



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](mailto: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](http://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 dla postępowania przetargowego na poszukiwanie złóż węglowodorów Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”**

**Opracował:**  
**Zespół pod kierunkiem**  
**Mgr Huberta Kiersnowskiego**

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

Warszawa, listopad 2017 r.

**Skład zespołu:**

Mgr Hubert Kiersnowski – kierownik zespołu

Dr Anna Becker

Mgr inż. Anna Bliźniuk

Mgr Dariusz Brzeziński

Mgr inż. Ireneusz Dyrka

Mgr inż. Joanna Fabiańczyk

Dr Anna Feldman-Olszewska

Dr Izabela Grotek

Mgr inż. Marcin Janas

Dr Marek Jasionowski

Mgr inż. Dominik Kafara

Dr Ewa Klimuszko

Dr Maciej Kłonowski

Dr Marta Kuberska

Mgr inż. Rafał Laskowicz

Dr Krzysztof Leszczyński

Prof. dr hab. Hanna Matyja

Inż. Leszek Skowroński

Mgr inż. Michał Roman

Dr Małgorzata Sikorska-Maykowska

Mgr Jakub Sokołowski

Mgr Marcin Szuflicki

**Konsultanci (współautorzy):**

Dr Lidia Dziewińska

Prof. dr hab. Ryszard Wagner

**Koordynator zadania:**

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

## SPIS TREŚCI

<b>1. WSTĘP</b> . . . . .	<b>5</b>
<i>(Hubert Kiersnowski)</i>	
<b>2. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM</b> . . . . .	<b>5</b>
<i>(Marek Jasionowski, Leszek Skowroński)</i>	
2.1. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE ORAZ KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKOWA . . . . .	5
<i>(Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Dominik Kafara)</i>	
<b>3. HYDROGEOLOGIA OBSZARU PRZETARGOWEGO</b> . . . . .	<b>8</b>
<i>(Maciej Kłonowski)</i>	
<b>4. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA OBSZARU PRZETARGOWEGO</b> . . . . .	<b>10</b>
<i>(Lidia Dziewińska)</i>	
4.1. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA . . . . .	14
<b>5. JEDNOSTKI STRATYGRAFICZNO-LITOLOGICZNE O POTENCJALE GENERACYJNYM I ZŁOŻOWYM</b> . . . . .	<b>16</b>
5.1. DEWON I KARBON . . . . .	16
<i>(Hanna Matyja)</i>	
5.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC . . . . .	25
<i>(Hubert Kiersnowski, Leszek Skowroński)</i>	
5.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH I PETROFIZYCZNYCH UTWORÓW CZERWONEGO SPĄGOWCA . . . . .	27
<i>(Marta Kuberska)</i>	
5.3. PERM – CECHSZTYN (DOLOMIT GŁÓWNY – Ca <sub>2</sub> ) . . . . .	32
<i>(Ryszard Wagner, Leszek Skowroński)</i>	
5.3.1. MATERIA ORGANICZNA W UTWORACH CECHSZTYNU (DOLOMIT GŁÓWNY Ca <sub>2</sub> ) . . . . .	38
<i>(Ewa Klimuszko)</i>	
5.3.2. ANALIZA MIKROSKOPOWA MATERII ORGANICZNEJ W UTWORACH PERMU (DOLOMIT GŁÓWNY Ca <sub>2</sub> ) . . . . .	38
<i>(Izabela Grotek)</i>	
<b>6. MEZOZOIK I KENOZOIK – STRATYGRAFIA I LITOLOGIA</b> . . . . .	<b>42</b>
6.1. TRIAS . . . . .	42
<i>(Anna Becker)</i>	
6.2. JURA . . . . .	42
<i>(Anna Feldman-Olszewska)</i>	
6.3. KREDA . . . . .	44
<i>(Krzysztof Leszczyński)</i>	
<b>7. BUDOWA STRUKTURALNA I EWOLUCJA GEOLOGICZNA OBSZARU PRZETARGOWEGO</b> . . . . .	<b>45</b>
<i>(Lidia Dziewińska, Hubert Kiersnowski)</i>	
7.1. TEKTONIKA . . . . .	45
7.2. WYNIKI PRAC WIERTNICZYCH . . . . .	48
<b>8. PROFIL REPEROWY – DEBRZNO IG-1 ORAZ INNE WIERCENIA NA OBSZARZE PRZETARGOWYM</b> . . . . .	<b>51</b>
8.1. BADANIA I INTERPRETACJA GEOFIZYKI OTWOROWEJ W OTWORZE DEBRZNO IG-1 . . . . .	51
<i>(Michał Roman)</i>	
8.2. PROFILE LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNE WIERCEŃ ORAZ OBJAWY WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE PRZETARGOWYM . . . . .	54
<i>(Lidia Dziewińska, Leszek Skowroński)</i>	
<b>9. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM</b> . . . . .	<b>58</b>
<i>(Jakub Sokołowski)</i>	
<b>10. DANE SEJSMICZNE NA OBSZARZE PRZETARGOWYM</b> . . . . .	<b>65</b>
<i>(Lidia Dziewińska, Leszek Skowroński)</i>	
<b>11. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE W REJONIE OBSZARU PRZETARGOWEGO</b> . . . . .	<b>82</b>
<i>(Zdzisław Petecki)</i>	
11.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE . . . . .	82
11.2. BADANIA MAGNETYCZNE . . . . .	86
11.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE . . . . .	86
<b>12. SYSTEM NAFTOWY</b> . . . . .	<b>89</b>
12.1. CECHSZTYŃSKI SYSTEM NAFTOWY . . . . .	90
<i>(Marcin Janas)</i>	
12.2. KARBOŃSKO-PERMSKI SYSTEM NAFTOWY . . . . .	90
<i>(Marcin Janas)</i>	

12.3. SYSTEM NAFTOWY NA OBSZARZE GRANICZNYM PLATFORMY PALEOZOICZNEJ I KRATONU WSCHODNIOEUROPEJSKIEGO W STREFIE KOSZALIN-CHOJNICE . . . . .	91
( <i>Marcin Janas</i> )	
12.4. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW ORAZ RODZAJE PUŁAPEK . . . . .	97
( <i>Ireneusz Dyrka</i> )	
12.5. MATERIA ORGANICZNA W UTWORACH DEWONU. . . . .	98
( <i>Ewa Klimuszko</i> )	
12.6. ANALIZA MIKROSKOPOWA MATERII ORGANICZNEJ. . . . .	102
( <i>Izabela Grotek</i> )	
<b>13. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU PRZETARGOWEGO „DEBRZNO-CZŁUCHÓW” . . . . .</b>	<b>107</b>
( <i>Joanna Fabiańczyk, Brzeziński Dariusz, Marcin Szufflicki</i> )	
<b>14. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI OBSZARU PRZETARGOWEGO . . . . .</b>	<b>117</b>
( <i>Rafał Laskowicz, Lidia Dziewińska, Hubert Kiersnowski</i> )	
<b>15. MATERIAŁY RÓDŁOWE . . . . .</b>	<b>119</b>

## 1. WSTĘP

Pakiet danych geologicznych dla obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” zawiera aspekty budowy geologicznej oraz perspektyw poszukiwawczych dla poszukiwań węglowodorów w utworach dewonu, karbonu, czerwonego spągowa i cechsztynu, zarówno w pułapkach konwencjonalnych, jak i niekonwencjonalnych.

Materiały zostały przygotowane 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. 6 2016.TC3 z dnia 15.07.2016 roku.

Zgodnie z art. 49.f Ustawy w dnia 9 czerwca 2011 roku Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2017 r., poz. 2126) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” 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 2016 roku.

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

Pakiet danych geologicznych stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie. Opinie zawarte w pakiecie danych geologicznych dla obszaru „Debrzno–Człuchów” dotyczące potencjału węglowodorowego są opiniami własnymi poszczególnych autorów opracowania.

## 2. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” o powierzchni 1 158,97 km<sup>2</sup> został oznaczony koordynatami w układzie współrzędnych PL-1992 zamieszczonymi w tabeli poniżej (Tab. 2.1), natomiast numery punktów przedstawiono na figurze 2.1.

**Tabela 2.1. Koordynaty obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” w układzie współrzędnych PL-1992.**

Nr	X	Y
1	619 965,853	400 258,032
2	620 491,445	375 248,551
3	620 663,710	367 051,575
4	627 943,468	367 256,240
5	655 743,779	368 037,823
6	655 083,200	394 117,900
7	654 932,900	400 994,800
8	650 177,700	400 894,400

Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” wchodzi w skład bloku koncesyjnego 107 i północnego fragmentu bloku 127.

### 2.1. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE ORAZ KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKOWA

Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” jest położony na pograniczu województw: pomorskiego, wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego. W granicach obszaru znajduje się 14 gmin wymienionych w tabeli 14.1 i na figurze 2.3. Głównym ośrodkiem urbanizacyjnym położonym w obrębie opisywanego terenu jest Człuchów (Fig. 2.3).

Sieć komunikacyjną obszaru „Debrzno–Człuchów” tworzą drogi krajowe nr 22 i nr 25. DK nr 22, która prowadzi od polsko-rosyjskiego przejścia granicznego w Grzechotkach do granicy polsko-niemieckiej w Kostrzynie nad Odrą. Wewnątrz charakteryzowanego obszaru komunikuje ona ze sobą miejscowości: Buszkowo, Cierzenie, Uniechów, Barkowo, Jaromierz, Człuchów i Rychnowy, natomiast DK nr 25 łączy leżące tuż przy granicy omawianego obszaru Sępólno Krajeńskie z Człuchowem i dalej, w kierunku północno-zachodnim, z Rzeczenicą. Poza wymienionymi szlakami sieć komunikacyjną tworzą drogi skategoryzowane jako wojewódzkie (DW nr 188, Dw nr 201 i Dw nr 202), powiatowe i gminne.

Elementem infrastruktury komunikacyjnej są również dwie pierwszorzędne linie kolejowe: linia kolejowa nr 210 (Chojnice–Runowo Pomorskie) oraz linia kolejowa nr 203 (Tczew–Kostrzyn). Pierwsza z nich jest linią pasażerską, dwutorową, niezelektryfikowaną, wzdłuż której w granicach obszaru przetargowego usytuowane są 2 stacje kolejowe (Bińcze oraz Człuchów) oraz 3 punkty eksploatacyjne w ruchu pasażerskim (Domisław, Biskupnica oraz Brzeźno Człuchowskie). Druga natomiast jest również niezelektryfikowaną linią pasażerską, przy czym jednotorową. Na obszarze „Debrzno–Człuchów” znajdują się 2 stacje (Wierzchowo Człuchowskie i Lipka Krajeńska) oraz 2 przystanki (Moszczenica Pomorska i Bukowo Człuchowskie), na których zatrzymują się pociągi tej linii. Poza wymienionymi liniami na opisywanym terenie znajduje się jeszcze jedna trasa kolejowa. Jest to linia nr 413 o znaczeniu miejscowym relacji Człuchów–Przechlewo, z dwoma przystankami w granicach obszaru: w Kiełpinie i Polnicy.

W granicach obszaru „Debrzno–Człuchów” nie zidentyfikowano elementów krajowego systemu infrastruktury techniczno-inżynierskiej takich jak sieć elektroenergetyczna najwyższych napięć (wg danych PSE S.A.) czy też system gazociągu przesyłowego (wg danych Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A.).

Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną Polski (Kondracki, 2013) omawiany teren położony jest niemal w całości w obrębie Pojezierza Krajeńskiego, z wyjątkiem jego północno-wschodnich krańców, które przynależą do innej jednostki Równiny Charzykowskiej. Pojezierze Krajeńskie znajduje się między dolinami Gwdy, Brdy i środkowej Noteci, zaś od północy otaczają je równiny, wspomniana już Charzykowska oraz Tucholska. Na wysoczyźnie Pojezierza Krajeńskiego zaznacza się kilka linii postoju czoła lodowca w recesyjnej subfazie krajeńskiej zlodowacenia wistły. Najwyższe wzniesienia przekraczają 200 m n.p.m. i znajdują się m.in. na zachód od Człuchowa (223 m n.p.m.) oraz na zachód od Chojnic (góra Wolność 207 m n.p.m.). Obok moren akumulacyjnych i spiętrzonych występują kemy, ozy i rynny lodowcowe oraz doliny dopływów Gwdy, Brdy i Noteci. Liczne są jeziora, w tym m.in. Krępsko (powierzchnia 3,8 km<sup>2</sup>,

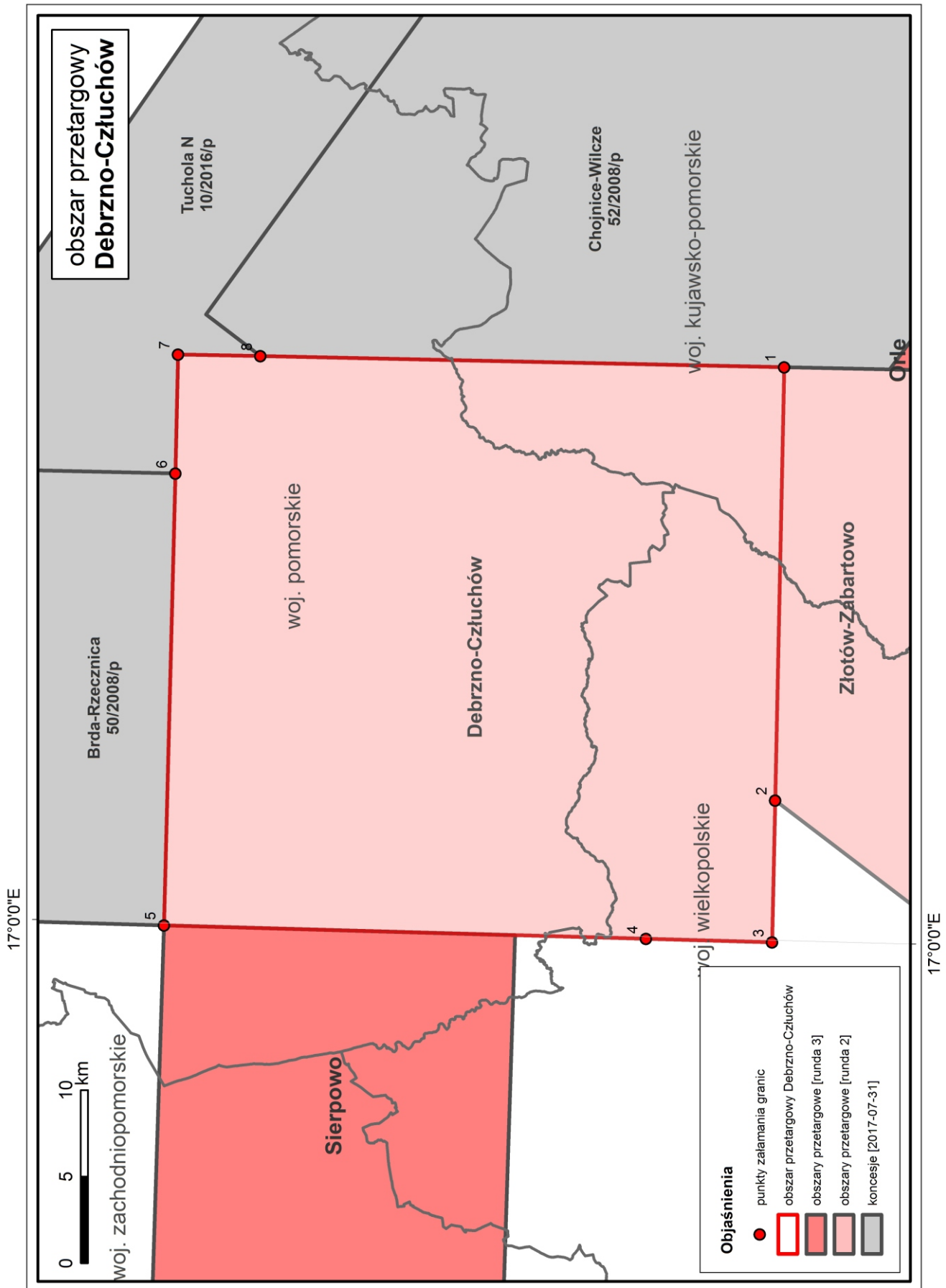


Figura 2.1. Położenie obszaru przetargowego „Debrzno-Człuchów” względem koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węgłowodorów wg stanu na 31.07.2017 r.

Figura 2.2. Położenie obszaru przetargowego „Debrzno-Człuchów” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węgłowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów, wg. stanu na 31.07.2017 r.

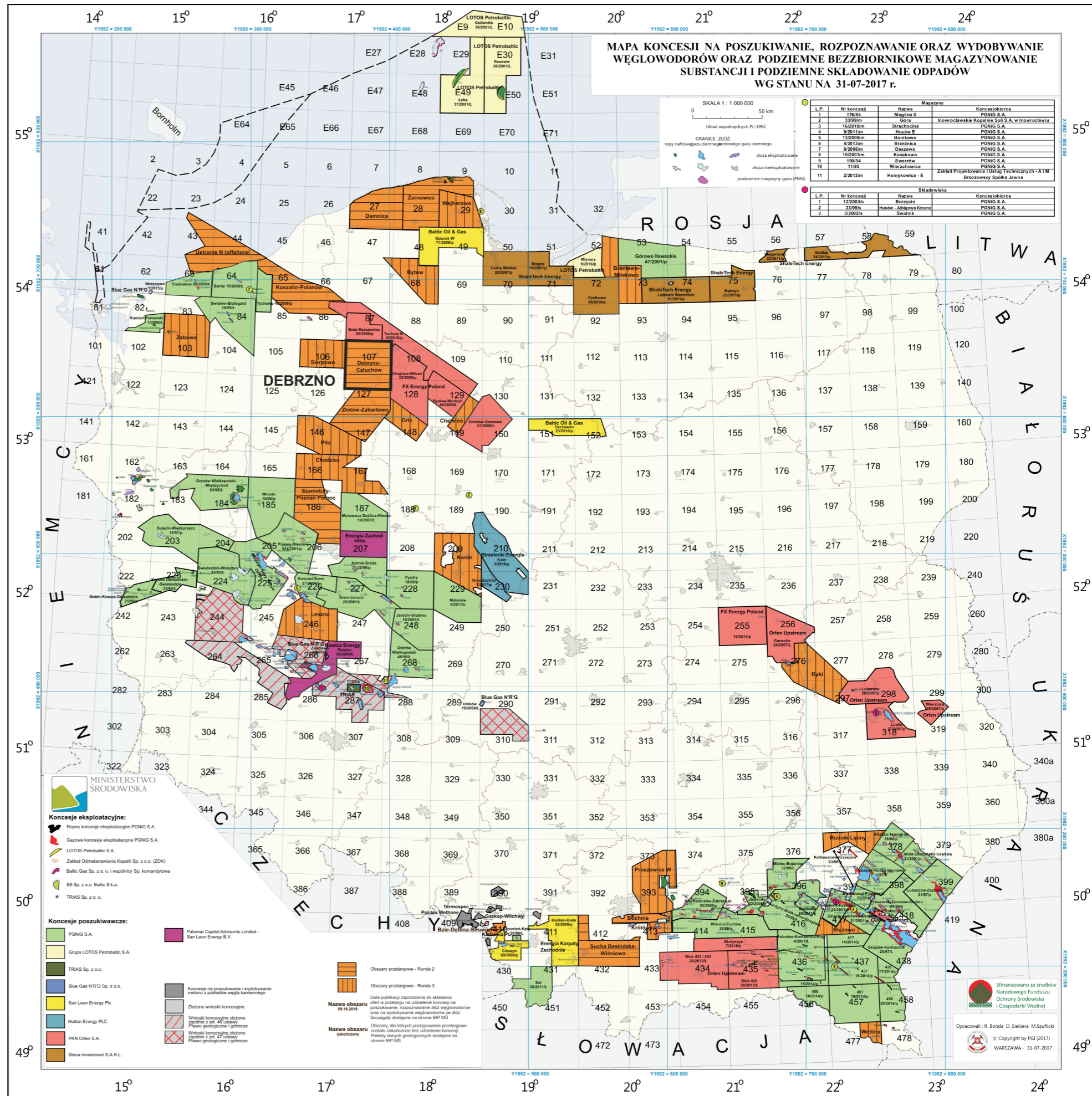
**MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW ORAZ PODZIEMNE BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE SUBSTANCJI I PODZIEMNE SKŁADOWANIE ODPADÓW WG STANU NA 31-07-2017 r.**

SKALA 1 : 1 000 000  
Układ współrzędnych PL-1992

Mapy			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	176/94	Mogilno II	PGNIG S.A.
2	33/95m	Góra	Innowroclawski Kopalnia Sól S.A. w Innowroclawiu
3	16/2019m	Strachocina	PGNIG S.A.
4	8/2011m	Masów E	PGNIG S.A.
5	13/2009m	Strachocina	PGNIG S.A.
6	4/2013m	Brazanica	PGNIG S.A.
7	9/2008m	Osławsko	PGNIG S.A.
8	19/2001m	Kosakowo	PGNIG S.A.
9	1/9/94	Swarzów	PGNIG S.A.
10	11/95	Wierzbowice	PGNIG S.A.
11	2/2013m	Henrykowice - E	Zakład Projektowania Usług Technicznych "ATM" Braconerscy Spółka Jawn

Ślądzka			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjonariusz
1	12/2003m	Borzęcin	PGNIG S.A.
2	23/99m	Husów - Abiegowa Krasna	PGNIG S.A.
3	3/2003m	Świdnik	PGNIG S.A.



- Koncesje eksploatacyjne:**
- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
  - Gazowe koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
  - LOTOS Petrobaltic S.A.
  - Zakład Odmetanowania Kopalni Sp. z o.o. (ZOK)
  - Baltic Gas Sp. z o.o. i wspólnicy Sp. komandytowa
  - B&S Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
  - TRIAS Sp. z o.o.

- Koncesje poszukiwawcze:**
- PGNIG S.A.
  - Grupa LOTOS Petrobaltic S.A.
  - TRIAS Sp. z o.o.
  - Blue Gas NRG Sp. z o.o.
  - San Leon Energy Plc
  - Hutton Energy PLC
  - PKN Orlen S.A.
  - Stena Investment S.A.R.L.

- Palomar Capital Advisors Limited - San Leon Energy B.V.
- Koncesje na poszukiwanie i wydobycie metanu z pokładów węgla kamiennego
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 46 ustawy
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy
- Planów geologicznych i górniczych

Obszary przetargowe - Runda 2  
Obszary przetargowe - Runda 3

Nazwa obszaru 08.10.2016  
Nazwa obszaru 14.05.2017

Data publikacji zaproszenia do składania ofert w przetargu na udzielenie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz na wydobycie węglowodorów ze złóż. Szarej kolorem na stronie BIP MS.  
Obszary, dla których postępowanie przetargowe zostało zakończone bez udzielenia koncesji. Pakiety danych geologicznych dostępne na stronie BIP MS.

Skonfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Opracowali: R. Bońda, D. Sielera, M. Szulicki  
© Copyright by PGI (2017)  
WARSZAWA - 31-07-2017

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „DEBRZNO–CZŁUCHÓW”				
1.	<b>LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE</b>	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Rzeczzenica 162, Przechlewo 163, Debrzno 200, Człuchów 201, Złotów 238, Więcbork 239	
2.	<b>POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE</b>	<b>Województwo</b>	<b>pomorskie</b>	
		<b>Powiat</b>	<b>człuchowski</b>	
		gmina (% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)	Czarne (9,73%), Człuchów m. (1,10%), Człuchów (28,04%), Debrzno (19,29%), Przechlewo (1,94%), Rzeczzenica (1,94%)	
		<b>Powiat</b>	<b>chojnicki</b>	
		Gmina	Chojnice (1,36%)	
		<b>Województwo</b>	<b>wielkopolskie</b>	
		<b>Powiat</b>	<b>złotowski</b>	
		Gmina	Złotów (1,87%), Lipka (16,00%), Okonek (0,19%), Zakrzewo (3,44%)	
		<b>Województwo</b>	<b>kujawsko - pomorskie</b>	
<b>Powiat</b>	<b>sępoleński</b>			
Gmina	Kamień Krajeński (5,85%), Sępólno Krajeńskie (4,78%), Więcbork (0,00%)			
3.	<b>REGIONALIZACJA FIZYCZNO – GEOGRAFICZNA (wg J. KONDRACKIEGO)</b>	Makroregion	Pojezierze Południowopomorskie (314.6-7)	
		Mezoregion	Równina Charzykowska (314.67), Pojezierze Krajeńskie (314.69)	
4.	<b>WSPÓLRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO</b>	układ PL-1992 [X; Y]	619 965,853	400 258,032
			620 491,445	375 248,551
			620 663,710	367 051,575
			627 943,468	367 256,240
			655 743,779	368 037,823
			655 083,200	394 117,900
			654 932,900	400 994,800
650 177,700	400 894,400			
5.	<b>POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO</b>	[km <sup>2</sup> ]	1 158,97	
6.	<b>CEL KONCESJI</b>		poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż	
7.	<b>WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ</b>		dewon, karbon, perm (czerwony spągowiec, cechsztyń)	
8.	<b>PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:</b>			
	parki narodowe		Nie	
	rezerваты		Lutowo (<1%), Gaj Krajeński (<1%), Miłachowo (<1%), Sosny (<1%), Buczyna (<1%), Dęby Krajeńskie (<1%)	
	parki krajobrazowe	[tak/ nie]	Krajeński PK (11%), Zaborski PK (1%)	
	obszary chronionego krajobrazu	jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	OChK Dolina Łobzonki i Bory Kujawskie (1%), OChK Okolice Jezior Krępsko i Szczytno (2%), OChK Pojezierze Wałeckie i Dolina Gwdy (1%), OChK Zespół Jezior Człuchowskich (1%)	
	Natura 2000 - SOO		PLH300047 Dolina Debrzynki (1%), PLH220060 Las Wolność (<1%), PLH220066 Dolina Szczyry (<1%), PLH300040 Dolina Łobzonki (2%), PLH220059 Duży Okoń (<1%)	
Natura 2000 - OSO		PLB220001 Wielki Sandr Brdy (<1%)		
zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		Nie		
9.	<b>GLEBY CHRONIONE</b>	[tak/ nie]	Tak	
10.	<b>KOMPLEKSY LEŚNE</b>	[tak/ nie]	tak	
11.	<b>LASY OCHRONNE</b>	[tak (powierzchnia, % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)/ nie]	87,3 km <sup>2</sup> (7,5%)	
12.	<b>OBIEKTY DZIEDICTWA KULTUROWEGO</b>  Zabytki archeologiczne	[tak (ilość)/ nie]	Tak	
		grodzisko	11	
		osada	1	
		cmentarzysko	9	
		inne (miejsce kultu, miejsce eksploatacji surowca, obozowisko,	1 (grób)	

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „DEBRZNO–CZŁUCHÓW”			
		miasto)	
13.	<b>GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH</b>	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	127 – Subzbiornik Złotów – Piła – Strzelce Krajeńskie; Ng
14.	<b>STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY</b>	[tak/ nie]	Nie
15.	<b>STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ</b>	[tak/ nie]	Nie
16.	<b>TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI</b>	[tak/ nie]	Nie
17.	<b>UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN</b>	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (kruszywa naturalne, torfy, kreda, surowce ilaste ceramiki budowlanej oraz piaski kwarcowe do produkcji cegły wap. – piaskowej)
18.	<b>OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN</b>	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (torfy, piaski, piaski i żwiry, ility i łupki ilaste ceramiki budowlanej)
19.	<b>SIECI PRZESYŁOWE GAZU</b>	[tak/ nie]	Tak
20.	<b>PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU</b>	[tak/ nie]	Nie
21.	<b>DATA WYPEŁNIENIA KARTY</b>	10.11.2016 r.	
22.	<b>ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH</b>	Paulina Kostrz-Sikora, Joanna Krasuska	

Figura 2.3. Karta uwarunkowań środowiskowych dla obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”.

głębokość 18 m). Równina Charzykowska obejmuje obszar sandru. Mnogie zagłębienia po przykrytym piaskami martwym lodzie wypełniają wody jezior, w tym największego z nich – Charzykowskiego (powierzchnia 13,6 km<sup>2</sup>, głębokość 30,5 m). Południowe krańce tego zbiornika znajdują się w północno-wschodnim rejonie obszaru przetargowego.

Sieć hydrograficzną obszaru „Debrzno–Człuchów” tworzą jeziora, rzeki i kanały. Poza wymienionymi już wcześniej zbiornikami są to jeziora: Człuchowskie, Miejskie, Debrzno, Żuczek, Olszanowskie, Gogolin Wielki i inne oraz większe rzeki jak: Debrzynka czy Szczyra.

Część terenów położonych w granicach obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej realizowanej na mocy przepisów ustawy o *ochronie przyrody*. Wśród obszarowych form chronionych występują m.in. 4 obszary chronionego krajobrazu, 6 rezerwatów przyrody oraz 6 obszarów sieci Natura 2000, które zajmują względnie niewielkie powierzchnie w stosunku do całkowitej powierzchni obszaru „Debrzno–Człuchów”. Zdecydowanie największą obszarowo formą podlegającą ochronie jest Krajeński Park Krajobrazowy (11% obszaru przetargowego) obejmujący południowo-wschodnie części charakteryzowanego terenu (Fig. 2.4).

W aspekcie uwarunkowań środowiskowych mogących potencjalnie ograniczać warunki poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów w granicach obszaru „Debrzno–Człuchów” należy zwrócić uwagę na czynniki hydrogeologiczne związane z występowaniem głównych zbiorników wód podziemnych. W obrębie obszaru znajduje się północna część zbiornika neogeńskiego (126 – Subzbiornik Złotów – Piła – Strzelce Krajeńskie) obejmująca swoim zasięgiem dość duże tereny jego południowych rejonów. Zwrócić należy także uwagę na dwa bezpośrednio sąsiadujące z obszarem przetargowym zbiorniki czwartorzędowe: od zachodu GZWP 126 (Zbiornik Szczecinek) i od wschodu GZWP 128 (Zbiornik międzymorenowy Ogorzeliny). Na charakteryzowanym obszarze zinwentaryzowano również 32 ujęcia wód podziemnych (w tym 28 komunalnych, 3 przemysłowe i 1 komunalno-przemysłowe) oraz 1 ujęcie wód powierzchniowych

(ujęcie przemysłowe znajdujące się w rejonie miejscowości Zawarte tuż przy wschodniej granicy obszaru). Zdecydowana większość ujęć (31) czerpie wodę z utworów czwartorzędowych (patrz Fig. 3.1).

Omawiany obszar jest również miejscem prowadzenia działalności wydobywczej i przetwórczej. Z informacji zawartych w bazie MIDAS wynika, że na obszarze „Debrzno–Człuchów” znajduje się 26 udokumentowanych złóż kopalin, w tym 19 złóż kruszywa naturalnego (Krzywa Wieś II, Polanica II, Radawnica, Moszczenica II, Moszczenica III, Moszczenica V, Wiśniewa, Czyżkowo I, Czyżkowo II, Czyżkowo III, Czyżkowo – WR, Kiełpinek, Doręgowice, Doręgowice I, Skowranki II, Skowranki III, Zagórki, Krzyżanki, Rychnowy I), 3 złoża torfów (Potulice Stare, Kiełpinek II i Kiełpinek II/1), 2 złoża kredy (Pawłówko i Pawłówko II), oraz po 1 złożu: surowców ilastych ceramiki budowlanej (Buszkowo) i piasków kwarcowych do produkcji cegły wapienno-piaskowej (Buczek Mały–Czyżkowo).

W strukturze zagospodarowania widoczne są zajmujące dość duże powierzchnie grunty orne wysokich klas bonitacyjnych oraz rozmieszczone w sposób nieregularny zwarte kompleksy leśne, które częściowo włączone są w system opisanych powyżej przyrodniczych obszarów prawnie chronionych. Część lasów (w oparciu o rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 25 sierpnia 1992 r. (Dz. U. z 1992 r., Nr 67, poz. 337) posiada status lasów ochronnych.

### 3. HYDROGEOLOGIA OBSZARU PRZETARGOWEGO

Przez obszar przetargowy Debrzno–Człuchów przebiega dział wodny pomiędzy zlewniami Wisły i Odry. Część zachodnia terenu znajduje się w zlewni Gwdy, natomiast część wschodnia w zlewni Brdy (Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej 2010; Fig. 3.1).

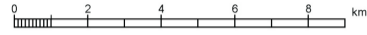
Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych wód podziemnych wg jednostek hydrogeologicznych obszar

Figura 2.4A. Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” – ograniczenia środowiskowe.

Figura 2.4B. Objaśnienia do mapy ograniczeń środowiskowych obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”.

Figura 3.1. Warunki hydrogeologiczne obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”.

# OBSZAR PRZETARGOWY "DEBRZNO-CZŁUCHÓW" OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE skala 1:100 000



Copyright by PIG-PIB, Warszawa 2016

Współrzędne prostokątne w układzie PL-1992, podkład topograficzny na podstawie VMap L2

Opracowała: Malgorzata Sikorska-Maykowska  
Zestawienie danych: Joanna Krasuska  
i redakcja komputerowa.

# OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH OBSZARU PRZETARGOWEGO "DEBRZNO-CZŁUCHÓW"

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

## ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

- 10515** identyfikator złoża z bazy MIDAS
- granica złoża
- - - granica obszaru prognostycznego
- - - granica zweryfikowanego obszaru prognostycznego
- [ ] obszar prognostyczny o powierzchni ≤5 ha
- punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny

Symbol kopaliny:

Symbol kopaliny:  
Wb - węgiel brunatny  
pc - piaskowce  
i(ic) - ility i łupki ilaste ceramiki budowlanej  
pż - piaski i żwiry  
p - piaski  
t - torfy

## WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

Granice działu wodnego:

- pierwszego rzędu
- trzeciego rzędu
- czwartego rzędu
- źródło
- ▨ obszar źródłkowy
- zbiornik retencyjny
- ← 139 → granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem
- k ujęcie wód powierzchniowych
- k ujęcie wód podziemnych (k - komunalne, p - przemysłowe; Q - wiek ujmowanych utworów)

## WARUNKI PODŁOŻA BUDOWLANEGO

- ▨ obszary predysponowane do występowania ruchów masowych

## OCHRONA PRZYRODY, KRAJOBRAZU I DZIEDZICTWA KULTUROWEGO

- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego
- lasy
- lasy ochronne
- zieleń urządzona
- granice terenów zarządzanych przez Generalną Dyрекcyję Lasów Państwowych
- granica parku narodowego
- granica parku krajobrazowego
- granica obszaru chronionego krajobrazu
- granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego
- Obszary Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000, kod obszaru
- K granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (K - krajobrazowy, FI - florystyczny, L - leśny, W - wodny)
- \* zabytek archeologiczny

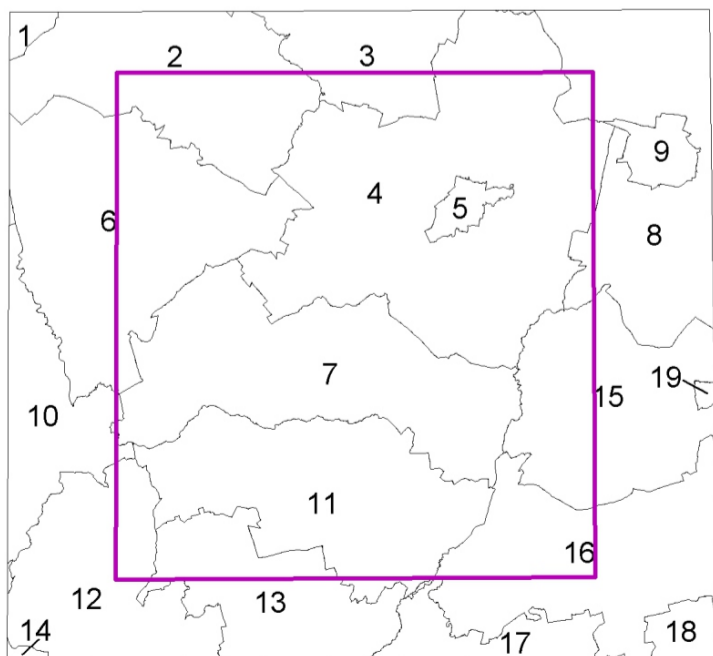
## INFORMACJE DODATKOWE

- granica województwa
- granica powiatu
- granica gminy, miasta

## DEBRZNO

- ××××× sieć gazociągów
- ××××× sieć energetyczna
- ▭ granica obszaru przetargowego

Położenie obszaru przetargowego na tle podziału administracyjnego



woj. ZACHODNIOPOMORSKIE  
powiat szczeciński  
1 - gm. Biały Bór  
woj. POMORSKIE  
powiat człuchowski  
2 - gm. Rzeczenica  
3 - gm. Przechlewo  
4 - gm. Człuchów  
5 - m. Człuchów  
6 - gm. Czarne  
7 - gm. Debrzno  
powiat chojnicki  
8 - gm. Chojnice  
9 - m. Chojnice  
woj. WIELKOPOLSKIE  
powiat złotowski  
10 - gm. Okonek  
11 - gm. Lipka  
12 - gm. Złotów  
13 - gm. Zakrzewo  
14 - gm. Tamówka  
woj. KUJAWSKO-POMORSKIE  
powiat sępoleński  
15 - gm. Kamień Krajeński  
16 - gm. Sępólno Krajeńskie  
17 - gm. Więcbork  
18 - gm. Sośno  
powiat tucholski  
19 - gm. Kęsowo

Położenie obszaru przetargowego  
na arkuszach 1 : 50 000

161 Czame	162 Rzeczenica	163 Przechlewo	164 Chojnice
199 Okonek	200 Debrzno	201 Człuchów	202 Kamień Krajeński
237 Jastrowie	238 Złotów	239 Więcbork	240 Sępólno Krajeńskie

Opracowała: Małgorzata Sikorska-Maykowska

Zestawienie danych  
i redakcja komputerowa: Joanna Krasuska



przetargowy Debrzno–Człuchów znajduje się w prowincji niżowej, regionie pomorskim III (Paczyński, 2007). Zgodnie z podziałem wg jednostek Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) większość obszaru – część południowo-zachodnia, znajduje się w regionie Warty RW i subregionie nizinnym SWN, natomiast fragment północno-wschodni w prowincji Wisły, regionie dolnej Wisły RDW i subregionie pojeziernym SP (Paczyński, 2007).

Zgodnie z podziałem na JCWPd (172 jednostki) teren obszaru przetargowego znajduje się na obszarze następujących części: 26, 27, 35 i 36 (Nowicki, 2009).

Obszar przetargowy Debrzno–Człuchów objęty został pracami kartograficznymi w ramach realizacji następujących arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski (MhP) w skali 1:50 000: Rzecznica 0162 (Prussak, 2004a), Przechlewo 0163 (Prussak, 2004b), Debrzno 0200 (Prussak i Prussak, 2004), Człuchów 0201 (Balcer i Jankowski, 2000), Złotów 0238 (Kachnic i Kotowski, 2004) i Więcbork 0239 (Lubowiecki, 2000).

Na większości obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW), odnoszący się wyłącznie do wód zwykłych, czyli słodkich, wyznaczony zgodnie z kryteriami przyjętymi dla MhP w skali 1:50 000 ma charakter ciągły. Jedynie na niewielkim terenie w południowo-wschodnim narożniku wyznaczono obszar bezwodny. Wody podziemne występują powszechnie w piaszczysto-żwirowych osadach czwartorzędu pochodzenia fluwioglacjalnego oraz zastoiskowego, tj. dolin rzecznych, sandrów, utworów międzymorenowych, dolin kopalnych i rynien lodowcowych, oraz lokalnie w piaszczystych utworach neogenu. Liczba, miąższość i rozprzestrzenienie utworów zawodnionych czwartorzędowego piętra wodonośnego uzależniona jest przede wszystkim od zasięgu kolejnych zlodowaceń. Utwory wodonośne wszystkich pięter wodonośnych charakteryzują się dużą zmiennością litologii i tym samym silnie zróżnicowanymi właściwościami hydrogeologicznymi.

Poziom wodonośny w nieregularnie wykształconych utworach sandrowych tylko lokalnie spełnia kryteria użytkowego poziomu wodonośnego zgodne z wytycznymi MhP w skali 1:50 000. Występuje on w sposób nieciągły i ma znaczenie podrzędne.

Poziomy wód podziemnych w utworach międzymorenowych budują piaszczysto-żwirowe osady fluwioglacjalne rozdzielone warstwami glin zwałowych poszczególnych zlodowaceń. Z tego względu można je podzielić na międzymorenowe górną, występującą na głębokości 30–40 m p.p.t. – pod glinami zlodowacenia Wisły, poziomy międzymorenowe dolne, występujące na głębokości 50–90 m p.p.t. – między glinami środkowopolskimi i południowopolskimi, oraz poziomy podglinowe występujące lokalnie pod glinami południowopolskimi. Miąższości warstw wodonośnych wahają się od około 10 do około 40 metrów. Zwierciadło ma charakter naporowy – subarteryjski i stabilizuje się na głębokości od kilkunastu do kilku m p.p.t. Wielkość współczynnika filtracji opisywanych utworów wodonośnych waha się od kilku do około 20 m<sup>2</sup>/24h, a przewodność warstwy

wodonośnej mieści się w granicach od około 20 do 230 m<sup>2</sup>/24h. Lokalnie, w zachodniej części terenu, stwierdzono występowanie połączonego piętra wodonośnego – czwartorzędowo-neogeńskiego.

Czwartorzędowe utwory wodonośne zasilane są poprzez infiltrację wód atmosferycznych z powierzchni terenu, a drenowane ku dolinie Gwdy i Brdy oraz mniejszych cieków (Dąbrowski i in., 2007).

Wody piętra czwartorzędowego charakteryzują się wysokimi stężeniami żelaza i manganu oraz wysoką twardością. Lokalnie wykryto także zawartość azotu amonowego, co wskazuje na zanieczyszczenia pochodzenia antropogenicznego (Dąbrowski i in., 2007).

Neogeńskie piętro wodonośne występuje w sposób ciągły na większości obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów. Jest ono związane z seriami drobnoziarnistych utworów piaszczystych miocenu rozdzielonych soczewami i nieciągłymi warstwami mułkowo-ilastymi oraz węglowymi (Dąbrowski i in., 2007). Podstawowe znaczenie ma poziom mioceniński zalegający pod nadkładem warstw poznańskich o miąższości średnio 20–60 metrów i maksymalnie około 100 metrów. Strop poziomu zalega na głębokościach od około 50 do około 200 mp.p.t., najczęściej 60,0–80,0 m p.p.t. Odnawialność całego piętra zależy od przepuszczalności i miąższości pokrywy ilastej oraz głębokości zalegania warstw wodonośnych. W miocenińskim kompleksie brunatnowęglowym wyróżnia się trzy warstwy wodonośne: dolną, górną i środkową. Warstwę dolną o miąższości do 50 metrów budują piaski różnoziarniste, natomiast warstwę górną o miąższości do 60 metrów piaski drobnoziarniste i pylaste. Zwierciadło wód podziemnych poziomu miocenińskiego ma charakter subarteryjski, lokalnie artestyjski. Współczynniki filtracji wynoszą średnio: dla piasków warstwy dolnej 1,1 [m/h], a dla piasków warstwy dolnej 0,23 m/h (Dąbrowski i in., 2007). Warstwę rozdziela seria węglowa z mułkami, w której lokalnie występuje środkowa warstwa wodonośna. Oligoceniński poziom wodonośny nie został wystarczająco dobrze rozpoznany pod względem hydrogeologicznym na obszarze przetargowym.

Chemizm wodonośnego piętra neogeńskiego jest silnie zróżnicowany ze względu na różną zawartość rozpuszczonej materii organicznej w osadach oraz infiltrację wód zwykłych z piętra czwartorzędowego (Dąbrowski i in., 2007). Z tego powodu występują tu wody o bardzo dobrej jakości jak i praktycznie nieprzydatne do spożycia.

W południowej części obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów występuje północny fragment głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP) nr 127 Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk, 2004; Węgrzyn i in., 2013). Został on wyznaczony dla ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych w utworach wodonośnych neogenu. Podstawowe wiadomości dotyczące występowania zwykłych wód podziemnych w obrębie ww. GZWP podane zostały w tabeli. 3.1.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zostały udokumentowane tylko dla niewielkiego obszaru (około 35 % powierzchni) Debrzno–Człuchów (Pergół i Sokołowski, 2015).

**Tabela 3.1. Podstawowa charakterystyka hydrogeologiczna głównych zbiorników wód podziemnych GZWP (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk, 2004)**

Numer zbiornika	Nazwa zbiornika	Wiek utworów	Typ ośrodka wodonośnego	Szacunkowe zasoby dyspozycyjne [tys. m <sup>3</sup> /24h]	Średnia głębokość zwierciadła wód podziemnych [m p.p.t.]
127/ udokum.	Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie	Ng	porowy	186	90

Tabela 3.2. Podstawowe dane dotyczące hydrogeologicznych dokumentacji zasobowych (Pergół i Sokołowski, 2015)

Tytuł dokumentacji	Autor	Rok	Nr decyzji	Zasoby dyspozycyjne [m <sup>3</sup> /24h]
Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Brdy, woj. pomorskie, woj. kujawsko-pomorskie	Rodzoch i in.	2001	DG/kdh/ED/489-6351/2002	794.280
Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Gwdy	Dąbrowski i in.	2013	DGKhg-4731-13/39693/13/AW	794.280

Zachodnia część omawianego obszaru znajduje się w obrębie *Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Gwdy* (Dąbrowski i in., 2013). Ponadto północno-zachodni fragment obszaru minimalnie przekracza południową granicę *Dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Brdy, woj. pomorskie, woj. kujawsko-pomorskie* (Rodzoch i in., 2001). Podstawowe wiadomości dotyczące hydrogeologicznych dokumentacji zasobowych podane zostały w tabeli. 3.2.

#### Wnioski

Dla większości obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów wyznaczono ciągi główne użytkowy poziom wodonośny, który budują piaszczyste i piaszczysto-żwirowe utwory wodonośne czwartorzędu, neogenu i paleogenu;

Utwory wszystkich pięter wodonośnych – czwartorzędowego, neogeńskiego i połączonego czwartorzędowo-neogeńskiego, charakteryzują się dużą zmiennością litologii, a co za tym idzie – silną zmiennością właściwości hydrogeologicznych;

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zostały udokumentowane i zatwierdzone dla większości obszaru przetargowego;

W południowej części obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów znajduje się fragment głównego zbiornika wód podziemnych nr 127 Subzbiornik Złotów-Piła-Strzelce Krajeńskie, wyznaczonego dla ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych w utworach neogenu;

Jakość wód podziemnych piętra czwartorzędowego i neogeńskiego jest w większości bardzo dobra i dobra, a wody, ze względu na podwyższone zawartości żelaza i manganu, wymagają jedynie prostego uzdatniania;

Lokalnie w wodach piętra czwartorzędowego wykazano występowanie zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego;

Chemizm wodonośnego piętra neogeńskiego jest silnie zróżnicowany;

Brak jest dobrego rozpoznania hydrogeologicznego podłoża podkenozoicznego i dokładniejszych informacji nt. hydrogeologii głębszych partii górotworu.

#### 4. CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA OBSZARU PRZETARGOWEGO

Obszar bloku „Debrzno–Człuchów” znajduje się w strefie granicy pomiędzy krawędzią platformy wschodnioeuropejskiej a obszarem określanym jako antyklinorium pomorskie (Karnkowski, 2008).

Omawiany obszar charakteryzuje się mocno zaburzoną budową strukturalną i zmiennymi miąższościami wszystkich sejsmicznie śledzonych horyzontów. Podłoże podpermskie

tworzą utwory różnych pięter dewonu górnego (Lech, 2013; Matyja, 2008, 2009).

Na podstawie analizy geologicznej i sejsmicznej wykonanej przez Lidę Dziewińską (materiały niepublikowane) stwierdzono, że plany strukturalne poszczególnych horyzontów są zróżnicowane.

Wyniki prac sejsmicznych i wiertniczych pokazują, iż obszar „Debrzno–Człuchów” ma bardzo skomplikowaną budowę z dużą ilością dyslokacji i licznymi zmianami litologiczno-miąższościowymi. Występuje tu szereg zmian strukturalnych i tektonicznych. Obserwuje się przyrosty i redukcje miąższości w poszczególnych kompleksach skalnych.

Budowa geologiczna obszaru „Debrzno–Człuchów” stanowiła przedmiot, najczęściej na szerszym tle geologicznym, licznym opracowań archiwalnych i publikowanych (Dadlez, 1989, 1997a, 2000; Dadlez i in., 1994; Karnkowski i in., 1978; Leszczyński, 2002; Miłaczewski, 2007; Pożaryski i in., 1982; Matyja, 1993, 2006). Ta ostatnia pozycja dotyczy stratygrafii i rozwoju fałdalnego utworów C-D. Oddzielną pozycję stanowią atlasy i mapy geologiczne (Pożaryski i in., 1992; Dadlez i in., 1998).

Z prac monograficznych należy wymienić opracowania autorów: Dadlez (1976, 1997b); Karnkowski (1999); Marek i Pajchłowa (1997); Raczyńska (1987). Prace bezpośrednio dotyczące poszukiwań złóż gazu i ropy naftowej, to m.in. autorstwa: Karnkowski (1993); Witkowski (1984); Knieszner i in. (2000).

Oddzielną pozycję stanowią opracowania wykonane w ramach realizacji programu Analizy Basenów Sedymentacyjnych (ABS). Na czoło wysuwają się tu prace poświęcone architekturze depozycyjnej basenu dewońskiego (Matyja, 1998) i dolnokarbońskiego (Lipiec, Matyja, 1998) oraz dotyczące zagadnień subsydencji (Narkiewicz i in., 1998).

Wymienione wyżej publikacje stanowią źródło informacji wykorzystanych podczas opracowania przedstawianego pakietu danych geologicznych dotyczącego obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”.

#### Informacje o dotychczasowym rozpoznaniu/udokumentowaniu

W obszarze „Debrzno–Człuchów” wykonano szereg badań w oparciu o wierceń (Tab. 4.1) i analizę sejsmiczną. Lokalizacja niżej wymienionych otworów wiertniczych znajduje się na figurze 12.1.

#### Położenie geologiczne obszaru „Debrzno–Człuchów”

Analizowany obszar znajduje się na zachód od prekambryjskiego kratonu wschodnioeuropejskiego (Fig. 4.1), od którego oddzielony jest strefą uskoku Koszalin – Chojnice. Obszar jest położony w strefie transeuropejskiego szwu (TESZ). W kilkunastu profilach położonych między Koszalinem, Chojnicami, Polskimi Łąkami i Bydgoszczą, usytuowanych w pobliżu obecnego, erozyjnego zasięgu osadów dewońskich w kierunku wschodnim, pod osadami górnego dewonu osiągnięto dewon środkowy, a w kilku przewiercono również osady dewonu środkowego i

Tabela 4.1. Otwory wiertnicze na obszarze „Debrzno–Człuchów”

Nazwa otworu	Rok wiercenia	Głębokość końcowa [m] i stratygrafia	Miąższość [m]			
			Ca2	P1	D3	D2
Człuchów 1	1968	1953,0 J1				
Człuchów 2	1968	2001,0 Tm				
Człuchów IG-1	1969	4919,4 D2 żywet	22,0		1590,0	>494,9
Człuchów IG-2	1976	3083,3 P2	>1,2			
Człuchów IG-2Bis	1977	3101,5 P2	>12,6			
Debrzno IG-1	1977	5010,0 D3 fran	7,5	50,5	>837,5	
Debrzno 2	1993	4086,0 D3 fran	4,0	24,5	>113,5	
Myśligoszcz 1	1992	4488,0 D3 fran	8,5	7,0	>546,0	
Olszanowo 1	1989	4000,0 D3 famen	14,5	2,0	>341,5	
Orzełek GN 1	1968	1895,5 T <sub>p1</sub>				
Sokole 1	1989	4075,0 D3 famen	92,0	51,5	>72,0	
Witkowo 1	1972	3500,0 Z2				

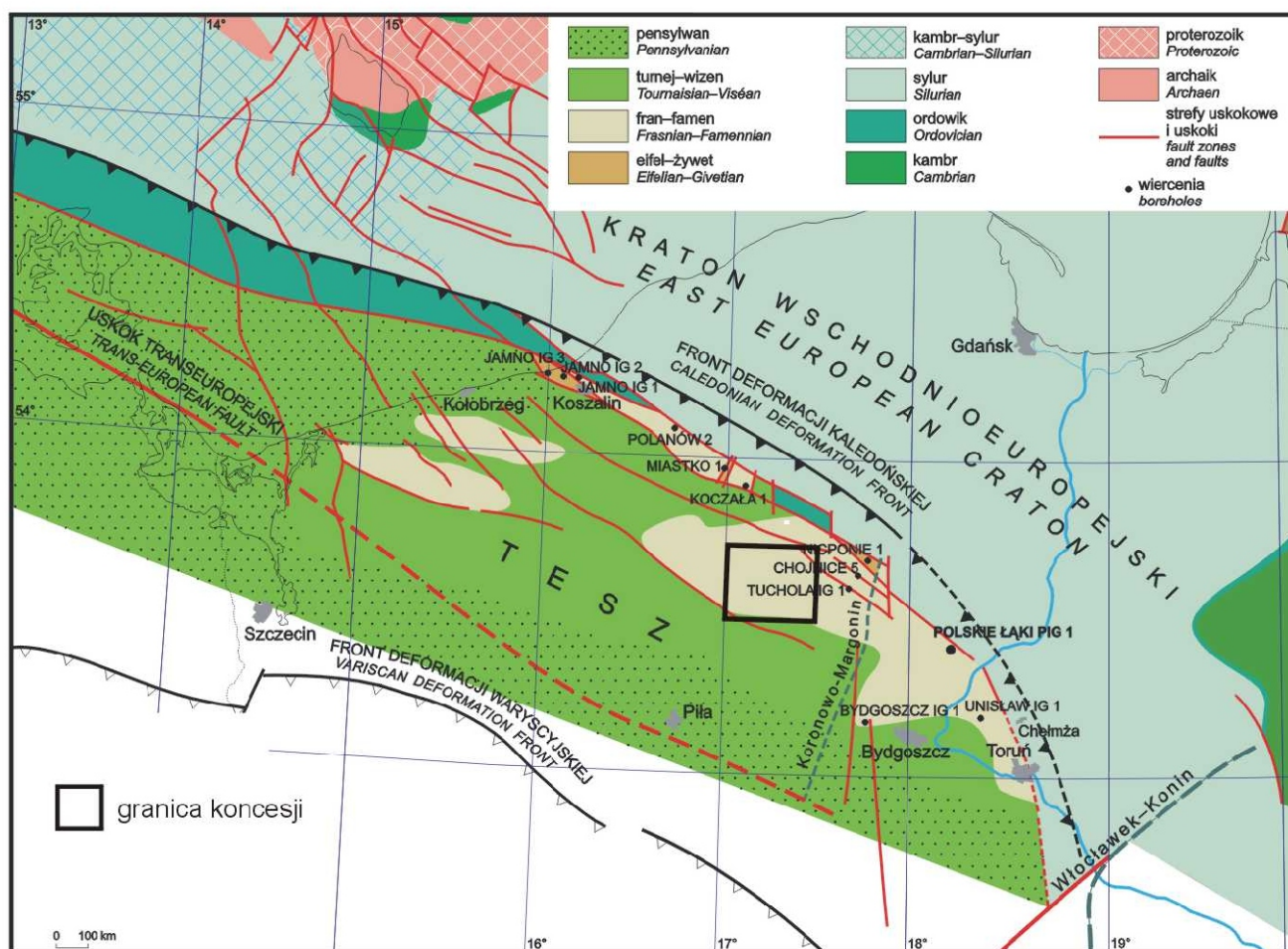
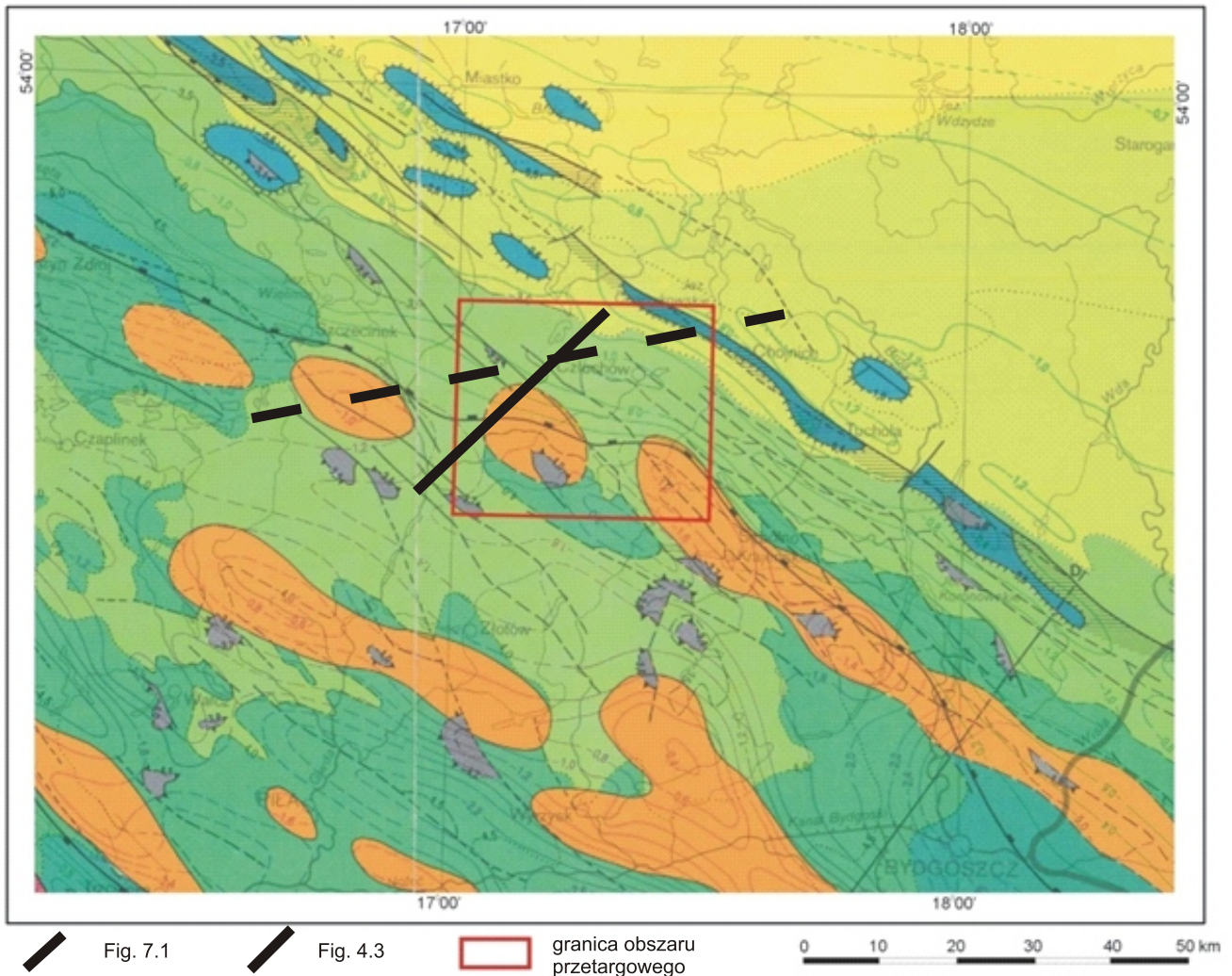


Figura 4.1 Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” na tle uproszczonej mapy geologicznej bez utworów permu i młodszych (Matyja, 2011). Kwadrat oznacza granice obszaru przetargowego.



**Figura 4.2.** Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” na tle mapy tektonicznej głębokościowej cechsztyńsko-mezozoicznego kompleksu strukturalnego: powierzchnia spągowa kompleksu oraz młodsze powierzchnie strukturalne (Dadlez i in., 1998).

prawdopodobnie najwyższej części dolnego, natrafiając bezpośrednio pod nimi na charakteryzujące się znacznymi upadami osady ordowiku bądź syluru.

Ukształtowanie podcechsztyńskiego układu strukturalnego nastąpiło w okresie ruchów późnowaryscyjskich w systemie tektoniki blokowej odnawianej w różnym stopniu intensywności podczas całego mezozoiku, o czym świadczy rozwój miąższościowo-facjalny. Ostateczne ukształtowanie obecnego podkenozoicznego układu strukturalnego miało miejsce w fazie laramijskiej.

Najstarszymi poznаныmi utworami są zlustrowane i spękane iłowce wenloku dolnego o upadzie do  $45^\circ$  (Klosnowo IG-1 położonego na północny-wschód od obszaru przetargowego), należące do sfałdowanego staropaleozoicznego kompleksu strukturalnego kaledonidów. Wyniki tego wiercenia umożliwiły uściślenie wschodniego zasięgu platformowych utworów dewońsko-karbońskich, stanowiących waryscyjski kompleks strukturalny rozwinięty na sfałdowanym i zrównanym podłożu staropaleozoicznym.

Ku południowemu zachodowi utwory dewonu są obecnie niedostępne dla badań, ukrywając się pod dużej miąższości osadami karbonu, permu i mezozoiku. Obecny zasięg i stratygrafia utworów dewonu przedstawione są w dalszej części opracowania (Rozdziały 4.1 i 5.1).

Wschodni, erozyjny zasięg występowania osadów dewonu i karbonu dolnego wyznacza strefa uskokowa Koszalin–Chojnice–Toruń. Na wschód od tej strefy stwierdzono wąski pas wschodni sfałdowanych osadów syluru i ordowiku, nasuniętych na kraton wschodnioeuropejski. Granicę tego nasunięcia określono jako front deformacji kaledońskiej CDF (Caledonian Deformation Front).

Front deformacji waryscyjskiej VDF (Variscan Deformation Front) wyznacza, prawdopodobnie, południową granicę basenów epikontynentalnych dewonu i karbonu, charakteryzujących się, z powodu bliskości mobilnego pasa waryscydy, wzmożoną ruchliwością podłoża. Baseny permskie i mezozoiczne były już typowymi basenami intrakratonicznymi.

Obszar „Debrzno–Człuchów” (rejon bloku 107 i północnej części bloku 127) położony jest w obszarze niecki i wału pomorskiego, stanowiących fragment kompleksu permsko-mezozoicznego (Fig. 4.2).

Wał pomorski stanowił w triasie, jurze i kredzie dolnej osiową część bruzdy duńsko-polskiej. Analizowane przekroje geologiczne przez bruzdę śródpolską (wg Dadlez, 2001; Fig. 4.3) ujawniają znaczną miąższość osadów triasu (2000–2500 m). Utwory młodsze zostały przeważnie usunięte

## OBJAŚNIENIA DO MAPY

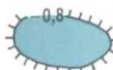
### Powierzchnia spągowa kompleksu Basal surface of the complex



### Antykliny niesolne Non-salt anticlines



Antykliny wgłębne – zarys według spągu kompleksu lub według podsolnych poziomów sejsmicznych; liczba na konturze – km p.p.m.  
Reflected anticlines – outline after the base of the complex or sub-salt seismic horizons; number on the contour line – km b.s.l.



Antykliny nałożone – zarys według spągu górnej kredy; liczba na konturze – km p.p.m.  
Superficial anticlines – outline after the base of Upper Cretaceous; number on the contour line – km b.s.l.



Antykliny nałożone – zarys według wychodni spągu górnej kredy na powierzchni stropową kompleksu  
Superficial anticlines – outline after the subcrops of Upper Cretaceous base at the top surface of the complex

### Antykliny solne Salt anticlines



Poduszki solne  
Salt pillows

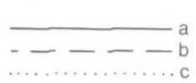
Tk  
-3577



Diapiry solne przebijające częściowo osady mezozoiku; symbol literowy wskazuje wiek skał leżących na soli; liczba – lustro soli w m p.p.m.  
Salt diapirs partly piercing the Mesozoic strata; letter symbol shows the age of rocks overlying the salt, number – the salt top in m b.s.l.

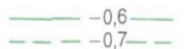


Diapiry solne przebijające całkowicie osady mezozoiku  
Salt diapirs piercing completely the Mesozoic strata

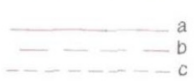


Izohipsy spągu kompleksu: stwierdzone (a), przypuszczalne (b), hipotetyczne (c), w km p.p.m.  
Controlled (a), inferred (b) and conjectural (c) contours of the base of complex, in km b.s.l.

### Młodsze powierzchnie strukturalne Younger structural surfaces



Izohipsy spągu kredy górnej, w km p.p.m.  
Contours of the Upper Cretaceous base, in km b.s.l.



Izohipsy stropu wapienia muszlowego (na wale śródpolskim): stwierdzone (a), przypuszczalne (b), dodatkowe – co 0,1 km (c), w km p.p.m.  
Controlled (a), inferred (b) and additional – every 0.1 km (c) contours of the Muschelkalk top (in the Mid-Polish Swell), in km b.s.l.



Izohipsy spągu piaskowca pstrego (na monoklinie przedsudeckiej): stwierdzone (a), przypuszczalne (b), dodatkowe – co 0,1 km (c), w km p.p.m.  
Controlled (a), inferred (b) and additional – every 0.1 km (c) contours of the Bunter base (in the Fore-Sudetic Monocline), in km b.s.l.



Uskoki przebijające cały kompleks: stwierdzone (a), przypuszczalne (b)  
Controlled (a) and inferred (b) faults penetrating the whole complex



Uskoki przebijające tylko dolną część kompleksu: stwierdzone (a), przypuszczalne (b)  
Controlled (a) and inferred (b) faults penetrating the lower part of complex only



Rowy i półrowy synsedymantacyjne  
Synsedimentary grabens and half-grabens

### Zasięgi subkompleksów Extents of subcomplexes



Zasięg cechsztynu, częściowo ukryty pod osadami młodszymi  
Extent of the Zechstein, partly concealed beneath the younger sediments



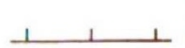
Zasięg triasu ukryty pod osadami młodszymi  
Extent of the Triassic concealed beneath the younger sediments



Zasięg jury ukryty pod osadami młodszymi  
Extent of the Jurassic concealed beneath the younger sediments



Zasięg górnej kredy na powierzchni stopowej kompleksu  
Extent of the Upper Cretaceous at the top surface of the complex



Zasięg kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego  
Extent of the Zechstein-Mesozoic complex

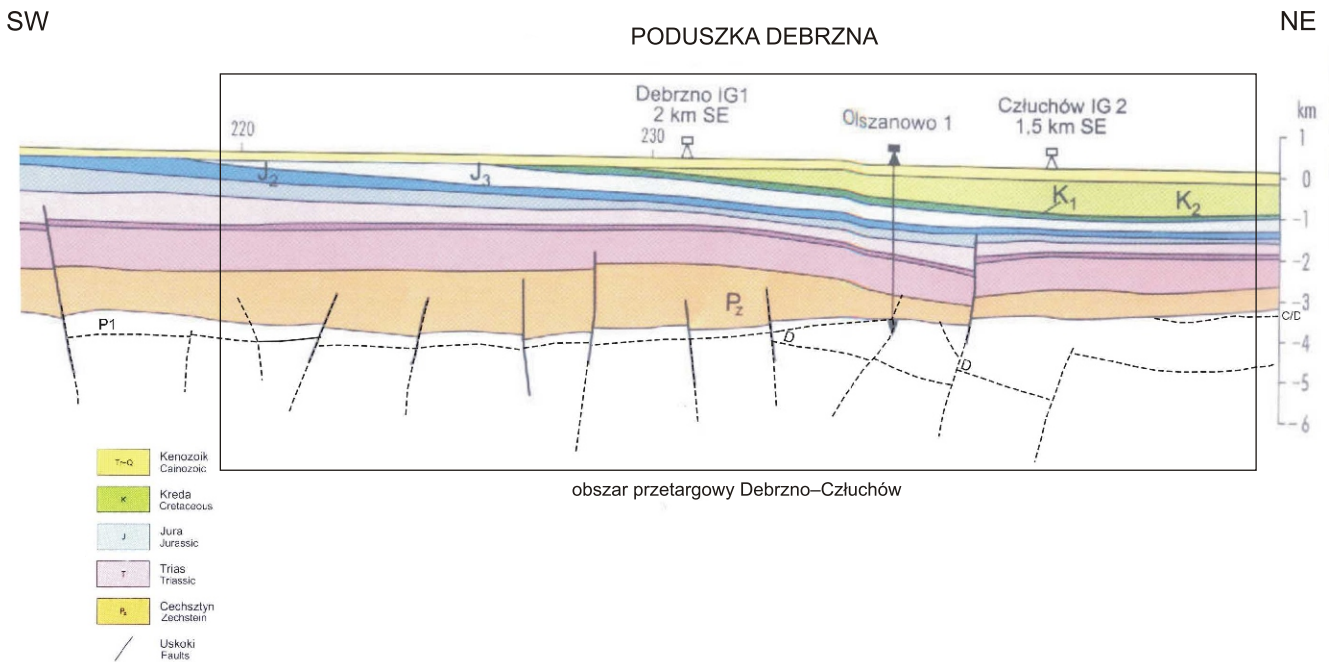


Figura 4.3. Fragment przekroju geologicznego przez bruzdę śródpolską (Dadlez, 2001). Lokalizacja przekroju na Fig. 4.2.

w kenozoiku, jednak z rekonstrukcji regionalnych wynika, że miały one w tej strefie również miąższość maksymalną.

Podłoże permu na odcinku wału pomorskiego nie jest rozpoznane. Prawdopodobnie – podobnie jak dalej na północny wschód – jest pocięte na bloki, w których występują różne utwory karbonu, a być może i starsze.

Do wału pomorskiego przylega od północnego wschodu niecka pomorska. Niecka ta stanowi wydłużoną jednostkę strukturalną o kierunku NW–SE, zgodnym z przebiegiem krawędzi czynnego magnetycznie podłoża. Obszar niecki charakteryzuje się obecnością struktur blokowo-plakantyklinalnych (strefa Koszalin–Chojnice), zbudowanych z silnie zdyslokowanych utworów starszego i młodszego paleozoiku oraz permu-mezozoiku.

Strop podłoża kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego jest tu nachylony monoklinalnie ku południowemu zachodowi. Różnica w głębokości jego występowania jest przy tym na szerokości tej jednostki znaczna i zmniejsza się od 5000 m na krańcu południowo-zachodnim do około 1500 m na krańcu północno-wschodnim. Ułożenie nieckowate mają tylko kompleksy młodszego.

Analizowane przekroje wykazują dwudzielność jednostki na silnie potrzaskaną uskoki strefę północno-wschodnią (strefa Koszalin–Chojnice) i mniej zaburzoną strefę południowo-zachodnią. Pod względem paleotektonicznym ta ostatnia stanowiła drugi zewnętrzny stopień (północno-wschodni) bruzdy duńsko-polskiej. Następuje tu ku północnemu wschodowi zmniejszenie miąższości cechsztynu i wszystkich ogniów mezozoiku. Spadek ten zaznacza się także w poprzek strefy Koszalin–Chojnice, przy czym ma on też czasami charakter skokowy wskutek oddziaływania synsedymencyjnych uskoki. W efekcie na północno-wschodnim krańcu jednostki łączna miąższość triasu i jury wynosi około 700 m.

Charakterystyczna jest, szczególnie dla strefy Koszalin–Chojnice, tektonika blokowo-plakantyklinalna. Formy

tego typu nadbudowane są na blokach podłoża kompleksu, w których skład wchodzi różne utwory karbonu i dewonu. Te z kolei leżą na sfałdowanych osadach starszego paleozoiku.

#### 4.1. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA

##### DEWON

Najstarsze osady, które zostały nawiercone na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” należą do dewonu. Na tym obszarze dane dotyczące utworów dewonu pochodzą z otworów Człuchów IG-1, Debrzno IG-1, Debrzno 2, Myśligoszcz 1, Olszanowo 1, Sokole 1. Rozpoznane fragmentarycznie osady dewonu należą do żywetu (D2), franu i famenu (D3). Rozwinięte są głównie w facji ilasto-marglistej.

Dewon dolny (nierozdzielony z eiflem) przewiercono otworem Chojnice 5 położonym na E od granicy obszaru „Debrzno–Człuchów”. Dewon dolny wykształcony jest w postaci mułowców i ilowców z wkładkami piaskowców.

Dewon środkowy to wapień, ilowce i margle z gruzłami i soczewkami wapieni. W utworach dewonu środkowego stwierdzono poza granicami bloku przejawy węglowodorów (ślady gazu, objawy ropy w rdzeniu i zapach bitumiczny).

Dewon górny wykształcony jest w facji marglisto-wapnistej z przewarstwieniami margli ilastych, gruzłami i soczewkami wapieni.

Najnowszy podział litostratygraficzny dewonu obszaru pomorskiego przedstawia figura 5.2 w rozdziale 5 tego opracowania (Matyja, 2009). Pierwszy i główny podział osadów dewońskich obszaru Pomorza Zachodniego na nieformalne jednostki litostratygraficzne – kompleksy, został zaproponowany przez Dadleza (1978).

Dadlez (*op. cit*) w Człuchowie i Tucholi wyróżnił kilka kompleksów litostratygraficznych: z Tucholi, z Silna, z Chojnic (żywet) oraz z Człuchowa (fran-famen), któremu odpowiadają fameńskie osady wapienno-marglisto-ilaste Debrzno IG-1.

Analizując wykształcenie litologiczne osadów dewonu w profilu Polskie Łąki PIG-1 Miłaczewski (2007) stwierdził, że dla tego profilu należy wprowadzić odmienne jednostki litostratygraficzne w stosunku do tych wyróżnianych dotychczas. W obrębie osadów górnego dewonu wydzielono 5 jednostek litostratygraficznych w randze formacji, wyróżniając od dołu: formację tucholską, studnicką, miastecką, sianowską i człuchowską, a w obrębie tej ostatniej ogniwo unistawskie. Identyfikacja czterech z pięciu formacji była zgodna z wcześniejszą propozycją podziału górnego dewonu na kompleksy, zaproponowaną przez Dadleza (1978). Stratygrafia jest trudna do ustalenia i należy się liczyć z dalszymi zmianami w miarę postępu badań.

Utwory obejmujące tzw. kompleks z Człuchowa rozwinięte są głównie w facji ilasto-marglistej. W otworze Olszanowo 1 przewiercono 342 m iłowców i wapieni (famen), a w Debrznie 1 – 838 m margli i iłowców z wkładkami wapieni gruzłowych (fran). Szczegółowe omówienie dotyczące utworów dewonu znajduje się w rozdziale 5 niniejszego opracowania

#### KARBON

Utwory karbonu występują prawdopodobnie w części S–W obszaru bloku 107. W omawianej strefie nie zanotowano wierceniemi występowania osadów karbonu. Karbon znany jest jedynie z przyległych obszarów (Okonek 1 na SW, Bielica 1 na N, Czaplonek IG-1). Dolną część karbonu budują osady ilasto-mułowcowe, część środkową skały arkozowo-oolitowe, górną – osady mułowcowo-piaszczyste. Osady karbonu górnego stwierdzone zostały jedynie w strefie Zabartowa na S od obszaru „Debrzno–Człuchów”. Są to naprzemianległe warstwy piaskowców, mułowców i iłowców. Własności zbiornikowe tych osadów są dosyć dobre (w otworze Zabartowo 2 – 38 m skał zbiornikowych stanowiących 13,3% całego profilu C<sub>2</sub>).

#### PERM

Na różnych ogniwach karbonu dolnego lub dewonu zalegają niezgodnie osady permu dolnego czerwonego spągowca lub bezpośrednio utwory permu górnego-cechsztynu.

Maksymalna miąższość utworów czerwonego spągowca stwierdzona w otworze Debrzno IG-1 wynosi 50,5 m, Sokole 1 – 51,5 m. Wyraźną redukcję miąższości obserwujemy w strefie podniesienia utworów dewońskich (Olszanowo 1 – 2 m, Myśligoszcz 1 – 7 m). Osady czerwonego spągowca wykształcone są w postaci iłowców, mułowców, piaskowców i zlepieńców. Seria szara reprezentowana jest przez piaskowce szare laminowane iłowcem szaroseledynowym. Seria brunatna – piaskowce, mułowce i podrzędnie występujące iłowce. W rejonie Olszanowa utwory serii piaszczystej leżą przekraczając na serii brunatnej.

Morfologię granicy refleksyjnej Z1' położonej pomiędzy utworami cechsztynu a utworami czerwonego spągowca lub dewonu/karbonu, ilustruje mapa strukturalna spągu cechsztynu opracowana na podstawie wyników badań sejsmicznych w korelacji z głębokimi wierceniemi geologicznymi (Fig. 5.10 i Fig. 10.7). Budowa strukturalna sejsmicznej granicy Z1' w przybliżeniu charakteryzuje morfologię stropowej partii utworów podcechsztyńskich.

Utwory cechsztynu reprezentowane są przez wszystkie cyklotemy, ale nie zawsze w pełnym rozwoju. W części NE cyklotemy młodsze mogą nie występować lub ulec znacznej redukcji (Wagner, 1994).

W profilu cechsztynu w centralnej części basenu pomorskiego dominują sole kamienne. W analizowanej części obszaru przetargowego i jego bliskim otoczeniu obserwujemy dużą zmienność miąższości soli starszych i młodszych. Miąższość cechsztynu w wyciśnięciach soli starszych maleje do 300–400 m, a w strefach poduszek solnych rośnie nawet do 2000 m.

Sedymentacja dolomitu głównego na tym obszarze związana jest z blokami tektonicznymi istniejącymi w podłożu permu, przejawiającymi aktywność w końcowym etapie sedymentacji czerwonego spągowca, a przypuszczalnie również w czasie sedymentacji dolomitu głównego.

Utwory dolomitu głównego, z którymi wiąże się perspektywy na odkrycie złóż ropy naftowej reprezentują fację otwartego zbiornika i platformy węglanowej wykształconą w postaci wapieni, dolomitów, onkolitów. W strefie basenowej dolomit główny wykształcony jest w postaci dolomitów ciemnych laminowanych iłowcami dolomitycznymi.

Litofacje wapienia cechsztyńskiego (Ca1) na obszarze „Debrzno–Człuchów” są reprezentowane przez mało zróżnicowane osady równi basenowej. (Mapa paleogeograficzna basenu Ca1; Buniak i in., 2007a).

Na większości obszaru przetargowego występują osady głębszego i płytszego basenu solnego oraz osady platformy węglanowej Ca2 (patrz Rozdział 5). Obszar badań leży w strefie prawdopodobnego przebiegu rafy barierowej dolomitu głównego. W trakcie sedymentacji dolomitu głównego (Ca2) na obszarze koncesji w części północno-wschodniej morze było płytsze, oddzielone od głębi strefą barierową, wzdłuż której powstawały rafy algowe (Wagner, 1998).

#### TRIAS

Osady triasu pokrywają cały obszar, osiągając miąższość 2000 metrów. Dolny pstry piaskowiec wykształcony jest w facji mułowcowo-iłowcowej z wkładką piaskowców, środkowy w postaci naprzemianległych pakietów piaszczysto-mułowcowych. Ret to iłowce, mułowce, wapienie, dolomity i piaskowce; wapień muszlowy – wapienie, iłołupki wapieniste i dolomity. Osady kajpru i retyku to mułowce, piaskowce i iłowce dolomityczne lub wapieniste.

#### JURA

Jura rozpoczyna się osadami mułowcowo-piaszczystymi z węglami brunatnymi liasu, na których zalegają piaskowce i mułowce doggeru. Malm to seria wapienno-mułowcowo-marglista, często z wapieniami rafowymi. Miąższość osadów jury w SW części obszaru wzrasta.

#### KREDA

Kreda zachowała się jedynie na obszarze niecki pomorskiej. Osady kredy dolnej reprezentują głównie piaskowce różnoziarniste, mułowce i iłowce, a kredę górną margle jasnoszare i mułowce margliste. Szczegółowe omówienie dotyczące utworów triasu, jury i kredy znajduje się w rozdziale 6 niniejszego opracowania.

#### KENOZOIK

Osady kenozoiku leżą niezgodnie na różnych ogniwach kredy i jury. Budują je ily, piaski, burowęgle, gliny zwałowe i utwory moreny czołowej.

Wieloletowa ruchliwość tektoniczna spowodowała, że nawet w sąsiadujących wierceniach stwierdza się różnice stratygraficzne i litologiczne, luki erozyjne i dyskordancje.

## 5. JEDNOSTKI STRATYGRAFICZNO-LITOLOGICZNE O POTENCJALE GENERACYJNYM I ZŁOŻOWYM

### 5.1. DEWON I KARBON

#### OBSZAR „DEBRZNO–CZŁUCHÓW” NA TLE BUDOWY GEOLOGICZNEJ I STRUKTURALNEJ OBSZARU POMORZA ZACHODNIEGO

Obszar Pomorza Zachodniego (NW Polska) położony jest w najbliższym sąsiedztwie kratonu wschodnioeuropejskiego i mieści się w obrębie tzw. strefy szwu transeuropejskiego TESZ (Trans-European Suture Zone; Fig. 5.1). Osady dewonu i dolnego karbonu, występujące na tym obszarze pod grubym nakładem osadów permu, mezozoiku i kenozoiku, zidentyfikowane zostały licznymi głębokimi profilami wiertniczymi. Położona najbardziej na północny wschód część obszaru, rozciągająca się od Koszalina po Chojnice, charakteryzująca się znacznym stopniem zaangażowania tektonicznego, ale i dobrym rozpoznaniem geologicznym, nazywana jest strefą Koszalin–Chojnice. Ku południowemu zachodowi od obecnie znanych wychodni utworów dewonu są obecnie niedostępne dla badań, ukrywając się pod dużej miąższości osadami karbonu, permu i mezozoiku (Fig. 5.1).

