



państwowa służba
geologiczna

państwowa służba
hydrogeologiczna

Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy

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

www.pgi.gov.pl

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

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

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
dr hab. Teresy Podhalańskiej i mgr inż. Marcina Janasa

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

Warszawa, październik, 2017 r.

Skład zespołu:

Teresa Podhalańska

Marcin Janas

Anna Becker

Dariusz Brzeziński

Ireneusz Dyrka

Joanna Fabiańczyk

Anna Feldman-Olszewska

Andrzej Głuszyński

Izabella Grotek

Tadeusz Grudzień

Marek Jasionowski

Jacek Kasiński

Hubert Kiersnowski

Ewa Klimuszko

Maciej Kłonowski

Paulina Kostrz-Sikora

Aleksandra Kozłowska

Marta Kuberska

Rafał Laskowicz

Krzysztof Leszczyński

Tadeusz Peryt

Zdzisław Petecki

Monika Piotrowska

Michał Roman

Joanna Roszkowska-Remin

Jakub Sokołowski

Magdalena Sikorska-Jaworowska

Małgorzata Sikorska-Maykowska

Leszek Skowroński

Marcin Szuflicki

Koordynator zadania:

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

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM	5
<i>Teresa Podhalańska, Marcin Janas, Marek Jasionowski</i>	
1.2. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE, DOSTĘPNOŚĆ TERENU POD ROBOTY GEOLOGICZNE ORAZ ISTNIEJĄCA INFRASTRUKTURA	5
<i>Małgorzata Sikorska-Maykowska, Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska</i>	
2. OPIS BUDOWY GEOLOGICZNEJ	9
2.1. KAMBR, ORDOVIK, SYLUR	9
2.1.1. Stratygrafia i litologia utworów niższego paleozoiku	9
<i>Teresa Podhalańska, Jolanta Paczeńska</i>	
2.1.2. Ewolucja geotektoniczna basenu we wczesnym paleozoiku	18
<i>Joanna Roszkowska-Remin</i>	
2.2. PERM, MEZOZOIK, KENOZOIK	19
2.2.1. Stratygrafia i litologia	19
<i>Hubert Kiersnowski, Tadeusz Peryt, Anna Becker, Anna Feldman-Olszewska, Krzysztof Leszczyński, Jacek Kasiński</i>	
2.3. TEKTONIKA	26
<i>Andrzej Głuszyński</i>	
2.4. WARUNKI HYDROLOGICZNE I HYDROGEOLOGICZNE NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC”	28
<i>Maciej Klonowski</i>	
3. SYSTEM NAFTOWY	31
3.1. SKAŁY MACIERZYSTE	31
<i>Marcin Janas, Izabella Grotek, Ewa Klimuszko</i>	
3.1.1. Analiza geochemiczna materii organicznej metodą ROCK-EVAL	31
3.1.2. Analiza mikroskopowa materii organicznej	38
3.1.3. Charakterystyka geochemiczna materii organicznej	41
3.2. SKAŁY ZBIORNIKOWE	62
<i>Jolanta Paczeńska, Marcin Janas</i>	
3.3. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE	63
<i>Tadeusz Peryt, Teresa Podhalańska</i>	
3.4. SKAŁY NADKŁADU	64
<i>Marcin Janas</i>	
3.5. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW	64
<i>Ireneusz Dyrka</i>	
3.6. PARAMETRY ROPY I GAZU	68
4. CHARAKTERYSTYKA ŹRÓD WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE/W SĄSIEDZTWIE OBSZARU PRZETARGOWEGO „ŻARNOWIEC”	70
<i>Marcin Szufflicki, Dariusz Brzeziński, Joanna Fabiańczyk</i>	
5. DANE O GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH ODWIERCONYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC”	94
5.1. DANE O OTWORACH ARCHIWALNYCH	95
5.1.1. Dane ogólne o otworach wiertniczych oraz stratygrafia	95
<i>Teresa Podhalańska, Tadeusz Grudzień</i>	
5.1.2. Testy złożowe i objawy węglowodorów w otworach wiertniczych	102
<i>Jakub Sokołowski</i>	
5.1.3. Petrografia osadów niższego paleozoiku	108
<i>Magdalena Sikorska-Jaworowska, Marta Kuberska, Aleksandra Kozłowska</i>	
5.1.3.1. Petrografia osadów ediakaru i kambru w zachodniej części obniżenia bałtyckiego	108
5.1.3.2. Petrografia osadów ordowiku i syluru	109
5.1.4. Wyniki badań geofizyki otworowej	112
<i>Michał Roman</i>	
5.2. DANE O NOWOODWIERCONYCH OTWORACH WIERTNICZYCH	117
<i>Marek Jasionowski</i>	

6. DANE O PRACACH SEJSMICZNYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC” I W SĄSIEDZTWIE	118
<i>Andrzej Głuszyński</i>	
7. INNE BADANIA ZREALIZOWANE NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC”	120
<i>Zdzisław Petecki</i>	
7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE.	120
7.2. BADANIA MAGNETYCZNE	123
8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ	125
<i>Rafał Laskowicz, Marcin Janas, Izabella Grotek, Teresa Podhalańska</i>	
8.1. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ WRAZ Z OCENĄ MOŻLIWOŚCI ODKRYCIA I UDOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW.	125
8.2. MINIMALNY ZAKRES PRAC DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „ŻARNOWIEC”	129
9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE	130

1. WSTĘP

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Pakiet danych geologicznych dla obszaru „Żarnowiec” został przygotowany na zlecenie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska. Zakres informacji geologicznej, jaka powinna się znaleźć w przedkładanym opracowaniu został określony w piśmie tegoż Departamentu nr DGK-IV.4773.6.2016.TC z dnia 15.07.2016 roku. Zgodnie z cytowanym pismem celem poszukiwawczym na obszarze przetargowym „Żarnowiec” są niekonwencjonalne złoża węglowodorów w łupkach niższego paleozoiku oraz złoża konwencjonalne w utworach kambru środkowego i permu.

Zgodnie z art. 49.f Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2016 r., poz. 1131 ze zm.) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ przetargowy we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy „Żarnowiec” 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.

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

Pakiet danych geologicznych stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie.

Obszar przetargowy „Żarnowiec”, którego północną granicę wyznacza linia brzegowa Morza Bałtyckiego, położony jest w całości w granicach administracyjnych województwa pomorskiego. Jego powierzchnia wynosi 1 196,31 km². Na obszarze tym zlokalizowane są liczne archiwalne i nowe otwory wiertnicze (Fig. 1.1, Fig. 1.2A, B).

1.2. POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE I GEOGRAFICZNE, DOSTĘPNOŚĆ TERENU POD ROBOTY GEOLOGICZNE ORAZ ISTNIEJĄCA INFRASTRUKTURA

Obszar przetargowy „Żarnowiec”, którego północną granicę wyznacza linia brzegowa Morza Bałtyckiego, położony jest w całości w granicach administracyjnych województwa pomorskiego. W obrębie charakteryzowanego wydzielenia znajdują się tereny należące do 15 gmin (w tym 11 wiejskich, 3 miejskich i 1 miejsko-wiejskiej), przy czym udział niektórych z nich w powierzchni obszaru przetargowego jest niewielki – około 70% powierzchni obszaru Żarnowiec położone jest w 4 gminach: Nowa Wieś Lęborska, Krokowa, Choczewo i Łęczycze. Najwię-

kszym ośrodkiem urbanizacyjnym jest położony w południowej części obszaru Lębork. Powierzchnia miasta wynosi 17,8 km², zaś liczba jego mieszkańców przekracza 35 tysięcy osób.

Zgodnie z regionalizacją fizyczno – geograficzną Polski (Kondracki, 2013) omawiany teren położony jest w obrębie 5 mezoregionów, przy czym zdecydowana jego większość znajduje się w granicach trzech z nich: Wybrzeża Słowińskiego, Wysoczyzny Żarnowieckiej oraz Pradoliny Łeby i Redy. Pierwsza z wymienionych jednostek jest wąskim pasem ładu wzdłuż brzegu Bałtyku. Jej krajobraz tworzą plaża, nadmorskie wydmy, nadbrzeżne jeziora i bagna oraz elementy rzeźby polodowcowej. Linia brzegowa jest wyrównana przez działalność fal. Wydmy odcinają od morza płytkie jeziora, w tym znajdujące się w północno-zachodniej części charakteryzowanego obszaru jezioro Sarbsko (3,2 m głębokości). Drugi z mezoregionów, Wysoczyzna Żarnowiecka, jest dość dużą jednostką, o wysokości przekraczającej 100 m n.p.m. Jednym z jej charakterystycznych elementów są jeziora, w tym duże, rynnowe Jezioro Żarnowieckie (14,3 km², 19,4 m głębokości), którego zwierciadło znajduje się na wysokości 1,5 m n.p.m. (jego dno jest kryptodepresją). Wysoczyznę Żarnowiecką od południa i od zachodu ogranicza Pradolina Łeby i Redy. Jest to forma dolinna, powstała w czasie recesji lądolodu i odpływu wód roztopowych na zachód. Pradolina tworzy wyraźny meander na zachód od Wejherowa i zmienia kierunek z zachodniego na północny (na zachód od Lęborka). Współcześnie spadek dna doliny następuje w dwóch kierunkach: Reda płynie na wschód do Zatoki Puckiej, zaś Łeba na północny zachód do jeziora Łebsko.

Dostępność komunikacyjną obszaru Żarnowiec zapewnia przebiegająca przez jego południową część DK nr 6 łącząca Szczecin z Trójmiastem oraz sieć dróg skategoryzowanych, jako gminne, powiatowe i wojewódzkie. W grupie tych ostatnich znajdują się: DW nr 213 (odcinek Wicko–Strzeszewo–Choczewo–Żarnowiec–Połczyń), DW nr 214 relacji Łeba–Wartubie (która w granicach charakteryzowanego terenu łączy Wicko z Lęborkiem), DW nr 215 łącząca Władysławowo i Sulicice oraz DW nr 218 (odcinek Krokowa–Karlikowo).

Poza siecią dróg, elementem infrastruktury komunikacyjnej są również linie kolejowe, w tym linia nr 202 (Gdańsk Główny – Stargard). Jest to linia pasażerska, zelektryfikowana, jednotorowa, skategoryzowana jako pierwszorzędna. W granicach obszaru przetargowego w ciągu opisywanej linii usytuowane są 4 stacje kolejowe (Pogorzelić, Lębork, Godętowo, Bożepole Wielkie) oraz 2 punkty eksploatowane w ruchu pasażerskim (Lębork Mosty i Leśnice). Przez charakteryzowany obszar przebiegają również dwie linie nieelektryfikowane, jednotorowe, znaczenia miejscowego: nr 229 (Łeba–Lębork) oraz 230 (Wejherowo–Garczegorze), a także na bardzo niewielkim odcinku przy wschodniej granicy, w rejonie Władysławowa, linia nr 213 relacji Reda–Hel (jednotorowa, nieelektryfikowana, drugorzędna).

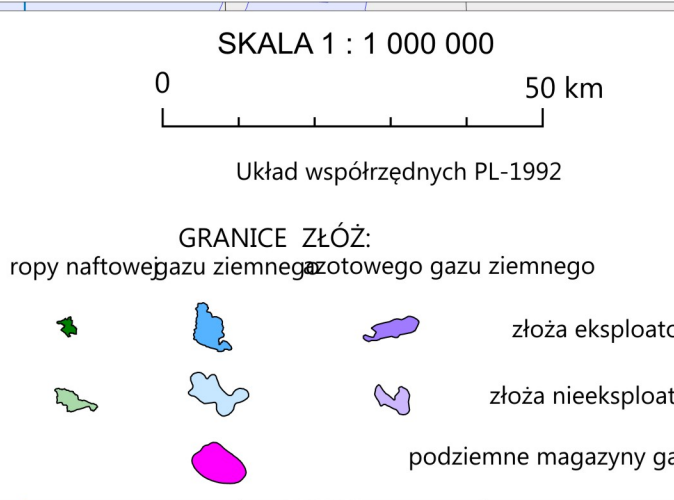
Przez południową część obszaru (na linii Nowa Wieś Lęborska–Łęczycze) przebiega nitka magistralnego gazociągu przesyłowego relacji Szczecin–Gdańsk. Jest to oddany do użytkowania w 2015 r. odcinek Słupsk–Wiczlino o średnicy 700 mm. Równoległe do niego przebiega mniejsza nitka doprowadzająca gaz do Lęborka. Elementem krajowej infrastruktury

↓ **Figura 1.1.** Położenie obszaru przetargowego „Żarnowiec” na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów, wg stanu na 31.07.2017 r.

↓ **Figura 1.2A.** Obszar przetargowy „Żarnowiec” wraz z lokalizacją archiwalnych i nowych otworów wiertniczych o głębokości powyżej 500 m.

↓ **Figura 1.2B.** Obszar przetargowy „Żarnowiec” wraz z lokalizacją archiwalnych i nowych otworów wiertniczych o głębokości powyżej 1500 m.

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



Magazyny			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjodawca
1	176/94	Mogilno II	PGNIG S.A.
2	33/99/m	Góra	Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu
3	16/2010/m	Strachocina	PGNIG S.A.
4	9/2011/m	Husów E	PGNIG S.A.
5	13/2008/m	Bonikowo	PGNIG S.A.
6	4/2013/m	Brzezica	PGNIG S.A.
7	9/2008/m	Daszewo	PGNIG S.A.
8	19/2001/m	Kosakowo	PGNIG S.A.
9	190/94	Swarżowice	PGNIG S.A.
10	11/95	Wierzbowice	PGNIG S.A.
11	2/2012/m	Henrykowice - E	Zakład Projektowania i Usług Technicznych - ATM Brzozowscy Spółka Jawna

Składowiska			
L.P.	Nr koncesji	Nazwa	Koncesjodawca
1	12/2003/s	Borzęcin	PGNIG S.A.
2	23/99/s	Husów - Albisowa Krasne	PGNIG S.A.
3	3/2002/s	Świdnik	PGNIG S.A.

Koncesje eksploatacyjne:

- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- Gazowe koncesje eksploatacyjne PGNIG S.A.
- LOTOS Petrobaltic S.A.
- Zakład Odmietania Kopalni Sp. z o.o. (ZOK)
- Baltic Gas Sp. z o.o. i wspólnicy Sp. komandytowa
- B8 Sp. z o.o. Baltic S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.

Koncesje poszukiwawcze:

- PGNIG S.A.
- Grupa LOTOS Petrobaltic S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.
- Blue Gas N'R'G 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.

Obszary przetargowe - Runda 2

Obszary przetargowe - Runda 3

Nazwa obszaru
10.10.2016

Nazwa obszaru
zakonczony

Obszary, dla których postępowanie przetargowe zostało zakończone bez udzielenia koncesji. Pakiety danych geologicznych dostępne na stronie BIP MS.

Legenda:

- Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładów węgla kamiennego
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 46 ustawy Prawo geologiczne i górnicze
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy Prawo geologiczne i górnicze

Opis:

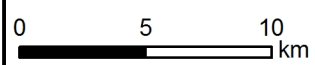
Data publikacji zaproszenia do składania ofert w przetargu na udzielenie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz na wydobywanie węglowodorów ze złóż. Szczegóły dostępne na stronie BIP MS.

Opracowali: R. Bońda, D. Siekiera, M. Szulc

© Copyright by PGI (2017)

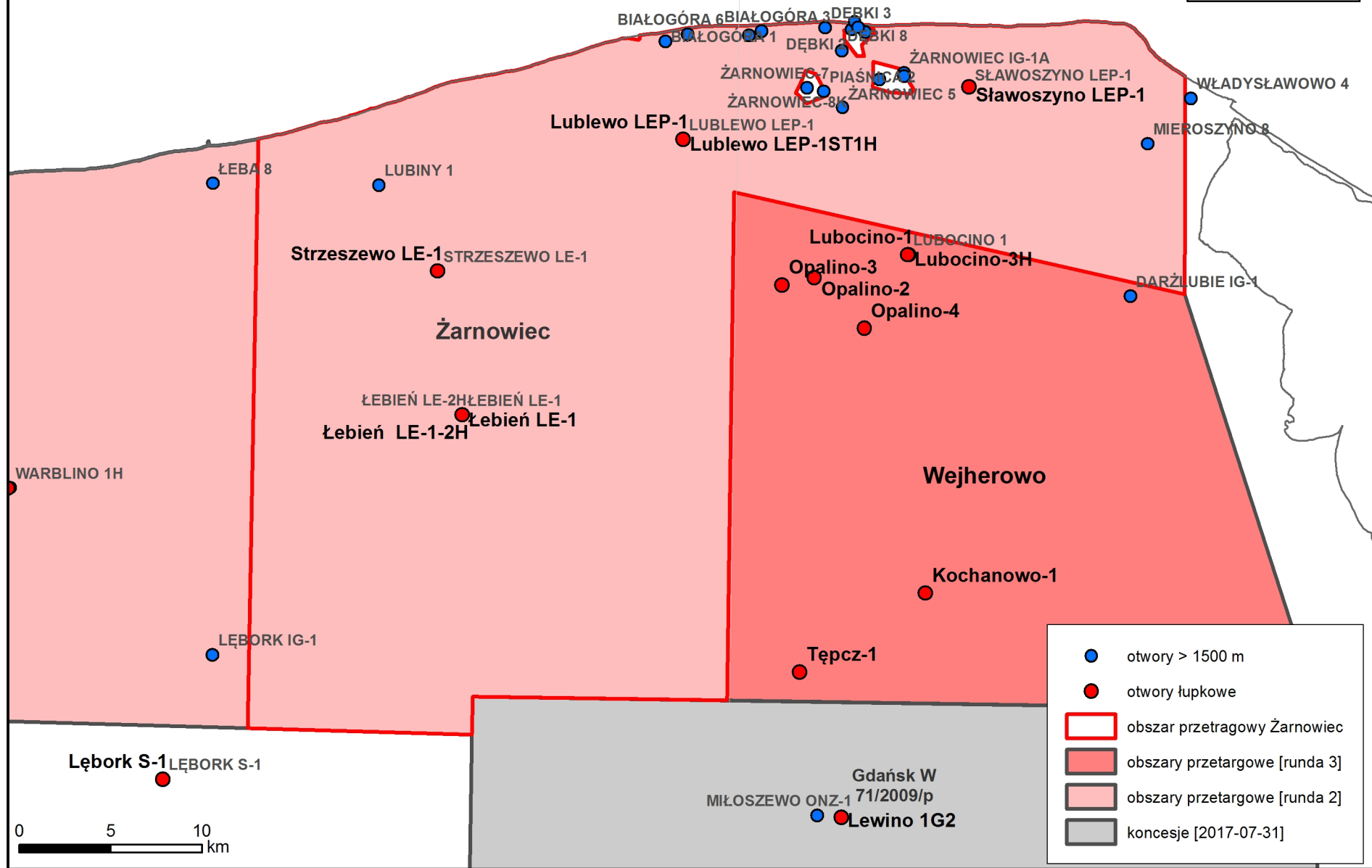
WARSZAWA - 31-07-2017

18°0'0"E



18°0'0"E

obszar
Żarnowiec



18°0'0"E

techniczno-inżynierskiej są również linie elektroenergetyczne najwyższych napięć (400 kV) – jedna z nich przecina centralną część obszaru, a następnie, w rejonie wschodniej części Jeziora Żarnowieckiego, łączy się z dwoma innymi liniami. Punktem zbieżnym jest zlokalizowana w Czymanowie elektrownia wodna – największa w Polsce elektrownia szczytowo-pompowa (o mocy zainstalowanej 716 MW), która wykorzystuje do swojej pracy spiętrzone wody jeziora Żarnowieckiego (zbiornik dolny) oraz sztucznie magazynowane w zbiorniku górnym (o powierzchni 122 ha i pojemności 13 mln m³) powstałym na pobliskim płaskowyżu. Pierwotnie elektrownia miała spełniać rolę akumulatora energii dla budowanej w latach 1982–1990 w pobliskim Kartoszynie Elektrowni Jądrowej Żarnowiec. Projektowana elektrownia miała składać się z czterech bloków energetycznych o łącznej mocy ok. 1 600 MW i zajmować obszar 70 ha. Uruchomienie pierwszego bloku (o mocy zainstalowanej 465 MW) planowano na rok 1989, zaś drugiego na 1990, jednakże ostatecznie, po wybuchu w Czarnobylu i zmianie warunków ekonomicznych w kraju po 1989 r., z realizacji inwestycji zrezygnowano. W 2011 r. natomiast leżący na południe od Kartoszyna Żarnowiec został wytypowany przez PGE (równolegle z dwiema innymi miejscowościami: Gąski i Choczewo), jako potencjalne miejsce lokalizacji pierwszej polskiej elektrowni atomowej.

Sieć hydrograficzną obszaru Żarnowiec tworzą jeziora (w tym wymienione już wcześniej Sarbsko i Żarnowieckie, a także mniejsze: Lubowidzkie, Dąbrze, Czarne, Salino czy też Choczewskie) oraz rzeki (m.in. Łeba, Bychowska Struga), potoki i gęsta sieć kanałów. Zarówno dolina Łeby (rozciągająca się w południowej części terenu oraz wzdłuż jego zachodniej granicy), jak również tereny znajdujące się w sąsiedztwie i na północ od jeziora Sarbsko oraz na północny wschód od jeziora Żarnowieckiego klasyfikowane są, jako obszary zagrożone podtopieniami.

Część terenów położonych w granicach obszaru przetargowego podlega ochronie prawnej realizowanej na mocy przepisów ustawy o ochronie przyrody. Wśród obszarowych form chronionych na opisywanym terenie zinventaryzowano m.in. 19 rezerwatów przyrody, które jednak zajmują względnie niewielkie powierzchnie (ok. 2%) w stosunku do całkowitej powierzchni obszaru Żarnowiec. Podobnie jest w przypadku Nadmorskiego Parku Krajobrazowego, który obejmuje swoim zasięgiem wąski pas łąd wzdłuż wybrzeża Bałtyku na odcinku od Władysławowa do Białogóry. Nieco większe powierzchnie (łącznie około 13% powierzchni obszaru Żarnowiec) zajmują obszary sieci Natura 2000: w granicach opisywanego terenu znajduje się (w całości lub częściowo) 10 specjalnych obszarów ochrony (SOO) wyznaczonych w ramach tzw. „Dyrektywy Siedliskowej” oraz 3 obszary specjalnej ochrony (OSO) utworzone w oparciu o tzw. „Dyrektywę Ptasią”. Blisko 35% powierzchni obszaru przetargowego zajmują tereny w randze obszarów chronionego krajobrazu. Jest ich 6, a największy z nich, Nadmorski OchK, obejmuje swoim zasięgiem około 11% północnej części charakteryzowanego terenu.

Poza opisanymi powyżej formami chronionymi, za cenne przyrodniczo należy uznać zwarte areale gruntów ornych wysokich klas bonitacyjnych występujące przede wszystkim w centralnej części obszaru oraz rozciągające się na zachód i na wschód od jeziora Żarnowieckiego. Poza nimi, w dolinie Łeby na zachód od Lęborka oraz w północnej części terenu (na północ i północny wschód od jeziora Żarnowieckiego) wyraźnie zaznaczają się też łąki wykształcone na glebach pochodzenia

organicznego. W strukturze zagospodarowania terenu uwagę zwracają także kompleksy leśne – stanowią one część opisanych powyżej obszarów prawnie chronionych a niektóre – na mocy rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 25 sierpnia 1992 r. (Dz. U. z 1992 r., Nr 67, poz. 337) – posiadają status lasów ochronnych. Zlokalizowane są one m.in. wokół jeziora Dąbrze oraz na zachód od jeziora Salińskiego, a także w północnej części obszaru.

W aspekcie uwarunkowań środowiskowych mogących potencjalnie ograniczać warunki poszukiwania i rozpoznawania złóż węglowodorów w granicach obszaru Żarnowiec należy zwrócić również uwagę na czynniki hydrogeologiczne związane z występowaniem głównych zbiorników wód podziemnych. Są to zbiorniki czwartorzędowe. Pierwszy z nich – zbiornik nr 107 (Pradolina rzeki Łeba) – zlokalizowany jest w południowej części terenu oraz wzdłuż jego zachodniej granicy, drugi zaś (zbiornik nr 108: Zbiornik międzymorenowy Salino) w części centralnej, najmniejszy natomiast (zbiornik nr 109: Dolina kopalna Żarnowiec) znajduje się w rejonie miejscowości Kartoszyń (południowo – wschodni brzeg jeziora Żarnowieckiego). Na charakteryzowanym obszarze zinventaryzowano 62 ujęcia wód podziemnych (w tym 42 komunalne i 20 przemysłowych). Zdecydowana większość z nich czerpie wodę z utworów czwartorzędowych.

Omawiany obszar jest również miejscem prowadzenia działalności wydobywczej i przetwórczej. Z informacji zawartych w bazie MIDAS wynika, że na obszarze Żarnowiec znajduje się 77 udokumentowanych złóż kopalin, w tym: 54 złoża kruszywa naturalnego (Brzeźno Lęborskie, Brzeźno Lęborskie I, Brzeźno Lęborskie II, Brzeźno Lęborskie III, Brzeźno Lęborskie IV, Brzeźno Lęborskie V, Brzeźno Lęborskie VI, Parszczyce, Parszczyce II, Parszczyce III, Parszczyce IV, Parszczyce V, Parszczyce VI, Parszczyce VII, Rozłazino I, Rozłazino II, Rozłazino III, Rozłazino IV, Rozłazino V, Rozłazino VI, Rozłazino VII, Mieroszyno, Mieroszyno I, Nadole, Gnieźdźewo, Gnieźdźewo I, Gnieźdźewo II, Redystowo II, Lębork IX, Lębork X, Pogorzelić II, Pogorzelić III, Pogorzelić IV, Pogorzelić V, Bożepole Małe, Żelazno, Minkowice, Godętowo, Godętowo I, Godętowo II, Ulinia, Sulicice, Rozłazino-Jeżewo, Kębłowo Nowowiejskie, Kębłowo, Kębłowo Nowowiejskie I, Kębłowo Nowowiejskie II, Kębłowo Nowowiejskie III, Strzelęcino, Strzelęcino I, Łebień, Łebieniec, Łebieniec II, Chocielewko), z czego eksploatowanych w roku 2015 było 15 złóż, 10 złóż surowców ilastych ceramiki budowlanej (Nowa Wieś Lęborska, Nowa Wieś Lęborska II, Lębork, Lębork V, Lębork VI, Lębork VII, Werblinia, Starzyno – Werblinia, Lędziechowo, Kębłowo Nowowiejskie II) – eksploatowane były 2, oraz 3 eksploatowane złoża ropy naftowej: Żarnowiec, Żarnowiec – W i Dębki i 1 złożo ropy naftowej z zaniechaną eksploatacją (Białogóra – E). Pozostałe niżej wymienione złoża nie były eksploatowane w 2015 roku: 3 złoża kredy (Perlino, Roszczyce i Roszczyce II), 3 złoża soli potasowych (Zdrada, Chłapowo, Mieroszyno), 2 złoża torfów (Cecenowo i Perlino), 2 złoża soli kamiennych (Łeba, Zatoka Pucka) oraz po 1 złożo: piasków formierskich (Strzelno) i kamieni drogowych i budowlanych (Czechy – Domatowo). W granicach charakteryzowanego terenu zlokalizowane są także obszary prognostyczne i perspektywiczne wystapień torfów, kredy jeziornej i gytii oraz piasków i piasków i żwirów.

Powyższe dane zostały przedstawione w formie tabelarycznej oraz graficznej w tabeli nr 1.1 i na Figurach 1.3A, B.

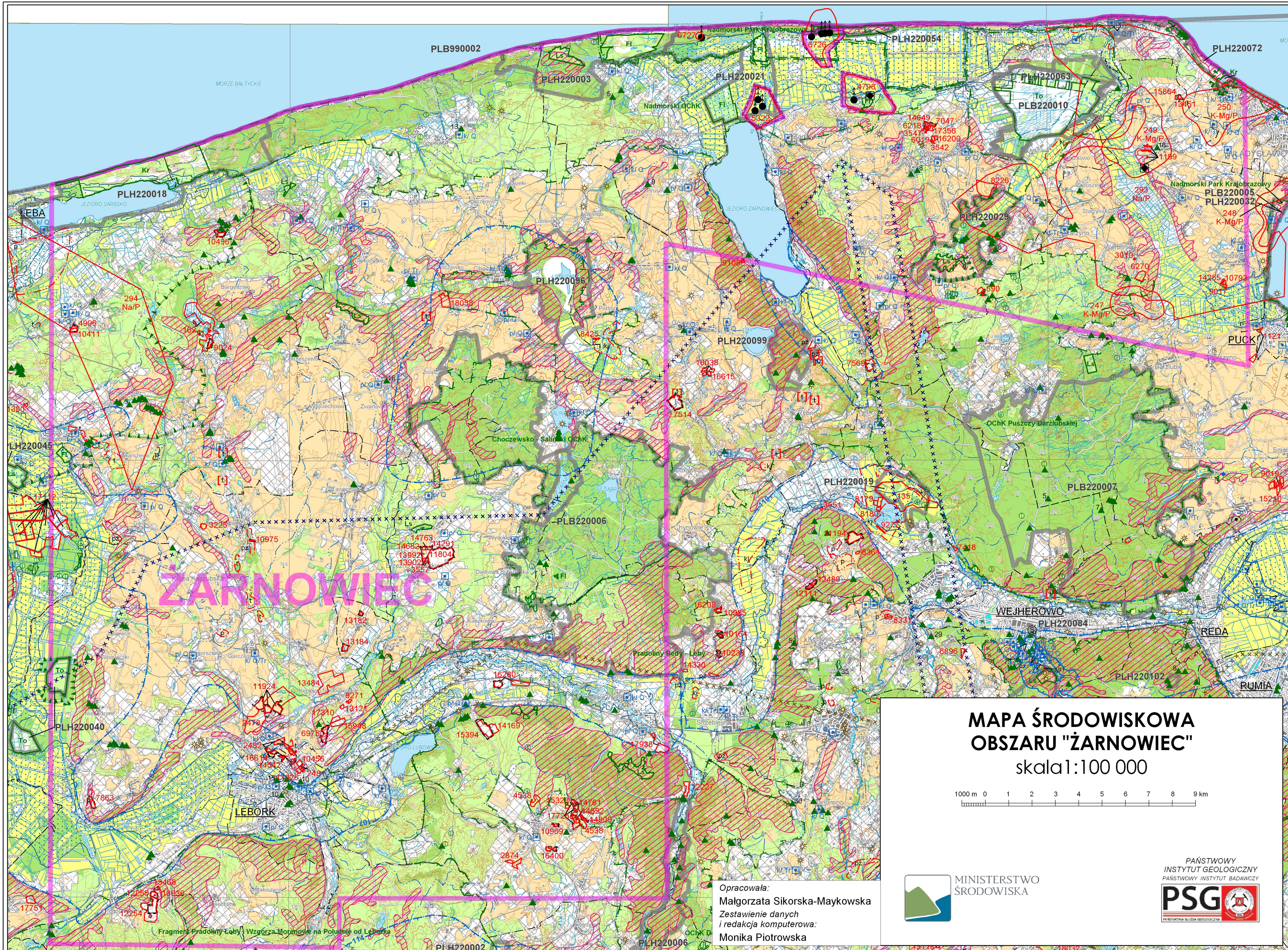
KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO ŻARNOWIEC					
1.	LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000	Łeba 3, Choczewo 4, Sławoszyno 5, Puck 6, Lębork 12, Łęczyce 13, Czarna Dąbrówka 23, Sierakowice 24, Sławoszyno N 1070, Puck N 1071		
2.	POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE	województwo	pomorskie		
		powiat	łęborski		
		gmina (% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)	Nowa Wieś Lęborska (20,22%), Łeba (0,35%), Lębork (1,49%), Cewice (1,28%), Wicko (12,29%)		
		powiat	pucki		
		gmina	Puck m. (0,01%), Puck (7,31%), Władysławowo (2,40%), Krokowa (15,38%)		
		powiat	śląpski		
		gmina	Potęgowo (0,02%), Główny (0,35%)		
		powiat	wejherowski		
		gmina	Linia (0,00%), Gniewino (7,70%), Choczewo (15,30%), Łęczyce (15,91%)		
3.	REGIONALIZACJA FIZYCZNO–GEOGRAFICZNA (wg J. KONDRACKIEGO, 2013)	makroregion	Pobrzeże Koszalińskie (313.4)		
		mezoregion	Wybrzeże Słowińskie (313.41), Wysoczyzna Żarnowiecka (313.45), Pradolina Łeby i Redy (313.46)		
		makroregion	Pobrzeże Gdańskie (313.5)		
		mezoregion	Pobrzeże Kaszubskie (313.51)		
		makroregion	Pojezierze Wschodniopomorskie (314.5)		
		mezoregion	Pojezierze Kaszubskie (314.51)		
4.	WSPÓŁRZEDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO	układ PL-1992 [X; Y] Zewnętrzne granice obszaru przetargowego „Żarnowiec” (granica obszaru między pierwszym a ostatnim punktem wiedzy wzdłuż linii brzegowej Morza Bałtyckiego)	771 897,163		460 194,757
			759 982,460		460 170,684
			765 579,520		435 528,730
			737 770,930		435 133,010
			737 990,190		421 224,490
			735 907,849		421 189,091
			736 256,303		408 926,764
			768 487,609		409 502,868
		Obszar górniczy Żarnowiec W	772 231,869		439 423,094
			772 033,569		440 000,362
			770 857,642		440 606,955
			770 407,936		439 504,452
			771 004,544		438 913,457
			771 752,398		439 266,554
		Obszar górniczy Dębki	774 424,370		441 529,927
			774 381,370		442 018,821
			774 551,655		442 172,850
			774 539,401		443 143,538
			774 283,041		443 194,829
			773 624,839		442 507,104
			773 019,030		442 639,323
			773 019,180		442 259,578
			773 899,015		441 574,908
		Obszar górniczy Żarnowiec	772 703,050		443 152,560
			772 306,980		444 687,690
			771 183,320		445 342,350
			770 953,680		445 204,070
			771 028,960		444 069,600
			771 317,360		443 120,540
		5.	POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO	[km ²]	1 196,31
6.	CEL KONCESJI	poszukiwanie niekonwencjonalnych i konwencjonalnych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego			
7.	WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ	kambr, ordowik, sylur, perm			

Tabela 1.1. Karta uwarunkowań środowiskowych dla obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO ŻARNOWIEC			
8.	PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:		
	parki narodowe		otulina Słowińskiego PN (6%)
	rezerваты	[tak/ nie]	Przylądek Rozewski (<1%); Piaśnickie Łąki (<1%); Choczewskie Cisy (<1%); Białogóra (<1%); Mierzeja Sarbska (<1%); Długosz Królewski w Łęczynie (<1%); Nowe Wicko (<1%); Widowo (<1%); Źródlika Czarnej Wody (<1%) wraz z otuliną (<1%); Bielawa (1%); Dolina Chłapowska (<1%) wraz z otuliną (<1%); Babnica (<1%); Paraszyńskie Wąwozy (<1%); Długosz Królewski w Wierzchucinie (<1%); Wielistowskie Łęgi (<1%); Łębskie Bagno (<1%) wraz z otuliną (<1%); Borkowskie Wąwozy (<1%); Welistowskie Źródlika (<1%); Pużyckie Łęgi (<1%) wraz z otuliną
	parki krajobrazowe		Nadmorski PK (2%) wraz z otuliną
	strightobszary chronionego krajobrazu	jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Choczewsko – Saliński OChK (7%); OChK Puszczy Darżlubskiej (2%); OChK Fragment Pradoliny Łęby i Wzgórza Morenowe na Południe od Lęborka (6%); OChK Doliny Łęby (1%); Nadmorski OChK (11%); OChK Pradoliny Redy–Łęby (8%)
	Natura 2000 - SOO		PLH220096 Jeziora Choczewskie (1%); PLH220021 Piaśnickie Łąki (1%); PLH220003 Białogóra (1%); PLH220018 Mierzeja Sarbska (1%); PLH220029 Trzy Młyny (1%); PLH220006 Dolina Górnej Łęby (<1%); PLH220040 Łębskie Bagna (<1%); PLH220072 Kaszubskie Klify (<1%); PLH220063 Bielawa i Bory Bażynowe (1%); PLH220054 Widowo (<1%)
	Natura 2000 - OSO		PLB220006 Lasy Lęborskie (6%); PLB220010 Bielawskie Błota (1%); PLB990002 Przybrzeżne wody Bałtyku (<1%)
	zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		nie
	użytki ekologiczne		39 (w tym 6 o powierzchni >5 ha)
	pomniki przyrody	[tak (ilość)/ nie]	358
	stanowiska dokumentacyjne		1
9.	GLEBY CHRONIONE	[tak/ nie]	tak
10.	KOMPLEKSY LEŚNE	[tak/ nie]	tak
11.	LASY OCHRONNE	[tak (powierzchnia, % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)/ nie]	177,24 km ² (14,8%)
12.	OBIEKTY DZIEDZICTWA KULTUROWEGO	[tak (ilość)/ nie]	tak
		grodzisko	5
		osada	6
		cmentarzysko	18
13.	GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH	[tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	107 - Pradolina rzeki Łęba; Q; 108 - Zbiornik międzymorenowy Salino; Q; 109 - Dolina kopalna Żarnowiec; Q;
14.	STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY	[tak/ nie]	nie
15.	STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ	[tak/ nie]	nie
16.	TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI	[tak/ nie]	tak
17.	UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (piaski formierskie, kruszywa naturalne, kamienie drogowe i budowlane, surowce ilaste ceramiki budowlanej, ropa naftowa, sole potasowe, sole kamienne, kreda jeziorna, torfy)
18.	OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (kreda jeziorna i gytia, torfy, piaski i żwiry, piaski)
19.	SIECI PRZESYŁOWE GAZU	[tak/ nie]	tak
20.	PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU	[tak/ nie]	nie
21.	DATA WYPEŁNIENIA KARTY	31.10.2016 r.	
22.	ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH	Paulina Kostrz-Sikora, Monika Piotrowska	

Tabela 1.1. cd.

↓ **Figura 1.3A.** Mapa środowiskowa obszaru „Żarnowiec”.↓ **Figura 1.3B.** Objasnienia do mapy środowiskowej obszaru „Żarnowiec”.



MAPA ŚRODOWISKOWA OBSZARU "ŻARNOWIEC" skala 1:100 000

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



MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY



Opracowała:
Małgorzata Sikorska-Maykowska
Zestawienie danych
i redakcja komputerowa:
Monika Piotrowska

Fragm. Pradoliny Leby i Wzgórza Motenowe na Południe od Leborka

OBJAŚNIENIA DO MAPY ŚRODOWISKOWEJ
OBSZARU "ŻARNOWIEC"
(opracowano na podstawie bazy MGŚP z zasobów PIG-PIB)

ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

- 10164 identyfikator złoża z bazy MIDAS
- granica złoża
- granica obszaru prognostycznego
- granica obszaru perspektywicznego
- [t] obszar prognostyczny o powierzchni ≤ 5 ha (t - rodzaj kopaliny)

GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

- granica obszaru górniczego
- granica terenu górniczego
- ↑
● szyb eksploatacyjny ropy naftowej
- Symbol kopaliny:
Na - sole kamienne
K-Mg - sole potasowo-magnezowe
kj - kreda jeziorna i gytia
i(ir) - ily i łupki ilaste o różnym zastosowaniu
g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu
pz - piaski i żwiry
p - piaski
t - torfy
- Symbol jednostki stratygraficznej:
Q - czwartorzęd
Tr - trzeciorzęd
P - perm

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

- drugiego rzędu
- trzeciego rzędu
- czwartego rzędu
- źródło
- k/ Q ujęcie wód podziemnych (k - komunalne, p - przemysłowe, Q - wiek ujmowanych utworów)
- 115 — granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem
- granica strefy ochrony pośredniej ujęcia wód
- obszary dolinne zagrożone podtopieniami

WARUNKI PODŁOŻA BUDOWLANEGO

- warunki korzystne
- warunki niekorzystne, utrudniające budownictwo
- obszary predysponowane do występowania ruchów masowych
- obszary niewaloryzowane

OCHRONA PRZYRODY, KRAJOBRAZU I DZIEDZICTWA KULTUROWEGO

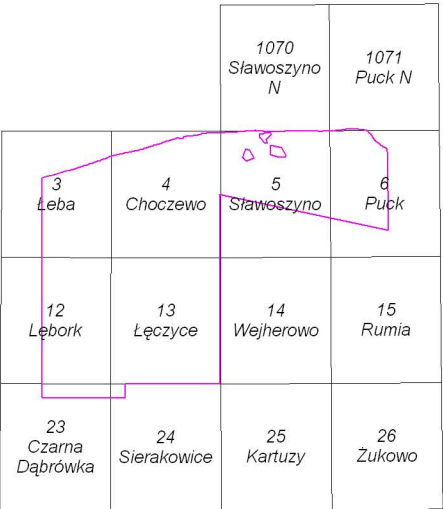
- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego
- lasy
- lasy ochronne
- granica strefy ochronnej (otuliny) parku narodowego
- granica parku krajobrazowego
- granica obszaru chronionego krajobrazu
- granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego
- granica rezerwatu przyrody
(Fl - florystyczny, Kr - krajobrazowy, Ls - leśny, To - torfowiskowy, Wo - wodny)
- Obszary Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000, kod obszaru
- ☀️ zabytek archeologiczny
- ▲ⁿ pomnik przyrody żywej (n - liczba obiektów)
- stanowisko dokumentacyjne
- użytk ekologiczny o powierzchni > 5 ha
- użytk ekologiczny o powierzchni ≤ 5 ha (n - liczba obiektów)

INFORMACJE DODATKOWE

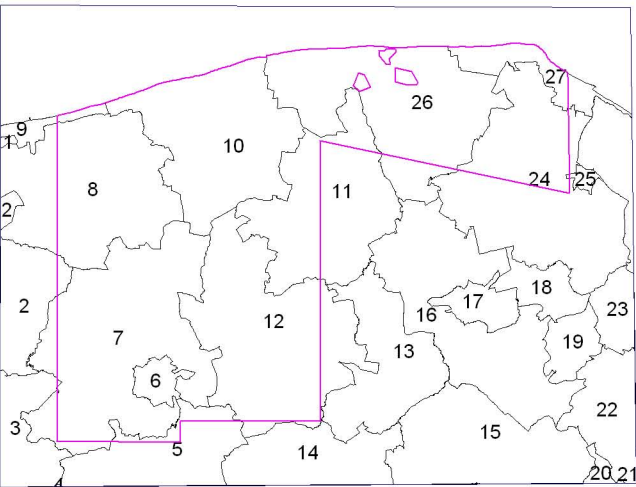
- granica powiatu
- granica gminy, miasta
- granica obszaru przetargowego
- sieć gazociągów
- sieć energetyczna
- siedziba urzędu gminy, miasta

SŁUPSK

Położenie obszaru przetargowego
na arkuszach 1:50 000



Położenie obszaru przetargowego
na tle podziału administracyjnego



- woj. POMORSKIE
powiat słupski
1 - gm. Smoldzino
2 - gm. Główny
3 - gm. Potęgowa
powiat bytowski
4 - gm. Czarna Dąbrówka
powiat lęborski
5 - gm. Cewice
6 - m. Lębork
7 - gm. Nowa Wieś Lęborska
8 - gm. Wiko
9 - m. Łeba
powiat wejherowski
10 - gm. Choczewo
11 - gm. Gniewino
12 - gm. Łęczyce
13 - gm. Luzino
14 - gm. Linia
- 15 - gm. Szemud
16 - gm. Wejherowo
17 - m. Wejherowo
18 - m. Reda
19 - m. Rumia
powiat kartuski
20 - gm. Żukowo
powiat Gdańsk
21 - m. Gdańsk
powiat Gdynia
22 - m. Gdynia
powiat pucki
23 - gm. Kosakowo
24 - gm. Puck
25 - m. Puck
26 - gm. Krokowa
27 - gm. Władysławowo

2. OPIS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

KAMBR

2.1. KAMBR, ORDOVIK, SYLUR

2.1.1. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA UTWORÓW NIŻSZEGO PALEOZOIKU

Obszar „Żarnowiec” położony jest w zachodniej części kratonu wschodnioeuropejskiego, w obrębie jednostki geologicznej zwanej obniżeniem bałtyckim (syneklizą perybałtycką), na obszarze wyniesienia Łeży, w obszarze lądowym. Utwory niższego paleozoiku występujące obecnie na obszarze Żarnowca stanowią część rozległej pokrywy osadowej, utworzonej w bałtyckiej części wczesnopaleozoicznego basenu bałtycko-podlasko-lubelskiego rozciągającego się wzdłuż południowo-zachodniej krawędzi paleokontynentu Baltiki w niskich szerokościach geograficznych południowych.

Podłoże krystaliczne kratonu wschodnioeuropejskiego znajduje się tu na głębokości od około 3000 m na wschodzie obszaru (w otworze Żarnowiec IG 1 – na głębokości 3236,5 m); jego strop zapada stopniowo ku południowemu-zachodowi, aby w okolicach Słupska, kilkadziesiąt km na zachód od zachodniej granicy obszaru osiągnąć głębokość ponad 5000 metrów. Pokrywę osadową tworzą, leżące płasko lub lekko zapadające ku SW kompleksy skalne od ediakaru po czwartorzęd. W obrębie wyróżnionych kompleksów stratygraficznych występują liczne przerwy sedimentacyjne i erozyjne o różnym zasięgu. W kierunku zachodnim utwory proterozoiku i dolnego paleozoiku basenu bałtyckiego kontaktują wzdłuż uskoku strefy tektonicznej Teisseyre’a-Tornquista (TTZ) ze zdeformowanymi tektonicznie osadami tzw. strefy szwu transeuropejskiego (TESZ) i platformy paleozoicznej (Fig. 2.1).

Pokrywę osadową na obszarze „Żarnowiec” (np. otwory Białogóra 1, Żarnowiec IG 1) rozpoczynają nierozdzielone biostratygraficznie utwory ediakaru i kambru dolnego, leżące z niezgodnością erozyjną na skałach krystalicznych i metamorficznych paleoproterozoiku lub mezoproterozoiku (Fig. 2.2). Kambr dolny, odpowiadający globalnym jednostkom: terenowowi i ~oddziałowi 2 i kambr środkowy, odpowiadający ~oddziałowi 3 (np. Paczeńska, 2007, 2008) został nawiercony tylko w obu wyżej wymienionych otworach. W pozostałych otworach wiertniczych np. w otworze Lublewo LEP-1, Sławoszyno LEP-1, Mieroszyno 8, Strzeszewo LE-1, Dębki 2 i Dębki 3 nawiercono tylko najwyższą część profilu środkowego kambru i głębienie otworu zostało zatrzymane. Występowanie furongu (kambru górnego), zostało udokumentowane między innymi w następujących otworach: Żarnowiec IG 1, Żarnowiec 5, Sławoszyno LEP-1, Białogóra 1, Białogóra 6, Dębki 3, Strzeszewo LE-1, Lublewo LEP-1 i Lublewo LEP-1ST1H.

Rozpoczynającym sukcesję osadową na obszarze Żarnowca gruboklastycznym, lądowym osadom formacji żarnowieckiej/ smółdzińskiej o niesprecyzowanym wieku z powodu braku dokumentacji biostratygraficznej (np. profil Żarnowiec IG 1, Białogóra 1), na podstawie korelacji litostratygraficznej z identycznie, litologicznie wykształconymi piaskowcami Nexö z Bornholmu, przypisuje się wiek późnoproterozoiczno-wczesnodolnokambryjski (Lendzion, 1983). Dolny kambr jest reprezentowany przez osady piaskowcowo-mułowcowe, z wyraźną przewagą piaskowców w dolnej części sekwencji. Środkowy kambr cechuje dominacja utworów mułowcowo-iliastych oraz heterolitów piaskowcowo-mułowcowo-iłowych w dolnej części sukcesji oraz obecność piaskowców w jej górnej części. W furongu deponowane były głównie skały

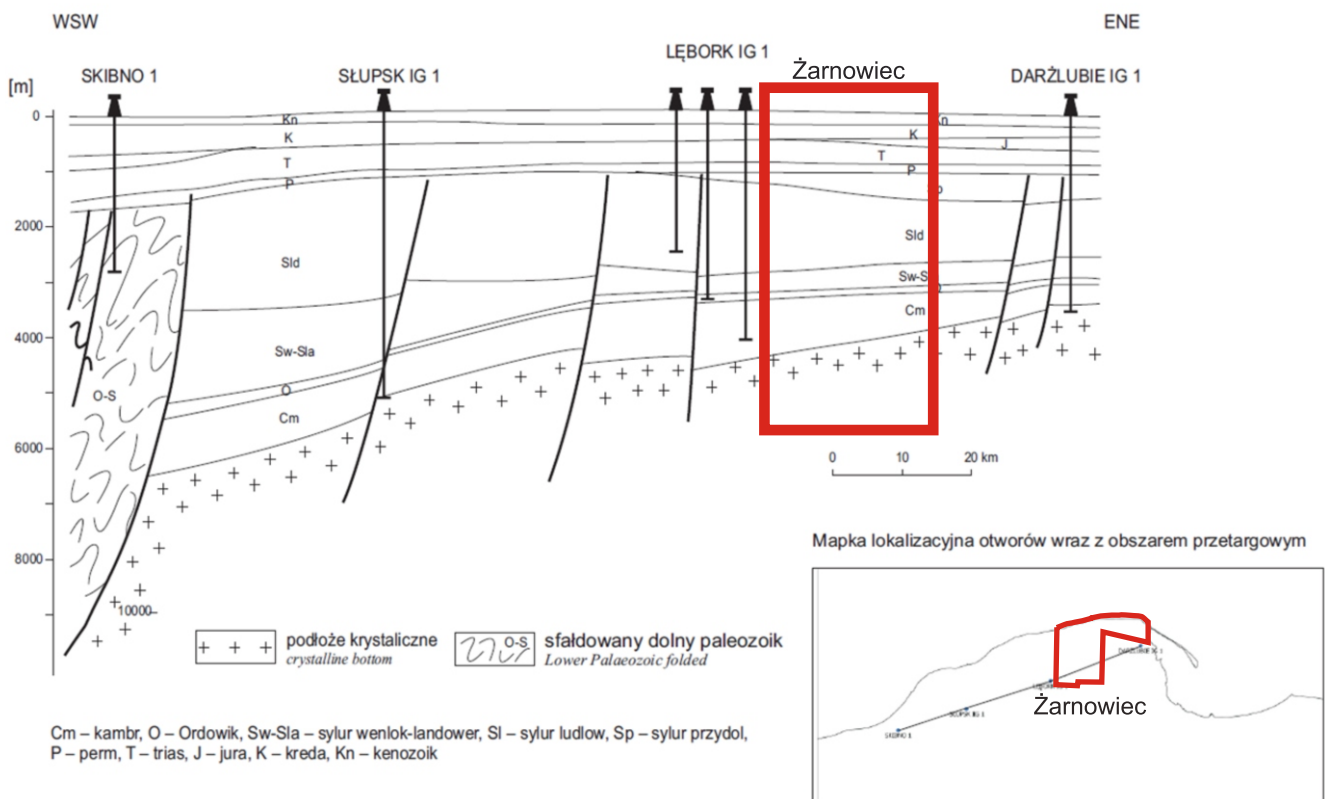


Figura 2.1. Schematyczny przekrój geologiczny Skibno-Darżlubie wraz z mapką lokalizacyjną (wg Modliński, 2007, uzupełnione)

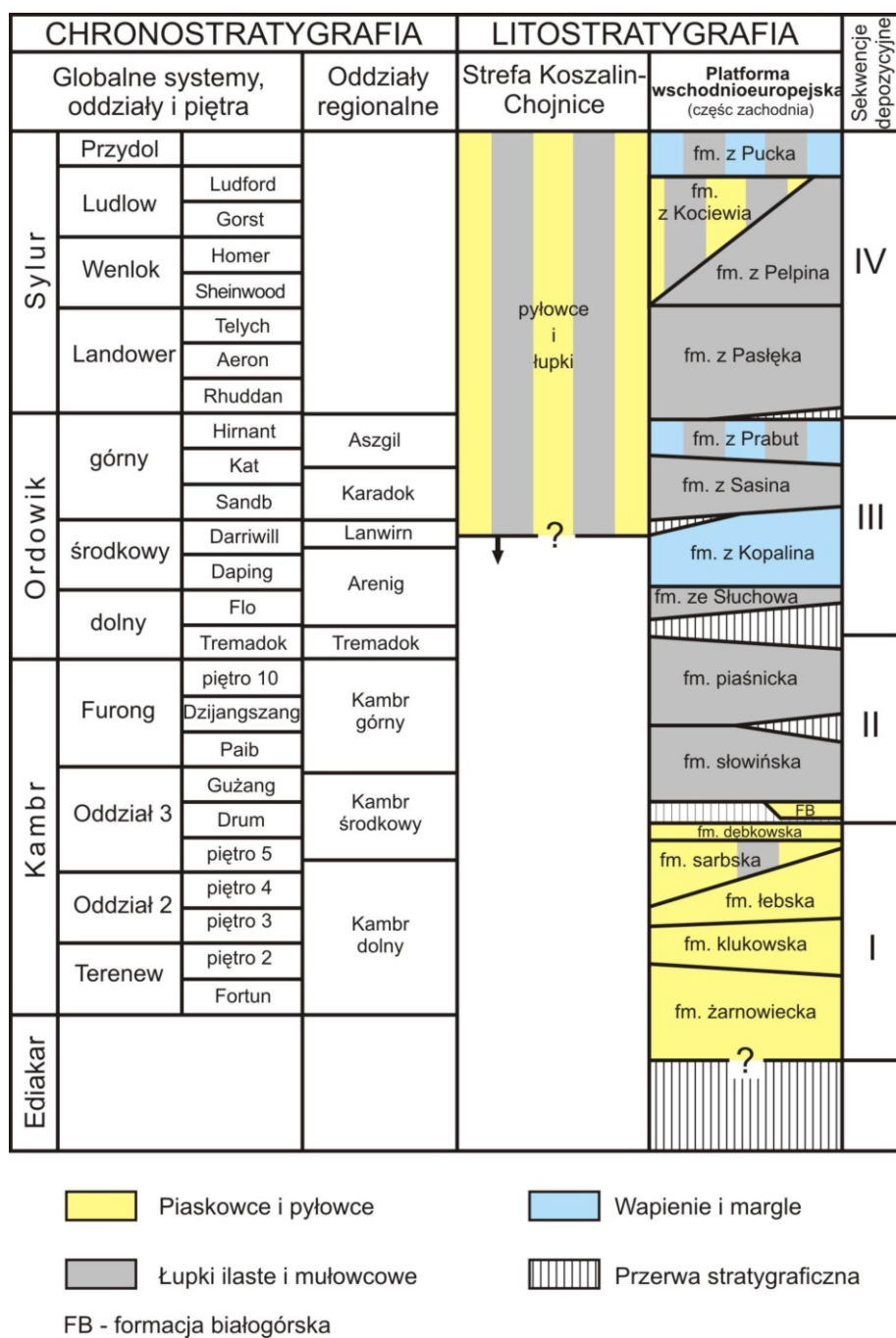


Figura 2.2. Stratygrafia kambru, ordowiku i syluru w rejonie zachodniej części obniżenia bałtyckiego i strefy Koszalin-Chojnice (Modliński i Podhalańska, 2010 zmienione; sukcesje depozycyjne wg Jaworowskiego, 2002).

węglanowe, wykształcone jako wapienie organodetrytyczne z licznymi fragmentami trylobitów oraz wapienie krystaliczne typu sparytów i mikrosparytów, zawierające miejscami nieregularne wtrącenia i przerosty czarnych ilowców bitumicznych (Szymański, 2008). Innym rodzajem skał są kalcyklastyki, w tym: piaskowce kwarcowe i kwarcowo-glaukonitowe ze spoiwem węglanowym oraz charakterystyczne, czarne ilowce i mułowce bitumiczne. Kompleks skał furongu zalega niezgodnie sedymentacyjnie na nierównej, rozmytej powierzchni stropowej piaskowców kambru środkowego i jest przykryty w stropie transgresywnymi zlepieńcami bazalnymi arenigu dolnego (pięter flo-daping).

W utworach kambru występują przewodnie stratygraficznie gatunki trylobitów, charakterystyczne dla obszaru Skandynawii, zarówno w klastykach dolnego i środkowego kambru, jak i w wapieniach furongu. W klastycznych utworach dolnego i środkowego kambru występują ramienionogi, hyolity i drobne skamieniałości skorupkowe.

Utwory dolnego i środkowego kambru reprezentują pierwszy, dolnopaleozoiczny cykl transgresywno-regresywny na całym obszarze basenu obniżenia bałtyckiego (Jaworowski, 1997). Rozpoczyna się on na omawianym obszarze sedymentacją kontynentalnych zlepieńców i piaskowców gruboklastycznych, przechodzących ku górze w piaskowce drobnopiaszczyste.

niste, przewarstwiające się z mułowcami z bardzo licznymi skamieniałościami śladowymi, wskazującymi na morską genezę osadów. Są to utwory sformalizowanej **formacji smółdzińskiej**, zwyczajowo nazywanej **formacją żarnowiecką**. Formacja smółdzińska/ żarnowiecka w części sukcesji reprezentowanej przez osady morskie, odpowiada dolno kambryjskiemu poziomowi *Platysolenites antiquissimus*. Zalegająca wyżej **formacja klukowska** obejmuje ekwiwalent poziomu *Schmidtellus mickwitzi* i składa się w dolnej części z heterolitów piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowych oraz w górnej części z piaskowców różnoziarnistych i drobnoziarnistych z otoczkami kwarcu, skaleni i ziarnami glaukonitu. Zamykająca dolnokambryjski profil lito- stratygraficzny **formacja łebska** reprezentuje poziomy *Holmia kjerulfi* i *Protolenus*. Jest to kompleks przewarstwiających się piaskowców, mułowców i iłowców, niekiedy z dużą ilością glaukonitu. Intensywnie rozwijająca się w dolnym kambrze transgresja morska osiąga maksimum w najwyższych częściach dolnokambryjskiego poziomu *Protolenus*. W terminalnej części dolnego kambru pojawiają się płytkowodne środowiska sedymentacji, które wskazują na rozpoczęcie się regresywnej fazy zbiornika, stopniowo rozwijającej się w środkowym kambrze (Paczeńska, 2012).

W środkowokambryjskim poziomie *Acadoparadoxides oelandicus* deponowane były utwory iłowcowe i mułowcowe, rzadko przewarstwiające się z piaskowcami. Reprezentują one **formację serbską**. Nadległa **formacja dębowska** obejmująca swoim zasięgiem poziom *Paradoxides paradoxissimus* jest reprezentowana przez piaskowce, przewarstwiające się z iłowcami i mułowcami oraz sporadycznie cienkimi wkładkami wapieni. Kolejna w sukcesji środkowokambryjskiej **formacja białogórska** występuje tylko w najbardziej północnej części obszaru. Są to piaskowce wapieniste z licznymi ziarnami glaukonitu i konkrecjami fosforytowymi. Formacja białogórska reprezentuje poziom *Paradoxides forchhammeri* i wraz z utworami furongu (górnego kambru) i tremadoku reprezentuje drugi cykl transgresywno-regresywny (Jaworowski, 1997). Utwory furongu są reprezentowane przez wapienie bitumiczne oraz wapienie organodetrytyczne, zawierające fragmenty trylobitów i ramienionogów. Wspomniane utwory reprezentują **formację słowińską**. Sukcesję kambru zamyka **formacja piasznicka**, którą budują charakterystyczne, czarne iłowce bitumiczne o bardzo wysokiej zawartości substancji organicznej, osadzone w głębszych częściach źle napowietrzanego zbiornika, w warunkach redukcyjnych.

Kambryjski basen obszaru Żarnowiec stanowił niewielki fragment rozległej jednostki strukturalnej – obniżenia bałtyckiego, znajdując się w zachodniej części tej jednostki strukturalnej. Oś basenu zachodniej części obniżenia bałtyckiego ma kierunek NE–SW i zgodnie z nim na całym obszarze obniżenia bałtyckiego miąższość utworów kambru wzrasta ku krawędzowej strefie kratonu wschodnioeuropejskiego, osiągając maksymalnie wraz z nierozdzieloną formacją żarnowiecką 719 m. Maksymalna miąższość utworów kambru udokumentowanego biostratygraficznie wynosi 602 m. Na obszarze Żarnowiec, przewiercono całkowitą miąższość utworów kambru tylko w otworze wiertniczym Żarnowiec IG 1, w którym profil kambru osiąga miąższość 515,2 m. Strop utworów kambryjskich zalega na głębokości od ok. 2680,0 do ok. 3400,0 m i zapada w kierunku południowym i południowo-zachodnim.

Na obecny plan strukturalno-tektoniczny położonego w zachodniej części obniżenia bałtyckiego obszaru Żarnowiec złożyły się efekty trzech etapów deformacji tektonicznych: synkaledońskich po sylurze, synwaryscyjskich przed permem i synalpejskich we wczesnym mezozoiku i późnym kenozoiku (Dadlez, 1993). W wyniku tych procesów część zachodnia i

centralna obniżenia bałtyckiego oraz bezpośrednio przylegające do niej obszary morskie, dzielą się na kilka bloków tektonicznych. Są to bloki: A – Słupska, B – Łeby, C – Gdańska, Żarnowca i Rozewia oraz blok D-Kurlandii, oddzielone od siebie strefami dyslokacyjnymi (Fig. 2.3). Obszar Żarnowiec znajduje się w najbardziej zachodniej części struktury blokowej C – (Żarnowiec, Rozewie, Gdańsk) i jest ograniczony od zachodu i południowego zachodu uskokiem Białogóry, od północu uskokiem Łeby. Utwory kambru na tej strukturze uległy pogrążeniu w sylurze i ponownemu wyniesieniu na przełomie dewonu i karbonu.

ORDOWIK

Utwory ordowiku na obszarze Żarnowiec stanowią część rozległej pokrywy osadowej, utworzonej w zachodniej części obniżenia bałtyckiego na wyniesieniu Łeby. Basen bałtycki w ordowiku charakteryzował się słabym, prawie płaskim reliefem i lekkim nachyleniem ku południowemu zachodowi oraz niewielką subsydencją, o czym świadczy niewielka miąższość ordowiku od kilkudziesięciu do maksymalnie 100 m. Ordowik basenu bałtyckiego wykształcony w formie różnorodnych litofacji: klastycznych i węglanowych, charakteryzuje się pasowym ich ułożeniem – od facji otwartego morza na zachodzie przez środowiska nerytyczne do przybrzeżnych na wschodzie (Jaanusson, 1976; Modliński, 1982; Modliński i in. 2006). Utwory ordowiku wykształcone głównie w litofacji węglanowej i marglistej, w spagu i w stropie – piaszczystej. Jedynie w karadoku (sandb, niższy kat) dominują utwory drobnoklastyczne. Jest to wykształcenie charakterystyczne dla strefy skańskiej, najdalej na zachód położonej części paleobasenu bałtyckiego (Jaanusson, 1976). Strefa ta („konfacja” wg Jaanussona (1976) zajmowała brzeżny obszar kratonu wschodnioeuropejskiego, który podlegał ruchom obniżającym, były to wewnętrzne partie basenu, do którego dostawa materiału osadowego była utrudniona. Ze względu na specyfikę zapisu litofacjalnego oraz paleontologicznego obszar basenu bałtyckiego można podzielić na dwie części: zachodnią, głębszą i wschodnią płytszą z przewagą osadów węglanowych. Granica między nimi w odcinku bałtyckim przebiega na linii dolnego biegu Wisły (Modliński i Szymański, 1997). W takim ujęciu osady ordowiku w obszarze Żarnowiec powstały w zachodniej części basenu, odpowiadającej tzw. skańskiej strefie facjalnej (Fig. 2.4). Strefa ta charakteryzuje się największym udziałem skał ilastych.

Wykształcenie ordowiku bałtyckiej części basenu rozpoznano w profilach kilkudziesięciu otworów wiertniczych. Jednym z nich jest odwiercony na analizowanym obszarze w 1976 r. profil Żarnowiec IG 1. Dokumentacja utworów ordowiku w otworze Żarnowiec IG 1 przedstawiona jest w serii wydawniczej: Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 32 (1976) – Żarnowiec IG 1 (Witkowski, 1976).

Utwory ordowiku na obszarze Żarnowiec występują na utworach kambru górnego lub jego części. Ze względu na erozję brak jest tu utworów tremadoku. Profil ordowiku rozpoczyna się utworami arenigu (piętra globalne flo - daping) wykształconymi jako skały drobnoklastyczne: piaskowce i iłowce z glaukonitem ze zlepieńcem podstawowym w spagu oraz wyżej ciemne **iłowce formacji ze Słuchowa** wzbogacone w materię organiczną. Utwory te odpowiadają dolnym łupkom didymograptusowym Skanii (Toyen Shale).

Powyżej występuje kompleks węglanowy **formacji z Kopalina** obejmujący utwory darriwilu (lanwirnu). Są to wapienie margliste i organodetrytyczne z licznymi klastami fauny bentosowej deponowane w głębszej części rampy w zasięgu

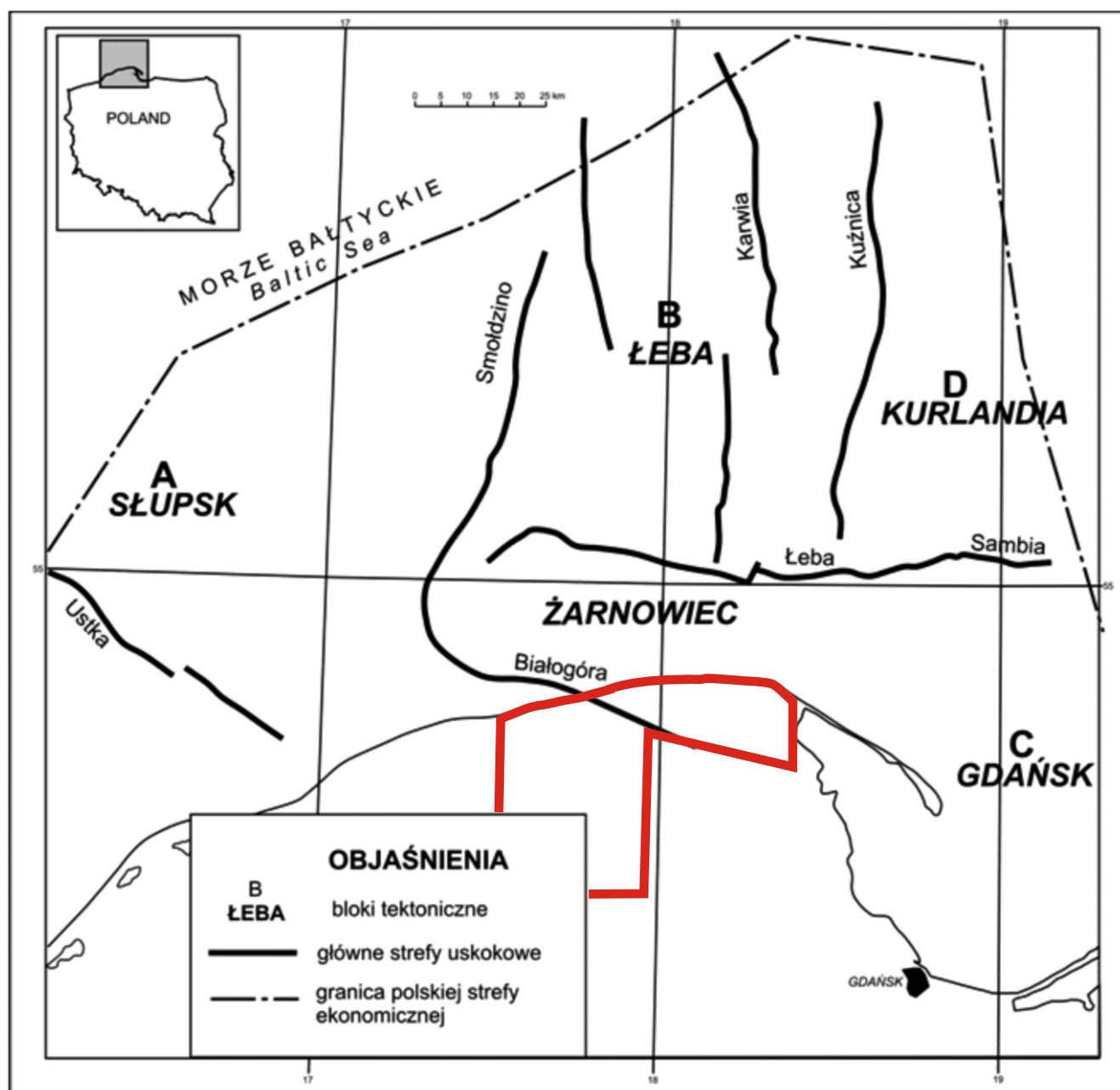


Figura 2.3. Schematyczna mapa, pokazująca główne bloki tektoniczne zachodniej części obniżenia bałtyckiego wraz z pozycją obszaru przetargowego (wg Dadleza, 1993).

sztormowej podstawy falowania (Modliński i Podhalańska, 2010). Miąższość formacji wynosi średnio kilkanaście metrów.

Jednostka ta kontaktuje z wyżej leżącą **formacją iłowców z Sasina** obejmującą karadok (Fig. 2.5, Fig. 2.6), rozpoczynającą się cienką warstwą transgresywnego zlepieńca z ooidami żelazistymi. Są to iłowce i mułowce, często łupki czarne i czarnoszare, z licznym pirytem, miejscami węglanowe, silnie wzbogacone w substancję organiczną, reprezentujące osad wysokiego stanu morza w obrębie cyklu transgresywno-regresywnego (Fig. 2.6). W obrębie formacji z Sasina występują laminy tufitów i bentonitów do 2 cm miąższości. Formacja z Sasina obejmuje osady karadoku (sandbu i dolnego katu) akumulowane w dystalnej części szelfu w zasięgu sztormowej podstawy falowania. Jej miąższość w profilu Żarnowiec IG 1 wynosi według rdzenia 32,2 m. Średnia miąższość na całym obszarze wynosi około 30 m. Ekwiwalentem tych utworów są łupki dicellograptusowe Skanii i Bornholmu. Formacja z Sasina

stanowi jeden z najbardziej perspektywicznych horyzontów dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów.

Najwyższą część ordowiku stanowią szare i zielonkawe margle i iłowce margliste, czasem dolomityczne **formacji z Prabut**. Ich zasięg stratygraficzny obejmuje aszgil (górny kat i hirnant). W najwyższej części formacji występują wkładki piaszczyste – piaskowiec kwarcowy, drobnziarnisty, przechodzący miejscami w mułowiec o laminacji przekątnej. Osady te odzwierciedlają maksimum eustatycznej regresji, związanej z globalnymi zmianami klimatycznymi w późnym ordowiku (Podhalańska, 2009), interpretowane także jako opad z kier lodowych w chłodnym okresie wczesnego hirnantu (Modliński, 1982). Miąższość aszgilu i formacji z Prabut w profilu Żarnowiec IG 1 wynosi 11,3 m. Utwory formacji reprezentują osad, powstały podobnie jak utworów formacji z Sasina, w dystalnej części szelfu.

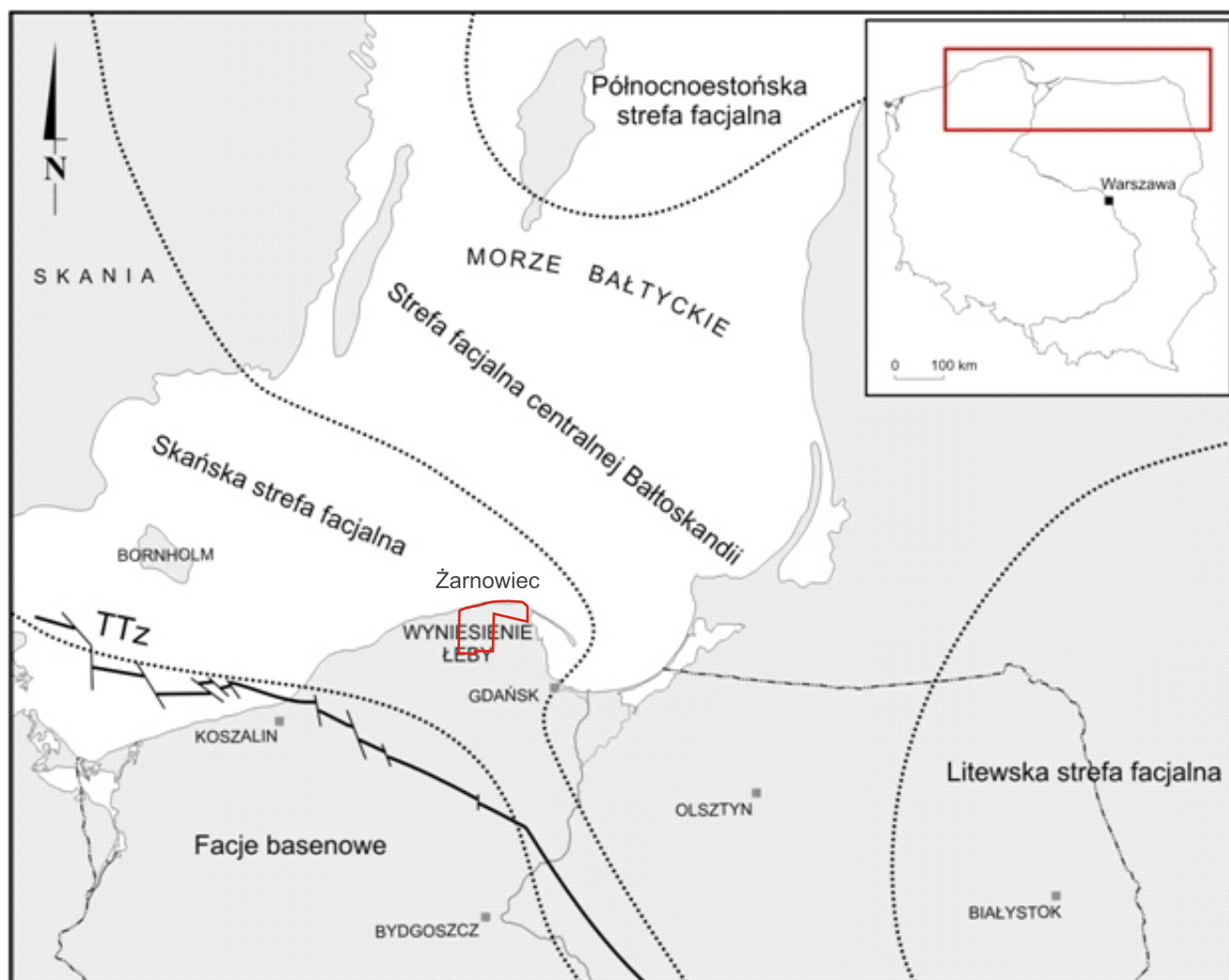


Figura 2.4. Strefy facjalne w ordowiku i sylurze w basenie bałtyckim (wg Jaanussona, 1976), zmienione.

Mięszość ordowiku, od arenigu do aszgilu włącznie w otworze Żarnowiec IG 1 wynosi 76,8 m i wzrasta w kierunku depocentrum w środkowej części Bałtyku. Udział materiału klastycznego w osadach wzrasta w kierunku południowo-zachodnim.

SYLUR

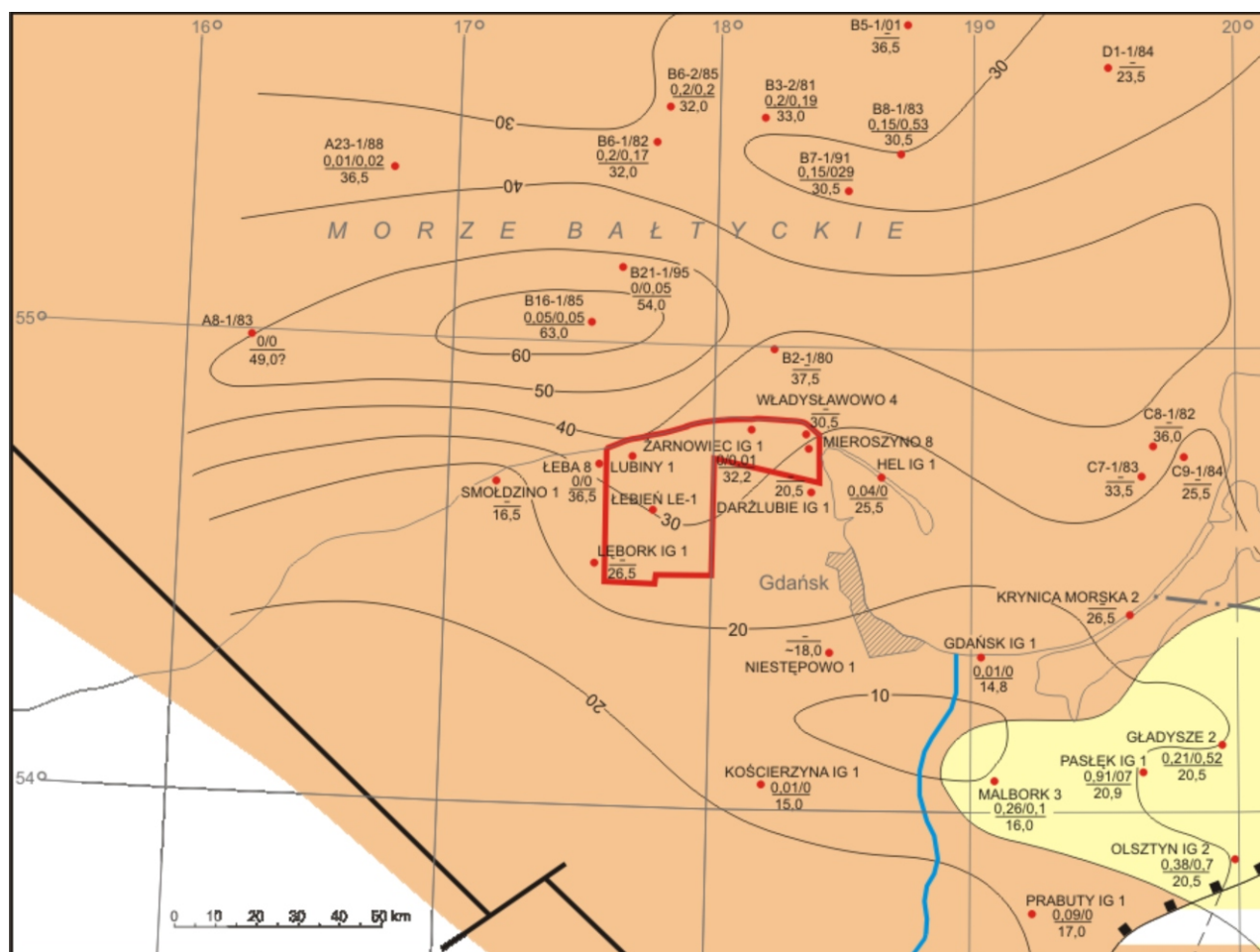
Sedymentacja utworów syluru na obszarze obniżenia bałtyckiego o podobnym jak w ordowiku rozkładzie stref facjalnych uwarunkowana była procesem fleksuralnego uginania zachodniej krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego, zapoczątkowanym w późnym ordowiku a związanym z kolizją dwóch paleokontynentów: Bałtyki i Awalonii (m.in. Lazauskiene, 2003; Poprawa, 2006). Wczesny etap subsydencji fleksuralnej odpowiadający landowerowi i wenlokowi nie spowodował znacznego wzrostu miąższości osadów. Wzrost tempa akumulacji materiału terygenicznego przy zwiększającej się pojemności akomodacyjnej spowodowanej pograżaniem się brzegowej części kratonu zaowocował depozycją grubej sukcesji osadowej ludlowu i przydolu o miąższości przekraczającej znacznie 1000 m (m.in. Modliński, 2010).

Dokumentacja utworów syluru w otworze Żarnowiec IG 1 przedstawiona jest w zeszycie nr 32 Profili Głębokich otworów

wiertniczych Instytutu Geologicznego (Witkowski, 1976) a nowelizacja stratygrafii syluru przedstawiona jest przez Szymańskiego i Modlińskiego (2003). Sekwencja osadowa syluru na całym obszarze jest reprezentowana przez kompleks osadów silikoklastycznych o znacznej miąższości. Są to w większości skały drobnoklastyczne – mułowce i iłowce z cienkimi wkładkami pyłowców kwarcowych. Wszystkie te skały są często wapniste. Podrzędny udział przypada pojawiającym się w wyższej części syluru cienkim przewarstwieniom skał piroklastycznych (bentonity, tufy). W otworze Żarnowiec IG 1 utwory syluru odwiercono na głębokości 2645,0–829,2 m (miąższość 1816,0 m). Udokumentowano obecność landoweru i wenloku (Fig. 2.7, Fig. 2.8) oraz ludlowu i przydolu.

Zapis stratygraficzny syluru tworzą osady 7 formalnych wydzieleni litostratygraficznych w tym 5 o randze formacji oraz 2 o randze ogniwa (Modliński i in. 2006) landoweru, wenloku, ludlowu i przydolu. Część jednostek litostratygraficznych jest ograniczona regionalnymi powierzchniami nieciągłości sedymentacyjnych lub erozyjnych. Najniższą jednostką litostratygraficzną występującą powyżej granicy ordowik/sylur jest formacja iłowców z Pasłęka.

