński, W., 1978. On the Polish Trough. *Geol. 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.
- Protas, A., 1990. Dolomit główny w rejonie Bielica–Czarne na tle paleogeografii Pomorza Zachodniego. *Prz. Geol.*, 38: 127–131.
- Reczek, J., 1955. Sprawozdanie z pomiarów grawimetrycznych na obszarze Kujawy-Pomorze 1954 r. NAG, Warszawa (Inw. 40620 Kat. 3625/193).
- Reczek, J., 1956. Badania grawimetryczne na obszarze niecki szczecińskiej i wału kujawsko-pomorskiego, 1956. NAG, Warszawa (Kat. 42/109).
- Reczek, J., Kruk, B., 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Antyklinorium Pomorskie, 1969. NAG, Warszawa (Inw. 1537 Kat. 32/142).
- Rowan, M., Krzywiec, P., 2014. The Szamotuły salt diapir and Mid-Polish Trough: Decoupling during both Triassic-Jurassic rifting and Alpine inversion. AAPG International Conference & Exhibition, Istanbul, Turkey, 14–17.09.2014, book of abstracts.
- Seedhouse, J., Burley, S., Wakefield, M., 1996. Porosity evolution in aeolian Rotliegend sandstones from the Polish Central Trough. British Gas. Niepublikowany raport, PGNiG S.A., Warszawa (Kat. OPR/G/1875 Kat. OPR/G/2199 Kat. OPR/G/2519).
- Soćko, A., 1976. Opracowanie badań grawimetrycznych wykonanych do 1972 r. Temat: Synklinorium Mogileńsko-Łódzkie, (reinterpretacja), 1975–1976. NAG, Warszawa (Kat. 53/140).
- Soćko, A., Szczypa, S., 1979. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 25 – Piła, 1979, NAG, Warszawa (Kat. N33-XXIX/6).
- Soćko, A., Szczypa, S., 1980. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 26 – Nakło, 1979, NAG, Warszawa (Kat. N33-XXX/6).
- Stefaniuk, M., Wojdyła, M., Petecki, Z., Pokorski, J., 2008. Dokumentacja badań geofizycznych Temat: Budowa geologiczna pokrywy osadowej i podłoża krystalicznego segmentu pomorskiego bruzdy śródpolskiej na podstawie kompleksowych badań geofizycznych (profilowań magnetotellurycznych) Etap I: 2007–2008. NAG, Warszawa (Inw. 1277/2009; Inw. 3090/2014).
- Stephenson, R.A., Narkiewicz, M., Dadlez, R., Jvan-Wees, J.-D., Andriessen, P., 2003. Tectonic subsidence modelling of the Polish Basin in the light of new data on crustal structure and magnitude of inversion. *Sediment. Geol.*, 156: 59–70.
- Stolarek, J., Grzywacz, J., Kruk, B., 1958. Sprawozdanie z badań regionalnych grawimetrycznych w rejonie Niecki Łódzkiej w 1957 r., NAG, Warszawa (Kat. 3826/246, Inw. 9959/3261 Kat. ON/179).
- Szarszewska, Z., 1989. Dokumentacja hydrogeologiczna ujęcia wody mineralnej z utworów jury dolnej. Miejscowość Kotuń k/Piły. NAG, Warszawa (Inw. 16805 CUG).
- Szczawińska, I., 2004. Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Lubiatów w kat. C w miejscowości Drzewce, Lubiatów. NAG, Warszawa (Inw. 146/2005).
- Szewczyk, J., 2000. Statystyczno-stratygraficzna standaryzacja profilowań naturalnego promieniowania gamma. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 392: 121–152.
- Szyperko-Teller, A., 1987. Trias dolny. *Prace Inst. Geol.*, 119: 81–93.
- 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.
- Wagner, R., 1994. Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 146.
- Wagner, R., 2006. Perspektywy poszukiwawcze dolomitu głównego strefie Gorzów–Międzychód w świetle wyników nowych badań. W: A. Protas (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).
- Wagner, R., Dyjaczński, K., Papiernik, B., Peryt, T.M., Protas, A. 2000. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca₂) 1:500 000. W: M. Kotarba (ed.), Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permńskiego Polski. Arch. AGH Kraków.
- Wnuk, Z., Świerczewska, J., 1995. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonach Wałcz-Gołańcz, Chociwel-Czaplinek, reinterpretacja 1995 r. NAG, Warszawa (Kat. 260/96).
- Wolnowski, T., 1974. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego: Złotów-2. PGNiG S.A., Warszawa (SW/SZ/345).
- 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., 2014. Prognostyczne zasoby gazu ziemnego w wybranych zwięzłych 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).
- Zdziarska, B., Duda, W., Wasiak, I., 1973. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Antyklinorium Pomorskie, 1972. NAG, Warszawa (Kat. 32/158).
- Żelaźniewicz, A., Aleksandrowski, P., Buła, Z., Karnkowski, P.H., Konon, A., Oszczytko, N., Ślaczka, A., Żaba, J., Żytko, K., 2011. Regionalizacja Tektoniczna Polski. KNG PAN, Wrocław.
- Żelichowski, A.M. (ed.) 1985. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Piła 1/IG1. NAG, Warszawa (Inw. 129561).