Położona najbardziej na południowy zachód część obszaru pomorskiego, rozciągająca się między otworami Laska 2 na NW a Wilcze IG-1 na SE, nazywana w literaturze regionalnej strefą Laska–Czaplinek, jest znacznie słabiej rozpoznana. Na przestrzeni ponad dwustu kilometrów wykonano tu niewiele ponad 10 otworów wiertniczych, które pod utworami pensylwanu i/lub permu osiągnęły jedynie osady wyższej części missisipu, najwyższego turneju i niemal kompletnego wizenu – od czadu, poprzez arund i asb, po brygant. W żadnym z profili basenu pomorskiego nie stwierdzono pewnych osadów najwyższego wizenu i namuru oraz najniższej części westfalu. Współczesne rozprzestrzenienie osadów pensylwanu na obszarze Pomorza Zachodniego, reprezentowanego przez niekompletny westfal i stefan, jest ograniczone do obszarów między Trzebiatowem a Kamieniem Pomorskim w zachodniej części oraz między Sarbinowem a Koszalinem w części wschodniej, gdzie stwierdzono występowanie jedynie osadów westfalu (Żelichowski, 1983). Osady pensylwanu znane są również w profilu K1-1/86, wykonanym w zachodniej polskiej części akwenu Bałtyku.

Skomplikowana mozaika, jaką tworzą różnego wieku wychodnie osadów dewonu i karbonu, którego to stopnia komplikacji nie oddaje uproszczona mapa prezentowana na figurze 5.1 (por. Matyja, 1993: fig. 3A, B i 4; Matyja i in., 2000: fig. 18 i 19), przedstawiająca jedynie obecnie znany zasięg osadów dewońskich z dokładnością do oddziału, a karbońskich do podsystemu, jest świadectwem tektonicznych i erozyjnych zdarzeń, jakie musiały mieć miejsce w basenie pomorskim w ciągu późnego dewonu, karbonu i permu. Do rzadkości na obszarze pomorskim należą bowiem profile reprezentujące w miarę kompletne przedziały stratygraficzne dewonu czy karbonu. W większości profili jakaś część osadów dewonu i karbonu została usunięta przez kolejne etapy erozji późnodewońskiej czy wczesnkarbońskiej, a głównie późnkarbońskiej, będące następstwem dźwignia się

poszczególnych bloków tektonicznych, a także przedcechszyńskiej penepłenizacji obszaru (por. Dadleza, 1978; Matyja, 1993; Matyja i in., 2000).

Jedną z charakterystycznych cech obszaru pomorskiego jest też silne pierwotne zróżnicowanie miąższości osadów dewonu i karbonu. Analiza rozkładu facji i miąższości w ciągu dewonu i missisipu wyraźnie wskazuje na zróżnicowaną subsydencję podłoża niektórych segmentów zbiornika (Matyja, 1993; Świdrowska i Hakenberg, 1996; Matyja i in., 2000: fig. 18 i 19). Miąższość utworów środkowodewońskich w kompletnych lub prawie kompletnych profilach wynosi od około 850 m w profilach Jamno IG-1 i Polskie Łąki PIG-1 do ok. 470 m w profilu Bydgoszcz IG-1. Miąższość osadów górnodewońskich w północnej części Pomorza (otwory Brojce IG-1 i Gorzysław 8) może być szacowana na ponad 1300 m, w części północno-zachodniej – około 1850 m (otwory Miastko 1 i Koczała 1), w części centralnej – 3500 m oraz co najmniej 1600 m w części południowo-wschodniej (otwory Polskie Łąki PIG-1, Unisław IG-1 i 2 oraz Bydgoszcz IG-1; por. Matyja, 1993, 1998).

Największe miąższości osadów górnego dewonu na całym obszarze Pomorza Zachodniego notowane są więc w jego części centralnej, w pobliżu omawianego obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”. Obszar zlokalizowany między profilami Chmielno 1, Wierzchowo 4, Człuchów IG-1, Chojnice 5, Tuchola IG, Babilon 1 i Brda 1 (Fig. 5.1) charakteryzował się nie tylko zwiększoną subsydencją w stosunku do obszarów sąsiadujących, był również miejscem, poprzez które następowało „zatokowe wnikanie facji głębszych” w obszar zajęty przez środowisko płytkomorskie (Matyja, 2009: fig. 5–14). Obszar ten, określony jako „Brama Człuchowska” („Człuchów Gate”), był więc lokalnym depocentrum, związanym z rozległą i charakteryzującą się długotrwałą subsydencją strukturą (rowem), prawdopodobnie o uwarunkowaniach tektonicznych (Matyja, 2009). Aktywność tej struktury rozpoczęła się prawdopodobnie już w żywocie, trwała przez niemal cały późny dewon, wygasając przed końcem famenu. Szczegółowa geometria tej struktury nie jest znana. Wydaje się jednak, że przebieg jej osi ma kierunek zbliżony do NE–SW, a jedna z krawędzi rowu może być usytuowana nieco na południe od profilu Koczała 1, druga zaś nieco na północ od profilu Nicponie 1 (por. Matyja, 2009: fig. 1, 4–10 oraz 13–14).

Miąższość osadów missisipu na obszarze Pomorza Zachodniego jest mniej zróżnicowana od miąższości dewonu i waha się od kilkuset do 1600 m w pobliżu kratonu wschodnioeuropejskiego, natomiast w części południowo-zachodniej – od 1300 do 1800 m. Miąższość niekompletnych osadów pensylwanu wynosi od 100 do 250 m, osiągając jedynie w okolicach Strzeżewa około 700 m, a w akwenu Bałtyku (profil K1-1/86) nawet 1200 m.

**Na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” w żadnym z otworów wiertniczych nie stwierdzono osadów karbonu.** W bezpośrednim sąsiedztwie omawianego bloku znajduje się otwór wiertniczy Lipka 1, mieszczący się w obrębie tzw. strefy Laska–Czaplinek, w którym na dużych głębokościach (poniżej 4000 km) występują osady formacji łowców z Nadarzac i ?formacji piaskowców kwarcowych z Drzewian, reprezentujące najwyższy wizen (najwyższe partie karbonu dolnego, missisipu; Lipiec, 1999).

Przytoczone dane przemawiają na rzecz wyrażanej przed laty przez Dadleza (1978) sugestii, że blokowy styl budowy podłoża podpermowskiego w rejonie pomorskim ukształtował się wprawdzie głównie w późnym karbonie, jednak niektóre z uskoków czy stref uskokuwowych musiały mieć starsze założenia, a ich synsedymentacyjna aktywność wpływała zarówno na

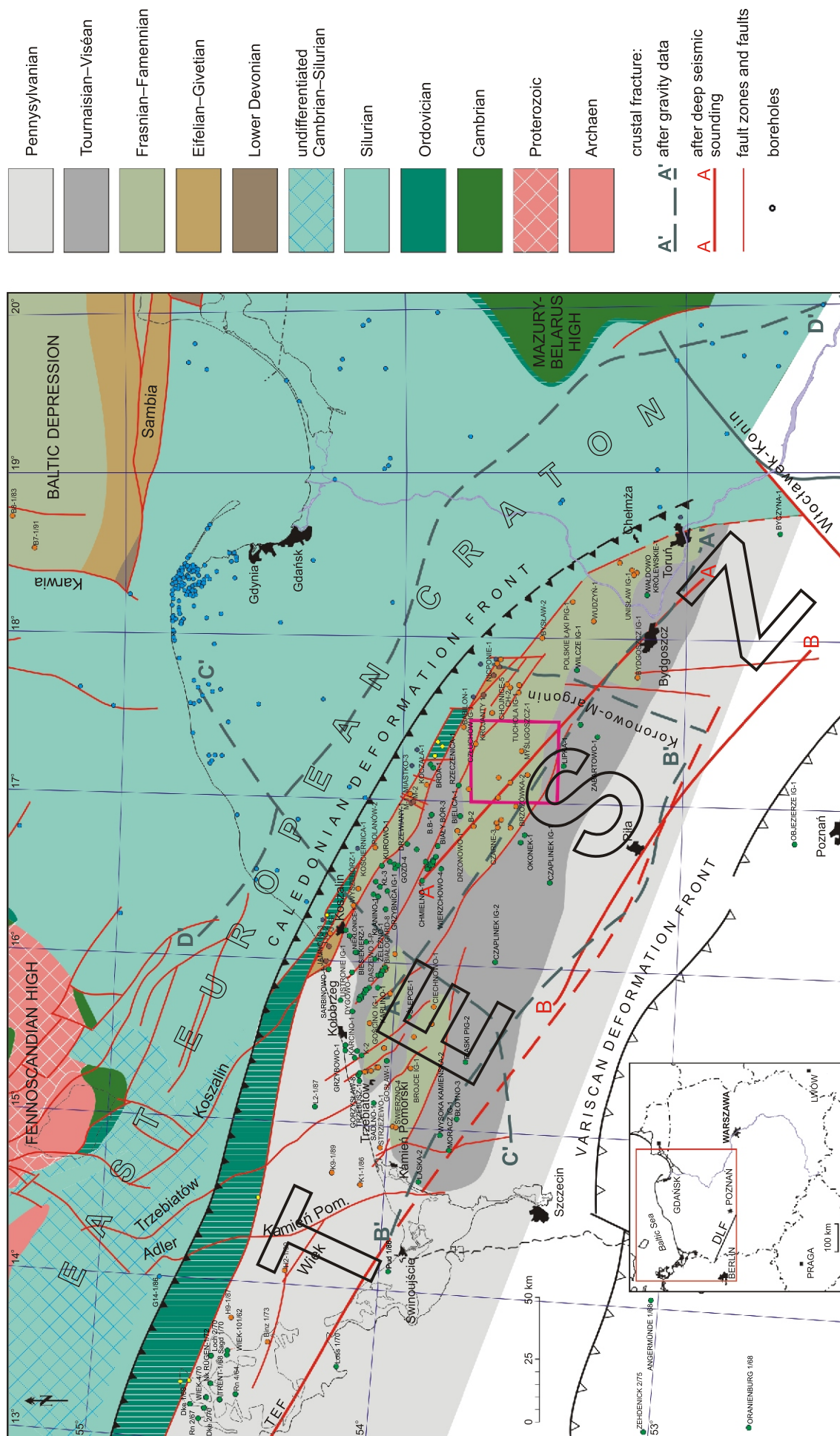


Figura 5.1. Mapa wychodni podpermskich Pomorza (Matyja, 2009). Na mapie głównej czerwioną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.

rozkład facji w basenie, jak i na miąższość osadów w jego poszczególnych sektorach (?subbasenach).

JEDNOSTKI LITOSTRATYGRAFICZNE DEWONU  
I DOLNEGO KARBONU (MISSISSIPU) ZIDENTYFIKOWANE  
W OBSZARZE „DEBRZNO–CZŁUCHÓW”

Poniżej ogólnie scharakteryzowano tylko te jednostki litostratygraficzne dewonu (por. Matyja, 1993, 1998, 2006 i 2009) i dolnego karbonu (por. Lipiec i Matyja, 1998; Matyja, 2006, 2008), które rozpoznano w obrębie obszaru „Debrzno–Człuchów” lub w blisko położonych, obrzeżach tego obszaru.

W żadnym z otworów wiertniczych wykonanych na obszarze „Debrzno–Człuchów” nie przewiercono dewonu. Pierwszą, jedynie **nadwierconą** jednostką litostratygraficzną dewonu, jest tu **formacja chojnicka**, zidentyfikowana w profilu **Człuchów IG-1**, reprezentowana przez znaczącej miąższości osady ciemnoszarych iłowców, mułowców i drobnopłynnych piaskowców kwarcowych, z nielicznymi wkładkami wapieni marglistych (Fig. 5.2).

W profilu Człuchów IG-1 niepełna miąższość osadów formacji chojnickiej wynosi około 260 m. Kompletna miąższość formacji chojnickiej w otworach usytuowanych poza omawianym obszarem osiąga 260 m w profilu Chojnice 5, a odpowiednio 118 m i 138 m w profilach Tuchola IG-1 i Bydgoszcz IG-1.

Dane biostratygraficzne wskazują, że formacja chojnicka należy do wyższej części środkowego i do górnego żywetu (Fig. 5.2.; Turnau, 2004; również Matyja, 2004, 2006 i 2009).

Na utworach formacji chojnickiej spoczywają w profilu **Człuchów IG-1** węglanowo-margliste osady **ogniwa unisławskiego formacji człuchowskiej** (Fig. 5.2). W obrębie formacji człuchowskiej wydzielono wcześniej pięć jednostek w randze ogniwi (Matyja, 1993, 1998). Są to, idąc od dołu, ogniwa: unisławskie, strzeżewskie, gorzysławskie oraz gościńskie, obocznie przechodzące w ogniwo bielickie.

**Ogniwo unisławskie** charakteryzują iłowce margliste przeławicające się z wapieniami marglistymi, czasami o strukturze gruzłowej.

Kompletna miąższość ogniwa wynosi 125 m w profilu Człuchów IG-1, a ok. 62 m w profilu Chojnice 5, usytuowanym stosunkowo blisko, ale już poza obszarem „Debrzno–Człuchów”.

Ogniwo unisławskie, jak wynika z dostępnych danych biostratygraficznych, w całości odpowiada dolnej części franu (Fig. 5.2).

Osady leżącego wyżej **ogniwa strzeżewskiego** rozprzestrzenione są na całym Pomorzu Zachodnim (Fig. 5.2), na obszarze „Debrzno–Człuchów” zidentyfikowano je w profilach Człuchów IG-1, Myśligoszcz 1, a na jego zachodnich zewnętrznych peryferiach w profilu Brzozówka 2. Charakteryzują go głównie ciemnoszare drobnolaminowane iłowce oraz iłowce margliste z cienkimi wkładkami margli i wapieni marglistych, często o strukturze gruzłowej.

Miąższość tego ogniwa jest zróżnicowana i wynosi w obrębie obszaru „Debrzno–Człuchów” około 880 m w profilu Człuchów IG-1 (niekompletna w profilu Myśligoszcz 1 – około 546 m, a w profilu Olszanowo 1 – około 340 m), 775 m w profilu Chojnice 5, usytuowanym na wschód od analizowanego obszaru, ale tylko 277 m w profilu Koczała 1, położonym na północ od obszaru „Debrzno–Człuchów” (por. Matyja, 1993: fig. 3A).

Spąg ogniwa strzeżewskiego datowany jest w tej części obszaru pomorskiego na dolną część środkowego franu, strop

ogniwa należy do dolnej części dolnego famenu (por. Matyja, 1993).

**Ogniwo gorzysławskie** spoczywa nad ogniwem strzeżewskim i również rozprzestrzenione jest na całym Pomorzu Zachodnim (Fig. 5.2). Charakteryzują go alternujące ze sobą margle i wapień gruzłowe zawierające dość liczne szczątki organiczne. Na omawianym obszarze tego typu osady występuje w profilu **Człuchów IG-1** i prawdopodobnie **Debrzno IG-1**, a na jego północnym zewnętrznym obrzeżeniu w profilu Rzeczenica 2.

W profilu Człuchów IG-1 ogniwo gorzysławskie osiąga 195 m miąższości.

Spągowe partie ogniwa należą do dolnej części dolnego famenu a jego partie stropowe (na podstawie profili z okolic Unisławia, usytuowanych poza obszarem „Debrzno–Człuchów”) należą do wyższego famenu (Matyja, 1993).

Leżące powyżej ogniwa gorzysławskiego **ogniwo gościńskie** znane jest w omawianym obszarze Pomorza z profilu **Człuchów IG-1**, prawdopodobnie występuje również w profilu **Debrzno IG-1**, a poza granicami obszaru w profilach Chojnice 2, Chojnice 4 i Chojnice 5 na wschodzie i w profilu Rzeczenica 2 na północy.

Dominującą odmianą litologiczną są szare wapień gruzłowe zawierające bogate i zróżnicowane szczątki szkieletowe.

W profilu Człuchów IG-1 miąższość ogniwa gościńskiego wynosi 120 m, a około 90 m w profilu Chojnice 5.

Ogniwo gościńskie w całości reprezentuje środkową część famenu (Matyja, 1993).

Osady **formacji krojanckiej** w okolicach profilu **Człuchów IG-1** przykrywają osady ogniwa gościńskiego formacji człuchowskiej, natomiast na południowy wschód, w okolicy Unisławia, leżą wprost na osadach ogniwa gorzysławskiego formacji człuchowskiej.

Dominującą odmianą litologiczną są jasnoszare wapień ziarniste o strukturze falistej, bardzo bogate w drobne szczątki organiczne.

Formacja krojancka w omawianym regionie należy do środkowej i górnej części famenu (Matyja, 1993).

Osady **formacji iłowców wapnistych z Sapolna** leżą na osadach formacji krojanckiej w tej części obszaru pomorskiego (Fig. 5.2).

Dla dolnej, należącej do najwyższego famenu, części formacji charakterystyczne są ciemnoszare margle zawierające dosyć bogate w zróżnicowane szczątki organiczne (Matyja, 1993, Matyja i Stempień-Sałek, 1994). Stwierdzono je w profilu Sokole 1, a w bezpośrednim sąsiedztwie obszaru „Debrzno–Człuchów” w profilach Babilon 1 i Rzeczenica 1. W żadnym jednak z wymienionych nie stwierdzono wyższej części formacji, należącej już do turneju, składającej się głównie z czarnych, drobnolaminowanych iłowców zawierających niewiele szczątków organicznych, a która znana jest z wielu profili wiertniczych na Pomorzu Zachodnim (Matyja i in., 2000). Depozycja tych osadów miała zapewne miejsce w rejonie „Debrzno–Człuchów” w tym czasie, jednak osady prawdopodobnie całego mississipu lub jego znaczącej części zostały później zerodowane.

Tym samym nie jest znana górna granica formacji z Sapolna w tej części obszaru pomorskiego ani jej kontakt z jednostką nadległą – prawdopodobnie z formacją z Łobżonki (Fig. 5.2). Biorąc pod uwagę wykształcenie facjalne obu formacji, reprezentujących osady pełnomorskie, fakt, że w niektórych profilach regionu północno-wschodniego formacja z Sapolna sięga aż do dolnej części górnego turneju, a najstarsze datowane osady formacji z Łobżonki należą przypuszczalnie do najwyższego górnego turneju, można

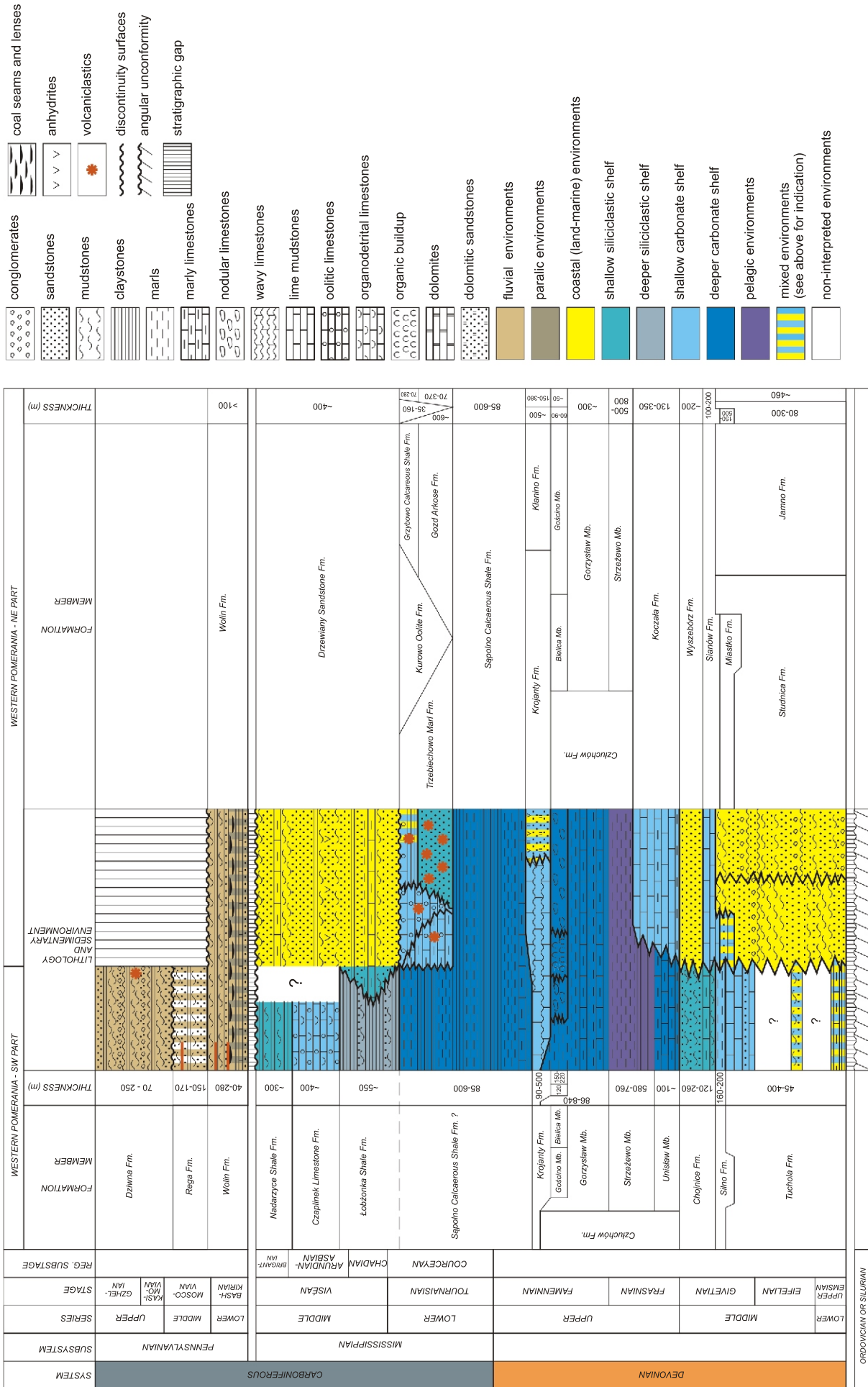


Figura 5.2. Aktualny schemat architektury depozycyjnej w dewońskim i karbonicznym basenie sedymentacyjnym obszaru pomorskiego, począwszy od końca wczesnego dewonu do końca karbonu oraz tablica stratygraficzno-litofacyjna utworów dewonu i karbonu na Pomorzu (Matyja, 2009).

domniemywać, że kontakt obu formacji może przypadać na górny turnej, jak zostało to zasugerowane na figurze 5.2. Kolejne dwie jednostki litostratygraficzne missisipu znane w najbardziej południowo-zachodniej części obszaru pomorskiego, zwanej strefą Laska–Czaplinek (Żelichowski, 1987; Lipiec i Matyja, 1998) – formacja wapieni z Czaplinka oraz formacja iłowców z Nadarzac – również nie zostały zidentyfikowane w żadnym z profili obszaru „Debrzno–Człuchów”.

#### HISTORIA ROZWOJU FACJALNEGO BASENU POMORSKIEGO I POZYCJA OBSZARU „DEBRZNO–CZŁUCHÓW”

Pomorski basen sedymentacyjny, zgodnie z powszechnie akceptowanymi rekonstrukcjami paleogeograficznymi, w dewonie i karbonie był usytuowany w obrębie pasa perykontynentalnych basenów, obrzeżających od południa kontynent old redu w dewonie, a Laurosji w karbonie. Głównymi elementami paleogeograficznymi w obrębie jego polskiej części, warunkującymi rozwój sedymentacji w dewonie i wczesnym karbonie, były obszary lądowe, będące wyniesionymi częściami kratonu wschodnioeuropejskiego: występujący na północy, poza granicami Polski, łąd fennoskandzki oraz rozciągający się na wschodzie łąd mazursko-suwalski, stanowiący część wyniesienia białoruskiego, a także łąd ukraiński na południowym wschodzie.

Rozwój sedymentacji oraz rozkład litofacji w czasie dewonu i wczesnego karbonu w obrębie basenu pomorskiego był podporządkowany tym głównym rysom strukturalnym i wiązał się najogólniej ze stopniową ekspansją zbiornika morskiego ku północy i wschodowi, w kierunku kratonu wschodnioeuropejskiego. Linia tektoniczna T–T i jej poprzeczna segmentacja odgrywały również ważną rolę w rozkładzie litofacji w obrębie pomorskiego zbiornika sedymentacyjnego w ciągu prawie całego dewonu i części karbonu.

Znakomita większość danych geologicznych, które zostały wykorzystane do zrekonstruowania przestrzennego i czasowego układu jednostek litostratygraficznych, a także facji i środowisk sedymentacyjnych w dewonie i karbonie obszaru pomorskiego pochodziła z wąskiego pasa powierzchniowych wystąpień osadów tego wieku, rozciągającego się z północnego zachodu na południowy wschód między Koszalinem, Kołobrzegiem, Kamieniem Pomorskim a Toruniem i Bydgoszczą (Matyja 2006, 2008, 2009; Fig. 5.1 i 5.2), w obrębie którego utwory dewonu i znacznej części missisipu (aż po wizen) zostały stwierdzone w około 130 otworach wiertniczych.

W dewońsko-karbońskim basenie sedymentacyjnym Pomorza można wyróżnić zróżnicowane spektrum środowisk sedymentacyjnych, od basenu szelfowego po środowiska fluwialne (**warto jednak wspomnieć, że obecna północno-wschodnia granica tego basenu nie jest naturalną granicą zasięgu pomorskiego basenu sedymentacyjnego w dewonie i wczesnym karbonie, a jedynie granicą tektoniczno-erozyjną**). Zostały one powiązane z istniejącymi dla tego obszaru schematami litostratygraficznymi. Ogólna charakterystyka środowisk dewońskich jest zgodna z opisem przedstawionym w pracach Matyi (1988, 1993, 1998, 2009), zaś charakterystyka środowisk karbońskich pochodzi z prac Żelichowskiego (1983, 1987, 1995), Lipca (1997), Matyi (1997), Lipca i Matyi (1998), Lipca (1999), Matyi i in. (2000), Matyi (2008).

Aktualny schemat architektury depozycyjnej w dewońskim i karbońskim basenie obszaru pomorskiego, począwszy od

końca wczesnego dewonu do końca karbonu, został zaprezentowany na figurze 5.2.

**Poniżej przedstawiono najważniejsze punkty zwrotne w historii rozwoju basenu pomorskiego, którego częścią jest obszar „Debrzno–Człuchów”, zaprezentowano również kilka mapek ilustrujących rozkład facji w tym basenie w wybranych przedziałach czasowych. Warto w tym miejscu wspomnieć, że żaden z profili wiertniczych w obszarze „Debrzno–Człuchów” nie osiągnął osadów starszych niż górny żywet. Pełną historię rozwoju basenu pomorskiego w ciągu dewonu i wczesnego karbonu (missisipu) znaleźć można w pracach Matyi (2008, 2009).** Tu warto jedynie wspomnieć w skrócie, że początek sedymentacji osadów dewonu na obszarze Pomorza Zachodniego nastąpił najwcześniej pod koniec emsu, a być może w obrębie eiflu, po dłuższej przerwie erozyjnej przypadającej na lochkow, prag i znaczną część emsu (Turnau i Matyja, 2001). W ciągu późnego emsu, eiflu i wczesnego żywetu północno-zachodnia część obszaru pomorskiego znalazła się w obrębie klastycznych, skrajnie płytkomorskich i brzegowych środowisk sedymentacji (reprezentowanych przez osady formacji jamneńskiej i studnickiej), w kierunku południowo-zachodnim przybrzeżne klastyki obocznie przechodziły w system przybrzeżnych węglanów, reprezentowanych przez formację tucholską (Fig. 5.2).

W ciągu środkowego i późnego żywetu analizowany obszar „Debrzno–Człuchów” znalazł się w zasięgu sedymentacji klastycznej, reprezentowanej przez osady formacji silneńskiej i chojnickiej (Fig. 5.2 i 5.3).

Przez cały wczesny i środkowy fran północno-zachodnia część basenu pomorskiego objęta była płytkomorską sedymentacją węglanową (na obszarze tym rozwinęła się przybrzeżna platforma węglanowa z typowymi dla niej szeroko rozprzestrzonymi wapieniami stromatoroidowo-koralowcowymi, mającymi charakter biostromalny lub rafowy – osady formacji koczańskiej; Fig. 5.2). W tym samym czasie na obszarach usytuowanych na południe od platformy węglanowej, w tym i na obszarze „Debrzno–Człuchów” osadzały się ciemnoszare, drobnolaminowane iłowce i iłowce margliste (Fig. 5.2, 5.4 i 5.5) formacji człuchowskiej (reprezentujące ogniwo unistawskie i strzeżewskie). Powstawały one w głębszym, bardzo spokojnym, źle przewietrzonym, zapewne dysaerobowym środowisku sedymentacji, prawdopodobnie w obrębie basenu szelfowego (Matyja, 1993, 1998).

We wczesnym famenie w całym zbiorniku pomorskim nastąpiła nieznaczna zmiana warunków sedymentacji. Margle i wapienie margliste ogniwa gorzysławskiego formacji człuchowskiej, rozprzestrzenione podobnie jak osady ogniwa strzeżewskiego na całym obszarze (Fig. 5.2), tworzyły się w środowisku charakteryzującym się znacznie lepszym natlenieniem stref przydennych. Stopniowe spływanie środowisk sedymentacyjnych w zbiorniku pomorskim trwało również przez cały środkowy famen. Świadectwem tych zmian jest pojawienie się litofacji wapieni gruzłowych reprezentujących ogniwo gościńskie formacji człuchowskiej (por. Fig. 5.2), których cechy wskazują, że tworzyły się w niezbyt głębokim, ale niżejplywowym środowisku otwartego szelfu (Matyja, 1993).

W późnym famenie w całym zbiorniku pomorskim nastąpił wyraźny i dość gwałtowny epizod regresywny związany prawdopodobnie z dźwiganiem się północnej, fennoskandzkiej części kratonu wschodnioeuropejskiego. Etap regresywny rozwoju basenu pomorskiego wieńczyły osady formacji kłanińskiej, wykształcone w przybrzeżnych facjach silikoklastyczno-węglanowo-ewaporatowych, dominujących w

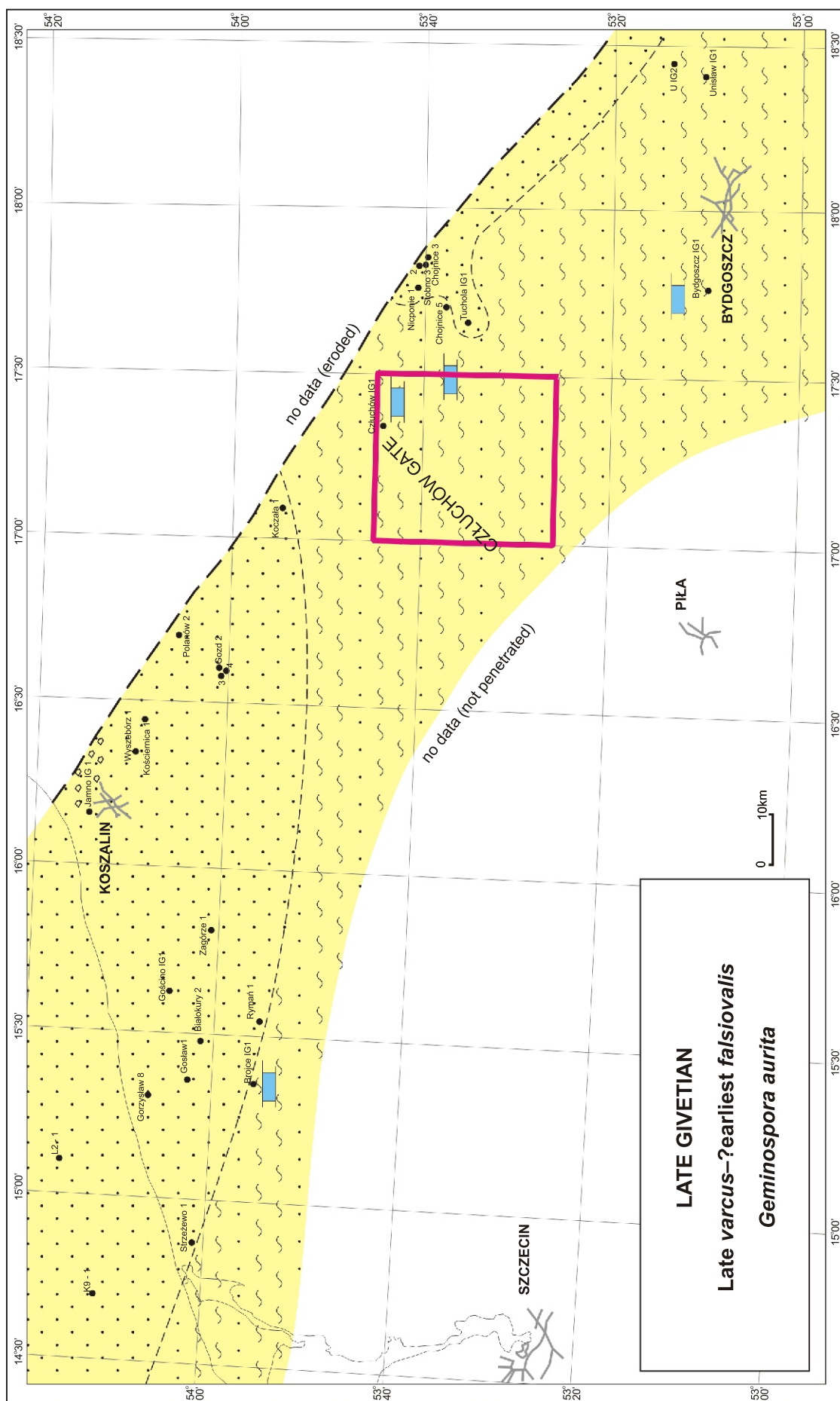


Figura 5.3. Mapa rozkładu facji w późnym Żywocie, wg Matyja (2009). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”. Objasnienia do mapy znajdują się na Fig. 5.2.

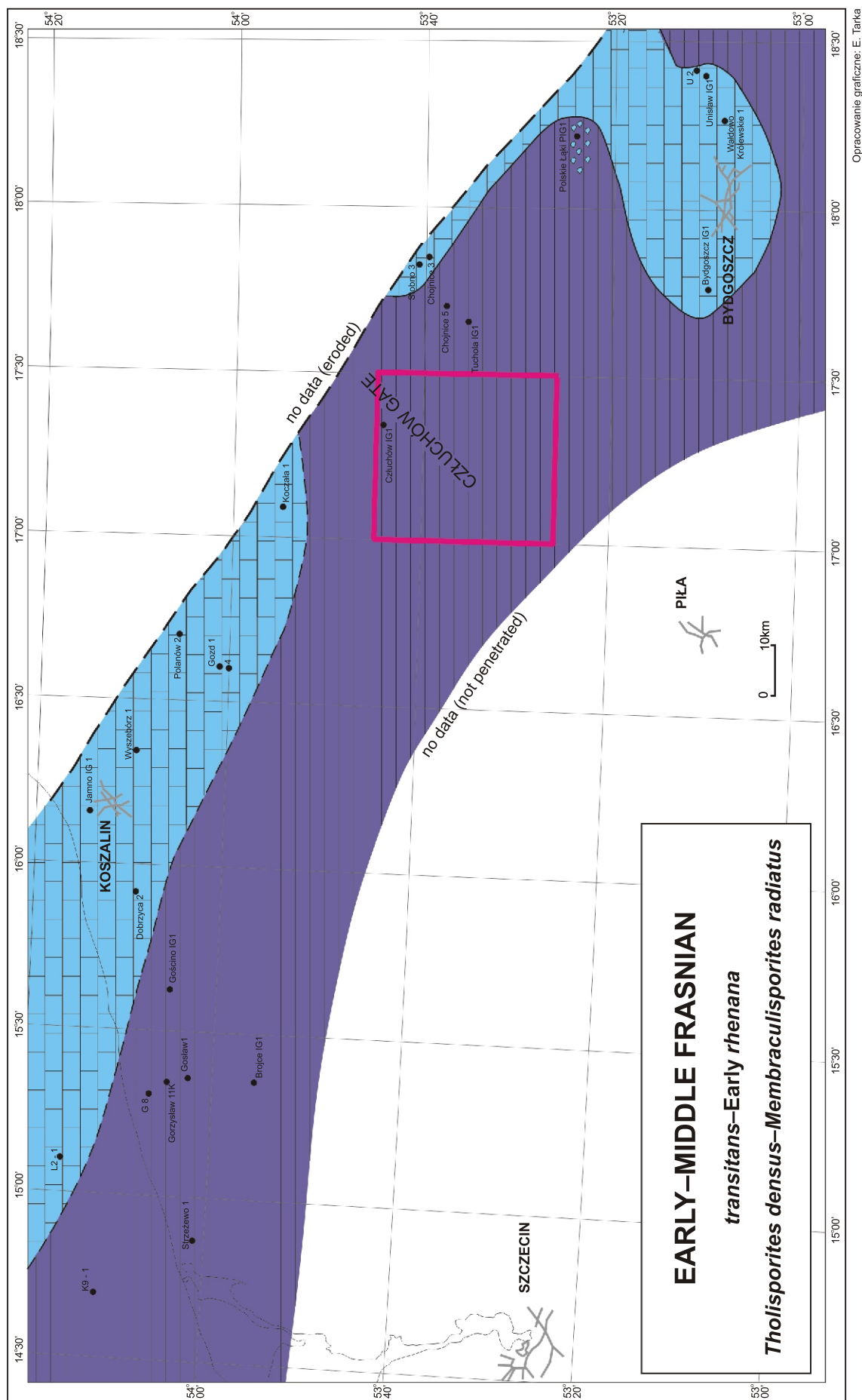


Figura 5.4. Mapa rozkładu facji we wczesnym-środkowym Franie, wg Matyi (2009). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno-Człuchów”. Objasnienia do mapy znajdują się na Fig. 5.2.

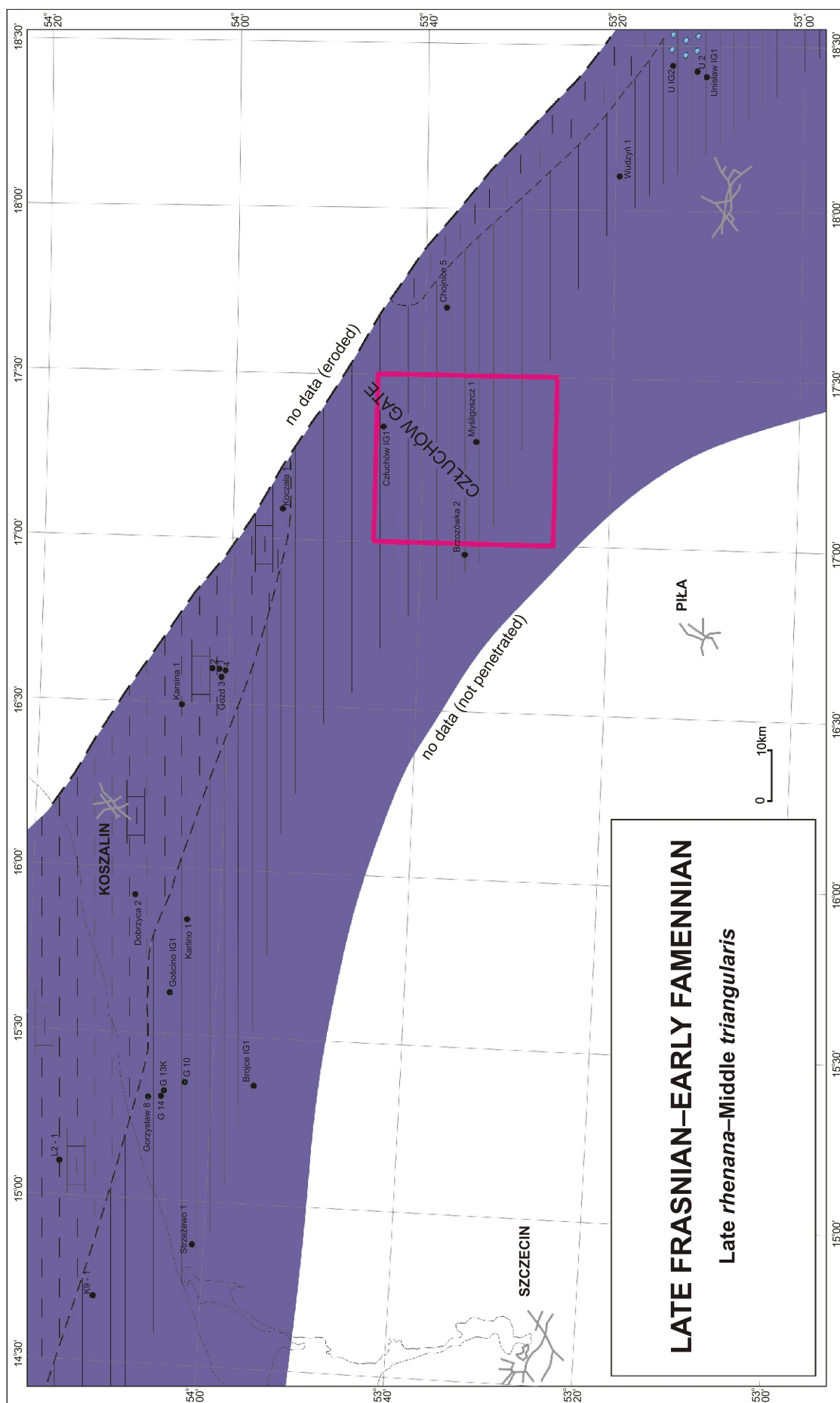


Figura 5.5. Mapa rozkładu facji w późnym franie-wczesnym famenie, wg Matyi (2009). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”. Objasnienia do mapy znajdują się na Fig. 5.2.

części północnej obszaru pomorskiego oraz formacji krojanckiej rozprzestrzenionej na południe od formacji kłanińskiej, w tym i w analizowanym obszarze „Debrzno–Człuchów” (Fig. 5.2). Pod koniec famenu cały obszar pomorski (Fig. 5.2) znalazł się zdecydowanie w strefie sedimentacji pełnomorskiej, osadzały się wówczas utwory formacji iłowców wapnistych z Sąpolna (Matyja, 1993).

**Jak wspomniano wcześniej w analizowanym obszarze „Debrzno–Człuchów” w żadnym z otworów wiertniczych nie zidentyfikowano osadów dolnego karbonu (missisipu), chociaż można by się ich spodziewać w tej części obszaru Pomorza Zachodniego, jako kontynuacji otwartomorskiej sedimentacji późnego dewonu.**

Dolny karbon (missisip) Pomorza Zachodniego, w obszarach położonych bliżej kratonu wschodnioeuropejskiego, charakteryzuje się przejściem od otwartomorskich utworów iłastych formacji sąpolniańskiej, poprzez osady początkowo głębszego, później płytszego szelfu klastycznego, reprezentowanego przez osady formacji piaskowców arkozowych z Gozdu, oraz płytkiego szelfu węglanowego, reprezentowanego przez osady formacji iłowców wapnistych z Grzybowa, po klastyczne osady środowisk przybrzeżnych, a nawet lądowych, którym odpowiadają osady formacji piaskowców kwarcowych z Drzewian (por. Fig. 5.2; Muszyński i in., 1996; Matyja, 1997; Lipiec i Matyja, 1998; Lipiec, 1999). Na południowy zachód od strefy Koszalin–Chojnice, w tzw. strefie Laska–Czaplinek w ciągu turneju i wizenu rozwijały się facje bardziej otwartomorskie, od iłowców formacji z Łobżonki poczynając, przez węglany formacji z Czaplinka, po iłowce formacji z Nadarzac (Fig. 5.2).

Jak było to wcześniej omówione w bezpośrednim sąsiedztwie omawianego bloku „Debrzno–Człuchów” znajduje się otwór wiertniczy Lipka 1, mieszczący się w obrębie tzw. strefy Laska–Czaplinek, w którym na dużych głębokościach (poniżej 4000 km) stwierdzono osady formacji iłowców z Nadarzac i ?formacji piaskowców kwarcowych z Drzewian, reprezentujące wyższy wizen (Lipiec, 1999). Formacja z Drzewian ma potencjał zbiornikowy, a formacja z Nadarzac ma potencjał generacyjny.

W żadnym z profili obszaru Pomorza Zachodniego nie stwierdzono pewnych osadów najwyższego missisipu i najniższego pensylwanu, czyli najwyższego wizenu, namuru i najniższego westfalu. Trudno jednak definitywnie rozstrzygnąć, czy nie osadziły się one na obszarze pomorskim w ogóle, czy też depozycja miała jednak miejsce w tym czasie, a osady całego namuru lub jego części zostały później zerodowane. Biorąc pod uwagę regresywne tendencje obserwowane w ciągu całego missisipu i skrajnie płytkomorski, a nawet chwilami lądowy charakter osadów najmłodszej znanej formacji missisipu w strefie północno-zachodniej, formacji z Drzewian, prawdopodobnie wydaje się twierdzenie, że w tej strefie czas przypadający na namur, a być może i wczesny westfal, mógł być czasem dźwignia się obszaru pomorskiego i dominującej erozji (por. Fig. 5.2).

#### PODSUMOWANIE – CHARAKTERYSTYCZNE PUNKTY ZWROTNE W HISTORII FACJALNEJ BASENU POMORSKIEGO

Rozwój sedimentacji oraz rozkład litofacji w czasie dewonu i wczesnego karbonu w obrębie basenu pomorskiego był podporządkowany głównym rysom strukturalnym i wiązał się najogólniej ze stopniową ekspansją zbiornika morskiego ku północy i wschodowi, w kierunku kratonu wschodnioeuropejskiego.

W dewońsko-karbońskim basenie sedimentacyjnym Pomorza można wyróżnić zróżnicowane spektrum środowisk sedimentacyjnych, od basenu szelfowego

po środowiska fluwialne (warto jednak wspomnieć, że obecna północno-wschodnia granica tego basenu jest naturalną granicą zasięgu pomorskiego basenu sedimentacyjnego w dewonie i wczesnym karbonie, a jedynie granicą tektoniczno-erozyjną).

Początek sedimentacji osadów dewonu na obszarze Pomorza Zachodniego nastąpił najwcześniej pod koniec emsu, a być może w ciągu eiflu, po dłuższej przerwie erozyjnej przypadającej na lochkow, prag i znaczną część emsu.

W ciągu późnego emsu, eiflu i żywetu obszar Pomorza Zachodniego znajdował się bądź w obrębie klastycznych, skrajnie płytkomorskich i brzegowych środowisk sedimentacji bądź w zasięgu bardzo płytkomorskich środowisk mieszanych, węglanowo-klastycznych, bądź płytkomorskich węglanowych.

Fran i famen (za wyjątkiem środkowej części famenu przypadającej na sedimentację osadów formacji kłanińskiej i krojanckiej) są okresem dominacji środowisk węglanowych i węglanowo-marglistych.

Sekwencja missisipu reprezentuje megacykl sedimentacyjny spływający się ku górze, odzwierciedlający tendencje regresywne w basenie, jakie pojawiły się pod koniec wczesnego lub na początku środkowego turneju i trwały po późny wizen.

W żadnym z profili pomorskich nie stwierdzono pewnych osadów najwyższego missisipu i najniższego pensylwanu, czyli najwyższego wizenu, namuru i najniższego westfalu. Trudno jednak definitywnie rozstrzygnąć, czy nie osadziły się one na obszarze pomorskim w ogóle, czy też depozycja miała jednak miejsce w tym czasie, a osady całego namuru lub jego części zostały później zerodowane. Biorąc pod uwagę regresywne tendencje obserwowane w ciągu całego missisipu i skrajnie płytkomorski, a nawet chwilami lądowy charakter osadów najmłodszej znanej formacji missisipu w strefie północno-zachodniej, formacji z Drzewian, prawdopodobnie wydaje się twierdzenie, że w tej strefie czas przypadający na namur, a być może i wczesny westfal, mógł być czasem dźwignia się obszaru pomorskiego i dominującej erozji.

Ogólna historia rozwoju facjalnego rejonu „Debrzno–Człuchów” nie odbiega zasadniczo od historii przedstawionej dla bardziej dystalnych partii basenu pomorskiego. To, co go wyróżnia spośród innych obszarów to indywidualny jego rozwój tektoniczny w ciągu dewonu i karbonu, związany z położeniem w obrębie tzw. „Bramy Człuchowskiej” („Człuchów Gate”), w obszarze będącym strukturą (rowem), prawdopodobnie o uwarunkowaniach tektonicznych, charakteryzującym się wyraźnie zwiększoną subsydencją oraz wyraźnie zwiększonymi miąższościami osadów dewonu w stosunku do pozostałych obszarów Pomorza Zachodniego.

Aktywność tej struktury trwała nieomal przez cały dewon, rozpoczęła się prawdopodobnie już w żywecie, trwała przez niemal cały późny dewon, wygasając przed końcem famenu.

W żadnym z otworów wiertniczych rejonu „Debrzno–Człuchów” nie stwierdzono osadów karbonu, które są obecne w bardzo wielu profilach wiertniczych Pomorza Zachodniego. Musiały one więc zostać usunięte przez kolejne etapy erozji wczesnkarbońskiej, a głównie późnkarbońskiej. Trudno jednak odpowiedzieć na pytanie, czy mógł to być ten sam blok tektoniczny, który w ciągu famenu wykazywał tendencje obniżające (struktura rowowa określona jako „Brama Człuchowska”).

## 5.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC

Podłoże podpermie tworzą utwory różnych pięter dewonu górnego (Lech, 2013; Matyja, 2008, 2009). Piaskowce górnego czerwonego spągowca stanowią doskonałe skały zbiornikowe, w których mogą się gromadzić węglowodory migrujące z dewonu i karbonu.

Na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” osady czerwonego spągowca wykształcone są w facjach fluwialno-aluwialnych. ródłem materiału dla klastycznych osadów stożków aluwialnych i osadów koryt fluwialnych były erodowane bloki tektoniczne zbudowane głównie z utworów karbonu dolnego oraz dewonu górnego (Fig. 5.6).

Na obszarze „Debrzno–Człuchów” można spodziewać się również występowania piaskowców eolicznych (Kiersnowski, 1997, 1998, 1999). Znaczący wkład do rozważań na ten temat nosi praca dotycząca depozycji osadów czerwonego spągowca w rejonie Czarne–Debrzno (Kiersnowski, 1999).

Model depozycji osadów czerwonego spągowca w rejonie Czarne–Debrzno został oparty na szczegółowej analizie sedymentologicznej rdzeni wiertniczych. Na zrekonstruowanych przekrojach geologicznych z tego rejonu wydzielono główne litofacje. Litofacja piaskowcowa, związana ze środowiskiem sedymentacji fluwialnej (głównie osady korytowe) lub płytkomorskiej (osady związane z transgresją morza cechsztyńskiego), najbardziej interesująca z punktu widzenia właściwości zbiornikowych i stwierdzonego w niej występowania gazu ziemnego została zinterpretowana najbardziej szczegółowo (Fig. 5.7).

Największe miąższości piaskowców korytowych stwierdzono w wierceniach Bielica 2, Sokole 1 i Debrzno IG-1. Przyjęto, że największe miąższości (o potencjalnym znaczeniu złożowym) osady te osiągają w bezpośredniej bliskości postulowanych barier morfologicznych (płyczn) i na stromiejących skłonach krawędzi basenu. Piaskowce te na pewnych obszarach mogą tworzyć poziomy o znacznej

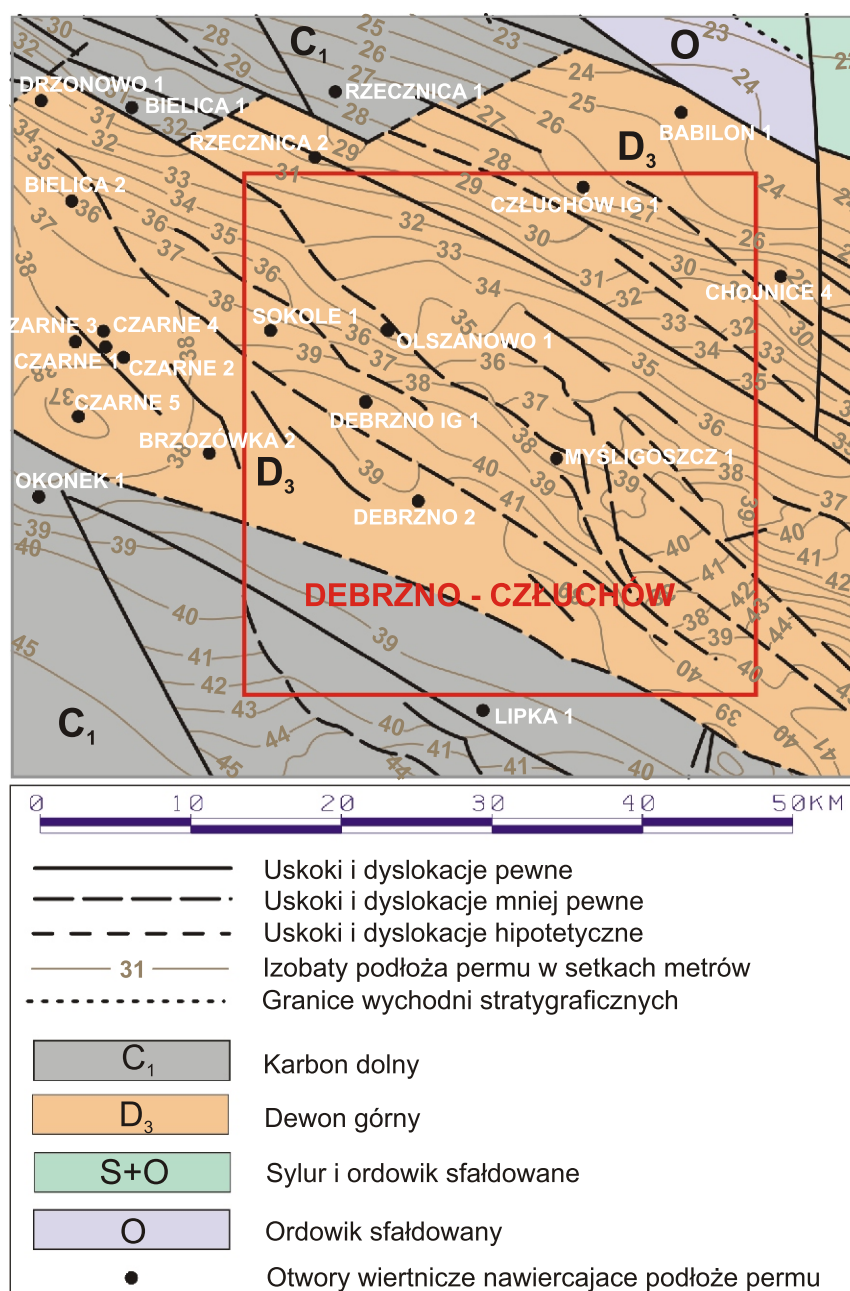
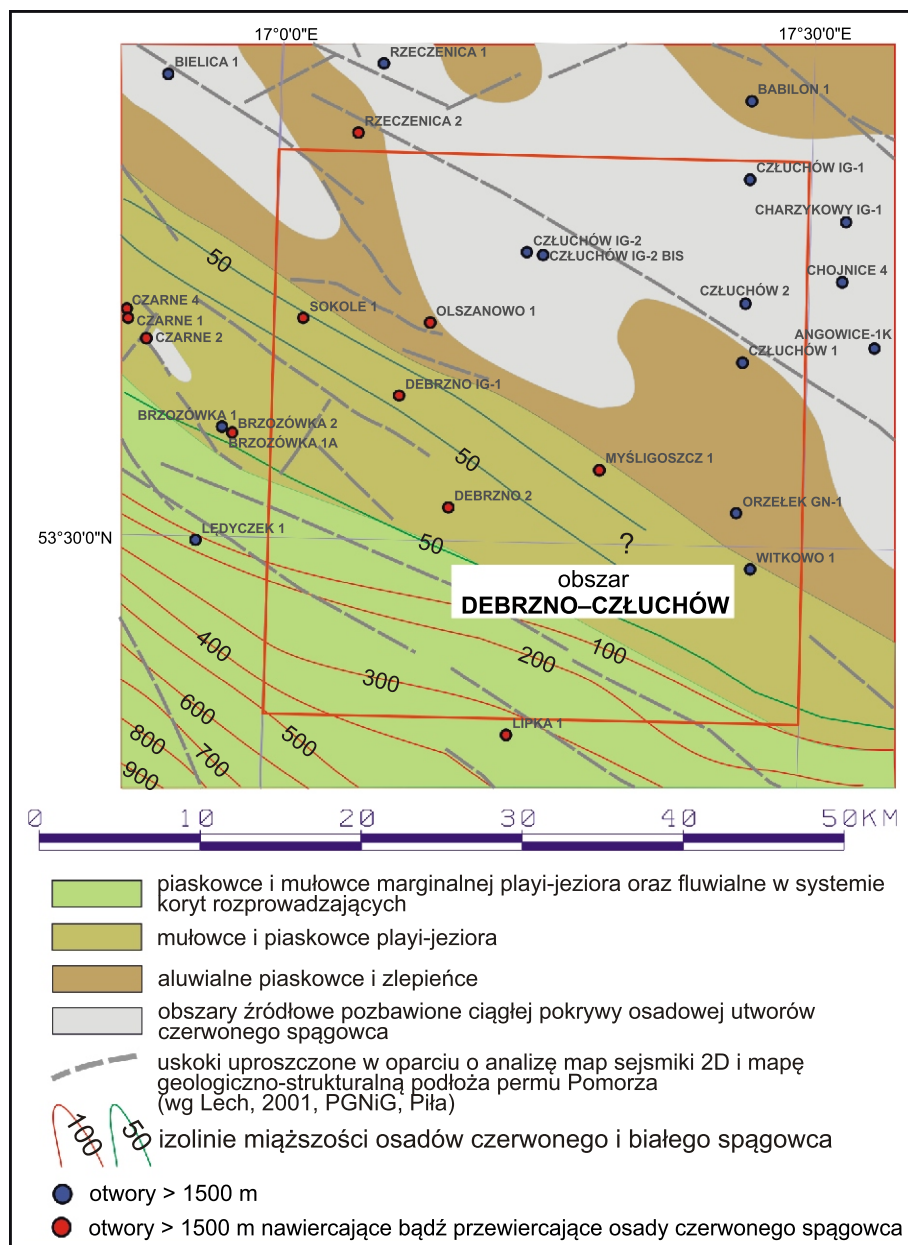


Figura 5.6. Podłoże podpermie w rejonie obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” (Lech, 2013).



**Figura 5.7.** Paleogeografia i litofacje stropu osadów czerwonego spągowca górnego (Kiersnowski, mat. niepublikowane). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.

rozciągłości lateralnej np. paru km okolicy wierceń Czarne, ale o stosunkowo małych miąższościach (Fig. 5.8).

Pewne nadzieje można wiązać również z możliwymi nagromadzeniami piaskowców płytkomorskich cechsztynu w strefach położonych naprzeciwko zakładanych obniżień między płycznami stanowiącymi pierwotnie strefy transferu osadów fluwialnych. Znaczniejsze miąższości piaskowców związanych z transgresją morza cechsztyńskiego w specyficznych sytuacjach występowania nad piaskowcami koryt fluwialnych mogą tworzyć litosomy piaskowcowe o znacznym potencjale zbiornikowym. Wyżej wymienione osady tworzyły się w trakcie stopniowej subsydencji w strefie marginalnej basenu czerwonego spągowca. Strefa przykrawędziowego braku lub niskiej subsydencji jest związana z występującymi w podłożu czerwonego spągowca utworami dewonu i karbonu.

Pozytywnie należy ocenić możliwość perspektywiczności utworów czerwonego spągowca, którego mała miąższość świadczy m.in. o regionalnym położeniu rejonu w strefie przybrzeżnej pierwotnego zbiornika sedimentacyjnego. Również często obserwowane zgazowanie solanki gazem palnym jest wskaźnikiem dodatnim dla perspektyw poszukiwania złóż węglowodorów w części obszaru (Fig. 5.9).

Wg mapy geologiczno-strukturalnej Lecha (2013; patrz Fig. 5.6), „Główne strefy uskokowe przecinają obszar „Debrzno–Człuchów” z kierunku NW na SE zrzucając obszar badań schodowo z kierunków NE na SW. Do nich dochodzą ukośnie i poprzecznie drobniejsze uskoki pozwalające wydzielić szereg bloków tektonicznych przemieszczanych względem siebie. Poszczególne bloki zbudowane z różnych ogniw utworów paleozoicznych to wynik tektoniki

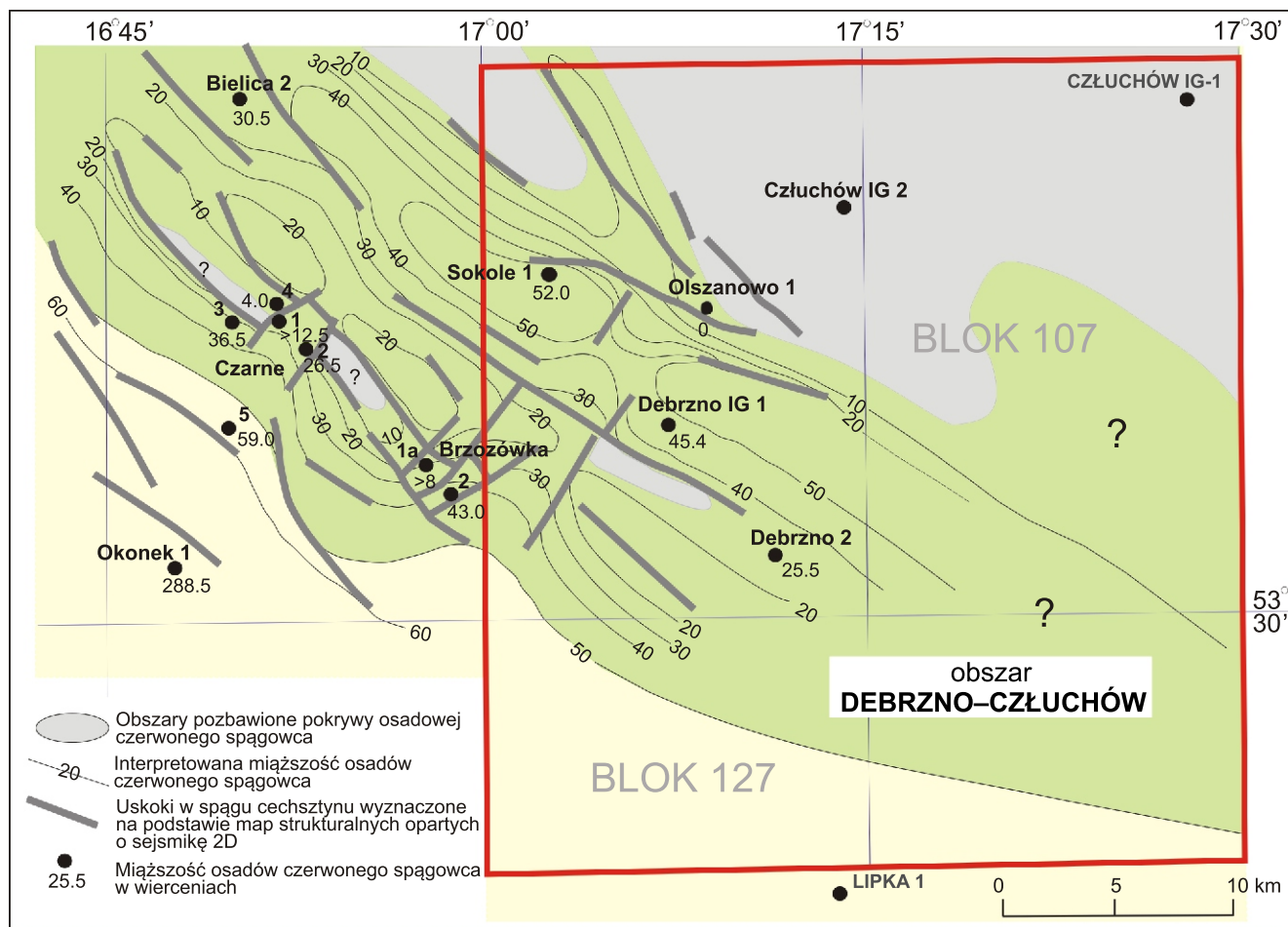


Figura 5.8. Miąższość osadów górnego czerwonego spągowca w strefie krawędziowej basenu sedimentacyjnego (Kiersnowski, mat. niepublikowane). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.

spowodowanej różnym stopniem ruchliwości poszczególnych stref. Najbardziej zaburzony tektonicznie jest rejon w ciągu podniesienia Rzeczenica–Człuchów”. „Dyslokacje o kierunkach NW–SE dzielą obszar badań na szereg bloków różniących się od siebie pod względem litologicznym, stratygraficznym i miąższościowym. Uskoki są dwojakiego rodzaju – obejmujące dolny cechsztyn i twory leżące głębiej oraz dyslokacje związane z genezą rowów mezozoicznych, z przemieszczaniem się soli cechsztynskich i dotyczące kompleksów nadsolnych. Procesy halokinetyczne odgrywały dużą rolę w ukształtowaniu się lokalnych podniesień i obniżień” (Fig. 5.10).

#### Potencjał zbiornikowy utworów czerwonego spągowca

Piaskowce górnego czerwonego spągowca stanowią doskonałe skały zbiornikowe, w których mogą się gromadzić węglowodory migrujące z dewonu i karbonu. Stwierdzony w wierceniu Debrzno IG-1 50-metrowy pakiet osadów piaszczystych i mułowcowych o porowatości do 8,6% i przepuszczalności do 2,5 mdcy dał przyływ solanki o wydajności 1,7 m<sup>3</sup>/h, c.wł. 1,16 g/cm<sup>3</sup> i mineralizacji 241,3 g/l, zawierającej gaz palny (72,9% CH<sub>4</sub>, 0,82% węglowodorów ciężkich; Witkowski, 1979). Poza tym gaz został stwierdzony w czerwonym spągowcu w otworze Sokole 1.

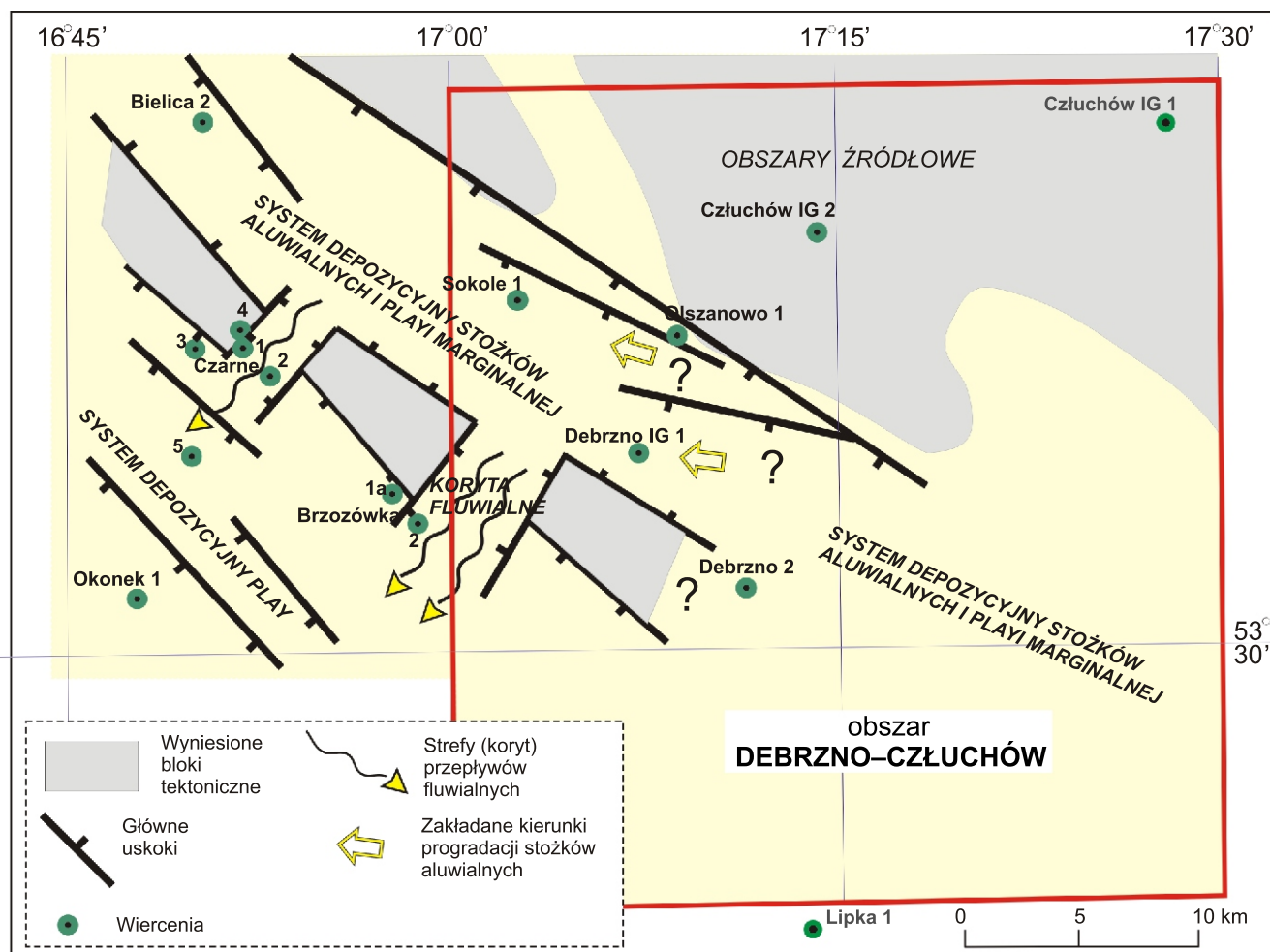
Piaszczyste osady czerwonego spągowca są na całym obszarze jego występowania potencjalnym kolektorem gazowym. Potwierdza to odkryte w nich złoża gazu ziemnego Czarne zlokalizowane na zachód od obszaru

„Debrzno–Człuchów” (Fig. 5.10). W strefie Białogardu leżącej dalej na północny zachód od analizowanego obszaru odkryto złoża gazu w utworach czerwonego spągowca i karbonu. Również w rejonie Unisławia (na południowy-wschód od obszaru „Debrzno–Człuchów”) z osadów czerwonego spągowca uzyskano nieprzemysłowy przyływ gazu ziemnego (Buniak i in., 2007b). W utworach czerwonego spągowca napotkano też niewielkie objawy ropy naftowej i gazu ziemnego w otworach Złotów 2, Zabartowo 1 i Zabartowo 2 oraz w otworze Szubin IG-1, zlokalizowanych na południe od obszaru „Debrzno–Człuchów”. Uważa się, że cała brzeżna strefa basenu czerwonego spągowca jest perspektywiczna dla odkrycia złóż gazu ziemnego.

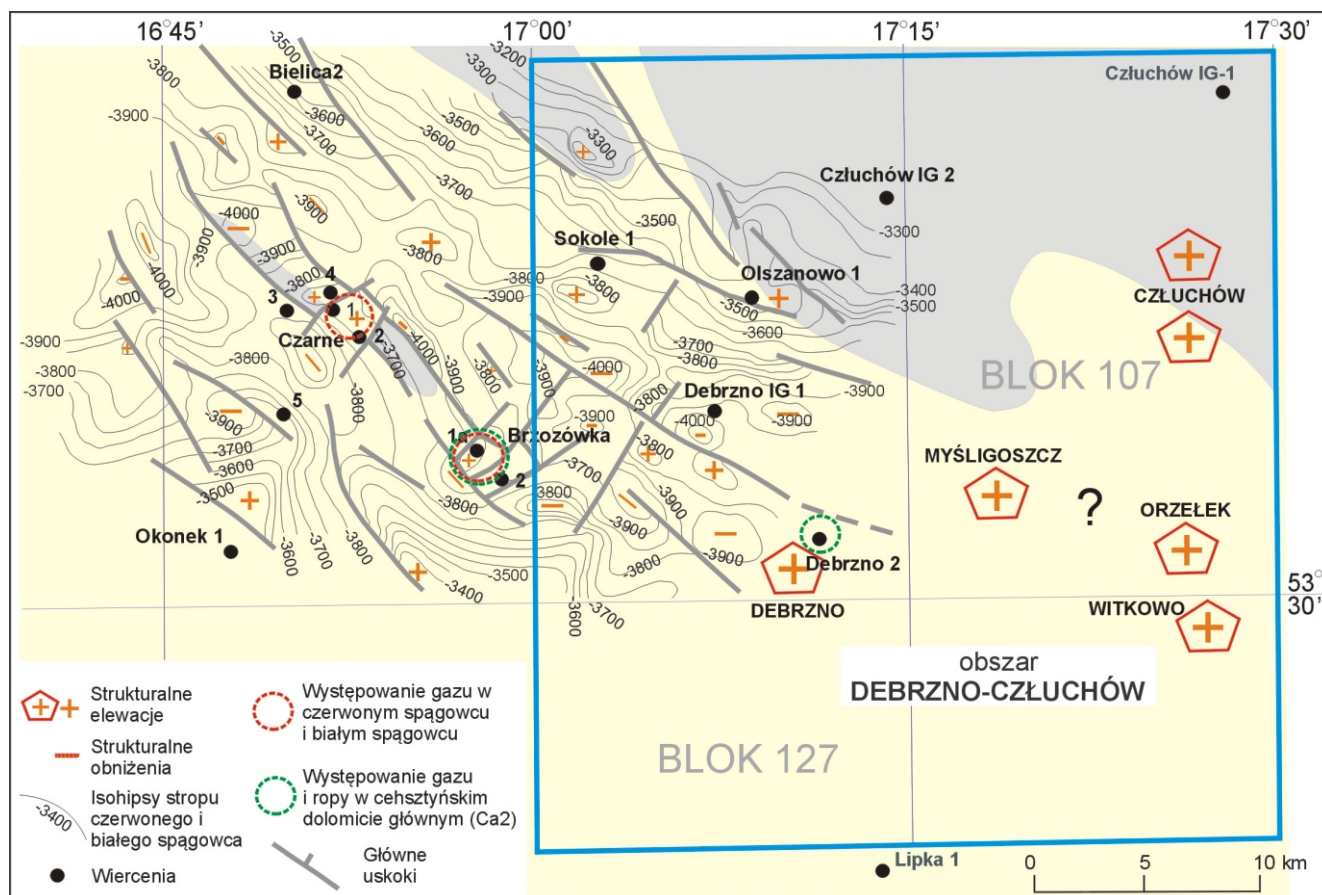
#### 5.2.1. WYNIKI BADAŃ PETROGRAFICZNYCH I PETROFIZYCZNYCH UTWORÓW CZERWONEGO SPĄGOWCA

Wyniki badań petrograficznych prowadzonych bezpośrednio na obszarze Debrzno–Człuchów można uzyskać z licznych publikacji (Kuberska, 1999a, b, c, 2001, 2004; Maliszewska, 1997, Maliszewska i Kuberska, 2008, 2009; Maliszewska i in., 1998) oraz z dokumentacji wynikowych sporządzonych dla otworów wiertniczych.

Charakterystykę utworów czerwonego spągowca na obszarze Debrzno–Człuchów oparto głównie na analizie osadów z otworów wiertniczych: Sokole 1, Olszanowo 1, Debrzno IG-1.



**Figura 5.9.** Interpretacja dróg transferu fluwialnego (rozmieszczenia osadów korytowych), mogących stanowić miejsca zwiększonej miąższości piaskowców. W południowo-wschodniej części obszaru można się spodziewać podobnych systemów koryt fluwialnych rozwijających się na przedpolu systemu stożków aluwialnych (Kiersnowski, mat. niepublikowane). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.



**Figura 5.10.** Budowa strukturalna spągu cechsztynu opracowana na podstawie przekroji i map strukturalnych sejsmiki 2D wskazuje na istnienie wielu niewielkich podniesień strukturalnych. W południowo-wschodniej części obszaru można się spodziewać analogicznych niewielkich podniesień stanowiących potencjalne pułapki dla nagromadzeń węglowodorów (Kiersnowski, mat. niepublikowane). Niebieską ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.

W czerwonym spągowcu wyróżniono tu następujące litofacje: brekcyjową, zlepieńcową, piaskowcową i mułowcowo – iłwcową.

Litofacja brekcyjowa została opisana (Maliszewska, 1997) w otworze wiertniczym Debrzno IG-1, w przyspągowej części czerwonego spągowca górnego. Brekcję tę określono jako tufitową, składającą się z okruchów wirokryształoklastycznych tufitów popiołowych, prawie całkowicie skalcytyzowanych.

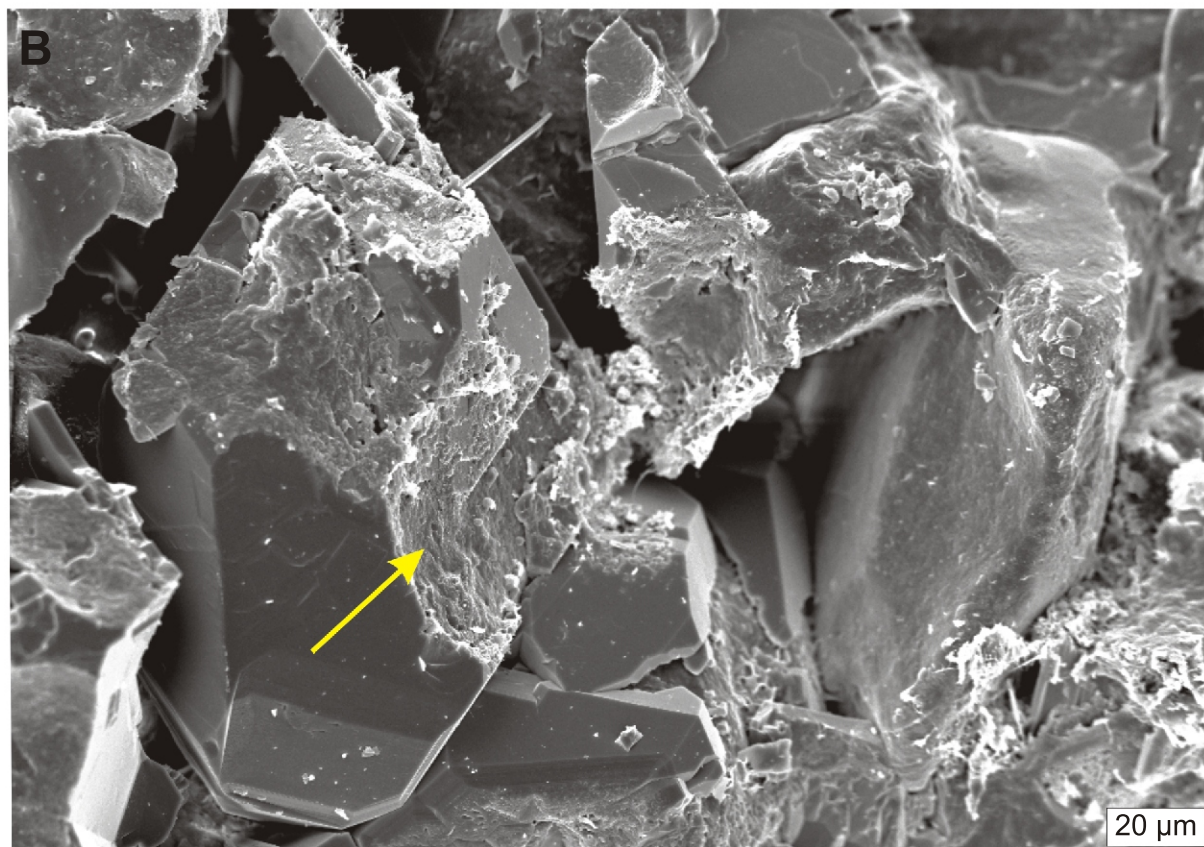
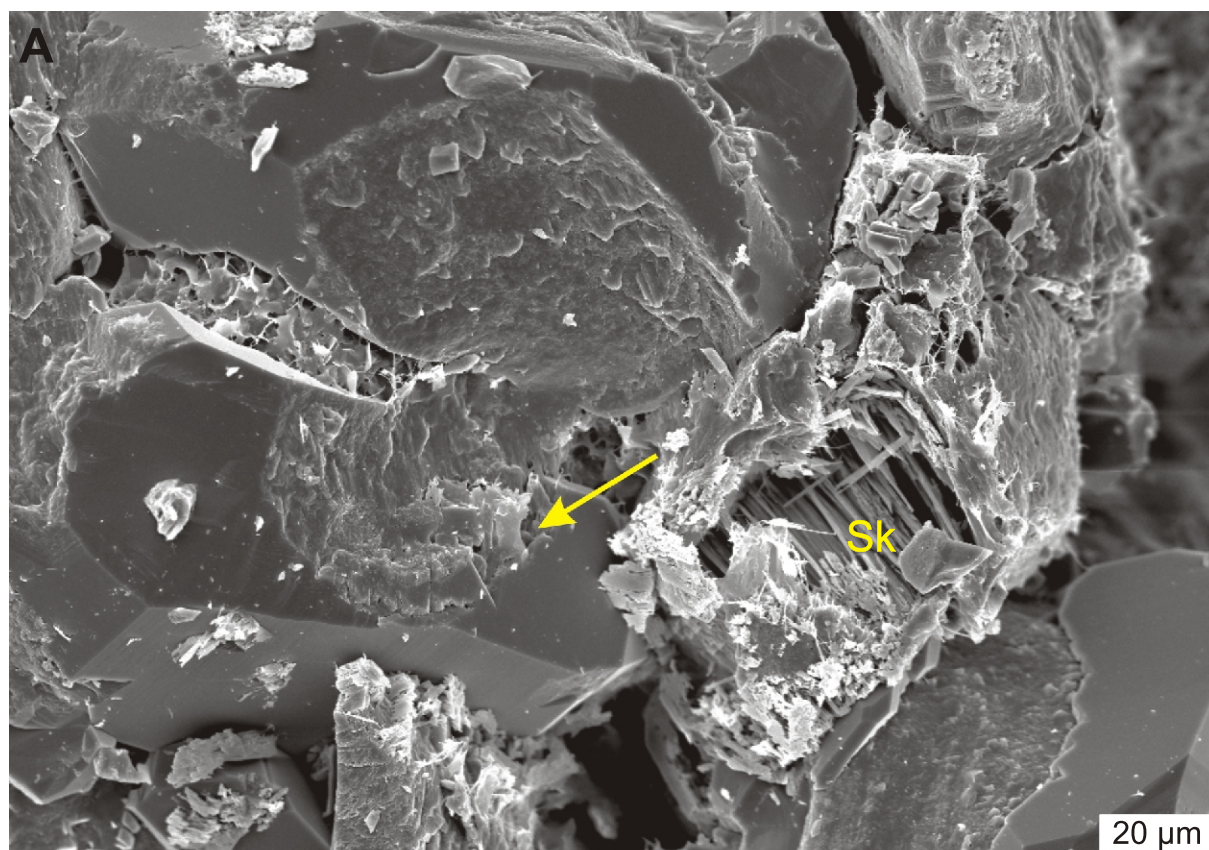
Litofację zlepieńcową rozpoznano w otworach Debrzno IG-1, Sokole 1. W otworze Sokole 1 we frakcji żwirowej zlepieńców dominują fragmenty skał pochodzenia osadowego, zatem zaliczono je do mikrolitofacji orto- i parazlepieńców oligomiktycznych (Fig. 5.11A). Głównym składnikiem żwiru są fragmenty kalcy- i dolosparytów oraz oo- i biosparytów. Poza tym występują okruchy mułowców, drobnoziarnistych piaskowców. Odmiany polimiktyczne zlepieńców również opisano w otworach Sokole 1 i Debrzno IG-1. Charakteryzują się one urozmaiconym składem frakcji psefitowej. Wśród litoklastów spotyka się fragmenty skał wylewnych (ryolitoidy) oraz osadowych (wapienie, piaskowce). Podrzędnie występują okruchy skał metamorficznych (krystaliczne łupki kwarcowo-łyszczkowe).