Formacja iłowców z Pasłęka występuje zarówno w zachodniej jak i w wschodniej części obniżenia bałtyckiego. Formacja ta graniczy na obszarze „Żarnowiec” z niewielką luką stratygraficzną lub w sposób ciągły (Podhalańska, 2009) z



MAPA LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWA KARADOKU

LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF CARADOC

1 : 2 000 000

RÓWCE 1

1,4/1,6
9,5

Otworki wiertnicze: w liczniku wartość współczynnika W1 i W2 w mianowniku miąższość w m

Boreholes: in numerator – W1 and W2 ratios, in denominator – thickness in m

— 20 —

Izopachyty w m

Isopachs in m

— T — T —

Współczesny zasięg osadów karadoku

Recent extent of Caradoc deposits

— T — T —

Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista

Teisseyre-Tornquist Fault Zone

— 0 —

Obszar bez akumulacji osadów

Non-deposition area

— 0 —

Obszar przetargowy

Tender block

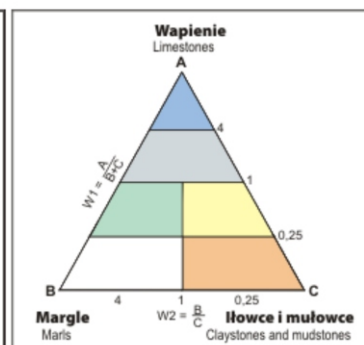


Figura 2.5. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej karadoku wg Modlińskiego, 2010, zmienione.

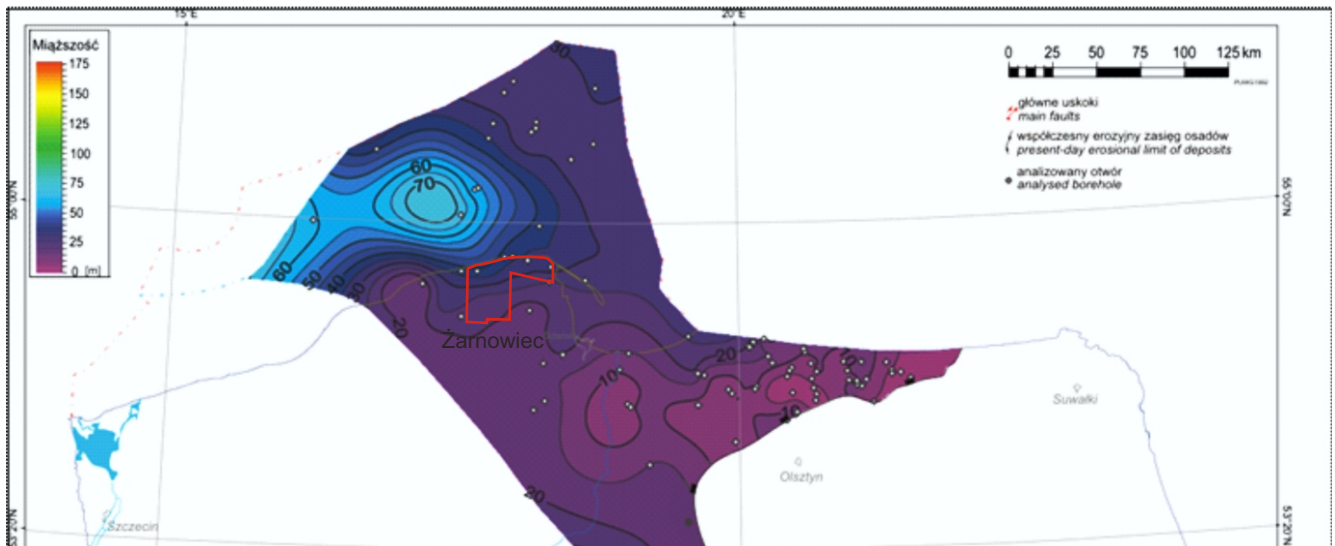


Figura 2.6. Fragment mapy miąższości formacji iłowców z Sasina w basenie bałtyckim w Polsce. Kolorem czerwonym zaznaczono granice obszaru przetargowego (Podhalańska i in., 2016b).

formacją z Prabuty aszgilu. Formację tę budują mułowce i iłowce czarne, szare i zielonawe. Z datowań graptolitowych wynika, że najpełniejsze jej profile, obejmujące cały landower występują w zachodniej części obniżenia bałtyckiego – profile Lębork IG 1, Łeba 8, Darżlubie IG 1, Kościerzyna IG 1, Hel IG 1, Żarnowiec IG 1, Gdańsk IG 1. Zasięg osadów formacji obejmuje cały morski i lądowy obszar polskiego fragmentu obniżenia bałtyckiego a miąższość formacji zmienia się w granicach od około 70,0 m (otwór Kościerzyna IG 1) do około 15,0 m (otwór Prabuty IG 1). W otworze Żarnowiec IG 1 miąższość formacji z Pasłęka (i jednocześnie landoweru) wynosi 63,0 m (Fig. 2.7).

W dolnej części formacji wzdłuż zachodniej krawędzi platformy wschodnioeuropejskiej wyróżnia się **ogniwo iłowców bitumicznych z Jantaru**. Ogniwo z Jantaru, stanowiące dolną część formacji z Pasłęka wykształcone jest jako czarne bitumiczne łupki mułowcowe z fauną graptolitów. Ogniwo z Jantaru reprezentuje w cyklu T-R utwory transgresyjne przechodzące w utwory wysokiego stanu morza. Liczna fauna graptolitów pozwala na określenie wieku tej jednostki na piętra rhuddan – niższy aeron.

Ogniwo z Jantaru, ze względu na dużą zawartość węgla organicznego **stanowi jeden z najważniejszych horyzontów perspektywicznych dla występowania węglowodorów w skałach łupkowych**. Zasięg geograficzny tej jednostki jest jednak ograniczony do rejonu wyniesienia Łeby oraz obszarów Bałtyku (Fig. 2.9). Miąższość ogniwa z Jantaru zmienia się w obszarze bałtyckim od 0 m we wschodniej części obszaru, poprzez 5,7 m w otworze Żarnowiec IG 1 do 18 m w otworze Kościerzyna IG 1, kilkadziesiąt km na południe od obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

W wyższej części formacji z Pasłęka kontynuowana jest sedimentacja drobnoklastyczna w warunkach otwartego szelfu poniżej podstawy falowania a dominującym typem litologicznym są mułowce i iłowce szare i zielonkawe, miejscami wapniste z wkładkami węglanów. Wykształcenie litologiczne części formacji z Pasłęka powyżej ogniwa z Jantaru nie wskazuje na jej podwyższoną perspektywiczność.

Formacja iłowców z Pelplina. Seria mułowców/iłowców formacji jest rozprzestrzeniona na prawie całym obszarze polskiego fragmentu obniżenia bałtyckiego, jedyny wyjątek stanowi zachodnia część obszaru w rejonie Słupska, w którym sekwencja iłowców ulega wyklinowaniu. Miąższość formacji

maksymalnie wynosić może około 400 m (profile Żarnowiec IG 1 i Prabuty IG 1) (Modliński i in., 2006).

Dolna granica formacji z Pelplina odpowiada dolnej granicy wenloku. Górna granica jest heterochroniczna i przypada w różnych poziomach stratygraficznych wenloku lub ludlowu. Zasięg formacji jak również jej miąższość zmienia się z zachodu na wschód: w profilu Kościerzyna IG 1 ogranicza się do osadów niższego wenloku, w profilu Gdańsk IG 1 obejmuje cały wenlok i gorst (dolny ludlow), w profilu Żarnowiec IG 1 od najniższego wenloku sięga aż do ludfordu – poziomu *Bohemograptus praecomutus* (Jaworowski, 2000).

Formacja z Pelplina wykształcona jest wyraźnie dwudzielnie: w niższej części jako mułowce/iłowce szare, ciemnoszare, z przewarstwieniami iłowców lub mułowców czarnych, miejscami wapnistych, z soczewkami wapieni marglistych, z różnorodną i bardzo liczną fauną graptolitów. Ta część formacji odpowiada najczęściej piętru sheinwood. Badania wskazują, że niższą część formacji, można uznać za perspektywiczną (Karcz i Janas, 2016; Podhalańska i in. 2016a, b) Wyższa część formacji z Pelplina na obszarze bałtyckim to głównie iłowce szare i szarozielone, laminowane, bez potencjału węglowodorowego.

Formacja iłowców i mułowców z Kociewia. W najdalej na zachód obszarze kratonu wschodnioeuropejskiego wysuniętych profilach jak Słupsk IG 1, Lębork IG 1, już w wenloku (Jaworowski, 2007) pojawiają się przeławienia pyłowców wyznaczając początek sedimentacji **formacji z Kociewia**. Formacja ta zawiera warstewki i laminy klastyków o grubszym ziarnie zwykle zawierających materiał węglanowy. Osady tej formacji powstały w czasie intensywnych ruchów wynoszących obszary źródłowe materiału okrucowego na zachód od obszaru brzeżnej części platformy wschodnioeuropejskiej. Najwcześniej, bo od początku wenloku formacja ta pojawia się w otworze Słupsk IG 1 (Jaworowski, 2007). W profilach położonych dalej ku E, SE i NE formacja ta pojawia się stratygraficznie później, zwykle w ludlowie, ludfordzie. Mułowce i iłowce z przeławieniami pyłowców formacji z Kociewia, zawierają wkładki i soczewki węglanowe. Łupkowo-pyłowcowa formacja z Kociewia, dla której źródłem materiału klastycznego była pryzma akrecyjna powstała w związku z kolizją Bałtyki i Avalonii uważana jest przez Jaworowskiego (op. cit.) za egzoflisz łupkowy. Zasięg formacji z Kociewia na obszarze zacho-

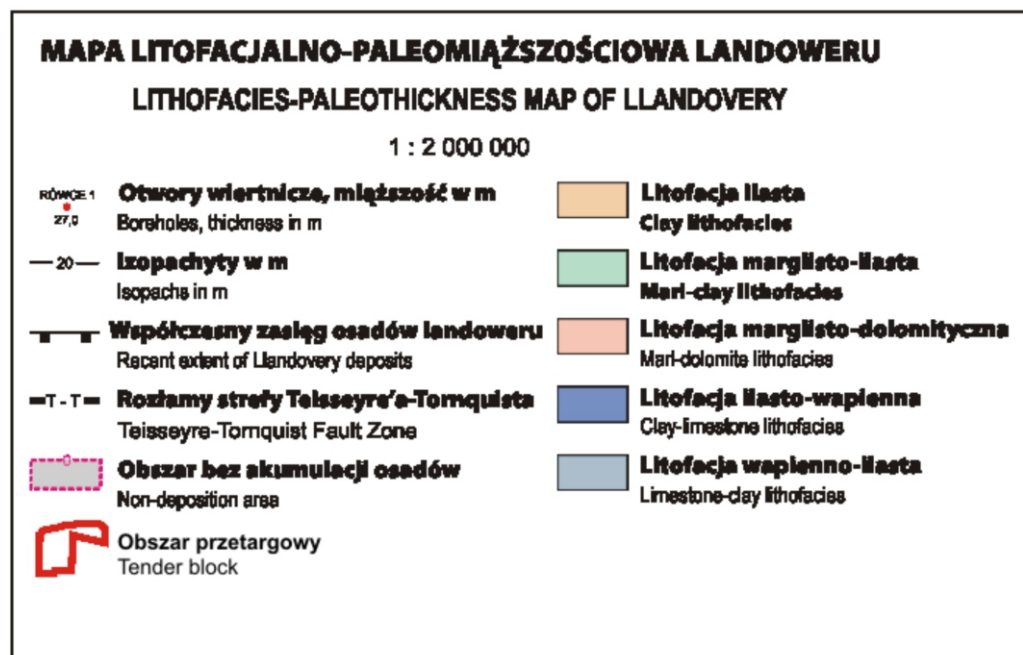
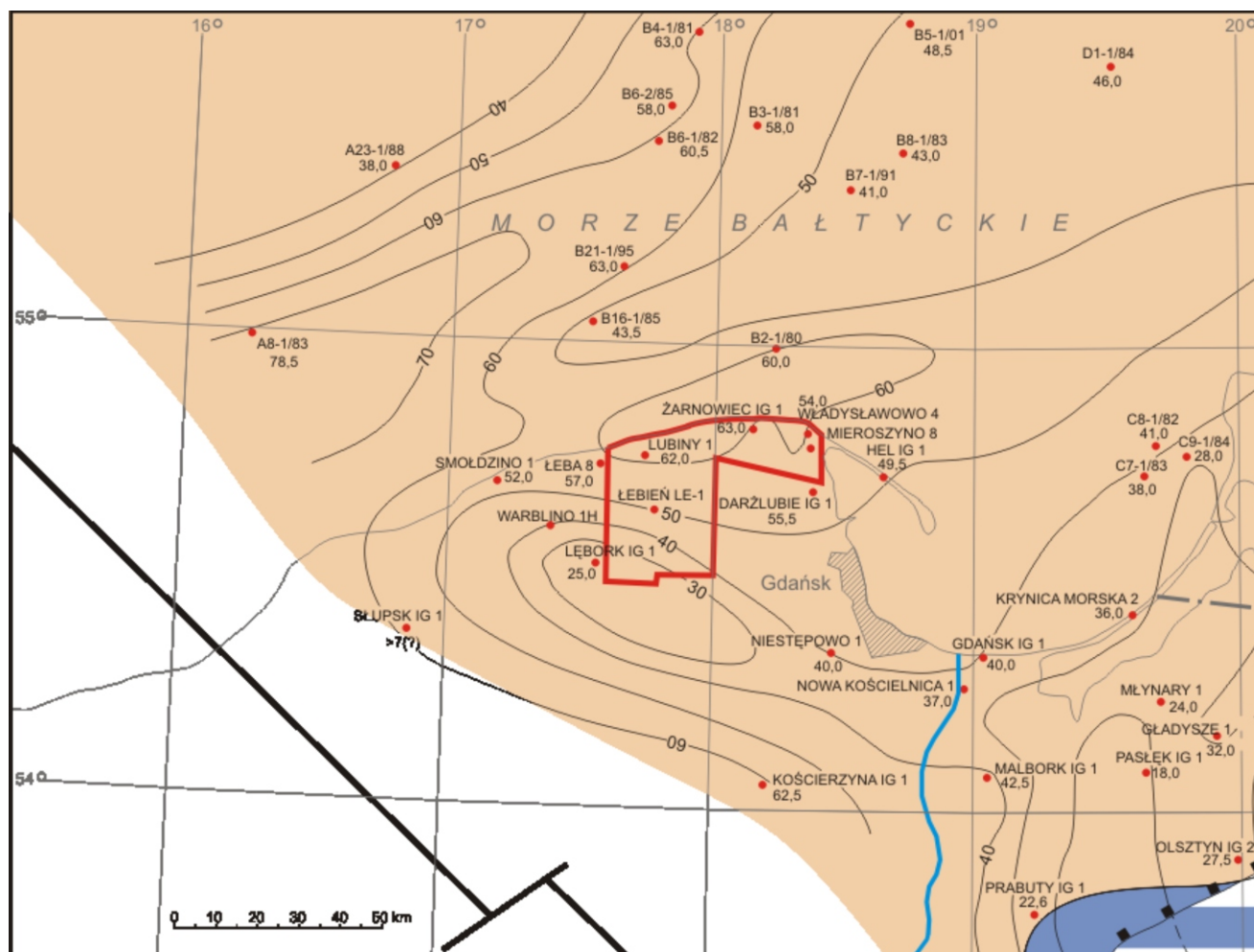


Figura 2.7. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej landoweru wg Modlińskiego i in. (2010a), zmienione.

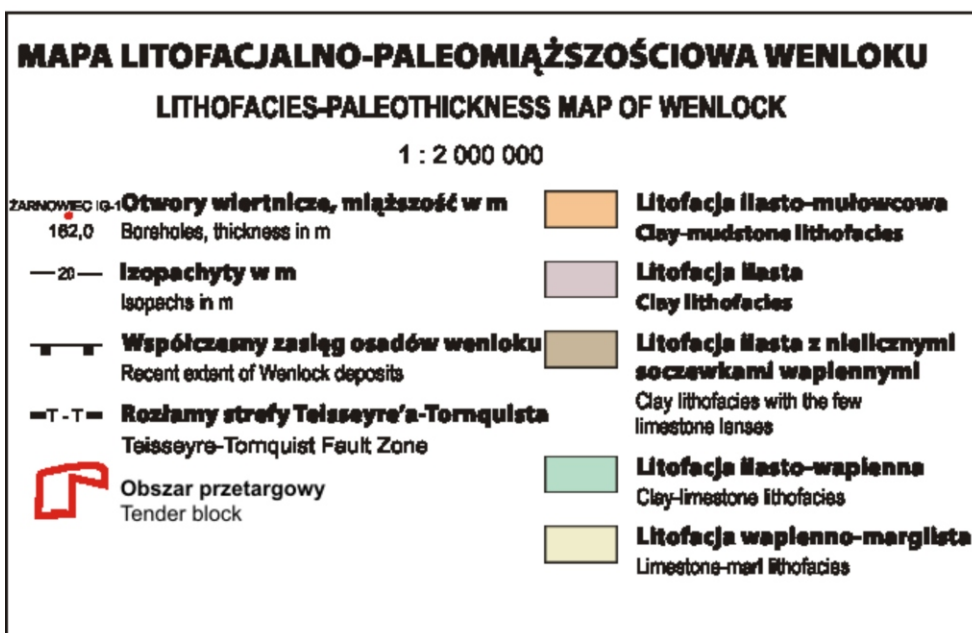


Figura 2.8. Fragment mapy litofacialno-paleomiąższościowej wenloku wg Modlińskiego i in. (2010a), zmienione.

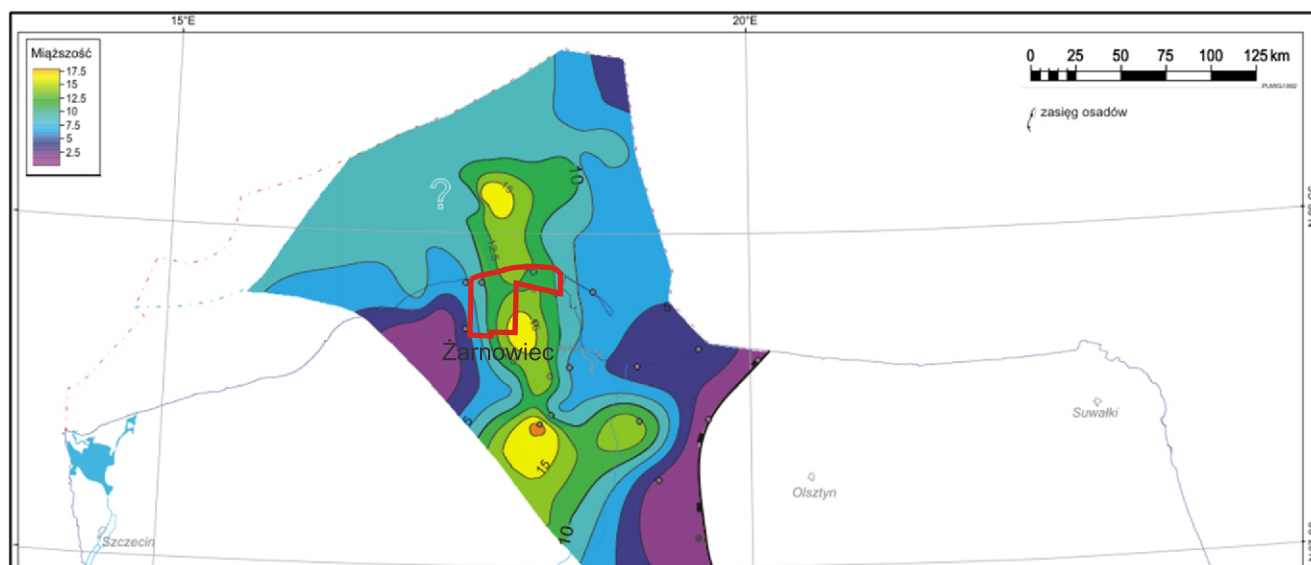


Figura 2.9. Mapa miąższości ogniw iltowców bitumicznych z Jantaru w basenie bałtyckim w Polsce (Podhalańska i in., 2016b).

dniej części obniżenia bałtyckiego obejmuje większą część lądowu.

Miaższość formacji z Kociewia w otworze Żarnowiec IG 1 wynosi 380,0 m. Miaższość tej jednostki wzrasta w kierunku zachodniego brzegu kratonu wschodnioeuropejskiego: miąższość tej jednostki w otworze Lębork IG 1 wynosi 1430 m. W położonym kilkadziesiąt kilometrów na zachód otworze Słupsk IG 1 – 3003,0 m. W profilach położonych we wschodniej części obniżenia miąższości lądowu i formacji z Kociewia maleją.

W obrębie formacji z Kociewia występuje **ogniwo mułowców wapnistych Redy**. Jednostkę tę budują zwięzłe mułowce i pyłowce wapniste oraz szare i jasnoszare wapienie laminowane iltowcami/mułowcami z muskowitem. Ten kilku- do kilkunastometrowej miąższości interwał skalny jest wyraźnie rozpoznawalny na krzywej PG i PNG ogromnej większości profili syluru obszaru platformy wschodnioeuropejskiej. Ogniwu to występuje w ludfordzie, ma najprawdopodobniej charakter izochroniczny i może służyć celom korelacyjnym (Modliński i in., 2006).

Powyżej sedimentacji grubszych silikoklastyków i kalcioklastyków następuje powtórnie sedimentacja osadów mułowcowo-iltowych i wapnistych **formacji z Pucka**. Jednostka ta kończy sedimentację syluru. Jej miąższości, również duże, są często ograniczone późniejszą erozją. Formacja ta obejmuje swym zasięgiem głównie przydół i góry ludford. Miąższości przydołu, zwykle pierwotnie większe, wzrastają ku N części obszaru bałtyckiego osiągając największe miąższości, nawet do 1000 m, w okolicach zatoki gdańskiej. W otworze Żarnowiec IG 1 jej miąższość wynosi 1015,5 m. Utwory ludlowu i przydołu, ze względu na bardzo duże miąższości oraz niskie wartości porowatości i przepuszczalności przy jednoczesnym braku przejawów macierzystości, można traktować jako pierwszy (pod solami cechsztynu) horyzont uszczelniający dla górnordowicko-dolnosylurskiego kompleksu perspektywicznego.

2.1.2. EWOLUCJA GEOTEKTONICZNA BASENU WE WCZESNYM PALEOZOIKU

Geneza basenu bałtyckiego związana jest z neoproterozoicznym rozpadem superkontynentu Rodinii/Pannotii (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2002; Poprawa i Paczeńska, 2002; Jaworowski i Sikorska, 2003). W wyniku gwałtownej, syn-

-ryftowej subsydencji (Poprawa i Paczeńska, 2002; Poprawa, 2006) utworzyła się przestrzeń akomodacyjna wypełniana z początku osadami lądowymi należącymi do ediakaru i dolnego kambru. Były to osady stożków napływowych i równi roztokowych i zalewowo-warstwowych (Jaworowski i Sikorska, 2003). We wczesnym kambrze nastąpiło przejście z depozycji w warunkach lądowych do depozycji w warunkach przejściowych aż po morskie (fm. klukowska, łebska). Sedimentacja silikoklastycznych osadów morskich kontynuowała się do środkowego kambru (fm. sarbska i dębkowska) i została zatrzymana regresją, której efektem jest niezgodność erozyjna w osadach środkowego kambru. Osady od ediakaru po środkowy kambr należą do I sekwencji depozycyjnej (*sensu* Jaworowski, 2002).

Późniejsza depozycja morskich osadów środkowo i górnokambryjskich oraz osadów dolnego ordowiku (należących do II sekwencji depozycyjnej; Jaworowski, 2002) warunkowana była już dużo mniejszą subsydencją termiczną na pasywnym brzegu kontynentu (Poprawa i in., 1999; Poprawa, 2006).

Na obszarze przetargowym „Żarnowiec”, w wyniku erozji lub braku depozycji, miąższości skał II cyklu transgresywno-regresyjnego są mocno ograniczone jedynie do osadów górnokambryjskich. Są to niewielkiej miąższości iltowce i mułowce formacji z Piaśnicy).

Od środkowego/późnego ordowiku zmieniły się warunki geotektoniczne basenu bałtyckiego. W wyniku skośnej kolizji Awalonii i Baltiki obszar basenu bałtyckiego przestał należeć do pasywnego brzegu kontynentu a stał się zapadliskiem przedgórskim zbliżającego się orogenu (Poprawa i in., 1999; Poprawa i Paczeńska, 2002; Poprawa, 2006). W wyniku fleksuralnego uginania skorupy Baltiki, w basenie miał miejsce systematyczny wzrost tempa subsydencji osiągający swe maksimum w sylurze (ludlowie i przydołu) (Poprawa i in., 1999; Modliński i in., 1999; Jaworowski, 2000, 2002; Poprawa, 2006). W trakcie depozycji osadów od środkowego ordowiku aż po jego koniec (III sekwencja depozycyjna *sensu* Jaworowski, 2002), tempo akomodacji nie było jednak jeszcze bardzo wysokie. Rozwinięcie basenu na krawędzi Baltiki uwarunkowało strefowy układ litofacyjny, z wzrastającym udziałem osadów klastycznych w kierunku zachodnim a osadów węglanowych w kierunku wschodnim (np. Modliński i Podhalańska, 2010) w dalszym ciągu zaznaczały się wpływy zjawisk globalnych, jak na przykład eustatyczne zmiany poziomu morza związane z

światowym ochłodzeniem klimatu w hircanie (Podhalańska, 2009). Regresja na pograniczu ordowiku i syluru wyznaczyła erozyjną granicę pomiędzy III a IV (ostatnią) sekwencją depozycyjną w basenie bałtyckim. Warto jednak zaznaczyć iż w niektórych otworach na wyniesieniu Łeby występuje ciągle przejście między utworami ordowiku i syluru (Tomczyk, 1990; Podhalańska, 2009).

W sylurze przesuwający się front kolizji kaledońskiej był głównym czynnikiem warunkującym depozycję osadów w basenie. Początkowo sedimentacja iltowców i mułowców (ogniwa z Jantar, formacji Pastęka – Modliński i in., 2006) odbywała się w warunkach otwartego szelfu ale o ograniczonej dostawie materiału klastycznego oraz w warunkach bardzo niskiego natlenienia dna zbiornika morskiego. Przez cały landower (formacja z Pastęka) jak i wenlok (formacja z Pelplina) natlenienie w basenie było zmienne jednak systematycznie wzrastała dostawa materiału silikoklastycznego rozszerzając strefę depozycji facji iltasto-mułowcowych w kierunku wschodnim. Za obszar źródłowy materiału klastycznego uznaje się kaledońską pryzmę akrecyjną ułożoną wzdłuż strefy kolizji Baltiki i wschodniej Awalonii (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2000; Jaworowski, 2002; Poprawa, 2006). Osady syluru traktowane są jako egzoflisz (Jaworowski, 2000) deponowany w najbardziej dystalnych partiach basenu przedgórskiego przed formującym się orogenezem kaledońskim. Profil utworów dolno-

paleozoicznych w basenie bałtyckim jest zredukowany (brak jest części lub całości utworów przydolu) w wyniku erozji związanej częściowo w izostatycznym wypiętrzaniem pokolizyjnym (Poprawa, 2006).

2.2. PERM, MEZOZOIK, KENOZOIK

2.2.1. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA

PERM

Czerwony/biały spągowiec

Obszar przetargowy zachodniej części obszaru przetargowego Żarnowiec oraz sąsiadującego od wschodu obszaru Damnica pokryte są silikoklastycznymi osadami białego i czerwonego spągowca występującymi bezpośrednio na utworach syluru. Osady te stanowią skrajną, północno-wschodnią część permiejskiego basenu Słupska (Pokorski, 1978) wypełnionego osadami formacji (warstw) darłowskiej (Pokorski, 1976). Powstanie basenu sedimentacyjnego Słupska związane jest głównie z silną erozją utworów syluru w permie, a nie z subsydencją. Na obszarze Damnica osady te osiągają miąższość do ponad 50 m. Na obszarze Żarnowiec osiągają miąższość w granicach paru metrów (Fig. 2.10).

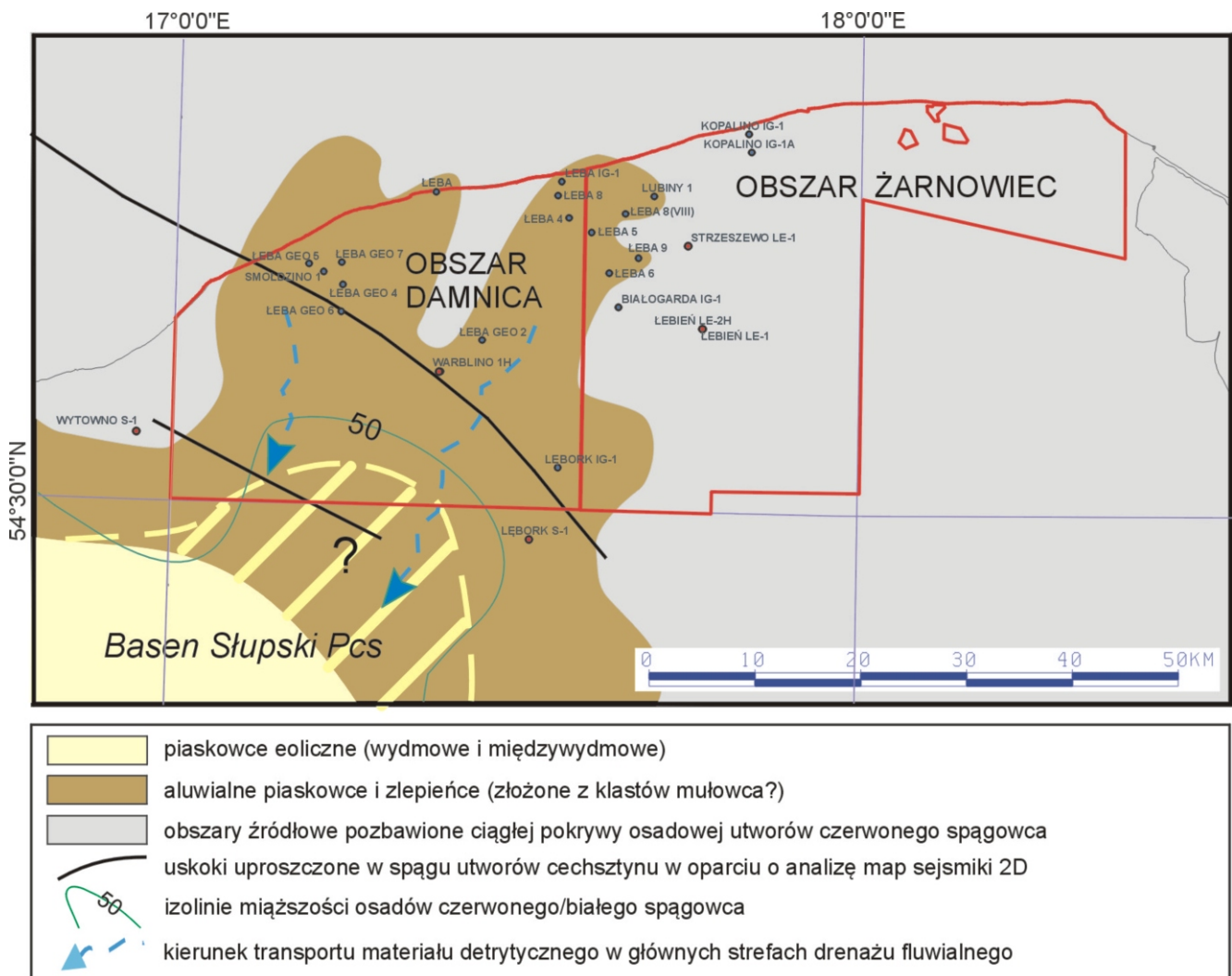


Figura 2.10. Występowanie nierozdzielonych osadów czerwonego/białego spągowca w obszarach przetargowych Damnica i Żarnowiec.

Osady te na południowy wschód od obszaru Damnica występują w facji piaskowców eolicznych i jako takie mogą mieć potencjał zbiornikowy, jakkolwiek brak pułapek strukturalnych powoduje, że do tej pory nie znaleziono w nich złóż gazu lub ropy.

Południowo-zachodnia część obszaru Żarnowiec może być również pokryta fragmentarycznie piaskowcami eolicznymi. Jednak brak wystarczających danych powoduje, że jest to tylko przypuszczenie. Ważne byłoby analizy profilu bezpośredniego podcechsztyńskiego z nowych wierceń Warblino 1H oraz Łębork S-1. Również wiercenia Wytowno S-1, Łębień LE-1, Łębień LE-2H mogłyby uzupełnić informację o miąższości osadów znajdujących się pomiędzy spągami utworów cechsztynu a stropem utworów syluru, a w wypadku braku ich występowania dostarczyłyby informację o lokalizacji granicy zasięgu basenu Słupska.

Cechsztyń

Zachodnia część obszaru przetargowego cechuje się bardzo dobrym rozpoznaniem utworów cechsztynu, co jest następstwem wykonania bardzo licznych otworów wiertniczych podczas poszukiwań złóż soli kamiennej i polihalitu (Szaniawski, 1966; Werner, 1972; Dębski, 1983), a także stosunkowo niewielkiego pogrążenia utworów cechsztyńskich, w rezultacie czego podlegały one – w porównaniu z innymi obszarami – znacznie mniej intensywnym zmianom diagenetycznym (Peryt i in., 1992).

W okresie poprzedzającym transgresję morza cechsztyńskiego omawiany obszar był w znacznym stopniu wyrównany,

choć z pewnością istniał mikrorelief, o czym świadczy brak utworów łupku miedzionośnego oraz dolnej części wapienia cechsztyńskiego w otworze Sulicice IG 1. Utwory łupku miedzionośnego o miąższości ok. kilkudziesięciu cm występują na całym omawianym obszarze. Litofacje płytszego szelfu z cienkimi przewarstwieniami terygenicznych tempestatów oraz soczewkami pakstonów, powstały w warunkach dysaerobowych do aerobowych na obszarze przetargowym. Przejście w wapień cechsztyński jest stopniowe; wydaje się, że zmiana reżimu nastąpiła po fazie spłycenia, być może w związku z lepszą cyrkulacją wody morskiej lub obniżeniu redokskliny poniżej sztormowej podstawy falowania (Oszczepalski i Rydzewski, 1987; Peryt i in., 2012).

Utwory wapienia cechsztyńskiego na obszarze perybałtyckim scharakteryzował w szeregu opracowań (Piątkowski, 1977, 1980; Peryt i Piątkowski, 1976, 1977a, b). Podobnie jak w innych częściach zbiornika cechsztyńskiego, występują tu wyraźne cykle: w dolnej części są to madstony, w górnej zaś – onkoidowe pakstony oraz stromatolity. Utwory te powstały w środowisku podpływowym (Peryt i Peryt, 2012). W najwyższej części wapienia cechsztyńskiego występują stromatolity powstałe w strefie nadpływowej (Peryt i Piątkowski, 1977b). Miąższość wapienia cechsztyńskiego rzadko przekracza 10 m.

Miąższość utworów ewaporatowych PZ1 na obszarze przetargowym z reguły przekracza 200 m (Fig. 2.11). W anhydrycie dolnym – którego miąższość zmienia się w szerokich granicach, od 19,5 do 173,6 m, stwierdzono kilka litofacji o wyraźnej strefowości występowania (Dębski, 1983; Peryt, 1991, 1994; Peryt i in., 1992). Anhydryty masywne z powsze-

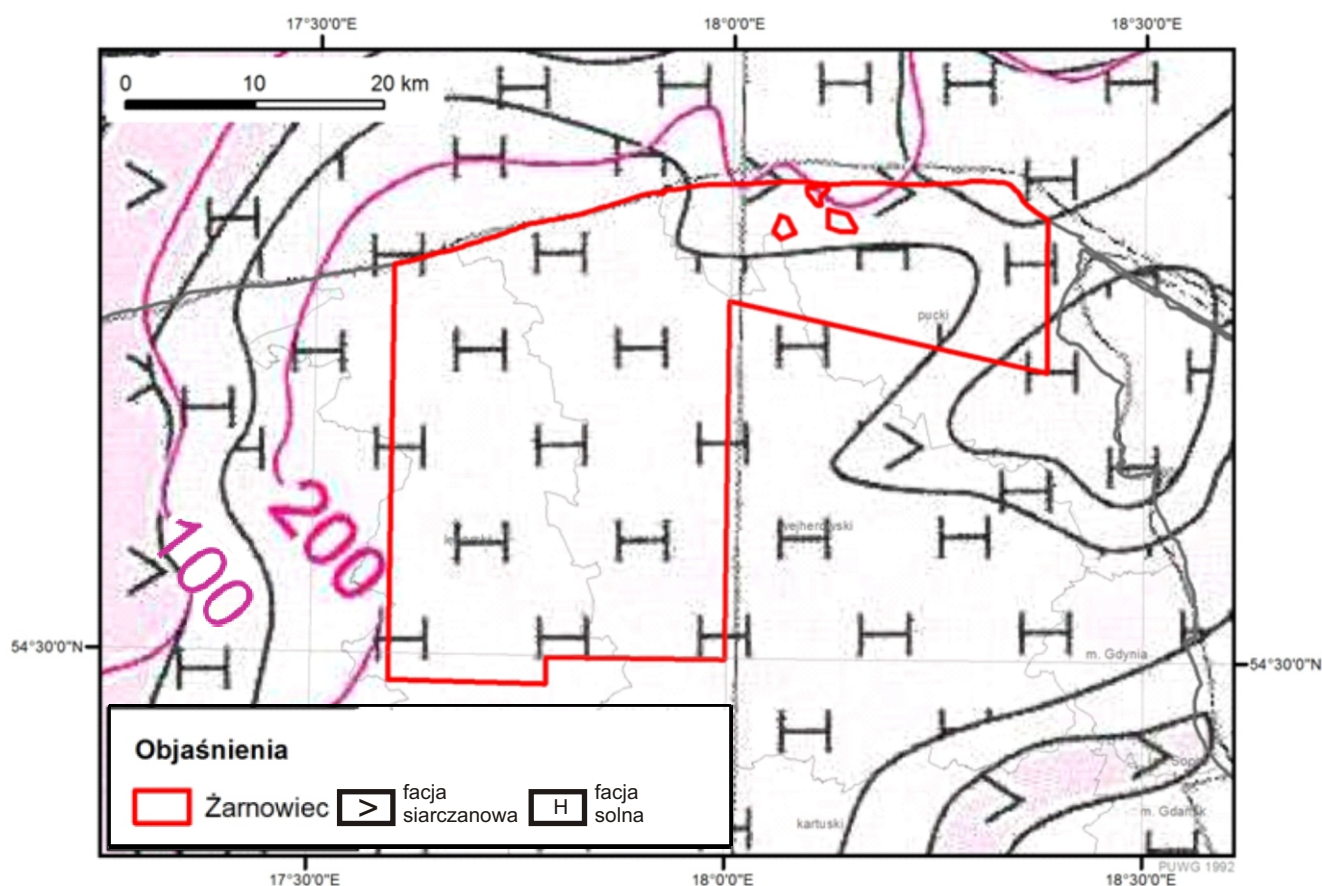


Figura 2.11. Miąższość i paleogeografia cyklotemu PZ1 (wg Wagnera w: Depowski, 1978; Dadlez i in., 1998).

chnie występującymi pseudomorfozami po kryształach selenitu występują w górnej części w sekwencjach anhydrytu dolnego o znacznej miąższości; rzadko są spotykane w profilach o małej miąższości. Anhydryt klastyczny – zbudowany z fragmentów lub rzadko całych kryształów pierwotnie selenitu – towarzyszy selenitom masywnym i warstwowanym na całym omawianym obszarze; grubsze kompleksy anhydrytu klastycznego zostały stwierdzone w sekwencjach o dużej miąższości. Anhydryt gruzłowy jest litofacją charakterystyczną dla dolnej części anhydrytu dolnego. Bardzo rzadko jego miejsce jest zajęte przez anhydryt zrekrystalizowany (najprawdopodobniej jest to zrekrystalizowany anhydryt gruzłowy), rzadko z pseudomorfozami po kryształach selenitu, albo też przez anhydryt laminowany. W sekwencjach anhydrytu dolnego o niewielkiej miąższości anhydryt gruzłowy tworzy cienkie przewarstwienia w obrębie anhydrytu laminowanego. Anhydryt gruzłowy jest osadem poligenicznym, powstałym w różnym czasie (Peryt, 1991, 1994; Peryt i in., 1992). Anhydryt warstwowy występuje na całym obszarze powyżej anhydrytu gruzłowego i buduje większą część dolnej partii anhydrytu dolnego. W sekwencji pionowej obserwuje się wyraźne następstwo: powyżej anhydrytu gruzłowego występuje anhydryt warstwowy smużyście, następnie warstwowanie staje się stopniowo coraz bardziej regularne i – w wypadku cienkich sekwencji anhydrytu dolnego – po anhydrylic warstwowanym następuje anhydryt laminowany. W sekwencjach anhydrytu dolnego o dużej miąższości powyżej anhydrytu regularnie warstwowanego następuje anhydryt warstwowy z częstymi pseudomorfozami po kryształach selenitu. Anhydryt laminowany występuje na całym badanym obszarze, chociaż częsty jest w cienkich profilach anhydrytu dolnego (Peryt, 1991, 1994; Peryt i in., 1992).

Układ lokalnych platform i przyległych basenów wykształcił się w trakcie depozycji anhydrytu dolnego – układ istniejący na początku anhydrytu dolnego nie zapowiadał układu późniejszego. W basenach sekwencja jest wyraźnie transgresywna, natomiast na obszarze platform – po początkowej tendencji transgresywnej – lekko regresywna. Miejscami obserwuje się oboczne zastępowanie facji siarczanowej przez chlorkową (np. Peryt i Kovalevich, 1996). Z platformami siarczanowymi związane są złoża polihality (np. Pizon i in., 1985; Peryt i in., 2005). Sole potasowo-magnezowe (zarówno chlorkowe, jak i polihality) są związane z basenami solnymi (np. Dębski, 1983; Peryt i in., 1992).

Miąższość najstarszej soli kamiennej wynosi od 3,8 do 197,3 m. Na podstawie cech strukturalnych i geochemicznych utworów solnych w rejonie Zatoki Puckiej wyróżniono kilka litofacji chlorkowych, odpowiadających różnym typom środowisk sedymentacyjnych (Czapowski, 1983, 1987, 1998; Czapowski i in., 1990): sól równokrystaliczną (A), różnokrystaliczną (B) i wielokrystaliczną (C). Fację głębokiego otwartego basenu solnego cechuje częste występowanie pierwotnej soli warstwowej typu C, rytmików solnych oraz pełnych cykli solnych typu A + B + C bądź skróconych A+C oraz – w końcowej fazie rozwoju – przewarstwień soli potasowo-magnezowych. Fację płytkich, otwartych lub częściowo ograniczonych basenów solnych cechuje niższy udział rytmików, soli typu C i cykli pełnych, przeważają natomiast różne typy cykli skróconych dwuskładnikowych. Fację lagun i panwi solnych cechują skrócone cykle sedymentacyjne z częstym pojawieniem się wtórnego halitu. Z utworami facji lagun i panwi solnych przewarstwiają się osady facji pływczyn siarczanowo-solnych. Dominującym elementem są w nich serie anhydrytów, na przemian poziomo i faliście laminowanych bądź gruzłowych, z licznymi pseudomorfozami po kryształach selenitu. Cienkie przewarstwienia pakietów solnych w tych seriach są złożone z

soli różnokrystalicznych, z obfitą domieszką anhydrytu w formie smugi gruzłów (Czapowski, 1987; Czapowski i in., 1990).

Analiza facjalna umożliwiła rekonstrukcję paleogeograficzną zbiornika w chwili rozpoczęcia i zakończenia sedymentacji chlorków (Czapowski, 1987; Peryt i in., 1992). Morfologię basenu sedymentacyjnego w momencie rozpoczęcia akumulacji chlorków determinował charakter sedymentacji utworów anhydrytu dolnego. Elewacje dna zbiornika, uformowane podczas sedymentacji anhydrytu dolnego, były obramowane pływczynami siarczanowo-solnymi, w których obrębie rozwinęły się niewielkie laguny solne. Pas pływczyn i wyniesień, obrzeżony zespołami lagun solnych, oddzielał strefę otwartego basenu solnego na południu od płytkich, częściowo izolowanych, basenów solnych w rejonie Jastrzębiej Góry i Władysławowa.

Obraz paleogeograficzno-facjalny pod koniec sedymentacji chlorków jest w dużym stopniu dolnego, przy czym nastąpiło spłylenie i większa izolacja dawnych lagun solnych bądź częściowo zamkniętych basenów i ich przemiana w panwie solne bądź – w przypadku silnie izolowanych i dostatecznie głębokich, np. basen Władysławowa – w zbiorniki typu salin. Podobne saliny uformowały się wskutek zamknięcia lagun w rejonie Lisewa. Głębsze facje lagun występowały na obszarze Zatoki Puckiej, sięgając po rejon Lisewa. Również dawne obszary lagun solnych, obramowujących pas pływczyn i wyniesień w rejonie Zatoki Puckiej oraz ładu w okolicach Łeby – Słupska zamienił się w zespoły pływczyn siarczanowo-solnych.

Przedstawiony obraz zmian stosunków facjalnych i paleogeografii basenu solnego odpowiada modelowi ewolucji zbiornika ewaporacyjnego od typu głęboki basen–głęboka woda do typu płytki basen–płytką woda (Kendall, 1984). Szacowana maksymalna głębokość zbiornika w rejonie Zatoki Puckiej wynosiła ponad 120 m, natomiast pod koniec sedymentacji chlorków w obrębie lagun nie przekraczała zapewne kilka metrów (Czapowski, 1983, 1987; Peryt i in., 1992).

Utwory anhydrytu górnego – których miąższość zmienia się od 11,4 do 40,0 m, zostały scharakteryzowane przez Peryta (1986b, 1990, 1991). Na obszarze syneklizy perybałtyckiej wyróżnia się cztery strefy (I–IV; Peryt, 1990). Na obszarze przetargowym w większości występuje strefa II, reprezentująca obszar zazębiających się wpływów kontynentalnych i bardzo płytkich lagun; jedynie w SW części występuje strefa III – jest to obszar o wyraźnej dominacji warunków lagunowych i stosunkowo małych wpływach kontynentalnych.

W otworze Białogarda IG 1 w najwyższej części utworów zaliczonych do anhydrytu górnego występują anhydryty gruzłowe, wykazujące duże podobieństwo do spotykanych w najwyższej części anhydrytu górnego w niektórych otworach w rejonie Zatoki Puckiej. Przykryte są one czerwonymi ilowcami (o miąższości 0,25 m), a te z kolei – anhydrytami gruzłowymi. Utwory te zaliczono do cyklotemu PZ2. Dominacja osadów przybrzeżnej sebhry w dolnej części anhydrytu górnego w peryferycznej części zbiornika i przewaga utworów powstałych w środowisku subakwalnym w części górnej jest odzwierciedleniem transgresywnego charakteru anhydrytu górnego (Peryt, 1990).

Zalew morza dolomitu głównego spowodował najpierw zalanie części położonej na S i W od linii Sulicic-Kłanina-Połczyna i na E od linii Kopalina-Salina. Podczas następnej – ostatniej w dolomicie głównym – transgresji morze sięgało ku zachodowi do okolic Łeby, gdzie tworzyły się osady systemu sebhry (Peryt, 1986a; Peryt i Magaritz, 1990). W tym czasie w okolicach Kopalina powstały osady otwartego morza. Wkrótce wzdłuż brzegu utworzył się system brzeżnej bariery oolitowej (udokumentowanej profilami otworów: Kopalino IG 1 oraz

Salino IG 1), która zaczęła migrować ku E i S, i w końcu osiągnęła obszar położony na SE od Sławoszyńka, na południe od Żarnowca i na wschód od Salina (Fig. 2.12). W trakcie powstania i progradacji brzeżnej bariery oolitowej na obszarze położonym na SE od niej powstawały głównie pakstony peloidowe i grudkowe, wykazujące wiele cech sedimentacji lagunowej. Na SE od strefy lagunowej powstawały osady otwartego morza – wakstony bioklastyczne i peloidowe (Peryt, 1986a). Miąższość utworów dolomitu głównego zmienia się od 4,7 m (Łeba VI) do 49,0 m (Żarnowiec IG 4).

Sekwencja dolomitu głównego na obszarze platformy węglanowej jest płyciejąca ku górze, przy czym sedimentacja była zakłócona drobnymi wahaniami poziomu morza (prawdopodobnie o amplitudzie kilku metrów), jakie są charakterystyczne dla wielu platform węglanowych. W bardziej centralnej części zbiornika stwierdza się stopniowe pogłębianie. W rezultacie początkowo nieznaczne zróżnicowanie głębokości między obszarem platformy węglanowej a środkową częścią zbiornika ulegało stopniowemu powiększeniu w trakcie sedimentacji dolomitu głównego, by osiągnąć około 40 m pod koniec jego depozycji (Peryt i in., 1992; Peryt i Scholle, 1996).

Utwory anhydrytu podstawowego występują – w rezultacie erozji poprzedzającej depozycję utworów cyklu PZ3 – wyłącznie w SE części obszaru przetargowego. Wykształcenie anhydrytu podstawowego wskazuje na depozycję w warunkach subakwalnych z wyjątkiem obszaru położonego blisko zasięgu anhydrytu podstawowego, gdzie utworzyły się anhydryty gruzowe, najprawdopodobniej w środowisku sebhy.

Utwory dolomitu płytowego występują obecnie we wschodniej i południowej części obszaru przetargowego, na SE od linii o przebiegu NE–SW, położonej nieopodal otworu Białogarda IG 1 (Peryt i in., 1992), ale z układu facjalnego wynika, że pierwotnie występowały one na całym obszarze przetargowym. Obecna miąższość dolomitu płytowego na obszarze przetargowym dochodzi do 20 m. Zróżnicowanie mikrofacjalne dolomitu płytowego (Gąsiewicz, 1990; Gąsiewicz i in., 1987; Gąsiewicz i Peryt, 1989; Broehm i in., 2002; Maliński i in., 2009) pozwala na wyróżnienie następujących stref paleogeograficznych: szerokiej platformy węglanowej, wąskiego stoku platformy (skraju basenu) oraz szerokiej strefy środkowej części zbiornika. Istnieją przesłanki przemawiające za co najmniej częściowo równoczesną sedimentacją utworów mikrobialnych dolomitu płytowego systemu sebhy oraz utworów siarczanowych anhydrytu głównego (Peryt i in., 1992; Gąsiewicz i Peryt, 1994). Miąższość anhydrytu głównego – który występuje w zachodniej części obszaru przetargowego oraz lokalnie (w rejonie Zdrady i Połczyna) na E skraju obszaru – wynosi poniżej 10 m.

Granice stref paleogeograficznych w trakcie depozycji poszczególnych poziomów cechsztynu w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej mają wyraźne linijny przebieg, co sugeruje ich predestynację tektoniczną. W rejonie Zatoki Puckiej, szczególnie dobrze rozpoznanej, dominują kierunki zbliżone do NW–SE i NE–SW. Obydwa kierunki wyraźnie odzwierciedlają się w rozkładzie facji i miąższości: anhydrytu dolnego, najstarszej soli kamiennej, anhydrytu górnego, dolomitu głównego – zwłaszcza w wypadku początkowej transgresji

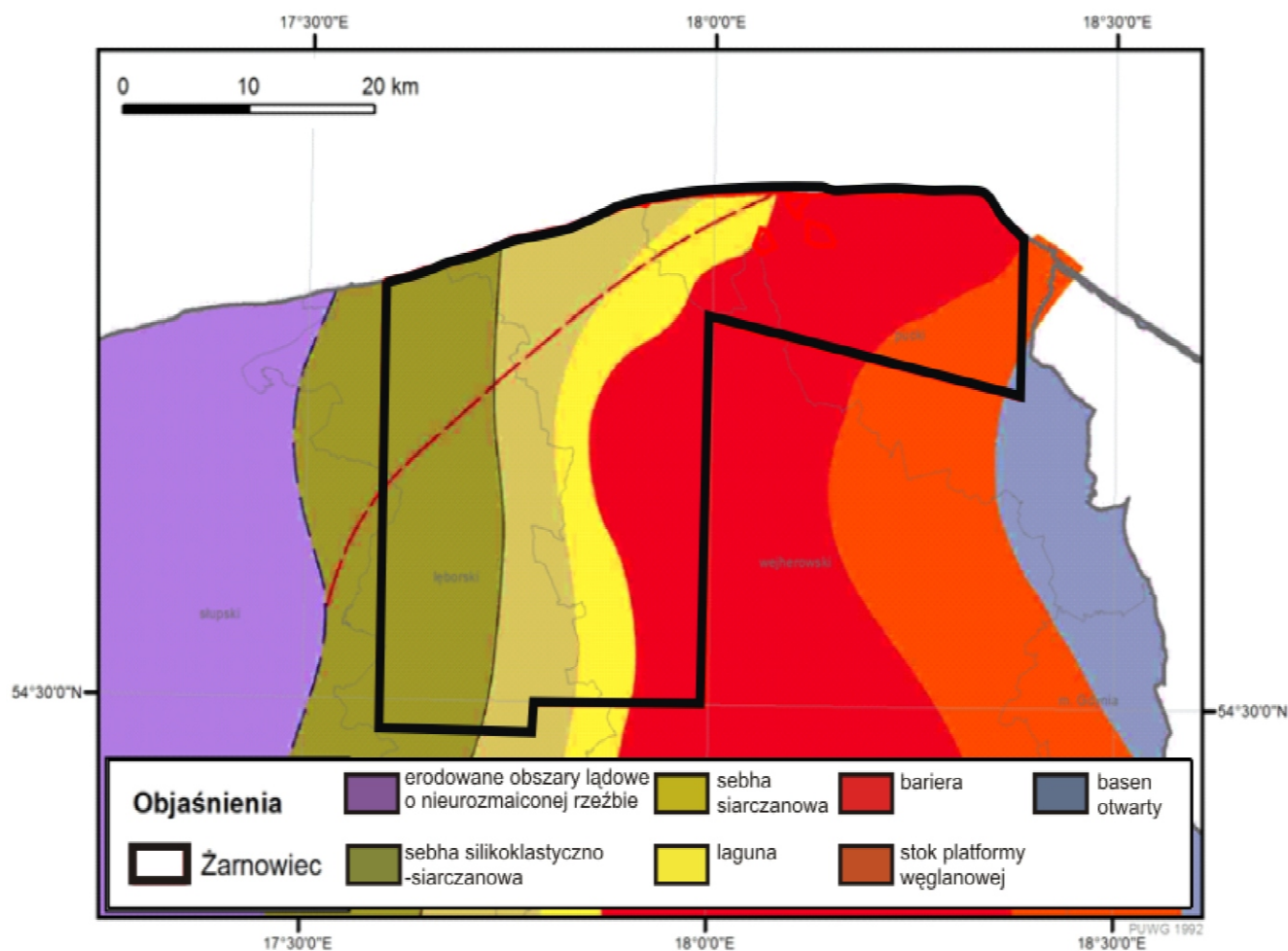


Figura 2.12. Paleogeografia dolomitu głównego (wg Wagnera w: Depowski, 1978; Dadlez i in., 1998).

(faza A – Peryt, 1986a), anhydrytu podstawowego i dolomitu płytowego. W wypadku wapienia cechsztyńskiego ogólny kierunek NW–SE także zaznacza się w rejonie Zatoki Puckiej, choć znacznie słabiej w porównaniu z pozostałymi poziomami. Istnieje także duża zgodność wymienionych kierunków i przebiegu zasięgu anhydrytu głównego (Peryt i in., 1992).

Na zachód od rejonu Zatoki Puckiej następuje zmiana głównego kierunku wpływającego na rozkład facji i miąższości – na zbliżony do południkowego, przy czym w północnej części obszaru jest on wychylony i ma przebieg NNW–SSE. Zmiana z kierunku NNW–SSE na kierunek NE–SW – jeden z dominujących w rejonie Zatoki Puckiej – ma miejsce na południe od Kopalina, co jest szczególnie dobrze zaznaczone podczas depozycji anhydrytu dolnego, najstarszej soli kamiennej i dolomitu głównego (Peryt i in., 1992). Biorąc to pod uwagę oraz obserwowane stosunki facjalne w zachodniej części badanego obszaru można uznać, że zasięg zbiornika cechsztyńskiego nie był odległy od obecnego południowego brzegu Bałtyku o więcej niż 20–30 km.

TRIAS

Obszar Żarnowiec w planie struktur podkenozoicznych położony jest w północno-zachodniej części monokliny mazursko-podlaskiej. Północna granica obszaru położona jest ok. 20–40 km na południe od północnej granicy zasięgu występowania skał triasu. Strop systemu zalega na głębokości między ok. 200–350 m, a jego miąższość waha się w granicach 200–400 m. Pewne jest, że w profilu występują skały triasu dolnego, tworząc co najmniej jego dolne 70%. Stratygrafia najwyższej części profilu, tzw. warstw lęborskich, jest niepewna. Zaliczane są one do jury dolnej (np. Żarnowiec IG 1, CBDG), triasu górnego (np. Darżlubie IG 1; Pieńkowski, 2011) lub triasu dolnego (np. Białogóra 1; CBDG). W północno-zachodniej części obszaru profil triasu zredukowany jest do najniższej części triasu dolnego (formacja bałtycka; CBDG).

Litologiczne wykształcenie profilu jest wyraźnie dwudzielne. Wyższą część o miąższości od 0 w północno-zachodniej części do powyżej 200 m w części wschodniej obszaru stanowią piaskowce z podrzędnymi przewarstwieniami iłowców i mułowców (Szyperko-Śliwczyńska, 1976, 2015; Szyperko-Teller i Pieńkowski, 2011; CBDG). W górnej części przeważają barwy białe i jasnoszare, niżej różowe i czerwone. Dolna część profilu o miąższości zwykle ok. 200 m na całym obszarze tworzą brunatne iłowce i mułowce formacji bałtyckiej z podrzędnymi bardzo cienkimi przewarstwieniami i soczewkami piaskowców i rzadko wapieni oolitowych. Osady deponowane były w środowisku laguny o obniżonym zasoleniu a następnie po regresji w środowisku równi aluwialnej (Iwanow i Kiersnowski, 1998; Iwanow, 1998; Pieńkowski, 2011).

Piaskowce triasu dolnego były opróbowywane jako potencjalne skały zbiornikowe np. w sąsiadującym z obszarem otworze Lębork IG 1, gdzie uzyskano dopływ solanki (Sokołowski i Sokołowski, 2015).

JURA

Na obszarze przetargowym Żarnowiec utwory jurajskie występują jedynie we wschodniej i południowo-wschodniej części obszaru, na wschód od linii wyznaczonej przez otwory Dębki 3 – Żarnowiec 7 – Salino IG 1. Trudno dokładnie ustalić gdzie dokładnie przebiega granica występowania jury w południowej części obszaru. Nie występuje ona w otworach Łebień LE-1, Lębork IG 1 i Lębork S-1. Brak również w tym rejonie linii sejsmicznych na podstawie, których można by sugerować przebieg zasięgu jury. Przypuszczalnie występuje ona na południe od otworu Salino IG 1.

Profil jury jest tu niepełny – obejmuje jedynie wyższą część jury środkowej (baton, kelowej) i najniższą część jury górnej (oksford). W podłożu utworów jurajskich występują skały piaskowcowe wydzielone jako warstwy lęborskie. Prawdopodobnie wiekowo reprezentują one wczesny trias (pstry piaskowiec środkowy) (Szyperko-Teller i Moryc, 1988). Bezpośrednio powyżej utworów jurajskich w profilu występują utwory kredy górnej.

Spąg jury na omawianym obszarze występuje na głębokości od 200–250 m w północnej części obszaru do 300–367 m w części południowej i 431,0 m w otworze Salino IG 1. Strop jury notowano na głębokości od około 150 m w skrajnie północnej jego części oraz w zachodnim rejonie występowania utworów jurajskich, do 200–250 m w części wschodniej i południowej.

Jura dolna

Jury dolnej na obszarze przetargowym Żarnowiec brak.

Jura środkowa

Profil jury środkowej jest typowy dla wschodniego skłonu wyniesienia Łeby (Dadlez i in., 1976). Jej miąższość wynosi od 40 m w rejonie Dębek do około 50 m w rejonie południowym (Salino IG 1, Opalino IG 1) i 70–80 m w rejonie Zdrady i Darżlubia. W tych samych kierunkach profil wyższej jury środkowej jest coraz pełniejszy.

Jura środkowa jest reprezentowana przez silikoklastyczne osady batonu i kelowej. Najniższy kilku-kilkunastometrowy odcinek profilu tworzą piaski i kruche piaskowce zailone, z obfitą siecią roślinną oraz wkładkami ilastymi z morską mikrofauną. Utwory te interpretowane są jako seria lądowa wczesnego i/lub środkowego batonu, z okresowymi wpływami morskimi (Dayczak-Calikowska, 1976).

Wyżej w profilu występują utwory morskie wykształcone w postaci dwóch pakietów iłowcowo-mułowcowych z ooidami żelazistymi, rozdzielonych przez kompleks piaskowców mułowcowych z ooidami żelazistymi oraz przykrytych przez pakiet piaskowców chlorytowych (Dadlez i in., 1976). Utwory te są datowane na górny baton (Smoleń, 2011). Powierzchnia stropowa utworów batonu jest erozyjnie ścięta i wykazuje cechy twardego dna.

Kelowej dolny jest reprezentowany przez piaskowce wapiaste oraz utwory piaskowcowo-mułowcowe kilku-kilkunastometrowej miąższości (Dayczak-Calikowska, 1976, 1982; Ryll, 1986). Kelowej środkowej i górnej tworzą utwory ilasto-mułowcowe w dużej mierze margliste, z wkładkami muszlowców, ooidami żelazistymi oraz konglomeratami syderytycznymi (Feldman-Olszewska, 2011). W stropie pojawia się warstwa piaskowców chlorytowych. Miąższość środkowego i górnego kelowej wynosi od kilku do około 20 m. Utwory te reprezentują dolny odcinek formacji Łyny (Wagner, 2008).

Jura górna

Utwory jury górnej występują na południe i południowo-wschód od linii wyznaczonej przez wiercenia Tupadła IG 1 – Czarny Młyn IG 2 – Sławoszyńko ONZ 1 – Liszewo ONZ 1 – Opalino IG 1. Początkowo są to jedynie utwory najniższego oksfordu o miąższości kilku metrów. Ku południowemu wschodowi pojawiają się stopniowo utwory coraz młodsze – środkowego, a następnie górnego oksfordu. Te ostatnie występują w skrajnie SE rogu analizowanego obszaru (na SE od linii Sważewo IG 2–Gnieźdźewo IG 1–Zdrada IG 2). Maksymalna miąższość jury górnej wynosi 42,0 m w otworze Darżlubie IG 1 (Feldman-Olszewska, 2011).

Najniższy odcinek profilu tworzą iłowce i mułowce, ku górze przechodzące w mułowce piaszczyste i piaskowce zailone. Utwory te tworzą górny odcinek formacji Łyny. Są to utwory

charakterystyczne dla całego obszaru syneklizy perybałtyckiej (Dadlez i in., 1976). Mikrofauna otwornicowa datuje je na dolny oksford (Smoleń, 2011).

Wyższy odcinek profilu w zbudowany jest z wapieni piaszczystych z ooidami oraz wapieni organodetrytycznych ze szczątkami koralów, małży i ramienionogów (Feldman-Olszewska, 2011). Utwory te reprezentują Formację Brdy wieku środkowej i górnej oksford (Dembowska, 1979). Niekiedy pomiędzy drobnoziarnistymi utworami formacji Łyny i wapieniami Formacji Brdy, można wyróżnić pakiet piaszczystych chlorytowo-żelazistych zielonej barwy, charakteryzujących formację Chociwła (Niemczycka, 1986).

Utwory oksfordu są erozyjnie ścięte i przykryte bezpośrednio przez cenomańskie utwory ilasto-mułowcowe z glaukonitem.

KREDA

Obszar „Żarnowiec” zlokalizowany jest w obrębie jednostki strukturalno-tektonicznej jaką jest wyniesienie Łeby (w obrębie monokliny mazursko-podlaskiej). Na obszarze tym występują wyłącznie skały kredy górnej. Leżą one na skałach triasu (na zachodzie) lub jury środkowej, a w części wschodniej na skałach jury górnej (oksfodu), zatem luka stratygraficzna jest tu znaczna (Marek i Pajchłowa, 1997).

Mięszość utworów kredy waha się w granicach od 0 m lokalnie w północnej części do prawie 300 m na południu obszaru przetargowego. Wzrost mięszości następuje generalnie od północy ku południowi.

Kreda górna reprezentowana jest przez piętra począwszy od cenomanu po kampan (Tab. 2.1). Jednakże na prawie całym obszarze występuje jedynie cenoman. Utworów turonu-koniaku dolnego brak w części północno-wschodniej. Koniak górny ma jeszcze mniejszy zasięg, ograniczony do części zachodniej i południowo-zachodniej obszaru przetargowego. Santon występuje wyłącznie na południe od otworu Białogarda IG 1. Utwory kampanu mają przekraczający zasięg w stosunku do santonu i występują dalej ku północy. Mastrychtu nie stwierdza się na tym obszarze. Górna granica kredy ma wszędzie charakter erozyjny.

Skały kredy na omawianym obszarze są bardzo ubogie w skamieniałości, a szczególnie dotyczy to makrofauny. Jednakże znaczna ilość otworów wierniczych na obszarze przetargowym w szczególności w jego północnej i północno-wschodniej części, umożliwiła wyznaczenie granic chronostratygraficznych na podstawie korelacji pomiędzy otworami, opierając się przede wszystkim na podobieństwach litologicznych i mięszościowych oraz charakterystyce petrofizycznej skał,

przy wsparciu badań makro- i mikrofaunistycznych, przede wszystkim otwornic i inoceramów.

Na obszarze przetargowym Żarnowiec w późnej kredzie miała miejsce sedimentacja utworów silikoklastycznych, silikoklastyczno-węglanowych i węglanowo-krzemionkowych (gezy) deponowanych na szelfie w marginalnej strefie epikontynentalnego basenu morskiego zdominowanej przez znaczną dostawę materiału klastycznego z północy i północnego wschodu z obszaru ładu tarczy bałtyckiej (Leszczyński, 2010).

Profil górnej kredy rozpoczynają utwory cenomanu osiągające mięszość do około 72 metrów. Profil budują szarozielone piaski kwarcowo-glaukonitowe na ogół drobnoziarniste oraz mułki piaszczyste i glaukonitowe, zawierające konkretne fosforytowe, przede wszystkim w spagu.

Turon – koniak dolny ma mięszość od 0 do około 90 metrów i występuje na większości obszaru poza częścią północno-wschodnią. Interwał ten reprezentowany jest przez ciemnoszare i szarozielone ilowce margliste, mułowce, mułki ilaste i ilowce mułowcowe, oraz mułowce i mułki piaszczyste. Skały te zawierają glaukonit i mikę. W części wschodniej prawdopodobnie występuje tylko niższy turon reprezentowany w przewadze przez ilowce. W najwyższej części profilu w rejonie południowo-zachodnim i południowym (na S od otworu Białogarda IG 1) prawdopodobnie pojawia się także seria piaszczysta i piaszczysto-mułowcowa o mięszości do nieco powyżej 30 metrów.

Koniak górny osiąga mięszość do około 30 m. Utwory te mają zdecydowanie mniejszy zasięg niż turon-koniak dolny i występują jedynie w części zachodniej i południowo-zachodniej. Profil budują piaski kwarcowe bardzo drobnoziarniste, margliste, mulaste z glaukonitem i miką, szare i szarozielone.

Santon ma mięszość do około 40 m i występuje wyłącznie na południe od otworu Białogarda IG 1. Profil jest kontynuacją niżej leżących utworów; są to piaski kwarcowo-glaukonitowe drobnoziarniste, szarozielone z nieznaczną zawartością węgla- nu wapnia.

Kampan o mięszości do około 100 m ma przekraczający zasięg w stosunku do santonu i występuje w otworach Białogarda IG 1 i Salino IG 1 i na południe od nich, a także w otworze Połczyno IG 1 gdzie kampan spoczywa na niższym turonie. W spagu są to piaszczyste i piaski kwarcowo-glaukonitowe drobnoziarniste i mułowcowe o spoiwie marglistym, z miką, szare i szarozielone. W górnej części profilu otworu Białogarda IG 1 występują gezy szare z czertami oraz cienka warstwa margli w stropie.

Chrono- stratygrafia	Otwór wierniczy				
	Białogarda IG 1	Salino IG 1	Kopalino IG 1	Żarnowiec IG 1	Połczyno IG 1
Kampan	43	9,5	-	-	6,5
Santon	-	-	-	-	-
Koniak górny	27	-	-	-	-
Koniak dolny – turon	90	65	25	-	25
Cenoman	61	63	72	54	70
Kreda górna	221	137,5	97	54	101,5

Tabela 2.1. Porównanie mięszości (w metrach) pięter kredy górnej w otworach Białogarda IG 1, Salino IG 1, Kopalino IG 1, Żarnowiec IG 1 i Połczyno IG 1.

W obrębie sekwencji górnokredowej obszaru przetargowego Żarnowiec nie stwierdza się istnienia tektoniki nieciągłej. Upady warstw są bliskie 0°.

W rejonie otworów Dębki występuje głęboko wcięta dolina reliefu powierzchni podkenozoicznej gdzie erozja usunęła utwory górnej kredy.

KENOZOIK

Paleogen

Na obszarze Żarnowiec występują osady paleogenu (eocen, oligocen) oraz osady neogenu – miocen. Profil stratygraficzny nie jest jednak ciągły i zawiera kilka istotnych luk stratygraficznych. Najpełniejszy profil tych osadów występuje w południowo-zachodniej części obszaru, leżącej najbliżej osi synklinorium pomorskiego.

Eocen

Formacja pomorska. Najstarszymi osadami paleogenu występującymi w rejonie Żarnowiec są osady górnego eocenu. Utwory te należą do ogniwa mioszyńskiego dolnego i ogniwa mioszyńskiego górnego formacji pomorskiej i obejmują najwyższą część eocenu środkowego (barton) i eocen górny (priabon). Występują one niemal na całym omawianym obszarze (Grabowska i Ważyńska, 1997) i zalegają niezgodnie na różnych ogniwach kredy górnej od cenomanu po mastrycht. W spagu tych utworów występuje znaczna luka stratygraficzna obejmująca najwyższą część kredy górnej, cały paleocen oraz eocen dolny i niższą część eocenu środkowego. Utwory formacji pomorskiej są wykształcone w płytkomorskich facjach szelfowych. W najniższej części są to osady transgresyjne, których powstanie jest związane z transgresją wyższego eocenu postępująca od północnego zachodu, jednak główna część profilu jest wykształcona w facji regresywnej i wskazuje na spływanie zbiornika sedimentacyjnego (Kasiński i Kramarska, 2008). W spagu utwory ogniwa mioszyńskiego dolnego występuje warstwa piasku glaukonitowo-kwarcowego, zielonego, ze żwirem kwarcowo-fosforytowym. Wyżej leżą piaski glaukonitowo-kwarcowe, drobnoziarniste, szarozielone oraz mułowce muskowitowo-kwarcowe, słabo zwięzłe, wapniste, z liczną ichnofauną, mikrofauną otwornicową i fitoplanktonem morskim (Piwocki, 2004). Ogniwo mioszyńskie górne reprezentują mułowce piaszczyste i ilaste, lokalnie słabo wapniste, szarobrunatne i szarozielone, z domieszką muskowitu i glaukonitu oraz ziarnami bursztynu. Występuje w nich dość powszechnie ichnofauna, nieoznaczalne skorupki mięczaków i szczątki ryb, a także mikrofauna otwornicowa i plankton roślinny górnego eocenu. Miąższość formacji pomorskiej (a zarazem całego eocenu) wynosi zazwyczaj około 20 m, osiagając maksymalnie 50 m.

Oligocen

Formacja mosińska dolna. Morskie osady formacji mosińskiej dolnej (oligocen dolny – część dolna) występują jedynie w południowej części rejonu, gdzie leżą niezgodnie na osadach formacji pomorskiej. Są one wykształcone w postaci piasków glaukonitowo-kwarcowych, różnoziarnistych, z drobnymi konglomeratami pirytowymi i fosforytowymi. W części wschodniej ku stropowi osady te przechodzą w muskowitowo-glaukonitowo-kwarcowe mułki piaszczyste i ilaste, jasnozielone. Miąższość osadów formacji mosińskiej dolnej wynosi 15–16 m.

Formacja czempińska. Utwory formacji czempińskiej (oligocen dolny – część środkowa) w przeważającej części rejonu leżą dyskordantnie na młodszych ogniwach kredy; w ich spagu występuje luka stratygraficzna obejmująca formację

mosińską dolną. W południowej części rejonu utwory te leżą zgodnie na utworach formacji mosińskiej dolnej. Utwory te powstały w środowisku brakicznym (osady lagunowe, estuarowe i pływowe) i lądowym (osady limnotelmacyjne i aluwialne) w wyniku regresji morza dolnooligocenckiego (Piwocki i Kasiński, 1995). Na omawianym obszarze utwory formacji czempińskiej są reprezentowane przez serię ilowców i mułowców piaszczystych, zwykle laminowanych horyzontalnie, często zawęglonych lub węglistych, miejscami przewarstwionych piaskiem drobnoziarnistym. W utworach tych występują przeławienia i cienkie wkładki węgla brunatnego, stanowiące ekwiwalent sedimentacyjny V czempińskiego pokładu węgla brunatnego występującego na Niżu Polskim. W północnej części rejonu formacja czempińska ma charakter dwudzielny: w dolnej części występują piaski kwarcowe drobno- i średnioziarniste, z laminami i cienkimi wkładkami piasku kwarcowego gruboziarnistego, mułku i łu ciemnobrunatnego laminowanego horyzontalnie mułkiem muskowitowo-kwarcowym, oliwkowym, a w wyższej części profilu – mułki (podrzednie ility), mułki piaszczyste i piaski kwarcowe bardzo drobnoziarniste, mułkowate, szaro-zielone lub brunatne, z bardzo drobnymi blaszkami muskowitu i z cienkimi przeławieniami mułku węglistego, czarnego. W mułkach występuje fitoplankton brakiczny. W rejonie Choczewa w przystopowej części tego ognia przewiercono uwęglony pień drzewa o średnicy 25 cm. Miąższość utworów formacji czempińskiej wynosi około 10 m.

Formacja mosińska górna. Utwory formacji mosińskiej górnej (oligocen dolny – część górna) powstały w wyniku kolejnej ingresji morskiej. Osady te występują na północy i na zachodzie omawianego obszaru, gdzie spoczywają dyskordantnie na utworach formacji czempińskiej. Utwory formacji mosińskiej górnej są reprezentowane przez ilowce, mułowce i piaski glaukonitowo-kwarcowe, drobnoziarniste i mułkowate. We wschodniej części rejonu występuje zespół piasków kwarcowych różnoziarnistych ze żwirem kwarcowym i domieszką glaukonitu, w spagu przechodzących w mułki ilaste i mułki piaszczyste z grubymi ziarnami kwarcu. W osadach spotykane są ośrodki otwornic i morski fitoplankton (Kramarska i in., 2015). W południowej części rejonu dolną część formacji budują utwory mułkowo-piaszczyste rytmicznie warstwowane, miejscami zbioturbowane, z przewarstwieniami piaszczystymi, zwłaszcza w spagu. Utwory te zawierają laminy węgliste z obfitym muskowitem na powierzchniach, wkładki detrytus roślinny i okruchy ksyliku. Występują trzy poziomy węgla ksylikowego grubości do kilkunastu centymetrów. Środkowa część formacji czempińskiej jest mułkowo-ilasta, w spagu z warstwą piasków różnoziarnistych ze żwirem kwarcowym, z wkładką węgla brunatnego z ksylikami grubości około 20 cm. silnie zbioturbowane. Górna część formacji jest reprezentowana przez serię piaszczystą o ziarnie malejącym ku górze. Miejscami, zwłaszcza w odcinku przystopowym, występują wkładki piasków mułkowatych z pyłem węglowym, najczęściej zbioturbowanych. Zredukowany profil formacji mosińskiej górnej występuje w rejonie Wejherowa. W spagu występuje tam transgresyjna warstwa piasków kwarcowych, drobnoziarnistych, mułkowatych, ciemnozielonych, silnie wapnistych, z drobnym żwirkiem kwarcowym i konglomeratami fosforytowymi o rozmiarach do 10 mm. Miąższość warstwy wynosi 1,5–2,0 m. Miąższość utworów formacji mosińskiej górnej waha się w granicach 1,5–65 m.

Miocen

Utwory miocenu występują na całym omawianym obszarze z wyjątkiem stref rozmyć erozyjnych o charakterze rynien subglacialnych, gdzie zostały usunięte przez erozję czwartorzędową.

Formacja gorzowska. Formacja gorzowska występuje jedynie w południowo-zachodniej części rejonu, gdzie leży niezgodnie na utworach paleogenu i młodszych ogniwach kredy górnej – luka stratygraficzna w jej spągu obejmuje cały oligocen górny. Formacja gorzowska ma charakter lądowy i jest zbudowana głównie z osadów piaszczystych o różnej frakcji. W osadach jest spotykany uwęglony detrytus roślinny. W południowo-wschodniej części rejonu formacja gorzowska ma charakter dwudzielny. W dolnej części występują piaski kwarcowe drobnoziarniste, jasnoszare, z muskowitem i z warstewką żwiru kwarcowego w spągu. Górną część to rytmit mułku piaszczystego i mułku. Miąższość utworów formacji gorzowskiej jest niewielka i nie przekracza 6 m.

Formacja krajeńska. Formacja krajeńska obejmuje utwory lądowe. W centralnej części omawianego obszaru jest ona wykształcona w postaci piasków muskowitowo-kwarcowych, drobnoziarnistych, mułkowatych, jasnoszarych lub białych laminowanych horyzontalnie piaskiem zawęglonym, z rozproszonym uwęglonym detrytusem roślinnym; w części przystrojonej utwory te są wapniste. Wśród piasków występują przewarstwienia mułków i ilów brunatnych laminowanych horyzontalnie mułkiem szarymi i nieliczne wkładki piasków muskowitowo-kwarcowych, średnioziarnistych o miąższości kilku dziesięciu centymetrów.

W południowo-wschodniej części rejonu są to piaski gruboziarniste z pyłem węglowym. W spągu formacji występuje granica erozyjna podkreślona koncentracją żwiru kwarcowego, choć nie stwierdzono tu występowania większej luki stratygraficznej.

Utwory formacji krajeńskiej występują także powszechnie w odsłonięciach klifowych w rejonie Chłapowa i Jastrzębiej Góry w północno-zachodniej części rejonu (Rudowski, 1965). Są one tam wykształcone w postaci piasków o różnej granulacji oraz mułków i ilów, często zawęglonych lub węglistych z przeławieniami i cienkimi pokładami węgla brunatnego (Osijek, 1979). Główny pokład, którego największa stwierdzona miąższość to 1,3 m w rejonie Chłapowa (Marzec i Woźny, 1972) stanowi ekwiwalent sedymantacyjny II pokładu łużyckiego. W utworach formacji krajeńskiej występują także pnie drzew o różnym stopniu uwęglenia, liczne ksylicy i bogata flora szyszek drzew iglastych. Miąższość utworów formacji krajeńskiej waha się w granicach 3,8–47,0 m.

Formacja adamowska. Utwory formacji adamowskiej miocenu zalegają zgodnie na utworach formacji krajeńskiej. Są to utwory lądowe reprezentowane przez piaski kwarcowe i kwarcowo-muskowitowe drobno- i średnioziarniste, miejscami z przewarstwieniami piasków różnoziarnistych ze żwirkiem kwarcowym. W północnej części rejonu W części przyspagowej występuje tam warstwa piasków kwarcowych średnio- i gruboziarnistych, wyżej zalegają piaski kwarcowe drobnoziarniste, mułki muskowitowo-kwarcowe, jasnoszare i iły. W tym odcinku występują dwie warstwy węgla brunatnego o miąższości 0,6 i 0,2 m. Miejscami (jak w rejonie Sławoszyna) cały profil formacji adamowskiej jest wykształcony w postaci mułków węglistych czarnych, laminowanych horyzontalnie mułkami muskowitowo-kwarcowymi, piaszczystymi, z wkładkami mułków ilastych. W południowo-zachodniej części rejonu profil formacji adamowskiej składa się z trzech serii mułkowo-piaszczystych bądź mułkowo-ilastych, przedzielonych seriami piaszczystymi o ziarnie malejącym ku górze. Osady te są silnie zawęglone: powszechnie jest występowanie pyłu węglowego oraz wkładek i klastów ilów/mułków węglistych. W środkowej części formacji występuje pokład węgla grubości 1 m, stanowiący ekwiwalent stratygraficzny IIA pokładu lubińskiego (Osijek, 1979). Utwory formacji adamowskiej są

także powszechne w odsłonięciach klifowych w rejonie Chłapowa i Jastrzębiej Góry w północno-zachodniej części rejonu (Rudowski, 1965). Są one tam wykształcone w postaci piasków drobnoziarnistych często zawęglonych lub węglistych z przeławieniami węgla brunatnego. Miąższość formacji adamowskiej jest bardzo zmienna, co związane jest z intensywną, ale nierównomierną erozją czwartorzędową. Pierwotna miąższość tych osadów została znacznie zredukowana lub rozcięta głębokimi rozmyciami, głównie o charakterze rynien, rozwiniętych w znacznej części na starszych założeniach tektonicznych, głównie o orientacji S–N, a we wschodniej części rejonu także SSW–NNE. Miejscami intensywna erozja doprowadziła do usunięcia osadów mioceńskich w całości lub niemal w całości, zachowując jedynie niewielkie płyty o charakterze ostańców erozyjnych.