Litofacja piaskowcowa jest główną i najpospolitszą wśród osadów czerwonego spągowca. Zgodnie z klasyfikacją Pettijohna i in. (1972) wyróżniono tu arenity i waki sublityczne, subarkozowe i lityczne.

Litofacja mułowcowa i iłwcową reprezentowane są przez osady o strukturze aleurytowej, pelitowej, aleurytowo-pelitowej, aleurytowo-psamitowej. Występują powszechnie w postaci przewarstwień w piaskowcach.

Cechami strukturalnymi i teksturalnymi osadu w skali mikroskopowej są: uziarnienie, orientacja ziarn, stopień obtoczenia i kontakty międzyziarnowe. Wśród osadów zlepieńcowych wyróżniono odmiany drobno- i średniookruchowe, o beładnym i kierunkowym (szczególnie w otworze Sokole 1) ułożeniu materiału żwirowego. Piaskowce są przeważnie drobno- i średnioziarniste. W otworze wiertniczym Debrzno IG-1 wyróżniono piaskowce zlepieńcowate (Fig. 5.11B). Ziarna detrytyczne wykazują różny stopień obtoczenia i są z reguły izometryczne. Wyjątek stanowią wydłużone okruchy skał osadowych w zlepieńcach z otworu wiertniczego Sokole 1.

Najpospolitszym składnikiem szkieletu ziarnowego w osadach czerwonego spągowca jest kwarc mono- i polikrystaliczny. Skalenie, to drugi istotny składnik. Najczęściej występuje mikroklin, niezbliniaczony skałen potasowy i albit szachownicowy. Odmiany piaskowców szczególnie wzbogacone w skalenie występują w otworze wiertniczym Sokole 1. Bardzo często są to ziarna częściowo skaolinityzowane, skarbonatyzowane lub znacznie rozpuszczone. Grupa litoklastów jest urozmaicona. W otworze Sokole 1 dominują litoklasty pochodzenia osadowego, szczególnie wapieni. Okruchy skał wylewnych występują w



**Figura 5.11.** Zdjęcia z mikroskopu elektronowego.

**A** – arenit subarkozowy. Widoczne ślady rozpuszczania (strzałki) kwarcu autigenicznego i relikty skalenia potasowego (Sk) z widoczną wtórną porowatością wewnątrzziarnową. Otwór Debrzno IG-1, głęb. 4146,1 m; **B** – widoczny częściowo rozpuszczony (strzałka) kryształ kwarcu autigenicznego. Otwór Debrzno IG-1, głęb. 4146,1 m.

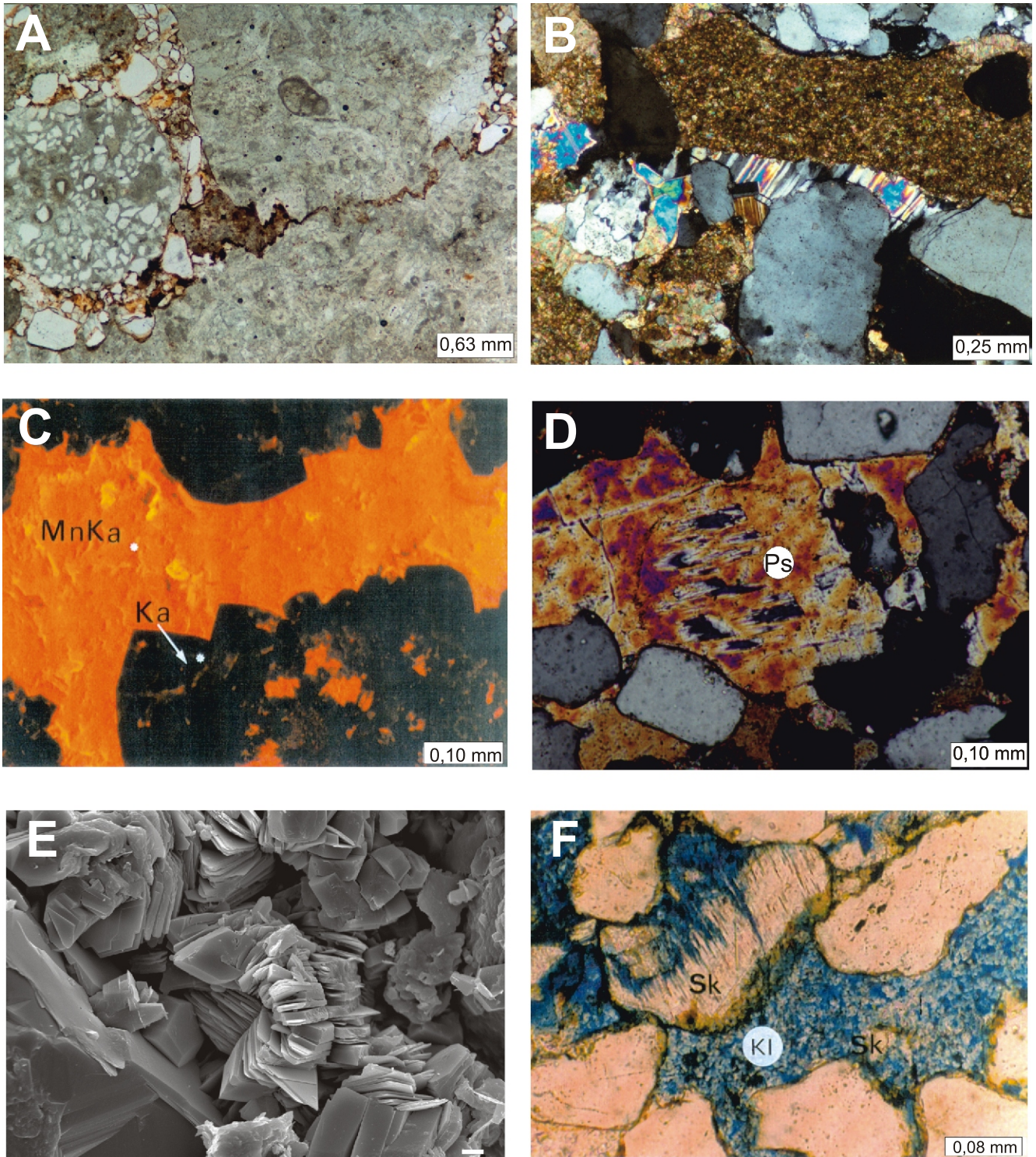


Figura 5.12. Skład mineralny.

**A** – parzaleniec oligomiktyczny z widocznymi okruskami wapieni. Otwór Sokole 1, głęb. 3986,7 m; obraz z mikroskopu polaryzacyjnego, bez analizatora; **B** – piaskowiec zlepiancowaty (arenit lityczny). Otwór Debrzno IG-1, głęb. 4138,0 m; obraz z mikroskopu polaryzacyjnego, nikole skrzyżowane; **C** – cement węglanowy w arenicie litycznym; obraz w katodoluminescencji, Ka – kalcyt, MnKa – Mn-kalcyt. Otwór Sokole 1, głęb. 3995,1 m; **D** – pseudomorfoza (Ps) anhydrytowa po skaleniu oraz cement anhydrytowy w arenicie subarkozowym. Otwór Debrzno IG-1, głęb. 4160,0 m; obraz z mikroskopu polaryzacyjnego, nikole skrzyżowane; **E** – skupienie kaolinitu robakowatego w spoiwie arenitu subarkozowego. Otwór Olszanowo 1, głęb. 3657,2 m; obraz (SE) z mikroskopu elektronowego; **F** – widoczne rozpuszczone częściowo ziarna skalenia (Sk) z powstałą wtórną porowatością śródziarnową oraz porowatość międzykryształiczną w kaolinicie (KI). Próbkę impregnowaną niebiesko zabarwioną żywicą. Otwór Sokole 1, głęb. 3971,7 m; obraz z mikroskopu polaryzacyjnego, bez analizatora.

zlepieńcach z otworu Debrzno IG-1 oraz powszechne są w piaskowcach. Okruchy skał głębinowych i metamorficznych spotyka się tylko we frakcji psamitowej. Poza podstawowymi składnikami szkieletu ziarnowego występują także tyszczki (do 1 % obj.), a akcesorycznie tytanit, rutyl, cyrkon, turmalin.

W osadach czerwonego spągowca wśród składników spoiw (Maliszewska i Kuberska, 2008) stwierdzono dwie grupy: pelitowo – aleurytowe składniki allogeniczne. W piaskowcach i zlepieńcach określa się je jako matriks oraz składniki autigeniczne, nazywane cementami. Spoiwo typu matriks jest powszechne, a jego znaczący udział w skałach wpływa na cechy zbiornikowe, przyczyniając się do redukcji porowatości i ograniczenia zdolności filtracyjnych. Wśród cementów wyróżniono minerały węglanowe (kalcyt – Fig. 5.12C, dolomit), anhydryt (Fig. 5.12D), kwarc autigeniczny oraz autigeniczne minerały ilaste (kaolinit – Fig. 5.12E, F, chloryt, illit).

Dla wybranych próbek piaskowców określono współczynniki porowatości (Kuberska, 2004), które w poszczególnych otworach kształtują się następująco: Debrzno IG-1 – 1,61 – 5,45 %, Olszanowo 1 – 8,9 – 9,5 %, Sokole 1 – 1,86 – 19,74 %. Porowatość w zlepieńcach jest niewielka i nie przekracza 2,7 % w otworze wiertniczym Sokole 1. Wartości te określają porowatość efektywną, wyrażoną stosunkiem objętości porów otwartych do całkowitej objętości próbki. Interpretacja wyników badań porozymetrycznych polega na zinterpretowaniu wielkości liczonych z krzywych ciśnień kapilarnych oraz na analizie tych krzywych (Such, 1996). I tak na przykład, im wyższa jest wartość średnicy progowej, tym lepsze są właściwości filtracyjne skały. Dla analizowanych skał z otworów wiertniczych Olszanowo 1 i Sokole 1 wartości te wahają się od 1,5 do 5,0  $\mu\text{m}$ , przeważnie około 3  $\mu\text{m}$ , co dowodzi niezbyt dobrych właściwości filtracyjnych. Różnice wartości efektu histerezy (30–70 %) wskazują na chaotyczne wykształcenie przestrzeni porowej. Natomiast procent porów większych od 1  $\mu\text{m}$  jest bardzo zróżnicowany i wynosi od 19 do 70 %, z reguły jednak jest dosyć niski. Generalnie stwierdza się, że przestrzeń porowa jest zdominowana przez mikropory.

Ogólnie niska przepuszczalność w tych skałach jest spowodowana występowaniem w ich spoiwie detrytu ilasto – mułkowego, minerałów ilastych oraz silnej cementacji (Fig. 5.12C, D). W wakach czerwonego spągowca allogeniczne minerały ilaste tworzą mieszaninę ze związkami żelaza, nadając im brunatne zabarwienie i szczelnie wypełniając przestrzenie porowe. Autigeniczne minerały ilaste mają zróżnicowany wpływ na zachowanie porowatości osadu. Występujący tu kaolinit (Olszanowo 1, Sokole 1) tworzy w przestrzeniach porowych formy książeczkowe, ograniczające zdolności filtracyjne (Fig. 5.12E). Mniej ograniczający wpływ ma kaolinit blokowy lub jego pojedyncze kryształy (Fig. 5.12F). W największym stopniu do zredukowania pierwotnej porowatości opisywanych osadów przyczyniła się cementacja bardzo silnie rozwinięta na obszarze Debrzno – Człuchów. Jest to głównie cementacja kalcytem, rozwijająca się kilkietapowo (Kuberska, 1999, 2004; Maliszewska i Kuberska, 2008). W badanych osadach obserwowano efekty rozpuszczania (Fig. 5.12A, B, F) i przeobrażenia diagenetycznego składników detrytycznych i cementów. Procesy te miały dominujące znaczenie dla powstania porowatości wtórnej – wewnątrzziarnowej (Fig. 5.12A) lub międzykryształicznej (Fig. 5.12F). Szczególnie dobrze rozwijały się one w piaskowcach posiadających wysoki potencjał diagenetyczny, głównie w obrębie osadów pochodzenia fluwialnego lub aluwialnego.

Wyniki badań petrograficznych pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

Wpływ na zakres działania procesów diagenetycznych miało środowisko depozycji.

Negatywny wpływ na porowatość skał miała cementacja, głównie węglanowa i anhydrytowa oraz obecność minerałów ilastych pochodzenia detrytycznego.

Autigeniczne minerały ilaste ograniczały porowatość skał w różnym stopniu, powodując znaczną redukcję przepuszczalności

Porowatość w badanych skałach ma głównie charakter wtórny i powstała na skutek rozpuszczania i przeobrażenia diagenetycznego.

Większość próbek poddanych badaniom petrofizycznym wykazała niską porowatość i przepuszczalność, a przestrzeń porowa zdominowana jest przez mikropory.

### 5.3. PERM – CECHSZTYN (DOLOMIT GŁÓWNY – CA2)

#### UWAGI WSTĘPNE

Obszar przetargowy Debrzno–Człuchów obejmuje fragment basenu dolomitu głównego, obszar południowej części w zachodniej gałęzi Platformy Pomorskiej wraz z przylegającą do niej równią basenową (Wagner, 2012). Jest to obszar dość dobrze rozpoznany wiertniczo i sejsmicznie.

Dolomit główny jest poziomem skał węglanowych (Ca2) występujących u podstawy cechsztyńskiego cyklotemu PZ2, (Wagner, 1994). Dolomit główny powstał w wyniku ingresji świeżych wód morskich, która przerwała sedymentację ewaporatów PZ1 i spowodowała nawrót sedymentacji węglanowej (Wagner, 1994; Wagner i Peryt, 1998). Basen dolomitu głównego był morzem śródlądowym, w znacznym stopniu odcięty od oceanu późnego permu. W dolomicie głównym występują jednocześnie skały macierzyste i zbiornikowe (Kotarba i Wagner, 2007; Wagner, 1994) 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 ropy-gazonośnej.

Sedymentacja osadów dolomitu głównego miała ogólnie charakter transgresywno-regresywny, ale w poszczególnych częściach basenu model ten ulegał istotnym zmianom i należy go rozpatrywać oddzielnie, w zależności od paleogeografii. Paleogeografia dolomitu głównego była ściśle powiązana z podłożem czyli utworami anhydrytu górnego cyklotemu PZ1. Platformy anhydrytowe PZ1 decydowały o szerokości i nachyleniu stoków platform węglanowych dolomitu głównego. Strefa basenowa cyklu PZ1 kontynuowała się także w poziomie dolomitu głównego. W obrazie paleogeograficznym dolomitu głównego wyróżniają się trzy zasadnicze strefy (Wagner, 1994, 2012), którym odpowiadają odrębne systemy depozycyjne:

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

Przestrzenny układ systemów depozycyjnych wraz z ich zróżnicowaniem oraz paleomiąższościami przedstawiono na mapach paleogeograficznych dolomitu głównego (Wagner, 1988, 1994, 2012; Wagner i in., 2000).

#### OBSZAR PRZETARGOWY DEBRZNO–CZŁUCHÓW

Na obszarze przetargowym występują wszystkie trzy główne systemy depozycyjne dolomitu głównego: system równi

basenowej, system stoku platformy węglanowej i system platformy węglanowej. Na tym obszarze wykonano 7 otworów wiertniczych (Tab. 5.1).

#### SYSTEM DEPOZYCYJNY RÓWNI BASENOWEJ

System depozycyjny osadów równi basenowej charakteryzuje się kondensacją i niskoenergetycznym środowiskiem sedymentacji, poniżej podstawy fałowania. Miąższość osadów węglanowych w tej strefie mieści się na ogół w przedziale 5–10 m. W obrębie równi basenowej można wyróżnić dwie strefy:

- część głębszą
- część płytszą

**Głębsza część równi basenowej** była kontynuacją rozwoju depocentrum cyklu PZ1 w fazie sedymentacji ewaporatów. W dolomicie głównym tworzyły się tu ciemnoszarej barwy, laminowane, wapienne i dolomitowe rytmy (madstony) o niewielkiej miąższości (najczęściej poniżej 10 m) z dużym udziałem substancji ilastej i organicznej.

**Płytsza część równi basenowej** występowała na obrzeżach części głębszej basenu. Tworzyły się tu głównie dolomity a przewarstwienia madstonów warstwowych występują w odstępach centymetrowych (Wagner i Kotarba, 2008; Jaworowski i Mikołajewski, 2007; Protas, 1990). W strefach najpłytszych pojawiają się cienkie przewarstwienia wakstonów i niekiedy pakstonów utworzonych w wyniku działania dennych prądów trakcyjnych lub rozcieńczonych prądów zawieszinowych (cienkie turbidyty). Muły węglanowe były miejscami stabilizowane mikrobialnie. Miąższość dolomitu głównego w tej strefie może wzrosnąć do ok. dwudziestu metrów.

#### Obszar przetargowy

Na obszarze przetargowym występuje wyłącznie płytsza część równi basenowej (Fig. 5.13). Równia basenowa dolomitu głównego utworzyła się u podnóża stoku platformy anhydrytu górnego i w strefie basenowej o relatywnie małych miąższościach siarczanów (Okonek 1 – 59 m, Myślągoszcz 1 – 86 m). Środowisko to charakteryzowało się spokojną sedymentacją, poniżej podstawy fałowania. Dominują tu madstony laminowane, o niedużych miąższościach, poniżej 10 m. W obrębie tej równi basenowej wydzielono strefę przejściową pomiędzy równią a stokiem – dystalna część stoku/ równia basenowa. W tej strefie występują cienkie przewarstwienia drobnoziarnistych piasków węglanowych, czasem nawet pakstonów i wakstonów, przetransportowanych przez prądy zawieszinowe ze strefy stoku (Debrzno IG-1). Na obszarze równi basenowej zdecydowanie dominują skały macierzyste dobrej jakości.

Równia basenowa na obszarze przetargowym została rozpoznana otworami Debrzno IG-1 i Debrzno 2.

#### DEBRZNO IG-1

(Interwał i miąższość dolomitu głównego wg miary wiertniczej): 3732,80–3740,50 m; 7,7 m

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

ze względu na brak możliwości profilowania sedymentologicznego utworów dolomitu głównego, szczegółowa charakterystyka środowisk depozycji jest niemożliwa. uproszczony profil tych utworów został odtworzony w oparciu o opisy pochodzące z dokumentacji wynikowej otworu Debrzno IG-1 oraz o materiały geofizyki wiertniczej.

Charakterystyka sedymentologiczna:

sublitoralne muły węglanowe (madstony) poniżej podstawy fałowania, sedymentacja z zawiesiny, rzadziej z prądów dennych, sporadycznie występują cienkie warstwy redeponowanych piasków węglanowych z obecnością których można wiązać wyższe pomierzone porowatości.

Paleogeografia:

Równia basenowa + dystalna część podnóża stoku platformy węglanowej.

Diageneza:

Brak informacji – zniszczony rdzeń, brak szlifów

Własności petrofizyczne:

Porowatość: 0,69–6,45 %

Przepuszczalność: od nieprzepuszczalnych do 0,2 mdcy

Skały zbiornikowe/skały macierzyste:

Cały profil stanowi zwarty poziom skał macierzystych typu madstonów

Objawy i wynik opróbowania:

3732,8–3734,4 m kropelkowe objawy ropy naftowej

3734,4–3740,3 m śladowe objawy bituminów pod lampą

Woode'a

Opróbowano interwał 3755,0–3730,0 m, brak przypiływu.

#### DEBRZNO-2

Miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 4,0 m

Litofacja: wapienna

Mikrofacje + środowiska depozycji:

Uwaga: w profilu otworu Debrzno-2 stwierdzono powtórzenie utworów dolomitu głównego – strefa dyslokacyjna. Niepełny materiał rdzeniowy uzyskano jedynie z poziomu dolomitu głównego II

Część nierdzienowana: najprawdopodobniej występuje tu kompleks sublitoralnych mułów węglanowych o charakterze madstonów z podrzędnym udziałem wakstonów oraz redeponowanych węglanowych piasków mułowych (pakstonów).

Tabela 5.1. Zestawienie profilów dolomitu głównego z charakterystyką środowisk sedymentacyjnych

Otwór wiertniczy	Interwał dolomitu głównego (miąższość) (miara geofizyczna)	Interwał dolomitu głównego (miąższość) (miara wiertnicza)	Strefa paleogeograficzna pogrubionym drukiem wyróżniono przeważające w danym profilu środowiska
Człuchów IG-1	2630,00–2652,00 (22,0)	2632,00*–2654,00 (22,0)	nisko- i wysokoenergetyczna równia platformowa
Człuchów IG-2 bis	Brak pomiarów geofizycznych	3088,90–3101,50 (> 12,6)	bariera (profil nieprzewiercony)
Debrzno IG-1	3736,00–3743,50 (7,5)	3732,80–3740,50 (7,7)	równia basenowa + dystalna część podnóża stoku platformy węglanowej
Debrzno-2	(4,0)	(4,0)	równia basenowa (płytsza część)
Myślągoszcz-1	(11,5)	(11,6)	stok
Olszanowo-1	(14,5)	(14,5)	stok (wyższa część)
Sokole-1	(57,0)	(57,2)	bariera + zewnętrzny stok bariery

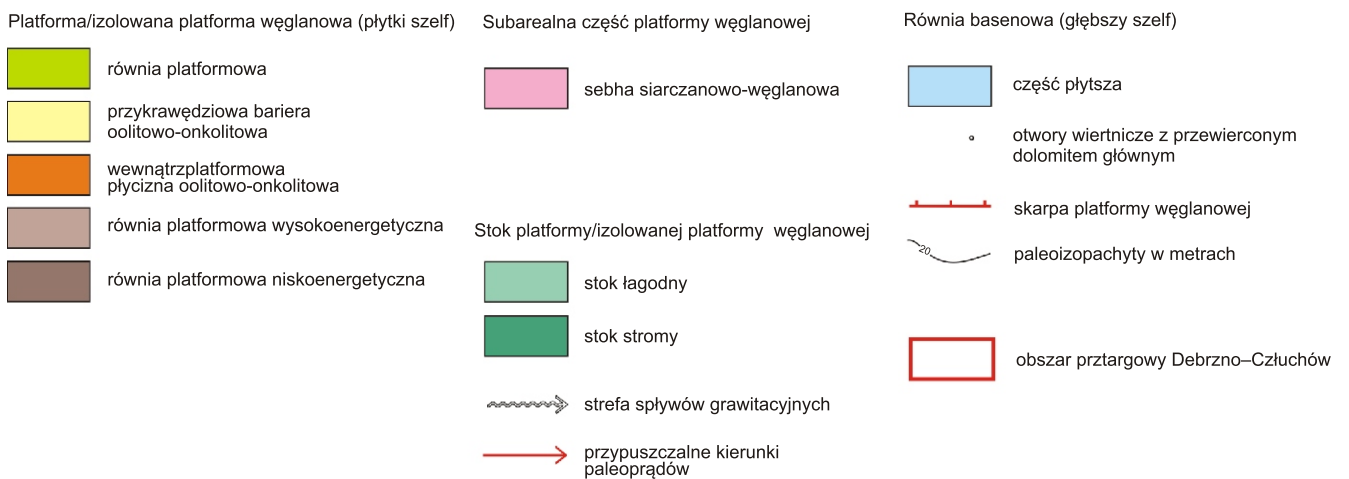
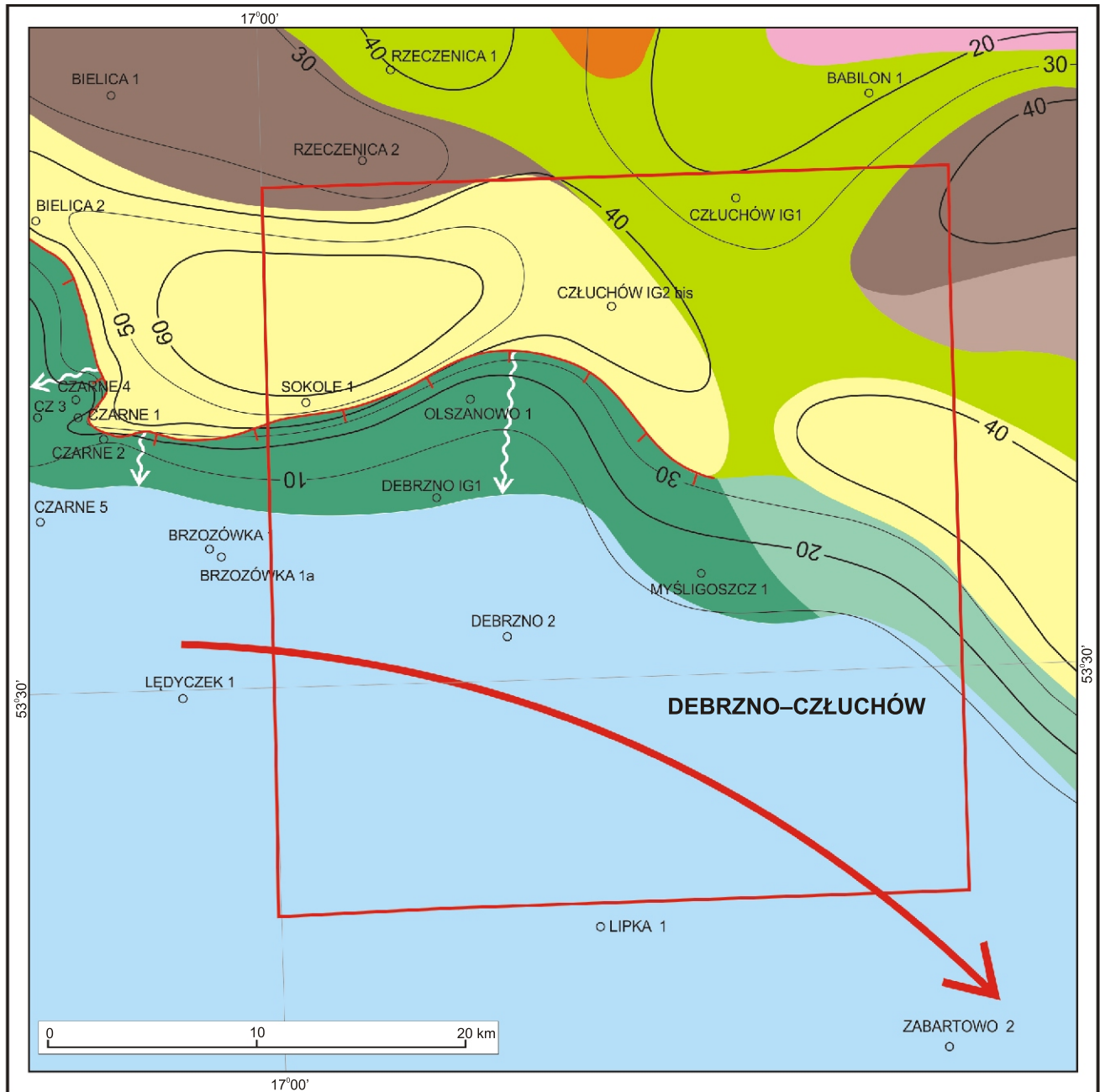


Figura 5.13. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego na obszarze przetargowym Debrzno-Człuchów (Wagner, 2012).

Część rdzeniowana: występuje tu kompleks sublitoralnych mułów węglanowych o charakterze madstonów z rozproszonym drobnym kwarcem, podrzędnym udziałem wakstonów oraz redeponowanych węglanowych piasków mułowych (pakstonów).

Strefa paleogeograficzna: równia basenowa, część płytsza.

Diageneza:

Bardzo silna rekrytalizacja doprowadziła miejscami do zatarcia cech strukturalno-teksturalnych skał. Proces anhydryzacji doprowadził miejscami do powstania pseudomorfoz po ziarnach węglanowych.

Własności petrofizyczne:

Skąły zbiornikowe/skąły macierzyste:

Zdecydowana przewaga miąższościowa skał macierzystych o charakterze madstonów nad słabej jakości skałami zbiornikowymi (wakstonów i pakstonów) powstałymi wskutek redepozycji z wyższej części stoku platformy węglanowej.

Objawy i wynik opróbowania:

Przyływ ropy z gazem o znacznej zawartości siarkowodoru.

W bliskim sąsiedztwie, na zachód od obszaru przetargowego, na obszarze płytszej części równi basenowej stwierdzono w otworze Brzozówka 1 (Fig. 5.13) nagromadzenie przemysłowych ilości węglowodorów (Wagner i Kotarba, 2008). W profilu dolomitu głównego w tym otworze dominują madstony z laminami mikrobialnymi i z przewarstwieniami bandstonów mikrobialnych. Po wydobyciu ze złoża około 29 % zasobów geologicznych zakończono eksploatację (2000 rok).

Obszar systemu równi basenowej dolomitu głównego w na obszarze przetargowym należy ocenić jako perspektywiczny.

#### SYSTEM DEPOZYCYJNY STOKU PLATFORMY WĘGLANOWEJ

Stoki platform węglanowych są nierozdzielnie związane z platformami, ale reprezentują całkowicie różne środowiska sedymentacji. Systemy depozycyjne stoków są uzależnione od oddziaływania dwóch przeciwstawnych środowisk sedymentacji: płytkowodnej, wysokoenergetycznej zewnętrznej krawędzi bariery i względnie głębokowodnej, nisko energetycznej strefy równi basenowej. Ogromne zróżnicowanie miąższości i facji osadów stokowych wynika głównie z morfologii krawędzi platformy węglanowej, kąta nachylenia stoku oraz prądów morskich przemieszczających się równoległe do stoku platform. Charakterystyczna dla tych stref jest bardzo duża zmienność osadów i struktury deformacyjne w postaci warstwowania zaburzonego. Są to osady osuwisk schodzących w dół stoku platformy węglanowej takie jak zlepieńce i brekcje sedymentacyjne a także osady kohezyjnych spływów grawitacyjnych. Częstsze występowanie uziarnienia frakcjonalnego normalnego świadczy o obecności turbidytów, tj. osadów prądów zawiesinowych. Miąższość osadów stoku jest najbardziej zróżnicowana w całym basenie sedymentacyjnym i wynosi od kilku metrów do ponad 200 m w zależności od konfiguracji przebiegu bariery i kąta nachylenia stoku.

Wyróżniamy dwa podstawowe rodzaje stoków:

- łagodny
- stromy.

**Stok stromy** występuje przy zwiększonym kącie nachylenia dna basenu. Charakterystyczną jego cechą są małe miąższości osadów, rzędu od kilku do kilkunastu metrów. Często występują tu brekcje i silne kontrasty facjalne np. greinstony oolitowe – madstony laminowane. Generalnie była

to wąska strefa „wymiatania” osadów przez prądy zawiesinowe i trakcyjne a także grawitacyjne spływy niezliyfikowanych lub częściowo zliyfikowanych osadów. Poniżej tej strefy, u podnóża stoku, tworzą się niekiedy nasypy redeponowanych osadów węglanowych w rodzaju stożków, składające się z materiału węglanowego, pochodzącego z platform węglanowych, transportowanych po stoku przez prądy zawiesinowe i spływy grawitacyjne (Jaworowski i Mikołajewski, 2007). Dolomit główny w strefie nasypów osiąga miejscami 60–80 m miąższości. Generalnie środowisko sedymentacji na stoku było poniżej podstawy falowania, z wyjątkiem górnego stoku, gdzie falowanie mogło docierać w czasie epizodów sztormowych.

#### Obszar przetargowy

W obszarze przetargowym występuje wyłącznie stok stromy rozpoznany otworami wiertniczymi Olszanowo 1 i Myśligruszcz 1. Profil Ca 2 z otworu Debrzno IG-1 został omówiony w części “równia basenowa”

Charakterystyka tych profili przedstawia się następująco:

##### **OLSZANOWO 1**

Miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 14,5 m

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

ze względu na brak rdzenia wiertniczego ze stropowej i środkowej części profilu dolomitu głównego szczegółowa charakterystyka środowisk depozycji jest niemożliwa, uproszczony profil tych utworów został odtworzony w oparciu o materiały geofizyki wiertniczej

Część nierdzeniowana: najprawdopodobniej występują tu co najmniej dwa kompleksy piasków węglanowych (pakstony) podzielonych osadami mułów węglanowych (madstony)

Część rdzeniowana: występują tu zarówno skały ziarniste (pakstony) jak i muły węglanowe (madstony) – całość ma charakter brekcji tektonicznej.

Strefa paleogeograficzna: Stok

Diageneza:

W rdzeniowanej części dolomitu głównego występuje brekcja tektoniczna spojona solą i anhidrytem wskazująca na bliskość strefy dyslokacyjnej

Skąły zbiornikowe/skąły macierzyste:

Porównywalna miąższość niskiej jakości skał zbiornikowych (pakstony) oraz skał macierzystych typu madstonów

##### **MYŚLIGOSZCZ-1**

Miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 11,6 m

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

Sublitoralne muły węglanowe w części przyspągowej węglanowe piaski mułowe; strefa poniżej podstawy falowania, sedymentacja z zawiesiny, rzadziej z prądów dennych; powszechna biostabilizacja osadu: laminy mikrobialne i przerosty mat mikrobialnych; w spągu powierzchnia nieciągłości synsedymentacyjnej.

Sublitoralne muły węglanowe z przewarstwieniami węglanowych piasków mułowych j.w. sedymentacja z zawiesiny przerywana okresami aktywności prądów dennych; biostabilizacja osadu: laminy mikrobialne oraz przerosty mat mikrobialnych; w spągu powierzchnia nieciągłości sedymentacyjnej, nad nią warstwa węglanowego zlepieńca o rozproszonym szkielecie ziarnowym.

Sublitoralne muły węglanowe, w górnej części przewarstwienie węglanowych piasków mułowych; strefa poniżej podstawy falowania; sedymentacja z zawiesiny, rzadziej z prądów dennych; częsta biostabilizacja osadu: laminy mikrobialne, a miejscami przerosty mat mikrobialnych.

Węglanowe piaski mułowe poniżej podstawy fałowania, warstwowanie zaburzone; osad osunięty nierozdrobniony; powszechna biostabilizacja osadu: laminy i kłęby mikrobialne, ponadto przerosty mat mikrobialnych, a w części górnej zaczątkowa budowa mikrobialna. Porowatość: brak pomiarów.

Strefa paleogeograficzna: Stok

Diageneza:

Rekrystalizacja zaciera pierwotne cechy strukturalno – teksturalne skały

Skały zbiornikowe/skały macierzyste:

Przewaga skał macierzystych typu madstonów nad niskiej jakości skałami zbiornikowymi typu pakstonów i flotstonów

Objawy i wynik opróbowania:

Brak przypiływu, brak śladów bituminów.

Środowisko stoku platformy było bardzo ważne dla tworzenia się przyszłych złóż węglowodorów. To tu powstawały jedne z najbardziej efektywnych skał macierzystych w bezpośrednim sąsiedztwie skał zbiornikowych, które umożliwiały dalszą migrację węglowodorów lub tworzyły tu akumulacje.

Należy uwzględnić negatywne znaczenie deformacji tektonicznych, omówionych poniżej, w części analizowania stref barierowych. Dotyczy to zwłaszcza górnej części stoku.

**Obszar systemu stoku platformy węglanowej dolomitu głównego w strefie przetargowej należy ocenić jako perspektywiczny.**

#### SYSTEM PLATFORM WĘGLANOWYCH

Platformy węglanowe dolomitu głównego w Polsce tworzą rozległe tarasy sedymentacji płytkowodnej, występujące w całej brzeżnej części basenu sedymentacyjnego (Wagner, 1988, 1994). Szerokość platform jest zmienna w szerokich granicach od kilkunastu do 150 km.

Platformy mają bardzo urozmaicony przebieg linii zewnętrznej z głęboko wcinającymi się zatokami równi basenowej. Morfologia poszczególnych platform była zmienna: od bardzo płaskich do silnie zróżnicowanych. Było to uzależnione od budowy geologicznej podłoża i istniejącego w nim paleoreliefu. Miąższość dolomitu głównego na platformach wynosiła przeciętnie 30–40 m osiągając lokalnie w kulminacjach 60–120 m. Reżim sedymentacyjny był generalnie płytkowodny z przewagą osadów wysokoenergetycznych.

Osady platformowe dolomitu głównego charakteryzują się największym zróżnicowaniem środowisk sedymentacyjnych i mikrofacji. Na platformie można wyróżnić cztery główne strefy facjalne:

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

**Strefa barierowa** rozciągała się na zewnętrznej krawędzi platform, od strony otwartego morza. Bariery tworzyły się stopniowo, w miarę rozwoju sedymentacji węglanowej, aż zaczynały pełnić rolę przeszkody morfologicznej i oddzieliły obszar otwartego morza od pozostałej części platformy. Są one powszechnie, aczkolwiek nie wszędzie wyraźnie rozwinięte (Jaworowski i Mikołajewski, 2007). Najczęściej występują w sąsiedztwie stref o stromym nachyleniu stoku platformy. Osady barier reprezentują środowisko aktywnych piasków węglanowych (oolitowo-onkolitowych), stabilizowanych matami mikrobialnymi i budowli organogenicznych, mikrobialno-glonowych typu stromatolitów i trombolitów, związanych ze szczególnie wysoką energią wód zbiornika sedymentacji.

**Równia platformowa** rozciągała się za strefą barierową. Zajmowała bardzo duży obszar, stanowiąc pod tym względem największą jednostkę paleogeograficzną w obrębie platformy węglanowej. Była też zróżnicowana mikrofacjalnie i batymetrycznie.

W obrębie równi platformowej wyróżniamy dwie główne strefy:

- wysokoenergetyczną
- niskoenergetyczną.

**Strefami wysokoenergetycznymi** nazywamy obszary równi platformowej o wysokiej aktywności hydrodynamicznej spowodowanej głównie falowaniem. Strefy te tworzyły się na lokalnych elewacjach i strefach płyczn na zapleczu barier i obszarach przybrzeżnych. Częste są utwory mikrobialne w postaci stabilizujących osad biolamin oraz budowle mikrobialne (maty i stromatolity) oraz trombolity.

**Strefy nisko energetyczne** występują na zapleczu barier i płyczn oolitowo-onkolitowych oraz w rozległych często obniżeniach równi platformowej.

W osadach dominowały ciemnoszare, sublitoralne węglanowe muły piaszczyste i muły węglanowe, często węglanowe piaski mułowe i utwory mikrobialne, tworzące waktony i madstony, ponadto pakstony i bandstony (Jaworowski i Mikołajewski, 2007). Powszechnie występują maty mikrobialne, dość częste są struktury fenestralne. Sporadycznie pojawiają się niskie, zaczątkowe budowle mikrobialne.

**Obszar przetargowy**

W obszarze przetargowym największe obszary zajmują dwie strefy barierowe i rozdzielająca je równia platformowa oraz niewielkie fragmenty wysoko- i niskoenergetycznej równi platformowej (Fig. 5.13).

**Strefy barierowe**

Najlepiej rozpoznana jest strefa barierowa rozpoznana otworami wiertniczymi Sokole 1 i Człuchów IG-2 Bis.

Charakterystyka tych profilów przedstawia się następująco:

**SOKOLE-1**

Miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 57,2 m

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

uproszczony profil tych utworów został odtworzony w oparciu o opisy zawarte w dokumentacji wynikowej otworu Sokole-1 oraz materiałów geofizyki wiertniczej

Dolomit jest silnie spękany, liczne zlustrowania na laminach ilastych pod kątem 25–85°, miejscami skała ma charakter brekcji tektonicznej spojonej halitem, co świadczy o bliskości strefy dyslokacyjnej.

Wydaje się bardzo prawdopodobne (na podstawie analizy karotażu), że w otworze wiertniczym Sokole-1 można liczyć się z powtórzeniem utworów dolomitu głównego.

Część nierdeniowana: najprawdopodobniej występują tu piaski węglanowe (greinstony) związane z wysokoenergetycznym środowiskiem bariery węglanowej.

Część rdzeniowana: dominują pakstony i greinstony ooidowe, rzadziej peloidowe, niekiedy intraklastowe oraz występujące w dolnej części profilu pakstony pogłowne. Utwory mikrobialne stanowią niewielki udział w profilu, miejscami w formie subtelnej biolaminacji. Bioklasty (głównie małże).

Strefa paleogeograficzna: Bariera + zewnętrzny stok bariery

Diageneza:

Kompakcja ziarn węglanowych oraz zaawansowana miejscami cementacja siarczanowa spowodowały znaczną redukcję pierwotnie dobrych własności zbiornikowych w

kompleksach piasków węglanowych. Rekrystalizacja i mikrytyzacja powodują niekiedy zatarcie cech strukturalno-teksturalnych skały.

Skąły zbiornikowe/skąły macierzyste:

Skąły zbiornikowe, brak skał macierzystych

Objawy i wynik opróbowania:

W wyniku opróbowania stwierdzono brak przyływu, w rdzeniach obserwowano pojedyncze zgazowania.

**CZŁUCHÓW IG-2 Bis**

Interwał i miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 3088,90–3101,50 \*m; >12,6 m

\*profil dolomitu głównego nie został przewiercony

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

ze względu na brak rdzenia wiertniczego z niższej części profilu dolomitu głównego (rdzeń występuje jedynie w części stropowej w interwale: 3088,90–3093,20 m), szczegółowa charakterystyka środowisk depozycji jest niemożliwa. Uproszczony profil tych utworów został odtworzony w oparciu o opis dotyczący postępu wiercenia (Szyperko-Słiwczyńska i in., 1977) z którego wynika, że do głębokości 3101,50 m. najprawdopodobniej występują skały węglanowe.

3088,9–3093,2 m – część rdzeniowana: dobrze wysortowane, przekątnie warstwowane piaski węglanowe o charakterze greinstonów ooidowych.

3649,0–3654,0 m – część nierdzeniowana: najprawdopodobniej do końca otworu występują piaski węglanowe jak wyżej opisane.

Strefa paleogeograficzna: Bariera

Diageneza:

W rdzeniowanej części dolomitu głównego obserwuje się liczne pory i mikropory związane z rozpuszczaniem zarówno części ziarn węglanowych jak i cementów, występowanie brekcji tektonicznej spojonej solą i anhydrytem wskazuje na bliskość strefy dyslokacyjnej.

Własności petrofizyczne:

Porowatość: nie analizowano

Przepuszczalność: nie analizowano

Skąły zbiornikowe/skąły macierzyste:

Skąły zbiornikowe typu greinstonów ooidowych

Skąły macierzyste – brak.

Objawy i wynik opróbowania:

Nie zaobserwowano objawów występowania bituminów powyżej poziomu dolomitu głównego. W poziomie dolomitu głównego nawiercono złoża solanki o dużym ciśnieniu, którym towarzyszyło występowanie gazu. Analizy gazu i solanki wykonano tylko dla otworu Człuchów IG-2.

**W strefie barierowej** występują prawie wyłącznie skały zbiornikowe, co jest zjawiskiem korzystnym dla tworzenia się złóż węglowodorów migrujących głównie z strefy stoku platformy węglanowej a także z strefy niskoenergetycznej platformy węglanowej. Jednak w tym szczególnym przypadku należy rozważyć znaczenie tektoniki

Strefy barierowe na obszarze przetargowym mają bardzo skomplikowaną budowę geologiczną wynikającą z ich położenia geologicznego i historii przemian tektonicznych. Są one usytuowane w pobliżu granicy dwóch dużych jednostek tektonicznych o odmiennej historii ich ewolucji: niecki pomorskiej i wału pomorskiego (Raczyńska, 1987). Niecka pomorska w okresie permskim stanowiła obszar wyniesiony o niedużej subsydencji. Na tym obszarze rozciągała się platforma węglanowa dolomitu głównego. Strefa równi basenowej Ca2 jest położona w obrębie wału pomorskiego, na którego obszarze istniała w Ca2 potężna bruzda sedimentacyjna o bardzo silnej subsydencji. Na pograniczu kredy i paleogenu nastąpiła regionalna inwersja bruzdy, która

została wydzwignięta w stosunku do otaczających ją obszarów w tym niecki pomorskiej. Spowodowało to gruntowną przebudowę obszaru, na którym są położone strefy barier. Struktury solne usytuowane w tym rejonie zostały zaktywizowane i uzyskały obecny styl budowy tektonicznej. Powstał bardzo skomplikowany system struktur solnych z licznymi uskokami odwróconymi, obejmujący także aktywizacje soli najstarszych (Na1) a więc bardzo komplikujących położenie strukturalne dolomitu głównego, który miejscami został tektonicznie porozrywany. Z całą pewnością to bardzo utrudni ewentualne poszukiwania.

Druga strefa barierowa, której fragment jest na obszarze przetargowym (Fig. 5.13), jest całkowicie nierozpoznana, ale wszystkie wyżej przytoczone rozważania dotyczą i tej strefy

**Strefy barierowe dolomitu głównego na obszarze przetargowym są perspektywiczne, przy uwzględnieniu komplikacji tektonicznych.**

**Strefa równi platformowej**

Strefa równi platformowej na obszarze przetargowym rozciągała się na zapleczu strefy barier (Fig. 5.13) i jest rozpoznana jednym otworem wiertniczym Człuchów IG-1 z bardzo fragmentarycznym rdzeniowaniem dolomitu głównego.

**CZŁUCHÓW IG-1**

Interwał i miąższość dolomitu głównego (wg m. wiertniczej): 2632,00\*–2654,00 m; 22,0 m

\*strop dolomitu głównego odtworzony na podstawie miąższości z pomiarów geofizycznych.

Litofacja: dolomitowa

Mikrofacje + środowiska depozycji:

ze względu na brak rdzenia wiertniczego ze stropowej i środkowej części profilu dolomitu głównego, szczegółowa charakterystyka środowisk depozycji jest niemożliwa, uproszczony profil tych utworów został odtworzony w oparciu o materiały geofizyki wiertniczej.

2632,0–2649,0 m – część nierdzeniowana: najprawdopodobniej występuje tu kompleks piasków węglanowych (pakstony?) związanych z wysokoenergetyczną równią platformową przedzielony osadami mułów węglanowych związanymi ze strefą równi niskoenergetycznej.

3649,0–3654,0 m – część rdzeniowana: silnie zanhydryzowane ooidowe mułowe piaski węglanowe – pakstony związane z wysokoenergetyczną równią platformową przedzielone osadami mułów węglanowych związanymi ze strefą równi niskoenergetycznej

Strefa paleogeograficzna: równia platformowa, wysoko- i niskoenergetyczna ?

Diageneza:

W rdzeniowanej części dolomitu głównego (interwał: 2649,0–2654,0 m) obserwuje się wpływ procesu kompaktacji i anhydrytyzacji, które w znacznym stopniu przyczyniły się do pogorszenia własności zbiornikowych badanych skał, występowanie brekcji tektonicznej spojonej solą i anhydrytem wskazuje na bliskość strefy dyslokacyjnej.

Własności petrofizyczne:

Porowatość: nie analizowano

Przepuszczalność: nie analizowano

Skąły zbiornikowe/skąły macierzyste:

Przewaga miąższościowa skał zbiornikowych nad skałami macierzystymi typu madstonów

Objawy i wynik opróbowania:

Brak objawów, opróbowania nie wykonano.

Profil dolomitu głównego wykazuje charakterystyczne dla równi platformowej przemieszanie tekstur ze środowisk wysoko- i niskoenergetycznych. Występują tu zapewne zarówno skały zbiornikowe i macierzyste z przewagą tych pierwszych. Z tego względu jest to strefa perspektywiczna dla

akumulacji węglowodorów, tym bardziej, że może być zasilana z pobliskich stref niskoenergetycznych równi platformowej.

**Obszar strefy równi platformy węglanowej dolomitu głównego w strefie przetargowej należy ocenić jako perspektywiczny.**

**Strefa nisko energetyczna.** Strefa ta na obszarze przetargowym zajmuje kilka procent obszaru (Fig. 5.13). Jest rozpoznana, poza obszarem przetargowym otworami Kłosnowo IG-1 i Krojanty 1, gdzie dominują w profilu skały macierzyste.

#### WNIOSKI

1. Na obszarze przetargowym Debrzno–Człuchów, w dolomicie głównym (Ca2) występują skały macierzyste jak i zbiornikowe. Skały macierzyste są związane głównie z środowiskami równi basenowej, stoku platformy węglanowej i podrzędnie równi platformowej w tym niskoenergetycznej. Skały zbiornikowe występują głównie w środowiskach strefy barierowej i podrzędnie stoku platformy węglanowej i w obrębie równi platformowej w tym równi platformowej wysokoenergetycznej.
2. Własności zbiornikowe, z uwagi na powszechność impregnacji skał węglanowych przez anhydryt i sól kamienną są zależne od szczelinowatości i wtórnej porowatości z rozpuszczania a więc tylko częściowo zależne od wykształcenia mikrofacjalnego.
3. Wszystkie strefy paleogeograficzne dolomitu głównego na obszarze przetargowym: system równi basenowej, system stoku platformy węglanowej, system platformy węglanowej – strefy barierowe i równi platformowej są perspektywiczne. Mogą tu występować nieduże złoża ropno-gazowe.
4. Dla stref barierowych i stoku platformy węglanowej należy uwzględnić negatywne znaczenie deformacji tektonicznych.

#### 5.3.1. MATERIA ORGANICZNA W UTWORACH CECHSZTYNU (DOLOMIT GŁÓWNY CA2)

Utwory dolnego permu są bardzo ubogie w węgiel organiczny (śr. 0,17%) z wyjątkiem punktowego wystąpienia w spągu utworów (1,0%). Mała jest także ilość bituminów śr. 0,005%.

Zawartość węgla organicznego w utworach cechsztynu jest różna w pionowym profilu śr. 0,23%, (0,16–0,01%). Uwzględniając typ sedymentacji to występująca ilość węgla w kompleksie skalnym cechsztynu pozwala określić te utwory jako „biedne „ ale także „bardzo dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Zróżnicowana jest też ilość bituminów, która waha się od 0,131 do 0,001% przy czym wysoka ilość bituminów występuje punktowo w pionowym profilu utworów.

Wartość współczynnika migracji pozwala przypuszczać, iż bituminy są epigenetyczne z osadem. Analiza n-alkanów wydzielonych z materii organicznej z utworów górnego permu wykazała obecność głównie n-alkanów C<sub>20</sub> i C<sub>22</sub> pochodzących z rozpadu bakterii jak również i związków z 19, 21 i 23 węglami w łańcuchu powstającymi z rozpadu alg. W znacznej ilości w materii obecne są n-alkany C<sub>25</sub> reprezentujące wysoko przeobrażony materiał terygeniczny (Tab. 5.2A, B i 5.3B). W górnym partiach utworów pojawia się w materii organicznej

duży udział materiału terygenicznego słabo przeobrażonego (n-C<sub>27</sub>; Tab. 5.3A).

Stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach w wielu przypadkach jest trudny do określenia, gdyż CPI ma wartość poniżej jedności, co świadczy o dużej ilości bakterii w wyjściowej materii organicznej.

Jednocześnie można stwierdzić, iż w dolnych partiach utworów stopień przeobrażenia materii organicznej jest wysoki, natomiast w wyższych partiach materia organiczna jest mało dojrzała. W stropie kompleksu skalnego materia organiczna wykazuje cechy materii, która uległa biodegradacji (Tab. 5.3B i 5.4).

Wg badań dr Ewy Klimuszko utwory dolnego permu są ubogie w materię organiczną, mała jest w nich ilość węgla organicznego i bituminów (Debrzno IG-1).

Utwory górnego permu generalnie zawierają małą ilość węgla organicznego często jest to ilość śladowa. Ilość bituminów w tych utworach generalnie jest mała, ale występuje punktowo lub w niewielkich interwałach miąższości wyższa zawartość bituminów, która jest epigenetyczna z osadem. Można stwierdzić, iż podobnie jak w utworach dewonu zachodzi tu zjawisko migracji.

#### 5.3.2. ANALIZA MIKROSKOPOWA MATERII ORGANICZNEJ W UTWORACH PERMU (DOLOMIT GŁÓWNY CA2)

##### METODYKA BADAŃ

Badania mikroskopowe wykonano w świetle odbitym białym oraz ultrafioletowym (UV) umożliwiającym określić obecność składników lipidowych.

Ocenę dojrzałości termicznej materii organicznej, zawartej w utworach dewonu i permu wykonano na podstawie pomiarów zdolności refleksyjnej wityrytu (perm) oraz materiału wityrytopodobnego reprezentowanego głównie przez stałe bituminy i zwityrytyzowane organoklasty (dewon). Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia przeobrażenia. (Stach i in., 1982; Taylor i in., 1998).

Analizę przeprowadzono w imersji, na polerowanych fragmentach rdzeni wiertniczych przy zastosowaniu światła odbitego białego, przy użyciu: wzorca ze szkła optycznego o refleksyjności: 0,907 i 1,722%; filtru monochromatycznego o długości fali 546nm; olejku imersyjnego o n<sub>D</sub> = 1,515 w temp. 20–25 C. Pomiary wykonano na fragmentach materii organicznej o wielkości powyżej 5 m, przedstawione są w formie tabelarycznej obejmującej zakres pomiarów oraz ich uśrednioną wartość (%R<sub>o</sub>). Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetrowania powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby = 0,2 mm.

Powyższe badania wykonane zostały na mikroskopie badawczym Axio Imager firmy Zeiss z optyką ICS (Infinity Color Corrected System) z wyposażeniem optycznym do światła odbitego oraz wyposażeniem do badań fluorescencyjnych (lampa HBO 100), tj. zestawem mikrofotometru (Spektrometr CCD SPECTRA VISION) z systemem fotometrycznym oraz specjalistycznym oprogramowaniem PMT 200 firmy J&M GmbH do pomiarów zdolności refleksyjnej materii organicznej.

#### WYNIKI ANALIZY MIKROSKOPOWEJ

##### Perm

Kompleks osadów węglanowych i klastycznych permu (dolomit główny oraz 1 próbka łupku miedzionośnego) zbadany

Tabela 5.2

C15	0								
C16	0								
C17	0,8		<b>A</b>	<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	2,7								
C19	4,6								
C20	6,7								
C21	7,7								
C22	7,7								
C23	7,4								
C24	7,4								
C25	8								
C26	6,9								
C27	8								
C28	6,9								
C29	6,9								
C30	6,6								
C31	7,2								
C32	3,1	utwory permu górnego							
C33	1					CPI <sub>Tot</sub> = 1,04			
C34		gł. 4113,5 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,96			
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,10			

C15	0								
C16	0		<b>B</b>	<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C17	3,3								
C18	4,4								
C19	5,2								
C20	7,5								
C21	7,5								
C22	8,8								
C23	7,5								
C24	9,2								
C25	8,2								
C26	6,5								
C27	5,2								
C28	5,2								
C29	4,8								
C30	4,4								
C31	3,8								
C32	3,3	utwory permu górnego							
C33	2,7					CPI <sub>Tot</sub> = 0,91			
C34	2,1	gł. 4087,4 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,87			
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 0,99			

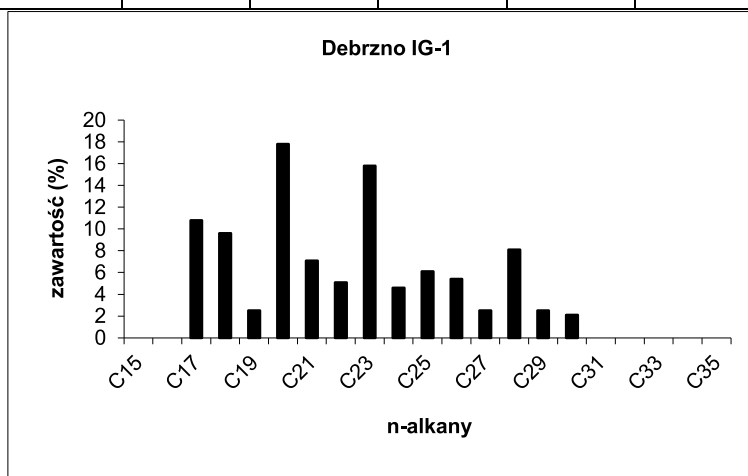
Tabela 5.3

C15	0							
C16	0		A					
C17	0,4		<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	1							
C19	2,9							
C20	5,7							
C21	5,7							
C22	4,6							
C23	5,1							
C24	5,5							
C25	13,8							
C26	6,6							
C27	9							
C28	10,2							
C29	12,3							
C30	5,4							
C31	6,4							
C32	2,2		utwory permu górnego					
C33	2,2					CPI <sub>Tot</sub> = 1,34		
C34	1		gl. 3305,0 m				CPI <sub>17-23</sub> = 1,00	
C35							CPI <sub>25-31</sub> = 1,41	

C15	0							
C16	0		B					
C17	1,7		<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	4,5							
C19	2,3							
C20	12,8							
C21	6,4							
C22	4,8							
C23	4,4							
C24	4,8							
C25	12,8							
C26	9							
C27	5,2							
C28	12							
C29	5,9							
C30	5,5							
C31	5,2							
C32	1,9		utwory permu górnego					
C33	0,8					CPI <sub>Tot</sub> = 0,76		
C34			gl. 3181,9 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,59	
C35							CPI <sub>25-31</sub> = 0,76	

Tabela 5.4

C15	0								
C16	0								
C17	10,8								
C18	9,6								
C19	2,5								
C20	17,8								
C21	7,1								
C22	5,1								
C23	15,8								
C24	4,6								
C25	6,1								
C26	5,4								
C27	2,5								
C28	8,1								
C29	2,5								
C30	2,1								
C31									
C32			utwory permu górnego						
C33									
C34			gł. 3140,6 m						
C35									



został w 18 próbkach pochodzących z 8 otworów wiertniczych z interwału głębokości 2650,4–4115,7m. Zawierają one zmienną ilość materii organicznej, od 0,10 do 5,60% planimetrowanej powierzchni próbek. Najuboższe w nią są pojedyncze poziomy dolomitów z otworów wiertniczych Człuchów IG-1 oraz Debrzno IG-1 najbogatsze natomiast (1,40–5,00%) warstwy ilaste z otworów Okonek 1, Czarne 1, 2 i Sokole 1 oraz utwory łupku miedzionośnego z otworu Myślizoszcz 1 (5,60%; Tab. 5.5).

Głównym komponentem organicznym tych osadów jest wityrynit typu bezpostaciowego żelokolinitu stanowiący najczęściej 50-90% materii organicznej w skale. Współwystępuje z nim inertynit (fuzynit, semifuzynit), dość liczny bitumin (stałe bituminy) oraz macerały grupy liptynitu fluoryzujące w kolorze pomarańczowym (głównie alginity i liptodetrynity) osiągające najczęściej 10–20% komponentów organicznych, a w skrajnych przypadkach 60% składników lipidowych (Myślizoszcz 1, łupek miedzionośny). W osadach

Tabela 5.5. Analiza mikroskopowa materii organicznej w osadach permu (dolomit główny)

Otwory wiertnicze	Głęb. [m]	Stratygrafia	Litologia	$R_o$ [%]	Wit. [%]	Iner. [%]	Lip. [%]	AOM [%]	Bit. [%]	MO [%]
Czarne 1	3581,5	P3	dol	<b>0,78</b>	70	5	5		20	<b>1,10</b>
Czarne 1	3595,2	P3	iłc	<b>0,80</b>	60	10	10		20	<b>3,80</b>
Czarne 2	3574,1	P3	iłc	<b>0,79</b>	80	10	10			<b>1,70</b>
Czarne 2	3580,9	P3	dol	<b>0,82</b>	70	5	15	10		<b>0,90</b>
Czarne 3	3599,5	P3	dol	<b>0,78</b>	70	15		15		<b>0,60</b>
Czarne 3	3603,6	P3	dol	<b>0,80</b>	70	10	5	15		<b>0,10</b>
Czarne 3	3608,5	P3	iłc	<b>0,81</b>	80	5	5		10	<b>0,60</b>
Człuchów IG-1	2650,4	P3	dol	<b>0,68</b>	50	5	20	10	15	<b>0,20</b>
Człuchów IG-1	2682,0	P3	and	<b>0,66</b>					100	<b>0,10</b>
Debrzno IG-1	3404,1	P3	dol	<b>0,74</b>	80	10	10			<b>0,40</b>
Debrzno IG-1	3739,6	P3	dol	<b>0,76</b>	75	5	10		10	<b>1,00</b>
Debrzno IG-1	4081,1	P3	dol	<b>0,83</b>	90				10	<b>0,10</b>
Debrzno IG-1	4115,7	P3	dol	<b>0,85</b>	60	10	5		25	<b>1,10</b>
Myślizoszcz 1	3934,2	P*	łpk	<b>0,78</b>	5	5	60		30	<b>5,60</b>
Okonek 1	3080,0	P3	iłc	<b>0,74</b>	50	10	15	10	15	<b>1,40</b>
Okonek 1	3255,0	P3	iłc	<b>0,74</b>	50		30	10	10	<b>2,20</b>
Okonek 1	3501,0	P3	iłc	<b>0,76</b>	70	5	20		5	<b>5,00</b>
Sokole 1	3610,8	P3	iłc	<b>0,84</b>	60	20	20			<b>1,40</b>

P3 – perm górny (dolomit główny); dol – dolomit; and – anhydryt; iłc – iłowce; łpk – łupki; Wit. – wityrynit; Iner. – inertynit; Lip. – liptynit; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego; Bit. – bitumin (stałe bituminy);  $R_o$  – współczynnik refleksyjności wityrynitu; MO – zawartość materii organicznej określona metodą planimetrowania powierzchni próbki.

ilastych zaznacza się również obecność asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego oraz impregnacji bituminami i żywicami o żółto-pomarańczowych i brunatnych barwach fluorescencyjnych.

#### **Dojrzałość termiczna (dotyczy również dewonu z rozdziału 12.6)**

Stopień przeobrażenia analizowanego kompleksu osadów górnego permu, określony poprzez pomiar zdolności refleksyjnej wityrnytu, odpowiada głównej fazie generowania ropy naftowej. Zaznacza się wyraźny wzrost dojrzałości termicznej wraz z głębokością pograżenia osadów przy zmieniającej się średniej wartości współczynnika refleksyjności od 0,66% $R_0$  na głębokości 2682,0m (otw. Człuchów IG-1) po 0,85% $R_0$  na głębokości 4115,7m (otw. Debrzno IG-1; Tab. 5.2). Dane te wskazują na maksymalne paleotemperaturey diagenezy osadów rzędu 70–100 C.

#### **Podsumowanie (dotyczy również dewonu z rozdziału 12.6)**

Analizowany kompleks osadów dewonu (środkowy i górny) oraz permu (dolomit główny, łupek miedzionośny) zawiera zmienną (od 0,1 do 5,6%) ilość materiału organicznego. Najwyższe jego koncentracje występują w osadach łupku miedzionośnego (5,6%) oraz iłowcach dolomitu głównego (1,4-5,0%; otw. Okonek 1 i Czarne 1, 2, Sokole 1).

Badana materia organiczna jest słabo zróżnicowana pod względem typu genetycznego oraz formy występowania. Reprezentowana jest ona głównie przez składniki wityrnytopodobne (dewon), macerały grupy wityrnytu i inertyrnytu oraz w słabiej przeobrażonych osadach dewonu i permu przez macerały liptyrnytu. W utworach dolomitu głównego obserwuje się również impregnacje bitumiczne.

Dojrzałość termiczna materii organicznej, określona na podstawie wielkości współczynnika refleksyjności wityrnytu i materiału wityrnytopodobnego (głównie stałe bituminy) wzrasta w profilu pionowym dewonu i permu, w interwale głębokości 2650,4–4990,8 m, od głównej fazy generowania ropy naftowej (perm) po główną fazę generowania gazów (dewon) przy współczynniku refleksyjności zmieniającym się od 0,66 do 1,78% $R_0$ .

## **6. MEZOZOIK I KENOZOIK – STRATYGRAFIA I LITOLOGIA**

### **6.1. TRIAS**

Obszar „Debrzno–Człuchów” położony jest na pograniczu dwóch struktur planu podkenozoicznego: wału pomorskiego i niecki pomorskiej (Narkiewicz i Dadlez, 2008). Strop triasu położony jest na głębokości ok. 1000-1700 m, zapadając generalnie ku północy, zaś jego miąższość waha się w granicach ok. 1100–1500 m (Górecki, 2006; CBDG, 2016). W profilu systemu brak jest z reguły najwyższej części triasu górnego, obejmującej tak zwany „retyk górny”, datowanej chronostratygraficznie jako retyk (CBDG, 2016; Wagner, 2008). Poniższa charakterystyka skał triasu opiera się na danych z dokumentacji otworowych, Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG, 2016) oraz opracowaniach regionalnych Dadleza (1976), Dembowskiej (1977), Raczyńskiej (1987) i Wójcickiego (2013).

Wyższa część triasu (trias górny i najwyższy środkowy), określana jako kajper, wykształcona jest w postaci iłowców i mułowców o barwach pstrych, miejscami dolomitycznych lub z cienkimi przewarstwieniami dolomitów. Nieliczne, stosunkowo

cienkie przewarstwienia piaskowców występują w spągu kajpru górnego (dawniej „retyk górny”) oraz kajpru dolnego. Charakterystyczny poziom piaskowcowy o miąższości dochodzącej lokalnie do 20–30 m występuje w środkowej części sukcesji w poziomie piaskowca trzciniowego (np. w otworach Debrzno IG-1 i Witkowo 1). Miąższość kajpru waha się w granicach od 200 do ponad 300 m.

Środkową część triasu (trias środkowy) tworzy węglanowo-marglisto-iłowcowa szara sukcesją wapienia muszlowego o miąższości w granicach 80–100 m, lokalnie dochodząc do 130 m (otwór Orzełek GN 1).

Dolna część triasu (trias dolny, pstry piaskowiec) jest dwudzielna. Wyższą część tworzą formacje barwicka i półczyńska (górną i środkową pstry piaskowiec), które są wykształcone jako przewarstwiający się iłowce, mułowce i piaskowce o sumarycznej miąższości 300–500 m, lokalnie dochodząc do 600 m (otwór Człuchów IG-1) oraz barwach pstrych i czerwono-brunatnych. Dolna część formacji półczyńskiej tworzy charakterystyczny poziom piaskowcowy, którego miąższość w północnej części obszaru dochodzi do 100 m, a lokalnie nawet przekracza 200 m (otwór Człuchów IG-1). Niższa część triasu dolnego (formacje pomorska i bałtycka, środkowy i dolny pstry piaskowiec) ponownie zdominowana jest przez skały iłowcowo-mułowcowe o czerwono-brunatnych barwach z nielicznymi bardzo cienkimi przewarstwieniami wapieni oraz kongrecjami anhydrytowymi (głównie w formacji bałtyckiej). Miąższość tej części profilu waha się w granicach od 400 do ponad 500 m. Charakterystyczny jest poziom węglanowo-piaskowcowy w spągu formacji pomorskiej (tzw. ogniwo piaskowca drawskiego) o miąższości z reguły nie przekraczającej 20 m.

W dotychczasowych badaniach regionalnych poziomy piaskowcowe piaskowca trzciniowego (kajper, trias górny) oraz formacji półczyńskiej (pstry piaskowiec, trias dolny) były badane jako potencjalne skały zbiornikowe.

Trias dolny deponowany był początkowo w lagunie o obniżonym zasoleniu, następnie na równi aluwialnej (Iwanow i Kiersnowski, 1998). Górny pstry piaskowiec jest pierwszym osadem płytkiego zbiornika morskiego, który rozwinął się w pełni w środkowym trzaskie 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).

### **6.2. JURA**

Obszar „Debrzno–Człuchów” zlokalizowany jest na północno-wschodnim skłonie wału pomorskiego oraz południowo-zachodnim skrzydle niecki pomorskiej. Na analizowanym obszarze spąg utworów jurajskich znajduje się na głębokości od 1143,5 m do 1933,0 m. Najpłycej występuje on w południowo-wschodnim rogu obszaru (otwory Orzełek GN-1 i Witkowo 1), najgłębiej zaś w otworach położonych w osiowej strefie niecki pomorskiej (Człuchów 1, 2, IG-2, Olszanowo 1 i Brzezcie 1). W kierunku NE i SE od tej strefy powierzchnia spągu jura ulega podniesieniu odpowiednio do głębokości 1325,0 m (Człuchów IG-1) i 1269,0 m (Lędyczek 1) oraz 1287,0 m (Lipka 1). Strop jury najpłycej – na głębokości 211–242,5 – stwierdzono w południowej części obszaru i jego najbliższym obrzeżeniu (otwory Lędyczek 1, Witkowo 1, Lipka 1). Ku północnemu wschodowi obserwuje się zapadanie powierzchni stropowej do głębokości 1233,5–1458,0 m w otworach Człuchów IG-2, 1 i 2 (CBDG, 2016). Otwór Człuchów IG-1, zlokalizowany w NE rogu obszaru, odwiercony został w

strefie rowu jurajskiego Koszalin–Chojnice, w którym strop utworów jurajskich znajduje się obecnie płycej niż poza nim – w otworze Człuchów IG-1 na głębokości 705,5 m.

Profil jury obejmuje jurę dolną, środkową i górną, jednak w różnych punktach obszaru stwierdzono luki stratygraficzne różnego wieku. Przyczyną obecności lub braku utworów poszczególnego wieku jest położenie obszaru zarówno w pobliżu osiowej strefy jurajskiego basenu sedimentacyjnego jak i w jego strefie peryferycznej, w której częstsze są luki stratygraficzne. Dodatkowo na obecny obraz utworów jurajskich miały również wpływ procesy erozyjne, które oddziaływały zarówno w jurze i wczesnej kredzie, jak i na przełomie mezozoiku i kenozoiku, podczas inwersji bruzdy śródpolskiej i powstawania wału środkowopolskiego.

#### Jura dolna

Skrajnie południowo-zachodnia część obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” znajduje się w rejonie pokrywającym się z osiową strefą basenu dolnojurajskiego, która charakteryzowała się znaczną subsydencją kompensowaną przez sedimentację. Miąższość jury dolnej w tym rejonie wynosi od 1008,0 m w otworze Zabartowo 2, przez 882,0 m w Lipka 1 i 646,0 m w Lędyczek 2. Profil jury dolnej w tych otworach jest pełny i obejmuje formacje: zagajską i skłobską (hetang), ostrowiecką (synemur), łobeską i komorowską (pliensbach), ciechocińską i borucicką (toark) (Pieńkowski, 2004).

Na pozostałym obszarze miąższość utworów dolnojurajskich gwałtownie maleje a profil obejmuje tylko utwory hetangu i synemuru oraz miejscami najniższego pliensbachu. Stosunkowo największe miąższości notowane są w otworach Debrzno 2 (281,5 m), Myślągoszcz 1 (295,0 m) i Witkowo 1 (346,0 m). Dalej ku północy i północnemu-wschodowi, miąższość tych utworów stopniowo maleje do 90,0 m w otworze Człuchów IG-2 oraz lokalnie ich braku w Człuchów 2. W obrębie rowu Koszalin–Chojnice, aktywnego we wczesnej jurze, miąższość utworów jury dolnej (hetangu i synemuru) wzrasta do 210,0 m.

Profil hetangu i synemuru w znacznym stopniu jest piaszczysty, w niektórych otworach (Debrzno 2, Lędyczek 1) z wkładkami utworów iłowcowo-mułowcowych w środkowym hetangu i dolnym synemurze. Na omawianym obszarze nie da się rozdzielić formacji zagajskiej i skłobskiej (hetang) oraz ostrowieckiej (synemur), gdyż profile były w większości przewiercone bezrdzeniowo. Uniemożliwia to rozdzielenie formacji zagajskiej o lądowej genezie od formacji skłobskiej o morskiej genezie (Pieńkowski, 2004). Również wydzielenie formacji ostrowieckiej nastręcza problemy; można jedynie przypuszczać, że granica ta przebiega w spągu pakietu mułowcowego, występującego w środkowej części profilu piaszczystego.

Utwory pliensbachu, podobnie jak i toarku w pełni wykształcone z całą pewnością zostały stwierdzone w południowo-zachodniej części obszaru (pomiędzy otworami Lipka 1 i Lędyczek 1). Pliensbach wykształcony jest jako utwory iłowcowo-piaszczyste o morskiej genezie, reprezentujące formację łobeską (Dadlez, 1969) oraz utwory piaszczyste pochodzenia lądowego wydzielane jako formacja komorowska.

Toark dolny reprezentuje formacja ciechocińska (= warstwy gryfickie wg Dadleza, 1969) wykształcona jako kilkudziesięciometrowy kompleks iłowców plastycznych i mułowców barwy jasnoszaro-zielonej z wkładkami piaszczystych drobnoziarnistych. Są to utwory powstałe w rozległej zatoce brackiej. Toark górny wykształcony jest w postaci jasnoszarych i białych piaszczystych o fluwialnej genezie, które opisywane są jako formacja borucicka (= warstwy kamienskie wg Dadleza, 1969). W miarę przemieszczania się ku

północnemu-wschodowi obserwuje się początkowo brak utworów toarku a następnie, w rejonie Człuchów – Orzełek, również pliensbachu (Franczyk, 1987). Ze względu na brak materiału rdzeniowego nie jest pewnym, czy do linii wyznaczonej przez otwory Olszanowo 1 – Myślągoszcz 1 – Witkowo 1 nie występują również w zredukowanej formie utwory formacji ciechocińskiej a nawet borucickiej.

#### Jura środkowa

Profil jury środkowej na większości obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów rozpoczyna się utworami bajosu górnego lub batonu dolnego. Pełny profil stratygraficzny może występować jedynie w południowo-zachodnim rogu obszaru. Stwierdzono go jedynie w otworze Lędyczek 1 położonym już poza południowo-zachodnią granicą obszaru przetargowego. Starsze utwory jury środkowej (aalen, bajos dolny i górny) występują również w otworach Lipka 1 i Zabartowo 2 położonych przy południowej granicy obszaru. Pomiędzy tymi otworami w rejonie przetargowym brak innych utworów wiertniczych, jednak rozkład regionalny facji wskazuje na duże prawdopodobieństwo występowania pełnego profilu jury środkowej w tej strefie (Dayczak-Calikowska, 1987). W otworach Lipka 1 i Zabartowo 2 jednocześnie brak jest utworów młodszych od górnego bajosu, gdyż zostały one usunięte w wyniku erozji podczas inwersji bruzdy śródpolskiej a utwory starszej jury środkowej występują bezpośrednio pod skałami paleogenu. Podobnego braku batonu i keloweju a nawet być może i bajosu należy się spodziewać na zachód od otworu Lipka 1 i południe od Lędyczek 1.

Miąższość pełnego profilu jury środkowej w otworze Lędyczek 1 wynosi 420 m. Profil aalenu dolnego w wymienionych otworach ma miąższość 2–34 m, aalenu górnego 8,5–12 m a bajosu dolnego 8–11,5 m. Wykształcenie aalenu i bajosu dolnego jest typowe dla obszaru bruzdy śródpolskiej, chociaż miąższości wskazują na położenie w peryferycznej strefie basenu starszej jury środkowej (Feldman-Olszewska, 1998). Aalen dolny tworzą piaszczyste przybrzeżne, aalen górny – łupki iłowcowo-mułowcowe a bajos dolny początkowo utwory mułowcowe, wyżej również piaszczyste.

Bajos górny w dolnym i środkowym odcinku w przeważającej mierze to utwory iłowcowo-mułowcowe, jego najwyższa część jest głównie piaszczysta. Miąższość tych utworów jest zróżnicowana i wynosi od 5,5 m w otworze Człuchów IG-1 do 105,5 m w otworze Lipka 1.

Baton i kelowej wykształcone są również w postaci naprzemianległych kompleksów iłowcowo-mułowcowych (baton dolny, baton górny, kelowej środkowy i górny) oraz piaszczystych (baton środkowy i kelowej dolny) (Dayczak-Calikowska, 1976, 1977). Miąższość batonu i keloweju maleje od południowo-zachodu w kierunku północno-wschodnim. Dla batonu zmienia się ona w granicach 34,5–104 m (jedynie w Debrznie 2 wynosi ona 154,0 m). Miąższość keloweju w zachodniej części obszaru przetargowego wynosi 41,5–75,5 m, we wschodniej części 23,0–27,0 m (w strefie rowu Koszalin–Chojnice w otworze Człuchów IG-1 – 44,0m).

#### Jura górna

Na większości obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” obecny jest pełny profil jury górnej, od dolnego oksfordu po górny tyton. Ma on miąższość od 268,5 m w otworze Człuchów IG-2 do 474,0 w otworze Debrzno IG-1. Tylko w południowo-zachodnim rogu profil jest niepełny (Lędyczek 1 –151 m oksfordu) lub brak jest jury górnej (Lipka 1), która została usunięta w wyniku erozji podczas inwersji bruzdy śródpolskiej.

Jura górna w południowej części obszaru ma wykształcenie typowe dla niecki pomorskiej (Dembowska, 1976). Oksford w najniższym odcinku tworzą utwory mułowcowe reprezentujące formację Łyny (Dembowska, 1979), zazwyczaj niewielkiej, kilkumetrowej miąższości. Wyżej występuje formacja Chociwła zbudowana z utworów mułowcowo-piaskowcowych i piaskowcowych. Ponad nimi pojawiają się wapienie wydzielane jako formacja Brdy. Sumaryczna miąższość utworów oksfordu wynosi 128,0–203,0 m.

Kimeryd tworzą utwory mułowcowo-margliste reprezentujące formację pałucką. W przystopowym odcinku kimerydu górnego występuje kompleks wapieni piaszczystych wydzielany jako ogniwo żnińskie (Dembowska, 1979) o miąższości od kilkunastu do dwudziestu kilku metrów. Miąższość całego kimerydu na większości obszaru wynosi około 200 m, jedynie w jego północnej części maleje do 80–90 m w rejonie Człuchów IG-2–Człuchów IG-1 oraz 107,5 m w otworze Sokole 1.

Jurę górną kończą utwory tytonu. Tyton dolny oraz dolna część tytonu górnego wykształcona jest w również w facjach marglisto-mułowcowo-iłwcowych (Dembowska, 1973) stanowiących górny odcinek formacji pałuckiej. Jej miąższość w obrębie tytonu wynosi od kilkunastu do 63 m (Debrzno 2). Najwyższy tyton zbudowany jest z wapieni marglistych, wapieni piaszczystych z glaukonitem i wapieni oolitowych. W podziale Dembowskiej (1979) zaliczane są one do formacji kcyńskiej. Reprezentują one ogniwo wapieni korbulowych tej formacji (Kutek i in., 1973; Niemczycka, 1983). Miąższość tego ogniwa jest niewielka i wynosi od 12 m do 48 m. Osady tytonu przechodzą ku górze w sposób ciągły w brakiczne utwory najniższego beriasu wykształcone w postaci wapieni z grubymi warstwami szarego anhydrytu (ogniwo z Wieńca).

### 6.3. KREDA

Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” zlokalizowany jest na pograniczu dwóch wielkich mezozoicznych jednostek strukturalno-tektonicznych: wału śródpolskiego na południowym zachodzie i niecki pomorskiej na północnym wschodzie, w rejonie NE skłonu wału śródpolskiego. W północno-wschodnim rogu obszaru przetargowego (rejon otworu Człuchów IG-1) przebiega tektoniczna strefa Koszalin-Chojnice, rozwinięta ponad głęboko zakorzenionym

uskokiem o przebiegu NW–SE, który widoczny jest również w utworach kredy. W obrazie strukturalnym sukcesji kredowej, w kierunku południowo-zachodnim w bezpośrednim sąsiedztwie tego uskoku zaznacza się antyklina Chojnic, a jeszcze dalej ku SW, pomiędzy antyklina Chojnic a wałem śródpolskim, synklina osiowej strefy niecki pomorskiej.

Na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” występują zarówno skały kredy dolnej jak i górnej. Jednakże nie stwierdzono ich na całym obszarze. Zasięg kredy górnej ograniczony jest do rejonu północnego sięgając ku S niewiele dalej niż otwór Debrzno IG-1, ale nie osiągając otworu Orzełek GN 1 (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1976, 1987; Leszczyński, 2012). Kreda dolna natomiast ma nieco większy zasięg ku południowi, a granica występowania przebiega od otworu Orzełek GN 1 równoleżnikowo w kierunku otworu Łędyczek 1 (leżącym już poza obszarem przetargowym „Debrzno–Człuchów”; Raczyńska, 1976, 1987). Porównanie miąższości pięter kredy w kilku otworach przedstawiono w tabeli 6.1.

Stratygrafię dolnej kredy opracowano poprzez korelację poszczególnych kompleksów skalnych z obszarem centralnej Polski, dla którego sporządzono schemat litostratygraficzny wydzielając formacje i ogniwa i przyporządkowując im jednostki chronostratygraficzne na podstawie znalezionych skamieniałości (Raczyńska, 1979; Marek i Raczyńska, 1979; Marek i Shulgina, 1996; Marek, 1997).

Miąższość utworów kredy dolnej waha się w granicach od 0 m do ponad 300 m (392 m w otworze Człuchów 2) w osi niecki pomorskiej pomiędzy poduszkami solnymi Debrzno i Orzełka a antyklina Chojnic (Raczyńska, 1976, 1987; Dadlez, 2001). Jest to strefa o zwiększonej subsydencji, a utwory beriasu i walażynu dolnego osiągają tu szczególnie duże miąższości (otwór Człuchów 2). Profil dolnej kredy jest w tej strefie najpełniejszy; w otworach Człuchów 1 i 2 występują wszystkie piętra kredy dolnej poczynając od beriasu dolnego po alb górny (górną część formacji kcyńskiej, formacja rogoźniańska, formacja bodzanowska, formacja włocławska i formacja mogileńska). W strefie skłonu wału śródpolskiego profil kredy dolnej jest ścięty od góry wskutek pokredowej erozji, natomiast w skrajnie NE części obszaru brak jest najniższych ogniwi kredy dolnej (Raczyńska, 1976), np. w otworze Człuchów IG-1 luka obejmuje berias i prawdopodobnie najniższy walażyn dolny (Raczyńska, 1977). Na całym obszarze, jednak, najprawdopodobniej występuje niewielka luka o charakterze

**Tabela 6.1. Porównanie miąższości (w metrach) pięter kredy (oraz paleocenu dolnego) w otworach Debrzno IG-1, Człuchów IG-2, Człuchów 2 i Człuchów IG-1**

Chronostratygrafia	Otwór wiertniczy			
	Debrzno IG-1	Człuchów IG-2	Człuchów 2	Człuchów IG-1
Paleocen dolny	19,5	26,0	27,0	-
Mastrycht	-	144,5	149,0	95,0
Kampan	-	189,0	163,0	-
Santon	-	97,0	67,0	-
Koniak górny	-	31,0	20,0	-
Koniak dolny – turon	38,5	338,0	281,0	221,0
Cenoman	83,0	40,0	40,0	45,0
Alb górny	4,0	3,0	4,0	2,0
Alb środkowy – barrem	59,5	37,0	55,0	42,5
Hoteryw	38,5	11,0	25,0	21,0
Walażyn górny	9,5	1,5	14,0	5,0
Walażyn dolny – berias górny	59,5	32,0	211,0	3,0
Berias dolny	17,0	-	83,0	-
Kreda		924,0	1112,0	434,5

sedymentacyjno-erozyjnym pomiędzy utworami górnej jury a dolnej kredy (Raczyńska, 1976). Spąg kredy leży na głębokościach do około 1300 m p.p.m., najniżej w osi niecki pomorskiej (1286,0 m p.p.m. w otworze Człuchów 2).

Kredę dolną reprezentują litofacje silikoklastyczne. Dominującymi typami skał są piaskowce, pyłowce, mułowce i iłowce oraz heterolity piaszczysto-iłowcowe. Lokalnie spotyka się w nich ooidy żelaziste, syderyty oraz glaukonit. Najbardziej miększe kompleksy piaskowcowe występują w wyższym dolnym walanżynie (formacja bodzanowska) i albie dolnym-środkowym (ogniwo kruszwickie formacji mogileńskiej) (por. profil otworu Człuchów 2, w: Raczyńska, 1987: str. 134). Najwyższą część kredy dolnej (alb górny) tworzy cienka warstwa piaskowców marglistych z glaukonitem i kongrecjami fosforytowymi. Osady wczesnej kredy były deponowane w strefie przybrzeża płytkiego epikontynentalnego morza szelfowego, znajdującego się pod wpływem pobliskiego ładu rozciągającego się ku NE. Okresowo zbiornik mógł wyśladzać się, a depozycja osadów następowała w strefach o ograniczonych połączeniach z otwartym zbiornikiem morskim osiowej części bruzdy śródpolskiej.

Kreda górna reprezentowana jest przez wszystkie piętra począwszy od cenomanu po mastrycht, a cały cykl sedymentacyjny kończą utwory paleocenu dolnego (danu), paleogeograficznie powiązane z basenem późnej kredy. Jednakże na północnym wschodzie obszaru przetargowego, w rejonie otworu Człuchów IG-1, stwierdzono dużą lukę stratygraficzną wewnątrz sekwencji górnokredowej, która obejmuje już być może najwyższy turon, oraz koniak, santon, kampan i dolny mastrycht i jest związana z aktywnością tektoniczną w strefie Koszalin–Chojnice (antykliny Chojnic) i jej inwersją w późnej kredzie i po kredzie (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1976, 1977; Leszczyński, 2002). Z kolei w obszarze południowym występowania kredy górnej, wzdłuż skłonu wału śródpolskiego, profil jest zredukowany od góry wskutek pokredowej erozji związanej z inwersją tektoniczną całej bruzdy śródpolskiej w późnej kredzie i paleogenie (Krzywiec, 2002, 2006; Leszczyński, 2002, 2010, 2012).

Skały kredy na tym obszarze są ubogie w skamieniałości, a szczególnie dotyczy to makrofauny. Granice pomiędzy piętrami wyznaczone są umownie na podstawie korelacji z licznymi otworami w innych regionach niecki pomorskiej, opierając się przede wszystkim na podobieństwach litologicznych i miąższościowych oraz charakterystyce petrofizycznej skał, przy wsparciu badań makro- i mikrofaunistycznych, przede wszystkim otwornic i inoceramów.

Na omawianym obszarze w późnej kredzie i wczesnym paleocenie miała miejsce sedymentacja utworów węglanowych, węglanowo-krzemionkowych i silikoklastycznych deponowanych na szelfie w basenie otwartego morza. Materiał klastyczny dostarczany był z północy i północnego wschodu z obszaru ładu tarczy bałtyckiej.

Kreda górna osiąga miąższość ponad 800 m w strefie osiowej niecki pomorskiej (Człuchów IG-2bis – 845,0 m). Ku SW i NE miąższości maleją. Na S od otworu Debrzno IG-1 utwory kredy górnej ulegają wyklinowaniu na skłonie wału śródpolskiego, natomiast w rejonie antykliny Chojnic, tam gdzie w strefie Koszalin–Chojnice występują w profilu luki stratygraficzne, miąższości nie przekraczają 500 m.

Profil górnej kredy rozpoczynają utwory cenomanu o miąższości kilkudziesięciu metrów (np. Człuchów IG-2bis – 39,0 m, Debrzno IG-1 – 83,0 m), rosnącej ku S i SW w kierunku osi bruzdy śródpolskiej. Cenoman jest dwudzielny litologicznie. Dolny kompleks budują skały o wyższej zawartości węgla wapnia: wapienie margliste, lokalnie ogranodetryczne i

piaszczyste, oraz twarde margle mulaste z glaukonitem i łyszczycami. Górny kompleks tworzą skały o niższej zawartości węgla wapnia. Są to głównie margle ilaste i mulaste. Miąższości turonu – niższego koniak są znaczne i przekraczają 300 m w osi niecki pomorskiej (Człuchów IG-2bis – 347,0 m). Część dolna wykształcona jest w postaci iłowców i iłowców mulastych ciemnoszarych, lekko marglistych. Część górna zbudowana jest ze skał mułowcowo-piaszczystych. Utwory wyższego koniak nie przekraczają 40 m miąższości i reprezentowane są przez mułowce lekko margliste i piaszczyste. Jak już wspomniano, w NE części obszaru przetargowego (antyklina Chojnic) brak jest utworów koniak (podobnie jak santonu, kampanu i niższego mastrychtu). Santon, którego miąższości w osi niecki pomorskiej przekraczają 100 m (106,5 m w otworze Człuchów IG-2bis), na przeważającym obszarze budują skały krzemionkowo-węglanowe – opoki mułowcowe. Lokalnie (Człuchów 1 i 2) występują mułowce margliste. Kampan (o miąższości do ok. 200 m – największa w otworze Człuchów IG-2bis – 200,0 m) reprezentowany jest przez opoki związane z czertami i wkładkami margli. Największą miąższość mastrychtu stwierdzono w otworze Człuchów 1 (164,5 m), a generalnie wartości tego piętra nie przekraczają 150 m. W otworze Człuchów IG-1 prawdopodobnie nie występuje mastrycht dolny. Mastrycht reprezentowany jest przez wapienie margliste, wapienie marglisto-piaszczyste z krzemieniami lub czertami, a w dolnej części piaskowce margliste i wapieniste. W otworach Człuchów IG-2 i IG-2bis stwierdzono występowanie wkładek margli.

#### **Paleocen dolny**

Ponad utworami kredy górnej występują skały paleocenu dolnego (danu), wieńczące cykl sedymentacyjno-diastryficzny rozpoczęty w późnym albie. Osiągają one miąższość do 27,0 m w otworze Człuchów 2 i wypełniają synklinę osiowej strefy niecki pomorskiej. Paleocen dolny budują piaskowce wapieniste, gezy i gezy piaszczyste i margle piaszczyste.

## **7. BUDOWA STRUKTURALNA I EWOLUCJA GEOLOGICZNA OBSZARU PRZETARGOWEGO**

### **7.1. TEKTONIKA**

Obszar przetargowy nawiązuje do obszaru bruzdy śródpolskiej uformowanej między frontem fałdowań waryscyjskich a platformą wschodnioeuropejską. Początek formowania się basenu związany jest z końcem karbonu, kiedy to między czołem wyźwigniętego górotworu waryscyjskiego a przedpolem strefy krawędzi prekambryjskiej utworzyła się potężna depresja sedymentacyjna. Depresja ta rozwijała się w ciągu permu i mezozoiku i kontynuowała swój rozwój aż do „trzeciorzędu”, aczkolwiek jej zręby strukturalne sięgają wczesnego paleozoiku. Główne występujące tu zjawiska tektoniczne obejmują: wypiętrzenie pod koniec permu; rozwój tektoniki solnej (halokineza) w kilku impulsach od górnego triasu do górnej kredy oraz inwersję w górnej kredzie i wczesnym „trzeciorzędzie”. Wynikiem inwersji, związanej z ruchami alpejskimi jest duże wypiętrzenie, erozja i odmłodzenie wielu starszych trendów strukturalnych manifestujących się uskokiemi przesuwczymi o ogólnym kierunku NW–SE (Krzywiec, 2000).

W omawianym rejonie, na skonsolidowanym podłożu zalega pełny kompleks osadów, od kambru do czwartorzędu włącznie. Wśród utworów osadowych, ze względu na

zaangażowanie tektoniczne możemy wyróżnić: sfałdowany kompleks kaledoński obejmujący osady kambry, ordowiku i syluru, waryscyjski kompleks strukturalny obejmujący utwory dewonu i karbonu oraz alpejski kompleks strukturalny obejmujący osady permu, mezozoiku i częściowo kenozoiku. Kompleksy te mają odmienne plany strukturalne.

Dominujący wpływ na budowę omawianego rejonu miała strefa Teissere'a-Tornquista przebiegająca w części NE obszaru przetargowego. Między karbonem wczesnym i późnym nastąpiła konsolidacja waryscyjskiego systemu górskiego i wypełnienie dolin śródgórskich. W okresie permu układ obszarów alimentacji i sedymentacji uwarunkowany został morfologią późnowaryscyjską. Osady karbonu górnego oraz częściowo dolnego zostały zerodowane. Brak jest również osadów dolnego permu grupy Odry. W chwili obecnej utwory C2 i P1 mogą zalegać na skłonach antyklin dewońskich. Wskutek erozji krajobraz powarcysyjski uległ znacznemu zniwelowaniu. Morze cechsztyńskie wkroczyło na zrównaną powierzchnię basenu sedymentacyjnego czerwonego spągowca.

Piętro waryscyjskie, charakteryzuje się łagodnymi, szeroko promiennymi fałdami pociętymi dyslokacjami na szereg bloków. Utwory tego kompleksu wkroczyły na bardzo zróżnicowany morfologicznie i stratygraficznie obszar. Tworzą go osady od młodszego emsu do karbonu dolnego włącznie. Utwory dewonu ukazują się obecnie spod zerodowanego karbonu (element Człuchowa, a na południu – Debrzna).

Następny etap sedymentacyjny karbon górny (westfal, stefan) i czerwony spągowiec charakteryzuje się dalszą przebudową blokową oraz erozją wyniesionych partii i akumulacją w obniżeniach. W chwili obecnej utwory karbonu górnego i czerwonego spągowca, zalegają na południowym skłonie dewońskiej antykliny Debrzna.

W obrębie kompleksu waryscyjskiego stwierdzono szereg stref dyslokacyjnych o kierunkach WNW i SEE. Regionalnie strop utworów tego kompleksu zapada w kierunku SE od 2 750 m w Rzeczenicy 1 do 4 000 m w Debrznie IG-1.

Utwory permu dolnego (czerwonego spągowca) leżą z nieznaczna niekiedy niezgodnością kątową na różnych starszych poziomach dewonu/karbonu. W strefie SW analizowanego obszaru przetargowego występują osady strefy krawędziowej basenu górnego czerwonego spągowca (Kiersnowski, 1997). W części NW bloku brak jest osadów P1. Dokładna granica występowania P1 jest trudna do ustalenia ze względu na niewielką ilość danych pochodzących z wierceń, silne rozczłonkowanie tektoniczne podłoża podpermńskiego oraz brak wystarczających danych sejsmicznych poniżej poziomu sejsmicznego Z1'.

Obszar przetargowy położony jest w strefie kontaktu platform: prekambryjskiej i paleozoicznej, lub według innych poglądów na kontakcie wyniesionej i obniżonej części platformy prekambryjskiej. Obie te części rozdziela strefa tektoniczna Teissere'a-Tornquista (T-T), przebiegająca przez NE część obszaru przetargowego. Strefa T-T była aktywna w czasie sedymentacji cechsztyńsu, dzieląc basen na bardziej stabilną część NE i labilną część SW. Aktywność tektoniczna strefy krawędziowej platformy prekambryjskiej, mogła się odzwierciedlać ruchami wynoszącymi lub obniżającymi bloków tektonicznych, co mogło rzutować na znaczne zmiany facjalne w rozwoju osadów cechsztyńsu.

W czasie sedymentacji cechsztyńskiej obszar przetargowy wykazywał dużą ruchliwość tektoniczną. Świadczą o tym zróżnicowania facjalne i liczne luki stratygraficzne (np. Człuchów IG-1 – brak Z2 i Z3). W obrębie horyzontów sejsmicznych Z1' i Z2 prześlędzono szereg stref

dyslokacyjnych o kierunkach NW-SE oraz WNW i ESE, wzdłuż których biegną ciągi elementów antyklinalnych.

Osady triasu generalnie są kontynuacją sedymentacji cechsztyńskiej. Ruchy tektoniczne we wczesnym triasie kontynuowały tektonikę cechsztyńską.

W późnym triasie i wczesnej jurze następowała tensja obszarów i powstanie szeregu rowów kajprowych. Z rowami tymi wiąże się występowanie szeregu złóż ropy naftowej w dolomicie głównym i gazu ziemnego w czerwonym spągowcu (np. wiercenie Czarne na W od obszaru „Debrzno-Człuchów”).

Końcowym akcentem geologicznej ewolucji obszaru w mezozoiku były ruchy tektoniczne z końca późnej kredy i najstarszego „trzeciorzędu”. Wzdłuż omawianych stref uskoku następowyły pionowe ruchy bloków.

Podsumowanie opisanych wcześniej wyników stanowi przedstawiony na potrzeby niniejszego opracowania model geofizyczno-geologiczny pokrywający osadową wzdłuż wytypowanej linii na odcinku Lędyczek-Debrzno-Człuchów-Babilon (Fig. 7.1).

Przy konstrukcji modelu wykorzystano dane sejsmiczne refrakcyjne i refleksyjne, ogólne wiadomości o regionalnym rozwoju i miąższościach utworów mezozoicznych i paleozoicznych oraz wyniki badań z poszczególnych otworów geologicznych zlokalizowanych na wytypowanej linii oraz w jej pobliżu.

Najmłodsze piętro permsko-mezozoiczne wykazuje stosunkowo prostą budowę strukturalną. W P2 obserwuje się wzrost miąższości w kierunku SW.

Na odcinku pomiędzy otworami Debrzno IG-1 a Babilon 1 przekrój przecina strefę tektoniczną Koszalin-Chojnice oraz front kaledonidów nasuniętych na kraton wschodnioeuropejski.

Jednostka, którą przecina SW część przekroju to wał pomorski stanowiący wypiętrzoną formę tektoniczną silnie dyslokowaną, złożoną z szeregu lokalnych struktur antyklinalnych i synklinalnych wyznaczających skrzydła wału. Przyjmuje się, iż w procesie formowania się wypiętrzenia główną rolę odegrały ruchy bloków głębszego paleozoicznego podłoża, co uwidoczni się w występowaniu szeregu struktur w utworach podpermskich. Część z nich możliwa do wyznaczenia na podstawie sejsmicznego obrazu falowego została podkreślona na przekroju.

Na wale i w niecce pomorskiej stwierdza się obecność szeregu wglębnych rozłamów tektonicznych i dyslokacji potomnych. Dyslokacje dzielą obszar na szereg bloków tektonicznych poprzemieszczanych względem siebie, różniących się pod względem litologicznym, stratygraficznym i miąższościowym. Strefy uskoku dźwigają obszar „schodowo” w kierunku NE, z których najważniejsze uwidoczniło na przekroju. Tak złożona budowa uwarunkowana jest położeniem obszaru w pobliżu strefy T-T i kilkukrotnymi ruchami tektonicznymi, które miały miejsce od karbonu po kredę. W kierunku NE obserwuje się generalne spłylenie wszystkich śledzonych granic sejsmicznych. Miąższości utworów osadowych szybko maleją, a podłoże podnosi się tworząc, kilka stopni oddzielonych dyslokacjami.

Sejsmiczne horyzonty kredowy K<sub>1</sub> i jurajski J<sub>3</sub> charakteryzują się podobną, spokojną budową. Wynurzają się monoklinalnie w kierunku SW aż do wyklinowania granicy K<sub>1</sub> pod utwory „trzeciorzędowe”. Granica J<sub>3</sub> jest w niewielkim stopniu dyslokowana. Horyzonty Tk, Tp<sub>2</sub> i Z<sub>4</sub> wykazują na ogół zgodność planów strukturalnych i wynurzają się spokojnie do linii Debrzno. Na E od otworu Debrzno IG 1 uformowało się podniesienie nad rozległą poduszką solną. Następnie horyzonty gwałtownie zapadają do wydzielonej regionalnej dyslokacji tnącej horyzonty od dewonu do jury. Inne plany strukturalne niż ww. granice mają horyzonty Z<sub>2</sub> i Z<sub>1</sub>', zalegające

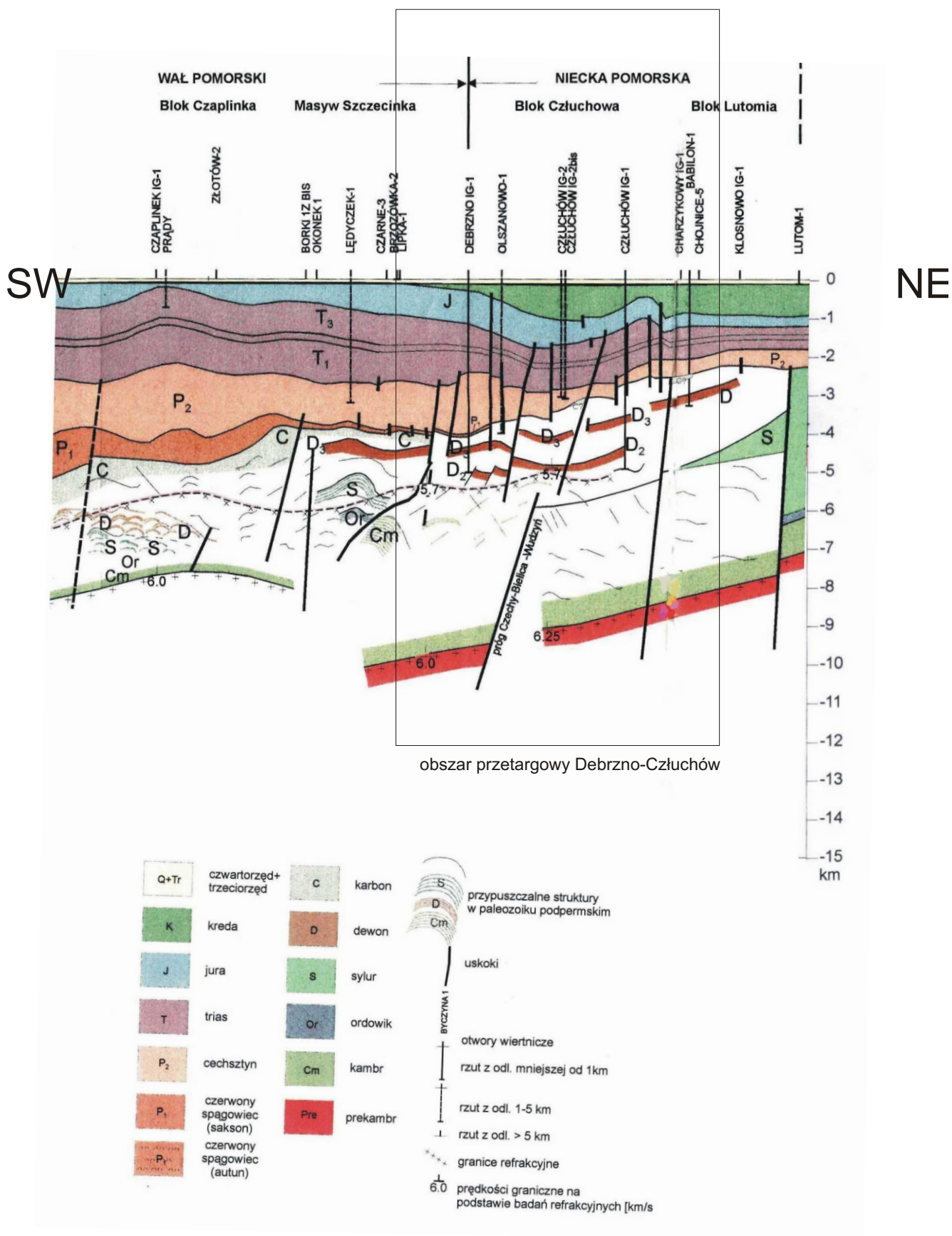


Figura 7.1. Model geofizyczno-geologiczny pokrywy osadowej na odcinku Czaplina–Lędyczek–Debrzno–Człuchów–Babilon (Dziewińska i in., 2001). Przybliżona lokalizacja przekroju na Fig. 4.2.

względem siebie generalnie zgodnie. Obie granice wynurzają się monoklinalnie w kierunku NE. Horyzonty te charakteryzują się większym zaangażowaniem tektonicznym niż granice nadległe.

Istnienie ważnej dyslokacji w podłożu permu silnie zrzucającej skrzydło SW stwierdzono w rejonie otworu Okonek 1. Otwór Okonek I przewiercił ~290 m osadów  $P_1$ . Poniżej nawiercone zostały osady karbońskie. Sejsmiczna granica  $P_1$  przedstawia znaczny udział tektoniki uskokowej w budowie. Refleks  $P_1$  związany z przyspągową partią dolnego permu zidentyfikowano na przekrojach tylko fragmentarycznie. Miąższość tych utworów stwierdzona w otworze Debrzno IG I wynosi 50,5 m. Wyraźną redukcję miąższości obserwujemy w strefie podniesienia utworów dewońskich (Olszanowo 1 – 2 m). Granica  $P_1$  wyklinowuje się tu pod utwory cechsztyńskie.

Rejon kontaktu niecki i wału pomorskiego przecięty jest strefą dyslokacyjną. Po stronie SW występuje wyraźny pas obiektu strukturalnego Okonek–Łędyczek, obejmujący utwory górnio- i dolnopaleozoiczne. Osady karbonu występują na SW skłonie uskoku, natomiast po stronie NE stwierdza się brak tych utworów. Należy jednak zaznaczyć, iż wyznaczony zasięg sejsmicznego śledzenia utworów karbonu jest hipotetyczny. W dalszej części profilu utwory  $P_2$  zalegają na utworach dewońskich.

W części profilu fragmentarycznie prześlędzono sejsmiczne odbicia dewońskie ( $D_3$  i  $D_2$ ). Udogodnieniem dla ich korelacji jest odmienny od cechsztynu styl budowy tego kompleksu zalegającego niezgodnie w stosunku do granicy  $Z_1'$ . Horyzont  $D_3$ , występujący jako 3-fazowy refleks należy traktować jako umowny ze względu na jego słabą dynamikę. Osady dewonu  $D_3$  występują w pasie ciągnącym się na przekroju od rejonu wiercenia Okonek I do rejonu wiercenia Kłosnowo IG-1. W rejonie Chojnic osady dewonu występują na gł. ~3000 m.

Interpretacja geologiczna jest wiarygodna do spągu cechsztynu, ponieważ niżej wyniki sejsmiki refleksyjnej bez dowiązania do odpowiednio głębokich otworów wiertniczych nie pozwalają na jednoznaczną interpretację.

W  $D_3$  zarejestrowano takie obiekty jak podniesienia strukturalne: Łędyczek, Czarne, Brzozówka, a na N poddartym skrzydle uskoku głównego podniesienie Olszanowo.

Prześlędzona umownie granica  $D_2$  związana jest prawdopodobnie z przystopową częścią piaskowcowej serii żywetu – na podstawie dowiązania do otworu Człuchów IG I, od którego w rejonie na NE następuje zanik odbicia  $D_2$ . W rejonie Olszanowa udało się prześlędzić charakterystyczne „pochylone bloki” i związane z nimi „półrowy” (Antonowicz i in., 1994).

Odnosnie wyników refrakcyjnych przekrój można podzielić na 2 części: część NE na NE od linii T–T, gdzie ślędzona jest granica refrakcyjna o  $V_g$  ~6000–6200 m/s wiązana z powierzchnią stropową krystalicznych skał prekambriu (co potwierdza otwór wiertniczy Kościerzyna IG-1) i pozostała część SW, w której nie ma ścisłego dowiązania granicy prześlędzonej metodą refrakcyjną o  $V_g$  ~6 tys. m/s, określając ją ogólnie jako podłoże skonsolidowane. Ze względu na brak reperów geologicznych, może ona reprezentować zarówno podłoże krystaliczne, jak też powierzchnię młodszej konsolidacji lub powierzchnię graniczną między kompleksami o różnej sprężystości akustycznej w pokrywie osadowej. Przejściu temu towarzyszy skok głębokościowy granicy o  $V_g$  ~6 tys. m/s, który wynosi ~2000 m (od 10 000 m w rejonie wiercenia Lipka I do 8 000 m w rejonie wierceń Borki I i Okonek 1. Strefa ta zaznacza się również w płytstych granicach, z tym, że zrzuty są mniejsze lub notuje się tylko przegięcia horyzontów typu fleksuralnego. Ta najgłębsza granica wiązana z podłożem

krystalicznym i zapada w kierunku na SW na głębokość rzędu 9000 m. Szybkie podnoszenie się granicy w kierunku NE dokonuje się poprzez szereg dyslokacji, z których występująca w rejonie Lutom stanowi granicę między niecką pomorską a wypiętrzeniem Łeby (synekliza perybałtycka).

Prześlędzona granica odzwierciedla budowę blokową wzdluż profilu. Prędkości notowane na poszczególnych blokach są zbliżone do siebie (~6 tys. m/s).

W części wału pomorskiego i przyległej niecki interesujący materiał stanowi zarejestrowana płytstza granica refrakcyjna o  $V_g$  ~5500–6000 m/s dostarczająca informacji o utworach podcechsztyńskich. Są to jednak dane zgeneralizowane i fragmentaryczne.

Granica refrakcyjna płytstza o  $V_g$  ~5700 m/s zalega średnio o 2000 m płycej od horyzontu o  $V_g$  6 tys. m/s i o 1500–2000 m głębiej od wyznaczonej na podstawie badań refleksyjnych granicy  $P_1$ . Granicę tą należy identyfikować ze stropem starszego paleozoiku.

W rejonie wału pomorskiego, gdzie również w pobliżu interpretowanego profilu nie ma głębokich otworów, które przewierciłyby kompleks skalny dewonu, prawdopodobnie reprezentuje ona przystopową powierzchnię zmetamorfizowanego kompleksu kambro-sylurskiego kontrastującą z przyspągowymi utworami dewonu. Potwierdzają to fragmentaryczne wyniki badań sejsmiki refleksyjnej. Zmiany głębokości tej granicy refrakcyjnej można wiązać z odzwierciedleniem pionowego przemieszczenia lokalnych bloków podłoża.

W rejonie niecki pomorskiej obie granice biegną w odległości 3,5–4 tys. m od siebie. Poprzez linie nieciągłości tektonicznych obserwuje się wypłycenie obydwu granic w kierunku NE.

W niecce pomorskiej granica refrakcyjna płytstza występuje w przedziale zalegania utworów dewonu, które znajdują się tu bezpośrednio pod permem. Nie ma pewności co do ścisłego dowiązania granicy o  $V_g$  ~5700 m/s, ponieważ w utworach znajdujących się bezpośrednio na profilu: Człuchów IG-1 i Babilon I nie przewiercono całego kompleksu dewońskiego. Prawdopodobnie należy ją przypisać spągowym utworom dewońskim na granicy z kompleksem sylurskim, gdzie wyraźnie zaznacza się duży skok prędkości kompleksowych.

Przekrój przecina linię tektoniczną Czechy–Bieliца–Wudzyń widoczną wyraźnie na podstawie badań refrakcyjnych. Uważana jest ona za granicę występowania skonsolidowanego podłoża prekambryjskiego, a nawet za południowo-zachodnią granicę platformy wschodnioeuropejskiej.

Tak złożona budowa obszaru badań uwarunkowana jest jego położeniem w pobliżu strefy Teyssyre’a Tornquist’a i kilkakrotnymi ruchami tektonicznymi, które miały miejsce od karbonu po kredę.

## 7.2. WYNIKI PRAC WIERTNICZYCH

W obszarze projektowanych badań rozpoznanie wiertnicze prowadziło Górnictwo Naftowe i Instytut Geologiczny. Wyniki badań geologicznych z otworów wiertniczych rozpoznających kompleks permsko-mezozoiczny i ewentualnie jego podłoże zawarte są w archiwalnych dokumentacjach geologicznych i publikowanych Katalogach Wierceń (CBDG, 2016; Tab. 7.1 i Fig. 12.1).

Zestawione materiały sejsmiczne i geologiczne pozwoliły na przedstawienie obrazu strukturalnego świadczącego o silnym zaangażowaniu tektonicznym rejonu. Pod utworami cechsztynu na poszczególnych blokach tektonicznych stwierdzono występowanie coraz to innych ogniw starszego paleozoiku.

Tabela 7.1. Zestawienie otworów wiertniczych rozpoznających kompleks permsko-mezozoiczny i jego podłoże

Nazwa otworu	Rok wiercenia	Głębokość końcowa [m] i stratygrafia	Max. głęb. [m] pomiaru prędk. śr. i stratygrafia	Miąższość [m]			
				Ca2	P1	D3	D2
Człuchów 1	1968	1953,0 J1	1925,0 J1				
Człuchów 2	1968	2001,0 Tm					
Człuchów IG-1	1969	4919,4 D2 żywet	3875,0 D3+D2	22,0		1590,0	>494,9
Człuchów IG-2	1976	3083,3 P2		>1,2			
Człuchów IG-2Bis	1977	3101,5 P2		>12,6			
Debrzno IG-1	1977	5010,0 D3 fran	4950,0 D3	7,5	50,5	>837,5	
Debrzno 2	1993	4086,0 D3 fran	3840,0 P2	4,0	24,5	>113,5	
Myśligoszcz 1	1992	4488,0 D3 fran	4410 D3	8,5	7,0	>546,0	
Olszanowo 1	1989	4000,0 D3 famen	3990,0 D3	14,5	2,0	>341,5	
Orzełek GN 1	1968	1895,5 T <sub>p1</sub>	1850,0 T1				
Sokole 1	1989	4075,0 D3 famen	4065,0 D3	92,0	51,5	>72,0	
Witkowo 1	1972	3500,0 Z2	3200,0 P2				

Celem zrealizowanych wierzeń geologicznych było sprecyzowanie wieku utworów podcechsztyńskich na bloku, w obrębie którego otwór usytuowano, a co się z tym wiąże ukierunkowanie poszukiwań w danej części rejonu.

Na podstawie dotychczasowych badań każdorazowo przy bezpośrednim kontakcie cechsztynu z utworami dewonu obserwowano w tych ostatnich, w utworach dolomitycznych i piaszczystych ślady ropy i gazu. Przy założeniu nawiercenia osadów tego wieku wiązano z tym największe nadzieje poszukiwawcze. Zakładano także dokładne przebadanie wyższych części profilu pod względem prognostycznym.

Otwory wiertnicze Człuchów IG-1, IG-2, IG-2 bis oraz Debrzno IG-1 wykonano w ramach realizacji przez Instytut Geologiczny „Projektu regionalnych badań obszaru antyklinalnego pomorskiego i przyległej części niecki pomorskiej”. Celem projektu prac było „badanie warunków zalegania, stratygraficznego następstwa, litologiczno-facjalnego wykształcenia, własności zbiornikowych oraz ropo-gazonośności warstw w profilu utworów głównie dewonu i karbonu, a także permu i mezozoiku. Wyniki badań miały posłużyć przestrzennej ilustracji stylu wgłębnej budowy geologicznej wału pomorskiego oraz niecki pomorskiej dla określenia prognoz zasobowych gazu ziemnego i ropy naftowej, a także dla ukierunkowania prac poszukiwawczych”.

Otwór Człuchów IG-1 (Dembowska, 1977) usytuowano w centralnej części niecki pomorskiej, w miejscu występowania poziomów zbiornikowych dewonu pod silnie zredukowanym cechsztynem. Jednym z zadań otworu geologicznego było wydzielenie poziomów o najlepszych warunkach zbiornikowych (na podstawie wskaźników hydrochemicznych i bezpośrednich objawów węglowodorów).

Otwór zlokalizowano na głównej permsko-mezozoicznej strefie antyklinalnej Chojnice–Bobolice, w miejscu gdzie przewidywano najpłytsze położenie cechsztynu. Wiercenie zakończono w osadach dewonu na głębokości 4919,4 m (lokalizacja na Fig. 2.1).

Otwór Człuchów IG-1 był zaplanowany w celu przewiercenia całego profilu dewonu, m.in. z zamiarem ułatwienia korelacji profiliów cząstkowych otrzymanych w innych otworach strefy Koszalin–Chojnice. Jednak otwór nie osiągnął spągu dewonu. Zostało to spowodowane dużą miąższością tej formacji. Stwierdzono około 2100 m miąższości dewonu górnego i częściowo środkowego, co ma duże

znaczenie dla interpretacji paleogeografii i paleotektoniki tego okresu.

Profil dewonu uzyskany w otworze charakteryzuje strefę facji nerytycznej, w której dominują w dewonie górnym ilowce i wapień bulaste. Udział skał piaszczystych w profilu dewonu jest nieznaczny (tylko dewon środkowy).

Stwierdzenie tych faktów ma duże znaczenie zarówno paleograficzne, jak i poszukiwawcze. Znaczna zmienność facjalna na niewielkich odległościach świadczy o dużej ruchliwości dna basenu. Facja ta jest mniej korzystna dla akumulacji bituminów i prawdopodobnie zamyka od południowego zachodu obszar prognostyczny dla poszukiwań. Z tego punktu widzenia można traktować fację dewonu w Człuchowie jako macierzystą, a jednocześnie poszukiwać strefy przejściowej do facji brzeżnej, jako możliwej strefy pułapek stratygraficznych.

Utwory cechsztynu stwierdzone w otworze Człuchów IG-1 charakteryzują dość oddaloną od brzegu część zbiornika sedimentacyjnego. W cyklotemie Z1 obserwuje się silny rozwój anhydrytów. Jest to wał anhydrytowy śledzony wzdłuż linii Rzeczenica–Człuchów–Chojnice, który zapewne utworzył się na elewacji dewońskiego podłoża cechsztynu, ograniczając od zachodu brzeżny basen solny.

Stwierdzono w otworze brak najwyższych poziomów Z2 oraz Z3, jak również najniższych ogniw pstręgo piaskowca dolnego. Jest to redukcja tektoniczna wynikająca z obecności uskoku. Interesujący ze względu na rozważania paleogeograficzne okazał się w Człuchowie IG-1 profil młodszych ogniw triasu dolnego. Pstry piaskowiec środkowy ma znacznie większą miąższość niż wynikałoby z rozwoju regionalnego. Jest to wynik lokalnych zmian miąższości między dwiema liniami dyslokacyjnymi w wąskiej strefie Rzeczenica–Człuchów.

Poza tym na uwagę zasługuje stwierdzenie redukcji osadów triasu górnego przy całkowitym braku utworów kajpru górnego i analogiczna redukcja jury dolnej z prawdopodobnym ścięciem erozyjnym górnych jej ogniw. Osady jury środkowej, podobnie jak w innych otworach tej części niecki pomorskiej, rozpoczynają w profilu Człuchowa IG-1 transgresywne utwory kujawu górnego. Między utworami jury środkowej i górnej, tak jak na całym obszarze, istnieje ciągłość sedimentacyjna i dopiero ścięciu erozyjnemu uległa część utworów portlandu środkowego i portland górny, których obecność stwierdzono w

niedalekim sąsiedztwie w kierunku południowo-wschodnim, w otworach Człuchów 1 i Człuchów 2 oraz w rejonie Chojnic.

Utwory kredy dolnej, rozpoczynające się osadami walanżynu, charakteryzuje ogólna redukcja miąższości typowa dla tej strefy niecki pomorskiej. Profil górnokredowy charakteryzuje luka stratygraficzna obejmująca osady od koniaku po kampan. Jest to zjawisko o charakterze regionalnym.

Zły stan techniczny otworu uniemożliwił opróbowanie perspektywicznych poziomów utworów dewonu wykazujących ślady bituminów (w D3). W utworach mezozoiku stwierdzono obecność wód zmineralizowanych.

Odnośnie wierceń Człuchów IG-2 i IG-2 Bis, to większość planowanych zadań geologicznych nie została osiągnięta ze względu na zatrzymanie otworów płycej niż projektowano. Wynikało to z niemożności technicznego opanowania trudnych warunków geologicznych.

W uzyskanym profilu P2 istotne jest stwierdzenie występowania Ca<sub>2</sub> rozwinętego w swej górnej części (nieprzewierconej) w litofacji oolitowej, co wskazało na prawdopodobną strefę wału węglanowego lub strefę laguny w bezpośredniej bliskości tego wału. Nawiercenie w poziomie Ca<sub>2</sub> solanki o ciśnieniu zbliżonym do ciśnienia geostatycznego świadczy o istnieniu strefy dyslokacyjnej odizolowanej od pozostałej części basenu. Strefa tak wysokich ciśnień jest analogiczna do strefy Kamienia Pomorskiego, gdzie występują złoża ropy naftowej.

Z powyższych względów rejon tej strefy uznano za perspektywiczny dla poszukiwania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach węglanowych P2 oraz wymagający dalszych badań w zakresie rozpoznania podłoża podcechsztyńskiego, które na podstawie ówczesnych badań w sąsiednich rejonach uważane było za perspektywiczne dla poszukiwania złóż węglowodorów.

Debrzno IG-1, jako otwór położony w strefie przejściowej od niecki do wału pomorskiego, pozwolił wnioskować, że strefa regionalnego przyrostu miąższości osadów J1 leży dalej na SW od tego otworu. Poziom Ca<sub>2</sub> (6,5 m), z kropelkowymi objawami ropy, wykształcony w otworze w facji basenowej, w zestawieniu z wynikami wierceń Człuchów IG-2 i IG-2Bis, pozwolił na zlokalizowanie wału węglanowego w niewielkiej odległości na SW od otworów Człuchów IG-2 i IG-2Bis. W otworze stwierdzono P1 o miąższości 50,5 m wykształcony w facji brzegowej. Z horyzontu P1/D3, uznając, że przypływ pochodzi z P1, a nie z wapienno-marglistego dewonu, uzyskano przypływ zgazowanej solanki. Wiercenie to, nawiercając utwory D3 wieku fameńskiego, przesunęło strefę przypuszczalnych wychodni dewonu dalej ku SW.

Wyniki wierceń: Człuchów 1, Człuchów IG-2 i IG-2Bis, Debrzno IG-1 pozwoliły na precyzyjniejszą lokalizację bruzdy Człuchów – Rzeczenica wyznaczając jej ograniczenie od SW. Przyczyniły się też do zbadania problemu lokalizacji w poziomie dolomitu głównego wału węglanowego w rejonie wierceń Człuchów IG-2, Debrzno IG-1, Tuchola IG-1. Osady tej strefy zbiornika wykształcone w facji dolomitów onkolitowych o bardzo dobrych własnościach zbiornikowych stanowią cel poszukiwań.

Najstarsze otwory P.N. Człuchów 1, 2 oraz Orzełek GN 1 i Witkowo-1 zostały usytuowane w strefie przejściowej między jednostkami geologicznymi – niecką i wałem pomorskim.

Wiercenia Człuchów 1 i 2 znajdują się na bloku strukturalnym ograniczonym uskokiemi od strony N i S. Duże różnice miąższości oraz wysokości zalegania poszczególnych serii, jak też stwierdzone redukcje w profilach wykonanych w tym rejonie otworów, wskazują na intensywne procesy tektoniczne zachodzące zarówno w triasie, jak i później (np.

różnica głębokości zalegania osadów doggeru między otworami Człuchów 1 i Orzełek GN 1 wynosi ~850 m).

Wyniki wierceń pozwoliły na udokumentowanie budowy geologicznej między strukturami Chojnic i Orzełka. Potwierdzono istnienie szeregu dyslokacji o przebiegu NWW–SEE tnących rejon na poszczególne bloki.

W latach 1983-93 w rejonie przetargowym przemysł naftowy zrealizował 4 wiercenia Debrzno 2, Myślągoszcz 1, Olszanowo 1, Sokole 1. Wszystkie nawierciły utwory D3. W otworze Debrzno 2 stwierdzono fran, w pozostałych nawiercono famen.

Podstawowym zadaniem otworów było zbadanie stratygrafii rozwoju facjalnego i układu przestrzennego permu warstw podpermskich oraz ich perspektywiczności dla dalszych poszukiwań bituminów. Zadaniem drugorzędym było zbadanie pod podobnym aspektem utworów mezozoiku oraz interpretacji przewodnich horyzontów sejsmicznych.

Wiercenia usytuowane zostały na SW od strefy dyslokacyjnej Chojnic w obszarze przypuszczalnego wyklinowania osadów czerwonego spągowca, w strefie, w której osady paleozoiku podpermского osiągalne są na stosunkowo niedużej głębokości, a kompleks salinarnych osadów cechsztynu stwarza dobre warunki uszczelniające dla zachowania złóż węglowodorów mogących występować w osadach permu dolnego–karbonu/dewonu.

Szczegółowe zadania zrealizowane w większości, szczególnie odnośnie utworów permu-mezozoicznych, przedstawiają się następująco:

1. Zbadanie osadów jury i kredy dolnej pod aspektem poszukiwawczym, szczególnie osadów, węglanowych oksfordu i piaskowców walanżynu środkowego.
2. Zbadanie litofacji i miąższości utworów triasowych ze szczególnym uwzględnieniem poziomów zbiornikowych w pstrym piaskowcu środkowym i w poziomach piaskowcowych kajpru.
3. Zbadanie osadów cechsztynu głównie pod względem rozwoju facjalnego jego poziomów węglanowych – zbadanie w poziomie dolomitu głównego zakładanego wału węglanowego, w rejonie wierceń Człuchów IG-2, Debrzno IG-1, Tuchola IG-1. Osady tej strefy zbiornika wykształcone w facji dolomitów onkolitowych posiadają bardzo dobre własności zbiornikowe.
4. Zbadanie utworów permu i mezozoiku pod względem facjalnym, miąższościowym i stratygraficznym dla odtworzenia rozwoju paleogeograficznego i paleotektonicznego badanego rejonu.
5. Zbadanie osadów czerwonego spągowca pod kątem określenia jego zasięgu, miąższości, facji i perspektywiczności w strefie ewentualnych klinów stratygraficznych.
6. Zbadanie podłoża przedpermского w celu określenia wykształcenia litologiczno-facjalnego, stratygrafii, tektoniki i perspektywiczności utworów młodszego paleozoiku tak pod względem oceny ich wartości jako skał zbiornikowych i macierzystych dla bituminów oraz określenia zasięgu poszczególnych ogniw.
7. Zbadanie chemizmu wód i ewentualnych objawów bituminów.
8. Określenie charakterystyki sejsmicznej (profilowanie akustyczne, pionowe profilowanie sejsmiczne) kompleksu permu-mezozoicznego w celu uzyskania wiarygodnego rozkładu średnich prędkości i odtworzenia modelu wgłębną budowy geologicznej na podstawie badań sejsmicznych.

Aparatura wiertnicza o głębszym zasięgu umożliwiła w następnych latach badanie w otworach podłoża permu. Jest to

otwór Olszanowo 1 zlokalizowany w obrębie przydyslokacyjnego elementu strukturalnego rysującego się w planie granicy refleksyjnej Z<sub>1</sub><sup>1</sup>. Osady P1 o miąższości 2,0 m reprezentują tu piaskowce, które są odpowiednikiem serii szarej z rejonu Czarnie–Debrzno. Pod P1 nawiercono utwory D3 – famen (kompleks z Człuchowa). Otwór potwierdził strefę wyklinowania P1.

W otworze Myśligruszcz 1 – utwory Ca2 reprezentują spokojne środowisko sedymentacyjne równi płytkiego szelfu zbiornika otwartego. Osady P1 – 7 m i D3 – 546 m wykazują tu słabe własności zbiornikowe.

W wierceniu Sokole 1, profil Ca2 reprezentuje centralną część platformy węglanowej rozwiniętej między jej skłonem S (Czarnie 1) a N przejściem do laguny (Bielica 2). Utwory te reprezentują niegłębokie środowisko sedymentacji o wysokiej dynamice.

Odnośnie nasycenia utworów Ca2 i P1, to poziom dolomitów oolitowych cechuje się słabymi własnościami, a z P1 o miąższości 51,5 m uzyskano przyływ solanki zgazowanej. Nawiercone osady D3 o miąższości 72 m stanowią kompleks z Człuchowa.

W wierceniu geologicznym Debrzno 2 w P2 dwukrotnie przewiercono poziom Ca2 o niewielkiej miąższości 3 i 4 m. Profil Ca2 reprezentuje przedbarierową litofację wapienną. Badania wskazały na przedbarierową strefę przejściową. Jednak z powodu zmiennej szerokości tej strefy określenie położenia profilu w stosunku do bariery okazało się trudne. Z poziomu drugiego uzyskano przyływ ropy naftowej. Pierwszy poziom posiadał gorsze własności zbiornikowe. Nawiercone osady D3 (113 m) stanowią kompleks z Człuchowa.

Reasumując utwory podcechsztyńskiego piętra strukturalnego są znane z nielicznych wierceń G.N. i I.G. W obrębie bloku istnieją tylko 2 otwory, w których przewiercono większe miąższości utworów podcechsztyńskich – Debrzno IG-1 – 838 m i Człuchów IG-1 – 2085 m.

Otwór Debrzno IG-1 usytuowany na pograniczu wału i niecki pomorskiej – istotny dla rozpoznania regionalnego, umożliwił rozpoznanie budowy utworów podpermkich.

Stwierdzenie dewonu górnego pod permem w Debrznie IG-1 zmieniło wcześniejszy pogląd na rozprzestrzenienie tych osadów w kierunku południowo-zachodnim od Człuchowa, umożliwiając wydzielenie wypiętrzonego bloku dewońskiego o rozciągłości NW–SE.

Otwór Człuchów IG-1, usytuowany w części centralnej niecki pomorskiej – najgłębszy w tej strefie, stał się reperem dla stratygrafii mezozoiku, a także permu i dewonu w tym obszarze.

Biorąc pod uwagę nierozwiązanie z przyczyn technicznych zadania geologicznego przez otwory Człuchów IG-2 i 2 bis, wyniki otworu Człuchów IG-1 stanowią nadal jeden z najważniejszych reperów dla określenia podpermkiej budowy geologicznej tej części obszaru bloku 107.

Brak osadów P1 w otworze Człuchów IG-1 (i 2 m w Olszanowie 1) pozwala na uściślenie N-E zasięgu tej perspektywicznej dla złóż węglowodorów formacji. Pod permem rozpoznany ponad 2000 m liczący interwał osadów D3 i D2 stanowi bogaty materiał do badań paleogeograficzno-facjalnych, stratygraficznych, petrograficznych i innych. Stanowi materiał wyjściowy do dalszych, bardziej szczegółowych badań, ponieważ wobec niejednoznacznych

efektów poszukiwania w osadach tego wieku stanowią nadal problem otwarty.

Wyniki przedstawiają bardzo skomplikowany obraz powierzchni podcechsztyńskiej. Biorąc pod uwagę dużą zmienność w profilu poziomym, w korelacji z profilami z wierceń wykonanych w najbliższym sąsiedztwie widać trudności na jakie napotyka się podczas poszukiwań w tej części niecki i wału pomorskiego.

Przeгляд wyników wierceń (lokalizacja Fig. 2.1) wskazuje na wyraźne luki w rozpoznaniu podłoża permu w obszarze przetargowym, gdzie w SW części rejonu istotna jest problematyka wyklinowania karbonu i P1, w części NE – zagadnienie rozprzestrzenienia osadów franu i środkowego dewonu.

Poniżej przedstawiono na przykładzie profili stratygraficzno-litologicznych wymienionych wcześniej wierceń wyniki związane z poszukiwaniami węglowodorów.

## 8. PROFIL REPEROWY – DEBRZNO IG-1 ORAZ INNE WIERCENIA NA OBSZARZE PRZETARGOWYM

### 8.1. BADANIA I INTERPRETACJA GEOFIZYKI OTWOROWEJ W OTWORZE DEBRZNO IG-1

Uwaga 1: Wszystkie głębokości podano w m p.p.t.

Uwaga 2: Wszystkie cytowania dotyczą dokumentacji dostępnych w NAG, ich egzemplarze w archiwum PGNIIG mogą być bardziej kompletne

Uwaga 3: Wymieniono badania wykonane w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca i dolomitu głównego

Wytypowano wiercenie Debrzno IG-1 (Bojarski i Bielecka, 1978; Fig. 8.1) jako otwór reperowy dla obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”.

1) Debrzno IG-1<sup>1</sup> – w perspektywicznych utworach dolomitu głównego (3736–3743 m) wykonano następujące zestawy pomiarów geofizyki wiertniczej:

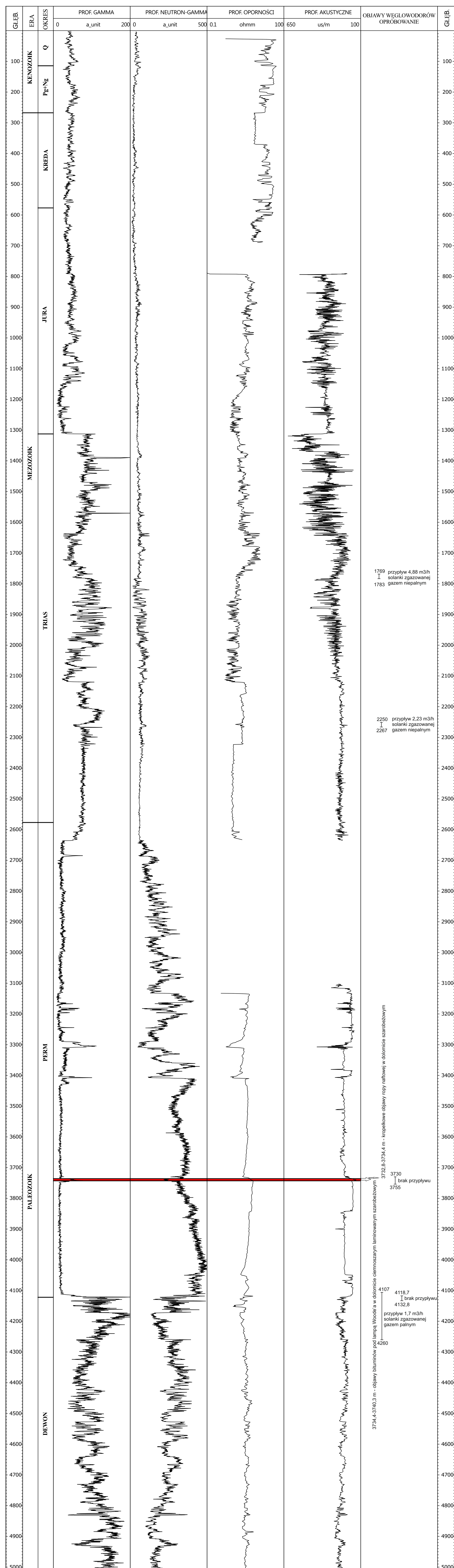
- profilowanie oporności, profilowanie naturalnych potencjałów w interwale 3232–4112 m;
- profilowania: oporności, sterowane oporności, gamma, gamma-gamma, neutron-neutron nadtermiczny, naturalnych potencjałów w interwale 3350–4112 m;
- profilowanie średnicy w interwale 3132–4073 m;
- profilowanie neutron-neutron nadtermiczny w interwale 3080–4112 m;
- profilowanie cementomierzem akustycznym w interwale 2917–4112 m.

Część ww. pomiarów jest dołączona do dokumentacji w postaci profilu litologicznego. Ponadto, w otworze tym wykonano pomiar prędkości średnich. Pomiar wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

W zasobach CBDG dostępnych jest 16 plików formatu LAS z odcinkowymi pomiarami, dwa z kompozytowymi krzywymi (w tym jeden zaw. kompozytową krzywą profilowania gamma po przeliczeniu z impulsów/minutę do jednostek API (Szewczyk, 2000) oraz dwa pliki z wynikami profilowania prędkości średnich. Ponadto, w bazie dostępnych jest również 135 plików

<sup>1</sup> – wydzielenie czerwonego spągowca nie zostało wprowadzone do CBDG.

# DEBRZNO IG 1



- poziom perspektywiczny (dolomit główny)
- objawy węglowodorów w rdzeniu
- interwał opróbowania

formatu BKR będącymi zapisem pojedynczych krzywych w kolejnych odcinkach kompatybilnych z systemem GEOFLOG (Szewczyk, 1996).

**2)** Lipka-1 – (Szczerbowska i in., 1995) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3752,5–4010 m) i dolomitu głównego (3539,5–3542,5 m) wykonano następujące zestawy pomiarów geofizyki otworowej:

- a) profilowanie średnicy, spektrometryczne profilowanie gamma, profilowanie porowatości neutronowej, profilowanie gęstości objętościowej w interwałach: 2843–3540, 3490–3728, 3679–4039, 3980–4389 m;
- b) profilowanie średnicy, sterowane mikroprofilowanie oporności, sterowane profilowanie oporności o płytkim i długim zasięgu w interwałach: 2943–3537, 3497–3728, 3733–4039 oraz 3985–4386 m (bez sterowanego mikroprofilowania oporności);
- c) profilowanie gamma, profilowanie akustyczne w interwałach: 2943–3537, 3497–3728, 3730–4038, 3987–4386 m;
- d) profilowanie upadu warstw w interwałach: 2943–3535, 3730–4035, 3967–4375 m;
- e) cementomierz akustyczny w interwałach: 25–2943, 2865–3750 m;
- f) profilowanie średnicy i objętości w interwale 2930–3727 m;
- g) profilowanie średnicy w dwóch osiach 3700–4086 m;
- h) mikroprofilowanie oporności sterowanej w interwale 3730–4751 m.

Większość ww. pomiarów jest dołączona do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano profilowanie gazowe oraz pomiar prędkości średnich. Pomiar wykonano skalibrowanymi sondami i aparaturą cyfrową.

Dla interwałów 333–2905, 2943–3728 i 3733–4751 m wykonano interpretację litologiczno-porowatościową programem ULTRA. Utwory dolomitu głównego jak i czerwonego spągowca zostały uznane za nieperspektywiczne z uwagi na brak własności kolektorskich.

W zasobach CBDG znajduje się jeden plik formatu .las zawierający połączone krzywe wybranych profilowań.

**3)** Człuchów IG-2bis – (Szyperko-Śliwczyńska i in., 1977) wykonane w otworze pomiaru geofizyki wiertniczej nie sięgają perspektywicznych osadów dolomitu głównego (3088,9–3101,5 m).

**4)** Myślągoszcz-1 – (Binder i Solak, 1992) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3935–3942 m) i dolomitu głównego (3683,5–3692 m) wykonano pomiaru geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) boczne sondowanie oporności – 3880–4393 m;
- b) sterowane profilowanie oporności – 3462–3926,9 i 3890–4398 m;
- c) sterowane mikroprofilowanie oporności – 3460–3926,9 i 3900–4250 m;
- d) profilowanie gamma i neutron-gamma – 3400–3920 i 3860–4398 m;
- e) profilowanie neutron-neutron – 3410–3920 i 3860–4398 m;
- f) profilowanie średnicy – 3416–3920 i 3450–4398 m;
- g) profilowanie krzywizny – 25–4490 m;
- h) profilowanie akustyczne – 3410–3926,9 i 3886–4398m;
- i) profilowanie ekscentryczności – 3459–4449 m;
- j) profilowanie temperatury w warunkach ustalonych – 8–4488m.

Część ww. pomiarów jest dołączona do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano pomiar

prędkości średnich. Pomiar wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

Interpretacja danych geofizyki otworowej wskazuje na brak nasycenia węglowodorami nadcechsztyńskich warstw zbiornikowych, brak własności zbiornikowych utworów dolomitu głównego i wapienia podstawowego. Czerwony spągowiec wykształcony jako piaskowce i zlepieńce przewarstwiane ilowcem piaszczystym ma porowatość od 4% do (sporadycznie) 12%. W Devonie nie wyróżniono warstw zbiornikowych.

W zasobach CBDG znajduje się jedynie dwa pliki formatu .las zawierające pomiar prędkości średnich.

**5)** Rzeczenica-2 – (Zboińska i in., 1991) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3129–3138 m) i dolomitu głównego (2801,5–2827 m) wykonano pomiaru geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) skrócone sondowanie oporności – 2576–3060 i 3077–3395 m;
- b) sterowane profilowanie oporności – 2576–3060 i 3077–3401 m;
- c) sterowane mikroprofilowanie oporności – 2578–2930 i 3077–3400 m;
- d) profilowanie gamma – 2535–3060 i 3020–3402 m;
- e) profilowanie neutron-gamma – 2535–3060 i 3020–3402 m;
- f) profilowanie neutron-neutron – 2535–3060 i 3020–3402 m;
- g) profilowanie średnicy – 2576–3050 i 3077–3400 m;
- h) profilowanie krzywizny – 2525–3050 i 3050–3400 m;
- i) profilowanie akustyczne – 2576–3058 i 3077–3400 m.

Większość ww. pomiarów jest dołączona do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano profilowanie gazowe oraz pomiar prędkości średnich. Pomiar wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

Interpretacja danych geofizyki otworowej wskazuje na brak nasycenia węglowodorami nadcechsztyńskich warstw zbiornikowych i brak własności zbiornikowych utworów dolomitu płytowego. Dolomit główny wykazuje słabe własności zbiornikowe (porowatość 2–10%, prawdopodobna szczelinowatość). Wapień podstawowy również posiada słabe własności zbiornikowe (porowatość średnio ok. 4%). Czerwony spągowiec w interwale 3129,5–3135,5 m zbudowany jest z niezailonych, przepuszczalnych piaskowców o b. dobrych własnościach zbiornikowych (porowatość 17%), prawdopodobnie nasyconych gazem. W interwale 3135,5–3138 m czerwony spągowiec tworzą zlepieńce o wątpliwych własnościach zbiornikowych, lecz możliwej szczelinowatości. W devonie nie wyróżniono warstw zbiornikowych.

W zasobach CBDG znajduje się jeden plik formatu .las zawierający połączone krzywe wybranych profilowań oraz dwa pliki .las z wynikami pomiaru prędkości średnich.

**6)** Olszanowo-1 – (Binder, 1989) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3656,5–3658,5 m) i dolomitu głównego (3350–3335,5 m) wykonano pomiaru geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) skrócone sondowanie oporności – 3092–3625 i 3629–3979 m;
- b) sterowane profilowanie oporności – 3092–3992 i 3629–3979 m;
- c) profilowanie gamma – 3062–3632 i 3600–4000 m;
- d) profilowanie neutron-gamma – 3062–3632 i 3600–4000 m;

- e) profilowanie neutron-neutron – 3600–3972 m;
- f) profilowanie gamma-gamma – 3062–3632 i 3600–4000 m;
- g) profilowanie średnicy – 3092–3632, 3600–4000, 3092–3625, 3629–3979 m;
- h) profilowanie indukcyjne – 2615–3081 m;
- i) profilowanie krzywizny – 3150–3625 i 3600–3950 m;
- j) profilowanie akustyczne – 3092–3632 i 3600–3965 m;
- k) profilowanie cementomierzem akustycznym – 2330–3630 m.

Wybrane spośród ww. pomiarów są dołączone do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano pomiar prędkości średnich. Pomiary wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

Interpretacja danych geofizyki otworowej wskazuje na brak warstw perspektywicznych bądź podejrzanych o obecność węglowodorów w całym profilu odwiertu. Warstwy dolomitu głównego charakteryzuje się porowatością 2–5%, a czerwonego spągowca rzędu 7%.

W zasobach CBDG znajduje się po dwa pliki formatu .las zawierające połączone krzywe wybranych profilowań oraz z wynikami pomiaru prędkości średnich.

**7)** Witkowo 1 – (Wróbel i in., 1972) otwór ten nie osiąga perspektywicznych osadów dolomitu głównego, a tym bardziej czerwonego spągowca.

**8)** Sokole-1 – wg Binder i Solak (1989) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3951,5–4003 m) i dolomitu głównego (3554,5–3646,5 m) wykonano pomiary geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) skrócone sondowanie oporności – 3460–3910 i 3915–4074 m;
- b) sterowane mikroprofilowanie oporności – 3520–3560 i 3915–4075 m;
- c) profilowanie gamma i neutron-gamma – 3450–3590 i 3900–4080 m;
- d) profilowanie neutron-neutron i gamma-gamma – 3450–3945 i 3900–4080 m;
- e) profilowanie średnicy – 3450–3910 i 3915–4074 m;
- f) profilowanie krzywizny – 3450–3910 i 3900–4080 m;
- g) profilowanie akustyczne – 3450–3945 i 3900–4080 m;
- h) profilowanie cementomierzem akustycznym – 2500–3900 m.

Większość ww. pomiarów jest dołączona do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano profilowanie gazowe oraz pomiar prędkości średnich. Pomiary wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

Interpretacja danych geofizyki otworowej wskazuje na dwudzielność osadów dolomitu głównego – w interwale 3554,5–3612,5 m występuje jednorodna seria dolomityczna o porowatości 5–7%, a w interwale 3612,5–3652,5 m zalega pozbawiona cech kolektorskich seria przewarstwień anhydrytowo-dolomitycznych. Interwał 3557,5–3565 może być nasycony węglowodorami. Czerwony spągowiec jest zawadziony i posiada własności zbiornikowe w interwale 3952,5–3981 m, średnie porowatości oscylują w granicach 11–18%.

W zasobach CBDG znajduje się jeden plik formatu .las zawierający połączone krzywe wybranych profilowań oraz dwa pliki z wynikami pomiaru prędkości średnich.

**9)** Debrzno-2 – (Binder i in., 1994) w perspektywicznych osadach czerwonego spągowca (3948–3972,5 m), powtórzonego tektonicznie dolomitu głównego I (3851,5–3855,5 m) i dolomitu głównego II (3676–3679 m) wykonano pomiary geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) boczne sondowanie oporności – 3653–3838, 3838–3967, 3890–4082 m;
- b) mikroprofilowanie oporności – 3653–3838 m;
- c) sterowane profilowanie oporności – 3653–3838, 3838–3967, 3890–4082 m;
- d) profilowanie gamma i neutron-gamma – 2972–3673, 3640–3840 m;
- e) profilowanie gamma i neutron-neutron – 3640–3840 (bez gammy), 3795–3968, 3840–4084 m;
- f) profilowanie gamma-gamma – 2972–3673 m;
- g) profilowanie średnicy – 2972–3673, 3640–3840, 3840–4084, 3995–3868 m (?);
- h) profilowanie krzywizny – 0–4080, 3800–3960, 3625–3835 m;
- i) profilowanie akustyczne – 3635–3838, 3795–3968, 3840–4084 m;
- j) profilowanie cementomierzem akustycznym – 3465–3844 m.
- k) profilowanie temperatury – 3473–3673, 3720–3820, 3866–3966, 3984–4084 m.

Wszystkie ww. pomiarów są dołączone do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano pomiar prędkości średnich. Pomiary wykonano nieskalibrowanymi sondami, prawdopodobnie przy użyciu aparatury cyfrowej.

Wg Binder i in. (1994) w interwałach 3850,5–3855,5 oraz 3942–4082 m wykonano kompleksową interpretację litologiczno-złożową (do dokumentacji dołączono papierowy wydruk takiej interpretacji dla interwału 3942–3966 m). Interpretacja danych geofizyki otworowej wskazuje na brak nasycenia węglowodorami nadcechsztyńskich warstw zbiornikowych. Wyznaczone poziomy dolomitu głównego powtórzone tektonicznie mają własności zbiornikowe (wg interpretacji prof. akustycznego porowatość w zakresie 8–13%), są niejednorodne, prawdopodobnie szczelinowate, nasycone węglowodorami (oporności 100–250 omm). Produkcja zgazowanej (25% siarkowodoru) ropy naftowej z tych warstw spowodowała znaczny spadek ciśnień złożowych oraz kolmatację, w związku z czym złoża uznano za nieekonomiczne w eksploatacji. Utwory wapienia podstawowego, czerwonego spągowca i dewonu nie posiadają własności kolektorskich.

W zasobach CBDG znajduje się jeden plik formatu .las zawierający połączone krzywe wybranych profilowań oraz dwa pliki .las z wynikami pomiaru prędkości średnich.

**10)** Człuchów IG-1<sup>2</sup> – wg Dembowskiej i in. (1969) w perspektywicznych osadach dolomitu głównego (2648,8–2655,8 m) wykonano pomiary geofizyki wiertniczej w następujących interwałach:

- a) sondowanie oporności – 654,5–2893 m;
- b) sterowane profilowanie oporności – 654,5–2893 i 2600–2893 m;
- c) profilowanie oporności płuczki – 654,5–2893, 2600–2893 i 200–3300 m;
- d) profilowanie gamma – 654,5–2893 i 2600–2893 m;
- e) profilowanie neutron-gamma – 654,5–2893 i 2600–2893 m;

<sup>2</sup> – w CBDG wydzielenie chronostratygraficzne (perm) nie współgra z litostratygrafią (cyklotem PZ1) i jest b. ogólna, w związku z czym korzystać z wydzielenia podanych w dokumentacji.

- f) profilowanie neutron-neutron – 2535–3060 i 3020–3402 m;  
 g) profilowanie średnicy – 654,5–2893 i 2600–2893 m;  
 h) profilowanie temperatury w nieustalonych warunkach termodynamicznych – 654,5–2893 m;  
 i) profilowanie temperatury w nieustalonych warunkach termodynamicznych po cementowaniu – 1450–4360 m;  
 j) profilowanie temperatury w ustalonych warunkach termodynamicznych – 0–3885 m;  
 k) profilowanie krzywizny – 2550–2873 i 2625–4378 m.

Wszystkie ww. pomiary są dołączone do dokumentacji w postaci papierowej. Ponadto, w otworze tym wykonano pomiar prędkości średnich. Pomiary wykonano nieskalibrowanymi sondami i rejestrowano analogową aparaturą.

Wg Dembowskiej i in. (1969) nie ma wypisu z końcowego orzeczenia geofizycznego, wśród załączników brak również samego orzeczenia, w związku z czym nie ma informacji o wynikach interpretacji krzywych geofizyki wiertniczej.

W zasobach CBDG dostępnych jest 16 plików formatu LAS z odcinkowymi pomiarami, dwa z kompozytowymi krzywymi (w tym jeden zaw. kompozytową krzywą profilowania gamma po przeliczeniu z impulsów/minutę do jednostek API (Szewczyk, 2000) oraz dwa pliki z wynikami profilowania prędkości średnich. Ponadto, w bazie dostępnych jest również 65 plików formatu BKR będącymi zapisem pojedynczych krzywych w kolejnych odcinkach kompatybilnych z systemem GEOFLOG (Szewczyk, 1996).

## 8.2. PROFILE LITOLOGICZNO-STRATYGRAFICZNE WIERCEŃ ORAZ OBJAWY WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE PRZETARGOWYM

Poniżej przedstawiono na przykładzie profili stratygraficzno-litologicznych wymienionych wcześniej wierceń, wyniki związane z poszukiwaniami węglowodorów.

### CZŁUCHÓW IG-1

Lokalizacja ( ): 53 44'20" 17 26'34"

Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 653837.16 Y: 397325.44

Wysokość n.p.m.: 158 m

Data rozpoczęcia 02-09-1967; data zakończenia: 09-04-1969

Głębokość końcowa: 4914,4 m

Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska

Struktura: Człuchów

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąszość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	138	138	czwartorzęd	piaski, żwiry
2	138	258	120	„trzeciorzęd”	piaski, ility, mułki
3	258	619	361	kreda górna	mułowce, iltowce, wapienie, margle
4	619	705,5	86,5	kreda dolna	piaski, margle, mułowce, iltowce
5	705,5	1030,5	325	jura górna	wapienie, margle, mułowce

6	1030,5	1114,5	84	jura środkowa	piaskowce, iltowce, mułowce
7	1114,5	1325	210,5	jura dolna	piaskowce, iltowce, mułowce
8	1325	1534	209	trias górny	Piaskowce, iltowce
9	1534	1627	93	trias środkowy	wapienie, dolomity, margle
10	1627	2622,5	995,5	trias dolny	iltowce, piaskowce, mułowce
11	2622,5	2934	311,5	cechsztyń	dolomity, anhydryty, sole kamienne
12	2934	4424,5	1490,5	dewon górny	wapienie, wapienie margliste, iltowce
13	4424,5	4919,4	494,9	dewon środkowy	margle, piaskowce, mułowce, iltowce

Objawy w czasie wiercenia.

Strop [m]	Spąg [m]	Grupa	Rodzaj	Poziom
2662,5	2688,5	[R] rdzeń	zapach bituminów	cechsztyń
3060	3090	[R] rdzeń	ślady ropy	dewon
3272	3290	[R] rdzeń	objawy bituminów	dewon

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyływ	Poziom
1174	1470	łyżka	przetar.rur okładzin.	solanka	jura dolna, trias górny
3015	3085	kompresor	perforacja	solanka	dewon górny
3235	3295	kompresor	perforacja	solanka	dewon górny

### CZŁUCHÓW IG-2

Lokalizacja ( ): 53 41'45" 17 14'10"

Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 649308.62 Y: 383451.09

Wysokość n.p.m.: 157,5 m

Data rozpoczęcia 10-08-1975; data zakończenia: 18-03-1976

Głębokość końcowa: 3083,2 m

Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska

Struktura: Człuchów

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąszość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	108	108	czwartorzęd	piaski, żwiry, gliny
2	108	300,5	192,5	„trzeciorzęd”	piaski, ility
3	300,5	1140	839,5	kreda górna	mułowce, iltowce, wapienie, margle

4	1140	1234	94	kreda dolna	mułowce, iłowce, piaskowce
5	1234	1502	268	jura górna	wapienie, margle, mułowce
6	1502	1623	121	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce, łupki
7	1623	1713	90	jura dolna	piaskowce, mułowce
8	1713	2003	290	trias górny	piaskowce, iłowce, zlepieńce
9	2003	2086	83	trias środkowy	wapienie, dolomity, iłowce, mułowce
10	2086	2850	764	trias dolny	iłowce, piaskowce, mułowce
11	2850	3083,2	233,2	cechsztyn	dolomity, anhidytry

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
3082	3083	samowypływ	odslon. pd rurami	solanka zgaz.	cechsztyn

## CZŁUCHÓW IG-2BIS

Lokalizacja ( ): 53 41'40" 17 15'05"  
 Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 649129.24 Y: 384455.67  
 Wysokość n.p.m.: 152 m  
 Data rozpoczęcia 11-11-1967; data zakończenia: 28-08-1968  
 Głębokość końcowa: 3101,5 m  
 Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska  
 Struktura: Człuchów

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	101	101	czwartorzęd	piaski, żwiry, gliny, iły
2	101	304	203	„trzeciorzęd”	piaski, iły
3	304	1149	845	kreda górna	mułowce, iłowce, wapienie, margle, opoki
4	1149	1239	90	kreda dolna	mułowce, iłowce, piaskowce
5	1239	1518	279	jura górna	wapienie, mułowce
6	1518	1637,5	119,5	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce, łupki
7	1637,5	1737,5	100	jura dolna	piaskowce, mułowce
8	1737,5	2018	280,5	trias górny	piaskowce, iłowce

9	2018	2104	86	trias środkowy	wapienie, margle, iłowce, mułowce
10	2104	2865	761	trias dolny	iłowce, piaskowce, mułowce
11	2865	3101,5	236,5	cechsztyn	iłowce, dolomity, anhidytry, sole kamienne

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
3088	3091	samowypływ	odslon. pd rurami	solanka zgaz.	cechsztyn

## CZŁUCHÓW-1

Lokalizacja ( ): 54 38'13" 17 26'27"  
 Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 642461.56 Y: 396832.82  
 Wysokość n.p.m.: 160 m  
 Data rozpoczęcia 1-05-1968; data zakończenia: 7-07-1968  
 Głębokość końcowa: 1955 m  
 Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska  
 Struktura: Człuchów

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	84	84	czwartorzęd	piaski, żwiry, gliny, iły
2	84	272	188	„trzeciorzęd”	piaski, iły, węgle
3	272	1082	810	kreda górna	mułowce, iłowce, wapienie, margle
4	1082	1271	189	kreda dolna	mułowce, iłowce, piaskowce
5	1271	1712	441	jura górna	wapienie, mułowce, margle
6	1712	1856	144	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce, wapienie
7	1856	1953	97	jura dolna	piaskowce, iłowce

## CZŁUCHÓW-2

Lokalizacja ( ): 53 40'12" 17 26'35"  
 Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 646116.65 Y: 397046.40  
 Wysokość n.p.m.: 172 m  
 Data rozpoczęcia 28-07-1968; data zakończenia: 30-09-1968  
 Głębokość końcowa: 2001 m  
 Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska  
 Struktura: Człuchów

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	155	155	czwartorzęd	piaski, żwiry, gliny, ility
2	155	284	129	„trzeciorzęd”	piaski, ility, węgle
3	284	1035	751	kreda górna	mułowce, iłowce, wapienie, margle
4	1035	1443,5	408,5	kreda dolna	mułowce, iłowce, piaskowce
5	1443,5	1902	458,5	jura górna	wapienie, mułowce, margle
6	1902	1958	56	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce, wapienie
7	1958	2001	43	trias środkowy	wapienie, iłowce

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
1032	1075	pr. rurowy złoża	odślon. pd rurami	woda zminer.	kreda dolna
1749	1763	pr. rurowy złoża	odślon. pd rurami	solanka	jura górna
1924	2001	pr. rurowy złoża	odślon. pd rurami	solanka	jura środkowa, trias środkowy

DEBRZNO IG-1

Lokalizacja ( ): 53 36'50" 17 07'10"

Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 640393.89 Y: 375510.42

Wysokość n.p.m.: 166,1 m

Data rozpoczęcia 8-10-1976; data zakończenia: 21-11-1977

Głębokość końcowa: 5010 m

Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska

Struktura: Debrzno

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	114,5	114,5	czwartorzęd	piaski, żwiry, gliny, mułki
2	114,5	267,5	153	„trzeciorzęd”	piaski, ility, mułki
3	267,5	389	121,5	kreda górna	ility, margle
4	389	560	171	kreda dolna	piaskowce, mułowce, iłowce
5	560	942,5	382,5	jura górna	wapienie, margle, mułowce
6	942,5	1142	199,5	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce
7	1142	1312,5	170,5	jura dolna	piaskowce, mułowce

8	1312,5	1635	322,5	trias górny	piaskowce, iłowce, mułowce
9	1635	1724,5	89,5	trias środkowy	wapienie, dolomity, iłowce, mułowce
10	1724,5	2577	852,5	trias dolny	iłowce, piaskowce, mułowce
11	2577	4122	1545	cechsztyn	dolomity, anhydryty, sole kamienne
12	4122	4172,5	50,5	czerwony spągowiec	piaskowce, mułowce
13	4172,5	5010	837,5	dewon górny	iłowce, margle, wapienie

Skład gazu z głębokości 4107–4260 m: CH<sub>4</sub> – 72,9142%; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> – 0,6824%; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> – 1,1418%; i C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,1911%; n C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> – 0,0083%; H<sub>2</sub> – 0,3741%; N<sub>2</sub> – 25,6519%; CO<sub>2</sub> – 0,2052%; He – 0,0092%; Ar – 1,032%.

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
1769	1783	pr. rurowy złoża	perforacja	solanka zgaz.	trias
2250	2267	pr. rurowy złoża	perforacja	solanka zgaz.	trias
3730	3755	pr. rurowy złoża	perforacja		cechsztyn
4107	4260	pr. rurowy złoża	odślon. pd rurami	solanka zgaz.	czerwony spągowiec, dewon
4119	4133	pr. rurowy złoża	odślon. pd rurami		cechsztyn, czerwony spągowiec

DEBRZNO-2

Lokalizacja ( ): 53 33'08" 17 10'05"

Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 633432.11 Y: 378548.37

Wysokość n.p.m.: 160 m

Data rozpoczęcia 19-03-1992; data zakończenia: 29-07-1993

Głębokość końcowa: 4086 m

Jednostka strukturalna: Wał Pomorski

Struktura: Debrzno

Dane dotyczące otworu **Debrzno 2** nie są własnością Skarbu Państwa i z tego powodu nie mogą być ujawnione bez zgody podmiotu finansującego prace (PGNiG SA).

MYŚLIGOSZCZ-1

Lokalizacja ( ): 53 34'31" 17 18'32"

Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 635784.80 Y: 387953.99

Wysokość n.p.m.: 162,5 m

Data rozpoczęcia 24-10-1991; data zakończenia: 9-05-1992

Głębokość końcowa: 4088 m

Jednostka strukturalna: Wał Pomorski

Struktura: Myśligoszcz

Dane dotyczące otworu **Myślągoszcz 1** nie są własnością Skarbu Państwa i z tego powodu nie mogą być ujawnione bez zgody podmiotu finansującego prace (PGNiG SA).

## OLSZANOWO-1

Lokalizacja ( ): 53 39'18" 17 08'48"  
Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 644948.93 Y: 377430.48  
Wysokość n.p.m.: 162,5 m  
Data rozpoczęcia 23-09-1988; data zakończenia: 3-04-1989  
Głębokość końcowa: 4000 m  
Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska  
Struktura: Olszanowo

Dane dotyczące otworu **Olszanowo 1** nie są w całości własnością Skarbu Państwa i z tego powodu nie mogą być ujawnione bez zgody podmiotu finansującego prace (PGNiG SA).