Formacja z Łęczyc. Na omawianym terenie nie występują osady formacji poznańskiej, jednak w otworze Łęczycy-Tr koło Łęborka i pobliskim odsłonięciu, znajdującym się w skarpie pradoliny Łeby-Redy stwierdzono występowanie jej ekwiwalentu stratygraficznego (górny miocen i najniższy pliocen), wykształconego w odmiennych facjach (Kramarska i in., 2015), nieformalnie określonego jako formacja z Łęczyc. Osady te mają po części charakter osadów płytkiego zbiornika morskiego. W dolnej części profil formacji z Łęczyc jest reprezentowany przez piaski kwarcowe drobnoziarniste z przewarstwieniami mułkowo-piaszczystymi i mułkowo-ilastymi – w stropie odcinka o charakterze gleby kopalnej. Wyżej leżą dwa pakiety kwarcowych piasków kwarcowych drobno- i średnioziarnistych rozpoczynające się materiałem grubookruchowym ze żwirem kwarcowym i klastami ilastymi. Osady te są miejscami smugowane substancją węglistą i zawierają obfitą ichnofaunę z poziomami dużych bioturbacji. Górną część profilu tworzą piaski kwarcowe drobnoziarniste z przewarstwieniami mułkowo-piaszczystymi i mułkowo-ilastymi, w stropie o charakterze gleby kopalnej. Osady formacji z Łęczyc zostały zachowane w formie ostańca erozyjnego, a ich miąższość wynosi 15,5 m.

Formacja gozdnicka. Formacja gozdnicka (pliocen górny) leży niezgodnie na osadach formacji adamowskiej i formacji z Łęczyc a jej powierzchnia spągowa ma charakter erozyjny. Luka stratygraficzna w spągu obejmuje co najmniej środkową część pliocenu. Formację gozdnicką budują trzy pakiety kwarcowych piasków drobno- i średnioziarnistych rozpoczynające się materiałem grubookruchowym ze żwirem kwarcowym. W spągu najwyższego pakietu występują ponadto klasty ilaste. Osady formacji gozdnickiej zostały zachowane wyłącznie w formie izolowanych płatów – ostańców erozyjnych o niewielkiej miąższości do 3 m.

CZWARTORZĘD

Utwory czwartorzędu na obszarze przetargowym mają typowe dla Polski północnej wykształcenie litofacjalne i miąższościowe. Czwartorzęd w otworze Żarnowiec IG 1 przewiercono bezrzedniowo; ma on miąższość 90,0 m i wykształcony jest jako utwory piaszczyste, prawdopodobnie fluwioglacjalne oraz glina zwałowa.

2.3. TEKTONIKA

W pokrywie osadowej zalegającej na krystalicznym podłożu, wyróżnić można dwa główne piętra strukturalne: dolnopaleozoiczne i permomezozoiczne. Piętra rozdzielone są regionalną powierzchnią niezgodności kątowej i stratygraficznej, związanej z intensywną przebudową tektoniczną w trakcie ruchów waryscyjskich.

Dolnopaleozoiczne piętro strukturalne zbudowane jest z osadów kambru, ordowiku i syluru. Wyniesienie Łeby, na którym znajduje się analizowany obszar charakteryzuje się blokowym charakterem budowy tektonicznej. W północnej części analizowanego obszaru, która jest lepiej rozpoznana, występuje szereg stref uskokowych o przebiegu NW–SE oraz W–E, rozcinających osady niższego paleozoiku (Fig. 2.13). Część rozpoznanych dyslokacji rozcina jedynie osady kambru i ordowiku, kontynuując się wyżej w utworach sylurskich jako fleksury naduskokowe.

Jedną z głównych dyslokacji jest uskok w rejonie Żarnowca mający charakter uskoku odwróconego, któremu lokalnie towarzyszy druga dyslokacja łącząca się prawdopodobnie głębiej z główną powierzchnią uskoku. W północnym, podniesionym skrzydle tej strefy uskoku znajdują się złoża węglowodorów Dębki, Żarnowiec i Białogóra.

Południowa część obszaru jest nadal słabo rozpoznana pod kątem strukturalnym, jednak z pewnością występują tam dyslokacje o czym świadczą wyniki regionalnego profilu sejsmicznego wykonanego w ramach głębokich badań sejsmicznych PolandSPAN (Fig. 2.14). Na profilu sejsmicznym widoczne są liczne strefy uskoku rozcinające utwory niższego paleozoiku i w większości wygasające w górnej części osadów sylurskich (Mazur i in., 2016). Ich powstanie można wiązać z uginaniem się płyty przedpola w czasie kolizji kaledońskiej. Nieliczne dyslokacje widoczne na tym profilu przecinają osady cechsztynu i kontynuują się w obrębie osadów mezozoicznych (Fig. 2.14), co świadczy prawdopodobnie o reaktywacji starszych stref uskoku w trakcie triasowo-jurajskiej ekstensji lub inwersji basenu na przełomie kredy i paleogenu.

Utwory permo-mezozoicznego piętra strukturalnego są znacznie słabiej zaangażowane tektonicznie, od niżej leżących

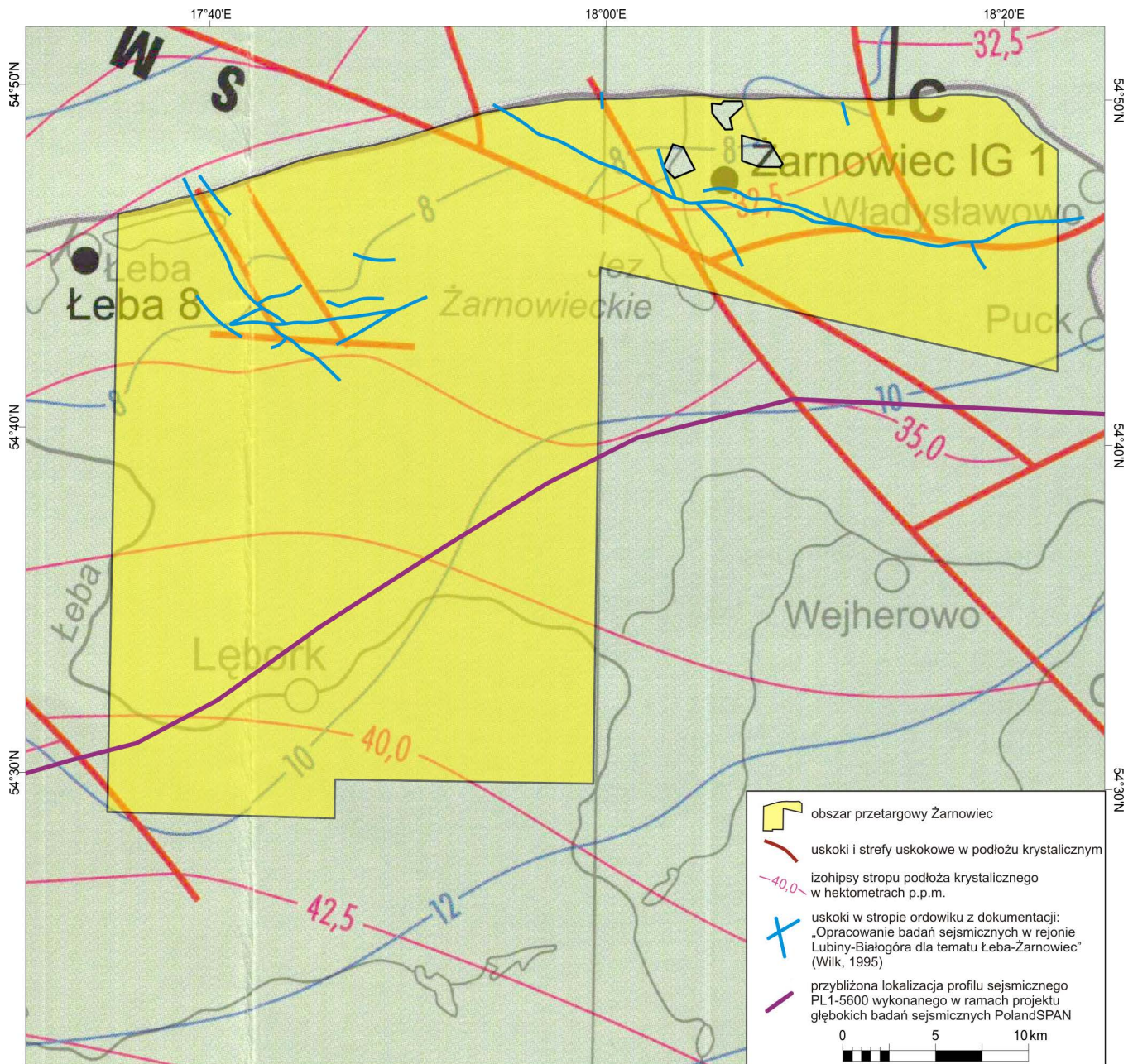


Figura 2.13. Fragment mapy geologicznej zachodniej i centralnej części obniżenia bałtyckiego bez utworów permu i młodszych (Pokorski i Modliński, 2005).

znajduje się Jezioro Żarnowieckie (Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2010).

Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych wód podziemnych wg jednostek hydrogeologicznych obszar przetargowy Żarnowiec znajduje się w prowincji niżowej, regionie pomorskim III, subregionie nadmorskim III1 (Paczyński, 2007). Zgodnie z podziałem wg jednostek Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) obszar znajduje się w prowincji wybrzeża i pobraża Bałtyku, regionie wschodniopomorskim RWP (Paczyński, 2007).

Zgodnie z podziałem na JCWPd (172 jednostki) teren obszaru przetargowego znajduje się na obszarze następujących części: 11, 12 i 13 (Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej, 2009).

Całość omawianego obszaru objęta została pracami kartograficznymi w ramach realizacji następujących arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski (MhP) w skali 1:50 000: Łeba 0003 (Lidzbarski, 2000a), Choczewo 0004 (Lidzbarski, 2000b), Sławoszyno 0005 (Sierżęga i Chmielowska, 2000); Puck 0006 (Frączek, 1998), Lębork 0012 (Lidzbarski i Pruszkowska, 1997), Łęczyce 0013 (Prussak, 1998), Czarna Dąbrówka 0023 (Prussak, 2000a) i Sierakowice 0024 (Prussak, 2000b).

Główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW), odnoszący się wyłącznie do wód zwykłych, czyli słodkich, wyznaczony został, zgodnie z kryteriami przyjętymi dla MhP w skali 1:50 000, prawie dla całości obszaru przetargowego Żarnowiec. GUPW nie ma jednak charakteru ciągłego – zasięg poszczególnych poziomów wodonośnych związany jest przede wszystkim od zasięgu kolejnych złodowaceń – północno-, środkowo- i południowopolskiego oraz utworów neogenu i paleogenu. Lokalnie, w sąsiedztwie jeziora Żarnowieckiego i jeziora Sarbsko oraz na Półwyspie Helskim, wyznaczone zostały obszary bezwodne. Wszystkie utwory wodonośne cechują się piętrowością oraz dużą zmiennością występowania i litologii, co powoduje silne zróżnicowanie właściwości hydrogeologicznych.

Czwartorzędowe piętro wodonośne budują utwory występujące na wysoczyźnie, na terenach międzymorenowych i na nizinie nadmorskiej. Na obszarach wysoczyznowych, w utworach holocenu i plejstocenu związanych z utworami akumulacji wodnolodowcowej, rzecznej i morskiej, lokalnie łączącymi się bezpośrednio z wodonośnymi osadami serii pradoliny. Rozpoznano dwa do trzech poziomów wodonośnych: górny, środkowy i dolny. Poziom górny budują piaski i żwiry złodowacenia wisły oraz lokalnie piaski holocenijskie. Występują w nim dwie nieciągłe warstwy wodonośne o miąższości od 10 do 40 metrów. Współczynnik filtracji waha się w przedziale 0,036 – 8,3 [m/h], a wodoprzewodność wynosi od 0,6 do 11,2 [m²/h] (Lidzbarski i in., 2007). Poziom środkowy tworzą piaski żwiry złodowaceń środkowopolskich, w których występują dwie warstwy wodonośne o nieciągłym rozprzestrzenieniu i miąższości od kilku do 30 metrów. Współczynnik filtracji waha się w przedziale 0,01–6,3 [m/h], a wodoprzewodność wynosi od 0,2 do 3,5 [m²/h] (Lidzbarski i in., 2007). Poziom dolny występuje jedynie lokalnie w głęboko wciętych w podłoże podczwartorzędowe dolinach kopalnych. Wyróżnia się tu jedną lub dwie warstwy wodonośne o przeciętnej miąższości około 20 metrów. Współczynnik filtracji wynosi 0,1–0,7 [m/h], natomiast wodoprzewodność zmienia się w zakresie od 0,5 do 7,1 [m²/h] (Pruszkowska, 2004).

W południowo-zachodniej części obszaru przetargowego Żarnowiec występuje zachodni i środkowy fragment struktury pradoliny Redy-Łeby, w którym poziomy wodonośny górny i środkowy łączą się i leżą niezgodnie w stosunku do przyległych wyżyn. Poziom wodonośny budują tu zawadnione piaski różnoziarniste i lokalnie żwiry złodowacenia północnopolskiego, o

miąższości około 30–50 metrów. W strefie krawędziowej kontaktują się one bezpośrednio z wodonośnymi utworami wysoczyznowymi i tworzą jeden kompleks wodonośny o znacznej miąższości (Lidzbarski i in., 2007). Połączone poziomy wodonośne nadbudowane są wodnolodowcowymi utworami serii pradolinnej, stanowiącej jeden kompleks wodonośny o miąższości do około 90 metrów, charakteryzujące się zwierciadłem swobodnym, lokalnie lekko napiętym, występującym na głębokości 0,5–10 [m p.p.t.]. Cechują go wysokie wartości parametrów hydrogeologicznych, tj.: współczynnik filtracji od 0,83 do 4,3 [m/h], wodoprzewodność od 20,8 do 125 [m²/h], a wydajność eksploatacyjna pojedynczych studni przekracza 90 [m³/h] (Lidzbarski i in., 2007).

Zasadnicze znaczenie dla występowania wód zwykłych na obszar przetargowy Żarnowiec ma poziom międzymorenowy, tworzący jeden kompleks wodonośny, w którym wody podziemne występują w ścisłej więzi hydraulicznej. Lokalnie poziom ten zalega bezpośrednio na wodonośnych utworach miocenu stanowiąc jeden wspólny poziom wodonośny (Kordalski i Lidzbarski, 2000).

Na nizinach nadmorskich występuje górny poziom wodonośny, który łączy się z zawadnionymi piaskami holocenu tworząc jeden wspólny kompleks wodonośny. Charakteryzuje się on swobodnym zwierciadłem wód podziemnych zalegającym na rzędnej około 2 [m n.p.m.]. Utwory te są często przykryte warstwą namulów i torfów o miąższości około 1 metra (Lidzbarski i in., 2007).

Wody podziemne zasilane są przez infiltrację wód pochodzących z opadów atmosferycznych na obszarach wysoczyznowych. Drenaż warstw wodonośnych piętra czwartorzędowego, ale także starszych pięter, odbywa się głównie ku północy – do Morza Bałtyckiego, oraz lokalnie w kierunku większych rzek obszaru – Łupawy i Łeby i ku pradolinie Redy-Łeby.

W północno-wschodniej części obszaru przetargowego Żarnowiec występuje północny fragment struktury rynny jeziora Żarnowieckiego. Rozpoznano tu dwie warstwy wodonośne – górną i dolną (Sierżęga i Chmielowska, 2000). Bezpośrednio na powierzchni terenu występuje warstwa górną, którą budują plejstocenijskie piaski jeziorne i osady stożków napływowych. Lokalnie warstwa jest izolowana nadkładem torfów. Warstwa dolna występuje w spągowej części rynny na głębokości około 70–93 [m p.p.t.] i zalega na glinach zwałowych. Obie warstwy rozdzielają osady eemskich mułów i ilów (Sierżęga i Chmielowska, 2000).

Wody podziemne czwartorzędowego piętra wodonośnego to w większości wody średnio twarde, a podwyższone stężenia chlorków występują tylko lokalnie, zwłaszcza w strefie brzegowej Bałtyku (Lidzbarski i in., 2007). Dominujący typ chemiczny wody to dwujonowy HCO₃ – Ca, a jedynie lokalnie trójjonowy HCO₃ – Ca – Mg, HCO₃ – Ca – SO₄ i HCO₃ – Cl – Ca. Wody występujące w obniżeniach nadmorskich charakteryzują się wysokimi zawartościami żelaza i manganu. Związki azotu występują na ogół w niewielkich stężeniach. Mineralizacja ogólna zazwyczaj nie przekracza 600 [mg/l], lokalnie w górnym poziomie osiągając wartości około 900 [mg/l] (Lidzbarski i in., 2007). Zasolenie wód podziemnych (wszystkich pięter wodonośnych), występujące w strefie brzegowej, może być spowodowane przez trzy niezależne czynniki: ascenzję wód z głębszego podłoża, występowanie tzw. wód „młodoreliktowych” związanych z ewolucją linii brzegowej południowego Bałtyku, a także ingresją wód morskich (Kozerski i Pruszkowska, 1996).

Neogeńskie i paleogeńskie piętra wodonośne, na obszarze przetargowym Żarnowiec, nie występują w sposób ciągły i zostały rozpoznane wierceniami jedynie lokalnie. W piętrze neogeńskim występują dwa poziomy wodonośne związane z mioceńskimi piaskami drobnoziarnistymi o

miąższości do około 40 metrów (Lidzbarski i in., 2007). Poziom dolny występuje na głębokości 0–75 [m p.p.t.], a górny został stwierdzony lokalnie w elewacjach podłoża plejstoceńskiego, na rzędnych 60–100 [m n.p.m.] (Lidzbarski i in., 2007). Górny występuje lokalnie na elewacjach podłoża plejstoceńskiego, na rzędnych od około 60 do około 100 [m n.p.m.]. Wartości parametrów hydrogeologicznych są bardzo podobne dla obu poziomów: wartość współczynnika filtracji waha się od 0,01 do około 2,0 [m/h], a wodoprzewodności od 0,1 do 16 [m²/h] (Lidzbarski i in., 2007).

W osadach paleogenu rozpoznany został jeden poziom wodonośny, który budują drobnoziarniste piaski glaukonitowe oligocenu. Najczęściej zalega on na rzędnych od około -80 do około -40 [m n.p.m.], a jego miąższość waha się od 10 do 25 metrów (Lidzbarski i in., 2007). Wartości współczynnika filtracji wynoszą od około 0,005 do około 1,5 [m/h], a wodoprzewodności od około 1 do około 29 [m²/h] (Lidzbarski i Kordalski, 2003).

Skład chemiczny i jakość wód podziemnych pięter neogeńskiego i paleogeńskiego są bardzo podobne. Są to wody typu chemicznego dwujonowego dwujonowy HCO₃ – Ca, o niskiej mineralizacji ogólnej do około 400 [mg/l] oraz niskiej do średniej twardości ogólnej (Lidzbarski i in., 2007). Związki azotu spotykane są lokalnie w ilościach śladowych, za wyjątkiem jonu amonowego, ale podwyższone stężenia chlorków zostały wykryte w strefie nadmorskiej – w rejonie jeziora Gardno do 1 012 [mg/l] i jeziora Łebsko do 3 160 [mg/l] (Lidzbarski i in., 2007).

Wodonośność utworów starszych niż neogeńskie nie została wystarczająco dobrze rozpoznana w obrębie obszaru przetargowego Żarnowiec.

W granicach obszaru przetargowego Żarnowiec, w części północnej, występują dwa niewielkie powierzchniowo główne zbiorniki wód podziemnych (GZWP) (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk, 2004), tj. całość obszaru GZWP nr 108 Zbiornik międzymorenowy Salino (Bralczyk, 2001) i na wschód od niego północny fragment GZWP nr 109 Dolina kopalna Żarnowiec (Orłowski, 1996). Zostały one ustanowione dla ochrony wód podziemnych w czwartorzędowych utworach międzymorenowych i czwartorzędowych utworach dolin kopalnych. Przez południową i zachodnią część obszaru wąskim pasem przebiega GZWP nr 107 Pradolina rzeki Łeby (Lidzbarski, 1995) ustanowiony dla ochrony wód podziemnych w czwartorzędowych utworach pradolinnych. Podstawowe wiadomości dotyczące występowania zwykłych wód podziemnych w obrębie ww. GZWP podane zostały w Tabeli 2.2.

Zasoby dyspozycyjne zwykłych wód podziemnych zostały udokumentowane dla całości obszaru przetargowego Żarnowiec (Pergół i Sokołowski, 2015). Fragment północno-zachodni (około 40% powierzchni) znajduje się w obrębie dokumentacji Dokumentacja hydrogeologiczna zlewni Łeby zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych kenozoicznych poziomów wód podziemnych, woj. pomorskie (Bralczyk i in., 2001). Fragment północno-wschodni (około 60% powierzchni) wchodzi w zakres dokumentacji Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy oraz rzek Przymorza od Karwianki do Chylonki (Balcer i in., 2004). Podstawowe wiadomości dotyczące hydrogeologicznych dokumentacji zasobowych podane zostały w Tabeli 2.3.

Numer zbiornika	Nazwa zbiornika	Wiek utworów	Typ ośrodka wodonośnego	Szacunkowe zasoby dyspozycyjne [tys. m ³ /24h]	Średnia głębokość zwierciadła wód podziemnych [m p.p.t.]
107/udokum.	Pradolina rzeki Łeby	Q _P	porowy	125	5-50
108/udokum.	Zbiornik międzymorenowy Salino	Q _M	porowy	45	10-40
109/udokum.	Dolina kopalna Żarnowiec	Q _K	porowy	14	5-50

Tabela 2.2. Podstawowa charakterystyka hydrogeologiczna głównych zbiorników wód podziemnych GZWP (Kleczkowski, 1990; Skrzypczyk, 2004); lokalizacja na Fig. 2.15.

udokum. – zasoby udokumentowane

QP – utwory czwartorzędu w pradolinach

QM – czwartorzędowe utwory międzymorenowe

QK – utwory czwartorzędu w dolinach kopalnych

Tytuł dokumentacji	Autor dokumentacji	Rok wykonania	Nr decyzji	Zasoby dyspozycyjne [m ³ /24h]
Dokumentacja hydrogeologiczna zlewni Łeby zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych kenozoicznych poziomów wód podziemnych, woj. Pomorskie	Bralczyk M., Lubowiecki W., Florczyk J., Pasierowska B., Kłosowska I., Śmietański L.	2001	DG/kdh/ED/489-6355/2002	232 800
Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy oraz rzek Przymorza od Karwianki do Chylonki	Balcer M., Jankowski M., Walczak M.	2004	DG/kdh/ED/489-6524/2005	182 983.2

Tabela 2.3. Podstawowe dane dotyczące hydrogeologicznych dokumentacji zasobowych (Pergół i Sokołowski, 2015).

Wnioski

Dla większości obszaru przetargowego Żarnowiec wyznaczono ciągi główne użytkowy poziom wodonośny, który budują piaszczyste i piaszczysto-żwirowe utwory wodonośne czwartorzędowe, neogenu i paleogenu. Obszary bezwodne występują lokalnie w sąsiedztwie jeziora Żarnowieckiego i jeziora Sarbsko oraz na Półwyspie Helskim;

Utwory wszystkich rozpoznanych pięter wodonośnych, a szczególnie piętra czwartorzędowego, charakteryzują się dużą zmiennością morfologii terenu i litologii, co w konsekwencji powoduje silną zmiennością właściwości hydrogeologicznych;

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

W obrębie obszaru przetargowego znajduje się w całości jeden główny zbiornik wód podziemnych, tj. GZWP nr 108 Zbiornik międzymorenowy Salino oraz zachodnia i środkowa część GZWP nr 107 Pradolina rzeki Łeby i północny fragment GZWP nr 109 Dolina kopalna Żarnowiec, wyznaczone dla ochrony zasobów wód podziemnych w utworach czwartorzędowych;

Jakość wód podziemnych piętra czwartorzędowego, neogeńskiego i paleogeńskiego jest w większości bardzo dobra i dobra, a lokalnie występujące wody z podwyższonymi zawartościami żelaza i manganu, wymagają jedynie prostego uzdatniania;

Lokalnie w wodach piętra czwartorzędowego i w poziomie neogeńskim wykazano występowanie zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego;

Zasolenie wód podziemnych, występujące w strefie brzegowej, może być spowodowane przez trzy niezależne czynniki: ascencję wód z głębszego podłoża, występowanie tzw. wód „młodoreliktowych” związanych z ewolucją linii brzegowej południowego Bałtyku, a także ingresją wód morskich;

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

3. SYSTEM NAFTOWY

WSTĘP

W obrębie obszaru przetargowego „Żarnowiec” rozpatrywany jest dolnopaleozoiczny, niekonwencjonalny system naftowy typu „continuous play”, w którym rolę skał macierzystych, zbiornikowych, jak i uszczelniających odgrywają mułowce i ilowce syluru, ordowiku i kambru górnego. Skały syluru stanowiące bezpośredni nadkład oraz cechsztyńskie ewaporaty postrzegane jako skały dodatkowo uszczelniające ten niekonwencjonalny system naftowy. W obrębie obszaru przetargowego „Żarnowiec” występuje także konwencjonalny system naftowy, składający się z środkowo- i dolnokambryjskich kwarcytów – skała zbiornikowa, kambryjskich wkładek mułowcowo-ilastych oraz nadległych mułowców i ilowców wieku kambr górny-sylur – stanowiących poziomy macierzyste – oraz mułowców i ilowców górnokambryjsko-sylurskich, jak i ewaporatów cechsztyńskich – pełniących funkcję skał uszczelniających. Nie można wykluczyć też na tym obszarze możliwości występowania niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów typu zamkniętego (ang. tight) w środkowokambryjskich piaskowcach kwarcytowych (Chmielowiec-Stawska i Czeakański, 2013), a także akumulacji węglowodorów w poziomie dolomitu głównego.

3.1. SKAŁY MACIERZYSTE

3.1.1. ANALIZA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ METODĄ ROCK-EVAL

W obrębie profilu utworów niższego paleozoiku w południowo-zachodniej części syneklizy perybałtyckiej występuje kilka interwałów skał, wzbogaconych w węgiel organiczny (C_{org} ; ang. Total Organic Carbon; TOC > 0,5% wag.), które można uznać za skały macierzyste. Materia organiczna rozproszona w utworach niższego paleozoiku reprezentowana jest głównie przez zooklasty (np. graptolity, chitinozoa), algi i stałe bituminy. Tak reprezentowany kerogen to ropotwórczy kerogen typu II. Dystrybucja materii organicznej w obrębie omawianych utworów nie jest równomierna. Figura 3.1 przedstawia generalny trend rozkładu zawartości materii organicznej w obrębie profilu dolnego paleozoiku. Całkowita zawartość węgla organicznego, wyrażona wskaźnikiem TOC, wzrasta w dolnej części profilu. Najbogatsze w węgiel organiczny są skały kambru górnego (formacja z Piaszniczy), skały karadoku (formacja z Sasina), spągowa część skał landoweru (ogniwo ilowców bitumicznych z Jantar) oraz skały wenloku (formacja z Pelplina).

W obrębie obszaru przetargowego „Żarnowiec” wykonano liczne głębokie otwory wiertnicze, przewiercające utwory dolnego paleozoiku (Fig. 3.2). Część z nich pozwoliła na odkrycie i udokumentowanie konwencjonalnych złóż ropy w utworach kambru środkowego (Żarnowiec, Żarnowiec W, Dębki, Białogóra). W ostatnich latach firma Lane Energy Poland Sp. z o.o. wykonała nowe otwory wiertnicze: Łebień LE-1, Łebień LE-1-2H, Lublewo LEP-1, Lublewo LEP-1ST1H, Strzeszewo LE-1 oraz Sławoszyno LEP-1. Dane geologiczne z wymienionych otworów nie są dostępne publicznie w czasie przygotowywania pakietu, dlatego na potrzeby scharakteryzowania elementów omawianego systemu naftowego wykorzystano dane geologiczne pochodzące z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1, które wydają się dobrze charakteryzować skały wchodzące w skład systemu naftowego na obszarze przetargowym „Żarnowiec”.

Wyniki opisywanych poniżej badań geochemicznych materii organicznej oraz badań petrofizycznych zostały częściowo zebrane z opracowań archiwalnych (Kotarba, 1996; Kotarba, 2008; Więcław i in., 2010) i częściowo wykonane w latach 2013–2014 w ramach tematu PIG-PIB pn. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce - etap I” finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (Rozpoznanie..., 2016).

Charakterystyka geochemiczna materii organicznej skał niższego paleozoiku w otworze Żarnowiec IG 1 (metoda Rock-Eval)

Metoda analizy geochemicznej Rock-Eval (R-E) jest wstępną metodą badania potencjalnych skał macierzystych i zbiornikowych dla węglowodorów, stosowaną na całym świecie od kilku dekad. Metoda R-E dostarcza parametry i wskaźniki pozwalające na określenie m.in. typu kerogenu zawartego w skałach, stopnia dojrzałości termicznej materii organicznej oraz potencjału węglowodorowego (Tab. 3.1).

PRZYDOL

Skały przydolu charakteryzują się wartościami TOC od 0,01 do 0,39% wag. (mediana – 0,16% wag.). Wolne węglowodory

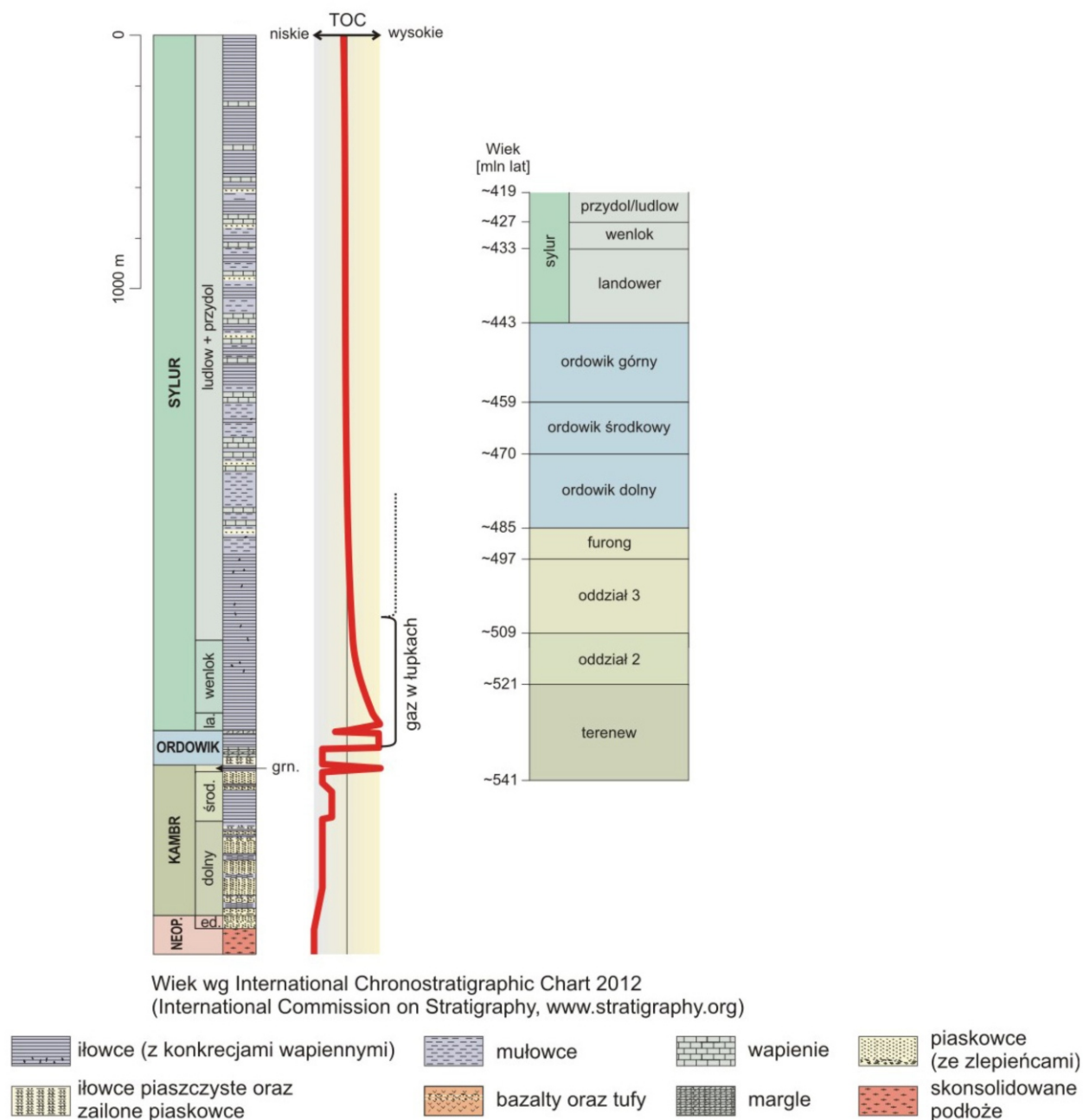


Figura 3.1. Uproszczony profil litostratigraficzny niższego paleozoiku w południowo-zachodniej części syneklizy perybaltyckiej wraz z pozycją łupków wzbogaconych w węgiel organiczny i potencjalnie zawierających gaz ziemny i/lub ropę naftową w łupkach (na podstawie Poprawy, 2010, zmienione).

występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, mieszczą się w przedziale od 0 do 0,1 mg HC/g skały (mediana – 0,02 mg HC/g skały), a potencjał generacyjny, wyrażony przez parametr S2, wynosi od 0 do 0,06 mg HC/g skały (mediana – 0,05 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 0 do 25 mg HC/g TOC (mediana – 12 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} nie zostały oznaczone ze względu na zbyt niski potencjał generacyjny. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory przydółu za niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

LUDLOW

Skały ludlowu charakteryzują się wartościami TOC od 0,04 do 1,13% wag. (mediana – 0,23% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0 do 0,35 mg HC/g skały (mediana – 0,07 mg HC/g skały), a potencjał generacyjny, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0 do 0,84 mg HC/g skały (mediana – 0,34 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 0 do 261 mg HC/g TOC (mediana – 93 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 427 do 446°C (mediana – 437°C), wskazując, że materia organiczna rozproszona w

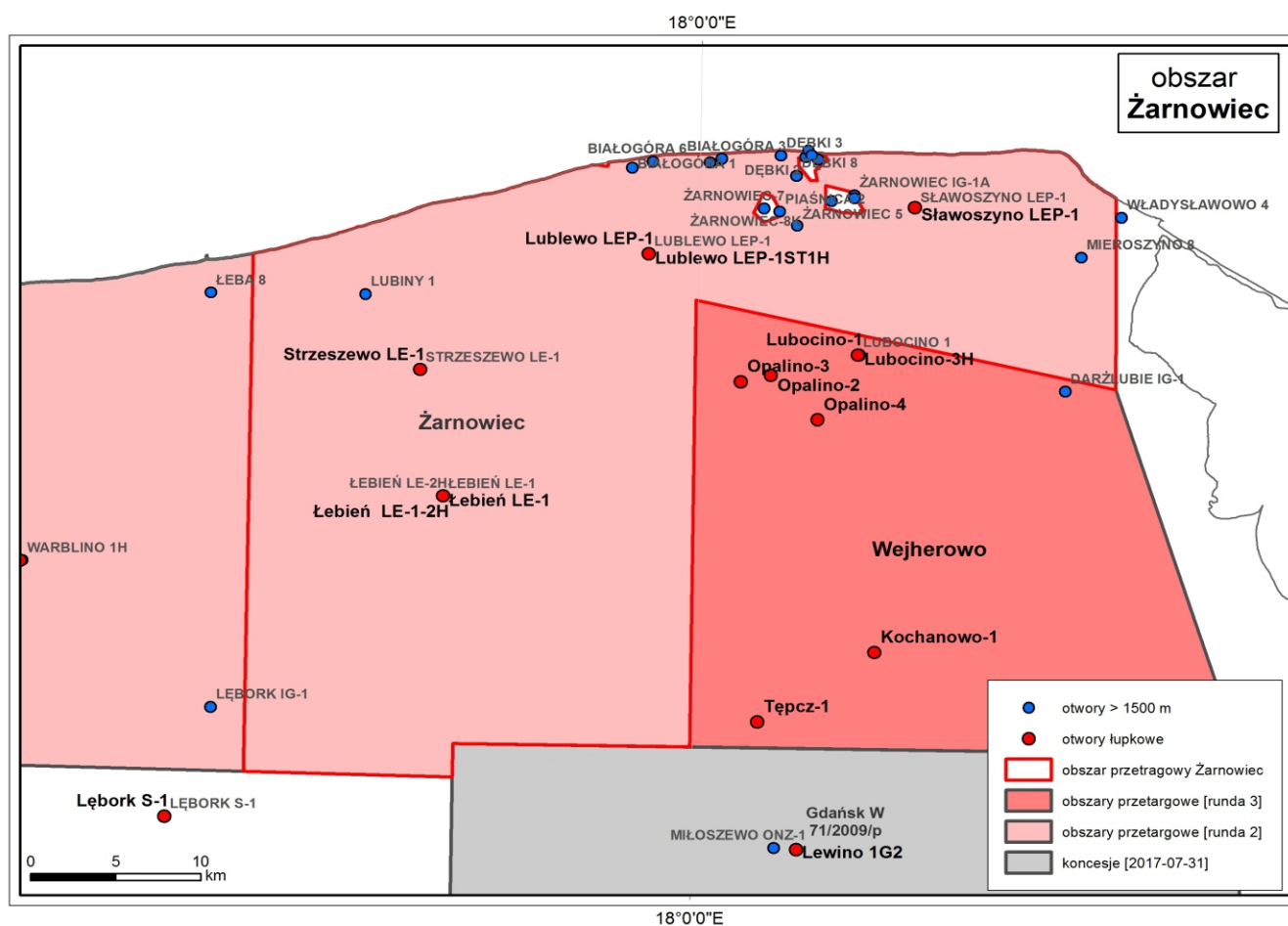


Figura 3.2. Lokalizacja otworów poszukiwawczych za „gazem z fm. łupkowych” oraz otworów archiwalnych w zachodniej części obniżenia bałtyckiego. Mapa wykreślona przez M. Jasionowskiego.

Parametry i wskaźniki	Jednostka	Nazwa
S1	mgHC/g skały	wolne węglowodory
S2	mgHC/g skały	potencjał generacyjny
T _{max}	°C	temperatura maksymalnego generowania węglowodorów
PI		wskaźnik generowania
PC	% wag.	węgiel organiczny podatny na proces pirolizy
RC	% wag.	węgiel organiczny rezydualny
TOC	% wag.	całkowita zawartość węgla organicznego
HI	mg HC/g TOC	wskaźnik wodorowy
OI	mg CO ₂ /g TOC	wskaźnik tlenowy
MINC	% wag.	węgiel mineralny

Tabela 3.1. Parametry i wskaźniki analizy pirolitycznej Rock-Eval 6.

	przydol			ludlow			wenlok			landower			aszgil		
	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do
S1	0,02	0,00	0,10	0,07	0,00	0,35	0,82	0,17	1,30	0,20	0,02	3,23	0,13	0,06	0,13
S2	0,05	0,00	0,06	0,34	0,00	0,84	1,67	0,57	2,81	0,80	0,02	17,91	0,17	0,09	0,21
T _{max}	n.o.	n.o.	n.o.	437,00	427,00	446,00	443,00	436,00	451,00	452,50	440,00	494,00	475,00	433,00	479,00
HI	12,00	0,00	25,00	93,00	0,00	261,00	250,00	107,00	336,00	153,00	10,00	367,00	81,00	34,00	87,00
OI	277,00	71,00	373,00	111,00	0,00	383,00	25,00	0,00	79,00	26,00	0,00	296,00	61,00	53,00	127,00
PI	0,50	0,17	0,62	0,25	0,00	0,41	0,33	0,21	0,44	0,21	0,12	0,87	0,38	0,25	0,72
TOC	0,16	0,01	0,39	0,23	0,04	1,13	0,70	0,28	1,50	0,51	0,05	8,52	0,23	0,13	0,28
RC	n.o.	n.o.	n.o.	0,30	0,16	0,39	0,41	0,18	0,98	0,37	0,03	6,76	0,20	0,18	0,26
PC	n.o.	n.o.	n.o.	0,05	0,00	0,10	0,21	0,07	0,35	0,06	0,00	1,77	0,03	0,02	0,04
MINC	n.o.	n.o.	n.o.	1,31	0,99	1,69	1,42	0,89	2,41	0,46	0,03	1,57	1,26	0,77	1,71

Tabela 3.2. Wyniki geochemiczne materii organicznej metodą Rock-Eval w otworze Żarnowiec IG 1.

*S1, S2, T_{max}, HI, OI, PI, TOC, RC, PC, MINC – dla objaśnienia patrz Tabela 3.1.

tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego początkowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory ludlowu za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

WENLOK

Skały wenloku są tożsame z formacją z Pelplina i charakteryzują się wartościami TOC od 0,28 do 1,5% wag. (mediana – 0,7% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,17 do 1,3 mg HC/g skały (mediana – 0,82 mg HC/g skały), a potencjał generacyjny, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,57 do 2,81 mg HC/g skały (mediana – 1,67 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 107 do 336 mg HC/g TOC (mediana – 250 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 436°C do 451°C (mediana – 443°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego

początkowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory wenloku za skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabelach 3.2–3.3. Mapa rozkładu wartości TOC dla formacji z Pelplina w obrębie polskiej części basenu bałtyckiego została przedstawiona na Figurze 3.3.

LANDOWER

Skały landoweru charakteryzują się wartościami TOC od 0,05 do 8,52% wag. (mediana – 0,51% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,02 do 3,23 mg HC/g skały (mediana – 0,2 mg HC/g skały), a potencjał generacyjny, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,02 do 17,91 mg HC/g skały (mediana – 0,8 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 10 do 367 mg HC/g TOC (mediana – 153 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 440°C do 494°C (mediana – 453°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu prze-

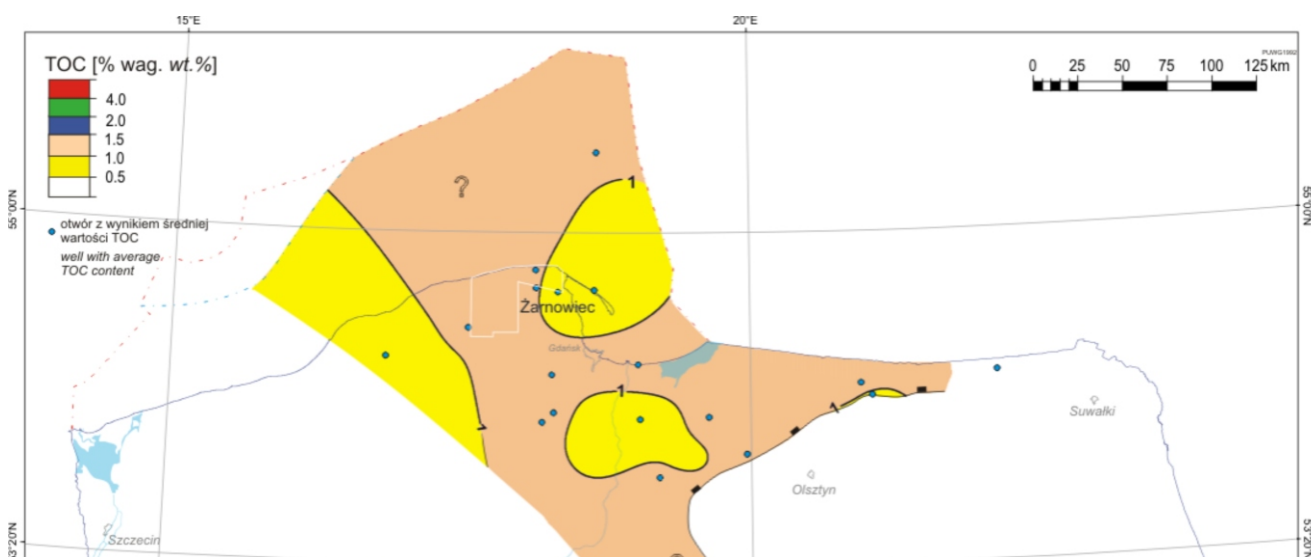


Figura 3.3. Mapa średniej zawartości materii organicznej w dolnej części formacji z Pelplina (% wag., TOC). Symbol „?” określa obszary, na których przebieg izolinii TOC jest przypuszczalny lub nie udało się wyznaczyć ich przebiegu ze względu na niewielką ilość danych. Mapa wykreślona przez Głuszyńskiego (Karcz i Janas, 2016). Obszar przetargowy oznaczony białą ramką.

karadok			arenig			kambr górny			kambr środkowy			kambr dolny		
mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do
1,94	0,03	4,70	0,04	0,04	0,12	1,41	0,26	2,43	0,10	0,02	0,68	0,05	0,01	0,18
5,10	0,10	14,28	0,42	0,15	0,49	5,77	0,42	9,77	0,30	0,03	1,19	0,05	0,00	0,90
449,00	429,00	489,00	454,00	453,00	455,00	432,00	426,00	452,00	448,00	433,00	459,00	446,50	432,00	461,00
218,00	78,00	340,00	123,00	83,00	124,00	119,50	55,00	847,00	106,00	25,00	304,00	24,00	0,00	290,00
8,50	2,00	387,00	17,00	11,00	23,00	3,00	0,00	36,00	128,00	0,00	454,00	0,00	0,00	32,00
0,29	0,17	0,47	0,20	0,09	0,22	0,20	0,12	0,41	0,39	0,07	0,50	0,48	0,13	0,50
2,23	0,05	5,83	0,34	0,00	0,40	5,86	0,71	9,39	0,21	0,08	0,70	0,05	0,01	0,42
1,53	0,03	4,42	0,26	0,17	0,34	5,20	0,11	7,16	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
0,61	0,02	1,54	0,04	0,02	0,05	0,59	0,15	0,95	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
0,54	0,15	2,09	0,07	0,04	0,10	0,43	0,10	12,60	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.

brażenia termicznego odpowiadającego końcowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory landoweru za dobre skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

Ogniwo iłowców bitumicznych z Jantaru

Ogniwo iłowców bitumicznych z Jantaru to spągowa część profilu skał landoweru i formacji z Pasłęka. Jest to część profilu, która odznacza się wyższymi wartościami parametrów geochemicznych. Objawia się to przede wszystkim w wartościach średnich. Ogniwo z Jantaru charakteryzuje się wartościami TOC od 0,19 do 8,52% wag. (mediana – 6,03% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,07 do 3,23 mg HC/g skały (mediana – 2,35 mg HC/g skały), a potencjał generacyjny, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,02 do 17,91 mg HC/g skały (mediana – 12,95 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 10 do 223 mg HC/g TOC (mediana – 199 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 444°C do 458°C (mediana – 449°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego końcowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać ogniwo z Jantaru za bardzo dobre skały

macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.3. Mapa rozkładu wartości TOC dla ogniwa w obrębie polskiej części basenu bałtyckiego została przedstawiona na Figurze 3.4.

ASZGIL

Skały aszgilu charakteryzują się wartościami TOC od 0,13% do 0,28% wag. (mediana – 0,23% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,06 do 0,13 mg HC/g skały (mediana – 0,13 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,09 do 0,21 mg HC/g skały (mediana – 0,17 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 34 do 87 mg HC/g TOC (mediana – 81 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 433°C do 479°C (mediana – 475°C) i wydają się być zawyżone względem wartości skał nadległych i podległych, co wynika z niskich wartości TOC i niskiego potencjału generacyjnego tego wydzielenia stratygraficznego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory aszgilu za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

	formacja z Pelplina			ogniwo z Jantaru			formacja z Sasina			formacja z Piaśnicy		
	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do	mediana	od	do
S1	0,82	0,17	1,30	2,35	0,07	3,23	1,94	0,03	4,70	1,41	0,26	2,43
S2	1,67	0,57	2,81	12,95	0,02	17,91	5,10	0,10	14,28	5,77	0,42	9,77
T_{max}	443,00	436,00	451,00	448,50	444,00	458,00	449,00	429,00	489,00	432,00	426,00	452,00
HI	250,00	107,00	336,00	199,00	10,00	223,00	218,00	78,00	340,00	119,50	55,00	847,00
OI	25,00	0,00	79,00	4,00	2,00	63,00	8,50	2,00	387,00	3,00	0,00	36,00
PI	0,33	0,21	0,44	0,19	0,12	0,87	0,29	0,17	0,47	0,20	0,12	0,41
TOC	0,70	0,28	1,50	6,03	0,19	8,52	2,23	0,05	5,83	5,86	0,71	9,39
RC	0,41	0,18	0,98	5,82	0,19	6,76	1,53	0,03	4,42	5,20	0,11	7,16
PC	0,21	0,07	0,35	1,33	0,00	1,77	0,61	0,02	1,54	0,59	0,15	0,95
MINC	1,42	0,89	2,41	0,49	0,39	1,18	0,54	0,15	2,09	0,43	0,10	12,60

Tabela 3.3. Wyniki geochemiczne materii organicznej metodą Rock-Eval w otworze Żarnowiec IG 1.

*S1, S2, T_{max} , HI, OI, PI, TOC, RC, PC, MINC – dla objaśnienia patrz Tabela 3.1



Figura 3.4. Mapa średniej zawartości materii organicznej w ogniwie z Jantaru (% wag., TOC). Symbol „?” określa obszary, na których przebieg izolinii TOC jest przypuszczalny lub nie udało się wyznaczyć ich przebiegu ze względu na niewielką ilość danych. Mapa wykreślona przez Głuszyńskiego (Karcz i Janas, 2016). Obszar przetargowy oznaczony białą ramką.

KARADOK

Skały karadoku są tożsame z formacją z Sasina i charakteryzują się wartościami TOC od 0,05% do 5,83% wag. (mediana – 2,23% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,03 do 4,7 mg HC/g skały (mediana – 1,94 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,1 do 14,28 mg HC/g skały (mediana – 5,1 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 78 do 340 mg HC/g TOC (mediana – 218 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 429°C do 489°C (mediana – 449°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpo-

wiadającego końcowej części okna ropnego. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabelach 3.2 i 3.3. Mapa rozkładu wartości TOC dla formacji z Sasina w obrębie polskiej części basenu bałtyckiego została przedstawiona na Figurze 3.5.

ARENIG

Skały arenigu charakteryzują się wartościami TOC od 0% do 0,4% wag. (mediana – 0,34% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,04 do 0,12 mg HC/g skały (mediana – 0,04 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,15 do 0,49 mg HC/g skały (mediana – 0,42 mg HC/g skały). Potencjał

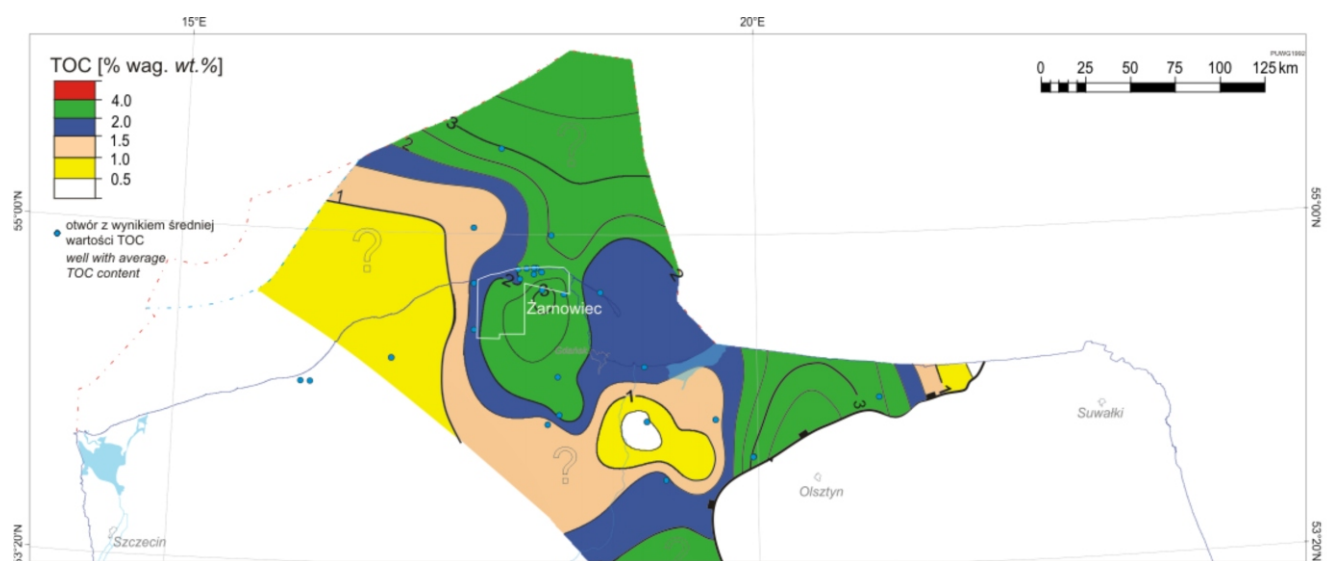


Figura 3.5. Mapa średniej zawartości materii organicznej w formacjach z Sasina i Udała (% wag., TOC). Symbol „?” określa obszary, na których przebieg izolinii TOC jest przypuszczalny lub nie udało się wyznaczyć ich przebiegu ze względu na niewielką ilość danych. Mapa wykreślona przez Głuszyńskiego (Karcz i Janas, 2016). Obszar przetargowy oznaczony białą ramką.

węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 83 do 124 mg HC/g TOC (mediana – 123 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 453°C do 455°C (mediana – 454°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego końcowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory arenigu za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

KAMBR GÓRNY

Skały kambru górnego są tożsame z formacją z Piaśnicy i charakteryzują się wartościami TOC od 0,71% do 9,39% wag. (mediana – 5,86% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,26 do 2,43 mg HC/g skały (mediana – 1,41 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,42 do 9,77 mg HC/g skały (mediana – 5,77 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 55 do 847 mg HC/g TOC (mediana – 120 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 426°C do 452°C (mediana – 432°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego początkowej części okna ropnego, jednak relatywnie niższe wartości T_{max} zdają się być zaniżone i prawdopodobnie nie odzwierciedlają rzeczywistego, nieco wyższego stopnia przeobrażenia termicznego kerogenu. Wyniki badań geochemicznych (Matyasik i in., 2016) wykazały, że kerogen skał kambru górnego różni się od kerogenu skał ordowiku i syluru pod względem kinetyki procesów naftowych, co może wpływać na odmienne wartości mierzonego parametru T_{max} dla tego wydzielenia stratygraficznego. Skały kambru górnego to bardzo dobre skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabelach 3.2 i 3.3. Mapa rozkładu wartości TOC dla formacji z Piaśnicy w obrębie polskiej części basenu bałtyckiego została przedstawiona na Figurze 3.6.

KAMBR ŚRODKOWY

Kambr środkowy charakteryzuje się wartościami TOC od 0,08 do 0,7% wag. (mediana – 0,21% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,02 do 0,68 mg HC/g skały (mediana – 0,1 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0,03 do 1,19 mg HC/g skały (mediana – 0,3 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 25 do 304 mg HC/g TOC (mediana – 106 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 433°C do 459°C (mediana – 448°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego końcowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory kambru środkowego za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

KAMBR DOLNY

Kambr dolny charakteryzuje się wartościami TOC od 0,01 do 0,42% wag. (mediana – 0,05% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale od 0,01 do 0,18 mg HC/g skały (mediana – 0,05 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr S2, wynosi od 0 do 0,9 mg HC/g skały (mediana – 0,05 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy (HI) wynosi od 0 do 290 mg HC/g TOC (mediana – 24 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika T_{max} oscylują w granicach od 432°C do 461°C (mediana – 447°C) wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego końcowej części okna ropnego. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory kambru dolnego za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tabeli 3.2.

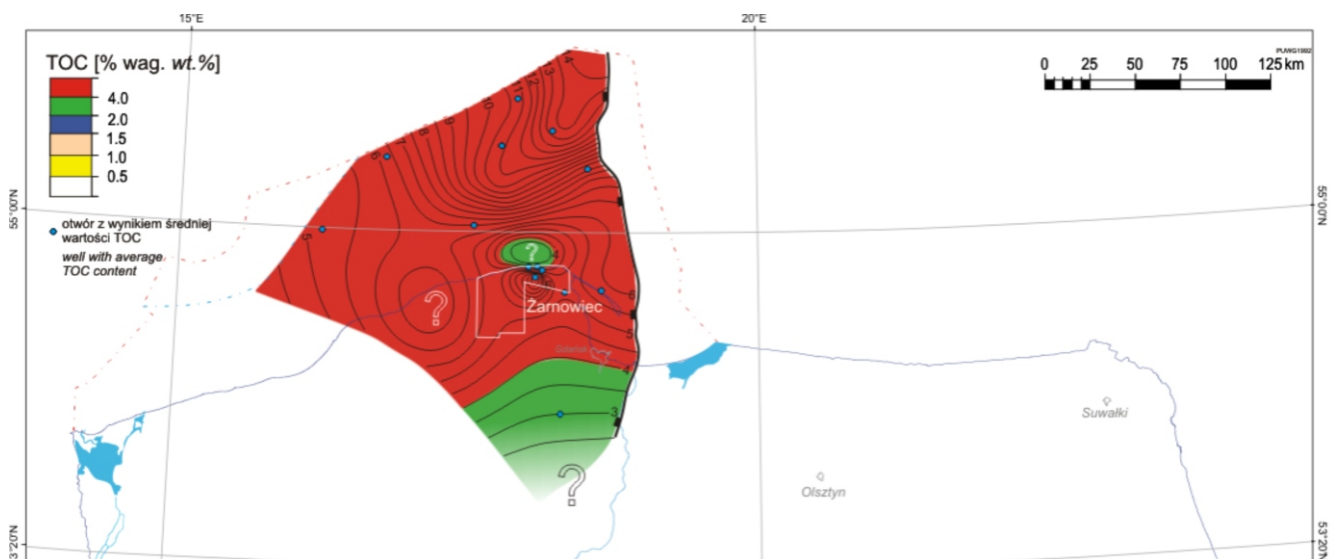


Figura 3.6. Mapa średniej zawartości materii organicznej w formacji z Piaśnicy (% wag., TOC). Symbol „?” określa obszary, na których przebieg izolinii TOC jest przypuszczalny lub nie udało się wyznaczyć ich przebiegu ze względu na niewielką ilość danych. Mapa wykreślona przez Głuszynskiego (Karcz i Janas, 2016). Obszar przetargowy oznaczony białą ramką.

3.1.2. 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 młodszego paleozoiku wykonano na podstawie pomiarów zdolności refleksyjnej materiału wityritopodobnego reprezentowanego przez zooklasty (głównie szczątki graptolitów) oraz ciała stałych bituminów. 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. Pomiary wykonano na fragmentach materii organicznej o wielkości powyżej 5 mm, przedstawione są w formie tabelarycznej obejmującej zakres pomiarów oraz ich uśrednioną wartość (%Ro).

Analizę ilościową przeprowadzono metodą planimetryczną powierzchni preparatów, przy skoku mikrośruby = 0,2 mm.

Aparatura

Badania wykonane zostały na mikroskopie badawczym Axio Imager firmy Zeiss z optyką ICS (Infinity Colour Corrected System), z wyposażeniem optycznym do światła odbitego; wyposażeniem do badań fluorescencyjnych (lampa HBO 100):

– 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**KAMBR**

Utwory kambru dolnego, środkowego i górnego przeanalizowano w 16 próbkach osadów klastycznych pochodzących z 6 otworów wiertniczych, w interwale głębokości 2668,2–3412,0 m. Zawierają one zmienną ilość materii organicznej od 0,10 do 7,4% planimetrycznej powierzchni próbek, a najwyższe jej koncentracje (2,20–7,40%) występują w iłowcach i mułowcach kambru górnego (Tab. 3.4).

Najuboższe w materiał organiczny są osady kambru dolnego zawierające 0,10–0,30% materii organicznej w skale.

Podstawowym składnikiem materii organicznej jest głównie homogeniczny bitumin, zwitrynizowane szczątki trylobitów oraz w osadach ilastych kambru górnego strefy przymorza, materiał lipidowy, fluoryzujący intensywnie w kolorze pomarańczowo-brunatnym. Jego źródłem są najprawdopodobniej glony oraz bakterie beztlenowe. Lokalnie, w utworach kambru dolnego i środkowego, obserwuje się nieliczne impregnacje bitumiczne fluoryzujące w kolorze brunatnym.

Dojrzałość termiczna. Dojrzałość termiczna utworów kambryjskich wzrasta wyraźnie w profilu pionowym od 1,12% Ro śr. na głębokości 2668,0m (kambr górny, otw. Dębki 4) do 1,61% Ro śr. na głębokości 3412,0m (kambr dolny, otw. Darżlubie IG 1). Odpowiada to fazie generowania gazów mokrych i kondensatów w osadach kambru środkowego i górnego w strefie przymorza (otw. Białogóra 3, Dębki 3 i 4, Piaśnica 2 oraz otw. Darżlubie IG 1) po fazę generowania gazów w osadach kambru dolnego strefy Żarnowiec-Darżlubie (Tab. 3.4).

Otwory wiertnicze	Głęb. (m)	Stratygrafia	Lito-logia	Ro śr (%)	Zakres pom. (%)	Ilość pom.	Wtp/SB (%)	Iner. (%)	Lip. (%)	MO (%)
Białogóra 3	2681,0	Cm3	iłc	1,25	0,92–1,45	17	1,90		0,30	2,20
Białogóra 3	2688,2	Cm3	młc	1,22	1,02–1,53	51	2,40		0,50	2,90
Dębki 3	2678,0	Cm3	iłc	1,18	1,00–1,35	41	2,20		1,30	3,50
Dębki 4	2668,0	Cm3	iłc	1,12	0,99–1,34	26	1,30		1,60	2,90
Dębki 4	2699,0	Cm2	iłc	1,12	1,01–1,36	8	1,10		0,20	1,30
Darżlubie IG 1	3017,0	Cm2	iłc	1,22	1,00–1,35	37	0,40		śl. bit.	0,40
Darżlubie IG 1	3164,0	Cm2	iłc	1,28	1,00–1,33	12	0,10			0,10
Darżlubie IG 1	3303,5	Cm1	młc	1,52	1,28–1,60	36	0,30		śl. bit.	0,30
Darżlubie IG 1	3412,0	Cm1	młc	1,61	1,10–1,78	24	0,10			0,10
Piaśnica 2	2855,0	Cm2	młc	1,24	1,05–1,40	32	0,70			0,70
Żarnowiec IG 1	2722,7	Cm3	młc	1,40	0,96–1,95	75	6,10		bit.	6,10
Żarnowiec IG 1	2725,5	Cm3	młc	1,41	0,95–1,84	80	7,20	0,20	bit.	7,40
Żarnowiec IG 1	2891,2	Cm2	iłc	1,47	1,00–2,03	50	0,30			0,30
Żarnowiec IG 1	3007,0	Cm1	psc	1,54	1,03–2,12	35	0,30			0,30
Żarnowiec IG 1	3012,5	Cm1	mc	1,50	1,10–2,20	30	0,30			0,30
Żarnowiec IG 1	3228,0	Cm1	psc	1,60	1,05–2,25	38	0,20			0,20

Tabela 3.4. Analiza mikroskopowa materii organicznej w profilu osadów kambru.

Cm3 – kambr górny; Cm2 – kambr środkowy; Cm1 – kambr dolny; Ro śr. – średnia wartość współczynnika refleksyjności materiału wityritopodobnego; iłc – iłowce; młc – mułowce; psc – piaskowce; Wtp – materiał wityritopodobny; SB – stałe bituminy; Iner – inertyt; Lip – liptynit; śl. – śladowa ilość; bit. – bituminy; MO – zawartość materii organicznej określona metodą planimetrycznej powierzchni próbek.

ORDOWIK

Iłowce i mułowce ordowiku (arenig, karadok, aszgil) przeanalizowano w 8 próbkach pochodzących z 4 otworów wiertniczych z interwału głębokości 2641,0–2957,5 m. Są one wyraźnie wzbogacone w materię organiczną stanowiącą 0,90–6,30% planimetrowanej powierzchni próbek. Najuboższe, w składniki organiczne, są iłowce karadoku z otworu wiertniczego Piaśnica 2 (0,90% MO) natomiast wyraźnie wzbogacone (5,80–6,30% MO) są osady arenigu z otworu Żarnowiec IG 1 oraz karadoku i aszgilu z otworu Darżlubie IG 1 (Tab. 3.5).

Głównym składnikiem organicznym, badanych osadów, jest materiał wityrynitopodobny reprezentowany przez soczewki i laminy stałych bituminów oraz dobrze zachowane fragmenty graptolitów. Współwystępują z nimi macerały grupy liptynitów (głównie liptodetrynit oraz ciała bitumiczne fluoryzujące w kolorze pomarańczowo-brunatnym i brunatnym). W czarnych łupkach karadoku z otworu wiertniczego Darżlubie IG 1 (głęb. 2953,9 m) najliczniej reprezentowany jest materiał lipidowy (alginity, liptodetrynit, bituminit) stanowiący ponad 2,5% planimetrowanej powierzchni próbki). Macerały inertne występują jedynie lokalnie i są to najczęściej sfuzynitowane szczątki organiczne. Obserwuje się również nieliczne impregnacje bitumiczne fluoryzujące w kolorze pomarańczowym.

Dojrzałość termiczna. Dojrzałość termiczna materii organicznej z osadów ordowiku (arenig, karadok, aszgil), z interwału głębokości 2641,0–2957,5 m nie jest zbyt silnie zróżnicowana. Średnia wartość współczynnika refleksyjności materiału wityrynitopodobnego waha się od 0,98 do 1,40% nie wykazując wzrostu wraz z głębokością pograżenia (Tab. 3.5). Dane te wskazują na fazę generowania gazów mokrych i kondensatów z możliwością generowania ropy naftowej w stropowych partiach osadów karadoku z otworu wiertniczego Darżlubie IG 1.

SYLUR

Utwory syluru (wenlok, ludlow, przydol), w interwale głębokości 1030,0–2790,0 m, zawierają niezbyt bogaty materiał organiczny, którego ilość waha się od 0,10 do 1,10% planimetrowanej powierzchni próbki. Najwyższe koncentracje materii organicznej (0,80–1,10%) występują w spagowych warstwach wenloku z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1 oraz w pojedynczym poziomie osadów z otworu Darżlubie IG 1 (Tab. 3.6).

Analizowane utwory ilaste, głównie łupki, zawierają materię organiczną zdominowaną przez bitumin (stałe bituminy) oraz liczne zooklasty (głównie szczątki graptolitów). W wielu poziomach ludlowu i wenloku występuje asocjacja organiczno-

-mineralna typu bitumicznego stanowiąca masę podstawową, w której rozproszone są składniki organiczne, najczęściej homogeniczne ziarna bituminu. W osadach z otworu wiertniczego Piaśnica 2, wenloku i ludlowu z otworu Darżlubie IG1 oraz w stropowych partiach ludlowu i przydolu z otworu Żarnowiec IG1 znaczny udział, w budowie materii organicznej, mają macerały grupy liptynitów (liptodetrynit, alginity, bituminit) fluoryzujące w kolorze żółto-pomarańczowym i brunatnym. Skład materii organicznej uzupełniają macerały występujące powszechnie lecz niezbyt licznie macerały inertne.

Dojrzałość termiczna. Stopień przeobrażenia materii organicznej w osadach syluru, w interwale głębokości 1030,0–2970,0 m, zmienia się w granicach 0,90–1,26% Ro (średnie) nie wykazując wyraźnego związku z głębokością pograżenia. Materia organiczna w analizowanym profilu syluru znajduje się na stopniu dojrzałości odpowiadającym późnej fazie generowania ropy naftowej (0,90–1,05% Ro) oraz w fazie generowania gazów mokrych i kondensatów w spagowych partiach wenloku z otworu wiertniczego Darżlubie IG 1 oraz landoweru i wenloku (poniżej 2491,1 m) z otworu Żarnowiec IG 1 (1,10–1,26% Ro).

PODSUMOWANIE

W badanym profilu osadów niższego paleozoiku, najwyższe koncentracje materii organicznej występują w iłowcach i mułowcach kambru górnego (2,20–7,40% planimetrowanej powierzchni próbek) oraz większości analizowanych poziomów ordowiku (1,80–6,30%). Najuboższe w materiał organiczny są osady syluru, w których jego zawartość wynosi najczęściej 0,30–0,60% i jedynie pojedyncze poziomy wenloku wzbogacone są do 0,90–1,10%.

Materiał organiczny pochodzący z osadów kambru, ordowiku i syluru jest bardzo słabo zróżnicowany pod względem typu genetycznego, składu petrograficznego oraz formy występowania. Reprezentowany jest on głównie przez stałe bituminy (bitumin) oraz zwitrynityzowane zooklasty. W utworach kambrskich są to najczęściej szczątki trylobitów podczas gdy w osadach ordowiku i syluru – graptolity. W skałach nieco słabiej dojrzałych termicznie współwystępują z nimi macerały grupy liptynitów (alginity, liptodetrynit, bituminit). W pojedynczych próbkach obserwuje się impregnacje bitumiczne związane najczęściej ze skałami piaszczystymi.

Stopień przeobrażenia materii organicznej, określony na podstawie zdolności odbicia światła składników organicznych o cechach optycznych wityrynitów, do których zaliczyć należy

Otwory wiernicze	Głęb. (m)	Straty- grafia	Lito- logia	Ro śr (%)	Zakres pom (%)	Ilość pom.	Wtp/SB (%)	Iner. (%)	Lip. (%)	MO (%)
Dębki 3	2641,0	Ok.	iłc	1,20	1,00–1,36	14	0,80	0,10	0,90	1,80
Darżlubie IG 1	2936,0	Oa.	iłc	1,17	0,82–1,33	50	4,50		0,60	5,10
Darżlubie IG 1	2953,0	Ok.	iłc	0,98	0,76–1,13	49	0,50		2,10	2,60
Darżlubie IG 1	2957,5	Ok.	iłc	1,20	0,83–1,45	62	4,20			4,20
Piaśnica 2	2639,0	Ok.	iłc	1,15	1,00–1,36	18	0,80		0,10	0,90
Żarnowiec IG 1	2673,2	Ok.	iłc	1,30	0,87–1,58	45	1,80			1,80
Żarnowiec IG 1	2714,8	Oar	iłc	1,36	0,88–1,62	85	6,00	0,30		6,30
Żarnowiec IG 1	2717,1	Oar	młc	1,40	0,93–1,70	70	5,70	0,10		5,80

Tabela 3.5. Analiza mikroskopowa materii organicznej w profilu osadów ordowiku.

Ok. – ordowik karadok; Oar – ordowik arenig; Ro śr. – średnia wartość współczynnika refleksyjności materiału wityrynitopodobnego; iłc – iłowce; młc – mułowce; psc – piaskowce; Wtp – materiał wityrynitopodobny; SB – stałe bituminy; Iner – inertynity; Lip – liptynity; MO – zawartość materii organicznej określona metodą planimetrowania powierzchni próbki.

Otworki wiernicze	Głęb. (m)	Straty- grafia	Lito- logia	Ro śr (%)	Zakres pom (%)	Ilość pom.	Wtp/SB (%)	Iner. (%)	Lip. (%)	MO (%)
Darżlubie IG 1	1075,0	Sld	iłc	0,97	0,76–1,00	17	0,10		0,30	0,40
Darżlubie IG 1	1191,0	Sld	iłc	1,00	0,80–1,18	14	śl		0,10	0,10
Darżlubie IG 1	2216,5	Sld	iłc	0,97	0,65–1,12	19	0,10		0,20	0,30
Darżlubie IG 1	2624,2	Sld	iłc	1,05	0,85–1,40	36	0,10		0,50	0,60
Darżlubie IG 1	2790,0	Sw	iłc	1,14	0,90–1,25	48	1,10		0,10	1,10
Żarnowiec IG 1	1030,0	Spr	iłc	0,90	0,76–1,05	28	0,20		0,10	0,30
Żarnowiec IG 1	1204,1	Spr	iłc	0,91	0,77–1,04	25	0,10	0,10	0,10	0,30
Żarnowiec IG 1	1368,2	Sld	iłc	0,93	0,75–1,10	30	0,20		0,10	0,30
Żarnowiec IG 1	1585,0	Sld	iłc	1,01	0,81–1,25	27	0,20			0,30
Żarnowiec IG 1	1838,5	Sld	iłc	1,05	0,79–1,32	15	0,10			0,10
Żarnowiec IG 1	2201,5	Sld	iłc	1,04	0,77–1,30	30	0,20	0,10		0,30
Żarnowiec IG 1	2450,1	Sld	iłc	1,04	0,80–1,34	40	0,30	0,10		0,50
Żarnowiec IG 1	2491,0	Sw	iłc	1,10	0,78–1,38	45	0,40			0,40
Żarnowiec IG 1	2538,2	Sw	iłc	1,13	0,83–1,42	50	0,60	0,20		0,80
Żarnowiec IG 1	2550,3	Sw	iłc	1,20	0,90–1,56	55	0,80	0,10		0,90
Żarnowiec IG 1	2562,0	Sw	młc	1,26	0,91–1,50	60	1,10			1,10
Żarnowiec IG 1	2570,0	Sw	iłc	1,20	1,00–1,52	55	0,90	0,10		1,00
Żarnowiec IG 1	2615,1	Sla	iłc	1,22	0,98–1,58	48	0,50			0,50
Piaśnica 2	2582,1	Sla	iłc	1,06	0,98–1,22	25	0,40	0,10	0,20	0,70

Tabela 3.6. Analiza mikroskopowa materii organicznej w profilu osadów syluru.

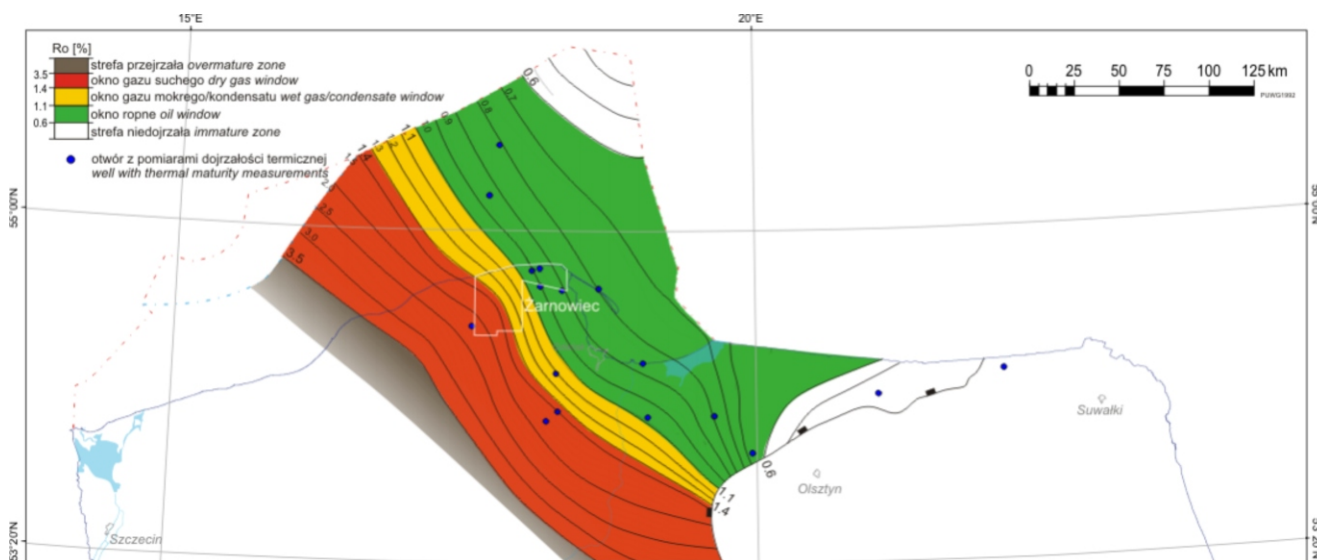
Spr – sylur przydol; Sld – sylur ludlow; Sw – sylur wenlok; Sla – sylur landower; Ro śr. – średnia wartość współczynnika refleksyjności materiału wityrinitopodobnego; iłc – iłowce; młc – mułowce; psc – piaskowce; Wtp – materiał wityrinitopodobny; SB – stałe bituminy; Iner – inertytynit; Lip – liptynit; MO – zawartość materii organicznej określona metodą planimetrowania powierzchni próbki.

przede wszystkim bitumin i graptolity, ulega dużym zmianom. Zaznaczają się one w profilu pionowym badanego kompleksu młodszego paleozoiku. Wzrastają wraz z głębokością pograżenia (1075,0–3412,0 m) i wiekiem osadów, od późnej fazy generowania ropy naftowej (0,90–1,10% Ro – sylur) przez fazę generowania gazów mokrych i kondensatów (1,10–1,40% Ro – sylur, ordowik, kambr górny i środkowy) po fazę generowania gazów (1,40–1,61% Ro – kambr dolny).

Uzyskane dane pozwalają stwierdzić, iż maksymalne paleotemperatury diagenety analizowanych osadów zmieniały się w granicach 90–180°C (Gaupp i Batten, 1985).

Dojrzałość termiczna materii organicznej na obszarze przetargowym „Żarnowiec”.

Wieloletnie badania dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w utworach niższego paleozoiku syneklizy perybałtyckiej wykonane przez Grotek (1999), jak i wyniki projektu „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” (2016) sugerują, że najbardziej perspektywiczne utwory formacji z Piaśnicy, Sasina, Pelplina oraz ogniwa z Jantaru mogą znajdować się w obrębie obszaru przetargowego „Żarnowiec” w fazie okna ropnego we wschodniej części (0,6–1,1% Ro), okna gazu mokrego/kondensatu (1,1–1,4% Ro) w środkowej części oraz w oknie gazu suchego w części południowo-zachodniej (>1,4% Ro; Fig. 3.7).



3.1.3. CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Otwór Żarnowiec IG 1

W otworze Żarnowiec IG 1 przebadano utwory kambru (dolny, środkowy, górny), ordowiku (arenig, karadok, aszgil), syluru (landower, wenlok, ludlow) i górnego permu.

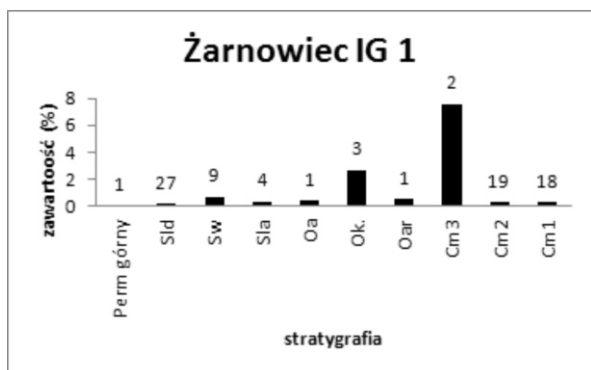
Utwory dolnego kambru zawierają małą ilość węgla organicznego (0,5–0,2%), co określa je jako biedne skały dla generowania węglowodorów (Peters, 1986), w utworach tych występuje mała ilość bituminów (śr. 0,015%); (zestawienie 1).

Zestawienie 1

Otwór Żarnowiec IG 1

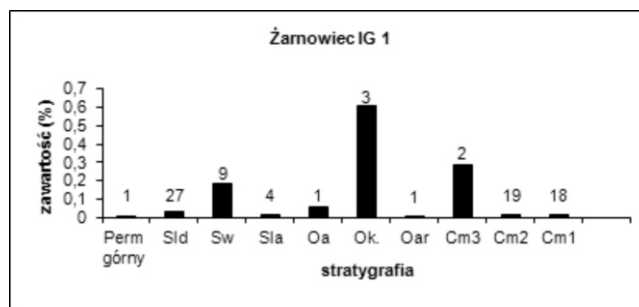
Średnia zawartość węgla organicznego w badanych utworach

Stratygrafia	śr. C _{org.} %	ilość próbek	max. C _{org.} %	min. C _{org.} %
Perm/cechsztyln	0,1	1	0,1	0,1
Sld	0,18	27	0,4	0,1
Sw	0,7	9	1	0,3
Sla	0,35	4	0,5	0,2
Oa	0,4	1	0,4	0,4
Ok.	2,7	3	4,5	1
Oar	0,5	1	0,5	0,5
Cm ₃	7,6	2	7,9	7,4
Cm ₂	0,32	19	0,5	0,2
Cm ₁	0,3	18	0,5	0,2



Średnia zawartość bituminów w badanych utworach

Stratygrafia	śr % bitum.	ilość próbek	max. % bitum.	min. % bitum.
Perm górny	0,009	1	0,009	0,009
Sld	0,031	27	0,105	0,003
Sw	0,184	9	0,255	0,128
Sla	0,021	4	0,064	0,005
Oa	0,063	1	0,063	0,063
Ok.	0,603	3	1,157	0,168
Oar	0,013	1	0,013	0,013
Cm ₃	0,288	2	0,431	0,146
Cm ₂	0,02	19	0,051	0,001
Cm ₁	0,015	18	0,06	0,003



Wyższa zawartość bituminów wydzielona z tych utworów ma charakter epigenetycznych z osadem o czym świadczy wartość współczynnika migracji, czyli stosunek ilości węglowodorów w skale do ilości węgla organicznego (Gondek, 1980).