## ORZELEK GN-1

Lokalizacja ( ): 53 33'10" 17 26'22"  
Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 633086.92 Y: 396466.74  
Wysokość n.p.m.: 162 m  
Data rozpoczęcia 12-11-1967; data zakończenia: 7-03-1968  
Głębokość końcowa: 1895,5 m  
Jednostka strukturalna: Wał Pomorski  
Struktura: Orzełek

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	84	84	czwartorzęd	piaski, iły
2	84	220,5	136,5	„trzeciorzęd”	piaski, iły, węgle
3	220,5	361	140,5	kreda górna	iłowce, mułowce
4	361	415	54	kreda dolna	piaskowce, mułowce
5	415	835	420	jura górna	wapienie, iłowce, mułowce
6	835	960	125	jura środkowa	piaskowce, iłowce, mułowce
7	960	1142,5	182,5	jura dolna	piaskowce, iłowce
8	1142,5	1381	238,5	trias górny	iłowce, piaskowce
9	1381	1511	130	trias środkowy	wapienie, iłowce, margle
10	1511	1895,5	384,5	trias dolny	iłowce, piaskowce, mułowce, anhydryty

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
311	316	łyżka	perforacja	woda słabozmineralna	kreda
855	860	łyżka	perforacja	woda słabozmineralna	jura

## SOKOLE-1

Lokalizacja ( ): 53 39'21" 17 01'39"  
Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 645222.50 Y: 369559.96  
Wysokość n.p.m.: 165 m  
Data rozpoczęcia 14-01-1989; data zakończenia: 7-09-1989  
Głębokość końcowa: 4075 m  
Jednostka strukturalna: Niecka Pomorska  
Struktura: Sokole  
Dane dotyczące otworu **Sokole 1** nie są własnością Skarbu Państwa i z tego powodu nie mogą być ujawnione bez zgody podmiotu finansującego prace (PGNiG SA).

## WITKOWO-1

Lokalizacja ( ): 53 31'18" 17 27'10"  
Współrzędne topograficzne Układ 1992X: 629606.66 Y: 397329.82  
Wysokość n.p.m.: 150 m  
Data rozpoczęcia 6-03-1972; data zakończenia: 31-05-1972  
Głębokość końcowa: 3500 m  
Jednostka strukturalna: Wał Pomorski  
Struktura: Witkowo

Profil stratygraficzny otworu					
L.p.	Strop [m]	Spąg [m]	Miąższość [m]	Stratygrafia	Litologia
1	0	95	95	czwartorzęd	piaski, iły, gliny
2	95	222,5	127,5	„trzeciorzęd”	piaski, iły, mułowce
3	222,5	647,5	425	jura górna	wapienie, iłowce, mułowce
4	647,5	799	151,5	jura środkowa	wapienie, wapienie margliste
5	799	1145	346	jura dolna	piaskowce, iłowce, mułowce
6	1145	1353,5	208,5	trias górny	iłowce, mułowce
7	1353,5	1483	129,5	trias środkowy	wapienie, wapienie dolomityczne, iłowce, mułowce, margle
8	1483	2432,5	949,5	trias dolny	iłowce, piaskowce, mułowce, mułowce wapieniste
9	2432,5	3500	1067,5	cechsztyn	dolomity, anhydryty, sole kamienne

Przebieg prób złożowych.

Strop [m]	Spąg [m]	Metoda	Udostępnienie	Przyptyw	Poziom
702	707	pr. rurowy złoża	perforacja	woda słabo zmineralizowana	jura
1209	1219	pr. rurowy złoża	perforacja	woda zmineralizowana	trias
1491	1496	pr. rurowy złoża	perforacja	solanka	trias

1800	1890	pr. rurowy złoże	odstłn. pd rurami	solanka	trias
2049	2081	pr. rurowy złoże	odstłn. pd rurami		trias

## 9. CHARAKTERYSTYKA HYDRODYNAMICZNA I HYDROCHEMICZNA POZIOMÓW ZBIORNIKOWYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM

DEBRZNO IG-1

Celem opróbowania było wydzielenie poziomów o najlepszych warunkach zbiornikowych. Zbadano w sumie pięć poziomów, w utworach dewonu górnego, permu i triasu dolnego. Dla każdego badanego poziomu zbiornikowego przeprowadzono pomiary przyływu oraz określono pozostałe parametry złożowe potrzebne do charakterystyki warunków ciśnieniowych. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, iż tylko dwa z pięciu badanych poziomów wykazują dobre własności kolektorskie.

Opróbowanie poziomów zbiornikowych przeprowadzono w trakcie wiercenia oraz po jego zakończeniu (przez perforację rur) przy użyciu próbników rurowych typu Halliburton.

### Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 4132,8–4118,7 m – perm (czerwony spągowiec): wapienie, piaskowce

Badanie próbnikiem Halliburton wykonano przy przeciwcisnieniu 2500 m słupa wody w otworze (63% depresji). Nie uzyskano przyływu.

### Przebieg badania:

I okres przyływu: ciśnienie  $253,99 \cdot 10^5$ – $253,99 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (259,0-259,0 at.), czas 60 min.

I okres odbudowy: ciśnienie  $253,99 \cdot 10^5$ – $359,90 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (259,0-367,0 at.), czas 150 min.

Po otwarciu zaworu hydraulicznego nie zaobserwowano objawów przyływu na głowicy. W czasie okresu przyływu brak wzrostu ciśnienia na diagramie manometru. W czasie okresu odbudowy na manometrze zarejestrowano słaby wzrost ciśnienia. Ciśnienie denne w głębokości zamontowania manometru (4132 m) wynosi  $P_d = 359,90 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (367 at.).

Poziom nie wykazuje własności kolektorskich.

### Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 4260,0–4107,0 m – dewon i perm (czerwony spągowiec): wapienie, piaskowce

Z interwału odstłnionego pod rurami w głębokości 4260-4114 m uzyskano przepływ solanki zgazowanej gazem palnym w ilości 1,7 m<sup>3</sup>/h. Następnie doperforowano rury <sup>177,8</sup> mm do głębokości 4107 m, obejmując wapień cechsztyński. Badanie przeprowadzono próbnikiem Halliburton przy przeciwcisnieniu 1300 m słupa wody wypełniającego przewód wiertniczy (75% depresji).

### Przebieg badania:

I okres przyływu: ciśnienie  $139,45 \cdot 10^5$ – $318,12 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (142,2–324,4 at.), czas 445 min.

I okres odbudowy: ciśnienie  $318,12 \cdot 10^5$ – $543,58 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (324,4–554,3 at.), czas 355 min.

W czasie okresu przyływu do przewodu dopłynęło 2120 l płuczki oraz 10 418 l solanki zgazowanej gazem palnym. Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe w głębokości zamontowania manometru (tj. 4062 m) wynosi  $552,11 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (563 at.), a w stropie perforacji (tj. 4107 m)  $P_{d_s} = 557,01 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (568 at.). Efektywny współczynnik przepuszczalności wyniósł  $k = 0,15$  md, a promień zasięgu badania  $r = 32$  m. Własności kolektorskie badanego poziomu

są słabe o czym świadczy mały przyływ oraz niski współczynnik przepuszczalności. Stwierdzono natomiast nieco podwyższony gradient ciśnienia, który wynosi 1,38 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Badany poziom zlikwidowano wykonując korek cementowy.

W wyniku badania uzyskano przyływ solanki (Tab. 9.1).

Tabela 9.1.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	145,563	4104,88	98,998
Br <sup>-</sup>	0,908	11,36	0,274
I <sup>-</sup>	0,004	0,03	0,001
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,067	1,10	0,027
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,395	29,04	0,700
Aniony razem	147,937	4146,41	100,000
Na <sup>+</sup>	78,000	3392,84	81,241
K <sup>+</sup>	1,585	40,53	0,970
Ca <sup>2+</sup>	13,041	650,75	15,582
Mg <sup>2+</sup>	1,118	91,97	2,202
Fe <sup>3+</sup>	0,004	0,20	0,005
Mn <sup>2+</sup>	<0,001	0,01	–
Kationy razem	93,748	4176,30	100,000

pH: 7,0  
Ciężar właściwy: 1,1637 g/cm<sup>3</sup>  
Mineralizacja: 241,2 g/dm<sup>3</sup>

Metamorfizm wody jest słaby, co wyraża stosunek rNa<sup>+</sup>:rCl<sup>-</sup> równy 0,83. Podwyższone wartości pierwiastków biofilnych (bromu i jodu) oraz dość niski wskaźnik przebiegu procesów redukcyjnych, wyrażony stosunkiem rSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:100:rCl<sup>-</sup> równy 0,71, pozwalają przypuszczać, że w utworach badanego poziomu mogą występować nagromadzenia substancji organicznych. Ogólnie, w oparciu o wskaźniki hydrochemiczne należy stwierdzić, iż warunki dla zachowania złóż węglowodorów są słabe, co zostało także potwierdzone wskaźnikami hydrodynamicznymi.

W wyniku odgazowania solanki uzyskano czysty gaz (Tab. 9.2).

Tabela 9.2.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	72,9142	523,014
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,6824	9,230
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1418	2,835
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0083	0,222
H <sub>2</sub>	0,3741	0,336
CO <sub>2</sub>	0,2052	4,054
Ar	0,0132	0,236
He	0,0092	0,017
N <sub>2</sub>	25,6516	320,325
Razem	100,0000	860,269

Gęstość gazu zan. pow.: 0,701  
Gęstość gazu czystego: 0,666  
Zaw. pow. z ilości O<sub>2</sub>: 10,7661 % obj.  
N<sub>2</sub> nadmiarowy: 22,8900 % obj.

W wyniku badania stwierdzono gaz ziemny bezgazolinowy o zawartości sumy węglowodorów 73,7467 %, sumy składników palnych 74,1208 %, sumy gazów szlachetnych 0,0224 % i C<sub>3+</sub> 3,057 g/Nm<sup>3</sup>.

Poziom 3755–3730 m – perm (cechsztyń – dolomit główny): dolomity

Z interwału perforowanego nie uzyskano przypiływu. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża Halliburton przy przeciwcisnieniu 1000 m słupa wody wypełniającego przewód wiertniczy.

Przebieg badania:

I okres przypiływu: ciśnienie  $129,25 \cdot 10^5$ – $129,44 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (131,8–132,0 at.), czas 562 min.

I okres odbudowy: ciśnienie  $129,44 \cdot 10^5$ – $220,64 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (132,0–225,0 at.), czas 515 min.

Ciśnienie denne niestatyczne wynosi  $Pd = 220,64 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (tj. 225 at.). Ponieważ ciśnienie odbudowuje się bardzo słabo nie uzyskano wartości z której można by ekstrapolować ciśnienie złożowe. W czasie okresu przypiływu do przewodu dopłynęło około 444 l płuczki. Poziom dolomitu głównego wykazuje całkowity brak własności kolektorskich, choć w otworach sąsiednich (Człuchów IG-2 i IG-2 bis), położonych na północ od badanego otworu, poziom dolomitu głównego charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami zbiornikowymi, co jest udokumentowane dużymi wartościami samowypływów, dochodzącymi do 200 m<sup>3</sup>/h. Wyniki uzyskane z tak blisko położonych od siebie otworów świadczą o dużej zmienności własności zbiornikowych badanego poziomu, którego dobre własności kolektorskie są związane głównie ze szczelinowością dolomitów.

Badany poziom zlikwidowano wykonując korek cementowy.

W wyniku odgazowania płuczki w laboratorium stwierdzono minimalne zawartości gazu (Tab. 9.3). Jest to gaz azotowy z niewielką domieszką metanu.

Tabela 9.3.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	3,5034	25,130
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,1509	2,041
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0361	0,722
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,0065	0,124
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0231	0,618
CO <sub>2</sub>	0,6497	12,836
Ar	0,1278	2,280
N <sub>2</sub>	95,5025	1194,450
Razem	100,0000	1238,201
Gęstość gazu zan. pow.: 0,992		
Gęstość gazu czystego: 0,957		
Zaw. pow. z ilości O <sub>2</sub> : 86,1477 % obj.		
N <sub>2</sub> nadmiarowy: 13,2293 % obj.		

W wyniku badania stwierdzono gaz o bardzo wysokiej zawartości azotu, zawierający ponadto węglowodory (aż do śladowych zawartości pentenów) oraz dwutlenek węgla i argon. Suma węglowodorów wynosi 3,7200 % a C<sub>3+</sub> 1,464 g/Nm<sup>3</sup>.

Poziom 2267–2250 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce, mułowce

Z interwału perforowanego uzyskano przypiływ solanki zgazowanej gazem palnym w ilości 2,23 m<sup>3</sup>/h. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża przy 100% depresji.

Przebieg badania:

I okres przypiływu: ciśnienie  $33,53 \cdot 10^5$ – $40,20 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 5 min.

I okres odbudowy: ciśnienie  $40,20 \cdot 10^5$ – $218,50 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 60 min.

II okres przypiływu: ciśnienie  $44,42 \cdot 10^5$ – $197,89 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 386 min.

II okres odbudowy: ciśnienie  $197,89 \cdot 10^5$ – $216,23 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 483 min.

Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe w głębokości stropu perforacji wynosi  $Pd_s = 220,15 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (tj. 224,5 at.). Współczynnik przepuszczalności wyniósł  $k = 5,3$  md, a promień zasięgu badania  $r = 84$  m. Opróbowany poziom posiada stosunkowo dobre własności kolektorskie. Badany poziom zlikwidowano wykonując korek cementowy.

W wyniku badania uzyskano przypiływ solanki (Tab. 9.4).

Tabela 9.4.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	129,606	3654,89	99,195
Br <sup>-</sup>	1,317	16,48	0,447
I <sup>-</sup>	0,011	0,08	0,002
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,064	1,05	0,028
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,580	12,08	0,328
Aniony razem	131,578	3684,58	100,000
Na <sup>+</sup>	51,000	2218,40	66,513
K <sup>+</sup>	0,601	15,37	0,460
Ca <sup>2+</sup>	18,715	933,88	28,000
Mg <sup>2+</sup>	2,030	166,99	5,007
Fe <sup>3+</sup>	0,006	0,32	0,010
Mn <sup>2+</sup>	0,009	0,33	0,010
Kationy razem	72,361	3335,29	100,000
pH: 7,0			
Ciężar właściwy: 1,1471 g/cm <sup>3</sup>			
Mineralizacja: 212,5 g/dm <sup>3</sup>			

Skład chemiczny solanki wskazuje na istnienie strefy wód o dobrym stopniu metamorfizmu, co wyraża stosunek rNa:rCl = 0,61 oraz Cl:Br = 98,41. Na uwagę zasługują podwyższone wartości jodu i bromu. Znacznie podwyższone wartości pierwiastków biofilnych, a także niski wskaźnik przebiegu procesów redukcyjnych, wyrażony stosunkiem rSO<sub>4</sub>·100/rCl = 0,33, wskazują na możliwość nagromadzenia substancji bitumicznych w otworach badanego poziomu. Na podstawie wskaźników hydrochemicznych należy pozytywnie ocenić warunki dla zachowania się złóż węglowodorów w tym poziomie.

W wyniku odgazowania solanki w laboratorium uzyskano śladowe ilości gazu (Tab. 9.5).

Tabela 9.5.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	0,4101	2,942
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0088	0,119
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,0021	0,028
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0024	0,048
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,0012	0,023
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0011	0,029
CO <sub>2</sub>	0,4593	9,074
Ar	0,0353	0,630
He	0,1266	0,228
N <sub>2</sub>	98,9543	1237,621
Razem	100,0012	1250,742
Gęstość gazu zan. pow.: 0,970		
Gęstość gazu czystego: 0,967		
Zaw. pow. z ilości O <sub>2</sub> : 11,3388 % obj.		
N <sub>2</sub> nadmiarowy: 87,7330 % obj.		

W wyniku badania stwierdzono gaz zawierający azot, węglowodory (aż do śladowych zawartości pentanów), dwutlenek węgla i gazy szlachetne. Gaz charakteryzuje się bardzo wysoką zawartością azotu i podwyższoną zawartością helu. Suma węglowodorów wynosi 0,4257 %, suma gazów szlachetnych 0,1619 %, a zawartość  $C_{3+}$  0,1 g/Nm<sup>3</sup>.

Poziom 1783–1769 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce  
Z interwału perforowanego uzyskano przyływ solanki zgazowanej gazem niepalnym w ilości 4,88 m<sup>3</sup>/h. Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża przy zastosowaniu 100% depresji.

Przebieg badania:

I okres przyływu: ciśnienie  $59,62 \cdot 10^5$ – $75,51 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 9 min.

I okres odbudowy: ciśnienie  $75,51 \cdot 10^5$ – $170,43 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 98 min.

II okres przyływu: ciśnienie  $82,86 \cdot 10^5$ – $169,85 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup>, czas 450 min.

Wyekstrapolowane ciśnienie złożowe w głębokości stropu perforacji wynosi  $P_{ds} = 172,10 \cdot 10^5$  N/m<sup>2</sup> (tj. 175,5 at.). Współczynnik przepuszczalności w strefie drenażu wynosi  $k = 53,1$  md, a w strefie przyodwiertowej  $k = 30,9$  md. W strefie przyodwiertowej jest możliwe niewielkie uszkodzenie wynikające z dodatniego skin efektu, który wynosi  $s = +5,39$ . Promień zasięgu badania wynosi  $r = 219$  m. Opróbowany poziom posiada dobre własności zbiornikowe skał. Badany poziom zlikwidowano wykonując korek cementowy, a następnie otwór zlikwidowano do wierzchu.

W wyniku badania uzyskano przyływ solanki (Tab. 9.6).

Tabela 9.6.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	107,880	3042,19	98,530
Br <sup>-</sup>	0,604	7,56	0,245
I <sup>-</sup>	0,013	0,10	0,003
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,116	1,90	0,062
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,720	35,81	1,160
Aniony razem	110,333	3087,56	100,000
Na <sup>+</sup>	47,500	2066,16	71,880
K <sup>+</sup>	2,535	64,82	2,255
Ca <sup>2+</sup>	11,548	576,25	20,047
Mg <sup>2+</sup>	2,030	166,99	5,809
Fe <sup>3+</sup>	0,004	0,21	0,007
Mn <sup>2+</sup>	0,001	0,05	0,002
Kationy razem	63,618	2874,48	100,000
pH: 7,0 Ciężar właściwy: 1,1297 g/cm <sup>3</sup> Mineralizacja: 175 g/dm <sup>3</sup>			

Wody z badanego poziomu charakteryzują się dobrym stopniem metamorfizmu wyrażonym stosunkiem rNa:rCl = 0,68. Z pierwiastków biofilnych jod wykazuje znacznie podwyższoną wartość 13,1 mg/l. Dane hydrochemiczne wskazują, że możliwość nagromadzenia węglowodorów w utworach badanego poziomu jest słaba.

W wyniku odgazowania solanki w laboratorium uzyskano minimalne ilości gazu (Tab. 9.7).

Tabela 9.7.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	0,3074	2,205
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0160	0,216
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,0030	0,041
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0021	0,042
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,0012	0,023

C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	ślady	–
H <sub>2</sub>	0,0313	0,028
CO <sub>2</sub>	0,5634	11,131
Ar	0,0376	0,671
He	0,1475	0,266
N <sub>2</sub>	98,8905	1236,823
rapdefaultRazem	100,0000	1251,446
Gęstość gazu zan. pow.: 0,970 Gęstość gazu czystego: 0,968 Zaw. pow. z ilości O <sub>2</sub> : 10,0882 % obj. N <sub>2</sub> nadmiarowy: 88,9142 % obj.		

W wyniku badania stwierdzono gaz zawierający azot, węglowodory (aż do śladowych zawartości butanów) oraz dwutlenek węgla, wodór i gazy szlachetne. Gaz charakteryzuje się bardzo wysoką zawartością azotu i podwyższoną zawartością helu. Zawartości sumy węglowodorów wynosi 0,3297 %, suma składników palnych 0,3610 %, suma gazów szlachetnych 0,1851 % i zawartość  $C_{3+}$  0,065 g/Nm<sup>3</sup>.

#### Podsumowanie

Opróbowanie otworu przeprowadzono zgodnie z projektem prób. Na podstawie wskaźników hydrodynamicznych i hydrochemicznych należy stwierdzić, iż badane poziomy mają, z wyjątkiem utworów dewonu, raczej niekorzystne warunki dla zachowania się złóż węglowodorów. Najlepsze właściwości zbiornikowe wykazują piaskowce triasu dolnego. Perspektywiczne poziomy dolomitu głównego oraz czerwonego spągowca wykazują bardzo słabe własności zbiornikowe skał, co jest potwierdzone całkowitym brakiem przyływu i niskim ciśnieniem złożowym. Poziomy dewonu zbadane łącznie z czerwonym spągowcem wykazały istnienie anomalnych ciśnień złożowych o gradientie wynoszącym 1,38 kg/cm<sup>2</sup>/10 m. Warunki ciśnieniowe w pstry piaskowcu są już normalne, a wartości ciśnień złożowych są nieco wyższe od ciśnienia hydrostatycznego.

W profilu hydrochemicznym stwierdzono wyraźny wzrost mineralizacji wraz z głębokością:

1783 m	pstry piaskowiec	175,0 g/l
2250 m	pstry piaskowiec	212,5 g/l
4260 m	dewon	241,2 g/l

Solanki dewonu były silnie zgazowane gazem palnym o zawartości 73% metanu. Poza tym nie stwierdzono podwyższonych zawartości węglowodorów.

Na podstawie wskaźników hydrochemicznych (Tab. 9.8) wydzielono tylko jeden poziom, który posiada dosyć dobre warunki dla zachowania się złóż węglowodorów. Najlepsze warunki dla zachowania się złóż węglowodorów mają utwory dewonu.

Tabela 9.8.

Badany poziom [m]	Wskaźniki hydrochemiczne						
	rNa/rCl	rCl-rNa/rMg	rCa/rMg	Cl/Br	rSO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /100/rCl	rNa/rK	Br/I
4260,0–4107,0	0,83	7,74	7,08	160,31	0,71	83,71	206,36
2267,0–2250,0	0,61	8,60	5,59	98,41	0,33	144,33	123,08
1769,0–1783,0	0,68	5,84	3,45	178,61	1,18	31,88	46,11

#### CZŁUCHÓW IG-1

Głównym celem opróbowania było zbadanie poziomów zbiornikowych pod kątem występowania złóż węglowodorów. Dodatkowym aspektem było uzyskanie wyników hydrochemicznych potrzebnych do oceny możliwości zachowania się złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Do badań wytypowano poziomy wapieni dewonu górnego wykazujące

nieznaczące objawy bitumiczne w rdzeniu wiertniczym. Opróbowanie przeprowadzono po zakończeniu wiercenia.

Poziom 3645,0–3625,0 m – dewon

Opróbowany interwał udostępniono przez perforację rur. Płyn z otworu wytłoczono kompresorem. Łącznie wydobyto około 21 m<sup>3</sup> płynu nie uzyskując przyływu wody złożowej. Wobec braku przyływu przeprowadzono dalsze wytlaczanie kompresorem podejrzewając nieszczelność rur. W kolejnych dniach przystąpiono do szczypania płynu łyżką wiertniczą. Wydobyto około 194 m<sup>3</sup> płynu. Średnia głębokość lustra płynu w otworze w czasie szczypania wynosiła 104,0 m. W wyniku opróbowania uzyskano silny przyływ solanki z przetarcia rur w głębokości 1174,5 m i 1470,0 m, co zostało potwierdzone badaniami geofizycznymi.

Poziom 1174,5 i 1470,0 m – trias górny, jura dolna: piaskowce

Opróbowano horyzonty odsłonięte przez przetarcie rur. Po czerpaniu dwóch objętości otworu poziom płynu ustabilizował się na głębokości 105,7 m. Średni przyływ wynosił 3,6 m<sup>3</sup>/h przy depresji 11,0 m. Z głębokości 1060,0 m pobrano próbkę solanki (Tab. 9.9) i gazu do analizy laboratoryjnej. Jest to solanka o dosyć słabym stopniu przemian hydrochemicznych, na co wskazuje stosunek rNa/rCl = 0,81. Niski wskaźnik Cl/Br = 280 oraz nieco podwyższona zawartość jodu (3 mg/dm<sup>3</sup>) wskazują na pewne cechy wód sedimentacyjnych. Po zakończeniu badań przetarcia rur uszczelniono cementem.

Tabela 9.9.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>
Cl <sup>-</sup>	35,300	995,0
Br <sup>-</sup>	0,124	1,6
I <sup>-</sup>	0,003	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,183	3,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,630	13,1
Aniony razem	36,240	1012,7
Fe <sup>3+</sup>	0,011	0,6
Ca <sup>2+</sup>	2,146	106,6
Mg <sup>2+</sup>	0,880	72,4
Na <sup>+</sup>	18,500	804,0
K <sup>+</sup>	0,215	5,5
Kationy razem	21,752	989,1
pH: 7 Ciężar właściwy: 1,0422 g/cm <sup>3</sup> Mineralizacja: 58,0 g/dm <sup>3</sup>		

Poziom 3295,0–3235,0 m – dewon: wapienie

Poziom do badań udostępniono przez perforację w interwałach 3295,0–3270,0 m i 3245,0–3235,0 m. Po zabiegu kwasowania przystąpiono do wytlaczania płynu z otworu. Łącznie wydobyto 382 m<sup>3</sup> płynu. Średni przyływ wynosił 3,2 m<sup>3</sup>/h przy depresji 150,0 m i poziomie hydrostatycznym ustalonym na głębokości 146,0 m. Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym. Z głębokości 2500,0 i 1400,0 m pobrano próbki solanki do analizy laboratoryjnej (Tab. 9.10). Solanka odznacza się stosunkiem rNa/rCl = 0,70 oraz bardzo wysoką wartością wskaźnika Cl/Br = 3900. Świadczy to o powiązaniu genetycznym tych wód z pokładami soli cechsztyńskich. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość połączenia po kwasowaniu horyzontów dewonu i triasu.

Tabela 9.10.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>
Cl <sup>-</sup>	62,400	1759,0
Br <sup>-</sup>	0,016	0,2
I <sup>-</sup>	0,006	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,134	2,2
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2,200	46,2
Aniony razem	64,756	1807,6
Fe <sup>3+</sup>	0,016	0,9
Ca <sup>2+</sup>	6,600	330,0
Mg <sup>2+</sup>	1,650	135,0
Na <sup>+</sup>	28,500	1239,0
K <sup>+</sup>	0,300	7,7
Kationy razem	37,066	1712,6
pH: 6 Ciężar właściwy: 1,0744 g/cm <sup>3</sup> Mineralizacja: 99,5 g/dm <sup>3</sup>		

Poziom 3085,0–3015,0 m – dewon: wapienie

Poziom do badań udostępniono przez perforację w interwałach 3085,0–3060,0 m, 3050,0–3040,0 m i 3025,0–3015,0 m. Płyn z otworu wytłoczono kompresorem. Łącznie wydobyto 155,8 m<sup>3</sup> płynu uzyskując przyływ solanki (Tab. 9.11). Średni przyływ wynosił 11,6 m<sup>3</sup>/h przy depresji 1593,0 m i poziomie hydrostatycznym ustalonym na głębokości 142,0 m. Pobrana próba przedstawia analogiczną solankę jak z poprzedniego horyzontu (anomalnie niska zawartość bromu), co świadczy o ich połączeniu i pochodzeniu wody z triasu lub permu. Po zakończeniu badania otwór zlikwidowano.

Tabela 9.11.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>
Cl <sup>-</sup>	58,860	1660,0
Br <sup>-</sup>	0,015	0,2
I <sup>-</sup>	0,005	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,146	2,4
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,870	39,0
Aniony razem	60,896	1701,6
Ca <sup>2+</sup>	6,556	327,0
Mg <sup>2+</sup>	1,680	138,0
Na <sup>+</sup>	26,250	1141,0
K <sup>+</sup>	0,280	7,2
Kationy razem	34,766	1613,2
pH: 6 Ciężar właściwy: 1,0728 g/cm <sup>3</sup> Mineralizacja: 97,0 g/dm <sup>3</sup>		

#### Podsumowanie

Opróbowanie nie spełniło postawionego mu zadania, ponieważ z przyczyn technicznych nie można było zbadać perspektywicznych osadów dewonu. Uzyskane wyniki nie są pełni miarodajne z uwagi na komplikacje w trakcie opróbowania związane z przetarciem rur okładzinowych oraz ich złym zacementowaniem, a także połączeniem horyzontów dewonu i triasu (pstręgo piaskowca) po zabiegu kwasowania. Spowodowało to silny dopływ solanek z utworów triasu lub permu. Są to solanki o słabym stopniu metamorfizmu co

świadczy o niezbyt korzystnych warunkach dla zachowania się złóż węglowodorów.

#### WITKOWO-1

Celem opróbowania było poznanie warunków kolektorskich i stopnia nasycenia kolektorów występujących w przewiercanym profilu.

##### Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 1496,0–1515,0 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale odsoniętym pod rurami. Wynik opróbowania był negatywny z powodu nieuszczelnienia pakera.

Poziom 2049,3–2081,0 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale odsoniętym pod rurami. W wyniku opróbowania stwierdzono brak przyływu oraz brak śladów bituminów. Początkowe ciśnienie złożowe wynosiło  $P_z = 216,5$  atm. Przepuszczalność badanego poziomu jest znikoma. Strefa przyodwiertowa nie została uszkodzona. Temperatura badanego poziomu wynosi  $47^\circ\text{C}$ .

##### Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 1890,0–1800,0 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale odsoniętym pod rurami. W wyniku opróbowania w czasie 42 min. stwierdzono przyływ płynu złożowego w ilości  $9,5\text{ m}^3$  bez śladów bituminów. Wydajność przyływu wynosiła  $13,7\text{ m}^3/\text{h}$ . Początkowe ciśnienie złożowe wynosiło  $P_z = 180,5$  atm. Opróbowany poziom posiada dobre cechy kolektorskie. Strefa przyodwiertowa nie została uszkodzona. Temperatura badanego poziomu wynosi  $47^\circ\text{C}$ . Z powodu dużej alkaliczności wody wykonano jedynie analizę skróconą. Woda odznaczała się odczynem  $\text{pH} = 10$ , ciężarem właściwym  $1,086\text{ g/cm}^3$  i zawartością:  $\text{Cl} - 73,0476\text{ g/dm}^3$ ,  $\text{Ca} - 3,4867\text{ g/dm}^3$ ,  $\text{Mg} - 0,1300\text{ g/dm}^3$ ,  $\text{CO}_3^{2-} - 0,1560\text{ g/dm}^3$  i  $\text{HCO}_3 - 0,0610\text{ g/dm}^3$ . Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Poziom 1496,0–1491,0 m – trias (pstry piaskowiec): piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale perforowanym. W wyniku opróbowania w czasie 26 min. stwierdzono przyływ solanki w ilości  $5,6\text{ m}^3$  bez śladów bituminów (Tab. 9.12). Wydajność przyływu wynosiła  $12,8\text{ m}^3/\text{h}$ . Początkowe ciśnienie złożowe wynosiło  $P_z = 144$  atm. Badany poziom odznacza się wysoką przepuszczalnością przy uszkodzeniu strefy przyodwiertowej. Temperatura w opróbowanym horyzoncie wynosi  $41^\circ\text{C}$ . Poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Tabela 9.12.

Składnik wody	$\text{g/dm}^3$	$\text{mval/dm}^3$	% mval
$\text{Cl}^-$	32,8247	925,6565	90,286
$\text{Br}^-$	0,1531	1,9152	0,186
$\text{HCO}_3^-$	0,0854	1,3997	0,136
$\text{CO}_3^{2-}$	0,0480	1,5998	0,156
$\text{SO}_4^{2-}$	4,5476	94,6810	9,236
Aniony razem	37,6588	1025,2522	100,000
$\text{NH}_4^+$	0,0007	0,0388	0,004
$\text{Ca}^{2+}$	2,8244	140,9400	13,746

$\text{Mg}^{2+}$	0,4727	38,8800	3,792
$\text{Na}^+$	19,4432	845,3934	82,458
Kationy razem	22,7410	1025,2522	100,000
pH: 8,5 Ciężar właściwy: $1,042\text{ g/cm}^3$ Mineralizacja: $64,53\text{ g/dm}^3$			

Poziom 1219,0–1209,0 m – trias (kajper): iłowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale perforowanym. W wyniku opróbowania w czasie 33 min. stwierdzono przyływ wody silnie zmineralizowanej w ilości  $7\text{ m}^3$  bez śladów bituminów (Tab. 9.13). Wydajność przyływu wynosiła  $12,85\text{ m}^3/\text{h}$ , a początkowe ciśnienie złożowe  $P_z = 116$  atm. Badany interwał odznacza się dobrą przepuszczalnością. Strefa przyodwiertowa nie została uszkodzona. Temperatura badanego poziomu wynosi  $35^\circ\text{C}$ . Poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Tabela 9.13.

Składnik wody	$\text{g/dm}^3$	$\text{mval/dm}^3$	% mval
$\text{NO}_2^-$	0,0050	–	–
$\text{Cl}^-$	16,2783	459,0480	94,742
$\text{Br}^-$	0,0333	0,4165	0,086
$\text{HCO}_3^-$	0,2013	3,2993	0,680
$\text{CO}_3^{2-}$	0,0180	0,5999	0,124
$\text{SO}_4^{2-}$	1,0165	21,1635	4,368
Aniony razem	17,5524	484,5272	100,000
$\text{NH}_4^+$	0,0006	0,0333	0,008
$\text{Ca}^{2+}$	0,9839	48,6000	10,030
$\text{Mg}^{2+}$	1,0637	87,4700	18,052
$\text{Na}^+$	8,0134	348,4239	71,910
Kationy razem	10,0616	484,5272	100,000
pH: 8 Ciężar właściwy: $1,017\text{ g/cm}^3$ Mineralizacja: $30,8\text{ g/dm}^3$			

Poziom 707,0–702,0 m – jura środkowa: mułowce

Opróbowanie przeprowadzono rurowym próbnikiem złoża typu KII-2-146 w interwale perforowanym. W wyniku opróbowania stwierdzono przyływ  $1650\text{ l}$  płynu bez śladów bituminów (Tab. 9.14). Wydajności przyływu nie określono ze względu na nieciągłość dopływu wody spowodowaną zatłaniem piaskiem przelotów w próbniku. Początkowe ciśnienie złożowe wynosiło  $P_z = 66$  atm. Opróbowany poziom posiada dobre cechy kolektorskie. Ponieważ uzyskano wodę zwykłą (używaną do płukania otworu), z niewielką domieszką wody nieznacznie zmineralizowanej, postanowiono powtórzyć opróbowanie. Wskutek zaników wody podczas płukania otworu ostatecznie jednak zrezygnowano z dalszych badań i zlikwidowano otwór.

Tabela 9.14.

Składnik wody	$\text{g/dm}^3$	$\text{mval/dm}^3$	% mval
$\text{NO}_2^-$	0,0082	–	–
$\text{Cl}^-$	2,4223	68,3088	72,874
$\text{Br}^-$	0,0599	0,7493	0,798
$\text{HCO}_3^-$	0,5002	8,1982	8,746
$\text{CO}_3^{2-}$	0,0240	0,7999	0,854
$\text{SO}_4^{2-}$	0,7531	15,6795	16,728

Aniony razem	3,7677	93,7357	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0003	0,0166	0,018
Ca <sup>2+</sup>	0,0272	1,3608	1,452
Mg <sup>2+</sup>	0,0130	1,0692	1,140
Na <sup>+</sup>	2,0995	91,2891	97,390
Kationy razem	2,1400	93,7357	100,000
pH: 8,0 Ciężar właściwy: 1,003 g/cm <sup>3</sup> Mineralizacja: 6,4 g/dm <sup>3</sup>			

## CZŁUCHÓW IG-2 I CZŁUCHÓW IG-2BIS

Celem opróbowania otworów było zbadanie perspektywicznych poziomów cechsztynu oraz poziomów zbiornikowych w obrębie skał podłoża cechsztyńskiego.

Człuchów IG-2

Poziom 3082,0–3083,2 m – perm (cechszty): dolomity

W omawianym interwale nawiercono złożę silnie zgazowanej solanki o dużym ciśnieniu, które uniemożliwiło przeprowadzenie opróbowania. Udało się jedynie oczyścić solankę z płuczki, przeprowadzić pomiar wydajności i ciśnienia głowicowego oraz pobrać do analizy próbkę wody (Tab. 9.15) i gazu (Tab. 9.16). Wyliczona wydajność przyływu, potwierdzona pomiarami w zbiornikach na wydobytą solankę, wynosiła 200 m<sup>3</sup>/h. Po 40 min. wypływu temperatura solanki wynosiła 38°C i stale wzrastała. Ciśnienie głowicowe ustabilizowało się w wysokości 90 atm. Wyliczone ciśnienie złożowe wynosiło 466,9 atm. Badany gaz określono jako gaz ziemny bezgazolinowy.

Tabela 9.15.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	204,495	5779,46	98,798
Br <sup>-</sup>	2,737	34,25	0,585
I <sup>-</sup>	0,012	0,09	0,002
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,516	24,85	0,425
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,535	11,14	0,190
Aniony razem	209,295	5849,79	100,000
Fe <sup>3+</sup>	0,074	0,04	0,001
Ca <sup>2+</sup>	8,418	420,07	7,473
Mg <sup>2+</sup>	31,144	2561,88	45,576
Na <sup>+</sup>	54,500	2370,64	42,174
K <sup>+</sup>	10,500	268,48	4,776
Kationy razem	104,636	5621,11	100,000
pH: 7,0 Ciężar właściwy: 1,2226 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 319,5 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.16.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	50,9382	365,227
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,1758	15,909
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1624	3,236
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0506	1,355
C <sub>4</sub> H <sub>8</sub>	0,0004	0,010
C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0054	0,182
H <sub>2</sub> S	0,0066	0,010
CO <sub>2</sub>	0,0903	1,784
Ar	0,1313	2,342
He	0,0382	0,069

N <sub>2</sub>	47,4008	592,984
Razem	100,0000	983,108
Gęstość gazu zanieczyszczonego powietrzem: 0,782		
Gęstość gazu czystego: 0,760		
Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 9,3145% obj.		
Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 7,2708% obj.		

Człuchów IG-2bis

Poziom 3088,9–3093,2 m – perm (cechszty): dolomity

W omawianym interwale nawiercono złożę solanki o dużym ciśnieniu, które uniemożliwiło przeprowadzenie opróbowania. Ze względu na bezpieczeństwo nie dopuszczono do wyrzucenia płuczki z otworu, co uniemożliwiło przeprowadzenie prawidłowych pomiarów złożowych. W efekcie przerwano prace i zlikwidowano otwór.

Na podstawie obserwacji przeprowadzonych w trakcie obciążania płuczki stwierdzono, że ciśnienie złożowe jest tu znacznie wyższe niż w otworze Człuchów IG-2. Przy głębokości otworu 3091,0 m wypełnionego solanką i płuczką ciśnienie głowicowe wynosiło 170 atm. Obliczone ciśnienie złożowe<sup>3</sup> jest bardzo wysokie i wynosi 663,6 atm.

Podsumowanie

Z powodu trudnych warunków hydrogeologicznych (bardzo wysokie ciśnienie na głowicy) i tektonicznych, których nie zdołano opanować, przeprowadzenie opróbowania perspektywicznych poziomów zbiornikowych zgodnie z projektem nie było możliwe.

## RZECZENICA-2

Celem opróbowania było rozpoznanie złożowe osadów dolomitu głównego oraz określenie perspektywiczność utworów karbonu wraz ze zbadaniem mediów złożowych występujących w skałach zbiornikowych.

Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 2800,0–2840,0 m – perm (cechszty): dolomity

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami metodą dwukrotnego odciążenia przyływu:

I cykl: czas oczekiwania na przyływ 17 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 180 min.

II cykl: czas oczekiwania na przyływ 240 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 300 min.

W wyniku opróbowania w czasie 257 min. stwierdzono przyływ 1,0 m<sup>3</sup> solanki słabo zgazowanej gazem palnym z zapachem siarkowodoru (Tab. 9.17 i 9.18). Badany gaz określono jako gaz ziemny bezgazolinowo-azotowo-helowy (Tab. 9.19 i 9.20). Badany poziom ma niską przepuszczalność, nie uszkodzoną w strefie przyotworowej.

Tabela 9.17.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	209,9036	5919,2815	98,730
Br <sup>-</sup>	2,1472	26,8613	0,448
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,6840	43,9908	0,734
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,2534	5,2758	0,088
Aniony razem	214,9882	5995,4094	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,6250	90,2363	1,505
Fe <sup>3+</sup>	0,9906	53,2051	0,887
Ca <sup>2+</sup>	7,0269	350,6400	5,848
Mg <sup>2+</sup>	23,7460	1952,8700	32,573
Na <sup>+</sup>	81,6113	3548,4580	59,187

Kationy razem	114,9998	5995,4094	100,000
pH: 5,68 Ciężar właściwy: 1,223 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 330,000 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.18.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	211,2954	5958,5302	98,718
Br <sup>-</sup>	2,1738	27,1945	0,451
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,7450	44,9906	0,745
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,2484	5,1719	0,086
Aniony razem	216,4626	6035,8872	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,7250	95,7893	1,587
Fe <sup>3+</sup>	0,2802	15,0464	0,249
Ca <sup>2+</sup>	7,8076	389,6000	6,455
Mg <sup>2+</sup>	27,9504	2298,6400	38,083
Na <sup>+</sup>	74,4436	3236,8095	53,626
Kationy razem	112,2068	6035,8852	100,000
pH: 5,50 Ciężar właściwy: 1,221 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 328,670 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.19.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	52,5382	376,5938
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,0243	13,8895
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0320	0,6412
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0026	0,0693
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0019	0,0513
N <sub>2</sub>	44,2192	552,9611
htHe	0,3113	0,5556
H <sub>2</sub>	1,8705	1,6797
Razem	100,0000	946,4415
Gęstość gazu czystego: 0,732 Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 46,8389 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> z domieszki powietrza: 36,9988 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 23,5074 % obj. Ciepło spalania gazu czystego: 21,89 MJ/Nm <sup>3</sup> Wartość opałowa gazu czystego: 20,14 MJ/Nm <sup>3</sup>		

Tabela 9.20.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	54,6305	391,5914
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,9550	12,9498
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0286	0,5730
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0024	0,0640
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0022	0,0594
N <sub>2</sub>	42,0144	525,3900
htHe	0,4169	0,7441
H <sub>2</sub>	1,9500	1,7511
Razem	100,0000	933,1228
Gęstość gazu czystego: 0,721 Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 58,4104 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> z domieszki powietrza: 46,1393 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 17,4736 % obj. Ciepło spalania gazu czystego: 22,68 MJ/Nm <sup>3</sup> Wartość opałowa gazu czystego: 20,86 MJ/Nm <sup>3</sup>		

Poziom 3076,0–3142,0 m – perm (cechsztyn, czerwony spągowiec): wapienie, piaskowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami metodą dwukrotnego odciążenia przyprływu:

I cykl: czas oczekiwania na przyprływ 8 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 150 min.

II cykl: czas oczekiwania na przyprływ 20 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 160 min.

W wyniku opróbowania w czasie 28 min. stwierdzono przyprływ solanki w ilości 5,2 m<sup>3</sup> (Tab. 9.21) mocno zgazowanej gazem palnym (Tab. 9.22). Badany gaz określono jako gaz ziemny bezgazolinowo-azotowo-helowy. Horyzont ma dobrą przepuszczalność, znacznie wyższą w strefie przyotworowej niż w dalszym obszarze drenażu, co może być efektem stymulacji podczas intensywnego przyprływu.

Tabela 9.21.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	132,5603	3738,2004	99,056
Br <sup>-</sup>	1,4785	18,4960	0,491
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3355	5,4988	0,145
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,5597	11,6529	0,308
Aniony razem	134,9340	3773,8481	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0775	4,3035	0,114
Fe <sup>3+</sup>	0,1426	7,6590	0,203
Ca <sup>2+</sup>	21,9589	1095,7500	29,035
Mg <sup>2+</sup>	2,6647	219,1500	5,807
Na <sup>+</sup>	56,2784	2446,9856	64,841
Kationy razem	81,1221	3773,8481	100,000
pH: 7,35 Ciężar właściwy: 1,152 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 216,06 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.22.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	70,3536	504,2946
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,1067	28,5669
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1381	2,7671
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0107	0,2855
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0152	0,4109
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0050	0,1728
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0056	0,1936
N <sub>2</sub>	26,4007	330,1408
He	0,6335	1,1308
H <sub>2</sub>	0,3309	0,2971
Razem	100,0000	868,2601
Gęstość gazu czystego: 0,672 Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 4,5829 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> z domieszki powietrza: 3,6201 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 25,1908 % obj. Ciepło spalania gazu czystego: 29,70 MJ/Nm <sup>3</sup> Wartość opałowa gazu czystego: 27,34 MJ/Nm <sup>3</sup>		

#### Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 3132,0–3076,0 m – perm (cechsztyn, czerwony spągowiec): wapienie, piaskowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami metodą dwukrotnego odciążenia przyprływu:

I cykl: czas oczekiwania na przyływ 5 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 60 min.

II cykl: czas oczekiwania na przyływ 80 min., czas oczekiwania na wzrost ciśnienia 150 min.

W wyniku opróbowania w czasie 85 min. stwierdzono przyływ solanki w ilości 5,78 m<sup>3</sup> (Tab. 9.23 i 9.24) mocno zgazowanej gazem palnym (Tab. 9.25–27). Badany gaz określono jako gaz ziemny bezgazolinowo-azotowo-helowy. W badanym interwale poziom ma bardzo dobrą przepuszczalność, prawdopodobnie lepszą w strefie przyotworowej niż dalszym obszarze drenażu (możliwy efekt stymulacji spowodowanej przyływem).

Tabela 9.23.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	134,2051	3784,5838	98,973
Br <sup>-</sup>	1,2521	15,6637	0,409
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3172	5,1989	0,136
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,8848	18,4222	0,482
Aniony razem	136,6592	3823,8686	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0900	4,9977	0,131
Fe <sup>3+</sup>	0,0587	3,1554	0,082
Ca <sup>2+</sup>	19,8118	988,6100	25,853
Mg <sup>2+</sup>	2,4278	199,6700	5,222
Na <sup>+</sup>	60,4285	2627,4355	68,712
Kationy razem	82,8168	3823,8686	100,000
pH: 6,99 Ciężar właściwy: 1,149 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 219,50 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.24.

Składnik wody	g/dm <sup>3</sup>	mval/dm <sup>3</sup>	% mval
Cl <sup>-</sup>	133,5173	3765,1878	99,115
Br <sup>-</sup>	1,2307	15,3960	0,405
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,3294	5,3988	0,142
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,6173	12,8527	0,338
Aniony razem	135,6947	3798,8353	100,000
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,0950	5,2753	0,139
Fe <sup>3+</sup>	0,0965	5,1839	0,136
Ca <sup>2+</sup>	19,9094	993,4800	26,152
Mg <sup>2+</sup>	3,3161	272,7200	7,179
Na <sup>+</sup>	58,0077	2522,1761	66,394
Kationy razem	81,4247	3798,8353	100,000
pH: 6,70 Ciężar właściwy: 1,149 g/cm <sup>3</sup> Sucha pozostałość: 217,18 g/dm <sup>3</sup>			

Tabela 9.25.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	72,2054	517,5683
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,5811	21,4397
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1292	2,5888
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0100	0,2668
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0154	0,4163
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0043	0,1486
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0035	0,1210
N <sub>2</sub>	24,8730	311,0369
He	0,7962	1,4212

H <sub>2</sub>	0,3819	0,3429
Razem	100,0000	855,3505
Gęstość gazu czystego: 0,662 Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 22,2897 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> z domieszki powietrza: 17,6070 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 19,3289 % obj. Ciepło spalania gazu czystego: 30,06 MJ/Nm <sup>3</sup> Wartość opałowa gazu czystego: 27,67 MJ/Nm <sup>3</sup>		

Tabela 9.26.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	71,1414	509,9416
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	1,8957	25,7057
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1647	3,3001
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0129	0,3442
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0194	0,5244
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0043	0,1486
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0028	0,0968
N <sub>2</sub>	25,9354	324,3222
He	0,5520	0,9853
H <sub>2</sub>	0,2714	0,2437
Razem	100,0000	865,6126

Tabela 9.27.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm <sup>3</sup>
CH <sub>4</sub>	71,1798	510,2168
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,0324	27,5593
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,1686	3,3782
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0132	0,3522
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,0200	0,5406
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0052	0,1798
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0037	0,1279
N <sub>2</sub>	25,7790	322,3664
He	0,5410	0,9657
H <sub>2</sub>	0,2571	0,2309
Razem	100,0000	865,9178
Gęstość gazu czystego: 0,670 Zawartość powietrza z ilości O <sub>2</sub> : 2,1701 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> z domieszki powietrza: 1,7142 % obj. Zawartość N <sub>2</sub> nadmiarowego: 25,2196 % obj. Ciepło spalania gazu czystego: 30,00 MJ/Nm <sup>3</sup> Wartość opałowa gazu czystego: 27,62 MJ/Nm <sup>3</sup>		

Dane dotyczące prób złożowych w otworach: **Lipka 1, Lędyczek 1, Olszanowo 1, Sokole 1, Debrzno-2 oraz Mysłigoszcz 1** nie są własnością Skarbu Państwa i z tego powodu nie mogą być ujawnione bez zgody podmiotu finansującego prace (PGNiG SA).

## 10. DANE SEJSMICZNE NA OBSZARZE PRZETARGOWYM

### BADANIA SEJSMICZNE

Prace sejsmiczne refleksyjne w obrębie bloku 107 prowadziła głównie Geofizyka Toruń, a w latach ostatnich w wybranych rejonach – firmy, które posiadały koncesje naftowe: Apache Poland oraz CalEnergy Gas (Polska). W wyniku tego

obszar projektowanych badań pokryty jest siatką profili sejsmicznych o charakterze przeważnie półszczegółowym, pochodzących z różnych lat i różniących się znacznie osiąganymi rezultatami.

Celem wykonanych prac sejsmicznych było rozpoznanie budowy strukturalnej utworów mezozoicznych, cechsztyńskich i podcechsztyńskich. W rejonie tym za perspektywiczny uważany jest cechsztyński dolomit główny oraz piaskowce utworu P1 i karbonu oraz piaskowce i utwory węglanowe dewonu.

W związku z tym zadaniem pierwszoplanowym zrealizowanych badań było rozpoznanie tektoniki i morfologii dolomitu głównego, które odwzorowuje granica  $Z_2$  związana z serią dolomitowo-anhydrytową Stassfurtu oraz budowy utworów zalegających bezpośrednio pod cechsztynem, co przedstawia granica  $Z_1'$ . Zadanie obejmowało też rozpoznanie utworów głębszych podcechsztyńskich poprzez korelację przypuszczalnego spągu P1 zalegającego na utworach C/D oraz zasygnalizowanie możliwości przesiedlenia odbić dewońskich ( $D_3$  i  $D_2$ ). Należało także rozpoznać budowę utworów mezozoicznych, które w korzystnych warunkach mogą być interesujące ze względów poszukiwawczych przy założeniu migracji bituminów dyslokacjami z osadów podścielających.

Opracowania badań sejsmicznych wykonanych w rejonach wchodzących w zakres obszaru „Debrzno-Człuchów” są przedstawione w tabeli 10.2.

Niezależnie od w/w dokumentacji wykonano w ostatnich latach szereg geofizycznych prac o charakterze badawczo-studialnym (Dziewińska, 1997; Młynarski, 2002; Dziewińska i in., 2001; Dadlez i in. 1998; Dadlez, 2001), które częściowo dotyczą również obszaru przetargowego i stanowią źródło informacji wykorzystanej poniżej (Fig. 10.1; Tab. 10.1).

Wyniki badań przedstawione w poszczególnych dokumentacjach w formie sejsmicznych przekrojów czasowych i głębokościowych oraz map i szkiców czasowych i głębokościowych prezentują stan wiedzy o budowie geologiczno-tektonicznej rejonów badań. Przedstawiają poglądy na budowę strukturalną podkreślając znaczny udział tektoniki uskoku w budowie rejonu, a szczególnie wyznaczając strefy dyslokacyjne mające wpływ na polepszenie cech zbiornikowych. W celu ilustracji jakości wyników w niniejszym projekcie zostały przedstawione przykładowe przekroje sejsmiczne (Fig. 10.2 i 10.3).

Jakość materiałów jest bardzo zróżnicowana. Wiąże się to przede wszystkim ze skomplikowaną budową wglębną w postaci dużych zmian miąższości obserwowanych w całym przedziale głębokościowym od kredy po dewon, luk stratygraficznych, i z licznymi strefami dyslokacyjnymi. Rejon jest bardzo skomplikowany tektonicznie, refleksy są zakłócone falami dyfrakcyjnymi i ich interpretacja jest często problematyczna. Dlatego korelacja rejestrowanych refleksów z granicami geologicznymi od których pochodzą, nie jest w tym rejonie rzeczą łatwą. ródłem stratygraficznego dowiązania granic sejsmicznych są informacje geologiczne i pomiary geofizyki wiertniczej z odwiertów. Dowiązania stratygraficznego śledzonych granic sejsmicznych dokonywano na podstawie profilowań prędkościowych.

## ZAGADNIENIE PRĘDKOŚCI ŚREDNICH

Omawiany rejon jest słabo rozpoznany pod względem rozkładu prędkości średnich. Do opracowania materiałów sejsmicznych w wersji głębokościowej wykorzystano w dokumentacjach dane z odwiertów z wykonanym profilowaniem prędkości usytuowanych w rejonie badań i jego sąsiedztwie. Granice sejsmiczne dowiązane zostały do otworów znajdujących się w rejonie badań jak: Myślęgoszcz 1, Olszanowo 1, Orzełek GN 1, Człuchów IG-1, Debrzno IG-1, Sokole 1, Witkowo 1, Debrzno 2. Ponadto wykorzystywano pośrednio dane z otworów leżących w sąsiedztwie – Zabartowo 1 i Zabartowo 2, Rzeczenica 1, Bielica 1, Rzeczenica 2.

Przykład interpretacji pomiarów prędkości średnich przedstawiono dla otworu Człuchów IG-1 (Fig. 10.4) opracowanego w cyklu Profili Głębokich Otworów Wiertniczych PIG (Dembowska, 1977). Na rysunku występuje dobra zgodność prędkości interwałowych i kompleksowych, co świadczy o poprawnych wartościach tych ostatnich, które dla poszczególnych utworów geologicznych wynoszą: kreda – 2400 m/s, jura – 2800 m/s, trias – 2800 m/s i 4100 m/s, perm – 5300 m/s, dewon – 5300 m/s i 4300 m/s.

Analiza krzywych profilowania prędkościowego w interwale cechsztyńskim wykazała ścisłą korelację wartości prędkości i litologii. Na krzywych ilościowo dominuje prędkość ok. 4500 m/s odpowiadająca we wszystkich cyklotemach solom. Obszary podwyższonej prędkości odpowiadają anhydrytom i dolomitom, a niewielkie obszary obniżonych prędkości to ility, iltowce, łupki itp.

Z wartości prędkości kompleksowych widać, że istnieje wyraźna granica sprężystości między utworami triasu i permu. Nie znajduje to wyraźnego odzwierciedlenia na krzywej z powodu małej miąższości utworów permu w stosunku do sąsiadujących utworów triasu i dewonu. Z uzyskanych danych wynika, że przy nowoczesnej złożonej metodyce badań sejsmicznych powinny istnieć warunki do uzyskania odbić od utworów dewońskich występujących pod cechsztynem.

Ze względu na wagę zagadnienia prędkości średnich dla interpretacji wyników badań sejsmicznych w publikowanej przez PIG wspomnianej serii Głębokich Otworów Wiertniczych zaprezentowano w ostatnich latach nowy sposób opracowania danych z pomiarów tego parametru.

W celu wyznaczenia poszczególnych kompleksów prędkościowych a szczególnie ich średnich wartości został zastosowany sposób wygładzania wartości pomiarów geofizycznych. W różnych jednostkach geologicznych kraju, w tym w niecce pomorskiej przynosi on pozytywne rezultaty, co przedstawia poniżej opisany przykład dla głębokiego wiercenia Tuchola IG-1 (Leszczyński, 2012) położonego blisko E granicy obszaru przetargowego Debrzno–Człuchów, w podobnej sytuacji geologiczno-tektonicznej i profilu litologiczno-stratygraficznym reprezentatywnym również dla ww. obszaru.

Krzywe wygładzone prędkości interwałowych obliczone w celu wyznaczenia stref maksymalnych gradientów prędkości, które odpowiadają granicom prędkościowym poszczególnych kompleksów. Krzywe prędkości obliczono wyrównując zmierzone czasy zredukowane do pionu przy pomocy spłotu z odpowiednim filtrem. W ten sposób powstają dodatkowe zbiory obejmujące przetworzone czasy pomiarów po ich zredukowaniu do poziomu odniesienia wyinterpretowaniu wartości co 20 m i wygładzeniu oraz odpowiadające im wartości prędkości średnich.



Tabela 10.1. Zestawienie linii sejsmicznych w obrębie obszaru „Debrznó–Człuchów”

NAZWA	ROK	TEMAT	REJON	WŁAŚCICIEL	OPRACOWANIA ARCHIWALNE	DŁUGOŚĆ [km]
T0060185	1985	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	1.55
T0200278	1978	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	0.48
T0410391	1991	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	PGNiG	NAG (Inw. 1414/93)	7.55
T0220185	1985	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	20.3
T0360391	1991	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	PGNiG	NAG (Inw. 1414/93)	5.32
T0210278	1978	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	6.35
T0370391	1991	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	PGNiG	NAG (Inw. 1414/93)	4.68
T0070184	1984	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	10.1
T0280184	1984	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	15.6
T0360186	1986	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	5.25
T0400391	1991	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	PGNiG	NAG (Inw. 1414/93)	1.46
T0200277	1977	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	12.01
T0130184	1984	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	12.26
T0210185	1985	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	6.9
T0310186	1986	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	0.95
T0210277	1977	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	16.28
T0140184	1984	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	13.03
T0150184	1984	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	9.89
T0220277	1977	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	21.07
T0170184	1984	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	18.6
T0210185	1985	Szczecinek–Złotów	Rzeczenica–Biały Bór	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1414/93)	6.48
T0100187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	5.63
T0240276	1976	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	28.74
T0090187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	13.64
T0240277	1977	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	38.83
T0240189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Chojnice–Kamień Krajeński	PGNiG	NAG (Inw. 875/91)	15.82
WC020475	1975	Koszalin–Bydgoszcz		Skarb Państwa	PPG Warszawa	3.91
P2	1997	Polonaise'97	Strefa Teisseyre'A Tornquista Platforma Paleozoiczna Platforma Prekambryjska	Skarb Państwa	NAG (1674/2004)	35.7
T0190187	1987	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	23.2
TA010186	1986	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	23.51
T0110187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	7.92
TA100187	1987	Białogard–Czarne–Wilcze	Chojnice–Kamień Krajeński	Skarb Państwa	NAG (Inw. 875/91)	13.24
T0250189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Chojnice–Kamień Krajeński	PGNiG	NAG (Inw. 875/91)	8.03
TA110187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	11.97
T0160187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	26.34
T0120187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	21.76
T0130187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	26.29
T0250191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	14.92
TA210187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	10.82
T0020186	1986	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	27.55
T0200187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	19.29
T0030187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	25.48
T0170187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	23.05
T0040186	1986	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrznó	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	19.01
AP230400	2000	Pomerania	Tuchola	Apache Poland Sp. z o.o., Warszawa	Geofizyka Toruń	1.30
T0270190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrznó–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	28.18

T0210187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	13.51
TD030188	1988	Chojnice–Kamień Krajeński	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1023/91)	14.88
T0210191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	11.41
T0220191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	11.79
T0230191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	11.54
T0200189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Chojnice–Kamień Krajeński	PGNiG	NAG (Inw. 875/91)	13.33
T0180187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	19.89
T0050187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	17.5
T0220189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Chojnice–Kamień Krajeński	PGNiG	NAG (Inw. 875/91)	6.94
T0060187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	14.03
T0220190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	15.59
T0350190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	13.11
W0260382	1982	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1297/94)	7.15
T0240192	1992	Białogard–Czarne–Wilcz	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	10.54
T0120191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Sępólno Krajeńskie–Wilcze	PGNiG	NAG (Inw. 1772/92)	6.81
T0140187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	23.9
T0160184	1984	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	8.93
T0370186	1986	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	10.23
T0380186	1986	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	10.11
T0350186	1986	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	8.83
T0290184	1984	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 283/94)	12.12
T0270191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	20.2
T0280192	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	8.56
T0390276	1976	Szczecinek–Chojnice	Szczecinek–Człuchów	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1166/93)	14.45
T0610189	1989	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	PGNiG	NAG (Inw. 77/91)	14.38
T0360190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	28.02
T0370190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	27.63
W0280382	1982	Białogard–Czarne–Wilcze	Tuchola Wilcze–Sępólno Krajeńskie	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1772/92)	1.34
T0570188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	2.02
T0580188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	6.09
T0450188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	0.59
T0590189	1989	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	PGNiG	NAG (Inw. 77/91)	7.25
T0600188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	10.52
T0460187	1987	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	8.61
T0470187	1987	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	11.43
T0090186	1986	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	11.55
T0140189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Okonek–Lędyczek	PGNiG	NAG (Inw. 73/91)	8.03
T0540279	1979	Wierzchowo–Drzonowo	Drzonowo	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1461/95)	11.02
T0260191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	11.26
T0100186	1986	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	17.11
T0150191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Człuchów–Debrzno–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 283/94)	8.82
T0620189	1989	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	PGNiG	NAG (Inw. 77/91)	10.48
T0150187	1987	Szczecinek–Chojnice	Człuchów–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 39757)	26.36
TA140185	1985	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	12.19
T0480187	1987	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	6.09
T0320186	1986	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	2.97
TA480187	1987	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	4.84
TA150185	1985	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	10.45
T0500188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	9.30
T0510188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	8.19

T0520188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	7.81
T0530188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	7.60
T0340186	1986	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	1.21
T0160186	1986	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	6.61
T0540188	1988	Szczecinek–Złotów	Szczecinek–Czarne–Debrzno	Skarb Państwa	NAG (Inw. 77/91)	4.78
T0150188	1988	Białogard–Czarne–Wilcze	Okonek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1301/94)	5.02
W14A0179	1979	Piła–Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	NAG (Inw. 43/243)	6.98
T0260190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	18.94
T0360191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	10.61
T0370191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	9.28
T0340191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	7.81
T0280190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	15.93
T0390190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	23.54
T0400190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	22.55
T0410191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	20.29
WN140179	1979	Piła–Bydgoszcz	Rejon Bydgoszczy	Skarb Państwa	NAG (Inw. 43/243)	18.39
T0700392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	16.02
T0350191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	9.32
T0290191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	18
T0720392	1992	Debrzno–Złotów–Zabartowo		PGNiG	Geofizyka Toruń	13.14
T0040393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	8.79
T0050393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	9.46
T0710392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	9.21
T0730393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	10.67
T0060393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	10.22
T0300190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	11.09
T0740393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	9.31
T0320190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	17.59
T0750393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	8.22
T0370192	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	11.35
T0810392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	5.33
T0770393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	2.51
T0010393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	7.91
T0900392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	19.59
T0160393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	21.7
T0160188	1988	Białogard–Czarne–Wilcze	Okonek–Lędyczek	Skarb Państwa	NAG (Inw. 73/91)	4.05
T0910392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	27.75
T0420190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	17.81
T0920392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	15.85
T0180189	1989	Białogard–Czarne–Wilcze	Okonek–Lędyczek	PGNiG	NAG (Inw. 73/91)	2.09
T0430190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	11.71
T0930392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	8.49
T0440190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	6.21
T0940393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	3.92
T0170393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	1.31
T0070393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	3.23
T1030393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	6.39

T0760392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	6.07
T0330191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	10.37
T1020392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	8.44
T0020393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	4.29
T0780392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	7.05
T0800392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	6.41
T0340190	1990	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 737/92)	9.21
T0030393	1993	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	2.71
T0820392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	4.44
T0140191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Sępólno Krajeńskie–Złotów	PGNiG	NAG (Inw. 1772/92)	9.66
T0840392	1992	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	1.67
T0130191	1991	Białogard–Czarne–Wilcze	Debrzno–Złotów–Zabartowo	PGNiG	NAG (Inw. 1297/94)	5.42
W03A0382	1982	Białogard–Czarne–Wilcze	Tuchola–Wilcze–Sępólno Krajeńskie–Wicze	Skarb Państwa	NAG (Inw. 1772/92)	3.86
					Suma:	
					Skarb Państwa	985.49
					PGNiG	860.53
					Apache Poland Sp.	1.3

Tabela 10.2. Zestawienie dokumentacji sejsmicznych w obrębie obszaru „Debrzno–Człuchów”

L.p.	Autor	Rok	Tytuł	Numer NAG
1	Grzesik H.	1980	Dokumentacja badań sejsmicznych refleksyjnych, temat: Piła–Bydgoszcz, rok 1979/80	Inw. 43/243
2	Fedorowicz A., Wilk W.	1989	Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Człuchów–Debrzno przez PGNiG Toruń – temat Szczecinek–Chojnice, w latach 1986–1987	Inw. 39757
3	Bruzda R., Fedorowicz A., Wilk W.	1990	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Człuchów–Debrzno metodą szerokiego profilu sejsmicznego w roku 1988	Inw. 1023/91
4	Wierzba D.	1990	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie: Szczecinek–Czarne–Debrzno, temat: Szczecinek–Złotów w latach 1987–1989	Inw. 77/91
5	Fedorowicz A., Wilk W.	1990	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Okonek–Lędyczek, temat: Białogard–Czarne–Wilcze w latach 1988–1989	Inw. 73/91
6	Fedorowicz A., Wilk W.	1991	Opracowanie badań sejsmicznych na terenie: Białogard–Czarne–Wilcze w roku 1989 wykonanych w rejonie Chojnice–Kamień Krajeński	Inw. 875/91
7	Wierzba D.	1992	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonach Debrzno–Złotów, Debrzno dla tematu Białogard–Czarne–Wilcze w latach 1989–1991	Inw. 737/92
8	Fedorowicz A., Wilk W.	1992	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonach Tuchola–Wilcze, Sępólno Krajeńskie–Wilcze dla tematu Białogard–Czarne–Wilcze	Inw. 1772/92
9	Fedorowicz A., Wilk W.	1993	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Rzeczenica–Biały Bór dla tematu Szczecinek Złotów,	Inw. 1414/93
10	Knieszner H., Majak S.	1993	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Czechy–Szczecinek dla tematu Białogard–Czarne–Wilcze	Inw. 1166/93
11	Fedorowicz A., Wierzba D.	1994a	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Debrzno–Złotów–Zabartowo dla tematu Białogard–Czarne–Wilcze	Inw. 1297/94
12	Fedorowicz A., Wierzba D.	1994b	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Człuchów–Debrzno–Zabartowo dla tematu Białogard–Czarne–Wilcze	Inw. 283/94
13	Górska W.	1994	Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Czarne–Lędyczek i Czarne–Zabartowo w latach 1976–1992, interpretacja i reinterpretacja	Inw. 1301/94
14	Fedorowicz A., Wierzba D.	1995	Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Drzonowo dla tematu Wierzchowo–Drzonowo, I etap., NAG Warszawa	Inw. 1461/95
15	Krzywiec P. (red.)	2004	Budowa litosfery północnej części Polski (obszar projektu Polonaise) na podstawie zintegrowanej analizy danych geofizycznych i geologicznych część 1 i 2	Inw. 1674/2004

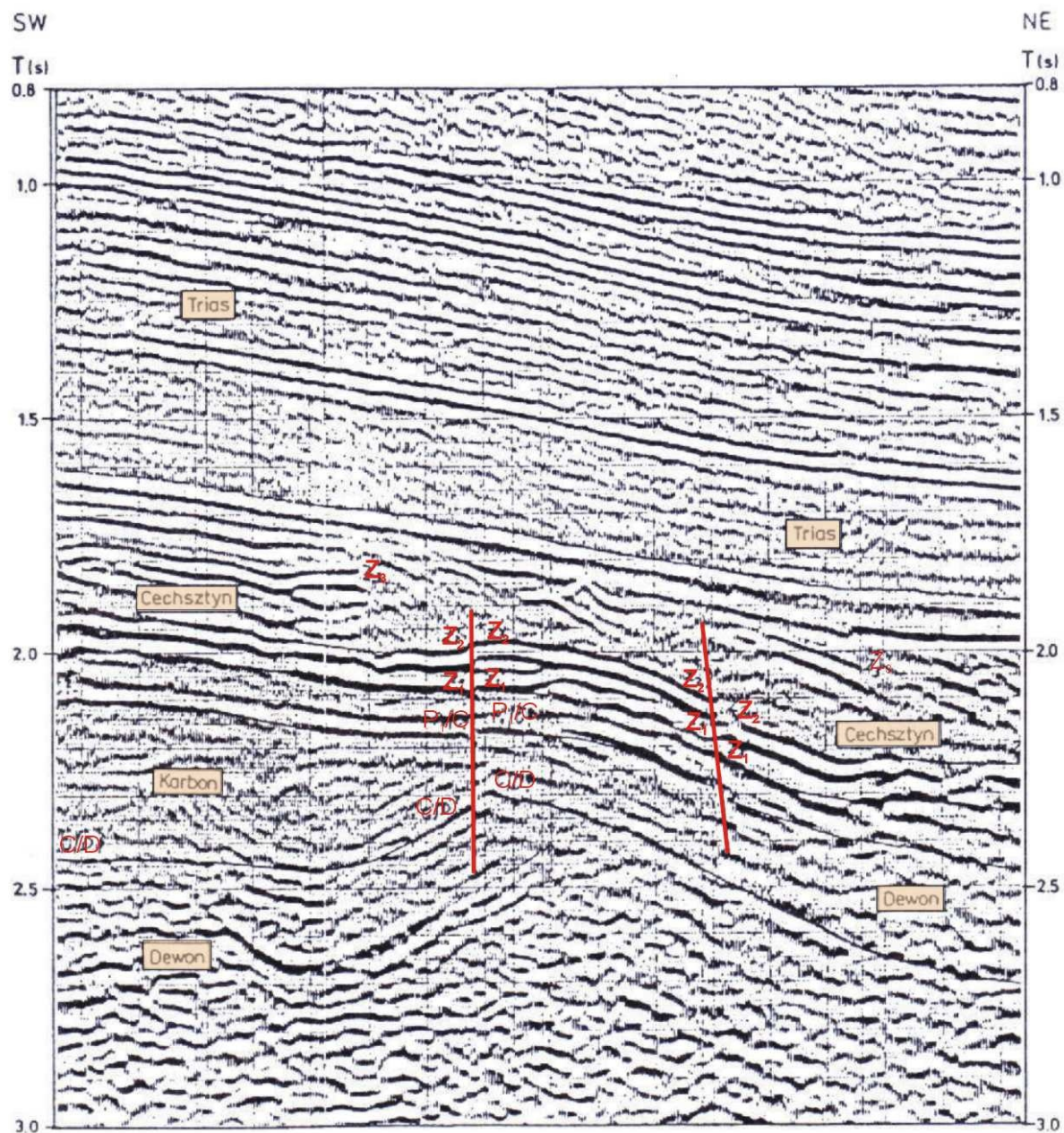
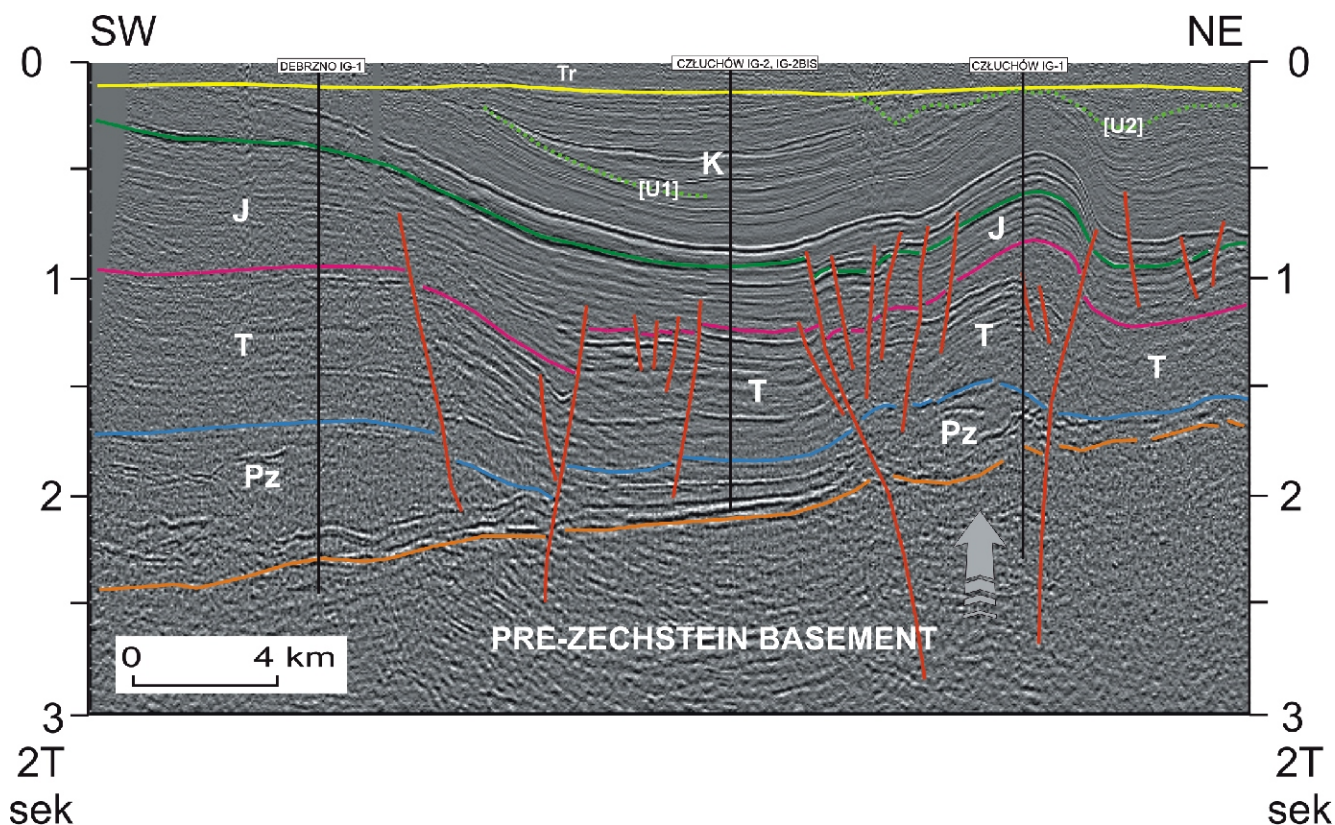
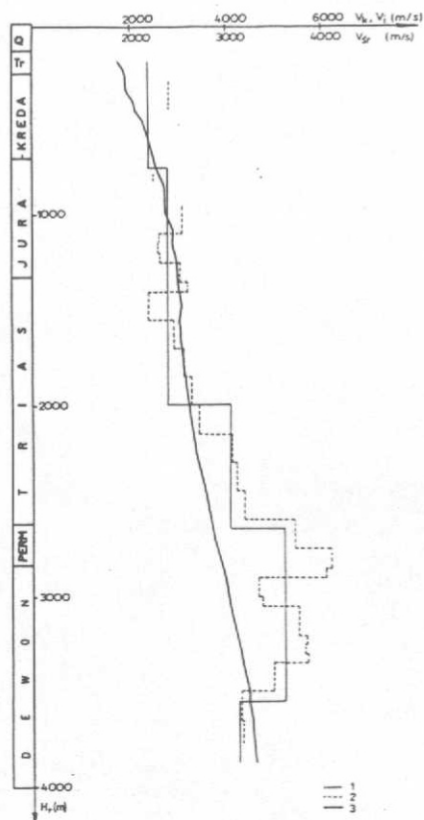


Figura 10.2. Przekrój sejsmiczno-geologiczny (32-I-90) z rejonu Debrzno-Złotów (Karnkowski, 1993).



**Figura 10.3.** Czasowy przekrój sejsmiczny przecinający strefę Koszalin–Chojnice (rejon Debrzno–Człuchów) obrazujący transpresyjną strukturę inwersyjną (Krzywiec, 2002). Pz – cechsztyn, T – trias, J – jura, K – kreda, Tr – „trzeciorząd”.



**Figura 10.4.** Wykres prędkości średnich, kompleksowych i interwałowych w otworze Człuchów IG-1 (poziom odniesienia 140 m npm). 1 – wykres prędkości kompleksowych ( $V_k$ ), 2 – wykres prędkości interwałowych ( $V_i$ ), 3 – krzywa prędkości średnich ( $V_{sr}$ ), Hr – głębokość zredukowana punktów pomiarowych (Młynarski, 1977).

Powyższe informacje tworzą zbiór danych prędkościowych utworzony dla potrzeb interpretacji prac sejsmicznych. Różnice wartości czasów pomiędzy kolejnymi wygładzeniami spowodowane są zmianami prędkości w warstwach o określonej miąższości. Zjawisko to wykorzystuje się do wyznaczenia granic kompleksów prędkościowych w miejscach maksymalnych bezwzględnych wartości różnic czasów wygładzonych  $n$  i  $n+1$  razy. Granice kompleksów wyznacza się w miejscach maksymalnych gradientów prędkości interwałowych.

Maksymalne i minimalne wartości prędkości obliczone z czasów wygładzonych odpowiadają uśrednionym wartościom kompleksów warstw o prędkościach zmniejszonych lub zwiększonych w porównaniu z sąsiednimi. Krzywe prędkości wygładzonych ( $V_w$ ), interwałowych ( $V_i$ ) i kompleksowych ( $V_k$ ) przedstawia figura 10.5.

Wykresy powyższe wzbogacone profilem stratygraficznym otworu pozwalają na bezpośrednie powiązanie zmian prędkości z kompleksami stratygraficzno-litologicznymi przekroju geologicznego w otworze oraz z refleksami sejsmicznymi na przekrojach.

Pierwsza granica kontrastu prędkości występuje na kontakcie spągu kenozoiku ze stropem mezozoiku (głębokość ~200 m). Wyznaczony poniżej kompleks o bardzo małych zmianach prędkości i średniej wartości kompleksowej ~2200 m/s jest odzwierciedleniem mułowcowo-węglanowych utworów kredy górnej K2. Następną bardzo wyraźną granicę zmiany prędkości ma miejsce na głębokości ~800 m i odpowiada stropowi piaskowcowych utworów kredy dolnej K1. Następuje tu wzrost prędkości kompleksowej do wartości ~3000 m/s, która charakteryzuje również ~50 m warstwę jury górnej J3. Poniżej tej strefy obserwuje się kolejny skok wartości prędkości średniej do wartości ~3300 m/s związany z przejściem z utworów piaskowcowo-iłowcowych w utwory generalnie wapienno-margliste. Kompleks ten charakteryzuje się dużą stałością prędkości w znacznym interwale

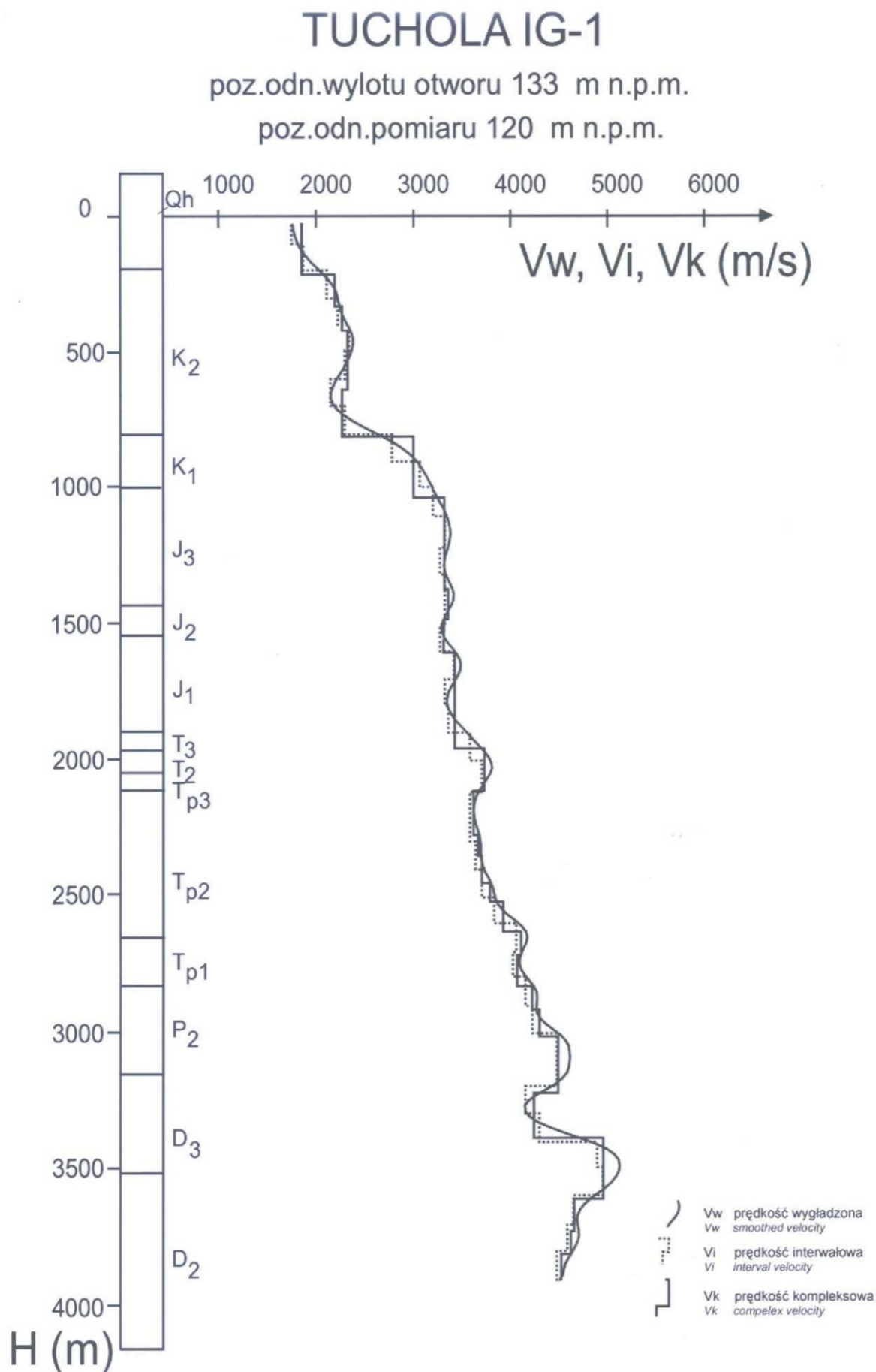


Figura 10.5. Krzywe prędkości (Dziewińska i Józwiak, 2012).

głębokościowym obejmującym utwory jury: J3, J2, J1 oraz triasu górnego T3. Nieznaczne wahania wartości widoczne na krzywej prędkości interwałowej wskazują na zmiany w wykształceniu litologicznym tych utworów.

Wyraźniejszy wzrost do wartości ~3400 m/s występuje w warstwach przystropowych J1 na głębokości ~1600 m. Poniżej tej granicy widoczny jest także kontrast prędkości na granicy J1 i T3 (głębokość ~1900 m) w obrazie prędkości interwałowej i na granicy triasu górnego T3 i środkowego T2 na krzywej kompleksowej związany z wejściem w kolejne utwory o wyższych prędkościach. Wartość ~3700 m/s obejmuje oprócz wapieni T2 również górne osady triasu dolnego T1 (Tp1 – ret). Leżące bezpośrednio niżej utwory środkowego pstrego piaskowca Tp2 charakteryzują się nieznacznie obniżoną prędkością. Krzywe prędkości interwałowych i kompleksowych w interwale zawierającym miąższy kompleks T1 wykazują na tle systematycznego wzrostu wartości częste nieduże zróżnicowanie prędkości charakteryzujące występowanie naprzemianległych warstw o zmiennym wykształceniu litologicznym. Natomiast na głębokościach ~2500 m (w obrębie Tp2) i 2800 m (strop Tp1) można zaobserwować bardziej znaczący wzrost wartości prędkości.

Z uzyskanych danych widać, że istnieją warunki do uzyskania odbić od utworów dewońskich występujących pod cechsztynem. Wzrost prędkości do ~4500 m/s związany z utworami cechsztynu P2 charakteryzuje również przystropowe warstwy dewonu górnego D3, po czym następuje obniżenie prędkości do 4200 m/s. Utwory D3 wykazują wyraźną dwudzielność. Strefie dolnej odpowiada znaczny wzrost wartości prędkości do 5000 m/s, który obejmuje również część górną utworów dewonu środkowego D2 do głębokości ~3600 m, co świadczy o ich zbliżonym wykształceniu litologicznym. Poniżej tej głębokości, w obrębie niższych osadów D2, prędkości stopniowo maleją.

Analiza pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego (PPS) – schematyczny obraz falowy wykonany dla PS1 pozwala wyznaczyć głębokości i czasy wyjścia fal odbitych na powierzchnię, z których najintensywniejsze to: 780 m – 0,745 s – kreda dolna (strop), 1590 m – 1,270 s – jura dolna (~strop), 2490 m – 1,785 s – trias dolny, 3165 m – 2,085 s – cechsztyń (spąg), 3620 m – 2,370 s – dewon środkowy.

W porównaniu z wynikami profilowania prędkości średnich można stwierdzić, że istnieje pełna zgodność w zakresie wydzielenia granic sejsmicznych. Wyznaczone granice odbijające oraz przyjęty na podstawie profilowania sejsmicznego model prędkościowy ośrodka umożliwiają prawidłową interpretację wykonanych w tym rejonie badań sejsmicznych.

W omawianym obszarze prześlędzono z różnym stopniem pokrycia następujące granice odbijające: kredową K<sub>1</sub>, jurajską J<sub>3</sub>, triasowe T<sub>k</sub> i Tp<sub>1</sub>, cechsztyńskie Z<sub>4</sub>, Z<sub>2</sub>, Z<sub>1</sub>’, podcechsztyńską C/D oraz fragmentarycznie i w sposób umowny P1, D3 i D2.

Granica K<sub>1</sub> związana z przystropowymi osadami kredy dolnej śledzi się jako silny dynamicznie dwufazowy refleks aż do jej wychodni pod powierzchnię „trzeciorzędową” w S części obszaru.

Granica J<sub>3</sub> wiązana z wapiennymi utworami przystropowej części malmu również śledzi się w sposób ciągły jako refleks dwufazowy, ale o słabszej miejscami dynamice niż K<sub>1</sub>. Granica ta również wyklinowuje się w części S obszaru.

Z utworów triasowych najlepiej śledzą się horyzonty Tk i Tp<sub>1</sub>.

Granica Z<sub>4</sub> reprezentuje strop cechsztynu.

Sejsmiczna granica Z<sub>2</sub> związana z serią anhydrytowo-dolomityczną cyklotemu Stassfurt jest niekiedy bardzo trudna do prześlędzenia z powodu silnego

zaangażowania tektonicznego. Strefy dyslokacyjne są powodem występowania dużej ilości fal zakłócających, głównie dyfrakcyjnych. Podobną dynamiką odznacza się granica Z<sub>1</sub>’ związana ze spągami cechsztynu.

Jakość refleksów podcechsztyńskich jest słaba i śledzą się one odcinkowo. Osłabia je kompleks cechsztyński, który stanowi ekran dla odbić niżej leżących. W P2 wysokoprędkościowe anhydrytowo-węglanowe pakiety rozdzielające sole stanowią granice odbijające, które powodują zjawisko ekranowania utworów podcechsztyńskich, istotnych dla poszukiwań naftowych. Redukcja osadów P2 (brak horyzontów węglanowych) ułatwia rejestracje. Obraz granic podcechsztyńskich zakłócony jest ponadto przez refleksy krotne, fale dyfrakcyjne oraz odbite od powierzchni uskoków.

W części SW rejonu badań prześlędzono horyzont P1 (czerwony spągowiec) i horyzont oznaczony C/D związany prawdopodobnie z granicą karbon-dewon. Fragmentarycznie, głównie na przekrojach nowszych, śledzi się głębsze horyzonty dewońskie: D<sub>3</sub> – przystropowy i D<sub>2</sub> – przystropowa część piaskowcowej serii żywetu, dowiązany do otworu Człuchów IG-1.

Według przyjętego w dokumentacjach modelu prędkości opracowano przekroje głębokościowe, które posłużyły do sporządzenia map głębokościowych i miąższościowych wybranych kompleksów Z<sub>2</sub>–Z<sub>4</sub> i Z<sub>1</sub>’–Z<sub>2</sub>. Dla granic podcechsztyńskich sporządzono szkice.

#### WYNIKI BADAŃ

Reprezentatywne wyniki badań sejsmicznych są zamieszczone na figurze 10.6A i B. Jedną z metod reprocessingowych stosowanych w celu uzyskania obrazu sejsmicznego o zwiększonej rozdzielczości zapisu w stosunku do zapisu falowego jest przekształcenie sekcji sejsmicznych w wersję efektywnych współczynników odbicia (EWO). Modelem matematyczno-fizycznym ośrodka geologicznego jest tzw. model konwolucyjny, według którego trasa sejsmiczna jest wynikiem splotu trasy współczynników odbić z elementarnym sygnałem sejsmicznym. Dekonwolucja amplitudowej trasy sejsmicznej pozwala uzyskać trasę sejsmiczną w postaci szeregu współczynników. Wykorzystanie takich parametrów jak znak i wielkość współczynnika odbicia umożliwia identyfikację i korelację granic sejsmicznych i przedstawienie granic sejsmicznych zgodnie z rzeczywistymi granicami litologicznymi danego przekroju.

W obrębie bloku przetargowego budowę geologiczno-tektoniczną w postaci EWO ilustrują tworzące jeden ciąg sejsmiczny 2 przekroje: 27-I-90 i 20-I-87 (Fig. 10.6A i B). Profile obejmują swym zasięgiem przedział czasowy 2T do 3,3 sek. co odpowiada głębokości ponad 5000m. Przekroje wskazują na 2-dzielność przedstawianej linii sejsmicznej na silnie potrzaskaną uskokami strefę NW (NE skłon struktury Debrzno i rejon Człuchowa; Fig. 10.6B) i mniej zaburzoną tektonicznie strefę SW (struktura Debrzno i Lędyczek – Binder, 1992; Fig. 10.6A).

Interpretację przetworzonych czasowych sekcji sejsmicznych w postaci EWO ułatwia możliwość dowiązania litologicznego i stratygraficznego korelowanych kompleksów na podstawie opracowań parametryczno-prędkościowych otworów: znajdującego się na profilu Debrzno 2 lub w jego bliskim sąsiedztwie: Debrzno IG-1, Olszanowo 1, Sokole 1, Człuchów IG-1. Wzdłuż przekrojów można wyróżnić: utwory mułowcowe, ilaste i piaskowcowe kredy dolnej (K<sub>1</sub>); w przeważającej części wapienie oolitowe, mułowce wapieniste i piaskowce jury górnej (J<sub>3</sub>); piaskowce, mułowce i ilowce z

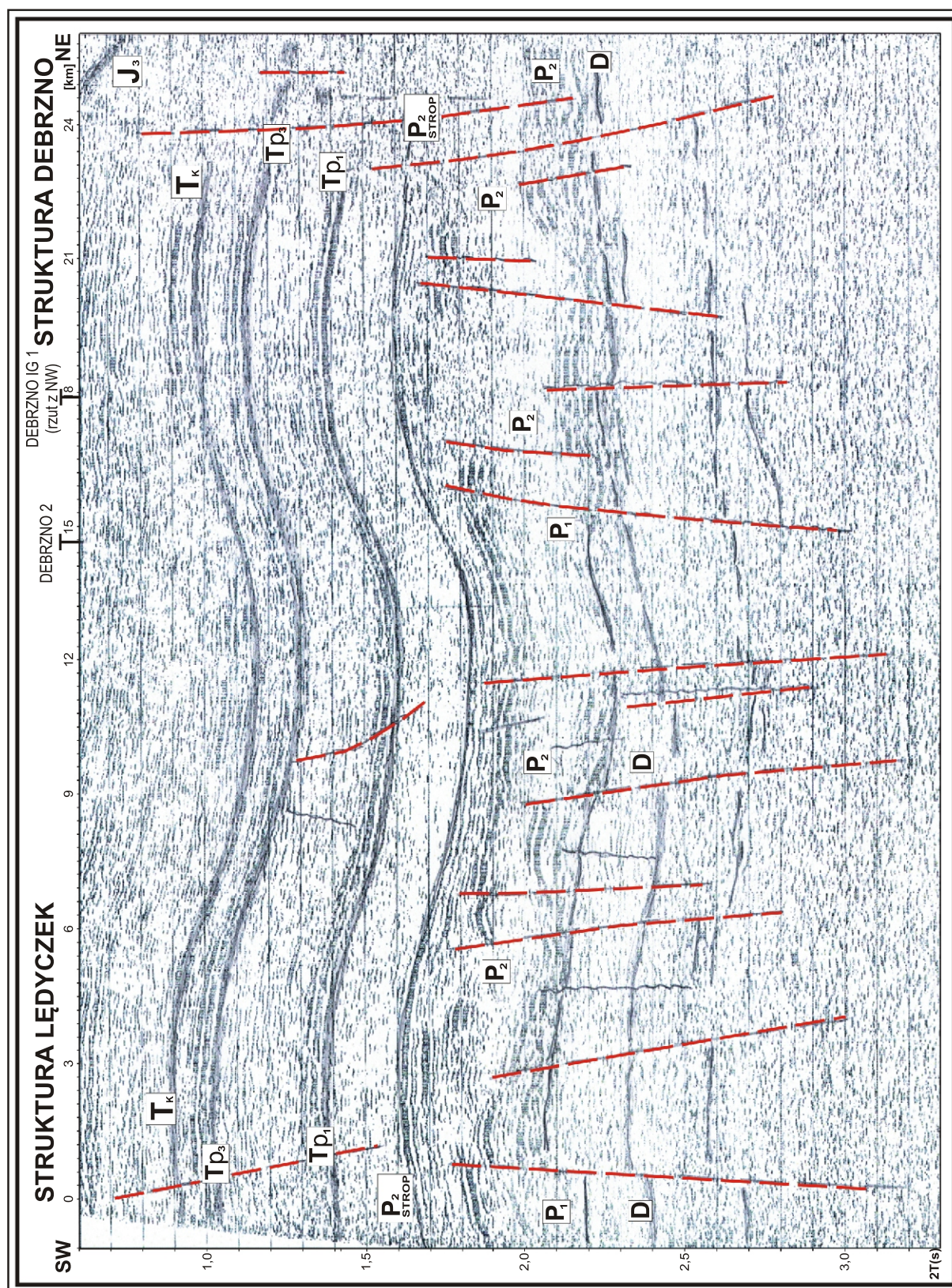
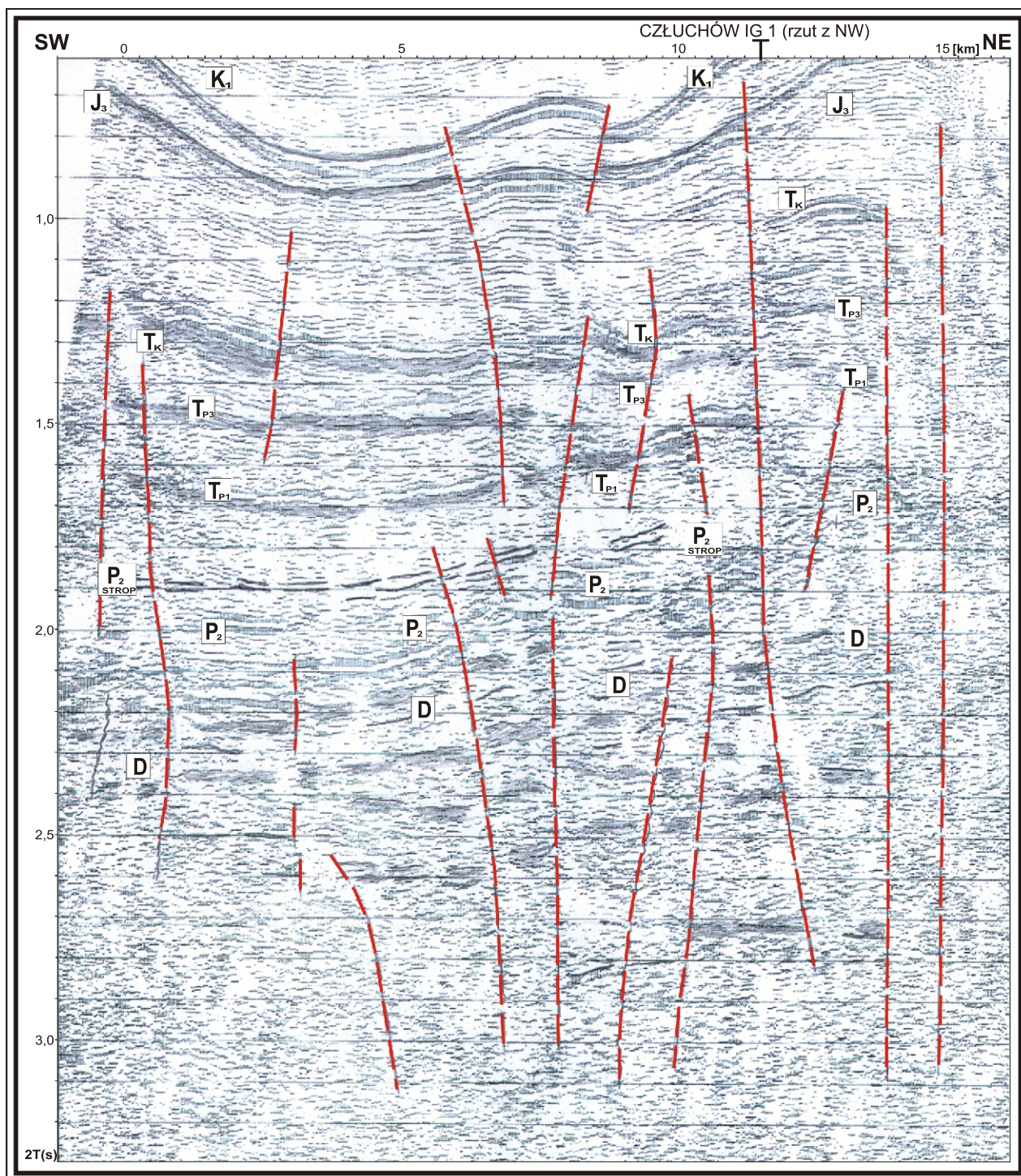


Figura 10.6A. Struktura Lędyczek i Debrzno – sekcja EWO (przekrój 27-I-90T). Interpretacja na podstawie materiałów Żelichowskiego (1995).



**Figura 10.6B.** Struktura Debrzno (SE skłon) i strefa uskokowa Człuchowa – sekcja Ewo (przekrój 20-I-87T). Interpretacja na podstawie materiałów Żelichowskiego (1995).

wkładkami gipsu i anhydrytu kajpru (Tk); iłowce z wkładkami piaskowców i anhydrytów, iłowce dolomityczne i mułowce górnego pstrego piaskowca (Tp3); iłowce dolomityczne i mułowce z wkładkami piaskowców i wapieni dolnego pstrego piaskowca (Tp1); osady cechsztynu (P2); piaskowce drobnoziarniste czerwonego spągowca (P1) oraz wapień i iłowce wapniste dewonu (D).

W pełni wiarygodny i dobrze czytelny jest kompleks pokrywy cechsztyńsko-mezozoicznej, oddzielający się

wyraźnie od dołu granicami z cechsztynu śledzonymi w sposób prawie ciągly wzdłuż całej długości przekrojów. Wewnętrzna budowę tego kompleksu charakteryzują wyklinowujące się granice kredy dolnej, granice jurajskie i triasowe oraz cechsztyńskie. Horyzonty triasowe (Tk, Tp3, Tp1) i P2 strop wykazują na ogół zgodność planów strukturalnych. Inne plany strukturalne niż ww. granice mają horyzonty śródcechsztyńskie, które charakteryzują się większym zaangażowaniem tektonicznym w porównaniu do granic nadległych.

Zaprezentowane przykłady interpretacji wskazują, iż możliwe jest wyznaczenie granic sejsmicznych z przedziału utworów cechsztyńskich. Jest to zadanie trudne ze względu na skomplikowaną budowę wgłębną w postaci dużych zmian miąższości poszczególnych pakietów skalnych, niezgodności kątowych w ich zaleganiu oraz występowaniu licznych nieciągłości tektoniczno-litologicznych. Sekcje czasowe w wersji EWO obrazują granice utworów śródczechsztyńskich, tj. kolejnych cyklotemów (w przedziale obejmującym utwory) P2 oraz lokalną tektonikę w postaci małych uskoków i linii nieciągłości litologicznych. W połączeniu z informacjami z wierceń jest to obraz utworów węglanowych cechsztynu w otoczeniu utworów solnych i anhydrytów.

Przekroje zawierają też informacje o budowie kompleksu utworów podcechsztyńskich oraz przebiegu najważniejszych nieciągłości tektonicznych i/lub tektoniczno-litologicznych. Granice odbijające z kompleksu utworów podcechsztyńskich charakteryzując się dosyć dobrą dynamiką dają podstawę do zaprezentowanej interpretacji m.in. kompleksu dewońskiego. Korelację prześlędzonych odbić dewońskich ułatwia odmienny od P2 styl budowy tego kompleksu zalegającego niezgodnie w stosunku do granicy z podłoża cechsztynu. W przedstawionej interpretacji utwory dewońskie na NE od synkliny rozdzielającej struktury Łędyczek i Debrzno zalegają bezpośrednio pod utworami P2.

Poduszki solne Łędyczka i Debrzno w cechsztynie oraz w utworach mezozoicznych tworzą antykliny (Fig.10.6A). W utworach paleozoicznych formy wyniesione Debrzno i Łędyczka przedstawiają budowę blokową z kolejnymi uskokami zrzucającymi skrzydło SW w przypadku Debrzno i NE dla Łędyczka, (Fig.10.6A). Dyslokacje występują tylko poniżej stropu P2, aż do skrzydła NE struktury Debrzno, gdzie tną horyzonty od dewonu do jury. Rejon na styku wału i niecki pomorskiej przecięty jest szeroką strefą dyslokacyjną. Przekrój 20-I-87 (Fig.10.6B) obrazuje system uskoków angażujących warstwy całego przedziału głębokościowego, zaburzających też utwory dewonu, tworząc w wyniku tektonikę blokową sięgającą głębszego podłoża. Poczynając od struktury Debrzno podłoża dewońskie podnosi się w kierunku NE w postaci kolejnych stopni oddzielonych dyslokacjami. Dyslokacje dzielą obszar na szereg lokalnych bloków tektonicznych przemieszczonych względem siebie, różniących się pod względem stratygraficzno-litologicznym i miąższościowym.

Zastosowanie sposobu przekształcenia tras sejsmicznych w postać EWO stwarza warunki do bardziej szczegółowego odwzorowania przekroju geologicznego aniżeli na amplitudowej sekcji sejsmicznej, z równoczesną charakterystyką układu geometrycznego i fizycznego budujących go warstw. Większa liczba wyznaczonych stref zaburzeń obrazu sejsmicznego w stosunku do interpretowanych na sekcjach falowych, wynika z możliwości metody i wiąże się z ich różnorodnym charakterem. Przyczyną zakłóceń może być istnienie naruszeń tektonicznych i/lub zmian w wykształceniu litologicznym (linie nieciągłości tektonicznej i/lub litologicznej). Informacje wskazujące na miejsca osłabienia podłoża są ważne dla wnioskowania na temat stabilności geologicznej terenu.

Omawiany obszar badań charakteryzuje się mocno zaburzoną budową strukturalną i zmiennymi miąższościami wszystkich sejsmicznie ślędzonych horyzontów. Plany strukturalne poszczególnych horyzontów są zróżnicowane.

Horyzonty  $T_k$ ,  $T_p$  i  $Z_4$  wykazują na ogół zgodność planów strukturalnych. W części południowej wynurzają się spokojnie do linii Debrzno–Myślęgoszcz–Orzełek–Witkowo, gdzie uformowały się ciągi podniesień nad poduszkami solnymi Leine

i Stassfurtu. Widoczne przyrosty miąższości soli – rzędu 1300–1500 m, związane są z tymi poduszkami solnymi. Następnie horyzonty gwałtownie zapadają do regionalnego uskoku, tnącego rejon badań z NWW na SEE i wynurzają się po jego północnej stronie.

Poza główną strefą tektoniczną prześlędzono szereg uskoków drugiego rzędu, równoległych do niej oraz uskoki poprzeczne. Wydzielony główny uskok w rejonie Orzełka przecięty jest dwoma uskokami poprzecznymi, prawdopodobnie przesuwczymi, zmieniającymi kierunek przebiegu strefy NWW–SEE na kierunek NW–SE. Na kilku profilach w rejonie Olszanowa udało się prześlędzić charakterystyczne „pochylone bloki” i związane z nimi „pórowy” (Antonowicz i in., 1994).

Morfologię granicy refleksyjnej  $Z_1'$  ilustruje mapa strukturalna w spągu cechsztynu opracowana na podstawie wyników badań sejsmicznych w korelacji z głębokimi wierceniami geologicznymi (Dadlez i in., 1998; Fig. 10.7).

Budowa strukturalna sejsmicznej granicy  $Z_1'$  w przybliżeniu charakteryzuje morfologię stropowej partii utworów podcechsztyńskich. Główne strefy uskokowe przecinają obszar z kierunku NW na SE zrzucając obszar badań schodowo z kierunków NE na SW. Do nich dochodzą ukośnie i poprzecznie drobniejsze uskoki pozwalające wydzielić szereg bloków tektonicznych poprzemieszczanych względem siebie. Poszczególne bloki zbudowane z różnych ogniw utworów paleozoicznych to wynik tektoniki spowodowanej różnym stopniem ruchliwości poszczególnych stref. Najbardziej zaburzony tektonicznie jest rejon w ciągu podniesienia Rzczenica–Człuchów.

Można przypuszczać, że strefy dyslokacyjne ślędzone w horyzontach cechsztyńskich mają swoje założenia paleozoiczne. Zmiany miąższości, występujące w utworach triasu i jury wskazują na dużą aktywność tektoniczną stref dyslokacyjnych zarejestrowanych w cechsztynie.

Na tle monoklinalnej budowy można (na podstawie map z dokumentacji prac wymienionych w tabeli 10.2) wyróżnić w horyzoncie  $Z_2$  i  $Z_1'$  szereg podniesień strukturalnych, które układają się w ciągi równoległe do głównych stref dyslokacyjnych. Są to, w obrębie bloku 107: Debrzno, Myślęgoszcz, Olszanowo, Orzełek, Człuchów i Witkowo. Większość z tych obiektów ograniczona jest dyslokacjami i może stanowić pułapki przyuskokowe (rozdział 5; Fig. 5.10).

Obiekty te są interesujące z poszukiwawczego punktu widzenia ze względu m.in. na podobne położenie i budowę tych elementów w stosunku do struktur Czarne i Brzozówka z odkrytymi złożami ropy i gazu. Rozległy blok struktury Czarne jest mocno zaburzony tektonicznie i pocięty na mniejsze elementy o niewielkich powierzchniach. To samo dotyczy struktur Brzozówka i Łędyczek. Wydzielone obiekty strukturalne mogą stanowić pułapki dla bituminów przy założeniu występowania osadów o dobrych własnościach kolektorskich.

Dyslokacje o kierunkach NW-SE dzielą obszar badań na szereg bloków różniących się od siebie pod względem litologicznym, stratygraficznym i miąższościowym. Uskoki są dwójakiego rodzaju – obejmujące dolny cechsztyń i utwory leżące głębiej oraz dyslokacje związane z genezą rowów mezozoicznych, z przemieszczaniem się soli P2 i dotyczące kompleksów nadsolnych. Procesy halokinetyczne odgrywały dużą rolę w ukształtowaniu się lokalnych podniesień i obniżień.

W SW krańcu rejonu w oparciu o dane z otworu Okonek 1 (poza obszarem przetargowym) prześlędzono fragmentarycznie na przekrojach granicę P1. Granica podcechsztyńska  $P_1$  związana jest prawdopodobnie z utworami piaskowcowymi w spągowej partii czerwonego spągowca

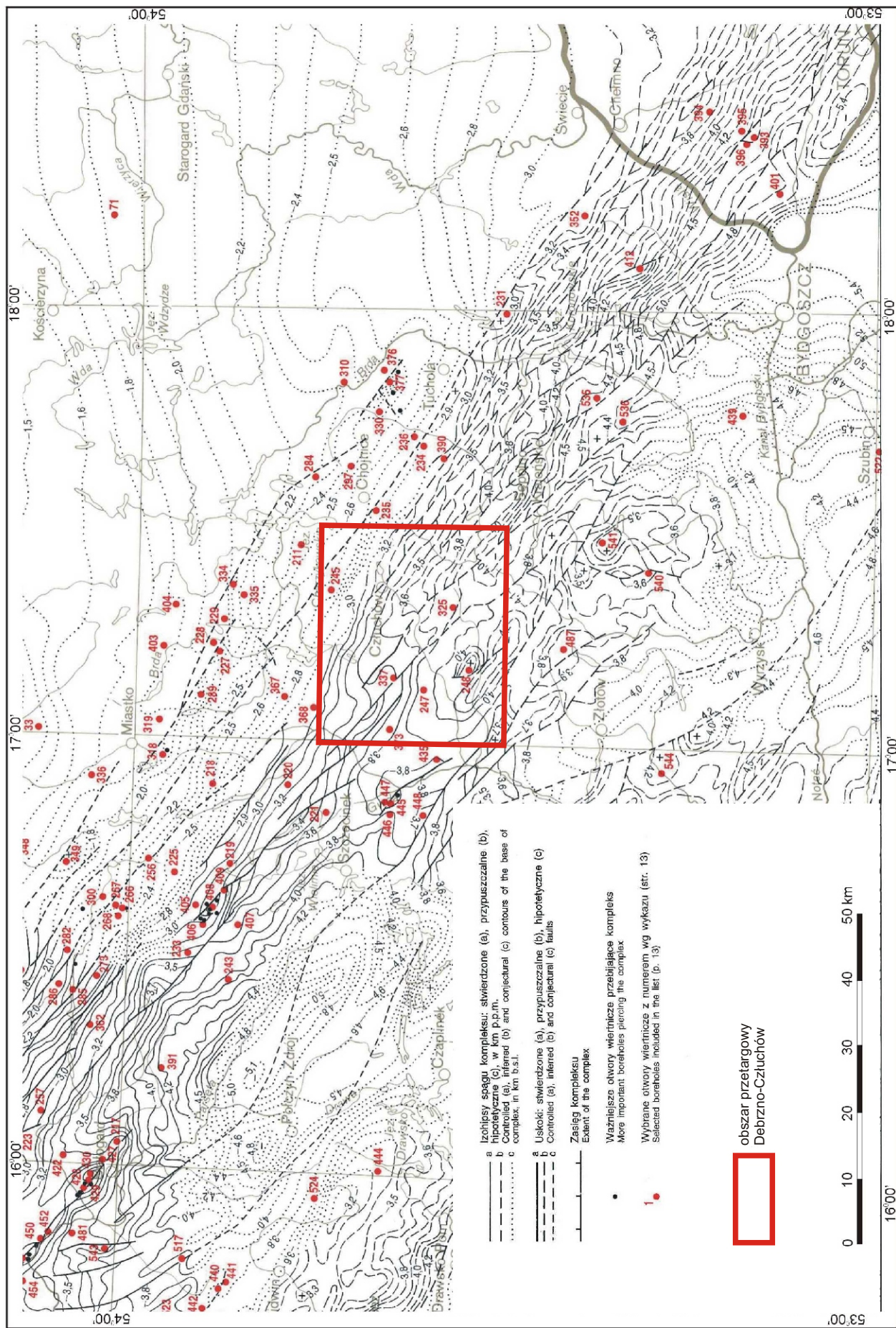


Figura 10.7. Mapa strukturalna spągu kompleksu cechstyński-mezozoicznego, wg Dadleza i in. (1998).

zalegającego w tej części obszaru na utworach karbonu. Jakość odbicia od niej jest słabsza pod względem dynamiki niż od horyzontów cechsztyńskich. Granica ta wynurza się w kierunku NE aż do wyklinowania pod utwory cechsztyńskie. Czasowy szkic P1 należy traktować jako wersję hipotetyczną, gdyż interpretacja geofizyczno-geologiczna uzyskanych wyników jest trudna i miejscami przypuszczalna.

Horyzont C/D dowiązany jest jedynie do otworu Bielica-1 (położony na N-W od obszaru projektu). Jego zasięg śledzenia oznacza najprawdopodobniej granicę występowania utworów karbonu. Refleksy C nie są w sposób jednoznaczny dowiązane do granicy stratygraficznej. Na podstawie seismogramu syntetycznego, wykonanego w otworze Bielica 1 przypuszcza się, że refleks C może obrazować erozyjną powierzchnię kontaktu karbonu z dewonem.

Szkic dla granicy D3 należy traktować jako próbę korelacji horyzontu umownego ze względu na jego słabą dynamikę. Natomiast interesujące są obiekty w D3 zarejestrowane pod P2. Elementy te przeważnie przesunięte są w stosunku do podniesień w horyzontach Z2 i Z1' w stronę głównych dyslokacji.

Na podstawie odwierconych otworów m.in. Debrzno IG-1 i Człuchów IG-1 przypuszcza się, że rejestrowane refleksy D<sub>3</sub> stratygraficznie reprezentują dewon górny i mogą być związane z przystropową partią famenu – strop wapieni gruziowych. Ze względu na brak ciągłej korelacji, okolicznością sprzyjającą wydzieleniu refleksów C i D<sub>3</sub> są ich znaczne niezgodności kątowe w stosunku do granicy Z<sub>1</sub>.

W NE i centralnej części rejonu badań prześlędzono granicę D<sub>2</sub>. Granica ta związana jest prawdopodobnie z utworami środkowego dewonu. W kierunku południowo-zachodnim granica ta gwałtownie zapada, w związku z czym jej jakość pogarsza się aż do zaniku śledzenia. Umownie prześlędzona granica D2 dowiązana jest jedynie do otworu Człuchów IG-1 i poza obszarem „Debrzno–Człuchów” – Tuchola IG-1 jako przystropowa część piaskowcowej serii żywełu. Granica ta śledzi się fragmentarycznie przez liczne strefy uskokowe. Wydzielenie refleksu D2 ułatwia odmienny od P2 styl budowy tego kompleksu, zalegający niezgodnie w stosunku do granicy Z1'. Na fragmentach profili w NE części rejonu badań następuje zanik odbicia D2.

Należy podkreślić, iż jakość odbić D3 i D2 jest słaba i niejednoznaczna, a ich korelacja w większości hipotetyczna. Reasumując sejsmiczne badania refleksyjne nie dostarczają jednoznacznych wyników z utworów D i C. Przedstawione w opracowaniach wersje strukturalne należy traktować jako wstępne.

Z analizy istniejących materiałów wynika, że dominującym stylem budowy podpermskiej jest układ blokowy determinowany strefami nieciągłości o kierunku zbliżonym do NWW–SEE i NW–SE. Dominującym elementem jest blok zbudowany z utworów dewonu, przylegających od NE bezpośrednio do osadów Or–S. Od SW blok ten graniczy z utworami C. Omawiany rejon należy do bardzo skomplikowanego pod względem strukturalno-tektonicznym. Obraz fałowy na przekrojach sejsmicznych jest trudny do zinterpretowania z powodu silnego tła fal zakłócających, głównie dyfrakcyjnych.

Mimo skomplikowanych wyników omawiane prace dostarczyły wielu informacji o budowie tektonicznej i strukturalnej tego rejonu. Przedstawione w dokumentacjach materiały na częściach obszaru o gorszej jakości odbić sejsmicznych mogą stanowić jeden z wariantów interpretacji.

Odnosnie najnowszych wyników interpretacyjnych, w tym uzyskanych przez firmy naftowe Apache Poland oraz Cal Energy Gas (Polska) należy stwierdzić iż, pozwalają one na

dokładniejsze rozpoznanie budowy rejonu badań. W porównaniu z rezultatami przedstawionymi w dokumentacjach z tego obszaru, obraz strukturalny zostaje udokładniony. Dotyczy to wszystkich horyzontów sejsmicznych. Plany strukturalne granic są na ogół zgodne z przedstawionymi wcześniej.

Obraz przedstawiony na mapach Z<sub>2</sub> i Z<sub>1</sub>' różni się od poprzednich w nieznacznym stopniu. Strefy dyslokacyjne zostały prześlędzone w ramach nowszych opracowań na dłuższych odcinkach. Potwierdzają się wykryte poprzednio obiekty strukturalne, chociaż czasem uległa zmianie ich powierzchnia lub zostają przesunięte kulminacje.

Warta przytoczenia jest wersja interpretacyjna (Krzywiac, 2002) profilu sejsmicznego przecinającego strefę Koszalin–Chojnice (rejon Debrzno–Człuchów) obrazująca transpresyjną strukturę inwersyjną Debrzno (Fig. 10.3.). Problemy inwersji basenów sedymentacyjnych od wielu lat są tematem intensywnych badań geologicznych i geofizycznych, w dużej mierze w związku z ich znacznym wpływem na występowanie złóż węglowodorów. Zagadnienie identyfikacji struktur inwersyjnych przy użyciu danych sejsmicznych ma ogromne znaczenie w związku z często bezpośrednim związkiem tego typu struktur ze złożami węglowodorów.

W trakcie inwersji basenów osadowych często dochodzi do reaktywacji starszych uskoków ekstensyjnych w postaci uskoków przesuwczych. Z tego typu sytuacją mamy do czynienia w przypadku ukośnej orientacji naprężeń kompresyjnych w stosunku do starszych struktur ekstensyjnych. W trakcie inwersji o składowej przesuwczej powstają charakterystyczne deformacje jak np. pozytywne (związane z transpresją) i negatywne (związane z transtensją) struktury kwiatowe.

Biorąc pod uwagę regionalne tło inwersji bruzdy, tj. generalnie równoleżnikową orientację alpidów, których powstanie wiąże się z inwersją bruzdy, a samą bruzdą zorientowaną NW–SE, należy się spodziewać powstania inwersyjnych struktur przesuwczych o kierunku NW–SE.

W strefach takich mamy do czynienia z uniesieniem wąskich bloków podłoża, rozwojem pozytywnych struktur kwiatowych oraz powstaniem antyklin naduskokowych. Struktury takie można obserwować wzdłuż NE granicy bruzdy na profilach sejsmicznych m.in. przecinających strefę Koszalin–Chojnice.

Na figurze 10.3. zobrazowano przykład takiej transpresyjnej struktury przesuwczej w rozwiniętej na SW od Chojnic, w sąsiedztwie otworów Debrzno IG-1, Człuchów 1G 2 i IG-2BIS, oraz Człuchów IG-1. Analiza tektoniczno-sejsmostratygraficzna pokazała, iż w tym obszarze można wyróżnić dwa etapy inwersji – wcześniejszy związany z wypiętrzeniem osiowej części bruzdy środkowopolskiej, oraz późniejszy związany z powstaniem struktury przesuwczej Człuchowa. Dzięki wysokiej jakości danych sejsmicznych oraz bezpośredniej korelacji z pobliskimi otworami można dość precyzyjnie określić stratygrafię osadów kredowych, a co za tym idzie – kinematykę procesów inwersji.

Analiza obrazu sejsmicznego pomiędzy antykliną Człuchowa a strukturą Debrzno, wchodzącą już w obręb wyniesionej osiowej części bruzdy środkowopolskiej pokazuje, że w tym segmencie bruzdy środkowopolskiej zasadnicze ruchy inwersyjne i wypiętrzenie jej osiowej części miały miejsce najprawdopodobniej po turonie. Dokumentują to liczne niezgodności kątowe pomiędzy post-inwersyjnymi osadami a skłonem wypiętrzonego w wyniku inwersji bruzdy wału środkowopolskiego zbudowanym z utworów turonu i starszych. Obserwowane niezgodności kątowe najprawdopodobniej powstały, jako kontakty typu bocznych wyklinowań w związku z

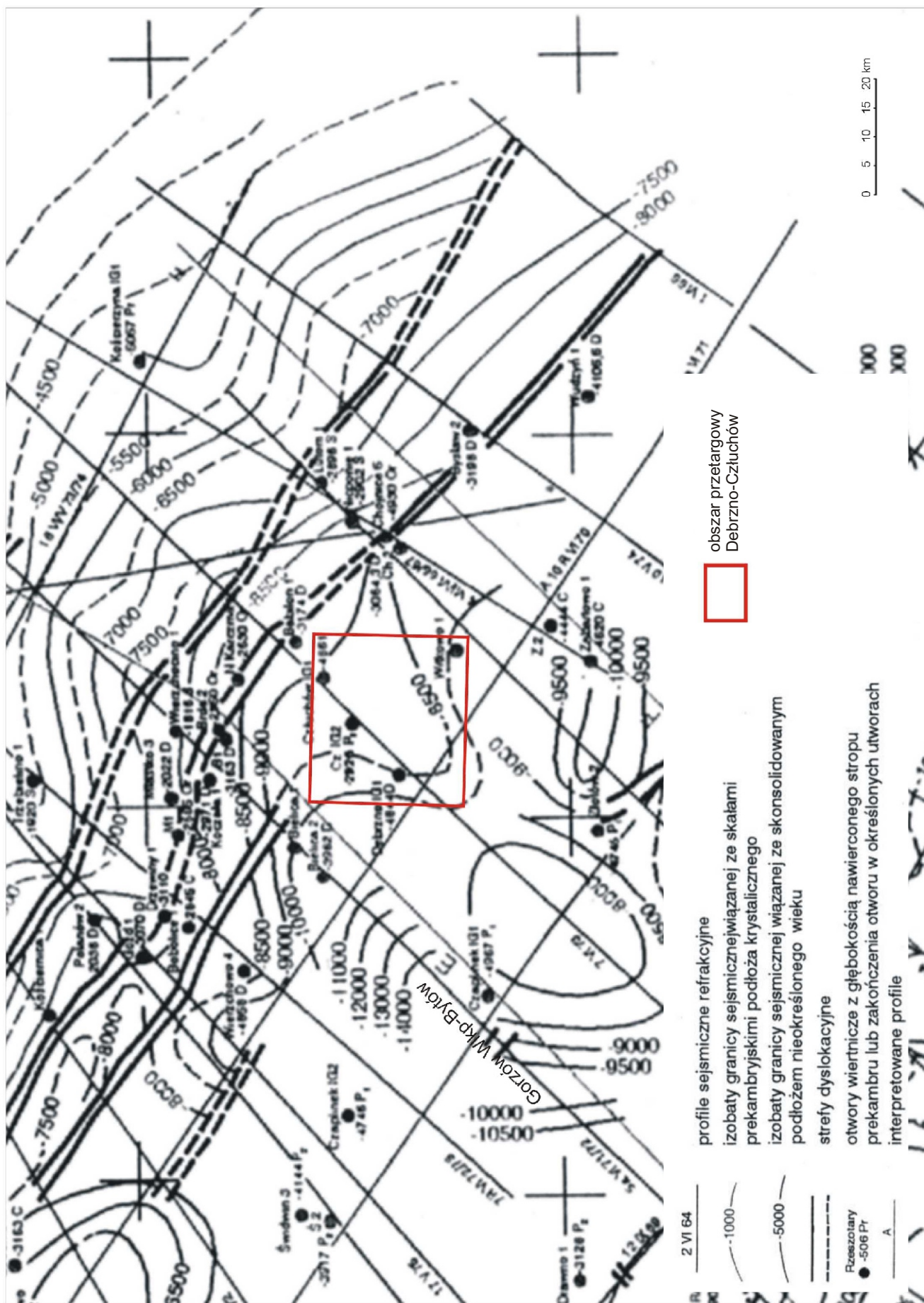


Figura 10.8. Mapa strukturalna sejsmicznej granicy refrakcyjnej o prędkości granicznej 5888–6500 m/s, wg Młynarskiego (1984).

przekraczającym przykryciem wypiętrzonego wału przez osady deponowane w brzeżnej niecce. W następnych etapach inwersji doszło do dalszego dźwignia wału połączonego z rozwojem poduszki solnej Debrzna i wywołanego tym zrotowania kontaktów typu bocznych wyklinowań w obszarze jego skłonu.

W obrębie asymetrycznej antykliny Człuchowa można zaobserwować wyraźny lokalny wzrost miąższości osadów triasowych, co wiązać należy ze stadium transtensyjnym. Inwersja uskoków ograniczających w reżimie transpresyjnym spowodowała powstanie pozytywnej struktury kwiatowej. Wiek tego etapu inwersji i związanych z nią ruchów przesuwczych można określić, jako przypadający na mastrycht.

Podobną genezę wg autora (Krzywiec, 2006) ma najprawdopodobniej również bardziej północny fragment strefy Koszalin–Chojnice, znajdujący się w rejonie Koszalina (rejon Dobrzycy). Wskazuje na to interpretacja tej struktury oparta na związku obserwowanej geometrii i rozkładów miąższości osadów mezozoicznych z obserwowanym rozkładem deformacji tektonicznych występujących w ich obrębie. Ewolucję rejonu Dobrzycy związane z dominacją ruchów przesuwczych: transtensją (głównie triasową), oraz z późnokredową transpresją, która zaowocowała inwersją całej struktury. Jego geneza byłaby w związku z tym analogiczna do genezy struktury obserwowanej w rejonie Debrzna – Człuchowa, co jest istotne ze względu na stwierdzoną perspektywiczność struktury Dobrzycy.

#### PRACE REFRAKCYJNE

W latach 1979/80 wykonano w PBG reinterpretację materiałów refrakcyjnych z lat 1967–77 w formie zbiorczej dokumentacji z tematu „Pomorze Zachodnie” (Hałoń i Wojaś, 1981). Wyniki zostały opublikowane przez Młynarskiego (1982, 1984, 2002).

Przeprowadzono w nich weryfikację uzyskanych materiałów pod kątem prawidłowości interpretacji obrazu falowego i ujednoczenia rozkładu prędkości dla całego obszaru badań. Interpretacja badań była trudna ze względu na skomplikowany, wielowarstwowy obraz. W wyniku reinterpretacji wydzielono granice refrakcyjne:

- Vg rzędu 5400–5800 m/s związaną z przejściem między starszym mezozoikiem i młodszym paleozoikiem,
- Vg rzędu 5800–6200 m/s związaną z utworami starszego paleozoiku (skonsolidowane podłoże),
- Vg rzędu 6100–6500 m/s związaną z utworami krystalicznego podłoża.

Figura 10.8 przedstawia fragment zestawienia dokonanego przez Młynarskiego (1984) dla granicy o Vg rzędu 5800–6500 m/s. Mapa celowo wykracza poza obszar przetargowy dla zilustrowania wyników interpretacji sejsmicznej w zakresie rozpoznania metodą refrakcyjną budowy strukturalnej utworów związanych z tą granicą na szerszym tle.

## 11. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE W REJONIE OBSZARU PRZETARGOWEGO

### 11.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

W okresie powojennym na obszarze bloku przetargowego „Debrzno–Człuchów”, a także na obszarach przyległych, prowadzone były regionalne, półszczegółowe i szczegółowe

badania grawimetryczne. Większość prac grawimetrycznych zrealizowanych do początku lat 60-tych ubiegłego stulecia z uwagi na niską – jak na współczesne wymagania – dokładność pomiarów oraz sposób redukcji w oparciu o rzędne stanowisk odczytywane z dostępnych map topograficznych, ma już jedynie znaczenie historyczne. Zostały one zastąpione grawimetrycznym zdjęciem półszczegółowym o zagęszczeniu 1,5–4,0 pkt/km<sup>2</sup>. Redukcję pomiarów oparto o rzędne punktów pomiarowych wyznaczone na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie metodą niwelacji technicznej.

#### Dane grawimetryczne ze zdjęć szczegółowych

W latach 1976–1992 Państwowy Instytut Geologiczny we współpracy z Przedsiębiorstwem Badań Geofizycznych zrealizował obszerny program „Mapa grawimetryczna Polski w skali 1:200 000” oparty głównie na wynikach zdjęcia półszczegółowego. Tam gdzie były wykonane zdjęcia szczegółowe wybrano punkty reprezentatywne w ilości do 6 na 1 km<sup>2</sup>.

W wyniku realizacji tego programu powstał komputerowy bank danych grawimetrycznych, opracowano także mapy anomalii grawimetrycznych w skalach 1:200 000 i 1:50 000 oraz opublikowano mapy w skali 1:200 000. Współrzędne punktów pomiarowych zostały przedstawione w układzie „Borowa Góra”, a wartości anomalii Bouguera wyznaczone w systemie pozdamskim z przyspieszeniem normalnym wg wzoru Helmerta z 1901 r.

Obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” znajduje się na arkuszu: 16-Chojnice mapy grawimetrycznej Polski w skali 1:200 000 (Soćko i Szczypa, 1979).

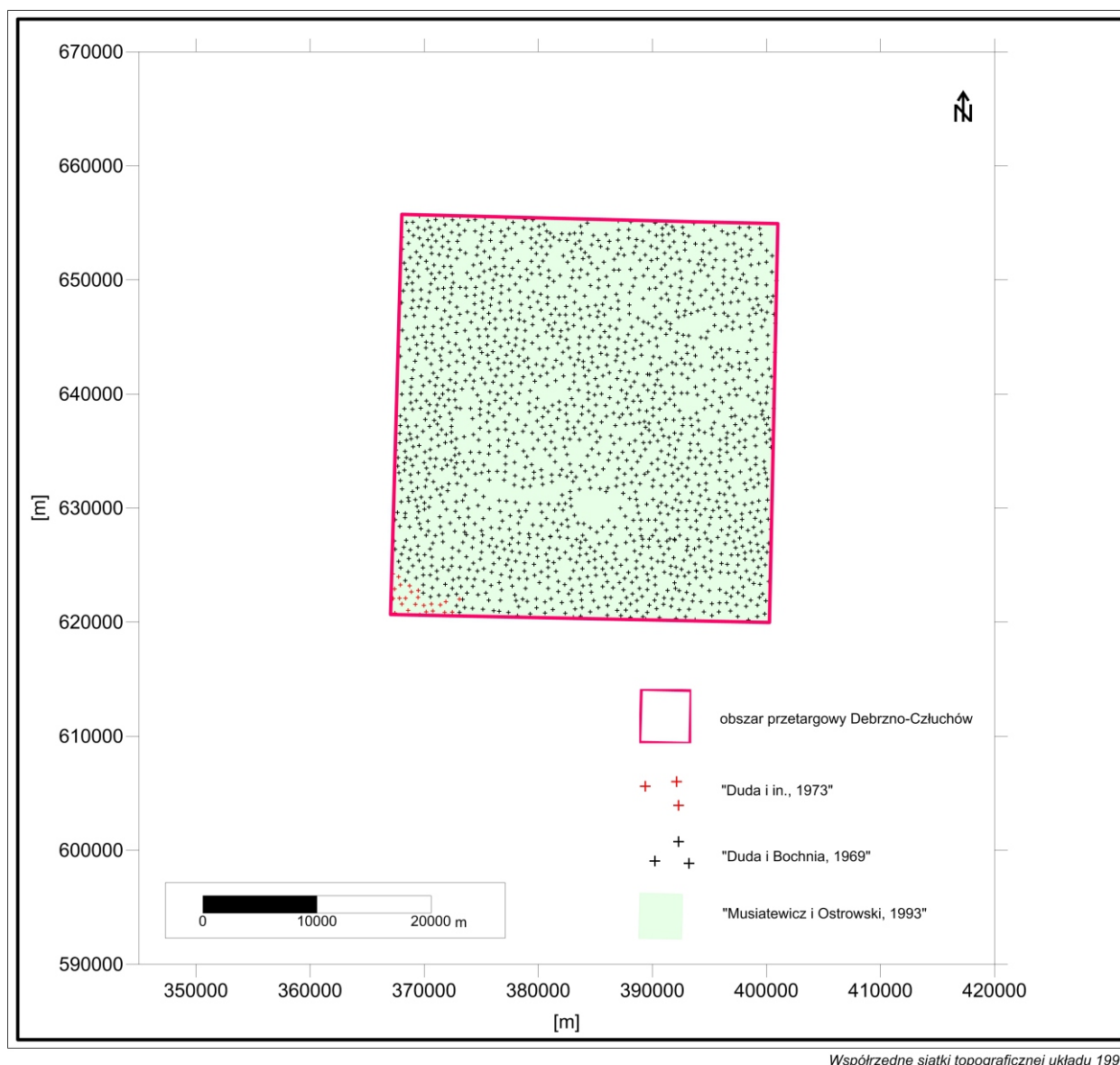
Stworzenie komputerowego banku danych grawimetrycznych umożliwiło opracowanie i opublikowanie „Atlasu grawimetrycznego Polski” (Królikowski i Petecki, 1995), w którym anomalie grawimetryczne zostały wyznaczone w nowym, międzynarodowym systemie grawimetrycznym IGSN 71 (International Gravity Standardization Net 1971, Morelli i in., 1974), z uwzględnieniem formuły Moritza na pole normalne dla elipsoidy odniesienia GRS 80 (Geodetic Reference System 1980, Moritz, 1980). Atlas zawiera mapy anomalii grawimetrycznych o charakterze przeglądowym w skalach 1:500 000 i 1:750 000.

Dane pomiarowe zdjęcia półszczegółowego w nowym systemie grawimetrycznym są dostępne w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (CBDG, 2016) w postaci cyfrowego banku danych. Współrzędne punktów pomiarowych są podane w układzie 1992, po ich transformacji z układu „Borowa Góra”. Zagęszczenie stanowisk grawimetrycznych pomiaru przyspieszenia siły ciężkości na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” ilustruje figura 11.1.

W granicach obszaru znajdują się 1762 punkty pomiarowe zdjęcia półszczegółowego zawarte w dwóch dokumentacjach badań grawimetrycznych (Duda i in., 1973; Duda i Bochnia, 1969).

Z inicjatywy i na zlecenie Instytutu Geologicznego zaprojektowano i wykonano w 1969 roku półszczegółowe badania grawimetryczne w ramach tematu „Antyklinorium pomorskie” (Reczek i Kruk, 1970). Celem prac było uszczegółowienie obrazu anomalii grawimetrycznych zidentyfikowanych wcześniej pomiarami regionalnymi, wydzielenie lokalnych anomalii związanych z kompleksem utworów cechsztyńsko-mezozoicznych, wyznaczenie stref dyslokacyjnych w podłożu podcechsztyńskim, a także dostarczenie danych do optymalnego projektowania prac sejsmicznych.

Pomiary wykonywano grawimetrami typu Sharpe ze średnim zagęszczeniem punktów pomiarowych ok. 2 pkt/km<sup>2</sup>. Jako podkładu topograficznego przy pracach polowych używano map topograficznych w skali 1:50 000 układu „Borowa



**Figura 11.1.** Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych w obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” (na podstawie danych z CBDG, 2016).

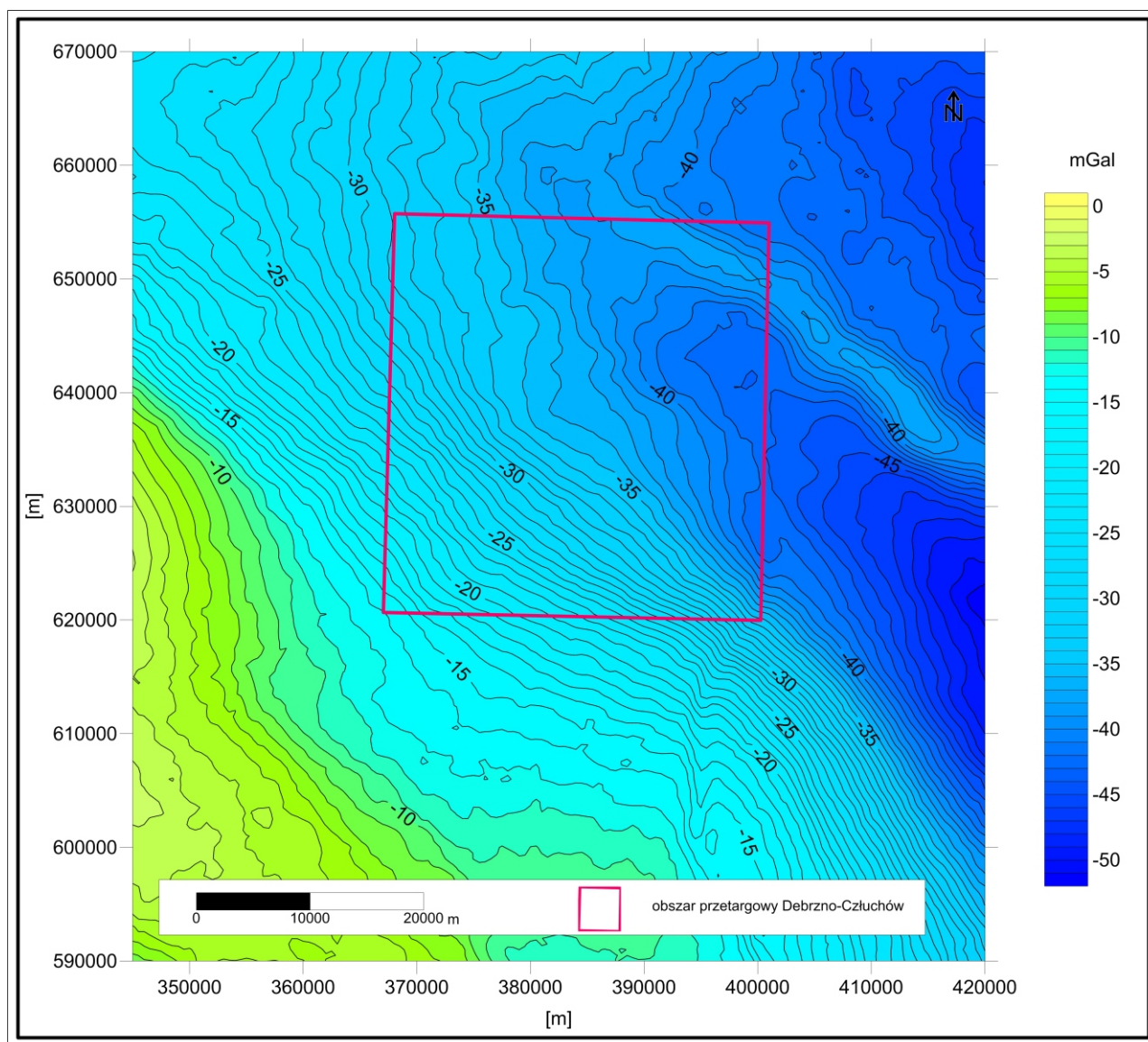
Góra”. Określenie wysokości punktów pomiarowych prowadzono na podstawie niwelacji technicznej. Anomalie grawimetryczne w redukcji Bouguera obliczono stosując wzór Helmerta z 1901 r. na pole normalne, a błąd wyznaczenia anomalii grawimetrycznych Bouguera oszacowano na 0,102 mGala.

Przy sporządzaniu map anomalii siły ciężkości stosowano zmienną wartość gęstości warstwy zredukowanej. Wyniki pomiarów grawimetrycznych zostały przedstawione w postaci map anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w skali 1:50 000 – oddzielnie dla poszczególnych arkuszy map topograficznych.

W roku 1972 badania grawimetryczne na temacie „Antyklinorium pomorskie” zostały wznowione. Wyniki badań z roku 1969 zostały wówczas ponownie opracowane i zinterpretowane (Duda i in., 1973).

Drugie źródło danych półszczegółowych stanowi dokumentacja badań grawimetrycznych na temacie „Synklinorium pomorskie” wykonana na zlecenie Zjednoczenia

Górnictwa Naftowego (Duda i Bochnia, 1969). W opracowaniu tym omówiono i zebrano we wspólnej dokumentacji także sprawozdania obejmująca tematy: „Bobolice–Tuchola 1968 - 69”, „Synklinorium pomorskie 1967–68”, „Białogard–Koszalin–Bobolice, Antyklina Chojnic 1962” oraz część przyległych tematów. Celem prac było otrzymanie jednolitego obrazu anomalii grawimetrycznych synklinorium pomorskiego. Badania wykonano zakładając najpierw sieć podstawową na każdym z wymienionych wyżej tematów archiwalnych, którą dowiązano do sieci wyższego rzędu a następnie mierzono zdjęcie wypełniające. Średnie zagęszczenie punktów pomiarowych wynosiło 1,7 pkt/km<sup>2</sup>. Pomiary grawimetryczne wykonywane były dwoma rodzajami grawimetrów Askania Gs-11 oraz grawimetrami typu Sharpe. Jako podkładu topograficznego przy pracach polowych używano map topograficznych w skali 1:50 000 układu „Borowa Góra”. Określenie wysokości punktów pomiarowych prowadzono na podstawie niwelacji technicznej. Anomalie w redukcji Bouguera obliczono wykorzystując wzór Helmerta z 1901 r. na pole



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

**Figura 11.2.** Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” opracowana na podstawie danych zdjęcia półszczegółowego z CBDG (Królikowski i Petecki, 1995).

normalne oraz przyjmując gęstość redukcji równą  $2,0 \text{ g/cm}^3$ . Błąd wyznaczenia anomalii oszacowano na  $0,114 \text{ mGal}$ .

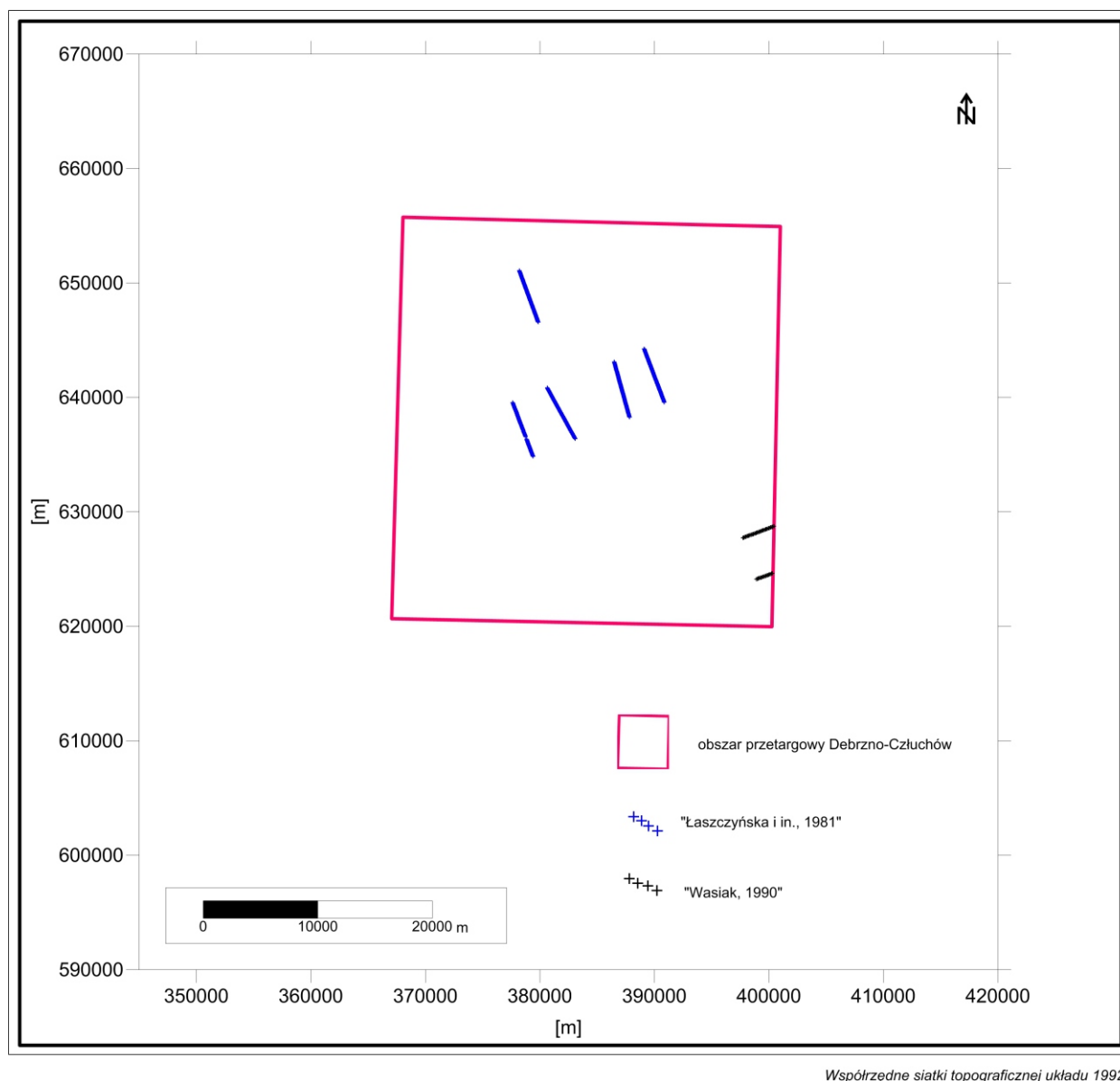
Wyniki pomiarów grawimetrycznych zostały przedstawione w postaci map anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w skali 1:50 000 oraz w postaci arkusza zbiorczego w skali 1:200 000. Interpretacji ilościowej a także jakościowej na tym obszarze, ze względu na olbrzymią powierzchnię i duży zakres prac obliczeniowych, nie przeprowadzono. Rozkład anomalii siły ciężkości w red. Bouguera oparty na danych półszczegółowych z zasobów CBDG w rejonie obszaru „Debrzno–Człuchów” przedstawia figura 11.2.

W późniejszym okresie, dotychczasowe zdjęcie zostało uznane za niedostateczne z punktu widzenia możliwości rozwiązania zadań geologicznych, jakie istnieją wzdłuż granicy antyklinorium i synklinorium pomorskiego. Z tych też względów w latach 1989-1992 z inicjatywy i na zlecenie PGNiG - BG Geonafte zaprojektowano i wykonano (PBG W-wa) w rejonie Szczecinek-Wilcze półszczegółowe zdjęcie grawimetryczne nowej generacji, o stosunkowo równomiernym i znacznym

zagęszczeniu punktów pomiarowych, średnio  $5,5 \text{ pkt/km}^2$ , przy użyciu dokładniejszych grawimetrów (Worden-Master, Scintrex CG-2 i Ws. Sodin), a przy redukcji pomiarów stosowano poprawki topograficzne. Nowe zdjęcie w całości pokrywa obszar przetargowy (Fig. 11.1).

Duże zagęszczenie punktów pomiarowych wiązało się z zadaniem dokładnego sprecyzowanie zasięgu anomalii wywołanych przypowierzchniowymi ciałami zaburzającymi, utrudniającymi interpretację struktur głębszych. W szczególności chodziło o zlokalizowanie wyniesionych elementów strukturalnych i stref dyslokacyjnych w podłożu czerwonego spągowca, a pośrednio stref wyklinań utworów czerwonego spągowca i karbonu na garbach podłoża oraz struktur w utworach dolnego cechsztynu. Informacje te mogą być pomocne przy lokalizacji barier dolomitycznych.

W latach 1989-1990 wykonano pomiary i wyrównano sieć punktów podstawowych na całym obszarze badań oraz przeprowadzono pomiary wypełniające i ich interpretację na obszarze położonym na zachód od południka  $17^{\circ}20'$ ,



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

**Figura 11.3.** Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów szczegółowych w obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” (na podstawie danych CBDG, 2016).

przedstawione w dokumentacji częściowej (Lisowski i Musiatewicz, 1991). W dokumentacji końcowej (Musiatewicz i Ostrowski, 1993) zawarto wyniki badań grawimetrycznych przeprowadzonych w latach 1991–1992, na wschód od południka 17°20’.

Lokalizację stanowisk pomiarowych przedstawiono na mapach topograficznych w skali 1:50 000 układu „Borowa Góra”. Dokładność pomiarów wyniosła  $\pm 0,019$  mGal, a średni błąd kwadratowy wyznaczenia anomalii w redukcji Bouguera został oszacowany na  $\pm 0,036$  mGal. Anomalie Bouguera obliczono stosując wzór Helmerta z 1901 r. na pole normalne siły ciężkości oraz gęstość warstwy zredukowanej równą  $2,25$  g/cm<sup>3</sup>. Mapy grawimetryczne rozkładu anomalii Bouguera opracowano w skali 1:50 000 dla pełnych arkuszy map topograficznych w skali 1:50 000 w cięciu „Borowa Góra” i mapę zbiorczą dla całego rejonu badań w skali 1:200 000. Na arkuszach nie objętych całkowicie nowymi pomiarami, wykorzystano dane pochodzące z wcześniejszych prac grawimetrycznych. W dokumentacji końcowej (Musiatewicz i

Ostrowski, 1993) zamieszczono również mapy grawimetryczne w skali 1:50 000 prezentowane w dokumentacji częściowej (Lisowski i Musiatewicz, 1991) oraz przytoczono wyniki interpretacji jakościowej z obszaru objętego badaniami w latach 1989–1990.

Wyniki badań grawimetrycznych przedstawiono także w postaci map anomalii regionalnych i resztkowych według metody Griffina oraz map całkowitego gradientu poziomego siły ciężkości według metody Rosenbacha. Mapy te opracowano dla arkuszy w skali 1:50 000 oraz w postaci zbiorczej w skali 1:200 000.

W celu wyodrębnienia z obrazu anomalii efektów grawitacyjnych pochodzących od kompleksu permsko-mezozoicznego zostały wykorzystane, scyfrowane w ramach dokumentacji częściowej (Lisowski i Musiatewicz, 1991), mapy strukturalne z opracowań sejsmicznych w granicach dokumentowanego zjawiska. W oparciu o dane uzyskane z otworów wiertniczych, a także niektóre dane sejsmiczne określono związek anomalii grawimetrycznych z

regionalnymi i lokalnymi strukturami geologicznymi występującymi w kompleksie utworów permsko-mezozoicznych i w jego podłożu. Sporządzono szkic wydzielonych elementów geologiczno-geofizycznych, na którym zaznaczono osie dodatnich i ujemnych anomalii resztkowych oraz osie ekstremalnych wartości gradientu poziomego. Formy grawimetryczne wydzielone na podstawie interpretacji jakościowej powiązane zostały ze strukturami geologicznymi. Dokumentacje badań grawimetrycznych w rejonie Szczecinek-Wilcze znajdują się w Narodowym Archiwum Geologicznym, natomiast dane pomiarowe nie są dostępne w CBDG.

#### Dane grawimetryczne ze zdjęć szczegółowych

Dane grawimetryczne o charakterze szczegółowym w obszarze „Debrzno-Człuchów” stanowią część badań geofizycznych ukierunkowanych na poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie lokalnych ujemnych anomalii grawimetrycznych (Fig. 11.3). Są to profile grawimetryczne z 1989 r. (Wasiak, 1990) i z 1980 r. (Łaszczyńska i in., 1981). Ze względu na ściśle określony charakter badań zorientowany na badanie bardzo płytkich struktur geologicznych dane tego typu nie mają większego znaczenia dla poszukiwania złóż węgłowodorów. Dane pomiarowe z grawimetrycznych prac szczegółowych są dostępne w CBDG.

### 11.2. BADANIA MAGNETYCZNE

W rejonie obszaru przetargowego „Debrzno-Człuchów” zostały wykonane pomiary pionowej składowej Z pola magnetycznego Ziemi o charakterze regionalnym, z niewielkim zagęszczeniem punktami pomiarowymi oraz względnie małej dokładności. Wyniki tego typu badań z rejonu Polski zostały ujednolicone, sprowadzone do jednolitego poziomu i epoki i opublikowane w postaci mapy anomalii magnetycznych Z w skali 1:200 000 (Karaczun i Karaczun, 1978) i w skali 1:500 000 (Karaczun i in., 1978). Dla celów prospekcyjnych nie mają one większego znaczenia ze względu na małe zagęszczenie punktów pomiarowych (0.1 pkt/km<sup>2</sup>).

To mało dokładne zdjęcie magnetyczne zostało zastąpione pomiarami modułu całkowitego pola magnetycznego T w wyniku realizacji półszczełowego zdjęcia magnetycznego Polski. Dane magnetyczne w obszarze przetargowym pochodzą z jednego tematu „Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia”, zrealizowanego w latach 1988–1996 (Kosobudzka i Paprocki, 1997). Badania wykonano na zamówienie Ministerstwa Środowiska, a sfinansowano w całości ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Zarówno pomiary polowe jak i prace dokumentujące wykonało Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych. Celem wykonanych półszczełowych badań magnetycznych T było:

- uszczegółowienie obrazu pola magnetycznego rozpoznanego wcześniej zdjęciem regionalnym o rzadkim zagęszczeniu stanowisk pomiarowych i małej dokładności pomiarów,
- zgromadzenie danych magnetycznych w bazie komputerowej do dalszego ich przetwarzania dla potrzeb kompleksowej interpretacji geofizyczno-geologicznej ukierunkowanej przede wszystkim na rozpoznanie morfologii i tektoniki podłoża magnetycznie czynnego.

W trakcie realizacji tematu wykonywane były nowe pomiary, a także włączane były i ujednolicane istniejące dane z badań wcześniejszych.

Pomiary modułu pola geomagnetycznego T wykonywane były dwiema metodami: tzw. „klasyczną” (na obszarach, na których nie występowały nienaturalne zakłócenia pola geomagnetycznego) oraz metodą różnicową (gradientową) na obszarach zakłóceń przemysłowych, w tym szczególnie w strefach przylegających do tras zelektryfikowanych linii kolejowych. Zdjęcie wykonano ze średnim zagęszczeniem punktów ok. 2 pkt/km<sup>2</sup>. Średni błąd kwadratowy pojedynczego pomiaru wyniósł  $\pm 2$  nT.

Współrzędne punktów pomiarowych zostały wyznaczone w układzie „1942” z dokumentacyjnych map topograficznych w skali 1: 50 000. Pomiary magnetyczne zostały zredukowane na epokę 1982.5 przy zastosowaniu międzynarodowego pola odniesienia DGRF (Definitive Geomagnetic Reference Field), opracowane zostały katalogi anomalii magnetycznych T, utworzona została komputerowa baza danych magnetycznych, a wyniki badań udokumentowano na mapach anomalii magnetycznych dla arkuszy map w skali 1:50 000 oraz mapach zbiorczych w skali 1:200 000. Elementy anomalne ujawnione w rozkładzie anomalnego pola magnetycznego zostały scharakteryzowane i opisane wraz z podaniem możliwej ich genezy.

Dane pomiarowe są dostępne w CBDG w postaci cyfrowego banku danych magnetycznych. W obszarze przetargowym Debrzno-Człuchów zlokalizowanych jest 2167 stanowisk pomiarowych (Fig. 11.4).

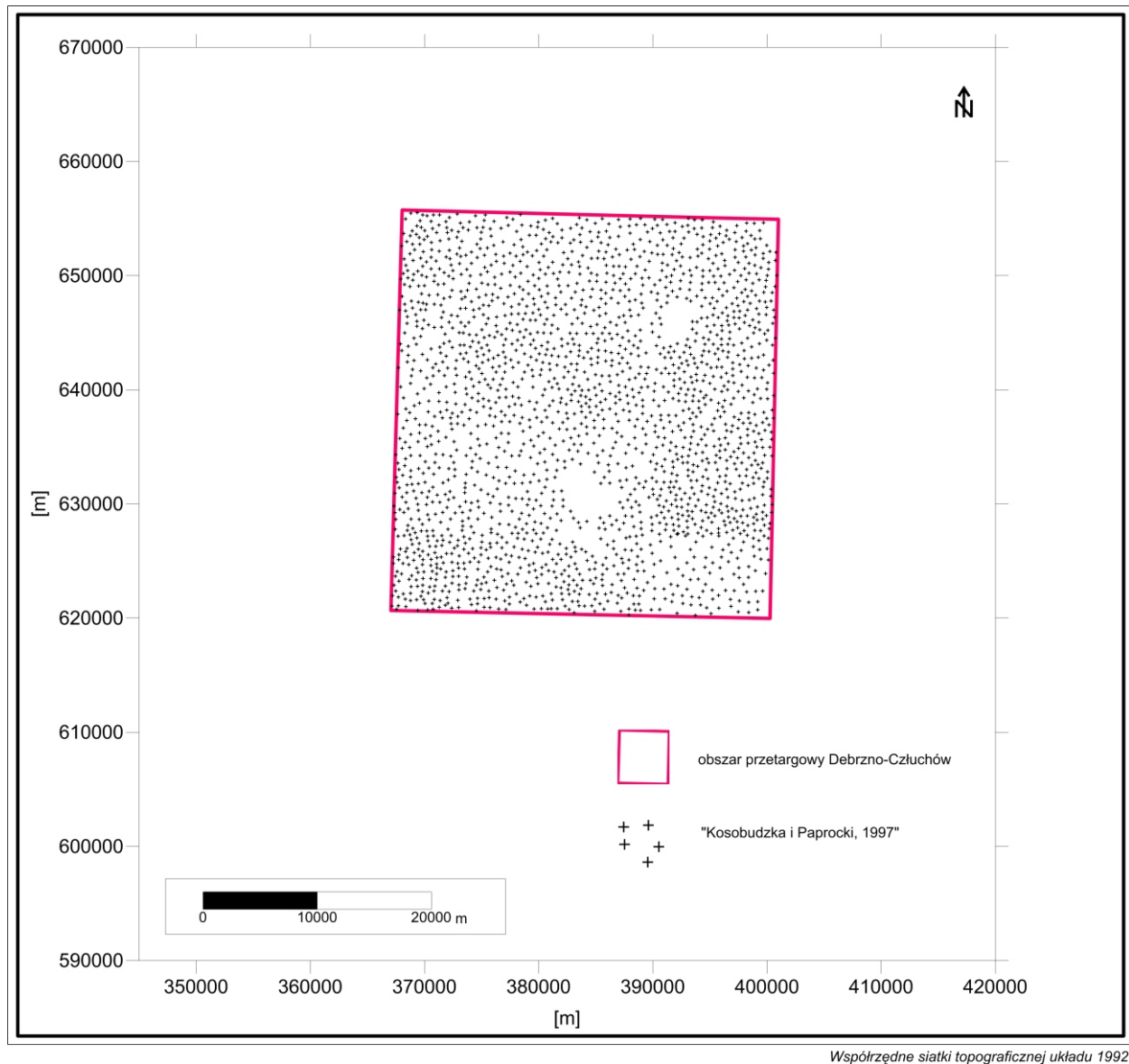
W 2003 r. bazująca na w/w nowoczesnych pomiarach mapa magnetyczna Polski w skali 1:500 000 została opracowana do druku dla dwóch północnych ćwiartek (Petecki i in., 2003). Jej fragment przedstawiający mapę anomalii magnetycznych T z rejonu „Debrzno-Człuchów” jest przedstawiony na figurze 11.5.

### 11.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE

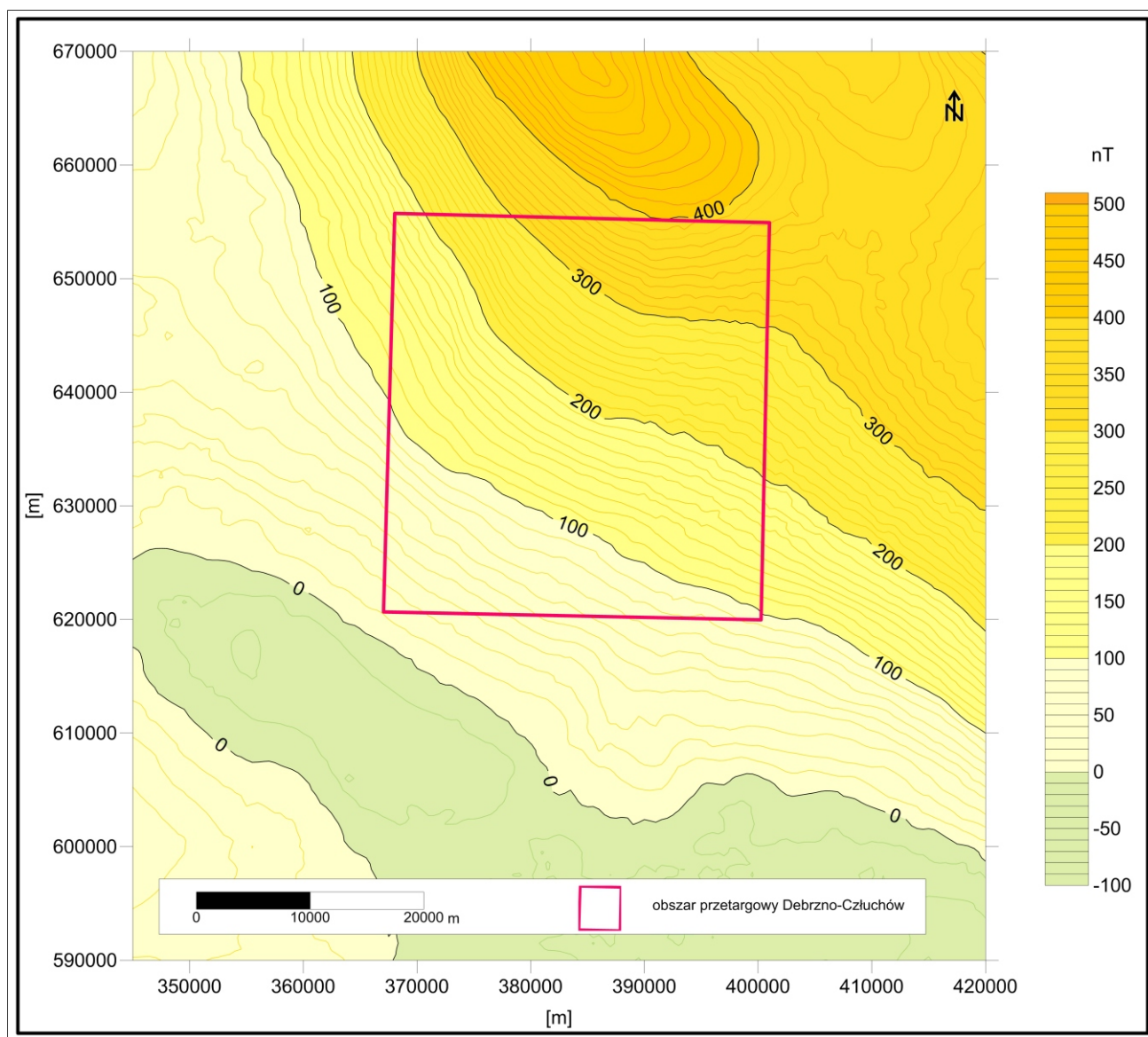
W latach 2007–2008 wykonano magnetotelluryczne prace pomiarowe wzdłuż dwóch profili regionalnych nazwanych D-PL i BMT-5, zlokalizowanych w północno-zachodniej Polsce (Stefaniuk i in., 2008). Badania realizowano na zlecenie Ministerstwa Środowiska (sfinansowane przez NFOŚiGW). Głównym wykonawcą powyższych badań było Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie sp. z o.o. w kooperacji z Państwowym Instytutem Geologicznym. Ogólnym celem badań magnetotellurycznych było rozpoznanie wglębnej struktury strefy pomorskiego segmentu bruzdy śródpolskiej i obszarów sąsiednich, w szczególności określenie charakteru kontaktu kratonu wschodnioeuropejskiego i struktur północnoeuropejskiej platformy paleozoicznej.