Utwory środkowego kambru zawierają małą ilość węgla organicznego średnio 0,32% (max. 0,5% – min. 0,2%); (zestawienie 1). Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana od 0,051% do 0,001%, wyższa ilość składników labilnych występuje punktowo w kompleksie skalnym, natomiast maksymalna ilość bituminów jest w stropie utworów.

W utworach górnego kambru ilość C_{org.} jest bardzo duża 7,9–7,4%, co określa te utwory jako bardzo dobre skały macierzyste dla generowania węglowodorów. Zawartość bituminów w tych utworach jest także duża 0,431–0,146% (zestawienie 1).

Analiza n-alkanów z materii organicznej z utworów środkowego i górnego kambru wykazała obecność głównie związków o krótkich łańcuchach węglowych świadczących o dobrym przeobrażeniu materii organicznej. Jednocześnie duża ilość n-alkanów od n-C₁₇ do n-C₂₀) wykazuje, iż materia pochodzi z rozpadu alg i bakterii. W dystrybucji n-alkanów związki o krótkich łańcuchach węglowych parzyste pochodzą z rozpadu bakterii a nieparzyste połączone są z rozkładem alg; (Maliński i Witkowski 1988; Fig. 3.8 A, B, Fig. 3.9 A, B, Fig. 3.10). W badanej materii zmienny jest udział bakterii lub alg.

Wskaźniki CPITot, CPI 17-23 i CPI 25-31 określają stopień przeobrażenia materii organicznej. Wskaźniki pokazują, iż w materii organicznej w większym udziale są bakterie niż algi, gdyż wartość wskaźników jest poniżej jedności.

Utwory dolnego ordowiku (arenig) mają małą ilość węgla organicznego (0,5%) i mało bituminów (0,013%).

Ilaste utwory ordowiku (karadok) mają dużą zawartość węgla organicznego śr. 2,7% (4,5–1,0%); (zestawienie 1), co pozwala określić te utwory jako dobre skały macierzyste dla generowania węglowodorów. W utworach tych występuje także duża ilość bituminów. Bardzo duża ilość składników labilnych obecna jest w stropie utworów. Uwzględniając, iż w tych bituminach jest duży udział węglowodorów, w których dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi, można przypuszczać, iż te bituminy są epigenetyczne z osadem.

Analiza n-alkanów z materii organicznej z utworów ordowiku (karadok) wykazała obecność dużą ilość związków o krótkich łańcuchach węglowych od n-C₁₆ do n-C₂₁, które świadczą o dobrym przeobrażeniu materii organicznej o czym świadczy wartość wskaźnika CPITot równa 1,00. Jednocześnie duża ilość tych n-alkanów wykazuje, iż materia pochodzi z rozpadu alg i bakterii. W dystrybucji n-alkanów związki o krótkich łańcuchach węglowych parzyste pochodzą z rozpadu bakterii a nieparzyste pochodzą z rozkładu alg; (Maliński i Witkowski, 1988; Fig. 3.11).

Utwory górnego ordowiku (aszgil) mają niewielką ilość C_{org.} 0,4% i podwyższoną ilość bituminów (0,063%). Bituminy występujące w tych utworach są epigenetyczne z osadem.

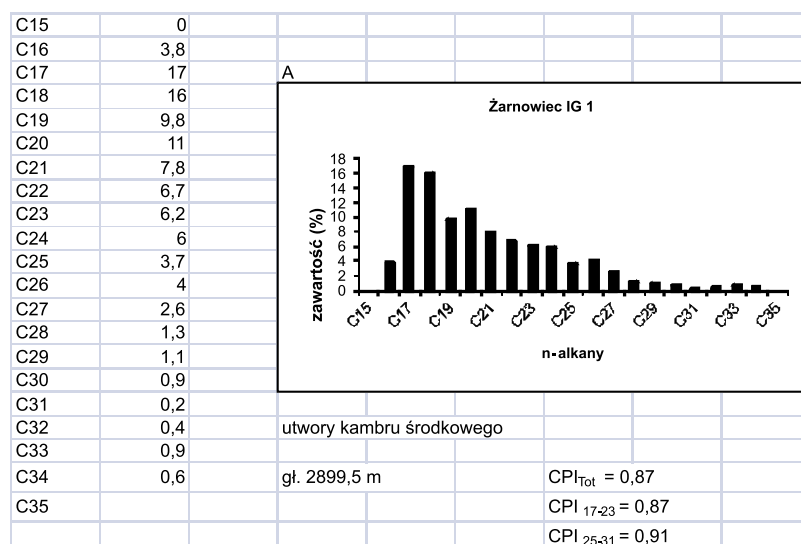


Figura 3.8A. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2899,5 m).

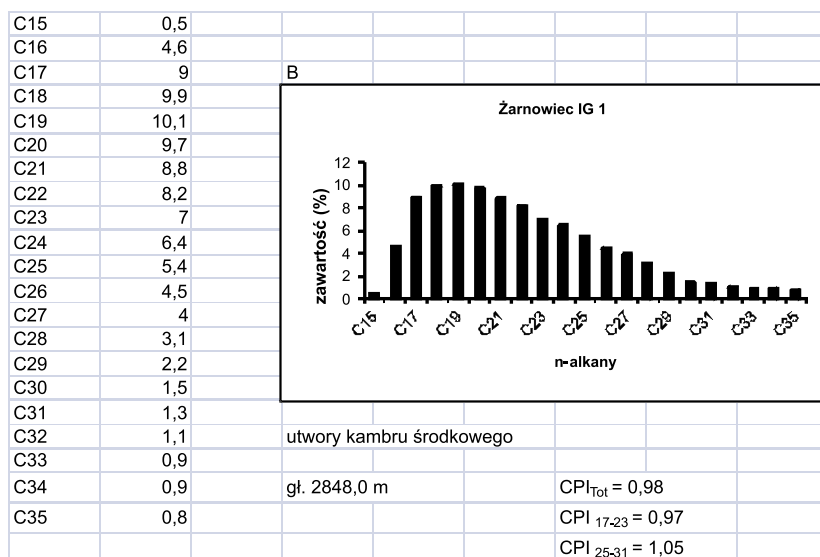


Figura 3.8B. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2848,0 m).

W utworach dolnego syluru (landower) średnia ilość C_{org} wynosi 0,35%. Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana od 0,038 do 0,005%. Ilaste utwory dolnego syluru są biednymi skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów.

Analiza n-alkanów z materii organicznej z utworów syluru (landower) wykazała obecność dużą ilość związków o krótkich łańcuchach parzystowęglowych. Wartość wskaźnika CPI_{Tot} poniżej jedności świadczy o dużej ilości bakterii w badanej materii organicznej.

Utwory wenloku zawierają zróżnicowaną ilość węgla organicznego śr. 0,7% (max. 1,0%, min. 0,3%). Ilość bituminów w tych utworach jest duża (0,255–0,128%). Udział węglowodorów w bituminach jest wysoki od 73 do 51%. W składzie węglowodorów dominują związki nasycone. Wartość współczynnika migracji wskazuje, iż bituminy obecna w tych utworach jest epigenetyczna z osadem.

Wartość wskaźnika dojrzałości materii organicznej w tych utworach wykazuje, iż jest ona dobrze przeobrażona (Fig. 3.12A, B, Fig. 3.13A, B, Fig. 3.14A).

Utwory ludlowu zawierają średnio 0,18% węgla organicznego (0,40–0,10%). Utwory te nie są dobrymi skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów.

Zawartość bituminów w tych utworach jest zróżnicowana od 0,105 do 0,003%. Udział węglowodorów w bituminach jest zróżnicowany od 11 do 62%. W składzie węglowodorów dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi. Podwyższona ilość bituminów w tych utworach jest epigenetyczna z osadem.

Wartość wskaźnika przeobrażenia materii organicznej w tych utworach podobnie jak w utworach podległych wykazuje, iż materia jest dobrze przeobrażona (Fig. 3.14B, Fig. 3.15A, B, Fig. 3.16A, B, Fig. 3.17).

Utwory permu/cechsztynu zawierają małą ilość węgla organicznego i bituminów (zestawienie 1).

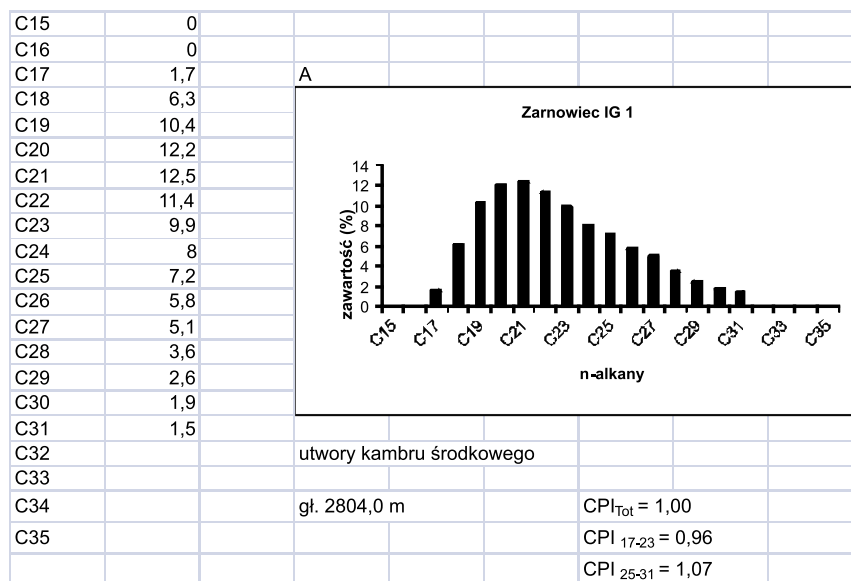


Figura 3.9A. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2804,0 m).

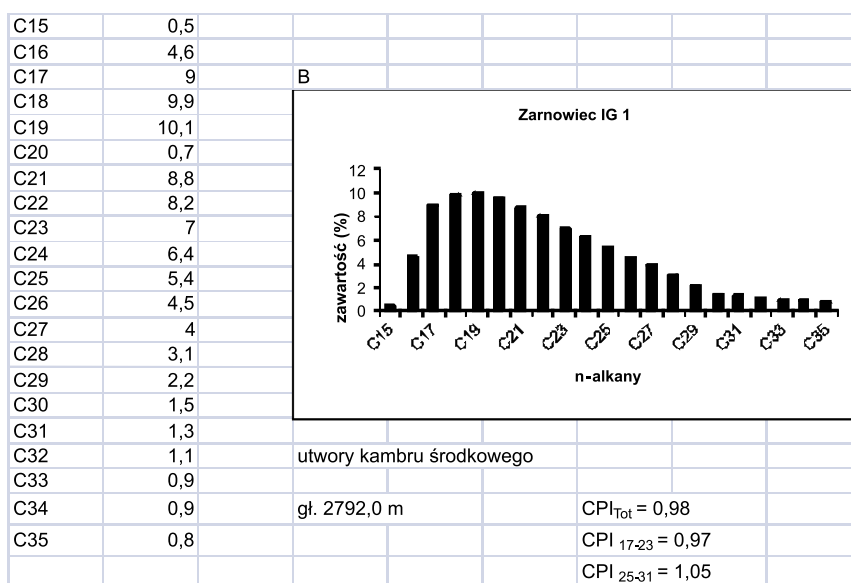


Figura 3.9B. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2792,0 m).

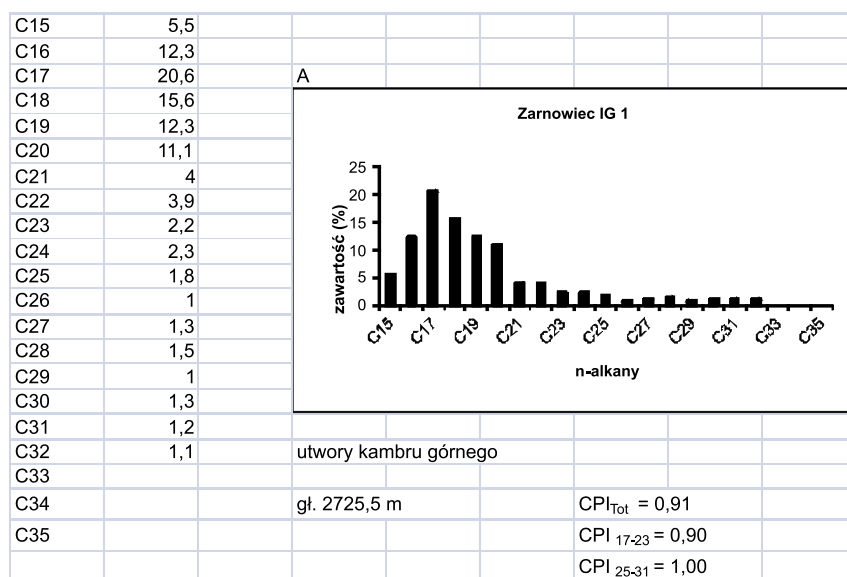


Figura 3.10. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru górnego w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2725,5 m).

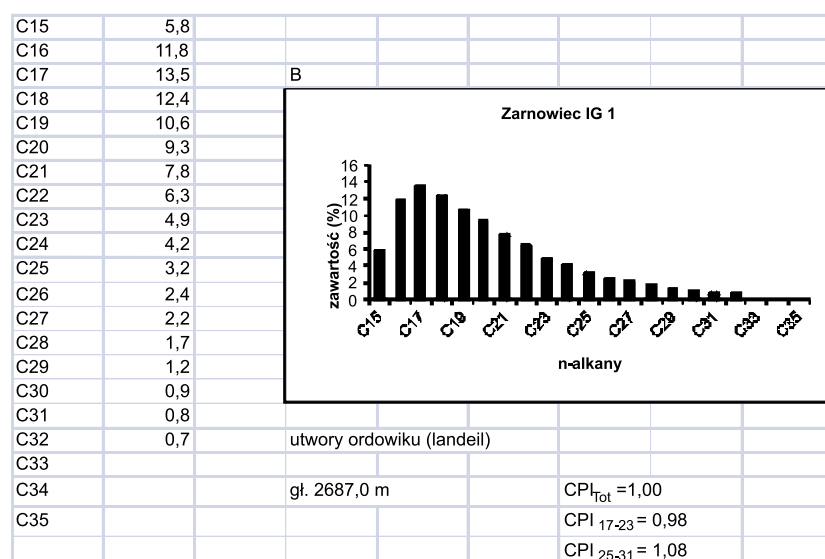


Figura 3.11. Dystrybucja n-alkanów w utworach ordowiku (landeilu) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2687,0 m).

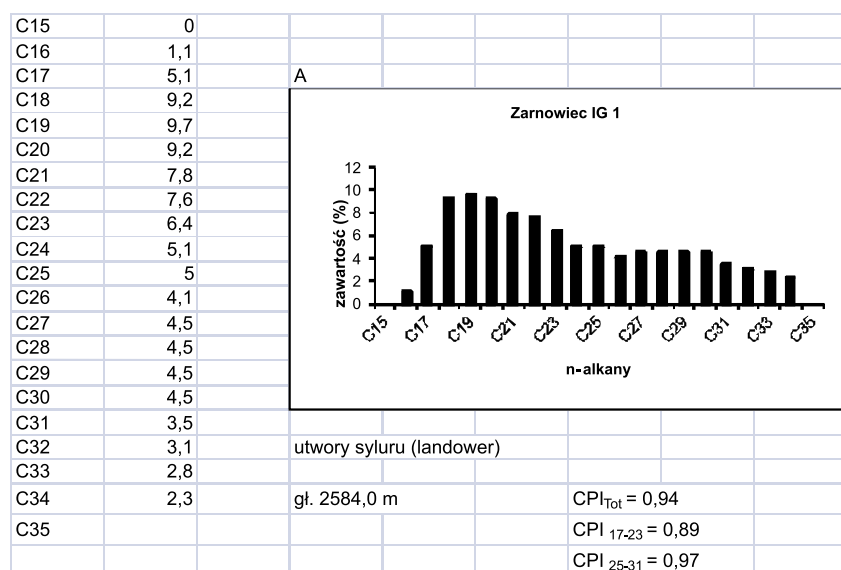


Figura 3.12A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (landowen) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2584,0 m).

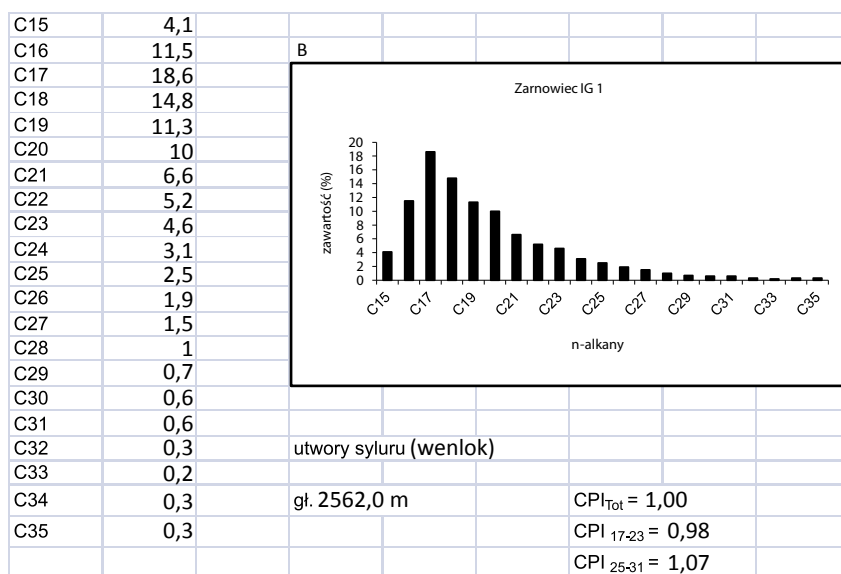


Figura 3.12B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2562,0 m).

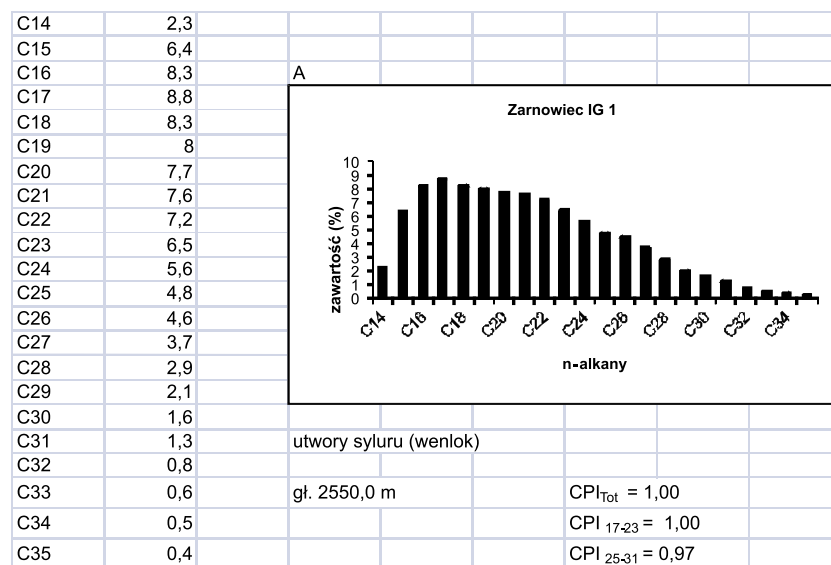


Figura 3.13A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2550,0 m).

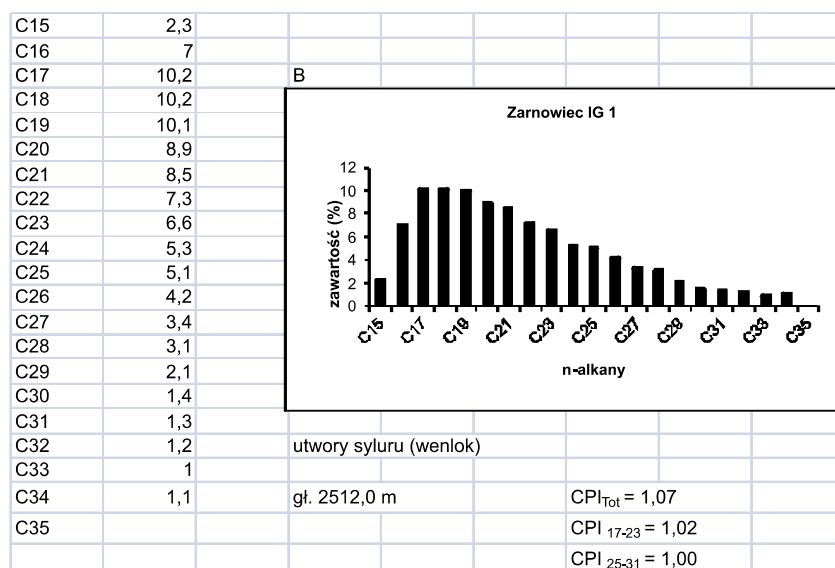


Figura 3.13B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2512,0 m).

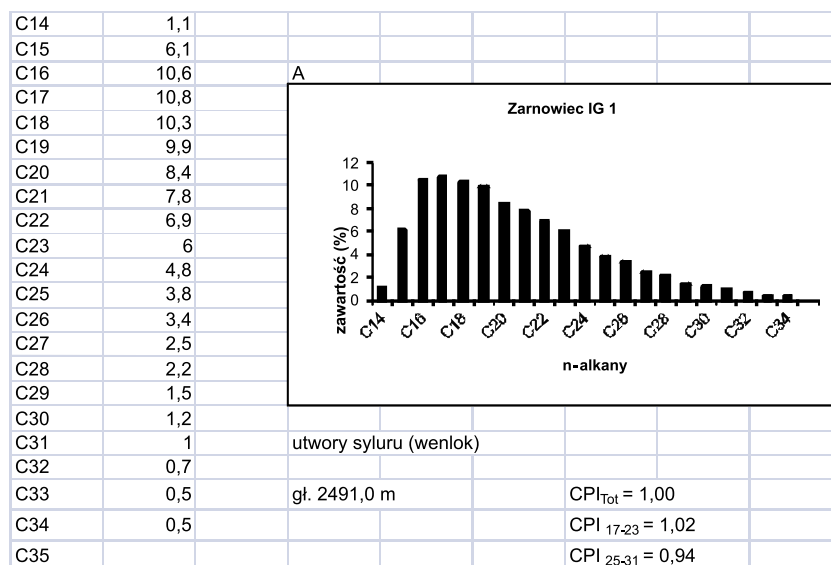


Figura 3.14A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2491,0 m).

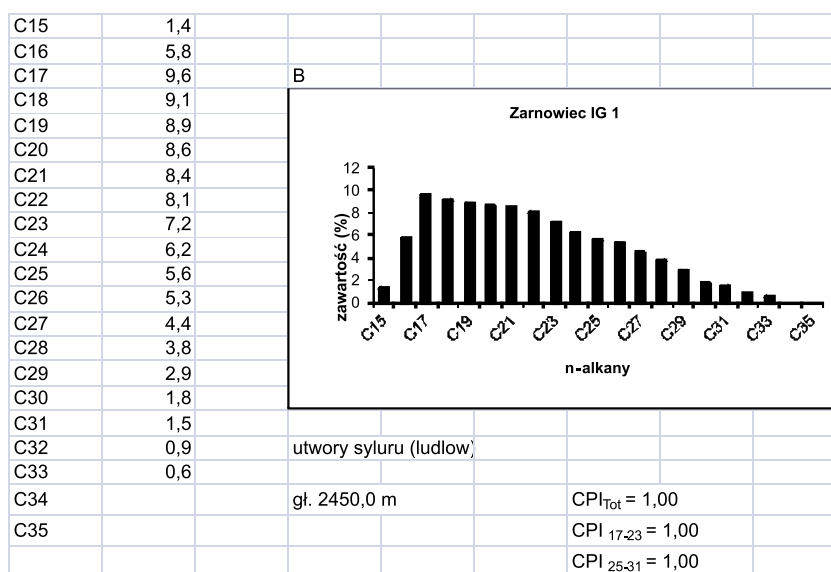


Figura 3.14B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2450,0 m).

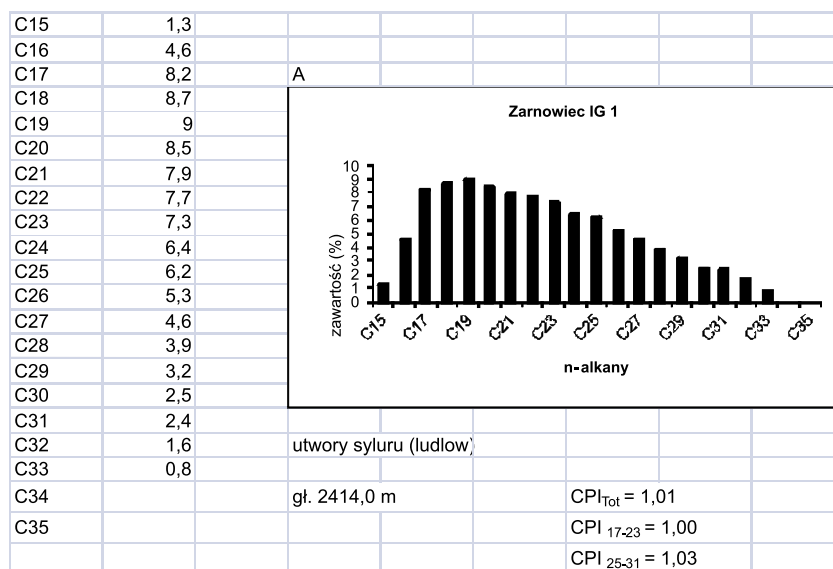


Figura 3.15A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2414,0 m).

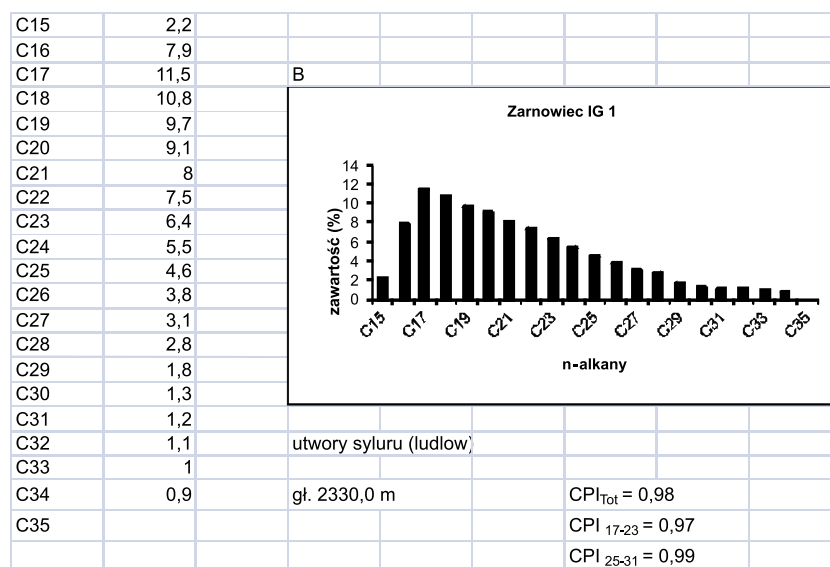


Figura 3.15B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2330,0 m).

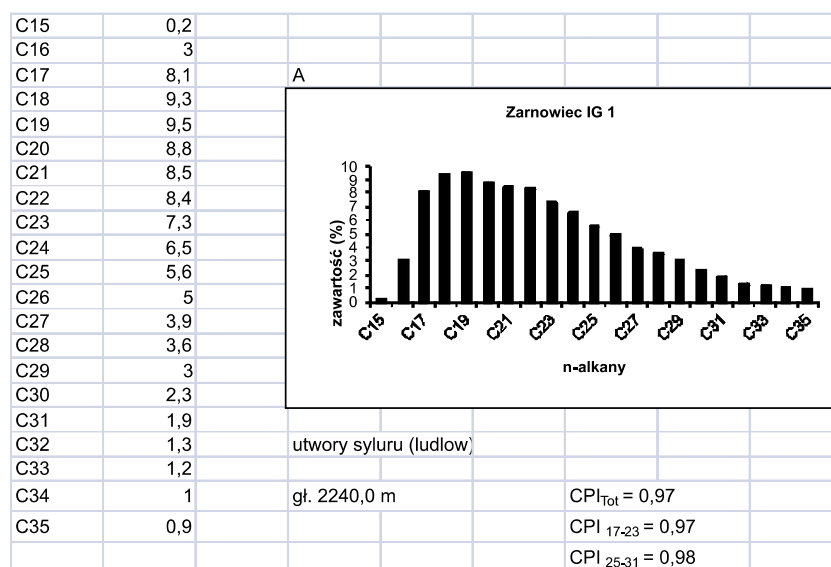


Figura 3.16A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2240,0 m).

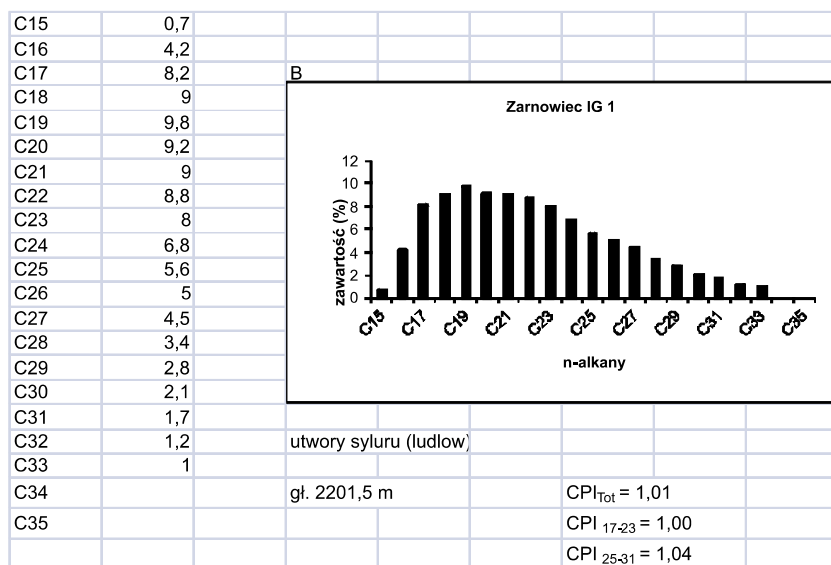


Figura 3.16B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2201,5 m).

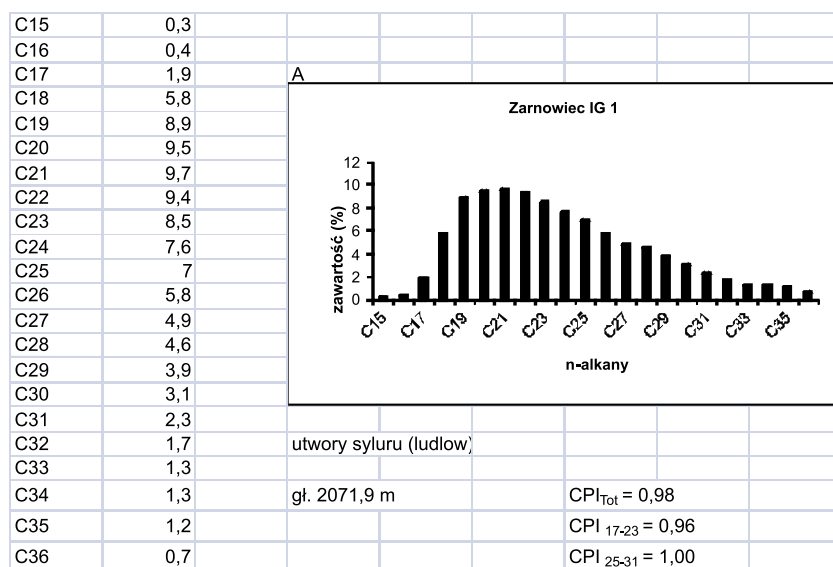


Figura 3.17. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Żarnowiec IG 1 (gł. 2071,9 m).

Otwór Darżlubie IG 1

W otworze Darżlubie IG 1 badania geochemiczne materii organicznej przeprowadzone były dla utworów kambru dolnego i środkowego, ordowiku (arenig, lanwim, karadok, aszgijl) i syluru (landower, wenlok i ludlow).

Piaskowcowo-mułowcowe utwory dolnego kambru generalnie zawierają małą ilość węgla organicznego (śr. 0,27%) i małą ilość bituminów śr. 0,009% (zestawienie 2).

Zestawienie 2

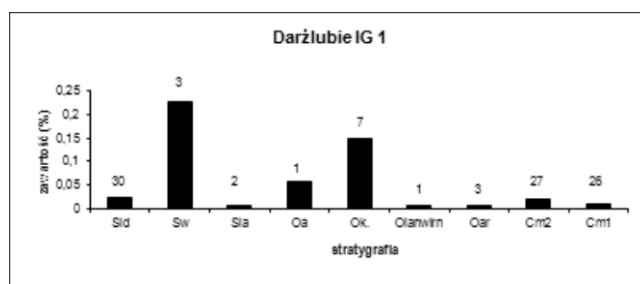
Otwór Darżlubie IG 1

Średnia zawartość węgla organicznego w badanych utworach

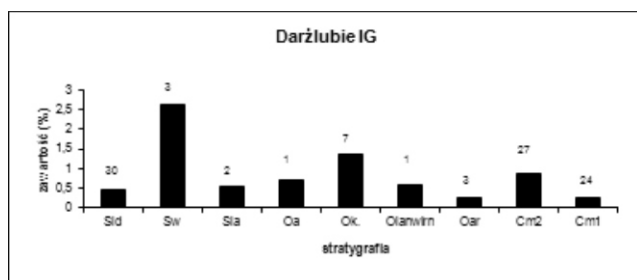
Stratygrafia	śr. C _{org.} %	ilość próbek	max. C _{org.} %	min. C _{org.} %
Sld	0,44	30	0,9	0,1
Sw	2,63	3	6,1	0,8
Sla	0,55	2	0,6	0,5
Oa	0,7	1	0,7	0,7
Ok.	1,34	7	3,1	0,3
Olanwim	0,6	1	0,6	0,6
Oar	0,27	3	0,3	0,2
Cm2	0,88	27	3,6	0,1
Cm1	0,27	24	0,7	0,1

Średnia zawartość bituminów w badanych utworach

Stratygrafia	śr % bitum.	ilość próbek	max. % bitum.	min. % bitum.
Sld	0,022	30	0,139	0,005
Sw	0,226	3	0,376	0,132
Sla	0,008	2	0,013	0,004
Oa	0,056	1	0,056	0,056
Ok.	0,15	7	0,566	0,009
Olanwim	0,008	1	0,008	0,008
Oar	0,008	3	0,012	0,005
Cm2	0,019	27	0,098	0,003
Cm1	0,009	26	0,031	0,001



ilość próbek – 30, 3, 2, 1, 7, 1, 3, 27, 26



Udział węglowodorów w wydzielonych bituminach jest także różnicowany. W utworach dolnego kambru waha się od 74% w piaskowcach w spągowej części pionowego profilu do 11% w utworach z górnej partii tego profilu. Różnicowana jest też zawartość żywic i asfaltenów w tych utworach.

W utworach kambru środkowego zawartość węgla organicznego jest różnicowana, waha się od 0,1 do 3,6% w ilastych utworach w wyższych partiach tego kompleksu

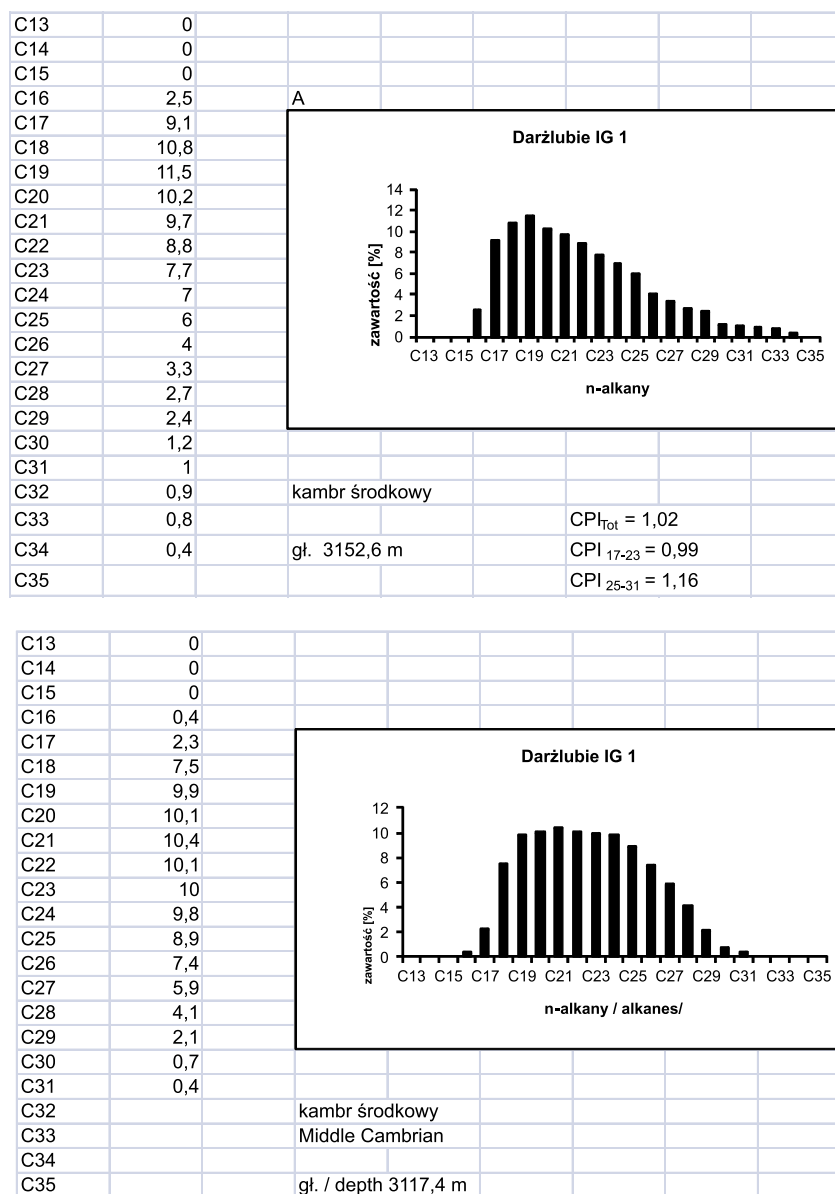


Figura 3.18A. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 3152,6 m; gł. 3117,4 m).

skalnego (zestawienie 2). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest mała. Wyższa zawartość składników labilnych występuje w iłowcach zawierających dużą ilość węgla organicznego, należy sądzić, iż te bituminy są syngenetyczne z osadem. W bituminach wydzielonych z utworów środkowego kambru udział węglowodorów jest generalnie duży, jedynie w spągu na głębokości 3225,8 m stwierdzono bardzo niewielki udział węglowodorów w bituminach (8%).

Uwzględniając niewysoką ilość węgla organicznego obecną w tych utworach i wysoką wartość współczynnika migracji można założyć, iż generalnie bituminy występujące w nieznacznie podwyższonych ilościach w utworach dolnego i środkowego kambru są epigenetyczne w stosunku do osadu (Gondek, 1980).

Analiza n-alkanów wykazała, iż materia organiczna występująca w utworach środkowego kambru zawiera znaczną ilość związków o 19 i 21 liczbie węgla w cząsteczce, a także

związków o parzystej liczbie węgla, co sugeruje, iż materiałem wyjściowym były algi i bakterie (Maliński i Witkowski, 1988; Fig. 3.18A, 3.18B i 3.18C).

Warunki środowiska w jakich osadzała się materia organiczna w tych utworach były zmienne od silnie utleniających do redukcyjnych, co sugerują wartości Pr/Ph wahające się od 1,92 do 0,42 (Didyk i in., 1978).

Wartości wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} , CPI_{17-23} i CPI_{25-31} są poniżej jedności z uwagi na duży udział n-alkanów parzystowęglowych pochodzących z rozkładu bakterii co uniemożliwia jednoznaczne określenie stopnia przeobrażenia badanej materii.

Utwory ordowiku w profilu pionowym są zróżnicowane pod względem występującej w nich ilości węgla organicznego. W spągu kompleksu, w utworach arenigu, zawartość węgla organicznego i bituminów jest niewielka (zestawienie 2). W pojedynczym wystąpieniu w wapieniach lanwirnu zawartość

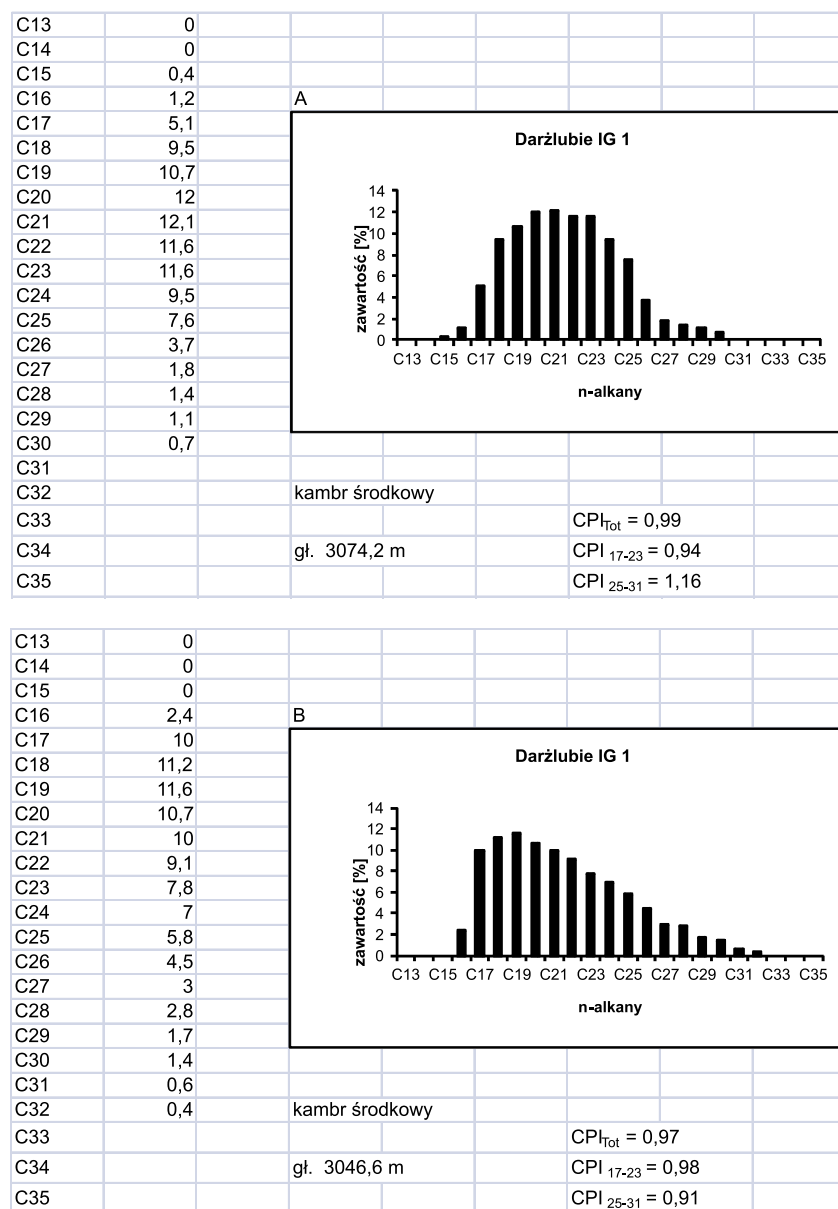


Figura 3.18B. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 3074,2 m; gł. 3046,6 m).

węgla jest nieznacznie podwyższona, ale ilość bituminów jest bardzo mała. Natomiast w utworach karadoku ilość materii organicznej jest zróżnicowana, ale w pewnych interwałach zawartość węgla organicznego pozwala uznać te utwory jako „dobre skały macierzyste” dla generowania węglowodorów (zestawienie 2). Ilość bituminów występująca w tych interwałach skalnych jest także duża. W utworach górnego ordowiku (aszgil) zawartość węgla organicznego wynosi 0,7%, ilość bituminów jest nieznacznie podwyższona, a wartość współczynnika migracji wskazuje, iż składniki labilne obecne w osadzie są z im syngenetyczne (zestawienie 2). Utwory ordowiku zawierają równomierną ilość węglowodorów i produktów ciężkich (asfaltenów i żywici) w bituminach w całym profilu. Najniższa zawartość węglowodorów w bituminach została stwierdzona w składnikach labilnych wydzielonych z utworów aszgilu.

Materia organiczna występująca w dolnych partiach utworów ordowiku zawiera związki z grupy n-alkanów o parzystej liczbie węgla w cząsteczce (Fig. 3.19A).

Natomiast w wyższych partiach utworów karadoku maksymalną zawartość osiąga n-alkan C_{19} co sugeruje większy udział alg morskich niż bakterii w wyjściowej materii organicznej (Fig. 3.19B).

W utworach arenigu środowisko w basenie sedimentacyjnym było redukcyjne. Natomiast warunki środowiska przy osadzaniu się materii organicznej w utworach ordowiku–karadoku podobnie jak w przypadku utworów środkowego kambru były zróżnicowane od utleniających w spągu profilu poprzez redukcyjne w partiach wyższych. W stropie utworów karadoku śladowa ilość węglowodorów izoprenoidowych uniemożliwia wykorzystanie ich do określenia warunków osadzania się materii organicznej w tych utworach.

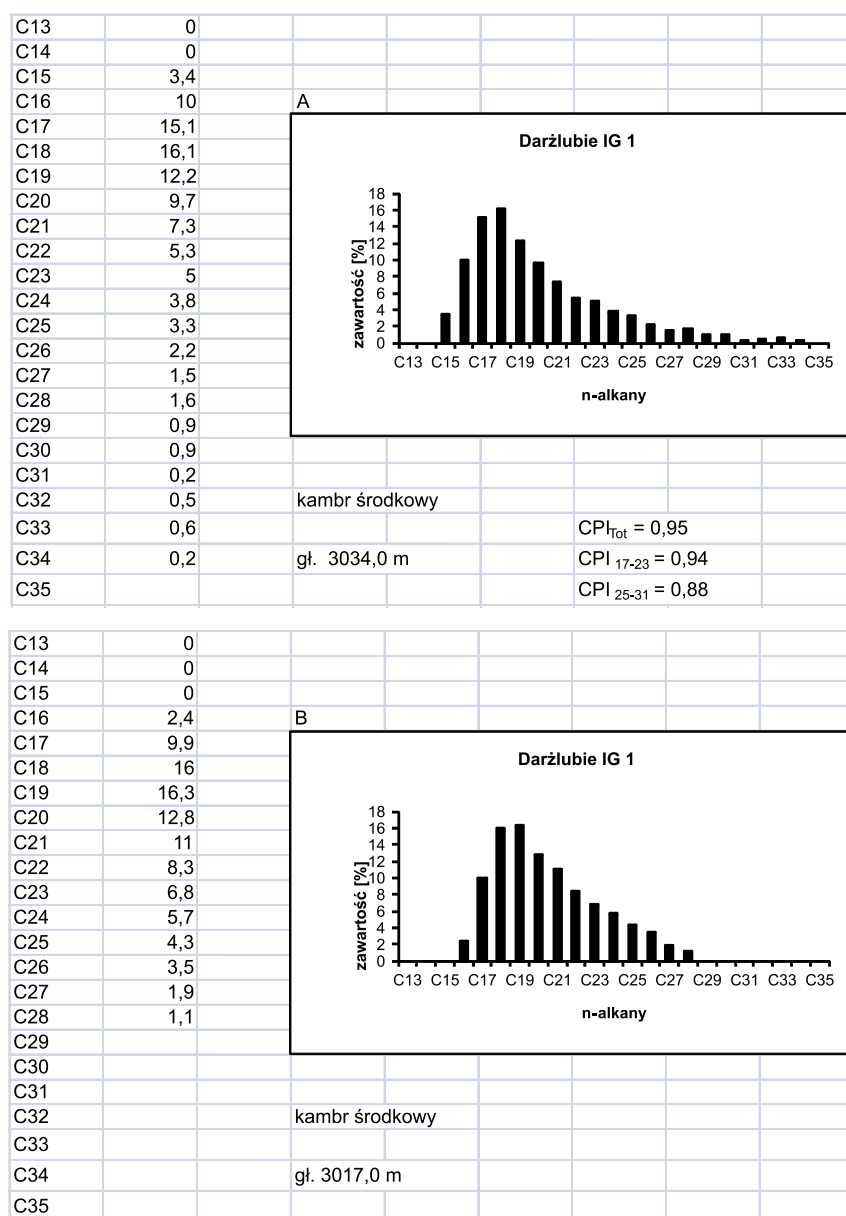


Figura 3.18C. Dystrybucja n-alkanów w utworach kambru środkowego w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 3034,0 m; gł. 3017,0 m).

Wartości wskaźników dojrzałości materii organicznej CPI_{Tot} i CPI_{17-23} są niższe niż jedność więc nie pozwala to oznaczyć ich stopnia przeobrażenia wykorzystując te wskaźniki. Utwory wczesnego syluru – landoweru zawierają ilość węgla organicznego określającą te osady za „słabe” skały macierzyste dla generowania węglowodorów (zestawienie 2).

Zawartość węgla organicznego w utworach wenloku jest zróżnicowana. W stropowej części utwory te zawierają ilość materii organicznej klasyfikującą je jako „słabe” skały macierzyste do generowania węglowodorów. Natomiast utwory zalegające w spagu pionowego profilu są bogate w węgiel organiczny. Zawartość składników labilnych występująca w tych utworach jest duża (zestawienie 2).

Utwory ludlowu zawierają mniejszą ilość węgla organicznego w partiach stropowych niż w spagu. Generalnie osady te są słabymi skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów. Utwory ludlowu są uboższe w bituminy niż

podległe utwory wenloku. Ilość bituminów waha się od 0,139% w spagu utworów do 0,003% w ich stropie (zestawienie 2).

Udział węglowodorów w wydzielonych bituminach z utworów syluru jest również zróżnicowany, ale w stosunkowo niewielkim zakresie. W utworach wenloku i dolnych partiach ludlowu zawartość węglowodorów w bituminach wynosi około 60–50% ku stropowi utworów ludlowu zawartość frakcji węglowodorowej zmniejsza się natomiast zwiększa się udział żywicy i asfaltenów. W składzie węglowodorów w całym pionowym profilu w tym otworze dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi.

W n-alkanach oznaczonych w materii organicznej z utworów syluru zaznacza się większy udział związków zawierających n-alkan C_{17} , szczególnie w spagowych partiach utworów. Jednocześnie został stwierdzony znaczny udział związków o parzystej liczbie atomów węgla (Fig. 3.20A, B).

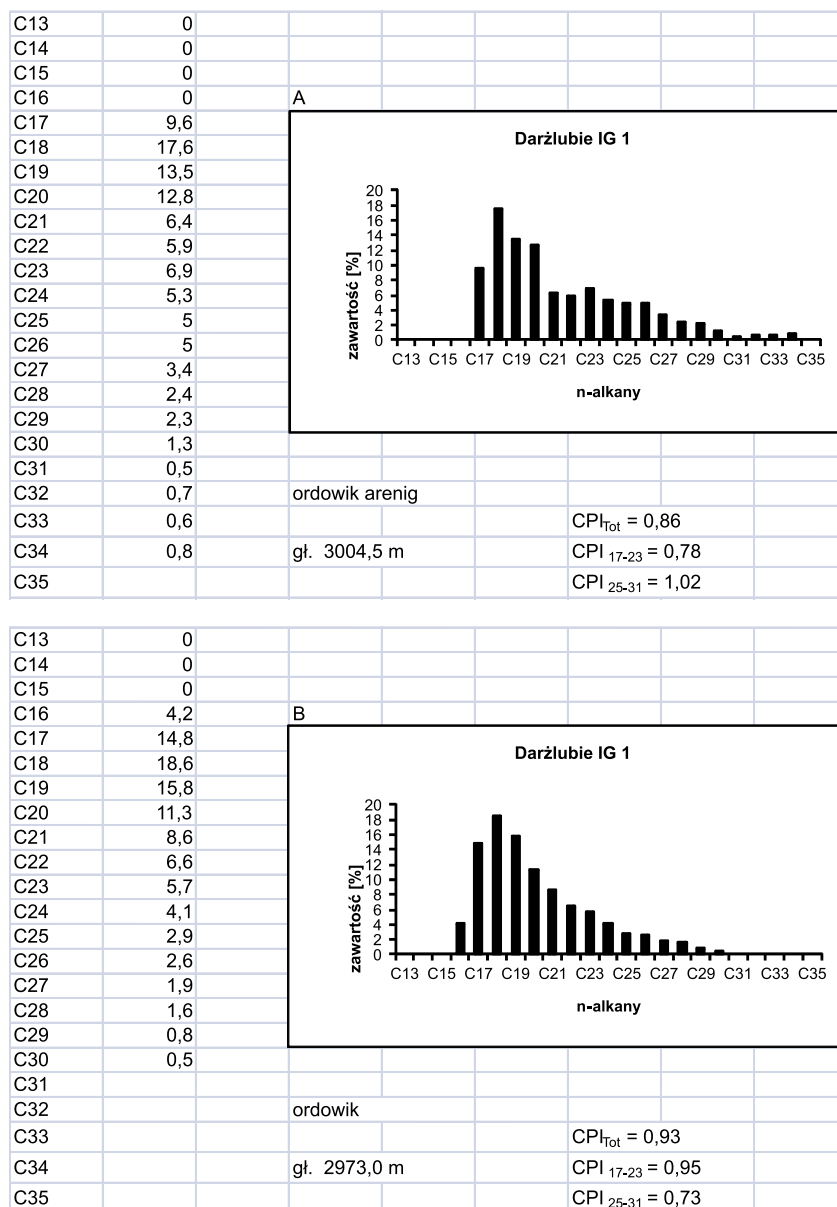


Figura 3.19A. Dystrybucja n-alkanów w utworach ordowiku w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 3004,5 m; gł. 2973,0 m).

W pionowym profilu kompleksu skalnego w górnym wenloku i ludlowie zwiększa się udział n-alkanu C_{19} , a w górnej części kompleksu n-alkanu C_{21} , co sugeruje niższy stopień przeobrażenia badanej materii organicznej (Fig. 3.20C–F).

W utworach ludlowu na głębokości 2713,0 m dominującym związkiem w badanej materii organicznej jest n-alkan C_{17} jednocześnie w grupie n-alkanów w tej materii organicznej w znaczącej ilości występuje n-alkan C_{15} , także C_{16} , C_{18} i C_{19} , można więc przypuszczać iż w tej materii organicznej występują dwie generacje ciekłych węglowodorów.

Jednocześnie znaczna ilość n-alkanów o liczbie węgla w łańcuchu w zakresie od $n-C_{26}$ do $n-C_{28}$ z maksymalną zawartością n-alkanu C_{27} pozwala przypuszczać, iż w utworach górnego ludlowu (gł. 1553,6) zachodziło zjawisko biodegradacji szczątków sinic (Fig. 3.20E).

Stosunek węglowodorów izoprenoidowych pristanu i fitanu sugeruje, iż materia organiczna pochodząca z utworów

wenloku i ludlowu tworzyła się generalnie w silnie utleniającym środowisku. Obserwowane zjawisko biodegradacji, które miało miejsce w badanych osadach nie pozwala jednoznacznie oznaczyć stopnia przeobrażenia materii organicznej obecnej w utworach syluru–ludlowu.

Podsumowując omawiane dane należy stwierdzić, iż w otworze Darżlubie IG 1 w kompleksie skalnym niższego paleozoiku za „dobre” skały macierzyste dla generowania węglowodorów można uznać pewne interwały utworów ordowiku (karadoku). Pozostałe przebadane utwory są „słabymi” lub „biednymi” skałami macierzystymi, a wyższe zawartości węgla organicznego występują w nich jedynie punktowo. Źródłem wyjściowej materii organicznej obecnej w utworach niższego paleozoiku w tym otworze są bakterie i algi morskie. Stopień przeobrażenia materii organicznej jest niewysoki.

Dojrzałość badanej materii zmienia się wraz z głębokością, najsilniej przeobrażona jest materia organiczna w utworach

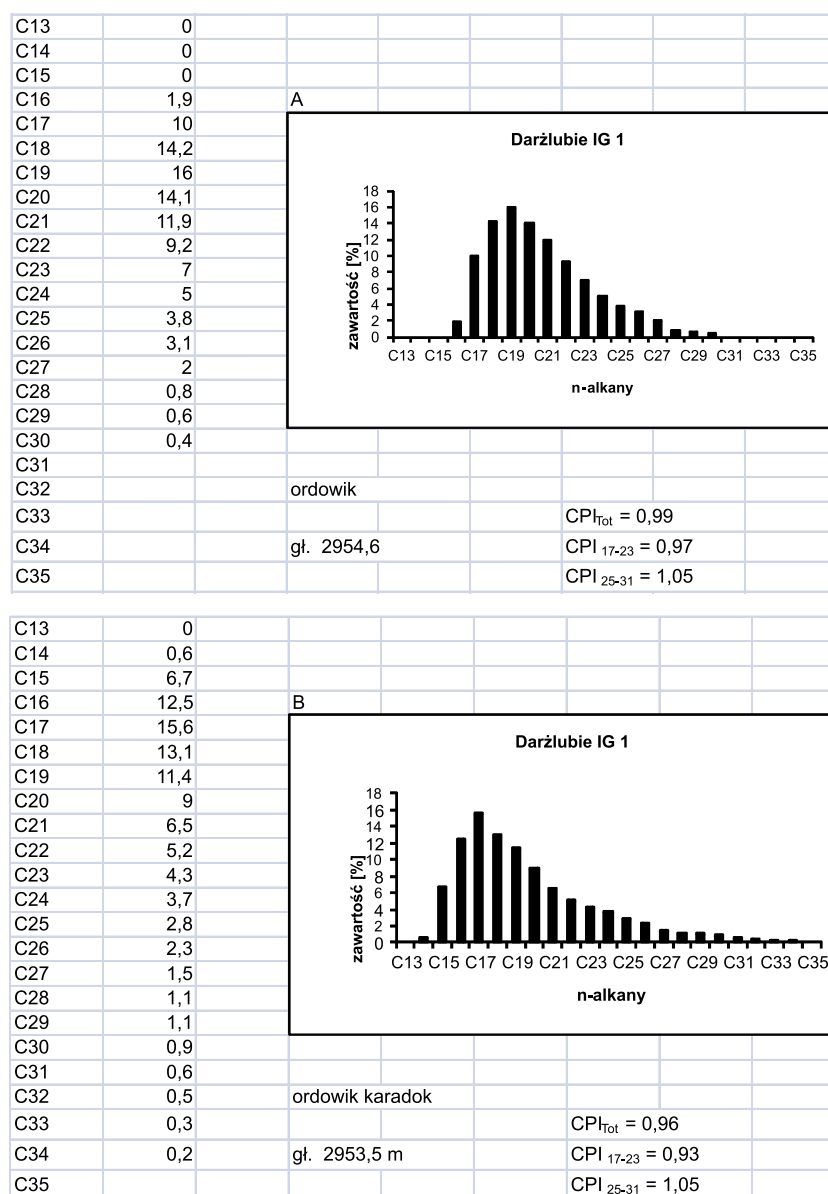


Figura 3.19B. Dystrybucja n-alkanów w utworach ordowiku w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2954,6 m; gł. 2953,5 m).

kambru, najslabiej natomiast w utworach syluru w ludlowie. Generalnie stopień przeobrażenia materii organicznej w tych utworach odpowiada stadium „okna ropnego”.

Analizując występowanie wysokich zawartości składników labilnych w utworach syluru i dolnego ordowiku należy pod-

kreślić, iż bituminy te mają charakter epigenetycznych z osadem. Obecność dwóch generacji węglowodorów w utworach syluru została potwierdzona szczegółową analizą chromatograficzną n-alkanów.

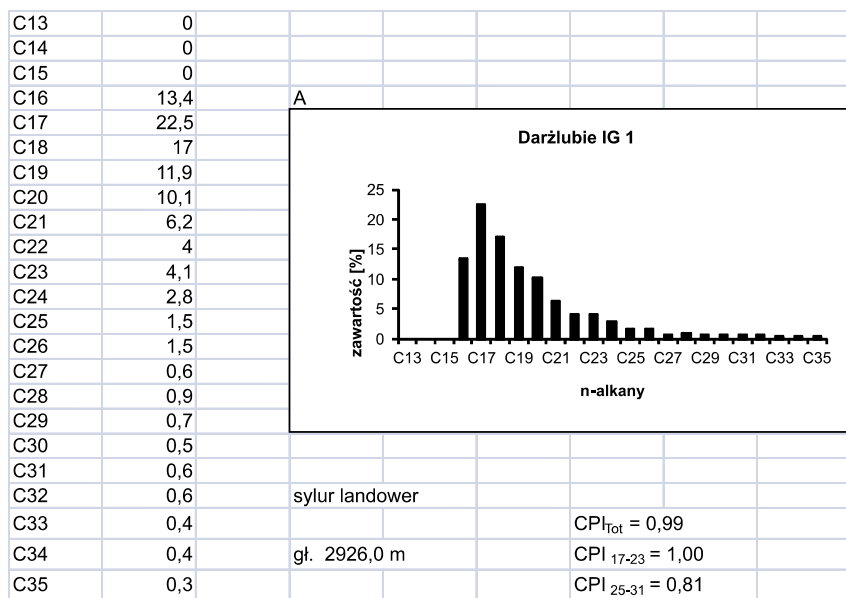


Figura 3.20A. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (landoweru) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2926,0 m).

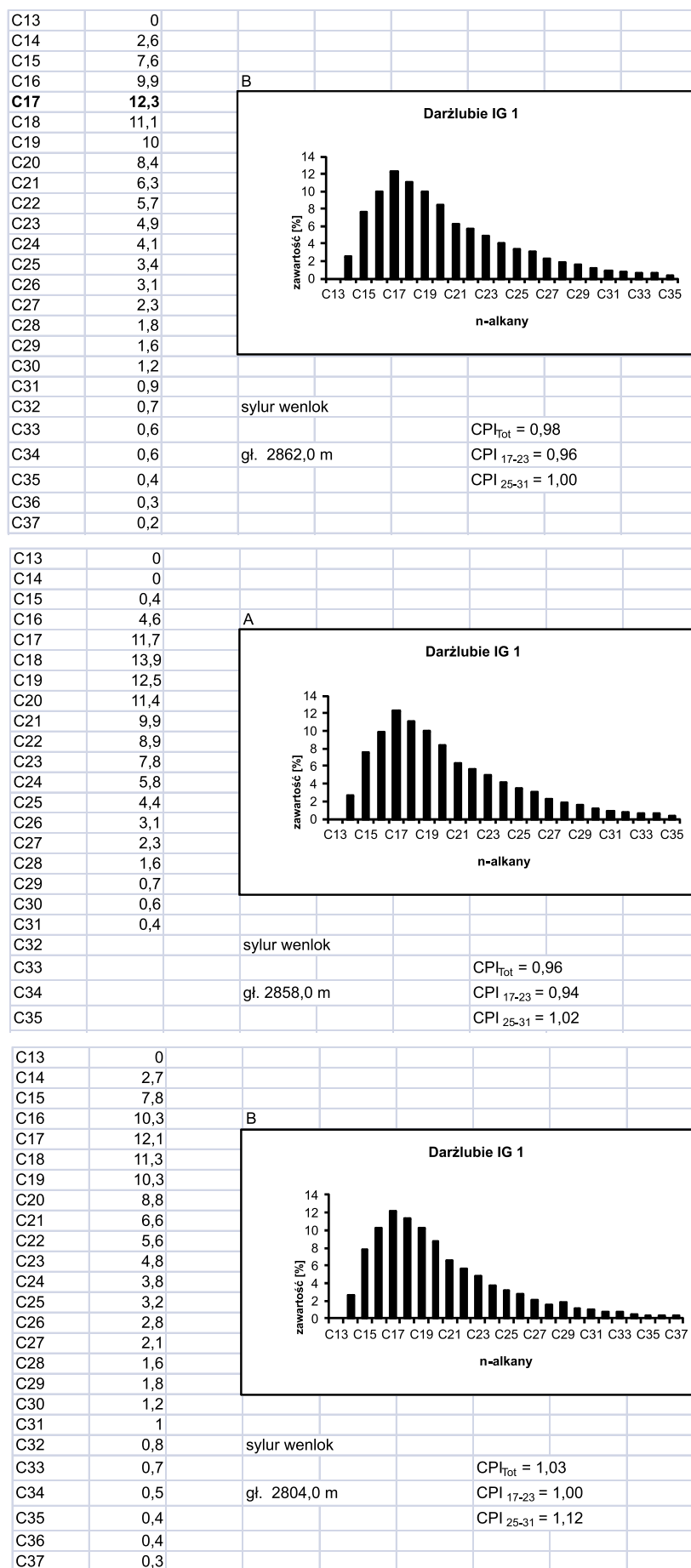


Figura 3.20B. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2862,0 m; gł. 2858,0 m; gł. 2804,0 m).

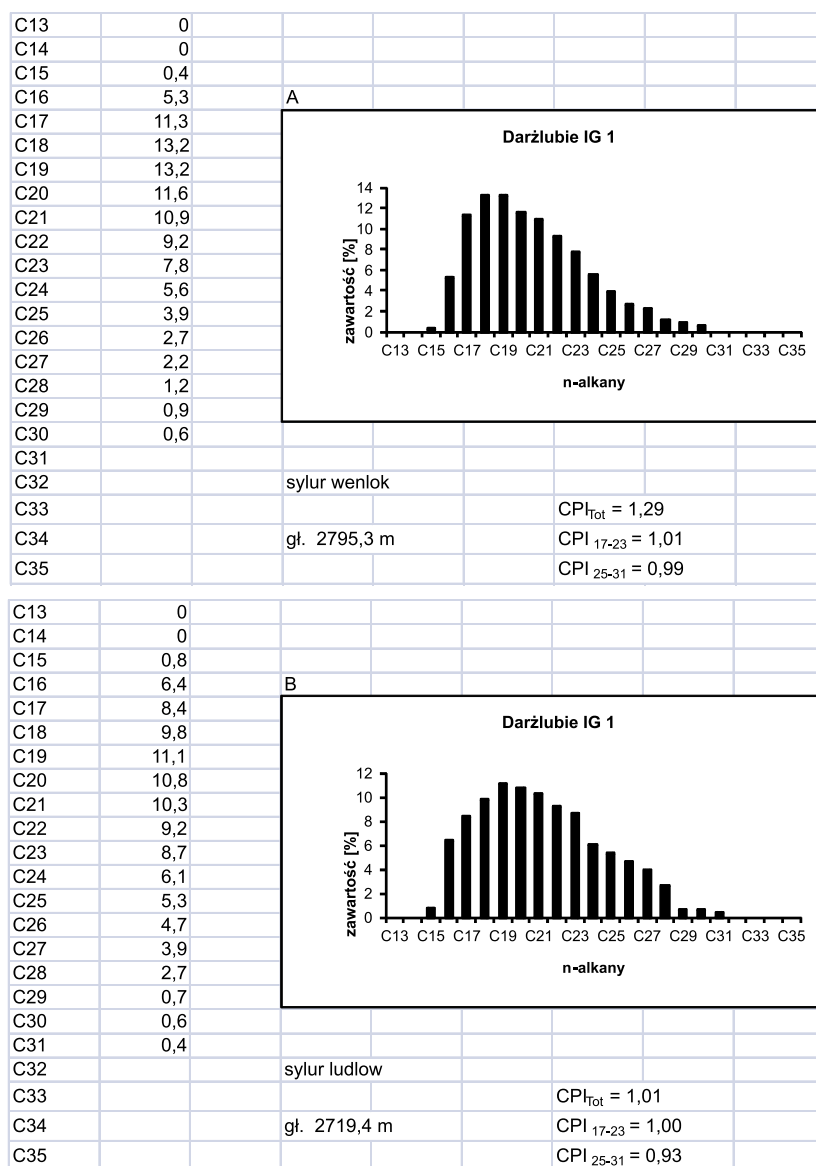


Figura 3.20C. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (wenlok, ludlow) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2795,3 m; gł. 2719,4 m).

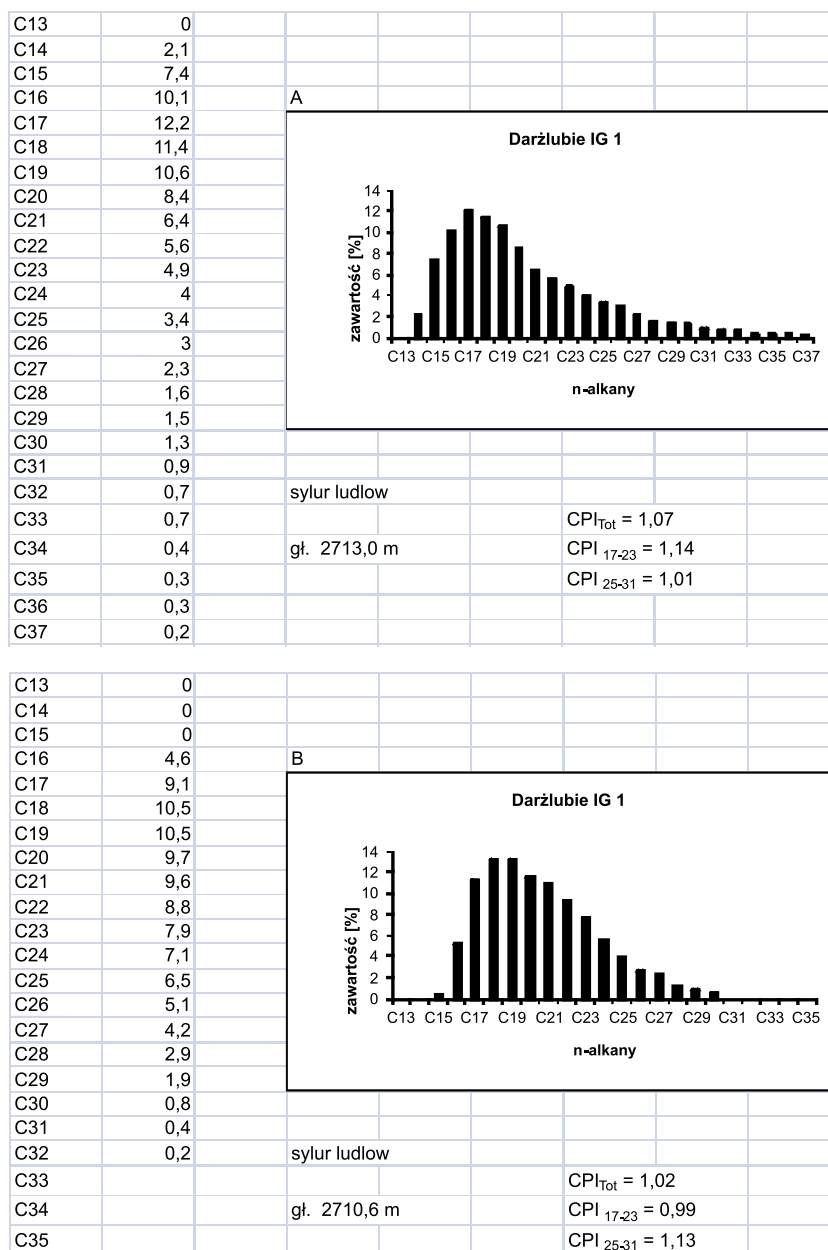


Figura 3.20D. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2713,0 m; gł. 2710,6 m).

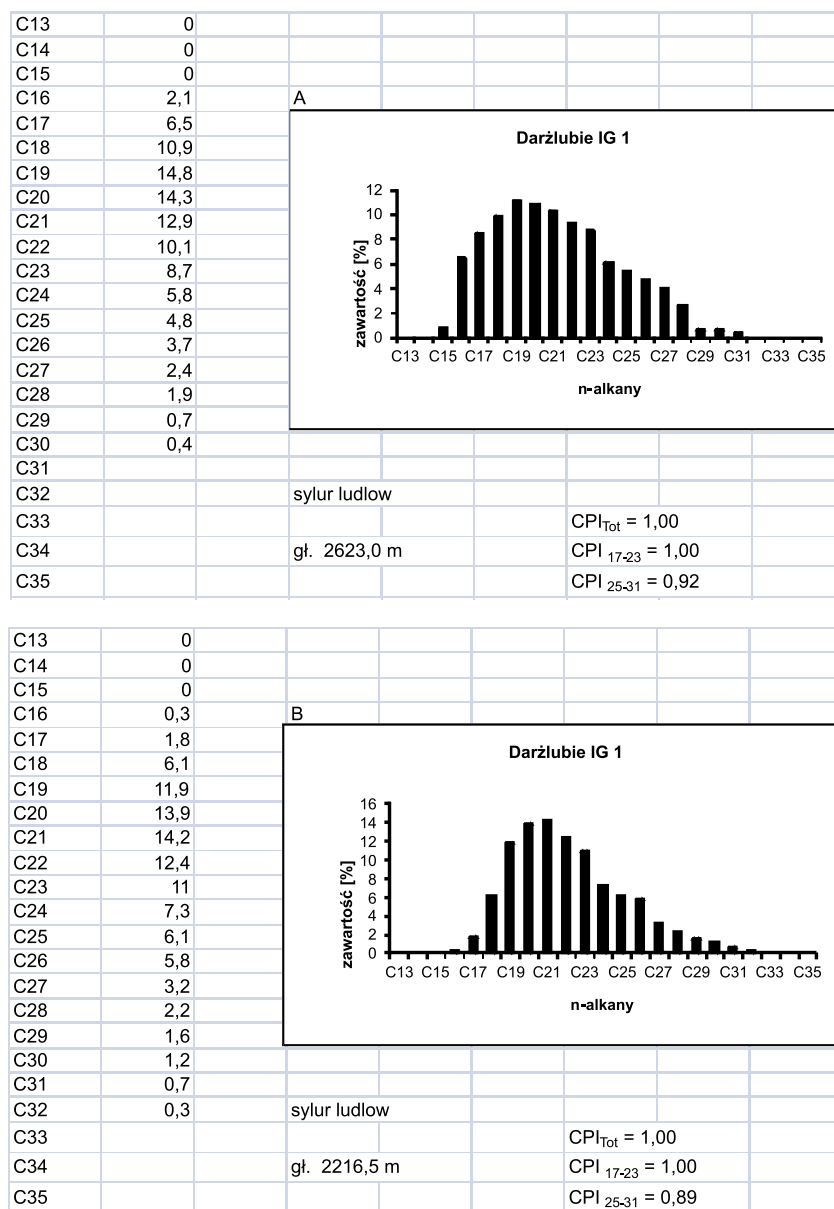


Figura 3.20E. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 2623,0 m; gł. 2216,5 m).

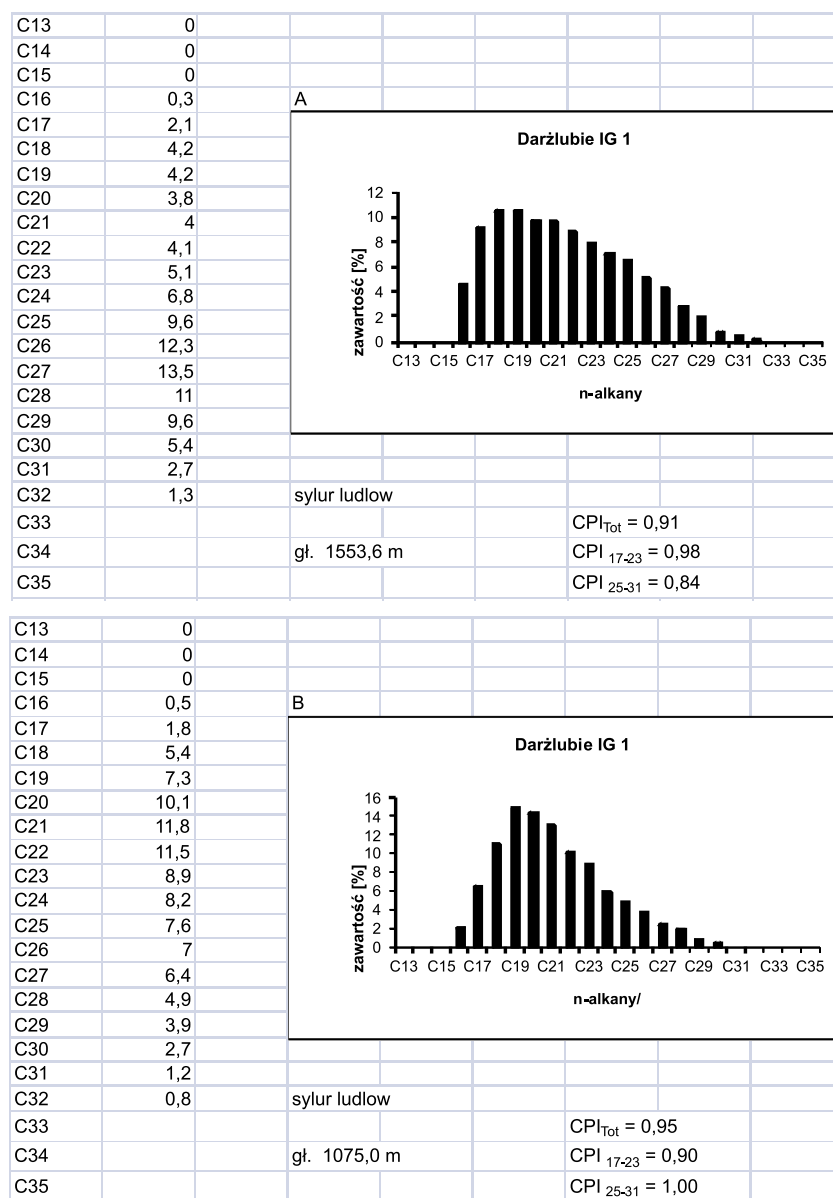


Figura 3.20F. Dystrybucja n-alkanów w utworach syluru (ludlow) w otworze Darżlubie IG 1 (gł. 1553,6 m; gł. 1075,0 m).

3.2. SKAŁY ZBIORNIKOWE

Konwencjonalny system naftowy – ropa naftowa i towarzyszący jej gaz ziemny

Obszar Żarnowiec jest obszarem występowania konwencjonalnych złóż o znaczeniu przemysłowym, zarówno ropy naftowej, jak i towarzyszącego jej gazu ziemnego. Otworami z produkcją ropy naftowej i gazu ziemnego na omawianym obszarze są: Żarnowiec IG 4, Żarnowiec 6k, Żarnowiec 8k, Dębki 2, Dębki 4, Dębki 5k, Dębki 7k, Dębki 6A i Białogóra 3. Wymienione otwory znajdują się w obszarze złóż ropy naftowej i towarzyszącego jej gazu ziemnego: Białogóra E, Dębki, Żarnowiec W (Fig. 1.2B).

Skalami zbiornikowymi dla konwencjonalnej ropy naftowej i towarzyszącego jej gazu ziemnego są tutaj piaskowce górnej części profilu środkowego kambru.

Pomimo, że na omawianym obszarze piaskowce kambru środkowego ze względu na wysoki stopień diagenety i obecność spoiwa kwarcowego w przestrzeniach między ziarnowych, cechują się złymi i bardzo złymi właściwościami zbiornikowymi dla węglowodorów konwencjonalnych, to o dobrych właściwościach kolektorskich piaskowców decyduje ich bardzo wysoka szczelinowatość. Występujące tu złoża ropy naftowej i gazu ziemnego reprezentują szczelinowy lub porowo-szczelinowy typ złóż, a ropa i gaz ziemny gromadzi się w szczelinach i porach.