Pomiary magnetotelluryczne wykonano w wersji pojedynczych sondowań zlokalizowanych wzdłuż profili i odległych od siebie o ok. 4,5 km aparaturą MT-1 produkcji ElectroMagnetic Instruments Inc., Richmond Kalifornia oraz aparaturą z serii system2000.net z zastosowaniem odbiorników typu V8 i RXU-3E produkcji Phoenix Geophysics Ltd. Toronto, Kanada. W przypadku stosowania aparatury V8 wykorzystane zostały metody sondowania w paśmie magnetotellurycznym – MT i audiomagnetotellurycznym – AMT. W obszarze „Debrzno-Człuchów” znalazły się rejestracje wykonane na 44 stanowiskach pomiarowych wzdłuż profilu BMT-5 (Fig. 11.6).

Interpretacja geologiczna wyników badań magnetotellurycznych miała charakter kompleksowy i wykonana została przy współpracy z zespołem specjalistów Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Poprzedzona została obszerną i wszechstronną analizą danych geofizycznych i geologicznych z obszaru Polski północno-zachodniej, konstrukcją modeli geologicznych i

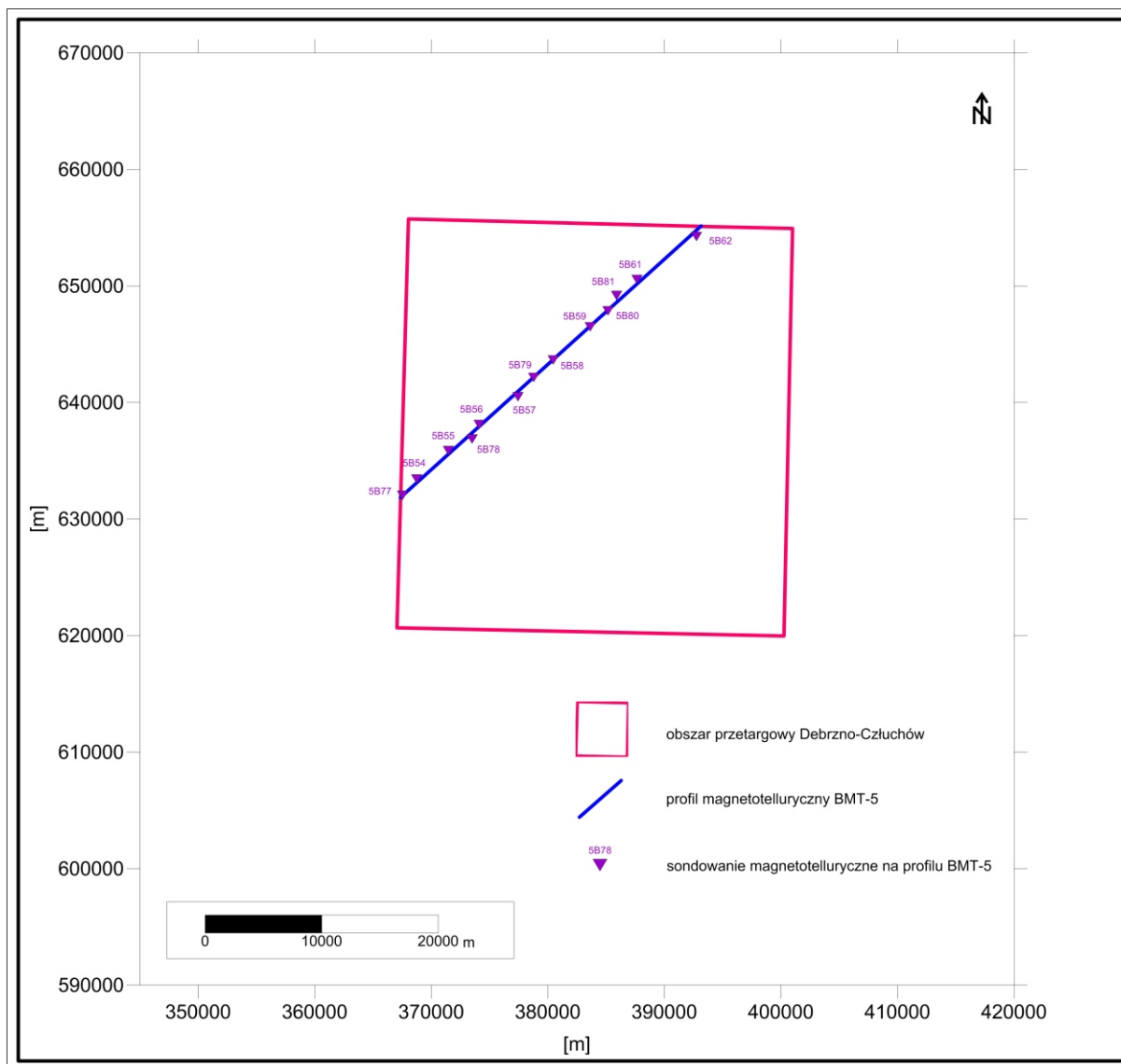


**Figura 11.4.** Lokalizacja stanowisk pomiarowych modułu całkowitego wektora pola geomagnetycznego T w obszarze przetargowym „Debrzno-Człuchów” (na podstawie danych CBDG, 2016).



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

**Figura 11.5.** Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego T w rejonie obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów” (Petecki i in., 2003).



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

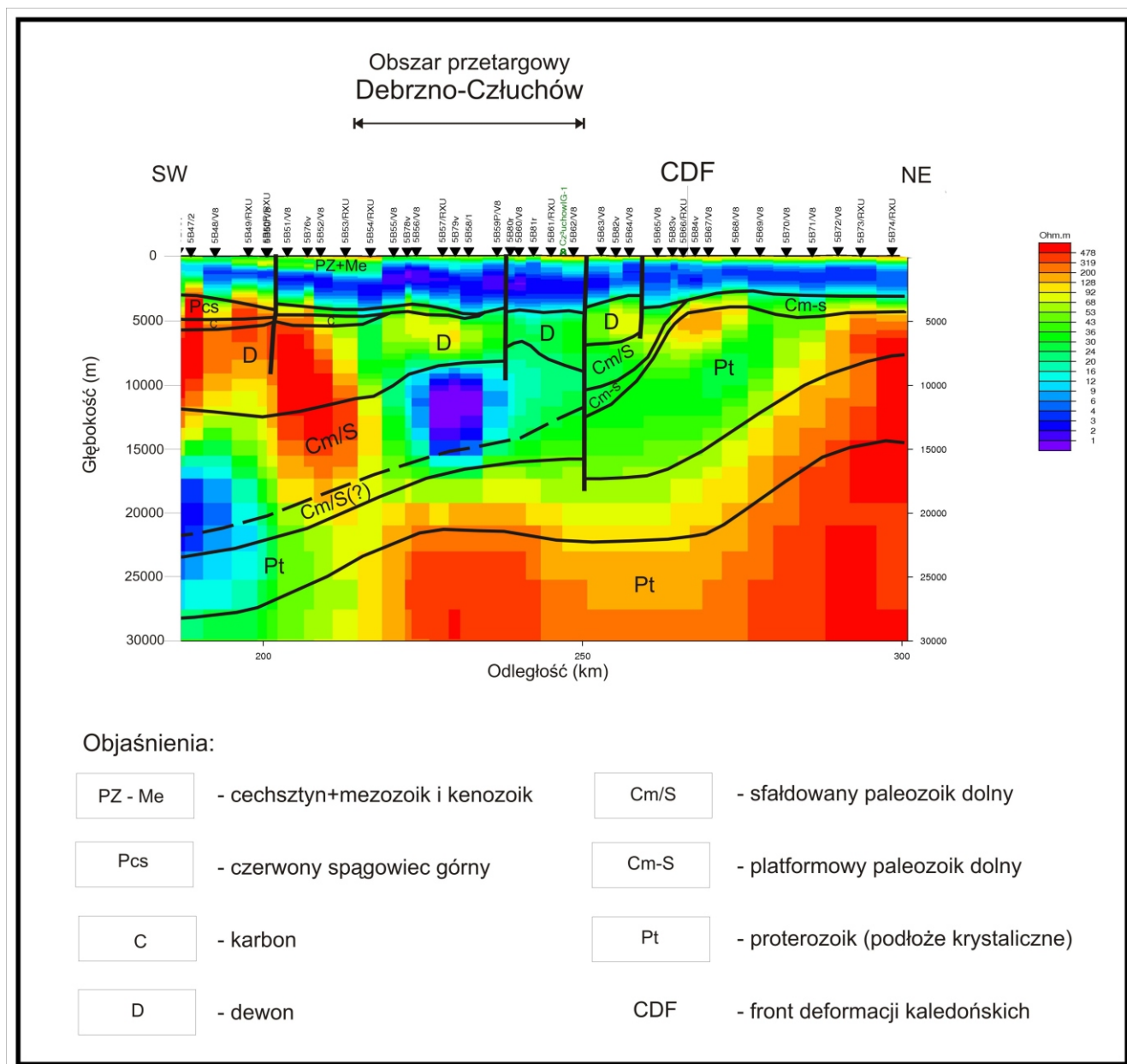
**Figura 11.6.** Lokalizacja sondowań magnetotellurycznych w obszarze przetargowym „Debrzno-Człuchów” (na podstawie danych CBDG, 2016).

geofizyczno-geologicznych wzdłuż profili magnetotellurycznych oraz modelowaniem 2D rozkładu pól potencjalnych wzdłuż powyższych profili (Stefaniuk i in., 2008). Najważniejszym rezultatem badań są przekroje oporności opracowane wzdłuż profili pomiarowych oraz modele geologiczne skonstruowane w rezultacie kompleksowej interpretacji danych magnetotellurycznych. Przykładowy wynik dwuwymiarowej inwersji danych magnetotellurycznych wraz z interpretacją geologiczną wzdłuż profilu BMT-5, w rejonie obszaru przetargowego, przedstawia figura 11.7. (Stefaniuk i in., 2008). Zestawienie wyników badań magnetotellurycznych w wersji cyfrowej w CBDG zawiera następujące materiały dokumentacyjne:

1. Wykaz sondowań magnetotellurycznych;
2. Zestawienie wyników badań geofizycznych: m.in. krzywe pomiarowe (po processingu) do interpretacji (w formacie EDI);
3. Zbiór magnetotellurycznych danych pomiarowych formacie EMI Phoenix Geophysics.

## 12. SYSTEM NAFTOWY

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, która 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,



**Figura 11.7.** Wynik 2D inwersji danych magnetotellurycznych wzdłuż profilu BMT-5 /fragment/ z interpretacją geologiczną J. Pokorskiego (Stefaniuk i in., 2008).

migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej. Wzajemne relacje czasowe pomiędzy wspomnianymi elementami i procesami systemu naftowego pozwalają na powstanie złoża.

macierzystość rozpatrywana jest w podrozdziale 5.3.1 dot. opisu materii organicznej (Ewa Klimuszko, ten tom).

### 12.1. CECHSZTYŃSKI SYSTEM NAFTOWY

Skały dolomitu głównego stanowią tzw. „zamknięty” cechsztyński system naftowy, w którym skałami macierzystymi i zbiornikowymi dla ropy naftowej i gazu ziemnego są dolomity, a skałami uszczelniającymi nadległe ewaporaty permskie. Skały tworzące cechsztyński system naftowy (zbiornikowe, uszczelniające), zostały scharakteryzowane w podrozdziale 5.3. PERM – CECHSZTYŃ (DOLOMIT GŁÓWNY – Ca<sup>2+</sup>) (Ryszard Wagner, Leszek Skowroński, ten tom), a ich

### 12.2. KARBOŃSKO-PERMSKI SYSTEM NAFTOWY

Głównymi elementami karbońsko-permskiego systemu naftowego są karbońskie skały macierzyste (występujące jedynie w południowo-zachodniej części obszaru przetargowego), skały zbiornikowe karbonu i czerwonego/białego spągowca oraz skały uszczelniające w postaci ewaporatów cechsztyńskich. Karbońskie mułowce i ilowce są skałą macierzystą dla gazu ziemnego, który migrował ku strefom o niższym ciśnieniu hydrostatycznym, czyli do leżących niezgodnie na skałach karbonu utworów czerwonego spągowca (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005; Karnkowski, 1999; Botor i in., 2013). Migracja węglowodorów

ze skał macierzystych do pułapek złożowych mogła mieć charakter lokalny wzdłuż nieciągłości tektonicznych lub charakter regionalny krótko lub długodystansowy przy udziale skał odznaczających się dobrymi własnościami petrofizycznymi. W zachodniej części europejskiego basenu permskiego za skały macierzyste uznaje się węgle westfalu (Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013), natomiast badania geochemiczne mułowców i iłowców karbonu w basenie polskim sugerują, że zawartość rozproszonej materii organicznej 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 występowania macierzystych, węglonośnych utworów molasy górnokarbońskiej na przedpolu polskich eksternidów waryscyjskich. Potwierdzeniem macierzystości skał karbonu w Polsce mogą być także złoża odkryte w utworach tego wieku: Wierzchowo, Gorzysław, Trzebusz, Wrzosowo, Daszewo, Paproć, Kościan i Brońsko (Karnkowski, 1993) oraz wyniki badań geochemicznych materii organicznej i gazu ziemnego (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2004, 2005). 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 (Botor i in., 2013).

Na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” brak jest otworów wiertniczych nawiercających skały karbonu. Zostały one stwierdzone natomiast w południowo-zachodniej części obszaru na podstawie prac sejsmicznych i otworów zlokalizowanych w pobliżu obszaru przetargowego. Najbliższym otworem, z którego można zasięgnąć informacji o skałach karbonu jest otwór Lipka 1, znajdujący się w obrębie obszaru przetargowego Złotów-Zabartowo (Fig. 12.1 i 12.2). Próbkę skał karbonu dolnego z otworu Lipka 1 zostały przebadane pod kątem oznaczenia całkowitej zawartości materii organicznej (TOC), dojrzałości termicznej ( $R_o$ ) i petrografii materii organicznej (Plewa i in., 1995). Średnia zawartość węgla organicznego profilu karbonu wynosi 0,64% (Grelowski, 1995). Profil karbonu może zawierać zatem potencjalne skały macierzyste o wartościach TOC powyżej 0,5% (maksymalna wartość TOC – 1,35%; Grelowski, 1995). Średnia refleksyjność wityrnytu dla przebadanych próbek zawiera się w przedziale 1,1–1,45%  $R_o$ , co odpowiada strefie przejściowej pomiędzy fazą generowania ropy i gazu kondensatowego (Grelowski, 1995). Świadczy to o zaawansowanym stopniu przeobrażenia termicznego materii organicznej, która wykształcona jest głównie w postaci gazotwórczych macerałów grupy wityrnytu i niezdolnych do generowania węglowodorów macerałów grupy inertyrnytu (ropotwórcze macerały grupy egzynitu występują w ilości śladowej; Grelowski, 1995).

Numeryczne modelowania karbońsko-permskiego systemu naftowego basenu polskiego (Botor i in., 2013) sugerują, że obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów” mógł pod koniec triasu znajdować się w strefie migracji węglowodorów z karbońskich skał macierzystych centralnej części basenu (Fig. 12.3). Biorąc pod uwagę analizy Burzewskiego i in. (2009) można założyć, że skały macierzyste karbonu dolnego w obrębie obszaru przetargowego Leszno cechowały się w historii geologicznej średnim jednostkowym potencjałem genetycznym na poziomie 100–200 kg HC/m<sup>2</sup> basenu (Fig. 12.4).

Skały zbiornikowe czerwonego/białego spągowca (perm) zostały scharakteryzowane w podrozdziale 5.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC (Hubert Kiernowski, Leszek Skowroński, ten tom), a skały uszczelniające cechsztynu zostały opisane w podrozdziale 5.3. PERM – CECHSZTYN

(DOLOMIT GŁÓWNY – Ca<sub>2</sub> (Ryszard Wagner, Leszek Skowroński, ten tom).

### 12.3. SYSTEM NAFTOWY NA OBSZARZE GRANICZNYM PLATFORMY PALEOZOICZNEJ I KRATONU WSCHODNIOEUROPEJSKIEGO W STREFIE KOSZALIN–CHOJNICE

Na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów” i w jego sąsiedztwie odnotowano liczne objawy węglowodorów w utworach dewonu górnego i środkowego. Ślady ropy naftowej i inne objawy bituminów zaobserwowano np. w utworach dewonu górnego w otworze Człuchów IG-1 i Sokole-1, a akumulacje ropy naftowej i gazu ziemnego udokumentowano m. in. w otworze Tuchola IG-1 (Fig. 12.5), Tuchola 3K i Tuchola 4K. Geneza nagromadzeń węglowodorów w utworach dewonu strefy Koszalin-Chojnice nie została dotychczas jednoznacznie wyjaśniona. Przypuszcza się, że ropa naftowa i gaz ziemny zostały wygenerowane z dewońskich skał macierzystych, lub media te mogły powstać z materii organicznej rozproszonej w podległych mułowcach i iłowcach ordowiku i syluru, a ich akumulacja w piaskowcowych i węglanowych skałach zbiornikowych dewonu środkowego i górnego jest wynikiem migracji wzdłuż stref uskokowych.

Za pierwszą hipotezą przemawiają punktowe wyniki badań geochemicznych i optycznych dewońskiej materii organicznej w otworach Debrzno IG-1, Człuchów IG-1 i Tuchola IG-1 (Klimuszko, 2012, ten tom; Grotek, 2012, ten tom). W utworach dewonu środkowego i górnego otworów Debrzno IG-1 i Człuchów IG-1 stwierdzono niewielkie zawartości węgla organicznego i jedynie część wyników świadczy o tym, iż utwory te zawierają wkładki potencjalnych dobrych, węglanowych skał macierzystych (Ewa Klimuszko, ten tom). Dewońska materia organiczna w otworach Debrzno IG-1 i Człuchów IG-1 znajduje się w strefie przejściowej pomiędzy oknem ropnym i gazowym w zależności od głębokości pograżenia skał (Izabela Grotek, ten tom). W otworze Tuchola IG-1 środkowa część profilu utworów dewonu środkowego o miąższości ok. 18 m może być uznana za bardzo dobre skały macierzyste, które zawierają od 0,5 do 1% węgla organicznego (C<sub>org</sub>; Klimuszko, 2012). Pozostała część profilu dewonu środkowego to skały ubogie w materię organiczną. Utwory dewonu górnego zawierają od 0,1 do 0,4% C<sub>org</sub>, co pozwala interpretować je jako słabe węglanowe skały macierzyste (Klimuszko, 2012, ten tom). Analiza wskaźników geochemicznych sugeruje, że nagromadzenia bituminów w skałach mają charakter epigenetyczny, tzn. mają pochodzenie migracyjne (Klimuszko, 2012, ten tom). Materia organiczna utworów dewonu środkowego i górnego w otworze Tuchola IG-1 ma charakter sapropelowy, ropotwórczy (źródłem wyjściowej materii organicznej są algi morskie i bakterie z niewielką domieszką składnika humusowego) i jest współcześnie silnie przeobrażona termicznie (Klimuszko, 2012). Badania mikroskopowe potwierdziły podwyższoną zawartość materii organicznej w utworach dewonu środkowego, która wykształcona jest głównie w postaci materiału wityrnytopodobnego (stałe bituminy, zooklasty; 0,5–0,7% planimetrowanej powierzchni próbki) oraz impregnacji bitumicznych w skałach dewonu środkowego (Grotek, 2012). Dojrzałość termiczna określona na podstawie refleksyjności macerałów wityrnytopodobnych lokuje dolną część profilu dewonu środkowego w głównej fazie generowania ropy naftowej z możliwością generowania gazów mokrych i kondensatów (średnio – 0,83–1,27%  $R_o$ ), natomiast część górna profilu dewonu środkowego oraz profil dewonu górnego

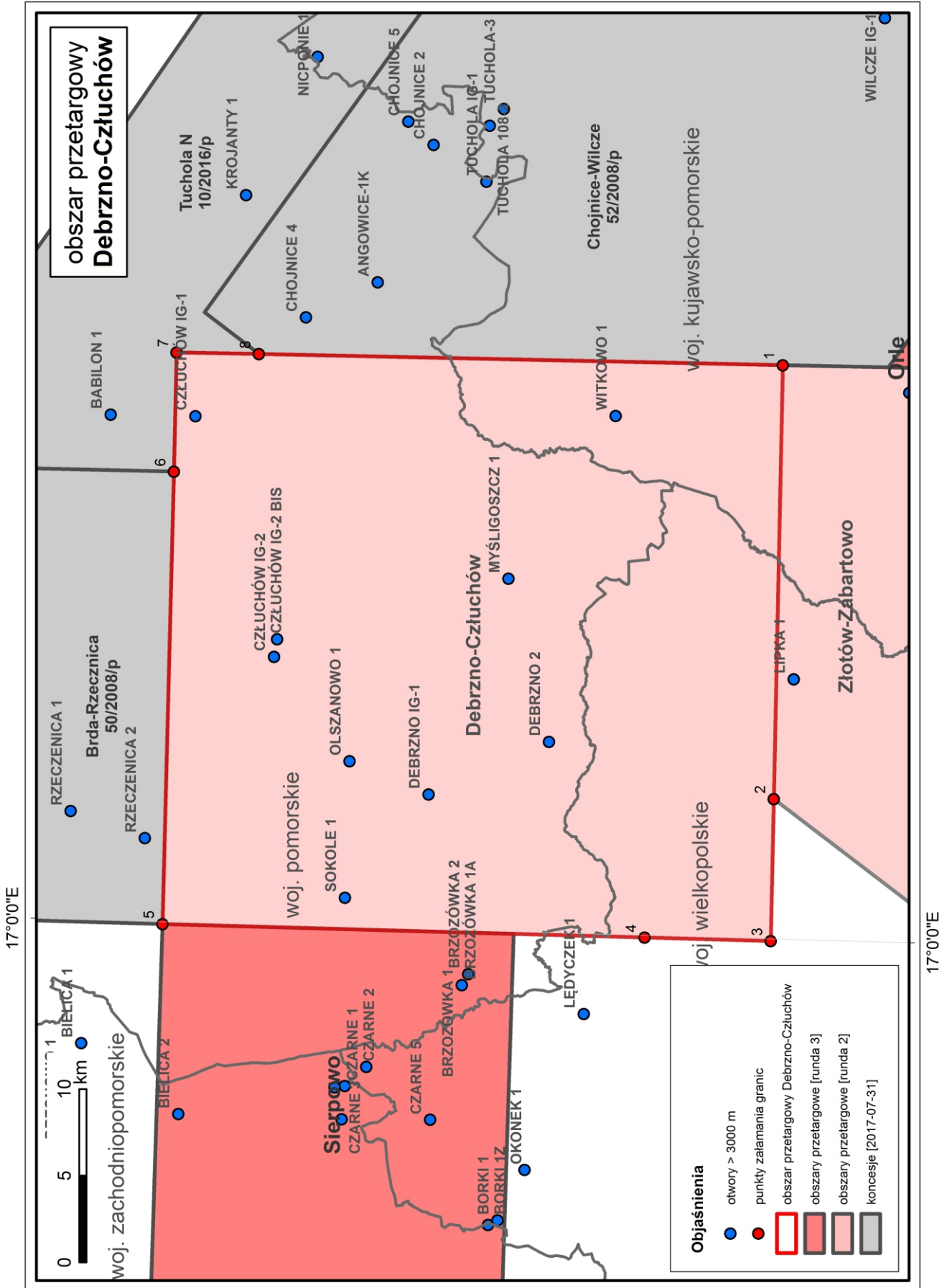
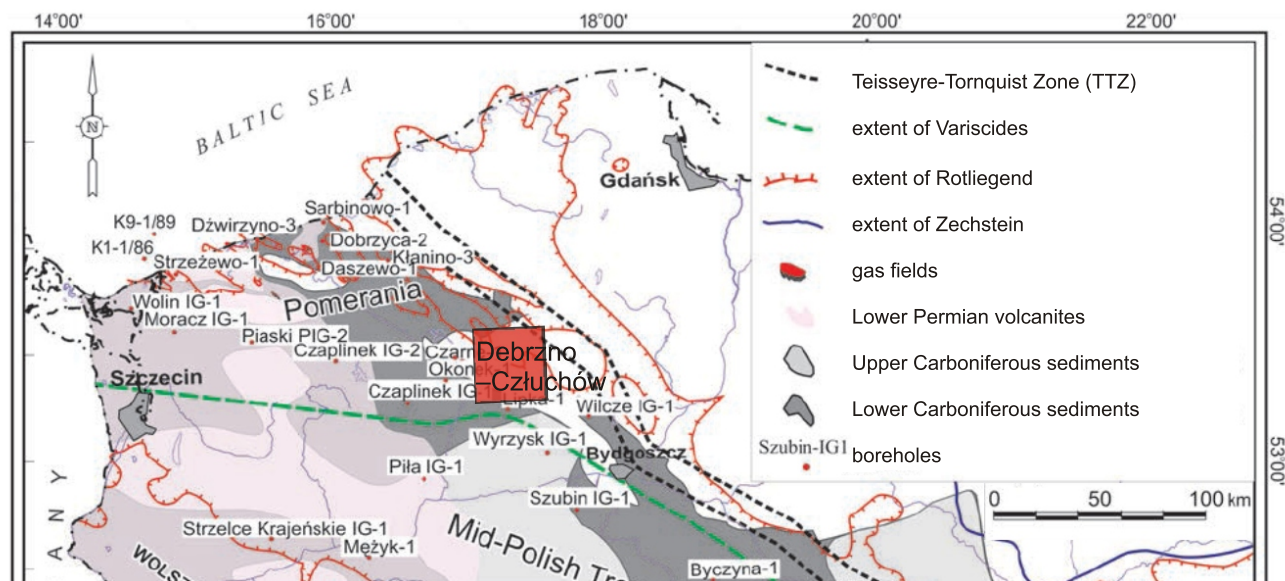
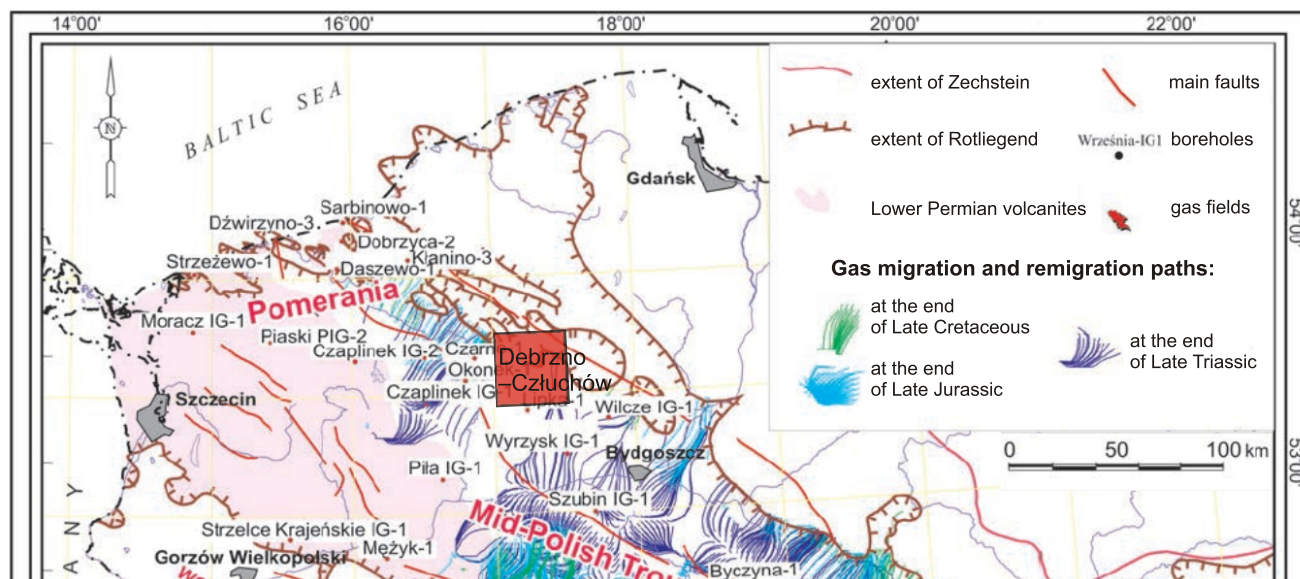


Figura 12.1. Obszar przetargowy „Debrzno-Człuchów”, w odniesieniu do sąsiadujących obszarów koncesyjnych i obszaru przetargowego „Złotów-Zabartowo”, na którego terenie zlokalizowany jest otwór Lipka 1.



**Figura 12.2.** Mapa przedstawiająca główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie (Reicher, 2008). Zasięg utworów karbonu dolnego i górnego wg Pokorski (2008) (Botor i in., 2013). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno-Człuchów”.



**Figura 12.3.** Mapa przedstawiająca ścieżki migracji gazu na tle rozprzestrzenienia zbiornikowych utworów czerwonego spągowca (Maćkowski i in., 2008, zmieniona) (Botor i in., 2013). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno-Człuchów”.

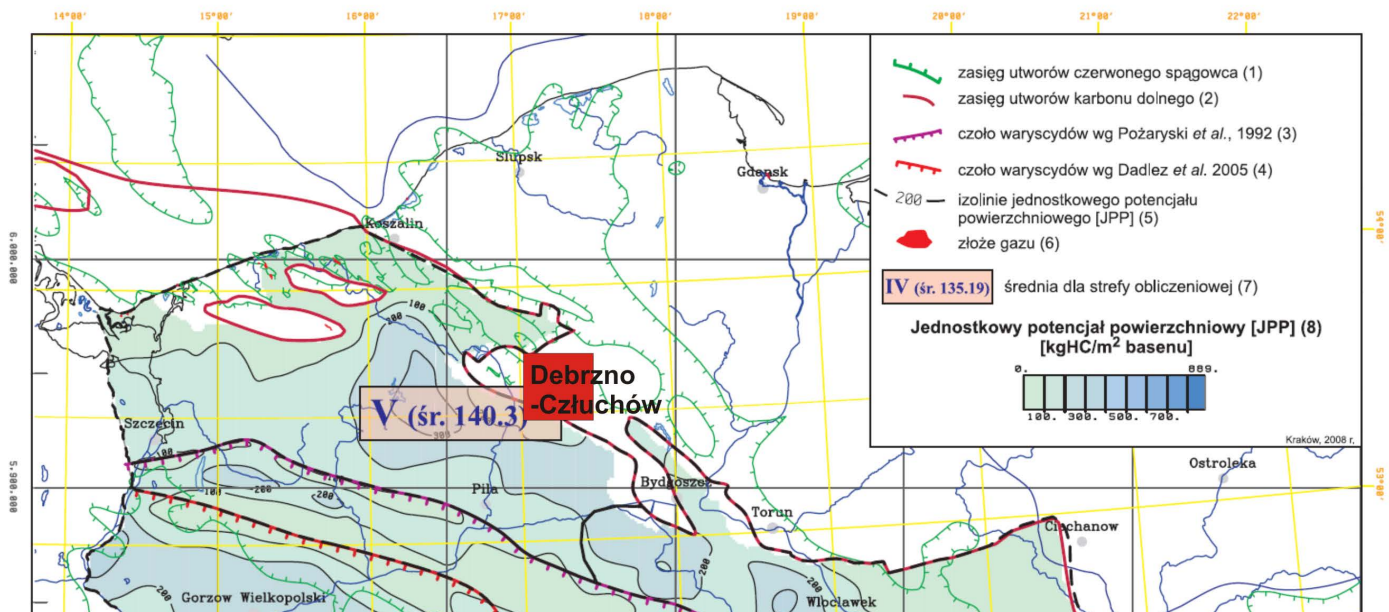


Figura 12.4. Mapa jednostkowego potencjału powierzchniowego (JPP) utworów karbonu dolnego (Burzewski i in., 2009). Czerwoną ramką zaznaczono obszar przetargowy „Debrzno–Człuchów”.

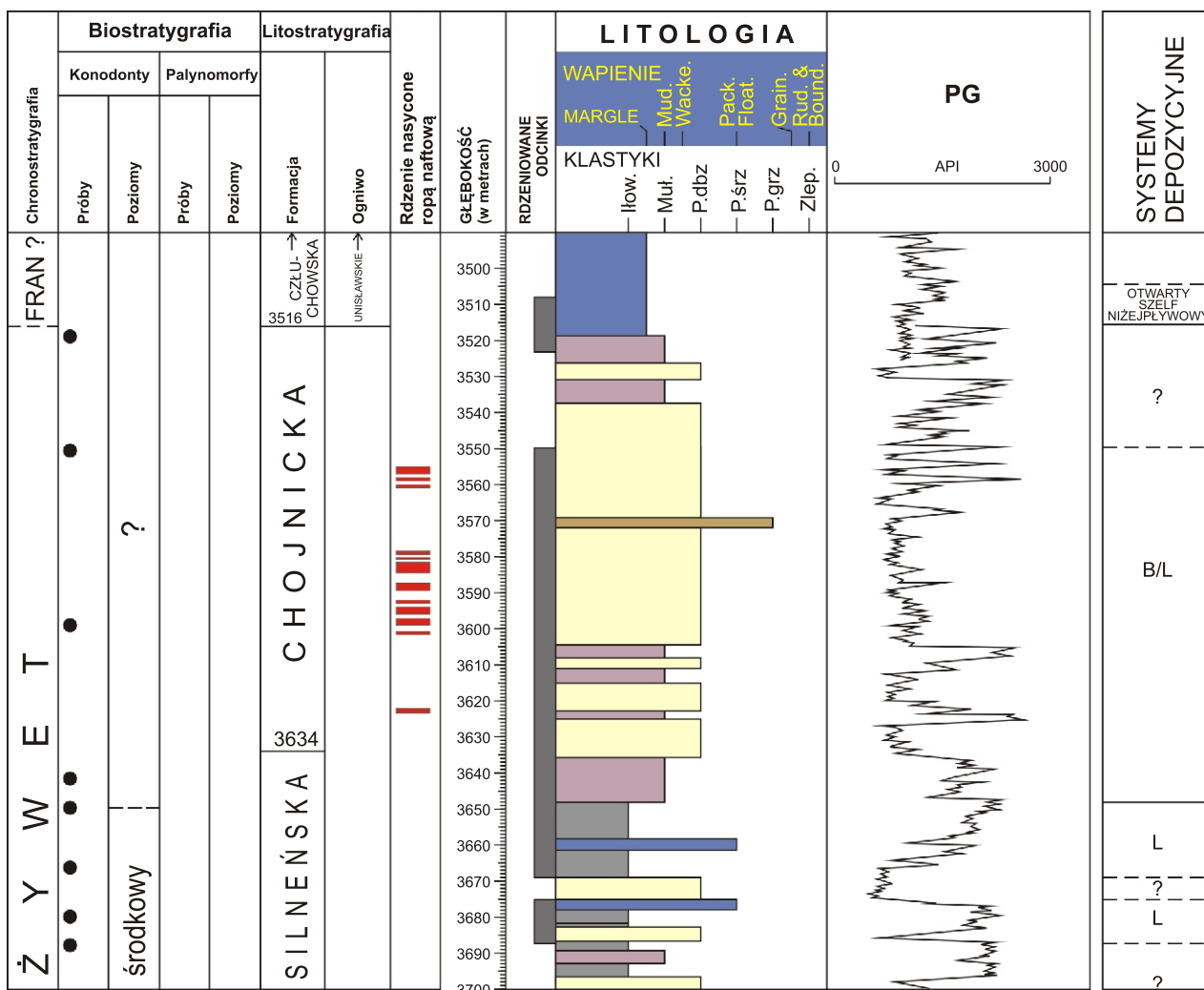
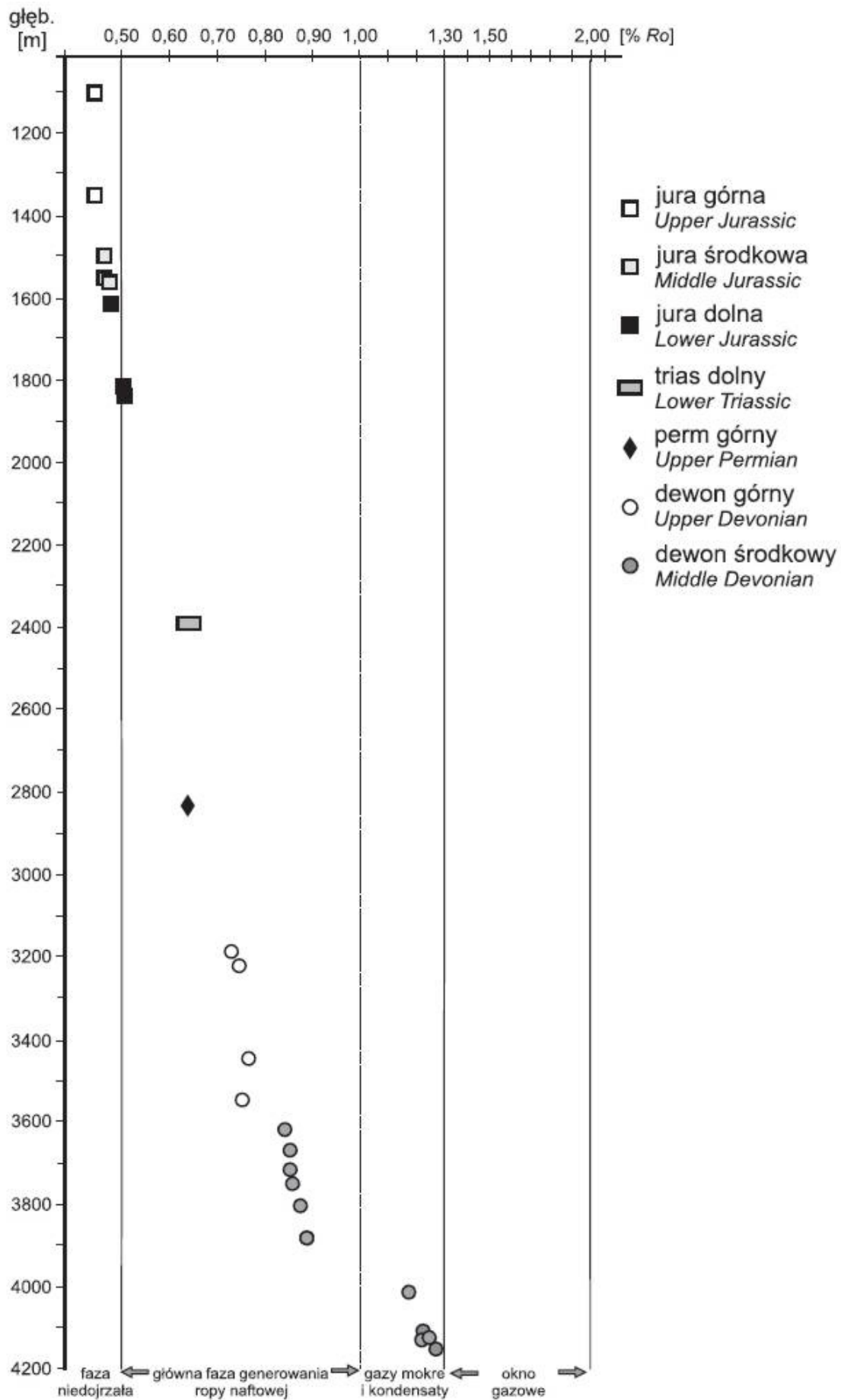


Figura 12.5. Profil litologiczny utworów dewonu w otworze Tuchola IG-1. Czerwonym kolorem zaznaczano interwały nasyczone ropą naftową w obrębie utworów żywetu (Matyja, 2012, zmodyfikowany). L – laguna, B – bariera.



**Figura 12.6.** Zmienność stopnia dojrzałości materii organicznej w profilu utworów dewonu środkowego-jury górnej w otworze Tuchola IG-1 (Grotek, 2012).



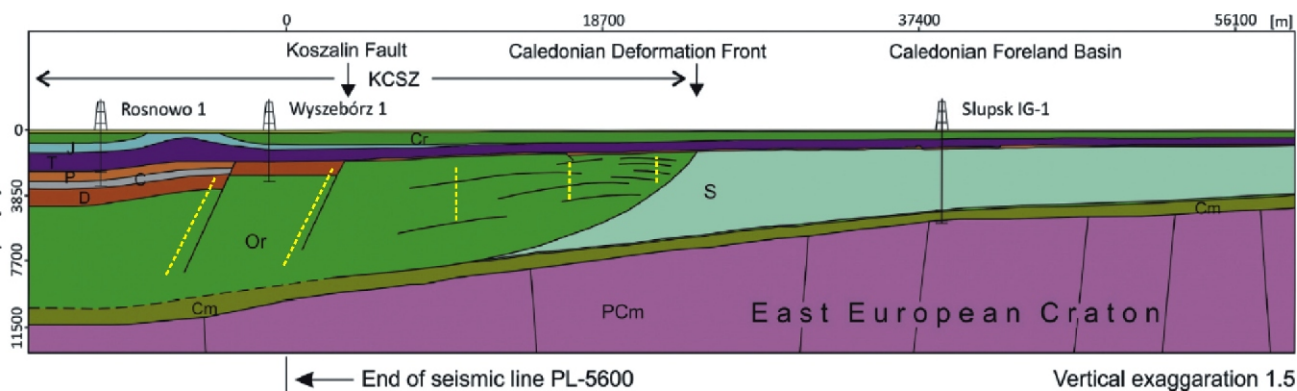
**Figura 12.7.** Lokalizacja obszaru przetargowego w odniesieniu do przekroju sejsmicznego „PL-5600” zaznaczonego żółtą linią, który został przedstawiony na kolejnej figurze.

Rozwinięcie skrótów: CDF – czoło deformacji kaledońskich; GF – uskoki Grójca; KCSZ – strefa uskokuwa Koszalin–Chojnice; PC – kaledonidy pomorskie; STZ – strefa Sorgenfrei-Tornquist; TTZ – strefa Tornquista-Teisseyre’a; VDF – czoło deformacji waryscyjskich; PCm – prekambry; Cm – kambry; Or – ordowik; S – sylur; D – dewon; C – karbon; P – perm; T – trias; J – jura; Cr – kreda (Mazur i in., 2016).

znajduje się w fazie generowania ropy naftowej (Fig. 12.6; średnio – 0,73–0,77% Roeq; Grotek, 2012). Przykład otworu Tuchola IG-1 pokazuje, że nagromadzenia węglowodorów mogły mieć charakter lokalny, tzn. w obrębie skał dewonu, gdyż profil tych skał zawiera potencjalne skały macierzyste, które w rejonie Tucholi są dojrzałe termicznie.

Odkrycia akumulacji gazu ziemnego w utworach dewonu górnego w rejonie Tucholi (Tuchola 3K i Tuchola 4K) skłaniają jednak do rozważenia drugiej hipotezy, polegającej na tym, że

węglowodory mogły przemiegrwać ze skał podłoża, tzn. skał ordowicko-sylurskich wzdłuż stref nieciągłości tektonicznych nasycając pułapki złożowe w dewonie (Fig. 12.7 i 12.8). Za tą hipotezą przemawia fakt, że do wygenerowania gazu ziemnego potrzebny był wyższy stopień przeobrażenia materii organicznej (okno gazowe), a co za tym idzie za skały macierzyste powinny być brane pod uwagę skały podległe, pograżone na większe głębokości. Skały dewonu leżą w rejonie Tucholi na silnie zdeformowanych tektonicznie skałach



**Figura 12.8.** Interpretacja geologiczna przewyższonego pionowo przekroju „PL-5600” prezentująca hipotetyczną możliwość migracji węglowodorów (żółtymi, przerywanymi strzałkami zaznaczono proponowane ścieżki migracji węglowodorów) do skał dewonu.

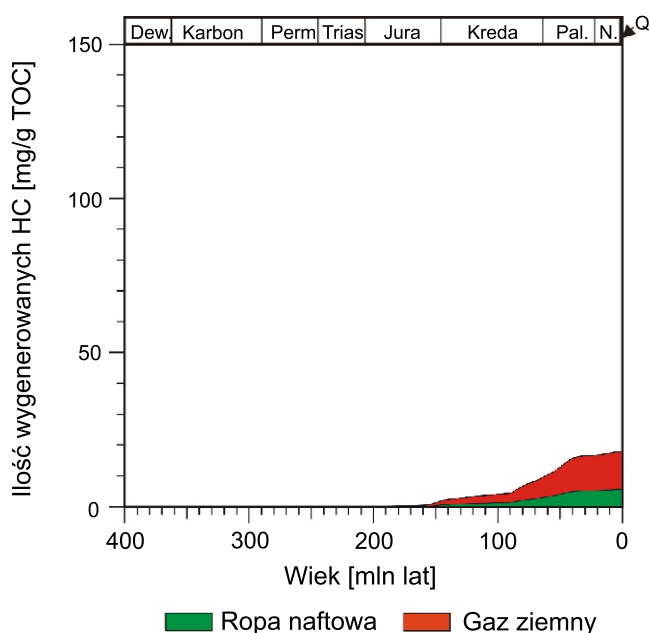
Rozwinięcie skrótów: KCSZ – strefa uskokuwa Koszalin–Chojnice; PCm – prekambry; Cm – kambry; Or – ordowik; S – sylur; D – dewon; C – karbon; P – perm; T – trias; J – jura; Cr – kreda (Mazur i in., 2016).



generowania gazu ziemnego. W tym granica przejścia okna ropnego (0,5–1,0 %  $R_o$ ) w przedział generowania kondensatu późnego i gazu gazolinowego (1,0–1,3%  $R_o$ ) przypada na późną jurę, a przejście w strefę generowania metanu wysokotemperaturowego (>1,4%  $R_o$ ) na początek kredy późnej (Burzewski i in., 1998).

Profil skał macierzystych karbonu dolnego (turneju) w otworze Bielica 1 (Fig. 12.9) znajduje się podobnie jak utwory dewonu w głównym oknie generowania/występowania ropy naftowej (0,7–1,0 %  $R_o$ ). Dojrzałość ta została osiągnięta przez utwory karbonu oraz ostatecznie ukształtowała się z końcem kredy a początkiem paleogenu. Wczesna faza dojrzałości termicznej (0,5–0,7 %  $R_o$ ) została osiągnięta przez te utwory na przełomie triasu i jury po przekroczeniu głębokości ok. 2000 m i temperatury 80°C. Utwory karbonu uzyskały poniżej 25% stopień wykorzystania potencjału węglowodorowego, osiągając stopień wygenerowania równy 18 mg HC/t TOC (Fig. 12.10), w modelowaniach nie uzyskano fazy ekspulsyjnej (Górecki, 2008). W południowo-zachodniej części obszaru charakteryzowanej otworem Zabartowo 2 na podstawie opracowania Burzewskiego i in. (1998), utwory karbonu dolnego osiągnęły przedział generowania początku „okna ropnego” (0,5–0,7 %  $R_o$ ) w triasie późnym i do granicy jury środkowej i późnej przeszły przez cały przedział „okna ropnego” (0,7–1,0 %  $R_o$ ). Między jurą późną a kredą przeszły przez przedział generowania kondensatu późnego i gazu gazolinowego (1,0–1,3 %  $R_o$ ), osiągając na granicy kredy i paleogenu przedział generowania metanu wysokotemperaturowego (>1,4%  $R_o$ ; Burzewski i in., 1998).

Osiągnięta przez skały dewonu i karbonu w północno-zachodniej części obszaru tylko faza dojrzałości termicznej „okna ropnego” i minimalna faza ekspulsyjna, wykluczyła potencjalny proces migracji węglowodorów z tych utworów. W południowo-wschodniej części obszaru zarówno utwory dewonu jak również karbonu osiągnęły dojrzałość termiczną odpowiadającą „oknu gazowemu”, nie jest jednak znany wymodelowany potencjał węglowodorowy i ciężko mówić o potencjalnej fazie ekspulsji węglowodorów w tym obszarze. Jeśli jednak ekspulsja i migracja miała miejsce to



**Figura 12.10.** Identyfikacja przedziałów dojrzałości termicznej kerogenu w warunkach pogrążenia skał macierzystych karbonu w profilu otwory Bielica 1 (Górecki, 2008).

prawdopodobnie podczas późnokredowej fazy pogrążania basenu. Potencjalna migracja z utworów dewonu i karbonu mogła odbywać się pionowymi ścieżkami migracji wykorzystując strefy dyslokacyjne dewonu i karbonu. Pozytywnym aspektem jest czas początku generowania węglowodorów, przypadający na początek mezozoiku, kiedy to istniało już regionalne uszczelnienie w postaci ewaporatów cechszynu, które mogło wpłynąć na zatrzymanie węglowodorów generowanych i akumulowanych w utworach paleozoiku (dewon, karbon, czerwony spągowiec).

Na podstawie modelu historii pogrążania i dojrzałości termicznej dla otworu Bielica 1 (Fig. 12.9) potencjalne skały macierzyste dolomitu głównego znajdują się obecnie w oknie generowania ropy naftowej (0,7–1,0 %  $R_o$ ). We wczesną fazę dojrzałości (0,5–0,7%  $R_o$ ) weszły w środkowej jurze poniżej głębokości ok 1700 m i temperatury 75°C. W południowo-wschodniej części obszaru (otwór Zabartowo 2), Burzewski i in. (1998) sugeruje, że utwory dolomitu głównego przekroczyły barierę ekspulsji węglowodorów.

Modelowania mogą również potwierdzić, że nienawiercone, ale potencjalnie występujące skały dolnego paleozoiku (ordowik, sylur) na obszarze „Debrzno–Człuchów” mogły osiągnąć cały przedział generowania węglowodorów od ropy naftowej po fazę generowania gazu termogenicznego. To mogłoby potwierdzić ostatnie przesłanki płynące z pobliskiego obszaru Tucholi, gdzie przypuszcza się, że węglowodory zakumulowane w utworach dewonu mogły być generowane z utworów starszego paleozoiku.

Modelowania generowania węglowodorów dla otworów Bielica 1 i Zabartowo 2 potwierdzają przede wszystkim potencjał generacyjny węglowodorów z utworów dewonu, karbonu i dolomitu głównego. Nie mniej jednak, dla bardziej dokładnego odwzorowania historii generacji, migracji i akumulacji węglowodorów sugeruje się wykonanie tego typu analiz dla w miarę regularnie rozmieszczonych otworów zlokalizowanych na obszarze przetargowym „Debrzno–Człuchów”.

## 12.5. MATERIA ORGANICZNA W UTWORACH DEWONU

### OTWÓR CZŁUCHÓW IG-1

W otworze Człuchów IG-1 przebadano utwory środkowego i górnego dewonu i górnego permu. Utwory środkowego dewonu zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego od 0,69% do 0,1%. Mułowcowo-piaszczysty kompleks skalny można więc uznać za skały „biedne” i „słabe” dla generowania węglowodorów (Peters, 1986). Występująca w tych utworach ilość bituminów jest mała (zestawienie 1: Tab. 12.1–12.3). Podwyższona nieznacznie ilość bituminów występuje w piaskowcach.

Utwory górnego dewonu zawierają generalnie niewielką ilość węgla organicznego średnio 0,22% (zestawienie 1). W spągu utworów węgiel organiczny występuje w podwyższonej ilości (1,1–0,6%).

Zawarta w tych utworach ilość węgla organicznego, ze względu na zmienny węglanowy i klastyczny typ sedymentacji, pozwala określić te osady jako „biedne” i „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów. W utworach górnego dewonu ilość bituminów jest niewielka średnio 0,017%, ale zróżnicowana od maksymalnie 0,115% do 0,001%. Wysoka ilość bituminów występuje w górnych partiach w marglach w interwale głębokości 2996,0–2995,5 m. Bituminy te mają duży udział węglowodorów. Bituminy mają wysoki współczynnik migracji co sugeruje, iż mogą być epigenetyczne

Tabela 12.1.

C15	0							
C16	0		A					
C17	1,3		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	10,3							
C19	17,3							
C20	18,3							
C21	11,1							
C22	7,5							
C23	7,2							
C24	6,2							
C25	5							
C26	3,2							
C27	0,5							
C28	3,7							
C29	5							
C30	1,3							
C31	1,1							
C32	1,5	utwory dewonu górnego						
C33						CPI <sub>Tot</sub> = 0,92		
C34		gł. 4424,0 m					CPI <sub>17-23</sub> = 0,90	
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,04		

C15	0							
C16	5		B					
C17	11,8		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	15,5							
C19	13							
C20	12,9							
C21	10							
C22	7,7							
C23	7							
C24	4,4							
C25	3,8							
C26	2,6							
C27	2,1							
C28	1,3							
C29	1,1							
C30	0,6							
C31	0,6							
C32	0,3	utwory dewonu górnego						
C33	0,2					CPI <sub>Tot</sub> = 0,78		
C34	0,1	gł. 4285,0 m					CPI <sub>17-23</sub> = 0,70	
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,20		

Tabela 12.2.

C15	0								
C16	0		<b>A</b>						
C17	4		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>						
C18	8								
C19	6,9								
C20	19,4								
C21	5,4								
C22	4,8								
C23	5,8								
C24	6,2								
C25	5,7								
C26	2,9								
C27	13,7								
C28	3,9								
C29	4,6								
C30	2,1								
C31	3								
C32	1,3		utwory dewonu górnego						
C33	1,6					CPI <sub>Tot</sub> = 0,66			
C34	0,7		gł. 3809,0 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,53		
C35							CPI <sub>25-31</sub> = 1,20		

C15	0								
C16	0		<b>B</b>						
C17	2,9		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>						
C18	6,5								
C19	8,6								
C20	9,7								
C21	8,6								
C22	7,3								
C23	6,9								
C24	6,5								
C25	7								
C26	5,5								
C27	10,1								
C28	4,2								
C29	4,9								
C30	2,6								
C31	3,8								
C32	1,6		utwory dewonu górnego						
C33	2,1					CPI <sub>Tot</sub> = 1,05			
C34	0,7		gł. 3617,0 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,87		
C35	0,5						CPI <sub>25-31</sub> = 1,66		

Tabela 12.3.

C15	0							
C16	4,3		A					
C17	13,4		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>					
C18	12,4							
C19	11,7							
C20	9,7							
C21	7,8							
C22	6,6							
C23	5,9							
C24	5,4							
C25	5							
C26	4							
C27	3,6							
C28	2,7							
C29	2,7							
C30	1,6							
C31	1,1							
C32	1,2							utwory dewonu górnego
C33	0,5					CPI <sub>Tot</sub> = 1,04		
C34	0,4		gl. 3300,0 m			CPI <sub>17-23</sub> = 1,02		
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,13		

C15	0										
C16	2,2		B								
C17	12,2		<p style="text-align: center;"><b>Człuchów IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>								
C18	13,2										
C19	12,4										
C20	10,4										
C21	7,8										
C22	6,3										
C23	5,5										
C24	5										
C25	5,1										
C26	4										
C27	4,3										
C28	2,6										
C29	2,7										
C30	1,2										
C31	2,4										
C32	1,2							utwory dewonu górnego			
C33	0,9					CPI <sub>Tot</sub> = 1,06					
C34	0,4		gl. 2947,5 m			CPI <sub>17-23</sub> = 0,97					
C35	0,2					CPI <sub>25-31</sub> = 1,38					

z osadem (Gondek, 1980). Współczynnik migracji jest to stosunek ilości węglowodorów w skale do ilości węgla organicznego w tej skale.

Analiza n-alkanów wydzielonych z materii organicznej z utworów górnego dewonu wykazała, iż w dolnych i górnych partiach kompleksu utworów głównie występują związki zawierające od 17, 19 i 21 węgli w cząsteczce pochodzące z rozkładu alg i związki z 18 i 20 węglami w łańcuchu powstające z rozpadu bakterii (Maliński i Witkowski, 1988; Tab. 12.1–12.3). W spągu utworów w wyjściowej materii organicznej dominująca była ilość bakterii nad ilością alg. Natomiast w części środkowej utworów w masie materii obecne są w znacznej ilości n-alkany  $C_{27}$  reprezentujące materiał terygeniczny (Tab. 12.2). Stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach jest wysoki, co pokazuje wartość wskaźnika  $CPI_{Tot}$ , która jest zbliżona do jedności. Wskaźnik przeobrażenia wyliczony jest wg Kotarba i in. (1994). W utworach zawierających materię organiczną pochodzącą głównie z rozpadu bakterii wartość  $CPI_{Tot}$  jest poniżej jedności.

Zawartość węgla organicznego w utworach cechsztynu jest mała od 0,2% do ilości śladowych (zestawienie 1). Mała jest również ilość bituminów, w których udział węglowodorów w jest zmienny. Uwzględniając wartość współczynnika migracji można stwierdzić, iż bituminy w tych utworach są syngenetyczne i epigenetyczne z osadem.

#### OTWÓR DEBRZNO IG-1

Utwory górnego dewonu zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego średnio 0,58%, maksymalnie 1,5% minimalnie 0,01%  $C_{org}$ . Wyższa ilość  $C_{org}$  występuje w środkowych partiach kompleksu skalnego Uwzględniając zmienny charakter sedimentacji w tym kompleksie skalnym oznaczona ilość węgla organicznego pozwala określić te osady jako „biedne”, „słabe” i „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów (Peters, 1986). Występująca w nich ilość bituminów jest zróżnicowana śr. 0,012%, ale maksymalna ilość bituminów stwierdzona w ilasto-marglistych utworach wynosi 0,136%, jednocześnie w stropie utworów ilość bituminów jest mała (0,001–0,002%), generalnie ilość bituminów jest ok. 0,020% (zestawienie 2: Tab. 12.4–12.7).

Dystrybucja n-alkanów pochodzących z materii organicznej z utworów górnego dewonu wykazuje przewagę związków zawierających 19 węgli w łańcuchu pochodzących z rozkładu alg. W masie n-alkanów obecne są także w dużej ilości związki o parzystej liczbie węgli w cząsteczce pochodzące z rozpadu bakterii (Maliński i Witkowski, 1988; Tab. 12.4 i 12.5A). Analiza szczegółowa materii organicznej w środkowej partii utworów dewonu w tym otworze wykazała, iż w materii organicznej pochodzącej głównie z rozpadu bakterii i alg (Tab. 12.6 i 12.7), jednocześnie w tej części kompleksu utworów zaznacza się udział materiału terygenicznego silnie przeobrażonego czyli osadzanego już jako materiał przeobrażony (Maliński i Witkowski, 1988; Tab. 12.5B).

Wartość wskaźników  $CPI$  wyliczana wg. Kotarba i in. (1994) pozwala określić stopień przeobrażenia materii organicznej występującej w utworach. Uwzględniając te wartości należy stwierdzić, iż materia w tym kompleksie skalnym jest dobrze przeobrażona, ale duża część materii organicznej pochodzi z bakterii, co wyraża się wartością  $CPI_{Tot}$  poniżej jedności.

#### PODSUMOWANIE

Podsumowując dane geochemiczne pochodzące z utworów górnego paleozoiku w otworach Człuchów IG-1 i Debrzno IG-1 należy stwierdzić, iż w utworach środkowego

(otw. Człuchów IG-1) i górnego dewonu zawartość węgla organicznego jest niewielka. Podwyższona zawartość  $C_{org}$  występuje generalnie w tych utworach jedynie punktowo. Można określić, że utwory te są „biednymi” i „słabymi” skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów. Za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów można uznać węglanowe utwory górnego dewonu w otworze Debrzno IG-1. W utworach tych niewielka jest ilość bituminów. Wyższa ilość składników labilnych generalnie jest epigenetyczna z osadem. Obecność epigenetycznych bituminów w utworach świadczy o występowaniu zjawiska migracji węglowodorów.

Szczegółowo analiza materii organicznej występującej w utworach dewonu i permu pozwala sądzić, iż pochodzi ona generalnie z rozpadu alg i bakterii. W utworach górnego permu materia organiczna zawiera także duży udział materiału terygenicznego. Badany materiał terygeniczny jest na różnym stopniu przeobrażenia często współwystępuje materiał wysoko przeobrażony i słabo dojrzały czyli jest to materiał „in situ” i doniesiony do osadu materiał przeobrażony.

#### 12.6. ANALIZA MIKROSKOPOWA MATERII ORGANICZNEJ

##### METODYKA BADAŃ

Badania mikroskopowe wykonano w świetle odbitym białym oraz ultrafioletowym (UV) umożliwiającym określić obecność składników lipidowych. Ocenę dojrzałości termicznej materii organicznej, zawartej w utworach dewonu i permu wykonano na podstawie pomiarów zdolności refleksyjnej wityryny (perm) oraz materiału wityrynitopodobnego reprezentowanego głównie przez stałe bituminy i zwityrynizowane organoklasty (dewon). Składniki te charakteryzują się liniowym wzrostem zdolności odbicia światła wraz ze wzrostem stopnia przeobrażenia. (Stach i in., 1982; Taylor i in., 1998).

Analizę przeprowadzono w imersji, na polerowanych fragmentach rdzeni wiertniczych przy zastosowaniu światła odbitego białego, przy użyciu: wzorca ze szkła optycznego o refleksyjności: 0,907 i 1,722%; filtru monochromatycznego o długości fali 546nm; olejku imersyjnego o  $n_D = 1,515$  w temp. 20–25 C Pomiarów wykonano na fragmentach materii organicznej o wielkości powyżej 5  $\mu$ m, przedstawione są w formie tabelarycznej obejmującej zakres pomiarów oraz ich uśrednioną wartość ( $\%R_o$ ).

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetrowania powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby = 0,2 mm.

Badania wykonane zostały na mikroskopie badawczym Axio Imager firmy Zeiss z optyką ICS (Infinity Colour Corrected System), z wyposażeniem optycznym do światła odbitego oraz z wyposażeniem do badań fluorescencyjnych (lampa HBO 100) z zestawem mikrofotometru (Spektrometr CCD SPECTRA VISION) z systemem fotometrycznym oraz specjalistycznym oprogramowaniem PMT 200 firmy J&M GmbH do pomiarów zdolności refleksyjnej materii organicznej.

##### WYNIKI ANALIZY MIKROSKOPOWEJ

#### Dewon

Klastyczne i węglanowe (1 próbka) osady dewonu środkowego i górnego przeanalizowane zostały 13 próbkach pochodzących z 3 otworów wiertniczych z interwału głębokości 3000,0–4990,8m. Zawierają one niezbyt bogaty materiał organiczny stanowiący 0,10–1,0% planimetrowanej powierzchni próbki. Najuboższe w materię organiczną są 1łowce z otworu wiertniczego Rzeczenica 1, a najwyższe jej

Tabela 12. 4.

C15	0										
C16	0		A								
C17	4,6		<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>								
C18	8,1										
C19	11,6										
C20	11,6										
C21	11										
C22	10,1										
C23	8,7										
C24	8,1										
C25	6,7										
C26	4,3										
C27	4,3										
C28	3,8										
C29	2,9										
C30	2,3										
C31	1,2										
C32	0,6							utwory dewonu górnego			
C33											CPI <sub>Tot</sub> = 1,00
C34			gł. 5010,0 m			CPI <sub>17-23</sub> = 0,98					
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,07					

C15	0										
C16	0		B								
C17	2,6		<p style="text-align: center;"><b>Debrzno IG-1</b></p> <p style="text-align: center;">zawartość (%)</p> <p style="text-align: center;">n-alkany</p>								
C18	7,5										
C19	12,6										
C20	12,6										
C21	10,6										
C22	10										
C23	8,8										
C24	7,7										
C25	6,2										
C26	4,9										
C27	4,4										
C28	3,3										
C29	2,9										
C30	2,2										
C31	1,8										
C32	1,1							utwory dewonu górnego			
C33	0,7										CPI <sub>Tot</sub> = 0,99
C34			gł. 4907,7 m			CPI <sub>17-23</sub> = 0,96					
C35						CPI <sub>25-31</sub> = 1,10					

Tabela 12.5.

C15	0							
C16	0		A					
C17	2							
C18	8,6							
C19	11,3							
C20	11,4							
C21	10,3							
C22	9,2							
C23	7,9							
C24	7,1							
C25	6							
C26	4,4							
C27	4,8							
C28	4,4							
C29	3,5							
C30	3,1							
C31	2,5							
C32	1,6		utwory dewonu górnego					
C33	1,2					CPI <sub>Tot</sub> = 0,96		
C34	0,5		gł. 4833,2 m				CPI <sub>17-23</sub> = 0,91	
C35	0,2						CPI <sub>25-31</sub> = 1,05	

C15	0							
C16	1,1		B					
C17	2,3							
C18	2,3							
C19	2,8							
C20	3,6							
C21	5,5							
C22	6,8							
C23	7,3							
C24	8,4							
C25	8,9							
C26	8,7							
C27	8,4							
C28	7,9							
C29	7,1							
C30	6,2							
C31	5,2							
C32	3,2		utwory dewonu górnego					
C33	2					CPI <sub>Tot</sub> = 1,00		
C34	1,1		gł. 4526,7 m				CPI <sub>17-23</sub> = 1,03	
C35	0,6						CPI <sub>25-31</sub> = 0,99	

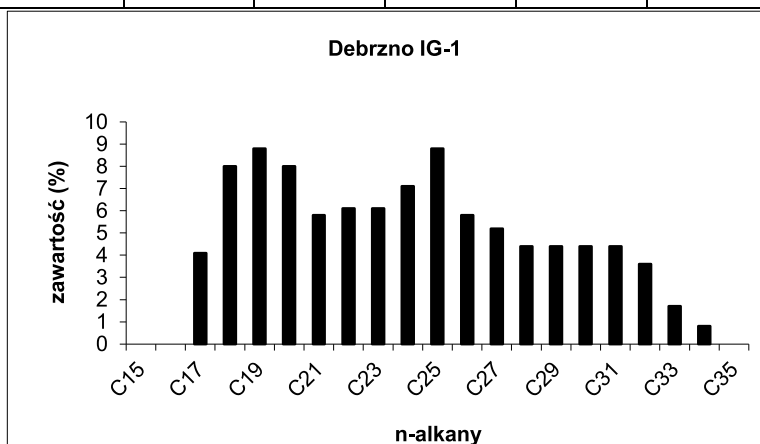
Tabela 12.6.

C15	0							
C16	0,8		A					
C17	5,7							
C18	7,9							
C19	9,1							
C20	9,1							
C21	8,5							
C22	7,9							
C23	6,5							
C24	5,7							
C25	5,7							
C26	5,1							
C27	5,1							
C28	5,1							
C29	5,1							
C30	5,1							
C31	4,2							
C32	2,5							utwory dewonu górnego
C33	0,8				CPI <sub>Tot</sub> = 0,98			
C34			gł. 4375,6 m		CPI <sub>17-23</sub> = 0,95			
C35					CPI <sub>25-31</sub> = 0,99			

C15	0							
C16	0		B					
C17	1,1							
C18	3							
C19	6,7							
C20	9,4							
C21	9,5							
C22	9,1							
C23	8,7							
C24	8,1							
C25	8,2							
C26	6,6							
C27	6							
C28	5,6							
C29	4,7							
C30	4,6							
C31	3,1							
C32	3,1							utwory dewonu górnego
C33	1,2				CPI <sub>Tot</sub> = 0,99			
C34	0,5		gł. 4196,4 m		CPI <sub>17-23</sub> = 0,98			
C35	0,4				CPI <sub>25-31</sub> = 0,97			

Tabela 12.7.

C15	0								
C16	0								
C17	4,1								
C18	8								
C19	8,8								
C20	8								
C21	5,8								
C22	6,1								
C23	6,1								
C24	7,1								
C25	8,8								
C26	5,8								
C27	5,2								
C28	4,4								
C29	4,4								
C30	4,4								
C31	4,4								
C32	3,6		utwory dewonu górnego						
C33	1,7						CPI <sub>Tot</sub> = 0,99		
C34	0,8		gł. 4176,1 m					CPI <sub>17-23</sub> = 0,89	
C35								CPI <sub>25-31</sub> = 1,11	



koncentracje obserwuje się w spągowych partiach osadów dewonu środkowego z otworu Człuchów IG-1 oraz stropowych warstwach dewonu górnego z otworu Debrzno IG-1 (0,80–1,0%).

Materiał organiczny reprezentowany jest głównie przez składniki wityrynitopodobne (stałe bituminy/bituminy oraz zwityrynitowane organoklasty) stanowiące najczęściej 60–80% planimetrowanej powierzchni próbki (wartości graniczne 30–90%). Współwystępują z nimi składniki inertne (sfuzynityzowane zookasty, mikrynit) osiągające 5–30%. W analizowanym profilu osadów dewonu zaznacza się obecność asocjacji organiczno-mineralnej typu bitumicznego (15–40% planimetrowanej powierzchni próbek) zawierającej drobne ciała

homogenicznego bituminu. Materiał lipidowy występuje jedynie w niewielkiej ilości (5–15%) w stropowej partii dewonu górnego z otworu Debrzno IG-1 (Tab. 12.8).

#### Dojrzałość termiczna

Stopień przeobrażenia materii organicznej zmienia się od głównej i późnej fazy generowania ropy naftowej (stropowa partii utworów górnego dewonu z otw. Debrzno IG-1) przy średniej refleksyjności materiału wityrynitopodobnego zmieniającej się w granicach 0,88–1,05% $R_o$ , przez słabo reprezentowaną fazę generowania gazów mokrych i kondensatów (1,12% $R_o$ ; otw. Rzeczenica 1) po główną fazę generowania gazów (1,37–1,78% $R_o$ ) poniżej głębokości 3995,5 (otw. Człuchów IG-1) oraz 4231,0 (otw. Debrzno IG-1; Tab 12.8).

Tabela 12.8. Analiza mikroskopowa materii organicznej w osadach dewonu

Otwory wiertnicze	Głęb. [m]	Stratygrafia	Litologia	$R_o$ [%]	Wtp/SB [%]	Iner. [%]	Lip. [%]	AOM [%]	MO [%]
Człuchów IG-1	3995,5	D3	młc	<b>1,48</b>	80	5		15	<b>0,60</b>
Człuchów IG-1	4533,3	D2	młc	<b>1,68</b>	90	10			<b>0,20</b>
Człuchów IG-1	4542,0	D2	młc	<b>1,65</b>	70	5		25	<b>0,20</b>
Człuchów IG-1	4666,8	D2	młc	<b>1,67</b>	90	10			<b>0,20</b>
Człuchów IG-1	4805,4	D2	młc	<b>1,78</b>	80	5		15	<b>0,80</b>
Debrzno IG-1	4193,6	D3	iłc	<b>0,88</b>	50	25	5	20	<b>1,00</b>
Debrzno IG-1	4199,0	D3	iłc	<b>0,92</b>	30	30	15	25	<b>0,80</b>
Debrzno IG-1	4216,0	D3	iłc	<b>1,05</b>	50	30		20	<b>0,60</b>
Debrzno IG-1	4231,2	D3	iłc	<b>1,37</b>	40	20		40	<b>0,70</b>
Debrzno IG-1	4536,7	D3	wap	<b>1,42</b>	80	20			<b>0,40</b>
Debrzno IG-1	4833,2	D3	iłc	<b>1,48</b>	70	10		20	<b>0,70</b>
Debrzno IG-1	4990,8	D3	iłc	<b>1,52</b>	60	5		35	<b>0,50</b>
Rzeczenica 1	3000,0	D3	iłc	<b>1,12</b>	75	5		20	<b>0,10</b>

D3 – dewon górny, D2 – dewon środkowy; młc – mułowiec; iłc – iłowce; wap – wapienie; Wtp – materiał wityrynitopodobny; SB – stałe bituminy; Iner. – inertynit; Lip. – liptynit; AOM – asocjacja organiczno-mineralna typu bitumicznego;  $R_o$  – współczynnik refleksyjności wityrynit; MO – zawartość materii organicznej określona metodą planimetrowania powierzchni próbek.

Na podstawie uzyskanych danych ocenić można maksymalne paleotemperatury diagenety analizowanych osadów wynoszące najprawdopodobniej 90–190 C (Gaupp i Batten, 1985).

#### Podsumowanie (dotyczy również permu – dolomitu głównego z rozdziału 5.5)

Analizowany kompleks osadów dewonu (środkowy i górny) oraz permu (dolomit główny, łupek miedzionośny) zawiera zmienną (od 0,1 do 5,6%) ilość materiału organicznego. Najwyższe jego koncentracje występują w osadach łupku miedzionośnego (5,6%) oraz iłowcach dolomitu głównego (1,4–5,0%; otw. Okonek 1 i Czarne 1, 2, Sokole 1).

Badana materia organiczna jest słabo zróżnicowana pod względem typu genetycznego oraz formy występowania. Reprezentowana jest ona głównie przez składniki wityrynitopodobne (dewon), macerały grupy wityrynit i inertynit oraz w słabiej przeobrażonych osadach dewonu i permu przez macerały liptynit. W utworach dolomitu głównego obserwuje się również impregnacje bitumiczne.

Dojrzałość termiczna materii organicznej, określona na podstawie wielkości współczynnika refleksyjności wityrynit i materiału wityrynitopodobnego (głównie stałe bituminy) wzrasta w profilu pionowym dewonu i permu, w interwale głębokości 2650,4–4990,8m, od głównej fazy generowania ropy naftowej (perm) po główną fazę generowania gazów (dewon; Tab. 12.8) przy współczynniku refleksyjności zmieniającym się od 0,66 do 1,78% $R_o$ .

### 13. ZŁOŻA GAZU ZIEMNEGO W OTOCZENIU OBSZARU PRZETARGOWEGO „DEBRZNO–CZŁUCHÓW”

WIERZCHOWO  
(KOD MIDAS) GZ 4666

Złoże gazu ziemnego „Wierzchowo” znajduje się w odległości około 29 km na północny zachód od granicy obszaru Debrzno–Człuchów (Fig. 13.2 i 13.6). Złoże zostało udokumentowane w 1972 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Wierzchowo”, którą zatwierdzono decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 25 marca 1972 roku znak: KZK/012/S/2563/71/72 (nr w archiwum NAG 9033 CUG; Hannes i Kuchciński, 1971) zmienioną następnie decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 15 stycznia 1973 roku znak: KZK/012/S/2563/72/73. Kolejne dodatki: „Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Wierzchowo. Dodatek nr 1”, zatwierdzony decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 13 maja 1985 roku znak: KZK/012/M/4799/36/84/85pfn (nr w archiwum NAG 15111 CUG; Mularczyk i Pyzik, 1984), „Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Wierzchowo. Dodatek nr 2”, zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 18 lutego 1999 roku, znak: DG/kzk/ZW/6978/98/99 (nr w archiwum NAG 592/99; Zoła, 1998). Najnowszy dodatek: „Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego Wierzchowo w kat. B. Dodatek nr 3”, zatwierdzony decyzją Ministra Środowiska z dnia 14 października 2010 roku, znak: DGiKGkzk-4741-7/7945/49562/10/AW (nr w archiwum NAG 7643/2010; Nowak, 2010).

#### 1. Położenie złoża:

miejsce: Kozice, Wierzchowo

gmina – Bobolice      powiat – koszaliński      województwo – zachodniopomorskie

gmina – Szczecinek      powiat – szczeciński      województwo – zachodniopomorskie

2. Użytkownik złoża: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie

3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Poznań

4. Koncesja na wydobywanie:

nr koncesji: 110/93 z dnia 21 czerwca 1993 roku

wydana przez: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa

5. Data rozpoczęcia eksploatacji: styczeń 1973 r.

6. Kopaliny: gaz ziemny (gaz ziemny bezgazolinowy, azotowy)

7. Stan zagospodarowania: złoża zagospodarowane, eksploatowane okresowo

8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: karbon dolny (wizen), dolomity piaszczysto-pseudoolitowe, piaskowce arkozowe, wapienie piaszczyste

9. Powierzchnia złoża: 251.50 ha

10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

głębokość położenia złoża [m]	min.	max.	śr.	–
	–2 962.90	–3 160.00		

miąższość efektywna złoża [m]	min.	max.	śr.	28.90
	–	–		

11. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny (Tab. 13.1 i 13.2).

12. Współczynnik wydobywania: 0,83

13. Metoda obliczenia zasobów: dynamiczna

14. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złóż przysyłanych przez przedsiębiorcę; Tab.13.3).

Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Wierzchowo w kat. B. Dodatek nr 3” do dnia 31.12.2009 r. wydobyto łącznie: 485.08 mln m<sup>3</sup> gazu ziemnego, 1348.23 ton kondensatu oraz 957.46 m<sup>3</sup> wody złożowej. Wielkość wydobywania przedstawia figura 13.1.

15. Stan zasobów pierwotnych i aktualnych (Tab. 13.4 i 13.5; Fig. 13.2).

BRZOSÓWKA  
(KOD MIDAS) NR 5348

Złoże ropy naftowej i gazu ziemnego „Brzozówka” położone jest około 2,3 km na zachód od obszaru Debrzno–Człuchów (Fig. 13.5 i 13.6).

Złoże zostało udokumentowane w 1992 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka”, którą zatwierdzono decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 12 maja 1992 roku znak: KZK/012/W/6020/92 (nr w archiwum NAG 709/92; Binder i Sikorski, 1992). Najnowsza dokumentacja: „Dokumentacja geologicznej złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka. Dodatek nr 1 (wniosek o skreślenie złoża z ewidencji)”, zatwierdzona decyzją Ministra Środowiska z dnia 28 grudnia 2000 roku, znak: DG/kzk/EZD/7220/2000 (nr w archiwum NAG 17/2001; Zoła, 2000).

#### 1. Położenie złoża:

miejsce: kompleks leśny Leśnictwa Sierpowo

gmina – Czarne, powiat – człuchowski, województwo – pomorskie

2. Użytkownik złoża: brak

Tabela 13.1. Gazy ziemne

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie aktualne	–	–	7.570	MPa	czerwiec 2009r.
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	33.100	MPa	
głębokość położenia złoża	-2 962.900	-3 160.000	–	m	
miąższość efektywna złoża	–	–	28.900	m	
porowatość	–	–	3.600	%	seria 9 wapień piaszczyste i piaszkowce arkozowe
porowatość	–	–	5.000	%	seria 11 dolomity piaszczysto-pseudoolitowe
porowatość	–	–	11.400	%	seria 10 piaszkowce arkozowe
przepuszczalność	0.170	1.256	–	mD	
temperatura złoża	–	–	347.900	K	
temperatura złoża	–	–	74.750	st.C	
warunki produkowania	–	–	–	-	wolumetryczne
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	0.800	.	
współczynnik wydobywania	–	–	–	.	0,83
współczynnik wydobywania	–	–	0.830	.	
wydajność absolutna Vabs	–	–	8.000	Nm3/min	W-11
wydajność absolutna Vabs	–	–	90.000	Nm3/min	W-6
wydajność dozwolona Vdozw	–	–	10.000	Nm3/min	W-11 okresowo
wydajność dozwolona Vdozw	–	–	20.000	Nm3/min	W-6
wykładnik ropny/kondensatowy	–	–	–	g/m3	wykładnik gazolinowy 4m3/mln m3
wykładnik wodny	0.770	4.650	1.970	ml/m3	
zapiaszczenie	–	–	–	%	nie badano

Tabela 13.2. Gaz ziemny

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
głębokość położenia wody podścielającej	–	–	-3 060.000	m	
porowatość	3.600	11.400	–	%	
przepuszczalność	0.176	1.256	–	mD	
temperatura złoża	–	–	91.850	st.C	
wartość opałowa	21.840	22.330	22.085	MJ/m3	
wartość opałowa	–	–	6 216.000	Kcal/Nm3	
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	0.800	.	
współczynnik wydobywania	–	–	0.900	.	
zawartość C2H6	1.462	1.511	1.487	% obj.	
zawartość CH4	56.480	57.690	57.085	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	0.056	0.085	0.071	% obj.	
zawartość He	0.127	0.128	0.128	% obj.	
zawartość Hg	0.087	0.124	0.110	µg/Nm3	
zawartość N2	40.060	41.350	40.705	% obj.	
zawartość siarkowodoru	0.000	0.000	0.000	% obj.	
zawartość węglowodorów ciężkich C3+	0.519	0.532	0.526	% obj.	

Tabela 13.3.

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Wydobycie z zasobów wydobywalnych bilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)		Wydobycie z zasobów wydobywalnych pozabilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)	
			A+B	C	A+B	C
Gaz ziemny z pól gazowych	T	14/12/31	0,45			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	13/12/31	6,23			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	12/12/31	6,95			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	11/12/31	7,79			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	10/12/31	7,52			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	09/12/31	6,82			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	08/12/31	8,07			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	07/12/31	9,54			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	06/12/31	9,57			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	05/12/31	10,51			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	04/12/31	8,37			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	03/12/31	1,75			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	02/12/31	0,16			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	01/12/31	0,68			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	00/12/31	1,07			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	99/12/31	6,14			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	98/12/31	10,00			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	97/12/31	10,43			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	96/12/31	10,68			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	95/12/31	8,82			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	94/12/31	10,74			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	93/12/31	11,31			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	92/12/31	11,32			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	91/12/31	12,67			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	90/12/31	12,22			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	89/12/31	11,44			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	88/12/31	11,34			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	87/12/31	11,39			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	86/12/31	15,23			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	85/12/31	16,68			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	84/12/31	23,63			
Gaz ziemny z pól gazowych	T	83/12/31	24,02			

Gaz ziemny z pól gazowych	T	82/12/31	23,23		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	81/12/31	23,61		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	80/12/31	24,90		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	79/12/31	35,98		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	78/12/31	33,29		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	77/12/31	27,46		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	76/12/31	20,82		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	76/01/01	11,87		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	75/01/01	7,37		
Gaz ziemny z pól gazowych	T	74/01/01	1,95		

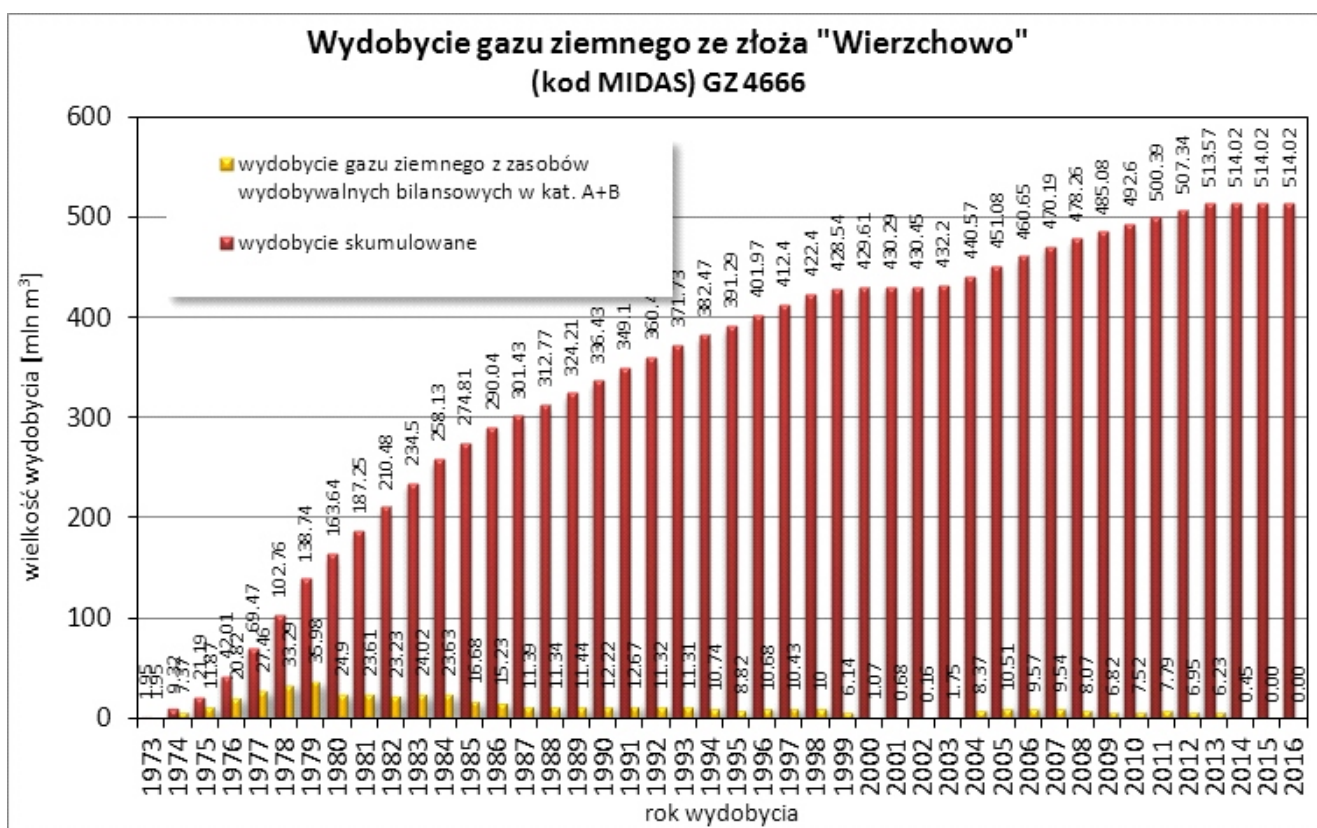


Figura 13.1. Wydobycie gazu ziemnego ze złoża Wierzchowo.

Tabela 13.4. GAZ ZIEMNY [mln m<sup>3</sup>]

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg. stanu na 31.12.2009 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	A+B	C	A+B	C
Wydobywalne	39.71	0.00	0.00	0.00
Geologiczne	144.91	0.00	0.00	0.00

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg. stanu na 31.12.2009 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	A+B	C	A+B	C
Wydobywalne	524.80	0.00	0.00	0.00
Geologiczne	630.00	0.00	0.00	0.00

Tabela 13.5. Gaz ziemny [mln m<sup>3</sup>]

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg. stanu na 31.12.2015 r.	
	A+B	C
Bilansowe	10.78	0.00
Pozabilansowe	0.00	0.00

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg. stanu na 31.12.2015 r.	
	A+B	C
Przemysłowe	10.69	0.00
Nieprzemysłowe	105.28	0.00

3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Gdańsk
4. Koncesja na wydobywanie: brak
5. Data rozpoczęcia eksploatacji: od września 1991 r., ciągła – od 1996 r., okresowa – od 18.07.1999 r.; eksploatacja zakończona w marcu 2000 r.
6. Kopaliny:  
główna – ropa naftowa parafinowa  
towarzysząca – gaz ziemny gazolinowy z siarkowodorem
7. Stan zagospodarowania: złoża skreślone z bilansu zasobów – szczypanie zasobów, zawodnienie złoża i całkowity zanik wydobywania ropy
8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: perm cechsztyń – cyklotem Stassfurt (dolomit główny), dolomity i wapienie
9. Powierzchnia złoża: 89,0 ha
10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża, głębokość położenia wody podścielającej:

głębokość położenia złoża [m]	min.	-3284.00	max.	-3350.00	śr.	-
miąższość efektywna złoża [m]	min.	-	max.	-	śr.	3.00

głębokość  
położenia  
wody  
podścielaj  
ącej [m]

min.	-	max.	-	śr.	-
------	---	------	---	-----	---

11. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopalni (Tab. 13.6–13.8)

12. Współczynnik wydobywania: 0,20

13. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa i bilansu materiałowego

14. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złożów przysyłanych przez przedsiębiorcę; Tab. 13.9 i 13.10)

Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka” (Binder i Sikorski, 1992) straty powstałe w skutek erupcji wewnętrznej w odwiercie Brzozówka-1 oszacowano na 8600 ton ropy i 2630 tys. m<sup>3</sup> gazu, przez przewód wydobyto 937 ton ropy i 280 tys. m<sup>3</sup> gazu. Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka. Dodatek nr 1 (wniosek o skreślenie złoża z ewidencji)” (Zoła, 2000) od początku eksploatacji do 31.03.2000 r. ze złoża wydobyto ogółem 36.393 tys. ton ropy naftowej i 9.797 mln m<sup>3</sup> gazu ziemnego. Wielkość wydobywania przedstawiają Fig. 13.3 i 13.4.

15. Stan zasobów pierwotnych i aktualnych

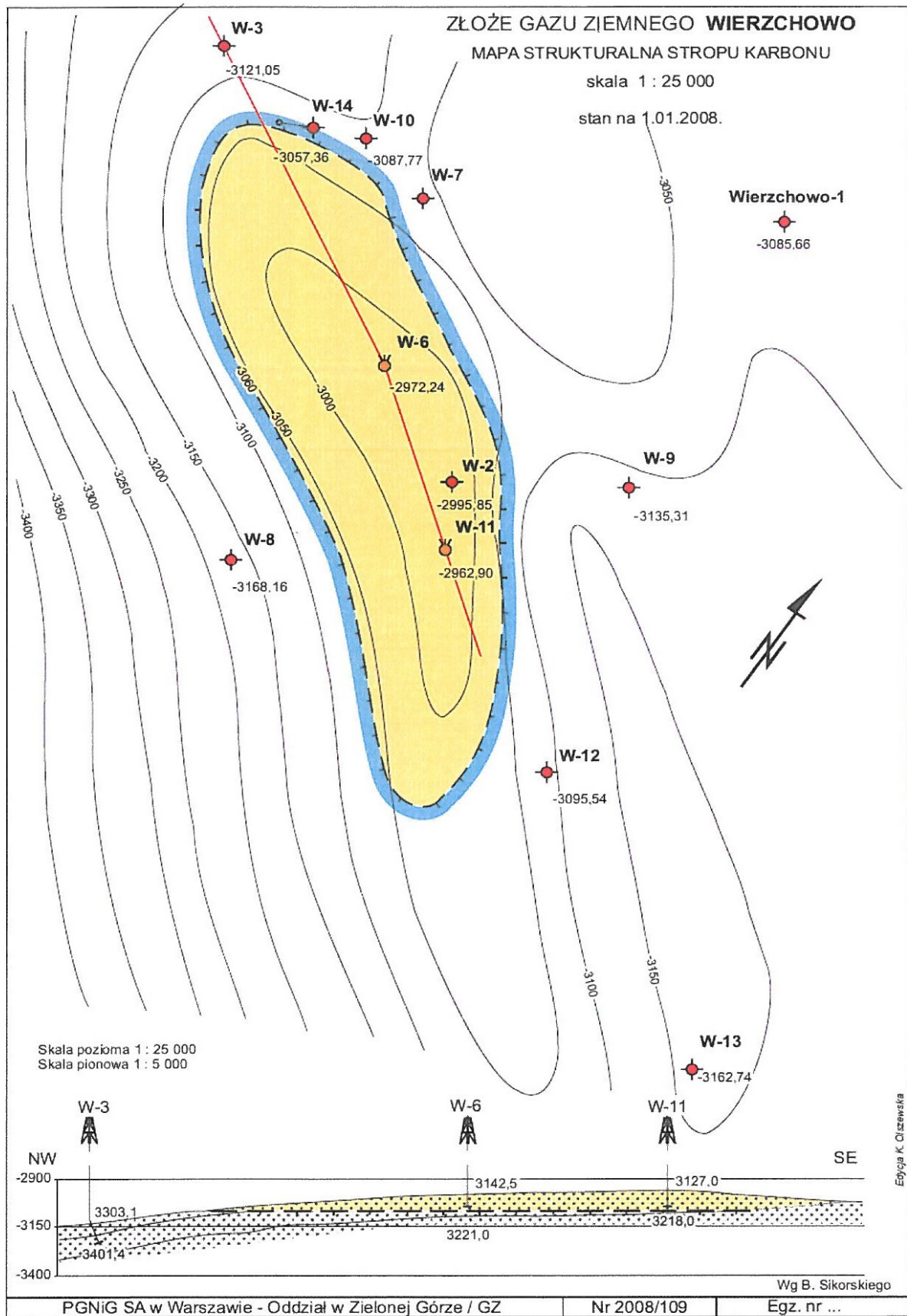
#### ROPA NAFTOWA [tys. ton]

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg. stanu na 31.12.1991 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	A+B	C	A+B	C
Wydobywalne		26.86		
Geologiczne				

#### GAZY ZIEMNE [mln m<sup>3</sup>]

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg. stanu na 31.12.1991 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	A+B	C	A+B	C
Wydobywalne				8,22
Geologiczne				

Brak zasobów geologicznych i zasobów przemysłowych. Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka. Dodatek nr 1 (wniosek o skreślenie złoża z ewidencji)” (Zoła, 2000) wyliczone lecz nie zatwierdzone zasoby wydobywalne na dzień 31.03.2000 r. w kategorii C wynoszą: ropa naftowa 0.807 tys. ton, gaz ziemny 1.583 mln m<sup>3</sup>.



**Figura 13.2.** Mapa stropu horyzontu złożowego wraz z przekrojem geologicznym dla złoża gazu ziemnego Wierzchowo (Górecki i Zawisza, 2011).

Tabela 13.6.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie aktualne	–	–	30.080	MPa	na dzień 08.06.1999r. (ciśnienie denne)
ciśnienie złożowe	–	–	56.690	MPa	na dzień 26.09.1991r.
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	71.392	MPa	początkowe w złożu
ciśnienie złożowe pierwotne	–	–	71.390	MPa	obliczone w czasie erupcji w odwiercie Brzozówka-1
głębokość położenia wody podścielającej	–	–	–	m	brak danych
głębokość położenia złoża	-3284.000	-3350.000	–	m	
głębokość położenia złoża	3408.000	3411.000	–	m	dolomit główny w otworze Brzozówka-1a
miąższość efektywna złoża	–	–	3.000	m	
miąższość złoża	–	–	3.000	m	
nasycenie ropą	–	–	70.000	%	
porowatość	8.000	13.500	–	%	w interwale głębokości 3408-3411,5m
porowatość efektywna	–	–	10.500	%	
przepuszczalność	–	–	247.000	mD	
temperatura złoża	–	–	349.000	K	na gł. 3390m
temperatura złoża	–	–	76.000	st.C	
warunki produkowania	–	–	–	–	wolumetryczne
współczynnik nasycenia węglowodorami	–	–	0.700	–	
współczynnik wydobywania	–	–	0.200	–	
wydajność początkowa	–	–	43.000	t/d	
wykładnik gazowy	–	–	358.000	Nm <sup>3</sup> /t	
zapieszczenie	–	–	–	%	brak

Tabela 13.7. Ropa naftowa

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
gęstość	–	–	0.862	g/cm <sup>3</sup>	
zawartość asfaltenów	–	–	1.300	% wag.	
zawartość frakcji benzynowej	–	–	25.500	% wag.	
zawartość frakcji naftowej	–	–	19.500	% wag.	
zawartość parafiny	–	–	2.370	% wag.	
zawartość węglowodorów aromatycznych	–	–	20.650	% wag.	
zawartość węglowodorów nasyconych	–	–	73.650	% wag.	
zawartość żywic	–	–	4.400	% wag.	

Tabela 13.8. Gaz ziemny

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
gęstość	–	–	0.762	–	względem powietrza
wartość opałowa	–	–	47.220	MJ/m <sup>3</sup>	
zawartość C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	–	–	7.686	% obj.	
zawartość CH <sub>4</sub>	–	–	77.565	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	–	–	0.194	% obj.	
zawartość H <sub>2</sub>	–	–	0.004	% obj.	
zawartość He	–	–	0.004	% obj.	
zawartość N <sub>2</sub>	–	–	1.011	% obj.	
zawartość siarkowodoru	–	–	2.165	% obj.	
zawartość węglowodorów ciężkich	–	–	275.220	g/m <sup>3</sup>	

Tabela 13.9.

kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Wydobycie z zasobów wydobywalnych bilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)		Wydobycie z zasobów wydobywalnych pozabilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)	
			A+B	C	A+B	C
ropa naftowa	T	00/12/31		0,019		
ropa naftowa	T	99/12/31		3,33		
ropa naftowa	T	98/12/31		8,136		
ropa naftowa	T	97/12/31		12,168		
ropa naftowa	T	96/12/31		2,4		
ropa naftowa	T	95/12/31		0		
ropa naftowa	T	94/12/31		0		
ropa naftowa	T	93/12/31		0		
ropa naftowa	T	92/12/31		0		
ropa naftowa	T	91/12/31		0,804		
ropa naftowa	T	90/12/31		0		
ropa naftowa	T	89/12/31		9,536		

Tabela 13.10.

kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Wydobycie z zasobów wydobywalnych bilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)		Wydobycie z zasobów wydobywalnych pozabilansowych (gaz ziemny – mln m <sup>3</sup> ; ropa naftowa – tys. ton)	
			A+B	C	A+B	C
gaz ziemny	N	00/12/31		0,004		
gaz ziemny	N	99/12/31		0,556		
gaz ziemny	N	98/12/31		1,483		
gaz ziemny	N	97/12/31		3,735		
gaz ziemny	N	96/12/31		0,859		
gaz ziemny	N	95/12/31		0		
gaz ziemny	N	94/12/31		0		
gaz ziemny	N	93/12/31		0		
gaz ziemny	N	92/12/31		0		
gaz ziemny	N	91/12/31		0,247		
gaz ziemny	N	90/12/31		0		
gaz ziemny	N	89/12/31		2,913		

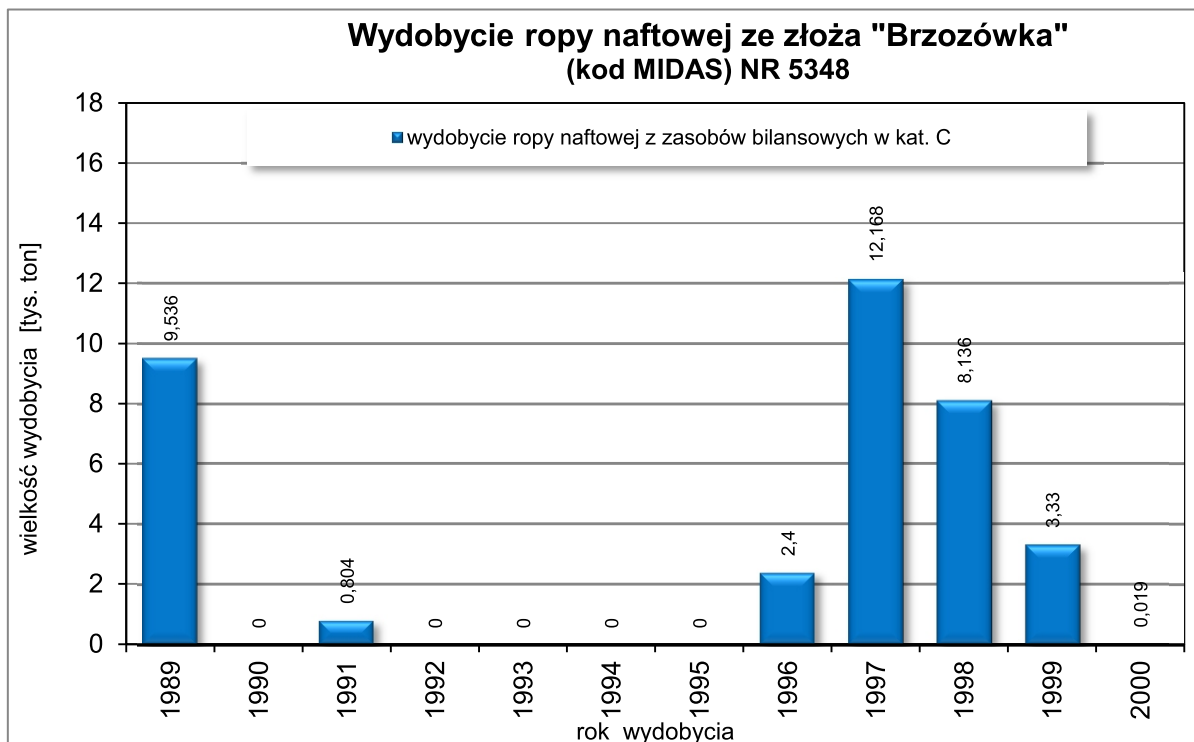


Figura 13.3. Wydobycie ropy naftowej ze złoża Brzozówka.

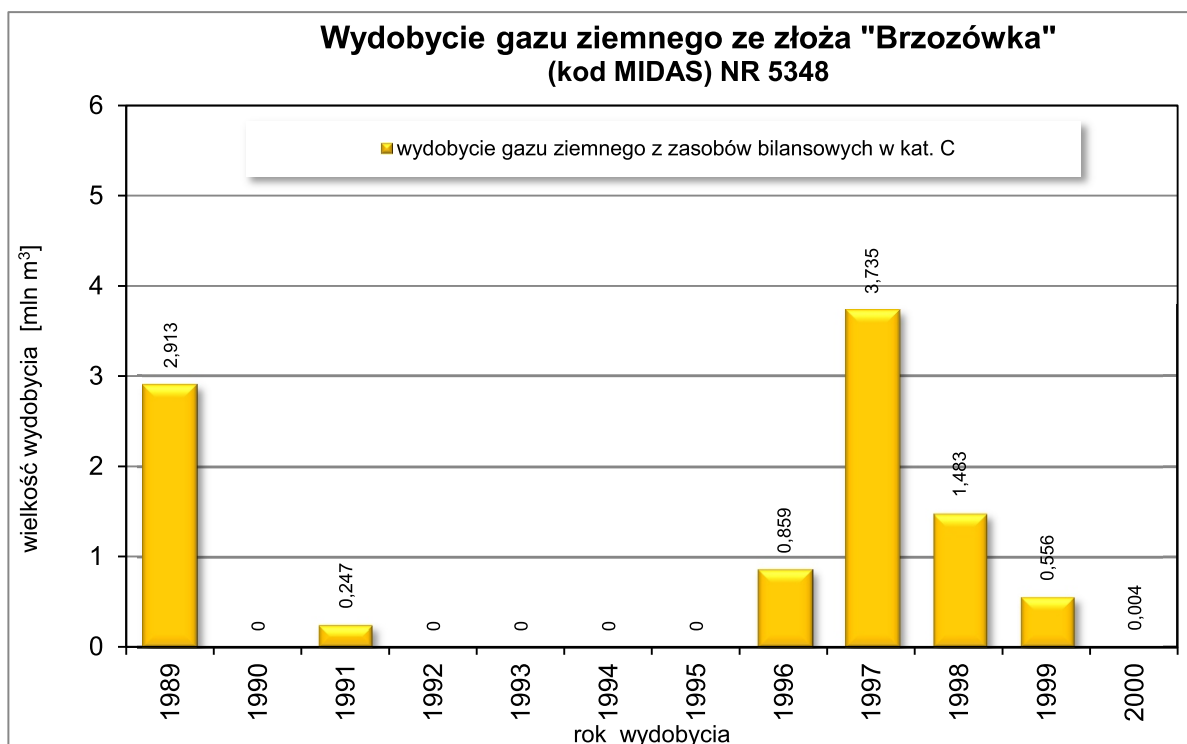









Figura 13.4. Wydobycie gazu ziemnego ze złoża Brzozówka.



Obszary wytypowane do postępowania przetargowego na koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż w 2017 r.  
**DEBRZNO-CZŁUCHÓW**

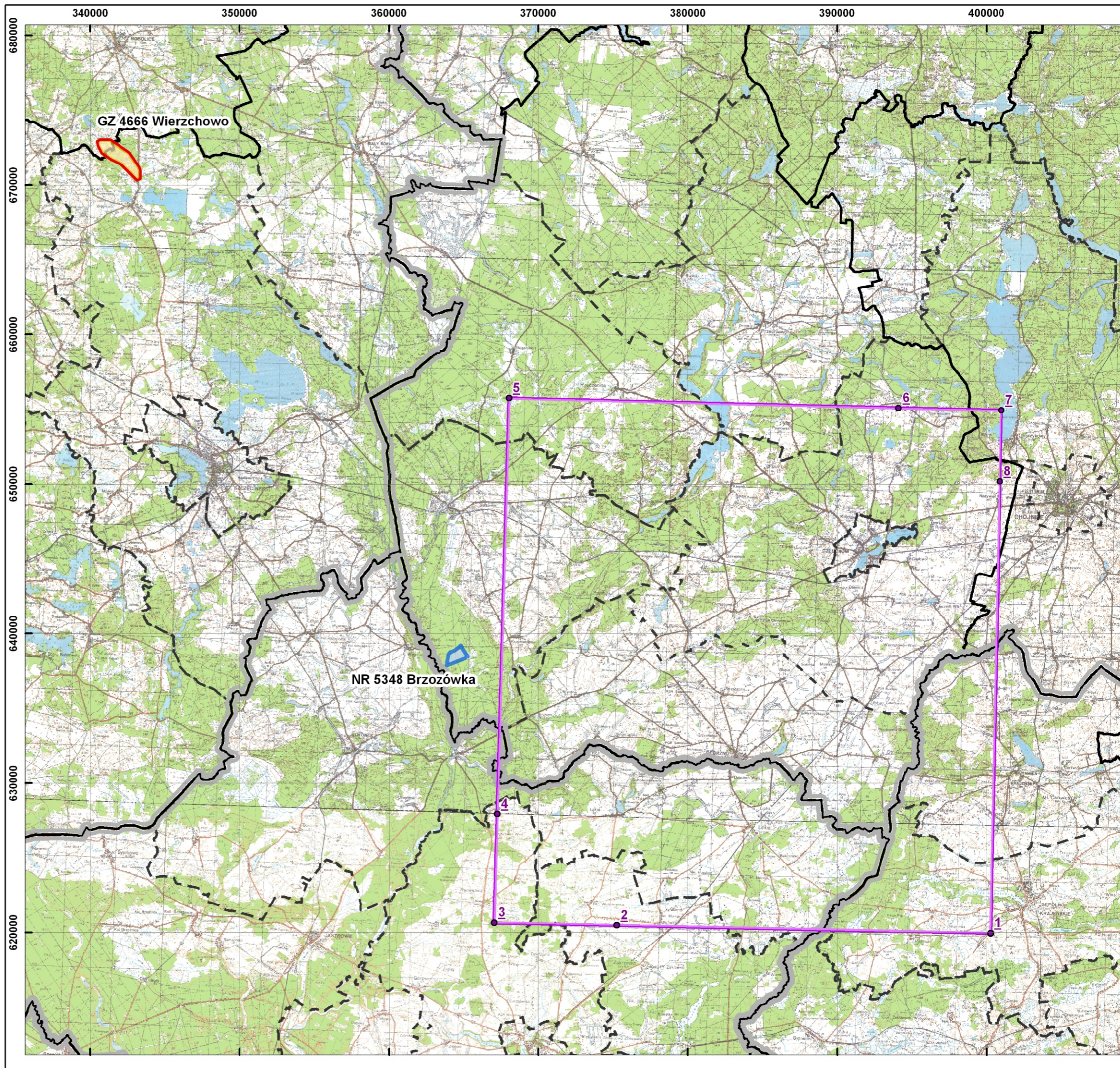
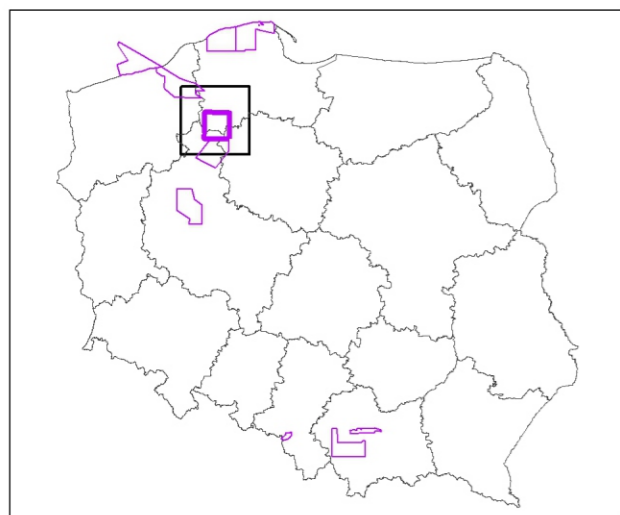


**Objaśnienia**

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

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru  
Debrzno-Człuchów  
układ współrzędnych PL-1992

Nr punktu	X	Y
1	619 965,853	400 258,032
2	620 491,445	375 248,551
3	620 663,710	367 051,575
4	627 943,468	367 256,240
5	655 743,779	368 037,823
6	655 083,200	394 117,900
7	654 932,900	400 994,800
8	650 177,700	400 894,400



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

## 14. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI OBSZARU PRZETARGOWEGO

Obszar przetargowy Debrzno–Człuchów (Tab. 14.1) został wyznaczony w obrębie pomorskiej prowincji naftowej i obejmuje fragmenty bloków Ministerstwa Środowiska nr 107 i 127. Jest on zlokalizowany na platformie paleozoicznej w bezpośrednim sąsiedztwie platformy wschodnioeuropejskiej.

W obrębie obszaru zidentyfikowano obecność czynnych systemów naftowych w skałach paleozoicznych obejmujących utwory starszego i młodszego paleozoiku oraz utwory permu i cechsztynu, które potwierdzone zostały przemysłowymi akumulacjami węglowodorów poza terenem wyznaczonym jako obszar przetargowy Debrzno–Człuchów. Złożem modelem dla opisywanego obszaru jest złożo Wierzchowo (Fig. 13.2 i 13.3) oddalone o kilkadziesiąt kilometrów w kierunku północno – wschodnim. Złożo odkryte zostało w utworach klastycznych karbonu (wizenu), pułapkę stanowi paleopodniesienie uszczelnione cechsztynem i powstałe w skrzydle wiszącym dyslokacji związanej z linią T–T. Gaz zdeponowany w złożu tworzy akumulację o charakterze masywowym (Karnkowski, 1993). Poziom gazonośny występuje na głębokości 2985–3020 m i zbudowany jest z szarych spękanych wapieni oraz piaskowców drobnoziarnistych z wkładkami mułowców. Powierzchnia złoża wynosi 2 km<sup>2</sup>, średnia miąższość serii złożowej 25 m, porowatość 7,5 %, przepuszczalność 1,25 mD.

W okolicach Tucholi znajdującej się ok. 15 km w kierunku południowo-wschodnim od obszaru odkryto akumulację gazu ziemnego w zdolomityzowanych wapieniach famenu, które nasycone były gazem palnym w ilościach przemysłowych pochodzącym prawdopodobnie z utworów syluru (informacja ustna). Stwarza to nowe perspektywy poszukiwawcze do odkrycia złóż w wyższej części profilu dewonu, także w sąsiadującym obszarze Debrzno–Człuchów.

Na obszarze Pomorza rozpoznano liczne struktury perspektywiczne dla węglowodorów w utworach fluwialnych i eolicznych czerwonego spągowca o doskonałych parametrach zbiornikowych. Według modelu Kiersnowskiego (Dooenbal, Stevenson, 2010) istnieje możliwość występowania lokalnie na obszarze przetargowym aluwialnych ciał piaskowcowych i zlepieńców o dużym potencjale zbiornikowym, w których mogą się gromadzić węglowodory migrujące z dewonu i karbonu. Stwierdzone w wierceniu Debrzno 2 przypiły zgazowanej gazem palnym ropy naftowej potwierdzają potencjał poszukiwawczy. W otworze Debrzno IG-1 w interwale 4107–4260 m obejmującym piaskowce czerwonego spągowca i dewonu, w wyniku opróbowania rurowym próbnikiem uzyskano przypiły zgazowanej solanki, 50-metrowy pakiet osadów piaszczystych i mułowcowych charakteryzował się porowatością do 8,6% i przepuszczalnością do 2,5 mD, natomiast uzyskany gaz wykazywał zawartość 72,9% CH<sub>4</sub>, 25% N<sub>2</sub> oraz 0,82% węglowodorów ciężkich, co ciekawe nie wykazywał zawartości H<sub>2</sub>S (Witkowski, 1979). Piaszczyste osady czerwonego spągowca są na całym obszarze jego występowania potencjalnym kolektorem gazowym. Potwierdza to odkryte w nich złożo gazu ziemnego Czarne zlokalizowane na zachód od obszaru „Debrzno–Człuchów”. W strefie Białogardu leżącej dalej na północ zachód od analizowanego obszaru odkryto złożo gazu w utworach czerwonego spągowca i karbonu. Również w rejonie Unisławia (na południowy-wschód od obszaru „Debrzno–Człuchów”) z osadów czerwonego spągowca uzyskano nieprzemysłowy przypiły gazu ziemnego. W utworach czerwonego spągowca napotkano też niewielkie objawy ropy naftowej i gazu ziemnego w otworach Złotów 2,

Zabartowo 1 i Zabartowo 2 oraz w otworze Szubin IG-1, zlokalizowanych na południe od obszaru „Debrzno–Człuchów”.

Perspektywiczność utworów cechsztynu związana jest głównie z poziomem dolomitu głównego, w którym istnieją możliwości odkrycia złóż ropy naftowej. Na obszarze „Debrzno–Człuchów” stwierdzono występowanie platformy węglanowej Ca<sub>2</sub>, prawdopodobnie o nieregularnym przebiegu spowodowanym oddziaływaniem tektoniki starszego podłoża. W części obszaru występują osady płytkiego basenu solnego (Wagner, 1998). Obecność osadów związanych ze środowiskiem bariery węglanowej stwarza duże możliwości poszukiwań złóż węglowodorów.

W wyniku przeprowadzonych prób złożowych w otworach przewiercających interwał perspektywiczny oraz podczas analiz wykonanych na rdzeniach wiertniczych, a także podczas monitoringu płuczki wiertniczej prowadzonym przez laboratoria polowe w trakcie prac wiertniczych (Człuchów IG-2, IG-2bis, Chojnice 2, Wilcze IG-1) w osadach permu górnego notowano objawy ropy naftowej i gazu ziemnego.

W otworach Człuchów IG-2 i IG-2bis w poziomie dolomitu głównego wykształconego jako wapień oolityowy (porowatość do 17,8%, przepuszczalność do 5 mdcy) występują solanki typu Cl-Mg występujące pod wysokim ciśnieniem i cechujące się wydajnością przypiły do ok. 200 m<sup>3</sup>/h. Solanki te wykazują mineralizację ok. 319,2 g/l i zgazowanie gazem palnym. Przebądany gaz jest mieszaniną o przewadze metanu, węglowodorów ciężkich i śladowej zawartości siarkowodoru (50,9% CH<sub>4</sub>, 1,38% węglowodorów ciężkich, 0,006% H<sub>2</sub>S). Ślady gazu o podwyższonej zawartości metanu (do 32,3%) stwierdzono również w wodach z wapienia cechsztyńskiego, skąd uzyskano przypiły solanki o wydajności 0,4 m<sup>3</sup>/h i mineralizacji 201 g/l (Witkowski, 1979). Objawy występowania węglowodorów notowano również w odwiercie Chojnice 2 i Wilcze IG-1 zlokalizowanych na wschód i południowy wschód od obszaru „Debrzno–Człuchów”. Polepszenie właściwości zbiornikowych w dolomicie głównym wiązać można z obecnością szczelin związanych zwłaszcza ze strefami zaburzeń tektonicznych.

Obszar projektowanych badań pokryty jest siatką profili sejsmicznych o charakterze przeważnie półszczegółowym, pochodzących z różnych lat i różniących się znacznie osiąganymi rezultatami. Celem wykonanych prac sejsmicznych było rozpoznanie budowy strukturalnej utworów mezozoicznych, cechsztyńskich i podcechsztyńskich. Akumulacje węglowodorów związane z migracją bituminów z utworów starszego paleozoiku w skałach zbiornikowych dewonu są potwierdzone sukcesami poszukiwawczymi firmy FX Energy, która odkryła gaz w wierceniu Tuchola 2 i Tuchola 3k na obszarze koncesji Chojnice–Wilcze (nr 52/2008/p). Koncesja ta przylega od wschodu do proponowanego obszaru przetargowego „Debrzno–Człuchów”, Również ta koncepcja była przyczyną sukcesu otworu Bajerze 1K zlokalizowanego na terenie koncesji Unisław-Gronowo (nr 51/2008/p). Otwór Bajerze 1k znajduje się w pasie podpermskich wychodni dewonu ciągnących się od strefy Koszalina–Chojnic do rejonu Torunia.

Strefy dyslokacyjne śledzone w horyzontach cechsztyńskich mają swoje założenia paleozoiczne. Zmiany miąższości, występujące w utworach triasu i jury wskazują na dużą aktywność tektoniczną stref dyslokacyjnych zarejestrowanych w cechsztynie. Na tle monoklinalnej budowy można wyróżnić w horyzoncie Z2 i Z1' szereg podniesień strukturalnych, które układają się w ciągi równoległe do głównych stref dyslokacyjnych. Są to, w obrębie bloku 107 (obszar „Debrzno–Człuchów”): Debrzno, Myśligoszcz, Olszanowo, Orzełek, Człuchów i Witkowo. Większość z

Tabela 14.1. Karta informacyjna pakietu przetargowego Debrzno–Człuchów

<b>Dane koncesji</b>	<b>nazwa obszaru:</b>	Debrzno–Człuchów
	<b>lokalizacja:</b>	na lądzie fragmenty bloków koncesyjnych 107, 127; na terenie następujących jednostek administracyjnych: województwo pomorskie powiat człuchowski gmina (% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego) Czarne (9,73%), Człuchów m. (1,10%), Człuchów (28,04%), Debrzno (19,29%), Przechlewo (1,94%), Rzeczenica (1,94%) powiat chojnicki gmina Chojnice (1,36%) województwo wielkopolskie powiat złotowski gmina Złotów (1,87%), Lipka (16,00%), Okonek (0,19%), Zakrzewo (3,44%) województwo kujawsko - pomorskie powiat sępoleński gmina Kamień Krajeński (5,85%), Sępólno Krajeńskie (4,78%), Więcbork (0,00%)
	<b>typ:</b>	poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
	<b>czas obowiązywania:</b>	koncesja na 10 lat w tym: faza poszukiwawczo-rozpoznawcza (5 lat), faza wydobywcza – po uzyskaniu decyzji inwestycyjnej
<b>udziały</b>		
<b>Powierzchnia [km<sup>2</sup>]</b>	1 158,97	
<b>rodzaj złoża</b>	konwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej, niekonwencjonalne złoża gazu ziemnego	
<b>Piętra strukturalne</b>	– staropaleozoiczne (kaledońskie), – górnopaleozoiczne (waryscyjskie), – permsko-mezozoiczne	
<b>Systemy naftowe</b>	system naftowy związany z kompleksem skał starszego paleozoiku (ordowik), młodszego paleozoiku (dewon, karbon) i kompleksem permskim (czerwony spągowiec, cechsztyln - dolomit główny)	
<b>Skały zbiornikowe</b>	piaskowce i węglany dewonu, piaskowce i podrzędnie wapienie karbonu, piaskowce i dolomity permu	
<b>Skały macierzyste</b>	iłowce i mułowce ordowiku, margle górnego dewonu, iłowce i mułowce dolnego karbonu, utwory dolomitu głównego	
<b>Skały uszczelniające</b>	utwory ewaporatowe cechsztynu; skały ilaste i mułowcowe w pakietach pomiędzy potencjalnie zbiornikowymi utworami dewonu i karbonu, iłowce i mułowce dolnego paleozoiku w strefach dyslokacyjnych	
<b>Miąższość nadkładu</b>	>2000 m	
<b>Typ pułapki</b>	dewon i karbon – stratygraficzne i tektoniczne czerwony spągowiec – strukturalne, tektoniczne, litologiczne dolomit główny – litologiczno-facjalne, strukturalne	
<b>Złoża rozpoznane w pobliżu (GZ-gaz ziemny; RN ropa naftowa)</b>	• Brzozówka (NR), odkryte w 1992 r., wydobywanie kumulacyjne – ropa 36,393 tys. ton; gaz – 9,797 mln m <sup>3</sup> (12 lat), w 2015 r. produkcja – brak, zasoby wydobywalne niezatwierdzone (ropa – 0,807 tys ton, gaz – 1,583 mln m <sup>3</sup> ) • Wierzchowo (GZ), odkryte w 1971 r., wydobywanie kumulacyjne 514,02 mln m <sup>3</sup> (42 lata), w 2015 r. produkcja – brak, zasoby wydobywalne: gaz 10,78 mln m <sup>3</sup> , przemysłowe 10,69 mln m <sup>3</sup> .	
<b>Zrealizowane zdjęcia sejsmiczne [rejon], właściciel</b>	1986 Szczecinek–Złotów [Bielica], (Skarb Państwa) 1985 Szczecinek–Chojnice [Szczecinek], (Skarb Państwa) 1986–1987 Szczecinek–Chojnice [Człuchów–Debrzno], (Skarb Państwa) 1988–1989 Białogard–Czarne–Wilcze [Okonek–Lędyczek], (PGNiG S.A.) 1993 Szczecinek–Złotów [Rzeczenica–Biały Bór], (PGNiG S.A.) 1991 Białogard–Czarne–Wilcze w roku 1989 [Chojnice–Kamień Krajeński], (PGNiG S.A.) 1992 Białogard–Czarne–Wilcze 1986–1987 Szczecinek–Chojnice [Człuchów–Debrzno], (Skarb Państwa) 1987–1989 Szczecinek–Złotów [Szczecinek–Czarne–Debrzno], (Skarb Państwa) 1989 Białogard–Czarne–Wilcze [Chojnice–Kamień Krajeński], (Skarb Państwa) 1992 Białogard–Czarne–Wilcze [Tuchola–Wilcze, Sępólno Krajeńskie–Wilcze], (PGNiG S.A.) 1994 Białogard–Czarne–Wilcze [Człuchów–Debrzno–Zabartowo], (PGNiG S.A.) 1994 Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Czarne–Lędyczek i Czarne–Zabartowo w latach 1976-1992, interpretacja i reinterpretacja (PGNiG S.A.)	

<b>Otworki reperowe (MD)</b>	Człuchów-1(1953 m) Debrzno IG-1(5010 m)
<b>Proponowany minimalny program prac fazy poszukiwawczo - rozpoznawczej</b>	Etap I (12 miesięcy) Powtórne przetworzenie i reinterpretacja archiwalnych danych sejsmicznych 2D. Etap II (12 miesięcy) Wykonanie 100 km <sup>2</sup> badań sejsmicznych 3D (powierzchnia wzbudzenia) lub 80 km profili 2D (długość wg punktów wzbudzenia). Etap III (24 miesiące) Odwiercenie jednego otworu poszukiwawczego do głębokości końcowej 5200 m (TVD) wraz z kompletem pomiarów geofizycznych niezbędnych do interpretacji litologii, nasycenia oraz określenia parametrów petrofizycznych panujących w strefie złożowej, a także zabezpieczających bezpieczeństwo procesu wiercenia. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża. Pobieranie rdzeni z przewierconych horyzontów perspektywicznych: dewonu, karbonu i permu (czerwonego spągowca i dolomitu głównego). Etap IV (12 miesięcy) Wykonanie analiz uzyskanych danych

wymienionych obiektów ograniczona jest dyslokacjami i może stanowić pułapki przyuskokowe” Obiekty te są interesujące z poszukiwawczego punktu widzenia ze względu m.in. na podobne położenie i budowę tych elementów w stosunku do struktur Czarne i Brzozówka (na przyległym od zachodu bloku 106), które okazały się odkryciami o znaczeniu przemysłowym. Rozległy blok struktury Czarne jest mocno zaburzony tektonicznie i pocięty na mniejsze elementy o niewielkich powierzchniach. To samo dotyczy struktur Brzozówka i Lędyczek. Wydzielone obiekty strukturalne mogą stanowić pułapki dla bituminów przy założeniu występowania osadów o dobrych własnościach kolektorskich.

Reasumując, głównymi horyzontami perspektywicznymi są w tym rejonie piaskowce dolnego karbonu i permu -czerwonego spągowca - i odpowiedniowysztalone, szczelinowatewęglany dewonu i cechsztyńskiego dolomitu głównego, które w części rejonu mogą wykazywać dobre własności kolektorskie.

Wyniki dotychczasowych badań potwierdzają regionalną, pozytywną ocenę perspektywiczności utworów młodszego paleozoiku. Analizując własności zbiornikowe utworów dewonu, należy brać pod uwagę możliwość ich znacznego poprawienia w strefach rozluźnień tektonicznych.

W obszarze „Debrzno–Człuchów” do tej pory nie odkryto żadnego złoża. Potencjał poszukiwawczy dotyczy możliwości występowania pułapek stratygraficznych i strukturalnych w utworach węglanowych dewonu lub cechsztynu, w których może występować gaz lub ropa naftowa pochodząca z utworów (łupków) ordowiku i syluru oraz być może z łupków dolnego dewonu. Na omawianym obszarze można spodziewać się złóż gazu ziemnego i ropy naftowej zakumulowanych w pułapkach typu stratygraficznego lub stratygraficzno – tektonicznego, nie mniej nie można wykluczyć złóż o granicach kontrolowanych przez zmianę facji o raz z tym związany zanik właściwości zbiornikowych.

Zasoby perspektywiczne na dzień dzisiejszy nie są możliwe do określenia, lecz mogą one przekraczać nawet 6000 mln m<sup>3</sup> gazu ziemnego o zawartości zbliżonej do 58,7 % CH<sub>4</sub> oraz 39,1 % N<sub>2</sub> (na podstawie składu gazu złoża Wierzchowo). Potencjalne zasoby ropy naftowej w chwili obecnej nie są możliwe do oszacowania.

**Minimalny zakres prac proponowany dla obszaru przetargowego.**

1. Etap I (12 miesięcy) Powtórne przetworzenie i reinterpretacja archiwalnych danych sejsmicznych 2D.
2. Etap II (12 miesięcy) Wykonanie 100 km<sup>2</sup> badań sejsmicznych 3D (powierzchnia wzbudzenia) lub profili 2D o długości 80 km (długość wg punktów wzbudzenia)
3. Etap III (24 miesiące) Odwiercenie jednego otworu poszukiwawczego do głębokości końcowej 5200 m (TVD) wraz z kompletem pomiarów geofizycznych niezbędnych do interpretacji litologii, nasycenia oraz określenia parametrów petrofizycznych

panujących w strefie złożowej, a także zabezpieczających bezpieczeństwo procesu wiercenia.

4. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża. Pobieranie rdzeni z przewierconych horyzontów perspektywicznych: dewonu, karbonu i permu (czerwonego spągowca i dolomitu głównego).
5. Etap IV (12 miesięcy) Wykonanie analiz uzyskanych danych.

## 15. 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., Kornpohl D., Peters K., 2009. Basin and Petroleum System Modeling. Oilfield Review Summer, 21: 14–29.
- 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.
- Balcer M., Jankowski M., 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Człuchów (0201), wersja cyfrowa.
- Binder I., 1989. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Olszanowo-1. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 131666).
- Binder I., 1992. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Lędyczek-1. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 132857).
- Binder I., Sikorski B., 1992. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej Brzozówka. NAG, Warszawa (Inw. 709/92).
- Binder I., Solak, M., 1989. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Sokole-1. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 132145).
- Binder I., Solak, M., 1992. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Myślizosz-1. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 133022).
- Binder I., Zwolenkiewicz J., Zboińska A. i Wolnowski T., 1994. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Debrzno-2. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 133262).
- Bojarski L., Bielecka W. (red.), 1978. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Debrzno IG-1. NAG, Warszawa (Inw. 124402).
- 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.
- Bruzda R., Fedorowicz A., Wilk W. 1990. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Człuchów-Debrzno

- metodą szerokiego profilu sejsmicznego w roku 1988, NAG, Warszawa (Inw.1023/91).
- Buniak A., Mikołajewski Z., Wagner R., 2007a. Mapa paleogeograficzna wapienia cechsztyńskiego (Ca1). PGNiG, PiG.
- Buniak A., Protas A., Mikołajewski Z., 2007b. Analiza petrologiczna utworów górnego czerwonego spągowca w rejonie Unisławia. Konferencja Naukowo-Techniczna Basen Permski Niżu Polskiego. Czerwony spągowiec budowa i potencjał zasobowy. PGNiG, SITPNGiG, Piła, 109–111.
- Burzewski W., Górecki W., Maćkowski T., Papiernik B. i Reicher B., 2009. Prognostic gas reserves. undiscovered potential of gas in the Polish Rotliegend Basin. *Kwart. AGH Geologia*, 35: 123–128.
- Burzewski W., Kotarba M.J., Botor D., Kosakowski P., Słupczyński K., 1998. Modelowania procesów generowania i ekspulsji węglowodorów w utworach młodszego paleozoiku obszaru radomsko-lubelskiego i pomorskiego. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 165: 273–284.
- CBDG, 2016. Centralna Baza Danych Geologicznych. Litostratygrafia, Chronostratygrafia, Litologia, weryfikacja 2008. <http://otworywiertnicze.pgi.gov.pl>
- Dadlez R., 1969. Stratygrafia liasu w Polsce Zachodniej. *Pr. Inst. Geol.*, 57.
- Dadlez R. (red.), 1976. Perm i mezozoik niecki pomorskiej. *Pr. Inst. Geol.*, 79.
- Dadlez R., 1978. Podpermskie kompleksy skalne w strefie Koszalin–Chojnice. *Kwart. Geol.*, 22: 269–301.
- Dadlez R., 1989. Epicontinental Permian and Mesozoic basins in Poland. *Kwart. Geol.*, 33: 175–198.
- Dadlez R., 1997a. Epicontinental basins in Poland: Devonian to Cretaceous – relationships between the crystalline basement and sedimentary infill. *Kwart. Geol.*, 41: 419–432.
- Dadlez R., 1997b. Tektonika kompleksu permsko-mezozoicznego. Ogólne rysy tektoniczne bruzdy środkowopolskiej. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153: 410–413.
- Dadlez R., 2000. Pomeranian Caledonides (NW Poland), fifty years of controversies: a review and a new concept. *Geol. Quart.*, 44: 221–236.
- Dadlez R., 2001. Przekroje geologiczne przez bruzdę śródpolską. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Dadlez R., Iwanow A., Leszczyński K., Marek S., 1998. Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Dadlez R., Kowalczyński Z., Znosko J., 1994. Some key problems of the pre-Permian tectonics of Poland. *Geol. Quart.*, 38: 169–190.
- Dayczak-Calikowska K., 1976. Jura środkowa (bez części najniższej). W: Perm i mezozoik niecki pomorskiej. *Pr. Inst. Geol.*, 79: 71–78.
- Dayczak-Calikowska K., 1977. Baton górny i kelowej w północno-zachodniej Polsce. *Prace Inst. Geol.*, 84.
- Dayczak-Calikowska K., 1987. Stratygrafia i rozwój sedimentacji. Jura środkowa. *Pr. Inst. Geol.*, 119: 116–123.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., Górski J., 2007. Subregion Warty nizinny. W: *Hydrogeologia regionalna Polski*, (red. B. Paczyński, A. Sadurski), 1: 369–406. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Dąbrowski S., Rynarzewski W., Zachaś–Janecka J., Straburzyńska-Janiszewska R., Filipiak P., Flieger–Szymańska M., Wesołowski K., Janiszewska B., Matusiak M., Dąbrowska M., Olejnik Z., Kryszczyńska I., Pawlak A., Czerwińska M., Sobolewska A., Żerebiec-Chmielewska A., Koślacz R., Domańska U., Koślacz M., Koziółek J., Robak A., 2013. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Gwdy, nr CBDH 1010362. NAG, Warszawa (Inw. 5920/2013).
- Dembowska J., 1973. Portland na Niżu Polskim. *Pr. Inst. Geol.*, 70.
- Dembowska J., 1976. Jura górna. *Pr. Inst. Geol.*, 79: 78–87.
- Dembowska J. (red.), 1977. Człuchów IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, 42.
- Dembowska J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. *Kwart. Geol.* 23, (3), 617–630.
- Dembowska J., Witkowski A., Dadlez R., 1969. Dokumentacja wynikowa głębokiego wiercenia Człuchów IG-1. NAG, Warszawa (Inw. 102380).
- Doornenbal J.C., Stevenson A.G. (red.), 2010. Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. EAGE Publications b.v, Houten.
- Duda W., Bochnia N., 1969. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. na obszarze „Synklinorium Pomorskiego” obejmująca tematy: „Bobolice–Tuchola 1968–69”, „Synklinorium Pomorskie 1967–68”, „Białogard–Koszalin–Bobolice, Antyklina Chojnic 1962”. NAG, Warszawa (Inw. 1538, Kat. 33/143).
- Duda W., Zdziarska B., Wasiak I., 1973. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych II etapu temat: Antyklina Pomorskie, 1972. NAG, Warszawa (Inw. 1761; Kat. 32/158).
- Dziewińska L., 1997. Rozpoznanie geofizyczne. Kompleksowa interpretacja. *Pr. Państw. Inst. Geol.* 15: 28–35.
- Dziewińska L., Józwiak W., 2012. Opracowanie prędkości średnich i pionowego profilowania sejsmicznego. W: Tuchola IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 135.
- Dziewińska L., Marek S., Józwiak W., 2001. Profile sejsmiczno-geologiczne przez basen polski. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 398: 5–24.
- Fedorowicz A., Wierzba D., 1994a. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Debrzno-Złotów-Zabartowo dla tematu Białogard-Czarne-Wilcze. NAG, Warszawa (Inw. 1297/94).
- Fedorowicz A., Wierzba D., 1994b. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Człuchów-Debrzno-Zabartowo dla tematu Białogard-Czarne-Wilcze. NAG, Warszawa (Inw. 283/94)
- Fedorowicz A., Wierzba D., 1995. Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Drzonowo dla tematu Wierzchowo-Drzonowo, I etap. NAG, Warszawa (Inw. 1461/95).
- Fedorowicz A., Wilk W., 1989. Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Człuchów-Debrzno przez PGNiG Toruń, temat: Szczecinek-Chojnice, w latach 1986-1987. NAG, Warszawa (Inw. 39757).
- Fedorowicz A., Wilk W. 1990. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Okonek-Lędyczek, temat: Białogard-Czarne-Wilcze w latach 1988-1989. NAG, Warszawa (Inw.73/91).
- Fedorowicz A., Wilk W., 1991. Opracowanie badań sejsmicznych na temacie: Białogard-Czarne-Wilcze w roku 1989 wykonanych w rejonie Chojnice-Kamień Krajeński. NAG, Warszawa (Inw. 875/91).
- Fedorowicz A., Wilk W., 1992. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonach Tuchola-Wilcze, Sępólno Krajeńskie-Wilcze dla tematu Białogard-Czarne-Wilcze. NAG, Warszawa (Inw. 1772/92).
- Fedorowicz A. Wilk W., 1993. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Rzeczenica-Biały Bór dla tematu Szczecinek Złotów, NAG, Warszawa (Inw.1414/93).
- Feldman-Olszewska A., 1998. Paleogeografia wczesnego aalenu. środkowego keloweju. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000 (red. R. Dadlez, S. Marek, J. Pokorski). Plansza 37–48. Warszawa.
- Franczyk M., 1987. Stratygrafia i rozwój sedimentacji. Jura dolna. W: Budowa geologiczna wału pomorskiego i jego podłoża (red. A. Raczynska). *Pr. Inst. Geol.*, 119: 111–116.
- Gaupp R., Batten D.J., 1985. Maturation of organic matter in Cretaceous strata of the Northern Calcareous Alp. *N. Jb. Geol. Paleont. Mh.* 3: 157–175.
- Gondek B., 1980. Geochemia n-alkanów występujących w skałach osadowych Niżu Polskiego. *Pr. Inst. Geol.*, 47: 1–43.
- Górecki W. (red.), 2006. Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Formacje Mezozoiku. AGH, Kraków.

- Górecki W. (red.), 2008. Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce. NAG, Warszawa (Inw. 2293/2009).
- Górecki W., Zawisza L., 2011. Ocena stopnia rozpoznania polskich basenów naftowych. NAG, Warszawa (Inw. 4182/2012).
- Górska W., 1994. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Czarne-Lędyczek i Czarne-Zabartowo w latach 1976-1992, interpretacja i reinterpretacja. NAG, Warszawa (Inw.1301/94).
- Grelowski C., 1995. Interpretacja badań geochemicznych prób karbonu dolnego w otworze Lipka-1. W: Dokumentacja wynikowa otworu: Lipka-1 (red. M. Koperski). NAG, Warszawa (Inw. 133701).
- Grotek I., 2012. Charakterystyka petrograficzna oraz dojrzałość termiczna materii organicznej rozproszonej w utworach mezozoiku i paleozoiku. W: Tuchola IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 135.
- Grzesik H., 1980. Dokumentacja badań sejsmicznych refleksyjnych, temat: Piła-Bydgoszcz, rok 1979/80. NAG, Warszawa (Inw. 43/243).
- Hałoń E., Wojaś A., 1981. Zbiorcza dokumentacja badań sejsmicznych refrakcyjnych, temat: Pomorze Zachodnie (lata 1967-1977, reinterpretacja w latach 1979–1980). NAG, Warszawa (Inw. 45191; Kat. 32/193).
- Hannes A., Kuchciński J., 1971. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego "Wierzchowo". NAG, Warszawa (Inw. 9033).
- 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 (red. R. Dadlez, S. Marek i 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 (red. R. Dadlez, S. Marek i J. Pokorski). Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.
- Jaskowiak-Schoeneichowa M., 1976. Kreda górna (łącznie z albem górnym i paleocenem dolnym). Pr. Inst. Geol. 79: 94–105.
- Jaskowiak-Schoeneichowa M., 1977. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Kreda górna. W: Człuchów IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, 42: 72–79.
- Jaskowiak-Schoeneichowa M., 1987. Stratygrafia i rozwój sedymentacji. Kreda górna. Pr. Inst. Geol., 119: 140–151.
- 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. Pr. Geol., 55: 1017–1024.
- Kachnic M., Kotowski T., 2004. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Złotów (0238), wersja cyfrowa
- Karaczun M., Karaczun K., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej pionowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:200 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- Karaczun K., Karaczun M., Bilińska M., Uhrynowski A., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:500 000. Wyd. Geol., Warszawa.
- Karkowski P., 1993. Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce, 2. Niż Polski. Wyd. AGH, Geos, Kraków.
- Karkowski P. H., 1999. Origin and evolution of the Polish Rotliegend Basin. Pol. Geol. Inst. Spec. Pap., 3: 1–93.
- Karkowski P.H., 2008. Regionalizacja tektoniczna Polski. Niż Polski. Pr. Geol., 56: 895–903.
- Karkowski P., Krzysztofowicz Z., Solak M., 1978. Podcechsztyńska budowa basenu permskiego. Kwart. Geol., 22: 735–751.
- Kiersnowski H., 1997. Depositional development of the Polish Upper Rotliegend Basin and evolution of its sediment source areas. Geol. Quart., 41: 433–456.
- Kiersnowski H., 1998. Architektura depozycyjna basenu czerwonego spągowca w Polsce. Pr. Państw. Inst. Geol., 165: 113–128.
- Kiersnowski H., 1999. Depozycja osadów w strefie marginalnej basenu czerwonego spągowca: przykład z rejonu Czarne. Debrzno. Pr. Geol., 47: 467–468.
- Kleczkowski A.S. (red.), 1990. Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1:500 000. AGH, Kraków.
- Klimuszko E., 2012. Charakterystyka geochemiczna. W: Tuchola IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 135.
- Kniesznner H., Majak S. 1993. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie Czechy-Szczecinek dla tematu Białogard-Czarne-Wilcze. NAG, Warszawa (Inw.1166/93).
- Kniesznner L., Kalisz T., Poleszak E., 2000. Możliwości odkrycia złóż węglowodorów w rejonie Dobrzyca na Pomorzu Zachodnim. Pr. Geol., 48: 455–461.
- Kondracki J., 2013. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Kosobudzka I., Paprocki A. 1997. Półszczegółowe badania magnetyczne T Polski zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej, 1996–1997. NAG, Warszawa (Inw. 812/98; Inw. 338/98).
- 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. Pr. Geol., 55: 1025–1036.
- Kotarba M. J., Grelowski C., Kosakowski P., Więclaw D., Kowalski A., Sikorski B., 1999. Potencjał węglowodorowy skał macierzystych i geneza gazu ziemnego akumulowanego w utworach czerwonego spągowca i karbonu w północnej części Pomorza Zachodniego. Pr. Geol., 47: 480.
- Kotarba M., Kosakowski P., Więclaw D., Grelowski C., Kowalski A., Lech S., Merta H., 2004. Potencjał węglowodorowy karbońskich skał macierzystych w utworach karbonu w przybałtyckiej części segmentu pomorskiego bruzdy śródpolskiej. Pr. Geol., 52: 1156–1165.
- Kotarba M.J., Kowalski A., Więclaw D., 1994. Nowa metoda obliczeń wskaźnika CPI i wykorzystanie badań dystrybucji n-alkanów i izoprenoidów prospekcji naftowej. Sympozjum IGNiG – Badania geochemiczne petrofizyczne w poszukiwaniach ropy naftowej i gazu ziemnego. Balice k/ Krakowa: 82. 91.
- Kotarba M. J., Pielą J., Żołnierczuk T., 1992. Geneza gazu ziemnego akumulowanego w permsko-karbońskich pułapkach litologicznych złoża "Paproc" w świetle badań izotopowych. Pr. Geol., 40: 260–263.
- Kotarba M., Pokorski J., Grelowski C., Kosakowski P., 2005. Geneza gazu ziemnego akumulowanego w utworach karbonu i czerwonego spągowca w nadbałtyckiej części Pomorza Zachodniego. Pr. Geol., 53: 425–433.
- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2010. Mapa Podziału Hydrograficznego Polski, dokument elektroniczny: <http://geoportal.kzgw.gov.pl/imap/>, stan na dzień 28.10.2016
- Krzywiac P., 2000. O mechanizmach inwersji bruzdy śródkowopolskiej. Wyniki interpretacji danych sejsmicznych. Biul. Państw. Inst. Geol., 393: 135–166.
- Krzywiac P., 2002. Mid-Polish Trough inversion – seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine, Carpathian collision. W: Continental Collision and the Tectonosedimentary Evolution of Forelands (red. G. Bertotti, K. Schulmann, S. Cloetingh). European Geosciences Union Stephan Mueller Special Publication Series, 1: 151–165.
- Krzywiac P. (red.), 2004. Budowa litosfery północnej części Polski (obszar projektu Polonoise) na podstawie zintegrowanej analizy

- danych geofizycznych i geologicznych, część 1 i 2. NAG, Warszawa (Inw. 1674/2004).
- Krzywiec P., 2006. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiavian segments of the Mid-Polish Trough, lateral variations in timing and structural style. *Geol. Quart.*, 51: 151–168.
- Królikowski C., Petecki Z., 1995. Atlas grawimetryczny Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kuberska M., 1999a. Spoiwa węglanowe skał klastycznych czerwonego spągowca w kujawsko-pomorskim segmencie strefy T–T. *Prz. Geol.*, 47: 159–162.
- Kuberska M., 1999b. Etapy cementacji piaskowców czerwonego spągowca w kujawsko-pomorskim segmencie strefy T–T. *Prz. Geol.*, 47: 477–478.
- Kuberska M., 1999c. Główne procesy diagenetyczne w osadach czerwonego spągowca rejonu Budziszewic. Szczecinka oraz ich wpływ na własności petrofizyczne. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 55: 38–39
- Kuberska M., 2001. Spoiwa ilaste piaskowców czerwonego spągowca w kujawsko-pomorskim segmencie bruzdy środkowopolskiej. *Prz. Geol.*, 49: 345.
- Kuberska M., 2004. Diageniza osadów czerwonego spągowca w strefie Szczecinek-Bydgoszcz (Pomorze Zachodnie). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 411, 87-168.
- Kutek J., Matyja B.A., Wierzbowski A., 1973. Problematyka stratygraficzna górnej jury z kilku wierceń w synklinorium warszawskim. *Acta Geol. Pol.*, 23: 547–575.
- Lech S., 2013. Mapa geologiczno-strukturalna podłoża permu Pomorza. W: *Historia i przyszłość poszukiwań naftowych na Niżu Polskim* (red. Chmielowiec-Stawska A., Czeakański E.). Szejka, 4 (110) XII 2013. Czasopismo PGNiG SA Oddział w Zielonej Górze.
- Leszczynski K., 2002. The Late Cretaceous inversion and salt tectonics in the Koszalin–Chojnice and Drawno–Człopa–Szamotuły zones, Pomeranian sector of the Mid-Polish Trough. *Geol. Quart.*, 46: 347–362.
- Leszczynski K., 2010. Rozwój litofacjalny późnej kredy Niżu Polskiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 443: 33–54.
- Leszczynski K., 2012. The internal geometry and lithofacies pattern of the Upper Cretaceous–Danian sequence in the Polish Lowlands. *Geol. Quart.*, 56: 363–386.
- Lipiec M., 1997. Wizeńska platforma węglanowa na Pomorzu Zachodnim. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 53: 31–32.
- Lipiec M., 1999. Systemy depozycyjne i diageniza utworów węglanowych danianu na Pomorzu Zachodnim. Praca doktorska. NAG, Warszawa (Inw. 1340/2001).
- Lipiec M., Matyja H., 1998. Architektura depozycyjna basenu dolnokarbońskiego na obszarze Pomorza. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 165: 101–112.
- Lisowski K., Musiatowicz M., 1991. Dokumentacja częściowa półszeregówowa badań grawimetrycznych, temat: Antyklinorium i synklinorium pomorskie rejon: Szczecinek. Wilcze, 1989. 1990. NAG, Warszawa (Kat. G-586 PBG).
- Lubowiecki W., 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Więcbork (0239), wersja cyfrowa.
- Łaszczynska B., Okulus H., Soćko A., Stenzel I., Wojas A. 1981. Dokumentacja badań geofizycznych temat: Poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, obszary: Głuszyno, Szarzyn, Rabacino, Zielona Huta, Garak, Kamień, Kłodawa, rok badań 1980. NAG, Warszawa (Inw. 2115; Kat. 33/168).
- Maćkowski T., Reicher B., Burzewski W., Botor D., Papiernik B., Górecki W., 2008. Rekonstrukcja czasowo-przestrzennych parametrów, model ekspulsji i migracji węglowodorów oraz ocena potencjału generacyjnego. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). NAG, Warszawa (Inw. 2293/2009).
- 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.
- Maliński E., Witkowski A., 1988. Węglowodory jako biomarkery, źródła ich pochodzenia, znaczenie i wykorzystanie w geochemii organicznej. *Prz. Geol.*, 36: 230–234.
- Maliszewska A., 1997. Charakterystyka petrograficzna, skały osadowe czerwonego spągowca w Polsce na obszarach platformowych. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153: 38–42.
- Maliszewska A., Kuberska M., 2008. Spoiwa skał górnego czerwonego spągowca w zachodniej części Niżu Polskiego w ujęciu kartograficznym. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 429: 79–90.
- Maliszewska A., Kuberska M., 2009. O badaniach izotopowych diagenetycznego illitu z piaskowców czerwonego spągowca Wielkopolski i Pomorza Zachodniego. *Prz. Geol.*, 57: 322–327.
- Maliszewska A., Kuberska M., Such P., Leśniak G., 1998. Evolucja przestrzeni porowej utworów czerwonego spągowca. *Pr. Państw. Inst. Geo.*, 165: 177–194.
- Marek S., 1997. Kreda dolna (berias–alb górny). Formalne i nieformalne jednostki litostratygraficzne. *Pr. Inst. Geol.*, 153: 351–360.
- Marek S., Pajchłowa M. (red.), 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 153.
- Marek S., Raczynska A., 1979. Obecny podział litostratygraficzny epikontynentalnej kredy dolnej w Polsce i propozycje jego uporządkowania. *Kwart. Geol.*, 23: 631–637.
- Marek S., Shulgina N., 1996. Biostratigraphic correlation between Lower Cretaceous deposits in the central region of East-European Platform and the Polish Lowlands. *Kwart. Geol.* 40: 129–140.
- Matyja H., 1988 — Famennian facies of Pomerania, northwestern Poland and the paleogeography of Northern Europe. W: *Devonian of the world, 2. Sedimentation* (red. N.J. McMillan, A.F. Embry, D.J. Glass). Canadian Society of Petroleum Geologists. *Memoir*, 14: 637–647.
- Matyja H., 1993. Upper Devonian of Western Pomerania. *Acta Geol. Pol.*, 42: 27–94.
- Matyja H., 1997. Dolny karbon Pomorza Zachodniego: rozwój facjalny i jego uwarunkowania paleotektoniczne. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 53: 14–15.
- Matyja H., 1998. Architektura depozycyjna basenu dewońskiego obszarze pomorsko-kujawskim. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 165: 73–88.
- Matyja H., 2004. Stratygrafia, węglanowe systemy depozycyjne dewonu środkowego i franu, architektura facjalna. W: *Rozwój transgresji środkowodewońskiej i wczesnofrańskiej i jej zapis w mieszanych, klastyczno-węglanowych środowiskach marginalnomorskich (modele facjalne, stratygrafia sekwencji)* (kier. H. Matyja, J. Paczeńska). NAG, Warszawa (Inw. 752/2005).
- Matyja H., 2006. Stratigraphy and facies development of Devonian and Carboniferous deposits in the Pomeranian Basin and in western part of the Baltic Basin, and palaeogeography of the northern TESZ during Late Palaeozoic times (in Polish with English summary). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 186: 79-122.
- Matyja H., 2008. Pomeranian basin (NW Poland) and its sedimentary evolution during Mississippian times. *Geol. J.*, 43: 123–150.
- Matyja H., 2009. Depositional history of the Devonian succession in the Pomeranian Basin, NW Poland. *Geol. Quart.*, 53: 63–92.
- Matyja H. (red.), 2011. Bydgoszcz IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 131.
- Matyja H., 2012. Stratygrafia i uwagi o wykształceniu facjalnym serii węglanowych żywetu i ?franu. W: *Tuchola IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, 135.
- Matyja H., Stempień-Salek M., 1994. Devonian/Carboniferous boundary and the associated phenomena in Western Pomerania (NW Poland). *Ann. Soc. Belgique*, 116: 249–263.
- Matyja H., Turnau E., Żbikowska B., 2000. Lower Carboniferous (Mississippian) stratigraphy of northwestern Poland: conodont, miospore and ostracod zones compared. *Ann. Soc. Geol. Pol.*, 70: 193–217.
- Mazur S., Mikołajczak M., Krzywiec P., Malinowski M., Lewandowski M., Buffenmyer V., 2016. Pomeranian Caledonides, NW Poland.

- A collisional suture or thin-skinned fold-and-thrust belt? *Tectonophysics*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tecto.2016.06.017>
- Miłaczeński L., 2007. Dewon. W: *Polskie Łąki PIG I. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, 122.
- Młynarski S., 1977. Wykres prędkości średnich, kompleksowych i interwałowych w otworze Człuchów IG-1. W: *Człuchów IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, 42.
- Młynarski S., 1982. Budowa głębokiego podłoża w Polsce na podstawie sejsmicznych badań refrakcyjnych. *Kwart. Geol.*, 26: 285–296.
- Młynarski S., 1984. The structure of deep bedrock in Poland on the basis of refraction results. *Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc.*, A-13 (160).
- Młynarski S., 2002. Seismic refraction investigations in Poland (1964–1978) and their use in continuing studies. *Geol. Quart.*, 46: 247–253.
- Morelli C., Gantar C., Honkasalo T., McConnell R.K., Tanner J.G., Szabo B., Uotila U., Whalen C.T., 1974. The international gravity standardization net 1971 (I.G.S.N. 71). *Publ. Spec. Bull. Geod.* 4: 1–19.
- Moritz H., 1980. Geodetic reference system. *Bulletin Géodésique*, 54: 395–405.
- Mularczyk A., Pyzik M., 1984. Dokumentacja geologiczna złoża gazu ziemnego „Wierzcho” (dodatek nr 1). NAG, Warszawa (Inw. 15111).
- Musiatawicz M., Ostrowski C., 1993. Dokumentacja końcowa półszczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Antyklinorium i synklinorium pomorskie rejon: Szczecinek, Wilcze, 1989–1992. NAG, Warszawa (Inw. 4376/2013; Kat. G-593).
- Muszyński A., Biernacka J., Lorenc S., Protas A., Urbanek Z., Wojewoda J., 1996. Petrologia i środowisko sedymentacji dolnokarbońskich utworów wulkanoklastycznych w rejonie Dygowa i Kłanina (strefa Koszalin–Chojnice). *Geologos*, 1: 93–126.
- Narkiewicz M., Dadlez R. 2008. Geologiczna regionalizacja Polski. zasady ogólne i schemat podziału w planie podkonozympnym i podpermskim. *Prz. Geol.*, 56: 391–397.
- Narkiewicz M., Poprawa P., Lipiec M., Matyja H., Miłaczeński L., 1998. Pozycja paleogeograficzna i tektoniczna a rozwój subsydenacji dewońsko-karbońskiej obszaru pomorskiego i radomsko-lubelskiego. W: *Analiza basenów sedymentacyjnych Niżu Polskiego* (red. M. Narkiewicz). *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 165: 31–49.
- Niemczycka T., 1983. Osady kimerydu i wołgu na antyklinie Lipna. *Kwart. Geol.* 27: 275–286.
- Nowak J., 2010. Dodatek nr 3 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego „Wierzcho” w kat. B. NAG, Warszawa (Inw. 7643/2010).
- Nowicki Z. (red.), 2009. Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej w 2009 r. Zadanie 28: Charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna zweryfikowanych JCWPd. Praca zbiorowa, Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, materiały niepublikowane.
- Paczyński B., 2007. Podstawy regionalizacji hydrogeologicznej. W: *Hydrogeologia regionalna Polski* (red. B. Paczyński, A. Sadurski), 1: 56–69. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Pergól S., Sokołowski J., 2015. Bilans zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych wód podziemnych Polski wg stanu na dzień 31 grudnia 2014 r. Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- Petecki Z., Polechońska O., Cieśla E., Wybraniec S., 2003. Mapa magnetyczna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Peters K.E., 1986. Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, 70: 318–329.
- Pettijohn F. J., Potter P. E., Siever R., 1972. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, Berlin.
- Pieńkowski G., 2004. The epicontinental Lower Jurassic of Poland. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 12: 1–122.
- 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. W: *Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area* (red. J.C. Doornenbal, A.G. Stevenson): 225–253. EAGE Publications, Houten.
- Plewa T., Dąbrowska M., Migdalczyk-Ławicka E., Grelowski C., 1995. Wyniki analiz zawartości całkowitego węgla organicznego (TOC) dla prób otworu Lipka-1. W: *Dokumentacja wyników otworu: Lipka-1* (red. M. Koperski). NAG, Warszawa (Inw. 133701).
- Pokorski J., 2008. Schematyczna mapa rozmieszczenia utworów karbonu dolnego i górnego z określeniem litofacji dominujących. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). NAG, Warszawa (Inw. 2293/2009).
- Pożaryski W., Grochowski A., Tomczyk H., Karnkowski P., Moryc W., 1992. Mapa tektoniczna Polski w epoce waryscyjskiej. *Prz. Geol.*, 40: 643–651.
- Pożaryski W., Tomczyk H., Brochewicz-Lewiński W., 1982. Tektonika i ewolucja paleotektoniczna paleozoiku podpermskiego między Koszalinem i Toruniem (Pomorze). *Prz. Geol.*, 30: 658–665.
- Protas A., 1990. Dolomit główny w rejonie Bielica. Czarne na tle paleogeografii Pomorza Zachodniego. *Prz. Geol.*, 38: 127–131.
- Prussak E., 2004a. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Rzecznica (0162), wersja cyfrowa.
- Prussak E., 2004b. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Przechlewo (0163), wersja cyfrowa.
- Prussak E., Prussak W., 2004. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Debrzno (0200), wersja cyfrowa.
- Raczyńska A., 1976. Kreda dolna (bez albu górnego). *Pr. Inst. Geol.*, 79: 87–93.
- Raczyńska A., 1977. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Kreda dolna. W: *Człuchów IG-1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego* (red. J. Dembowska), 42: 69–71.
- Raczyńska A., 1979. Stratygrafia i rozwój litofacyjny młodszej kredy dolnej na Niżu Polskim. *Pr. Inst. Geol.*, 89.
- Raczyńska A., 1987. Stratygrafia i rozwój sedymentacji. Kreda dolna. *Pr. Inst. Geol.*, 119: 131–140.
- Reczek J., Kruk B., 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Antyklinorium Pomorskie, 1969. NAG, Warszawa (Inw. 1537; Kat. 32/142).
- Reicher B., 2008. Główne elementy karbońsko-permskiego systemu naftowego w polskim basenie. W: *Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce* (red. W. Górecki). NAG, Warszawa (Inw. 2293/2009).
- Rodzoch A., Muter K., Treichel W., Lepianko A., Falba Z., Zadykiewicz N., 2001. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Brdy, NAG, Warszawa (nr CBDH 395449, nr inw. 250/2002).
- Skrzypczyk L. (red.), 2004. Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (według stanu CAG z dnia 31 marca 2004 r.). NAG, Warszawa.
- Soćko A., Szczypa St., 1979. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 16, Chojnice, 1977–1978. NAG, Warszawa (Kat. N33-XXIV/50).
- Stach E., Mackowsky M.Th., Teichmüller M., Taylor G.H., Chandra D., Teichmüller R., 1982. *Stach's textbook of coal petrology*. Gebrüder Borntraeger, Stuttgart.
- 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; 3090/2014; 4547/2015; 4548/2015).
- Such P., 1996. Model fizyczny przestrzeni filtracji basenu czerwonego spągowca. Pr. IGNiG, 88.
- Szczerbowska M., Król E., Kieft M., Król L., 1995. Opracowanie badań geofizycznych w odwiercie Lipka-1. PGNiG, Toruń.
- Szewczyk J., 1996. Opis profilu litologicznego w systemie GEOFLOG. Pr. Geol., 44: 555–556.
- Szewczyk J., 2000. Statystyczno-stratygraficzna standaryzacja profilowań naturalnego promieniowania gamma. Biul. Państw. Inst. Geol., 392: 121–152.
- Szyperko-Śliwczynska A., Raczyńska A., Żelichowski, A. i Witkowski, A., 1977. Dokumentacja wynikowa otworów badawczych Człuchów IG-2, Człuchów IG-2bis. NAG, Warszawa (Inw. 123571; 123572).
- Śliwiński Z. Antonowicz J. Iwanowska E. Malinowski M. Grad M. Guterch A. Keller G.R. Takács E., 2006. Interpretacja zasięgu eksternidów waryscyjskich na eksperymentalnym profilu sejsmicznym GRUNDY 2003. Pr. Geol., 54: 45–50.
- Świdrowska J., Hakenberg M., 1996. Palaeotectonic evolution of the Koszalin–Chojnice Late Devonian basin (Western Pomerania, Northern Poland). Bull. Pol. Acad. Sc. Earth Sc., 44: 17–36.
- Taylor G.H, Teichmüller M., Davis A., Diessel C.F.K., Littke R., Robert P., 1998. Organic Petrology. Gebruder Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- Turnau E., 2004. Korelacja klastyczno-węglanowych utworów dewonu środkowego i franu na obszarze Pomorza Zachodniego na podstawie analizy palinologicznej. W: Rozwój transgresji środkowodewońskiej i wczesnofrańskiej i jej zapis w środowiskach marginalnomorskich obszaru północno-zachodniej Polski (kier. H. Matyja, J. Paczeńska). NAG, Warszawa (Inw. 752/2005).
- Turnau E., Matyja H., 2001. Timing of the onset of Devonian sedimentation in northwestern Poland: palynological evidence. Ann. Soc. Geol. Pol., 71: 67–74.
- Wagner R., 1988. Paleogeografia cechsztynu: dolomit główny (Ca2), tabl.6a. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce 1:2 500 000 (red. R. Dadlez, S. Marek, J. Pokorski). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Wagner R., 1994. Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. Pr. Państw. Inst. Geol., 146.
- Wagner R., 1998. Mapy paleogeograficzne cechsztynu. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (red. R. Dadlez, S. Marek, J. Pokorski). Tabl. 5–9. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Wagner R. (red.), 2008. Stratygraficzna tablica Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Wagner R., 2012. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) w Polsce. NAG, Warszawa (Inw. 7736/2016).
- Wagner R., Kotarba M. (red.), 2008. System geochemiczno-generacyjny utworów dolomitu głównego na obszarze Pomorza Zachodniego. Opracowanie archiwalne. NAG, Warszawa (Inw. 1571/20150).
- Wagner R., Peryt T. M., 1998. O możliwości podziału cechsztynu na sekwencje stratygraficzne w basenie polskim. Pr. Państw. Inst. Geol., 165: 129–146.
- Wagner R., Dyjaczynski K., Papiernik B., Peryt T.M., Protas A. 2000. Mapa paleogeograficzna dolomitu głównego (Ca2) 1: 500 000. W: Bilans i potencjał węglowodorowy dolomitu głównego basenu permskiego Polski (red. M. Kotarba). Opracowanie archiwalne. Arch. PGNiG, Warszawa (215/2000).
- Wasiak J., 1990. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza. 1989 r. Kat. G-70. Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa.
- Węgrzyn A., Żerebiec-Chmielewska A., Nowakowski C., Sobolewska A., Woźniak M., Grzebułska B., Nowicki K., Sopol Ł., Traczyk T., Hajdas M., 2013. Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 127 – Subzbiornik Złotów–Piła–Strzelce Krajeńskie, nr CBDH 1016298. NAG, Warszawa (Inw. 1724/2014).
- Wierzbę D., 1990. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonie: Szczecinek-Czarne-Debrzno, temat: Szczecinek-Złotów w latach 1987-1989. NAG, Warszawa (Inw. 77/91).
- Wierzbę D., 1992. Opracowanie badań sejsmicznych wykonanych w rejonach Debrzno-Złotów, Debrzno dla tematu Białogard-Czarne-Wilcze w latach 1989-1991. NAG, Warszawa (Inw. 737/92).
- Witkowski A., 1979. Regionalne badania Instytutu Geologicznego na Niżu Polskim (1969–1978). Kwart. Geol., 23: 41–86.
- Witkowski A., 1984. Perspektywy poszukiwań złóż węglowodorów w N części strefy T–T. Pr. Geol. 32: 132–142.
- Wójcicki A. (red.), 2013. Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO<sub>2</sub> wraz z ich programem monitorowania, Raport końcowy oraz raport podsumowujący (ostatni w języku polskim i angielskim). Dostępne na stronie projektu: <http://skladowanie.pgi.gov.pl>
- Wróbel J., Krzysztofowicz Z., Cimaszewski L., 1972. Dokumentacja wynikowa otworu Witkowo-1. Piła: Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile. NAG, Warszawa (Inw. 116412).
- Zboińska A., Binder, I., Solak, M., 1991. Dokumentacja wynikowa odwiertu poszukiwawczego Rzeczenica-2. PGNiG, Piła. NAG, Warszawa (Inw. 132691).
- Zoła K., 1998. Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża gazu ziemnego Wierchow. NAG, Warszawa (Inw. 592/99).
- Zoła K., 2000. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej i towarzyszącego gazu ziemnego Brzozówka. Dodatek nr 1 (wniosek o skreślenie złoża z ewidencji). NAG, Warszawa (Inw. 17/2001).
- Żelichowski A.M., 1983. The Carboniferous in Western Pomerania. Pr. Geol., 31: 356–364.
- Żelichowski A.M., 1987. Stratygrafia i rozwój sedymentacji: karbon. Pr. Inst. Geol., 119: 26–51.
- Żelichowski A.M., 1995. Litostratigraphy and sedimentologic-paleogeographic development in Western Pomerania. Pr. Państw. Inst. Geol., 148: 97–100.