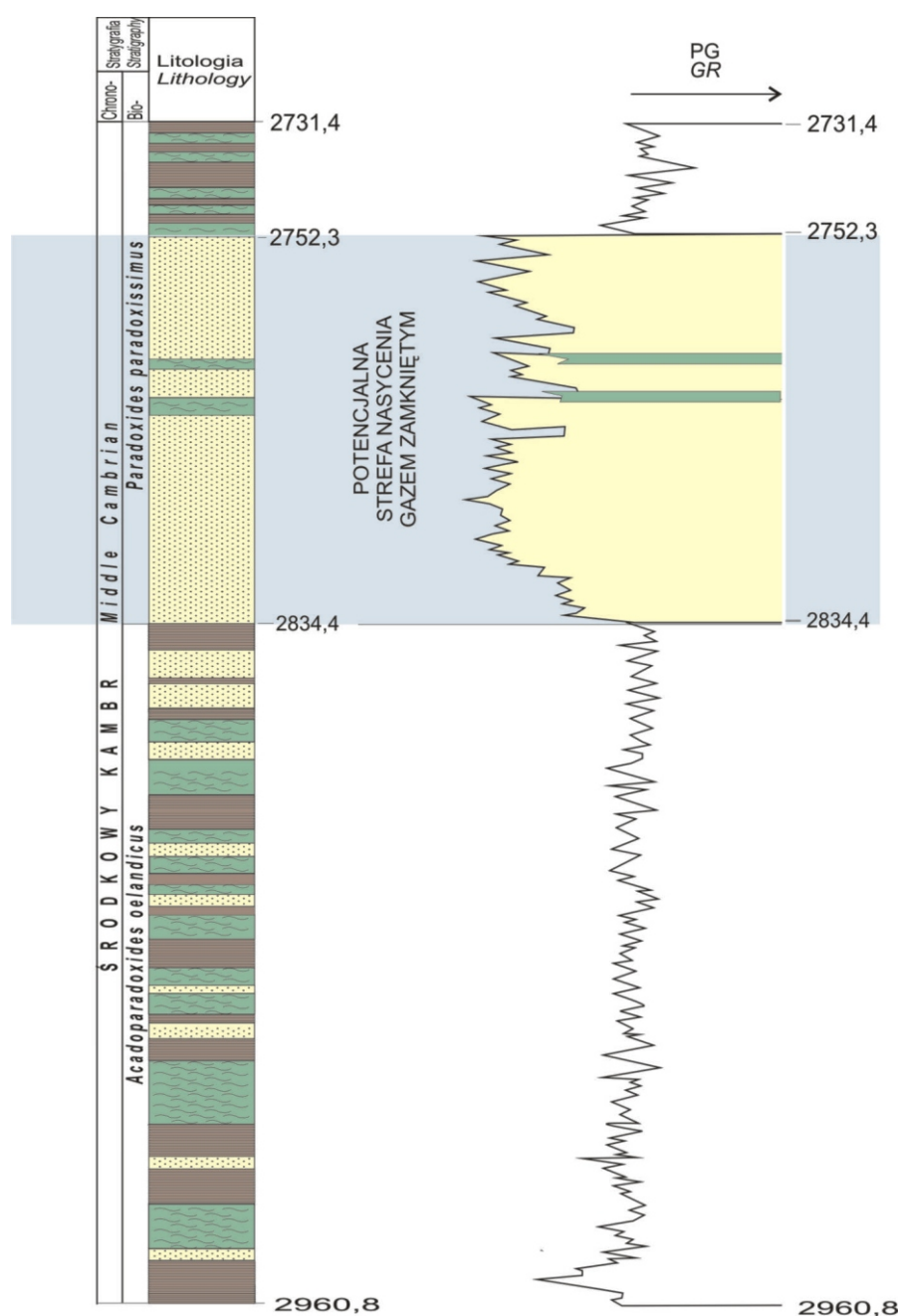


Figura 3.21. Reprezentatywny profil litologiczno-stratygraficzny dla obszaru Żarnowiec (otwór Żarnowiec IG 1) pokazujący rozmieszczenie potencjalnych nagromadzeń gazu zamkniętego w piaskowcach środkowego kambru (wg Pacześnej i Adamczak-Biały, 2012).

Własności zbiornikowe piaskowców środkowokambryjskich dla konwencjonalnych złóż węglowodorów, w przeciwieństwie do złóż niekonwencjonalnych, polepszają się w kierunku północnym (Królicka, 1998), osiągając najlepsze parametry na obszarze akwenu Bałtyku, na bloku B-Łeby.

Obecność przemysłowych złóż konwencjonalnych węglowodorów jest jednym z wskaźników potencjalnego występowania złóż gazu zamkniętego w piaskowcach środkowego kambru na obszarze Żarnowiec.

Niekonwencjonalny system naftowy – gaz zamknięty

Rozpoznane otworami wiertniczymi utwory kambru środkowego (~ oddziału 3 kambru) na obszarze Żarnowiec, są reprezentowane przez skały klastyczne, głównie piaskowce w stropowej części profili środkowokambryjskich oraz mułowce i ilowce w ich dolnej części. Potencjalnymi skałami zbiornikowymi dla gazu zamkniętego w profilach Białogóra 1 i Białogóra 2, Dębki 3 i Dębki 4, Żarnowiec 5, w centralnej części obszaru Żarnowiec oraz otworami Mieroszyno 8 Władysławowo 4 i Darżlubie IG 1, zlokalizowanymi w pobliżu jego wschodnich granic, są zwarte piaskowce, występujące w wyższych częściach profili (Fig. 3.21) środkowo kambryjskich (Paczeńska i Adamczak-Biały, 2012).

Kolektorami są drobnoziarniste lub bardzo drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, scementowane regeneracyjnym spoiwem kwarcowym typu porowego, z dodatkiem spoiwa węglanowego. Piaskowce wykazują mikroporowy typ struktury oraz cechuje je intensywna szczelinowatość, rejestrowana w rdzeniach wiertniczych (Karczewska i Żurawski, 1998). Piaskowce były deponowane w płytkich, przybrzeżnych strefach regresywnego zbiornika morskiego.

Piaskowce środkowego kambru w wymienionych wyżej otworach wiertniczych, wykazują się bardzo dobrymi wartościami wskaźników petrofizycznych, zawartymi poniżej 0,1 mD dla przepuszczalności i powyżej 2% dla porowatości efektywnej. Wymienione wartości przepuszczalności i porowatości piaskowców wskazują, że mógł nagromadzić się w nich gaz zamknięty. Wszystkie wymienione wcześniej profile kambru środkowego na obszarze Żarnowiec charakteryzują podobne, znajdujące się w wymienionym przedziale wartości przepuszczalności i porowatości. Pozytywne dla nagromadzeń gazu zamkniętego wartości porowatości i przepuszczalności i wynikające z nich własności kolektorskie utworów piaskowcowych środkowego kambru ulegają pogorszeniu na północ, w kierunku akwenu Bałtyku oraz na południe i zachód, na omawianym obszarze.

Obok innych przesłanek geologicznych, fakt istnienia mikroporowej struktury piaskowców występujących w profilach środkowego kambru na obszarze Żarnowiec, dopuszczają konkluzję o prawdopodobnym nagromadzeniu się gazu zamkniętego w mikroporach, znajdujących się w piaskowcach środkowego kambru.

Niekonwencjonalny system naftowy – gaz ziemny i ropa naftowa z formacji łupkowych

W rozpatrywanym powyżej dolnopaleozoicznym, niekonwencjonalnym systemie naftowym typu „continuous play” skałami zbiornikowymi są jednocześnie skały macierzyste, które zostały opisane w poprzednim rozdziale. W ramach tematu pn.

„Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” zlecono instytutowi INiG w Krakowie wykonanie pomiarów porowatości całkowitej i efektywnej na podstawie metody NMR oraz przepuszczalności całkowitej próbek formacji perspektywicznych kambru górnego, ordowiku i syluru pochodzących m.in. z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1 (Tab. 3.7). Wyniki przedstawiono poniżej w formie tabelarycznej (Tab. 3.8).

Żarnowiec IG 1	fm. z Pelplina	og. z Jantaru	fm. z Sasina	fm. z Piaśnicy
	3	0	7	1

Tabela 3.7. Ilość przebadanych próbek dla poszczególnych perspektywicznych formacji (Rozpoznanie..., 2016).

	Średnia porowatość efektywna (NMR) [%]	Średnia porowatość całkowita (NMR) [%]	Przepuszczalność [mD]
fm. z Pelplina	6,95	10,76	8,26
og. z Jantaru	n.o.	n.o.	n.o.
fm. z Sasina	6,56	10,62	6,3
fm. z Piaśnicy	6,89	8,2	n.o.

Tabela 3.8. Uśrednione wyniki wybranych badań petrofizycznych dla poszczególnych perspektywicznych formacji dla próbek z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1 (Rozpoznanie..., 2016).

*n.o. – nie oznaczono

Własności petrofizyczne konwencjonalnych piaskowców kwarcytowych kambru środkowego i dolnego z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1 zostały opisane przez Miesztalskiego (1976). Wydzielił on cztery poziomy zbiornikowe (trzy w utworach kambru środkowego, jeden w utworach kambru dolnego), które charakteryzują się następującymi średnimi wartościami porowatości efektywnej pomierzonej laboratoryjnie: poziom pierwszy (głębokość 2750–2787 m) – ~2%, poziom drugi (głębokość 2794–2823 m) >3,3%, poziom trzeci (głębokość 3040–3082 m) <7%, poziom czwarty (głębokość 3120–3236,5 m) – 6%.

3.3. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE

Doskonałą skałą uszczelniającą są ewaporaty cyklu PZ1. Na obszarze przetargowym mają one miąższość powyżej 200 m, przy czym – z uwagi na diachroniczność granic anhydryt dolny - najstarsza sól kamienna oraz najstarsza sól kamienna - anhydryt górny – obserwuje się dość duże różnice w miąższościach tych utworów w poszczególnych częściach obszaru przetargowego. W przypadku utworów dolomitu głównego na obszarze przetargowym, z wyjątkiem jej SE części, powyżej dolomitu głównego występują na większej części obszaru utwory szarego iłu solnego i dolomitu płytowego; jedynie w części SE występuje cienka (do kilku m) seria anhydrytów. Dopiero stropowa seria terygeniczna może być traktowana jako skała uszczelniająca. Poniżej mapa miąższości cechsztynu (Fig. 3.22).

Dodatkowym i traktowanym warunkowo horyzontem uszczelniającym dla górnoordowicko-dolnosylurskiego horyzontu perspektywicznego mogą być utwory ludlowu i przydolu ze względu na bardzo duże miąższości ludlowu oraz przydolu i niskie wartości porowatości i przepuszczalności. Miąższości przydolu przedstawiono na Fig. 3.23

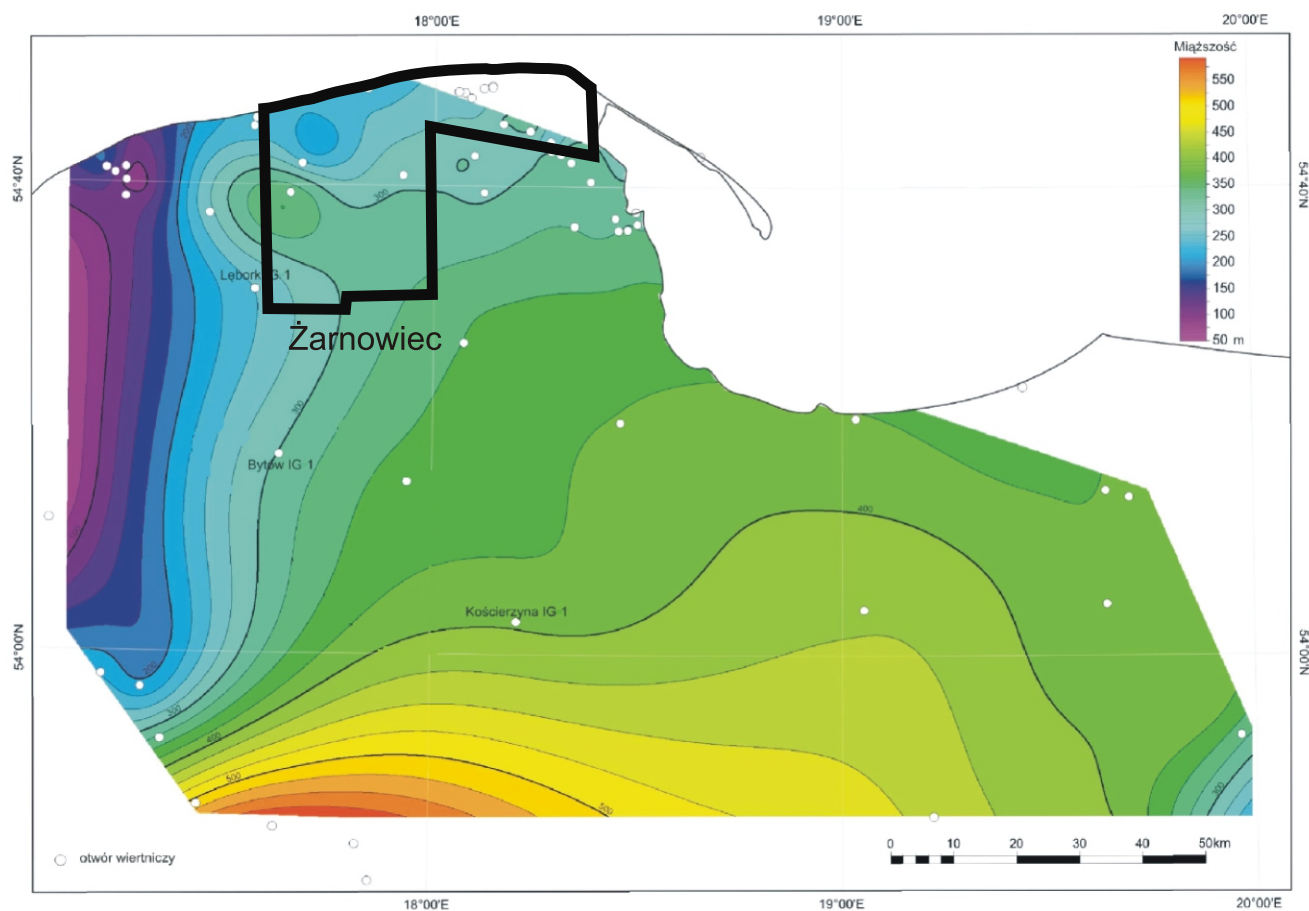


Figura 3.22. Mapa miąższości cechsztynu w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej.

3.4. SKAŁY NADKŁADU

W obrębie obszaru przetargowego „Żarnowiec” przewiduje się na podstawie profilu litostratygraficznego otworu Żarnowiec IG 1 występowanie skał nadkładu składających się ze skał ludlowu (miąższość ok. 863 m), przydolu (miąższość ok. 763 m), permu (miąższość ok. 255,2 m), triasu (miąższość ok. 254 m), jury (miąższość ok. 155 m), kredy (miąższość ok. 54 m), paleogenu i neogenu (miąższość ok. 21 m) oraz skał czwartorzędowych (miąższość ok. 90 m). Za łączną miąższość skał nadkładu potencjalnie perspektywicznych formacji łupkowych można przyjąć miąższość wynoszącą ok. 2455 m. Miąższość skał nadkładu jest jednak zmienna w obrębie obszaru przetargowego i z tego powodu należy podaną łączną miąższość traktować jako wartość przybliżoną.

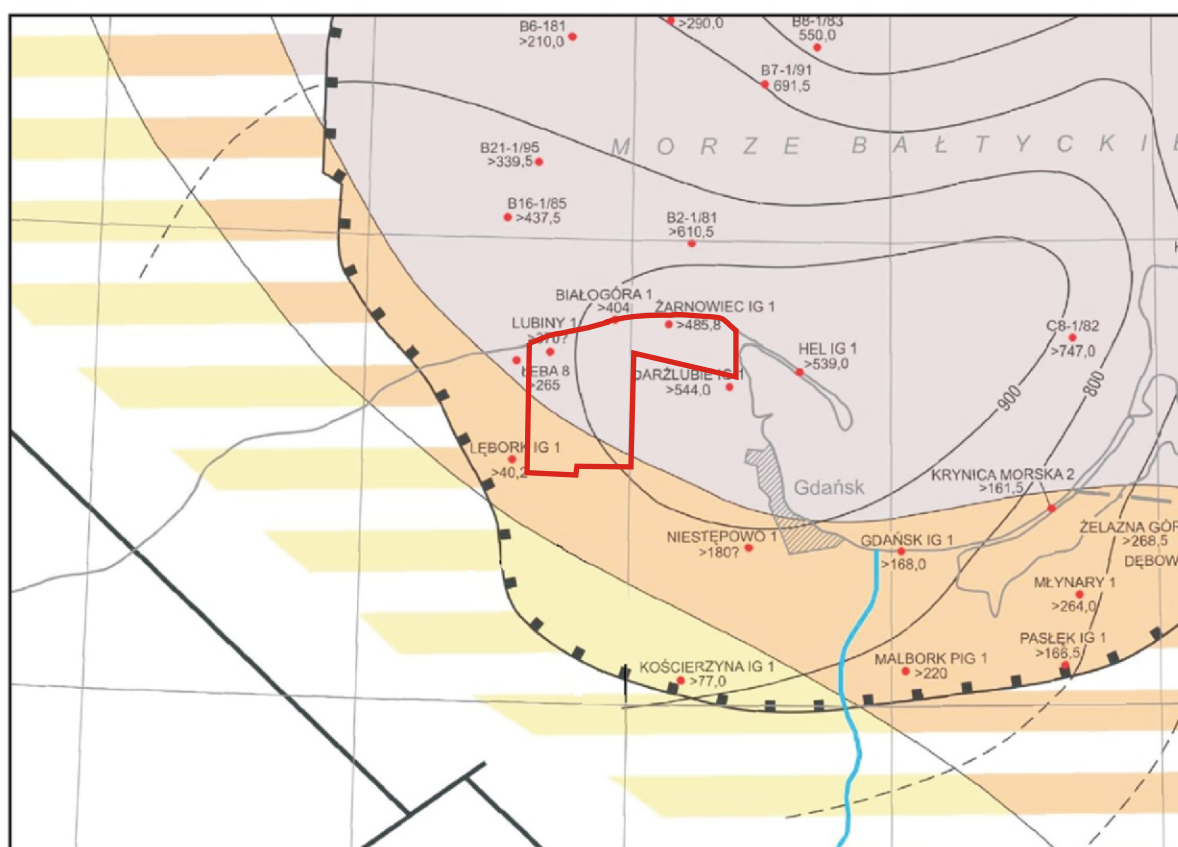
3.5. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

Zastosowanie numerycznych modeli systemów naftowych ma na celu przeprowadzenie rekonstrukcji procesów i mechanizmów generowania, migracji i akumulacji węglowodorów. Podstawą modeli procesów generowania jest modelowanie paleotermiczne, które polega na modelowaniu dojrzałości termicznej skał zwłaszcza macierzystych. Takie modelowanie przeprowadzane są głównie w wersji 1D i pozwalają na odtworzenie w skali czasu - ewolucji geologicznej i

termicznej basenu sedymentacyjnego wraz z modelowaniem procesów generowania i ekspulsji węglowodorów. W celu odtworzenia procesów migracji i akumulacji węglowodorów wykonuje się modelowania 2D (przekrój geologiczny), natomiast modelowania 3D integrują wszystkie wyżej wymienione procesy w postaci przestrzennej. Dokładna metodologia modeli systemów naftowych została przedstawiona w pracach m.in. Batora i Kosakowskiego (2000) i Highley i in (2006).

Na obszarze przetargowym Żarnowiec występuje szereg głębokich otworów wiertniczych nawiercających utwory macierzysto-ziarnikowe starszego paleozoiku. Charakterystykę dotyczącą wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów dla tego obszaru przetargowego wykonano na podstawie modeli przeprowadzonych w otworach Lębork IG 1 (Fig. 3.24; Dyrka, 2015), który znajduje się przy granicy południowo-zachodniej części obszaru i otworów Białogóra 3, Dębki 3 i Żarnowiec IG 1 (Fig. 3.25; Kotarba, 2008; Kosakowski i in., 2010), znajdujących się w północnej części obszaru.

W strefie lokalizacji obszaru przetargowego Żarnowiec występują nałożone na siebie utwory dwóch basenów sedymentacyjnych: ediakarsko-dolnopaleozoiczny basen bałtycki oraz permsko-mezozoiczny basen polski. Baseny te w skali czasu geologicznego różnią się ramami geometrycznymi, mechanizmami subsydencji, wielkością pograżania oraz tempem depozycji osadów. Wszystkie te parametry miały znaczący wpływ na ukształtowanie się rozkładu dojrzałości termicznej w basenie oraz wpływ na generację węglowodorów z perspektywicznych poziomów starszego paleozoiku. Utwory star-



FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ PRZYDOLU
PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF PRIDOLI

- | | | | |
|--------|---|--|---|
| 57.0 | Otworki wiertnicze, miąższość w m
Boreholes, thickness in m | | Litofacja ilasta
Clay lithofacies |
| — 20 — | Izopachy w m
Isopachs in m | | Litofacja ilasta z soczewkami
i wkładkami wapieni
Clay lithofacies with limestone lenses
and interbeds |
| | Współczesny zasięg osadów przydoli
Recent extent of Pridoli deposits | | Litofacja wapienno-ilasta
Limestone-clay lithofacies |
| | Rozłamy strefy Teisseyre'a–Tomquista
Teisseyre–Tomquist Fault Zone | | Litofacja marglisto-wapienna
Marl-limestone lithofacies |
| | | | Litofacja wapienna
Limestone lithofacies |

Figura 3.23. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej przydoli wg Modlińskiego (red.) 2010.

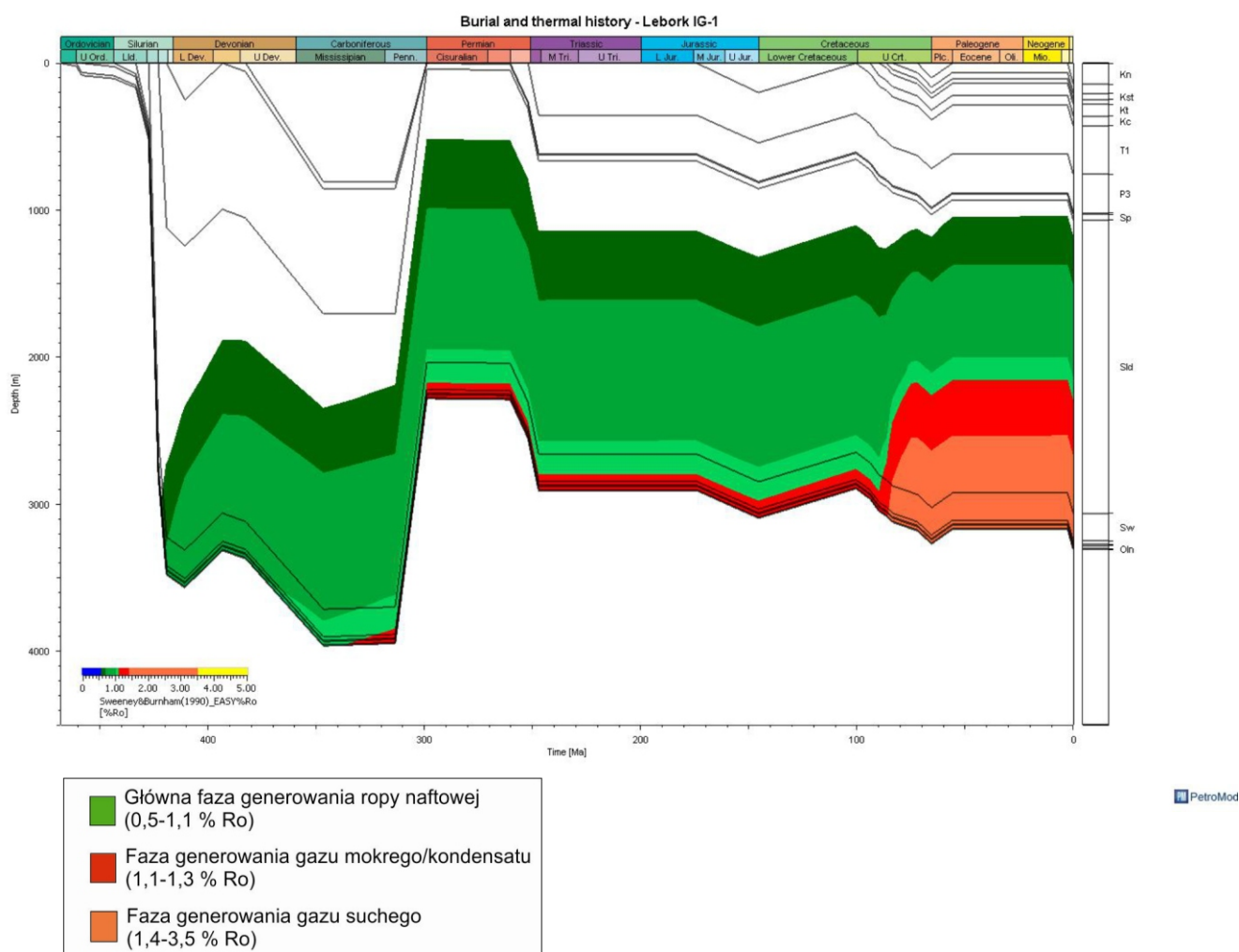


Figura 3.24. Model 1-D historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworu Lębork IG 1 (Dyrka, 2015).

szego paleozoiku tworzą system naftowy, w którym występują skały macierzyste dla generacji węglowodorów, zbiornikowe odpowiadające za migrację i akumulację oraz uszczelniające warunkujące zachowanie złóż. Na obszarze przetargowym Żarnowiec w profilu starszego paleozoiku występują skały macierzyste dla węglowodorów reprezentowane przez piaskowcowo-ilaste utwory kambru środkowego, łupki kambru górnego – tremadoku, karadoku (ordowik) oraz landoweru (sylur). Najważniejszym poziomem ropogazonośnym są piaskowce kambru środkowego, w których na analizowanym obszarze występują złoża ropno-gazowe (Dębki, Żarnowiec), jednakże potencjalne poziomy skał zbiornikowych tworzą również węglany ordowiku i syluru.

Na podstawie wyników modelowań dojrzałości termicznej (Fig. 3.24, Fig. 3.25, Fig. 3.26) wszystkie wymienione skały macierzyste, obecnie znajdują się w oknie generowania/występowania gazu suchego (wartości powyżej 1,3/1,4% Ro) z wyjątkiem otworu Dębki 3 i górnej części profilu otworu Białogóra 3 (kambr górny, karadok, landower), gdzie utwory starszego paleozoiku znajdują się w oknie generowania gazu mokrego/kondensatu (1,1–1,3% Ro). Główna faza generowania węglowodorów poczynając od ropy naftowej (>0,5 % Ro), w

zależności od zróżnicowanych warunków paleotermicznych na analizowanym obszarze nastąpiła, gdy skały starszego paleozoiku zostały pograżone na głębokość poniżej 2800 m osiągając temperaturę powyżej 110°C. Takie warunki sprawiły, że główna faza generowania węglowodorów ciekłych nastąpiła na przełomie sylur/dewon i trwała w przypadku południowej części obszaru (otwór Lębork IG 1) do końca karbonu, natomiast w przypadku północnej części obszaru do okresu dewonu środkowego (otwór Białogóra 3) lub dewonu późnego (otwory Dębki 3, Żarnowiec IG 1). Wtedy to bezpośrednio po tej fazie nastąpiła kolejna faza generowania gazu mokrego/kondensatu (1,1–1,3% Ro). Jeszcze na przełomie wczesnego i późnego karbonu (otwory Białogóra 3 i Żarnowiec IG 1), skały starszego paleozoiku (głównie kambru), pograżając się na głębokość około 3600–4100 m i osiągając temperaturę około 150°C weszły w kolejną fazę generowania gazu suchego (>1,4% Ro). Takiej sytuacji nie można wykluczyć również w południowej części obszaru (Łeba IG 1), jednakże utwory kambru nie zostały tam nawiercone. Wypiętrzenie i erozja późnkarbońska zahamowała czasowo dalszy wzrost dojrzałości termicznej. Depozycja utworów górnego permu i mezozoiku przyczyniła się dopiero do dalszego pogrzebienia a tym samym zwiększenia głębokości i

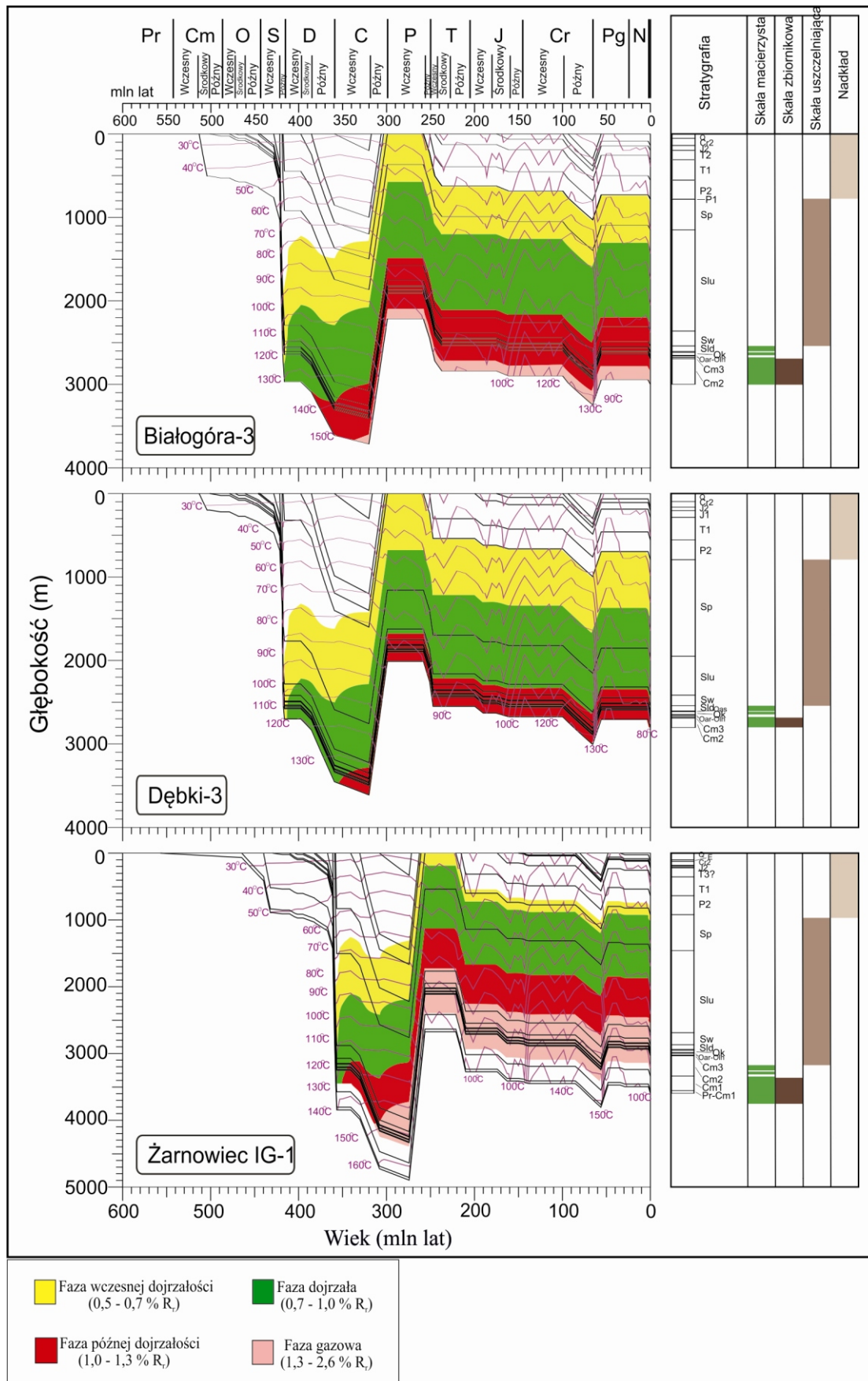


Figura 3.25. Modele 1-D historii pograżania i dojrzałości termicznej dla otworów Białogóra 3, Dębki 3 i Żarnowiec IG 1 (Kotarba, 2008; Kosakowski i in., 2010).

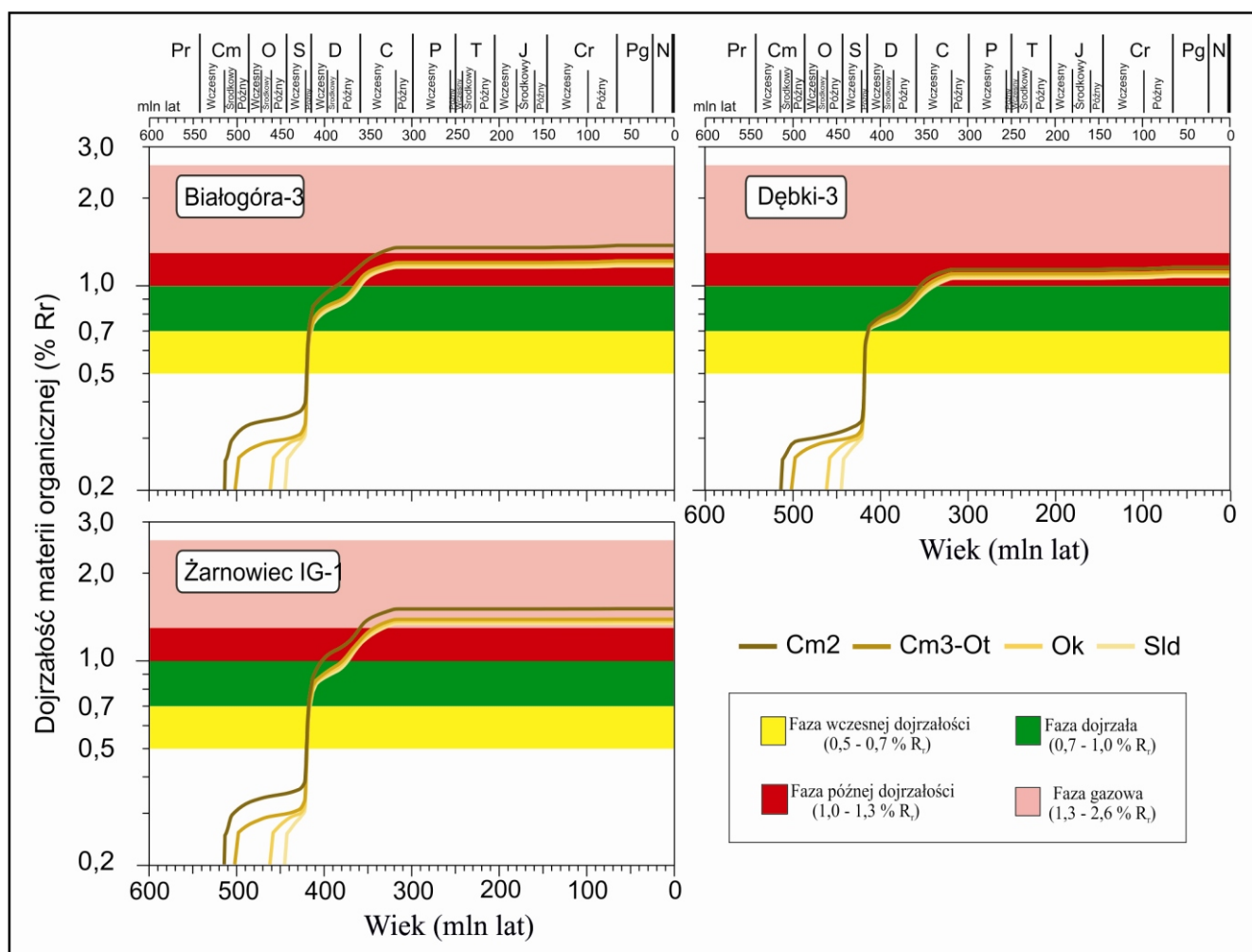


Figura 3.26. Krzywa ewolucji dojrzałości kerogenu w poziomach macierzystych starszego paleozoiku dla otworów Białogóra 3, Dębki 3 i Żarnowiec IG 1 (Kotarba, 2008).

temperatury. W otworze Łeba IG 1, gdzie skały macierzyste zostały pogrzebane na głębokość poniżej 3000 m, osiągając temperaturę powyżej 130 C, faza generowania gazu suchego rozpoczęła się dopiero pod koniec kredy aczkolwiek nie można wykluczyć, że faza ta jak już wspomniano została osiągnięta w tym obszarze jeszcze z końcem karbonu. W otworze Dębki 3 faza generowania gazu suchego nie została osiągnięta. Modelowania kinetyczne transformacji kerogenu (Fig. 3.27; Kotarba, 2008) wykazały, że potencjał generacyjny węglowodorów z utworów starszego paleozoiku w analizowanym obszarze przetargowym został w pełni wyczerpany.

Wg Reicher (2006) główna faza migracji akumulacji węglowodorów przypada na przełom wczesnego i środkowego dewonu natomiast węglowodory migrowały w kierunku północnym i północno-wschodnim obszaru basenu bałtyckiego. Złoża węglowodorów zaczęły się formować przed erozją późnokarbońską, która mogła również wpłynąć na ewentualne rozformowanie się pułapek złożowych. W trakcie dalszego

pogrzebania skał z początkiem triasu nastąpiła ponowna migracja węglowodorów związaną z dalszym etapem generowania węglowodorów ze skał starszego paleozoiku, jak również z przebudową strukturalną w alpejskim cyklu tektonicznym. Dalsze powstawanie węglowodorów (zwłaszcza gazu ziemnego) po okresie waryscyjskim mogło wpłynąć na zachowanie się węglowodorów w skałach macierzystych (shale gas).

Modelowania potwierdzają potencjał generacyjny węglowodorów (ropa naftowa, gaz ziemny) skał niższego paleozoiku na terenie obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

3.6. PARAMETRY ROPY I GAZU

Parametry ropy i gazu zostały opisane w rozdziale 4. „Charakterystyka złóż węglowodorów na obszarze/w sąsiedztwie obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

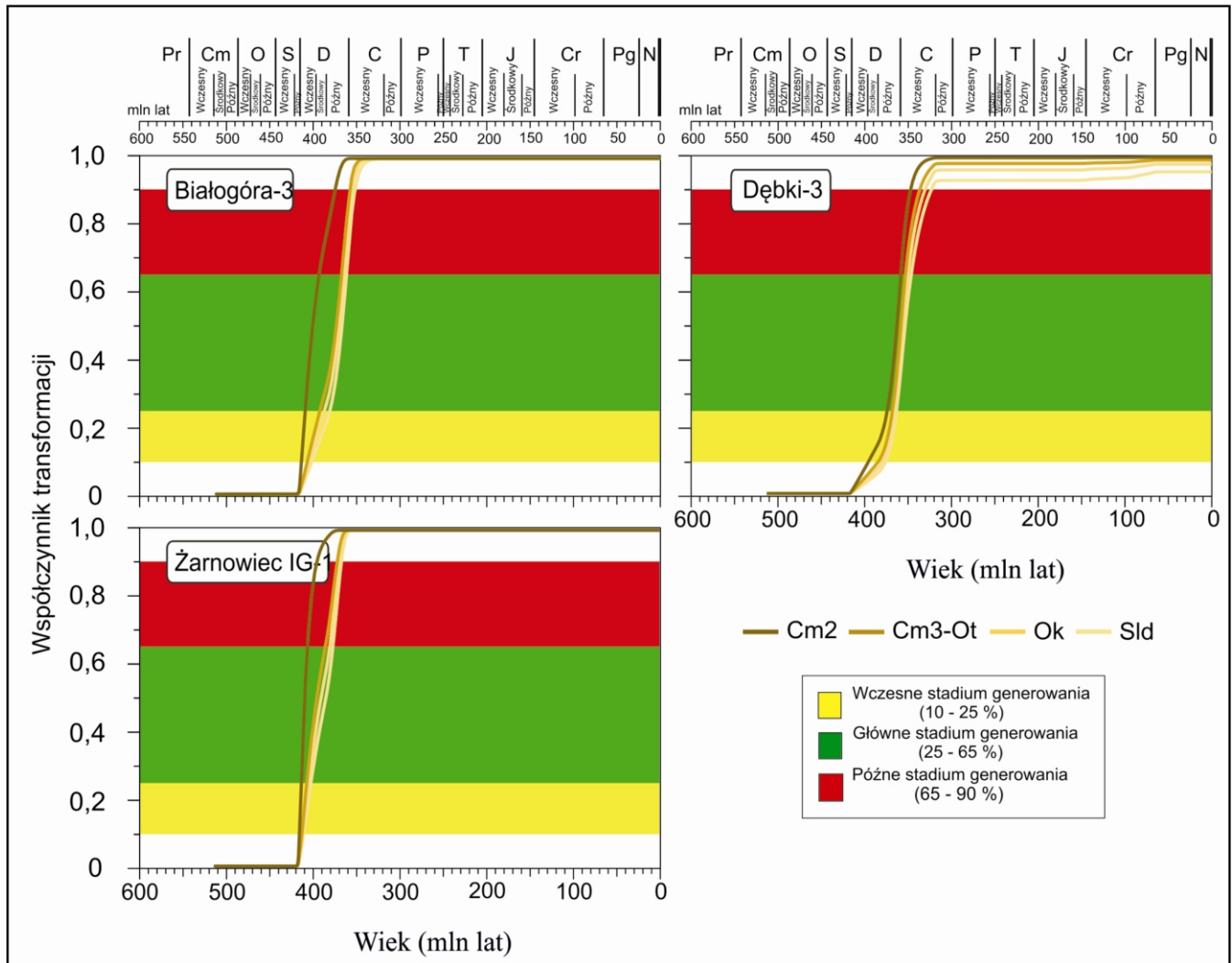


Figura 3.27. Stopień transformacji kerogenu w poziomach macierzystych starszego paleozoiku dla otworów Białogóra 3, Dębki 3 i Żarnowiec IG 1 (Kotarba, 2008).

4. CHARAKTERYSTYKA ZŁOŻ WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE/W SĄSIEDZTWIE OBSZARU PRZETARGOWEGO „ŻARNOWIEC”

Na obszarze „Żarnowiec” udokumentowano złoża węglowodorów.

ŻARNOWIEC (KOD MIDAS) NR 4798

Złoże ropy naftowej „Żarnowiec” (Fig. 4.1) znajduje się w obrębie obszaru Żarnowiec (Fig. 4.13).

2. Użytkownik złoża: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie
3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Gdańsk
4. Koncesja na wydobywanie:
nr koncesji: 44/95 z dnia 12 grudnia 1995 roku
wydana przez: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa
5. Data rozpoczęcia eksploatacji: od października 1972r.
6. Kopaliny:
główna – ropa naftowa
towarzysząca – gaz ziemny
7. Stan zagospodarowania: złoża zagospodarowane

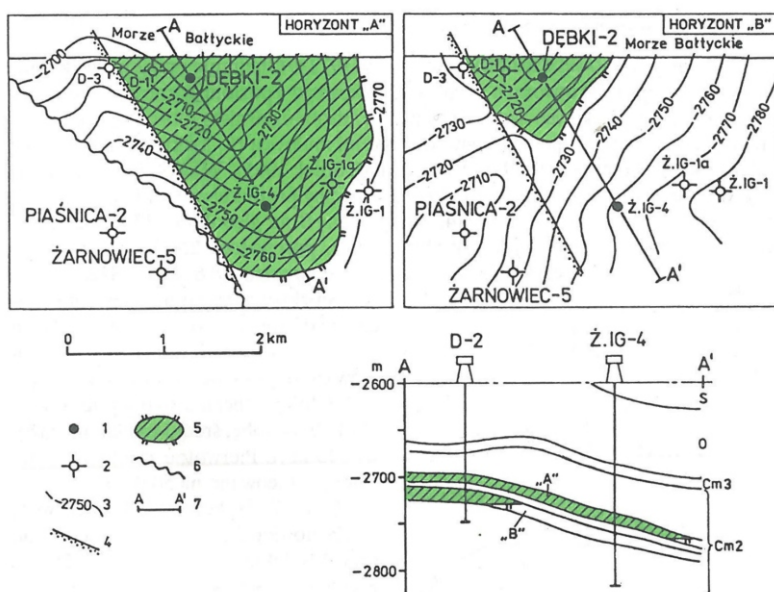


Figura 4.1. Złoże ropy naftowej Żarnowiec i Dębki w planie i przekroju geologicznym (Karnkowski, 1993).

1 – otwór z przytływem ropy, 2 – otwór negatywny, 3 – izolinie stropu piaskowca kambru środkowego – poziomów ropy naftowej, 4 – strefy nasycenia poziomów produktywnych, 5 – obszary złóż ropy w kambrze, 6 – strefy wyklinowań poziomów, 7 – linie przekrojów

Złoże zostało udokumentowane w 1978 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec” (Binder, 1977), którą zatwierdził Prezes Centralnego Urzędu Geologii z dnia 31 marca 1978 roku znak: KZK/012/S/3709/77/78 (nr w archiwum NAG 12137 CUG). Kolejny dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec w kategorii C” (Kicman, 1994), zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 maja 1995 roku, znak: KZK/2/6473/95 (nr w archiwum NAG 1065/95). Najnowszy dodatek: „Dokumentacja geologiczna w kat. C złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec. Dodatek nr 2. Wniosek o zmianę decyzji zasobowej” (Zalewska, 1996), zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 30 grudnia 1996 roku, znak: KZK/2/6688/96 (nr w archiwum NAG 333/97). Dane dotyczące kopaliny złoża Żarnowiec zostały przedstawione na Tabelach 4.1–4.9.

1. Położenie złoża:

miejsowość: Dębki		
gmina – Krokowa	powiat – pucki	województwo – pomorskie

8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: kambr środkowy, piaskowce
9. Powierzchnia złoża:
II poziom – 241.50 ha
III poziom – 151.00 ha
10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

poziom II					
głębokość położenia złoża [m]	min.	–	max	-2 761.00	śr. –
miąższość efektywna złoża [m]	min.	10.50	max	10.50	śr. 10.50

poziom III					
głębokość położenia złoża [m]	min.	–	max	-2 765.00	śr. –
miąższość efektywna złoża [m]	min.	7.20	max	7.20	śr. 7.20

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie złożowe pierwotne	—	—	28.586	MPa	obliczone z próbników
głębokość położenia złoża	—	-2 765.000	—	m	III poziom (głębokość spągu)
głębokość położenia złoża	—	-2 761.000	—	m	II poziom (głębokość spągu)
miąższość efektywna złoża	7.200	7.200	7.200	m	III poziom
miąższość efektywna złoża	10.500	10.500	10.500	m	II poziom
porowatość	—	—	2.000	%	III poziom
porowatość	—	—	6.000	%	II poziom
stopień mineralizacji wody złożowej	170.000	202.000	—	g/l	
temperatura złoża	—	—	359.150	K	
typ chemiczny wody złożowej	—	—	—	.	solanka chlorkowo-sodowo-wapniowa
współczynnik nasycenia węglowodorami	—	—	0.700	.	
współczynnik wydobywania	—	—	0.200	.	

Tabela 4.1. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopalin.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka
gęstość	—	—	0.821	g/cm ³
zawartość asfaltenów	0.100	0.500	0.233	% wag.
zawartość parafiny	—	—	1.782	% wag.
zawartość węglowodorów aromatycznych	5.500	8.900	6.877	% wag.
zawartość węglowodorów nasyconych	88.400	93.500	91.522	% wag.
zawartość żywic	0.600	2.800	1.366	% wag.

Tabela 4.2. Parametry jakościowe: ropa parafinowa.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka
wartość opałowa	44.270	53.080	47.250	MJ/m ³
zawartość C ₂ H ₆	11.033	17.190	15.189	% obj.
zawartość CH ₄	63.294	76.654	71.846	% obj.
zawartość H ₂	0.058	0.087	0.067	% obj.
zawartość He	0.039	0.161	0.083	% obj.
zawartość N ₂	1.028	3.498	2.118	% obj.

Tabela 4.3. Parametry jakościowe: Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej.

11. Współczynnik wydobywania: 0,20

12. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny – mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
ropa parafinowa	T	15/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	14/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	13/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	12/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	11/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	10/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	09/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	08/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	07/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	06/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	05/12/31	0,09
ropa parafinowa	T	04/12/31	0,10
ropa parafinowa	T	03/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	02/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	01/12/31	0,12
ropa parafinowa	T	00/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	99/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	98/12/31	0,10
ropa parafinowa	T	97/12/31	0,11
ropa parafinowa	T	96/12/31	0,10
ropa parafinowa	T	95/12/31	0,163
ropa parafinowa	T	94/12/31	0,103
ropa parafinowa	T	93/12/31	0,191
ropa parafinowa	T	92/12/31	0,155
ropa parafinowa	T	91/12/31	0,180
ropa parafinowa	T	90/12/31	0,179
ropa parafinowa	T	89/12/31	0,178
ropa parafinowa	T	88/12/31	0,169
ropa parafinowa	T	87/12/31	0,184
ropa parafinowa	T	86/12/31	0,208
ropa parafinowa	T	85/12/31	0,203
ropa parafinowa	T	84/12/31	0,211
ropa parafinowa	T	83/12/31	0,235
ropa parafinowa	T	82/12/31	0,232
ropa parafinowa	T	81/12/31	0,275
ropa parafinowa	T	80/12/31	0,261
ropa parafinowa	T	79/12/31	0,276
ropa parafinowa	T	78/12/31	0,279
ropa parafinowa	T	77/12/31	0,288
ropa parafinowa	T	76/12/31	0,303
ropa parafinowa	T	76/01/01	0,337
ropa parafinowa	T	75/01/01	0,434
ropa parafinowa	T	74/01/01	0,363
ropa parafinowa	T	73/01/01	0,203

Tabela 4.4. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złóż przysyłanych przez przedsiębiorcę).

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny - mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	15/12/31	0,07
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	14/12/31	0,07
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	13/12/31	0,07
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	12/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	11/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	10/12/31	0,07
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	09/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	08/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	07/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	06/12/31	0,08
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	05/12/31	0,06
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	04/12/31	0,07
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	03/12/31	0,06
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	02/12/31	0,06
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	01/12/31	0,05
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	00/12/31	0,03
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	99/12/31	0,02
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	98/12/31	0,02
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	97/12/31	0,02
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	96/12/31	0,02
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	95/12/31	0,028
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	94/12/31	0,021
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	93/12/31	0,036
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	92/12/31	0,029
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	91/12/31	0,0317
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	90/12/31	0,0291
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	89/12/31	0,0275
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	88/12/31	0,0280
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	87/12/31	0,0335
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	86/12/31	0,0287
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	85/12/31	0,0312
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	84/12/31	0,0306
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	83/12/31	0,0382
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	82/12/31	0,0470
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	81/12/31	0,0900
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	80/12/31	0,0960
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	79/12/31	0,0940
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	78/12/31	0,0950
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	77/12/31	0,0960
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	76/12/31	0,1010
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	76/01/01	0,1096
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	75/01/01	0,1192
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	74/01/01	0,0344
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	73/01/01	0,0121

Tabela 4.4. cd.

Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej w kat. C złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec. Dodatek nr 2. Wniosek o zmianę decyzji zasobowej.” do dnia 31.12.1995r. ze

złoża „Żarnowiec” wydobyto: 5.521 tys. ton ropy naftowej w kat. C oraz 1.2 876 mln m³ gazu ziemnego w kat. C.

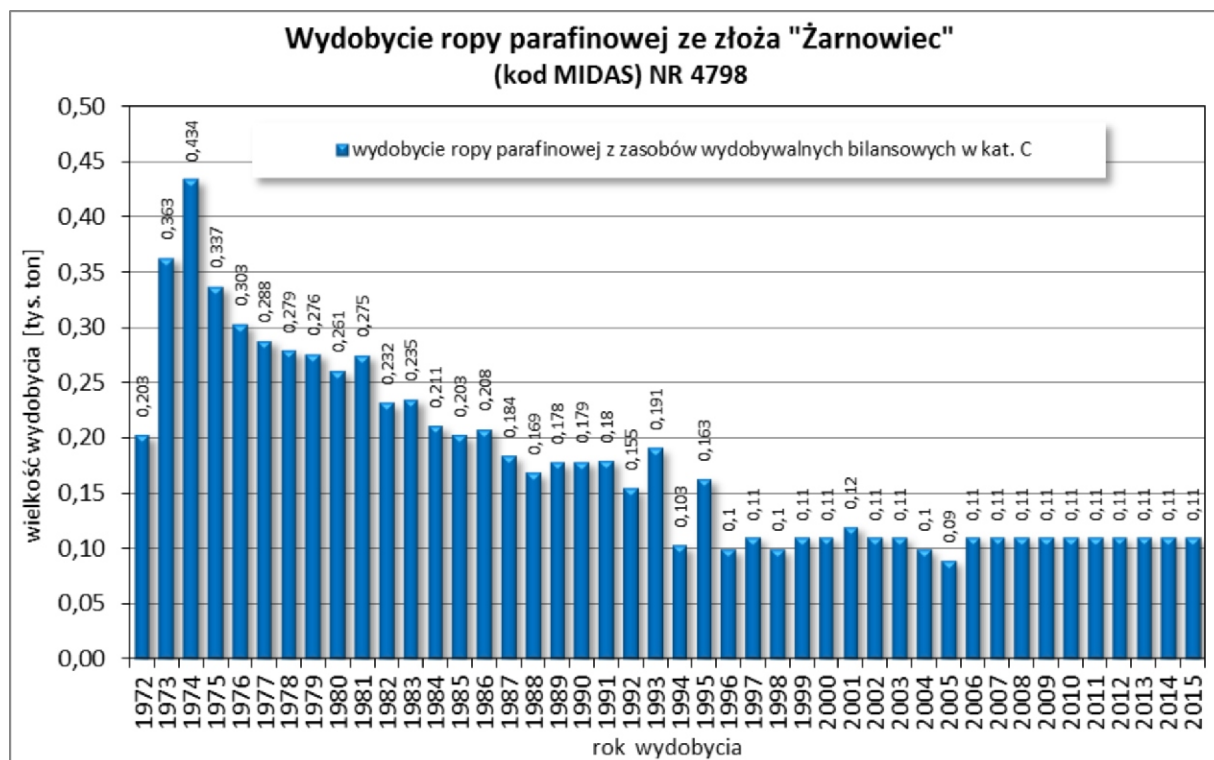


Figura 4.2. Wykres wydobycia ropy parafinowej ze złoża „Żarnowiec”.



Figura 4.3. Wykres wydobycia gazu ziemnego ze złoża „Żarnowiec”.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	44.48	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	500.00	0.00	0.00

tys. ton

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	50.00	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	500.00	0.00	0.00

tys. ton

Tabela 4.5. Stan zasobów pierwotnych: ROPA NAFTOWA.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	8.11	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	118.00	0.00	0.00

mln m³

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	9.40	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	118.00	0.00	0.00

mln m³**Tabela 4.6.** Stan zasobów pierwotnych: GAZ ZIEMNY.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	42.33
Pozabilansowe	0.00	0.00

tys. ton

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	1.68
Nieprzemysłowe	0.00	40.66

tys. ton

Tabela 4.7. Stan zasobów aktualnych: Ropa naftowa.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	6.96
Pozabilansowe	0.00	0.00

mln m³

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	1.39
Nieprzemysłowe	0.00	5.56

mln m³**Tabela 4.8.** Stan zasobów aktualnych: Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej.

ŻARNOWIEC W
(KOD MIDAS) NR 5322

1. Położenie złoża:

Złoże ropy naftowej „Żarnowiec W” (Fig. 4.4.) znajduje się w obrębie obszaru Żarnowiec (Fig. 4.13).

miejscowość: Wierzhucińskie Bagno, Łąki Żarnowieckie		
gmina – Krokowa	powiat – pucki	województwo – pomorskie

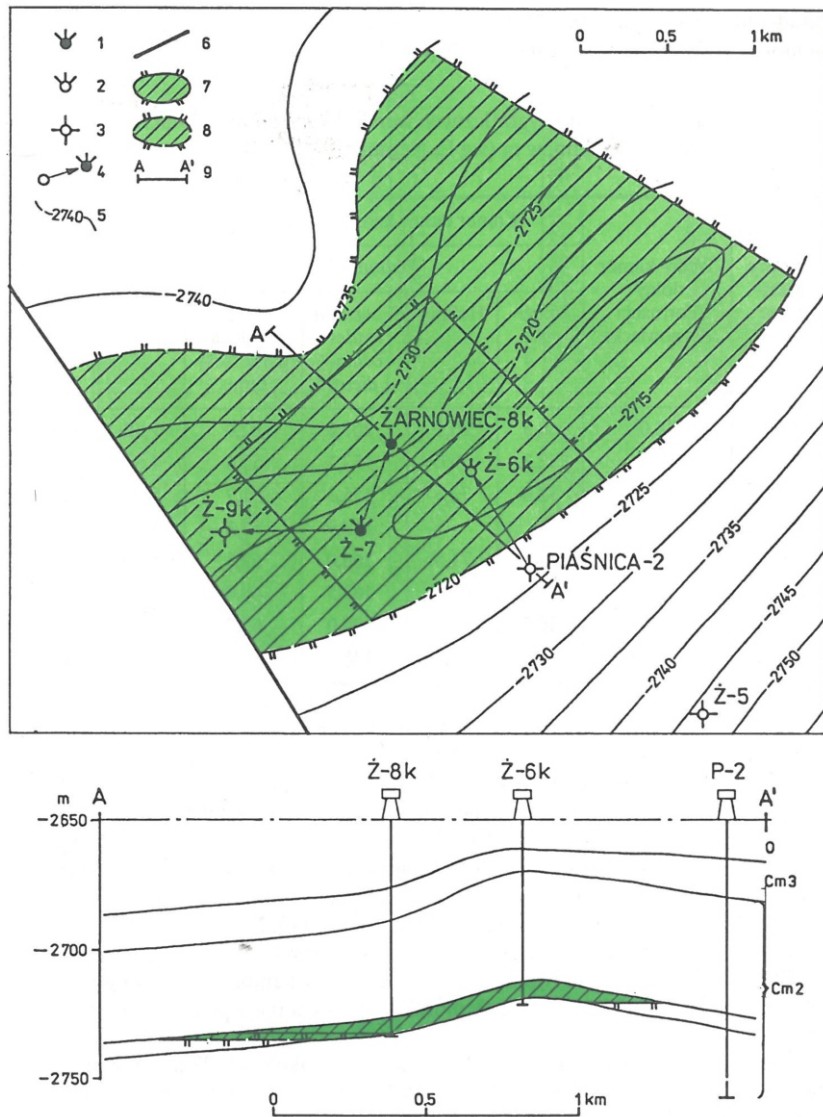


Figura 4.4. Złoże ropy naftowej Żarnowiec W w planie i przekroju geologicznym (Karnkowski, 1993).

Objaśnienia: 1 – otwór ropy naftowej i gazu ziemnego, 2 – otwór z gazem kondensatowym, 3 – otwór negatywny, 4 – wiercenie kierunkowe odchylone od pionu, 5 – izolinie piaskowców kambru środkowego, 6 – dyslokacje, 7 i 8 – obszary złoża ropy, 9 – linia przekroju.

Złoże zostało udokumentowane w 1990 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Żarnowiec-W” (Oświećimska i Sikorski, 1990) którą zatwierdzono decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 2 lipca 1991 roku znak: KZK/012/W/5849/90/91 (nr w archiwum NAG 867/91). Dane dotyczące kopaliny złoża Żarnowiec W zostały przedstawione na Tabelach 4.9-4.16.

2. Użytkownik złoża: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie

3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Gdańsk

4. Koncesja na wydobywanie:

nr koncesji: 16/95 z dnia 31 maja 1995 roku

wydana przez: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa

5. Data rozpoczęcia eksploatacji: od 1995r.
6. Kopaliny:
 - główna – ropa naftowa
 - towarzysząca – gaz ziemny
7. Stan zagospodarowania: złożę zagospodarowane
8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: kambr śród-kowy, piaskowce
9. Powierzchnia złoża: 154.5 ha
10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

poziom mezozoiczny (cenoman)						
głębokość położenia złoża [m]	min.	-2722.00	max	-2734.15	śr.	0,00
miąższość efektywna złoża [m]	min.	–	max	10.50	śr.	5.11

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie denne Pds	_____	_____	300.690	atn	Żarnowiec 7
ciśnienie denne Pds	_____	_____	298.300	atn	Żarnowiec 6k
ciśnienie denne Pds	_____	_____	299.340	atn	Żarnowiec 8k
ciśnienie głowicowe Pgs	_____	_____	194.300	atn	Żarnowiec 7
ciśnienie głowicowe Pgs	_____	_____	221.000	atn	Żarnowiec 8k
ciśnienie głowicowe Pgs	_____	_____	208.500	atn	Żarnowiec 6k
ciśnienie złożowe	_____	_____	29.260	MPa	ciśnienie początkowe
głębokość - woda okalająca	_____	_____	-2 724.000	m	
miąższość złoża	6.000	6.750	6.420	m	
porowatość	2.920	7.360	5.400	%	
przepuszczalność	406.000	12 477.000	_____	nm2	
stopień mineralizacji wody złożowej	182.410	191.300	_____	g/l	
temperatura złoża	_____	_____	362.000	K	
typ chemiczny wody złożowej	_____	_____	_____	.	solanka chlorkowo-sodowo-wapniowa
warunki produkowania	_____	_____	_____	-	wolumetryczne
współczynnik wydobywania	_____	_____	0.400	.	
wydajność dozwolona Vdozw	_____	_____	3.000	m ³ /min	Żarnowiec 6k
wydajność dozwolona Vdozw	_____	_____	1.000	m ³ /min	Żarnowiec 8k
wydajność dozwolona Vdozw	_____	_____	_____	m ³ /min	Żarnowiec 7 – nie ustalono
zapiaszczenie	_____	_____	_____	%	do 100%

Tabela 4.9. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
gęstość	_____	_____	0.763	g/cm ³	
lepkość	0.870	1.490	1.122	mPa/s	lepkość w temp. 20 st. C
współczynnik nasycenia węglowodorami	_____	_____	0.700	.	nasycenie por ropą
zawartość asfaltenów	_____	_____	0.740	% wag.	
zawartość asfaltów	_____	_____	_____	% wag.	ślady
zawartość parafiny	_____	_____	_____	% wag.	ślady
zawartość węglowodorów aromatycznych	_____	_____	2.150	% wag.	
zawartość węglowodorów nasyconych	_____	_____	96.170	% wag.	
zawartość żywic	_____	_____	0.940	% wag.	

Tabela 4.10. Parametry jakościowe: KONDENSAT.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
gęstość	_____	_____	0.752	-	
wartość opałowa	39.200	52.570	45.780	MJ/m ³	
zawartość C ₂ H ₆	9.064	15.877	13.121	% obj.	
zawartość CH ₄	66.519	80.406	74.210	% obj.	
zawartość dwutlenku węgla	_____	_____	0.009	% obj.	
zawartość H ₂	_____	_____	0.208	% obj.	
zawartość He	_____	_____	0.066	% obj.	_____
zawartość N ₂	_____	_____	2.660	% obj.	_____
zawartość siarkowodoru	_____	_____	_____	% obj.	brak

Tabela 4.11. Parametry jakościowe: GAZ ZIEMNY.

11. Współczynnik wydobywania: 0,40

12. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny – mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
kondensat	T	15/12/31	0,04
kondensat	T	14/12/31	0,05
kondensat	T	13/12/31	0,06
kondensat	T	12/12/31	0,09
kondensat	T	11/12/31	0,08
kondensat	T	10/12/31	0,09
kondensat	T	09/12/31	0,11
kondensat	T	08/12/31	0,13
kondensat	T	07/12/31	0,12
kondensat	T	06/12/31	0,17
kondensat	T	05/12/31	0,16
kondensat	T	04/12/31	0,22
kondensat	T	03/12/31	0,27
kondensat	T	02/12/31	0,29
kondensat	T	01/12/31	0,49
kondensat	T	00/12/31	0,43
kondensat	T	99/12/31	0,34
kondensat	T	98/12/31	0,40
kondensat	T	97/12/31	0,20
kondensat	T	96/12/31	0,04
kondensat	T	95/12/31	0,42

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny - mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	15/12/31	0,49
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	14/12/31	0,55
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	13/12/31	0,63
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	12/12/31	0,66
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	11/12/31	0,75
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	10/12/31	0,80
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	09/12/31	0,92
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	08/12/31	1,12
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	07/12/31	1,24
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	06/12/31	1,22
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	05/12/31	1,19
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	04/12/31	1,72
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	03/12/31	2,05
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	02/12/31	1,72
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	01/12/31	2,96
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	00/12/31	2,22
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	99/12/31	1,81
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	98/12/31	1,71
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	97/12/31	0,94
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	96/12/31	0,14
gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	N	95/12/31	0,81

Tabela 4.12. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złóż przysyłanych przez przedsiębiorcę).

Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoŜa ropy naftowej Źarnowiec-W” od listopada 1988r. do lipca 1990r. w trakcie próbnej eksploatacji wydobyto łącznie 257 946.0 m³ gazu ziemnego oraz 207.7 ton ropy naftowej.



Figura 4.5. Wykres wydobywania kondensatu ze złoŜa „Źarnowiec W”.

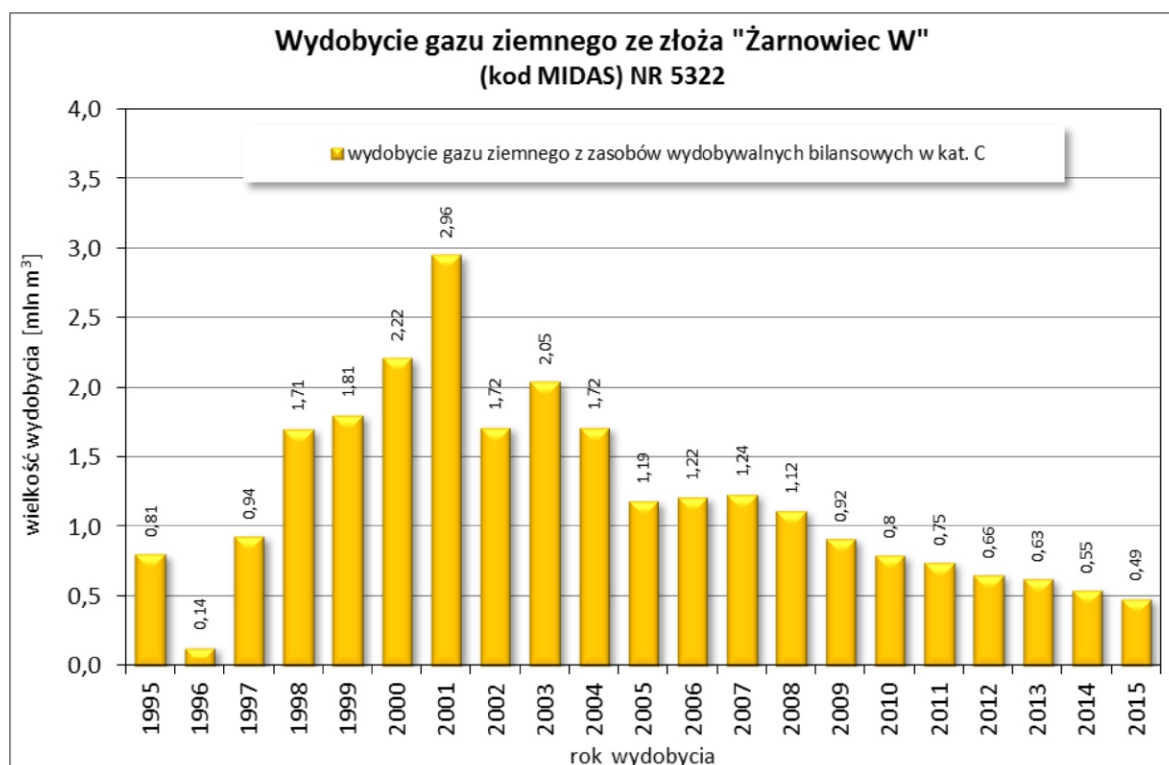


Figura 4.6. Wykres wydobywania gazu ziemnego ze złoŜa „Źarnowiec W”.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 01.01.1991 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	22.00	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	55.00	0.00	0.00

tys. ton

Tabela 4.13. Stan zasobów pierwotnych: ROPA NAFTOWA.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 01.01.1991 r.			
	Bilansowe	Pozabilansowe		
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	28.00	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	70.00	0.00	0.00

mln m³**Tabela 4.14.** Stan zasobów pierwotnych: GAZ ZIEMNY.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	17.81
Pozabilansowe	0.00	0.00

tys. ton

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	3.85
Nieprzemysłowe	0.00	13.96

tys. ton

Tabela 4.15. Stan zasobów aktualnych: ROPA NAFTOWA (kondensat).

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	2.35
Pozabilansowe	0.00	0.00

mln m³

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	1.50
Nieprzemysłowe	0.00	0.85

mln m³**Tabela 4.16.** Stan zasobów aktualnych: GAZ ZIEMNY (gaz ziemny ze złóż ropy naftowej).

**DĘBKİ
(KOD MIDAS) NR 6726**

Złoże ropy naftowej „Dębki” jest złożem zakumulowanym w pułapce strukturalno-litologicznej (Fig. 4.7.) znajduje się w obrębie obszaru Żarnowiec (Fig. 4.13).

2. Użytkownik złoża: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie
3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Gdańsk
4. Koncesja na wydobywanie:
nr koncesji: 50/95 z dnia 28 grudnia 1995 roku
wydana przez: Minister Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa

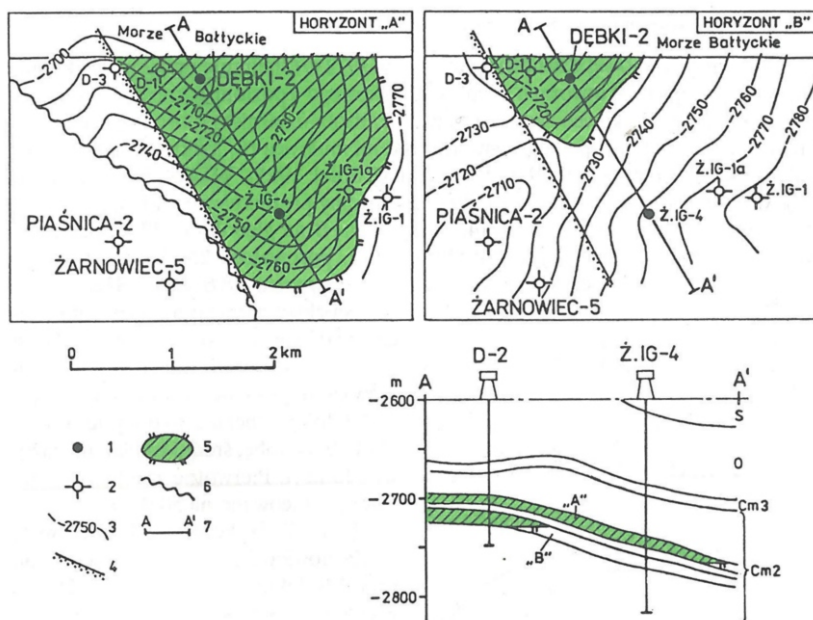


Figura 4.7. Złoże ropy naftowej Dębki i Żarnowiec w planie i przekroju geologicznym (Karnkowski, 1993).

Objaśnienia: 1 – otwór z przyływem ropy, 2 – otwór negatywny, 3 – izolacje stropu piaskowca kambru środkowego – poziomów ropy naftowej, 4 – strefy nasycenia poziomów produktywnych, 5 – obszary złóż ropy w kambrze, 6 – strefy wyklinowań poziomów, 7 – linie przekrojów

Złoże zostało udokumentowane w 1978 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec” (Binder, 1977), którą zatwierdziła decyzją Prezesa Centralnego Urzędu Geologii z dnia 31 marca 1978 roku znak: KZK/012/S/3709/77/78 (nr w archiwum NAG 12137 CUG). Kolejny dodatek: „Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec w kategorii C” Kicman, 1994), zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 24 maja 1995 roku, znak: KZK/2/6473/95 (nr w archiwum NAG 1065/95). Najnowszy dodatek: „Dokumentacja geologiczna w kat. C złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec. Dodatek nr 2. Wniosek o zmianę decyzji zasobowej” (Zalewska, 1996), zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 30 grudnia 1996 roku, znak: KZK/2/6688/96 (nr w archiwum NAG 333/97). Dane dotyczące kopaliny złoża Dębki zostały przedstawione na Tabelach 4.17-4.24.

1. Położenie złoża:

mięscowość: Dębki
gmina – Krokowa powiat – pucki województwo – pomorskie

5. Data rozpoczęcia eksploatacji: od października 1972r.
6. Kopaliny:
główna – ropa naftowa
towarzysząca – gaz ziemny
7. Stan zagospodarowania: złożo zagospodarowane
8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: kambr środkowy, piaskowce
9. Powierzchnia z łoża:
I poziom – 215.50 ha
II poziom – 163.00 ha
III poziom – 42.00 ha
10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

poziom I					
głębokość położenia złoża [m]	min.	–	max	-2 719.00	śr. –
miąższość efektywna złoża [m]	min.	6.50	max	22.00	śr. 11.17

poziom II					
głębokość położenia złoża [m]	min.	–	max	-2 729.00	śr. –
miąższość efektywna złoża [m]	min.	7.50	max	16.00	śr. 9.50

poziom III						
głębokość położenia złoża [m]	min.	–	max	-2 727.00	śr.	–
miąższość efektywna złoża [m]	min.	8.00	max	10.50	śr.	–

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie złożowe pierwotne	—	—	29.910	MPa	obliczone z próbników
głębokość położenia złoża	—	-2 719.000	—	m	I poziom (głębokość spągu)
głębokość położenia złoża	—	-2 729.000	—	m	II poziom (głębokość spągu)
głębokość położenia złoża	—	-2 727.000	—	m	III poziom (głębokość spągu)
miąższość efektywna złoża	6.500	22.000	11.770	m	I poziom
miąższość efektywna złoża	8.000	10.500	—	m	III poziom
miąższość efektywna złoża	7.500	16.000	9.500	m	II poziom
porowatość	—	—	4.100	%	I poziom (średnia ważona)
porowatość	—	—	2.780	%	II poziom (średnia ważona)
porowatość	—	—	3.420	%	III poziom (średnia ważona)
stopień mineralizacji wody złożowej	—	—	183.980	g/l	
temperatura złoża	—	—	358.000	K	
typ chemiczny wody złożowej	—	—	—	.	solanka chlorkowo-sodowo-wapniowa
współczynnik nasycenia węglowodorami	—	—	0.700	.	
współczynnik wydobywania	—	—	0.200	.	
wykładnik gazowy	—	—	114.000	Nm ³ /t	

Tabela 4.17. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopalin.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka
gęstość	0.804	0.873	0.825	g/cm ³
zawartość asfaltenów	0.100	0.500	0.233	% wag.
zawartość parafiny	0.450	5.120	1.782	% wag.
zawartość węglowodorów aromatycznych	5.500	8.900	6.877	% wag.
zawartość węglowodorów nasyconych	88.400	93.500	91.522	% wag.
zawartość żywic	0.600	2.800	1.366	% wag.

Tabela 4.18. Parametry jakościowe: Ropa parafinowa.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka
wartość opałowa	44.270	53.080	47.250	MJ/m ³
zawartość C ₂ H ₆	11.033	17.190	15.189	% obj.
zawartość CH ₄	63.294	76.654	71.846	% obj.
zawartość H ₂	0.058	0.087	0.067	% obj.
zawartość He	0.039	0.161	0.083	% obj.
zawartość N ₂	1.028	3.498	2.118	% obj.
zawartość węglowodorów ciężkich C ³⁺	—	—	10.697	% obj.

Tabela 4.19. Parametry jakościowe: Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej.

11. Współczynnik wydobywania: 0,20

12. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny - mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
ropa parafinowa	T	15/12/31	0,61
ropa parafinowa	T	14/12/31	0,70
ropa parafinowa	T	13/12/31	0,72
ropa parafinowa	T	12/12/31	0,69
ropa parafinowa	T	11/12/31	0,69
ropa parafinowa	T	10/12/31	0,80
ropa parafinowa	T	09/12/31	0,89
ropa parafinowa	T	08/12/31	0,97
ropa parafinowa	T	07/12/31	1,03
ropa parafinowa	T	06/12/31	1,15
ropa parafinowa	T	05/12/31	1,23
ropa parafinowa	T	04/12/31	1,30
ropa parafinowa	T	03/12/31	1,37
ropa parafinowa	T	02/12/31	1,43
ropa parafinowa	T	01/12/31	1,58
ropa parafinowa	T	00/12/31	1,78
ropa parafinowa	T	99/12/31	2,08
ropa parafinowa	T	98/12/31	2,16
ropa parafinowa	T	97/12/31	2,11
ropa parafinowa	T	96/12/31	2,34
ropa parafinowa	T	95/12/31	2,079
ropa parafinowa	T	94/12/31	0,171
ropa parafinowa	T	93/12/31	0,589
ropa parafinowa	T	92/12/31	0,412
ropa parafinowa	T	91/12/31	0,346
ropa parafinowa	T	90/12/31	0,396
ropa parafinowa	T	89/12/31	0,376
ropa parafinowa	T	88/12/31	0,381
ropa parafinowa	T	87/12/31	0,399
ropa parafinowa	T	86/12/31	0,412
ropa parafinowa	T	85/12/31	0,411
ropa parafinowa	T	84/12/31	0,388
ropa parafinowa	T	83/12/31	0,401
ropa parafinowa	T	82/12/31	0,443
ropa parafinowa	T	81/12/31	0,366
ropa parafinowa	T	80/12/31	0,384
ropa parafinowa	T	79/12/31	0,376
ropa parafinowa	T	78/12/31	0,380
ropa parafinowa	T	77/12/31	0,384
ropa parafinowa	T	76/12/31	0,404
ropa parafinowa	T	76/01/01	0,370
ropa parafinowa	T	75/01/01	0,335
ropa parafinowa	T	74/01/01	0,255
ropa parafinowa	T	73/01/01	0,081

Tabela 4.20. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złóż przysyłanych przez przedsiębiorcę).

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne bilansowe (gaz ziemny – mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	15/12/31	0,22
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	14/12/31	0,24
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	13/12/31	0,24
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	12/12/31	0,23
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	11/12/31	0,31
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	10/12/31	0,41
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	09/12/31	0,50
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	08/12/31	0,55
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	07/12/31	0,55
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	06/12/31	-
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	05/12/31	0,56
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	04/12/31	0,59
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	03/12/31	0,59
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	02/12/31	-
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	01/12/31	-
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	00/12/31	0,63
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	99/12/31	0,57
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	98/12/31	0,63
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	97/12/31	0,69
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	96/12/31	0,79
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	95/12/31	0,5620
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	94/12/31	0,0210
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	93/12/31	0,0680
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	92/12/31	0,0470
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	91/12/31	0,0361
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	90/12/31	0,0329
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	89/12/31	0,0285
gaz ziemny(ze złóż ropy naftowej)	N	88/12/31	0,0280
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	87/12/31	0,0345
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	86/12/31	0,0293
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	85/12/31	0,0288
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	84/12/31	0,0274
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	83/12/31	0,0298
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	82/12/31	0,0832
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	81/12/31	0,1140
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	80/12/31	0,1100
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	79/12/31	0,1160
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	78/12/31	0,1190
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	77/12/31	0,1196
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	76/12/31	0,1212
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	76/01/01	0,0126
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	75/01/01	0,0995
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	74/01/01	0,0306
gaz ziemny (ze złóż ropy naftowej)	N	73/01/01	0,0020

Tabela 4.20. cd.

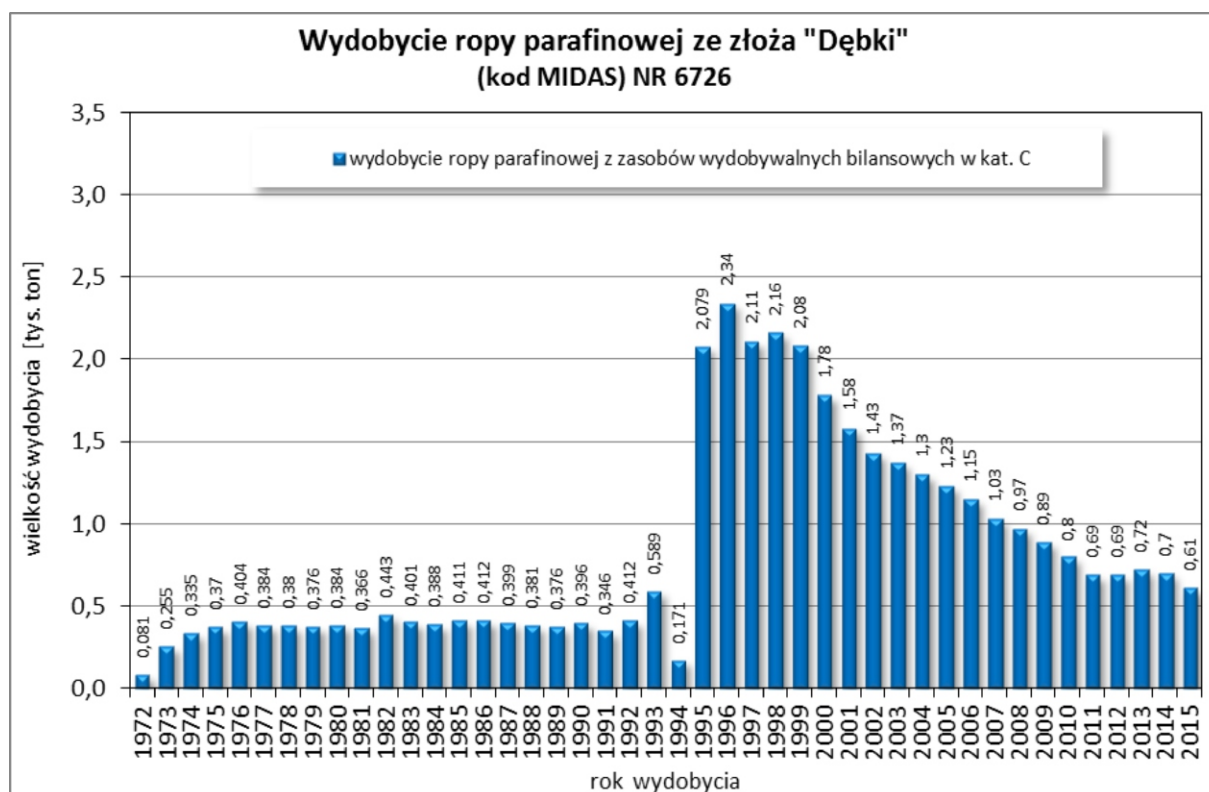


Figura 4.8. Wydobycie ropy parafinowej ze złoża „Dębki”.

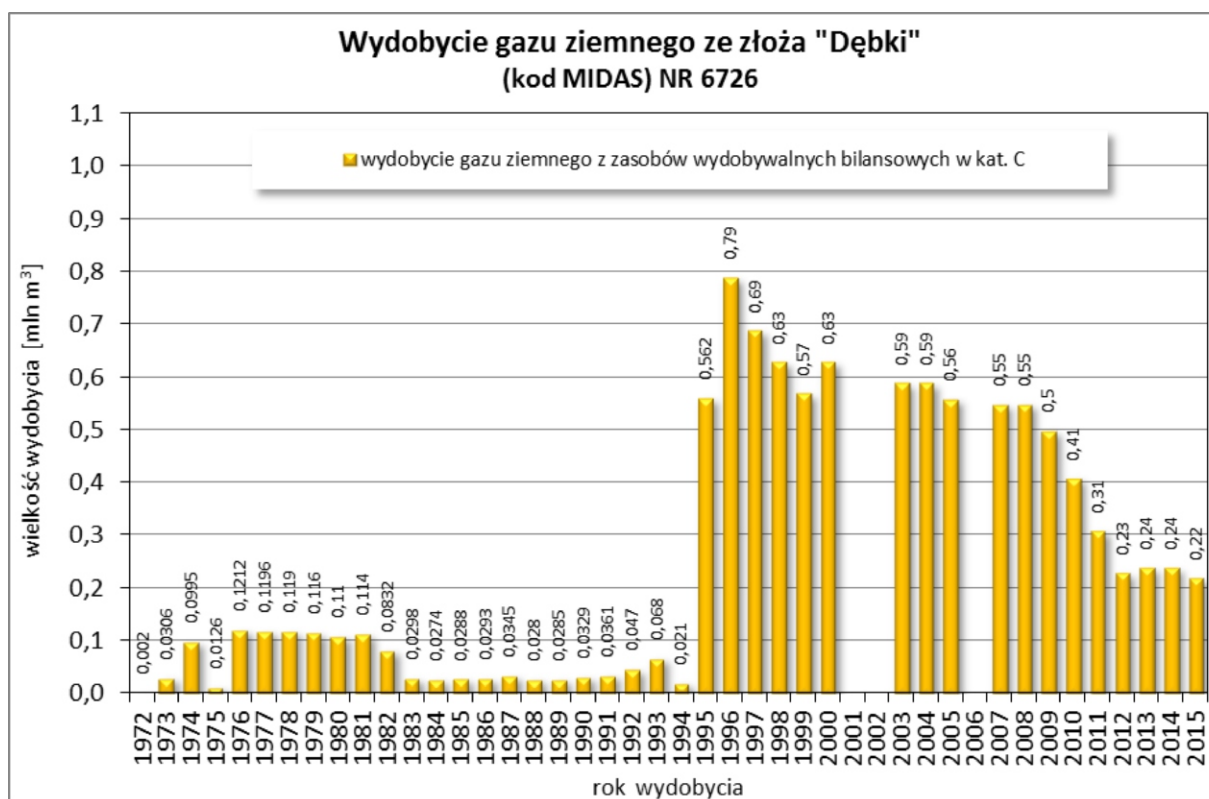


Figura 4.9. Wydobycie gazu ziemnego ze złoża „Dębki”.

Eksploatacja na złóż Dębki-Żarnowiec prowadzona jest w sposób samoczynny, w oparciu o ustalone parametry eksploatacyjne. Złoże jest obecnie eksploatowane w warunkach powyżej ciśnienia nasycenia. Proces eksploatacji wspomagany jest przez utrzymywanie różnicy ciśnień w rurkach wydobywczych poprzez tzw. syfonowanie. Dodatkowo przeprowadzony został zabieg szczelinowania hydraulicznego w czerwcu 2012 r. Widoczny wzrost wydobywania ropy parafinowej i gazu ziemnego w 1995 r. (Tab. 4.20, Fig. 4.8, Fig. 4.9) związany jest z rozwierceniem i zagospodarowaniem złoża (w latach 1990-1994 wywiercono otwory Dębki 4, 5K, 6, 6A K-P, 7K; z których 4, 5K i 7K to obecnie otwory eksploatacyjne), budową obiektu centralnego oraz gazociągu średniego ciśnienia dla lokalnych potrzeb.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	32.46	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	430.00	0.00	0.00

tys. ton

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	43.00	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	430.00	0.00	0.00

tys. ton

Tabela 4.21. Stan zasobów pierwotnych: ROPA NAFTOWA.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	2.99	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	73.50	0.00	0.00

mln m³

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.1995 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	5.00	0.00	0.00
Geologiczne	0.00	73.50	0.00	0.00

mln m³**Tabela 4.22.** Stan zasobów pierwotnych: GAZ ZIEMNY.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	8.62
Pozabilansowe	0.00	0.00

tys. ton

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	5.19
Nieprzemysłowe	0.00	388.64

tys. ton

Tabela 4.23. Stan zasobów aktualnych: Ropa naftowa.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	3.00
Pozabilansowe	0.00	0.00

mln m³

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	4.23
Nieprzemysłowe	0.00	57.07

mln m³**Tabela 4.24.** Stan zasobów aktualnych: Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej.

BIAŁOGÓRA-E
(KOD MIDAS) NR 6727

Złoże ropy naftowej „Białogóra-E” (Fig. 4.10.) znajduje się w obrębie obszaru Żarnowiec (Fig. 4.13).

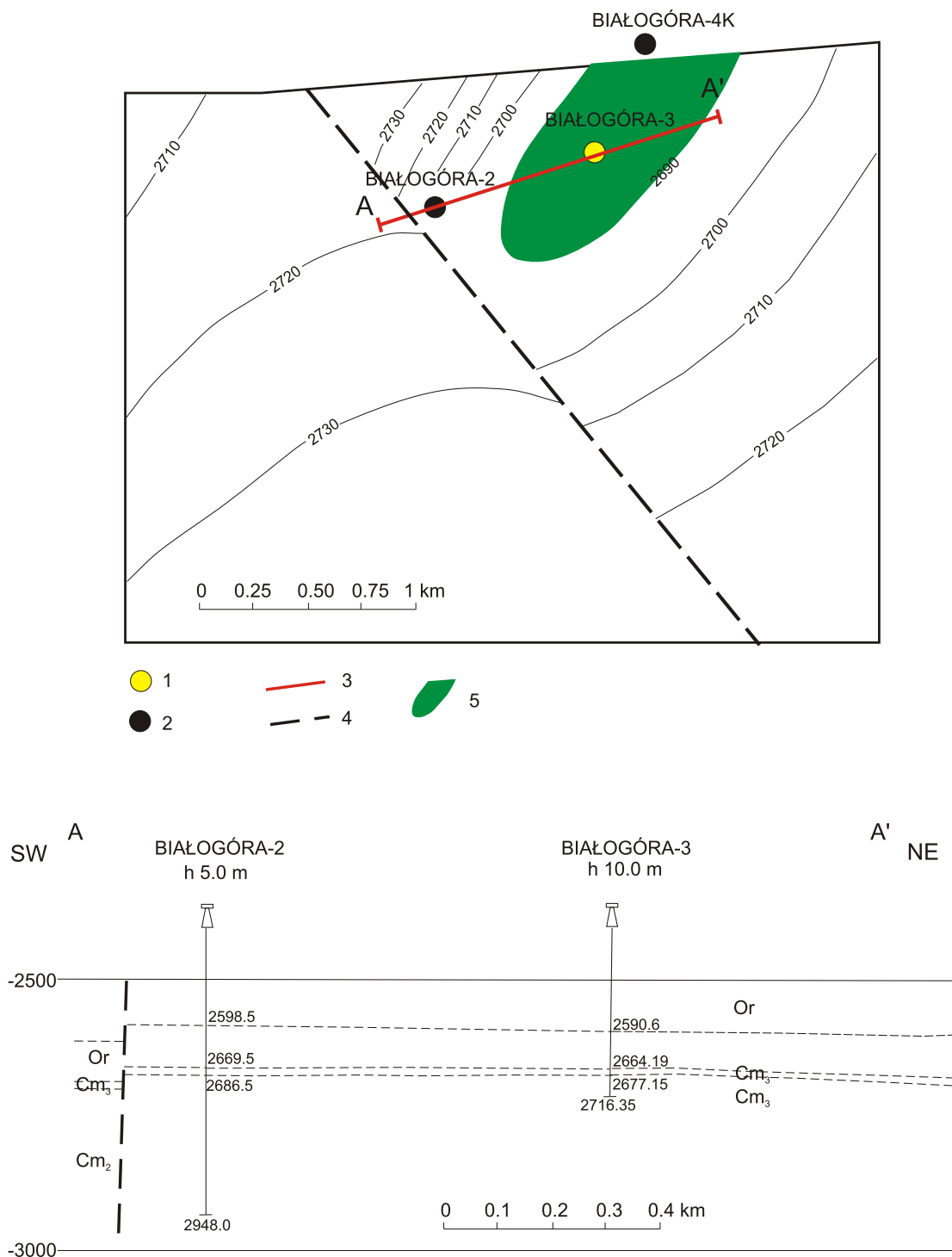


Figura 4.10. Złoże ropy naftowej Białogóra-E w planie i przekroju geologicznym (wg Zalewska, 1996, zmienione).

Objaśnienia: 1 – odwiert z produkcją ropy i gazu, 2 – odwiert zlikwidowany, 3 – linia przekroju geologicznego, 4 – dyslokacja, 5 – kontur złoża

Złoże zostało udokumentowane w 1995 roku w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Białogóra E” (Binder, 1995), którą zatwierdzono decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 8 stycznia 1996 roku znak: KZK/2/6556/95 (nr w archiwum NAG 246/96). Kolejny dodatek: „Dokumentacja geologicznej złoża ropy naftowej – Białogóra E. Dodatek nr 1. Wniosek o zmianę decyzji zasobowej” (Zalewska, 1996), zatwierdzony decyzją Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 30 grudnia 1996 roku znak: KZK/2/6687/96 (nr w archiwum NAG 334/97). Najnowszy dodatek: „Dokumentacja geologicznej złoża ropy naftowej – Białogóra E. Dodatek nr 2. Wniosek o rozliczenie zasobów” (Chruścińska, 2006), przyjęty decyzją Ministra Środowiska z dnia 20 marca 2007 roku, znak: DGkzk-479-4/7702/2423/07/EZD (nr w archiwum NAG 570/2007). Dane dotyczące kopaliny złoża Białogóra zostały przedstawione na Tabelach 4.25-4.32.

1. Położenie złoża:

miejscowość: Dębki		
gmina – Krokowa	powiat – pucki	województwo – pomorskie

2. Użytkownik złoża: brak (dawny użytkownik: Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. w Warszawie)
3. Nadzór górniczy: Okręgowy Urząd Górniczy – Gdańsk
4. Koncesja na wydobywanie: brak
5. Data rozpoczęcia eksploatacji: testy produkcyjne od października 1991r., eksploatacja stała od kwietnia 1994r.
6. Kopaliny:
 - główna – ropa naftowa
 - współwystępująca – gaz ziemny
7. Stan zagospodarowania: eksploatacja złoża zakończona 9 lipca 2006r.
8. Stratygrafia i litologia skały zbiornikowej: kambr środkowy, różnoziarniste piaskowce kwarcowe
9. Powierzchnia złoża: 7.00 ha
10. Głębokość położenia złoża, miąższość efektywna złoża:

głębokość położenia złoża [m]	min.	-2 711.00	max	-2 716.50	śr.	–
miąższość efektywna złoża [m]	min.	10.50	max	10.50	śr.	5.50

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
ciśnienie aktualne	—————	—————	11.710	MPa	pomiar 08.05.2006r. na gł. -2715,0m
ciśnienie nasycenia	—————	—————	25.420	MPa	obliczone programem Kappa PVT
ciśnienie złożowe pierwotne	—————	—————	30.330	MPa	pomiar 07.12.1990r. na gł. -2716,2m
ciśnienie złożowe pierwotne	—————	—————	30.400	MPa	pomiar 03.01.1991r. na gł. -2715,0m
głębokość położenia złoża	-2 711.000	-2 716.500	—————	m	TVD
miąższość efektywna złoża	—————	—————	5.500	m	
porowatość	—————	—————	8.214	%	
przepuszczalność	—————	—————	23.398	mD	
stopień mineralizacji wody złożowej	173.430	187.930	—————	g/l	
temperatura złoża	—————	—————	85.000	st.C	
temperatura złoża	—————	—————	358.000	K	
typ chemiczny wody złożowej	—————	—————	—————	.	solanka chlorkowo-sodowo-wapniowa
warunki produkowania	—————	—————	—————	-	samoczynne
współczynnik nasycenia węglowodorami	—————	—————	0.700	.	
współczynnik wydobywania	—————	—————	0.300	.	
wydajność absolutna Vabs	—————	—————	—————	t/d	nie pomierzono
wydajność dozwolona Vdozw	—————	—————	11.500	t/d	na dzień 10.04.1992r.
wykładnik gazowy	—————	500.000	233.000	Nm ³ /t	pierwotny (z testu produkcyjnego)
wykładnik gazowy	—————	—————	373.000	Nm ³ /t	z próbnej eksploatacji 03-31.03.1993r.
wykładnik wodny	—————	—————	—————	m ³ /t	nie stwierdzono
zapiaszczenie	—————	—————	—————	%	nie badano

Tabela 4.25. Parametry złoża oraz parametry jakościowe kopaliny.

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka
ciśnienie denne Pds	-----	-----	30.330	ata
gęstość	0.817	0.822	0.820	g/cm ³
lepkość	5.020	5.640	-----	mPa/s
porowatość	-----	-----	8.210	%
przepuszczalność	-----	-----	23.398	mD
stopień mineralizacji wody złożowej	173.430	187.930	-----	g/l
temperatura złoża	-----	-----	85.000	st.C
współczynnik nasycenia węglowodorami	-----	-----	0.700	.
wykładnik gazowy	-----	-----	373.000	Nm ³ /t
zawartość asfaltenów	-----	-----	0.300	% wag.
zawartość C ₂ H ₆	-----	-----	15.480	% obj.
zawartość CH ₄	-----	-----	69.882	% obj.
zawartość He	-----	-----	0.186	% obj.
zawartość N ₂	-----	-----	1.939	% obj.
zawartość parafiny	0.720	3.100	1.900	% wag.
zawartość węglowodorów aromatycznych	-----	-----	8.550	% wag.
zawartość węglowodorów ciężkich C ³⁺	-----	-----	12.474	% obj.
zawartość węglowodorów nasyconych	-----	-----	89.600	% wag.
zawartość żywic	-----	-----	1.550	% wag.

Tabela 4.26. Parametry jakościowe kopalin: **Ropa naftowa.**

Nazwa parametru	Wartość min.	Wartość max.	Wartość średnia	Jednostka	Uwagi
gęstość	-----	-----	0.790	-	względem powietrza
siarkowódor H ₂ S	-----	-----	-----	mg/m ³	brak
wartość opałowa	47.520	49.290	48.530	Kcal/Nm ³	MJ/Nm ³
zawartość C ₂ H ₆	13.291	17.679	15.480	% obj.	
zawartość CH ₄	66.696	72.020	69.882	% obj.	
zawartość CO	-----	-----	-----	% obj.	brak
zawartość H ₂	0.005	0.069	0.038	% obj.	
ult1 zawartość He	0.171	0.222	0.186	% obj.	
zawartość N ₂	0.072	2.612	1.939	% obj.	

Tabela 4.27. Parametry jakościowe kopalin: **Gaz ziemny.**

11. Współczynnik wydobywania: 0,30

12. Metoda obliczenia zasobów: objętościowa i dynamiczna

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne pozabilansowe (gaz ziemny – mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
Ropa parafinowa	T	06/12/31	0,03
Ropa parafinowa	T	05/12/31	0,04
Ropa parafinowa	T	04/12/31	0,06
Ropa parafinowa	T	03/12/31	0,09
Ropa parafinowa	T	02/12/31	0,15
Ropa parafinowa	T	01/12/31	0,18
Ropa parafinowa	T	00/12/31	0,19
Ropa parafinowa	T	99/12/31	0,18
Ropa parafinowa	T	98/12/31	0,23
Ropa parafinowa	T	97/12/31	0,17
Ropa parafinowa	T	96/12/31	-
Ropa parafinowa	T	95/12/31	-
Ropa parafinowa	T	94/12/31	-

Tabela 4.28. Wydobywanie (na podstawie corocznych zestawień zmian zasobów złóż przysyłanych przez przedsiębiorcę).

Kopalina	Główna – T; towarzysząca – N	Stan zasobów na dzień (rok/miesiąc/dzień)	Zasoby wydobywalne pozabilansowe (gaz ziemny - mln m ³ ; ropa naftowa – tys. ton)
			Kat. C
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	06/12/31	-
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	05/12/31	0,03
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	04/12/31	0,05
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	03/12/31	-
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	02/12/31	-
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	01/12/31	0,51
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	00/12/31	0,21
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	99/12/31	0,35
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	98/12/31	0,27
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	97/12/31	0,2
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	96/12/31	0,06
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	95/12/31	-
Gaz ziemny ze złóż ropy naftowej	W	94/12/31	0,4

Tabela 4.28. cd.

Według informacji zawartych w „Dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej - Białogóra E. Dodatek nr 2. Wniosek o rozliczenie zasobów.” w okresie od października 1991r. do lipca

2007r. wydobyto 2.917 tys. ton ropy naftowej i 2.4185 mln m³ gazu ziemnego.

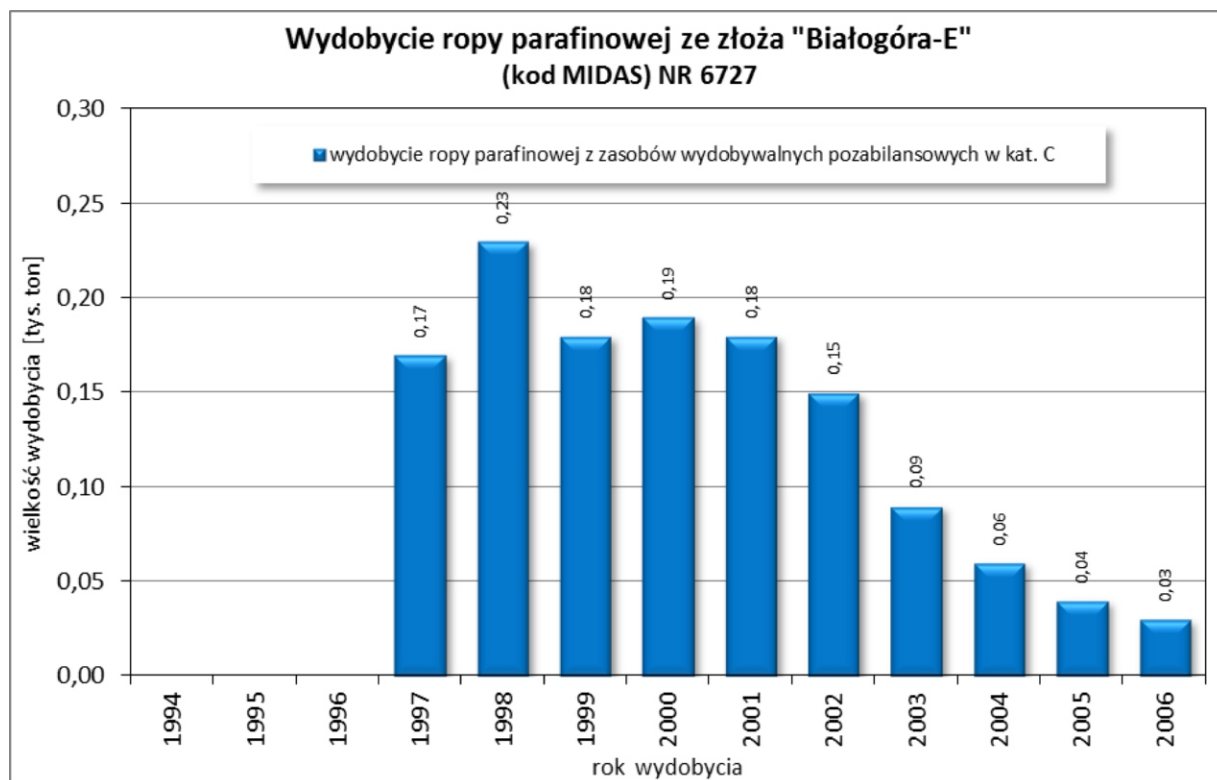


Figura 4.11. Wydobycie ropy parafinowej ze złoża „Białogóra-E”.

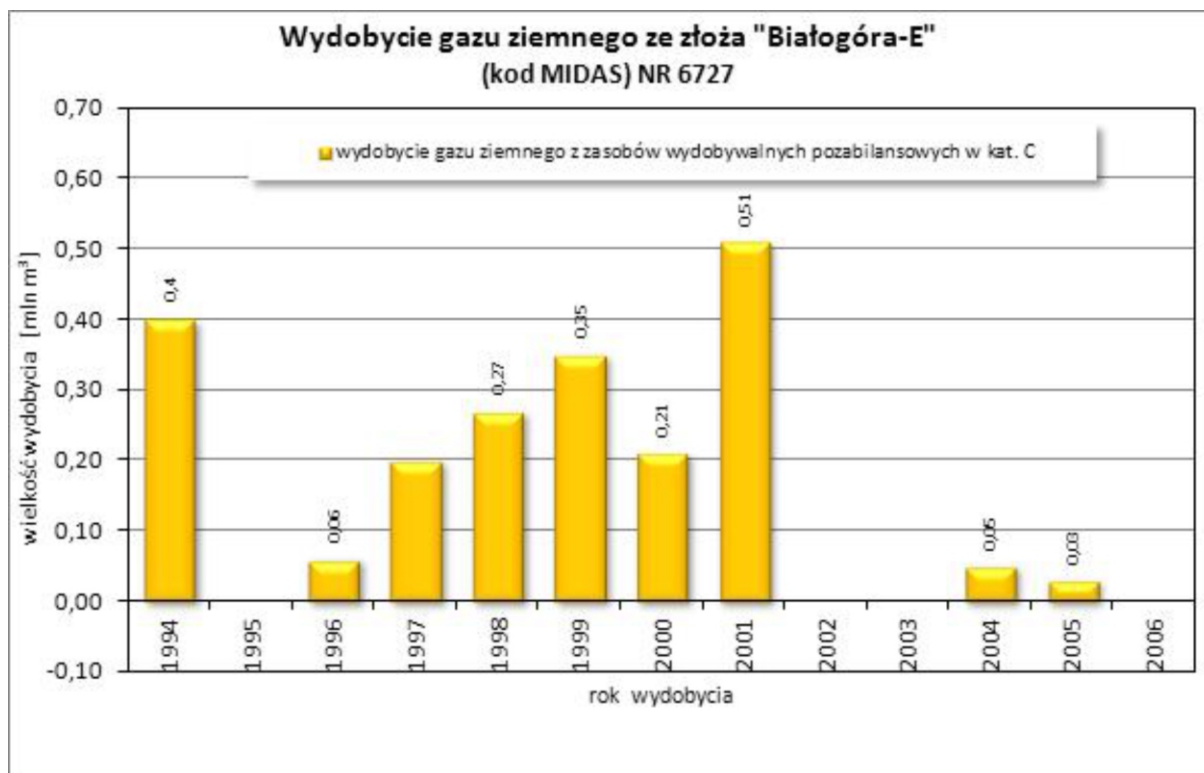


Figura 4.12. Wydobycie gazu ziemnego ze złoża „Białogóra-E”.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.2006 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	0.00	0.00	1.43
Geologiczne	0.00	0.00	0.00	11.58

tys. ton

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.2006 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	0.00	0.00	4.35
Geologiczne	0.00	0.00	0.00	14.50

tys. ton

Tabela 4.29. Stan zasobów pierwotnych: ROPA NAFTOWA.

	ZASOBY GEOLOGICZNE wg stanu na 31.12.2006 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	0.00	0.00	0.86
Geologiczne	0.00	0.00	0.00	2.98

mln m³

	ZASOBY GEOLOGICZNE PIERWOTNE wg stanu na 31.12.2006 r.			
	Bilansowe		Pozabilansowe	
	Kat. A+B	Kat. C	Kat. A+B	Kat. C
Wydobywalne	0.00	0.00	0.00	3.28
Geologiczne	0.00	0.00	0.00	5.40

mln m³

Tabela 4.30. Stan zasobów pierwotnych: GAZ ZIEMNY.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	0.00
Pozabilansowe	0.00	1.43

tys. ton

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	0.38
Nieprzemysłowe	0.00	0.00

tys. ton

Tabela 4.31. Stan zasobów aktualnych: ROPA NAFTOWA.

	ZASOBY WYDOBYWALNE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Bilansowe	0.00	0.00
Pozabilansowe	0.00	0.86

mln m³

	ZASOBY PRZEMYSŁOWE wg stanu na 31.12.2015 r.	
	Kat. A+B	Kat. C
Przemysłowe	0.00	1.02
Nieprzemysłowe	0.00	0.00

mln m³**Tabela 4.32.** Stan zasobów aktualnych: GAZ ZIEMNY.

Obszary wytypowane
do postępowania przetargowego na koncesje
na poszukiwanie i rozpoznawanie
złóż węglowodorów oraz wydobywanie
węglowodorów ze złóż w 2017 r.
ŻARNOWIEC



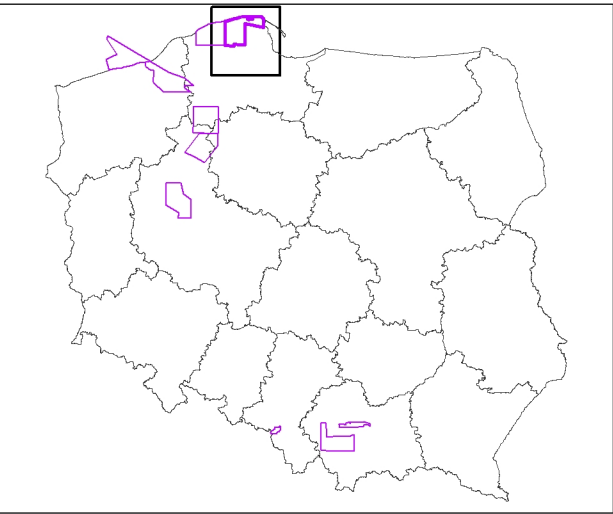
Układ współrzędnych: PL-1992

Objaśnienia

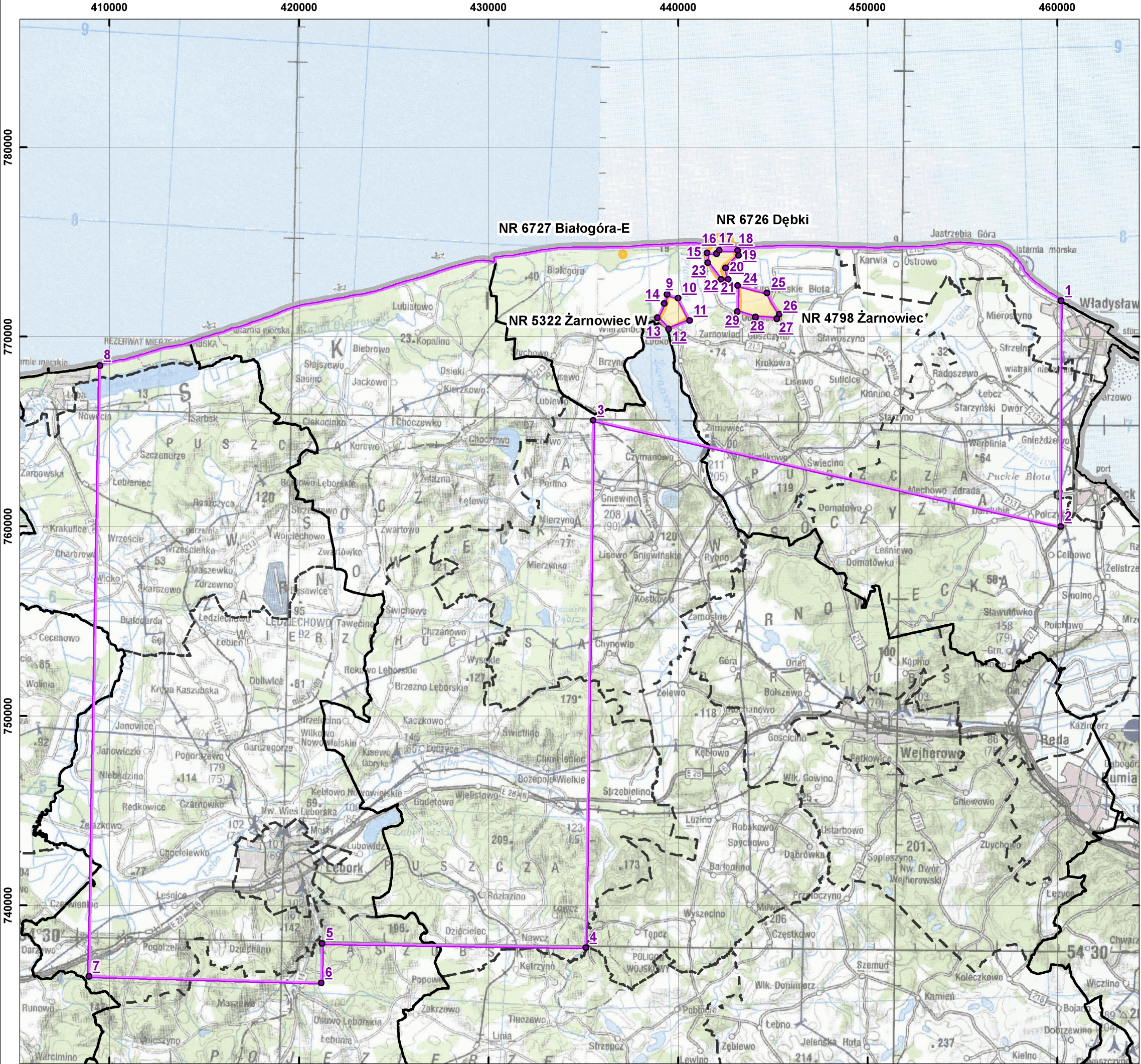
- obszary wytypowane do przetargu
- złoża węglowodorów
- obszary górnicze
- granice gmin
- granice powiatów
- granice województw

Współrzędne punktów wyznaczających granice obszaru
Żarnowiec
układ współrzędnych PL-1992

Nr punktu	X	Y	Nr punktu	X	Y	Nr punktu	X	Y
1	771897,16	460194,76	11	770857,64	440806,96	22	773019,18	442259,58
2	759982,46	460170,68	12	770407,94	439504,45	23	773899,02	441574,91
3	765579,52	435528,73	13	771004,54	438913,46	z wyłączeniem		
4	737770,93	435133,01	14	771752,4	439266,55	24	772703,05	443152,56
5	737990,19	421224,49	z wyłączeniem			25	772306,98	444687,69
6	735907,95	421189,09	15	774424,37	441529,93	26	771193,32	445342,35
7	736256,3	408926,76	16	774381,37	442018,82	27	770953,68	445204,07
8	768487,61	409502,87	17	774551,66	442172,85	28	771028,96	444069,6
po linii brzegowej Morza Bałtyckiego z wyłączeniem			18	774539,4	443143,54	29	771317,36	443120,54
9	772231,87	439423,09	19	774283,04	443194,83			
10	772033,57	440000,36	20	773624,84	442507,1			
			21	773019,03	442639,32			



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



5. DANE O GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH ODWIERCONYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC”

Na obszarze przetargowym Żarnowiec znajdują się zarówno archiwalne otwory wiertnicze wiercone w latach 70-tych i 80-tych XX wieku oraz nowe otwory wiercone przez firmy posiadające koncesje na tym obszarze.

Pokrywę osadową na obszarze Żarnowiec rozpoczynają nierozdzielone biostratygraficznie utwory ediakaru i kambru dolnego leżące z niezgodnością erozyjną na skałach krystalicznych i metamorficznych paleoproterozoiku lub mezoproterozoiku. Kambr dolny, odpowiadający globalnym jednostkom:

terenowowi i ~oddziałowi 2 i kambr środkowy, odpowiadający ~oddziałowi 3 został nawiercony tylko w otworach Białogóra 1 i Żarnowiec IG 1. W pozostałych otworach wiertniczych np. w otworze Lublewo LEP-1, Sławoszyno LEP-1, Mieroszyno 8, Strzeszewo LE-1, Dębki 2 i Dębki 3 nawiercono tylko najwyższą część profilu środkowego kambru i głębienie otworu zostało zatrzymane. Występowanie furongu (kambru górnego), zostało udokumentowane między innymi w następujących otworach: Żarnowiec IG 1, Żarnowiec 5, Sławoszyno LEP-1, Białogóra 1, Białogóra 6, Dębki 3, Strzeszewo LE-1, Lublewo LEP-1 i Lublewo LEP-1ST1H. Wszystkie otwory przedstawione na mapie obszaru przetargowego „Żarnowiec” (Fig. 3.2) przewiercają lub nawiercają ordowik i utwory młodsze.

5.1. DANE O OTWORACH ARCHIWALNYCH

wiertniczych oraz stratygrafię (na podst. Binder, 1972, 1973, 1992, Modliński, 2011, CBDG).

5.1.1 DANE OGÓLNE O OTWORACH WIERTNICZYCH
ORAZ STRATYGRAFIA

Poniższe zestawienia (Tab. 5.1–5.7) i figury (Fig. 5.1–5.2) prezentują podstawowe dane dotyczące archiwalnych otworów

BIAŁOGÓRA 1
Głębokość otworu: 3 058,2 m
Rok zakończenia wiercenia: 1973

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	111,00	kenozoik
111,00	170,00	cenoman
170,00	509,00	trias dolny
170,00	280,00	<i>warstwy lęborskie</i>
280,00	300,00	<i>formacja pomorska</i>
300,00	509,00	<i>formacja bałtycka</i>
509,00	766,00	perm górny
509,00	527,00	<i>stropowa seria</i>
527,00	528,50	<i>anhydryt główny A3</i>
528,50	537,00	<i>dolomit płytowy Ca3</i>
537,00	545,00	<i>anhydryt podstawowy A2</i>
545,00	553,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
553,00	576,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
576,00	623,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
623,00	754,50	<i>anhydryt dolny A1d</i>
754,50	761,00	<i>wapień cechsztyński Ca1</i>
761,00	762,50	<i>łupek miedzionośny T1</i>
762,50	766,00	<i>zlepienieć podstawowy Zp1</i>
766,00	2 555,50	pridoli - wenlok
2 555,50	2 624,00	landower (<i>formacja iłowców z Pasłęka</i>)
2 624,00	2 633,50	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 633,50	2 687,50	karadok - arenig górny
2 633,50	2 671,50	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 671,50	2 687,50	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 687,50	2 702,00	arenig dolny (<i>formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 702,00	2 715,70	kambr górny
2 702,00	2 704,50	<i>formacja piasznicka</i>
2 704,50	2 715,70	<i>formacja słowińska</i>
2 715,70	3 058,20	kambr środkowy i dolny
2 715,70	2 719,50	<i>formacja białogórska</i>
2 719,50	2 730,20	<i>formacja osiecka</i>
2 730,20	2 802,50	<i>formacja dębowska</i>
2 802,50	2 930,00	<i>formacja sarbska</i>
2 930,00	3 058,20	<i>formacja łebska</i>

Tabela 5.1. Zestawienie danych ogólnych o otworze BIAŁOGÓRA 1.

5.2. DARŻLUBIE IG 1
Głębokość otworu: 3 520 m
Rok zakończenia wiercenia: 1973

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	148,00	kenozoik
148,00	179,00	turon
179,00	250,00	cenoman
250,00	292,00	oksford
292,00	329,50	kelowej górny
329,50	340,00	kelowej dolny
340,00	367,00	baton górny
367,00	760,00	trias dolny
367,00	453,00	<i>warstwy lęborskie</i>
453,00	463,00	<i>formacja polczyńska</i>
463,00	525,00	<i>formacja pomorska</i>
525,00	760,00	<i>formacja bałtycka</i>
760,00	1 071,00	perm górny
760,00	765,00	<i>formacja rewalska</i>
765,00	767,00	<i>anhydryt główny A3</i>
767,00	799,00	<i>dolomit płytowy łącznie z szarym iłem solnym</i>
799,00	817,50	<i>anhydryt podstawowy A2</i>
817,50	828,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
828,00	846,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
846,00	1 011,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
1 011,00	1 061,50	<i>anhydryt dolny A1d</i>
1 061,50	1 071,00	<i>wapień cechsztyński Ca1, łupek miedzionośny T1</i>
1 071,00	2 877,50	pridoli - wenlok
2 877,50	2 933,00	landower (<i>formacja iłowców z Pasłęka</i>)
2 933,00	2 941,50	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 941,50	2 987,50	karadok - arenig górny
2 941,50	2 967,50	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 967,50	2 987,50	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 987,50	3 003,00	arenig dolny (<i>formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
3 003,00	3 011,00	kambr górny (<i>formacja piasznicka</i>)
3 011,00	3 273,00	kambr środkowy
3 273,00	3 491,00	kambr dolny
3 491,00	3 509,50	ediakar - kambr dolny (<i>formacja smółdzińska</i>)
3 509,50	3 520,00	proterozoik

Tabela 5.2. Zestawienie danych ogólnych o otworze DARŻLUBIE IG 1.

5.3. DĘBKI 3
Głębokość otworu: 2 803 m
Rok zakończenia wiercenia: 1972

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	104,50	kenozoik
104,50	162,50	cenoman
162,50	205,00	kelowej - baton środkowy
205,00	556,50	trias dolny
205,00	285,00	<i>warstwy lęborskie</i>
285,00	346,00	<i>formacja pomorska</i>
346,00	556,50	<i>formacja bałtycka</i>
556,50	792,50	perm górny
556,50	561,50	<i>dolomit płytowy Ca3</i>
561,50	599,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
599,00	618,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
618,00	726,50	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
726,50	785,50	<i>anhydryt dolny A1d</i>
785,50	791,50	<i>wapień cechsztyński Ca1</i>
791,50	792,50	<i>łupek miedzionośny T1</i>
792,50	2 542,00	pridoli - wenlok
2 542,00	2 605,00	landower (<i>formacja iłowców z Pastęka</i>)
2 605,00	2 613,50	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 613,50	2 667,50	karadok - arenig górny
2 613,50	2 649,50	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 649,50	2 667,50	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 667,50	2 677,50	arenig dolny (<i>formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 677,50	2 688,50	kambr górny (<i>formacja słowińska</i>)
2 688,50	2 803,00	kambr środkowy
2 688,50	2 691,00	<i>formacja białogórska</i>
2 691,00	2 709,50	<i>formacja osiecka</i>
2 709,50	2 790,00	<i>formacja dębowska</i>
2 790,00	2 803,00	<i>formacja sarbska</i>

Tabela 5.3. Zestawienie danych ogólnych o otworze DĘBKI 3.

5.4. LUBINY 1
Głębokość otworu: 3 116 m
Rok zakończenia wiercenia: 1996
Stratygrafia:

Dane te są własnością inwestora i nie mogą być opublikowane w niniejszym opracowaniu

Stratygrafia na dnie: kambr środkowy

5.5. MIEROSZYNO 8
Głębokość otworu: 2 972,5 m
Rok zakończenia wiercenia: 1974

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	111,00	kenozoik
111,00	213,00	kreda górna
213,00	241,00	oksford dolny
241,00	300,00	kelowej - baton
300,00	686,50	trias dolny
300,00	390,00	<i>warstwy lęborskie</i>
390,00	448,00	<i>formacja pomorska</i>
448,00	686,50	<i>formacja bałtycka</i>
686,50	973,00	perm górny
686,50	697,00	<i>anhydryt główny A3</i>
697,00	714,00	<i>dolomit płytowy łącznie z szarym iłem solnym</i>
714,00	725,00	<i>anhydryt podstawowy A2</i>
725,00	751,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
751,00	773,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
773,00	799,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
799,00	963,00	<i>anhydryt dolny A1d</i>
963,00	973,00	<i>wapień cechsztyński Ca1, łupek miedzionośny T1</i>
973,00	2 721,50	pridoli - wenlok
2 721,50	2 781,50	landower (<i>formacja iłowców z Pasłęka</i>)
2 781,50	2 790,00	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 790,00	2 840,50	karadok - arenig górny
2 790,00	2 822,00	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 822,00	2 840,50	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 840,50	2 855,50	arenig dolny (<i>formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 855,50	2 864,50	kambr górny (<i>formacja piasnicza</i>)
2 864,50	2 972,50	kambr środkowy

Tabela 5.5. Zestawienie danych ogólnych o otworze MIEROSZYNO 8.

5.6. PIAŚNICA 2
Głębokość otworu: 2971,2 m
Rok zakończenia wiercenia: 1972

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	159,00	kenozoik
159,00	185,00	cenoman
185,00	562,00	trias dolny (<i>w-wy lęborskie, formacje bałtycka i pomorska</i>)
562,00	821,00	perm górny
562,00	586,00	<i>stropowa seria terygeniczna cechsztynu</i>
586,00	594,00	<i>dolomit płytowy Ca3</i>
594,00	597,00	<i>anhydryt podstawowy A2</i>
597,00	635,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
635,00	652,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
652,00	778,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
778,00	815,00	<i>anhydryt dolny A1d</i>
815,00	821,00	<i>wapień cechsztyński Ca1, łupek miedzionośny T1</i>
821,00	2 573,50	pridoli - wenlok
2 573,50	2 604,00	landower (<i>formacja iłowców z Pasłęka</i>)
2 604,00	2 613,50	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 613,50	2 665,50	karadok - arenig górny
2 613,50	2 647,50	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 647,50	2 665,50	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 665,50	2 678,40	arenig dolny (<i>fm iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 678,40	2 690,00	kambr górny (<i>formacja piaśnicka</i>)
2 690,00	2 971,20	kambr środkowy
2 690,00	2 692,50	<i>formacja białogórska</i>
2 692,50	2 723,20	<i>formacja osiecka</i>
2 723,20	2 801,00	<i>formacja dębowska</i>
2 801,00	2 830,00	<i>formacja sarbska</i>
2 830,00	2 971,20	<i>formacja łebska</i>

Tabela 5.6. Zestawienie danych ogólnych o otworze PIAŚNICA-2.

5.7. WŁADYSŁAWOWO 4
Głębokość otworu: 3 205,3 m
Rok zakończenia wiercenia: 1973

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	138,00	kenozoik
138,00	152,00	turon dolny
152,00	232,00	cenoman
232,00	259,00	oksford dolny - baton środkowy
259,00	667,50	trias
259,00	371,00	<i>warstwy lęborskie</i>
371,00	393,00	<i>formacja elbląska</i>
393,00	442,00	<i>formacja malborska</i>
442,00	486,00	<i>formacja lidzbarska</i>
486,00	667,50	<i>formacja bałtycka</i>
667,50	975,00	perm górny
667,50	733,00	<i>cyklotem PZ3 [Leine], cyklotem PZ2 [Stassfurt]</i>
733,00	745,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
745,00	907,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
907,00	965,00	<i>anhydryt dolny A1d</i>
965,00	975,00	<i>wapień cechsztyński Ca1, łupek miedzionośny T1</i>
975,00	2 722,00	pridoli - wenlok
2 722,00	2 776,00	landower (<i>formacja iłowców z Pasłęka</i>)
2 776,00	2 784,50	aszgil (<i>formacja margli i iłowców z Prabut</i>)
2 784,50	2 835,00	karadok - arenig górny
2 784,50	2 816,50	<i>formacja iłowców z Sasina</i>
2 816,50	2 835,00	<i>formacja wapieni z Kopalina</i>
2 835,00	2 850,00	arenig dolny (<i>formacja iłowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 850,00	2 857,00	kambr górny (<i>formacja piasznicka</i>)
2 857,00	3 094,00	kambr środkowy
3 094,00	3 205,30	kambr dolny

Tabela 5.7. Zestawienie danych ogólnych o otworze WŁADYSŁAWOWO-4.

5.8. ŻARNOWIEC IG 1
Głębokość otworu: 3276 m
Rok zakończenia wiercenia: 1969

Głębokość [m]		Stratygrafia (<i>litostratygrafia</i>)
od	do	
0,00	111,00	kenozoik
111,00	165,00	kreda górna
165,00	182,00	kelowej - baton
182,00	198,00	jura środkowa
198,00	320,00	trias środkowy (<i>warstwy łębarskie</i>)
320,00	574,00	trias dolny (<i>formacje pomorska i bałtycka</i>)
574,00	829,20	perm górny
574,00	616,00	<i>dolomit główny Ca2</i>
616,00	640,00	<i>anhydryt górny A1g</i>
640,00	678,00	<i>sól kamienna najstarsza Na1</i>
678,00	823,20	<i>anhydryt dolny A1d</i>
823,20	828,80	<i>wapień cechsztyński Ca1</i>
828,80	829,20	<i>łupek miedzionośny T1</i>
829,20	1 315,00	pridoli
1 315,00	2 320,00	ludford
2 320,00	2 420,00	gorst
2 420,00	2 582,00	wenlok
2 582,00	2 645,00	landower (<i>formacja łowców z Pastęka</i>)
2 645,00	2 655,30	aszgil (<i>formacja margli i łowców z Prabut</i>)
2 655,30	2 687,50	karadok (<i>formacja łowców z Sasina</i>)
2 687,50	2 689,20	lanwim (<i>formacja łowców z Sasina</i>)
2 689,20	2 697,00	lanwim (<i>formacja wapieni z Kopalina</i>)
2 697,00	2 707,80	arenig górny (<i>formacja wapieni z Kopalina</i>)
2 707,80	2 721,80	arenig dolny (<i>fm łowców z glaukonitem ze Słuchowa</i>)
2 721,80	2 730,20	kambr górny
2 730,20	3 000,50	kambr środkowy
3 000,50	3 200,00	kambr dolny
3 200,00	3 236,50	kambr dolny - wend (<i>formacja smołdzińska</i>)
3 236,50	3 276,00	paleoproterozoik

Tabela 5.8. Zestawienie danych ogólnych o otworze ŻARNOWIEC IG-1.

↓ **Figura 5.1.** Profil litologiczno-stratygraficzny otworu Żarnowiec IG-1.

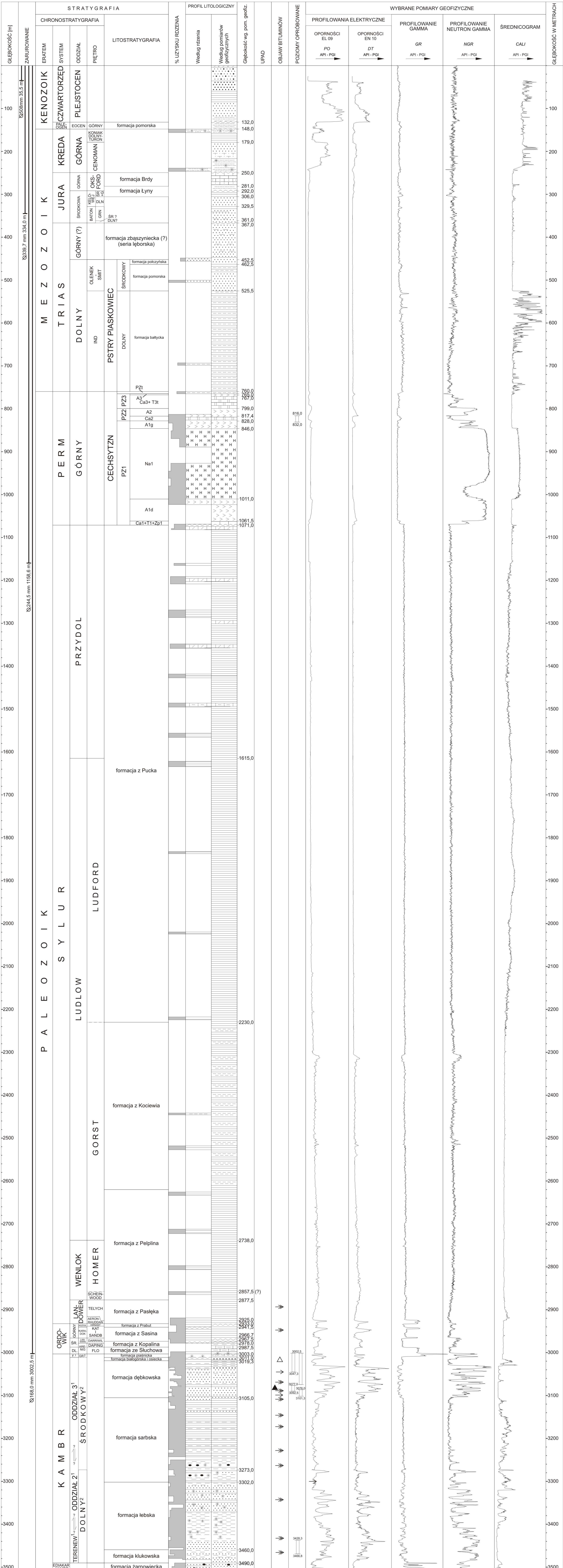
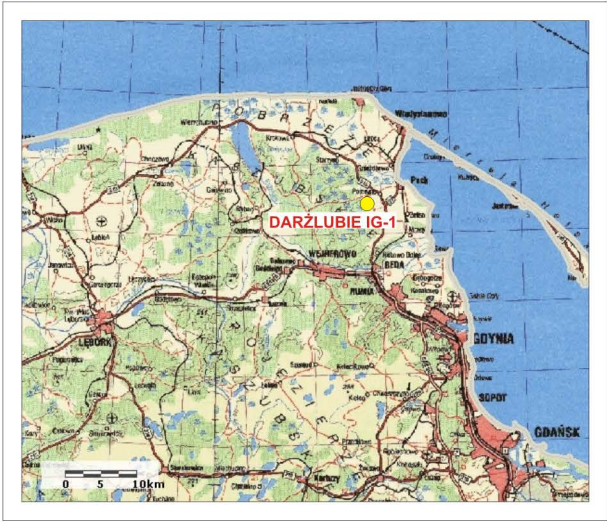
↓ **Figura 5.2.** Profil litologiczno-stratygraficzny otworu Darżlubie IG-1.

PROFIL ZBIORCZY ODWIERTU DARŻLUBIE IG-1

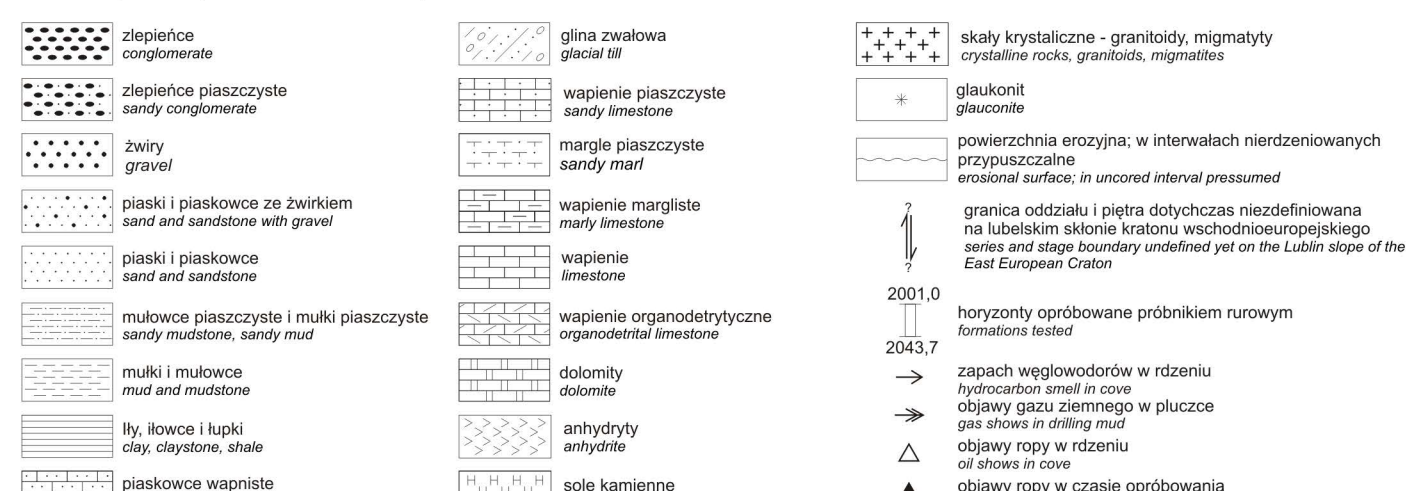
SKALA: 1:4000

MIEJSCOWOŚĆ: CZERWIENIEC
WOJEWÓDZTWO: POMORSKIE
WIERCENIE ROZPOCZĘTO: 20.01.1972 r.
WIERCENIE ZAKOŃCZONO: 12.02.1973 r.
GŁĘBOKOŚĆ KOŃCOWA: 3520,0 m

WSPÓŁRZĘDNE GEOGRAFICZNE, PL 1992
SZEROKOŚĆ: 54°42'03,00"
DŁUGOŚĆ: 18°20'08,03"
PL 1992 X: 759884,787
PL 1992 Y: 457194,434
WYSOKOŚĆ N.P.M. 49,3 m



1 Formalne nowe oddziały systemu kambryjskiego według Międzynarodowej Komisji Stratygraficznej (ICS) (2007)
Formal new series of the Cambrian System according to International Stratigraphical Commission (ICS) (2007)
2 Tradycyjne (do 2007) roku oddziały systemu kambryjskiego
Traditional (until 2007) series of the Cambrian System



5.1.2. TESTY ZŁOŻOWE I OBJAWY WĘGLOWODORÓW W OTWORACH WIERTNICZYCH

Darżlubie IG 1

Celem opróbowania otworu było określenie zasięgu występowania w utworach kambru poziomów zbiornikowych charakteryzujących się objawami roponośności, stwierdzonych około 20 km na północny-zachód w rejonie Żarnowca oraz przebadanie kambryjskich poziomów zbiornikowych pod kątem występowania gazu ziemnego, którego objawy stwierdzono w otworach Kościerzyna IG 1 i Łeba 8. Celem opróbowania było również sporządzenie szczegółowej charakterystyki hydrogeologicznej poziomów wodonośnych kambru.

Opróbowano 7 poziomów: 1 poziom w utworach permu i 6 poziomów w utworach kambru. Ze względów technicznych zrezygnowano z opróbowania czterech przewidzianych pierwotnie do badań poziomów kambru, wytypowanych na podstawie interpretacji karotaży geofizyki wiertniczej.

Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 816,6–832,0 m – perm (cechsztyń): dolomity, anhydryty

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża typu Halliburton zapiętym w otworze niezarurowanym. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przypiływu:

I okres przypiływu: ciśnienie 2,16–5,10 at, czas 120 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 5,10–75,82 at, czas 130 min.

W trakcie 120 min. do próbnika dopłynęło około 100 dm³ płuczki, co wskazuje na minimalny dopływ wody złożowej w ilości około 1,2 m³/dobę. Niewielki dopływ uniemożliwił pobranie próby do badań chemicznych, do próbnika dopłynęła jedynie znajdująca się pod uszczelniaczem próbna płuczka.

Przez okres 130 min. prowadzono obserwacje wzrostu ciśnienia złożowego, stwierdzając wyraźny jego wzrost do wartości 75,8 at. Wyekstrapolowane ustabilizowane ciśnienie złożowe wynosi 84 at.

W wyniku opróbowania stwierdzono minimalny dopływ wody złożowej, badany poziom charakteryzuje się słabymi własnościami kolektorskimi.

Poziom 3047,3–3062,5 m – kambr środkowy: piaskowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża typu Halliburton w interwale odsłoniętym pod butem rur. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przypiływu:

I okres przypiływu: ciśnienie 2,16–5,10 at, czas 120 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 5,10–75,82 at, czas 130 min.

Podczas badań do próbnika dopłynęło 50 dm³ płuczki wiertniczej z rozprężenia. Przez okres 140 min. nastąpił wzrost ciśnienia do wartości 9 at. Wyniki opróbowania świadczą o braku własności zbiornikowych badanego poziomu. Temperatura na głębokości 3006,0 m wynosiła 89°C.

Poziom 3002,5–3076,2 m – kambr: łowce, wapienie, piaskowce

Badanie przeprowadzono próbnikiem złoża typu Halliburton w interwale odsłoniętym pod butem rur. Opróbowanie przeprowadzono metodą jednokrotnego odcięcia przypiływu:

I okres przypiływu: ciśnienie 1,2–1,2 at, czas 420 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 1,2–2,5 at, czas 60 min.

Podczas badań do próbnika wpłynęło 62 dm³ płuczki wiertniczej zgazowanej gazem palnym. W trakcie pierwszych sześciu godzin na głowicy obserwowano słabe objawy przypiływu w postaci wydobywających się z przewodu wiertniczego

pojedynczych banieczek powietrza. Po tym okresie nastąpił zanik objawów przypiływu, obserwowano jedynie minimalne wydzielanie się gazu palnego (Tab. 5.9). Ciśnienie podczas badań wzrosło jedynie do wartości 2,5 at. Badany poziom charakteryzuje się bardzo niekorzystnymi warunkami zbiornikowymi.

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C ₁	60,458223	433,666933
C ₂	9,698009	131,175266
C ₂ =	0,000000	0,000000
C ₃	6,096271	121,882737
C ₃ =	0,000000	0,000000
C ₄	3,733036	99,792896
C ₄ =	0,000000	0,000000
C ₅	2,171319	73,170349
C ₅ =	0,000000	0,000000
C ₆	0,752873	30,865554
C ₆ =	0,000000	0,000000
C ₇	0,000000	0,000000
H ₂	0,090811	0,081639
CO	0,000000	0,000000
H ₂ S	0,000000	0,000000
SO ₂	0,000000	0,000000
CO ₂	0,592406	11,703569
Ar	0,570055	10,169789
Ne	0,000000	0,000000
He	0,001899	0,003418
N ₂	15,835098	198,049577
O ₂	0,000000	0,000000
H ₂ O	0,000000	0,000000
Łącznie	100,000000	1110,561727

Tabela 5.9. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 3002,5–3076,2 m.

Poziom 3077,0–3092,5 m – kambr: piaskowce, mułowce

Opróbowanie wykonano próbnikiem złoża typu Halliburton w interwale odsłoniętym pod rurami. Poziom badano metodą jednokrotnego okresu przypiływu. W okresie 90 min. na głowicy nie zaobserwowano objawów przypiływu. Poziom odznacza się całkowitym brakiem własności zbiornikowych.

Poziom 3086,2–3101,3 m – kambr: piaskowce

Badania wykonano próbnikiem złoża typu Halliburton w poziomie niezarurowanym. Zastosowano metodę jednokrotnego odcięcia przypiływu:

I okres przypiływu: ciśnienie 4,02–7,11 at, czas 60 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 7,11–324,58 at, czas 150 min.

Podczas trwającego 60 min. okresu przypiływu do próbnika na skutek rozprężenia dopłynęło około 60 dm³ solanki

wymieszanej z płuczką wiertniczą. Wydajność potencjalna jest bardzo niska, wynosi 1,44 m³/dobę. Efektywny współczynnik filtracji $k = 0,1$ mD. Promień zasięgu badania próbnikiem jest niewielki i wynosi zaledwie 12 m. Ujemna wartość skin efektu $s = -1,5$ wskazuje, że opróbowany poziom nie jest uszkodzony i charakteryzuje się pełną sprawnością. Niska przepuszczalność piaskowców jest więc spowodowana naturalnym charakterem skały a nie kolmatacją płuczki wiertniczą. Własności zbiornikowe skał są bardzo słabe. Badany poziom charakteryzuje się wysokim ciśnieniem złożowym wynoszącym 345,6 at (wyekstrapolowane).

Z uzyskanej podczas opróbowania mieszaniny solanki i płuczki uzyskano 1 dm³ ropy naftowej oraz pobrano próbę gazu (Tab. 5.10).

Składnik	Zawartość	
	% obj.	g/Nm ³
C ₁	78,109455	560,279122
C ₂	8,920127	120,654855
C ₂ =	0,000000	0,000000
C ₃	3,486690	69,707608
C ₃ =	0,000000	0,000000
C ₄	1,455218	38,911082
C ₄ =	0,000000	0,000000
C ₅	1,317798	44,400615
C ₅ =	0,000000	0,000000
C ₆	0,493507	20,232325
C ₆ =	0,000000	0,000000
C ₇	0,000000	0,000000
H ₂	1,768217	1,589627
CO	0,000000	0,000000
H ₂ S	0,000000	0,000000
SO ₂	0,000000	0,000000
CO ₂	3,300671	65,208059
Ar	0,228311	4,073074
Ne	0,000000	0,000000
He	0,006653	0,011975
N ₂	0,913353	11,423304
O ₂	0,000000	0,000000
H ₂ O	0,000000	0,000000
Łącznie	100,000000	936,491646

Tabela 5.10. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 3086,2–3101,3 m.

Poziom 3438,3–3468,8 m – kambr: piaskowce, mułowce
Badania wykonano próbnikiem złoza typu Halliburton opróbowując poziom niezarurowany. Zastosowano metodę jednokrotnego odcięcia przypiływu:

I okres przypiływu: ciśnienie 4,0–4,0 at, czas 60 min.

I okres odbudowy ciśnienia: 4,0–6,0 at, czas 60 min.

Bezpośrednio po otworzeniu zaworu do próbnika napłynęło na skutek odprężenia około 80 dm³ płuczki. Podczas dalszego badania objawów przypiływu nie zaobserwowano. W okresie odbudowy ciśnienia wzrost ciśnienia minimalny. Ciśnienie denne wynosiło 6,0 atm.

Z odgazowania płuczki wiertniczej pobrano próbę gazu. Gaz składa się głównie z wodoru (62,4% obj.) i azotu (35,8% obj.). Węglowodory występują w ilości 1,3% obj. Przypuszczalnie jest to gaz powstały w wyniku fermentacji płuczki. Występujące w badanym poziomie piaskowce nie posiadają własności zbiornikowych.

Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 3002,5–3135,0 m – kambr: piaskowce, ilowce

Zbadano poziom niezarurowany poprzez wytłaczanie kompresorem znajdującego się w otworze płynu. Po zabiegu w otworze pozostało około 4 m³ wody technicznej i płuczki. Pozostały płyn z powodu braku łyżki wiertniczej i liny usunięto z otworu przewodem wiertniczym z zaworem kulowym. Łącznie wydobyto około 4 m³ wody technicznej i płuczki ze śladami ropy oraz około 4 m³ solanki zanieczyszczonej filtratem płuczki ze śladami ropy naftowej.

Kolejnym etapem opróbowania było intensywne szczypanie solanki łyżką wiertniczą. Podczas trwającego 32 godz. szczypania wydobyto 0,935 m³ solanki (Tab. 5.11) ze śladami ropy naftowej. Przypiływ solanki z głębokości około 3000 m wyniósł 0,7 m³/dobę. Wskaźniki hydrochemiczne wynoszą: $rNa + rK/rCl = 0,49$ i $Cl/Br = 113,27$. Solanka wykazuje wysoki stopień zmetamorfizowania. Wartości wskaźników wskazują na bliskie sąsiedztwo złóż węglowodorów.

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	106,377	3000,90	99,560
Br ⁻	0,939	11,75	0,390
HCO ₃ ⁻	0,091	1,50	0,050
Aniony razem	107,407	3014,15	100,000
Fe ³⁺	0,149	8,00	0,278
Ca ²⁺	22,925	1143,98	39,804
Mg ²⁺	2,935	241,41	8,400
Na ⁺	34,240	1480,66	51,518
Kationy razem	60,249	2874,05	100,000
pH: 7			
Ciężar właściwy: 1,1256 g/cm ³			
Mineralizacja: 168 g/dm ³			

Tabela 5.11. Skład chemiczny solanki uzyskanej z głębokości 3002,5–3135,0 m

Emulsji ropnej uzyskano 40 dm³, z czego wydzielono 10 dm³ czystej ropy naftowej. Ropa miała barwę ciemnobrunatną z odcieniem zielonkawym. Gęstość ropy wynosiła 0,850 g/cm³, zawartość części lotnych poniżej 200°C – 32%, a zawartość węglowodorów 90%. Skład węglowodorów przedstawiał się następująco: n-parafiny – 6%, izo- i cykloparafiny – 84%, aromaty – 10%. Badania węglowodorów dotyczyły frakcji ropy naftowej wrzającej poniżej 200°C (Tab. 5.12).

Składnik	Zawartość % obj.
C ₁₄	0,8
C ₁₅	5,8
C ₁₆	9,6
C ₁₇	11,8
C ₁₈	11,0
C ₁₉	10,5
C ₂₀	10,2
C ₂₁	9,2
C ₂₂	7,5
C ₂₃	6,0
C ₂₄	5,0
C ₂₅	4,1
C ₂₆	2,9
C ₂₇	2,5
C ₂₈	2,2
C ₂₉	1,0

Tabela 5.12. Analiza ropy naftowej uzyskanej z głębokości 3002,5–3135,0 m.

Po zakończeniu opróbowania otwór zlikwidowano.

PODSUMOWANIE

Wyniki opróbowania wykazały, iż badane poziomy w większości nie wykazują własności zbiornikowych. Bardzo słabe własności zbiornikowe badanych poziomów kambru stwierdzono jedynie przy opróbowaniu poziomu 3002,5–3076,2 m (sączenie gazu, ilości niemierzalne) i poziomu 3002,5–3135,0 m (około 10 dm³ ropy naftowej oraz sączenie solanki w ilości 0,7 m³/dobę). Wymienione poziomy charakteryzujące się bardzo słabymi warunkami zbiornikowymi i nie posiadają znaczenia złożowego.

Żarnowiec IG 1

Zadaniem opróbowania było wydzielenie na podstawie wskaźników hydrodynamicznych, hydrochemicznych i bezpośrednich objawów węglowodorów poziomów i najlepszych warunkach zbiornikowych. Zbadano poziomy zbiornikowe kambru dolnego, kambru środkowego i ordowiku, wyznaczone na podstawie objawów bitumicznych, własności zbiornikowych skał oraz wykresów profilowania geofizycznego.

Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 2735,0–2701,0 m – ordowik, kambr środkowy: wapienie, piaskowce

Badanie przeprowadzono próbnikiem rurowym Johnstona w interwale odstłoniętym pod rurami w trzech okresach pomiarowych. W wyniku opróbowania nie uzyskano przypiływu. W przewodzie wiertniczym stwierdzono jedynie około 300 l płuczki, która wpłynęła w trakcie zapinania próbnika. Podczas początkowego wzrostu ciśnienia ciśnienie denne odbudowało się do 42,3 atm., a podczas końcowego pomiaru ciśnienia zaledwie do 20,6 atm. Osady ordowiku i kambru środkowego w badanym poziomie wykazują całkowity brak własności zbiornikowych.

Poziom 2795,2–2822,8 m – kambr środkowy: piaskowce

Badanie przeprowadzono próbnikiem rurowym Johnstona w interwale odstłoniętym pod rurami w dwóch okresach

pomiarowych. W sumarycznym okresie przypiływu, trwającym 147 min., uzyskano 3800 l solanki (Tab. 5.13) silnie zgazowanej gazem palnym (Tab. 5.14) oraz płuczki pochodzącej spod pakera próbnika. Średni przypiływ wynosił około 1500 l/h. Krzywa wzrostu ciśnienia w okresie przypiływu była nieregularna, co świadczyło o silnym, okresowym dopływie gazu. Spowodowało to zatykanie zaworu próbnika w okresie wzrostu ciśnienia. W związku z tym ciśnienie denne zamiast wzrastać spadło z 183,8 atm. do 165,0 atm., co uniemożliwiło wyekstrapolowanie statycznego ciśnienia dennego oraz określenie parametrów złożowych. Temperatura na głębokości 2800,0 m wyniosła 83°C.

Solanka posiada bardzo wysoki stopień metamorfizmu, jeden z największych znanych w kambrze obniżenia bałtyckiego. Wskaźnik metamorfizmu $r_{Na/rCl} = 0,47$ przy stosunku $Cl/Br = 206$ wskazuje na istnienie solanek reliktowych, silnie przeobrażonych w długotrwałych procesach geologicznych. Wskaźnik siarczanowości świadczy o warunkach środowiska redukcyjnego bardzo korzystnego dla istnienia węglowodorów. Podwyższone wartości jodu (12 mg/dm³) można wiązać z obecnością substancji bitumicznej. Badana próbka gazu zawierała gaz ziemny bezgazolinowy z przewagą metanu (49,5% obj.), o sumie węglowodorów 49,64% obj.

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	111,900	3156,0	99,30
HCO ₃ ⁻	0,391	6,3	0,19
SO ₄ ²⁻	0,021	0,4	0,03
Br ⁻	1,230	15,3	0,48
I ⁻	0,012	0,0	-
Aniony razem	113,554	3178,0	100,00
Na ⁺	34,550	1487,0	48,84
Ca ²⁺	26,000	1295,0	42,50
Mg ²⁺	3150,000	258,0	8,46
Fe ³⁺	0,125	6,7	0,20
Kationy razem	3210,675	3046,7	100,00
pH: 7			
Ciężar właściwy: 1,1363 g/cm ³			
Mineralizacja: 176,0 g/dm ³			

Tabela 5.13. Skład chemiczny solanki uzyskanej z głębokości 2795,2–2822,8 m.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	49,48	354,772
C ₂ H ₆	0,14	1,904
C ₃ H ₈	0,02	0,400
C ₄ H ₁₀	ślady	-
CO ₂	14,94	295,812
N ₂	34,36	429,500
H ₂	1,06	0,954
Razem	100,00	1083,342

Tabela 5.14. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 2795,2–2822,8 m.

Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 3276,0–3210,5 m – kambr dolny: piaskowce, mułowce

Badanie przeprowadzono kompresorem wytłaczając płuczkę do buta rur w celu uzyskania przypiływu z poziomu odsłoniętego pod rurami. Średni przypiływ z głębokości 2800,0 m, określony w sposób bardzo orientacyjny, wynosił 127 l/h. Poziom płynu stwierdzono na głębokości 2720,0 m. Z uwagi na silne zanieczyszczenie solanki płuczką nie wykonano analizy laboratoryjnej. Po zakończeniu opróbowania badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Poziom 3103,0–3098,0 m – kambr dolny: piaskowce, mułowce

Badanie przeprowadzono kompresorem przez perforację rur. Z przyczyn technicznych badanie uznano za nieudane, a odsłonięty interwał zlikwidowano korkiem mechanicznym.

Poziom 2664,0–2633,0 m – ordowik: wapienie

Badanie przeprowadzono kompresorem przez perforację rur. Obniżono płyn do spodu otworu nie stwierdzając przypiływu. Wapienie ordowiku nie wykazują własności zbiornikowych.

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki hydrochemiczne pozwoliły tylko częściowo na określenie stopnia metamorfizmu oraz nasycenia solanek gazem palnym w poszczególnych poziomach zbiornikowych.

W świetle badań przeprowadzonych w 4 poziomach kambru i ordowiku tylko w jednym z nich uzyskano zadawalające wyniki. Poziomy ordowiku i stropowe serie piaskowcowe kambru środkowego nie wykazują dobrych własności zbiornikowych. Bardzo słabe własności zbiornikowe stwierdzono w spagowych partiach kambru dolnego, gdzie uzyskano przypiływ solanki 127 l/h przy niemal pełnej depresji. W piaskowcach kambru środkowego stwierdzono solanki z dużą zawartością gazu palnego, być może pochodzącą z samodzielnego poziomu gazonośnego. Stopień metamorfizmu solanki oraz podwyższona obecność jodu świadczą o bardzo dobrych warunkach dla zachowania się złóż węglowodorów. Wyniki badań tego poziomu były podstawą do wykonania otworu dublującego Żarnowiec IG 1a.

Białogóra-1

Celem opróbowania było stwierdzenie rodzaju medium złożowego w przewiercanych utworach, zwłaszcza w osadach kambru dolnego, kambru środkowego i węglanach cechsztynu oraz zbadanie ich własności kolektorskich i złożowych, a także określenie stopnia nasycenia.

Opróbowanie w trakcie wiercenia

Poziom 530,0–545,0 m – perm (cechsztyń): dolomity

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami. W wyniki opróbowania uzyskano przypiływ wody złożowej w ilości 1200 l w czasie 34 min. bez śladów bituminów (Tab. 5.15). Wydajność przypiływu wynosiła 212 l/h. Ciśnienie złożowe wynosiło $P_z = 52$ atm., a temperatura badanego horyzontu 29°C. Średnią przepuszczalność poziomu określono w wysokości 18 mdcy. Strefa przyodwiertowa jest nieuszkodzona.

Poziom 2721,0–2752,6 m – kambr środkowy: piaskowce, iłowce

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	15,5492	438,4874	88,888
Br ⁻	0,0532	0,6655	0,136
HCO ₃ ⁻	0,1342	2,1995	0,448
SO ₄ ²⁻	2,4939	51,9229	10,528
NO ₂ ⁻	<0,0001	0,0000	0,000
Aniony razem	18,2305	493,2753	100,000
Ca ²⁺	1,7141	85,5360	17,342
Mg ²⁺	0,5614	46,1700	9,360
Na ⁺	8,3157	361,5693	73,298
Kationy razem	10,5912	493,2753	100,000
pH: 7,1 Ciężar właściwy: 1,024 g/cm ³ Sucha pozostałość: 35,8 g/dm ³			

Tabela 5.15. Skład chemiczny wody złożowej uzyskanej z głębokości 530,5–545,0 m.

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami. W wyniki opróbowania w ciągu 7 godz. stwierdzono brak śladów bituminów. Nie uzyskano jednoznacznego przypiływu medium złożowego – w czasie oczekiwania na przypiływ do przewodu dopłynęło około 80 l płuczki spod pakera. Na skutek zakłóceń w zapisie krzywej wzrostu ciśnienia wartości ciśnienia złożowego nie określono. Temperatura badanego horyzontu wynosi 75°C.

Poziom 2721,0–2771,0 m – kambr środkowy: piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami. W wyniki opróbowania nie uzyskano przypiływu medium złożowego. W czasie 186 min. oczekiwania na przypiływ do przewodu dopłynęło około 80 l płuczki spod pakera, bez śladów bituminów. W czasie 177 min. pomiaru wzrostu ciśnienia nie uzyskano odbudowy krzywej pozwalającej wystarczająco dokładnie określić wartość ciśnienia złożowego. Charakter krzywej wzrostu ciśnienia pozwala sądzić, iż badany poziom posiada nikłe cechy kolektorskie. Temperatura badanego horyzontu wynosi 78°C.

Poziom 2789,0–2796,6 m – kambr środkowy: piaskowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami. W wyniki opróbowania stwierdzono w czasie 90 min. brak przypiływu oraz brak śladów bituminów. Opróbowany poziom posiada bardzo niskie cechy kolektorskie. Charakter krzywej wzrostu ciśnienia wskazuje na nieuszkodzoną strefę przyodwiertową. Ciśnienie złożowe wynosi $P_z = 317$ atm., jednak pomiar może być obciążony błędem wynikającym z małej tendencji krzywej do stabilizacji ciśnienia po 94 min. pomiaru wzrostu. Temperatura badanego horyzontu wynosi 75°C.

Poziom 2721,0–3021,0 m – kambr dolny i środkowy: piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoża w interwale odsłoniętym pod rurami. W wyniku opróbowania uzyskano w ciągu 5 godz. przypiływ gazu palnego (Tab. 5.16–5.17) oraz około 2800 l płuczki z przestrzeni pod pakerem (Tab. 5.18).

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	72,64	520,683
C ₂ H ₆	10,66	144,549
C ₃ H ₈	7,60	152,281
i-C ₄ H ₁₀	0,58	15,474
n-C ₄ H ₁₀	1,33	35,949
CO ₂	0,03	0,593
N ₂	6,64	83,033
H ₂	0,12	0,107
He	0,40	0,714
Razem	100,00	953,383

Gęstość gazu zanieczyszczonego powietrzem: 0,744
Gęstość gazu czystego: 0,737
Zawartość powietrza z ilości O₂: 2,90% obj.
Zawartość N₂ z domieszki powietrza: 2,29% obj.
Zawartość N₂ nadmiarowego: 6,44% obj.
Wartość opałowa gazu czystego - górna: 11054,44 kcal/Nm³
Wartość opałowa gazu czystego - dolna: 10238,37 kcal/Nm³

Tabela 5.16. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 2721,0–3021,0 m (próbka nr 1).

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	59,04	423,20
C ₂ H ₆	4,28	58,04
C ₃ H ₈	1,03	20,64
C ₄ H ₁₀	0,17	4,56
toN ₂	2,91	36,39
H ₂	32,41	29,10
He	0,16	0,28
Razem	100,00	572,21

Gęstość gazu zanieczyszczonego powietrzem: 0,452
Gęstość gazu czystego: 0,443
Zawartość powietrza z ilości O₂: 3,81% obj.
Zawartość N₂ z domieszki powietrza: 3,01% obj.
Zawartość N₂ nadmiarowego: 4,16% obj.
Wartość opałowa gazu czystego - górna: 7621,42 kcal/Nm³
Wartość opałowa gazu czystego - dolna: 6933,82 kcal/Nm³

Tabela 5.17. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 2721,0–3021,0 m (próbka nr 2).

Stwierdzenie ewentualnego przyływu płynu złożowego nie było możliwe. Ciśnienie złożowe odniesione do głębokości 2980,0 m wynosiło $P_z = 340$ atm. Z uwagi na długość odcinka nie wyznaczono pozostałych parametrów złożowych. Temperatura w głębokości 2680,0 m wynosi 81°C.

Opróbowanie po zakończeniu wiercenia

Poziom 3031,0–3015,0 m – kambr dolny: piaskowce, iłowce

Poziom do badań udostępniono przez perforację bezpociskową rur oddając 10 strzałów na 1 m. Po przepłukaniu otworu zapięto próbnik złoża. Na przyływ oczekiwano 210 min., na wzrost ciśnienia 250 min. W wyniku opróbowania nie stwierdzono przyływu medium złożowego i śladów bituminów. Wskutek nieszczelności do przewodu dopłynęło 260 l płuczki. Charakter krzywej wzrostu ciśnienia wskazuje na znikomą przepuszczalność. Temperatura poziomu wynosi 84°C. Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	7,8012	219,9938	81,794
Br ⁻	0,0532	0,6655	0,248
HCO ₃ ⁻	1,6226	26,5944	9,888
SiO ₃ ²⁻	0,0987	2,5958	0,966
SO ₄ ²⁻	0,9177	19,1065	7,104
Aniony razem	10,4934	268,9560	100,000
Fe ³⁺	0,0867	4,6566	1,732
Ca ²⁺	1,0140	50,6000	18,814
Mg ²⁺	0,5593	46,0000	17,104
Na ⁺	3,8569	167,6994	62,350
Kationy razem	5,5169	268,9560	100,000

pH: 6,9
Ciężar właściwy: 1,013 g/cm³
Sucha pozostałość: 16,8 g/dm³

Tabela 5.18. Skład chemiczny filtratu płuczki uzyskanego podczas opróbowania interwału 2721,0–3021,0 m.

Poziom 3011,0–2992,0 m; 2987,0–2980,0 m – kambr dolny i środkowy: piaskowce, iłowce

Poziom udostępniono przez perforację bezpociskową rur oddając 10 strzałów na 1 m. Po przepłukaniu otworu zapięto próbnik złoża. Na przyływ oczekiwano 310 min., na wzrost ciśnienia 260 min. W wyniku opróbowania uzyskano przyływ płynu w ilości 390 l z dużą ilością gazu palnego (Tab. 5.19). Z uwagi na przytkanie przelotów próbnika po okresie około 40 min. opróbowanie powtórzono. Na przyływ oczekiwano 262 min., a na wzrost ciśnienia 420 min. W wyniku opróbowania stwierdzono przyływ płynu w ilości 2560 l (Tab. 5.20) z dużą ilością gazu palnego (Tab. 5.21). Ciśnienie złożowe odniesione

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	74,18	531,722
C ₂ H ₆	7,24	98,174
C ₃ H ₈	5,28	105,795
i-C ₄ H ₁₀	0,16	4,268
n-C ₄ H ₁₀	1,18	31,895
CO ₂	ślady	-
N ₂	11,51	143,932
H ₂	0,26	0,233
He	0,19	0,339
Razem	100,00	916,358

Gęstość gazu zanieczyszczonego powietrzem: 0,787
Gęstość gazu czystego: 0,708
Zawartość powietrza z ilości O₂: 27,37% obj.
Zawartość N₂ z domieszki powietrza: 21,62% obj.
Zawartość N₂ nadmiarowego: 8,35% obj.
Wartość opałowa gazu czystego - górna: 9984,21 kcal/Nm³
Wartość opałowa gazu czystego - dolna: 9170,81 kcal/Nm³

Tabela 5.19. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 3011,0–2992,0 m i 2987,0–2980,0 m (opróbowanie nr 1).

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	120,5273	3398,8698	99,720
Br ⁻	0,7459	9,3312	0,274
HCO ₃ ⁻	0,0122	0,1999	0,006
Aniony razem	121,2854	3408,4009	100,000
NH ₄ ⁺	0,1025	5,6918	0,166
Fe ³⁺	0,5693	30,5771	0,896
Ca ²⁺	31,3620	1565,0000	45,920
Mg ²⁺	2,4319	200,0000	5,868
Na ⁺	36,9620	1607,1320	47,150
Kationy razem	71,4277	3408,4009	100,000
pH: 6,4 Ciężar właściwy: 1,141 g/cm ³ Sucha pozostałość: 197,4 g/dm ³			

Tabela 5.20. Skład chemiczny solanki uzyskanej z głębokości 3011,0–2992,0 m i 2987,0–2980,0 m (opróbowanie nr 2).

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	76,17	545,986
C ₂ H ₆	8,38	113,632
C ₃ H ₈	6,17	124,628
i-C ₄ H ₁₀	0,52	13,873
n-C ₄ H ₁₀	1,11	30,003
C ₅ H ₁₂	ślady	-
CO ₂	0,03	0,593
N ₂	7,25	90,661
H ₂	0,03	0,026
He	0,34	0,606
Razem	100,00	920,008
Gęstość gazu zanieczyszczonego powietrzem: 0,714 Gęstość gazu czystego: 0,711 Zawartość powietrza z ilości O ₂ : 1,14% obj. Zawartość N ₂ z domieszki powietrza: 0,90% obj. Zawartość N ₂ nadmiarowego: 7,16% obj. Wartość opałowa gazu czystego - górna: 10666,31 kcal/Nm ³ Wartość opałowa gazu czystego - dolna: 9795,65 kcal/Nm ³		

Tabela 5.21. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 3011,0–2992,0 m i 2987,0–2980,0 m (opróbowanie nr 2).

do stropu perforacji wynosiło $P_z = 305,5$ atm. Z uwagi na charakter przyływu innych parametrów nie określono. Temperatura badanego poziomu wynosi 85°C. Badany poziom zlikwidowano korkiem cementowym.

Poziom 2825,0–2800,0 m – kambr środkowy: piaskowce, iłowce

Poziom do badań udostępniono przez perforację bezpoiskową rur oddając 10 strzałów na 1 m. Po przepłukaniu otworu zapięto próbnik złoza. Na przyływ oczekiwano 95 min., a na wzrost ciśnienia 80 min. W czasie oczekiwania na przyływ w przestrzeni poza przewodem dopłynęło 350 l płynu ze śladami gazu. Ze względu na przytykanie przelotów próbniaka

oraz przewodu opróbowanie powtórzono, jednak zapięcie próbniaka nie powiodło się. W związku z powyższym zrezygnowano z dalszych prób i przystąpiono do likwidacji otworu.

Mioszyno-8

Celem opróbowania było poznanie warunków kolektorskich i możliwości nagromadzenia bituminów w obrębie przewiercanych warstw, głównie w piaskowcach kambru środkowego i kompleksach piaskowcowych kambru dolnego. Opróbowanie przeprowadzono w trakcie wiercenia otworu.

Poziom 2862,0–2878,0 m – kambr górny i środkowy: iłowce, piaskowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoza typu KII-95 w interwale odsłoniętym pod rurami. Na przyływ oczekiwano 30 min., na wzrost ciśnienia 50 min. W wyniku opróbowania przyływu z badanego horyzontu nie otrzymano. Charakter krzywej wzrostu ciśnienia wskazywał na niską przepuszczalność poziomu.

Poziom 2862,0–2898,0 m – kambr górny i środkowy: piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoza typu KII-95 w interwale odsłoniętym pod rurami. Na przyływ oczekiwano 43 min., na wzrost ciśnienia 42 min. W wyniku opróbowania nie otrzymano przyływu z badanego poziomu. Bardzo słaby wzrost ciśnienia wskazuje na negatywny charakter horyzontu pod względem jego własności kolektorskich.

Poziom 2862,0–2943,0 m – kambr górny i środkowy: piaskowce, iłowce

Opróbowanie przeprowadzono próbnikiem złoza typu KII-95 w interwale odsłoniętym pod rurami. Na przyływ oczekiwano 90 min., na wzrost ciśnienia 195 min. W wyniku opróbowania uzyskano przyływ solanki (Tab. 5.22) ze śladami gazu (Tab. 5.23). Wydajność przyływu wynosiła 4,2 m³/h.

Podsumowanie

Własności kolektorskie utworów kambru są bardzo słabe. Jedynie w obrębie serii piaskowcowej kambru środkowego zaobserwowano wkładki o polepszonych cechach zbiornikowych. Zaobserwowano tu objawy bituminów. Pozostałe poziomy są całkowicie zawodnione.

Składnik wody	g/dm ³	mval/dm ³	% mval
Cl ⁻	124,0995	3500,6856	99,840
HCO ₃ ⁻	0,3295	5,4000	0,160
SO ₄ ²⁻	śląd	-	-
Aniony razem	124,4290	3506,0856	100,000
Fe ³⁺	0,3005	16,1414	0,460
Ca ²⁺	27,6552	1380,0000	39,360
Mg ²⁺	3,1616	259,9999	7,420
Na ⁺	42,5431	1849,9443	52,760
Kationy razem	73,6604	3506,0856	100,000
pH: 6,1 Ciężar właściwy: 1,140 g/cm ³ Sucha pozostałość: 199,98 g/dm ³			

Tabela 5.22. Skład chemiczny solanki uzyskanej z głębokości 2862,0–2943,0 m.

Składnik gazu	% obj.	g/Nm ³
CH ₄	72,198	516,93
C ₂ H ₆	17,383	235,71
C ₃ H ₈	2,397	48,03
C ₄ H ₁₀	0,265	7,07
C ₅ H ₁₂	0,071	2,45
CO	0,225	2,81
CO ₂	2,550	50,43
N ₂	3,936	49,20
He	0,663	1,18
H ₂	0,312	0,27
Razem	100,00	914,08
Gęstość gazu czystego: 0,70		
Zawartość powietrza z ilości O ₂ : 7,08% obj.		

Tabela 5.23. Skład chemiczny gazu uzyskanego z głębokości 2862,0–2943,0 m

5.1.3. PETROGRAFIA OSADÓW NIŻSZEGO PALEOZOIKU

5.1.3.1. PETROGRAFIA OSADÓW EDIAKARU I KAMBRU W ZACHODNIEJ CZĘŚCI OBNIŻENIA BAŁTYCKIEGO

Badania petrograficzne osadów kambryjskich w zachodniej części obniżenia bałtyckiego przeprowadzane były na materiale skalnym pochodzącym, między innymi, z profili Darżlubie IG1, Żarnowiec IG 1, Dębki 2, Prabuty IG1, Łeba 8, Smołdzino 1, Piaśnica 2, Białogóra 1 (Bednarczyk i Turnau-Morawska 1975; Sikorska i Paczeńska, 1997; Sikorska, 1998; Jaworowski i Sikorska 2003). Wykazały one, że osady ediakaru i kambru na tym obszarze wykształcone są bardzo podobnie. Charakterystyka petrograficzna tych utworów w obszarach przetargowych Żarnowiec i Damnica nie wykazuje istotnych różnic.

Formacja Żarnowiecka

Formacja żarnowiecka występuje w północnej Polsce ciągnąc się w brzeżnej części kratonu wschodnioeuropejskiego. Są to osady lądowo-morskie, które spoczywają bezpośrednio na podłożu krystalicznym i nie zawierają skamieniałości (Sikorska, 1998; Jaworowski i Sikorska, 2003).

Skąły formacji żarnowieckiej zaliczane są do najwyższego ediakaru i najniższej części kambru dolnego. Są one reprezentowane głównie przez piaskowce charakteryzujące się różnicowanym zabarwieniem (od kremowego przez szare i pstre do brązowego) i zmiennym uziarnieniem. W próbkach rdzeni często widoczne są w piaskowcach ziarna frakcji psefitowej. W badanych skałach wyróżniono odgrywające dominującą rolę waki kwarcowe i arkozowe oraz mniej liczne arkozy i arenity kwarcowe. Obecne są cienkie warstewki mułowcowe.

Osady odznaczające się najgrubszym ziarnem dominują w przyspagowych częściach badanych profili. Wysortowanie oraz obtoczenie materiału okrucowego jest najczęściej słabe, przy czym parametry te pogarszają się znacznie w przyspagowych partiach profili. Szkielet ziarnowy składa się głównie z kwarcu i zmiennej ilości skaleni, okruców skał podłoża krystalicznego, łyszczyków, minerałów akcesorycznych. Spoiwo stanowi masa ilasta złożona z illitu, chlorytu, hematytu natomiast cementy kwarcowy i węglanowy występują sporadycznie.

Kambr dolny

W osadach morskich kambru dolnego dominuje litofacja piaskowcowa z licznymi, różnej miąższości wkładkami mułowców i iłowców, które miejscami tworzą charakterystyczną litofację heterolitów (Jaworowski, 1997). Najniższe ogniwo stanowi piaskowce średnio- i gruboziarniste (waki subarkozowe), w których materiał okrucowy jest źle wysortowany i słabo obtoczony. Są to piaskowce niedojrzałe mineralogicznie i teksturalnie (*sensu* Folk, 1968). W pozostałej części kambru dolnego piaskowce reprezentowane są głównie przez arenity kwarcowe, rzadziej waki kwarcowe (Sikorska, 1998). Są to skały zwarte, masywne, słabo porowate i nieporowate. Kwarc jest głównym składnikiem materiału okrucowego i jego zawartość w ortokwarcytach (ziarna + cement kwarcowy) dochodzi do 100%. Skalenie, poza przyspagową częścią profili, występują w niewielkich ilościach. Obecne są łyszczyki, glaukonit, minerały akcesoryczne, spoiwo ilaste, cement węglanowy.

Mułowce mają barwy ciemnoszare z jasnymi laminami piaszczystymi. Jakościowo nie różnią się składem od piaskowców, natomiast zawierają znacznie więcej minerałów ilastych, łyszczyków i substancji organicznej. Iłowce występują podrzędnie (najwięcej w rejonie Gdańska). Są to skały barwy czarnej z jaśniejszymi laminami i soczewkami grubszego materiału. Iłowce właściwe (<15% grubszej frakcji) występują rzadko, większość to iłowce pylaste. Poza masą ilastą (głównie illit, a także chloryt i śladowo kaolinit) zawierają: kwarc, łyszczyki, skalenie, glaukonit, fosforany, węglany, piryty, substancję organiczną.

Kambr środkowy

Osady środkowokambryjskie zdominowane są przez piaskowce, którym niekiedy towarzyszą mułowce i iłowce. Skały drobnoziarniste oraz utwory typu heterolitów występują znacznie rzadziej niż w kambrze dolnym. Piaskowce są wyjątkowo dojrzałe mineralogicznie i teksturalnie. Materiał okrucowy jest bardzo dobrze obtoczony i wysortowany. Piaskowce niemal w całości reprezentowane są przez arenity kwarcowe (często typu ortokwarcytów) i tylko sporadycznie obecne są waki kwarcowe. Zawierają bardzo mało spoiwa ilastego, a spojone są głównie regeneracyjnym cementem kwarcowym. Stopień zsylikowania piaskowców kambryjskich ma ścisły związek z historią pogrzebania (Sikorska i Paczeńska 1997). Obecny jest też cement węglanowy i niekiedy kaolinitowy. Skład mineralny jest jeszcze uboższy niż w piaskowcach dolnokambryjskich. Znacznie rzadziej występują łyszczyki, skalenie, glaukonit, minerały akcesoryczne.

Piaskowce (Żarnowiec IG 1) mimo silnej sylikacji wykazują niekiedy porowatość, która wynika z niecałkowitego wypełnienia przestrzeni międzyziarnowej przez obwódki regeneracyjne na ziarnach kwarcu lub ma charakter moldyczny – pory po rozpuszczonych skaleniach (Sikorska, 1998).

Mułowce mają podobny jakościowo skład mineralny do piaskowców, ale zawierają więcej pelitu ilastego oraz łyszczyków. Iłowce składają się z ilastej masy o składzie illitowo-chlorytowym z domieszką materiału pylastego – głównie kwarcu. Ponadto zawierają łyszczyki, piryty, substancję organiczną, węglany. Skały te nie różnią się wykształceniem od skał mułowcowo-iłowcowych kambru dolnego.

Kambr górny

Osady kambru górnego, stanowiące jedynie poerozyjną pozostałość, reprezentowane są głównie przez osady ilasto-węglanowe, w spagu których występują piaskowce i wapienie piaszczyste. Silnie bitumiczne iłowce oraz wapienie charakteryzują się czarną barwą pochodzącą od rozproszonego piryty i

znacznej ilości substancji organicznej. Masa ilasta składa się głównie z illitu. Skąły te zawierają niewielką domieszkę pyłu kwarcowego oraz węglanów.

Wapienie, tworzące w ilowcach przewarstwienia i soczewkowate formy, mają strukturę zbitą, masywną i należą do sparytów oraz biosparytów. W wapieniu z otworu wiertniczego Żarnowiec IG 1 występują struktury typu cone-in-cone. W niektórych sparytach pomiędzy kryształami kalcytu występuje substancja organiczna.

5.1.3.2. PETROGRAFIA OSADÓW ORDOWIKU I SYLURU

Wstęp

Charakterystykę petrograficzną osadów ordowiku i syluru w rejonie obszaru przetargowego przedstawiono na podstawie informacji, autorstwa A. Langier-Kuźniarowej, zamieszczonych w Profilach Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego: Darżlubie IG 1 (Modliński, 2011), Lębork IG 1 (Podhalańska, 2015), Żarnowiec IG (Witkowski, 1976), w publikacjach Langier-Kuźniarowej (1964; 1967; 1971a; 1971b; 1974a; 1974b; 1979; 1981; 1990; 2015), Sikorskiej-Jaworowskiej i in. (2016) oraz w dokumentacjach wynikowych wybranych otworów wiertniczych (Binder, 1972, 1973, 1992; Kalbarczyk, 1974a, b; Zielińska-Pikulska, 1997).

Osady ordowiku na obszarze przetargowym należą do formacji ze Słuchowa, z Kopalina, Sasina oraz Prabut. Spoczywają one na osadach kambru, jedynie w otworze wiertniczym Lębork IG 1 nie zostały przewiercone. Osady syluru charakteryzują się dużymi miąższościami i reprezentują landower, wenlok, ludlow i przydol, przynależne do formacji z Pastępka, Pelplina, Kociewia i Pucka. Powyżej syluru występują osady permu.

Wykształcenie litologiczne osadów ordowickich i sylurskich jest na ogół bardzo monotonne. Są to skały ilaste: szare i ciemnoszare iłotłuki graptolitowe, z cienkimi poziomami ordowickich skał glaukonitowych (arenig) i węglanowych oraz z mułowcami marglistymi, głównie w sylurze (ludlow). Poza tym w obrębie skał ilastych występują soczewki lub warstewki węglanowe oraz nieliczne wkładki pochodzenia piroklastycznego.

Skały ilaste występują w dwóch mikrolitofacjach – jasnej i ciemnej (Langier-Kuźniarowa, 1967). Skały ilaste mikrolitofacji jasnej składają się z substancji ilastej, w skład której wchodzi hydromiki grupy illitu oraz chloryty. Ponadto zawierają pył kwarcowy i węglanowy (kalcyt i dolomit w zmiennych ilościach), pigment pirytowy oraz drobne ilości minerałów ciężkich oraz lokalnie wodorotlenki żelaza. Skały ilaste mikrolitofacji ciemnej mają charakterystyczną teksturę mikrolaminową, w której występują afanitowe soczewki nieoznaczalnych mikroskopowo składników. Oprócz minerałów wymienionych dla mikrolitofacji jasnej charakterystyczna jest tu obecność pirytu i materii organicznej w postaci skupień równolegle ułożonych w laminach (Langier-Kuźniarowa, 2015).

Mułowce odznaczają się srebrzystą barwą, strukturą aleurytową i teksturą spływową. Ich cechą charakterystyczną jest obfitość muskowitu lub hydromuskowitu, niekiedy z biotytem i chlorytem oraz lokalnie rozszanymi skupieniami wodorotlenków żelaza. Powszechnie występuje kwarc, którego przeciętna średnica ziarn wynosi najczęściej od 0,015 kiedy do 0,04 mm. Spoiwo mułowców jest margliste lub węglanowe. Mułowce często laminowane są substancją ilastą.

Skały węglanowe są głównym typem osadu obok łupków ilastych w ordowiku, natomiast w sylurze występują podzręcznie, w postaci soczewek, konkrecji i wkładek wapienia pelitycznego.

Skały glaukonitowe obserwowano w spagu profilu ordowiku (między innymi w otworach Darżlubie IG 1 i Żarnowiec IG 1).

Skały tufitowe (bentonity) występują w postaci cienkich wkładek grubości rzędu od kilku milimetrów do kilku centymetrów, zarówno w ordowiku, jak i w sylurze.

Skały ordowiku i syluru określono jako osady pozbawione cech kolektorskich. Charakteryzują się one niskimi wartościami porowatości efektywnej i całkowitej (Sikorska-Jaworowska i in., 2016).

Ordowik

W osadach ordowiku, w rejonie obszaru przetargowego, wyróżniono litofacje: zlepieńcową, glaukonitową, węglanową, ilastą i piroklastyczną.

Litofacja zlepieńcowa została opisana głównie w otworze Żarnowiec IG 1. Występuje ona w spagu profilu ordowiku, jako cienka (około 10 cm) warstwa zlepieńca podstawowego. Zlepieńiec złożony jest z otoczków fosforanowych, tkwiących w masie wypełniającej węglanowo – glaukonitowej. Ze względu na nierównomierne rozmieszczenie glaukonitu i różną jego koncentrację niektóre partie mają charakter glaukonitytu zlepieńcowatego, który zaliczany został do litofacji glaukonitowej. Oprócz ziarn glaukonitu, o przeciętnej wielkości 0,04-1 mm, zawiera on również ziarna fosforanów oraz niewielką ilość ziarn kwarcu.

Litofacja glaukonitowa charakterystyczna jest dla spagu profilu ordowiku (arenig). W dolnej części są to skały o strukturze psefitowej z glaukonitem, przechodzące w iłowce z glaukonitem. Ku stropowi poziomu glaukonitowego zaznacza się stopniowy spadek zawartości glaukonitu. Zmienne ilości glaukonitu występują w skale ilastej o znacznej zawartości materii organicznej oraz w węglanowo-marglistej. Glaukonitowi towarzyszą fosforany, piryty i wodorotlenki żelaza.

Litofacja węglanowa, w dolnej części profilu ordowiku (arenig), reprezentowana jest przez mikryt marglisty barwy ciemnoszarej, o różnej zawartości materii organicznej, zawierający glaukonit. Wyżej w profilu występują ciemnoszare wapienie mikrytowe, organodetrytyczne, w których szczątki organiczne wypełnione są szamozytem, pirytem i impregnowane wodorotlenkami żelaza. Miejscami nagromadzenie pirytu w skale jest znaczne. Ponadto, występują również margle ciemnoszare o zmiennej zawartości materii organicznej. W swym składzie zawierają skupienia pirytu, mułek kwarcowy oraz znaczną ilość mikroskopowej wielkości romboedrow, prawdopodobnie, dolomitu.

Litofacja ilasta reprezentowana jest przez iłowce i łupki ilaste, niektóre pylaste. Substancja ilasta wykazuje zasadniczo stały skład mineralny i jest asocjacją illitu, illitu/smektytu oraz chlorytów (głównie klinochlor). Zawartość materiału detrytycznego (głównie kwarc, łuszczyki) jest zmienna, podobnie jak i jego uziarnienie. W spagowej części profilu występują osady typowej mikrolitofacji jasnej. W iłowcu poza typowymi składnikami mineralnymi występują węglanowe i fosforanowe szczątki organiczne, skupienia pirytu (Fig. 5.3A, B), ooidy szamozytowe oraz materia organiczna. Wyżej występują iłowce barwy brunatnoczarnej, przepelnione substancją bitumiczną prawie całkowicie przysłaniającą minerały ilaste. Substancja bitumiczna bywa rozmieszczona dość równomiernie lub nierównomiernie w postaci mikrosoczewek. Węglany tworzą laminy, żyłki, wypełniają szczątki organiczne oraz występują jako rozproszony pelit węglanowy. Wśród minerałów węglanowych wyróżniono kalcyt, Fe-kalcyt, dolomit i ankeryt, które na ogół tworzą kryształy anhedrałne i subhedrałne. Miejscami widoczne są formy romboedryczne o budowie pasowej związane z obserwowaną strefową koncentracją żelaza dwu-

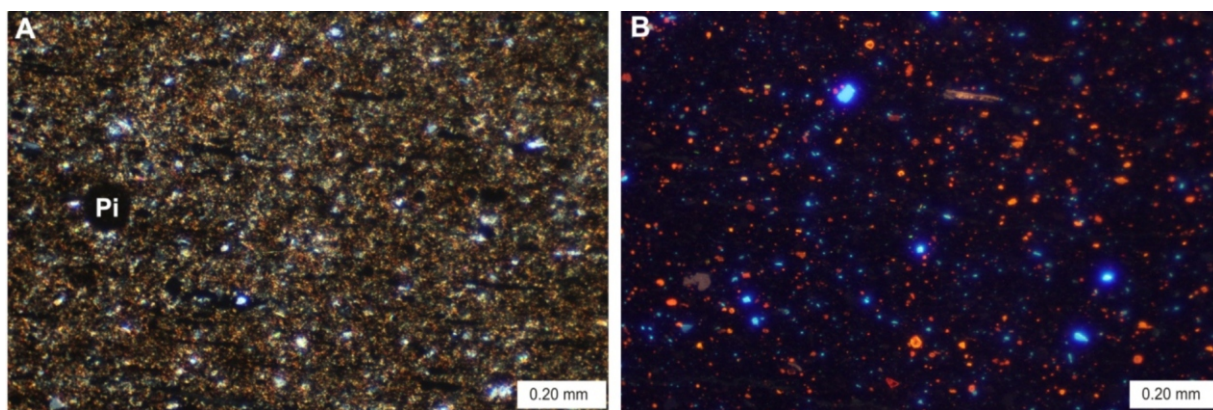


Figura 5.3. A) Fragment iłowca z widocznym owalnym skupieniem pirytu (Pi); nikole skrzyżowane; otwór Żarnowiec IG 1, głęb. 2686,0 m; B) Obraz w CL skały z fot A; widoczne skalenie potasowe o niebieskiej luminescencji i drobne kryształy węglanów świecące w barwach czerwono-pomarańczowych (fot. Sikorska-Jaworowska).

wartościowego. Piryt występuje zarówno w postaci rozproszonego pigmentu, jak i większych kryształów; miejscami tworzy żyłki, niekiedy ze sfalerytem. W iłowcach widoczne są przejawy sylikacji i mineralizacji siarczanowej (baryt, celestyn).

W niektórych próbkach iłowców (np. z otworu Żarnowiec IG 1) zauważono zwiększone ilości fosforanów. Badania w CL (Fig. 5.4A, B) ujawniły, że skała przepojona jest fosforanami. Miejscami tworzą one soczewkowate skupienia z rozproszonymi wewnątrz drobnymi ziarnami węglanów.

Litofacja piroklastyczna reprezentowana jest przez pelityczne bentonity, które występują w postaci cienkich warstewek w profilu ordowiku, w karadoku (sandb-kat). Wyróżniono również poziomy tufitowe (np. w otworze Żarnowiec IG 1), które w różnym stopniu uległy procesom bentonityzacji lub kalcytyzacji. Barwa skał najczęściej jest szara. Kryształoklasty, wśród których wyróżniono: kwarc, skalenie i biotyt (miejscami schlorityzowany), występują w zmiennych ilościach. Piryt występuje w postaci pigmentu lub skupień; węglany często tworzą skupienia. Analiza rentgenowska wykazała, że w ich skład wchodziły minerały mieszanopakietowe illit/smektyt, z przewagą illitu oraz w małych ilościach występują: kaolinit, kwarc, skalenie, węglany (kalcyt i dolomit) i piryt.

Sylur

W osadach syluru, w rejonie obszaru przetargowego, wyróżniono cztery litofacje: ilastą, mułkową, węglanowo-marglistą i piroklastyczną.

Litofacja ilasta reprezentowana jest przez łupki ilaste i iłowce mikrolitofacji jasnej i ciemnej. Składają się one z pelitycznej, blaszkowatej substancji ilastej o składzie illitu (niekiedy z sercytem) i chlorytu (klinochlor), blaszek muskowitu, mułku kwarcowego, pelitu i drobnych kryształów węglanowych (kalcyt, dolomit), pigmentu i większych ziarn pirytu, pojedynczych ziarn cyrkonu i turmalinu oraz materii organicznej.

W spagu formacji z Pasłęka (landower) występują łupki ilaste i iłowce ciemne, barwy brunatnoczarnej, przepełnione substancją bitumiczną, rozmieszczoną niezbyt równomiernie w poszczególnych laminach. Powyżej dolnej granicy ludlowu wstępuje kompleks osadów składający się z łupków, iłolupków i mułków mikrolitofacji jasnej i ciemnej przekładany warstwami mułków o spoiwie węglanowym i margli. Wyżej występuje seria iłolupków należących do mikrolitofacji ciemnej, poprzercinanych żyłkami kalcytowymi i zawierającymi, sporadycznie, soczewki węglanowe. Łupki ilaste mikrolitofacji ciemnej występują w dwóch odmianach – związanej i o płytkowej oddzielności.

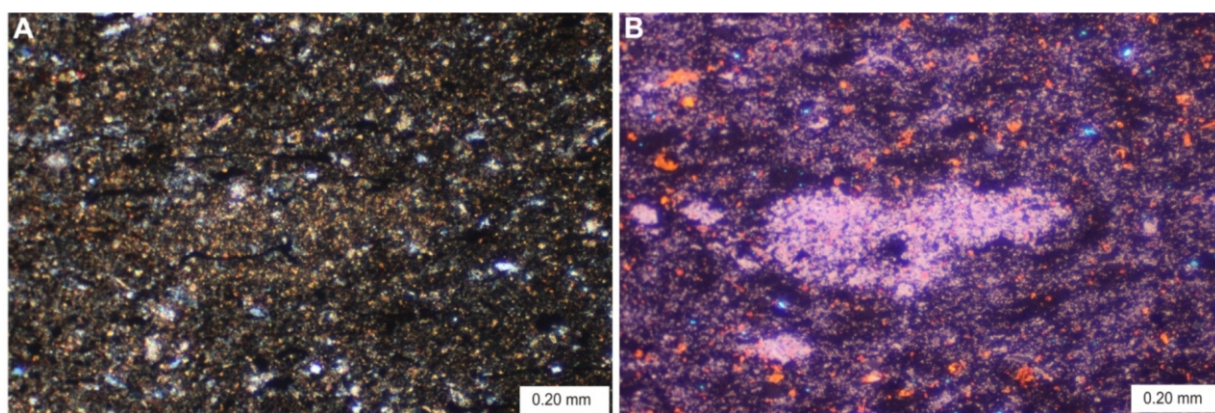


Figura 5.4. A) Fragment iłowca; nikole skrzyżowane; otwór Żarnowiec IG 1, głęb. 2682,5 m; B) Obraz w CL skały z fot A; w centrum widoczne skupienie fosforanów oraz rozproszone w skałe fosforany o bladofioletowej luminescencji; poza tym widoczne drobne kryształy węglanów o pomarańczowej luminescencji, skalenie potasowe świecące w barwach niebieskich (fot. Sikorska-Jaworowska).

W górnej części kompleksu wśród łupków ilastych pojawia się mikrolitofacja jasna, przewarstwiająca się z łupkami mikrolitofacji ciemnej i łupkami marglistymi. Wyżej, aż do stropu osadów syluru, występują skały ilaste: iłowce, iłolupki i łupki ilaste, początkowo obu mikrolitofacji, a następnie ze zdecydowaną przewagą mikrolitofacji jasnej w miarę posuwania się ku stropowi. Skały te w wielu poziomach są poprzecinane siecią żyłek węglanowych (kalcyt) i siarczanowych (celestyn).

Litofacja mułowcowa jest reprezentowana przez mułowce i mułowce piaszczyste i występuje głównie w ludlowie. Barwa skały jest srebrzysta, struktura aleurytowa, tekstura przeważnie kierunkowa (laminowana, spływowa). Głównymi składnikami skały są kwarc o ziarnach wielkości około 0,02–0,04 mm i blaszki muskowitu. Ponadto mułowce zawierają blaszki biotytu, ziarna skalenia, cyrkon, pigment pirytowy, pelityczne węglany, skupienia wodorotlenków żelaza i niewielkie ilości materii organicznej. Materiał detrytyczny mułowców z północnej części opisywanego obszaru (np. Żarnowiec IG 1) jest nieco drobniejszy w porównaniu do części południowej (np. Lębork IG 1). Spoiwo mułowców jest zmienne: margliste, węglanowe i ilaste.

Litofacja węglanowo-marglista zarówno zazębia się z litofacją mułowcową, jak i występują niezależnie od niej. W spągu landoweru występują ciemne, bitumiczne drobnokrystaliczne sparyty i mikryty, których struktury wskazują na pochodzenie glonowe. W stropie landoweru obserwowano zrekrytalizowany sparyt marglisty, zawierający niewielkie ilości mułku kwarcowego, substancję ilastą, wodorotlenki żelaza i pigment pirytowy. W wenloku wyróżniono, iłowce wapniste (Fig. 5.5A, B), margle bitumiczne z pirytem oraz bardzo drobnokrystaliczny mikryt o znacznej zawartości materii organicznej i pigmentu pirytowego oraz niewielkiej domieszce ziarn kwarcu wielkości mułku. W spągu ludlowu występuje bardzo drobnokrystaliczny mikryt z pigmentem i większymi ziarnami pirytu oraz materią organiczną.

Litofacja piroklastyczna reprezentowana jest przez bentonity barwy jasnopopielatej. Występują one w kilku poziomach, o miąższości około kilku milimetrów, należących do landoweru i wenloku. Zawartość krystaloklastów, wśród których dominują blaszki biotytu, rzadziej ziarna kwarcu i skalenia czy cyrkonu, jest zmienna. Wyróżniono również pigment pirytowy, niewielkie

skupienia węglanowe i kryształy apatytu. Analiza rentgenowska wykazała, że w bentonitach występują minerały mieszano-pakietowe illit-smektyt. Zidentyfikowano również: chloryty, kaolinit, kwarc, skalenie i kalcyt.

Podsumowanie

1. W osadach ordowiku wyróżniono litofacje: zlepieńcową, glaukonitową, węglanową, ilastą. W litofacji węglanowej i marglistej obserwowano obfitość materii organicznej i pirytu, co wskazuje na przejawy warunków zdecydowanie redukcyjnych, w rejonie Lęborka, wskazujących na sedymentację w źle przewietrzanej strefie przydennej, o dużej ilości szczątków organicznych (Langier-Kuźniarowa, 2015).

2. Osady syluru odpowiadają równowiekowym osadom w innych profilach na Niżu Polskim. Wyróżniono litofacje: ilastą (mikrolitofacja jasna i ciemna), mułowcową, węglanowo-marglistą i piroklastyczną. W większości profili syluru na Niżu Polskim obserwuje się prawidłowość polegającą na przewadze skał ilastych mikrolitofacji ciemnej w starszych warstwach syluru i skał mikrolitofacji jasnej – w młodszych (m. in. otwór Lębork IG 1)). Iłowce i łupki ilaste wykazują w całym profilu syluru stały skład mineralny i składają się z illitu, chlorytu, serycytu, zawierając ponadto kwarc, kalcyt, dolomit, skalenie, piryty i materię organiczną.

3. Substancja bitumiczna w ordowiku i sylurze swym sposobem występowania nie różni się od obserwowanej w pozostałych nawierconych na Niżu Polskim profilach. Jest ona rozproszona w postaci drobnych, płaskich, soczewkowatych skupień, ułożonych zgodnie z laminacją skały, ostro ograniczonych w kierunku pionowym, a nieostro w poziomym.

4. Skały piroklastyczne reprezentowane przez bentonity, wykazują skład mineralny, podobny do równowiekowych bentonitów innych profili na Niżu Polskim. Zbudowane są głównie z minerałów mieszano pakietowych illit-smektyt oraz w zmiennych ilościach z biotytu, kwarcu, skalenia i pirytu.

5. W osadach ordowiku obserwowano żyłki wypełnione węglanami (kalcyt, dolomit, ankeryt), siarczanami (baryt, celestyn) oraz siarczkami (piryt, sfaleryt). W sylurze skały poprzecinane są żyłkami, w których zidentyfikowano kalcyt i celestyn.

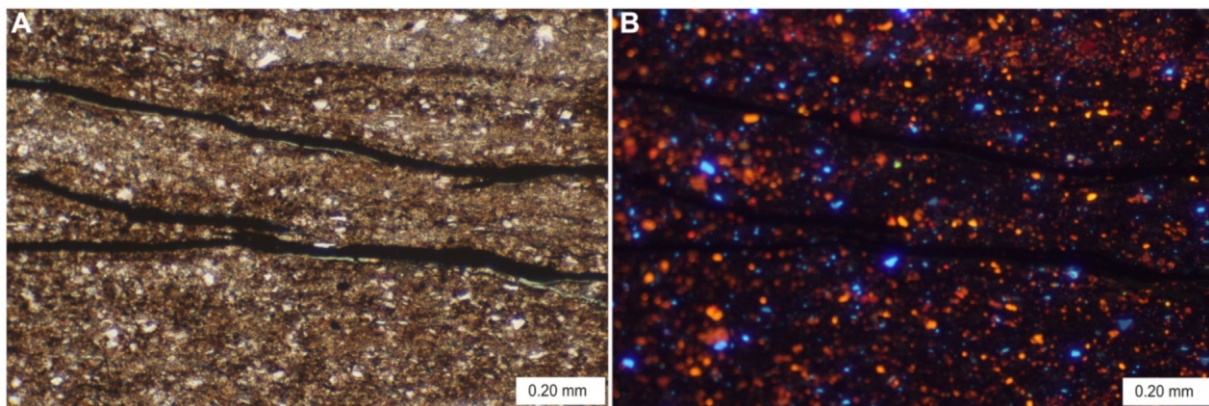


Figura 5.5. A) Fragment iłowca wapnistego z laminami substancji organicznej; bez analizatora; otwór Żarnowiec IG 1, głęb. 2546,7 m; B) Obraz w CL skały z fot A; widoczne skalenie potasowe o luminescencji w barwach niebieskich i węglany świecące w barwach żółtopomarańczowych (fot. Sikorska-Jaworowska).

5.1.4. WYNIKI BADAŃ GEOFIZYKI OTWOROWEJ

Uwaga 1: Wszystkie głębokości podano w m p.p.t. chyba, że zaznaczono inaczej.

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

1) **Darżlubie IG 1** – wg Szewczyka (2011) w otworze tym wykonano następujące pomiary geofizyki wiertniczej:

Lp.	Data pomiaru	Głębokość otworu [m]	Rodzaj pomiaru	Odcinek pomiarowy [m]
1	2	3	4	5
12567	28.01.72	247	PO, PŚr	36,5–233 × 2
			PS	36,5–228
			PK	25–240
			PG	0–233
			PNG	2–233
			grad. PS	36,5–228
12568		247	oprac. tekstowe	
12651	18.02.72	832	mPŚr	240–832
12755	17.03.72	interpretacja wstępna		244–1155
12808	16–17.03.72	1160	PO	244–1155 × 2
			PS grad, PŚr	244–1155
			PK	200–1160
			PG, PNG	pkt.41
				183–1155
12809	16–17.03.72	1160	POst	720–1100
12810		oprac. tekstowe		244–1155
12844			PA	ocena zacementowania Ø 9 5/8" 15–1160
12897	7.04.72	1494	PA (tłum.)	40–1165
12898	7.04.72	1494	PA (?t)	40–1165
13357	12–16.07.72	3062	PO	1156,5–3008 × 2
			PS grad	1156,5–3008
			POP	2850–3008
			PŚr	1156,5–3008
			PK	1025–3008 pkt. 80
			PTn	2850–3008
			PG, PNG	1050–3008
13358	12–16.07.72	3062	SO	2850–3008 × 7
13359	12–16.07.72	3062	PO, POst	2850–3008
			mPOst	2950–3008
13360	12–16.07.72	3062	PNG, PNNnt, PNNt	2850–3008
13415	17–18.08.72	3067,2	PA	80–2990
			PŚr	1156,5–3018
			PK	2950–3065 pkt. 23
13416	17–18.08.72	3067,2	PO, PŚr	3003–3060
13417	3067,2	oprac. tekstowe	80–2990	
		PA		
13496	3.09.72	3100,5	PŚr	3003–3096
13694	8.09.72	3099	PŚr	3002,5–3896
13751	13.11.72	3335	PŚr	3000–3330

1	2	3	4	5
13784	2–5.11.72	3285,5	POpg, PSgrad, POP	3000–3277
			PG	2975–3277
			PK	2925–3280 pkt. 16
			PŚr	3000–3280
			PNG	2975–3277
			PTn	3000–3279,5
13785	2–5.11.72	3285,5	SO	3000–3277
13786	2–5.11.72	3285,5	PO, POst	3000–3277
13787	2–5.11.72	3285,5	PNG, PNNnt	2975–3276
			PNNt	3007–3276
14060	17.01.73	3468	PŚr	3000–3455
14260	17.02.73	3520	PA	100–3020 N(2,0)0
14261	17.02.73	3520	PA	100–3018 N(1,5)0(0,5)0
14262	17.02.73	3520	PA	2980–3500 N(1,5)0(0,5)0
14263	17.02.73	3520	PA	2980–3500 N(1,5)0(0,5)0
14289			PA prędkość warstwowa	3002–3497
14312	15–20.02.73	3520	PO, PSg, POP, PŚr	3002–3500
			PK	3200–3510 pkt. 15
			PT	3002–3500
			PG, PNG	3200–3500
14313	15–20.02.73	3520	SO	3200–3500 × 7
14314	15–20.02.73	3520	POst, PO	3200–3500

PG – profilowanie naturalnego promieniowania gamma, PNN – profilowanie neutronowe, (grad) PS – profilowanie (gradientu) potencjałów samoistnych, (m) PŚr – (mikro-) profilowanie średnicy otworu, PK – profilowanie krzywizny, PNG – profilowanie neutron-gamma, PO(st) – (sterowane) profilowanie oporności, PA – profilowanie akustyczne, POP – profilowanie oporności płuczki, PT – profilowanie temperatury, SO – sondowanie oporności.

Większość ww. wyników pomiarów dołączone jest do dokumentacji końcowej w postaci osobnych papierowych załączników.

Dla otworu tego dostępny jest profil gęstości objętościowej oraz profil właściwości zbiornikowych opracowany za pomocą programu GEOFLOG (Szewczyk 1996, Szewczyk 2000; Szewczyk, 2011).

W zasobach CBDG znajduje się 9 plików formatu las z pomiarami odcinkowymi (zawierają one większość ww. pomiarów), 1 plik z krzywymi kompozytowymi oraz dwa pliki z zapisem pionowych profilowań prędkości. Co więcej, dostępne jest również 71 plików typu .bkr będącymi zapisem poszczególnych odcinkowych profilowań, na podstawie których tworzono pliki formatu las. Ponadto, w bazie dokumentów w wersji zeskan-

wanej znajdują się dodatkowe pomiary niedostępne w postaci papierowej i plików las (np. profilowania neutron-neutron).

2) Mioszyno 8 – (wg Kalbarczyka, 1974a) w otworze tym wykonano następujące pomiary geofizyki wiertniczej w podanych interwałach:

- profilowanie gamma i neutron gamma: 0–669, 630–1550, 1500–2862, 2810–2933, 2834–2964, 2834–2964 m;
- boczne sondowanie oporności: 12–202, 200–664, 2864–2933, 2864–2964, 2864–2964 m;
- skrócone sondowanie oporności: 605–1670 (podwójnie), 1650–2856 i 1630–2862 m.
- sterowane profilowanie oporności: 1630–2862, 2864–2964 (podwójnie);
- mikroprofilowanie oporności: 200–664 m;
- sterowane profilowanie oporności: 2864–2964 (podwójnie);
- profilowanie średnicy: 12–201, 200–664, 200–1490, 199–2861, 2864–2933, 2864–2964 m (podwójnie);
- profilowanie krzywizny: 5–200, 175–663, 650–1625, 1600–2860, 2825–2930, 2925–2965 m;
- profilowanie akustyczne: 690–970, 24–2864, 2809–2962, 2863–2962;

Ponadto, w czasie wiercenia przeprowadzono profilowanie gazowe obiegowe w interwałach 696–1471 i 2877–2972 oraz ciągle w odcinkach 696–1471 i 2877–2972,5 m. W otworze wykonano również pomiar prędkości średnich.

Większość ww. wyników pomiarów jest załączona w postaci papierowej do dokumentacji otworu.

Wyniki interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej zestawiono poniżej:

Interwał [m]	Porowatość [%]	Uwagi
0–686	–	kolektory nasycone wodą
685–697	–	anhydryt główny wykształcony jako gips
697–714	ok. 8	dolomit płytowy, zawodniony
697–703,5	–	anomalia opornościowa świadcząca o resztkowym nasyceniu węglowodorami lub zaw. gipsu
725–751	ok. 13	dolomit główny, zawodniony
963–972	2–8	wapień podst., zawodniony

Tabela 5.24. Wyniki interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej.

W sylurze nie stwierdzono poziomów kolektorskich, dla ordowiku wyróżniono je w głębokościach: 2772–2781,5; 2785,5–2789; 2801,5–2816,5; 2822–2840 m, niestety wszystkie uznano za zawodnione. Kambr środkowy jest bardzo złym kolektorem poza interwałami 2895–2897 i 2927–2932 m posiadającymi porowatość rzędu 3%.

W CBDG znajdują się jedynie dwa pliki z pomiarami prędkości średnich, być może większa ilość scyfrowanych danych znajduje się w archiwach należących obecnie do PGNiG.

3) Białogóra 1 – (wg Binder, 1973) w otworze tym wykonano następujące pomiary geofizyki wiertniczej podanych interwałach:

- boczne sondowanie oporności: 27–130, 123–536, 930–2715, 2716–3017, 2966–3054 m;
- skrócone sondowanie oporności: 500–955 m;
- profilowanie średnicy: 27–119, 123–536, 124–954, 843–2716, 2716–2796, 2716–2917, 2216–3054 m;
- mikroprofilowanie średnicy: 436–536, 2716–2796, 2716–3000, 2716–3010 m;
- profilowanie krzywizny: 25–130, 125–535, 500–955, 955–2715, 2950–3056, 27003015 m;
- profilowanie gamma i neutron-gamma: 2–536, 500–955, 920–3008, 2916–3051;
- profilowanie akustyczne: 2550–3045, 2715–3011, 3000–3050 m;
- profilowanie temperatury w celu określenia wysokości wytlóczenia cementu: 20–2390.

Ponadto, w czasie wiercenia przeprowadzono profilowanie gazowe obiegowe w interwałach 2365–2725 i 2721–3058,2 oraz ciągle w odcinkach 2363–2721 i 2721–3058,2 m. W otworze wykonano również pomiar prędkości średnich.

Niektóre z ww. pomiarów są załączone w postaci papierowej do dokumentacji otworu.

Wyniki interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej zawarte w przytoczonych w dokumentacji otworu wnioskach z orzeczeń geofizycznych zestawiono w Tabeli 5.25.

W CBDG znajdują się jedynie dwa pliki z pomiarami prędkości średnich oraz jeden plik z kompozytowymi krzywymi profilowania gamma, neutron-gamma, akustycznego, średnicy i oporności. Być może większa ilość scyfrowanych danych znajduje się w archiwach należących obecnie do PGNiG. Do otworu załączono zestawienie pt. „Wydzielenie serii kolektorskich kambru środkowego z otworów wiertniczych z wyniesienia Łeby rejon Dębki-Żarnowiec-Białogóra” (patrz Tab. 5.26).

Interwał [m]	Porowatość [%]	Uwagi	
755–760,5	25	oporność 12 omm	
762–764,5	7	oporność 5 omm	
2671–2690	-	kolektor, koreluje się z w-twą w otw. Piaśnica 2	
2800–2825	ok. 7	oporność 200 omm, nasycenie bituminami = ok. 85%	
2995–3017	ok. 7	Sw=25%, oporność 90 omm, koreluje się z gazonośną w-twą w otw. Łeba 8	wg orzeczenia geof. 1
2980–3007,5	6	oporność 80 omm, Sw=69%	wg orzeczenia geof. 2
3015–3038	ok. 5	oporność 160 omm, Sw=36%	

Tabela 5.25. Wyniki interpretacji materiałów geofizyki wiertniczej.

Sw – nasycenie wodą, omm – omometr, otw. – otwór, w-twa – warstwa

Seria płona Kambry Środkowego	Żarnowiec 1b-1 wys. n.p.m. 5,0 m		Żarnowiec 1b-1a wys. n.p.m. 3,6 m		Żarnowiec 1b-4 wys. n.p.m. 8,3 m		Dębki-2 wys. n.p.m. 1,4 m		Dębki-3 wys. n.p.m. 1,75 m		Piasznica-2 wys. n.p.m. 10,8 m		Białogóra-1 wys. n.p.m. 10,0 m		Białogóra-2 wys. n.p.m. 5,0 m	
	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2	głębokość	2
Poziom A	27735-27738	24,1	27622-27633	4,1	27220-27225	27,0	20750-20863	21,5	26510-27125	21,5	26025-27020	20,5	27160-27425	25,5		
Poziom B	27735-27738	10,5	27633-27735	10,2	27475-27560	8,5	20963-27125	16,0	27125-27225	10,5			27425-27490	6,5		
Poziom C	27900-27908	4,0	27908-27978	9,5	27910-27910	10,0	27910-27910	18,0	27250-27335	13,5	27125-27175	5,0	27370-27410	8,0		
Poziom D (Nadry)	28000-28275	27,3	27903	> 9,3	27725-28020	34,0	27340-27470	13,0	27365-27500	15,0	27169-27450	26,1	27700-27940	24,0		
	28340-28430	9,0			28095-28145	15,0			27550-27700		27510-28025	51,5	27970-28250	26,0		

Objasnienia:
 1 - głębokość nawiercenia spogu morskiego
 2 - najmniejsza głębokość
 Uwaga: podane głębokości wg. geologii

Zestawka: I. Lech
 Rys.: Zmolekiewicz

Tabela 5.26. Wydzielenie serii kolektorskich kambry środkowego z otworów wiertniczych z wyniesienia Łeby rejon Dębki-Żarnowiec-Białogóra (Lech, 1973).

4) **Żarnowiec IG 1** – na podstawie pracy Topulosa (1976) utworzono Tabelę 5.27 z pomiarami wykonanymi w kolejnych odcinkach pomiarowych otworu:

Odcinek pomiarowy [m]	Profilowanie											sondowanie oporności	mikroprofilowanie oporności	
	potencjałów	gradientu potencjałów	średnicy	krzywizny	oporności płuczki	gamma	neutron-gamma	akustyczne	termiczne w war. nieustalonych	termiczne w war. ustalonych	oporności sterowanej			oporności
57-760	+		+	+	+	+	+				+		+	
771-1588			+	+			+		+				+	
710-2438	+		+	+	+	+	+		+				+	+
2440-2731	+		+	+	+	+	+		+			+	+	
2580-3270	+	+	+	+	+	+	+		+				+	
2310-3276								+						
12-3240										+				

Tabela 5.27. Pomiary geofizyczne wykonane w kolejnych odcinkach pomiarowych otworu.

W opracowaniu (Tomczyk i in., 1969) załączono wszystkie ww. pomiary w postaci osobnych załączników oraz zestawień geofizyki otworowej i profilu otworu.

Wyniki interpretacji porowatości zawarto w dokumentacji pomiarów geofizycznych i zestawiono w poniższej Tabeli 5.28. Z uwagi na brak odpowiednich poziomów reperowych interpretacja ta jest obciążona dużym błędem.

strop [m]	spąg [m]	porowatość [%]
2633	2638	13
2644	2648	12
2654	2664	9,5
2686	2692	4
2692	2700	7
2719	2724	11,5
2729	2735	9,5
2750	2755	5,8
2791	2797	6-8
2797	2801	14,2
2801	2811	5
3004	3010	8,5
3010	3014	11
3029	3045	5,6
3065	3076	3,8
3098	3110	13,2

Tabela 5.28. Wyniki interpretacji porowatości (Tomczyk i in., 1969).

Wyznaczone dla kambru interwały perspektywiczne zawarte są w Tabeli 5.26.

W zasobach CBDG znajduje się 12 plików las z pomiarami odcinkowymi (zawierają one większość ww. pomiarów), 1 plik z krzywymi kompozytowymi oraz dwa pliki z zapisem pionowych profilowań prędkości. Co więcej, dostępne są również 73 pliki typu .bkr będące zapisem poszczególnych odcinkowych profilowań, na podstawie których tworzone pliki formatu .las.

5) **Dębki-4** – (wg Bindera, 1992) w otworze tym wykonano następujące pomiary geofizyki wiertniczej w podanych interwałach:

- profilowanie gamma i neutron gamma: 0–100, 70–802, 770–1932, 1875–2666, 2636–2730 m;
- profilowanie gamma-gamma: 0–100, 108–802, 770–1932, 1875–2666, 2650–2730 m;
- profilowanie neutron-neutron: 770–1982, 1875–2666, 2636–2730 m;
- boczne sondowanie oporności: 108–801, 804–1928, 1875–2665, 2665–2722 m;
- skrócone sondowanie oporności: 7–100 m;
- sterowane mikroprofilowanie oporności: 1875–2666, 2665–2729 m;
- profilowanie średnicy: 7–100, 108–802, 804–1880, 1875–2666, 2665–2730 m;
- profilowanie krzywizny: 0–95, 50–800, 775–1925, 2650–2725 m;
- profilowanie akustyczne: 50–801, 804–1931, 1875–2665, 2665–2728 m;
- cementomierz akustyczny: 54–804, 400–2665 m;
- profilowanie temperatury: 702–802, 1832–1932 2566–2666, 2630–2730 m.

W otworze wykonano również pomiar prędkości średnich. Większość ww. pomiarów jest załączona w postaci papierowej do dokumentacji otworu.

W CBDG znajdują się jedynie dwa pliki z pomiarami prędkości średnich oraz jeden plik z podstawowym zestawem krzywych połączonych. Być może większa ilość scyfrowanych danych znajduje się w archiwach należących obecnie do PGNiG.

6) **Lubiny-1** – (wg Zielińskiej-Pikulskiej i in., 1997) w otworze tym wykonywano pomiary zarówno aparaturą analogową (ŁKS-7) jak i cyfrową (DDL-D), w niżej wymienionych interwałach wykonano następujące pomiary analogowe:

- a) boczne sondowanie oporności: 0–247, 244–1000, 100–2025 m;
 - b) sterowane profilowanie oporności: 1000–2025 m;
 - c) profilowanie gamma, neutron-neutron i gamma-gamma: 0–247, 244–1000, 2740–2880 m (bez gamma-gamma);
 - d) profilowanie średnicy: 244–1000, 2840–2880 m;
 - e) profilowanie akustyczne: 244–1000, 2740–2880 m;
 - f) profilowanie temperatury: 800–1000, 2882–2021;
 - g) cementomierz akustyczny 0–2843 m;
- oraz pomiary cyfrowe:
- a) spektrometryczne profilowanie gamma: 987–2800, 2775–3115 m;
 - b) profilowanie gęstościowe, neutronowe i średnicy: 243–1003, 2775–3115 m;

- c) profilowanie akustyczne: 243–1003, 936–2796, 2840–3112 m;
- d) profilowanie oporności (LLD i LLS) i średnicy: 1949–2796, 2840–3112;
- e) profilowanie efektu fotoelektrycznego: 987–2800, 2775–3115 m;
- f) upadomierz: 2844–3114 m;

W otworze wykonano również pomiar prędkości średnich.

W CBDG znajdują się jedynie dwa pliki z pomiarami prędkości średnich oraz jeden plik z podstawowym zestawem krzywych połączonych. Większa ilość scyfrowanych danych znajduje się w archiwach PGNiG.

5.2. DANE O NOWOODWIERCONYCH OTWORACH WIERTNICZYCH

Poniższa tabelka prezentuje podstawowe dane dotyczące nowoodwierconych otworów wiertniczych, w tym stratyografię spągu oraz wykonane badania (na podstawie danych Ministerstwa Środowiska (<http://lupki.mos.gov.pl/gaz-z-lupkow/stan-prac-w-polsce>) i dokumentacji otworów skompilował M. Jasionowski).

				koncesja		współrzędne 1992		lokalizacja						czas wiercenia			rdzenie			rdzeniki		próbki okrucowe		
Lp	nr w zestawieniu MŚ	nazwa	firma	nr	nazwa	x	y	miejscowość	gmina	powiat	województwo	głębokość [m]	stratygrafia spagu	rozpoczęcie	zakończenie	zabiegi [wg MŚ]	interwał rdzeniowania [od-do]	miąższ. [m]	liczba skrzyń	interwał pobrania	liczba	suche	mokre	magazyn
1	2010 / 01	Łebień LE-1	Lane Energy Poland	16/2007/p	Lębork	753397,47	420641,28	Łebień	Nowa Wieś Lęborska	łęborski	pomorskie	3083 [MD]	kambr (oddział 3)	2010-06-16	2010-07-12	szczelinowanie	2839,42-3054,74	215,32	236					Halinów
2	2011 / 07	Łebień LE-1-2H	Lane Energy Poland	16/2007/p	Lębork	753385,79	420644,12	Łebień	Nowa Wieś Lęborska	łęborski	pomorskie			2011-05-01	2011-06-30	szczelinowanie						tak		Halinów
3	2014 / 01	Lublewo LEP-1	Lane Energy Poland	16/2007/p	Lębork	768458,35	432737,26	Słuchowo	Choczewo	wejherowski	pomorskie	2924 [MD]	kambr (oddział 3)	2013-12-13	2014-01-11	brak	2755,00-2897,11	141,11	144			tak	tak	Leszcze
4	2014 / 09	Lublewo LEP-1ST1H	Lane Energy Poland	16/2007/p	Lębork	768458,35	432737,26	Słuchowo	Choczewo	wejherowski	pomorskie	4477 [MD]	ordowik [formacja z Sasina]	2014-03-28	2014-04-20	szczelinowanie						tak	tak	Leszcze
5	2014 / 06	Sławoszyno LEP-1 (LEP-1ST1H)	Lane Energy Poland	11/2008/p	Karwia	771341,28	448374,06	Sławoszyńko	Krokowa	pucki	pomorskie	2819 [MD]	kambr (oddział 3)	2014-02-15	2014-03-03	szczelinowanie						tak	tak	Leszcze
6	2012 / 23	Strzeszewo LE-1	Lane Energy Poland	16/2007/p	Lębork	761248,88	419297,89	Strzeszewo	Wicko	łęborski	pomorskie	3233 [MD]	kambr (oddział 3)	2012-10-04	2012-11-13	mikroszczelinowanie uszczelinowanie	2935,64-3156,73	221,09	240					Leszcze
7	2011 / 04	Warblino 1H/LE1H	Lane Energy Poland	17/2007/p	Damnica	749370,81	395792,16	Warblino	Główczyce	słupski	pomorskie	3222[MD]	kambr (oddział 3)	2011-07-11	2011-09-19	szczelinowanie	2985,09-3126,97	141,88	149					Halinów
8	2011 / 06	Lębork S-1	BNK (Saponis)	34/2009/p	Słupsk	733474,00	404286,00	Warcimino	Potęgowo	słupski	pomorskie	3590	kambr	2011-03-11	2011-04-17	szczelinowanie	3290-3515,43	225,43	245	3516,90-3569,30	49	tak		Hołowno
9	2011 / 02	Wytowno S-1	BNK (Saponis)	36/2009/p	Sławno	743749,00	367213,00	Niestkowo	Ustka	słupski	pomorskie	3580	kambr środkowy	2010-12-27	2011-02-01	brak				2694-3573	25	tak	tak	Hołowno
10	2013 / 08	Kochanowo-1	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	743644,58	445983,20		Luzino	wejherowski	pomorskie	3275	kambr środkowy	2013-04-01	2013-07-31	brak	brak danych							
11	2011 / 03	Lubocino-1	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	762157,63	445011,94		Krokowa	pucki	pomorskie	3051	kambr środkowy	2010-12-01	2011-02-28	uszczelinowanie								
12	2012 / 18	Lubocino-2H	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	762148,04	445069,08		Krokowa	pucki	pomorskie			2012-09-01	2012-11-30	mikroszczelinowanie uszczelinowanie								
13	2013 / 14	Lubocino-3H	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	762146,74	445030,56		Krokowa	pucki	pomorskie			2013-08-01	2013-12-31	brak								
14	2012 / 21	Opalino-2	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	760902,25	439915,93		Gniewino	wejherowski	pomorskie	3050	kambr środkowy	2012-09-01	2012-12-31	brak								
15	2014 / 04	Opalino 3	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	760506,00	438139,82		Gniewino	wejherowski	pomorskie	3070	kambr środkowy	2013-11-01	2014-01-31	uszczelinowanie								
16	2014 / 08	Opalino 4	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	758130,30	442651,06		Gniewino	wejherowski	pomorskie	3000	kambr środkowy	2014-01-01	2014-04-30	brak								
17	2014 / 11	Tępcz-1	PGNiG	4/2009/p	Wejherowo	739327,83	439106,88		Luzino	wejherowski	pomorskie	3428	kambr środkowy	2014-04-01	2014-06-31	brak								

6. DANE O PRACACH SEJSMICZNYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC” I W SĄSIEDZTWIE

W zasięgu obszaru przetargowego Żarnowiec w ciągu ostatnich sześciu dekad wykonano badania sejsmiczne realizowane w ramach kilku projektów (Tab. 6.1, Fig. 6.1).

W latach 1966–1969 wykonano regionalne prace sejsmiczne, które były ukierunkowane na poszukiwanie złóż soli potasowej w osadach cechsztynu (Kulig, 1966; Stasiak, 1968, 1969; Midura i Stasiak, 1970). Prace te były finansowane z funduszu ONZ, a wykonane przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych w Warszawie.

Pierwsze prace nastawione na rozpoznanie utworów podcechsztyńskich wykonane zostały w latach 1969–1972 (Adam-ska i in., 1973). Badania te wykonało Przedsiębiorstwo Geofizyki Górnictwa Naftowego w Toruniu na zlecenie Górnictwa Naftowego.

W roku 1976 przeprowadzono badania sejsmiczne 2D w rejonie Zatoki Puckiej, które były prowadzone przy użyciu cyfrowej rejestracji (Białek i in., 1977). Badania były ukierunkowane na rozpoznanie utworów cechsztynu.

W skrajnie południowo-zachodniej części obszaru przetargowego Żarnowiec, znajduje się zakończenie głębokiego profilu sejsmicznego GBB10387 wykonanego w ramach tematu Badania Sejsmiczne, rejon Lębork, którego celem było rozpoznanie struktury litosfery (Żelichowski i in., 1991).

W związku z planami budowy elektrowni jądrowej, w 1989 r. wykonano badania sejsmiczne 2D w rejonie Żarnowca w celu rozpoznania głębokiej budowy geologicznej. W latach 1992–1994 w północnej części obszaru przetargowego Żarnowiec wykonano badania sejsmiczne 2D przeprowadzone w ramach projektu Łeba-Żarnowiec 2D, rejon Lubiny-Białogóra (Wilk, 1995). W ramach tego zdjęcia wykonano 82 profile sejsmiczne o łącznej długości ok. 809 km. Klika profili z tematu Łeba-Żarnowiec 2D, w roku 2002 zostało poddanych repro-

cessingowi poprzez zastosowanie nowych (ówcześnie) procedur przetwarzania, co znacznie poprawiło jakość materiału sejsmicznego (Głogowski i Wróbel, 2002).

We wschodniej części obszaru w zasięgu obszaru przetargowego Żarnowiec znajdują się częściowo profile sejsmiczne 2D wykonane w latach 2003–2004 w ramach tematu „Kościerzyna-Gdańsk 2D” (Wilk, 2004). Prace te wykonała Geofizyka Kraków (w sumie na obszarze znajduje się ok. 55 km tych profili). W roku 2008 ukazała się dokumentacja „Opracowanie Badań Sejsmicznych 2D Kościerzyna-Gdańsk” w ramach, której przedstawiono m.in. wyniki reprocessingu profili wykonanych w latach 2003–2004 znajdujących się w omawianym obszarze (Wnuk, 2009). Reprocessing wykonała Geofizyka Toruń Sp. z o.o.

Na zlecenie firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o., posiadającej koncesję wykonano 3 projekty badań sejsmicznych: Jackowo 2D, w ramach którego wykonano 4 profile sejsmiczne 2D o łącznej długości ok. 66 km oraz dwa zdjęcia sejsmiczne 3D: Zwartowo 3D o powierzchni ok. 125 km² oraz Krokowa 3D o powierzchni ok. 35 km² (Gruza i in., 2013; Cudo i in., 2014; Dziadzio i in., 2015 a, b).

Przez analizowany obszar przebiega także częściowo jeden z profili (PL1-5600) wykonanych w ramach projektu PolandSPAN (Fig. 2.14), którego wyniki wiele wnoszą do rozpoznania budowy strukturalnej perspektywicznych utworów staropaleozoicznych i ich podłoża (Mazur i in., 2016).

W bezpośrednim sąsiedztwie obszaru przetargowego Żarnowiec, na koncesji „Wejherowo” (4/2009/p) w ostatnich latach wykonano badania sejsmiczne 2D (zdjęcie „Opalino-Lubocino 2D”) oraz 3D („Lubocino 3D” oraz „Opalino-Lubocino 3D”) (Grzywa i Trzupek, 2011; Orzeszko, 2012; Grzywa i in., 2014). Badania te wykonane zostały przez Geofizykę Toruń na zlecenie PGNiG. Na zachód omawianego obszaru przetargowego, w 2011 roku wykonano zdjęcie sejsmiczne Damnica 3D (Dziadzio i in., 2015a, b). Zdjęcie wykonano na zlecenie firmy Lane Energy Poland Sp. z o.o.

Badania sejsmiczne wykonane w ramach projektu	Rok wykonania	Długość profili 2D/powierzchnia zdjęcia 3D w zasięgu obszaru przetargowego	Dysponent
Żarnowiec-Władysławowo-Ustka-Łeba 2D	1973		Skarb Państwa
Rejon Zatoki Puckiej 2D	1976	ok. 35 km	Skarb Państwa
Głęboki profil sejsmiczny GBB10387	1987	ok. 13,5 km	Skarb Państwa
Elektrownia Jądrowa Żarnowiec 2D	1989	ok. 16 km	Skarb Państwa
Łeba-Żarnowiec 2D. Rejon Lubiny-Białogóra.	1992-1994, 2002	ok. 809 km	PGNiG S.A.
Wybrane profile ze zdjęcia Gdańsk-Kościerzyna 2D	2003, 2004, 2008	ok. 55 km	Skarb Państwa
Profil sejsmiczny PL1-5600 wykonany w ramach projektu PolandSPAN	2012	ok. 31 km	ION
Jackowo 2D	2013, 2014	ok. 66 km	Skarb Państwa
Krokowa 3D	2013	ok. 35 km ²	Skarb Państwa
Zwartowo 3D	2015	ok. 125 km ²	Skarb Państwa

Tabela 6.1. Lata przeprowadzonych badań sejsmicznych na obszarze przetargowym „Żarnowiec” i w jego sąsiedztwie. Podana długość linii może różnić się od wartości rzeczywistej.

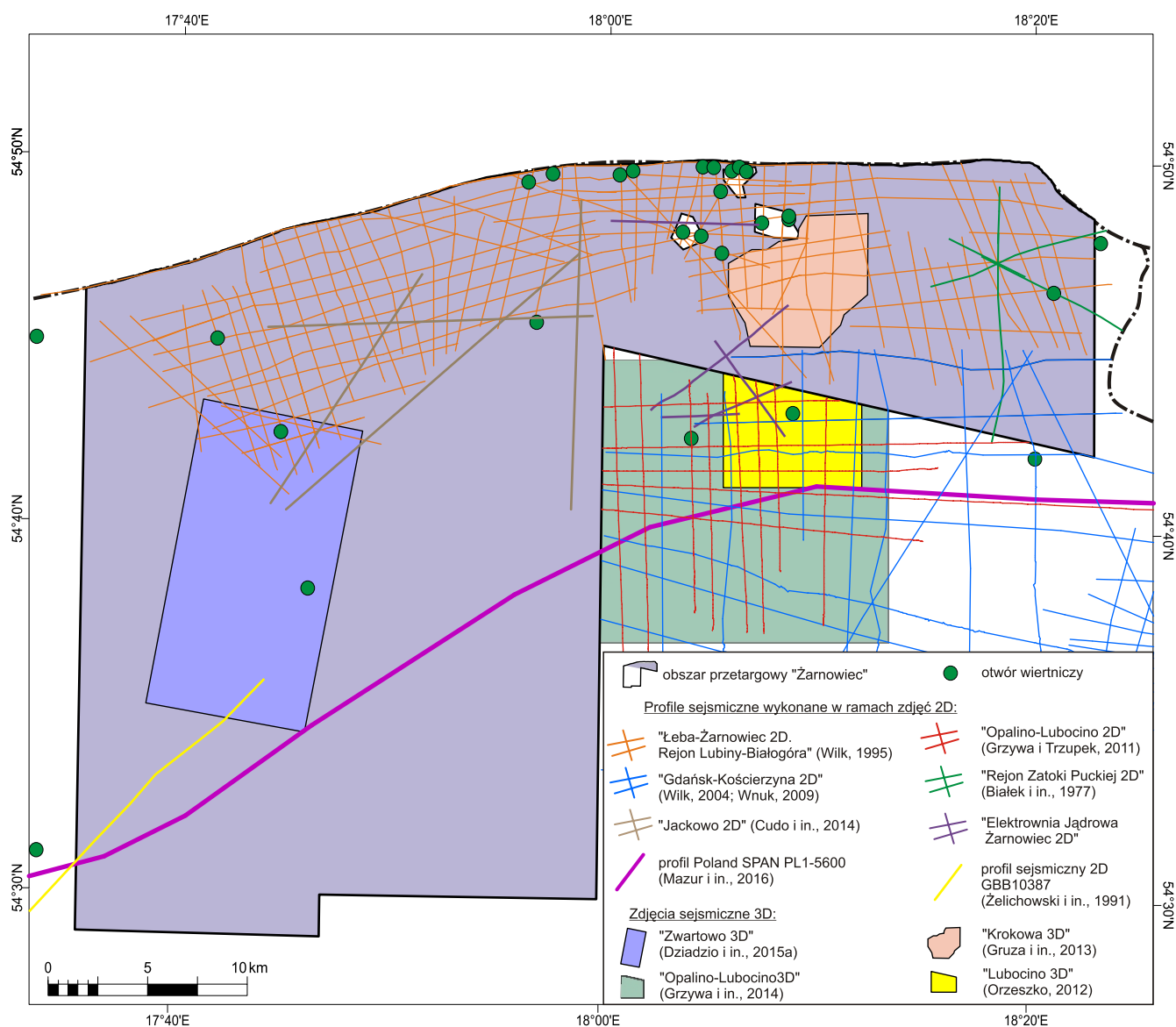


Figura 6.1. Mapa lokalizacyjna badań sejsmicznych 2D i 3D w rejonie obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

7. INNE BADANIA ZREALIZOWANE NA OBSZARZE PRZETARGOWYM „ŻARNOWIEC”

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

W okresie powojennym na obszarze bloku przetargowego Żarnowiec, a także na obszarach przyległych, w różnych latach prowadzone były regionalne, półszczegółowe i szczegółowe badania grawimetryczne. Większość prac zrealizowanych na obszarze Polski 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 pomiarami grawimetrycznymi półszczegółowymi o zagęszczeniu około 1,5–4,0 pkt/km², których redukcję oparto o rzędne punktów pomiarowych wyznaczone na podstawie bezpośrednich pomiarów w terenie metodą niwelacji technicznej.

Dane grawimetryczne ze zdjęć półszczegółowych

W latach 1976–1992 PIG we współpracy z PBG 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 km². W jego wyniku realizacji programu powstał komputerowy bank danych grawimetrycznych, opracowano także mapy anomalii grawimetrycznych w skalach 1:200 000 i 1:50 000 i opublikowano mapy w skali 1:200 000. Współrzędne punktów pomiarowych zostały wyznaczone w układzie „Borowa Góra”, a wartości anomalii Bouguera obliczone w systemie poczdamskim z przyspieszeniem normalnym wg wzoru Helmerta z 1901 r. Obszar przetargowy Żarnowiec znajduje się na arkuszach: 1-Łeba, 2-Puck, 6-Słupsk i 8-Gdańsk mapy grawimetrycznej Polski w skali 1:200 000 (Soćko i Szczypa, 1978a, 1978b, 1979).

Stworzenie komputerowego banku danych grawimetrycznych umożliwiło opracowanie i opublikowanie „Atlasu grawimetrycznego Polski” (Królikowski i Petecki, 1995), w którym anomalie grawimetryczne zostały obliczone w nowym, międzynarodowym systemie grawimetrycznym IGSN 71 (International Gravity Standardization Net, 1971), z uwzględnieniem formuły Moritza na pole normalne dla elipsoidy odniesienia GRS 80 (Geodetic Reference System). Atlas zawiera mapy anomalii grawimetrycznych o charakterze przeglądowym w skalach 1:500 000 i 1:750 000.

Dane pomiarowe o charakterze poszczegółowym (z uwzględnieniem wybranych punktów pomiarowych ze zdjęć szczegółowych) w nowym systemie grawimetrycznym są dostępne w CBDG w postaci cyfrowego banku danych. Współrzędne punktów pomiarowych są podane w układzie 1992, po ich transformacji z układu „Borowa Góra”.

Zagęszczenie stanowisk grawimetrycznych w banku danych półszczegółowych CBDG na obszarze przetargowym „Żarnowiec” ilustruje Fig. 7.1.

Dane pomiarowe (Fig. 7.1) pochodzą z dwóch źródeł. Pierwsze z nich, obejmujące cały obszar przetargowy, jest związane z tematem „Wyniesienie Łeby i synekliza perybałtycka” (Okulus i Wasiak, 1970). Drugie źródło stanowią dane wybrane z dokumentacji szczegółowych pomiarów grawimetrycznych z rejonu Pucka (Kleszcz, 1973).

W granicach obszaru znajduje się 2148 punktów pomiarowych zdjęcia półszczegółowego z dokumentacji badań grawimetrycznych obejmującej obszar wyniesienia Łeby i

syneklizy perybałtyckiej (Okulus i Wasiak, 1970). Pomiary zostały wykonane z zagęszczeniem 1,75 pkt/km² przy użyciu grawimetrów typu Sharpe. Jako podkładu topograficznego używano podczas prac polowych map w skali 1:50 000. Błąd wyznaczenia anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera został oszacowany na 0,106 mGala.

Celem badań było: uzyskanie informacji geologicznych o strukturach permo-mezozoicznych i podcechsztyńskich, śledzenie stref dyslokacyjnych oraz morfologii i zmian petrograficznych w podłożu krystalicznym. Wyniki prac zostały przedstawione w formie map anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w skali 1:50 000. Ponadto opracowano zbiorczy arkusz mapy anomalii siły ciężkości w skali 1:200 000. Przy obliczaniu wartości redukcji Bouguera stosowano stałą wartość gęstości warstwy redukowanej do poziomu morza równej 2,0 g/cm³.

Według autorów dokumentacji z obrazu anomalii siły ciężkości wydzielić można:

- anomalie typu regionalnego, pochodzące od morfologicznego ukształtowania podłoża, bądź zmian petrograficznych w nim występujących;
- anomalie typu lokalnego, pochodzące od stref nieciągłości w pokrywie permomezozoicznej i utworach czwartorzędowych.

Drugi zbiór danych z obszaru Żarnowiec, który znajduje się w komputerowej bazie półszczegółowych danych grawimetrycznych CBDG to wybrane dane z dokumentacji szczegółowych pomiarów grawimetrycznych z rejonu Pucka (Kleszcz, 1973).

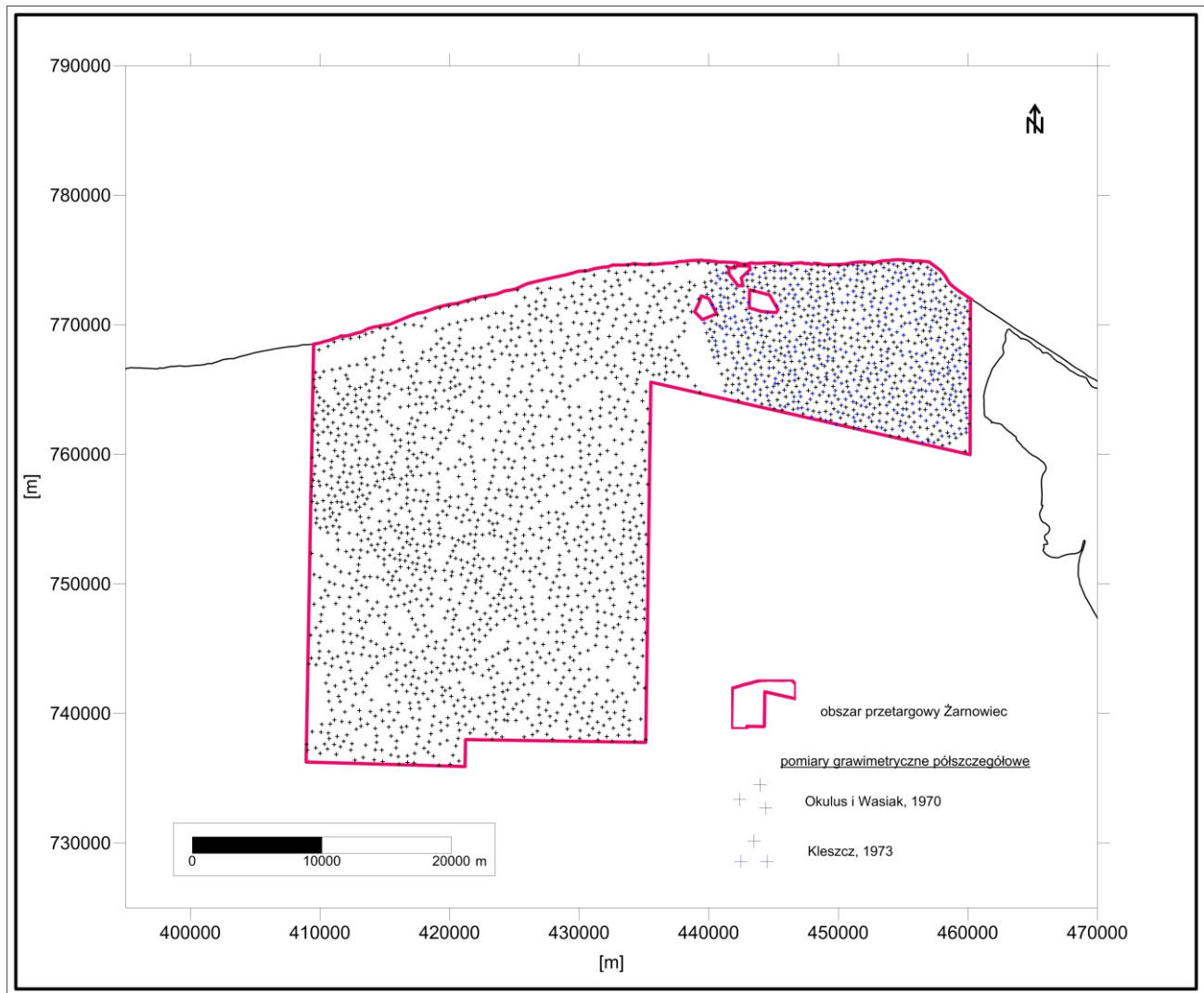
Rozkład anomalii siły ciężkości w red. Bouguera oparty na danych zdjęcia półszczegółowego z zasobów CBDG w rejonie obszaru Żarnowiec przedstawia Fig. 7.2.

Dane grawimetryczne ze zdjęć szczegółowych

W obszarze przetargowym znajdują się badania szczegółowe (Fig. 7.3) wykonane we wschodniej części wyniesienia Łeby (rejon Puck, 1972 r. i rejon Żarnowiec-Krokowa, 1975–1976 r.) (Kleszcz, 1973, 1976), w obszarze posadowienia planowanej elektrowni jądrowej „EJ Żarnowiec” (Linowski i in., 1990, 1991) oraz niewielki fragment prac z rejonu Kościerzyna-Gdańsk (Ostrowski, 2004; Stefaniuk i in., 2008).

Szczegółowe badania grawimetryczne w rejonie Pucka (Kleszcz, 1973) wykonano z inicjatywy Zakładu Złóż Soli i Surowców Chemicznych oraz Zakładu Geofizyki Instytutu Geologicznego. Celem tych badań była ocena możliwości zastosowania szczegółowych badań grawimetrycznych dla wykrycia zmian miąższości pokładów soli kamiennej oraz zmian morfologicznych powierzchni anhydrytu spągowego. Uzyskanie pozytywnych wyników z metodyczno-doświadczalnych badań grawimetrycznych w rejonie Pucka miało być, podstawą do wykonania zdjęcia grawimetrycznego na dalszych obszarach wyniesienia Łeby.

Badaniami objęto cztery wydzielone obszary struktur geologicznych w okolicach: Kłanina, Mieroszyna, Zdrady i Swarzewa, na których zastosowano zdjęcie grawimetryczne profilowe przy odległościach między profilami 200 m i kroku na profilach również 200 m. Na obszarach łączących wspomniane struktury zastosowano zdjęcie powierzchniowe o średnim zagęszczeniu ok. 25 pkt/km². Badania grawimetryczne wykonano przy użyciu grawimetrów typu Sharpe. Podkładem topograficznym do wykonywania pomiarów geodezyjnych były mapy w skali 1:25000 (powiatowe) oraz w skali 1:50 000. Anomalie grawimetryczne w redukcji Bouguera obliczono z uwzględnieniem formuły Helmerta z 1901 r. na pole normalne, przy stałej wartości gęstości warstwy redukowanej do poziomu morza równej



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

Figura 7.1. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych i wybranych stanowisk pomiarowych ze zdjęć szczegółowych) w obszarze przetargowym Żarnowiec (na podstawie danych CBDG).

$2,0 \text{ g/cm}^3$. Wyniki prac zostały przedstawione w formie mapy anomalii siły ciężkości w redukcji Bouguera w skali 1:25 000.

W celu wyodrębnienia wpływu poszczególnych mas mających swe odzwierciedlenie w ogólnym obrazie pola grawitacyjnego zastosowano cyfrowe transformacje tego pola wg różnych metod: Griffina, Saxowa i wielomianową. Dodatkowo wykonano 3D modelowanie gęstościowe w celu uzyskania efektów grawitacyjnych od powierzchni stropowych: trzeciorzędu, permu, soli permskich i anhydrytów permskich. Pozwoliło to na usunięcie wpływu poszczególnych kompleksów osadowych na obraz pola siły ciężkości w redukcji Bouguera. W wyniku tych obliczeń stwierdzono, że głównym elementem strukturalnym decydującym o charakterze pola siły ciężkości w rejonie Pucka jest powierzchnia stropowa anhydrytu podstawowego Werry w cechszynie, a nie struktury głębokie starszego paleozoiku, jak sądzono dotychczas. Stwierdzono, że zagadnienie określenia zmian miąższości soli można ustalić jedynie w sposób pośredni poprzez prześledzenie konfiguracji powierzchni morfologicznej anhydrytu ponieważ w miejscach jej wypiętrzeń obserwuje się dodatnie anomalie grawimetryczne związane z redukcją miąższości soli, a w miejscach

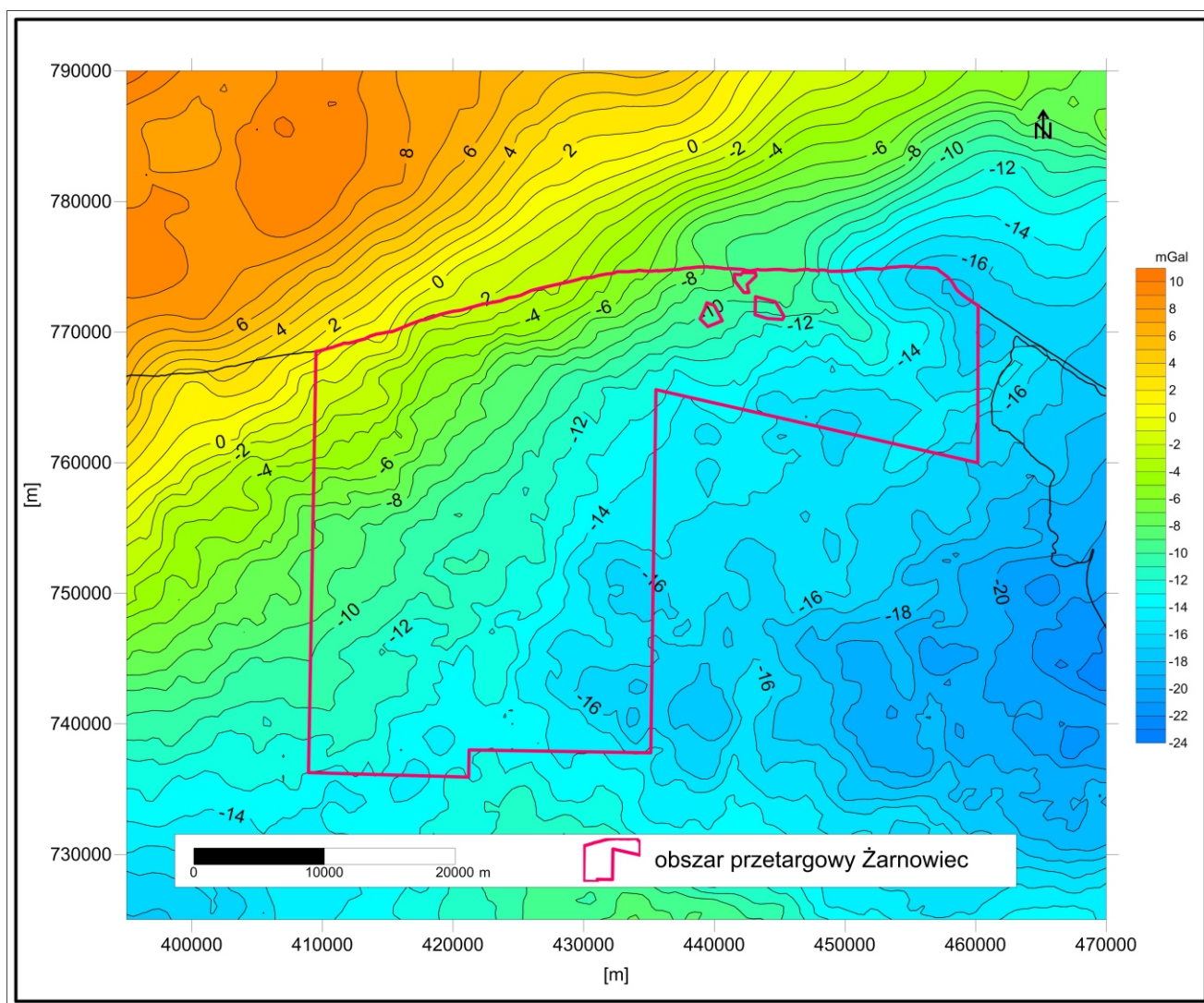
zagłębień ujemne anomalie grawimetryczne będące efektem wzrostu miąższości soli. Rezultaty prac interpretacyjnych przedstawiono na mapach w skali 1:25 000.

Wyniki badań podsumowano w formie szkicu jednostek strukturalnych z zaznaczeniem stref zmian miąższości soli.

Pozytywne efekty szczegółowych badań w rejonie Pucka zaowocowały kontynuacją podobnych prac na obszarze Żarnowiec-Krokowa (Kleszcz, 1976), również z inicjatywy Zakładu Złóż Soli i Surowców Chemicznych oraz Zakładu Geofizyki Instytutu Geologicznego.

Celem tych badań było odtworzenie ukształtowania powierzchni morfologicznej anhydrytu spągowego cechsztyńskiej formacji solonośnej, a w szczególności zlokalizowanie kulminacji tej powierzchni. Objęły one rejon Żarnowca i Krokowej na lądzie oraz NW części Zatoki Puckiej. Zagęszczenie stanowisk pomiarowych na lądzie wynosiło około 25 punktów na 1 km^2 (przeciętne odległości między stanowiskami ok. 200 m), a na obszarze zatoki - ok. 6 punktów na 1 km^2 (przeciętne odległości pomiędzy stanowiskami ok. 400 m).

Na podstawie materiałów pomiarowych opracowano mapy anomalii w skali 1:25 000 w redukcji Bouguera oraz mapy



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

Figura 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego Żarnowiec na podstawie danych zdjęcia półszczegółowego CBDG (z uwzględnieniem wybranych punktów pomiarowych ze zdjęć szczegółowych) (Królikowski i Petecki, 1995).

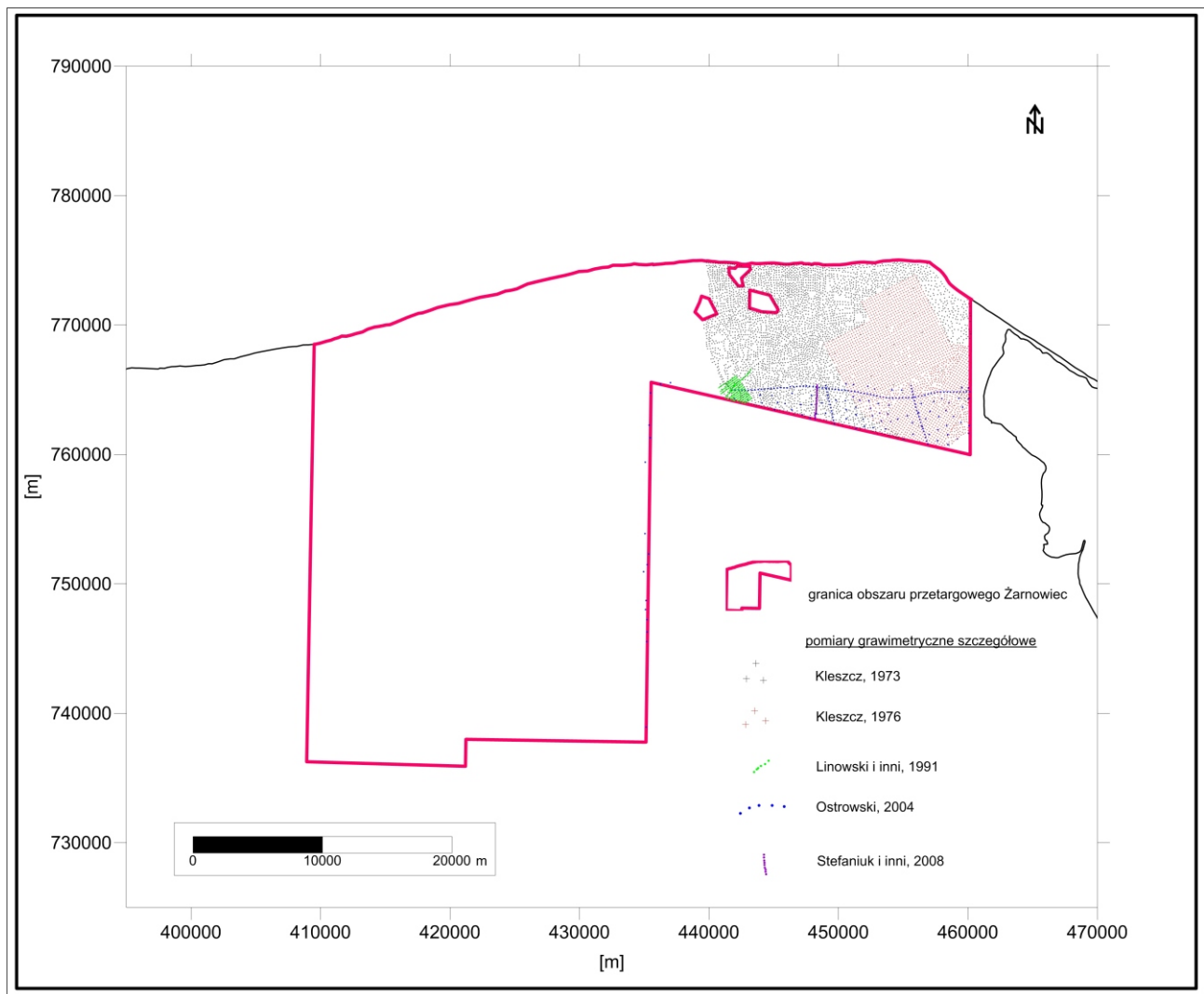
anomalii transformowanych metodą Griffina i Saxova. Wszystkie załączniki graficzne w tej dokumentacji w postaci map anomalii stanowią jednolitą całość z analogicznymi załącznikami z tematu „Puck, 1972”. Sporządzono także załącznik wynikowy w postaci szkicu wydzielonych jednostek strukturalnych. Na załączniku tym zaznaczono lokalne deniwelacje powierzchni anhydrytu spągowego oraz strefy zwiększonych wartości gradientu odpowiadające w przybliżeniu zasięgowi jednostek większego rzędu o zwiększonych miąższościach anhydrytu lub soli kamiennej występujących na tle monoklinalnego skłonu tarczy bałtyckiej.

Analiza danych grawimetrycznych potwierdziła, że podstawowym elementem strukturalnym modelującym obraz pola siły ciężkości w tej części wyniesienia Łeby jest stropowa powierzchnia anhydrytu spągowego. Wpływ pozostałych utworów serii osadowej (poza czwartorzędem) jest praktycznie biorąc nieistotny.

Badania grawimetryczne, zaprojektowane i wykonane zostały w ramach kompleksowych badań geofizycznych w celu

rozpoznania tektoniki obszaru posadowienia projektowanej elektrowni jądrowej Żarnowiec (Linowski i in., 1991). Badania obejmowały zarówno pomiary powierzchniowe w siatce 25 x 100 m jak i profilowe. W CBDG znajdują się wyniki pomiarów w postaci cyfrowej bazy danych (903 punkty pomiarowe w obszarze Żarnowiec; Fig. 7.3) natomiast dokumentacja badań geofizycznych (Linowski i in., 1991) znajduje się w archiwum Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych Sp. z o.o.

Fragmentarycznie występują także pomiary grawimetryczne z peryferyjnych części projektów badań geofizycznych „Kościerzyna-Gdańsk 2003” (Ostrowski, 2004) i „Kościerzyna-Gdańsk 2007” (Stefaniuk i in., 2008) zrealizowanych przez Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na zlecenie PGNiG. Pomiary zredukowano poprzez wprowadzenie poprawek topograficznych, sporządzono mapy anomalii Bouguera, opracowano rozkłady anomalii regionalnych i rezydualnych. W wyniku badań określono przebieg granic gęstościowych występujących w obrębie utworów permskich.



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

Figura 7.3. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów szczegółowych w obszarze przetargowym Żarnowiec (na podstawie danych CBDG).

7.2. BADANIA MAGNETYCZNE

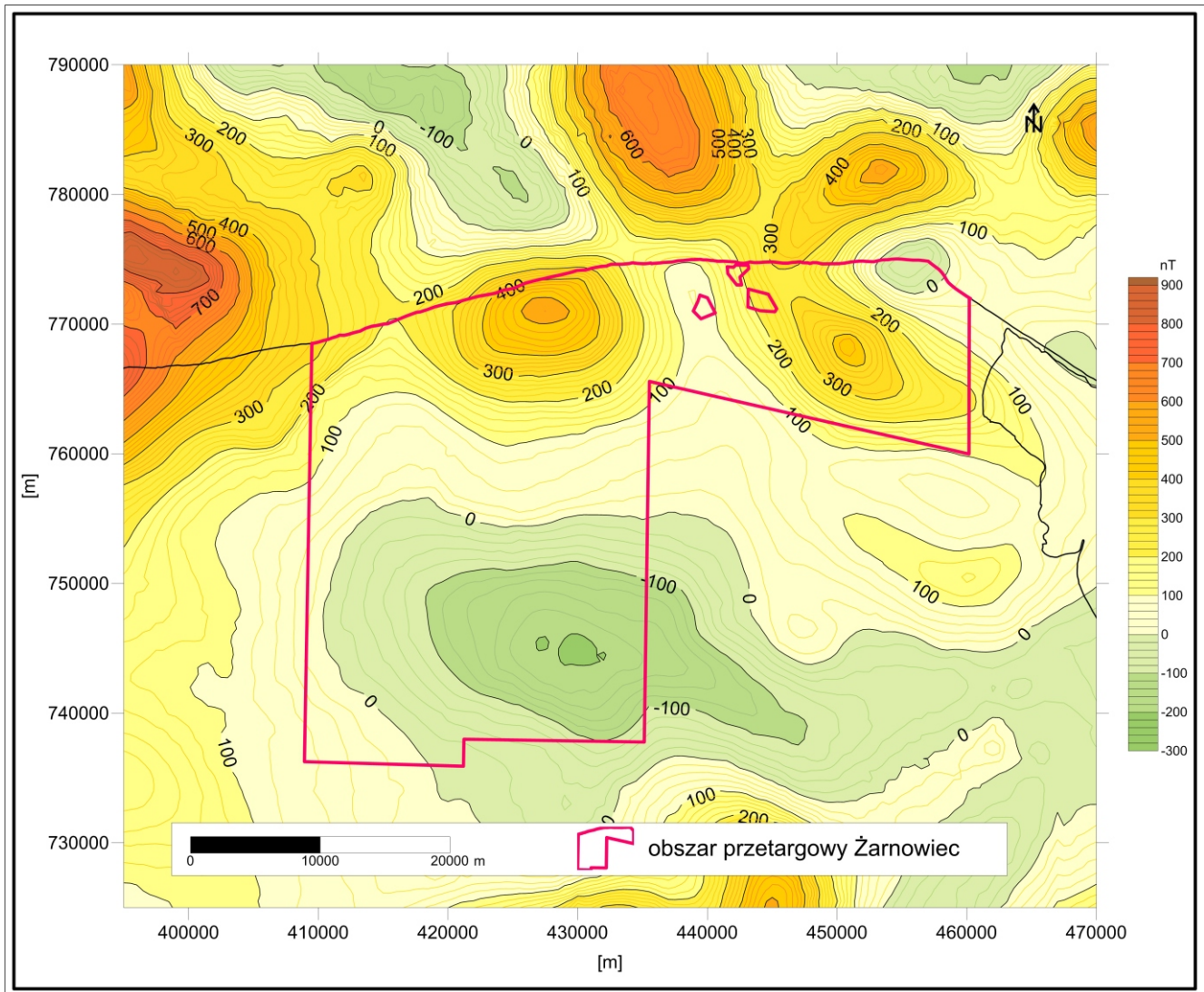
W rejonie obszaru przetargowego Żarnowiec zostały wykonane pomiary magnetyczne pionowej składowej Z o charakterze regionalnym, z niewielkim zagęszczeniem punktami pomiarowymi oraz względnie małej dokładności. Wyniki tego typu badań z Polski zostały ujednolicone, sprowadzone do jednolitego poziomu i epoki 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).

To mało dokładne zdjęcie magnetyczne zostało zastąpione pomiarami całkowitego pola magnetycznego T w wyniku realizacji półszczełowego zdjęcia magnetycznego Polski. Obszar Żarnowiec pokryto pomiarami w ramach zdjęcia obejmującego obszar brzeżnej strefy platformy prekambryjskiej (Kosobudzka, 2002). Badania wykonano na zamówienie Ministerstwa Środowiska, a sfinansowano w całości ze środków 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.

Zdjęcie wykonano ze średnim zagęszczeniem punktów pomiarowych ok. 2 pkt/km² i dokładnością pomiarów nie większą niż 2,0 nT. Współrzędne punktów pomiarowych zostały wyznaczone w układzie „1942” z topograficznych map dokumentacyjnych w skali 1:50 000. Pomiary modułu całkowitego 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 (południowa część obszaru Żarnowiec). Pomiary magnetyczne zostały



Współrzędne siatki topograficznej układu 1992

Figura 7.5. Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego T w rejonie obszaru przetargowego Żarnowiec (Petecki i in., 2003).

8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ

Obszar przetargowy Żarnowiec wyznaczono w obrębie gdańskiej prowincji naftowej i obejmuje fragmenty bloków Ministerstwa Środowiska nr 8, 9, 28, 29, 48 w obrębie jednostki geologicznej zwanej obniżeniem bałtyckim (synekklizą perybałtycką), na obszarze wyniesienia Łeby. Podsumowanie informacji znajduje się w karcie informacyjnej (Tab. 8.1).

8.1. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ WRAZ Z OCENĄ MOŻLIWOŚCI ODKRYCIA I UDOKUMENTOWANIA ZŁOŻ WĘGLOWODORÓW

W obrębie obszaru przetargowego zdefiniowano niekonwencjonalny dolnopaleozoiczny system naftowy, w którym rolę skał macierzystych, zbiornikowych, jak i uszczelniających odgrywają mułowce i ilowce syluru, ordowiku i kambru górnego.

Wykonane analizy stwierdzają także możliwość występowania systemu naftowego o charakterze konwencjonalnym, składającym się z dolnopaleozoicznych skał macierzystych, środkowokambryjskich skał zbiornikowych i paleozoicznych skał uszczelniających (kambr górny-cechsztyń). Zdaniem niektórych badaczy nie można wykluczyć na tym obszarze możliwości występowania niekonwencjonalnych nagromadzeń węglowodorów typu zamkniętego (ang. tight) w środkowokambryjskich piaskowcach kwarcytowych (Chmielowiec-Stawska i Czekański, 2013).

Z obszaru przetargowego wycięte zostały koncesje eksploatacyjne wydane dla złóż konwencjonalnych ropy naftowej Żarnowiec, Dębki i Białogóra E oraz dla złoża gazowo – kondensatowego Żarnowiec W. Skałą zbiornikową dla tych złóż są piaskowce kwarcytowe kambru środkowego o raczej słabych parametrach zbiornikowych. Szare, zbite nieznacznie spękane piaskowce będące skałą zbiornikową dla złóż Żarnowiec i Dębki występują tam w dwóch poziomach o miąższości średniej 4 m, porowatości 2,2–7,4% i przepuszczalności zawierającej się w przedziale od 0 do 4,2 mD

Dane koncesji	Nazwa obszaru:	„ŻARNOWIEC”
	lokalizacja:	Na lądzie, Arkusze mapy topograficznej w skali 1:50 000: Łeba 3, Choczewo 4, Sławoszyno 5, Puck 6, Lębork 12, Łęczycze 13, Czarna Dąbrówka 23, Sierakowice 24, Sławoszyno N 1070, Puck N 1071 fragmenty bloków koncesyjnych nr 8, 9, 28, 29, 48 na terenie następujących jednostek administracyjnych: województwo pomorskie (4,92%); powiat lęborski: gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego: Nowa Wieś Lęborska (20,22%), Łeba (0,35%), Lębork (1,49%), Cewice (1, 28%), Wicko (12,29%); powiat pucki: gmina Puck m. (0,01%), Puck (7,31%), Władysławowo (2,40%), Krokowa (15,38%); powiat słupski: gmina Potęgowo (0,02%), Główny (0,35%); powiat wejherowski: gmina Linia (0,00%), Gniewino (7,70%), Choczewo (15,30%), Łęczycze (15,91%)
	typ:	poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
	czas obowiązywania:	koncesja na 10 lat w tym: faza poszukiwawczo - rozpoznawcza (5 lat), faza wydobywcza - po uzyskaniu decyzji inwestycyjnej
	udziały	100% zwycięzca przetargu
Powierzchnia [km ²]		1196,31
rodzaj złoża		niekonwencjonalne i konwencjonalne złoża ropy naftowej i gazu ziemnego
Piętra strukturalne		dolnopaleozoiczne (kaledońskie), górnopaleozoiczne (waryscyjskie), permsko-mezozoiczne
Systemy naftowe		I - Złoża konwencjonalne i niekonwencjonalne związane z kompleksem piaskowców środkowokambryjskich, II - Złoża konwencjonalne związane z dolomitą główną, III - Złoża niekonwencjonalne związane z formacjami łupkowymi niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur)
Skały zbiornikowe		I - piaskowce kambru środkowego, II - dolomity, III - mułowce i ilowce niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur)
Skały macierzyste		I - mułowce i ilowce niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur), II - dolomity, III - mułowce i ilowce niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur)
Skały uszczelniające		I - mułowce i ilowce niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur), uszczelnienie wewnętrzne w obrębie piaskowców kambru środkowego, II - cechsztyńskie anhydryty i sole, III - mułowce i ilowce niższego paleozoiku (kambr górny, ordowik, sylur)
Miąższość nadkładu		I >2700 m, II >500 m, III >2500 m
Typ pułapki		I - pułapki litostratygraficzne i strukturalne, II - pułapki litostratygraficzne, III - brak pułapek, złoża typu ciągłego
Złoża rozpoznane w pobliżu (GZ-gaz ziemny; RN ropa naftowa)		„Żarnowiec” (RN) odkryte w 1972, wydobyte kumulacyjnie (44 lat) 9,721 tys. t kondensat, 26,93 mln m ³ gazu towarzyszącego; w 2015 roku produkcja 0,11 tys. t kondensat, 0,07 mln m ³ gaz tow.; zasoby wydobywalne 42,33 tys. t, (przemysłowe 1,68 tys. t); 6,96 mln m ³ , (przemysłowe 1 39 mln m ³) „Żarnowiec W” (RN) odkryte w 1990, wydobyte kumulacyjnie (21 lat) 4,2 tys. t kondensat, 25,65 mln m ³ gazu towarzyszącego; w 2015 roku produkcja 0,11 tys. t kondensat, 0,07 mln m ³ gaz tow.; zasoby wydobywalne 17,81 tys. t, (przemysłowe 3,85 tys. t); 2,35 mln m ³ , (przemysłowe 1,50 mln m ³) „Dębki” (RN) odkryte w 1978, wydobyte kumulacyjnie (44 lat) 36,169 tys. t ropy naftowa, 10,201 mln m ³ gazu towarzyszącego; w 2015 roku produkcja 0,61 tys. t ropy naftowa, 0,22 mln m ³ gaz tow.; zasoby wydobywalne 8,62 tys. t, (przemysłowe 5,19 tys. t); 3,0 mln m ³ , (przemysłowe 4,23 mln m ³) „Białogóra-E” (RN) odkryte w 1991, wydobyte kumulacyjnie (16 lat) 2,917 tys. t ropy naftowa, 2,4185 mln m ³ gazu towarzyszącego; w 2015 roku produkcja brak; zasoby wydobywalne pozabilansowe 1,43 tys. t, (przemysłowe 0,38 tys. t); pozabilansowe 0,86 mln m ³ , (przemysłowe 1,02 mln m ³)
Zrealizowane zdjęcia sejsmiczne [rejon], właściciel		1972 Żarnowiec-Władysławowo-Ustka-Łeba 2D (Skarb Państwa) 1976 Rejon Zatoki Puckiej 2D (Skarb Państwa) 1987 Głęboki profil sejsmiczny GBB10387 (Skarb Państwa) 1989 Elektrownia Jądrowa Żarnowiec 2D (Skarb Państwa) 1992–1994, 2002 Łeba-Żarnowiec 2D. Rejon Lubiny-Białogóra (Skarb Państwa) 2003–2008 Wybrane profile ze zdjęcia Gdańsk-Kościerzyna 2D (Skarb Państwa) 2013 Krokowa 3D (Skarb Państwa) 2013–2014 Jackowo 2D (Skarb Państwa) 2015 Zwartowo 3D (Skarb Państwa) Profil sejsmiczny PL1-5600 wykonany w ramach projektu PolandSPAN (ION)
Otwory reperowe (MD)		Żarnowiec IG 1 (3276,0 m) Darżlubie IG 1(3520,0 m)
Proponowany minimalny program prac fazy poszukiwawczo - rozpoznawczej		1. Etap I (12 miesięcy) Powtórne przetworzenie i reinterpretacja archiwalnych danych geologicznych i geofizycznych. 2. Etap II (36 miesięcy) Odwiercenie jednego otworu poszukiwawczego o głębokości końcowej 5000 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. 3. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża. 4. Odwiercenie drugiego otworu poszukiwawczego o głębokości końcowej 5000 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. 5. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża. 6. Etap III (12 miesięcy) Wykonanie analiz uzyskanych danych.

Tabela 8.1. Karta informacyjna obszaru przetargowego „Żarnowiec”.

(Karnkowski, 1993). Uszczelnieniem dla pułapek są mułowce i iłowce kambru górnego występujące w nadkładzie.

Rozpoznanie sejsmiczne obszaru jest nierównomierne: część północna i wschodnia pokryta jest półszczegółową siatką profili 2D, wykonano także dwa zdjęcia 3D, mniejsze z nich w części wschodniej obszaru (Krokowa 3D) oraz większe w części zachodniej Zwartowo 3D. W południowo wschodniej części przebiega profil sejsmiczny GBB10387, którego celem było rozpoznanie głębokich struktur litosfery. Można uznać że rozpoznanie jest dobre. W trakcie procesu wiercenia lub po jego zakończeniu w części odwierconych otworów notowano ślady i objawy węglowodorów (obszary przetargowe Damnica i Żarnowiec). W otworze Smółdżino-1 opróbowano między innymi interwał 3262,3–3296,4 m obejmujący piaskowce i iłowce ediakaru i kambru dolnego uzyskując 110 l płynu ze śladami gazu przy ciśnieniu złożowym 30,38 Mpa. W wyniku opróbowania interwału 3012,0–3041,4 m obejmującego piaskowce i iłowce kambru środkowego w otworze Łeba-8 uzyskano nieprzemysłowy wypływ gazu palnego z przewodu nie stwierdzając w próbniku wody złożowej. W otworze Żarnowiec IG 1 w wyniku opróbowania interwału 2795,2–2822,8 m w piaskowcach kambru środkowego uzyskano 3800 l solanki silnie zgazowanej gazem palnym oraz płuczki pochodzącej spod pakera próbnika. Średni przyrwył wynosił około 1500 l/h. Przebadany gaz zawierał 49,4% CH₄ i 34,3% N₂.

W otworze Białogóra-1 również z piaskowców kambru środkowego w wyniku opróbowania po perforacji rur w interwałach 2980,0–2987,0 m i 2992,0–3011,0 m uzyskano przyrwył płynu w ilości 2560 l z dużą ilością gazu palnego z o zawartości 74,18% CH₄. Kolejny interwał 2800,0–2825,0 m także obejmujący piaskowce i iłowce kambru środkowego opróbowany został po udostępnieniu przez perforację. W trakcie oczekiwania na przyrwył zaobserwowano dopływ 350 l płynu ze śladami gazu spoza przewodu. Opróbowanie pow-

tórzone, jednak po nieudanej próbie zapięcia próbnika zrezygnowano z dalszych prób i otwór zlikwidowano.

W otworze Strzeszewo LE-1 notowane były przez aparaturę gazową w laboratorium polowym objawy gazu na poziomie 7–11% TG w trakcie wiercenia od głębokości ok. 2850 m MDBRT praktycznie do głębokości końcowej, czyli 3236,3 m MDBRT (Dziadzio i in., 2015a). Podobne wskazania zanotowano w otworze Sławoszyno LEP-1 od głębokości 2703 m MDBRT do stropu kambru (formacja z Piaśnicy 2776,5 m MDBRT) notowano od 6 do 9% TG (Dziadzio i in., 2015b). Znacznie większe wskazania chromatografu notowano w profilu niższego paleozoiku w otworze Lublewo LEP-1ST1H, odczyty zawierały się w przedziale 12–28% TG od głębokości ok 2900 m MDBRT do głębokości końcowej 4472,0 m MDBRT (Dziadzio i in., 2015c).

Obszar perspektywiczny Damnica oraz Żarnowiec zostały ujęte w analizie przeprowadzonej przez służbę geologiczną w roku 2016 (Rozpoznanie..., 2016). W wyniku analizy w utworach niższego paleozoiku tzw. pasa łupkowego wyróżniono 4 strefy perspektywiczne, tj. SP1, SP2, SP3, SP4. Za najbardziej perspektywiczny dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w formacjach łupkowych uznano obszar wyniesienia Łeby, gdzie występują wszystkie 4 strefy perspektywiczne (Fig. 8.1, 8.2, 8.3, 8.4) tylko częściowo pokrywając się z zasięgiem potencjalnie perspektywicznych formacji (Podhalańska i in., 2016a,b). Zasięg pionowy i lateralny stref został określony w ramach przyjętych kryteriów (Podhalańska i in., 2016b) dzięki wykorzystaniu wyników badań i analiz stratygraficznych, sedymentologicznych, petrologicznych i geochemicznych materii organicznej, mineralogicznych, petrograficznych, petrofizycznych oraz interpretacji krzywych geofizyki otworowej.

Przeprowadzone analizy oraz wyniki złożowe otworów potwierdzają obecność systemów naftowych zarówno niekon-

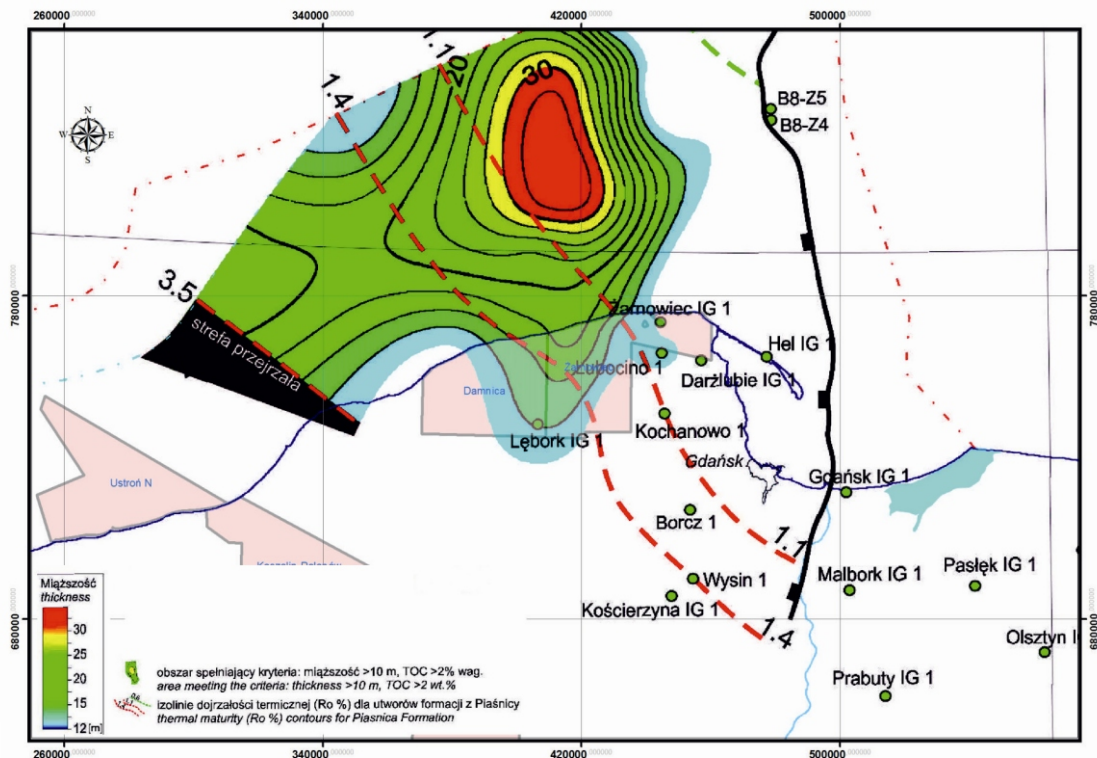


Figura 8.1. Mapa strefy perspektywicznej formacji z Piaśnicy (kambr górny).

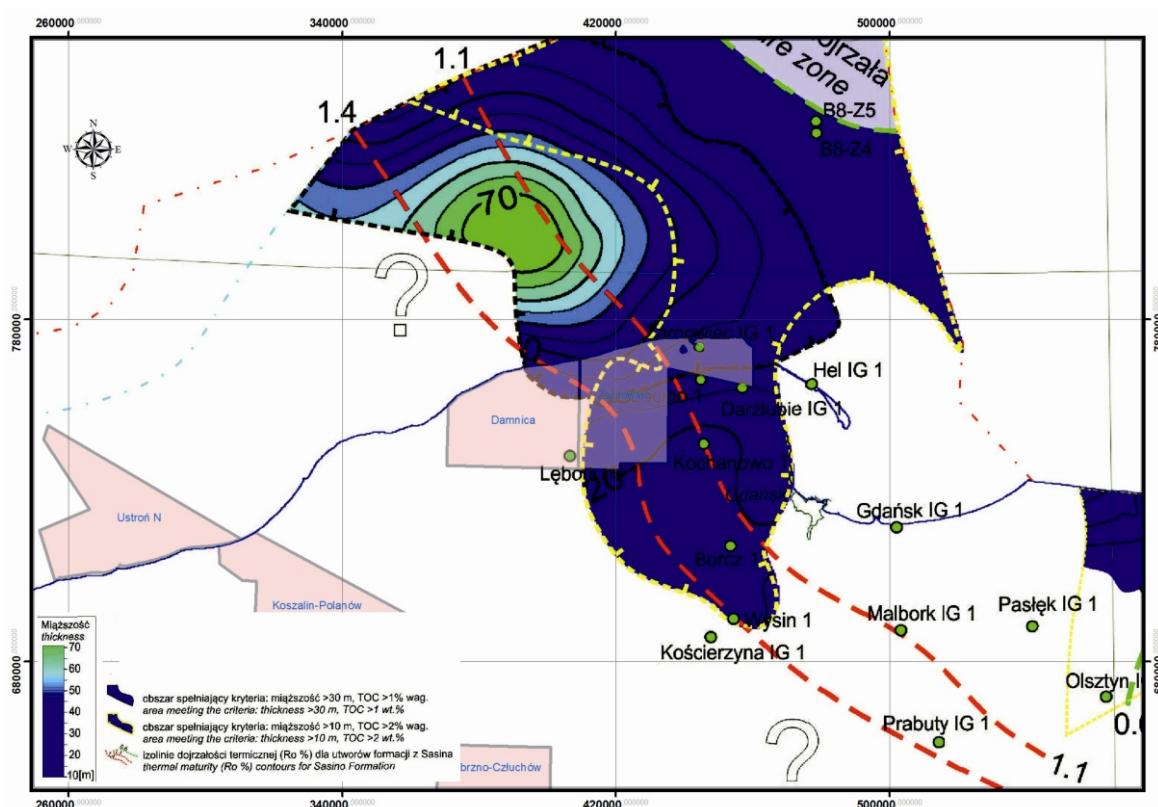


Figura 8.2. Mapa strefy perspektywicznej formacji z Sasina (karadok).

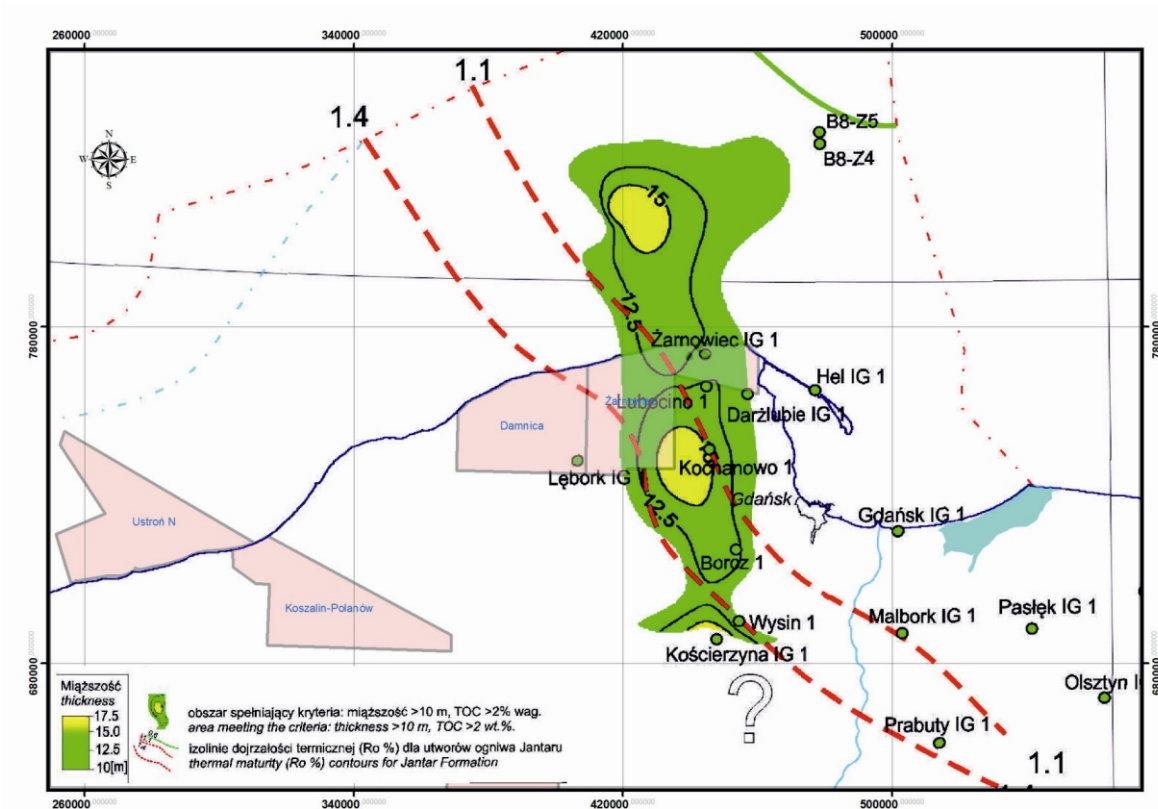


Figura 8.3. Mapa strefy perspektywicznej ogniw z Jantaru (landower).

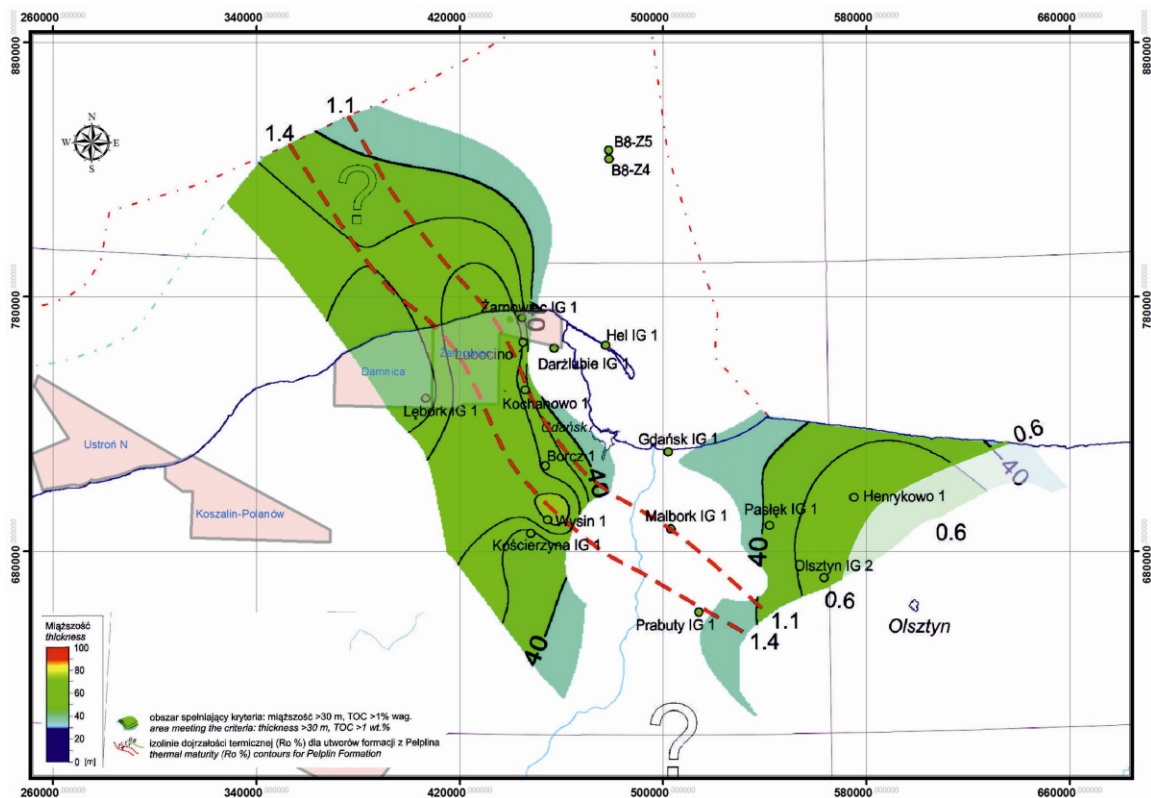


Figura 8.4. Mapa strefy perspektywicznej formacji z Pelplina (wienok).

wencjonalnego jak i konwencjonalnego w obrębie utworów niższego paleozoiku. W północno - wschodniej części obszaru możliwe jest odkrycie małych konwencjonalnych złóż ropy naftowej z gazem towarzyszącym a także są możliwe odkrycia złóż ropy naftowej typu niekonwencjonalnego, natomiast w części centralnej i południowo wschodniej można spodziewać się złóż niekonwencjonalnych gazów ziemnych. Obecny stan rozpoznania nie pozwala jeszcze określić precyzyjnie możliwych do odkrycia zasobów. W związku z tym należy przeprowadzić dodatkowe prace w celu określenia warunków złożowych oraz parametrów wydobywania, a także opracować najbardziej skuteczne metody intensyfikacji produkcji.

8.2. MINIMALNY ZAKRES PRAC DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „ŻARNOWIEC”

1. Etap I (12 miesięcy) Powtórne przetworzenie i reinterpretacja archiwalnych danych geologicznych i geofizycznych.

2. Etap IV (36 miesięcy) Odwiercenie jednego otworu poszukiwawczego do głębokości końcowej 5000 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.

3. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża.

4. Odwiercenie drugiego otworu poszukiwawczego do głębokości końcowej 5000 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.

5. Wykonanie testów w strefach złożowych oraz w przypadku dokonania odkrycia określenie parametrów produkowania ze złoża.

6. Etap III (12 miesięcy) Wykonanie analiz uzyskanych danych.

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- Adamska, A., Kalisz, T., Kubica, A., Łuszcz, M., Prudkij, N., Wierchowska-Czulińska, A., Żarionowa, T., 1973. Sprawozdanie z badań sejsmicznych wykonanych na terenie Ustka - Łeba, Żarnowiec - Władysławowo przez IV i VI Grupę Sejsmiczną PGGN Toruń w 1972 roku. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 44214; Kat. 3024/81.
- Balcer, M., Jankowski, M., Walczak, M., 2004. Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy oraz rzek Przemyśla od Karwianki do Chylonki. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa, nr CBDG 900009, Inw. 155/2005.
- Bednarczyk, W., Turnau-Morawska, M., 1975. Cambrian formations in the Łeba area (northern Poland). *Acta Geol. Pol.*, 25: 537–564.
- Białek, A., Radwański, A., Mikosz, M., Jabłoński, E., 1977. Dokumentacja sejsmicznych badań refleksyjnych doświadczalnie-metodycznych temat: Rejon Zatoki Puckiej. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 22982.
- Binder, I., 1972. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Piaśnica 2. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 116120. Warszawa.
- Binder, I., 1973. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Białogóra 1. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 118706. Warszawa.
- Binder, I., 1977. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec, woj. gdańskie, gm. Krokowa i Wierchucino. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 12137. Warszawa.
- Binder, I., 1992. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Dębki 4. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 132903. Warszawa.
- Binder, I., 1995. Dokumentacja geologiczna w kat. C złoża ropy naftowej "Białogóra E" w miejsc. Białogóra, gm. Krokowa, woj. gdańskie. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 812034. Warszawa.
- Botor, D., Kosakowski, P., 2000. Zastosowanie modeli numerycznych do rekonstrukcji paleotemperatur i procesów generowania węglowodorów. *Prz. Geol.*, 48: 154–161.
- Bralczyk, M., 2001. Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP) nr 108 Salino, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa, nr CBDG 656316, Inw. 627/2002.
- Bralczyk, M., Lubowiecki, W., Florczyk, J., Pasierowska, B., Kłosowska, I., Śmietaniński, L., 2001. Dokumentacja hydrogeologiczna zlewni Łeby zawierająca ocenę zasobów dyspozycyjnych kenozoicznych poziomów wód podziemnych, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa, nr CBDG 656326, Inw. 626/2002.
- Brehm, U., Gąsiewicz, A., Gerdes, G., Krumbein, W.E., 2002. Biolaminoid facies in a peritidal sabkha: Permian Platy Dolomite of northern Poland. *International Journal of Earth Sciences*, 91: 260–271.
- CBDG – Centralna Baza Danych Geologicznych. <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/PIGMainExtranet>.
- Chmielowiec-Stawska, A., Czeakański, E., 2013. Historia i przyszłość poszukiwań naftowych na Niżu Polskim. SZEJK - Czasopismo PGNiG SA Oddział w Zielonej Górze. NR 4 (110)XII 2013: 8–18.
- Chruścińska, J., 2006. Dodatek Nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża ropy naftowej Białogóra E w kat. C w miejsc. Białogóra. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 570/2007, Warszawa.
- Cudo, P., Suchocki, M., Gruza, M., 2014. Informacje geologiczne uzyskane przez Lane Energy Poland Sp. z o.o. w wyniku realizacji badań sejsmicznych (Jackowo) 2D w ramach koncesji nr 16/2007/p na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w rejonie "Łębork". *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 802/2015.
- Czapowski, G., 1983. Zagadnienia sedymentacji soli kamiennej cyklotemu PZ1 na wschodnim skłonie wyniesienia Łeby. *Prz. Geol.*, 31: 278–284.
- Czapowski, G., 1987. Sedimentary facies of the Oldest Rock Salt (Na1) of the Łeba elevation (northern Poland). *Lecture Notes in Earth Sciences*, 10: 207–224.
- Czapowski, G., 1998. Geneza najstarszej soli kamiennej cechsztynu w rejonie Zatoki Puckiej. Praca doktorska. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 696/99, Warszawa.
- Czapowski, G., Antonowicz, L., Peryt, T.M., 1990. Facies and palaeogeography of the Zechstein (Upper Permian) Oldest Halite (Na1) in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 38: 45–55.
- Dadlez, R., 1993. Pre-Cenozoic tectonic of the southern Baltic Sea. *Geol. Quart.*, 37: 431–450.
- Dadlez, R., Marek, S., Pokorski, J. (red.), 1998. Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Dadlez, R., Dayczak-Calikowska, K., Dembowska, J., Jaskowiak-Schoeneichowa, M., Marek, S., Szyperko-Śliwczyńska, A., Wagner, R., 1976. Pokrywa permsko-mezozoiczna w zachodniej części syneklizy perybaltyckiej. *Biuletyn PIG*, 270: 143–163.
- Dayczak-Calikowska, K., 1976. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. W: Żarnowiec IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 32: 73–74.
- Dayczak-Calikowska, K., 1982. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. W: Kościerzyna IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 54: 128–131.
- Dembowska, J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. *Kwart. Geol.*, 23 (3): 617–630.
- Depowski, S. (red.), 1978. Atlas litofacjalno-paleogeograficzny permu obszarów platformowych Polski. *Wyd. Geol.*
- Dębski, J., 1983. Zarys stratygrafii cechsztynu we wschodniej części wyniesienia Łeby. *Przegląd Geologiczny*, 31: 293–299.
- Didyk, B.H., Simoneit, B.R.T., Brassell, S.C., Eglinton, G., 1978. Organic geochemical indicators of palaeoenvironmental conditions of sedimentation, *Nature*, 272: 216–221.
- Dyrka, I., 2015. Analiza tempa depozycji oraz modelowanie historii termicznej i warunków pogrzebania. W: Łębork IG-1 (red. T. Podhalańska). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 145: 153–156.
- Dziadzio, P., Ciesielski, A., Szymczak, M., 2015a. Dokumentacja geologiczna prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża węglowodorów, koncesja nr 17/2007/p w rejonie Damnica. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 2977/2017.
- Dziadzio, P., Ciesielski, A., Szymczak, M., 2015b. Dokumentacja geologiczna prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża węglowodorów, koncesja nr 11/2008/p w rejonie Karwia. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 2976/2017.
- Dziadzio, P., Ciesielski, A., 2015c. Dokumentacja geologiczna likwidacji otworu wiertniczego Lublewo LEP-1ST1H. Inw. 3999/2015, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Feldman-Olszewska, A., 2011. Jura. Litologia i stratygrafia. W: Darżlubie IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 128: 115–116.
- Folk, R.L., 1968. Petrology of sedimentary rocks. The University of Texas, Austin.
- Frączek, E., 1998. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Puck (0006), wersja cyfrowa.
- Gaupp, R. I., Batten, D.J., 1985. Maturation of organic matter in Cretaceous strata of the Northern Calcareous Alp. *N.Jb. Geol. Paleont. Mh.*, 3: 157–175.
- Gąsiewicz, A., 1990. Rozwój sedymentacji cechsztyńskiego doloMITU płytowego (Ca3) w rejonie Zatoki Puckiej. *Przegląd Geologiczny*, 38: 187–195.

- Gąsiewicz, A., Gerdes, G., Krumbein, W.E., 1987. The peritidal sabkha type stromatolites of the Platy Dolomite (Ca3) of the Leba Elevation. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 10: 253–272.
- Gąsiewicz, A., Peryt T.M., 1989. Dolomit płytowy w rejonie Zatoki Puckiej: litologia i paleogeografia. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 363: 41–68.
- Gąsiewicz, A., Peryt, T.M., 1994. Biolaminates at the Zechstein (Upper Permian) Platy Dolomite (Ca3)-Main Anhydrite (A3) boundary: implications for evolution of an evaporite basin. *Beitrage zur Palaeontologie*, 19: 91–101.
- Głogowski, L., Wróbel, K., 2002. Opracowanie badań sejsmicznych 2D temat: Łeba - Żarnowiec Rok 2001. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 2243/2002; 2244/2002.
- Gondek, B., 1980. Geochemia n-alkanów występujących w skałach osadowych Niżu Polskiego. *Prace IG*, 47: 1–43.
- Grabowska, I., Ważyńska, H., 1997. Badania palinologiczne i fitoplanktonowe osadów trzeciorzędowych z pobrzeża gdyńskiego i z Bałtyku. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 375: 5–27.
- Grotek, I., 1999. Origin and thermal maturity of the organic matter in the Lower Palaeozoic rocks of the Pomeranian Caledonides and their foreland (northern Poland). *Geol. Quart.*, 43 (3): 297–312.
- Grotek, I., 2016. Rozpoznanie petrologiczne i dojrzałość termiczna materii organicznej w utworach kambru, ordowiku i syluru na obszarze bałtyckim i podlasko-lubelskim. *Prz. Geol.* 64 (12): 1000–1004.
- Gruza, M., Grabowski, T., Chałupa, W., Knapczyk, M., Tabor, D., 2013. Informacje geologiczne uzyskane przez Lane Energy Poland Sp. z o.o. w wyniku realizacji badań sejsmicznych (Krokowa) 3D w ramach koncesji nr 11/2008/p na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w rejonie "Karwia". *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 129/2015.
- Grzywa, E., Trzupek, K., 2011. Opracowanie badań sejsmicznych 2D, temat: Opalino-Lubocino. *Przetwarzanie danych sejsmicznych 2D*. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 2591/2012.
- Grzywa, E., Makarewicz, J., Dałętko, A., Rudzki, M., 2014. Opracowanie badań sejsmicznych. *Przetwarzanie i interpretacja danych sejsmicznych 3D Opalino*. *Arch. PGNiG S.A., Oddz. Piła (Kat. 1218/6)*.
- 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 piaszkowca 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 piaszkowca 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.
- Jaanusson, V., 1976. Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Balto-Scandia. *The Ordovician System*: 301–326, *Univ. of Wales press and National Mus. Of Wales, Cardiff*.
- Jaworowski, K., 1997. Warunki depozycji ciał piaszczystych kambru dolnego i środkowego w polskiej części platformy wschodnio-europejskiej. *Biul. PIG*, 377: 1–112.
- Jaworowski, K., 2000. Facies analysis of the Silurian shale-siltstone succession in Pomerania. *Geol.Quart.* 44, 30: 297–315.
- Jaworowski, K., 2002. Profil dolnego paleozoiku w północnej Polsce – zapis kaledońskiego stadium rozwoju basenu bałtyckiego. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, 58: 9–10.
- Jaworowski, K., 2007. Sedymentacja osadów syluru. W: *Ślupsk IG1 (red. Z. Modliński) Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, z. 116.: 55–60.
- Jaworowski, K., Sikorska, M., 2003 - Composition and provenance of clastic material in the Vendian-Lower most Cambrian from northern Poland: geotectonic implications. *Pol. Geol. Inst. Spec. Pap.*, 8.
- Kalbarczyk, R., 1974a. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Mieroszyno 8. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 119781. Warszawa.
- Kalbarczyk, R., 1974b. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Władysławowo 4. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 119633. Warszawa.
- Karaczun, K., Karaczun, M., Bilińska, M., Uhrynowski, A., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:500 000. *Wyd. Geol.*, Warszawa.
- Karaczun, M., Karaczun, K., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej pionowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:200 000. *Wyd. Geol.*, Warszawa.
- Karcz, P., Janas, M., 2016. Materia organiczna łupków kambru, ordowiku i syluru w basenie bałtycko-podlasko-lubelskim Polski. *Prz. Geol.*, 64: 12: 995–999.
- Karczewska, A., Żurawski, E., 1998. Złóża obszaru morskiego. W: *Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedymentacyjnych starszego paleozoiku*. *Opracowanie archiwalne*. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 2903/98, Warszawa.
- Karnkowski, P., 1993. Złóża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce. T.1, Niż Polski, *Towarzystwo geosynoptyków „Geos” AGH*, Kraków.
- Kasiński J.R., Kramarska R., 2008 - Sedimentary environment of amber-bearing association along the Polish-Russian Baltic coastline. *Excursions f. und Verofftl./ Deutsche Geologische Gesell.*, 236; 46–57, Leipzig.
- Kendall, A.C., 1984. Evaporites. In: *Facies Models* (ed. R.G. Walker), *Geoscience Canada Reprint Series*, 1, 259–296.
- Kicman, 1994. Dodatek nr 1 do dokumentacji geologicznej złóża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec w kat. C w miejsc. Dębki, gm. Krokowa, woj. gdańskie. Inw. 1065/95. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Kleczkowski, A.S. (red.), 1990. Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1:500 000. *Akademia Górniczo-Hutnicza*, Kraków.
- Kleszcz, T., 1973. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych temat: Puck 1972. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.* Warszawa. Inw. 1748, Kat. 2926/126.
- Kleszcz, T., 1976. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych; temat: Żarnowiec-Krokowa, 1975–1976 r. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 1908 Kat. 2926/161; Kat. G-339 PBG.
- Kondracki, W., 2013. *Geologia regionalna Polski*. PWN.
- Kordalski, B., Lidzbarski, M., 2000. *Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski*, 1 :50 000. Warszawa.
- Kosakowski, P., Wróbel, M., Poprawa, P., 2010. Hydrocarbon generation and expulsion modeling of the lower Paleozoic source rocks in the Polish part of the Baltic region. *Geol. Quart.*, 54 (2): 241–256. Warszawa.
- Kosobudzka, I., 2002. Dokumentacja, temat: „Półszczegółowa mapa magnetyczna T w brzeżnej strefie platformy prekambryjskiej 1998–2002 r.”. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 1311/2002.
- Kotarba, M., 1996. Badania z zakresu geochemii organicznej i komputerowe modelowania procesów generowania węglowodorów profilu utworów starszego paleozoiku syneklizy perybałtyckiej (ze szczególnym uwzględnieniem bloków tektonicznych C i D). *Raport z projektu 2.31.0015.00.0*. Inw. 3094/98, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Kotarba, M. (red), 2008. *Systemy naftowe i perspektywy poszukiwawcze utworów staropaleozoicznych polskiego sektora Morza Bałtyckiego między Łebą a Kamieniem Pomorskim*. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 37/2009, Warszawa.
- Kozerski, B., Pruszkowska, M., 1996. O pochodzeniu zasolenia wód podziemnych polskiego wybrzeża Bałtyku, *Inżynieria Morska* 1, s. 46–48.

- Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej, 2010. Mapa Podziału Hydrograficznego Polski, dokument elektroniczny: <http://geoportal.kzgw.gov.pl/imap/>, stan na dzień 28.10.2016.
- Kramarska, R., Kasiński, J., Czapowski, G., Piwocki, M., Stodkowska, B., 2015. Referencyjny profil osadów neogenu Pomorza Wschodniego w Łęczycach koło Lęborka (Północna Polska). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 461; 193–250, Warszawa.
- Królicka, J., 1998. Złóża obszaru lądowego. W: *Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedimentacyjnych starszego paleozoiku. Opracowanie archiwalne.* Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Inw. 2903/98, Warszawa.
- Królikowski, C., Petecki, Z., 1995. *Atlas grawimetryczny Polski.* Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Kulig, W., 1966. Dokumentacja badań sejsmicznych na terenie: Wyniesienie Łeby. Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa. Inw. 30353.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1964. Bentonity sylurskie na Niżu Polskim. *Kwart. Geol.* 8, 2.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1967. Petrografia ordowiku i syluru na Niżu Polskim. *Biul. Inst. Geol.*, 197: 115–328.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1971a – Nowe dane o petrografii ordowiku i syluru na Niżu Polskim. *Biul. Inst. Geol.*, 245: 253–341.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1971b. Bentonity Polskie ordowiku i syluru. *Spraw. Posiedz. Kom. Oddz. Pan w Krakowie*, 14, 1.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1974a. Ordowik. W: *Skąły platformy prekambryjskiej w Polsce, cz. 2. Pokrywa osadowa.* Pr. Inst. Geol. 74: 48–60.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1974b. Sylur. W: *Skąły platformy prekambryjskiej w Polsce, cz. 2. Pokrywa osadowa.* Pr. Inst. Geol. 74.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1979. Ordovician and Silurian bentonites of the Polish Lowland. *Eight Conf. on clay Min. and Petrology, Teplice*, 251–255.
- Langier-Kuźniarowa A., 1981. Notes of Polish bentonites of Ordovician and Silurian age. 7th AIPEA Intern. Clay Conf., Bologna-Pavia. Abstracts, 178–179.
- Langier-Kuźniarowa, A., 1990. Analiza występowania skał piroklastycznych jako poziomów korelacyjnych w utworach paleozoicznych Niżu polskiego. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Langier-Kuźniarowa, A., 2015. Petrografia utworów ordowiku i syluru. W: *Lębork IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, z. 145 (red. T. Podhalańska): 66–74.
- Lazauskienė, J., 2003. Sequence stratigraphy of the Baltic Silurian succession: tectonic control on the foreland infill. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 208: 95–115.
- Lech, I. (red.), 1973. Dokumentacja wynikowa otworu Białogóra 1. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 118706, Warszawa.
- Lendzion, K., 1983. Biostratygrafia osadów kambru w polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. *Kwart. Geol.*, 27 (4): 669–694.
- Leszczyński, K., 2010. Rozwój litofacyjny późnej kredy Niżu Polskiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 443: 33 – 54.
- Lidzbarski, M., 1995 – Dokumentacja hydrogeologiczna Głównego Zbiornika Wód Podziemnych /GZWP/ nr 107 - Pradolina Rzeki Łeby, Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa, nr CBDG 75990, Inw. 2855/96.
- Lidzbarski, M., 2000a. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Łeba (0003), wersja cyfrowa.
- Lidzbarski, M., 2000b. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Choczewo (0004), wersja cyfrowa.
- Lidzbarski, M., Pruszkowska, E. 1997. Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 arkusz: Lębork /12/. Inw. 1094/98 Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Lidzbarski, M., Kachnic, J., Kachnic, M., Kozerski, B., Kreczko, M., Pomianowska, H., Prussak, E., Pruszkowska, M., 2007. Region wschodniopomorski. W: B. Paczyński, A. Sadurski (red.) *Hydrogeologia regionalna Polski* (t. 1, s. 445–461). Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.
- Lidzbarski, M., Kordalski, Z., 2003. Występowanie i dynamika trzeciorzędowego piętra wodonośnego w regionie gdańskim. W: *Współczesne problemy hydrogeologii* (t. 11, cz. 1, s. 121–128).
- Linowski, H., Francik, K., Margul, H., Tkaczyk, A., Oleksiak, J., 1990. Projekt badań geofizycznych na obszarze posadowienia Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec”. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa (Inw. 16767 CUG).
- Linowski, H., Oleksiak, J., Onisz, A., Tkaczyk, A., Balicki, A., Duszyńska M., Francik K., Gogolek W., 1991. Dokumentacja badań geofizycznych na obszarze posadowienia Elektrowni Jądrowej „Żarnowiec”. *Arch. Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o.*, Warszawa (Kat. G–607).
- Maliński, E., Witkowski, A., 1988. Węglowodory jako biomarkery – źródła ich pochodzenia, znaczenie i wykorzystanie w geochemii organicznej. *Przegląd Geologiczny*, 4: 230–234.
- Maliński, E., Gąsiewicz, A., Witkowski, A., Szafranek, J., Pihlaja, K., Oksman, P., Wiinamäki, K., 2009. Biomarker features of sabkha-associated microbialites from the Zechstein Platy Dolomite (Upper Permian) of northern Poland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 273: 92–101.
- Marek, S., Pajchlowa, M. (red.), 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. *Pr. Inst. Geol.*, 153.
- Marzec, M., Woźny, E., 1972. Litologia i stratygrafia utworów trzeciorzędu okolic Jastrzębiej Góry koło Pucka. *Przegl. Geol.* 20(12): 562–570.
- Matyasik, I., Kierat, M., Brzuszek, P., Bieleń, W., 2016 - Ocena zdolności skał paleozoicznych do generowania określonego typu węglowodorów na podstawie wyników badań geochemicznych uzyskanych w ramach realizacji projektu Blue Gas. *Geopetrol 2016: Współpraca nauki i przemysłu w rozwoju poszukiwań i eksploatacji złóż węglowodorów: X Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: Zakopane 19–22.09.2016.* *Prace Naukowe Instytutu Nafty i Gazu.*
- 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*, 692: 29–43.
- Midura, A., Stasiak, W., 1970. Dokumentacja sejsmicznych badań refleksyjnych na obszarze Wyniesienia Łeby /ONZ/ opracowana na podstawie badań przeprowadzonych pod kierunkiem specjalistów FS ONZ d/s Poszukiwań Soli Potasowych w Polsce w latach 1968/69. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 43809, Kat. 2925/76.
- Mieszalski, A., 1976. Wyniki badań własności fizycznych i chemicznych. W: *Żarnowiec IG-1* (red. A. Witkowski) *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, z. 32.
- Modliński, Z., 1982. Rozwój facjalny i paleotektoniczny ordowiku na obszarze platformy prekambryjskiej w Polsce. *Pr. Inst. Geol.*, 102.
- Modliński, Z. (red.), 2007. *Słupsk IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, z. 116.
- Modliński, Z. (red.), 2010. *Atlas map paleomiąższościowo-paleo-litofacyjnych paleozoiku podpermskiego kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich.* Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- Modliński, Z. (red.), 2011. *Darżlubie IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, z. 128.
- Modliński Z., Szymański B., 1997 - The Ordovician lithostratigraphy of the Peribaltic Depression (NE Poland). *Geol. Quart.*, 41, 3: 273–288.
- Modliński, Z., Jacyna, J., Kanev, S., Khubldikov, A., Laskova, L., Laskovas, J., Lendzion, K., Mikazane, I., Pomeranceva, R., 1999. Palaeotectonic evolution of the Baltic Syncline during the Early Paleozoic as documented by palaeothickness maps. *Geological Quarterly*, 43 (3): 285–296.
- Modliński, Z., Szymański B., Teller L., 2006. Litostratygrafia syluru polskiej części obniżenia bałtyckiego /część lądowa i morska/ /N Polska/. *Przegląd. Geol.*, 54 (9): 787 – 796.

- Modliński, Z., Podhalańska, T., 2010. Outline of the lithology and depositional features of the lower Paleozoic strata in the Polish part of the Baltic region. *Geol. Quart.*, 54 (2): 109–122.
- Modliński, Z., Podhalańska, T., Szymański, B., 2010a. Mapa litofacjalno-paleomiąższowości landoweru W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich. (red. Z. Modliński).
- Modliński, Z., Podhalańska, T., Szymański, B., 2010b. Mapa litofacjalno-paleomiąższowości wenloku W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich. (red. Z. Modliński).
- Niemczycka, T., 1986. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura górna. W: Hel IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 63: 92–94.
- Okulus, H., Wasiak, I., 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Wyniesienie Łeby i Synekliza Perybałtycka, 1970. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 1636 Kat. 33/138.
- Orłowski, R., 1996. Dokumentacja hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych /GZWP/ nr 109 Dolina Kopalna Żarnowiec. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa, nr CBDG 116306, Inw. 2581/98.
- Orzeszko, M., 2012. Opracowanie badań sejsmicznych 3D, temat Lubocino. Przetwarzanie specjalne danych sejsmicznych 3D. *Arch. PGNiG S.A., Oddz. Piła. (Kat. 1178/6).*
- Osiuk, D., 1979. Struktury sedimentacyjne w osadach trzeciorzędowych okolic Świecia nad Wisłą i klifu Kępy Swarzewskiej. *Kwart. Geol.*, 14 (4): 859–860.
- Ostrowski, C. (red.), 2004. Dokumentacja badań grawimetrycznych w rejonie Kościerzyna – Gdańsk, 2003. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 4516/2013 Kat. G-630 PBG.
- Oszczepalski, S., Rydzewski, A., 1987. Palaeogeography and sedimentary model of the Kupferschiefer in Poland. *Lecture Notes in Earth Sciences*, 10: 189–205.
- Oświęcimska, A., Sikorski, B., 1990. Dokumentacja geologiczna złoża ropy naftowej Żarnowiec-W, gm. Krokowa, woj. gdańskie (wraz z uzupełnieniem). *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 867/91.
- Paczeńska, J., 2007. Kambr. Litologia i stratygrafia. W: Busówno IG 1, Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 118: 82–83.
- Paczeńska, J., 2008. Kambr. Litologia i stratygrafia. W: Łopiennik IG 1 (red. J. Paczeńska), Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego (red. J. Paczeńska) z. 123: 102–104.
- Paczeńska, J., 2012. Wysokorozdzielcza stratygrafia sekwencji utworów środkowego kambru w południowej i północno-wschodniej części bloku B (wyniesienie Łeby). *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 448: 71–80.
- Paczeńska, J., Adamczak-Biały, T., 2012. Gaz zamknięty w piaskowcach kambru środkowego północnej Polski. W: Ocena zasobów wydobywalnych gazu ziemnego i ropy naftowej w formacjach łupkowych dolnego paleozoiku w Polsce (basen bałtycko - podlasko – lubelski. Raport pierwszy. Opracowanie archiwalne. <http://www.pgi.gov.pl/docman-tree-all/aktualnosci-2012/zasoby-gazu/771-raport-pl/file.html>
- Paczyński, B., 2007. Podstawy regionalizacji hydrogeologicznej. W: B. Paczyński, A. Sadurski (red.) *Hydrogeologia regionalna Polski* (t. 1, s. 56–69). Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny.
- Pergół, 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.
- Peryt, T.M., 1986a. The Zechstein (Upper Permian) Main Dolomite deposits of the Leba elevation, northern Poland: Facies and depositional history. *Facies*, 14: 151–200.
- Peryt, T.M., 1986b. Fossiliferous dolomites in the Upper Werra Anhydrite (Zechstein) of the Puck Bay area, northern Poland. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, (4): 193–200.
- Peryt, T.M., 1990. Cechsztyński anhydryt górny (A1g) na obszarze polskiej części syneklizy perybałtyckiej. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 364: 5–29.
- Peryt, T.M., 1991. Lower and Upper Werra Anhydrite in the Leba elevation area (northern Poland): lithofacies and paleogeography. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil 1*, (4): 1189–1200.
- Peryt, T.M., 1994. The anatomy of a sulphate platform and adjacent basin system in the Leba sub-basin of the Lower Werra Anhydrite (Zechstein, Upper Permian), northern Poland. *Sedimentology*, 41: 83–113.
- Peryt, T.M., Piątkowski, T.S., 1976. Procesy neomorficzne w utworach onkolitowych wapienia cechsztyńskiego syneklizy perybałtyckiej. *Kwartalnik Geologiczny*, 20: 525–537.
- Peryt, T.M., Piątkowski, T.S., 1977a. Algal-vadose pisoliths in the Zechstein Limestone (Upper Permian) of northern Poland. *Sedimentary Geology*, 19: 275–286.
- Peryt, T.M., Piątkowski, T.S., 1977b. Stromatolites from the Zechstein Limestone (Upper Permian) of Poland. W: E. Flügel (ed.), *Fossil Algae*. Springer, Berlin, s. 124–135.
- Peryt, T.M., Magaritz, M., 1990. Genesis of evaporite-associated platform dolomite: case study of the Main Dolomite (Zechstein, Upper Permian), Leba elevation, northern Poland. *Sedimentology*, 37: 745–761.
- Peryt, T.M., Czapowski, G., Gąsiewicz, A., 1992. Facje i paleogeografia cechsztynu zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. *Przegląd Geologiczny*, 40: 223–233.
- Peryt, T.M., Scholle, P.A., 1996. Regional setting and role of meteoric water in dolomite formation and diagenesis in an evaporite basin: studies in the Zechstein (Permian) deposits of Poland. *Sedimentology*, 43: 1005–1023.
- Peryt, T.M., Kovalevich, V.M., 1996. Origin of anhydrite pseudomorphs after gypsum crystals in the Oldest Halite (Werra, Upper Permian, northern Poland). *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie Teil I*, 337–356.
- Peryt, T.M., Tomassi-Morawiec, H., Czapowski, G., Hryniv, S.P., Pueyo, J.J., Eastoe, C.J., Vovnyuk, S., 2005. Polyhalite occurrence in the Werra (Zechstein, Upper Permian) Peribaltic Basin of Poland and Russia: evaporite facies constraints. *Carbonates and Evaporites*, 20: 182–194.
- Peryt, T.M., Peryt, D., 2012. Geochemical and foraminiferal records of environmental changes during Zechstein Limestone (Lopingian) deposition in Northern Poland. *Geological Quarterly*, 56: 187–198.
- Peryt, T.M., Durakiewicz, T., Kotarba, M.J., Oszczepalski, S., Peryt, D., 2012. Carbon isotope stratigraphy of the basal Zechstein (Lopingian) strata in Northern Poland. *Geological Quarterly*, 56: 285–298.
- 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.
- Piåtkowski, T.S., 1977. Promieniste ooidy z wapienia cechsztyńskiego syneklizy perybałtyckiej. *Kwartalnik Geologiczny*, 21: 757–768.
- Piåtkowski, T.S., 1980. Utwory algowe wapienia cechsztyńskiego (Ca1) syneklizy perybałtyckiej. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 28327, Warszawa.
- Pieńkowski, G., 2011. Wyniki badań litologicznych, stratygraficznych, sedimentologicznych, petrograficznych i geochemicznych. Trias. W: Darżlubie IG 1 (red. Z. Modliński). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 128: 114.
- Piwocki, M., 2004. Paleogen. W: T.M. Peryt, M. Piwocki [red.]: Budowa geologiczna Polski. Stratygrafia – kenozoik – paleogen i neogen. 1(3a): 22–71, Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- Piwocki, M., Kasiński J.R., 1995. Outline of development of the Lower Oligocene transgression in Northern Poland. *Techn. Poszukiwań Geol.*, 34 (3): 47–52.
- Pizon, A., Peryt, T.M., Dębski, J., 1985. Środowisko powstania polihality cechsztyńskich w rejonie Zatoki Puckiej. *Przegląd Geologiczny*, 33: 659–663.
- Podhalańska, T., 2009. Późnoordowickie zlodowacenie Gondwany – zapis zmian środowiskowych w sukcesji osadowej obniżenia bałtyckiego. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 193.
- Podhalańska, T. (red.), 2015. Lębork IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 145.
- Podhalańska, T., Waksmundzka, M. I., Becker, A., Roszkowska-Remin, J., 2016a. Rozpoznanie stref perspektywicznych występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w Polsce – nowe wyniki oraz dalsze kierunki badań. *Prz. Geol.*, 64: 12: 953–962.
- Podhalańska, T., Waksmundzka, M. I., Becker, A., Roszkowska-Remin, J., Dyrka, I., Feldman-Olszewska, A., Głuszyński, A., Grotek, I., Janas, M., Karcz, P., Nowak, G. J., Paczeńska, J., Roman, M. G., Sikorska-Jaworowska, M., Kuberska, M., Kozłowska, A., Sobień, K., 2016b. Strefy perspektywiczne występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w kambryjskich, ordowickich, sylurskich i karbońskich kompleksach skalnych Polski – integracja wyników badań. *Przegląd Geologiczny* 64, 12: 1008–1022.
- Pokorski J., 1976. Czerwony spagowiec, warstwy darłowskie i miastecckie. W: Dadlez (red.) *Perm i mezozoik niecki pomorskiej. Permian and Mesozoic of the Pomerania Trough*. *Prace IG tom. LXXIX*, str. 10–18.
- Pokorski, J., 1978. Czerwony spagowiec (w:) S. Depowski (red.) - *Atlas litofacjalno-paleogeograficzny permu obszarów platformowych Polski*. Inst. Geol. Warszawa.
- Pokorski, J., Modliński Z., 2005. Mapa geologiczna zachodniej i centralnej części obniżenia bałtyckiego bez utworów permu i młodszych 1:750 000, Państwowy Instytut Geologiczny.
- Poprawa, P., 2006. Rozwój kaledońskiej strefy kolizji wzdłuż zachodniej krawędzi Bałtyki oraz jej relacje do basenu przedpola. *Pr. Państw. Inst. Geol.*, 186: 189–214.
- Poprawa, P., 2010. Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim i lubelsko-podlaskim. *Prz. Geol.*, 58 (3): 226–248.
- Poprawa, P., Śliapa, S., Stephenson, R.A., Lazauskienė, J., 1999. Late Vendian-Early Palaeozoic tectonic evolution of the Baltic Basin: regional implications from subsidence analysis. *Tectonophysics*, 314: 219–239.
- Poprawa, P., Paczeńska, J., 2002. Rozwój ryftu w późnym neoproterozoiku-wczesnym paleozoiku na lubelsko-podlaskim skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego – analiza subsydencji i zapisu facjalnego. *Prz. Geol.*, 50 (1): 49–63.
- Prussak, W., 1998. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Łęczyce (0013), wersja cyfrowa.
- Prussak, W., 2000a. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Czarna Dąbrówka (0023), wersja cyfrowa.
- Prussak, W., 2000b. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Sierakowice (0024), wersja cyfrowa.
- Pruszkowska, M., 2004. Hydrogeochemia wód podziemnych z utworów czwartorzędu Pojezierza Kaszubskiego. Monografia, 51, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk.
- Reicher, B., 2006. Strukturalno-litofacjalne uwarunkowania akumulacji węglowodorów w utworach kambru syneklizy bałtyckiej. Praca doktorska. Kraków, AGH.
- ROZPOZNANIE stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce, etap I, kier. Podhalańska T., 2016. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa, Inw. 4878/2016.
- Rudowski, S., 1965. Geologia klifu Kępy Swarzewskiej. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, 35: 301–318.
- Ryll, A., 1986. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. W: Hel IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 63: 89–91.
- Sierżęga, P., Chmielewska U., 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Sławoszyno (0005), wersja cyfrowa.
- Sikorska, M., 1998. Rola diagenety w kształtowaniu przestrzeni porowej piaskowców kambru z polskiej części platformy wschodnioeuropejskiej. *Prace PIG*, 164.
- Sikorska, M., Paczeńska, J., 1997. Quartz cementation in Cambrian sandstones on the background of their burial history (Polish part of the East European Craton). *Geol. Quart.*, 41 (3).
- Sikorska-Jaworowska, M., Kuberska, M., Kozłowska, A., 2016. Petrografia i mineralogia łupków niższego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego oraz piaskowców karbonu podłoża monokliny przedsudeckiej. *Przegl. Geol.*, 64, 12: 963–967.
- Skrzypczyk, L. (red.), 2004. Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (według stanu CAG z dnia 31 marca 2004 r.). *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Smoleń, J., 2011. Wyniki badań mikropaleontologicznych w osadach jury środkowe i górnej. W: Darżlubie IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 128: 116–119.
- Soćko, A., Szczypa, S., 1978a. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 1 - Łeba, 2 - Puck, 1977–1978. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa (Kat. N33-XII/3).
- Soćko, A., Szczypa, S., 1978b. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 6 - Słupsk, 1977–1978. *Kat. N33-XVIII/3*, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Soćko, A., Szczypa, S., 1979. Mapa grawimetryczna Polski, skala 1:200 000, arkusz 7 - Gdańsk, 1977–1978. *Kat. N34-XIII/4*, *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa.
- Sokołowski, A., Sokołowski, J., 2015. Wyniki oprobowania poziomów zbiornikowych. W: Lębork IG 1 (red. T. Podhalańska, M. Sikorska-Jaworowska). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 145: 171–172.
- Stach, E., Mackowsky, M.T., Teichmüller, M. R., Taylor, G.H., Chandra, D., 1982. *Stach's Textbook of Coal Petrology*. 3rd ed.; 535.; Borntraeger, Berlin.
- Stasiak, W., 1968. Dokumentacja badań sejsmicznych we wschodniej części wyniesienia Łeby, rok 1967. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 37268.
- Stasiak, W., 1969. Dokumentacja badań sejsmicznych we wschodniej części Wyniesienia Łeby rok 1967/68. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 42417. *Kat. 2926/85*.
- Stefaniuk, M., Targosz, P., Wojdyła, M., 2008. Dokumentacja prac magnetotellurycznych i grawimetrycznych Kościerzyna-Gdańsk 2007 r. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 4696/2013; *Kat. G–646*.
- Szaniawski, H., 1966. Rozwój facjalny i paleogeografia cechsztynu w rejonie wyniesienia Łeby. *Acta Geologica Polonica*, 16: 229–247.
- Szewczyk, J., 1996. Opis profilu litologicznego w systemie GEOFLOG. *Prz. Geol.*, 44, strony 555–556.
- Szewczyk, J., 2000. Gęstość objętościowa a syntetyczne profilowanie gęstości. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 392, strony 153–172.
- Szewczyk, J., 2011. Wyniki badań geofizyki wiertniczej. W: Darżlubie IG 1 (red. Z. Modliński) Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 128: 62–170.
- Szymański, B., 2008. Kambry górny (~furong). W: Darżlubie IG 1 (red. Z. Modliński) Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 128: 54–58.
- Szymański, B., Modliński, Z., 2003. Nowelizacja stratygrafii syluru w wybranych profilach wiertniczych obniżenia bałtyckiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 405: 109–138. Warszawa.
- Szyperko-Śliwczyńska, A., 1976. Trias. W: Żarnowiec IG 1 (red. A. Witkowski). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 32: 17, 72.
- Szyperko-Śliwczyńska, A., 2015. Szczegółowy profil litologiczno-stratygraficzny. Trias. W: Lębork IG 1 (red. T. Podhalańska, M.

- Sikorska-Jaworowska). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 145: 22–30.
- Szyperko-Teller, A., Moryc, W., 1988. Rozwój basenu sedimentacyjnego pstręgo piaskowca na obszarze Polski. *Kwart. Geol.*, 32 (1): 53–72.
- Szyperko-Teller, A., Pierńkowski, G., 2011. Szczegółowy profil litologiczno-stratygraficzny. Trias. W: Darżlubie IG 1 (red. Z. Modliński). Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, z. 128:18–19.
- Taylor, G.H, Teichüller, M., Davis, A., Diessel, C.F.K., Littke, R., Robert, P., 1998. Organic petrology. Gebruder Borntraeger – Berlin – Stuttgart.
- Tomczyk, H., 1990. Korelacja biostratygraficzna syluru Polski z innymi obszarami. W: M. Pajchłowa (red.), Budowa Geologiczna Polski 3. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych I a. Paleozoik starszy (z proterozoikiem górnym). Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 273–279.
- Tomczyk, H., Jaworowski, K. i Witkowski, A., 1969. Dokumentacja wynikowa głębokiego wiercenia Żarnowiec IG-1. Warszawa: Instytut Geologiczny. Inw. 102288.
- Topulos, T., 1976. Wyniki badań geofizycznych utworów paleozoiku i prekambriu. W: Żarnowiec IG-1. (red. A. Witkowski) Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego: 156–163).
- Wagner, R. (red.), 2008. Tabela stratygraficzna Polski. Polska Pozakarpaska.
- Werner, Z., 1972. Złoża soli potasowych w rejonie Zatoki Puckiej. W: Przewodnik 44 Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, 37–46.
- Więclaw, D., Kotarba, M. J., Kosakowski, P., Kowalski, A., Grotek, I., 2010. Habitat and hydrocarbon potential of the Lower Paleozoic source rocks in the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly*, 54 (2): 159–182.
- Wilk, A., 1995. Opracowanie badań sejsmicznych w rejonie Lubiny-Białogóra dla tematu Łeba-Żarnowiec. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 259/96.
- Wilk, A., 2004. Opracowanie wyników badań sejsmicznych temat: Kościerzyna - Gdańsk - 2D (I i II etap) rok 2003. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 1/2007.
- Witkowski A. (red.), 1976. Żarnowiec IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego, z. 32.
- Wnuk, Z., 2009. Opracowanie badań sejsmicznych, Temat: Kościerzyna - Gdańsk 2D + reinterpretacja 15 profili z 2003 r. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw. 2286/2009.
- Zadania Państwowej Służby Hydrogeologicznej w 2009 r. Zadanie 28: Charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna zweryfikowanych JCWPd. Praca zbiorowa, Nowicki Z. (red.), 2009 – Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, materiały niepublikowane.
- Zalewska, M., 1996. Dokumentacja geologiczna w kat. C złoża ropy naftowej Dębki-Żarnowiec. Dodatek nr 2. Wniosek o zmianę decyzji zasobowej. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 333/97, Warszawa.
- Zielińska-Pikułska, J., Binder, J., Wolnowski, T., 1997. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Lubiny 1. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Inw. 133986, Warszawa.
- Żelichowski, A., Białek, T., Gadomski, D., Grzesik, H., 1991. Dokumentacja badań sejsmicznych refleksyjnych z tematu: Głębokie badania sejsmiczne na profilu GB-1-III-86/89 "Kostrzyń-Lębork", pozycja planu 1.13.0107.00.0. *Narod. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol.*, Warszawa. Inw.171/92.